



# Elektrische Einrichtungen im Tunnelbau



# Elektrische Einrichtungen im Tunnelbau

*Die Broschüre fasst wichtige sicherheits-  
technische Bestimmungen geltender Gesetze,  
Verordnungen, Vorschriften und Normen  
zusammen und gibt Hinweise für das Errichten  
und Betreiben elektrischer Anlagen und  
Betriebsmittel im Tunnelbau.*



Allgemeine Unfallversicherungsanstalt

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorbemerkung</b> .....	<b>4</b>
---------------------------	----------

## 1

<b>1. Besondere Beanspruchungen der elektrischen Anlagen und Betriebsmittel bei Tunnelbauarbeiten</b> .....	<b>6</b>
1.1 Staub .....	7
1.2 Feuchtigkeit und Wasser .....	7
1.3 Erhöhte mechanische Beanspruchung .....	7
1.4 Explosible Gasgemische .....	8
1.5 Gefahren durch Ausfall der Energieversorgung .....	8
1.6 Brandgefahren .....	9

## 2

<b>2. Versorgung der Tunnelbaustelle mit elektrischer Energie</b> .....	<b>10</b>
2.1 Übersicht zu Tunnelvortriebsmethoden .....	12
2.2 Versorgung von Vortriebsmaschinen mit elektr. Energie .....	14
2.3 Energiebedarf .....	16
2.4 Speisepunkte .....	16
2.5 Not-Aus-Abschaltung .....	19

## 3

<b>3. Schutzmaßnahmen</b> .....	<b>20</b>
3.1 Schutz gegen elektrischen Schlag unter Fehlerbedingungen .....	21
3.2 Potentialausgleich .....	28

## 4

<b>4. Betriebsmittel</b> .....	<b>30</b>
4.1 Hochspannungsanlagen .....	31
4.2 Netzersatzanlagen .....	35
4.3 Akkumulatorstationen .....	36
4.4 Schaltanlagen und Verteiler .....	37
4.5 Kabel und Leitungen .....	37
4.6 Leitungsroller .....	46
4.7 Leitungs- und Kabelverbindungen, Endverschlüsse .....	48

<b>5. Beleuchtung</b> .....	<b>54</b>
5.1 Allgemeinbeleuchtung .....	55
5.2 Sicherheitsbeleuchtung (Notbeleuchtung) .....	57
5.3 Anforderungen an Leuchten .....	58
5.4 Zentralbatterie, Ersatzstromerzeuger .....	61

# 5

<b>6. Instandsetzung, Wartung und Prüfung</b> .....	<b>62</b>
6.1 Instandsetzung und Wartung .....	63
6.2 Prüfung .....	63
6.3 Prüfnachweis / Dokumentation .....	66
6.4 Schaltpläne .....	66

# 6

<b>Anhang 1</b>	
Deutsche Gesetze, Vorschriften, Normen .....	68
<b>Anhang 2</b>	
Österreichische Gesetze, Vorschriften und Normen .....	74
<b>Anhang 3</b>	
Kurzzeichen und Symbole auf elektrischen Betriebsmitteln .....	76
<b>Anhang 4</b>	
Schutzarten nach VDE 0470-1 .....	77
<b>Anhang 5</b>	
Kurzzeichen für Leitungen .....	78
<b>Anhang 6</b>	
Kennzeichnung von Adern in Kabeln und Leitungen VDE 0100-510 .....	79
<b>Impressum</b> .....	80

# A

# Vorbemerkung



*Baustellen unter Tage, wie Tunnel-, Kavernen-, Hohlraum-  
baustellen u. ä. im Folgenden als Tunnelbaustellen bezeichnet,  
unterscheiden sich in vielfacher Hinsicht von oberirdischen Baustel-  
len. 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, Vor-  
handensein von Feuchtigkeit, Möglichkeit eines Wassereintruchs,  
Auftreten von explosiblen Gasgemischen, Brandgefahren, engen  
Platzverhältnissen, Fahrverkehr, Steinschlag und Hereinbrechen  
von Massen. Elektrische Anlagen und Betriebsmittel an Tunnelbau-  
stellen müssen wesentlich höheren Anforderungen genügen als an  
Baustellen über Tage.*

# Besondere Beanspruchungen der elektrischen Anlagen und Betriebsmittel bei Tunnelbauarbeiten



## **Staub**

1.1

Bei Tunnelarbeiten treten zum Teil erhebliche Mengen von Feinstaub auf, der zusammen mit der Feuchtigkeit in elektrischen Anlagen und Geräten zu Gefahr bringenden Fehlern (z. B. Kriechströmen, Beeinträchtigungen der Schaltmechanik) führen kann.

Ausgewählte elektrische Anlagen und Betriebsmittel müssen deshalb einen besonderen Schutz gegen schädliche Staubablagerungen aufweisen, Mindestschutzart IP5X.  
(s. Anhang 4)

## **Feuchtigkeit und Wasser**

1.2

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.  
(s. Anhang 4)

## **Erhöhte mechanische Beanspruchung**

1.3

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.

# Besondere Beanspruchungen der elektrischen Anlagen und Betriebsmittel bei Tunnelbauarbeiten

## 1.4 Explosible Gasgemische

### Gase, die mit Luft ein explosives Gemisch ergeben, können

- ♦ austreten, z.B. aus Gesteinsformationen, Altlastenbereichen, Deponien (Methan, leichter als Luft),
- ♦ ausströmen aus Gasflaschen (Butan, Propan, schwerer als Luft),
- ♦ ausströmen aus Akkumulatoren (Knallgas, leichter als Luft).

Vorhandensein und Konzentration explosionsgefährlicher Gase kann nur mit geeigneten Gasmess- und Gaswarngeräten festgestellt werden. Bei möglichem Auftreten explosionsgefährlicher Gase sind geeignete Maßnahmen durchzuführen, z.B. bewettern, vorwarnen, abschalten, verlassen des Gefahrenbereiches. In explosionsgefährdeten Bereichen sind zusätzliche Bestimmungen zu beachten (BetrSichV §§ 3-7, Anhang 3 und 4//.VEXAT).

## 1.5 Gefahren 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 (s. DruckluftVO).
- ♦ Bei Ausfall der Bewetterung sinkt der Sauerstoffgehalt der Atemluft, die sich mit gesundheitsschädlichen Gasen und Stäuben anreichern kann.

## Brandgefahren, Brandlast

Um die Brandlast so gering wie möglich zu halten, müssen elektrische Anlagen und Betriebsmittel entsprechend den jeweiligen Anforderungen ausgewählt werden, z. B. schwerentflammbares und/oder halogenfreies Material, Gießharztransformatoren oder Transformatoren mit Silikonisierflüssigkeit (siehe Abschnitt 4.1.2.2). Bei Auswahl der Standorte (z.B. der Transformatorstationen, Verteileranlagen) ist auf die uneingeschränkte Nutzungsmöglichkeit der Flucht- und Rettungswege zu achten.

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.

### **Anmerkung: \*)**

R (abgeleitet von Resistance) steht für Tragfähigkeit

E (abgeleitet von Etancheite) steht für Raumabschluss

I (abgeleitet von Isolation) steht für Wärmedämmung unter Brandeinwirkung

## Versorgung der Tunnelbaustellen mit elektrischer Energie



## Allgemein

*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 und der stetigen Steigerung der Vortriebsleistung hat sich der Bedarf an elektrischer Energie in den letzten Jahren stark erhöht.*

*Um dieser Entwicklung Rechnung zu tragen, fällt die Entscheidung immer häufiger für den Einsatz von Hochspannungsanlagen, da Niederspannungsanlagen die Versorgung nicht mehr gewährleisten können.*

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

# Versorgung der Tunnelbaustellen mit elektrischer Energie

---

## 2.1 Übersicht zu Tunnelvortriebsmethoden

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

---

### A. Tunnelvortriebsmaschinen (TVM)

Tunnelvortriebsmaschinen (TVM) bauen entweder den gesamten Tunnelquerschnitt mit einem Bohrkopf oder Schneidrad im Vollschnitt ab oder teilflächig durch geeignete Lösevorrichtungen. Beim Abbauvorgang wird die Maschine entweder kontinuierlich oder hubweise vorgeschoben.

---

### Tunnelbohrmaschinen (TBM)

werden eingesetzt in Festgestein mit mittlerer bis hoher Standzeit. Im Festgestein mit geringer Standzeit oder nachbrüchigem Fels werden die Tunnelbohrmaschinen mit einem Schildmantel versehen.

---

### Schildmaschinen (SM)

werden in Lockerböden mit oder ohne Grundwasser eingesetzt, bei denen in der Regel der den Hohlraum umgebende Baugrund und die Ortsbrust gestützt werden müssen. Das kennzeichnende Merkmal dieser Maschine ist die Art der Ortsbruststützung.

Der unterschiedlich hohe Energiebedarf der genannten Vortriebsmethoden resultiert aus den angewendeten Abbau- und Förderverfahren.

---

### B. Konventioneller Vortrieb (Spritzbetonbauweise)

Im konventionellen Vortrieb werden überwiegend Bohrwagen, Fräsen, Bagger, Spritz-, Lade- und andere Geräte mit hoher elektrischer Leistung eingesetzt. Entsprechend der Geologie und der Ausbruchsfläche wird der Vortrieb in mehrere aufeinander folgende Abbauquerschnitte unterteilt (Kalotte, Strosse, Sohle, Ulmen).

## Tunnelvortriebsmaschinen – TVM



TBM – Tunnelbohrmaschinen



SM – Schildmaschinen



TBM – ohne Schild  
TBM



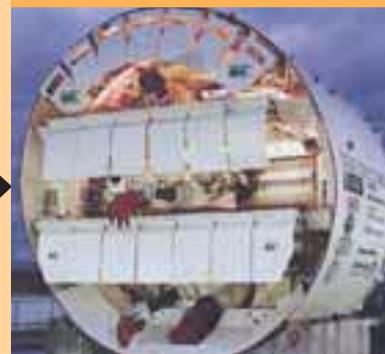
Schildmaschinen mit  
Vollschnittabbau – SM-V



TBM mit Schild  
TBM-S



Schildmaschinen mit  
teilstückigem Abbau – SM-T



# Versorgung der Tunnelbaustellen mit elektrischer Energie

---

## 2.2 Versorgung von Tunnelvortriebsmaschinen mit elektrischer Energie

---

**2.2.1** 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.

---

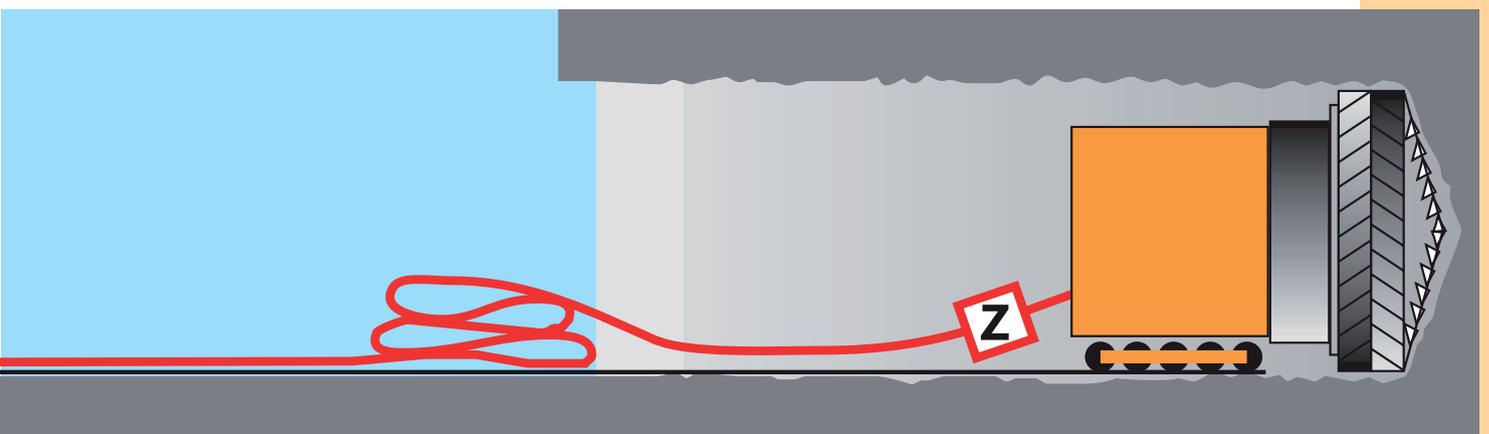
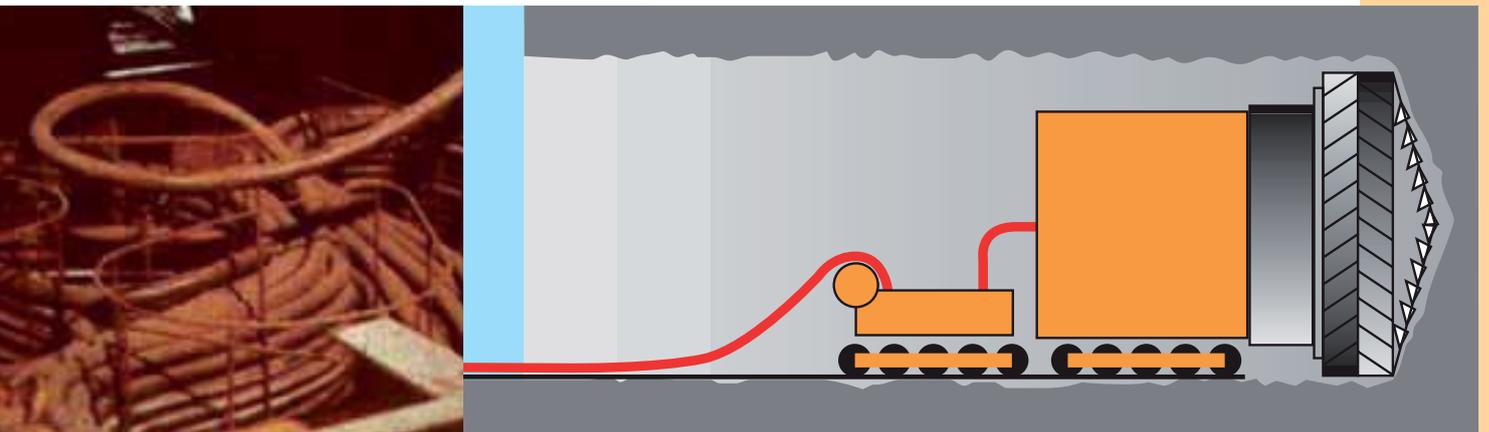
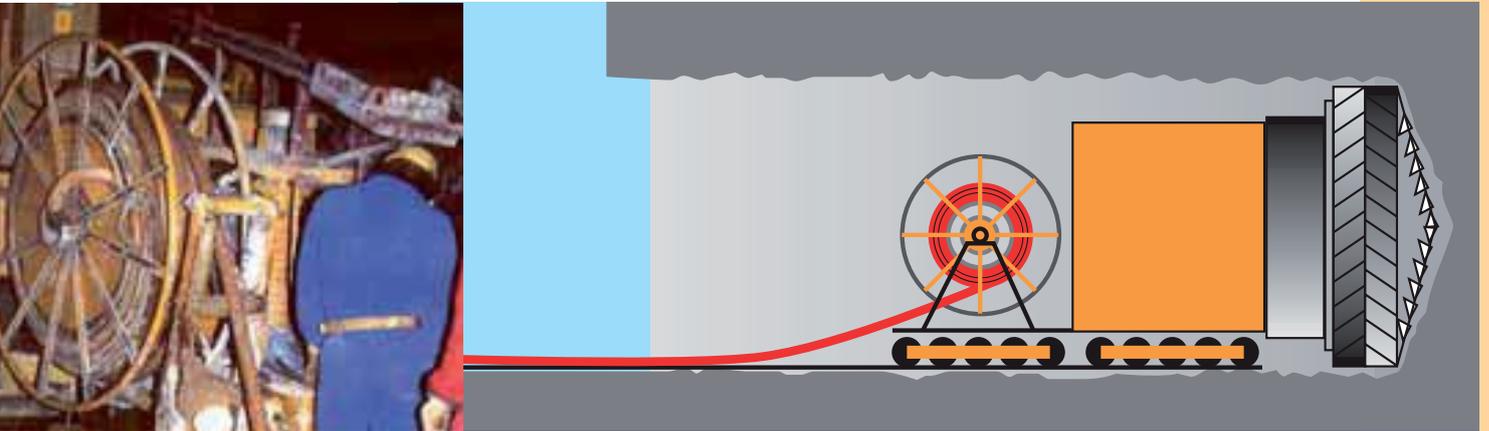
**2.2.2** Die erforderliche Leitungslänge wird in einem Leitungsspeicher oder auf einer Leitungstrommel gespeichert und beim Vorrücken der Maschine drallfrei entnommen. Es treten dabei nur geringe Zugspannungen auf.

---

**2.2.3** 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. Es besteht zusätzlich 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 ist mit einem Zugspannungsbegrenzer auszustatten (s. Bild ). Zugspannungsbegrenzer schalten bei Überschreitung der zulässigen Zugspannung den Vortrieb automatisch mit oder ohne Vorwarnung ab.



# Versorgung der Tunnelbaustellen mit elektrischer Energie

## 2.3 Energiebedarf

Der Leistungsbedarf derzeitiger Vortriebsmaschinen kann von 1 bis zu 30 MVA betragen. Bei diesem Leistungsbedarf 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.

## 2.4 Speisepunkte

Speisepunkte sind Schnittstellen zwischen den Versorgungsnetzen der EVUs und den Baustellennetzen. Die elektrische Versorgung von Anlagen und Betriebsmitteln auf Bau- und Montagestellen darf nur aus zugeordneten Speisepunkten erfolgen.

### **Speisepunkte zur Versorgung von elektrischen Anlagen oder Betriebsmitteln sind:**

- ◆ Übergabestationen,
- ◆ Transformatorstationen,
- ◆ Ersatzstromerzeuger nach VDE 0100-551// ÖVE-EN 1, Teil 4 (§53) (siehe auch BGI 867),
- ◆ Akkumulatorstationen,
- ◆ Baustromverteiler nach VDE 0660-501//ÖVE-EN 1, Teil 4 (§55),
- ◆ Baustromverteiler nach VDE 0612, wenn die Steckvorrichtungen bis AC 230V/16 A und bis AC 400 V/32 A über eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) mit  $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$  geschützt sind,
- ◆ Transformatoren mit getrennten Wicklungen (Schutztrennung, Schutzkleinspannung).



*Transformatorstation*



*Übergabestation*



*Ersatzstromerzeuger*

## Versorgung der Tunnelbaustellen mit elektrischer Energie



*Baustromverteiler*

Jeder Speisepunkt muss in Abhängigkeit von Leistungsbedarf, Versorgungsspannung und den Anforderungen der Technischen Anschlussbedingungen (TAB) der EVUs mindestens eine Einrichtung zum Trennen/Freischalten haben.

Das Freischalten mittels Sicherungs-Lasttrennschalter (NH-System oder ähnliches) mit vollständigem Berührungsschutz ist eine Bedienung 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.

## Not-Aus-Abschaltung

### 2.5

Das Auslösen der Not-Aus-Abschaltung ist eine Notfallhandlung zum Trennen der elektrischen Energie von Anlagen oder Anlagenteilen im Gefahrenfall.

Für die Trennung eignen sich auch Überwachungsgeräte, z.B. 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.

# Schutzmaßnahmen



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

### Schutz gegen elektrischen Schlag unter Fehlerbedingungen (Fehlerschutz)

3.1

#### Hochspannungsnetze

3.1.1

Hochspannungsnetze auf Tunnelbaustellen sind entsprechend VDE 0101//ÖVE/ÖNORM E 8383 zu errichten.

Auf Tunnelbaustellen sind die Hochspannungsnetze unter Tage grundsätzlich mit isoliertem Sternpunkt auszuführen (siehe VDE 0118//ÖVE E 18). Elektrische Schutzeinrichtungen müssen in Verbindung mit Schaltgeräten im Falle eines Fehlers die zu schützenden Leitungen automatisch abschalten.

#### Folgende Fehler sind in Betracht zu ziehen (siehe auch VDE 0118):

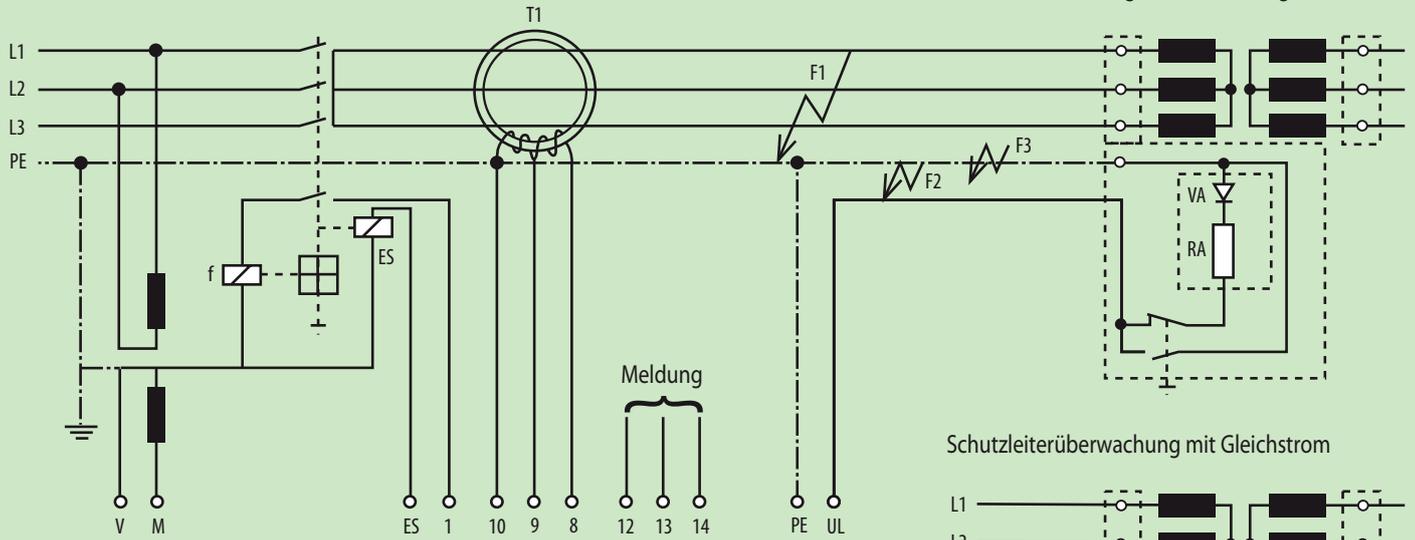
- ◆ Schluss zwischen Überwachungsleiter und Schutzleiter (äußerer Fehler),
- ◆ Unterbrechen des Überwachungsstromkreises für den Schutzleiter,
- ◆ Einfacher vollkommener Erdschluss,
- ◆ Schluss zwischen Außenleiter und Überwachungsleiter (innerer Fehler).

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 zusammenschaltet sein, dass die Leitung nur bei aktivierter Schutz-einrichtung in Betrieb genommen werden kann.

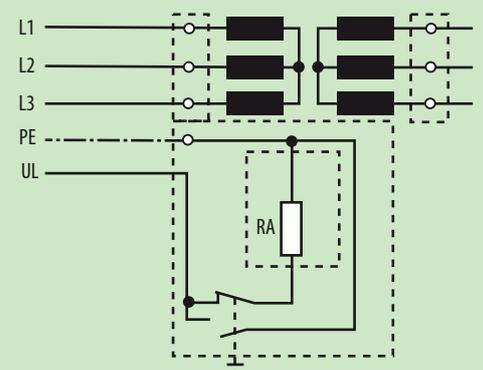
Die oben genannten Fehler werden durch einen Hochspannungs-Leitungswächter (H-Wächter) in Verbindung mit geeignetem konstruktivem Leitungsaufbau der zu schützenden Leitungen (siehe Abschnitt 4.5) und einem zugeordneten Schaltgerät sicher abgeschaltet.

# Schutzmaßnahmen

Schutzleiterüberwachung mit Halbwellengleichstrom



Schutzleiterüberwachung mit Gleichstrom



## Niederspannungsnetze

Als Netzsysteme sind nach dem Speisepunkt nur TN-S-, TT- oder IT-Systeme zulässig.

### Zuleitung zum Speisepunkt bei TN-Systemen

Bei Anwendung des TN-S-Systems hinter Baustromverteilern als Speisepunkt sind für die Zuleitung vor dem Baustromverteiler folgende Netzformen zulässig:

- ◆ **TN-S-System**

oder

- ◆ **TN-C-System**

mit folgender Einschränkung:

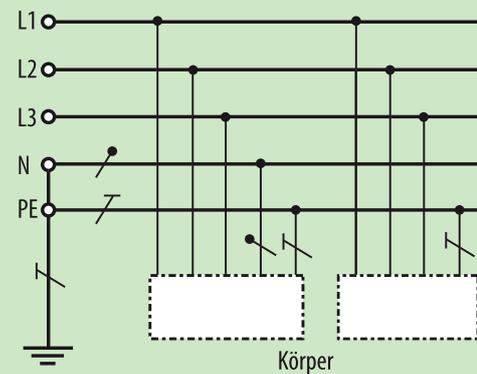
Es müssen Kabel und Leitungen mit Querschnitten von mindestens 10 mm<sup>2</sup> Cu oder 16 mm<sup>2</sup> Al verwendet werden, die während des Betriebes nicht bewegt werden und mechanisch geschützt sind.

### Mechanischer Schutz der Kabel und Leitungen wird erreicht durch folgende Maßnahmen:

- ◆ ordnungsgemäße Verlegung im Erdreich,
- ◆ Verlegung im Schutzrohr,
- ◆ Hochhängen,
- ◆ sonstige gleichwertige Maßnahmen.

## 3.1.2

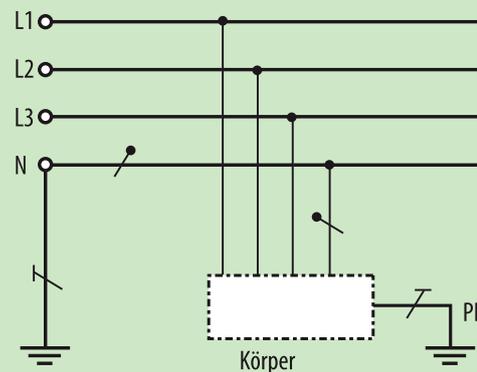
### TN-S-System



Erdung des Systems

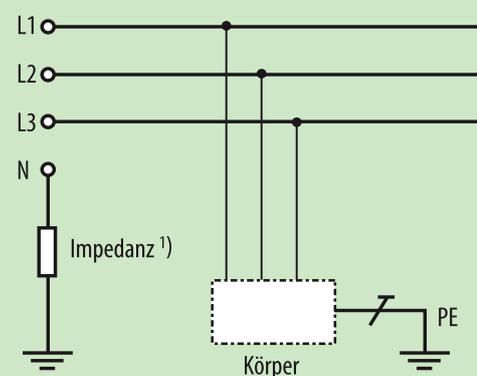
Getrennte Neutralleiter und Schutzleiter im gesamten System

### TT-System



Erdung des Systems

### IT-System



Erdung des Systems

1) Das System darf von der Erde getrennt werden.  
Der Neutralleiter darf, braucht aber nicht verteilt zu werden.

## 3.1.2.1 Stromkreise ohne Steckvorrichtungen

In Stromkreisen ohne Steckvorrichtungen müssen eine oder mehrere Schutzmaßnahmen nach VDE 0100-410//ÖVE/ÖNORM E 8001 Teil 1 angewendet werden.

## 3.1.2.2 Stromkreise mit Steckvorrichtungen

und Stromkreise mit fest angeschlossenen, in der Hand gehaltenen Verbrauchsmitteln.

Für diese Stromkreise sind die folgenden Schutzmaßnahmen anzuwenden:

### TT-und TN-S-System

- ◆ Stromkreise mit Steckvorrichtungen  $\leq$  AC 32A sind über Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) mit  $I_{\Delta N} \leq 30$  mA zu betreiben,
- ◆ Alle anderen Stromkreise mit Steckvorrichtungen sind über Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) mit  $I_{\Delta N} \leq 500$  mA zu betreiben,

Als RCD sind je nach Anwendungsfall pulsstromsensitive Fehlerstrom-Schutzschalter (Typ A) oder allstromsensitive Fehlerstrom-Schutzschalter (Typ B) einzusetzen. Bei Einsatz von frequenzgesteuerten Betriebsmitteln auf Baustellen siehe auch Abschnitt 3.1.2.4.

Da Symbole zur Zeit noch nicht genormt sind, werden frequenzgesteuerte Betriebsmittel von den Herstellern individuell gekennzeichnet.

### IT-System

- ◆ IT-Systeme dürfen nur mit Isolationsüberwachungseinrichtungen betrieben werden. Sofern die Isolationsmesseinrichtungen 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.

### Weitere Schutzmaßnahmen

#### 3.1.2.3

Ergänzend zu Abschnitt 3.1.2.2 sind hinter Speisepunkten auch folgende Schutzmaßnahmen zulässig:

- ◆ Schutzkleinspannung (SELV) nach VDE 0100-410  
Abschnitt 411.1//ÖVE/ÖNORM E 8001 Teil 1,
- ◆ Schutztrennung nach VDE 0100-410  
Abschnitt 413.5//ÖVE/ÖNORM E 8001 Teil 1,  
Je Trenntransformator bzw. je galvanisch getrennter Sekundärwicklung darf nur ein Verbraucher angeschlossen werden.

Für leitfähige Bereiche mit begrenzter Bewegungsfreiheit siehe VDE 0100-706//ÖVE-EN1 (siehe auch BGI 594).

Bei Verwendung von Ersatzstromerzeugern sind die Maßnahmen nach VDE 0100-551//ÖVE-EN 1, Teil 4 (§53) anzuwenden (siehe auch BGI 867).

### Schutzmaßnahmen für frequenzgesteuerte Betriebsmittel

#### 3.1.2.4

Das Betreiben von Betriebsmitteln, die hochfrequente Fehlerströme oder glatte Gleichfehlerströme erzeugen können, darf die in den Abschnitten 3.1.2.1 bis 3.1.2.3 aufgeführten Schutzmaßnahmen nicht beeinträchtigen.

#### **Hinweis:**

Frequenzgesteuerte Betriebsmittel sind durch den Hersteller entsprechend VDE 0160-102//ÖVE/ÖNORM EN 61800-2 zu kennzeichnen.

Hochfrequente Fehlerströme oder glatte Gleichfehlerströme können bei Betriebsmitteln mit Gleichrichterschaltungen, beispielsweise bei Frequenzumrichtern mit Drehstrombrückenschaltung - sechspulsig -, auftreten.

# Schutzmaßnahmen



### **Die Beeinträchtigung der Schutzmaßnahmen kann verhindert und der Schutz im Fehlerfall sichergestellt werden, wenn**

1. frequenzgesteuerte einphasige Betriebsmittel AC 230 V/16 A, z.B. Rüttler, HF-Werkzeuge, über pulsstromsensitive Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (Typ A) mit  $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$  betrieben werden,
2. frequenzgesteuerte Betriebsmittel mit Steckvorrichtungen AC 400 V mit  $I_N \leq 32 \text{ A}$  nur über allstromsensitive Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (Typ B) mit  $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$  oder über einen Trenntransformator betrieben werden,
3. frequenzgesteuerte Betriebsmittel, die über Steckvorrichtungen AC 400 V mit  $I_N > 32 \text{ A}$  angeschlossen werden, über allstromsensitive Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (Typ B) mit  $I_{\Delta N} \leq 500 \text{ mA}$  oder Trenntransformatoren betrieben werden,
4. für frequenzgesteuerte Betriebsmittel durch Festanschluss oder über Sondersteckvorrichtungen die Maßnahmen nach Abschnitt 3.1.2.1 angewendet werden, die Abschaltbedingungen eingehalten sind und nachgeschaltete Stromkreise keine Steckvorrichtungen enthalten,
5. Stromkreisen mit allstromsensitiven Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (Typ B) keine pulsstromsensitiven Schutzeinrichtungen (Typ A) vorgeschaltet sind.

#### **Anmerkung zu Punkt 3:**

Bei Verwendung von Trenntransformatoren ist darauf zu achten, dass auf der Sekundärseite der Schutz im Fehlerfall sichergestellt ist.

## 3.2 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 100 m 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/ÖNORM E 8001-1 zu ermitteln; er muss im Tunnelbau mindestens  $50 \text{ mm}^2$  Cu betragen oder einem gleichen Leitwert entsprechen (Stahlseil mindestens 12 mm Durchmesser, z.B. Typ 6x36+SES DIN 3064 SZ).



# Betriebsmittel



## Hochspannungsanlagen

### 4.1

*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 E 18 zu beachten. Die dort definierten Schutzziele können durch den Einsatz eines Hochspannungsleitungswächters (H-Wächter) erreicht werden (siehe 3.1.1).*

*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/ÖNORM E 8383 (HD 637) und VDE 0118//ÖVE E 18 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.*

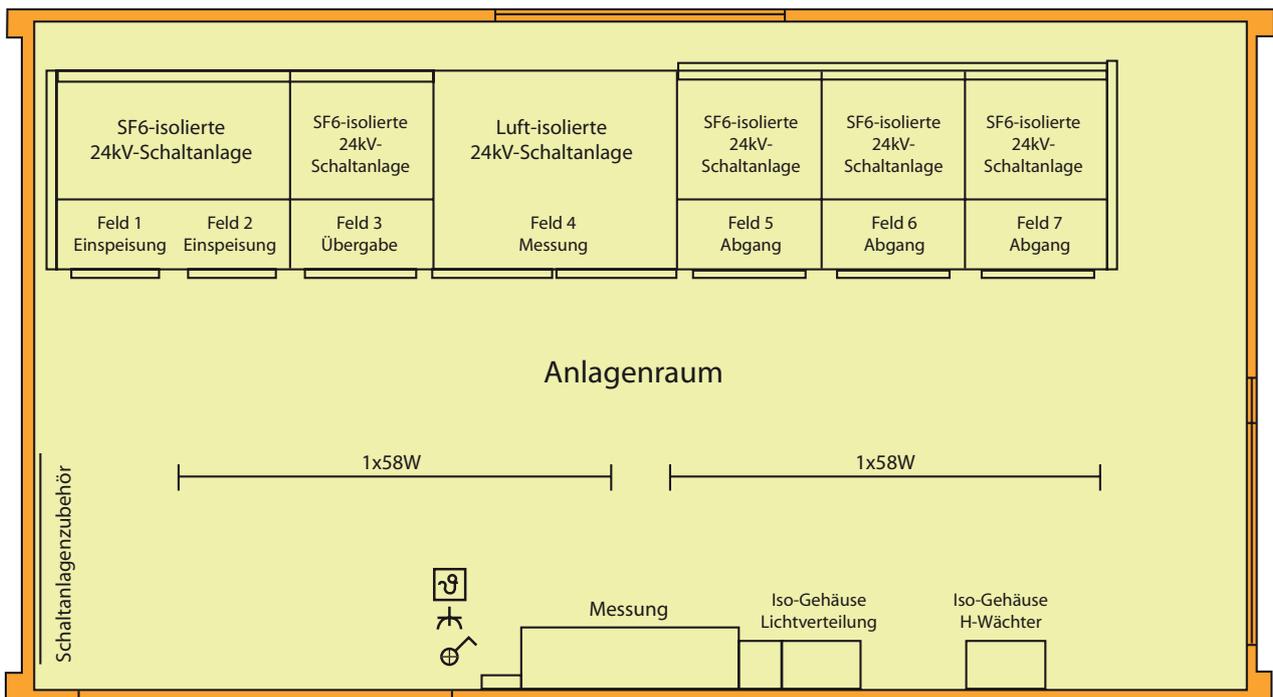
*Der Betrieb (Bedienen und Arbeiten) ist nur durch autorisierte und eingewiesene Elektrofachkräfte mit Schaltberechtigung zulässig.*

## 4.1.1 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.



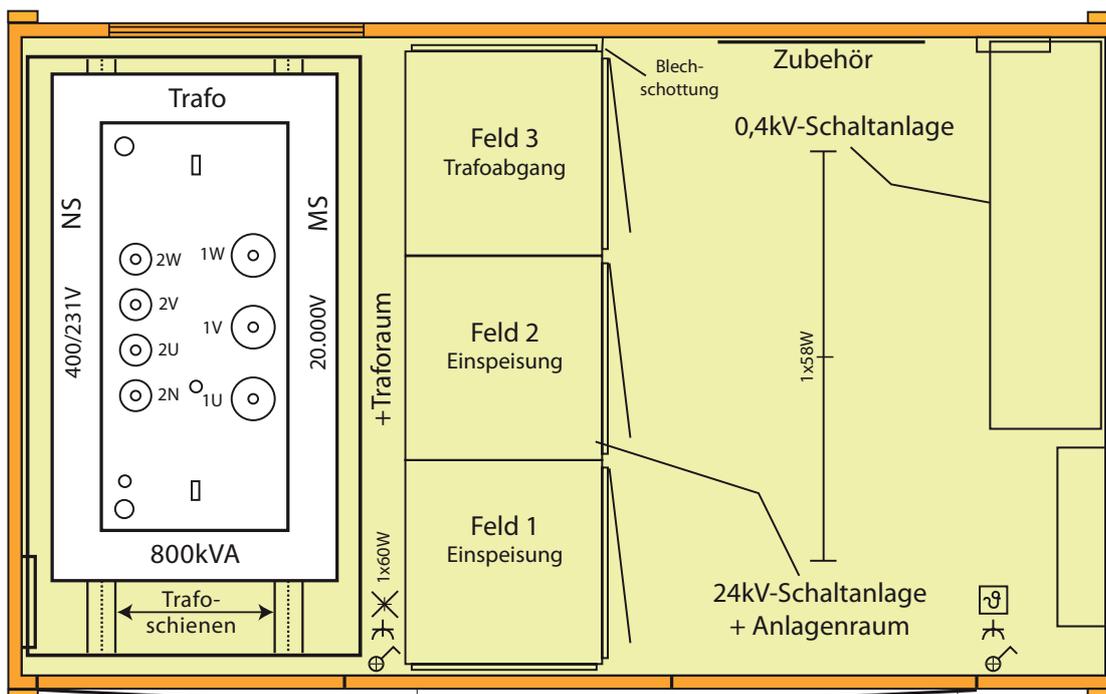
## Transformatorstationen

### 4.1.2

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.





## 4.1.2.1 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.

## 4.1.2.2 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 3.2, 4.5 und 4.7 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.

## Netzersatzanlagen

## 4.2

Netzersatzanlagen auf Tunnelbaustellen dienen bei Ausfall der primären Energieversorgung der Versorgung sicherheitsrelevanter Einrichtungen und Verbrauchsmittel.

Die Anlagen sind gemäß den Einsatzbedingungen, dem Energiebedarf und dem Anlaufverhalten der zu versorgenden Verbrauchsmittel auszuwählen (s. BGI 867).

Die Zu- und Abschaltung des Netzersatzbetriebes kann bei Bedarf (z.B. für Tunnelbeleuchtung, Bewetterung) über automatische Umschalt-einrichtungen gewährleistet werden. Die maximalen Umschaltzeiten ergeben sich durch die örtlichen Erfordernissen (siehe z. B. DruckluftV, ArbStättV).

## 4.3 Akkumulatorladestationen / 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 verwendet.

Das beim Laden austretende Gas bildet mit Luft ein zündfähiges explosives Gemisch.

**Um Gefährdungen zu vermeiden, sind folgende Mindestforderungen einzuhalten:**

- ◆ eigener, abgeschlossener Betriebsraum mit nach außen öffnenden Türen,
- ◆ Kennzeichnung als Akkumulatorladerraum,
- ◆ Aufstellung der Akkumulatoren und Batterien auf isolierten Unterkonstruktionen,
- ◆ ausreichend breite Verkehrswege,
- ◆ natürliche oder technische Belüftung, Belüftungsöffnungen an gegenüber liegenden 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:

$$A = 28 \times Q \text{ [in cm}^2\text{]}$$

Die pro Stunde zu zuführende Luftmenge Q (in m<sup>3</sup>/h) ist nach VDE 0510-2//ÖVE/ÖNORM EN 50272-2 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,
- ◆ Essen, Trinken, Rauchen und Umgang mit offenem Feuer und glühenden Körpern ist verboten,
- ◆ Batterien dürfen nicht unter Last an- und abgeklemmt werden.

## Schaltanlagen und Verteiler

4.4

Grundsätzlich dürfen nur typgeprüfte Schaltanlagen und Baustromverteiler nach VDE 0660-500 und -501//ÖVE/ÖNORM EN 60439-1 und -4 eingesetzt werden.

## Kabel und Leitungen

4.5

Bei der Auswahl der Starkstromleitungen für Tunnelbaustellen sind die hohen mechanischen Beanspruchungen und der geplante Einsatzzweck besonders zu beachten.

### Leitungen sind geschützt zu verlegen, z.B. durch:

- ◆ Hochhängen,
- ◆ Abdecken mit festen Materialien, z.B. Holzbohlen,
- ◆ 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 folgenden Kriterien vorzunehmen:

- ◆ Bauart,
- ◆ Leiterquerschnitt,
- ◆ Strombelastbarkeit.

Bewegliche Leitungen, ausgenommen Geräteanschlussleitungen, müssen Gummischlauchleitungen entsprechend VDE 0298 sein. Je nach Anwendungsfall sind die Bauarten H07RN-F, NSSHÖU oder mindestens gleichwertige gefordert.

Kabel und Leitungen mit Kunststoffisolierung sind auf Baustellen nur bedingt und ausschließlich bei fester und geschützter Verlegung zulässig.

## Bauart

4.5.1

### Die Bauart der Leitung ist unter Berücksichtigung folgender Parameter auszuwählen:

- ◆ Nennspannung des vorhandenen Netzes,
- ◆ Verlegebedingungen,
- ◆ Mechanische Beanspruchungen,
- ◆ Überwachungssystem (z.B. H-Wächter).

## Übersicht häufig angewandeter Kabel und Leitungen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Einsatzbedingungen

**Tabelle 1 – Verwendungsmöglichkeiten von Kabeln und Leitungen**

Leitungstyp		Nennspannung (kV) max.	Verbindungskasten	Steckvorrichtungen	Abzug von Trommeln	Auslegen in Schlaufen und Nachziehen	Ortsfeste Zuleitung	Ortsbewegliche Zuleitung	Überwachung SL + ÜL	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	■	■		■		■	■	■	■
H07RN-F Gummischlauchleitung	0,75	■	■	▲			▲	+	+	
NSSHÖU schwere Gummischlauchleitung Streckenleitung für die Versorgung von beweglichen Niederspannungsgeräten		■	■	▲			■	+	+	
NSHTÖU Für häufig wechselnde dynamische Belastungen wie z. B. Elektrofahrladern unter Tage geeignet für Spiral- und Zylindertrommeln hohe Zugbelastbarkeit hohe Abrieb- und Reissfestigkeit		■	■		■		■	+	+	
NTSCGEWÖU Anschlussleitung für ortsveränderliche Geräte unter hohen mechanischen Belastungen im Schlepptrieb hohe Schleif- und Scheuerfestigkeit	3	■	■		■		■	+	+	
	6	■	■		■		■	+	+	
	10	■	■		■		■	+	+	
	20	■	■		■		■	+	+	

■ geeignet ▲ bedingt geeignet + nicht geeignet

Flexible Leitungen werden entsprechend der Anordnung und Ausführung des Schutzleiters in drei Bauarten unterschieden.

Die Verwendungsmöglichkeiten von Kabeln und isolierten Leitungen sind in der Normenreihe VDE 0298 geregelt.

---

### **Bauarten der Kabel und Leitungen werden in drei verschiedene Bauarten eingeteilt.**

**Die Bauarten II und III** ergeben durch die Ausführung des Schutzleiters als konzentrischer oder einzelkonzentrischer Leiter einen Berührungsschutz von außen. Wenn das Eindringen von metallischen Gegenständen von außen (z.B. beim Sprengen) vor Erreichen des Außenleiters zusätzlich eine Abschaltung des Netzes ergeben soll, muss eine **Doppelschirmausführung** gewählt werden, wobei der zweite Schirm gegenüber dem Schutzleiter mit einer Spannung beaufschlagt wird. Dieser Schirm wird Überwachungsschirm genannt. Die Ausführung mit zwei Schirmen ist dann zu wählen, wenn mit dem Auftreten von explosiblen Gasen gerechnet werden muss. Bei Überwachung des Schutzleiters auf Unterbrechung ist ebenfalls ein Überwachungsleiter erforderlich, der aber als Einzelader im Querschnitt der Leitung oder des Kabels angeordnet sein kann.

Hohe Zugspannungen (z. B. Abziehen der Leitungen von Trommeln, frei hängende Leitungen und Kabel in Schächten) können durch zusätzlich angeordnete, konzentrische Stahlgeflechtbewehrungen um Energieadern und Schutzleiter aufgenommen werden.

**Bauart III** kann variiert werden, indem Abschirmungen über den Energieadern durch leitende Gummi- oder Kunststoffschichten ersetzt werden.

Die Bauarten II und III werden vorrangig für Spannungen über 1 kV eingesetzt.

Für Nennspannungen >6 kV sind diese Leitungsarten mit zusätzlichen Leitschichten aufgebaut.

### **Dabei hat die äußere Leitschicht als Aderschirm unter anderem folgende Aufgaben:**

- ◆ Berührungsschutz durch Vermeidung von Teilentladungen im Verseilverband,
- ◆ Erzeugung des elektrischen Radialfeldes in der Isolierung,
- ◆ Ableitung von Strömen im Fehlerfall.

Der Aderschirm ist Bestandteil des Schutzleiters.

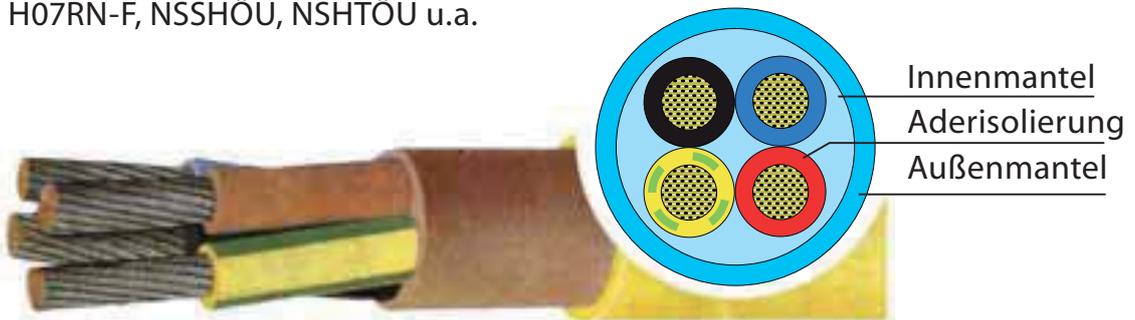
## 4.5.1.1 Bauart I

Die einzeln isolierten Außenleiter sind zusammen mit dem als isolierte Einzelader ausgeführten Schutzleiter verseilt. Der Außenmantel kann durch einvulkanisierte Textillagen verstärkt sein.

Diese Bauart kann je nach Ausführung in Systemen mit einer Nennspannung bis zu 750 V / 1000 V eingesetzt werden.

Beispiele:

H07RN-F, NSSHÖU, NSHTÖU u.a.



## H07RN-F (450 / 750 V)



Leitungen dieser Bauart sind bestimmt für den beweglichen Anschluss von Elektrogeräten bei mittleren mechanischen Beanspruchungen in Innenräumen und im Freien.

### Sie können verwendet werden:

- ◆ in explosionsgefährdeten Bereichen nach VDE 0165//ÖVE/ÖNORM 8065 bzw. VEXAT § 12,
- ◆ in feuergefährdeten Betriebsstätten,
- ◆ auf Baustellen nach VDE 0100 704//ÖVE-EN 1, Teil 4 (§55),
- ◆ im Tagebau und in Steinbrüchen nach VDE 0168//ÖVE EN 68,
- ◆ in gewerblichen und landwirtschaftlichen Betrieben.

Diese Leitungsausführung darf auch fest verlegt werden, z. B. in provisorischen Bauten und Wohnbaracken, auf Baggern und Hebezeugen.

**NSSHÖU (0,6 / 1 kV)**


◀VDE▶ PROTOMONT NSSHOEU

**Gummischlauchleitungen der Bauart NSSHÖU sind bestimmt für den beweglichen Anschluss von Betriebsmitteln mit elektromotorischen Antrieb:**

- ◆ im Tagebau,
- ◆ in Steinbrüchen,
- ◆ im Tunnelbau gemäß VDE 0118//ÖVE E 18,
- ◆ auf Baustellen,
- ◆ in gewerblichen und landwirtschaftlichen Betrieben, wenn mit sehr hohen mechanischen Beanspruchungen zu rechnen ist.

**Diese Leitungsausführung:**

- ◆ ist öl-, benzin- und chemikalienbeständig,
- ◆ ist flammwidrig,
- ◆ hat gute Abrieb-, Reiß- und Druckfestigkeit,
- ◆ hat eine hohe Beständigkeit gegen Umwelteinflüsse wie Ozon, UV-Strahlung, Feuchtigkeit und großen Temperaturschwankungen.

**NSHTÖU (0,6/1 kV)**

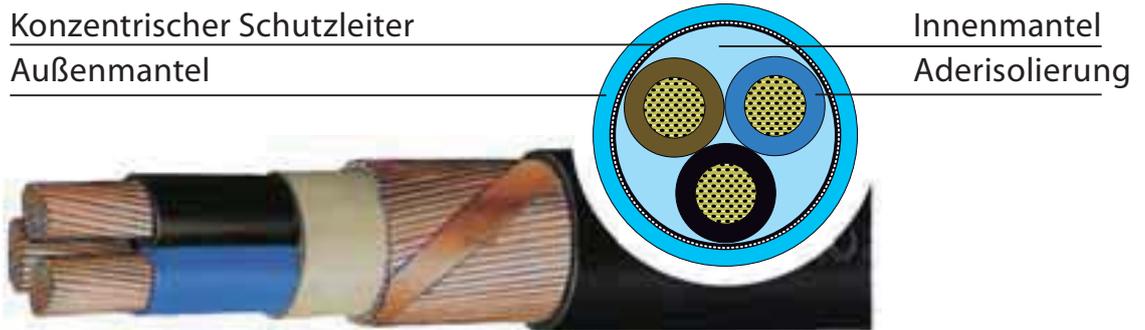
Gummischlauchleitungen der Bauart NSHTÖU sind bestimmt für den Einsatz als trommelbare Anschluss- und Steuerleitungen in Hebezeugen, Förderanlagen und Transportanlagen bei starker mechanischer Beanspruchung.

Diese Bauart ist weitgehend beständig gegen Säuren, Laugen und Öle sowie als Trossen-, Trommel- oder Schleppleitung in trockenen, feuchten und nassen Räumen und im Nutzwasser geeignet.

Sie wird erforderlich bei häufigen Auf- und Abwickelvorgängen mit gleichzeitiger Zug- und/oder Torsionsbeanspruchung und zwangsgeführter Leitung, wie es bei Leitungswagen, Leitungsketten, Trommeln und sonstigen mechanischen Einrichtungen möglich ist.

## 4.5.1.2 Bauart II

Die einzeln isolierten Außenleiter sind miteinander verseilt. Der Schutzleiter ist konzentrisch um die verseilten Außenleiter angeordnet.  
Beispiel: NTSCGEWÖU (6 – 10 kV)

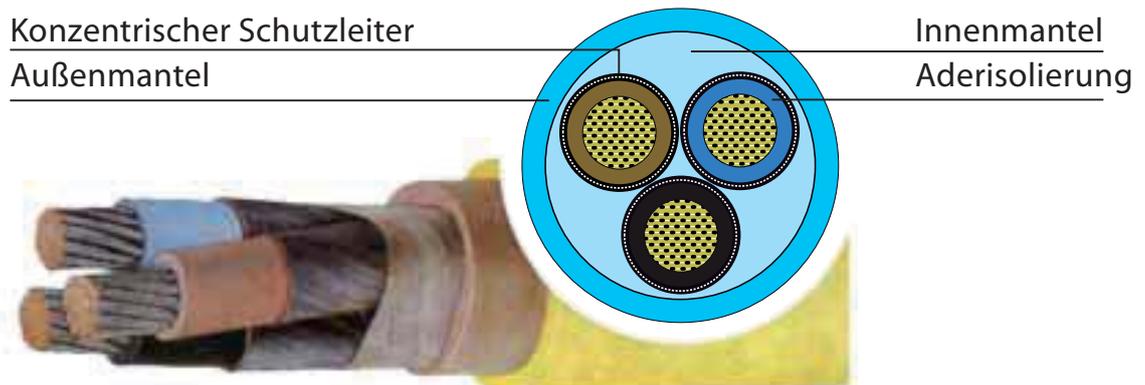


## NTSCGEWÖU (6 – 10 kV)



## 4.5.1.3 Bauart III

Die einzeln isolierten Außenleiter sind miteinander verseilt. Ein Drittel des Schutzleiterquerschnittes wird einzelkonzentrisch über der Isolierung der einzelnen Außenleiter angeordnet.  
Beispiele: NTSCGECWÖU, N3GHSSYCY, u.a.



**NTSCGECWÖU (3,6 / 6 / 10 / 15 / 20 kV)**

Diese Hochspannungsleitung ist als trommelbare Zuleitung für Tunnelvortriebsmaschinen im Bergbau unter Tage und für den Einsatz auf Tunnelbaustellen geeignet.

**N3GHSSYCY (3,6 / 6 / 10 / 15 / 20 kV)**

Das Kabel wird vorwiegend als Zuleitung für Vortriebsmaschinen und rückbare Hochspannungsgeräte im Tunnelbau (nach VDE 0118//ÖVE E 18) eingesetzt und verfügt über einen einzelkonzentrischen Schutzleiter und einen Überwachungsleiter.

Für den Anschluss und die Verlängerung dieser Leitungsarten sind spezielle Endverschlüsse erforderlich.

Bei Verwendung von Kabeln und Leitungen mit Leitschichten sind die Kabelenden mit speziellen Endverschlüssen für die gewählte Verbindungstechnik auszuführen. Die Herstellung dieser Endverschlüsse darf nur durch unterwiesenes Fachpersonal erfolgen.

Bei Transport und Lagerung sind die offenen Leitungsenden gegen das Eindringen von Feuchtigkeit zu schützen.

---

## 4.5.2 Bestimmung des Leiterquerschnittes

**Der erforderliche Leiterquerschnitt wird aus folgenden Daten ermittelt:**

- ◆ Nennspannung des Netzes,
- ◆ Leistung der zu versorgenden elektrischen Betriebsmittel unter Berücksichtigung eines Gleichzeitigkeitsfaktors,
- ◆ Länge der Zuleitung mit dem sich daraus ergebenden zulässigen Spannungsfall.

---

### 4.5.2.1 Spannungsfall

In Abhängigkeit der Leitungslänge ist der Leiterquerschnitt unter Berücksichtigung des zulässigen Spannungsfalls auf der Übertragungsstrecke zu berechnen. Der Leiterquerschnitt ist an die Anforderungen anzupassen und gegebenenfalls kann die Nennbetriebsspannung erhöht werden.

Überprüfung der Strombelastbarkeit entsprechend den Verlegebedingungen.

Nach der Ermittlung des Leiterquerschnittes sind die für die jeweiligen Verlegebedingungen geltenden Umrechnungsfaktoren der Strombelastbarkeit zu beachten.

---

### 4.5.2.2 Strombelastbarkeit

Der sich aus Leistung und Spannung ergebende Nennstrom der Anlage bestimmt maßgeblich den erforderlichen Leiterquerschnitt. Die zulässige Strombelastbarkeit der ausgewählten Kabel und Leitungen ist darauf hin zu überprüfen und der Leiterquerschnitt gegebenenfalls anzupassen (siehe VDE 0298 und Herstellerangaben).

**Folgende Faktoren beeinflussen die Strombelastbarkeit:**

- ◆ die Verlegebedingungen (gestreckte Verlegung, frei in Luft, aufgetrommelt),
- ◆ eine eventuelle Häufung von Leitungen,
- ◆ die Betriebsart (Dauer, Aussetzbetrieb),
- ◆ die Vieladrigkeit einer Leitung,
- ◆ die Umgebungstemperatur.

Die Leiterquerschnitte sind für den jeweiligen Belastungsfall zu ermitteln; dabei sind die unterschiedlichen Umrechnungsfaktoren (siehe VDE 0298) zu berücksichtigen.

Bei Aussetz- und Kurzzeitbetrieb dürfen Kabel und Leitungen höher belastet werden als bei Dauerbetrieb.

---

### Umgebungstemperatur

### 4.5.3

Für die verschiedenen Kabel und Leitungsarten werden von den Herstellern Grenztemperaturen angegeben. Die Temperaturgrenzwerte an der Kabel- oder Leitungsoberfläche sind 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.

## 4.6 Leitungsroller

Leitungsroller müssen mit Leitungen vom Typ H07RN-F oder einer mindestens gleichwertigen Bauart ausgerüstet und nach den Festlegungen für schutzisolierte Betriebsmittel gebaut sein.

*„Nach den Festlegungen für schutzisolierte Betriebsmittel gebaut“*

bedeutet, dass Konstruktionsteile, in denen sich elektrische Betriebsmittel, z.B. Steckvorrichtungen, Thermoschalter, Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) befinden, von anderen elektrisch leitfähigen Konstruktionsteilen durch doppelte oder verstärkte Isolierung getrennt sind und elektrisch leitende Verbindungen zwischen dem Schutzleiter der Steckvorrichtungen und anderen elektrisch leitfähigen Konstruktionsteilen nicht vorhanden sind.

Tragegriff, Kurbelgriff und Trommelgehäuse müssen aus Isolierstoff bestehen oder mit Isolierstoff umhüllt sein.

Damit soll verhindert werden, dass eine gefährliche Berührungsspannung von einer möglicherweise beschädigten Leitung auf diese Konstruktionsteile übertragen wird.

Leitungsroller müssen mit einer Überhitzungs-Schutzeinrichtung ausgerüstet sein.

Bei Anschluss von Betriebsmitteln mit zusammen mehr als 1000 W Leistung ist der Leistungsroller im abgewickelten Zustand zu benutzen.

Leitungsroller müssen eine ausreichende mechanische Festigkeit für den Einsatz unter erschwerten Bedingungen aufweisen und mindestens der Schutzart IP X4 genügen.

Einsatz unter erschwerten Bedingungen (rauer Betrieb ) bedeutet Einsatz unter hohen mechanischen Beanspruchungen oder bei tiefen Temperaturen (bis - 25 °C).



---

## 4.7 Leitungs- und Kabelverbindungen, Endverschlüsse

Die Verbindung von Leitungen und Kabeln erfolgt mittels

- ◆ Klemmkästen
- ◆ Steckvorrichtungen
- ◆ Muffen

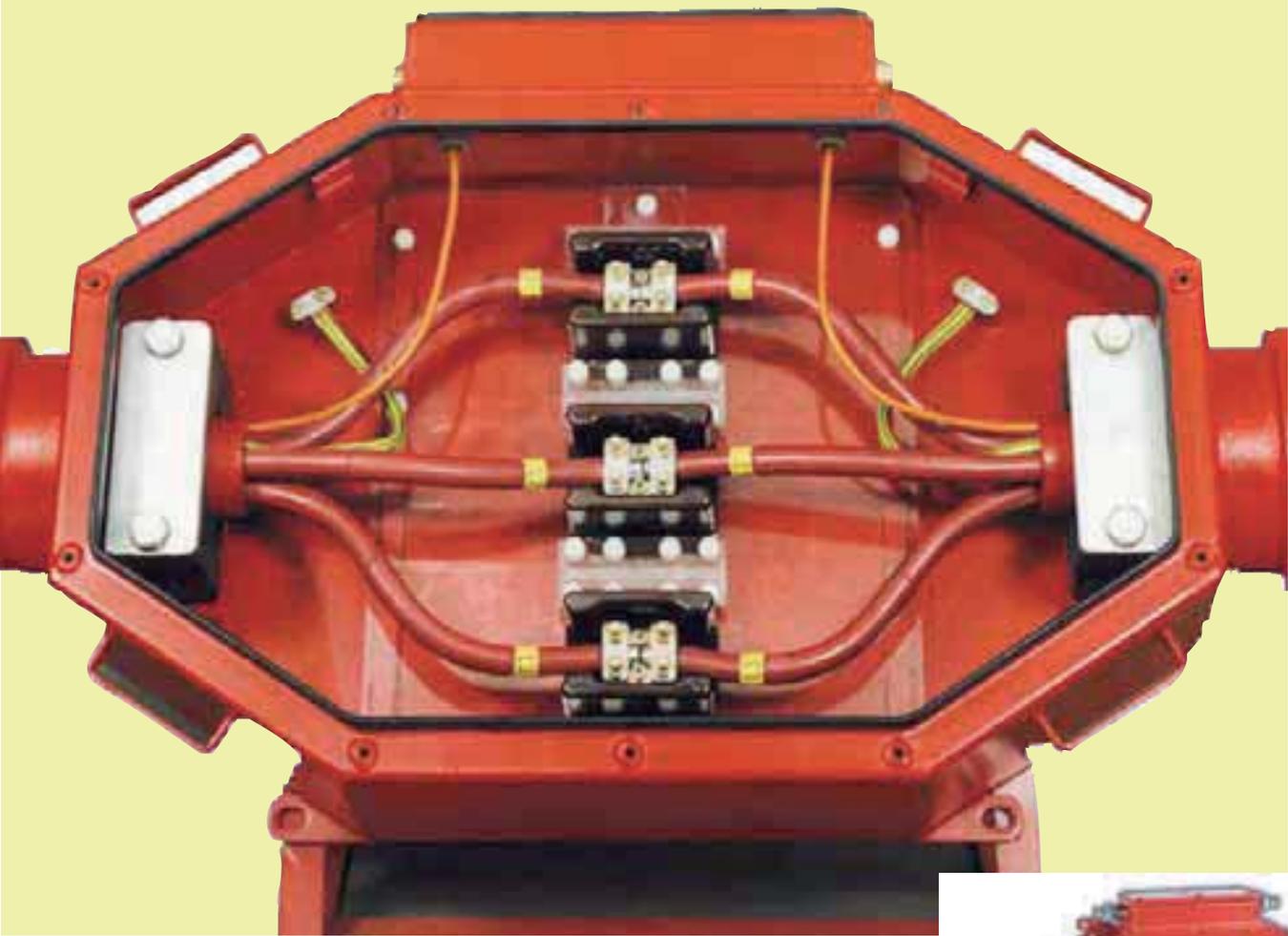
---

### 4.7.1 Klemmkästen

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

Es muss sichergestellt sein, dass Klemmkästen für Hochspannungsverbindungen nur im spannungslosen Zustand geöffnet werden können.

Dies 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.



## 4.7.2 Steckvorrichtungen

Die Steckvorrichtungen sind entsprechend den Einsatzbedingungen und technischen Vorschriften auszuwählen.

### 4.7.2.1 Hochspannungs-Steckvorrichtungen ( $U_N$ 6, 15, 24 kV)

Zur schnellen Trennung und Verbindung von flexiblen Hochspannungsleitungen können Steckvorrichtungen eingesetzt werden. Die Steckvorrichtungen dürfen nur im spannungsfreien Zustand getrennt werden können. Dies 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.



## Niederspannungs-Steckvorrichtungen

### 4.7.2.2

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

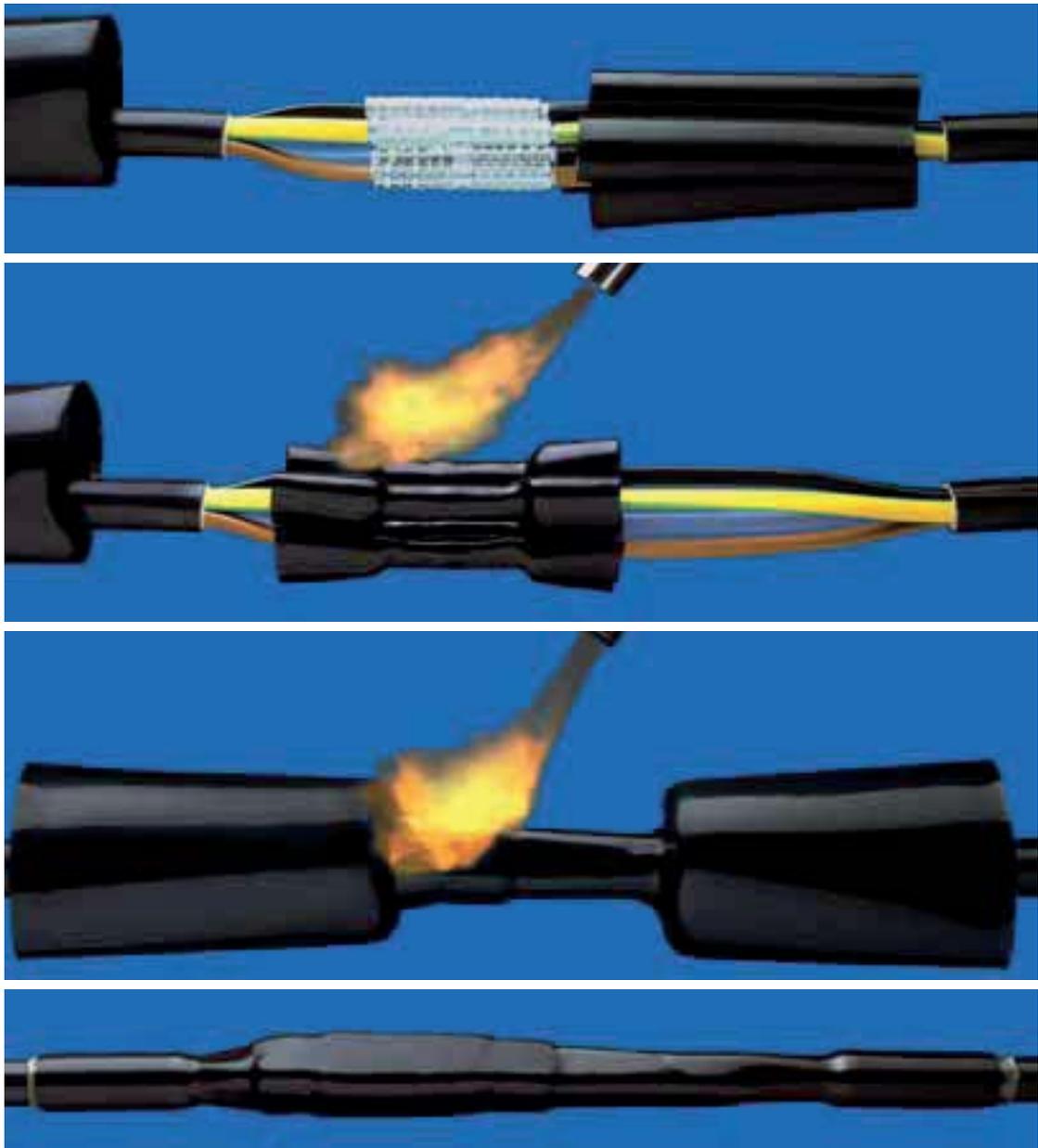


## 4.7.3 Muffenverbindungen

### 4.7.3.1 Vergussmuffen (NS und HS)

Gießharz-Armaturen für Verbindungsmuffen, Abzweigarnituren und Endverschlüsse stehen für jede Leitungs- und Kabelgröße sowie für verschiedene Spannungsbereiche zur Verfügung.

### 4.7.3.2 Schrumpfmuffen (NS und HS)



Neben Gießharzmuffen stehen auch so genannte Schrumpfmuffen zur Verfügung. Bei diesem Verfahren 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.

### **Anschlüsse von Kabeln und Leitungen an Maschinen, Geräten und Transformatoren**

4.7.4

Die Anschlüsse 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.



*Anschlussstumpfe*

# Beleuchtung



## Eine gute und zuverlässige Beleuchtung der Arbeitsplätze und Verkehrswege ist besonders im Tunnelbau wichtig, zur:

- ◆ Vermeidung von Unfällen,
- ◆ Erkennung von Gefährdungen,
- ◆ Erhöhung der Reaktionsfähigkeit,
- ◆ Reduzierung von Ermüdungserscheinungen,
- ◆ Sicherung der Arbeitsqualität.

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

### Allgemeinbeleuchtung

5.1

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 sichergestellt sind:

#### Beleuchtungsstärke (empfohlene Mindestwerte)

◆ Verkehrswege	10 Lux
◆ Arbeitsplätze, Abbau- und Ladestellen	60 Lux
◆ andere Betriebsanlagen und stationäre Einrichtungen	120 Lux

# Beleuchtung



*Aufladbare  
Handleuchte mit  
Ladestation und  
Restleuchtanzeige*

*LED-Kopfleuchte  
mit Restleucht-  
anzeige – Vorteil:  
geringes Gewicht,  
lange Brenndauer,  
(rechts).*



**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.**

## Sicherheitsbeleuchtung (Notbeleuchtung)

5.2

Die Sicherheitsbeleuchtung muss bei Ausfall der Allgemeinbeleuchtung selbsttätig und unverzüglich wirksam werden. In vielen Fällen ist es von Vorteil, wenn die Beschäftigten zusätzlich mit einer elektrischen Stollenleuchte oder gleichwertiger Leuchttechnik ausgerüstet sind.

### Beleuchtungsstärke (empfohlene Mindestwerte)

◆ Flucht- und Rettungswege (gemessen 0,2 m über Boden)	1 Lux
◆ Arbeitsplätze	15 Lux

## Sicherheitsbeleuchtung für Vortriebsmaschinen

5.2.1

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 für die Dauer von 10 Minuten gewährleisten (s. EN 12336:2003 – Tunnelbaumaschinen – Sicherheitstechnische Anforderungen).

## Sicherheitsbeleuchtung für Flucht- und Rettungswege

5.2.2

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.

Die Brenndauer der Beleuchtung ist auf die Länge der Flucht- und Rettungswege abzustimmen, sie muss aber mindestens 1 Stunde betragen. Dabei ist eine Mindestbeleuchtungsstärke von 1 Lux erforderlich, gemessen 0,20 m über der Sohle.

## 5.2.3 Sicherheitsbeleuchtung für Arbeitsplätze mit besonderer Gefährdung

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 Brenndauer 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:**

- ◆ mit Hubarbeitsbühnen,
- ◆ an und auf Gerüsten und Gerüstwagen,
- ◆ in/an Schaltanlagen,
- ◆ in Transformatorenräumen.

## 5.2.4 Installationsmaterial für die 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 mm<sup>2</sup> 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 (s. Abschnitt 1).

## 5.3 Anforderungen an Leuchten

**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.



*Arbeitsplatzbeleuchtung*



*Leuchten wegen geringerer Verstaubung und besserer Wegbeleuchtung senkrecht angebracht*

- ◆ 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, s. BGI 600).

## 5.3.1

### Besondere 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. 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 an Stelle des Schutzglases eine bruchfeste Umschließung aus Kunststoff vorhanden ist.*

Schalter von Handleuchten müssen für deren maximale Stromaufnahme, mindestens aber für 4 A 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 5 m der Typ H05RN-F oder eine mindestens gleichwertige Bauart zulässig, soweit nicht die Normenreihe VDE 0711//ÖVE/ÖNORM EN 60598 eine andere Bauart fordert.



## Zentralbatterie, Ersatzstromerzeuger

### Eine Zentralbatterie muss

- ◆ für mindestens 1 Betriebsstunde bemessen sein,
- ◆ für die Versorgung von Sicherheitsbeleuchtungen zugelassen sein,
- ◆ mit einem Ladegerät, das eine Ladung innerhalb von 10 Stunden ermöglicht und einer Einrichtung für die Erhaltungsladung ausgerüstet sein.

### Der Ersatzstromerzeuger muss bei Ausfall der Primär-Stromversorgung

- ◆ selbsttätig anlaufen,
- ◆ mit einer selbsttätigen Spannungsregelung auf  $\pm 5\%$  ausgerüstet sein,
- ◆ mit einer Kraftstoffreserve für 1 Stunde Nennbetrieb versehen sein.

# Instandsetzung, Wartung, Prüfung



## Instandsetzung und Wartung

6.1

Die Instandsetzung und Wartung von elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln darf nur von Elektrofachkräften vorgenommen werden. Elektrische Betriebsmittel, von denen infolge eines Mangels eine Gefährdung ausgeht, müssen sofort wirksam der Benutzung entzogen werden.

## Prüfung

6.2

### Ortsfeste elektrische Anlagen und Betriebsmittel

6.2.1

auf Tunnelbaustellen müssen regelmäßig auf ordnungsgemäßen Zustand durch eine Elektrofachkraft geprüft werden. Für die Prüffristen gilt ein Richtwert von einem Jahr.

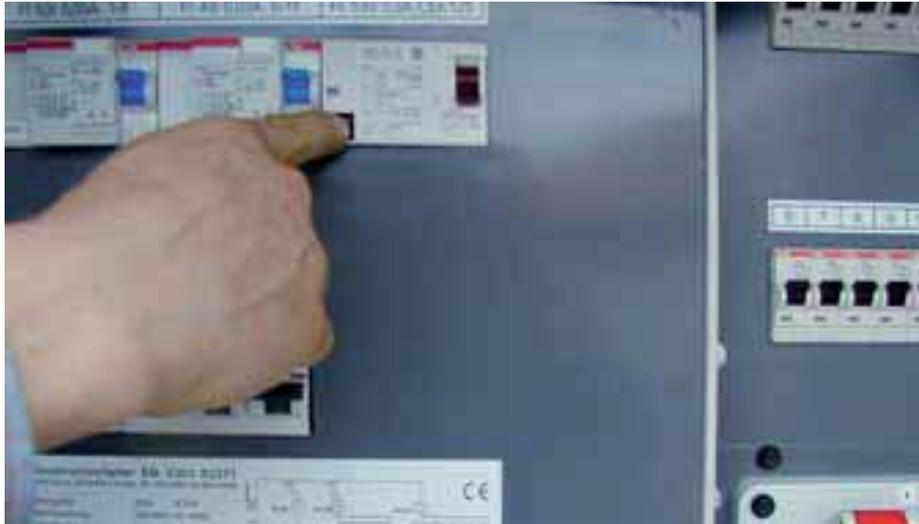
### Schutzmaßnahmen mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) in nichtstationären Anlagen

6.2.2

sind mindestens einmal im Monat auf Wirksamkeit durch eine Elektrofachkraft oder – wenn geeignete Prüfgeräte zur Verfügung stehen – durch eine elektrotechnisch unterwiesene Person unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft zu prüfen.



- 6.2.3** Zusätzlich zu Abschnitt 6.2.2 muss arbeitstäglich eine Prüfung auf einwandfreie Funktion durch Betätigen der Prüfeinrichtung durchgeführt werden.



- 6.2.4** Für Isolationsüberwachungseinrichtungen gelten die Vorgaben und Prüffristen nach den Abschnitten 6.2.1 bis 6.2.3.

**6.2.5 Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel**

auf Tunnelbaustellen müssen regelmäßig auf ordnungsgemäßen Zustand von einer Elektrofachkraft oder bei Verwendung geeigneter Prüfgeräte von einer elektrotechnisch unterwiesenen Person unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft geprüft werden.

Für die Prüffristen gilt ein Richtwert von drei Monaten.

Die Angabe der Prüffrist als Richtwert ist notwendig, da auf Tunnelbaustellen die Beanspruchung der Betriebsmittel sehr verschieden sein kann.

Die Festlegung der Prüffristen gehört zur Unternehmerverantwortung. Je nach Beanspruchung der Betriebsmittel sind variable Prüffristen möglich. Bei hoher Beanspruchung sind die Fristen zu verkürzen. Bei niedriger Beanspruchung dürfen die Fristen über den Richtwert hinaus bis zu einem Jahr verlängert werden.

Als Kriterium zur Festlegung der Prüffristen gilt Tabelle 1 B, Durchführungsanweisung zur BGV A3. Als Orientierungshilfe dient die bei der Prüfung auftretende Fehlerquote. Liegt diese unter 2%, darf die Prüffrist verlängert werden. Die Fehlerquote ermittelt sich aus dem Anteil der Betriebsmittel mit Mängeln an der Gesamtzahl der geprüften Betriebsmittel.

Unternehmer, die diese Regelung nicht in Anspruch nehmen wollen, erfüllen die Schutzzielvorgaben der BGV A3, wenn die in der nachfolgenden Tabelle 2 aufgeführten Prüffristen eingehalten werden.

**Tabelle 2 – Betriebsspezifische Prüffristen**

Betriebs-Bedingungen	Beispiele	Frist
<b>Hohe Beanspruchungen</b>	Schleifen von Metallen (Aluminium, Magnesium und gefettete Bleche), Verwendung in Bereichen mit leitfähigen Stäuben	Wöchentlich
	Nassschleifen von nichtleitenden Materialien, Kernbohren, Stahlbau, Tunnel- und Stollenbau	3 Monate
<b>Normale Beanspruchungen</b>	Hochbau, allgemeiner Tiefbau	6 Monate
	Elektroinstallation, Sanitär- und Heizungsinstallation, Holzausbau	

**6.2.6** Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel auf Tunnelbaustellen muss der Benutzer vor jedem Einsatz auf äußerlich erkennbare Schäden und Mängel prüfen.

## 6.3 Prüfnachweis / Dokumentation

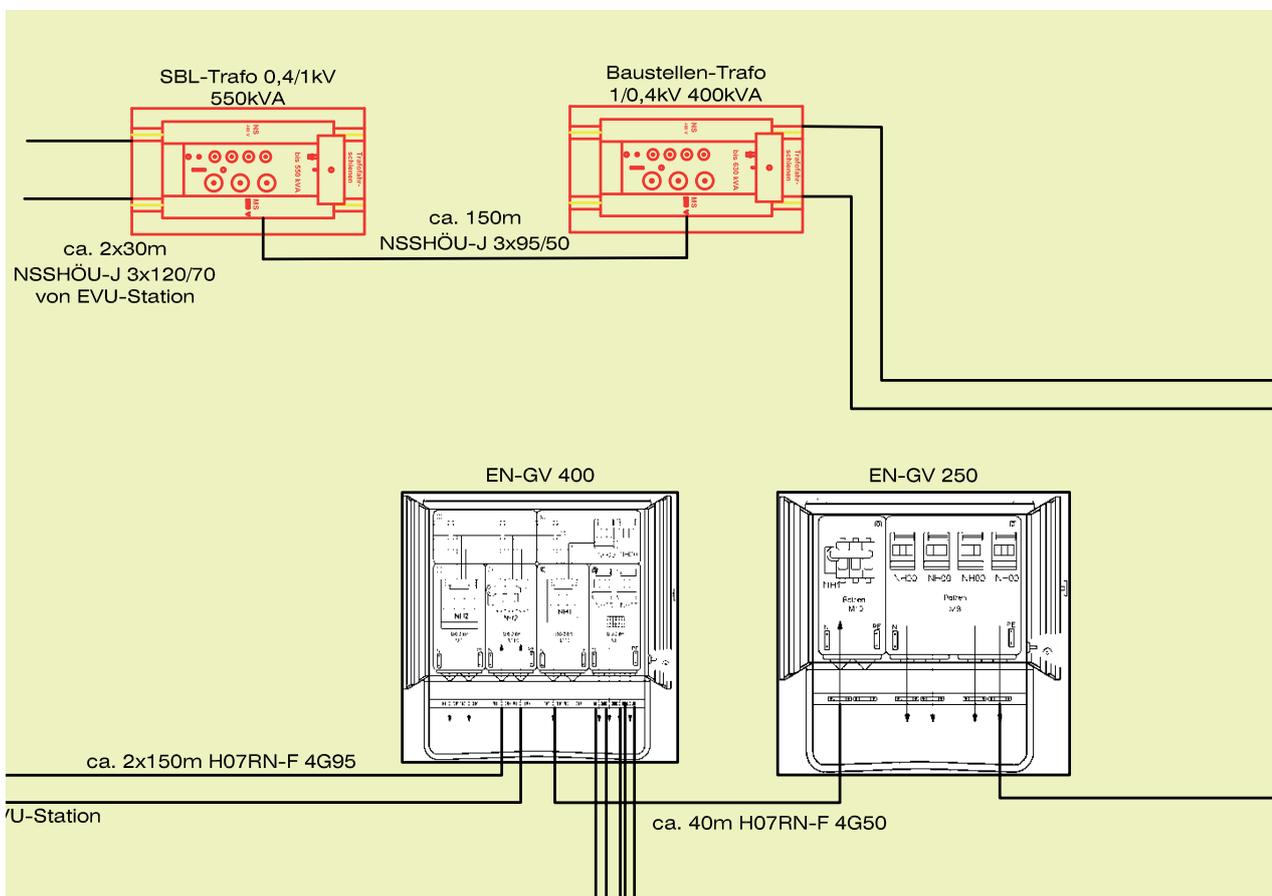
Der Prüfnachweis gilt als erbracht, wenn die geprüften und als mängelfrei beurteilten Betriebsmittel gekennzeichnet sind.

Als Kennzeichnung genügt eine Prüfplakette oder eine Banderole.

Es wird empfohlen, die Prüfungen nach den Abschnitten **6.2.1**, **6.2.2**, **6.2.4** und **6.2.5** zu dokumentieren.

## 6.4 Schaltpläne

Die aktuellen für den sicheren Betrieb erforderlichen Unterlagen mit Übersichts- und Detailschaltplänen der elektrischen Anlage müssen auf der Baustelle vorliegen und zugänglich sein.



## Mobile Leitungsprüfgeräte



Prüfgerät –  
Prüfung von elektrischen  
Betriebsmitteln nach  
VDE 0701 und 0702

# Anhang 1:

## Deutsche Gesetze, Vorschriften, Normen

---

### Gesetze und Verordnungen

- ◆ Arbeitsschutzgesetz (August 1996)
  - ◆ Betriebssicherheitsverordnung (September 2002)
  - ◆ Baustellenverordnung (Juni 1998)
  - ◆ Arbeitsstättenverordnung (August 2004)
  - ◆ Druckluftverordnung (Juli 1997)
- 

### Unfallverhütungsvorschriften

- ◆ Grundsätze der Prävention (BGV A1)
  - ◆ Elektrische Anlagen und Betriebsmittel (BGV A3)
  - ◆ Bauarbeiten (BGV C 22)
- 

### BG-Informationen

- ◆ Auswahl und Betrieb elektrischer Anlagen und Betriebsmittel auf Bau- und Montagestellen (BGI 608)
- ◆ Einsatz von elektrischen Betriebsmitteln bei erhöhter elektrischer Gefährdung (BGI 594)
- ◆ Auswahl und Betrieb ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel nach Einsatzbereichen (BGI 600)
- ◆ Auswahl und Betrieb von Ersatzstromerzeugern auf Bau- und Montagestellen (BGI 867)

## Normen

<b>DIN EN 12111</b>		Tunnelbaumaschinen – Teilschnittmaschinen
<b>DIN EN 12336</b>		Tunnelbaumaschinen – Schildmaschinen, Pressbohrmaschinen, Schneckenbohrmaschinen
<b>DIN EN 815</b>		Sicherheit von Tunnelbohrmaschinen ohne Schild und gestängelose Schachtbohrmaschinen zum Einsatz im Fels
<b>DIN EN 12110</b>		Tunnelbaumaschinen – Druckluftschleusen Sicherheitstechnische Anforderungen
<b>DIN EN 1889-2</b>		Anforderungen an bewegliche Maschinen für die Verwendung unter Tage – Sicherheit Teil 2: Lokomotiven
<b>VDE 0100</b>		Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000V
<b>VDE 0100-200:</b>	1998-06	Elektrische Anlagen von Gebäuden; Teil 200: Begriffe
<b>VDE 0100-300:</b>	1996-01	Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V; Teil 3: Bestimmungen allgemeiner Merkmale
<b>VDE 0100-410:</b>	1997-01	Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V; Teil 4: Schutzmaßnahmen; Kapitel 41: Schutz gegen elektrischen Schlag
<b>VDE 0100-430:</b>	1991-11	Schutzmaßnahmen: Schutz von Leitungen und Kabeln bei Überstrom
<b>VDE 0100-537:</b>	1999-06	Elektrische Anlagen von Gebäuden; Teil 5: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel; Kapitel 53: Schaltgeräte und Steuergeräte; Abschnitt 537: Geräte zum Trennen und Schalten

## Anhang 1: Deutsche Gesetze, Vorschriften, Normen

---

<b>VDE 0100-540:</b>	1991-11	Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel, Erdung, Schutzleiter, Potentialausgleichsleiter
----------------------	---------	---

---

<b>VDE 0100-551:</b>	1997-08	Elektrische Anlagen von Gebäuden; Teil 5: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel; Kapitel 55: Andere Betriebsmittel; Hauptabschnitt 551; Niederspannungs-Stromerzeugeranlagen
----------------------	---------	--

---

<b>VDE 0100-704:</b>	2001-05	Errichten von Niederspannungsanlagen; Teil 7: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art; Hauptabschnitt 704: Baustellen
----------------------	---------	---

---

<b>VDE 0100-706</b>	1992-06	Leitfähige Bereiche mit begrenzter Bewegungsfreiheit
---------------------	---------	--

---

<b>VDE 0100-718:</b>	2005-10	Errichten von Niederspannungsanlagen Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art Teil 718: Bauliche Anlagen für Menschenansammlungen
----------------------	---------	--

---

<b>VDE 0100-737:</b>	2002-01	Feuchte und nasse Bereiche und Räume und Anlagen im Freien
----------------------	---------	--

---

<b>VDE 0101:</b>	2000-01	Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV
------------------	---------	---

---

<b>VDE 0105-100:</b>	2005-06	Betrieb von elektrischen Anlagen
----------------------	---------	----------------------------------

---

<b>VDE 0108-100:</b>	1989-10	Sicherheitsbeleuchtungsanlagen
----------------------	---------	--------------------------------

---

<b>VDE 0118:</b>	2001-11	Errichten elektrischer Anlagen im Bergbau unter Tage Teil 1: Allgemeine Festlegungen Teil 2: Zusatzfestlegungen für Starkstromanlagen
------------------	---------	---

---

<b>VDE 0160:</b>	1998-04	Ausrüstung von Starkstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln
<b>VDE 0250-812:</b>	1985-05	Isolierte Starkstromleitungen Gummischlauchleitungen – NSSHöu
<b>VDE 0282-4:</b>	2000-07	Gummiisolierte Leitungen mit Nennspannungen bis 450/750 V; Teil 4: Flexible Leitungen
<b>VDE 0298-3:</b>	1983-08	Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen für Starkstromanlagen; Allgemeines für Leitungen
<b>VDE 0298-4:</b>	2003-08	Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen für Starkstromanlagen. Empfohlene Werte für die Starkstrombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen
<b>VDE 0470-1:</b>	2000-09	Schutzarten durch Gehäuse (IP Code)
<b>VDE 0510-2:</b>	1988-08	Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen -Teil 2: Stationäre Batterien
<b>VDE 0660-501:</b>	2000-05	Niederspannungs-Schaltgerätekombination; Teil 4: Besondere Anforderungen an Baustromverteiler (BV)
<b>VDE 0661:</b>	1988-04	Ortsveränderliche Schutzeinrichtungen zur Schutzpegelerhöhung für Nennwechselspannung $U_N = 230 \text{ V}$ , Nennstrom $I_N \leq 16 \text{ A}$ , Nennstromdifferenzstrom $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$

## Anhang 1: Deutsche Gesetze, Vorschriften, Normen

---

<b>VDE 0663:</b>	2005-11	Elektrisches Installationsmaterial - Differenzstrom-Überwachungsgeräte für Hausinstallationen und ähnliche Verwendung (RCMs)
<b>VDE 0664:</b>		<b>Normenreihe</b> Fehlerstrom-/ Differenzstrom-Schutzschalter
<b>VDE 0701-1:</b>	2000-09	Instandsetzung, Änderung und Prüfung elektrischer Geräte; Allgemeine Anforderungen
<b>VDE 0702:</b>	2004-06	Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten
<b>VDE 0711-1:</b>	2005-03	Leuchten Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen
<b>VDE 0711-2-8:</b>	2001-05	Leuchten; Teil 2: Besondere Anforderungen; Hauptabschnitt 8: Handleuchten
<b>VDE 0711-2-22:</b>	2003-06	Leuchten Teil 2-22: Besondere Anforderungen Leuchten für Notbeleuchtung
<b>VDE 0740-1:</b>	2003-12	Handgeführte motorbetriebene Elektrowerkzeuge Sicherheit; Teil 1: Allgemeine Anforderungen

---



## Anhang 2

### Österreichische Gesetze, Vorschriften, Normen

---

<b>ÖVE EN1 bzw. ÖVE/ÖNORM E 8001</b>	Errichtung von elektrischen Anlagen mit Nennspannungen bis a.c. 1000 V und d.c. 1500 V
<b>ÖVE/ÖNORM E 8001-1</b> 2000 03 01	Begriffe und Schutz gegen elektrischen Schlag
<b>ÖVE EN1 Teil 3 §41 bzw. ÖVE/ÖNORM E 8001-3-41/A1+A2+A3</b>	Errichtung von elektrischen Anlagen mit Nennspannungen bis a.c. 1000 V und d.c. 1500 V - Teil 3-41: Beschaffenheit, Bemessung und Verlegung von Leitungen und Kabeln – Bemessung von Leitungen und Kabeln in mechanischer und elektrischer Hinsicht – Überstromschutz
<b>ÖVE-EN 1 Teil 4 (§ 65)/1985</b>	Errichtung von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis ~ 1000 V und = 1500 V – Teil 4: Besondere Anlagen – § 65 Begrenzte, leitfähige Räume
<b>ÖVE/ÖNORM E 8701-1:</b> 2003-01-01	Prüfung nach Instandsetzung und Änderung und Wiederkehrende Prüfung elektrischer Geräte – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
<b>ÖVE/ÖNORM E 8701-2-2:</b> 2003-11-01	Prüfung nach Instandsetzung und Änderung und Wiederkehrende Prüfung elektrischer Geräte – Teil 2-2: Besondere Anforderungen für Elektrowerkzeug
<b>ÖVE/ÖNORM EN 50272-2:</b> 2003-12-01	Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen Teil 2: stationäre Batterien

---

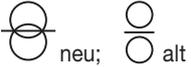
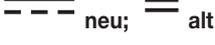
---

<b>ÖVE E 18/1983: 1983 09 01</b>	Errichten elektrischer Anlagen im Bergbau unter Tag
<b>ÖVE/ÖNORM E 8240-10: 2006 07 01</b>	Isolierte Starkstromleitungen mit einer Isolierhülle aus Gummi mit Nennspannungen bis 450/750 V Teil 10: EPR-isolierte flexible Starkstromleitung mit Polyurethanmantel
<b>ÖVE/ÖNORM EN 60529 10 01+A1: 2000</b>	Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code) (IEC 60529:1989+A1:1999)
<b>ÖVE/ÖNORM EN 60598-1: 2005 05 01</b>	Leuchten - Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen (IEC 60598-1:2003, modifiziert)
<b>ÖVE/ÖNORM EN 60598-2-8+A1: 2001 06 01</b>	Leuchten - Teil 2: Besondere Anforderungen – Hauptabschnitt 8: Handleuchten (IEC 60598-2-8:1996, modifiziert + A1:2000)
<b>ÖVE/ÖNORM EN 60598-2-22+A1: 2006 06 01</b>	Leuchten - Teil 2-22: Besondere Anforderungen - Leuchten für Notbeleuchtung (IEC 60598-2-22:1997, modifiziert + A1:2002)
<b>VEXAT</b>	Verordnung über den Schutz der Arbeitnehmer/innen vor explosionsfähigen Atmosphären

---

# Anhang 3

## Kurzzeichen und Symbole auf elektrischen Betriebsmitteln

	GS-Prüfzeichen Berufsgenossenschaftliche Prüfstelle: Fachausschuss „Elektrotechnik“		Druckwasserdicht (mit Angabe der maximalen Eintauchtiefe)
	Kennzeichen der Prüfstelle Verband Österreichischer Elektrotechniker (ÖVE)		Staubgeschützt
	EG-Konformitätszeichen (CE-Zeichen)		Staubdicht
	Kennzeichen der Prüfstelle Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE)		Für rauhen Betrieb
	VDE Harmonisierungskennzeichen für Kabel und Leitungen		Schutzleiteranschluss
	Gefährliche elektrische Spannung		Leuchte für Entladungslampen zur direkten Montage auf oder an normal oder leicht entflammaren Baustoffen
	Schutzisoliert (Schutzklasse II)		Nicht zur direkten Montage auf normal entflammaren Ober- flächen geeignete Leuchte (nur zur Montage auf nicht entflamm- baren Oberflächen geeignet)
	Schutzkleinspannung (Schutzklasse III)		Zur Montage in oder auf normal entflammaren Oberflächen geeignete Leuchte, falls Wärme- dämm-Material die Leuchte umhüllt
	Sicherheitstransformator (Schutzklasse III)		Explosionsgeschützte, baumustergeprüfte Betriebsmittel
	Trenntransformator neu; alt		Gleichstrom neu; alt
	Tropfwassergeschützt		Wechselstrom
	Sprühwassergeschützt (Regenwassergeschützt)		Mischstrom
	Spritzwassergeschützt		Pulsstromsensitiver Fi-Schutzschalter (Typ A)
	Strahlwassergeschützt		Allstromsensitiver Fi-Schutzschalter (Typ B)
	Wasserdicht		FI-Schutzschalter zum Einsatz bei tiefen Temperaturen

## Anhang 4

### Schutzarten nach DIN VDE 0470-1(EN 60 529)

Schutzart		Kennziffer des Schutzgrades	Symbol nach VDE 0713 Teil 1 (angenähert)
<b>Schutz gegen Fremdkörper und Staub</b>	Fremdkörper > 50 mm	IP 1 X	
	Fremdkörper > 12 mm	IP 2 X	
	Fremdkörper > 2,5 mm	IP 3 X	
	Fremdkörper > 1,0 mm	IP 4 X	
	Keine Staubablagerung	IP 5 X	
	Kein Staubeintritt	IP 6 X	
<b>Schutz gegen Nässe</b>	Tropfwasser senkrecht	IP X 1	
	Tropfwasser schräg	IP X 2	
	Sprühwasser	IP X 3	
	Spritzwasser	IP X 4	
	Strahlwasser	IP X 5	
	starkes Strahlwasser	IP X 6	
	zeitweiliges Untertauchen (Wasserdicht)	IP X 7	
	dauerndes Untertauchen (Druckwasserdicht) (-- m Tauchtiefe)	IP X 8	

# Anhang 5

## Kurzzeichen für Leitungen

### Kurzzeichen für harmonisierte Leitungen

Kennzeichnung									
<b>Bestimmung</b>									
harmonisiert	H								
nationaler Typ	A								
<b>Nennspannung <math>U_0/U^*</math></b>									
300/300		03							
300/500		04							
450/750		05							
		07							
<b>Leiterisolierung</b>									
PVC			V						
Natur- und /oder Styrol-Butadienkautschuk									
Silikonkautschuk			R						
Ethylenpropylen-Kautschuk			S						
			B						
<b>Mantel</b>									
PVC				V					
PVC, erhöht temperaturbeständig				V2					
PVC, für niedrige Temperaturen				V3					
Natur- und/oder Styrol-Butadienkautschuk									
Polychloroprenkautschuk				R					
Glasfasergeflecht				N					
Textilgeflecht				J					
Polyurethan				T					
				Q					
<b>Aufbau · Besonderheiten</b>									
flache teilbare Leitung					H				
flache nicht teilbare Leitung					H2				
<b>Leiter</b>									
eindrähtig								-U	
mehrdrähtig								-R	
feindrähtig für feste Verlegung								-K	
feindrähtig für flexible Verlegung								-F	
feinstdrähtig für flexible Verlegung								-H	
Lahnlitze								-Y	
<b>Aderzahl</b>									
mit Schutzleiter grüngelb									n
ohne Schutzleiter								G	
Nennquerschnitt								X	nn

\*)  $U_0$  Effektivwert der Spannung zwischen Außenleiter und Erde

U Effektivwert der Spannung zwischen Außenleiter und Außenleiter

#### Farbkennzeichnung der Leiter

Aderzahl	mit Schutzleiter	ohne Schutzleiter
2	gnge/sw	sw/hbl
3	gnge/br/hbl**)	sw/hbl/br
4	gnge/sw/hbl/br	sw/hbl/br/sw
5	gnge/sw/hbl/br/sw	sw/hbl/br/sw/sw

\*\*) Gilt für bewegliche Leitungen. Bei Leitungen für feste Verlegung gilt gnge/sw/hbl

- gnge = grüngelb = Schutzleiter
- hbl = hellblau = Neutraleiter
- br = braun = Außenleiter
- sw = schwarz = Außenleiter

### Kurzzeichen für Leitungen, altes Schema (Auszug)

Kennzeichnung					
Normleitung					
Normleitung mit PVC-Isolation	N				
Ader		A	A		
Bleimantel umhüllt		BU			
Fassungsader		F			
flexibel			F		
Gummiisolierung, -mantel		G	G		
Handlampenleitung			H		
leitende Hülle		H			
Stegleitung		IF			
Illuminations - Flachleitung		IFL			
leichte Beanspruchung		L			
Leuchtröhrenleitung		L			
mittlere Beanspruchung		M			
Mantelleitung		M			
Pendelschnur		PL			
Rohrdraht, umhüllt		RU			
schwere Beanspruchung		S			
sehr schwere Beanspruchung		SS			
Sonderleitung		S			
Leitungstrasse		T			
PVC · Isolation, PVC · Mantel			Y		
Zugentlastung			Z		
Zinkband			Z		
Zwillingsleitung		Z			
ölfest, wetterfest				ÖÜ	
mit Schutzleiter				J	
ohne Schutzleiter				O	
Aderzahl					n
Nennquerschnitt					xn

#### Beispiele

harmonisiert	Leitung	bisher
H05V-U, H05V-K	Kunststoffverdrahtungsleitung	NYFA, NYFAP
H07V-U, H07V-K	Kunststoffaderleitung	NYA, NYAF
H03VV-F, H03VVH2-F	Leichte Kunststoffschlauchleitung	NYLHY
H05VV-F	mittlere Kunststoffschlauchleitung	NLH
H05RR-F	leichte Gummischlauchleitung	NLH
H05RN-F, H07RN-F*) H07BQ-F	mittlere Gummischlauchleitung	NMH, NMHöu, NGM11YÖ
H03VH-Y	leichte Zwillingsleitung	NLYZ
H03VH-H	Zwillingleitung	NYZ
H03RT-F	Gummiaderschnur	NSA

Andere isolierte Leitungen werden in der Regel noch wie bisher bezeichnet, da es hierfür noch keine harmonisierten Ausführungen gibt. Den Leitungstypen H07RN-F und H05RN-F sind solche vom Typ H07BQ-F bzw. H05BQ-F, als gleichwertig einzustufen nicht jedoch bei thermischer Beanspruchung, z.B. Bereiche mit Schweißarbeiten.

\*) je nach Beanspruchung

## Anhang 6

### Kennzeichnung von Adern in Kabeln und Leitungen

#### VDE 0100-510

**Tabelle 1 – Kabel und Leitungen mit grün-gelber Ader**

Anzahl der Adern	Farben der Adern <sup>b)</sup>				
	Schutzleiter	Aktive Leiter			
3	Grün-Gelb	Blau	Braun		
4	Grün-Gelb	–	Braun	Schwarz	Grau
4 <sup>a)</sup>	Grün-Gelb	Blau	Braun	Schwarz	
5	Grün-Gelb	Blau	Braun	Schwarz	Grau

**Tabelle 2 – Kabel und Leitungen ohne grün-gelber Ader**

Anzahl der Adern	Farben der Adern <sup>b)</sup>				
2	Blau	Braun			
3	–	Braun	Schwarz	Grau	
3 <sup>a)</sup>	Blau	Braun	Schwarz		
4	Blau	Braun	Schwarz	Grau	
5	Blau	Braun	Schwarz	Grau	Schwarz

a) Nur für bestimmte Anwendungen

b) Blanke konzentrische Leiter, wie metallene Mäntel, Armierungen oder Schirme, werden in dieser Tabelle nicht als Leiter betrachtet. Ein konzentrischer Leiter ist durch seine Anordnung gekennzeichnet und braucht nicht durch Farben gekennzeichnet zu werden.

## Herausgeber

Berufsgenossenschaft  
der Bauwirtschaft, BG-Bau  
Landsbergerstraße 309  
D-80687 München

Allgemeine  
Unfallversicherungsanstalt, AUVA  
Adalbert-Stifter-Straße 65  
A-1200 Wien

## Autoren

Dipl.-Ing. U. Sonnenschein,  
Streif-Baulogistik GmbH, Essen  
Dipl.-Ing. U. Penndorf,  
Bilfinger Berger AG, Mannheim  
Dipl.-Ing. R. Binder,  
Beton- und Monierbau GmbH, Innsbruck  
Dipl.-Ing. D. Seibel  
BG-Feinmechanik und Elektrotechnik, Köln  
Dipl.-Ing. W. Pechoc  
BG-Feinmechanik und Elektrotechnik, Köln  
Dipl.-Ing. Univ. Ew.-J. Weichenmeier  
BG BAU, München

## Ausgabedatum

Oktober 2007

## Gestaltung

Beitelschmidt Design Consulting  
D-82131 Gauting bei München

## Herstellung

Dinauer GmbH – Medienbetrieb  
D-82178 Puchheim bei München

## Bildnachweis

Fa. Herrenknecht, Schwanau  
Titelbild, S. 4, 6, 13.  
Fa. Streif Baulogistik, Essen  
S. 17, 22, 26, 30, 32, 33, 34, 49, 51,  
52, 53, 62.  
Fa. Elspro, Hilden, S. 20, 47, 60.  
Fa. Neugebauer, Stetten/Allgäu, S. 64.  
Fa. Bemo, Innsbruck, S. 35.  
Fa. CEAG/Fa KLK, S. 56.  
Fa. Gossen-Metrawatt, S. 67.  
Fa. Merz, S. 67.  
Fa. Prysmian-Kabel u. Systeme GmbH  
S. 40, 41, 42, 43.  
BG BAU – Tiefbau S. 54, 63.  
Beitelschmidt  
S. 10, 18, 22, 26, 29, 35, 50, 56, 59.



## Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft

Hildegardstraße 29/30  
10715 Berlin  
Tel.: 030 85781-0  
Fax: 030 85781-500  
[www.bgbau.de](http://www.bgbau.de)  
[info@bgbau.de](mailto:info@bgbau.de)

