

# Der korrekte Umgang mit Größen, Einheiten und Gleichungen

# Die gesetzlichen Einheiten

Mehr als 100 Jahre ist es jetzt alt, das erste deutsche „Gesetz, betreffend die elektrischen Maßeinheiten“. Das Jubiläum des Gesetzes gab Anlass, an die Wichtigkeit einheitlicher Schreibweisen zu erinnern, die heute auf dem internationalen Parkett wichtiger denn je sind. In diesem Repetitorium werden die elektrischen Größen und Einheiten dargelegt. Eine umfassende Darstellung der Größen und Einheiten für alle Gebiete der Physik ist in [3] und [4] zu finden.

Durch das Gesetz vom 2. Juli 1969 über Einheiten im Messwesen und die Ausführungsverordnung vom 26. Juni 1970 zum Gesetz über Einheiten im Messwesen wurde das Internationale Einheitensystem SI (Système international d'unités) in das deutsche Recht übernommen. Das Gesetz führt die SI-Basiseinheiten mit ihren Definitionen und die Vorsätze für die dezimalen Vielfachen und Teile von Einheiten auf. Die Ausführungsverordnung enthält die Definition der „Gesetzlichen abgeleiteten Einheiten“. Die elektrischen SI-Einheiten stimmen – bis auf Feinheiten der Definition – mit den im „Gesetz, betreffend die elektrischen Maßeinheiten von 1898“ festgelegten Einheiten überein.

Die EG-Richtlinie von 1981 erforderte eine Novellierung des Einheitengesetzes „Gesetz über Einheiten im Messwesen vom 22. Februar 1985“ und der „Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Messwesen vom 13. Dezember 1985“. Das „Gesetz über die Einheiten im Messwesen und die Zeitbestimmung vom 3. Juli 2008“ fasst das Einheitengesetz, das Eichgesetz und das Zeitgesetz und die zugehörigen Ausführungsbestimmungen zusammen.

Während das Gesetz ausschließlich den geschäftlichen und amtlichen Verkehr als Anwendungsbereich hat, gelten die entsprechenden Normen ohne diese Einschränkung. Die DIN-Normen über Größen, Einheiten, Formelzeichen und Gleichungen sind in den DIN-Taschenbüchern 22 [5] und 202 [6] zusammengefasst.

Tabelle 1: ISO-Basisgrößen und SI-Basiseinheiten			
ISO-Basisgröße		SI-Basiseinheit	
Name	Formelzeichen	Name	Zeichen
Länge	$l$	Meter	m
Masse	$m$	Kilogramm	kg
Zeit	$t$	Sekunde	s
Elektrische Stromstärke	$I$	Ampere	A
Thermodynamische Temperatur	$T, Q$	Kelvin	K
Stoffmenge	$n, \nu$	Mol	mol
Lichtstärke	$I_v$	Candela	cd

Tabelle 2: Abgeleitete elektrische Größen und Einheiten mit besonderen Einheitenzeichen <sup>1)</sup>			
ISO-Größe		Abgeleitete SI-Einheit	
Name	Formelzeichen	Name	Zeichen
Energie	$W$	Joule	J
Leistung	$P$	Watt	W
Elektrische Spannung	$U$	Volt	V
Elektrische Ladung	$Q$	Coulomb	C
Elektrische Kapazität	$C$	Farad	F
Elektrischer Widerstand	$R$	Ohm	$\Omega$
Elektrischer Leitwert	$G$	Siemens	S
Magnetischer Fluss	$F$	Weber	Wb
Magnetische Flussdichte	$B$	Tesla	T
Induktivität	$L$	Henry	H
Frequenz	$f$	Hertz	Hz

<sup>1)</sup> Geht aus dem Kontext eindeutig hervor, dass es sich um elektrische Größen handelt, kann das Adjektiv „elektrisch“ weggelassen werden.

Die deutschen Normen sind mit den zuständigen internationalen Organisationen (ISO und IEC) abgestimmt und beschreiben den international anerkannten Stand der Technik [7]. Die aktuellen internationalen Normen sind in [8] und [13] bis [18] angegeben.

In [8], [9], [10], [11], [12] werden die SI-Einheiten auf Grundlage des Internationalen Größensystems ISO (International System of Quantities) definiert.

Die ISO-Basisgrößen und die SI-Basiseinheiten sind in Tabelle 1 zusammengestellt; die für die Elektrotechnik wichtigen abgeleiteten Größen mit besonderen Einheiten erscheinen in Tabelle 2. Tabelle 3 enthält die Vorsätze und Vorsatzzeichen für dezimale Teile und Vielfache von Einheiten. Die Vorsätze beziehungsweise Vorsatzzeichen werden ausschließlich zusammen mit Einheitenamen beziehungsweise Einheitenzeichen verwendet. Ein Vorsatzzeichen wird ohne Zwischenraum vor das Einheitenzeichen geschrieben; es bildet mit dem Einheitenzeichen das Zeichen einer neuen Einheit.

SI-Einheiten dürfen nicht anders als in Gesetz und Norm angegeben geschrieben und nicht durch zusätzliche Kennzeichen wie Indizes oder Anhängsel verändert werden.

**Tabelle 3: Vorsätze und Vorsatzzeichen für dezimale Teile und Vielfache von Einheiten**

Vorsatz	Zeichen	Faktor
Yocto	y	$10^{-24}$
Zepto	z	$10^{-21}$
Atto	a	$10^{-18}$
Femto	f	$10^{-15}$
Piko	p	$10^{-12}$
Nano	n	$10^{-9}$
Mikro	$\mu$	$10^{-6}$
Milli	m	$10^{-3}$
Zenti	c	$10^{-2}$
Dezi	d	$10^{-1}$
Deka	da	$10^1$
Hekto	h	$10^2$
Kilo	k	$10^3$
Mega	M	$10^6$
Giga	G	$10^9$
Tera	T	$10^{12}$
Peta	P	$10^{15}$
Exa	E	$10^{18}$
Zetta	Z	$10^{21}$
Yotta	Y	$10^{24}$

Physikalische Phänomene werden qualitativ und quantitativ durch physikalische Größen beschrieben. Jeder spezielle Wert einer Größe kann als Produkt aus Zahlenwert und Einheit dargestellt werden. Wenn sich die Einheit ändert (zum Beispiel durch den Gebrauch einer Einheit mit Vorsatzzeichen), dann ändert sich auch der Zahlenwert. Das Produkt aus Zahlenwert und Einheit bleibt dabei konstant; es ist invariant gegenüber einem Wechsel der Einheit. Beispiel: Bei den Angaben  $U = 0,1 \text{ V}$  und  $U = 100 \text{ mV}$  handelt es sich um denselben Größenwert.

Formelzeichen für physikalische Größen sollen aus nur einem Buchstaben bestehen. Sie sind international in der Normenreihe IEC 60027 ([13], [15] und [17]) und im IEC 112 [11] festgelegt. Diese Normen sind vom CENELEC als Europa-Normen (EN) und vom DIN als Deutsche Normen übernommen worden ([14], [16] und [18]); die deutsche Übersetzung des IEC 112 [12] wurde von der DKE herausgegeben.

Bei Benutzung mehrerer Buchstaben besteht die Gefahr, dass das Zeichen in Gleichungen als Produkt mehrerer Größen missdeutet wird. Deshalb sollten aus mehreren Buchstaben bestehende Abkürzungen von Bezeichnungen nicht als Formelzeichen von Größen verwendet werden. Wenn eine bestimmte Bedeutung eines Formelzeichens gekennzeichnet werden soll, dann kann das allgemeine Formelzeichen Buchstaben oder Zahlen als Indizes erhalten.

Größen gleicher Art werden in der gleichen Einheit angegeben. Sie werden entweder durch unterschiedliche Formelzeichen oder durch Formelzeichen mit Index unterschieden. Beispiele für Größen gleicher Art enthält Tabelle 4.

**Tabelle 4: Beispiele für Größen gleicher Art**

Größe		Einheit	
Name	Formelzeichen	Name	Formelzeichen
Länge	$l$	Meter	m
Breite	$b$	Meter	m
Höhe	$h$	Meter	m
Frequenz	$f$	Hertz	Hz
Resonanzfrequenz	$f_r, f_{\text{res}}$	Hertz	Hz
Bandbreite	$B, f_B$	Hertz	Hz
elektrische Spannung	$U$	Volt	V
Effektivwert einer Spannung	$U_{\text{eff}}$	Volt	V
Komplexe Amplitude einer Sinusspannung	$\underline{\hat{U}}$	Volt	V
Leistung	$P$	Watt	W
Signalleistung	$P_s$	Watt	W
Rauschleistung	$P_n$	Watt	W
Wirkleistung	$P, P_p$	Watt	W
Blindleistung	$Q, P_q$	Watt	W (auch var)
Scheinleistung	$S, P_s$	Watt	W (auch VA)

# Gleichungen

Die Begriffe Größengleichung, zugeschnittene Größengleichung und Zahlenwertgleichung sowie die Beziehung „Größenwert gleich Zahlenwert mal Einheit“ gehen auf Arbeiten von Julius Wallot und anderen aus den Jahren 1922 bis 1933 zurück. Die Diskussionen über diese Thematik führten zu der Erstausgabe der Norm „DIN 1313 (1931): Schreibweise physikalischer Gleichungen“. Die aktuelle Ausgabe dieser Norm ist [19].

## Größengleichungen

Größengleichungen sind Gleichungen, in denen die Formelzeichen physikalische Größen oder mathematische Zeichen bedeuten ([3], [4], [8], [11], [12], [19]). Diese Gleichungen sind von der Wahl der Einheiten unabhängig. Bei der Auswertung von Größengleichungen sind für die Formelzeichen der Größen die Produkte aus Zahlenwert und Einheit einzusetzen. Zahlenwerte und Einheiten werden in Größengleichungen als selbständige Faktoren behandelt.

Beispiel: Die Gleichung

$$U = R \cdot I$$

liefert immer dasselbe Ergebnis, unabhängig davon, in welchen Einheiten der Widerstand  $R$  und der Strom  $I$  angegeben werden, falls stets für  $R$  und  $I$  die zugehörigen Produkte aus Zahlenwert und Einheit eingesetzt werden.

## Zugeschnittene Größengleichungen

Zugeschnittene Größengleichungen sind Größengleichungen, in denen jede Größe durch eine zugehörige Einheit dividiert erscheint [19].

Beispiel:

$$U/\text{kV} = 10^{-3} \cdot (R/\Omega) \cdot (I/\text{A})$$

Die Klammern können weggelassen werden, wenn die Zuordnung von Größen und Einheiten ohne Klammern ersichtlich ist, zum Beispiel auf der linken Seite der obigen Gleichung oder bei Verwendung waagerechter Bruchstriche:

$$\frac{U}{\text{kV}} = 10^{-3} \cdot \frac{R}{\Omega} \cdot \frac{I}{\text{A}}$$

Die zugeschnittene Größengleichung hat den Vorteil, dass die Quotienten aus Größe und Einheit unmittelbar die Zahlenwerte bei den angegebenen Einheiten darstellen. Die Gleichungen bleiben auch richtig, wenn für die Größen die Produkte aus Zahlenwert und Einheit in anderen Einheiten eingesetzt werden. Daraus ergeben sich dann zusätzliche Umrechnungen der Einheiten. Die zugeschnittene Größengleichung eignet sich in erster Linie zur Darstellung von Ergebnissen.

## Zahlenwertgleichungen

Zahlenwertgleichungen sind Gleichungen, in denen die Formelzeichen Zahlenwerte physikalischer Größen oder mathematische Zeichen bedeuten. Diese Gleichungen sind von der Wahl der Einheiten abhängig.

Zahlenwertgleichungen sollten nicht verwendet werden, sie gelten als veraltet. Sie müssen nach DIN 1313 [19] und ISO 80000-1 [8] als Zahlenwertgleichungen gekennzeichnet werden; für alle Größen sind die Einheiten anzugeben.

Bei der Verwendung kohärenter Einheiten stimmen die Zahlenwertgleichungen mit den entsprechenden Größengleichungen überein. Bei der Verwendung gleicher Formelzeichen für Größen und Zahlenwerte ist nicht erkennbar, ob es sich um eine Größengleichung oder um eine Zahlenwertgleichung handelt.

Zur Kennzeichnung von Zahlenwert und Einheit einer Größe werden in den Normen geschweifte und eckige Klammern verwendet in der folgenden Bedeutung:

$\{U\}$  Zahlenwert der Größe  $U$

$[U]$  Einheit der Größe  $U$

$U = \{U\} \cdot [U]$  Größe = Zahlenwert · Einheit

Den einschlägigen Normen widerspricht es, in Gleichungen den Größensymbolen die Einheiten in rechteckigen Klammern anzufügen oder die Einheiten vor, neben oder unter den Gleichungen in rechteckigen Klammern anzugeben.

Negativbeispiele:

$U [\text{kV}] = 10^{-3} \cdot R [\Omega] \cdot I [\text{A}]$  falsch!

$U = 10^{-3} \cdot R \cdot I$   $U [\text{kV}], R [\Omega], I [\text{A}]$  falsch!

Diese Schreibweisen sind keinesfalls zu verwenden. Soll nur der Zusammenhang zwischen den Zahlenwerten dargestellt werden, ist die Form der zugeschnittenen Größengleichung zu bevorzugen. Korrekt sind hingegen die Angaben  $U$  in kV,  $R$  in  $\Omega$ ,  $I$  in A. Diese Schreibweise hat den Vorteil, dass sie im Englischen gleichlautend ist.

# Logarithmierte Größenverhältnisse, Dämpfungs- und Übertragungsmaß

Mit -maß wird ein logarithmiertes Verhältnis zweier elektrischer Größen bezeichnet, das zur Kennzeichnung der Eigenschaften eines Zweitors oder einer Übertragungsstrecke dient [20]. Als Einheit wird das Dezibel (dB) verwendet. Die Argumente des Logarithmus sind Größenverhältnisse der Dimension 1 (Zahlenwerte). Die Einheit dB hat ebenfalls die Dimension 1 und wird deshalb auch als „Pseudoeinheit“ bezeichnet. Sie ist keine SI-Einheit. Sie soll jedoch – ebenso wie die SI-Einheiten – nicht durch Zusätze verändert werden. Die Funktion „lg“ bezeichnet den Logarithmus zur Basis 10; „log“ steht für die allgemeine Logarithmusfunktion.

## Definition für Leistungsgrößen

Beispiel: Wirkleistungen

Leistungsdämpfungsmaß eines Zweitors:

$$A_p = \left( 10 \lg \frac{P_1}{P_2} \right) \text{dB}$$

Leistungsgewinnmaß (Verstärkungsmaß) eines Zweitors:

$$G_p = \left( 10 \lg \frac{P_2}{P_1} \right) \text{dB}$$

## Definition für Größen, deren Quadrat einer Leistungsgröße proportional ist

Beispiel: komplexe Amplituden oder Effektivwerte von Wechselspannungen

Spannungsdämpfungsmaß eines Zweitors:

$$A_U = \left( 20 \lg \left| \frac{U_1}{U_2} \right| \right) \text{dB} = \left( 20 \lg \frac{U_{1\text{eff}}}{U_{2\text{eff}}} \right) \text{dB}$$

Spannungsgewinnmaß (Verstärkungsmaß) eines Zweitors:

$$G_U = \left( 20 \lg \left| \frac{U_2}{U_1} \right| \right) \text{dB} = \left( 20 \lg \frac{U_{2\text{eff}}}{U_{1\text{eff}}} \right) \text{dB}$$

Diese Größen wurden bisher als Feldgrößen bezeichnet, diese Benennung ist jedoch irreführend. Leistungs- und Energiedichten sind zugleich Feldgrößen und Leistungsgrößen. Elektrische Spannung und elektrische Stromstärke sind keine Feldgrößen, sondern Integrale über Feldgrößen. Deshalb wurde in ISO 80000-1 [8] die Benennung „root power quantity“ (deutsch: „Leistungswurzelgröße“) eingeführt.

Diese Benennung wird voraussichtlich auch in die nächsten Versionen der Normenreihe IEC 60027 und in DIN 5493 übernommen.

# Logarithmierte Größenverhältnisse, Pegel

Als Pegel wird das logarithmierte Verhältnis zweier elektrischer Größen bezeichnet, wenn die Nennergröße der festgelegte Wert einer Bezugsgröße gleicher Dimension wie die Zählergröße ist [17], [18], [20]. Als Einheit wird das Dezibel (dB) verwendet. Der Wert der Bezugsgröße sollte bei der Nennung der Zahlenwerte von Pegeln stets angegeben werden. Als Kurzform dieser Angabe kann die Bezugsgröße in Klammern hinter das dB-Zeichen gesetzt werden. Wenn der Zahlenwert der Bezugsgröße gleich 1 ist, dann kann diese 1 in der Klammer weggelassen werden. Um zu kennzeichnen, dass es sich nicht um eine besondere Einheit handelt, sondern nur um die Angabe des Bezugswertes, sollte zwischen dem Einheitenzeichen dB und dem Klammersymbol ein Zwischenraum eingefügt werden (siehe [17], [18]). In [17] und [18] sind zusätzlich einige Kurzformen angegeben, die von der Internationalen Fernmeldeunion ITU/UIT eingeführt wurden [21]. Bei diesen Kurzformen wird unmittelbar an die Bezeichnung dB zur Kennzeichnung des Bezugswertes ein Buchstabe oder eine Zeichenfolge angehängt. Die Kurzbezeichnungen sollten gemäß IEC 60027-3 ([17], [18]) vermieden werden.

## Definition für Leistungsgrößen

Beispiel: Leistung  $P$ , Bezugswert  $P_0$

$$L_P(\text{re } P_0) = L_{P/P_0} = 10 \lg \frac{P}{P_0} \text{ dB}$$

## Definition für Größen, deren Quadrat einer Leistungsgröße proportional ist

Beispiel: Spannung  $U$ , Bezugswert  $U_0$

$$L_U(\text{re } U_0) = L_{U/U_0} = 20 \lg \frac{U}{U_0} \text{ dB}$$



In Tabelle 5 sind einige Pegeldefinitionen und Kurzzeichen angegeben. Weitere in der Nachrichtenübertragungstechnik gebräuchliche Pegelangaben sind in IEC 60027-2 [15], [16] zu finden.

Die Differenz zweier Pegel ist ein Maß. Wird zu einem Pegel ein Maß addiert, entsteht wieder ein Pegel. Diese Rechenoperation entspricht nur dann den Regeln der Algebra, wenn Pegel und Maß in der gleichen Einheit dB ohne Zusätze eingesetzt werden. Die Kurzformen in den Spalten 5 und 6 von Tabelle 5 sind deshalb nur zur Angabe von Messwerten und Ergebnissen geeignet. Generell sollen Hinweiszeichen für Bezugswerte und Messverfahren am Größensymbol, nicht an der Einheit angebracht werden. Dies gilt nicht nur für die SI-Einheiten, sondern auch für die Einheit Dezibel.

## Beziehung zwischen Pegeln der elektrischen und magnetischen Feldstärke

Die Feldstärken sind durch die Gleichung  $E_{\text{eff}} = Z_F \cdot H_{\text{eff}}$  verknüpft,  $Z_F$  ist der Feldwellenwiderstand.

Umrechnung in Pegel:

$$\begin{aligned} 20 \lg\left(\frac{E_{\text{eff}}}{1 \mu\text{V/m}}\right) \text{ dB} &= 20 \lg\left(\frac{H_{\text{eff}}}{1 \mu\text{A/m}} \cdot \frac{Z_F}{1 \Omega}\right) \text{ dB} \\ &= 20 \lg\left(\frac{H_{\text{eff}}}{1 \mu\text{A/m}}\right) \text{ dB} + 20 \lg\left(\frac{Z_F}{1 \Omega}\right) \text{ dB} \end{aligned}$$

Mit dem Ausdruck

$$A_{Z/\Omega} = 20 \lg\left(\frac{Z_F}{1 \Omega}\right) \text{ dB}$$

und den in Tabelle 5 definierten Formelzeichen kann die Beziehung zwischen den Feldstärkepegeln wie folgt beschrieben werden:

$$L_{E/(\mu\text{V/m})} = L_{H/(\mu\text{A/m})} + A_{Z/\Omega}$$

Für den Term  $A_{Z/\Omega}$  wird die Benennung „Impedanz-Wandlungsmaß“ vorgeschlagen. Er ist kein Pegel, denn der Bezugswert ist weder eine Leistungsgröße noch eine Leistungswurzelgröße. Als Kurzbezeichnung kann dB ( $\Omega$ ) verwendet werden. Die Bezeichnung dB $\Omega$  sollte vermieden werden.

Tabelle 5: Beispiele von Pegeldefinitionen mit verschiedenen Bezugsgrößen					
Größe Bezugswert	Formelzeichen		Pegel, Definition	Einheit, Kurzform	
	ausführlich	kurz		IEC	ITU/UIT
Elektrische Leistung Bezugswert 1 mW	$L_P$ (re 1 mW)	$L_{P/mW}$	$10 \lg\left(\frac{P}{1 \text{ mW}}\right) \text{ dB}$	dB (mW)	dBm
Elektrische Spannung Bezugswert 1 V	$L_U$ (re 1 V)	$L_{U/V}$	$20 \lg\left(\frac{U_{\text{eff}}}{1 \text{ V}}\right) \text{ dB}$	dB (V)	dBV
Elektrische Spannung Bezugswert 1 $\mu\text{V}$	$L_U$ (re 1 $\mu\text{V}$ )	$L_{U/\mu\text{V}}$	$20 \lg\left(\frac{U_{\text{eff}}}{1 \mu\text{V}}\right) \text{ dB}$	dB ( $\mu\text{V}$ )	dB $\mu\text{V}$
Elektrische Feldstärke Bezugswert 1 $\mu\text{V/m}$	$L_E$ (re 1 $\mu\text{V/m}$ )	$L_{E/(\mu\text{V/m})}$	$20 \lg\left(\frac{E_{\text{eff}}}{1 \mu\text{V/m}}\right) \text{ dB}$	dB ( $\mu\text{V/m}$ )	nicht: dB $\mu\text{V/m}$
Magnetische Feldstärke Bezugswert 1 $\mu\text{A/m}$	$L_H$ (re 1 $\mu\text{A/m}$ )	$L_{H/(\mu\text{A/m})}$	$20 \lg\left(\frac{H_{\text{eff}}}{1 \mu\text{A/m}}\right) \text{ dB}$	dB ( $\mu\text{A/m}$ )	nicht: dB $\mu\text{A/m}$
Relativer Störpegel Trägerleistung $P_c$ Störsignalleistung $P_n$	$L_n$ (re $P_c$ )	$L_{n,P_c}$	$10 \lg\left(\frac{P_n}{P_c}\right) \text{ dB}$	dB ( $P_c$ )	dBc

# Schreibweisen

Die Schreibweisen für Größen und Einheiten sind in [8] international genormt, siehe auch [1] bis [4].

## Kursivschrift

In Kursivschrift werden geschrieben:

- Formelzeichen für physikalische Größen, z.B.  $m$  (Masse);  $U$  (elektrische Spannung)
- Formelzeichen für Variablen, z.B.  $x$ ;  $n$
- Funktions- und Operatorzeichen mit frei wählbarer Bedeutung, z.B.  $f(x)$

Für diese Formelzeichen wird ein Serifen-Schrifttyp (zum Beispiel Times) empfohlen.

## Steilschrift

In Steilschrift werden geschrieben:

- Einheiten und ihre Vorsätze, z.B. m; kg; s; pF; V; dB
- Zahlen, z.B. 4,5; 67; 8fach; 1/2
- Funktions- und Operatorzeichen mit feststehender Bedeutung, z.B. sin; lg;  $\pi$
- Chemische Elemente und Verbindungen, z.B. Cu; H<sub>2</sub>O

Für diese Formelzeichen wird ein serifenloser Schrifttyp (zum Beispiel Arial) empfohlen.

Diese Schreibregeln ermöglichen eine deutliche Unterscheidung zwischen den Formelzeichen für Größen und Einheiten.

# Angabe von Größenwerten in Tabellen und Diagrammen

Empfehlungen zur Beschriftung von Koordinatenachsen in grafischen Darstellungen und von Tabellenköpfen enthält [4]. In den Tabellen 6 und 7 sind Beispiele für falsche und richtige Beschriftungen von Tabellenköpfen und Koordinatenachsen gegeben.

Die Beschriftung der Anzeige von Messgeräten sollte ebenfalls an diesen Empfehlungen ausgerichtet sein. Wegen der Vielfalt der Funktionen moderner elektronischer Messgeräte und der Beschränkung von Platz und Zeichenvorrat gibt es besondere Probleme; in manchen Fällen müssen Kompromisse eingegangen werden.

**Tabelle 6: Beschriftung von Tabellenköpfen und Koordinatenachsen**

richtig					falsch <sup>2)</sup>		
$U$	$U/V$	$U$ in V	$E/(V/m)$	$E$ in V/m	$U [V]$	$U [V]$	$U$ in [V]
0,1 V	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
0,2 V	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
...	...	...	...	...	...	...	...

<sup>2)</sup> Einheiten nicht in rechteckige Klammern setzen.

**Tabelle 7: Beschriftung von Tabellenköpfen und Koordinatenachsen für große Wertebereiche**

richtig			falsch <sup>3)</sup>
$P/W$	$P/W$	$P$	$P/W$
1	1	1 W	1
$1 \cdot 10^{-3}$	$10^{-3}$	1 mW	1 m
$1 \cdot 10^{-6}$	$10^{-6}$	1 $\mu$ W	1 $\mu$
$1 \cdot 10^{-9}$	$10^{-9}$	1 nW	1 n

<sup>3)</sup> Vorsatzzeichen nicht getrennt verwenden.

# Häufige Fehler

Bei der Durchsicht von Fachzeitschriften, technischen Dokumentationen und Vortragsmanuskripten sind im Umgang mit Größen, Einheiten und Gleichungen zahlreiche Verstöße gegen die einschlägigen nationalen und internationalen Normen zu finden.

Eine insbesondere im Bereich der Elektrotechnik verbreitete Unsitte ist es, Einheiten mit Index zu versehen. Dies ist nicht nur ein Verstoß gegen die einschlägigen Normen, sondern auch gegen das Einheitengesetz. Ein solcher Index gehört stets an das Größensymbol, nicht an das Einheitensymbol. Als Folge dieses Missbrauchs werden Umrechnungen zwischen Einheiten angegeben, obwohl Umrechnungen zwischen Größen gemeint sind. Besonders problematisch ist in dieser Hinsicht die Einheit Dezibel (dB). Alle Probleme mit den verschiedenen Anwendungen vereinfachen sich, wenn anstelle spezieller Einheiten die entsprechenden Größen definiert werden und der Bezugswert als Index am Größensymbol angebracht wird.

Ein weiterer Verstoß gegen die Normen ist es, wenn die Einheit in rechteckigen Klammern neben das Größensymbol gesetzt wird. Leider ist diese Unsitte weit verbreitet. Wenn zusätzlich zur Größe die Einheit angegeben werden soll, dann wird die Form der zugeschnittenen Größengleichung empfohlen.

Zur Überprüfung von Manuskripten sind die in [3] und [4] enthaltenen Check-Listen zu empfehlen.

Dr. Klaus H. Blankenburg

# Literaturangaben

Referenznummer	Referenz
[1]	Le Système international d'unités/The International System of Units (8e edition, 2006) ( www.bipm.fr).
[2]	Das Internationale Einheitensystem (SI), Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig (2007) (Deutsche Fassung von [1], www.ptb.de).
[3]	Taylor, B.N.: Guide for the Use of the International System of Units (SI), Gaithersburg, 1995 (NIST Special Publication 811).
[4]	Drath, P.: Leitfaden für den Gebrauch des Internationalen Einheitensystems. Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig (1996). (Deutsche Fassung von [3], www.ptb.de).
[5]	DIN-Taschenbuch 22 (AEF-Taschenbuch 1): Einheiten und Begriffe für physikalische Größen DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 9. Auflage 2009.
[6]	DIN-Taschenbuch 202 (AEF-Taschenbuch 2): Formelzeichen, Formelsatz, mathematische Zeichen und Begriffe DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 3. Auflage 2009.
[7]	Garlichs, G.: Grundlegende Normung für die Elektrotechnik. telekom praxis (8/93).
[8]	ISO 80000-1: 2009, Quantities and units – Part 1: General.
[9]	International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM), 3rd edition JCGM 200: 2008 (E/F) (www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_200_2008.pdf).
[10]	Internationales Wörterbuch der Metrologie – Grundlegende und allgemeine Begriffe und zugeordnete Benennungen (VIM) Englisch/deutsche Fassung von [9] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 3. Auflage 2010 (D/E).
[11]	IEC 60050-112: 2010, IEC PART 112: QUANTITIES AND UNITS (E/F) (www.electropedia.org).
[12]	IEV Internationales elektrisches Wörterbuch Teil 112: 2010: Größen und Einheiten (D/E/F) (www.dke.de/DKE-IEV).
[13]	IEC 60027-1: 1992, Letter symbols to be used in electrical technology – Part 1: General.
[14]	DIN EN 60027-1: 2007, Formelzeichen für die Elektrotechnik – Teil 1: Allgemeines (Deutsche Fassung von [13]).
[15]	IEC 60027-2: 2000, Letter symbols to be used in electrical technology – Part 2: Telecommunications and electronics.
[16]	DIN EN 60027-2: 2007, Formelzeichen für die Elektrotechnik – Teil 2: Telekommunikation und Elektronik (Deutsche Fassung von [15]).
[17]	IEC 60027-3: 2004, Letter symbols to be used in electrical technology – Part 3: Logarithmic and related quantities, and their units.
[18]	DIN EN 60027-3: 2007, Formelzeichen für die Elektrotechnik – Teil 3: Logarithmische und verwandte Größen und ihre Einheiten (Deutsche Fassung von [17]).
[19]	DIN 1313: 1998, Größen.
[20]	DIN 5493-2: 1994, Logarithmische Größen und Einheiten – Teil 2: Logarithmierte Größenverhältnisse, Maße, Pegel in Neper und Dezibel.
[21]	ITU-R V.574-4: 2000, Use of the decibel and the neper in telecommunications.

## Bezeichnungen der zitierten Institutionen

- JCGM: Joint Committee for Guides in Metrology
- BIPM: International Bureau of Weights and Measures
- ISO: International Organization for Standardization
- IEC: International Electrotechnical Commission
- CENELEC: Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
- DIN: Deutsches Institut für Normung
- DKE: Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE
- PTB: Physikalisch-Technische Bundesanstalt

## Service Ihres Vertrauens

- ▮ Weltweit
- ▮ Lokal und persönlich
- ▮ Flexibel und maßgeschneidert
- ▮ Kompromisslose Qualität
- ▮ Langfristige Sicherheit

## Rohde & Schwarz

Der Elektronikkonzern Rohde & Schwarz ist ein führender Lösungsanbieter in den Arbeitsgebieten Messtechnik, Rundfunk, Funküberwachung und -ortung sowie sichere Kommunikation. Vor mehr als 75 Jahren gegründet, ist das selbstständige Unternehmen mit seinen Dienstleistungen und einem engmaschigen Servicenetz in über 70 Ländern der Welt präsent. Der Firmensitz ist in Deutschland (München).

## Der Umwelt verpflichtet

- ▮ Energie-effiziente Produkte
- ▮ Kontinuierliche Weiterentwicklung nachhaltiger Umweltkonzepte
- ▮ ISO 14001-zertifiziertes Umweltmanagementsystem

Certified Quality System  
**ISO 9001**

## Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG

[www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com)

## Kontakt

- ▮ Europa, Afrika, Mittlerer Osten  
+49 89 4129 123 45  
[customersupport@rohde-schwarz.com](mailto:customersupport@rohde-schwarz.com)
- ▮ Nordamerika  
1 888 TEST RSA (1 888 837 87 72)  
[customer.support@rsa.rohde-schwarz.com](mailto:customer.support@rsa.rohde-schwarz.com)
- ▮ Lateinamerika  
+1 410 910 79 88  
[customersupport.la@rohde-schwarz.com](mailto:customersupport.la@rohde-schwarz.com)
- ▮ Asien/Pazifik  
+65 65 13 04 88  
[customersupport.asia@rohde-schwarz.com](mailto:customersupport.asia@rohde-schwarz.com)

R&S® ist eingetragenes Warenzeichen der Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG  
Eigennamen sind Warenzeichen der jeweiligen Eigentümer | Printed in Germany (sk)  
PD 5214.5061.61 | Version 03.00 | August 2011 | Größen, Einheiten und Gleichungen  
Daten ohne Genauigkeitsangabe sind unverbindlich | Änderungen vorbehalten  
© 1999 - 2011 Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG | 81671 München, Germany



5214506161