

# Was versteht man unter ...

## ■ Gleichstromsystem

Elektrisches System, dessen Stromaugenblickswerte im stationären Betrieb zeitlich konstant sind. Überlagerungen kleinerer Schwingungen sind dabei ohne Belang [1].

Gleichstromsysteme (engl. d.c. systems) werden entsprechend der Anzahl ihrer Betriebsstrom führenden Leiter hierzulande wie folgt unterschieden:

- **Gleichstrom-Zweileitersysteme** (engl. d.c.-2-wire-systems) mit zwei Außenleitern (L+ und L-) oder mit zwei Außenleitern und zusätzlich noch einem Schutzleiter (PE), s. Bilder 1a) und 1b). Paralleleiter werden bei der Bezeichnung von Gleichstromsystemen hinsichtlich der Anzahl ihrer Betriebsstrom führenden Leiter grundsätzlich nur als  $e$  in  $n$  Leiter gezählt.
- **Gleichstrom-Dreileitersysteme** (engl. d.c.-3-wire-systems) mit zwei Außenleitern (L+ und L-) und einem Mittelleiter (M), s. Bild 1c). Bei Einhaltung der Bedingungen nach DIN VDE 0100-540 [2] darf in einem TN-C-(DC)-System der Mittelleiter gleichzeitig auch als Schutzerdungsleiter (PEM-Leiter) verwendet werden. Leiter mit dieser Doppelfunktion sind nur in Ausnahmefällen zulässig.

## ■ Wechselstromsystem

Elektrisches System, dessen Stromaugenblickswerte im stationären Betrieb periodische Funktionen der Zeit mit dem arithmetischen Mittelwert null sind [1].

### Unterscheidung nach Anzahl der Phasen

Wechselstromsysteme (engl. a.c. systems) werden entsprechend der Anzahl ihrer Phasen in Einphasen- und Mehrphasensysteme eingeteilt. Dabei bezeichnet die Phasenzahl  $m$  die Anzahl der sinusförmigen Grundschwingungszustände; sie ist höchstens gleich der Leiterzahl  $n$  ( $m \leq n$ ). Haben in einem Wechselstromsystem mit je einer Strombahn für Hin- und Rückleitung die Ströme zum selben Zeitpunkt die gleiche Phase, so wird es **Einphasensystem** genannt; anderenfalls – d. h. bei mehreren Strombahnen und unterschiedlichen Phasen – ist es ein **Mehrphasensystem**. Ein Wechselstromsystem mit der Phasen-

zahl  $m = 3$  ist ein **Dreiphasensystem** oder, weil in Dreiphasensystemen räumlich umlaufende elektrische und magnetische (Dreh-)Felder erzeugt werden können, ein **Drehstromsystem**.

Drehstromsysteme mit sinusförmigen Strömen gleicher Amplitude – die sich zu null ergänzen – und in vorgegebener Phasenfolge mit gleichen Phasenverschiebungswinkeln heißen **symmetrische** Drehstromsysteme, anderenfalls sind es **unsymmetrische** Drehstromsysteme.

### Unterscheidung nach Anzahl der Leiter

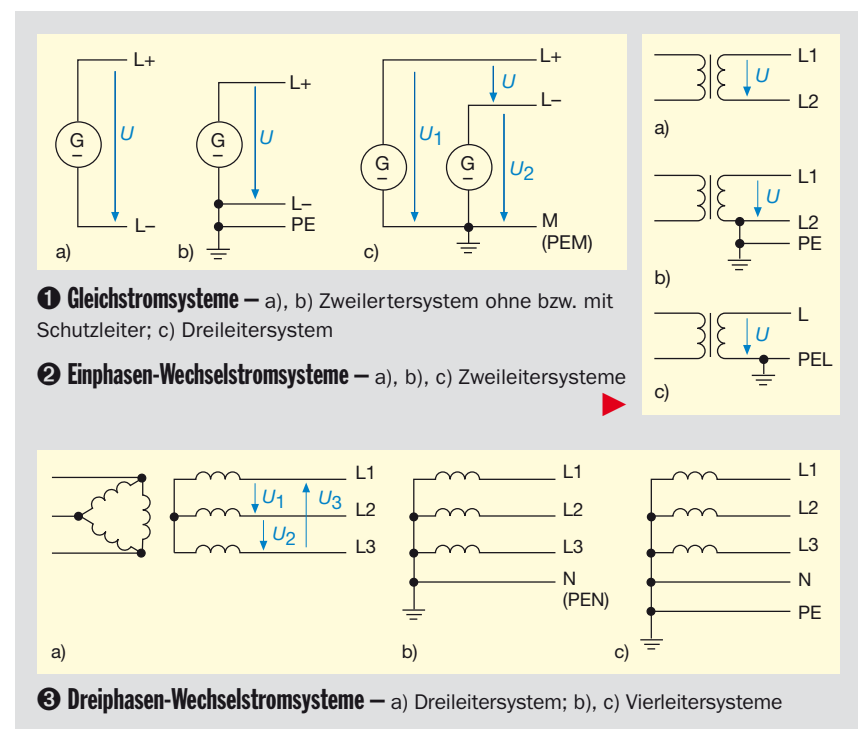
Die Einteilung von Wechselstromsystemen hinsichtlich der Anzahl ihrer Leiter erfolgt hierzulande hauptsächlich in **Zweileitersystemen** und bei mehr als zwei Leitern in **Mehroleitersystemen** ( $n$ -Leitersysteme). Dabei bezeichnet  $n$  die Anzahl der betriebsmäßig Strom führenden Leiter – das sind sämtliche Außenleiter (L) und der Neutralleiter (N). Bei Einhaltung der Bedingungen nach DIN VDE 0100-540 [2] darf in einem TN-C-System der Neutralleiter gleichzeitig auch als Schutzerdungsleiter (PEN-Leiter) verwendet werden. Schutzleiter (PE), auch Erdungs- und Potentialausgleichsleiter, sind keine Betriebsstrom führenden Leiter. Sie werden folglich – außer PEN-Leiter – in der Unterscheidung und Bezeichnung von Wechselstromsystemen nach Anzahl ihrer Leiter grundsätzlich nicht berücksichtigt [3]. Das

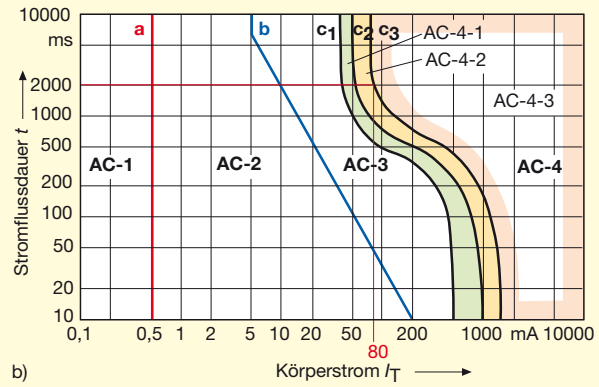
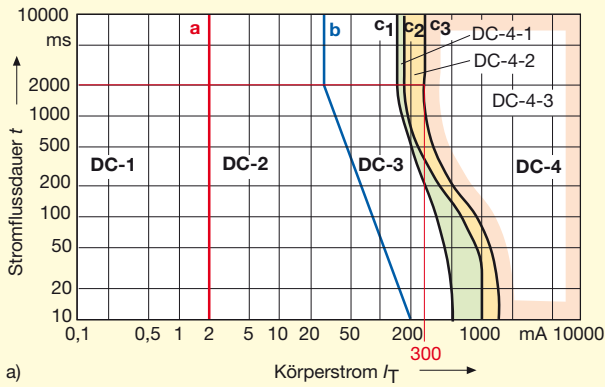
gilt im Übrigen auch für parallel geschaltete Leiter.

### Gebräuchliche Systeme

In Deutschland sind folgende Wechselstromsysteme üblich (die bildlichen Darstellungen sind Beispiele):

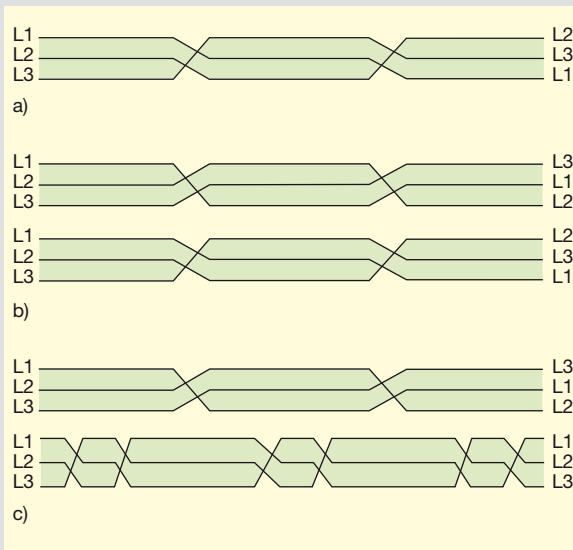
- **Einphasen-Zweileitersysteme** (engl. single-phase-2-wire-systems) mit zwei Außenleitern (L1 und L2) oder mit zwei Außenleitern und zusätzlich noch einem Schutzleiter (PE), s. Bilder 2a) und 2b). Paralleleiter werden bei der Bezeichnung von Wechselstromsystemen hinsichtlich der Anzahl ihrer Betriebsstrom führenden Leiter grundsätzlich nur als  $e$  in  $n$  Leiter gezählt. Bei Einhaltung der Bedingungen nach DIN VDE 0100-540 [2] darf in einem TN-C-System ein Außenleiter gleichzeitig auch als Schutzerdungsleiter (PEL-Leiter) verwendet werden, s. Bild 2c). Leiter mit dieser Doppelfunktion sind nur in Ausnahmefällen zulässig.
  - **Dreiphasen-Dreileitersysteme** (engl. three-phase-3-wire-systems) mit drei Außenleitern (L1, L2, L3), auch „Drehstrom-Dreileitersysteme“ genannt, s. Bild 3a).
  - **Dreiphasen-Vierleitersysteme** (engl. three-phase-4-wire-systems) mit – drei Außenleitern und einem Neutral- oder PEN-Leiter, s. Bild 3b), oder mit – drei Außenleitern, einem Neutralleiter und einem Schutzleiter (PE), s. Bild 3c).
- Dreiphasen-Vierleitersysteme (Drehstrom-Vierleitersysteme) sind in Deutschland sowie in den meisten





**4 Zeit-Stromstärke-Bereiche für Menschen zur Beschreibung der physiologischen Wirkungen von elektrischen Durchströmungen [4]**

a) bei Gleichstrom; b) bei Wechselstrom



**5 Verdrillungsarten**

- a) Verdrillung einer Einfachleitung (Drehstrom)
- b), c) Verdrillung einer Doppelleitung  
Hierbei wird die gegenseitige induktive Beeinflussung der beiden Drehstromsysteme verringert (b) oder praktisch gänzlich aufgehoben (c).

dar. Sie werden auf dem kürzesten praktischen Weg verlegt. Zur Verdrahtung gehören auch die Leitungsübergänge auf bewegliche Teile, z. B. Schranktüren. Innere Verdrahtungen (engl. internal wirings) finden vorzugsweise Anwendung als Flach-, Bündel- oder Freiverdrahtung. Bei letzterer ist die Leitungsführung, z. B. auf der Rückseite von Chassis, freizügig, d. h. kreuz und quer. Kombinationen der genannten Verdrahtungsarten innerhalb einer fabrikfertigen Baueinheit sind zulässig. Anleitungen für die Verlegung und Prüfung von Verdrahtungen vermittelt der Bau-schaltplan (Verdrahtungsplan). Er enthält auch die genaue Platzierung der zu verdrahtenden elektrischen Bauelemente und Geräte sowie deren Anschlussstellen.

europäischen Ländern die am häufigsten angewendeten Stromsysteme in den öffentlichen und industriellen Verteilungsnetzen sowie Verbraucheranlagen.

**Gleichstrom-Wechselstrom-Gleichwertigkeitsfaktor**  
(bezüglich Herzkammerflimmern)

Verhältnis des Gleichstroms zu dem entsprechenden Effektivwert des Wechselstroms, bei dem unter sonst gleichen Bedingungen die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Herzkammerflimmern im Falle einer elektrischen Durchströmung von Menschen gleich groß ist [4]. Für den genannten Gleichwertigkeitsfaktor gilt somit die Formel:

$$k = I_{F1(DC)} / I_{F1(AC)}$$

$I_{F1}$  Gleichstrom (DC) oder Wechselstrom (AC), der bei Menschen mit 50 %-iger Wahrscheinlichkeit Herzkammerflimmern auslöst. Der Wert dieses (Körper-)Stroms ist – abhängig von der jeweiligen Durchströmungszeit – der

rechtsseitigen Begrenzungslinie des Zeit-Stromstärke-Bereichs DC-4-2 bzw. AC-4-2 nach Bild 4 zu entnehmen.

Bei einem elektrischen Schlag mit einer Stromflussdauer von beispielsweise 2 s – das ist länger als ein normaler Herzzyklus – beträgt der DC-AC-Gleichwertigkeitsfaktor  $k$  demnach:

$$k = 300 \text{ mA} / 80 \text{ mA} = 3,75$$

Die Schwelle zur Auslösung von Herzkammerflimmern liegt bei Gleichstrom – bezogen auf eine Durchströmungszeit von 2 s und sonst gleichen Bedingungen – folglich um das 3,75-fache höher als bei sinusförmigem Wechselstrom mit Frequenzen bis etwa 100 Hz.

**Verdrahtung**

Feste, mechanisch geschützte Verlegung von meist einadrigen Leitungen, z. B. PVC-Verdrahtungsleitungen H05V-U, innerhalb von Schaltschränken, Baustromverteilern u. dgl. Die isolierten Leitungen stellen die elektrischen Verbindungen zwischen den Geräten und anderen Betriebsmitteln bzw. Bauelementen, z. B. Klemm(en)leisten,

**Verdrillung**

Systematischer Wechsel in der Anordnung der Strom führenden Leiterseile einer Hochspannungs-Freileitung und damit die Vertauschung der Leiterfolge L1, L2, L3 entlang einer Freileitungstrasse, s. Bild 5.

Durch die Verdrillung wird die gegenseitige induktive Beeinflussung der einzelnen Leiter bzw. Systeme verringert oder praktisch gänzlich aufgehoben. Die Verdrillung erfolgt jeweils an den eigens dafür vorgesehenen Verdrillungsmasten.

R. Müller

**Literatur**

- [1] DIN 40108:2003-06 Elektrische Energietechnik; Stromsysteme; Begriffe, Größen, Formelzeichen.
- [2] DIN VDE 0100-540:2007-06 Errichten von Niederspannungsanlagen; Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel; Erdungsanlagen, Schutzleiter und Schutzpotentialausgleichsleiter.
- [3] DIN 40110-2:2002-11 Wechselstromgrößen; Mehrleiter-Stromkreise.
- [4] Vornorm DIN IEC/TS 60479-1 (VDE V 0140-479-1):2007-05 Wirkungen des elektrischen Stromes auf Menschen und Nutztiere; Allgemeine Aspekte.