

Was versteht man unter...

Rolf Müller, Berlin

elektrische Spannung

Differenz der elektrischen Potentiale zwischen zwei Punkten. Spannungen (Potentialdifferenzen) sind die Ursache für den elektrischen Strom.

Arten

Elektrische Spannungen (engl. electrical voltages) entstehen durch das Ausgleichsbestreben entgegengesetzter Ladungen. Man nennt sie **Gleichspannungen** (engl. direct voltages), wenn sich ihr Wert zeitlich nicht ändert.¹⁾ Außerdem haben Gleichspannungen eine gleichbleibende Polarität; ein Richtungswechsel erfolgt daher bei Gleichstrom nicht, s. Bild ❶.

Elektrische Spannungen mit periodisch wechselnder Polarität heißen **Wechselspannungen** (engl. alternating voltages). Diese Spannungen – auch Wechselströme – ändern ständig ihren Wert. Bei rein ohmscher Last erreichen Wechselspannungen und -ströme zur gleichen Zeit ihren Maximalwert und nach dem Nulldurchgang gleichzeitig ihren Minimalwert, s. Bild ❷. In diesem Fall ist der Phasenwinkel $\varphi = 0$. Legt man Wechselspannung an eine Spule (induktive Last), so fallen die Extremwerte und der Nulldurchgang von Spannung und Strom zeitlich nicht mehr zusammen. Das sich durch die Wechselspannung dauernd ändernde Magnetfeld induziert in der Spule eine neue Spannung (Selbstinduktion), die der angelegten Spannung entgegenwirkt. Dadurch verzögert sich der Stromfluss; der Strom eilt der Spannung folglich hinterher. Bei Verwendung von Kondensatoren (kapazitive Last) durchläuft der Ladestrom sein Maximum, wenn die Wechselspannung ansteigend durch Null geht. Mithin eilt der Strom in diesem Fall der Spannung mehr oder weniger voraus.

Die wichtigsten Wechselspannungslieferanten, z. B. zur Versorgung der öffentlichen Niederspannungs-Verteilungsnetze, sind Generatoren. Diese elektrischen Maschinen erzeugen üblicherweise eine Dreiphasen-Wechselspannung (Sinusspannung), s. Bild ❸. Die Summe dieser drei Wechselspannungen mit einer gegenseitigen Phasenverschiebung von 120° – jeweils einem Drittel der Periode – ist zu jedem Zeitpunkt Null.

Formelzeichen, Einheiten

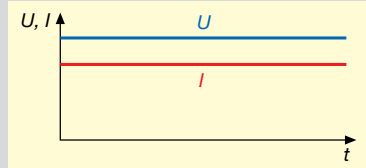
Für elektrische Spannungen gelten hauptsächlich die folgenden Formelzeichen:
 U Effektivwert (bei Wechselspannung) oder arithmetischer Mittelwert (bei Gleichspannung)
 u Momentanwert (Augenblickswert)
 \hat{u} Scheitelwert (gesprochen: u-Dach).
 Bei sinusförmiger Wechselspannung ist $\hat{u} = \sqrt{2} \cdot U$. In diesem Produkt wird die transzendente Zahl $\sqrt{2} = 1,41$ **Scheitelfaktor** (engl. peak factor) genannt.
 Das Formelzeichen U ist dem Fachausdruck „Potential-Unterschied“ entlehnt. Die (Maß-)Einheit der elektrischen Spannung ist das Volt (V), benannt nach dem italienischen Physiker *Alessandro Graf Volta* (1745 – 1827).

Nach IEC 60027-1 ist es unzulässig, Einheitenzeichen mit Indizes oder anderen Zusätzen (Zeichen) zu versehen, z. B. V_{eff} oder V_{eff} für Wechselspannungen bzw. deren Effektivwert. Der begriffliche Inhalt einer physikalischen Kenngröße muss eindeutig aus dem Formelzeichen hervorgehen, nicht aus deren (Maß-)Einheit.

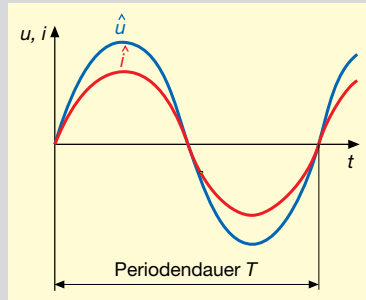
Spannungsebenen

Elektrische Spannungen werden i. Allg. wie folgt unterschieden:

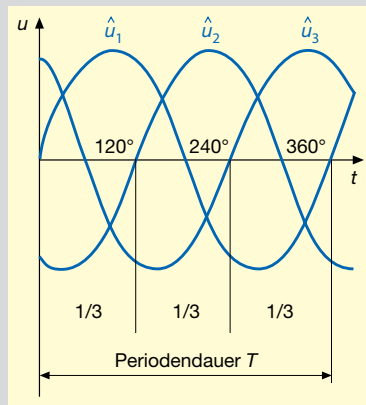
- Kleinspannung (engl. extra-low voltage),
- Niederspannung (engl. low voltage),



❶ Gleichspannung und -strom



❷ Wechselspannung und -strom



❸ Dreiphasen-Wechselspannung

- Mittelspannung (engl. medium voltage),
- Hochspannung (engl. high voltage) und
- Höchstspannung (engl. hyper voltage).

Kleinspannungen können sein:

- Sicherheitskleinspannungen (engl. safety extra-low voltages, Abk. SELV),
- Schutzkleinspannungen mit elektrischer sicherer Trennung (engl. protective extra-low voltages, Abk. PELV)²⁾ oder
- Funktionskleinspannungen ohne elektrischer sichere Trennung (engl. functional extra-low voltages, Abk. FELV).

Die jeweiligen Nennwerte (Bemessungswerte) der genannten Spannungen enthält Tafel ❶. Diese Werte beziehen sich bei Wechselspannungen auf den betreffenden Effektivwert und bei Gleichspannungen auf den arithmetischen Mittelwert.

Tafel ❶ Spannungsebenen

Benennung		Spannungsebenen	
		Wechselspannung	Gleichspannung
Niederspannung	allgemein	$\leq 1000 \text{ V}$	$\leq 1500 \text{ V}$
	Kleinspannung ¹⁾	$\leq 50 \text{ V}$	$\leq 120 \text{ V}$
	Hauptspannung ¹⁾	$> 50 \text{ V} \dots 1000 \text{ V}$	$> 120 \text{ V} \dots 1500 \text{ V}$
Hochspannung	allgemein	$> 1 \text{ kV}$	$> 1,5 \text{ kV}$
	Mittelspannung		$\leq 80 \text{ kV}$
	Höchstspannung		$> 220 \text{ kV}$

1) Nach IEC 60449/CENELEC-HD 193-S2 wird die
 • Kleinspannungsebene als **Spannungsbereich I** und die
 • Hauptspannungsebene als **Spannungsbereich II** bezeichnet.

1) Im praktischen Betrieb schwanken Gleichspannungen, und zwar mit einer vom Kommutator des Gleichstromgenerators herrührenden Welligkeit oder einer Restwelligkeit, die bei der Gewinnung von Gleichspannung aus Wechselspannung verbleibt.

2) Nach DIN VDE 0100-200 werden diese Spannungen auch „Funktionskleinspannungen mit elektrischer sicherer Trennung (PELV)“ genannt.