1 Teile der DIN VDE 0100

100 Errichten von Niederspannungsanlagen

Erection of Low-Voltage Installations

DIN VDE 0100-100 gibt einen Überblick über die DIN VDE 0100. Diese Norm erhielt im Laufe der Zeit verschiedene Namen, die in den einzelnen Teilen je nach Alter derselben auch verwendet werden.

Ursprünglich hatte die Norm den Namen „Errichten von Starkstromanlagen". Seit Ende 2001 heißt die Hauptüberschrift „Errichten von Niederspannungsanlagen".

Je nach Alter der Teile der DIN VDE 0100 spricht man von Errichten von Starkstromanlagen, elektrischen Anlagen in Gebäuden oder Errichten von Niederspannungsanlagen.

Seit 2009 sind Inhalte vom Teil 300 in den Teil 100 aufgenommen. Die Nummerierung der Abschnitte in den Teilen der DIN VDE 0100 ist im Buch nach Möglichkeit beibehalten oder in **Klammern** ergänzt.

Die Abschnitte der Normen sind im Buch, sofern praktikabel, an die Nummer des jeweiligen DIN-VDE-100-Teils über einen Punkt angehängt, z. B. 100.1 steht für Abschnitt 1 von DIN VDE 0100-100 oder 801.1 für Abschnitt 1 von DIN VDE 0100-801.

Die Vorsätze **Nenn-** oder **Bemessungs-** für z. B. Nennspannung oder Bemessungsspannung, werden in den Teilen der DIN VDE 0100 oft für dasselbe verwendet, und zwar auch bei neuen Teilen. Nenn- wird im Buch dann verwendet, wenn der genannte Wert nur der Bezeichnung dient, z. B. bei Nennspannung eines Netzes. Bemessungs- ist der Vorsatz für einen Wert, der sich unter festgelegten Bedingungen einstellt, z. B. der Bemessungsstrom eines Motors. Dieser stellt sich ein bei angegebener Spannung und eingegebenem Drehmoment.

100.1 Anwendungsbereich

Scope

Die DIN VDE 0100 gilt für Elektroinstallationen z. B. für Wohnungsanwesen, Gewerbeanwesen, öffentliche Anwesen, landwirtschaftliche und gartenbauliche Räumlichkeiten, Campingplätze, Baustellen, Yachthäfen, Außenbeleuchtung, mobile oder transportable Einheiten, medizinisch genutzte Bereiche, Photovoltaikanlagen, Niederspannungs-Stromerzeugungsanlagen. Sie soll den Elektroinstallateur beim sicheren Errichten der Anlagen unterstützen **(Bild 1)**.

Bild 1: Verteilerschrank einer Elektroinstallation mit Schutzschaltern
www.siemens.com

Die DIN VDE 0100 gilt in den elektrischen Anlagen grundsätzlich für

- Stromkreise mit Nennspannungen bis AC (Wechselspannung) 1000 V oder DC (Gleichspannung) 1500 V,
- Stromkreise mit Spannungen über AC 1000 V, wenn diese aus Anlagen mit bis AC 1000 V versorgt werden, z. B. Leuchtröhrenanlagen,
- Verdrahtungen und Leitungsanlagen, für die keine sonstigen Normen bestehen,
- Verbraucheranlagen außerhalb von Gebäuden,
- feste Kabel- und Leitungsanlagen für die ITK-Technik (Informations- und Kommunikationstechnik).

DIN VDE 0100 gilt auch für Erweiterungen oder Änderungen bestehender Anlagen.

Die DIN VDE 0100 gilt allerdings nicht für

- elektrische Bahnanlagen,
- Kfz-Elektrik einschließlich in Elektrofahrzeugen,
- elektrische Anlagen auf Schiffen und Plattformen vor der Küste,
- elektrische Anlagen in Flugzeugen,
- Anlagen in Bergbau und in Steinbrüchen,
- Elektrozaunanlagen,
- Blitzschutzanlagen von Gebäuden,
- Betriebsmittel zur Funkentstörung, soweit sie nicht die Sicherheit der Anlage beeinflussen,
- Beleuchtungsanlagen, die Teil des öffentlichen Versorgungsnetzes sind.

Die Gruppen 100, 200, 400, 500, 600, 700, 800 der DIN VDE 0100 erläutern u. a. Grundsätze, Begriffe, Schutzmaßnahmen, Auswahl/Errichtung elektrischer Betriebsmittel, Prüfungen, Betriebsstätten, Funktionale Aspekte (Energieeffizienz).

100.2 Hinweise auf Normen
Links to Standards

Die Anwendung des Teils 100 erfordert die Beachtung weiterer Dokumente, insbesondere:

- DIN VDE 0100-200 (IEC 60050-826) Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 200 Begriffe,
- DIN EN 60445 (VDE 0197) Grund- und Sicherheitsregeln für die Mensch-Maschine-Schnittstelle – Kennzeichnung der Anschlüsse elektrischer Betriebsmittel und angeschlossener Leiterenden,
- Normen der Reihe DIN EN 60617 Grafische Symbole.

100.3 Begriffe, 100.4 Struktur
Definitions, Structure

Es gelten die Begriffe vom Teil 200. Die Normenreihe DIN VDE 0100 ist in die Gruppen 100 bis 800 (ohne Gruppe 300) gegliedert (Seite 9 unten).

100.5 Grundsätze
Principles

Schutz zum Erreichen der Sicherheit

Bei elektrischen Anlagen gibt es die **Risiken**

- gefährliche Körperströme (Ströme durch Menschen oder Nutztiere),
- überhöhte Temperaturen an Sachen,
- Entzündung einer möglicherweise explosiven Atmosphäre,
- Unterspannungen, Überspannungen, elektromagnetische Einflüsse,
- Stromversorgungsunterbrechungen und/oder Unterbrechung der elektrischen Anlage für Sicherheitszwecke,
- Lichtbögen, besondere Drücke, giftige Gase,
- mechanische Bewegung elektrisch angetriebener Betriebsmittel.

Diese Risiken müssen möglichst verhindert werden. Dabei sind wesenlich der **Basisschutz** (Schutz gegen direktes Berühren) und der Schutz im Fehlerfall (Fehlerschutz oder Schutz bei indirektem Berühren, Teil 410). Diese **Schutzarten** können erreicht werden durch

- Verhindern eines Körperstroms,
- Begrenzen des Körperstroms auf einen ungefährlichen Wert,
- Begrenzen der Dauer des Fehlerstroms auf eine ungefährliche Dauer.

Der **Fehlerschutz** kann außerdem erreicht werden durch

- automatische Abschaltung der Stromversorgung in einer so kurzen Zeit, dass keine Schädigung eintritt.

Basisschutz und Fehlerschutz sind wesentliche Voraussetzungen, um in elektrischen Anlagen Sicherheit zu gewährleisten.

Ferner gehören zum Schutz gegen die genannten Risiken:

- Schutz gegen thermische Einflüsse (Teil 420),
- Schutz von Kabeln und Leitungen bei Überstrom (Teil 430),
- Schutz bei Erdschlüssen in Netzen mit höherer Spannung (Teil 442),
- Schutz bei Überspannung infolge atmosphärischer Störungen oder von Schaltvorgängen (Teil 443),
- Schutz gegen elektromagnetische Störungen EMI in Anlagen von Gebäuden (Teil 444),
- Schutz gegen Unterspannung (Teil 450),
- Trennen und Schalten (Teil 460),
- Brandschutz bei besonderen Risiken oder Gefahren (Teile 420 und 520).

Planung

Bei der Planung einer elektrischen Anlage sind Personen oder Nutztiere gegen Verletzungen und Sachwerte gegen schädliche Einwirkungen zu schützen aufgrund von

- Fehlern zwischen aktiven Stromkreisteilen unterschiedlicher Spannungen,
- Folgen atmosphärischer Einwirkungen oder Schaltüberspannungen,
- Unterspannung und nachfolgender Wiederkehr der Spannung.

Leiter und andere Teile, die für das Führen von Fehlerströmen vorgesehen sind, müssen so beschaffen sein, dass sie keine zu hohe Temperatur annehmen. Gegen die elektromechanische Beanspruchung durch Fehlerströme muss ein mechanischer Schutz bei den betroffenen elektrischen Betriebsmitteln einschließlich der Leiter existieren, sodass Verletzungen oder Schäden für Personen, Nutztiere und Eigentum verhindert werden.

Zu erwartende elektromagnetische Auswirkungen einer Anlage und ihrer installierten Betriebsmittel sind entsprechend dem ordungsgemäßen Funktionieren der angeschlossenen elektrischen Verbrauchsmittel minimal zu halten.

Die **Leiterquerschnitte** müssen für normale Betriebsbedingungen und für Fehlersituationen bestimmt werden, und zwar nach

- zulässiger Leitertemperatur,
- zulässigem Spannungsfall,
- elektromechanischer Beanspruchung bei Kurzschluss,
- anderer mechanischer Beanspruchung,

- maximaler Impedanz (Scheinwiderstand) für das Funktionieren des Schutzes bei Körperschluss, Erdschluss oder Kurzschluss,
- der Verlegeart,
- Oberschwingungen.

Hinsichtlich der Auswahl von Kabeln und Leitungen sind die Beschaffenheit der Verlegeorte, die Zugänglichkeit der Kabel und Leitungen für Menschen und Tiere, die Spannung, die elektromechanische Beanspruchung bei Kurzschlussströmen und Fehlerströmen gegen Erde sowie die elektromagnetischen Beeinflussungen zu berücksichtigen.

Bei einer Planung ist der Leistungsbedarf der Anlage eine wichtige Größe. Bei seiner Ermittlung wird der **Gleichzeitigkeitsfaktor** berücksichtigt.

Der Gleichzeitigkeitsfaktor ist das Verhältnis des zu erwartenden Leistungsbedarfs zur installierten Leistung (Summe der Bemessungsleistungen der installierten Verbrauchsmittel). Er ist ein Erfahrungswert, der bei der Planung geschätzt wird **(Tabelle 1)**. Sein Wert kann auch vom örtlichen VNB (Verteil(ungs) netzbetreiber, Versorgungsnetzbetreiber) erfragt werden.

Gleichzeitigkeitsfaktor

$$g = \frac{P_N}{P_{ins}} \quad (1)$$

g Gleichzeitigkeitsfaktor
P_N Leistungsbedarf
P_{ins} installierte Leistung

Die Werte des Gleichzeitigkeitsfaktors sind zu unterscheiden einerseits für unterschiedliche Gewerbebetriebe und andererseits für elektrische Anlagen und elektrisch betriebene Anlagen (Tabelle 1). Ferner verändert sich sein Wert in Abhängigkeit der Anzahl Wohneinheiten eines Gebäudes oder der Anzahl Ladestellen für Elektrofahrzeuge **(Bild 1)**.

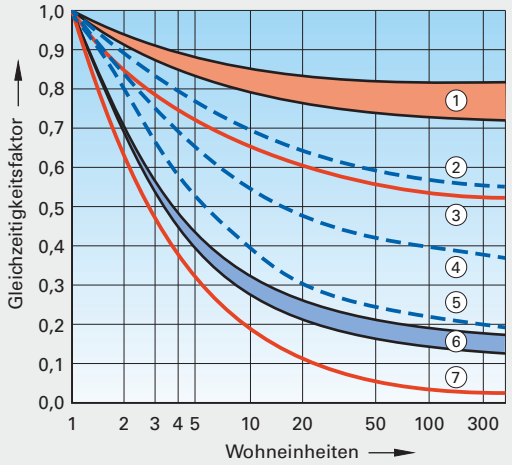
Beim Ermitteln der erforderlichen Leitungsquerschnitte sind Verlegeart, Leitungshäufungen, Umgebungstemperaturen oder Oberschwingungen entsprechend zu berücksichtigen (siehe Abschnitte 1.430, 1.520).

Beispiel:
In einer Arbeitsstätte sind insgesamt Verbrauchsmittel mit 108 kW Leistungsaufnahme installiert. Der Gleichzeitigkeitsfaktor wird zu 0,65 geschätzt. Wie groß ist der zu erwartende Leistungsbedarf?

Lösung:
$g = P_N/P_{ins} \Rightarrow P_N = g \cdot P_{ins} = 0{,}65 \cdot 108\,\text{kW} = \mathbf{70{,}2\,kW}$

Tabelle 1: Werte des Gleichzeitigkeitsfaktors für Gewerbebetriebe und elektrische Anlagen (Beispiele)

Art der Anlage	Gleichzeitigkeitsfaktor
Bäckerei	0,4 bis 0,8
Baustellenanlagen	0,2 bis 0,4
Büro	0,6 bis 0,7
Kaufhaus	0,7 bis 0,9
Kindergarten	0,5 bis 0,7
Krankenhaus	0,5 bis 0,7
Metzgerei	0,5 bis 0,8
Sägewerk	0,7 bis 0,8
Schule	0,6 bis 0,8
Schreinerei	0,3 bis 0,4
Versammlungsräume	0,6 bis 0,8
Aufzüge, Rolltreppen	0,2 bis 0,7
Beleuchtungen	0,8 bis 0,9
EDV-Anlagen (IT)	1
Klimaanlagen	0,7 bis 0,9
Küchenanlage	0,5 bis 0,7
Ladeinfrastruktur	1
Schweißanlagen	0,2 bis 0,3
Steckdosen 230 V, 100 W je Steckdose	0,1 bis 0,3
Steckdosen 400 V, 1000 W je Steckdose	0,1 bis 0,5
Werkzeugmaschinen	0,3 bis 0,4
ohne Elektroheizgeräte	



① Speicherheizung mit Aufheizzeit 8 Stunden
② Elektromobilität mit flexiblem Energietarif
③ Direktheizung, Wärmepumpe
④ Elektromobilität (empfohlen)
⑤ Elektromobilität ohne flexiblen Energietarif
⑥ Allgemeinbedarf
⑦ Durchflusserwärmer 18 kW bis 24 kW

Bild 1: Gleichzeitigkeitsfaktor in Abhängigkeit von Anzahl Wohneinheiten und Ladestellen für Elektrofahrzeuge

Beispiel 1:

In einer Bäckerei sind insgesamt Verbrauchsmittel mit 125 kW Leistungsaufnahme installiert. Berechnen Sie den zu erwartenden Leistungsbedarf.

Lösung:

Nach Tabelle 1, vorhergehende Seite, beträgt $g = 0{,}6$ für eine Bäckerei.

$g = P_N/P_{inst} \Rightarrow P_N = g \cdot P_{inst} = 0{,}6 \cdot 125\ kW =$

75,00 kW

Beispiel 2:

In einem Wohnblock mit 25 Wohneinheiten, welche nicht elektrisch beheizt werden, besitzt jede Wohneinheit Verbrauchsmittel mit insgesamt 14,5 kW Leistungsaufnahme.

Berechnen Sie den zu erwartenden Leistungsbedarf.

Lösung:

Nach Bild 1, vorhergehende Seite, beträgt $g = 0{,}23$ für 25 Wohneinheiten.

$g = P_N/P_{inst} \Rightarrow P_N = g \cdot P_{inst} = 0{,}23 \cdot 14{,}5\ kW \cdot 25 =$

83,38 kW

Je nach Art der Nutzung von Gebäuden und von elektrischen Anlagen (Verbrauchern) sind verschiedene Werte des Gleichzeitigkeitsfaktors anzuwenden.

Das Ermitteln der Anschlusswerte der Leistungen für Wohngebäude sowie der damit verbundenen Mindest-Strombelastbarkeit der Gebäude-Hauptleitung kann nach Diagramm Bild 1 Seite 313 erfolgen (Abschnitt 2.2.1). In diesem sind die Werte des Gleichzeitigkeitsfaktors bzgl. der Anzahl Wohnungen berücksichtigt.

Siehe auch AMEV EltAnlagen, www.amev-online.de.

Notfallsteuerung

Wenn es im Gefahrenfall notwendig ist, die Stromversorgung zu unterbrechen, muss die Einrichtung zur Unterbrechung leicht erkannt und einfach und schnell bedient werden können **(Bild 1)**. Man spricht von **Handlung im Notfall**, auch als NOT-AUS und NOT-HALT bezeichnet.

Geräte zum Ausschalten müssen so beschaffen sein, dass sich elektrische Anlagen, Stromkreise oder Geräte so abschalten lassen, wie es für die Instandhaltung, Prüfung oder Fehlererkennung notwendig ist. www.eaton.com, www.pilz.com

Bild 1: Schalter für Handlung im Notfall www.pilz.com

Auswahl der Betriebsmittel

Die **Auswahl** elektrischer Betriebsmittel muss den internationalen oder nationalen Normen entsprechen. Insbesondere müssen sie für die vorgesehene Spannung und die möglicherweise auftretende Überspannung (Teil 443, Abschnitt 1.443) geeignet sein. Außerdem müssen sie den zu erwartenden Dauerstrom und den im Fehlerfall auftretenden Strom aushalten. Sie müssen die unter normalen Bedingungen auftretende Leistung aushalten (Gleichzeitigkeitsfaktor).

Elektrische Betriebsmittel müssen die zu erwartenden Umgebungsbedingungen aushalten und dürfen keine schädlichen Einflüsse auf andere Betriebsmittel verursachen, insbesondere nicht durch Einschaltstrom, Leistungsfaktor, unsymmetrische Last oder Oberschwingungen.

Errichten und Prüfen elektrischer Anlagen

Das **Errichten elektrischer Anlagen** stellt eine Facharbeit dar, die von qualifziertem Personal unter Anwendung von geeignetem Material auszuführen ist (Personal mit Qualifikation nach DIN VDE 100-200, DIN VDE 0105, DGUV Vorschrift 3). Leiter der Leitungen sind zu kennzeichnen (Teil 510, Abschnitt 1.510). Die Wärmeabfuhr muss sichergestellt sein. Bevor eine elektrische Anlage in Betrieb genommen wird, muss sie geprüft werden (Teil 600, Abschnitt 1.600). Die Prüfung ist zu dokumentieren.

Gegenseitige Beeinflussung von elektrischen Anlagen mit anderen elektrischen oder nicht elektrischen Anlagen darf nur bis zu bestimmten Grenzwerten stattfinden (Teil 444, Abschnitt 1.444).

Die **Zugänglichkeit** elektrischer Betriebsmittel muss gewährleistet sein, damit Betreiben, Prüfen, Instandhalten und Reparieren möglich sind.

100.6 Allgemeine Merkmale

General Features

Zu berücksichtigen sind bei jeder Anlage Verwendungszweck, äußere Einflüsse, Verträglichkeit der Betriebsmittel und Instandhaltbarkeit. Die nachfolgenden Abschnitte sind daher wesentliche Abschnitte der DIN VDE 0100-100.

100.7 Stromversorgung und Aufbau der Anlage

Power Supply and Erection of the Plant

Hinsichtlich der Anordnung stromführender Leiter in **Wechselstrom-Stromkreisen** (AC-Stromkreisen, AC von Alternating Current) unterscheidet man die Anzahl der Leiter und die Anzahl der Phasen (Außenleiter). Dreiphasenanordnungen können mit drei oder vier Leitern erfolgen **(Bild 1)**. Ist eine 2-Leiter-Einphasen-Anordnung von einer 4-Leiter-Dreiphasen-Anordnung abgeleitet, dann sind die zwei Leiter entweder zwei Außenleiter oder ein Außenleiter und der Neutralleiter oder ein Außenleiter und der PEN-Leiter **(Bild 2)**.

In **Gleichstrom-Stromkreisen** (DC-Stromkreisen, DC von Direct Current) wird zwischen 2-Leiter-Anordnung und 3-Leiter-Anordnung unterschieden **(Bild 3)**.

Erklärung der Herkunft von PE, PEN, PEM, PEL siehe Seiten 26, 27.

Verteilungssysteme

Verteilungssysteme werden nach der **Art** der aktiven Leiter (Leiter, die zur Führung des Stroms beitragen) der Einspeisung unterschieden, z. B. Wechselstromsystem oder Gleichstromsystem, sowie nach der **Zahl** der aktiven Leiter, z. B. Einphasen-Zweileitersystem oder Drehstrom-Vierleitersystem **(Tabelle 1)**.

Hinsichtlich der Schutzmaßnahmen ist zusätzlich die Art der Erdverbindung anzugeben, z. B. die direkte Erdung eines Netzpunktes.

Kenngrößen für die Verteilungssysteme sind Anzahl und Art der aktiven Leiter der Einspeisung sowie die Erdverbindung des Systems.

Das vorherrschende Verteilungssystem in Deutschland ist für Starkstromanlagen bis 1000 V (Niederspannungsanlagen) bis zum Hausanschlusskasten HAK ein **Drehstrom-Vierleitersystem**. Als Zuleitung zu der Verbraucheranlage sind vier Leiter vorhanden, nämlich drei Außenleiter L1, L2, L3 und der PEN-Leiter (Bild 1) oder aber drei Außenleiter und der N-Leiter (Sternpunktleiter). Innerhalb der Verbraucheranlage ist der PEN-Leiter aufgetrennt in den N-Leiter und den PE-Leiter **(Bild 4)**. Der Leiter zwischen einem aktiven Leiter (L-, N-, M-Leiter) und der Erdungsanlage wird System-Bezugsleiter genannt.

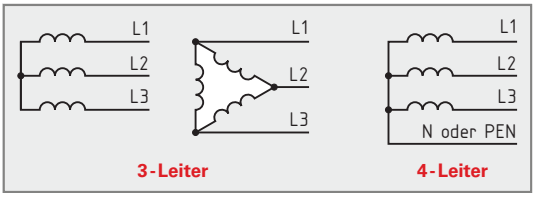


Bild 1: Dreiphasenanordnungen

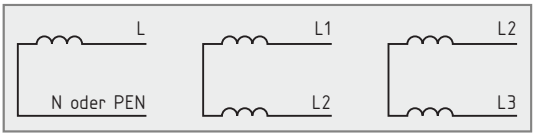


Bild 2: 2-Leiter-Einphasen-Anordnungen

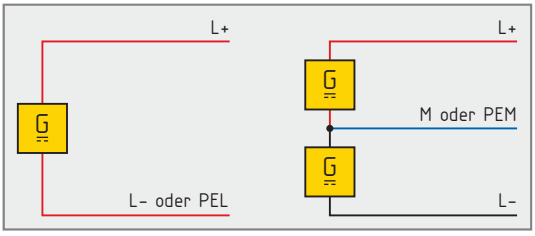


Bild 3: Anordnungen für 2-Leiter und 3-Leiter in DC-Stromkreisen

Tabelle 1: Verteilungssysteme

Wechselstromsysteme	Gleichstromsysteme
➤ Einphasen-Zweileitersysteme ➤ Einphasen-Dreileitersysteme ➤ Drehstrom-Dreileitersysteme ➤ Drehstrom-Vierleitersysteme	➤ Zweileitersysteme ➤ Dreileitersysteme

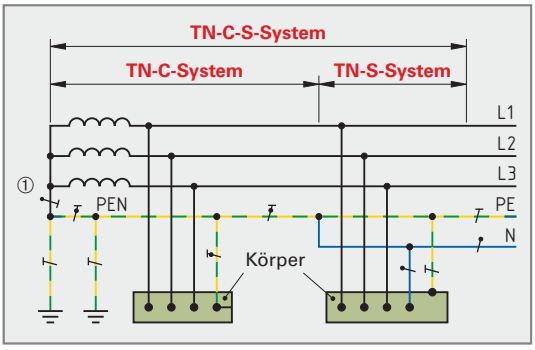


Bild 4: TN-Verteilungssysteme und Leiterkennzeichnungen
① System-Bezugsleiter

Tabelle 1: Kennzeichnung der Systemformen		
Stelle	Buchstaben	Bedeutung
1	T von franz. terre = Erde I von isoliert	Stromquelle, z. B. Transformator, direkt geerdet. Isolierung der Stromquelle oder Verbindung mit Erde über eine Impedanz, z. B. Kapazitäten.
2	T (wie oben) N von neutral	Körper der Anlage direkt geerdet. Körper der Anlage mit dem Betriebserder verbunden, z. B. über den PEN-Leiter.
3 und 4	C von engl. combined = kombiniert S von engl. separated = getrennt	N und PE kombiniert zu PEN; L, PE zu PEL; M, PE zu PEM. N und PE sind getrennt; auch L, PE; M, PE.

1. Stelle: Erdungsbedingung der Stromquelle; 2. Stelle: Erdungsbedingung der leitfähigen Körper; Stellen 3, 4: Anordnung Neutralleiter N, Schutzleiter PE; L-Leiter, PE-Leiter; M-Leiter, PE-Leiter.

Diese Beschreibung des häufigsten Verteilungssystems ist recht umständlich. Deshalb wurde vereinbart, das Verteilungssystem durch eine Kombination von Großbuchstaben zu kennzeichnen **(Tabelle 1)**.

Mit den Kennbuchstaben der Tabelle 1 ist das Verteilungssystem **Bild 4, vorhergehende Seite** ein TN-C-S-Drehstromsystem.

Das häufigste Verteilungssystem ist das TN-C-S-Drehstromsystem.

Im **TN-C-S-Drehstromsystem** sind gewöhnlich Teile enthalten, z. B. ab Hausanschlusskasten oder ab Stromkreisverteiler, die ein TN-S-System darstellen **(Bild 1)**. Entsprechend sind auch Teile enthalten, z. B. von der Transformatorenstation bis zum Hausanschluss, die ein TN-C-System bilden. Das Verteilungssystem des Verteilungsnetzbetreibers VNB, z. B. das Kabelnetz mit 400/230 V, ist meist noch ein TN-C-System **(Bild 2)**. Aufgrund der Zunahme von Oberschwingungen erzeugenden Verbrauchern, z. B. elektronische Vorschaltgeräte, Frequenzumrichter (Abschnitt 529.3), werden Neuanlagen wegen der EMV (elektromagnetische Verträglichkeit, Abschnitt 1.444) als TN-S-Systeme ab z. B. der Transformatorenstation ausgeführt (Bild 1).

Wird dieses System im Endstromkreis angewendet, dann tritt bei einem Bruch des PEN-Leiters an den mit PEN verbundenen Körpern fehlerfreier Betriebsmittel eine Spannung gegen Erde auf, weil die Körper über aktive Teile der Betriebsmittel, z. B. die Wicklung von Einphasenmotoren, mit dem Außenleiter in Verbindung kommen.

Beim TN-C-System im Endstromkreis tritt eine Gefährdung ein, wenn der PEN-Leiter unterbrochen wird.

Ein PEN-Bruch im Verteilungssystem TN-C-S-System führt zu keiner Gefährdung im TN-S-System des **Endstromkreises**, weil hier der PE nicht mit N

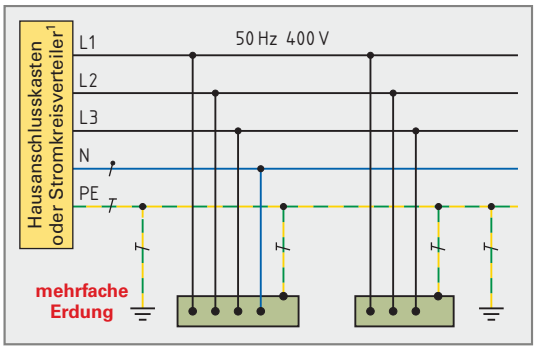


Bild 1: TN-S-System [1]bei Neuanlagen auch Transformatorstation

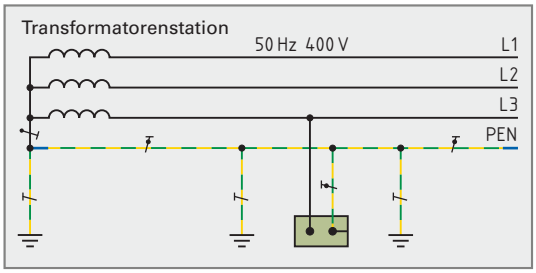


Bild 2: TN-C-System

verbunden und zudem mit wenigstens einem Erder (Fundamenterder) verbunden ist.

Sicherheit bei einem Leiterbruch bietet das TN-S-System (Bild 1), weil bei ihm ein PEN-Leiterbruch nicht möglich ist. Nachteilig ist der Umstand, dass ab Speisepunkt, z. B. Stromkreisverteiler, ein zusätzlicher Leiter mitzuführen ist.

Jedoch werden in den meisten elektrischen Anlagen, insbesondere bei der Hausinstallation, die Endstromkreise mit einem TN-S-System betrieben, nämlich als Teil des TN-C-S-Systems.

PEN-Leiter dürfen in elektrischen Neuanlagen ab Hausanschlusskasten bei Querschnitten unter

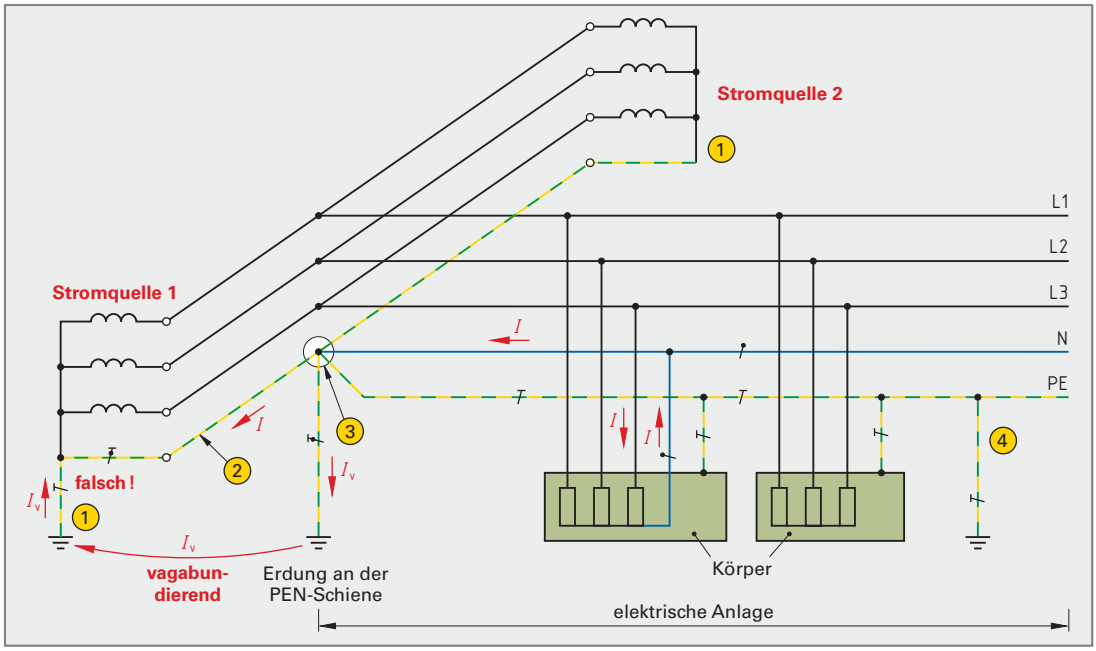


Bild 1: TN-C-S-System mit Mehrfacheinspeisung

10 mm² Cu nicht verlegt werden. In solch einem Fall müssen die Leiter PE und N getrennt ausgeführt sein. In zahlreichen elektrischen Anlagen, z. B. in landwirtschaftlichen Betriebsstätten, sind PEN-Leiter ab Hausanschlusskasten oder Hauptverteilung überhaupt nicht zulässig. Sofern in der Anlage elektronische Steuerungen oder Geräte angewendet werden, soll ab Hausanschlusskasten stets das TN-S-System angewendet werden.

Es wird empfohlen, in der Elektroinstallation keine PEN-Leiter zu verlegen.

In den Verteilungssystemen der Form TN wird meist die Schutzmaßnahme „Automatische Abschaltung der Stromversorgung" (Abschnitt 1.410) angewendet.

TN-Systeme sind für den Schutz durch automatische Abschaltung mittels RCDs oder durch Überstrom-Schutzeinrichtungen geeignet.

Bei einem TN-System mit **Mehrfacheinspeisung**, z. B. bei einer angeschlossenen Photovoltaikanlage, kann ein Teil des Betriebsstroms unbeabsichtigte Wege nehmen **(Bild 1)**. Man spricht hierbei von vagabundierenden Strömen I_v. Dadurch können Brände, Korrosionen oder elektromagnetische Störungen hervorgerufen werden.

Deshalb gilt:

- Eine direkte Verbindung von den Transformatorsternpunkten und den Generatorsternpunkten zur Erde ist nicht erlaubt (1).
- Der PEN-Leiter von den Transformatorsternpunkten oder den Generatorsternpunkten zur PEN-Schiene in der Niederspannung-Hauptverteilung muss isoliert verlegt sein. Dieser Leiter darf nicht an elektrische Verbrauchsmittel angeschlossen sein (2).
- Die untereinander verbundenen Mittelpunkte der Stromquellen dürfen nur einmal mit dem PE verbunden sein (3). Diese Verbindung muss in der Niederspannung-Hauptverteilung angeordnet sein.
- Der PE darf zusätzlich geerdet sein (4).

Bei Mehrfacheinspeisung dürfen die Sternpunkte der Stromquellen nicht direkt mit Erde verbunden werden.

In medizinisch genutzten Bereichen kommt das **IT-System** vor **(Bild 1, folgende Seite)**. Bei ihm ist der Endstromkreis vom Verteilungsnetz durch einen Transformator (Trafo) getrennt und gegen Erde isoliert. Die Körper der elektrischen Anlagen sind aber geerdet, meist durch Anschluss an einen Schutzpotenzialausgleichsleiter. Als Schutzmaßnahme liegt die Trennung vom Netz vor (Abschnitt 1.410).

Die Isolation gegen Erde wird durch eine **Isolationsüberwachungseinrichtung** (**IMD**, Isolation Monitoring Device) permanent überwacht, z. B. durch Überwachung des Schutzleiterstroms. Ist der Isolationswiderstand zwischen angeschlossenem System und z. B. Erde oder PE kleiner als der Ansprechwert der IMD, wird Alarm ausgelöst. IMDs müssen möglichst nahe am Anfang des zu überwachenden Teils einer Anlage errichtet werden. Bei vorhandenem Neutralleiter darf die IMD mit diesem verbunden werden. In einem mehrphasigen System muss die Außenleiterklemme einer zwischen einem Außenleiter und Erde angeschlossenen IMD und ihre Erdungsklemme eine Spannungsfestigkeit von mindestens der Spannung zwischen zwei Außenleitern besitzen.

IT-Systeme werden neuerdings bei Anlagen mit Stromrichtern und Gleichspannungs-Zwischenkreis bevorzugt. Grundsätzlich werden IT-Systeme angewendet, wenn im Fehlerfall der elektrische Stromkreis nicht sofort abgeschaltet werden soll.

IT-Systeme sind Verteilungssysteme mit überwachtem Schutzleiter.

Einphasige Wechselstromverbraucher sind im IT-System über einen Netz-Trenntransformator nach VDE 0570-2-15 anzuschließen. Dieser stellt dann AC 230 V zur Verfügung.

Beim **TT-System** hat das Verteilungssystem keinen PEN-Leiter, die Körper der Anlage sind über einen PE an einen eigenen Erder angeschlossen **(Bild 2)**. Diese Systemform kommt in Deutschland für fest verlegte Niederspannungsanlagen, die vom öffentlichen Verteilungsnetz gespeist werden, gelegentlich noch vor. Der Sternpunkt des Stationstransformators ist geerdet, und damit auch der Neutralleiter. Anders als beim TN-System finden aber weitere Erdungen des N-Leiters nicht statt, sodass dieser nicht für Schutzzwecke geeignet ist. Trotzdem kommt dieses Verteilungssystem für begrenzte Anlagen, z. B. Baustellen, in Betracht. Hier wird nämlich der Schutz durch RCD (Fehlerstrom-Schutzeinrichtung, FI-Schutzschaltung, Seite 33) angewendet.

Für TT-Systeme ist der Schutz durch RCDs möglich.

Gleichstromsysteme DC

Gleichstrom-Systeme werden nach Art der Erdverbindung unterschieden. Bezeichnet werden sie als

- TN-S-DC-System **(Bild 3)**,
- TN-C-DC-System **(Bild 4)**,
- TT-DC-System **(Bild 1, folgende Seite)**,
- IT-DC-System **(Bild 2, folgende Seite)**.

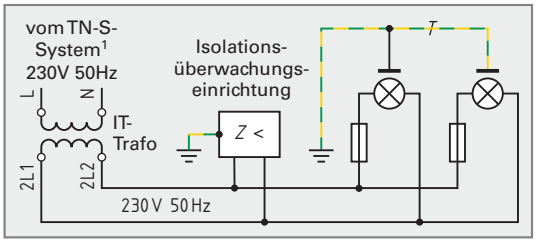


Bild 1: IT-System mit Isolationsüberwachungseinrichtung (IMD)

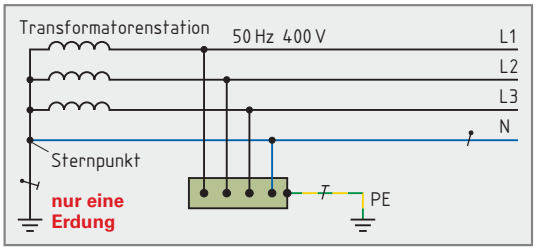


Bild 2: TT-System

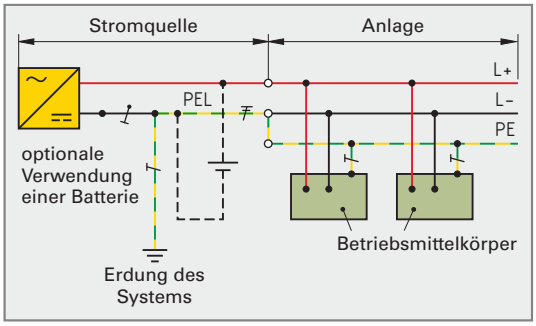


Bild 3: TN-S-DC-System

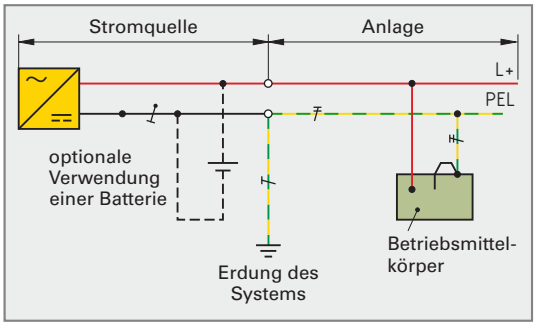


Bild 4: TN-C-DC-System

Die Entscheidung des zu erdenden Pols eines Zweileiter-Gleichstromsystems beruht auf betriebsbedingten Umständen, z. B. dem Vermeiden korrosiver Einwirkungen auf die Erdungsanlage und die Außenleiter. Am Pluspol von DC bildet sich bei Wasserzutritt Sauerstoff, sodass Korrosion eintritt.

In DC-Systemen wird der Minuspol geerdet.

Beim **TN-S-DC-System** ist der geerdete Außenleiter, z. B. L-, oder der geerdete Mittelleiter in der gesamten Anlage vom Schutzleiter getrennt **(Bild 3, vorhergehende Seite)**. Das System und die Betriebsmittelkörper sind hier gemeinsam geerdet. Der Leiter L- muss mit der Farbe Weiß gekennzeichnet sein.

Beim **TN-C-DC-System** ist der geerdete Außenleiter L- gleichzeitig der Schutzleiter PEL **(Bild 4, vorhergehende Seite)**. System und Betriebsmittelkörper sind gemeinsam geerdet.

Im kombinierten TN-C-S-DC-System sind die Funktionen des geerdeten Außenleiters, z. B. L-, und des Schutzleiters nur **in einem Teil der Anlage** über den Leiter PEL dargestellt **(Bild 1)**. Dieses System besteht im Prinzip aus einem hintereinander geschalteten TN-C-DC-System und einem TN-S-DC-System.

Bei den Gleichstromsystemen TN-S und TN-C sind die Schutzleiter PEL und die angeschlossenen Betriebsmittelkörper gemeinsam geerdet.

Beim **TT-DC-System** ist L- geerdet und die angeschlossenen Betriebsmittelkörper sind getrennt geerdet **(Bild 2)**.

Beim **IT-DC-System** darf das System nur über eine ausreichend hohe Impedanz (Widerstand) mit der Erde verbunden sein **(Bild 3)**. In Deutschland wird die Erdung des IT-DC-Systems über eine ausreichend hohe Impedanz für Messzwecke oder besondere Funktionszwecke angewendet. Im Allgemeinen sind beim IT-DC-System nur die Betriebsmittelkörper über den PE geerdet.

Gleichstromsysteme DC mit Mittelpunkterdung

Gleichstromsysteme mit Mittelleiter und Mittelpunkterdung liefern entsprechend den Drehstrom-3-Phasensystemen zwei oder drei verschiedene Spannungen. Diese sind zwischen den Leitern

- L+ (Farbe Rot) und L- (Farbe Weiß),
- L+ und M (Farbe Blau) und
- L- und M

vorhanden **(Bild 4)**. Diese vierpolige Gleichstromanlage enthält drei Gleichstromsysteme, nämlich das TN-C-DC-System, das TN-S-DC-System und wird gesamt als TN-C-S-DC-System bezeichnet.

Der Vorteil dieser Gleichstromanlage ist, dass aufgrund des Vorhandenseins und der Erdung des Mittelleiters über den PEM Spannungswerte unterschiedlicher Höhe abgegriffen werden können. So können z. B. bei einer Gesamtspannungsversorgung von 48 V Geräte mit 48 V und Geräte mit 24 V betrieben werden. Eine derartige Gleichstrom-

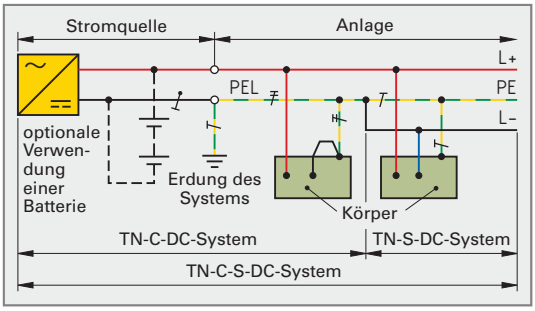


Bild 1: TN-C-S-DC-System

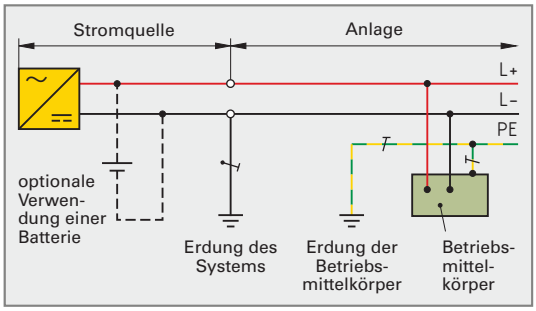


Bild 2: TT-DC-System

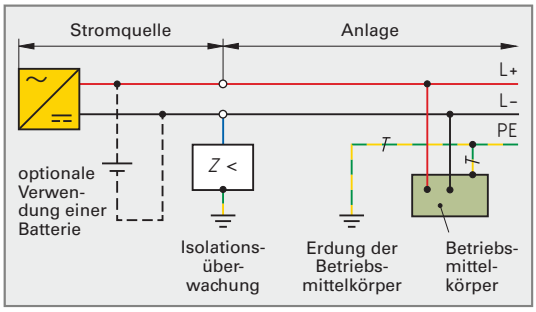


Bild 3: IT-DC-System

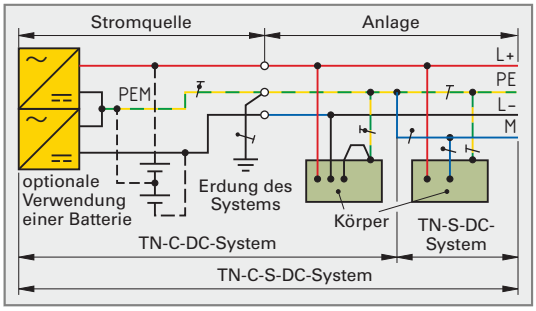


Bild 4: TN-C-S-DC-System mit Mittelpunkterdung

anlage kann bei Niederspannung bis 1500 V betrieben werden. Das bedeutet, dass von PV-Anlagen (Photovoltaik-Anlagen) erzeugte 750 V wegen der Mittelpunkterdung eine Spannungsbereitstellung von z.B. 1500 V ermöglichen.

Gegenüber einem einpoligen Gleichstromsystem gleicher Spannungsbereitstellung wird bei Gleichstromsystemen mit **Mittelpunkterdung** die Leitungsisolation nur halb so stark beansprucht. Einer z.B. „einpoligen" 1500-V-Bereitstellung steht die zweimal 750-V-Bereitstellung der mittelpunktgeerdeten Anlage gegenüber. Auch im Falle eines Erdschlusses ist die Spannung bei mittelpunktgeerdeten Systemen halb so groß wie bei einpoligen Systemen. Im Kurzschlussfall zwischen L+ und L- ist zwischen einpoligen und mittelpunkt-geerdeten Gleichspannungssystemen kein Unterschied.

Gleichspannungssysteme mit Mittelleiter und Mittelpunkterdung beanspruchen die Leitungsisolation nur halb so stark wie einpolige Gleichspannungssysteme.

Beim TT-DC-System ist über den M-Leiter das System geerdet, über den PE-Leiter sind die Betriebsmittelkörper geerdet **(Bild 1)**. Beim IT-DC-System kann das System über den M-Leiter geerdet werden, in Deutschland z.B. über eine Isolationsüberwachungseinrichtung **(Bild 2)**. Die Betriebsmittelkörper sind über den PE-Leiter geerdet.

Gleichstromkreise mit mehreren Stromquellen

Ausgedehnte DC-Systeme in **Microgrids** besitzen mehrere Stromquellen. Unterschieden werden hierbei das TM-System **(Bild 3)** und das MM-System **(Bild 4)**. Beide Systeme sind mit Abgrenzeinheiten hinsichtlich der Erdung der Systeme ausgestattet. Dadurch sollen Korrosionen infolge über den Erdboden fließende Gleichströme in den Systemen verhindert werden.

Beim **TM-System** erfolgt die Haupterdung direkt ohne Abgrenzeinheit (T). Die Abgrenzeinheit ist nur zwischen M-Leiter und PE-Leiter zum Hilfserder wirksam (M). Beim **MM-System** erfolgen Haupterdung und Hilfserdung jeweils über Abgrenzeinheiten zwischen den Leitern M und PE (MM). Eine Abgrenzeiheit besteht aus einem Kondensator und antiparallel geschalteten Dioden (Bilder 3 und 4).

Durch den Kondensator wird eine gleichstrommäßige Trennung der Leiter M und PE erreicht. Somit wird ein Fließen vagabundierender Ströme verhindert. Die in Betriebsrichtung des Kondensators wirkenden Dioden ermöglichen das Abfließen von DC-Fehlerströmen. Die Anzahl der in Reihe geschalteten Dioden legt hierbei die gewünschte Durchlassspannung fest. Die der Betriebsrichtung des Kondensators entgegenwirkenden Dioden dienen zu dessen Schutz.

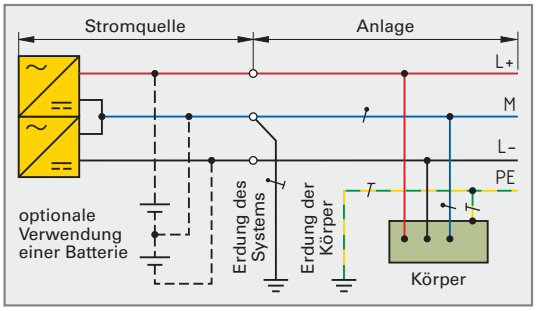


Bild 1: TT-DC-System mit Mittelpunkterdung

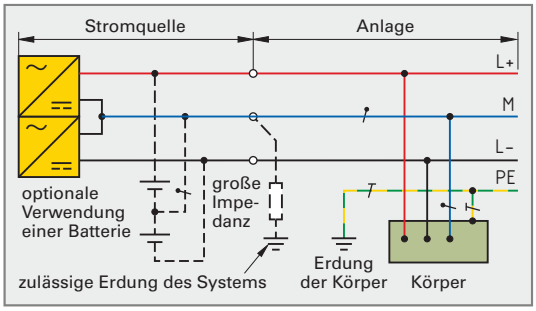


Bild 2: IT-DC-System mit Mittelpunkterdung

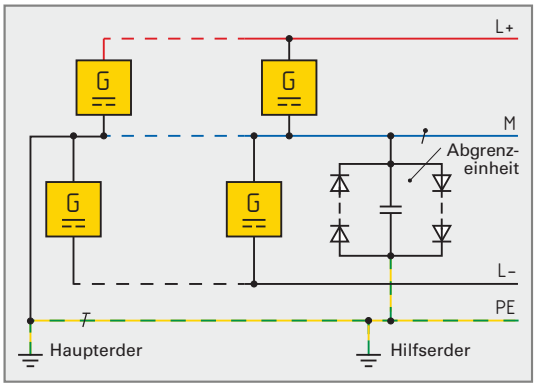


Bild 3: TM-System mit Gleichstromquellen (DC)

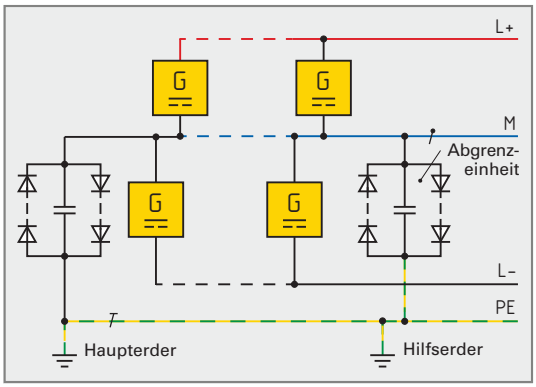


Bild 4: MM-System mit Gleichstromquellen (DC)

Eine Abgrenzeinheit verhindert das Fließen vagabundierender DC-Ströme und ermöglicht das Ableiten von DC-Fehlerströmen.

Aufteilung in Stromkreise

Jede elektrische Anlage von Gebäuden bzw. Niederspannungsanlage muss in mehrere Stromkreise aufgeteilt werden. Dadurch soll erreicht werden, dass Gefahren vermieden und die Folgen von Fehlern begrenzt werden. Außerdem soll durch die Aufteilung in Stromkreise die sichere Kontrolle, Prüfung und Instandhaltung erleichtert werden. So ist es für besondere Räume, z. B. Hobbyräume, zweckmäßig, für Steckdosen eigene Stromkreise vorzusehen, damit bei einem Kurzschluss im Steckdosenstromkreis die Beleuchtung bestehen bleibt (DIN 18015-2, Abschnitt 2.2.2).

Die Verfügbarkeit der Versorgung der Stromkreise wird beeinflusst durch die

- Auswahl des Verteilungssystems nach Art der Erdverbindungen,
- Auswahl der Schutzeinrichtung, um Selektivität (Abschaltung nur durch die Schutzeinrichtung unmittelbar vor der Fehlerstelle) zu erreichen,
- Ausführung mit Mehrfacheinspeisung,
- Verwendung von Überwachungseinrichtungen,
- Anzahl der Stromkreise.
- schnell wechselnden Lasten,
- Streuströme,
- Notwendigkeit zusätzlicher Erdverbindungen.

100.8 Verträglichkeit

Compatibility

Bei der Planung einer elektrischen Anlage sind die Eigenschaften der Betriebsmittel zu berücksichtigen, soweit sie sich nachteilig auf andere elektrische Betriebsmittel auswirken oder die Funktion der Stromversorgung beeinträchtigen können.

Insbesondere sind zu berücksichtigen:

- Oberschwingungsströme und hochfrequente Schwingungen,
- Einschaltströme und Stromstöße durch schnell wechselnde Lasten,
- Gleichstromanteile in Mischströmen (Wechselströme mit Gleichstromanteil),
- Überspannungen, z. B. durch Abschaltung von Induktivitäten,
- Ableitströme gegen Erde und
- überhöhte PE-Ströme, die nicht durch Fehler verursacht sind.

Beim Planen der elektrischen Anlagen sind Maßnahmen zur Verringerung der Wirkungen induzierter Überspannungen und elektromagnetischer Störungen (EMI) vorzusehen. Die elektrischen Betriebsmittel müssen den Anforderungen bzgl. der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) entsprechen.

100.9 Instandhaltung

Maintenance

Die elektrische Anlage ist so zu errichten, dass die Wartung und Instandhaltung gewährleistet ist. Insbesondere muss während der voraussichtlichen Lebensdauer der Anlage gewährleistet sein, dass

- die regelmäßigen Kontrollen und Prüfungen bequem und sicher ausgeführt werden können,
- die Schutzmaßnahmen wirksam bleiben und
- die Zuverlässigkeit der Betriebsmittel angemessen ist.

Elektrische Anlagen sind so zu planen, dass ein zuverlässiger Betrieb während ihrer voraussichtlichen Lebensdauer zu erwarten ist.

Siehe auch Abschnitt 1.530.

100.10 Stromversorgungen für Sicherheitszwecke

Power Supply for Safety

In vielen elektrischen Anlagen ist ein **SSV-System** (Sicherheitsstromversorgungs-System, oft nur SV-System genannt) erforderlich, z. B. in Krankenhäusern, Warenhäusern und Theatern. Als Stromversorgungen für Sicherheitszwecke kommen in Frage

- Akkumulatoren,
- Generatoren mit eigener Antriebsmaschine und
- Batterien mit Primärelementen.

Auch eine zusätzliche Einspeisung aus der allgemeinen Stromversorgung kann als Stromversorgung für Sicherheitszwecke verwendet werden, wenn sie von der normalen Einspeisung aus dem Netz unabhängig ist.

Meist müssen die Stromversorgungen für Sicherheitszwecke bei Spannungsausfall des Verteilungssystems selbsttätig einschalten bzw. anlaufen. Je nach Dauer der dabei eintretenden Unterbrechung der Stromversorgung unterscheidet man verschiedene Stromversorgungen für Sicherheitszwecke **(Tabelle 1, folgende Seite)**.

Bei den Stromversorgungen für Sicherheitszwecke sind Unterbrechungszeiten je nach Anforderung von 0 s bis über 15 s erforderlich.

Unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen **(USV-Anlagen)** sind z. B. erforderlich in Computeranlagen. Bei ihnen wird ein Akkumulator über einen Gleichrichter ständig auf voller Ladung gehalten, während der Akkumulator über einem Wechselrichter die Last speist **(Bild 1)**. Bei Netzausfall wird die Last ohne Unterbrechung weiter gespeist, bis der Akkumulator leer ist. Bei derartigen Anlagen ist der Wirkungsgrad klein, wenn Gleichrichter und Wechselrichter ständig arbeiten.

Wenn bei einer SSV-Anlage eine Unterbrechungszeit zulässig ist, so wird erst bei Spannungsausfall des Netzes auf die Stromversorgungen der Sicherheitsstromversorgung umgeschaltet **(Bild 2)**. Bei vorhandener Netzspannung liegt die Last über ein Schütz direkt am Netz. Am Netz liegt auch ein Gleichrichter, der einen Akkumulator auf voller Ladung hält. Bei Netzausfall schaltet die Schützschaltung die Last an den Wechselrichter.

Bei sehr großen Anlagen kann auch ein Generator zusammen mit einem Verbrennungsmotor als Stromquelle verwendet werden. Zur raschen Inbetriebsetzung des Verbrennungsmotors und des Generators kann ein Schwungrad verwendet werden **(Bild 3)**.

Bei Netzspannung liegt die Last am Netz. Am Netz liegt auch ständig ein Motor, der einen Generator mit Schwungrad im Leerlauf treibt. Bei Netzausfall wird über eine Magnetkupplung der Verbrennungsmotor angeworfen, das Netz von der Last getrennt und der Generator an die Last geschaltet. Die Umschaltzeit bei einer derartigen Anlage kann unter 15 s liegen.

Bei elektrischen Anlagen, für die eine Sicherheitsstromversorgung vorgesehen ist, muss die Art der Sicherheitsstromversorgung den Erfordernissen entsprechen.

Die Klassifizierung einer Stromversorgung erfolgt gemäß ihrer Automatisierung und Umschaltzeiten.

Die Stromversorgung für Sicherheitszwecke erfolgt

- nicht automatisch, gestartet durch Betriebspersonal oder
- automatisch, unabhängig vom Betriebspersonal.

Die automatische Stromversorgung ist bezüglich der Umschaltzeit eingeteilt in Versorgung

- ohne Unterbrechung,
- sehr kurze Unterbrechung innerhalb von 0,15 s,
- kurze Unterbrechung innerhalb von 0,5 s,
- mittlere Unterbrechung innerhalb von 15 s und
- lange Unterbrechung von mehr als 15 s

(Tabelle 1).

Automatische Stromversorgungen sind in Klassen eingeteilt (Abschnitt 1.560).

Tabelle 1: Stromversorgungen für Sicherheitszwecke

Unterbrechung	Unterbrechungszeit in s
unterbrechungslos	0
sehr kurz	bis 0,15
kurz	über 0,15 bis 0,5
mittel	über 0,5 bis 15
lang	über 15

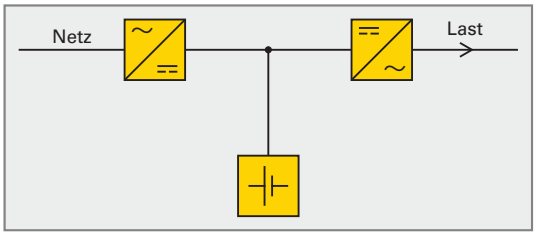


Bild 1: USV-Anlage (Prinzip)

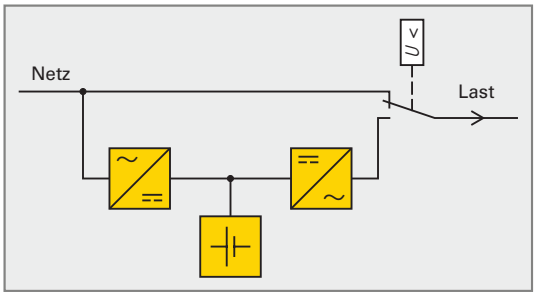


Bild 2: SSV-Anlage mit Unterbrechungszeit

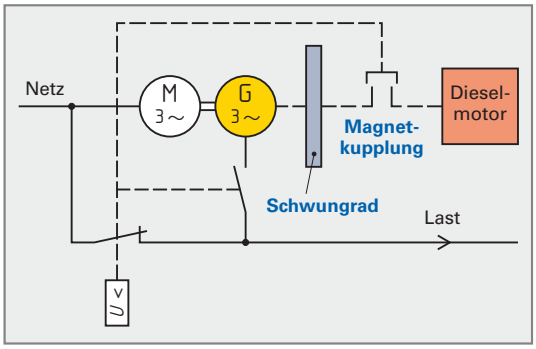


Bild 3: SSV-Anlage mit Unterbrechungszeit und großer Leistung

100.11 Verfügbarkeit der Versorgung

Availability of the Supply

An die Verfügbarkeit einer Stromversorgung werden sehr hohe Anforderungen gestellt. Jeder Stromkreis, bei dem eine langfristige und konstan-