

Elektrische Einrichtungen im Tunnelbau

DGUV Information 203-098



Impressum

Herausgegeben von: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV)
Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet Elektrotechnik und Feinmechanik im Fachbereich
Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (ETEM) der DGUV

Ausgabe: August 2026

Satz und Layout: Satzweiss.com Print Web Software GmbH, Saarbrücken

Bildnachweis: Titel: © Herrenknecht AG;
Abb. 12: © MobilHybrid GmbH, Augsburg;
Abb. 22: © Thorsten Berndt

Copyright: Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt.
Die Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit
ausdrücklicher Genehmigung gestattet.

Bezug: Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger oder
unter www.dguv.de/publikationen › Webcode: p203098

Elektrische Einrichtungen im Tunnelbau

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung	6
1 Anwendungsbereich	8
2 Besondere Gefährdungen bei Tunnelbauarbeiten	10
2.1 Staub	10
2.2 Feuchtigkeit und Wasser	10
2.3 Erhöhte mechanische Beanspruchung	11
2.4 Explosionsfähige Gasgemische	11
2.5 Brandgefahr und Brandlasten	12
2.6 Gefahr durch Ausfall der Energieversorgung	13
3 Versorgung der Tunnelbaustellen mit elektrischer Energie	14
3.1 Allgemeines	14
3.2 Übersicht zu Tunnelvortriebsmethoden	14
3.3 Versorgung von Tunnelvortriebsmaschinen mit elektrischer Energie	16
3.4 Energiebedarf	18
3.5 Übergabepunkte und Anschlusspunkte	19
3.6 NOT-AUS-Abschaltung	21
4 Elektrische Schutzmaßnahmen	23
4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag	23
4.2 Potentialausgleich	28

5	Betriebsmittel	29
5.1	Hochspannungsanlagen	29
5.2	Netzersatzanlagen	32
5.3	Akkumulatorladestationen und Batterieräume	32
5.4	Schaltanlagen und Verteiler	36
5.5	Kabel und Leitungen	36
5.6	Leitungsroller	39
5.7	Leistungs- und Kabelverbindungen/Endverschlüsse	39
6	Beleuchtung	43
6.1	Allgemeinbeleuchtung	43
6.2	Sicherheitsbeleuchtung	45
6.3	Anforderungen an Leuchten	48
7	Instandsetzung, Wartung, Prüfungen und Kontrollen	52
Anhang 1 Literaturverzeichnis		55
Anhang 2 Deutsche VDE Normen		57
Anhang 3 Österreichische Gesetze und Normen		60
Anhang 4 Europäische Normen		61
Anhang 5 Kurzzeichen und Symbole auf elektrischen Betriebsmitteln		62
Anhang 6 Schutzarten nach VDE 470-1		64
Anhang 7 Kurzzeichen für Leitungen		65
Anhang 8 Im Tunnelbau verwendete Kabel und Leitungen		68

Vorbemerkung

Die vorliegende DGUV Information 203-098 „Elektrische Einrichtungen im Tunnelbau“ wurde für die Anwendung in Deutschland und Österreich erstellt. Unterschiede im Sprachgebrauch oder den jeweils zutreffenden Regeln werden deshalb mit // getrennt.

Die DGUV Information 203-098 „Elektrotechnische Einrichtungen im Tunnelbau“ gibt erläuternde Hinweise zu den sicherheitstechnischen Bestimmungen geltender Gesetze und Verordnungen mit deren technischen Regeln, sowie zu den Regelungen der Unfallversicherungsträger, die bei der Ausführung der Arbeiten sowie im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen sind. Anforderungen für das Errichten und Betreiben elektrischer Anlagen und Betriebsmittel aus den einschlägigen Normen im Tunnelbau werden zusammengefasst.



Abb. 1 Bohrgerät auf der Zufahrt

Diese DGUV Information wendet sich insbesondere an die Unternehmensleitung, an Fachkräfte für Arbeitssicherheit und Verantwortliche für die Elektrosicherheit, die im Tunnelbau Arbeitsplätze, Verkehrswege, Baustelleneinrichtungen und Versorgungseinrichtungen errichten und betreiben (lassen).

DGUV Informationen geben Hilfestellung bei der Umsetzung von Pflichten aus staatlichen Arbeitsschutzvorschriften oder Unfallverhütungsvorschriften und zeigen Möglichkeiten auf, wie Arbeitsunfälle, Berufskrankheiten und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren vermieden werden können.

1 Anwendungsbereich

Baustellen unter Tage, wie Tunnel-, Kavernen-, Hohlraumbaustellen u. Ä. im Folgenden als Tunnelbaustellen bezeichnet, unterscheiden sich in vielfacher Hinsicht von oberirdischen Baustellen.

Das betrifft nicht nur die schwierigen Umgebungsbedingungen, sondern auch die hohen Leistungsanforderungen.

Die eingesetzten Maschinen, Geräte und Einrichtungen werden dabei in extremer Weise beansprucht.

Bei Auswahl, Installation und Betrieb von elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln an Tunnelbaustellen ist darauf besonders zu achten, auch um zusätzliche Gefährdungen zu vermeiden, die sich ergeben können, z. B. durch Auftreten von Feinstaub in großen Mengen, Vorhandensein von Feuchtigkeit, Möglichkeit eines Wassereintruchs, Auftreten von explosionsfähigen Gasgemischen, Brandgefahren, engen Platzverhältnissen, Fahrverkehr, Steinschlag und Hereinbrechen von Massen. Elektrische Anlagen und Betriebsmittel an Tunnelbaustellen müssen wesentlich höheren Anforderungen genügen als an Baustellen über Tage. Deshalb sind nur geeignete und für den Anwendungsbereich typgeprüfte Anlagen und Betriebsmittel einzusetzen.



Abb. 2 Bohrgerät im Vortrieb

Diese DGUV Information kann, wenn die Gefährdungsbeurteilung es erfordert, teilweise auch angewendet werden, wenn in vorhandenen – also bereits fertiggestellten Tunnelanlagen – allgemeine und elektrotechnische Arbeiten, mit der Notwendigkeit von entsprechenden Baustromversorgungsanlagen, im Rahmen von Erweiterungen und bei der Instandhaltung durchgeführt werden. Solche Arbeiten sind vor allem hinsichtlich der Schnittstellen rechtzeitig mit dem Tunnelbetreiber abzustimmen.

2 Besondere Gefährdungen bei Tunnelbauarbeiten

2.1 Staub

Bei Tunnelbauarbeiten treten zum Teil erhebliche Mengen von Feinstaub auf, der zusammen mit der Feuchtigkeit in elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln zu Gefahr bringenden Fehlern (z. B. Kriechströmen, Beeinträchtigungen der Schaltmechanik) führen kann. Elektrische Anlagen und Betriebsmittel müssen deshalb einen besonderen Schutz gegen schädliche Staubablagerungen aufweisen. Über die Mindestanforderung für Baustellen IP4X hinaus, kann für ausgewählte Anlagen die Mindestschutzart IP5X erforderlich sein (siehe [Anhang 6](#)).

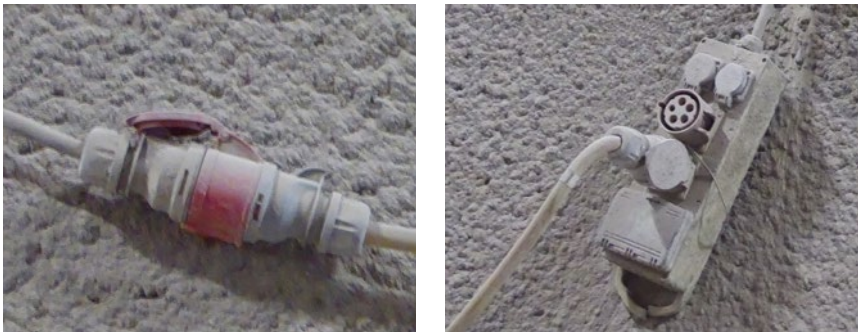


Abb. 3 Elektrische Arbeitsmittel müssen mindestens staubgeschützt sein und bleiben (rechts: Abdeckung und damit der Staubschutz fehlt)

2.2 Feuchtigkeit und Wasser

Ausgewählte elektrische Anlagen und Betriebsmittel müssen mindestens gegen Spritzwasser aus allen Richtungen geschützt sein, Mindestschutzart IPX4. Muss mit Strahlwasser aus allen Richtungen oder Überflutung gerechnet werden, sind höhere Schutzarten erforderlich (siehe [Anhang 6](#)).

2.3 Erhöhte mechanische Beanspruchung

Aufgrund erhöhter mechanischer Beanspruchungen müssen elektrische Anlagen und Betriebsmittel entsprechend diesen Anforderungen ausgewählt oder durch sonstige Schutzmaßnahmen, z. B. Unterbringung in eigenen Betriebsräumen, durch Abdeckung oder Einhausung, gesichert werden. Dabei sind besonders die Abbaumaßnahmen wie Sprengarbeiten und Transportarbeiten zu berücksichtigen.

2.4 Explosionsfähige Gasgemische

Gase, die mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch ergeben, können

- austreten, z. B. aus Gesteinsformationen, Altlastenbereichen, Deponien (Methan, leichter als Luft),
- ausströmen aus Gasflaschen (Butan, Propan, schwerer als Luft),
- ausströmen (von Knallgas) aus Akkumulatoren (siehe [Abschnitt 5.3](#)).

Vorhandensein und Konzentration explosionsfähiger Gase kann nur mit geeigneten Gasmess- und Gaswarngeräten festgestellt werden. Bei möglichem Auftreten explosionsfähiger Gase sind geeignete Maßnahmen durchzuführen, z. B. bewettern, vorwarnen, abschalten, verlassen des Gefahrenbereiches. In explosionsgefährdeten Bereichen sind zusätzliche Bestimmungen zu beachten und anzuwenden. Regelungen dazu sind der Gefahrstoffverordnung und der Betriebssicherheitsverordnung zu entnehmen. Hinweise zur Bewertung der Gefährdungen und zu notwendigen Schutzmaßnahmen finden sich in der DGUV Information 213-106 „Explosionsschutzdokument“ und für Österreich in der VEXAT.

2.5 Brandgefahr und Brandlasten

Um die Brandlast so gering wie möglich zu halten, müssen elektrische Anlagen und Betriebsmittel entsprechend den jeweiligen Anforderungen ausgewählt werden, z. B. schwerentflammbares oder halogenfreies Material oder Gießharztransformatoren (siehe [Abschnitt 5.1.2](#)).

Um die Funktionsfähigkeit leitungsgebundener sicherheitsrelevanter Systeme zu gewährleisten, müssen Materialien und Ausrüstungen mit zeitlich definiertem Funktionserhalt (z. B. EI* 30–EI 90 bzw. REI* 30–REI 90) verwendet werden.

Bei Auswahl der Standorte (z. B. der Transformatorstationen, Verteileranlagen) ist auf die uneingeschränkte Nutzungsmöglichkeit der Flucht- und Rettungswege zu achten.

Beim Einsatz von akkubetriebenen Maschinen, Geräten und von Energiespeichern können im Fall eines Brandes zusätzliche Gefährdungen entstehen. Deshalb müssen solche Geräte im Brandschutzkonzept besonders berücksichtigt und ggf. mechanisch gegen An- oder Umstoßen, und Vibrationen geschützt werden.

Nach Ereignissen (Umkippen, Abstürzen oder Anfahren usw.) oder bei der täglich durchzuführenden Kontrolle vor Arbeitsbeginn und bei der regelmäßig wiederkehrenden Prüfung müssen – mit einer besonders sorgfältigen Sichtprüfung- Auffälligkeiten im Bereich der Akkus berücksichtigt werden. Verformungen, Auswölbungen, Verfärbungen durch thermische Einwirkungen können auf Beschädigungen der Akkus hinweisen. Wegen der in solchen Fällen bestehenden Brandgefahr sollten die Geräte nicht weiter

* R (abgeleitet von Resistance) steht für Tragfähigkeit, E (abgeleitet von étanchéité) steht für Raumabschluss, I (abgeleitet von Isolation) steht für Wärmedämmung unter Brandeinwirkung

benutzt werden und bis zur Klärung durch Spezialisten (z. B. vom Hersteller) gesichert aus dem Tunnelbereich entfernt werden.

Je nach Umfang der eingesetzten Akkugeräte sollten Vorkehrungen getroffen werden, die der gefahrlosen Ladung von Akkus oder der Sicherung von defekten oder auffälligen Akkus dienen. Dazu bieten die Hersteller spezielle Schränke für die Lagerung und Ladung oder Behälter für den sicheren Einschluss und Transport zur Entsorgung an.

2.6 Gefahr durch Ausfall der Energieversorgung

Bei Störungen im Versorgungsnetz oder bei Unterbrechung der Stromversorgung können unter Umständen erhebliche Gefahren auftreten. Beispiele:

- Bei Wassereinbruch kann es zu Überflutungen kommen, wenn die Wasserhaltung ausfällt.
- Bei Arbeiten unter Druckluft kann der Ausfall von Kompressoren zu einem gefährlichen Absinken des Druckes führen (siehe DruckluftVO).
- Bei Ausfall der Bewetterung sinkt der Sauerstoffgehalt der Atemluft, die sich mit gesundheitsschädlichen Gasen und Stäuben anreichern kann.

3 Versorgung der Tunnelbaustellen mit elektrischer Energie

3.1 Allgemeines

Der oft sehr hohe Energiebedarf von Tunnelbaustellen wird in der Regel durch elektrische Energie gedeckt, weil diese im Vergleich zu anderen Energieträgern viele Vorteile bietet (z. B. hohe Verfügbarkeit, keine Schadstoffe).

Verbunden mit dem Fortschritt in der maschinentechnischen Entwicklung, der stetigen Steigerung der Vortriebsleistung und immer größeren Arbeitsbereichen hat sich der Bedarf an elektrischer Energie in den letzten Jahren stark erhöht.

Zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit werden deshalb häufig Hochspannungsanlagen, bis derzeit 20 kV, eingesetzt.

Der hohe Energiebedarf fällt an beim Betrieb von Tunnelvortriebsmaschinen, Bohrwagen, Spritzmobilen sowie bei der Versorgung von Druckluftkompressoren und Bewetterungsanlagen.

3.2 Übersicht zu Tunnelvortriebsmethoden

Die Tunnelvortriebsmethoden lassen sich einteilen in den Vortrieb mit Tunnelvortriebsmaschinen und den konventionellen Vortrieb.

- Tunnelvortriebsmaschinen (TVM) bauen entweder den gesamten Tunnelquerschnitt mit einem Bohrkopf oder Schneidrad im Vollschnitt oder teilflächig durch geeignete Lösevorrichtungen ab. Man unterscheidet die TVM zwischen Tunnelbohrmaschinen (TBM) und Schildmaschinen (SM). Tunnelbohrmaschinen werden für Vortriebe in standfesten Festgesteinen eingesetzt, für Vortriebe im Lockerböden oberhalb und unterhalb des Grundwasserspiegels kommen Schildmaschinen zum Einsatz. Schildmaschinen lassen sich nach der Art der

Ortsbruststützung in Flüssigkeitsschilde und Erddruckschilde weiter unterteilen. Als Fördereinrichtungen bei Tunnelbohrmaschinen sowie bei Erddruckschilden kann sowohl eine Bandanlage als auch ein Gleisbetrieb zum Einsatz kommen, beim Flüssigkeitsschild ist immer eine Pumpförderung notwendig. TVM werden überwiegend aus der Hochspannung, z. B. 6 bis 20 kV betrieben und verfügen über eigene Trafostationen. Der Leistungsbedarf ist üblicherweise zwischen 2 MW und 6 MW zu erwarten.

- Im konventionellen Vortrieb (Spritzbetonbauweise) werden überwiegend Bohrwagen, Teilschnittmaschinen, Bagger, Spritz-, Lade- und andere Geräte eingesetzt. Entsprechend der Geologie und der Ausbruchsfläche wird der Vortrieb in mehrere aufeinander folgende Abbauquerschnitte unterteilt (Kalotte, Strosse, Sohle, Ulmen) und anschließend mit Spritzbeton gesichert. Der Leistungsbedarf kann auch über Niederspannung gedeckt werden. Je nach Gleichzeitigkeit des Einsatzes von mehreren Maschinen kommen dafür Trafostationen im Leistungsbereich von 630 kVA bis 1000 kVA zum Einsatz.
- Der unterschiedlich hohe Energiebedarf der genannten Vortriebsmethoden resultiert aus den angewendeten Abbau- und Förderverfahren.
- Die Elektrosicherheit von Baumaschinen ist vom Hersteller nach EN 60204 zu gewährleisten.
- Werden batterieelektrisch angetriebene Baumaschinen mit Spannungen von > 120 VDC eingesetzt, müssen Betrieb und Instandhaltung der Baumaschinen sinngemäß so organisiert werden, wie es z. B. in der DGUV Information 209-093 „Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltsystemen“ für Straßenfahrzeuge beschrieben ist.

3.3 Versorgung von Tunnelvortriebsmaschinen mit elektrischer Energie



Abb. 4 Leitungslänge wird vom Bohrwagen abgetrommelt

Wegen den wechselnden und „wandernden“ Einsatzbereichen, z. B. im Vortrieb, können elektrische Betriebsmittel, Maschinen und Trafostationen oft nicht fest installiert werden. Verschiedene Lösungen können Zugkräfte und mechanische Gefährdungen verringern:

- Die erforderliche Leitungslänge wird getrommelt auf der Vortriebsmaschine mitgeführt. Dabei kann die Trommelbewegung mit dem Fahrwerk der Maschine gekoppelt werden, d. h. die Leitung wird bei Vorwärtsfahrt der Maschine abgewickelt, bei

Rückwärtsfahrt wieder aufgewickelt. Dadurch treten keine nennenswerten Zugkräfte in der Leitung auf. Eine zusätzliche Zugbewehrung kann entfallen, wobei die Leitung für wiederholtes Auf- und Abtrommeln (Trommelzug) geeignet sein muss.

- Die erforderliche Leitungslänge wird in einem Leitungsspeicher oder auf einer Leitungstrommel gespeichert und beim Vorücken der Maschine drallfrei entnommen. Es treten dabei nur geringe Zugspannungen auf.
- Die gesamte für den Vortrieb erforderliche Leitungslänge wird vor dem oder im Inneren des Bauwerks ausgelegt und von der Maschine nachgezogen. Auch das schlaufenförmige Verlegen der Leitung an den Stößen und Nachziehen durch die Maschine ist möglich. Dabei treten unter Umständen große Zugkräfte in der Leitung auf. Zusätzlich besteht die Gefahr der mechanischen Beschädigung der Leitung durch Fahrzeuge, Baumaschinen etc. Als Leitungstyp wird deshalb eine zugfeste, bewehrte Leitung empfohlen. Der Anschluss an die Vortriebsmaschine sollte mit einem Zugspannungsbegrenzer ausgestattet werden, wenn keine konstruktiven Maßnahmen, wie z. B. eine Leitungstrommel an der Maschine, vorhanden sind. Zugspannungsbegrenzer schalten bei Überschreitung der zulässigen Zugspannung den Vortrieb automatisch mit oder ohne Vorwarnung ab.



Abb. 5 Anschluss des Bohrgerätes über Steckverbindung

3.4 Energiebedarf

Beim notwendigen Leistungsbedarf derzeitiger Vortriebsmaschinen und/oder den großen Vortriebslängen ist eine Versorgung nur aus dem Hochspannungsnetz möglich. Die Hochspannungstransformatoren sind entweder in die Maschine integriert oder werden als so genannte rückbare Transformatoren hinter der Vortriebsmaschine mitgeführt. Bei der Dimensionierung der Versorgungseinrichtungen ist der zu ermittelnde Gleichzeitigkeitsfaktor der elektrischen Verbrauchsmittel zu berücksichtigen.

3.5 Übergabepunkte und Anschlusspunkte

Am Übergabepunkt wird elektrische Energie in die elektrische Anlage der Tunnelbaustelle eingespeist. Übergabepunkte sind Schnittstellen zwischen den Versorgungsnetzen der Energieversorgungsunternehmen und den Baustellennetzen. Übergabepunkte zur Versorgung von elektrischen Anlagen oder Betriebsmitteln sind:

- Übergabestationen
- Transformatorstationen
- Stromerzeuger nach VDE 0100-551 // ÖVE-EN 1, Teil 4 (§ 53)
- Akkumulatorstationen



Abb. 6 Trafostation als Übergabepunkt

Jeder Übergabepunkt muss in Abhängigkeit von Leistungsbedarf, Versorgungsspannung und den Anforderungen der Technischen Anschlussbedingungen (TAB) der Energieversorgungsunternehmen mindestens eine Einrichtung zum Trennen/Freischalten haben. Das Freischalten mittels Sicherungs-Lasttrennschalter (NH-System oder ähnliches) mit vollständigem Berührungsschutz stellt eine Bedienung dar und darf auch von Laien ausgeführt werden. Die Zugänglichkeit von NH-Sicherungs-Trennschaltern ohne vollständigen Berührungsschutz darf nur mittels Werkzeug möglich sein. Das bedeutet, dass sich innerhalb eines elektrischen Betriebsraumes die NH-Sicherungsleisten hinter einer Abdeckung (mindestens IP 2X) befinden müssen. Einrichtungen zum Trennen können auch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) sein.

Die elektrische Versorgung von Betriebsmitteln auf Bau- und Montagestellen darf nur aus zugeordneten, sicheren Anschlusspunkten, z. B. nach DIN VDE 0100-704 // OVE E 8101 Teil 704 erfolgen. Das sind in der Regel Steckdosen von:

- Baustromverteiler nach VDE 0660-600-4 // ÖVE EN 61439-4
- Trenntransformatoren mit getrennten Wicklungen (Schutztrennung)
- Sicherheitstrenntrafos für Schutzkleinspannung
- Stromerzeugern (siehe auch DGUV Information 203-032 „Auswahl und Betrieb von Stromerzeugern auf Bau- und Montagestellen“)



Abb. 7 Anschlusspunkte

Energiespeicher, z. B. aus Akkus oder Brennstoffzellen können sichere Anschlusspunkte zur Verfügung stellen, wenn die Regelungen für Stromerzeuger sinngemäß eingehalten werden.

3.6 NOT-AUS-Abschaltung

Das Auslösen der NOT-AUS-Abschaltung ist eine Notfallhandlung zum Trennen der elektrischen Energie von Anlagen oder Anlagen-teilen im Gefahrenfall. Für die Trennung eignen sich auch Überwachungsgeräte, wie z. B. die bewährten H-Wächter. Hierfür werden die NOT-AUS-Befehlsgeräte oder die automatischen Abschalteinrichtungen direkt mit dem Überwachungsstromkreis verbunden. Die NOT-AUS-Befehlsgeräte müssen rot gekennzeichnet sein und als Kontrastfläche einen gelben Untergrund haben. Sie müssen gut sichtbar, leicht und gefahrlos erreichbar sein. Das Rückstellen des NOT-AUS-Befehlsgerätes darf nicht das automatische Wiederanlaufen der Anlagen zur Folge haben. Das NOT-AUS-Befehlsgerät muss so angeordnet werden, dass es auch bei beengten Betriebsverhältnissen nicht versehentlich betätigt werden kann.

Gefährdungen durch einen NOT-AUS, z. B. ein Spannungsausfall für betriebswichtige Anlagen (Bewetterung, Beleuchtung) müssen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung beachtet werden. Wenn nach einem NOT-AUS weiterhin die NOT-HALT-Funktion einer Maschine notwendig ist, muss das vom Maschinenhersteller berücksichtigt sein.

4 Elektrische Schutzmaßnahmen

Bei der Versorgung von Tunnelbaustellen sind die Schutzmaßnahmen in Abhängigkeit von der Spannungsebene auszuwählen.

4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

4.1.1 Hochspannungsnetze

Hochspannungsnetze auf Tunnelbaustellen sind entsprechend VDE 0101 // ÖVE/E 8383 zu errichten. Auf Tunnelbaustellen sind die Hochspannungsnetze unter Tage grundsätzlich mit isoliertem Sternpunkt auszuführen (siehe EN 50628:2016-11). Elektrische Schutzeinrichtungen müssen in Verbindung mit Schaltgeräten im Falle eines Fehlers die zu schützenden Leitungen automatisch abschalten. Folgende Fehler sind in Betracht zu ziehen:

- Schluss zwischen Überwachungsleiter und Schutzleiter (äußerer Fehler)
- Unterbrechung des Überwachungsstromkreises für den Schutzleiter
- Einfacher vollkommener Erdschluss
- Schluss zwischen Außenleiter und Überwachungsleiter (innerer Fehler)

Elektrische Schutzeinrichtungen müssen sicherstellen, dass nach dem Abschalten der fehlerbehaftete Teil des Netzes nicht wieder eingeschaltet werden kann. Zusätzlich muss die elektrische Schutzeinrichtung mit dem am Anfang der überwachten Leitung angeordnetem Schaltgerät elektrisch so zusammengeschaltet sein, dass die Leitung nur bei aktivierter Schutzeinrichtung in Betrieb genommen werden kann. Die oben genannten Fehler werden durch geeignete Isolationsüberwachungen, Erdschluss-erfassungs- und Überwachungsgeräte wie z. B. dem bewährten Hochspannungsleitungswächter (H-Wächter) in Verbindung mit

geeignetem konstruktivem Leitungsaufbau der zu schützenden Leitungen (siehe [Abschnitt 5.5](#)) und einem zugeordneten Schaltgerät sicher abgeschaltet.



Abb. 8 H-Wächter

4.1.2 Niederspannungsnetze

Im Niederspannungsnetz sind nur TN-S, TT oder IT-Systeme zulässig.

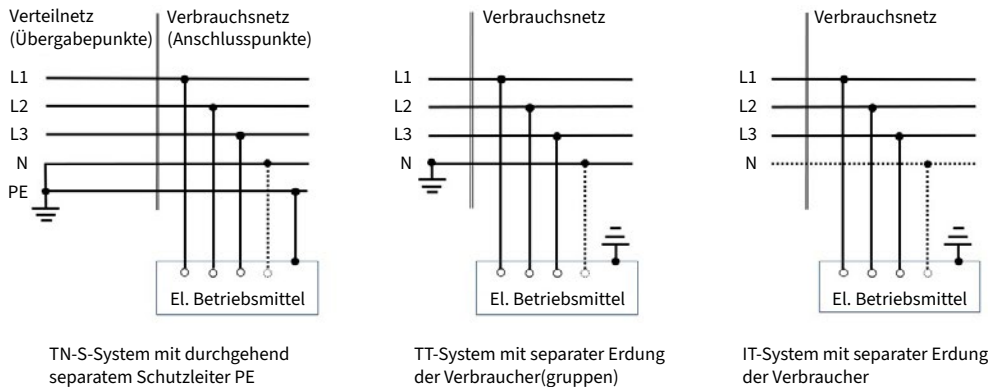


Abb. 9 Niederspannungsnetze

Bei Anwendung des TN-S-Systems hinter Baustromverteilern ist für die Zuleitung vor dem Baustromverteiler auch das TN-C-Netz mit folgender Einschränkung zulässig: Der Baustromverteiler ist zusätzlich zu erden. Es müssen Kabel und Leitungen mit Querschnitten von mindestens 10 mm^2 Cu oder 16 mm^2 Al verwendet werden, die während des Betriebes nicht bewegt werden und mechanisch geschützt sind.

Eine Leitung gilt als geschützt, wenn sie z. B.

- im Erdreich verlegt,
- hochgelegt (Kabelbrücke),
- im Schutzrohr oder in einer ausreichend tragfähigen Konstruktion (Überfahrschutz) verlegt

ist.

In Stromkreisen ohne Steckverbindungen müssen eine oder mehrere Schutzmaßnahmen nach VDE 0100-410 // ÖVE/ÖNORM E 8101 Teil 4-41 angewendet werden.

In allen Stromkreisen mit Steckverbindungen und Stromkreisen mit fest angeschlossenen, in der Hand gehaltenen Verbrauchsmitteln sind die folgenden Schutzmaßnahmen anzuwenden:

TT-und TN-S-System:

- Stromkreise $\leq$ AC 32 A sind über Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) mit $I_{\Delta n} \leq 30$ mA zu betreiben.
- In Stromkreisen mit Steckvorrichtungen > 32 A sind Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) mit $I_{\Delta n} \leq 500$ mA zulässig.
- Durch Frequenzsteuerungen, die bei vielen großen Baumaschinen zum Einsatz kommen, können RCD vom Typ A versagen, weil sie wegen der möglichen Gleichfehlerströmen „erblinden“.
 - Für Deutschland gilt: RCD vor Drehstromsteckdosen bis 63 A auf Baustellen müssen vom Typ B sein. Vor Drehstromsteckdosen über 63 A müssen RCD vom Typ B sein, wenn frequenzgesteuerte Betriebsmittel eingesetzt werden.
 - Für Österreich gilt: Bei Einsatz von frequenzgesteuerten Betriebsmitteln müssen RCD vor Drehstromsteckdosen vom Typ B sein.
- Im Einzelfall können bei frequenzgesteuerten Betriebsmitteln sichere Anschlusspunkte auch mit Trenntrafos oder Stromerzeugern (nur ein Verbrauchsmittel benutzen) oder Festanschluss (Nachweis der Wirksamkeit der Schutzmaßnahme durch Elektrofachkraft) hergestellt werden.
- RCD vom Typ B dürfen nicht RCD vom Typ A (in Reihe) nachgeschaltet sein.
- Einphasige frequenzgesteuerte Betriebsmittel können i. d. R. sicher über RCD vom Typ A betrieben werden. Wenn der Hersteller des Betriebsmittels es vorgibt, können auch RCD vom Typ F, für hochfrequente Fehlerströme, notwendig werden.

- Steckdosen größer 125A können über Leistungsschalter, z. B. in Verbindung mit Differenzstrommonitor (RCM) bzw. Summenstromwandler betrieben werden.

IT-System:

IT-Systeme dürfen nur mit Isolationsüberwachungseinrichtungen betrieben werden. Sofern diese nicht überwacht werden, muss die elektrische Anlage bei Auftreten des ersten Fehlers automatisch abschalten. Bei Meldung eines Isolationsfehlers ist der Mangel unverzüglich zu beseitigen. Überwacht bedeutet, dass die Wahrnehmung der Meldung sichergestellt sein muss und umgehend Maßnahmen zur Fehlerbeseitigung eingeleitet werden.

Netzunabhängige Schutzmaßnahmen:

In Bereichen mit besonderen elektrischen Gefährdungen, z. B. in leitfähigen Bereichen mit begrenzter Bewegungsfreiheit siehe VDE 0100-706 // ÖVE-E 8101, Teil 7-706

- Schutzkleinspannung (SELV) nach VDE 0100-410 Abschnitt 414.1 // ÖVE/ÖNORM E 8001 Teil 1
- Schutztrennung nach VDE 0100-410 Abschnitt 413.5 // ÖVE-E 8101 Teil 4-413, Je Trenntransformator bzw. je galvanisch getrennter Sekundärwicklung darf nur ein elektrisches Verbrauchsmittel angeschlossen werden.
- Bei Verwendung von Ersatzstromerzeugern sind die Maßnahmen nach VDE 0100-551 // ÖVE-E 8101, Teil 5-55 anzuwenden. Nach DIN VDE 0100-704 und DGUV Information 203-032 „Auswahl und Betrieb von Stromerzeugern auf Bau- und Montagestellen“ ist die Schutzmaßnahme „Schutztrennung mit mehr als einem elektrischen Verbrauchsmittel“ auf Baustellen nicht zulässig. Es müssen zusätzliche Anforderungen (z. B. zusätzliche PRCD vor jedem Verbrauchsmittel) erfüllt werden.

Diese Schutzmaßnahmen können als Erhöhung des Schutzlevels jederzeit auch in anderen kritischen Bereichen eingesetzt werden

oder auch, wenn RCD vom Typ B im Einzelfall nicht zur Verfügung stehen. Weitere Hinweise können der DGUV Information 203-004 „Einsatz von elektrischen Betriebsmitteln bei erhöhter elektrischer Gefährdung“ entnommen werden.

4.2 Potentialausgleich

In Tunnelbaustellen ist grundsätzlich ein Potentialausgleich erforderlich.

Bei Parallelvortrieben mit getrennter Versorgung ist der Potentialausgleich über vorhandene Querschläge herzustellen.

Potentialausgleichsleiter sind getrennt von elektrischen Kabeln und Leitungen auszuführen und aufgrund der zu erwartenden erhöhten Übergangswiderstände (z. B. durch Korrosionsbildung, mechanischen Einwirkungen) in Abständen von höchstens 100m mit Rohrleitungen, Gleisen oder sonstigen Metallkonstruktionen elektrisch leitend zu verbinden.

Die Erdungsanlage der obertägigen Installation ist mit dem Potentialausgleich der untertägigen Anlage zu verbinden.

Zur Verbesserung der Erdungsverhältnisse können leitfähige Teile der baulichen Einrichtungen (Spundwände, Rohrschirme, Profilträger u. a.) einbezogen werden.

Der Querschnitt des Potentialausgleichsleiters ist rechnerisch nach VDE 0100-540 // ÖVE-E 8101 Teil 5-544 zu ermitteln; er muss im Tunnelbau mindestens 50 mm^2 Cu betragen oder einem gleichen Leitwert entsprechen, z. B. Stahlseil mit mindestens 12mm Durchmesser.

5 Betriebsmittel



Abb. 10 Trafostation

5.1 Hochspannungsanlagen

Für den benötigten Energiebedarf von Tunnelbaustellen werden in der Regel komplexe Hochspannungsanlagen benötigt. Sie setzen sich zusammen aus Übergabestationen, stationären Transformatorstationen für den Einsatz über und unter Tage und rückbaren Transformatorstationen für den Einsatz im Vortrieb unter Tage.

Auf Tunnelbaustellen sind bei der Errichtung der elektrischen Anlagen unter Tage u. a. die Anforderungen der VDE 0118 // ÖVE EN 50628 sinngemäß anzuwenden. Die dort definierten Schutzziele können z. B. durch den Einsatz eines Hochspannungsleitungs wächters (H-Wächter) oder mit anderen geeigneten Isolationsüberwachungen erreicht werden (siehe [Abschnitt 4.1.1](#)).

Werden die Schaltanlagen mit Hilfsenergie betrieben, sind ausreichende Hilfsenergiequellen (z. B. USV Anlagen) vorzusehen, die bei Netzausfall unverzüglich wirksam werden.

Die Erdungsanlagen sind entsprechend VDE 0101 // ÖVE E 8383 (HD 637) und VDE 0118 // EN 50628 auszuführen.

Für den sicheren Betrieb sind die erforderliche Dokumentation und das Zubehör der Hochspannungsanlagen vom Errichter bereitzustellen. Art und Umfang sind zwischen Errichter und Betreiber abzustimmen.

Der Betrieb (Bedienen und Arbeiten) ist nur durch autorisierte und eingewiesene Elektrofachkräfte mit Schaltberechtigung zulässig.

5.1.1 Übergabestationen

Übergabestationen, vorzugsweise in Containerbauweise mit begehbarem Innenraum, beinhalten Hochspannungsanlagen für die Übernahme und Messung der elektrischen Energie aus dem Netz des Energieversorgers (EVU) und der Verteilung in das örtliche Baustromnetz. Die Schaltanlagentechnik und die Messung sind entsprechend den technischen Anschlussbedingungen (TAB) des örtlichen EVUs auszuführen. Übergabestationen können auch in Kombination mit Transformatoren und Niederspannungsverteilungen ausgeführt werden.

5.1.2 Transformatorstationen

Transformatorstationen werden vorzugsweise in Containerbauweise mit begehbarem Innenraum ausgeführt.

Sie bestehen aus typgeprüften Hoch- und Niederspannungsschaltanlagen, aus Transformatoren und bei Bedarf auch aus

Kompensationsanlagen. Bei der Auswahl der Transformatoren sind die örtlichen Einsatzbedingungen zu berücksichtigen (z. B. Umgebungstemperatur, Tropfwasser, Staub). Die Kompensationsanlagen sind auf die nachgeschalteten Verbrauchsmittel (z. B. frequenzgesteuerte Betriebsmittel) abzustimmen.

- Stationäre Transformatorstationen für den Einsatz über Tage: Bei der Wahl des Aufstellungsortes müssen die Umgebungsbedingungen berücksichtigt werden (Temperatur, Hochwassergefahr, Lawinengefahr, Steinschlag u. a.). Es können flüssigkeitsgefüllte Transformatoren, Gießharztransformatoren oder Trockentransformatoren eingesetzt werden.
- Stationäre Transformatorstationen für den Einsatz unter Tage: Für den Einsatz unter Tage haben sich stationäre und rückbare Transformatorstationen bewährt.
- Rückbare Transformatorstationen sind vorwiegend in Kompaktbauweise ausgeführt und entsprechend den erschwerten Einsatzbedingungen dimensioniert. Es sind ausschließlich Gießharztransformatoren, Trockentransformatoren und Transformatoren mit Silikonisierflüssigkeit zulässig. Transformatoren müssen im Schadensfall durch eine schnellwirkende Schutzeinrichtung allpolig abgeschaltet werden. Der Anschluss der Transformatorstationen unter Tage (Kabel, Leitungen und Verbindungstechnik) ist entsprechend den Abschnitten 4.2, 5.5 und 5.7 vorzunehmen. Die Erdungsanlagen der Transformatorstationen sind in die örtlichen Potentialsteuerungen einzubeziehen. Je nach den örtlichen Verhältnissen können in den jeweiligen Transformatorstationen zusätzliche Brandschutz-, Lösch- und Meldeeinrichtungen erforderlich sein.

5.2 Netzersatzanlagen

Netzersatzanlagen (Batterie- bzw. Akkuanlagen oder Stromerzeuger) auf Tunnelbaustellen dienen bei Ausfall der primären Energieversorgung der Weiterversorgung sicherheitsrelevanter Einrichtungen und Verbrauchsmittel. Die Anlagen sind gemäß den Einsatzbedingungen, dem Energiebedarf, dem notwendigen Versorgungszeitraum und dem Anlaufverhalten der zu versorgenden Verbrauchsmittel auszuwählen, bzw. zu bemessen (siehe DGUV Information 203-032). Die Zu- und Abschaltung des Netzersatzbetriebes kann bei Bedarf (z. B. für Tunnelbeleuchtung, Bewetterung) über automatische Umschaltteinrichtungen gewährleistet werden. Die maximalen Umschaltzeiten ergeben sich durch die örtlichen Erfordernisse (siehe z. B. DruckluftV, ArbStättV).

5.3 Akkumulatorladestationen und Batterieräume

Akkumulatorladestationen sind Räume, in denen nicht gasdichte Akkumulatoren und Batterien vorübergehend zum Laden aufgestellt werden. Nicht gasdichte Akkumulatoren und Batterien werden u. a. zum Betrieb elektrischer Großgeräte, z. B. Lokomotiven, verwendet. Der beim Laden austretende Wasserstoff bildet mit Luft ein zündfähiges explosionsfähiges Gemisch.

Die Art der notwendigen (natürlichen oder technischen) Lüftung ist abhängig von der Bauart und Größe der Batterie und des Raumes und muss für jeden Anwendungsfall separat geprüft werden. Die untere Explosionsgrenze (UEG für Wasserstoff) von 4 % Volumenanteil Wasserstoff darf nicht erreicht werden.

Bei verschlossenen Batteriebauarten ist der Lüftungsbedarf deutlich geringer als bei offenen oder wartungsarmen, geschlossenen Batterien. Der erforderliche Aufwand für die Belüftung der Räume lässt sich daher wesentlich senken. Batterien verlangen heute in vielen Fällen nur noch vergleichsweise kleine Räume und sie gelten, bei bestimmungsgemäßem Gebrauch, meist nicht als explosionsgefährdet.

Um Gefährdungen zu vermeiden, sind folgende Mindestforderungen einzuhalten:

- Belüftungsöffnungen an gegenüberliegenden Wänden anbringen, andernfalls mindestens 2 m Trennabstand, wenn sich die Öffnungen in derselben Wand befinden.
- Der freie Öffnungsquerschnitt A der Zuluft- und Abluftöffnungen berechnet sich wie folgt: $A = 28 \times Q$ [in cm^2].
Die pro Stunde zuzuführende Luftmenge Q (in m^3/h) ist nach EN IEC 62485-2 zu ermitteln.
- Bei Ausfall der Belüftung muss der Ladevorgang automatisch unterbrochen werden.
- Lüftermotoren für Sauglüfter, die im zündfähigen Gasluftstrom liegen, müssen explosionsgeschützt und elektrolytbeständig sein. Die Laufräder der Lüfter müssen aus einem Werkstoff bestehen, der sich nicht elektrostatisch auflädt und keine Funken erzeugt.
- Eigener, abgeschlossener Betriebsraum mit nach außen öffnenden Türen.
- Kennzeichnung als Akkumulatorladeraum.
- Aufstellung der Akkumulatoren und Batterien auf isolierten Unterkonstruktionen.
- Ausreichend breite Verkehrswege.
- Essen, Trinken, Rauchen und Umgang mit offenem Feuer und glühenden Körpern ist verboten.
- Batterien dürfen nicht unter Last an- und abgeklemmt werden.

- Wenn Wartungsarbeiten an den Batterien durchgeführt werden, muss PSA (mindestens säuredichte Handschuhe und geeigneter Augenschutz) und eine Augenspülstation/Augenspülflasche zur Verfügung stehen. Herstellerhinweise sind zu beachten.
- Die lichte Höhe des Raumes muss mindestens 2 m betragen.
- Der Abstand zu brennbaren Material und auch zu Heizkörpern mit Oberflächentemperatur über 200 °C muss mindestens 2,5 m betragen. Ein Feuerlöscher ist notwendig, (eine Brandmeldeanlage wird empfohlen).
- Ladegeräte sollen auf der Netzseite mit 30-mA-RCDs abgesichert sein und sie müssen gegen Umfallen und mechanische Beschädigung/Anfahren geschützt sein.
- Ladegeräte sollen nicht im Abluftstrom (zwischen Batterie und Lüftung) positioniert sein und der Abstand zur Batterie beträgt mindestens 1 m. Die Verbindung zur Batterie erfolgt mit Gummikabel H07RN-F mindestens 10 mm² und genormten Steckverbindungen aus Kunststoff.



Abb. 11 Mögliche Kennzeichnungen für Batterieräume, Ladeplätze oder Laderäume

**Hinweis:**

Zunehmend werden Maschinen und Geräte mit Lithium-Ionen-Technik verwendet, bei denen Gasung beim Laden nicht zu erwarten ist. Allerdings bestehen andere besondere Gefährdungen. In bestimmten, extremen Fällen können Beschädigungen an den Akkus, durch interne oder externe Einflüsse, zur Explosion oder zum Brand mit Entwicklung von giftigen Rauchgasen führen. Deshalb sollen vor allem energiereiche Anlagen und Betriebsmittel mit Lithium-Ionen-Technik unter Tage nur eingesetzt werden, wenn solche Beschädigungen ausgeschlossen werden können. Das kann z. B. durch Unterbringung in separaten Räumen oder Nischen erfolgen.



Abb. 12 Akkubasierter Hybridspeicher als Pufferlösung für Lastspitzen

5.4 Schaltanlagen und Verteiler

Grundsätzlich dürfen nur typgeprüfte Schaltanlagen und Bau-
stromverteiler nach EN 60439 Teil 1 und 4 eingesetzt werden.

5.5 Kabel und Leitungen

Bei der Auswahl von Kabel und Leitungen für Tunnelbaustellen
sind die hohen mechanischen Beanspruchungen und der geplan-
te Einsatzzweck besonders zu beachten. Besonders gefährdete
Leitungen sind geschützt zu verlegen, z. B. durch: Hochhängen,
Abdecken mit festen Materialien, Verlegen in abgedeckten Gräben
oder in Schutzrohren. Gegebenenfalls sind die Leitungen auch

vor thermischen oder chemischen Einwirkungen zu schützen bzw. in ihrem Aufbau den jeweiligen Anforderungen anzupassen.

Die Auswahl der Kabel und Leitungen ist nach Bauart, Leiterquerschnitt und Strombelastbarkeit vorzunehmen. Bewegliche Leitungen, ausgenommen Geräteanschlussleitungen, müssen Gummischlauchleitungen entsprechend VDE 0298 sein. Je nach Anwendungsfall sind im Niederspannungsbereich die Bauarten H07RN-F, NSSHÖU oder mindestens gleichwertige gefordert. Als Hochspannungskabel haben sich N3G für den stationären Einsatz und NTSC als mobiles Trossenkabel bewährt. Kabel und Leitungen mit Kunststoffisolierung sind auf Baustellen nur bedingt und ausschließlich bei fester und geschützter Verlegung zulässig.

Die Bauart der Leitung ist unter Berücksichtigung der Nennspannung des vorhandenen Netzes, den Verlegebedingungen, den mechanische Beanspruchungen und des Überwachungssystems auszuwählen.

Anforderungen an flexible Leitungen und Kabel im Bergbau unter Tage finden sich im Anhang E der EN 50628. Die Verwendungsmöglichkeiten von Kabeln und isolierten Leitungen sind in der Normenreihe VDE 0298 geregelt. Weitere Hinweise finden sich bei den Herstellern, siehe dazu [Anhang 8](#).

Zum Einsatz kommen je nach Anwendung verschiedene Bauarten, bei denen der Schutzleiter als konzentrischer oder einzelkonzentrischer Schutzleiter ausgeführt wird. Bei der Überwachung des Schutzleiters auf Unterbrechung wird ein gesonderter Überwachungsleiter erforderlich.

Meist werden Kabel mit zwei Überwachungsschirmen (jeweils für Schutz- und Überwachungsleiter) eingesetzt.



Hinweis:

Bei erhöhten Anforderungen, wie z. B. Sprengarbeiten oder in explosionsgefährdeten Bereichen, sind Kabel mit zwei Überwachungsschirmen einzusetzen.



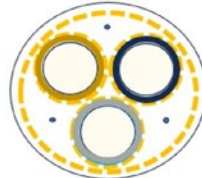
separater
Schutzleiter



konzentrischer
Schutzleiter



einzelnkonzentrische
Schutzleiter



mit zusätzlichen Pilotkontakten
oder Glasfaseradern

Abb. 13 Kabelbauarten

Der erforderliche Leiterquerschnitt wird aus der Netzspannung, der benötigten Leistung (Gleichzeitigkeitsfaktor beachten) und der Länge der Leitung (Spannungsfall) ermittelt. Dabei sind die für die jeweiligen Verlegebedingungen geltenden Umrechnungsfaktoren der Strombelastbarkeit nach VDE 0298 zu beachten.

Die Temperaturgrenzwerte an der Kabel- oder Leitungsoberfläche sind vom Hersteller so vorgegeben, dass bei der zwangsweisen Führung von Kabeln und Leitungen, insbesondere beim Schleppen über Grund und bei Trommelung, ein problemloser und störungsfreier Betrieb gewährleistet ist. Werden Kabel und Leitungen einer Strahlung, z. B. Sonnenlicht, ausgesetzt, so kann die Temperatur des Außenmantels auf bedeutend höhere Werte als die Umgebungstemperatur ansteigen. Diesem Umstand muss durch Anpassung der Strombelastbarkeit Rechnung getragen werden. Die angegebenen Werte dürfen in keinem Fall, z. B. durch

das Zusammenwirken der in der Leitung bei Betrieb entstehenden Wärme und der Umgebungstemperatur, überschritten werden. Alle Isolier- und Mantelwerkstoffe von Kabeln und Leitungen werden mit fallender Temperatur steifer. Bei Absinken unter die festgelegte untere Grenztemperatur können die verwendeten Werkstoffe verspröden und an Flexibilität verlieren.

5.6 Leitungsroller

Leitungsroller sind nach DGUV Information 203-006 „Auswahl und Betrieb elektrischer Anlagen und Betriebsmittel auf Bau- und Montagestellen“ mit Thermo-Schutz ausgerüstet und schutzisoliert. Tragegriff, Kurbelgriff und Trommelgehäuse bestehen aus Isolierstoff oder sind mit Isolierstoff umhüllt. Sie müssen eine ausreichende mechanische Festigkeit für den Einsatz unter erschwerenden Bedingungen aufweisen, mindestens der Schutzart IP X4 genügen und bei tiefen Temperaturen (bis -25°C) eingesetzt werden können. Die Leitungen sind vom Typ H07RN-F oder mindestens gleichwertiger Bauart.

5.7 Leitungs- und Kabelverbindungen/ Endverschlüsse

Die Verbindung von Leitungen und Kabeln erfolgt mittels Klemmkästen, Steckvorrichtungen und Muffen. Je nach Spannungsebene kann es zu verschiedenen Gefährdungen kommen. Steckvorrichtungen sind entsprechend den Einsatzbedingungen und technischen Vorschriften auszuwählen.

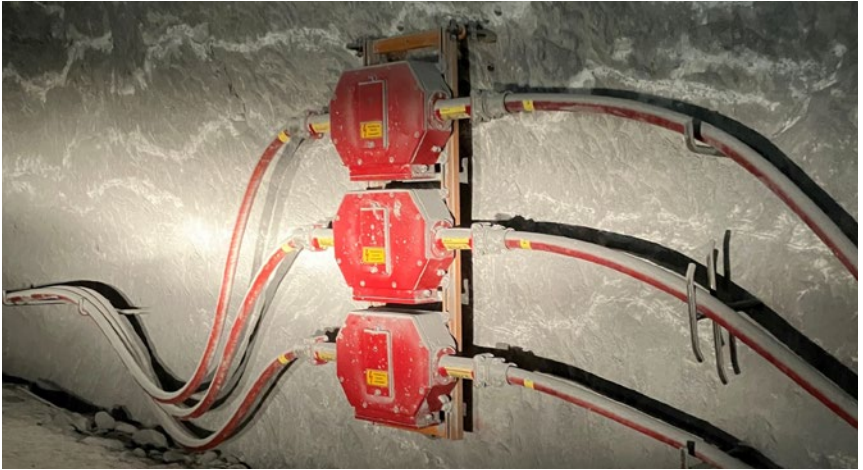


Abb. 14 Hochspannungsklemmenkästen aus dem Bergbaubereich

Die Anschlüsse von Kabeln und Leitungen an Maschinen, Geräte und Transformatoren müssen zugentlastet sein. Der Schutzleiter muss mit Längenvorgabe angeschlossen werden, damit bei unzulässiger Zugbelastung der Leitung der Schutzleiter als letzter Leiter unterbrochen wird. Kabel und Leitungen müssen gegen Abknickungen durch geeignete Einführungen und Anschlussstumpfen geschützt werden.

Als Muffen werden Vergussmuffen (NS und HS) und Schrumpfmuffen genutzt. Gießharz-Armaturen für Verbindungsmuffen, Abzweiggarituren und Endverschlüsse stehen für jede Leitungs- und Kabelgröße sowie für verschiedene Spannungsbereiche zur Verfügung. Bei Schrumpfmuffen wird ein Schrumpfschlauchset über die zu verbindenden Adern und den Außenmantel geschoben und durch Erwärmung (Heißluftgebläse, Benzin- o. Gasbrenner) geschrumpft. Mit dieser Methode können auch äußerlich beschädigte Kabel und Leitungen repariert werden.

5.7.1 Niederspannung

Neben den gelben Klemmkästen für Niederspannung aus dem Bergbaubereich haben sich in der Praxis im Tunnelbau auch andere geeignete Klemmkästen durchgesetzt.

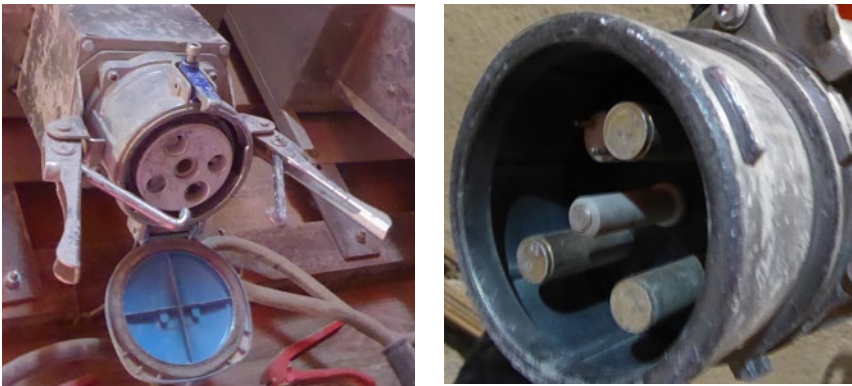


Abb. 15 Steckverbindung in der Niederspannung

Für Niederspannung stehen verschiedene geeignete Steckvorrichtungen unterschiedlicher Bauart zur Verfügung. Sie dürfen nur bis zu einem Nennstrom von 250A unter Last getrennt werden. Darüber hinaus ist eine Trennung nur im lastfreien Zustand zulässig. Das kann durch geeignete technische Maßnahmen gewährleistet werden, z. B. durch Drehtrennung oder voreilende Pilotkontakte.

5.7.2 Hochspannung

Klemmkästen für Hochspannung (Farbe rot) stehen aus dem Bergbauanwendungsbereich zur Verfügung. Sie sind besonders für den rauen Tunnel-Baubetrieb geeignet und in explosionsgefährdeten Bereichen anwendbar.

Klemmkästen für Hochspannungsverbindungen dürfen nur im spannungslosen Zustand geöffnet werden. Das kann z. B. dadurch erreicht werden, dass der mitgeführte Überwachungsleiter beim Öffnen des Deckels durch einen Sicherheitsschalter unterbrochen wird. Die dadurch hervorgerufene Unterbrechung des Schutzleiter-Überwachungskreises löst den vorgeschalteten Hochspannungsschalter aus. Die Wiedereinschaltung ist erst bei geschlossenem Deckel möglich.

Hochspannungssteckvorrichtungen, zur schnellen Trennung und Verbindung von flexiblen Hochspannungsleitungen, dürfen nur im spannungsfreien Zustand getrennt werden können. Das kann z. B. erreicht werden durch voreilende Pilotkontakte, die bei Trennung den Überwachungsstromkreis trennen und den vorgeschalteten Hochspannungsschalter auslösen. Die Wiedereinschaltung darf erst bei geschlossenem Überwachungsstromkreis möglich sein.

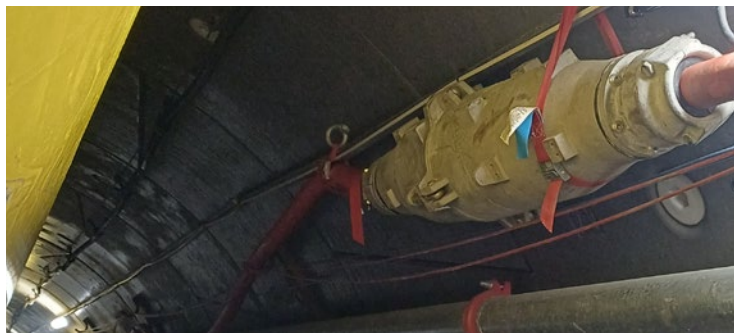


Abb. 16 Zusammengesteckte Verbindung im Hochspannungsbereich

6 Beleuchtung

6.1 Allgemeinbeleuchtung

Eine gute und zuverlässige Beleuchtung der Arbeitsplätze und Verkehrswege ist im Tunnelbau zur Vermeidung von Unfällen und zur Erkennung von Gefährdungen besonders wichtig.



Abb. 17 Beleuchtung im Tunnel

Die Beleuchtung dient der Erhöhung der Reaktionsfähigkeit, der Reduzierung von Ermüdungserscheinungen und der Sicherung der Arbeitsqualität.

Arbeitsplätze und Verkehrswege im Tunnelbau dürfen von Beschäftigten nur betreten werden, wenn sowohl die Allgemeinbeleuchtung als auch die Sicherheitsbeleuchtung vorhanden sind.

Die mittlere Beleuchtungsstärke an Arbeitsplätzen, Verkehrswegen und in Betriebsräumen muss so bemessen sein, dass

Arbeiten sicher durchgeführt und Verkehrswege, auch Flucht- und Rettungswege, sicher begangen werden können.

Die Schutzziele der Arbeitsschutzbestimmungen hinsichtlich der mittleren Beleuchtungsstärke an Arbeitsplätzen und Verkehrswegen sind eingehalten, wenn folgende Mindestbeleuchtungsstärken nach der Arbeitstättenregel ASR 3.4 bzw. der EN 12464-2 sichergestellt sind:

- | | |
|---|---------|
| • Verkehrswege | 20 Lux |
| • Arbeitsplätze (Ausbruch, Sichern, Betonarbeiten) | 100 Lux |
| • anspruchsvolle Tätigkeiten (z. B. Abdichtungsarbeiten), Arbeit in Schaltanlagen | 200 Lux |

Auf Vortriebsmaschinen muss die Beleuchtungsstärke im Arbeitsbereich mindestens 100 Lux, auf Zugangswegen mindestens 30 Lux betragen. Wo erfahrungsgemäß Wartungsarbeiten durchzuführen sind, müssen Steckvorrichtungen für zusätzliche Beleuchtung vorgesehen werden.



Abb. 18 Wegen Verstaubung werden Leuchten senkrecht angebracht

6.2 Sicherheitsbeleuchtung

6.2.1 Allgemeine Anforderungen an die Sicherheitsbeleuchtung

Die Sicherheitsbeleuchtung muss bei Ausfall der Allgemeinbeleuchtung selbsttätig und unverzüglich wirksam werden.

Die Ersatzstromversorgung der Sicherheitsbeleuchtung muss, ob als Zentralversorgung oder direkt vor der Leuchte, für die erforderliche Bemessungsbetriebsdauer ausgelegt sein.

Ein Ersatzstromerzeuger muss bei Ausfall der Primär-Stromversorgung selbsttätig anlaufen, mit einer selbsttätigen Spannungsregelung auf $\pm 5\%$ ausgerüstet sein, und mit einer ausreichenden Kraftstoffreserve für die Bemessungsbetriebsdauer versehen sein.

Als Mindestbeleuchtungsstärke ergibt sich nach ASR 2.3 und ASR A 3.4:

- Flucht- und Rettungswege 1 Lux
- Arbeitsplätze 15 Lux

Der allgemeine Farbwiedergabeindex Ra darf nicht unter 40 liegen

In vielen Fällen ist es von Vorteil, wenn die Beschäftigten zusätzlich mit einer Helmleuchte ausgerüstet sind. In Trafostationen haben sich Akku-Handlampen mit Aufladestation bewährt.



Abb. 19 Helmleuchte

Derartige zusätzliche Möglichkeiten für die Beleuchtung in besonderen Situationen sind kein Ersatz für die Sicherheitsbeleuchtung

Die Sicherheitsbeleuchtung für Flucht- und Rettungswege ist einzurichten, weil bei Ausfall der allgemeinen Beleuchtung das gefahrlose Verlassen der Tunnelbaustelle durch betriebsbedingte Hindernisse (z. B. abgestellte Maschinen, enge Verkehrswege) und Gefahrstellen (z. B. Gruben, Gräben) nicht gewährleistet ist.

Sie muss mindestens 1 Stunde betragen. Die Bemessungsbetriebsdauer der Sicherheitsbeleuchtung ist auf die Länge der Flucht- und Rettungswege abzustimmen.

Eine längere Bemessungsbetriebsdauer und auch eine höhere Mindestbeleuchtungsstärke kann erforderlich werden, wenn die örtlichen Bedingungen es erfordern.

Im Rettungskonzept können höhere Anforderungen festgelegt werden.

6.2.2 Besondere arbeitsplatzbezogene Anforderungen an die Sicherheitsbeleuchtung

Auf Vortriebsmaschinen ist eine Notbeleuchtung zu installieren, die bei Ausfall der Allgemeinbeleuchtung auf der Vortriebsmaschine unabhängig von der Sicherheitsbeleuchtung im Tunnelbereich automatisch aktiv wird. Die zugehörige Stromversorgung muss vor dem Hauptschalter der Vortriebsmaschine direkt an die Niederspannungsversorgung angeschlossen werden. Die Notbeleuchtung muss mindestens eine Beleuchtungsstärke von 15 Lux gewährleisten (siehe EN 16191 – Tunnelbaumaschinen – Sicherheitstechnische Anforderungen).

Die Sicherheitsbeleuchtung für Arbeitsplätze, bei denen durch Ausfall der Beleuchtung eine besondere Gefährdung auftreten kann, muss so angelegt sein, dass das gefahrlose Beenden erforderlicher Tätigkeiten möglich ist. Die Bemessungsbetriebsdauer der Sicherheitsbeleuchtung ist auf diese Tätigkeiten abzustimmen. Eine Sicherheitsbeleuchtung für Arbeitsplätze mit besonderer Gefährdung ist dort einzurichten, wo bei Ausfall der Beleuchtung eine unmittelbare Unfallgefahr besteht, z. B. bei Arbeiten:

- Werkzeugwechsel bei Vortriebsmaschinen
- mit Hubarbeitsbühnen
- an und auf Gerüsten und Gerüstwagen
- in/an Schaltanlagen
- in Transformatorräumen

6.2.3 Besondere Anforderungen an die Ausrüstung der Sicherheitsbeleuchtung

Wegen der großen Bedeutung der Sicherheitsbeleuchtung muss das Installationsmaterial zusätzliche Anforderungen erfüllen, z. B.:

- die Leitungen müssen für mindestens 250 V isoliert sein,
- der Querschnitt muss mindestens 2,5 mm² betragen,
- die Sicherheitsleuchten müssen besonders gekennzeichnet sein,
- die Stromkreise für Sicherheitsbeleuchtungen müssen über getrennte Kabel und Leitungen versorgt werden,
- das Installationsmaterial muss den Anforderungen für den Tunnelbaubetrieb entsprechen (siehe [Abschnitt 1](#)).

6.3 Anforderungen an Leuchten

6.3.1 Anforderungen an Decken-, Wand- oder Bodenleuchten

Leuchten müssen VDE 0711-1 // ÖVE/ÖNORM EN 60598-1 entsprechen und zusätzlich folgenden Anforderungen genügen:

- Leuchten müssen mindestens in der Schutzart IP 54 ausgeführt sein,
- Leuchten, die als Bodenleuchten eingesetzt werden, müssen mindestens in der Schutzart IP 55 ausgeführt sein, Leuchten sind entsprechend ihrer Bauart als Decken-, Wand- oder Bodenleuchten einzusetzen, sie sind mittels zugehöriger Aufhängungen zu befestigen oder mittels geeigneter Ständer aufzustellen.

- Als bewegliche Netzanschlussleitungen müssen je nach Anwendungsfall Gummischlauchleitungen vom Typ NSSHöu, H07RN-F oder mindestens gleichwertige Bauarten verwendet werden.
- Leuchten mit Steckvorrichtung sind über Schutzkleinspannung oder über Fehlerstromschutzeinrichtung mit $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ zu betreiben.
- Leuchten müssen eine für den rauen Betrieb ausreichende mechanische Festigkeit aufweisen (Nachweis z. B. durch Kennzeichnung mit Symbol oder Schlag- und Fallprüfung durch Hersteller, siehe DGUV Information 203-006 „Auswahl und Betrieb elektrischer Anlagen und Betriebsmittel auf Bau- und Montagestellen“).

Für Leuchtbänder und Lichtschläuche gelten diese Anforderungen sinngemäß gleichermaßen. Bei Installation und Betrieb sind die Herstellerangaben zu beachten.



Abb. 20 Beleuchtung mit LED Lichtband

6.3.2 Anforderungen an Handleuchten

Handleuchten müssen mindestens in der Schutzart IP 55 ausgeführt sein. Sie müssen den Festlegungen in VDE 0711-2-8 // ÖVE/ÖNORM EN 60598-2-8 entsprechen. Handleuchten müssen der Schutzklasse II oder der Schutzklasse III entsprechen.



Abb. 21 Handleuchte akkubetrieben und exgeschützt

Körper, Griff und äußere Teile der Fassung müssen aus Isolierstoff bestehen.

Handleuchten müssen mit einem Schutzglas und einem Schutzkorb ausgerüstet sein. Der Schutzkorb kann entfallen, wenn

anstelle des Schutzglases eine bruchfeste Umschließung aus Kunststoff vorhanden ist.

Schalter von Handleuchten müssen für deren maximale Stromaufnahme, mindestens aber für 4A ausgelegt und so eingebaut sein, dass sie vor mechanischen Beschädigungen geschützt sind.

Die Leitungseinführung muss über eine ausreichende Zugentlastung und einen Knickschutz verfügen.

Als Netzanschlussleitung ist bis zu einer Länge von 5m der Typ H05RN-F oder eine mindestens gleichwertige Bauart zulässig, soweit nicht die Normenreihe VDE 0711 // ÖVE/ÖNORM EN 60598 eine andere Bauart fordert.

7 Instandsetzung, Wartung, Prüfungen und Kontrollen

Der Unternehmer gewährleistet die organisatorischen Rahmenbedingungen für den sicheren Betrieb und die notwendigen Prüfungen. Die Grundsätze dafür sind in der DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ und der VDE 0105-100 bzw. VDE 0105-111 formuliert.

Elektrische Anlagen und Betriebsmittel, von denen infolge eines Mangels eine Gefährdung ausgeht, dürfen nicht betrieben werden und müssen sofort wirksam der Benutzung entzogen werden. Elektrische Anlagen sind deshalb vor Inbetriebnahme und danach regelmäßig wiederkehrend zu prüfen.



Abb. 22 Prüfung am Baustromverteiler

Die Instandsetzung, Wartung und die Prüfung von elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln darf nur von Elektrofachkräften oder unter deren Leitung und Aufsicht von elektrotechnisch unterwiesenen Personen vorgenommen werden. Wenn in Tunnelbaustellen das Bergrecht zu beachten ist, können Sachverständigenprüfungen erforderlich sein. Die Anforderungen der nach TRBS 1203 erforderlichen „zur Prüfung befähigten Person“ für die Prüfung von elektrischen Arbeitsmitteln, wird von prüferfahrenen Elektrofachkräften in der Regel erfüllt.

Die Richtwerte für Prüffristen auf Baustellen aus der DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ haben sich langjährig als sicher bewährt. Besonders die monatliche Prüfung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen „Isolationsüberwachung“ und „RCD“ trägt den besonderen Beanspruchungen von elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln auf Baustellen und auch im Tunnelbau Rechnung.

Ob Änderungen dieser Richtwerte erforderlich oder möglich sind, muss im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ermittelt werden. Dabei sind konkrete Gefährdungen vor Ort oder aus den eingesetzten Technologien zu berücksichtigen.

Zu jeder Prüfung gehört, neben der erforderlichen Sichtprüfung, immer auch ein messtechnischer Nachweis. Die Prüfungen sind zu dokumentieren. Bei elektronischer Speicherung der Prüfungsergebnisse reicht als Nachweis der erfolgreichen Prüfung eine Prüfplakette oder Banderole am Betriebsmittel aus. Es wird empfohlen, die bei den Prüfungen ermittelten Messwerte komplett zu speichern, um sie mit späteren Prüfungen vergleichen zu können. Die Aufzeichnungen zur Prüfung müssen mindestens bis zur nächsten Prüfung aufbewahrt werden.

Die aktuellen, für den sicheren Betrieb und auch für Prüfungen erforderlichen, Unterlagen – mit Übersichts- und Detailschalt-

plänen der elektrischen Anlage – müssen auf der Baustelle vorliegen und zugänglich sein.

Kontrollen dürfen und sollen im Unterschied zu Prüfungen auch von dafür unterwiesenen Anwendern (Laien) durchgeführt werden. Mit solchen Kontrollen können viele gefährliche Mängel, wie z. B. eine gequetschte Leitung, defekte Zugentlastung oder blanken Anschlüsse auch vom Laien erkannt werden. Auch das Betätigen der Testtaste von Isolationsüberwachungen und RCD gilt als Kontrolle. Zu diesen Kontrollen, die nicht nachweispflichtig sind, soll regelmäßig im Rahmen der Unterweisung informiert werden. Hinweise für den Unternehmer zur Organisation der Prüfungen gibt die DGUV Information 203-071 „Wiederkehrende Prüfungen elektrischer Anlagen und Betriebsmittel – Organisation durch den Unternehmer“. Für die Prüfungen selbst finden Elektrofachkräfte praktische Anleitungen in der DGUV Information 203-072 „Wiederkehrende Prüfungen **elektrischer Anlagen und ortsfester** Betriebsmittel – Fachwissen für Prüfpersonen“ und in der DGUV Information 203-070 „Wiederkehrende Prüfungen **ortsveränderlicher** elektrischer Arbeitsmittel – Fachwissen für Prüfpersonen“.

Anhang 1

Literaturverzeichnis

Gesetze, Verordnungen, Regeln

Bezugsquelle: Buchhandel und Internet: z. B. www.gesetze-im-internet.de, www.baua.de

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
 - TRBS 1201 Prüfungen
 - TRBS 1203 zur Prüfung befähigte Personen
 - TRBS 1112-1 Explosionsgefährdungen bei und durch Instandhaltungsarbeiten
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
 - ASR A1.8 Verkehrswege
 - ASR 2.3 Fluchtwege und Notausgänge
 - ASR A3.4 Beleuchtung
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
 - TRGS 723: Gefährliche explosionsfähige Gemische – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische
 - TRGS 727: Vermeidung von Zündgefahren durch elektrostatische Aufladungen
- Baustellenverordnung (BaustellV) mit den Regeln auf Baustellen (RAB)
- Druckluftverordnung
- Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung
 - TROS Laserstrahlung
 - TROS IOS (inkohärente Strahlung)
- Arbeitsschutzverordnung zu elektromagnetischen Feldern
 - TREMF NF (Niederfrequente Felder)
 - TREMF HF (Hochfrequente Felder)
- Bundesberggesetz (BBergG), die Allgemeine Bundesbergverordnung (ABBergV) sowie, soweit erlassen, die Bergverordnung für elektrische Anlagen der Länder.

DGUV Vorschriften- und Regelwerk

Bezugsquelle: Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger und unter www.dguv.de/publikationen

DGUV Vorschriften

- DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“ (Webcode: p000941)
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (Webcode: p000280)
- DGUV Vorschrift 38 „Bauarbeiten“ (Webcode: p021438)

DGUV Informationen

- DGUV Information 203-004 „Einsatz elektrischer Betriebsmittel bei erhöhter elektrischer Gefährdung“ (Webcode: p203004)
- DGUV Information 203-006 „Auswahl und Betrieb elektrischer Anlagen und Betriebsmittel auf Bau- und Montagestellen“ (Webcode: p203006)
- DGUV Information 203-032 „Auswahl und Betrieb von Stromerzeugern auf Bau- und Montagestellen“ (Webcode: p203032)
- DGUV Information 203-070 „Wiederkehrende Prüfungen ortsveränderlicher elektrischer Arbeitsmittel“ (Webcode: p203070)
- DGUV Information 203-071 „Wiederkehrende Prüfungen – Organisation durch den Unternehmer“ (Webcode: p203071)
- DGUV Information 203-072 „Wiederkehrende Prüfungen elektrischer Anlagen und ortsfester Betriebsmittel“ (Webcode: p203072)
- DGUV Information 213-006 „Explosionsschutzdokument“ (Webcode: p213006)

Anhang 2

Deutsche VDE Normen

- VDE 0100 Bestimmungen für das Errichten von Niederspannungsanlagen mit Nennspannungen bis 1000V
- VDE 0100-410:2018-10 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag
- VDE 0100-430:2010-10 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-43: Schutzmaßnahmen – Schutz bei Überstrom
- VDE 0100-530:2018-06 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 530: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Schalt- und Steuergeräte
- VDE 0100-540:2024-06 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen und Schutzleiter
- VDE 0100-551:2017-02 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-51: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Andere Betriebsmittel – Abschnitt 551: Niederspannungsstromerzeugungseinrichtungen
- VDE 0100-704:2018-04 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-704: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Baustellen
- VDE 0100-706:2021-06 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-706: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Leitfähige Bereiche mit begrenzter Bewegungsfreiheit
- VDE 0100-737:2002-01 Errichten von Niederspannungsanlagen – Feuchte und nasse Bereiche und Räume und Anlagen im Freien
- VDE 0101-1:2023-02 Starkstromanlagen mit Nennspannungen über 1 kV AC und 1,5 kV DC – Teil 1 Wechselstrom
- VDE 0101-2:2023-02 Starkstromanlagen mit Nennspannungen über 1 kV – Teil 2 Erdung von Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV

- VDE 0101-20:2023-02 Entwurf Starkstromanlagen mit Nennwechselspannung über 1 kV AC und 1,5 kV DC – Teil 2: Gleichstrom
- VDE 0105-100: 2015-10 Betrieb von elektrischen Anlagen
- VDE 0105-111:2019-07 Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 111: Besondere Festlegungen für den Bergbau unter Tage
- VDE 0108-100:2024-10 Sicherheitsbeleuchtungsanlagen
- VDE 0118-10:2016-11 Errichten elektrischer Anlagen im Bergbau unter Tage
- DIN VDE 0293-308:2003-01 „Kennzeichnung von Adern“
- VDE 0250-812:1985-05 Isolierte Starkstromleitungen Gummi-schlauchleitungen – NSSHöu
- VDE 0285-252-21:2012-01 Kabel und Leitungen – Starkstromleitungen mit Nennspannungen bis 450/750 V (U₀/U); – Teil 2-21: Starkstromleitungen für allgemeine Anwendungen – Flexible Leitungen mit vernetzter Elastomer-Isolierung
- VDE 0298-3:2006-06 Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen für Starkstromanlagen – Teil 3: Leitfaden für die Verwendung nichtharmonisierter Starkstromleitungen
- VDE 0298-4:2023-06 Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen für Starkstromanlagen – Teil 4: Empfohlene Werte für die Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen für feste Verlegung in und an Gebäuden und von flexiblen Leitungen
- VDE 0470-1:2014-09 Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)
- VDE 0510-485-2:2019-04 Sicherheitsanforderungen an Sekundär-Batterien und Batterieanlagen – Teil 2: Stationäre Batterien
- VDE 0660-600-4:2013-09 Niederspannungs-Schaltgerätekombination – Teil 4: Besondere Anforderungen für Baustromverteiler (BV)
- VDE 0663-1:2021-10 Elektrisches Installationsmaterial – Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs) – Teil 1: RCMs für Hausinstallationen und ähnliche Verwendung

- VDE 0664 Normenreihe Fehlerstrom-/Differenzstrom-Schutzschalter
- VDE 0701:2021-02 Allgemeines Verfahren zur Überprüfung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen von Elektrogeräten nach der Reparatur
- VDE 0702:2022-06 Wiederholungsprüfung für elektrische Geräte
- VDE 0711-1:2022-03 Leuchten – Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen
- VDE 0711-2-8:2014-03 Leuchten – Teil 2: Besondere Anforderungen – Handleuchten
- VDE 0711-2-22:2023-07 Leuchten – Teil 2-22: Besondere Anforderungen – Leuchten für Notbeleuchtung
- VDE 0740-1:2023-03 Elektrische motorbetriebene handgeführte Werkzeuge, transportable Werkzeuge und Rasen-Gartenmaschinen – Sicherheit – Teil 1: Allgemeine Anforderungen

Anhang 3

Österreichische Gesetze und Normen

- ArbeitnehmerInnenschutzgesetz – ASchG: Bundesgesetz über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit
- Verordnung explosionsfähige Atmosphären – VEXAT: Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit über den Schutz der Arbeitnehmer/innen vor explosionsfähigen Atmosphären und mit der die Bauarbeiterschutverordnung und die Arbeitsmittel-Verordnung geändert werden
- Elektroschutzverordnung 2012 – ESV 2012: Verordnung über den Schutz der Arbeitnehmer/innen vor Gefahren durch den elektrischen Strom
- Arbeitsstättenverordnung – AStV: Verordnung der Bundesministerin für Arbeit, Gesundheit und Soziales, mit der Anforderungen an Arbeitsstätten und an Gebäuden auf Baustellen festgelegt und die Bauarbeiterschutverordnung geändert wird
- Druckluft- und Taucherarbeiten-Verordnung: Verordnung des Bundesministers für soziale Verwaltung vom 25. Juli 1973 über den Schutz des Lebens und der Gesundheit der Arbeitnehmer bei Arbeiten in Druckluft sowie bei Taucherarbeiten
- OVE E 8101:2019-01-01 Elektrische Niederspannungsanlagen
- OVE E 8101/AC1:2020-05-01 Elektrische Niederspannungsanlagen (Berichtigung)
- ÖVE/ÖNORM E 8383 Starkstromanlagen mit Nennwechselspannung über 1 kV

Anhang 4

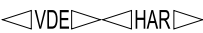
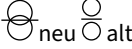
Europäische Normen

Die folgende Auswahl wurde in der jeweils aktuellen Fassung (Stand dieser DGUV Information) der Normen aufgenommen.

- EN 12464-2 Arbeitsstätten im Freien „Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten, Teil 2
- EN 1838 Angewandte Lichttechnik – Notbeleuchtung
- EN 60204 Teil 1 und 10 Anforderungen an die elektrische Ausrüstung der Maschinen
- EN 60439 Niederspannung-Schaltgerätekombinationen Teil 1 Allgemeines und Teil 4 Baustromverteiler
- EN 62485-2 Sicherheitsanforderungen an Sekundär-Batterien und Batterieanlagen – Teil 2: Stationäre Batterien
- EN 12111 Tunnelbaumaschinen – Teilschnittmaschinen
- EN 16191 Tunnelbaumaschinen – Sicherheitstechnische Anforderungen
- EN 12110 Tunnelbaumaschinen – Druckluftschleusen Sicherheitstechnische Anforderungen
- EN 1889-2 Anforderungen an bewegliche Maschinen für die Verwendung unter Tage – Sicherheit – Teil 2: Lokomotiven

Anhang 5

Kurzzeichen und Symbole auf elektrischen Betriebsmitteln

	GS-Prüfzeichen, z. B. DGUV Test		Potentialausgleich
	EG-Konformitätszeichen (CE-Kennzeichnung)		Schutzleiteranschluss
	Prüfzeichen des VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitutes		Explosionsschutzkennzeichnung (ATEX-Richtlinie)
	VDE-Harmonisierungskennzeichen für Kabel und Leitungen		Störlichtbogen-geschützte Kleidung PSA gS
	Gefährliche elektrische Spannung		Nicht zur direkten Befestigung auf normalentflammaren Oberflächen geeignete Leuchten
	Doppelte oder verstärkte Isolierung (Schutzklasse II)		(nur zur Befestigung auf nicht brennbaren Oberflächen geeignet)
	Schutzkleinspannung (Schutzklasse III)		Leuchte mit begrenzter Oberflächentemperatur nach DIN EN 60598-2-24 (VDE 0711-2-24)
	Sicherheits-transformator		Gleichspannungsversorgung
	Trenntransformator		Wechselspannungsversorgung
	Leuchten für rauen Betrieb		Wechselspannungs- und Gleichspannungsversorgung
	Steckvorrichtung für erschwerte Bedingungen		

	RCD vom Typ A zum Schutz bei Wechsel- und Pulsfehlerströmen der Netzfrequenz		RCD vom Typ B+ für den gehobenen vorbeugenden Brandschutz zum Schutz bei Wechsel- und Pulsfehlerströmen der Netzfrequenz sowie glatten Gleich- und Wechselfehlerströmen bis 20 kHz
	RCD vom Typ F zum Schutz bei Wechsel- und Pulsfehlerströmen der Netzfrequenz und bei Fehlerströmen mit Mischfrequenzen abweichend von der Netzfrequenz		
	RCD vom Typ B zum Schutz bei Wechsel- und Pulsfehlerströmen der Netzfrequenz sowie glatten Gleich- und Wechselfehlerströmen bis mindestens 1 kHz		RCD zum Einsatz bei tiefen Temperaturen
			Zugelassen für Arbeiten unter Spannung bis 1000V

Anhang 6

Schutzarten nach VDE 470-1

Schutzart		Kennziffer des Schutzgrades	Symbol in Anlehnung an VDE 0713-1
Schutz gegen Fremdkörper und Staub	Fremdkörper > 50 mm	IP 1X	
	Fremdkörper > 12 mm	IP 2X	
	Fremdkörper > 2,5 mm	IP 3X	
	Fremdkörper > 1,0 mm	IP 4X	
	Keine Staubablagerung	IP 5X	
	Kein Staubeintritt	IP 6X	
Schutz gegen Nässe	Tropfwasser senkrecht	IP X1	
	Tropfwasser schräg	IP X2	
	Sprühwasser	IP X3	
	Spritzwasser	IP X4	
	Strahlwasser	IP X5	
	Starkes Strahlwasser	IP X6	
	Zeitweiliges Untertauchen (wasserdicht)	IP X7	
	Dauerndes Untertauchen (druckwasserdicht) (____ m Tauchtiefe)	IP X8	
	Geschützt gegen Hochdruck und hohe Strahlwassertemperaturen	IP X9	

Anhang 7

Kurzzeichen für Leitungen

Kennzeichnung von Kabeln und Leitungen

Tabelle 1 Kurzzeichen für harmonisierte Leitungen

Kennzeichnung									
	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Bestimmung									
harmonisiert	H								
nationaler Typ	A								
Nennspannung U_0/U^*									
300/300		03							
300/500		05							
450/750		07							
Leiterisolierung									
PVC			V						
Natur- oder Styrol-Butadienkautschuk			R						
Silikonkautschuk			S						
Ethylenpropylen-Kautschuk			B						
Mantel									
PVC				V					
PVC, erhöht temperaturbeständig				V2					
PVC, für niedrige Temperaturen				V3					
Natur- oder Styrol-Butadienkautschuk				R					
Polychloroprenkautschuk				N					
Glasfasergeflecht				J					
Textilgeflecht				T					
Polyurethan				Q					
Aufbau – Besonderheiten									
flache, teilbare Leitung					H				
flache, nicht teilbare Leitung					H2				
Leiter									
eindrähtig						-U			
mehrdrähtig						-R			
feindrähtig für feste Verlegung						-K			
feindrähtig für flexible Verlegung						-F			
feinstdrähtig für flexible Verlegung						-H			
Lahnlitze						-Y			
Aderzahl							n		
mit Schutzleiter grün-gelb								G	
ohne Schutzleiter								X	
Nennquerschnitt									nn

*) U_0 Effektivwert der Spannung zwischen Außenleiter und Erde
 U Effektivwert der Spannung zwischen Außenleiter und Außenleiter

Tabelle 2 Beispiele für Leitungsbauarten

harmonisiert	Leitung	bisher
H05V-U/H05V-K	PVC-Verdrahtungsleitung	NYFA/NYAF
H07V-U/H07V-K	PVC-Aderleitung	NYA/NYAF
H03VV-F/H03VVH2-F	Leichte Kunststoffschlauchleitung	NYLHY
H05VV-F	Mittlere Kunststoffschlauchleitung	NYMHY
H05RR-F	Mittlere Gummischlauchleitung	NLH
H05RN-F/H07RN-F/ H07BQ-F	Mittlere Gummischlauchleitung/schwere Gummi- schlauchleitung/EPR-isolierte Schlauchleitung mit Polyurethan-Mantel	NMH/NMHöu/ NGM11YÖ
H03VH-Y	Leichte Zwillingsleitung	NLYZ
H03VH-H	Zwillingsleitung	NYZ
H03RT-F	Gummiaderschnur	NSA
nationale Norm	Leitung	
NSSHÖÜ	Schwere Gummischlauchleitung für sehr hohe mechani- sche Beanspruchung und für ständige Verwendung im Freien	

Tabelle 3 Kabel und Leitungen ohne grün-gelbe Ader

Anzahl der Adern	Farben der Adern ^{a)}				
2	Blau	Braun			
3	–	Braun	Schwarz	Grau	
3 ^{b)}	Blau	Braun	Schwarz		
4	Blau	Braun	Schwarz	Grau	
5	Blau	Braun	Schwarz	Grau	Schwarz

Tabelle 4 Kabel und Leitungen mit grün-gelber Ader

Anzahl der Adern	Farben der Adern ^{a)}				
	Schutzleiter	Aktive Leiter			
3	Grün-Gelb	Blau	Braun		
4	Grün-Gelb	–	Braun	Schwarz	Grau
5	Grün-Gelb	Blau	Braun	Schwarz	Grau

a) Blanke konzentrische Leiter, wie metallene Mäntel, Armierungen und Schirme, werden in diese Tabelle nicht als Leiter betrachtet.

Ein konzentrischer Leiter ist durch seine Anordnung gekennzeichnet und braucht nicht durch Farben gekennzeichnet zu werden.

b) Nur für bestimmte Anwendungen

Anhang 8

Im Tunnelbau verwendete Kabel und Leitungen

Leitungstyp		Nennspannung (kV) max.	Verbindungskasten	Steckvorrichtungen	Abzug von Trommeln	Auslegen in Schlaufen und Nachziehen	Ortsfeste Zuleitung	Ortsbewegliche Zuleitung	Überwachung SL + UL	Schutz vor Eindringen von Gegenständen
NTSCGECWÖU	Trommelbare Zuleitung für Tunnelbohrmaschinen mit Überwachungs- und Steuerader	6	■	■	■	■	■	■	■	■
		10	■	■	■	■	■	■	■	■
		20	■	■	■	■	■	■	■	■
NYHSSYCY	Streckenleitung für die Versorgung von beweglichen Hochspannungsgeräten mit Überwachungs- und Steuerader	6	■	■		■		■	■	■
N3GHSSYCY	Streckenleitung für die Versorgung von beweglichen Hochspannungsgeräten mit Überwachungs- und Steuerader	6	■	■		■		■	■	■
		10	■	■		■		■	■	■
		20	■	■		■		■	■	■

■ geeignet ▲ bedingt geeignet + nicht geeignet

Leitungstyp		Nennspannung (kV) max.	Verbindungskasten	Steckvorrichtungen	Abzug von Trommeln	Auslegen in Schlaufen und Nachziehen	Ortsfeste Zuleitung	Ortsbewegliche Zuleitung	Überwachung SL + UL	Schutz vor Eindringen von Gegenständen
H07RN-F	Gummischlauchleitung	0,75	■	■	▲			▲	+	+
NSSHÖU	Schwere Gummischlauchleitung Streckenleitung für die Versorgung von beweglichen Niederspannungsgeräten		■	■	▲			■	+	+
NSHTÖU	Für häufig wechselnde dynamische Belastungen wie z. B. Elektrofahrbänder unter Tage geeignet für Spiral- und Zylindertrommeln hohe Zugbelastbarkeit hohe Abrieb- und Reißfestigkeit		■	■		■		■	+	+

■ geeignet ▲ bedingt geeignet + nicht geeignet

Leitungstyp		Nennspannung (kV) max.	Verbindungskasten	Steckvorrichtungen	Abzug von Trommeln	Auslegen in Schlaufen und Nachziehen	Ortsfeste Zuleitung	Ortsbewegliche Zuleitung	Überwachung SL + UL	Schutz vor Eindringen von Gegenständen
NTSCGEWÖU	Anschlussleitung für ortsveränderliche Geräte unter hohen mechanischen Belastungen im Schleppbetrieb hohe Schleif- und Scherfestigkeit	3	■	■		■		■	+	+
		6	■	■		■		■	+	+
		10	■	■		■		■	+	+
		20	■	■		■		■	+	+

■ geeignet ▲ bedingt geeignet + nicht geeignet

**Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

Glinkastraße 40

10117 Berlin

Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)

E-Mail: info@dguv.de

Internet: www.dguv.de

