

2.1 Einführung

Thema des vorliegenden Handbuches ist die Elektrizitätsmesstechnik für Abrechnungszwecke. Der Handlungsrahmen für die Fachleute dieses speziellen Messtechnikgebietes wird durch Regeln für Produkte und Prozesse sowie für mathematisch-physikalische Messgrößen-Definitionen bestimmt. Diese Regeln und Konventionen erzeugen Ordnung und sorgen für eine effiziente, effektive und unmissverständliche Kommunikation zwischen den Branchenakteuren. An der Regel-Erarbeitung mitzuwirken und so zur naturwissenschaftlichen Richtigkeit, Zweckmäßigkeit und ökonomischen Angemessenheit der Regeln beizutragen, dient dem Gemeinwohl und gleichzeitig dem eigenen Kompetenzaufwuchs. Notwendige Voraussetzung für das Zustandekommen guter Regeln ist die Zusammenarbeit aller betroffenen Kreise in den einschlägigen Komitees, Lenkungsgruppen, Projektgruppen, Arbeitskreisen und Arbeitsausschüssen und der dort erfolgreich herbeigeführte Interessenausgleich. Die im politischen System Deutschlands gut funktionierende Balance zwischen Staat und Privat hat einen ihrer wichtigsten Gründe in dem Engagement der Betroffenen in Gremien, gleich, ob sie von Behörden, von Verbänden oder von Normungsorganisationen gebildet und getrieben werden.

Hinsichtlich ihrer Beständigkeit unterscheiden sich die Regeln für Produkte und Prozesse erheblich von denen für mathematisch-physikalische Messgrößen-Definitionen. Die Geschwindigkeit der Entwicklung von Regeln für Produkte und Prozesse ist eng an die Geschwindigkeit der Entwicklung des technischen Fortschritts gekoppelt: Neue technische Möglichkeiten erfordern neue Regeln. Angaben dazu in gedruckter Literatur sind von schnellem Veralten bedroht. Aus diesem Grunde beschränkt sich der Abschnitt 2.2 in diesem Fall auf Quellenverweise im Internet. Es ist zu erwarten, über die angegebenen Webseiten mit einer gewissen Nachhaltigkeit aktuelle Informationen über entsprechende Regelwerke zu erhalten. Die Quellen sind zum Teil auch in Kapitel 1 dieses Buches genannt und erläutert. Sie werden hier bewusst in einem anderen Gesamtzusammenhang wiederholt.

Regeln für mathematisch-physikalische Messgrößen-Definitionen sind dagegen weniger an den technischen Fortschritt als an Naturgesetze gekoppelt. Änderungen von Definitionen oder Neuschöpfungen sind sehr selten. Der Kapitelabschnitt 2.3 führt deshalb die in der Elektrizitätsmesstechnik am häufigsten benötigten Regeln explizit auf.

2.2 Regeln für Produkte und Prozesse

Wenn hier über Regeln für Produkte gesprochen wird, dann sind damit in erster Linie *Produktanforderungen* gemeint. Mit Regeln für Prozesse sind Verwendungsvorschriften wie Arbeits- und Verfahrensanweisungen, Verwendungsaufgaben, Handlungsanweisungen und Ähnliches gemeint. Quellen können Richtlinien, Gesetze, Verordnungen, Normen und Standards wie Lastenhefte sein. Um Dokumente hierzu im Internet zu finden, führt wegen der in der Regel eindeutigen Dokumentbezeichnungen die Nutzung einer Internet-Suchmaschine erfahrungsgemäß relativ schnell zum Ziel. Die Unterpunkte 2.2.1 bis 2.2.3 helfen dabei mit Tipps.

2.2.1 Europäische Richtlinien

Die Hauptanwendungsfälle der Elektrizitätsmesstechnik betreffen Wirkverbrauchsmessungen im Verbraucherbereich Haushalt, Gewerbe und leichte Industrie. Anforderungen an Zähler in diesem Bereich sind im deutschen Mess- und Eichgesetz und den zugehörigen Durchführungsverordnungen geregelt, die zu diesem Thema die europäische Richtlinie „2014/32/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung von Messgeräten auf dem Markt“ (siehe auch Kapitel 1) in deutsches Recht umsetzen. Zur Veröffentlichung von Richtlinien und deren Entwicklungsgeschichte betreibt die Europäische Union ein leistungsfähiges Webportal:

<http://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

2.2.2 Deutsche Gesetze, Verordnungen und Anerkannte Regeln der Technik

Die staatliche Regulierung im Bereich der Elektrizitätsmesstechnik erfolgt insbesondere über das

- Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende vom 29. August 2016 bzw. das in diesem Artikel-Gesetz enthaltene Messstellenbetriebsgesetz (MsbG) sowie das
- Gesetz über das Inverkehrbringen und die Bereitstellung von Messgeräten auf dem Markt, ihre Verwendung und Eichung sowie über Fertigpackungen (Mess- und Eichgesetz – MessEG) vom 25. Juli 2013 mit der dazugehörigen Mess- und Eichverordnung.

Die Texte sind in rechtlich verbindlicher Form über die Webseiten des Bundesanzeiger-Verlages zu beziehen:

<https://www.bundesanzeiger.de>

Dokumente müssen hier in der Regel gekauft werden, wenn sie be- oder verarbeitet werden sollen. Für den alltäglichen Gebrauch ist deshalb das Angebot des Justizministeriums „Gesetze im Internet“ zu empfehlen, über das die Texte kostenlos erhältlich sind:

<https://www.gesetze-im-internet.de>

Moderne deutsche Gesetze und Verordnungen orientieren sich bezüglich ihres konzeptionellen Aufbaues an dem auf europäischer Ebene gelebten Regelsetzungsparadigma des „New and Global Approach“ (zu Deutsch kurz „Neuer Ansatz“). Dabei beschränken sich die staatlichen Regelungen auf die Vorgabe sogenannter Leistungsanforderungen („Definition des Zieles“). Die Aufgabe des Vorschlagens den Zielen gerecht werdender konstruktiver Spezifikationen („Definition des Weges“) wird Regelsetzungsinstitutionen der Privatwirtschaft überlassen. Kerngedanke ist dabei die Idee, Konstruktionsvorschriften einfach und schnell dem technischen Fortschritt anpassen zu können, ohne dazu auf zeitraubendem, parlamentarischem Weg Richtlinien, Gesetze oder Verordnungen ändern zu

müssen. Dass die vorgeschlagenen Wege auch tatsächlich zum gewünschten Ziel führen, wird über gesetzlich eingerichtete Gremien gesteuert. Im Fall des Messstellenbetriebsgesetzes ist dieses Gremium der gemäß § 27 zu betreibende *Ausschuss Gateway-Standardisierung*. Für das Vorschlagen der konstruktiven Spezifikationen räumt das Gesetz allerdings dem Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik die Richtlinienkompetenz ein. Folgerichtig sind entsprechende Regelungsdokumente auf den Webseiten des BSI zu finden:

https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/DigitaleGesellschaft/SmartMeter/smartmeter_node.html

Im Fall des Mess- und Eichgesetzes ist das Gremium der gemäß § 46 MessEG zu betreibende *Regelermittlungsausschuss (REA)*. Er verfügt über eine eigene Web-Präsentation:

<http://www.ptb.de/cms/metrologische-dienstleistungen/rea.html>

Über diese Webseite sind auch Listen der vom REA ermittelten Regeln verfügbar.

Wie oben bereits erwähnt, ist die Idee des „Neuen Ansatzes“, in privatwirtschaftlicher Eigenverantwortung erarbeitete Regeln zu solchen zu machen, die die Vermutung auslösen, entsprechend konstruierte Geräte erfüllen die Leistungsanforderungen der Gesetze und Verordnungen. Deshalb wird nachfolgend schließlich auf die Quellen solcher privatwirtschaftlichen Regeln hingewiesen.

2.2.3 Normen und Standards

Im Bereich der Elektrizitätsmesstechnik erfolgt die Erarbeitung von Regelvorschlügen in zwei unter dem Dach des VDE Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik betriebenen Suborganisationen (siehe hierzu auch Kapitelabschnitte 1.3.5.1 bis 1.3.5.3): die Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE „DKE“ und das Forum für Netztechnik und Netzbetrieb „FNN“.

<https://www.dke.de/de>

<https://www.vde.com/de/fnn>

Für die Regelsetzungsarbeit hat der VDE sich eigene Regeln gegeben. Dabei ist von besonderer Wichtigkeit das Dokument VDE 0022 „Satzung für das Vorschriftenwerk des VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.“ Dieses regelt, welche Arten von VDE-Vorschriften von welchen VDE-Gremien erarbeitet werden können. Für die Grundsätze des operativen Vorgehens bei der eigenen Arbeit haben sich beide Suborganisationen unterschiedliche Vorschriften gegeben. Bei der DKE heißt das Dokument DKE – GN 2 – 1:2014-12 Normungsarbeit; Grundsätze. Beim FNN heißen die Leitlinien der Arbeit VDE-AR-N 4000 „Anwendungsregel:2010-01 Erarbeitung von VDE-Anwendungsregeln im FNN“. Für weitere Einzelheiten wenden sich Interessierte am besten direkt über die auf oben genannten Webseiten angegebenen Kontakte an die zuständigen Untergremien:

Bei der DKE:

Komitee 461 „Elektrizitätszähler“ (ab 2017 „Messeinrichtungen und -systeme für Elektrizität“)

Komitee 471 „Messwandler“

Beim FNN:

Lenkungsreis „Zähl- und Messwesen“

2.3 Regeln für mathematisch-physikalische Messgrößen-Definitionen

Die Standardisierung der Benennung elektrischer Größen, die für die Elektrizitätstechnik eine Rolle spielen, erfolgt im Wesentlichen durch die Norm DIN 40 110, Teil 1 „Wechselstromgrößen – Zweileiter-Stromkreise“, März 1994. Tabelle 2.1 gibt die am häufigsten gefragten Festlegungen aus der Norm wieder. Dazu noch der Hinweis, dass bei Angaben für Wechselgrößen, soweit nicht ausdrücklich anders beschrieben, periodische Sinusform angenommen wird.

Bezeichnung	Abkürzung	Definition
Spannung (allgemein)	Buchstabe U	–
Stromstärke (allgemein)	Buchstabe I	–
Augenblickswert der Spannung *)	$u = u(t)$	–
Gleichspannung (allg.) *)	U_-	–
Wechselspannung (allg.) *)	u_-	–
Mischspannung *)	u	$U_- + u_-$
Effektivwert der Spannung *)	U	$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 \cdot dt}$
Scheitelwert der Spannung *)	\hat{u}	Größter Betrag der Augenblickswerte einer Wechselspannung
Spannungsamplitude *)	\hat{u}	Scheitelspannung bei sinusförmigem Kurvenverlauf
Frequenz	f	–
Periodendauer	T	$f = 1/T$
Kreisfrequenz	ω	$2\pi f$
Sinusspannung *)	u	$\hat{u} \cos(\omega t + \varphi_u)$
Nullphasenwinkel der Spannung *)	φ_u	siehe Bild 2.2
Phasenverschiebungswinkel	φ	$\varphi_u - \varphi_i$ (siehe Bild 2.2)
„Spannung eilt dem Strom vor“		$0 < \varphi \leq \pi$
„Spannung eilt dem Strom nach“		$-\pi \leq \varphi < 0$

Komplexer Augenblickswert *)	\underline{u}	$\hat{u}(\cos(\omega t + \varphi_u) + j \sin(\omega t + \varphi_u)) = \sqrt{2} U e^{j(\omega t + \varphi_u)}$ <i>Hinweis:</i> Reine Sinusgrößen konstanter Frequenz lassen sich vorteilhaft in komplexer Form schreiben. Hauptnutzen: Bei algebraischen Rechnungen mit den Wechselgrößen braucht nicht explizit mit Winkelfunktionen gerechnet zu werden. Bei der Algebra mit komplexen Zahlen sind Amplituden und Nullphasenwinkel immer gleichzeitig, implizit Gegenstand der Rechenoperationen. Eine Zerlegung in Amplitude und Winkel braucht erst im Endergebnis wieder zu erfolgen. (siehe DIN 5483-3)
Komplexer Effektivwert *)	\underline{U}	$U e^{j\omega t}$ mit $\hat{u} = \hat{u} e^{j\omega t}$
Augenblickswert der Leistung	$P(t)$	$u \cdot i$
Erzeuger-Bepfeilung		siehe Bild 2.1 <i>Hinweis:</i> Wichtig zur Vereinbarung, bei welcher Zusammenschaltung von Generator, Zähler und Verbraucher Zähler Bezug bzw. Lieferung messen sollen.
Verbraucher-Bepfeilung		entsprechend Erzeuger-Bepfeilung
Wirkleistung = (mittlere Leistung)	P	$\frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt$
Scheinleistung	S	$U \cdot I$ <i>Hinweis:</i> es gilt immer: $S \geq P $
Leistungsfaktor	λ	$ P /S$ für sinusförmige Größen: $ \cos \varphi $
Gesamtblindleistung	Q_{tot}	$\sqrt{S^2 - P^2}$

Verschiebungsblindleistung bzw. Grundschrwingungs-Verschiebungs- blindleistung	Q bzw. Q_1	$U \cdot I \sin \varphi$ bzw. $U \cdot I_1 \sin \varphi$ (mit $I_1 =$ Grund- schwingungsstromstärke) <i>Hinweis:</i> Für Blindleistungen bei nicht sinusförmigen Signalen gibt es zahlreiche verschie- dene, wissenschaftlich mehr oder weniger belastbare und international nicht verbindlich genormte Definitionen. In den Normen für Blindleistungszähler haben sich die Fachleute darauf verständigt, bei der Festlegung von zulässigen Fehlergrenzen allein die Grundschrwingungsver- schiebungsleistungs-Definition zugrunde zu legen.
Wirkfaktor	$\cos \varphi$	P/S
Blindfaktor	$\sin \varphi$	Q/S
Leistungsquadranten	$Q_I, Q_{II}, Q_{III},$ Q_{IV}	Geometrische Darstellung nach DIN EN 62053-23 (Elektronische Wechselstrom-Blindverbrauch- zähler), siehe Bild 2.2
Wirkarbeit	W	$\int_{t_i}^{t_i + T_x} P(t) dt = P_x \cdot T_x$ (mit $P_x =$ mittlere Wirkleistung während der Zeit T_x) <i>Hinweis zur Einheit:</i> z.B.: kWh
Scheinarbeit	W_S	$S_x \cdot T_x$ (mit $S_x =$ Scheinleistung während der Zeit T_x) <i>Hinweis zur Einheit:</i> z.B.: kVAs
Grundschrwingungs-Verschiebungs- Blindarbeit	W_{q1}	$Q_{x1} \cdot T_x$ (mit $Q_x =$ Grundschrwingungs- Verschiebungsblindleistung während der Zeit T_x) <i>zur Einheit:</i> z.B.: kvarh

Tabelle 2.1 Wichtige Größen der Elektrizitätsmesstechnik. Die mit *) gekennzeichneten Schreibweisen gelten für Stromstärken sinngemäß

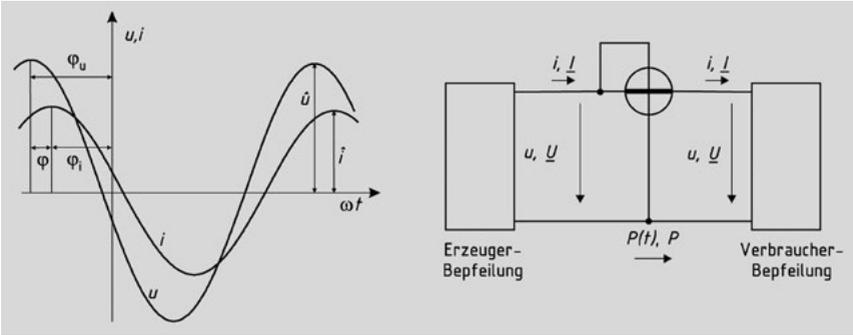


Bild 2.1 Benennung von Winkeln und Bepfeilung am Zähler
(Zähler idealisiert ohne Eigenverbrauch)

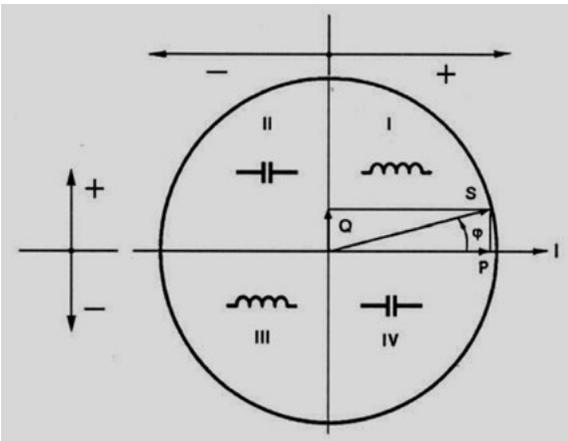


Bild 2.2 Geometrische Darstellung von Wirk- und Blindleistung
Quelle: DIN EN 62053-23 (Elektronische Wechselstrom-Blindverbrauchszähler)

Hinweis: Dort, wo keine Gefahr von Missverständnissen besteht, wird in diesem Buch mitunter auch abweichende Nomenklatur verwendet.