

Verordnung über elektrische Starkstromanlagen (Starkstromverordnung)

vom 30. März 1994 (Stand am 1. Juli 2012)

Der Schweizerische Bundesrat,

gestützt auf Artikel 3 des Bundesgesetzes vom 24. Juni 1902¹ betreffend die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen (Elektrizitätsgesetz),

verordnet:

1. Kapitel: Allgemeine Bestimmungen

Art. 1 Geltungsbereich

¹ Diese Verordnung regelt Erstellung, Betrieb und Instandhaltung von elektrischen Starkstromanlagen.

² Die Bestimmungen für die Erstellung gelten für bestehende Anlagen, wenn:

- a. sie vollständig umgebaut werden;
- b. sie in bedeutendem Mass verändert werden und die Erfüllung der Anforderungen weder unverhältnismässig ist noch die Sicherheit wesentlich beeinträchtigt;
- c. sie für Mensch und Umwelt eine drohende Gefahr darstellen oder andere elektrische Anlagen in erheblichem Mass störend beeinflussen.

³ Für Niederspannungsinstallationen bleiben die besonderen Bestimmungen der Verordnung vom 6. September 1989² über elektrische Niederspannungsinstallationen vorbehalten.

⁴ Können einzelne Bestimmungen dieser Verordnung nur unter ausserordentlichen Schwierigkeiten eingehalten werden oder erweisen sie sich für die technische Entwicklung oder den Schutz der Umwelt als hinderlich, so kann das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation³ (Departement) oder

AS 1994 1199

¹ SR 734.0

² [AS 1989 1834, 1992 2499 Art. 15 Ziff. 1, 1997 1008 Anhang Ziff. 3, 1998 54 Anhang Ziff. 4, 1999 704 Ziff. II 20, 2000 762 Ziff. I 4, AS 2002 128 Art. 43]. Siehe heute die V vom 7. Nov. 2001 (SR 734.27).

³ Die Bezeichnung der Verwaltungseinheit wurde in Anwendung von Art. 16 Abs. 3 der Publikationsverordnung vom 17. Nov. 2004 (SR 170.512.1) angepasst.

in weniger bedeutenden Fällen die zuständige Kontrollstelle (Art. 21 Elektrizitätsgesetz) auf begründetes Gesuch hin Abweichungen bewilligen.

⁵ Diese Verordnung gilt nicht für die elektrischen Anlagen nach Artikel 42 Absatz 1 der Eisenbahnverordnung vom 23. November 1983^{4,5}

Art. 2 Weitere Vorschriften

Soweit diese Verordnung nichts anderes bestimmt, gelten auch:⁶

- a. die Verordnung vom 30. März 1994⁷ über elektrische Schwachstromanlagen (Schwachstromverordnung);
- b. die Verordnung vom 30. März 1994⁸ über elektrische Leitungen (Leitungsverordnung);
- c.⁹ die Eisenbahnverordnung vom 23. November 1983¹⁰;
- d.¹¹ die Verordnung vom 9. April 1997¹² über elektrische Niederspannungserzeugnisse (NEV);
- e. die Verordnung vom 6. September 1989¹³ über elektrische Niederspannungsinstallationen (NIV).

Art. 3 Begriffe

In dieser Verordnung bedeuten:

1. *Anlageerdung*: Erdung einer Hochspannungsanlage;
2. *Arbeitserder*: In Schaltanlagen fest eingebaute, kurzschlussfeste Erdungsvorrichtung, die das Erden nur in spannungslosem Zustand erlaubt;
3. *Berührungssicher*: Hochspannungsanlagen oder -apparate, die vollwandig mit elektrisch leitendem und geerdetem Material abgedeckt sind bzw. Niederspannungsanlagen oder -apparate, die mit elektrisch leitendem und geerdetem Material abgedeckt oder doppelt isoliert sind;

⁴ SR 742.141.1

⁵ Eingefügt durch Beilage 2 Ziff. II 2 der V vom 16. Nov. 2011, in Kraft seit 1. Juli 2012 (AS 2011 6233).

⁶ Fassung gemäss Art. 59 Abs. 1 der V vom 5. Dez. 1994 über elektrische Anlagen von Bahnen (AS 1995 1024).

⁷ SR 734.1

⁸ SR 734.31

⁹ Fassung gemäss Beilage 2 Ziff. II 2 der V vom 16. Nov. 2011, in Kraft seit 1. Juli 2012 (AS 2011 6233).

¹⁰ SR 742.141.1

¹¹ Fassung gemäss Ziff. 3 des Anhanges der V über elektrische Niederspannungserzeugnisse vom 9. April 1997 (AS 1997 1016).

¹² SR 734.26

¹³ [AS 1989 1834, 1992 2499 Art. 15 Ziff. 1, 1997 1008 Anhang Ziff. 3, 1998 54 Anhang Ziff. 4, 1999 704 Ziff. II 20, 2000 762 Ziff. I 4. AS 2002 128 Art. 43]. Siehe heute die V vom 7. Nov. 2001 (SR 734.27).

4. *Berührungsspannung*: Teil der Erdungsspannung über den menschlichen Körper zwischen Hand und Fuss (horizontaler Abstand vom Berührungspunkt: 1 m);
5. *Betriebsinhaber*: Verantwortlicher Betreiber (Eigentümer, Pächter, Mieter usw.) einer elektrischen Anlage;
6. *Betriebsbereich*: Bereich in einer elektrischen Anlage mit erhöhter Gefährdung;
7. *Bezugserde*: Teil des Erdreiches, der so weit ausserhalb des Einflussbereiches der Erder liegt, dass zwischen zwei beliebigen Punkten keine erheblichen, vom Erdungsstrom herrührende Spannungen auftreten können;
8. *Erdschluss*: Durch einen Fehler oder über einen Lichtbogen entstandene Verbindung eines aktiven Anlageteils des Betriebsstromkreises mit Erde oder einem geerdeten Teil;
9. *Erdung*: Die Gesamtheit aller miteinander verbundenen Erder und Erdungsleitungen, einschliesslich metallene Wasserleitungen, Fundamentarmierungen, metallene Umhüllungen von Kabeln, Erdseile und andere metallene Leitungen;
10. *Erdungsleiter*: Der von den zu erdenden Teilen mittelbar oder unmittelbar zu Erden führende Leiter;
11. *Gasolierte Anlage*: Gasdicht gekapselte Anlage. Die Isolationsfestigkeit des Gases als Isoliermedium wird durch dessen Druck oder dessen Dichte bestimmt;
12. *Gekapselte Anlage*: Elektrische Anlage, deren betriebsmässig unter Spannung stehende Teile von einer metallenen geerdeten Schutzhülle umgeben sind;
13. *Hochspannungsanlage*: Elektrische Anlage mit einer Nennspannung von mehr als 1000 V Wechselfspannung oder 1500 V Gleichspannung;
14. *Innenraumanlage*: Elektrische Anlage innerhalb von Gebäuden oder mit Umhüllungen, welche die Betriebsmittel gegen Witterungseinflüsse schützen;
15. *Instruierte Person*: Person ohne elektrotechnische Grundausbildung, die begrenzte, genau umschriebene Tätigkeiten in Starkstromanlagen ausführen kann und die örtlichen Verhältnisse und die zu treffenden Schutzmassnahmen kennt;
16. *Isolationskoordination*: Gesamtheit der Massnahmen zur Beschränkung von Über- und Durchschlägen der Isolation auf vorbestimmte Stellen des Netzes;
17. *Kurzschluss*: Durch einen Fehler oder über einen Lichtbogen entstandene Verbindung zwischen aktiven Anlageteilen, wenn im Fehlerstromkreis kein Nutzwiderstand liegt;
18. *Kurzschlussfest*: Eigenschaft eines Betriebsmittels, bei Kurzschluss den höchsten dynamischen und thermischen Beanspruchungen an seinem Einbauort ohne Beeinträchtigung seiner Funktionsfähigkeit standzuhalten;

19. *Maststation*: Transformatorstation auf einem Freileitungstragwerk;
20. *Montagegang*: Freiraum in Starkstromanlagen, der so bemessen ist, dass noch gewisse Arbeiten möglich sind;
21. *Niederspannungsanlage*: Starkstromanlage mit einer Nennspannung von höchstens 1000 V Wechselspannung oder 1500 V Gleichspannung;
22. *Nullpunktbehandlung*: Impedanzmässige Gestaltung der Verbindung zwischen der Erde und dem Nullpunkt von Generatoren, Transformatoren oder besonderen Einrichtungen zur Bildung eines Nullpunktes. Die gebräuchlichsten Arten der Verbindung sind: Widerstandsarme Verbindungen (direkte Verbindungen), Verbindungen über Impedanzen, keine Verbindungen (isoliertes Netz) oder Kombination sich zeitlich folgender Verbindungsarten;
23. *Sachverständige Person*: Person mit elektrotechnischer Grundausbildung (Lehre, gleichwertige betriebsinterne Ausbildung oder Studium im Bereich der Elektrotechnik) und mit Erfahrung im Umgang mit elektrotechnischen Einrichtungen;
24. *Schaltfeld*: Abgegrenzter Bereich, in dem ein Schalter bestimmter Zweckbestimmung samt zugehörigen Mess-, Bedienungs- und anderen Hilfseinrichtungen untergebracht ist;
25. *Schnellerder*: In Schaltanlagen fest eingebaute, kurzschluss- und einschaltfesteste Erdungsvorrichtung, welche das Erden auch auf Spannung ohne Schaden aushält;
26. *Schrittspannung*: Teil der Erdungsspannung, welchem man sich mit einem Schritt von 1 m aussetzen kann;
27. *Schwachstromanlage*: Nach Artikel 2 Absatz 1 Elektrizitätsgesetz eine elektrische Anlage, die normalerweise keine Ströme führt, welche Personen gefährden oder Sachbeschädigungen verursachen können;
28. *Sondererdung*: Erdung, deren Erder von denjenigen anderer Erdungen so weit entfernt sind, dass sie von diesen nur unwesentlich beeinflusst werden;
29. *Starkstromanlage*: Nach Artikel 2 Absatz 2 Elektrizitätsgesetz eine elektrische Anlage zur Erzeugung, Transformierung, Umformung, Fortleitung, Verteilung und Gebrauch der Elektrizität, die mit Strömen betrieben wird oder bei der in voraussehbaren Störfällen Ströme auftreten, die Personen gefährden oder Sachbeschädigungen verursachen können;
30. *Trennstrecke*: Der zur Gewährleistung der erforderlichen Sicherheit notwendige Abstand zwischen den Kontaktstücken und Polen einer offenen Trennvorrichtung;
31. *TN-System (Nullung)*: Schutzmassnahme, bei welcher Fehlerströme über Schutzleiter (PE- oder PEN-Leiter) an die Speisestelle zurückgeführt werden;
32. *TT-System (Schutzerdung)*: Schutzmassnahme, bei welcher Fehlerströme über einen örtlichen Erder und das Erdreich an die Speisestelle zurückfliessen.

2. Kapitel: Grundsätze der Sicherheit für Erstellung, Betrieb und Instandhaltung elektrischer Starkstromanlagen

1. Abschnitt: Anlagen

Art. 4 Sicherheit

¹ Starkstromanlagen und die daran angeschlossenen elektrischen Einrichtungen müssen nach den Vorschriften dieser Verordnung und den anerkannten Regeln der Technik erstellt, geändert, instandgehalten und kontrolliert werden. Sie dürfen bei bestimmungsgemäsem Betrieb oder Gebrauch sowie in voraussehbaren Störfällen weder Personen noch Sachen gefährden. Wo diese Verordnung keine Vorschriften enthält, gelten die anerkannten Regeln der Technik.

² Als anerkannte Regeln der Technik gelten insbesondere die Normen von IEC¹⁴ und CENELEC¹⁵. Wo international harmonisierte Normen fehlen, gelten die schweizerischen Normen^{16,17}.

³ Bestehen keine spezifischen technischen Normen, so sind sinngemäss anwendbare Normen oder allfällige technische Weisungen zu berücksichtigen.¹⁸

Art. 5 Störschutz

¹ Starkstromanlagen und die daran angeschlossenen elektrischen Einrichtungen dürfen, soweit dies ohne ausserordentlichen Aufwand möglich ist, in allen Betriebszuständen den bestimmungsgemässen Gebrauch anderer elektrischer Anlagen und Einrichtungen nicht in unzumutbarer Weise stören.

² Störunggefährdete Starkstromanlagen und die daran angeschlossenen elektrischen Einrichtungen dürfen, soweit dies ohne aussergewöhnlichen Aufwand möglich ist, in ihrem bestimmungsgemässen Gebrauch in allen Betriebszuständen nicht durch andere elektrische Anlagen und Einrichtungen in unzumutbarer Weise gestört werden.

³ Wer Starkstromanlagen, die andere elektrische Anlagen stören oder gefährden könnten, erstellen, betreiben oder ändern will, muss die Betriebsinhaber der anderen Anlagen von seinem Vorhaben rechtzeitig schriftlich benachrichtigen, damit im voraus Schutzmassnahmen getroffen werden können.

⁴ Treten trotz Beachtung der anerkannten Regeln der Technik unzumutbare Störungen auf, die nur mit grossem Aufwand beseitigt werden können, so suchen sich die Beteiligten zu verständigen. Kommt keine Einigung zustande, so entscheidet das Departement. Es hört zuvor die zuständigen Kontrollstellen an.

¹⁴ International Electrotechnical Commission.

¹⁵ Comité Européen de Normalisation ELECTrotechnique.

¹⁶ Die Liste der Titel der Normen sowie deren Texte können beim Schweizerischen Informationszentrum für technische Regeln (switec), Mühlebachstrasse 54, 8008 Zürich, bezogen werden.

¹⁷ Fassung gemäss Anhang Ziff. 1 der V vom 8. Dez. 1997 (AS **1998** 54).

¹⁸ Fassung gemäss Anhang Ziff. 1 der V vom 8. Dez. 1997 (AS **1998** 54).

⁵ Für die elektromagnetische Verträglichkeit gelten die Bestimmungen der Verordnung vom 9. April 1997¹⁹ über die elektromagnetische Verträglichkeit.²⁰

Art. 6 Brandschutz

¹ Starkstromanlagen müssen so erstellt, geändert, betrieben und instandgehalten werden, dass:

- a. die Entstehung von Bränden und Explosionen weitgehend verhindert wird;
- b. Einwirkungen durch äussere Brände und Explosionen weitgehend ausgeschlossen sind;
- c. der Ausbreitung von Flammen, Hitze und Rauch ausreichend vorgebeugt wird (Brandabschnitte);
- d. Brände wirksam bekämpft werden können.

² Massgebend sind die Brandschutznormen der Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen²¹.

Art. 7 Landschafts- und Umweltschutz

¹ Die massgebenden Vorschriften über den Natur- und Heimatschutz, sowie den Landschafts-, Umwelt- und Gewässerschutz sind bei Planung, Erstellung, Betrieb und Instandhaltung von Starkstromanlagen zu beachten.

² Enthalten elektrotechnische Einrichtungen wassergefährdende Flüssigkeiten, so sind die Regeln der Technik zu befolgen, insbesondere die technischen Empfehlungen des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) über den Schutz der Gewässer bei Erstellung und Betrieb von elektrischen Anlagen²².

Art. 8 Sicherheitskennzeichnung

In Starkstromanlagen muss bei allen Zugängen, Umzäunungen, Türen und ähnlichen Einrichtungen mit dauerhaft lesbaren Warnzeichen²³, gegebenenfalls mit ergänzendem Text, auf das Vorhandensein von gefährlichen elektrischen Spannungen hingewiesen werden.

¹⁹ [AS 1997 1008, 2000 762 Ziff. I 6 3012 Ziff. I Art. 34 Abs. 3. AS 2009 6243 Anhang 3 Ziff. I]. Siehe heute: die V vom 18. Nov. 2009 (SR 734.5).

²⁰ Eingefügt durch Ziff. 2 des Anhangs der V über die elektromagnetische Verträglichkeit vom 9. April 1997 (AS 1997 1008).

²¹ Zu beziehen bei: Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen, Bundesgasse 20, 3011 Bern

²² Zu beziehen bei: Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE), Postfach 6140, 8023 Zürich

²³ SN 0055000

2. Abschnitt: Unfallverhütung

Art. 9 Grundsatz

Soweit dieser Abschnitt keine abweichenden Bestimmungen enthält gilt die Verordnung vom 19. Dezember 1983²⁴ über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten.

Art. 10 Schutz vor Berührung

Die Betriebsinhaber von Starkstromanlagen sorgen dafür, dass sich Personen, die über die Gefahren nicht unterrichtet sind, auch bei Unachtsamkeit weder direkt noch indirekt (z. B. mit Werkzeugen, Geräten des täglichen Gebrauchs usw.) betriebsmässig unter Spannung stehenden Teilen von Anlagen und daran angeschlossenen elektrischen Einrichtungen so nähern können, dass sie sich gefährden.

Art. 11 Anforderungen für in Starkstromanlagen tätige Personen

¹ Für die Beaufsichtigung von Arbeiten an oder in Starkstromanlagen und zugehörigen betriebstechnischen Einrichtungen sowie für Massnahmen der Arbeitssicherheit dürfen nur sachverständige Personen eingesetzt werden.

² Für die Kontrolle und Bedienung von Anlagen und für besondere Arbeiten dürfen auch instruierte Personen eingesetzt werden.

³ Die Bewegungsfreiheit betriebsfremder Personen, die im Betriebsbereich tätig sind, ist auf ihren Einsatzort und den Zugang zu beschränken.

Art. 12 Instruktion der im Betriebsbereich zugelassenen Personen

¹ Die Betriebsinhaber von Starkstromanlagen müssen für ihre Anlagen ein Sicherheitskonzept ausarbeiten und im Rahmen dieses Konzepts diejenigen Personen instruieren, die Zugang zum Betriebsbereich haben, betriebliche Handlungen vornehmen oder an den Anlagen arbeiten.

² Die Instruktion muss periodisch wiederholt werden. Der Zeitabstand zwischen zwei Instruktionen richtet sich nach dem Ausbildungsstand der betroffenen Personen, den vorzunehmenden Arbeiten und der Art der Anlagen.

³ Die Instruktion hat insbesondere Kenntnisse zu vermitteln über:

- a. die Gefahren bei Annäherung an unter Spannung stehende Teile;
- b. die Sofortmassnahmen und Hilfeleistungen bei Unfällen;
- c. die zu betretenden Anlagen mit Hinweisen auf Fluchtwege und Notrufstellen;

²⁴ SR 832.30

- d. die durch das Personal vorzunehmenden betrieblichen Handlungen und Arbeiten;
- e. das Vorgehen bei Brandausbruch.

Art. 13 Besucher

¹ Starkstromanlagen, die vorübergehend allgemein zugänglich sind, müssen so gesichert werden, dass eine Gefährdung Dritter ausgeschlossen ist.

² Besucher von Starkstromanlagen sind von sachverständigen oder mit den Anlagen vertrauten und vom Betriebsinhaber ermächtigten Personen zu begleiten.

³ Der Zutritt zu Anlagen, die unter Spannung stehen, ist nur in kleinen Gruppen zu gestatten.

3. Abschnitt: Massnahmen bei Unfällen und Schadenfällen durch Elektrizität

Art. 14 Vorbeugende Massnahmen

¹ Die Betriebsinhaber von Starkstromanlagen müssen Massnahmen vorbereiten und Material bereitstellen, um bei Unfällen und Schadenfällen sofort Hilfe leisten und den Schaden begrenzen zu können.

² Sie müssen im Betriebsbereich gut sichtbar Hinweistafeln anbringen, die über das Verhalten und die Hilfeleistung bei Unfällen informieren.

Art. 15 Sicherstellung der Hilfeleistung bei Unfällen

¹ Die Betriebsinhaber von Starkstromanlagen müssen eine genügende Anzahl geeigneter Personen zur Hilfeleistung bei Unfällen und Schadenfällen ausbilden und über eine zweckmässige Organisation für die Hilfeleistung bei Unfällen verfügen.

² Sie sorgen dafür, dass bei Unfällen und Schadenfällen den Hilfsorganisationen (Feuerwehr, Zivilschutz usw.) Personen zur Verfügung stehen, die fähig und berechtigt sind, rasch die notwendigen elektrotechnischen Sicherheitsmassnahmen zu treffen.

Art. 16 Meldepflicht

¹ Die Betriebsinhaber von Starkstromanlagen müssen unverzüglich jede durch Elektrizität verursachte Personenschädigung oder erhebliche Sachbeschädigung der zuständigen Kontrollstelle melden. Erhebliche Personenschädigungen müssen zudem der zuständigen kantonalen Stelle gemeldet werden.

² Am Unfallort dürfen bei schweren Unfällen über die notwendigen Sofortmassnahmen hinaus bis zur Unfallabklärung durch die Kontrollstelle keine Veränderungen vorgenommen werden, sofern nicht die Verhütung weiterer Unfälle oder Schadenfälle oder die Aufrechterhaltung des Betriebes dies verlangt.

³ Die Kontrollstelle trifft unverzüglich die notwendigen Massnahmen. Sie leitet eine Untersuchung ein, wenn dies zur Abklärung der Ursache des Unfalles oder des Schadens nötig ist. Der Betriebsinhaber unterstützt sie dabei.

⁴ Die Kontrollstellen erfassen alle gemeldeten Unfälle und Schadenfälle, werten sie aus und veranlassen Massnahmen zur Unfall- und Schadenverhütung.

4. Abschnitt: Kontrolle und Instandhaltung

Art. 17 Pflicht zur Kontrolle und Instandhaltung

¹ Die Betriebsinhaber müssen ihre Starkstromanlagen dauernd instandhalten und periodisch reinigen und kontrollieren oder diese Arbeiten durch Dritte ausführen lassen.

² Im besonderen ist zu kontrollieren, ob:

- a. sich die Anlagen und die daran angeschlossenen elektrischen Einrichtungen in einwandfreiem Zustand befinden;
- b. die Anlagen bezüglich Unterteilung, Anordnung und Kurzschlussfestigkeit den Vorschriften entsprechen;
- c. die Schutzeinrichtungen korrekt eingestellt und wirksam sind;
- d. im Bereich der Anlagen sicherheitsmindernde Veränderungen eingetreten sind;
- e. Anlageschemata, Kennzeichnungen und Beschriftungen vorhanden und nachgeführt sind.

³ Beschädigungen und Mängel sind situationsgerecht zu beheben. Bei unmittelbarer Gefahr müssen Sofortmassnahmen ergriffen werden.

Art. 18 Kontrollperioden

¹ Die Betriebsinhaber bestimmen für jeden Anlageteil die Kontrollperiode. Sie berücksichtigen dabei die äusseren Einflüsse, die Art der Anlage und die elektrische Beanspruchung.

² Die Kontrollperioden dürfen fünf Jahre nicht überschreiten. Ausnahmsweise können die Kontrollstellen für einzelne Anlageteile eine längere Kontrollperiode bewilligen, wenn der Stand der Technik das zulässt und die Sicherheit nicht beeinträchtigt wird.

Art. 19 Kontrollberichte

¹ Die Betriebsinhaber erstellen über jede Kontrolle einen Kontrollbericht. Sie beurteilen darin die Anlage nach Artikel 17 Absatz 2 und halten insbesondere die angeordneten Massnahmen und die Fristen für deren Erledigung sowie die Art und den Zeitpunkt der tatsächlichen Erledigung fest.

² Die Berichte sind während mindestens zwei Kontrollperioden aufzubewahren und auf Verlangen der Kontrollstelle vorzuweisen.

3. Kapitel: Erzeugungs- und Verteilanlagen

1. Abschnitt: Grundsätzliche Anforderungen

Art. 20 Allgemeine Bestimmungen

¹ Die Betriebsinhaber von Starkstromanlagen müssen Massnahmen treffen, die den Zutritt von unberechtigten Personen sowie das Eindringen von Tieren, Flüssigkeiten und schädlichen Gasen möglichst verhindern.

² Die Abstände zwischen Starkstrom- und Rohrleitungsanlagen bestimmen sich nach der Leitungsverordnung vom 30. März 1994²⁵.

Art. 21 Netzunterteilung

¹ Elektrische Netze müssen durch den Einbau von unter Spannung bedienbaren Trennvorrichtungen so unterteilt werden, dass klar definierte Netzabschnitte vollständig spannungslos gemacht werden können.

² Die Betriebsinhaber müssen sicherstellen, dass in freigeschalteten Anlageteilen keine Fremdeinspeisungen möglich sind und keine Rückspannungen auftreten können.

Art. 22 Trennvorrichtungen

¹ Trennvorrichtungen von Hochspannungsanlagen müssen so bemessen und ausgerüstet werden, dass in allen Betriebszuständen und beim Auftreten von Überspannungen nie ein Überschlag über die offene Trennstrecke erfolgen kann.

² Beim Öffnen und Schliessen der Trennvorrichtungen dürfen die kapazitiven oder induktiven Restströme zu keinen Überschlägen oder Beschädigungen führen.

³ Schaltstellungen von Schaltapparaten und Trennvorrichtungen müssen zuverlässig angezeigt sein. An Trennvorrichtungen, deren Trennstrecke nicht sichtbar ist, muss die Stellung des beweglichen Kontaktstückes über eine sichere formschlüssige Verbindung (d. h. über zwangsläufige, starre und solide Zwischenglieder) angezeigt werden.

Art. 23 Nullpunktbehandlung im Hochspannungsnetz

¹ Die Betriebsinhaber von Hochspannungsnetzen bestimmen für jedes Netz ohne galvanische Verbindung zu anderen Netzen die zweckmässige Nullpunktbehandlung.

²⁵ SR 734.31

² In Hochspannungsnetzen ist die Isolationskoordination gemäss den anerkannten Regeln der Technik einzuhalten. Dabei ist die Art der Nullpunktbehandlung zu berücksichtigen.

³ Jedes galvanisch abtrennbare Netz muss mit eigenen Spannungsmesseinrichtungen versehen werden. Erd- oder Kurzschlüsse müssen rasch erkannt werden können.

Art. 24 Signalleitungen

Leitungen für die Übertragung von Signalen und Informationen zum Schutz von Personen und Anlagen sind so zu verlegen, dass sie bei Kurzschlüssen oder Erdschlüssen in Energieübertragungsanlagen weder unzulässig beeinflusst noch beschädigt werden.

Art. 25 Anordnung von Apparaten und Leitungsverbindungen

¹ Apparate und Leitungsverbindungen müssen nach Spannungen und Stromarten getrennt sein. Sie sind so anzuordnen und zu bezeichnen, dass eine rasche und sichere Orientierung möglich ist und Schalthandlungen ohne Verwechslungsgefahr ausgeführt werden können.

² Apparate und Antriebe von Apparaten müssen so gebaut und angeordnet sein, dass das Betriebspersonal auch bei einem Defekt nicht gefährdet ist.

³ Starkstromanlagen müssen so konzipiert sein, dass die über Trennvorrichtungen unterteilbaren Abschnitte auf Spannungslosigkeit überprüft und anschliessend ohne Gefährdung durch benachbarte, unter Spannung stehender Teile geerdet und kurzgeschlossen werden können. Werden Schnellerder eingebaut, so kann auf die Überprüfung auf Spannungslosigkeit verzichtet werden.

⁴ Bei gasisolierten Anlagen muss in jeden Leitungsabgang ein Schnellerder eingebaut werden. Alle weiteren innerhalb der Anlage durch Trennvorrichtungen gebildeten Abschnitte müssen mit Schnell- oder Arbeitserdern ausgerüstet werden.

Art. 26 Bedienung

¹ Die Einrichtungen einer Starkstromanlage müssen von einem sicheren Standort aus bedient und kontrolliert werden können.

² Die Sicherheit von Personen oder Sachen darf durch das Betätigen von Einrichtungen auch bei einem Defekt nicht beeinträchtigt werden.

³ Geräte, Werkzeuge und Hilfsmittel für die Bedienung der Anlage und für die Hilfeleistung bei Unfällen und Schadenfällen sowie die persönlichen Schutzausrüstungen müssen dem Personal jederzeit in gutem Zustand zur Verfügung stehen.

Art. 27 Gänge und Verkehrswege

¹ Die einzelnen Abschnitte einer Anlage sind durch Bedienungsgänge, Verkehrswege und nötigenfalls durch Montagegänge zu erschliessen.

² Gänge müssen so gestaltet und unterhalten sein, dass sie jederzeit als Fluchtweg benutzt werden können. Es darf darin kein Material gelagert werden.

³ In die Minimalprofile der Gänge und Wege nach Anhang 1 dürfen keine Antriebe, Schalterwagen in Trennstellung, Steuerkästen, offene Fenster usw. hineinragen.

Art. 28 Bezeichnungen und Aufschriften

¹ Kraftwerke, Unterwerke, Schaltanlagen und deren Schaltfelder sowie Transformatoren- und Maststationen sind an den Bedienungsstellen eindeutig und gut sichtbar zu bezeichnen.

² Räume, Anlageteile, Apparate und Leiter, die für eine rasche und sichere Orientierung von Bedeutung sind, müssen auffällig und dauerhaft bezeichnet sein.

Art. 29 Hilfsanlagen

¹ Druckbehälter müssen den einschlägigen Vorschriften betreffend Aufstellung und Betrieb von Druckbehältern und den Regeln der Technik entsprechen. Als Regeln der Technik gelten insbesondere die Vorschriften des Schweizerischen Vereins für Druckbehälterüberwachung²⁶.

² Ortsfeste Apparate von Brandschutz-, Einbruchschutz-, Störmelde- und Beleuchtungseinrichtungen usw. sind so anzuordnen, dass bei Instandhaltung und Kontrolle keine Personen gefährdet werden und der Betrieb von Starkstromanlagen nicht beeinträchtigt wird. Sie sind insbesondere von betriebsmässig unter Spannung stehenden Anlageteilen ausreichend zu distanzieren.

Art. 30 Brandschutzanlagen

Brandschutzanlagen wie automatische Brandmelde- und Löschanlagen sind in Hochspannungsanlagen so anzuordnen, dass sie gefahrlos kontrolliert und instandgehalten werden können.

Art. 31 Anschluss von Erdungsgarnituren

Die Erdungsgarnituren müssen erd- und leiterseitig solide angeschlossen werden können. Der erdseitige Anschlusspunkt muss sicher mit der Anlageerdung verbunden sein.

Art. 32 Betriebsunterlagen

Von Kraftwerken, Unterwerken, Schaltanlagen und Transformatorenstationen müssen alle gültigen, für den Betrieb notwendigen technischen Unterlagen wie Dispositionspläne, Schemata und Bedienungsanleitungen wichtiger Apparate an geeigneter Stelle verfügbar sein.

²⁶ Zu beziehen bei: Schweizerischer Verein für Druckbehälterüberwachung, SVDB, Postfach, 8030 Zürich

Art. 33 Betriebsfremde Verwendung von Räumlichkeiten

¹ Im Betriebsbereich darf nur Material gelagert werden, das unmittelbar zum Betrieb der Anlage dient.

² Im Betriebsbereich dürfen Werkplätze nur ausnahmsweise und nur kurzzeitig für betrieblich notwendige Arbeiten eingerichtet werden.

³ Betriebsfremde Leitungen dürfen nur dann durch den Betriebsbereich von Hochspannungsanlagen geführt werden, wenn besondere Sicherheitsmassnahmen getroffen werden.

2. Abschnitt: Innenraumanlagen**Art. 34** Allgemeine Bestimmungen

¹ Spannungsführende Teile von Starkstromanlagen müssen durch Schranken, Gitter, Abdeckungen, Verschaltungen oder Isolierungen gesichert sein.

² In Innenraumanlagen darf der Fluchtweg bis zu einem sicheren Ort höchstens 20 m betragen.

³ Räume einer Innenraumanlage, die für den Betrieb nicht benötigt werden, dürfen für betriebsfremde Zwecke nur genutzt werden, wenn sie vom Betriebsbereich durch Türen oder Wände getrennt sind und der Zugang nicht durch die Anlage führt.

Art. 35 Gänge und Zugänge

¹ Die Mindestmasse für Gänge und Zugänge in Innenraumanlagen richten sich grundsätzlich nach Anhang 1. Die Kontrollstelle kann in begründeten Fällen Ausnahmen gestatten, wenn die Sicherheit und der Freiraum für Instandhaltungsarbeiten nicht unzulässig beeinträchtigt werden.

² Gänge in elektrischen Anlagen dürfen nicht als Durchgang für andere Räume genutzt werden.

³ Bedienungsgänge von mehr als 20 m Länge müssen auf beiden Seiten verlassen werden können.

⁴ Türen müssen sich in der Richtung des Fluchtweges öffnen. Verbindungstüren zwischen zwei Betriebsräumen sollen sich vom Raum mit grösserem zum Raum mit kleinerem Gefahrenpotential öffnen.

⁵ Notausgänge müssen ohne Hilfsmittel von innen geöffnet werden können und ins Freie oder in sichere Bereiche führen.

⁶ Notausgänge und Fluchtwege müssen immer frei bleiben und nach den Regeln der Technik gekennzeichnet sein.

Art. 36 Mindestabstände, Mindesthöhen und Minimalmasse

¹ Die in Innenraumanlagen einzuhaltenen Mindestabstände, Mindesthöhen und Minimalmasse sind in Anhang 2 festgehalten.

² Schaltschränke mit einer Höhe von weniger als 2,2 m müssen oben geschlossen sein.

Art. 37 Anlagen in Raumwinkeln

¹ Die Anordnung von Anlageteilen in Raumwinkeln ist möglichst zu vermeiden.

² Ist die Anordnung von Anlageteilen in Raumwinkeln nicht zu vermeiden, so müssen alle betriebsmässig unter Spannung stehenden Teile so verschalt werden, dass sie gegen den Bedienungsstandort vollständig berührungssicher und abgeschlossen sind.

Art. 38 Bauliche Massnahmen

¹ Der ungehinderte Zugang zu den elektrischen Anlagen muss jederzeit gewährleistet sein.

² Zugangstüren müssen mechanisch stabil und, wenn sie nicht ins Freie führen, feuerhemmend (T 30) sein.

³ Räume für elektrische Anlagen müssen feuerbeständig (F 90) sein. Ausnahmen sind nur in Industriebetrieben und mit Einwilligung der zuständigen Feuerpolizei zulässig.

⁴ Zu- und Abluftöffnungen müssen ins Freie führen. Ausnahmen sind nur mit Einwilligung der zuständigen Feuerpolizei zulässig.

⁵ Vergitterungen bei Türen, Fenstern, Lüftungsöffnungen und Kabeleinführungen müssen das Eindringen von Kleintieren und das Durchstecken von festen Gegenständen verhindern. Wenn das Durchstecken von festen Gegenständen nicht verhindert werden kann, muss der Abstand zu spannungsführenden Teilen mindestens 1,5 m+0,01 m pro kV Nennspannung betragen.

⁶ Die künstliche Beleuchtung muss ausreichend sein. Eine Notbeleuchtung oder eine Ersatzleuchte muss in allen Betriebsbereichen, Gängen und Fluchtwegen griffbereit vorhanden sein oder vom Betriebspersonal mitgeführt werden.

Art. 39 Unterirdische Anlagen

¹ Unterirdische Starkstromanlagen müssen allseitig berührungssicher gebaut sein, wenn sie nur über einen vertikalen Einstieg zugänglich sind.

² Sind sie nicht berührungssicher, so muss für den Einstieg ein Vorraum vorgesehen werden, der vom Betriebsraum durch eine Türe abgetrennt ist.

3. Abschnitt: Zusätzliche Bestimmungen für gasisolierte Anlagen

Art. 40

¹ Für Druckgehäuse von gasisolierten Anlagen gilt Artikel 29 Absatz 1.

² Die Betriebsinhaber der Starkstromanlagen müssen in einem besonderen Anlagenschema die Gasversorgung darstellen und dieses Schema an geeigneter Stelle zur Verfügung halten.

³ Gasräume eines Druckgehäuses müssen gasdicht ausgeführt und auf ihre Dichtigkeit überwacht werden.

⁴ Gasräume müssen zur Druckentlastung im Fehlerfall (Störlichtbogen) mit Sollbruchstellen (z. B. Berstscheiben) versehen werden. Diese sind so anzuordnen, dass bei Gasaustritt das Anlagepersonal nicht gefährdet wird.

⁵ Vor dem Öffnen der Gasräume sind Schutzmassnahmen zu treffen, damit eventuelle pulver- und gasförmige Zersetzungsprodukte auf ungefährliche Weise entfernt werden können.

⁶ Die Betriebsinhaber der Starkstromanlagen müssen an gut sichtbarer Stelle Tafeln anbringen, die über die möglichen Gefahren der verwendeten Gase und über das Verhalten bei Gasaustritt orientieren.

⁷ Für Räume mit gasisolierten Anlagen müssen Kontrollgeräte vorhanden sein, mit denen ausgetretene Gase gemessen werden können, es sei denn, die Gasmenge sei im Verhältnis zum umgebenden Raum vernachlässigbar.

4. Abschnitt: Freiluftanlagen

Art. 41 Umzäunungen und Gerüste

¹ Der Betriebsbereich einer Freiluftanlage muss mit einer Umzäunung von mindestens 2,2 m Höhe abgeschlossen sein. In schneereichen Gegenden ist diese Umzäunung entsprechend zu erhöhen.

² Das Gitter der Umzäunung darf eine Maschenweite von höchstens 4 cm und einen Bodenabstand von höchstens 10 cm aufweisen.

³ Für die Dimensionierung der Abspann- und Tragkonstruktionen sowie deren Fundamente gelten die Bestimmungen über Freileitungen in der Leitungsverordnung vom 30. März 1994²⁷.

Art. 42 Wege innerhalb der Anlage

Wege innerhalb der Freiluftanlage müssen mindestens 1,2 m breit sein und eine lichte Höhe von 2,5 m aufweisen.

Art. 43 Sicherheitsabstände

¹ Die minimalen vertikalen Abstände zwischen spannungsführenden Teilen und dem Erdboden oder begehbaren Teilen innerhalb von Freiluftanlagen richten sich nach Anhang 3 Kolonne 3.

² Die Kontrollstelle kann Unterschreitungen dieser Abstände bewilligen, wenn die unter Spannung stehenden Anlageteile so gesichert sind, dass eine Gefährdung des Personals ausgeschlossen ist. Über begehbaren Flächen sind die Mindestabstände in jedem Fall einzuhalten.

³ Ist kein Berührungsschutz vorhanden, so muss der geerdete Isolatorfuss mindestens 2,25 m Abstand zum Boden aufweisen.

⁴ Innerhalb von Freiluftanlagen dürfen sich längs der Anlagenumzäunung in einer Breite von 1,6 m+0,01 m pro kV Nennspannung und einer Höhe von 6 m bei Anlagen unter 220 kV, einer Höhe von 6,6 m bei Anlagen von 220 kV und einer Höhe von 7,1 m bei Anlagen von 380 kV keine spannungsführenden Teile befinden. Diese Höhe ist sinngemäss nach Artikel 33 der Leitungsverordnung vom 30. März 1994²⁸ anzupassen, sofern das Gelände unmittelbar ausserhalb der Umzäunung befahrbar ist.

Art. 44 Geschützte Anlagen

Für vollwandig umbaute oder gekapselte und gegen Witterungseinflüsse geschützte Anlagen gelten die Bestimmungen für Innenraumanlagen.

5. Abschnitt: Zusätzliche Bestimmungen für Transformatorenstationen**Art. 45** Abschalt- und Abtrennbarkeit

¹ Jede Transformatorenstation mit Freileitungsanschluss muss durch einen in Stationsnähe angebrachten Freileitungsschalter vom Netz abgetrennt werden können.

² Transformatorenstationen mit Kabelanschlüssen müssen unmittelbar nach dem Kabelanschluss abtrennbar sein und die Kabelzuleitungen selbst müssen in den benachbarten Gegenstationen abschaltbar sein.

³ Die Belastung in den Stationen muss so reduziert werden können, dass die Schaltungen nach den Absätzen 1 und 2 problemlos und rasch vorgenommen werden können.

⁴ Jeder Transformator muss einzeln primär- und sekundärseitig von der Anlage abtrennbar sein.

⁵ Alle Zu- und Abgänge von Hoch- und Niederspannungssammelschienen müssen einzeln und unter Spannung abtrennbar sein. Ausgenommen sind Zuleitungen zu Spannungswandlern und Überspannungsableitern.

²⁸ SR 734.31

Art. 46 Anordnung

Transformatoren und dazugehörige Schalter oder Sicherungen sind grundsätzlich in der gleichen Anlage und örtlich so anzuordnen, dass sie gefahrlos bedient und kontrolliert werden können.

Art. 47 Überstromschutz

Die hochspannungsseitigen Schutzeinrichtungen für den Transformator müssen auch den Kurzschlusschutz bis und mit den ersten Niederspannungsschutzeinrichtungen gewährleisten.

Art. 48 Sicherheitsabstände auf Maststationen

¹ Der Vertikalabstand zwischen den bei geöffnetem Leitungsschalter noch unter Spannung stehenden Teilen und den nächstliegenden Anlagenteilen der Maststation muss mindestens 1,5 m betragen.

² Der Vertikalabstand zwischen den bei geöffnetem Leitungsschalter noch unter Spannung stehenden Teilen und den für Bedienung und Instandhaltung erforderlichen Standorten (Fusshöhe) muss der Mindesthöhe nach Anhang 3 Kolonne 3 in Freiluftanlagen entsprechen.

³ Für die Montage und Demontage des Transformators muss grundsätzlich eine gefahrlos bedienbare Vorrichtung vorhanden sein. Diese Vorrichtung ist nicht erforderlich, wenn sich die Zuleitung zur Station jederzeit ausschalten lässt oder für die Auswechslung der Transformatoren geeignete Hebeeinrichtungen eingesetzt werden können.

Art. 49 Tragwerke von Maststationen

¹ Die Berechnung und Erstellung der Tragwerke von Maststationen richtet sich nach den Bestimmungen über Freileitungen in der Leitungsverordnung vom 30. März 1994²⁹.

² Werden die für Freileitungen vorgeschriebenen Abstände zum Boden unterschritten, so gilt die Maststation als Freiluftanlage.

Art. 50 Innenraumtransformatorenstationen

¹ Für Transformatorenstationen in Gebäuden gelten zusätzlich die Bestimmungen über die Innenraumanlagen.

² Trockentransformatoren ohne geerdete Umhüllungen benötigen einen Berührungsschutz.

6. Abschnitt: Betriebseigene Niederspannungsanlagen

Art. 51 Betriebseigene Niederspannungsanlagen in Hochspannungsanlagen

Wenn es die Zweckbestimmung von betriebseigenen Niederspannungsanlagen in Hochspannungsanlagen erfordert, kann von den Bestimmungen der Verordnung vom 6. September 1989³⁰ über elektrische Niederspannungsinstallationen abgewichen werden.

Art. 52 Akkumulatorenanlagen

¹ Räume, in denen sich nicht gekapselte und versiegelte Akkumulatoren befinden, müssen ausreichend belüftet werden. Die Räume und die darin vorhandenen Anlagen und Installationen müssen gegen Korrosion geschützt werden.

² Akkumulatorenbatterien müssen allpolig abschaltbar sein. Die Betriebsinhaber sorgen dafür, dass Teile mit mehr als 250 V Spannung nicht zufällig berührt werden können.

³ Das Personal muss über die Gefahren orientiert und die notwendigen Schutzmassnahmen müssen getroffen werden.

4. Kapitel: Schutzmassnahmen

1. Abschnitt: Erdungsvorschriften

Art. 53 Grundsatz

¹ Leitfähige Anlageteile, die normalerweise nicht unter Spannung stehen, müssen geerdet werden, um die Gefährdung von Personen durch Berührungs- und Schrittspannungen und von Sachen durch Fehler- oder Erdschlussströme zu vermindern.

² Einzelne Stellen von Stromkreisen müssen dauernd oder im Fehlerfall vorübergehend geerdet werden, um Spannungen zu beschränken, die Personen gefährden oder die Isolation beschädigen können.

Art. 54 Zulässige Berührungs- und Schrittspannungen in Starkstromanlagen

¹ Bei einem Erdschluss in einer Starkstromanlage dürfen die Berührungsspannungen unter Berücksichtigung des höchstmöglichen einpoligen Erdschlussstromes dauernd 50 V Wechselspannung bzw. 120 V Gleichspannung nicht überschreiten. Für Einwirkungszeiten unter fünf Sekunden gelten die Werte nach Anhang 4.

² Bei Tragwerken von Hochspannungsfreileitungen aus leitenden Materialien müssen bei Erdschlüssen folgende Bedingungen eingehalten werden:

³⁰ [AS 1989 1834, 1992 2499 Art. 15 Ziff. 1, 1997 1008 Anhang Ziff. 3, 1998 54 Anhang Ziff. 4, 1999 704 Ziff. II 20, 2000 762 Ziff. I 4. AS 2002 128 Art. 43]. Siehe heute die V vom 7. Nov. 2001 (SR 734.27).

- a. In Gebieten, in denen grössere Menschenansammlungen zu erwarten sind oder in denen sich Personen periodisch für längere Zeit aufhalten, sind für die Berührungsspannungen die Werte nach Anhang 4 einzuhalten;
- b. In besiedelten Gebieten, in der näheren Umgebung von Einzelbauten und an Verkehrswegen, wo sich Personen regelmässig für kurze Zeit aufhalten, dürfen die Werte für Berührungsspannungen während höchstens zwei Sekunden überschritten werden;
- c. Im übrigen Gebiet dürfen die Berührungsspannungen die Werte nach Absatz 1 überschreiten. Die Werte über 50 V Wechselspannung, bzw. 120 V Gleichspannung sollen jedoch nicht länger als wenige Stunden bestehen bleiben.

³ In geschlossenen (städtischen) Überbauungen sind zur Erreichung des Potentialausgleichs alle Erdungen von Hoch- und Niederspannungsanlagen miteinander zu verbinden. Der Nachweis für die Einhaltung der Berührungsspannungen muss nur für kritische Randzonen erbracht werden.

⁴ Für Schrittspannungen werden im allgemeinen keine Grenzwerte vorgeschrieben. In besonderen Fällen, vor allem bei Zugangswegen zu Hochspannungsanlagen und zu Mastschaltern, sind Schutzmassnahmen nach Artikel 56 anzuwenden.

Art. 55 Zulässige Berührungsspannungen in Niederspannungsanlagen

¹ In Niederspannungsverteilsnetzen muss beim Kontakt eines oder mehrerer Polleiter mit einem Leiter, welcher dem Schutz gegen gefährliche Berührungs- und Schrittspannungen dient (PEN-Leiter, Schutzleiter), die Speisung der betroffenen Polleiter sicher unterbrochen werden.

² Die Bedingungen nach Artikel 54 Absatz 1 gelten in Niederspannungsnetzen als erfüllt, wenn zwischen dem Schutz dienenden Leitern und den Stellen an der Erdoberfläche, die ausserhalb des Einflussbereiches der Erdungen liegen (Bezugserde) keine Spannungen von mehr als 100 V Wechsel- bzw. 240 V Gleichspannung auftreten.

³ Werden diese Spannungen überschritten, so gelten die Werte nach Anhang 4.

Art. 56 Massnahmen zur Verminderung der Gefährdung in Starkstromanlagen

¹ Um eine Gefährdung durch Erdschlüsse zu vermindern, sind die leitfähigen Teile einer Starkstromanlage, die normalerweise nicht unter Spannung stehen, zu vermassen und so zu erden, dass durch zweckmässige Anordnung der Erder die in den Artikeln 54 und 55 festgelegten Werte eingehalten werden.

² Können die Bedingungen von Absatz 1 nicht eingehalten werden, kann die Gefährdung unter anderem mit folgenden Massnahmen vermindert werden:

- a. Steuerung des Potentialgefälles durch die Anordnung der Erdungsanlage;
- b. Bilden isolierter Standorte oder Isolieren von berührbaren leitfähigen Teilen;
- c. Abschränkungen;

- d. Schnellabschaltung;
- e. Verwendung von Langstabilisatoren oder von Isolatoren, bei denen ein Fehler während des Betriebes sicher erkennbar ist;
- f. Einbau von Isolierstössen;
- g. galvanische Trennung.

Art. 57 Erden in Hochspannungsanlagen

¹ In Hochspannungsanlagen sind grundsätzlich alle zu erdenden Teile mit der Anlageerdung zu verbinden. Jede Anlageerdung ist über mindestens zwei unabhängige Erdungsleitungen zu erden.

² Überschreitet bei einem einpoligen Erdschluss die Erdungsspannung an der Anlageerdung samt allen daran angeschlossenen Teilen die Werte nach Anhang 4, so sind folgende Teile von der Anlageerdung zu isolieren und mit einer Sondererdung zu verbinden:

- a. die Anschlussstellen für das betriebsmässige Erden von Niederspannungsstromkreisen, die über den Wirkungsbereich der Anlageerdung hinausführen;
- b. die leitfähigen Apparatekörper und die leitfähigen Umhüllungen von Niederspannungskabeln, die über den Wirkungsbereich der Anlageerdung hinausführen.

³ Die mit einer Sondererdung verbundenen Teile und die zugehörigen Erdungsleitungen sind gegenüber der Anlageerdung und allen mit ihr verbundenen leitfähigen Teilen für eine Prüfspannung, die mindestens dem 1,3fachen Wert der höchstmöglichen Erdungsspannung entspricht, mindestens jedoch für 2 kV zu isolieren.

⁴ Anstelle der in Absatz 3 erwähnten Isolierung kann eine Einrichtung treten, welche die ausserhalb des Wirkungsbereiches der Anlageerdung liegenden Teile von jenen galvanisch trennt, die innerhalb dieses Bereiches liegen. Die Isolationsfestigkeit der Trennstelle hat den im Absatz 3 festgelegten Anforderungen zu genügen.

⁵ Bei der galvanischen Trennung nach Absatz 4 müssen alle zu erdenden Teile, die im Wirkungsbereich der Anlageerdung liegen, mit dieser verbunden werden. Die Teile ausserhalb der Anlageerdung müssen unter sich und mit einer Sondererdung verbunden werden.

⁶ Für die Schwachstromanlagen im Wirkungsbereich der Anlageerdung sind die in der Schwachstromverordnung vom 30. März 1994³¹ festgelegten Schutzmassnahmen zu treffen.

Art. 58 Erden von Niederspannungsanlagen

¹ In jedem Niederspannungsnetz ist ein Punkt nahe der Speisestelle direkt zu erden. In Drehstromnetzen ist es in der Regel der Sternpunkt des Transformators. Die Nie-

³¹ SR 734.1

derspannungsnetze sind als TN-Systeme (Nullung) oder TT-Systeme (Schutzerdung) auszubilden.

² In Niederspannungs-Sonderanlagen (Steuersysteme, Wandlerstromkreise, Anspeisung einzelner Verbraucher, Anlagen, die keine Betriebsunterbrüche zulassen usw.) kann auf eine Erdung eines Punktes nahe der Speisestelle verzichtet werden.

³ Wird in den Niederspannungsverteilsnetzen und den daran angeschlossenen Niederspannungsinstallationen das TN-System angewendet, so gelten, in Ergänzung von Artikel 55, die folgenden Anforderungen:

- a. Der PEN-Leiter oder der Schutzleiter PE ist beim Übergang vom Netz in die Installation zu erden (Nullungserdung). In bestehenden Installationen kann auf die Nullungserdung verzichtet werden, wenn die Bedingungen von Artikel 55 eingehalten sind.
- b. Bei Freileitungen müssen Querschnitt und mechanische Festigkeit des PEN-Leiters oder des Schutzleiters PE überall mindestens so gross sein wie bei den zugehörigen Polleitern.
- c. Bei Kabelleitungen muss der PEN-Leiter oder der Schutzleiter PE grundsätzlich den gleichen Leitwert haben wie die zugehörigen Polleiter.

Art. 59 Erden von Leitungsbestandteilen

¹ Aus leitenden Materialien bestehende Tragwerke von Hochspannungsfreileitungen sind direkt oder über Erdungsleiter so zu erden, dass die Anforderungen von Artikel 54 eingehalten werden. Die Erdungsleiter der Freileitungen sind an ihren Enden mit der Anlageerdung zu verbinden.

² Metallene Gestänge an Tragwerken aus isolierendem Material müssen geerdet werden, wenn sie vom Boden aus berührbar sind.

³ Betätigungseinrichtungen von Hochspannungsmastschaltern sind zu erden oder es sind andere Massnahmen zu treffen, um die Anforderungen von Artikel 54 Absätze 1 und 4 einzuhalten.

⁴ Befinden sich leitfähige Tragwerke von Niederspannungsfreileitungen, andere leitfähige Konstruktionen für Verteilung oder Beleuchtung sowie Verkehrssignale und dergleichen an Orten mit Personenverkehr, so sind sie mit einem PEN-Leiter oder Schutzleiter PE so zu verbinden, dass die Anforderungen von Artikel 55 Absatz 1 erfüllt sind.

⁵ Metallumhüllungen von Hochspannungskabeln sind an beiden Enden zu erden. Führt dies zu erheblichen technischen Schwierigkeiten und wirtschaftlichen Nachteilen, so ist einseitiges Erden zulässig. Je nach örtlichen Verhältnissen sind zusätzliche Massnahmen zu treffen, damit die Anforderungen von Artikel 54 eingehalten werden können.

⁶ Metallumhüllungen von Niederspannungskabeln sind an beiden Enden zu erden. Beim Übergang von Kabeln auf Freileitungen kann auf die Erdung verzichtet werden.

Art. 60 Bemessung der Erdungen

¹ Die Erdungsleitungen sind so zu bemessen, dass sie bis zur Ausschaltung durch Schutzeinrichtungen den dynamischen und thermischen Beanspruchungen, die durch den höchsten voraussehbaren in den Leitungen fließenden Strom entstehen, ohne Schaden zu nehmen gewachsen sind. Sie müssen gegen mechanische Beschädigungen sowie gegen Korrosion geschützt sein und dürfen weder Schalter noch Überstromunterbrecher enthalten.

² Die Erder, die zur Ableitung eines Stromes ins Erdreich dienen, sind so zu bemessen und anzuordnen, dass bei den höchsten auftretenden einpoligen Erdschlussströmen die Anforderungen nach den Artikeln 54 und 55 eingehalten werden.

Art. 61 Kontrolle

Die Ausführung, die Erhaltung der Wirksamkeit und die Kontrolle von Erdungsanlagen haben, unter Berücksichtigung von Artikel 54 und 55, nach den anerkannten Regeln der Technik zu erfolgen.

2. Abschnitt: Überstromschutz**Art. 62** Schutzmassnahmen bei Kurz- und Erdschluss

¹ Alle Teile einer Starkstromanlage müssen so erstellt werden, dass sie den mechanischen und thermischen Beanspruchungen widerstehen, die betriebsmässig oder bei Kurz- und Erdschlüssen am Einbauort auftreten können. Dabei ist die Art der Nullpunktbehandlung zu berücksichtigen.

² Elektrische Anlagen müssen so erstellt werden, dass sich Betriebsstörungen und Schäden durch Lichtbogen auf ein Minimum beschränken. Das Wandern von Lichtbögen ist zu verhindern.

³ Wo Personen durch die Auswirkungen von Lichtbögen unmittelbar gefährdet sind, müssen besondere Schutzmassnahmen (Verschalungen, Schutzverkleidung usw.) getroffen werden.

⁴ Gebäude müssen so erstellt werden, dass die Folgen eines Druckanstieges beim Auftreten von Lichtbögen nicht zu einer Gefährdung von Personen oder Sachen führt.

Art. 63 Abschaltung

¹ In Starkstromanlagen sind Einrichtungen einzubauen, die durch das Abschalten der Anlage Schäden infolge von Überlast-, Kurzschluss- und Erdschlussströmen möglichst begrenzen.

² Die Anlage muss nicht abgeschaltet werden, wenn die Ströme auf andere Weise auf ungefährliche Werte begrenzt werden können.

Art. 64 Änderung der Verhältnisse

Ändern sich die Verhältnisse bei einer Starkstromanlage durch Erweiterung, Umbau, Instandsetzungen oder durch den Einfluss anderer Anlagen, so sind die Einrichtungen zum Überstromschutz unverzüglich den neuen Verhältnissen anzupassen.

3. Abschnitt: Überspannungsschutz**Art. 65**

Die Abstände, Isolationen und Überspannungsschutzeinrichtungen einer Anlage sind nach den anerkannten Regeln der Technik so auszulegen, dass durch die inneren und äusseren Überspannungen keine Gefahren oder Beschädigungen entstehen.

5. Kapitel: Arbeiten an Starkstromanlagen**1. Abschnitt: Allgemeine Bestimmungen****Art. 66** Begriff

¹ Als Arbeiten an Starkstromanlagen gelten Tätigkeiten, deren Ausführung Massnahmen erfordert, die Personen oder Sachen vor den Gefahren des Stroms schützen.

² Das Bedienen einer Anlage von einem sicheren Standort aus und mit den Hilfsmitteln, welche für diesen Zweck konstruiert sind und ohne weitere Schutzmassnahmen gefahrlos angewendet werden können, gilt nicht als Arbeit an einer Starkstromanlage.

Art. 67 Ausführendes Personal

¹ Der Betriebsinhaber einer Starkstromanlage sorgt dafür, dass Bedienung und Arbeiten an der Anlage nur von sachverständigen oder instruierten Personen nach Artikel 11 ausgeführt werden. Er ist dafür verantwortlich, dass genügend Personal eingesetzt wird.

² Er bezeichnet für jede Arbeitsstelle eine Person, welche für die notwendigen Schutzmassnahmen und die sichere Ausführung der Arbeiten verantwortlich ist.

³ Er sorgt dafür, dass die eingesetzten Personen auch durch Dritte nicht gefährdet werden können und ordnet die geeigneten Massnahmen an.

Art. 68 Ausrüstung

¹ Wer eine Arbeit an einer Starkstromanlage ausführt, muss entsprechend ausgerüstet sein. Zur Ausrüstung gehören insbesondere:

- a. persönliche Schutzmittel, die einen ausreichenden Schutz bieten gegen die Berührung unter Spannung stehender Teile, gegen Lichtbogen und mechanische Gefahren;

- b. Mittel zur Prüfung des spannungslosen Zustandes;
- c. Material für wirksame Abgrenzungen, Abschränkungen, Verschalungen und Markierungen;
- d. Erdungsvorrichtungen, die dem zu erwartenden Kurzschluss-Strom bis zu dessen Abschaltung sicher standhalten;
- e. geeignete Kommunikationsmittel.

² Bei der Bemessung der Erdungsvorrichtungen für Hochspannungsfreileitungen dürfen allfällige Erdtrenner an beiden Ausschaltstellen für die zu beherrschenden Kurzschlussströme berücksichtigt werden.

³ Ausrüstung und Hilfsmittel müssen periodisch auf Funktionsfähigkeit und guten Zustand überprüft werden.

Art. 69 Technische Unterlagen

¹ Der Betriebsinhaber einer Anlage erteilt dem Verantwortlichen der Arbeit grundsätzlich einen schriftlichen Auftrag und stellt die notwendigen technischen Unterlagen zur Verfügung. Für Arbeiten an Niederspannungsanlagen, zur Behebung von Betriebsstörungen und in einfachen Fällen dürfen der Arbeitsauftrag und die notwendigen Informationen mündlich erteilt werden.

² Die Unterlagen müssen insbesondere Auskunft geben über:

- a. den Schaltzustand;
- b. die vorzunehmenden Schalthandlungen;
- c. die zu treffenden Schutzmassnahmen und den erforderlichen Arbeitsablauf;
- d. die Möglichkeiten, auf die Arbeitsstelle Spannung zuzuschalten;
- e. die Fremdeinspeisungen, die direkt oder über eine Installation möglich sind;
- f. die Kreuzungen und Parallelführungen mit elektrischen und anderen Leitungen;
- g. die Lage der einzelnen Anlageteile, z. B. durch Situationspläne.

³ Der für die Arbeit Verantwortliche muss den zeitlichen Ablauf der Schalthandlungen und die Arbeitsabläufe allen Beteiligten zur Kenntnis bringen.

Art. 70 Sicherung der Arbeitsstelle

¹ Der für die Arbeit Verantwortliche muss dafür sorgen, dass durch die Arbeit keine Drittpersonen gefährdet oder Anlagen anderer Unternehmungen gestört oder gefährdet werden können.

² Können Arbeitende durch elektrische Anlagen anderer Unternehmungen gefährdet werden, so müssen sich die Beteiligten gegenseitig absprechen und die notwendigen Schutzmassnahmen treffen.

³ Bei erkennbarer Gefährdung durch atmosphärische Überspannungen oder andere Ursachen im Bereich der Arbeitsstelle ist die Arbeit zu unterbrechen und die Arbeitsstelle bzw. die Anlagen sind zu sichern und zu verlassen.

Art. 71 Schalthandlungen im Zusammenhang mit Arbeiten an Starkstromanlagen

¹ Bevor mit dem Sichern der Arbeitsstelle und mit der Arbeit begonnen wird, ist eine Rückfrage über die Freischaltung der Anlage erforderlich.

² Schalter oder Trennvorrichtungen von Anlageteilen, an denen gearbeitet wird, müssen in ausgeschaltetem Zustand gesichert und nach den Regeln der Technik markiert werden.

³ Schalthandlungen an Anlagen, an welchen gearbeitet wird, dürfen nur auf direkte Anweisung, allenfalls über Funk oder Telefon, der verantwortlichen Person an der Arbeitsstelle vorgenommen werden.

2. Abschnitt: Arbeiten an ausgeschalteten Starkstromanlagen

Art. 72 Vorbereiten der Arbeitsstelle

¹ Vor Beginn der Arbeiten an Hochspannungsanlagen muss die Arbeitsstelle nach den folgenden fünf Sicherheitsregeln vorbereitet werden:

- a. freischalten und allseitig trennen;
- b. gegen Wiedereinschalten sichern;
- c. auf Spannungslosigkeit prüfen;
- d. erden und kurzschliessen;
- e. gegen benachbarte, unter Spannung stehende Teile schützen.

² Ist die Erdung und Kurzschliessung von der Arbeitsstelle aus nicht sichtbar, müssen allseitig der Arbeitsstelle zusätzliche Erdungen oder andere gleichwertige Schutzmassnahmen vorgesehen werden. Kabelanlagen sind davon ausgenommen.

³ Bei gasisolierten Anlagen, in denen eine Spannungsprüfung nach Absatz 1 nicht möglich ist, muss die allseitige Trennung an Ort überprüft und der abgetrennte Anlageteil mit eingebauten Schnell- oder Arbeitserdem geerdet werden.

⁴ Bei Arbeiten an Niederspannungsanlagen darf auf das Erden und Kurzschliessen verzichtet werden, wenn keine Gefahr von Spannungsübertragung oder Rückeinspeisung besteht.

Art. 73 Weitere Sicherungsmassnahmen

¹ Bei grossräumigen Starkstromanlagen müssen auch die Zugangswege zu den Arbeitsstellen markiert und, wenn nötig, abgeschränkt werden.

² Elektrisch leitende Konstruktionsteile müssen, auch wenn sie nicht der Stromführung dienen, im Bereich der Arbeitsstelle ebenfalls in die Erdung der Arbeitsstelle einbezogen werden.

³ Leitende Umhüllungen von Kabeln müssen vor dem Auftrennen überbrückt werden.

⁴ Anlagen mit Kondensatoren und gleichartigen Einrichtungen müssen vor Beginn der Arbeiten entladen, kurzgeschlossen und markiert werden. Sie müssen während der Arbeit kurzgeschlossen bleiben.

Art. 74 Wiedereinschalten der Starkstromanlage

Die für die Arbeit verantwortliche Person überprüft die Anlage nach Beendigung der Arbeit. Sie darf sie zur Einschaltung erst freigeben, wenn sie betriebsbereit ist und den sicherheitstechnischen Anforderungen entspricht.

3. Abschnitt: Arbeiten an unter Spannung stehenden Starkstromanlagen

Art. 75 Grundsatz

¹ Arbeiten an unter Spannung stehenden Starkstromanlagen sind nur dann zulässig, wenn die nach dem Stand der Technik anerkannten Methoden (wie Arbeiten auf Abstand, Arbeiten mit Kontakt, Arbeiten auf Potential) gefahrlos angewendet werden können.

² Personen, die für das Arbeiten an unter Hochspannung stehenden Anlagen eingesetzt sind, dürfen die nach Absatz 1 verlangten Methoden nicht mit Arbeiten an ausgeschalteten Anlagen gemäss dem zweiten Abschnitt kombinieren.

³ Die Bestimmungen dieses Abschnittes gelten nicht für:

- a. Arbeiten an Starkstromanlagen mit Spannungen unter 50 V;
- b. Arbeiten an Steuerungs-, Regel- und Messkreisen;
- c. einfache Routinearbeiten wie Prüfen, Messen, Reinigen, Anbringen oder Entfernen von Abdeckungen und dergleichen.

Art. 76 Anforderungen an das Personal

¹ Für Arbeiten an unter Spannung stehenden Starkstromanlagen dürfen nur Personen eingesetzt werden, die dazu geeignet und für das Arbeiten unter Spannung besonders ausgebildet sind.

² Sie müssen eine regelmässige gezielte Schulung mit genügend praktischen Einsätzen nachweisen.

Art. 77 Anforderungen an den Arbeitsplatz

¹ Arbeiten an unter Spannung stehenden Starkstromanlagen sind nur zulässig, wenn dafür an einem sicheren Standort genügend Platz vorhanden ist.

² Lichtbogenbildungen müssen durch genügend grosse Abstände oder durch das Anbringen isolierender Abdeckungen verhindert werden.

Art. 78 Zusätzliche Anforderungen an die Ausrüstung

¹ Die Arbeitskleidung muss Schutz bieten gegen Lichtbogeneinwirkungen und gefährliche kapazitive Aufladung des Arbeitenden.

² Werkzeuge und Hilfsmittel müssen entsprechend den grössten vorkommenden Spannungen isoliert und nach den anerkannten Regeln der Technik konstruiert sein.

Art. 79 Organisation am Arbeitsplatz

¹ An jedem Arbeitsplatz müssen mindestens zwei Personen eingesetzt werden. Eine davon muss sachverständig sein und die Arbeiten leiten und beaufsichtigen. Die übrigen Personen müssen mindestens instruiert sein.

² Für Arbeiten an betriebseigenen Niederspannungsanlagen (z. B. Versorgungs-, Mess-, Regel- und Steuerleitungen) kann eine einzelne Person eingesetzt werden, wenn Massnahmen getroffen werden, die einen Stromfluss durch den menschlichen Körper und eine Lichtbogenbildung weitgehend ausschliessen.

4. Abschnitt: Prüf- und Entwicklungseinrichtungen**Art. 80**

¹ Können bei Prüf- und Entwicklungseinrichtungen die Vorschriften dieser Verordnung nicht vollumfänglich eingehalten werden, so muss der Betriebsinhaber der Einrichtung den Schutz von Personen und Sachen nach den anerkannten Regeln der Technik durch andere gleichwertige oder durch zusätzliche Schutzmassnahmen sicherstellen.

² Prüf- und Entwicklungseinrichtungen dürfen nur unter der Aufsicht einer instruierten Person bedient und betrieben werden.

6. Kapitel: Provisorische Anlagen**Art. 81** Sicherheit

¹ Diese Verordnung gilt auch für Anlagen, die nur für eine beschränkte Betriebsdauer erstellt werden (provisorische Anlagen).

² Abweichungen sind nur zulässig, wenn die Sicherheit von Personen und Sachen durch andere gleichwertige oder durch zusätzliche Massnahmen gewährleistet ist.

³ Wird eine provisorische Anlage nur für wenige Tage erstellt, so können auch Ersatzmassnahmen getroffen werden, die eine Gefährdung von Personen und Sachen ausschliessen, wie:

- a. Abgrenzungen oder Abschränkungen bei dauernd beaufsichtigten Anlagen;
- b. fest angebrachte Verschalungen oder zweckmässige Umzäunungen mit Warntafeln bei unbeaufsichtigten Anlagen.

Art. 82 Konstruktionsmaterialien

¹ Für provisorische Anlagen verwendete Materialien müssen so gewählt oder nötigenfalls behandelt werden, dass sie den ihrem Verwendungszweck entsprechenden technischen Anforderungen genügen und den witterungsbedingten Beanspruchungen während der ganzen Betriebsdauer standhalten.

² Brennbare Konstruktionsmaterialien dürfen für provisorische Anlagen nur verwendet werden, wenn ein Brand dieser Anlage keine Gefährdung für benachbarte Gebäude und Anlagen darstellt und keine schwerwiegende Beeinträchtigung des Betriebes anderer Anlagen zur Folge hat.

³ Wo betriebsmässig oder in voraussehbaren Störfällen örtliche Erhitzungen auftreten können, müssen die brennbaren Konstruktionsmaterialien so behandelt oder verkleidet werden, dass sie sich nicht entzünden können.

Art. 83 Entfernung und Überprüfung

¹ Provisorische Anlagen müssen entfernt werden, sobald sie nicht mehr benützt werden.

² Provisorische Anlagen für mehrere Jahre müssen jeweils vom Betriebsinhaber nach Ablauf eines Jahres erneut auf ihre Sicherheit überprüft werden.

7. Kapitel: Schlussbestimmungen

Art. 84 Aufhebung bisherigen Rechtes

Die Starkstromverordnung vom 7. Juli 1933³² wird aufgehoben.

Art. 85 Änderung bisherigen Rechtes

...³³

Art. 86 Inkrafttreten

Diese Verordnung tritt am 1. Juni 1994 in Kraft.

³² [BS 4 798; AS 1948 789, 1954 1119, 1971 24, 1977 1943, 1985 35, 1987 888 Art. 21, 22 Bst. a, 1989 1834 Art. 41 Ziff. 1, 1993 901 Anhang Ziff. 13]

³³ Die Änderung kann unter AS 1994 1199 konsultiert werden.

Anhang 1
(Art. 27 und 35)

Minimalmasse für Gänge und Zugänge in Innenraumanlagen

	freie Gangbreite m	freie Ganghöhe m
1. Bedienungsgänge		
In Niederspannungsanlagen	0,8	2,0
In Hochspannungsanlagen	1,0	2,1
2. Montagegänge		
In offenen Niederspannungsanlagen	0,7	2,0
In gekapselten Anlagen	0,5 Breite m	2,0 Höhe m
3. Zugänge		
Türen zu Niederspannungsanlagen	0,65	1,95
Türen zu Hochspannungsanlagen	0,8	1,95
Notausgänge	0,6	1,95
Einstiegschächte (Durchmesser) Ø	0,8	

Anmerkung

Sofern sich an der Decke einer Innenraumanlage spannungsführende Teile befinden, gelten die Abstände nach Anhang 2.

Anhang 2
(Art. 36)

Mindestabstände in Innenraumanlagen

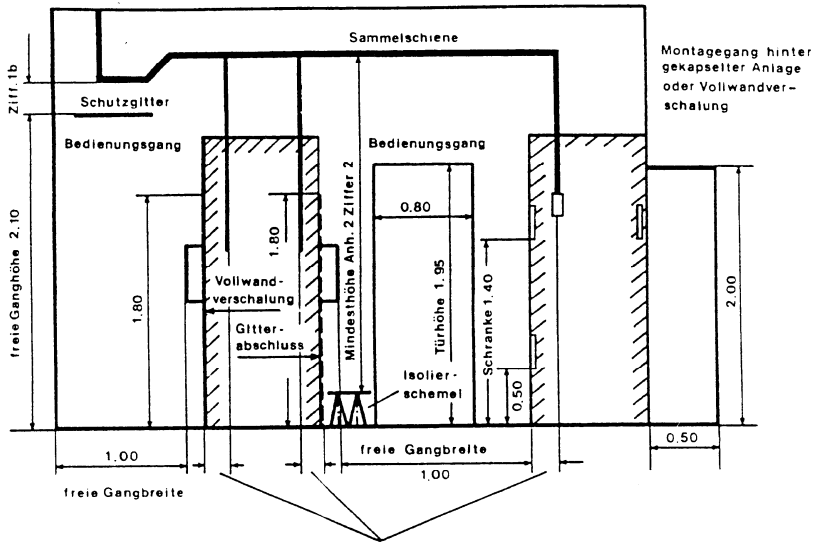
Nennspannung	kV ≤ 1	3	6	10	15	20	30	45	60	110	132	150
höchste Betriebsspannung	kV	3,6	7,2	12	17,5	24	36	52	72,5	123	145	170
Mindestabstand zwischen unter Spannung stehenden Teilen und												
a. Schranke	m	0,20	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,70	0,85	1,10	1,30	1,50
b. Gitterabschluss	m	0,15	0,16	0,16	0,19	0,22	0,26	0,37	0,58	0,73	1,00	1,40
c. Vollwandverschalung (metallisch geerdet)	m	0,08	0,08	0,09	0,12	0,16	0,22	0,32	0,50	0,70	0,90	1,30
2. Mindesthöhe zwischen Bedienungsstandort und ungeschützt unter Spannung stehenden Teilen	m	2,3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,6	2,75	2,9	3,4	3,55	3,7

Bemessungshinweise

- Schrankhöhe Hochspannungsanlagen: 0,5 m und 1,4 m
- Schrankhöhe Niederspannungsanlagen: 1,2 m
- Gitter- und Verschalungshöhe: min. 1,8 m
- Gitterabschluss
 - max. Maschenweite: 40 mm
 - min. Drahtdicke: 2 mm
- Bei Mindesthöhen sind allfällige Stufen, Isolierschemel oder ähnliches zu berücksichtigen.
- Die Abstände gelten für Höhen bis 1000 m über Meer. In grösseren Höhen sind sie linear um 14 Prozent pro 1000 m Höhenzunahme zu vergrössern.

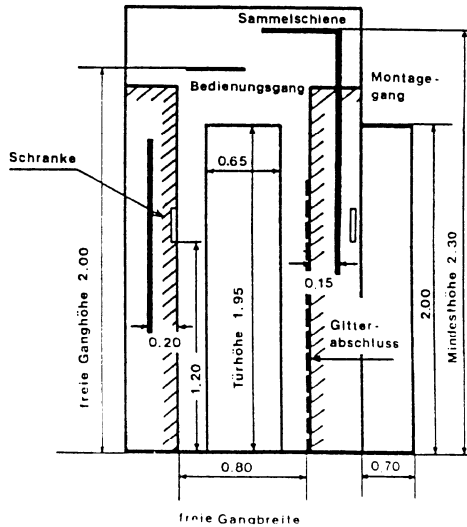
Innenraumanlagen: Minimalmasse in m

Hochspannungsanlage



Mindestabstand zwischen unter Spannung stehenden Teilen und Schranken, Gitterabschlüssen oder Vollwandverschaltungen gemäss Anh. 2 Ziff. 1

Niederspannungsanlage



Anhang 3
(Art. 43 und 48)

Sicherheitsabstände in Freiluftanlagen

Kol. 1 Nennspannung kV	Kol. 2 Höchste Betriebsspannung kV	Kol. 3 Mindesthöhe zu unter Spannung stehenden Teilen m
20	24	2,50
30	36	2,55
45	52	2,70
60	72,5	2,85
110	123	3,35
132	145	3,57
150	170	3,75
220	245	4,45
380	420	6,05

Bemessungshinweise

1. Die Mindesthöhen in Kolonne 3 betragen $2,25 \text{ m} + 0,01 \text{ m}$ pro kV Nennspannung, mindestens aber 2,5 m.
2. Für extreme Schneehöhen sind Zuschläge notwendig.
3. Für weitere Abstände gelten die anerkannten Regeln der Technik.
4. Die Abstände der Leitungszuführungen richten sich nach der Leitungsverordnung.
5. Die Abstände gelten für Höhen bis 1000 m über Meer. In grösseren Höhen sind sie linear um 14 Prozent pro 1000 m Höhenzunahme zu vergrössern.

Anhang 4
(Art. 54, 55 und 57)

Zulässige Berührungsspannungen

