



# Leitfaden zur Bewertung der Zuverlässigkeit und Messbeständigkeit von Messsystemen

23. September 2019

© Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN)

Bismarckstraße 33, 10625 Berlin

Telefon: +49 (0)30 3838687 0

Fax: +49 (0)30 3838687 7

E-Mail: [fnn@vde.com](mailto:fnn@vde.com)

Internet: [www.vde.com/fnn](http://www.vde.com/fnn)

4. Ausgabe: September 2019

## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>6</b>
<b>1 Anwendungsbereich</b>	<b>7</b>
<b>2 Anforderungen an die Elektrizitätszähler und Zusatzeinrichtungen</b>	<b>8</b>
2.1 Beeinflussungen durch magnetische Gleichfelder	8
2.2 Beeinflussungen durch magnetische Wechselfelder	8
2.3 Fehlerhafte Betriebszustände des Netzes	8
2.4 Gleichstromanteile im Netz	8
2.5 Gleichspannung im Netz	9
2.6 Wechselstörgrößen	9
2.6.1 Wechselrichter	9
2.6.2 PLC-Technik	11
2.7 Stromsteilheit	11
2.7.1 Erläuterung	11
2.7.2 Tatsächlich auftretende Stromsteilheit	13
2.7.3 Zählerprüfung im Rahmen der Baumusterprüfbescheinigung	13
2.8 Blitzschutz, Energetische Koordination	15
2.9 Überspannungskategorie und Isolations-/Stoßspannungsfestigkeit	16
2.10 Beeinflussung durch Spannungsunterbrechungen	16
2.11 Beeinflussung der Kommunikation	17
2.12 Zuverlässigkeit, Messbeständigkeit und Lebensdauer	17
2.13 Softwarequalität	17
<b>3 Prüfanforderungen und –aufbauten für die Elektrizitätszähler und Zusatzeinrichtungen</b>	<b>19</b>
3.1 Einführung	19
3.2 Störfestigkeit gegen äußere magnetische Gleichfelder	19
3.2.1 Prüfanforderungen	19
3.2.2 Prüfaufbau	19
3.3 Störfestigkeit gegen äußere magnetische Wechselfelder	20
3.3.1 Prüfanforderungen	20
3.3.2 Prüfaufbau	20
3.4 Fehlerhafte Betriebszustände des Netzes	21
3.4.1 Prüfanforderungen	21
3.4.2 Prüfaufbau	21
3.5 Gleichstromanteile im Netz	21
3.5.1 Prüfanforderungen	21

3.5.2	Prüfaufbau .....	22
3.6	Gleichspannung im Netz .....	22
3.6.1	Prüfanforderungen .....	22
3.6.2	Prüfaufbau .....	22
3.7	Wechselstörgrößen .....	22
3.7.1	Prüfanforderungen und Prüfaufbau für hochfrequente, symmetrische Ströme.....	22
3.8	Isolations-/ Stoßspannungsfestigkeit .....	25
3.8.1	Prüfanforderungen und Prüfbedingungen .....	25
3.8.2	Prüfgenerator für Stoßspannung 0,1/ 2000 µs .....	25
3.8.3	Kalibrierung des Generators.....	26
3.8.4	Prüfbedingungen und Prüfablauf .....	27
<b>4</b>	<b>Anforderungen an die Smart-Meter-Gateways.....</b>	<b>28</b>
4.1	Einleitung.....	28
4.2	Baumusterprüfung durch PTB.....	28
4.3	CC Bewertung / Zertifizierung durch BSI .....	28
4.4	FNN Lastenhefte .....	28
4.5	Zusätzliche Prüfungen .....	29
<b>5</b>	<b>Abkürzungen .....</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>31</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Maximal zulässige Zusatzmessabweichungen unter Referenzbedingungen .....	20
Tabelle 2: Maximal zulässige Zusatzmessabweichungen unter Einfluss magnetischer Wechselfelder .....	21
Tabelle 3: Maximal zulässige Zusatzmessabweichungen bei unterbrochenem Neutralleiter.....	21
Tabelle 4: Maximal zulässige Zusatzmessabweichungen bei Beaufschlagung mit Gleichstromanteilen.....	22
Tabelle 5: Parameter und Werte für Störfestigkeitsprüfung gegen symmetrisch eingespeiste, hochfrequente Ströme .....	23
Tabelle 6: Kritische Änderungswerte für die Störfestigkeitsprüfung gegen symmetrisch eingespeiste, hochfrequente Ströme.....	23
Tabelle 7: Eigenschaften des Stoßspannungsgenerators .....	26

## Bildverzeichnis

Bild 1: Aufteilung des Rippelstroms zwischen Netzimpedanz und internem Glättungskondensator .....	9
Bild 2: Phasenanschnittprüfung nach EN50470-3 Bild C.5.....	14
Bild 3: Vorgeschlagen Typprüfung „Phasenanschnitt“ .....	15
Bild 4: Prüfaufbau für die Prüfung der Störfestigkeit von Elektrizitätszählern gegen hochfrequente Störströme .....	25
Bild 5: Schematische Darstellung der Leerlaufspannung des Stoßspannungsimpulses 0,1/2000 µs (Der Impuls ist nicht maßstäblich dargestellt.) .....	26
Bild 6: Schematische Darstellung des Prüfaufbaus für die Stoßspannungsprüfung zwischen Leiter und Gehäuse (oder Bezugsmassefläche) mit einem 0,1/2000 µs Impuls. ....	27

## Vorwort

Im Zuge des Wandels von elektromechanischen zu elektronischen Zählern werden neue Methoden zur Bewertung der Zuverlässigkeit und Messbeständigkeit benötigt. Nicht nur die Technik selbst, sondern auch die Betriebsbedingungen, unter denen elektronische Geräte an Messstellen eingesetzt werden, haben sich nachhaltig gewandelt. Diese sind gekennzeichnet durch:

- andere Gerätetechniken in den Messstellen,
- geänderte Netzverhältnisse und Einspeiseverfahren am Einbauort,
- größere Funktionalitäten in der Messstelle und
- die Forderung nach höherer Resistenz gegen Manipulationen.

Der vorliegende Leitfaden zeigt, welchen jeweiligen Einflüssen und Wechselwirkungen Elektrizitätszähler und Zusatzeinrichtungen einerseits sowie Smart-Meter-Gateways (SMGW) andererseits ausgesetzt sind.

Messgeräte, Zusatzeinrichtungen und SMGW sind für den Einsatz im gesetzlichen Messwesen geeignet, wenn sie die MID- und/oder innerstaatlichen Anforderungen (z. B. Baumusterprüfungen) erfüllen. Um bereits bekannte und bisher nicht bewertete Risiken für elektronische Geräte an Messstellen auszuschließen oder einzuschränken, müssen geeignete Prüfverfahren ergänzt werden.

Dieser Leitfaden dient der Ergänzung bestehender technischer Normen und Produktstandards. Mit den hierin aufgeführten Prüfverfahren soll die Möglichkeit geschaffen werden, zeitnah die Zuverlässigkeit und Messbeständigkeit von innovativen Geräteentwicklungen nachzuweisen.

Im Folgenden werden die Problemstellungen und Lösungsansätze beschrieben. Dies soll kein statischer Prozess sein, sondern sich den neuen praxisgerechten Erkenntnissen anpassen. Die hier beschriebenen Prüfverfahren sollen eine systematische Bewertung der elektronischen Geräte an Messstellen ermöglichen und zur Entwicklung von Geräten führen, die im Betrieb resistent gegenüber Störgrößen sind.

Eichrechtlich werden Smart-Meter-Gateways als Zusatzeinrichtungen betrachtet. Es stellt sich aber immer mehr heraus, dass diese historisch bedingte Betrachtungsweise und die daraus folgende Anwendung klassischer Zählernormen nicht immer zielführend sind. Hier sollten mittelfristig alternative Wege, etwa durch funktionale Trennung und Orientierung an einschlägigen IT-Gerätenormen, erwogen werden.

Dieser Leitfaden trägt diesem Umstand Rechnung, indem der Schwerpunkt einstweilen auf elektronische Stromzähler liegt und auf Besonderheiten beim SMGW gesondert hingewiesen wird.

## 1 Anwendungsbereich

Die hier enthaltenen Verfahren zur Überprüfung der Zuverlässigkeit und Messbeständigkeit gelten für elektronische ein- und mehrphasigen Wechselstromzähler, wenn nicht anders beschrieben, auch für

- Kommunikationsgeräte, -adapter,
- Tarifsteuereinrichtungen,
- sonstige Zusatzeinrichtungen,
- sowie für Smart-Meter-Gateways (SMGW), siehe Abschnitt 4

installiert z. B. in folgenden Anlagen

- Haushalte (Netzanschluss),
- Gewerbe,
- Industrie,
- Erzeugungsanlagen,
- Speicher,
- AC-Ladestationen für E-Mobility.

In technischen Gerätespezifikationen kann gefordert werden, dass die Geräte ausgewählte Einzeltests oder die beschriebenen Tests als Ganzes bestehen. Der Leitfaden gilt für Elektrizitätszähler gemäß der aktuellen Messgeräte Richtlinie (MID) [1] sowie gemäß den nationalen gesetzlichen Anforderungen (MessEG [2], MessEV [3]). Für Zusatzeinrichtungen sind die Anforderungen sinngemäß zu übertragen.

Anforderungen an Smart-Meter-Gateways werden in diesem Leitfaden gesondert beschrieben (siehe Abschnitt 4).

## 2 Anforderungen an die Elektrizitätszähler und Zusatzeinrichtungen

### 2.1 Beeinflussungen durch magnetische Gleichfelder

Die Energiekosten steigen weltweit, die technischen Parameter für Magnetmaterialien verbessern sich zunehmend und die Gerätetechnik ändert sich rasant. Vor diesem Hintergrund steigen auch die Anforderungen an die Höhe des Schutzniveaus, das die Messgeräte gegen Manipulationen durch Magnete erreichen sollen.

Es hat sich gezeigt, dass magnetische Gleichfelder auf die ferromagnetischen Bauteile und Schirmungen elektronischer Messgeräte einwirken und diese in ihrer Charakteristik verändern oder sättigen können.

Durch DC-Felder verursachte Effekte sind bei elektronischen Zählern meist reversibel.

### 2.2 Beeinflussungen durch magnetische Wechselfelder

Elektronische Messsysteme können auch durch netzfrequente Wechselfelder gestört werden. Entweder verursachen Einkopplungen in die Sensorik nennenswerte Signalverschiebungen oder in Leiterbahnen induzierte Spannungen verfälschen die Signalflüsse auf Leiterkarten. Der Effekt ist entweder eine Fehlfunktion oder ein verfälschter Messwert. Durch AC-Felder verursachte Effekte sind meist reversibel.

### 2.3 Fehlerhafte Betriebszustände des Netzes

Messsysteme sind vor den Folgen fehlerhafter Betriebszustände zu schützen. Dazu zählt, dass Vierleiter-Zähler trotz fehlender oder nicht angeschlossener Neutralleiter keine fehlerhaften Betriebszustände annehmen dürfen. Fehlerhafte Neutralleiter werden in der Installation nicht sofort bemerkt.

Dieser Betriebszustand kann über Stunden und Tage bestehen bleiben, aber während des fehlerhaften Zustandes sollen keine signifikanten Fehlmessungen des Zählers verursacht werden.

Andere Fehlerfälle, z. B. Erdschlüsse in der Verteileranlage, führen in Abhängigkeit des verwendeten Erdungssystems zu temporären netzfrequenten Überspannungen zwischen den Leitern.

Für Elektrizitätszähler muss der fehlerfreie Betrieb auch im Falle eines Erdschlusses sichergestellt werden.

### 2.4 Gleichstromanteile im Netz

Lasten in Industrie und Haushalt sind nicht nur ohmsch, sondern können erhebliche, meist induktive Anteile der Impedanz aufweisen. Gleichzeitig gibt es nichtlineare Verbraucher, die über einfach aufgebaute asymmetrische Gleichrichterschaltungen DC-Ströme (in Form von Halbwellenströmen) aufnehmen.

Das aktuelle Prüfverfahren auf Gleichstromtoleranz gemäß DIN EN 62053-21 [32] und DIN EN 50470-3 [11] berücksichtigt dieses Lastverhalten nicht. Dieses Prüfverfahren bestehen Messeinrichtungen, die mit speziellen einfachen Sensoren (z. B. nicht linearen Stromtransformatoren) aufgebaut sein können und nur für die Belastung mit Halbwellenstrom bei unverschobener Grundschwingungskomponente ( $\cos \varphi = 1$ ) konstruiert sind. Reale Lasten verhalten sich anders und die Übertragungscharakteristik einfach aufgebauter Stromsensoren ist im Falle einer Mischstrombelastung mit DC-Halbwellen und induktiven Strömen ungenügend.

Die Prüfbedingungen sollen den realen Lasten angepasst sein, um das Verhalten der Messeinrichtungen beurteilen zu können.

## 2.5 Gleichspannung im Netz

Lasten und Einspeisungen in Industrie und Haushalt sind zunehmend nichtlinear. Dazu gehören Umrichter oder getaktete Netzteile, die das Netz zunehmend mit asymmetrischen Strömen belasten. Einer der Effekte ist, dass mit Gleichströmen in den angeschlossenen Lasten zu rechnen ist.

Da das Niederspannungsnetz vom Hausanschluss bis zum Ortsnetztransformator eine Impedanz aufweist, führen solche Lastströme in der Versorgungsspannung und somit in der Messspannung des Elektrizitätszählers zu Gleichspannungsanteilen, die nicht vernachlässigbar sind. Messeinrichtungen werden im Zuge der MID- (z. B. Baumusterprüfungen) und/oder innerstaatlichen Zulassungen bisher nicht mit solchen Spannungsformen geprüft.

## 2.6 Wechselstörgrößen

### 2.6.1 Wechselrichter

Mit der wachsenden Anzahl der dezentralen Einspeisungen, beispielsweise durch Photovoltaik-Anlagen, steigt auch die Zahl der Wechselrichter und Einspeisepunkte.

Wechselrichter werden üblicherweise mit getakteten Transistorbrücken betrieben. Da nur ein rein sinusförmiger Strom ins Netz eingespeist werden soll, folgt auf die Wechselrichterbrücke immer ein Glättungsfilter, welches je nach Wechselrichtertopologie z. B. aus einer Glättungsdrossel und einem netzparallelen Glättungskondensator bestehen kann (siehe Bild 1). Hierauf folgt zumeist noch ein EMV-Filter, um hochfrequente Störspannungen auf den zulässigen Pegel zu reduzieren.

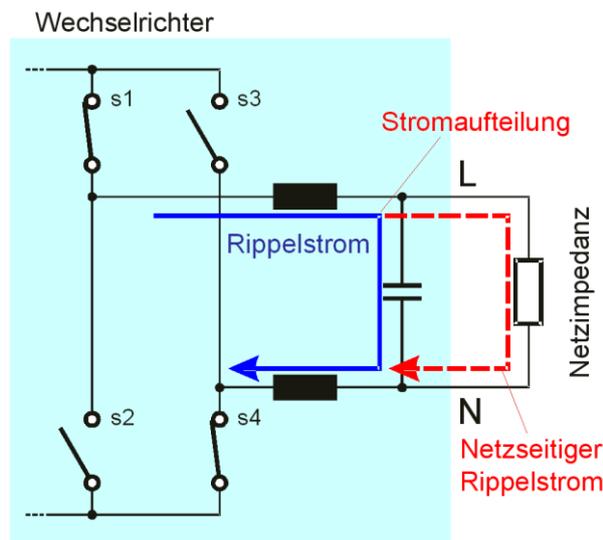


Bild 1: Aufteilung des Ripplestroms zwischen Netzimpedanz und internem Glättungskondensator

Labor- und Vorortuntersuchungen belegen, dass manche Elektrizitätszähler auf hochfrequente Stromanteile (Ripplestrom) in den Netzleitungen von Wechselrichtern reagieren. Dies tritt vor allem im Frequenzbereich von 2 kHz bis 150 kHz auf, in dem keine Emissionsgrenzwerte für Wechselrichter gefordert sind. Der Frequenzbereich, in dem sowohl Störaussendung seitens der Wechselrichter auftritt, als auch Störfestigkeitsdefizite seitens der Messeinrichtung auftreten können, ist zwischenzeitlich normativ abgedeckt. Die Beeinflussungssituation mit einem von Frequenzumrichtern erzeugten symmetrischen Hochfrequenzstrom (Ripplestrom) wird durch die Norm DIN EN 61000-4-19 [22] nachgebildet. Die DIN EN 61000-4-19 ist eine Basisnorm und enthält keine Grenzwerte und Leistungskriterien (kritischer Änderungswert bzw. maximal erlaubter zusätzlicher Fehler). In diesem

Leitfaden werden die notwendigen Grenzwerte und Leistungskriterien sowie weitere für die Durchführung der Prüfung relevanten Parameter angegeben.

Stand der Normung für Wechselrichter:

Für Wechselrichter existieren noch keine produktspezifischen Anforderungen bezüglich EMV. Es ist daher die DIN EN 61000er Reihe anzuwenden. Gemäß diesen Normen bestehen für Wechselrichter u.a. leitungsgebundene Störaussendungs-Grenzwerte im Frequenzbereich von 0 bis 2 kHz (Flicker nach DIN EN 61000-3-3/-11 [19] und Stromoberschwingungen gemäß DIN EN 61000-3-2/-12 [18]) sowie für den Frequenzbereich 150 kHz bis 30 MHz (DIN EN 56022 [13] / DIN EN 55032 [14]). Die Störfestigkeit gegen hochfrequente leitungsgebundene Störgrößen wird gemäß DIN EN 61000-4-6 [20] im Frequenzbereich 150 kHz bis 80 MHz geprüft. Neben den oben aufgeführten Prüfungen erfolgen auch noch Messungen der abgestrahlten Störfeldstärke sowie Störfestigkeitsprüfungen gegen Spannungseinbrüche und Spannungsunterbrechung, gegen Entladung statischer Elektrizität, gegen Stoßspannungen, gegen schnelle Transienten sowie gegen abgestrahlte elektromagnetische und magnetische Felder. Dezentrale Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz müssen außerdem nach der FGW TR-3 „Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten am Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz“ [47] geprüft werden. Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz müssen den Anforderungen gemäß der VDE-Anwendungsregel VDE-AR-N 4105 „Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz – Technische Mindestanforderungen für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz“ [49] genügen, in der auch Anforderungen an die elektrischen Eigenschaften von dezentralen Stromerzeugungsanlagen im Frequenzbereich von 2 kHz bis 150 kHz enthalten sind.

Das Messsystem darf sich durch diese Störgrößen nicht in seiner bestimmungsmäßigen Funktion beeinflussen lassen.

Der Frequenzbereich zwischen 2 kHz und 150 kHz ist seitens der Störaussendungsanforderungen in den Fachgrundnormen der Reihe DIN EN 61000-6-X normativ (noch) nicht abgedeckt. Für ISM (Industrial, Scientific and Medicine) Geräte gibt es dagegen in der DIN EN 55011 [12] Anforderungen bezüglich der leitungs- und feldgebundenen Störaussendung im Frequenzbereich von 9 kHz bis 150 kHz.

Stand der Normung für Elektrizitätszähler:

Störfestigkeitsprüfungen gegen leitungsgebundene Störungen, die durch Hochfrequenzfelder induziert werden, sind in den Normen DIN EN 62052-11 [28] (Punkt 7.5.5), DIN EN 50470-3 [11] (Punkt 8.7.7.15), DIN EN 50470-1 [9] (Punkt 7.4.8) sowie in der DIN EN 50470-2 [10] (Punkt 8.7.7.14) gefordert. In allen Fällen wird gemäß der DIN EN 61000-4-6 [20] geprüft.

Die Prüfung erfolgt im Frequenzbereich 150 kHz bis 80 MHz, wobei die Frequenzschrittweite logarithmisch ansteigt.

Im Frequenzbereich von 2 kHz bis 150 kHz, in dem sowohl Störaussendung seitens der Wechselrichter, als auch Störfestigkeitsdefizite seitens einzelner Elektrizitätszähler auftreten, finden momentan noch keine verpflichtenden Störfestigkeitsprüfungen statt.

Grundlegende Anforderungen und Prüfverfahren für die Störfestigkeit von elektrischen und elektronischen Betriebsmitteln gegen leitungsgeführte symmetrische Störgrößen und Störgrößen aus der Signalübertragung an Wechselstrom-Netzanschlüssen im Bereich 2 kHz bis 150 kHz sind in der Norm DIN EN 61000-4-19 [22] festgelegt. Für verschiedene Umgebungsklassifizierungen und Frequenzbereiche werden Prüfpegel für symmetrische Störspannungen und Störströme definiert, die nicht zu einer unzulässigen Beeinflussung der bestimmungsgemäßen Funktionen der Komponenten des Messsystems führen dürfen. In diesem Leitfaden werden Informationen zur Anwendung der Prüfverfahren aus der Norm DIN EN 61000-4-19 [22] gegeben, um die Beeinflussungssituation von einem Wechselrichter erzeugten symmetrischen Störstrom (Ripplestrom) auf einen Elektrizitätszähler nachzubilden.

Um Elektrizitätszähler bezüglich ihrer Störfestigkeit gegen asymmetrische Störströme unter reproduzierbaren Bedingungen zu prüfen, ist auf Grund der bisherigen Erfahrungen und Messergebnisse die Anwendung der DIN EN 61000-4-16 [21] nicht erforderlich.

## 2.6.2 PLC-Technik

Der Einsatz von Kommunikationsmodulen oder Modems mit PLC-Technik in oder neben den Messgeräten erfordert Gerätetechniken, die aufeinander abgestimmt sind. Z. B. müssen die Impedanzen im Bereich höherer Frequenzen in den Spannungs- und Stromzweigen der Geräte so gewählt werden, dass der Nutzsignalpegel des PLC-Signals ausreichend erhalten bleibt. Außerdem sind die Messeinrichtungen so zu konstruieren, dass sie elektromagnetisch verträglich sind. Die bei der PLC-Übertragungstechnik eingesetzten Sendesignale dürfen die Messtechnik nicht beeinflussen bzw. die Messtechnik darf sich nicht beeinflussen lassen. Mittlerweile wird die PLC-Übertragungstechnik großflächig und engmaschig eingesetzt. Die Kommunikation zwischen den Geräten führt zu einer Nutzung der Pegel auf dem Trägermedium (Stromnetz), die bisher in dieser Größenordnung nicht vorhanden war. Die Signale werden vom Kommunikationsgerät als Nutzpegel betrachtet, sind aber auch gleichzeitig für andere am Netz angeschlossene Geräte sowie für die Elektrizitätszähler als Störpegel zu bewerten. Allerdings ist durch die Koordinierung der EMV-Eigenschaften sowohl auf Emissions- als auch Immissionsseite davon auszugehen, dass weder beim Zähler noch beim Modem Probleme auftreten werden.

Die PLC-Norm DIN EN 50065 [8] legt die maximalen Sende-Pegel für PLC-Kommunikation im Bereich von 3 kHz bis 150 kHz fest, dieser beträgt im Maximum 134 dB( $\mu$ V) (entspricht 5  $V_{eff}$ ), Störfestigkeits-Prüfungen gegen schmalbandige leitungsgeführte Störspannungen werden im Teil 2-3 dieser Norm beschrieben, allerdings sollte der Prüfpegel angehoben werden.

Die für die Vernetzung von Computern verwendete PLC-Technik verwendet den Frequenzbereich von 1,8 MHz bis 32 MHz, diese Störungen werden durch die normativen Prüfungen abgedeckt.

Die PLC-Norm DIN EN 50065 [8] legt auch Grenzwerte für Störaussendung im Bereich 3 kHz bis 150 kHz fest.

Mit der Überarbeitung DIN EN 61000-2-2 [17] werden neue Verträglichkeitspegel im Frequenzbereich von 2 kHz bis 150 kHz definiert.

Die Impedanz eines Messsystems sollte die Übertragung von PLC-Signalen nicht stören, hier ist aber eine Festlegung schwierig da auch das Stromversorgungsnetz keine bestimmte Impedanz besitzt. Hier müssen das Messsystem und PLC-System aufeinander abgestimmt sein.

## 2.7 Stromsteilheit

### 2.7.1 Erläuterung

Wechselstromsteller in Form von Phasenanschnittschaltungen werden in einer Vielzahl von Geräten zur Leistungssteuerung verwendet. Dabei wird über ein Halbleiterbauelement (in der Regel ein Thyristor oder Triac) die sinusförmige Netzspannung in jeder Halbperiode schlagartig erst nach einer zeitlichen Verzögerung entsprechend einem Steuerwinkel  $\alpha$  eingeschaltet. Durch das verzögerte Einschalten sinkt der Effektivwert der Spannung und dadurch auch die Leistung eines angeschlossenen Verbrauchers.

Die Schaltung ist aufgrund ihres sehr einfachen Aufbaus weitverbreitet, z. B. in Dimmern und Drehzahlsteuerungen. Sie hat jedoch einen entscheidenden Nachteil: Das schlagartige Einschalten der Spannung durch den Halbleiter. Dieses führt je nach angeschlossenem Verbraucher zu einem mehr oder weniger schnellen Anstieg des Stromes. Und zwar:

- Bei einem ohmschen Verbraucher steigt der Strom proportional zur Spannung an (entsprechend dem ohmschen Gesetz).
- Bei einem induktiven Verbraucher steigt der Strom langsamer als die Spannung an.
- Bei einem kapazitiven Verbraucher steigt der Strom zunächst extrem steil an (praktisch einem Kurzschluss entsprechend) und fällt dann wieder ab.

Steile Stromanstiege sind aus vielerlei Gründen, nicht nur in elektrischen Versorgungsnetzen, unerwünscht. Sie führen unmittelbar zu Netzurückwirkungen (z. B. Ausbreitung von Störspannungen hoher Frequenz) oder verursachen die Abstrahlung elektromagnetischer Störfelder, die andere Geräte negativ beeinflussen können (siehe vorstehender Abschnitt 2.6). Ein wichtiger theoretischer Zusammenhang ist in diesem Kontext das Anstiegszeit-Bandbreite-Produkt. Dies besagt, dass bei einem Signal das Produkt aus Anstiegszeit und spektraler Bandbreite konstant ist. Je steiler der Stromanstieg ist, desto mehr Oberschwingungen werden erzeugt. Aus diesen Gründen ist der Einsatz von Dimmern nur unter bestimmten Voraussetzungen zulässig (EN 61000-3-2 [18]).

Die klassische Glühlampe, als ohmscher Verbraucher, war z. B. mit einem Dimmer in ihrer Helligkeit einfach einstellbar. Moderne Lampen, meist mit LEDs, sind jedoch keine rein ohmschen Verbraucher, sondern beinhalten komplexe elektronische Netzteile mit in der Regel kapazitivem Verhalten. Aus diesem Grund sind elektronische Leuchtmittel zunächst nicht mit einfachen Dimmern in ihrer Helligkeit einstellbar. Es erfordert spezielle elektronische Schaltungstechnik, um einerseits die Netzurückwirkungen normkonform einzuschränken und andererseits ein akzeptables „Beleuchtungserlebnis“ zu schaffen. Beides ist nicht trivial und führt zu deutlich höheren Kosten solcher dimmbarer moderner Leuchtmittel.

Werden jedoch diese grundlegenden Zusammenhänge ignoriert und nicht dimmbare Leuchtmittel/Geräte absichtlich oder versehentlich an Dimmern betrieben (nichtbestimmungsmäßiger Betrieb), können neben einem nicht vorhersagbaren Verhalten der Geräte, netzperiodisch auftretende, extrem steile Stromflanken die Folge sein. Außerdem kann hierbei vorzeitige Alterung der Geräte oder ein Totalausfall auftreten.

Einschlägige Veröffentlichungen (z. B. [62]) haben gezeigt, dass solch nichtbestimmungsgemäßer Betrieb (im Labor simuliert) zu unzulässigen Messabweichungen bei Elektrizitätszählern führen kann, deren Ursache in den auftretenden hohen Stromsteilheiten vermutet wird. Das bestätigen theoretische Betrachtungen und Simulationen [61].

Im Rahmen dieses Hinweises wurden durch die Physikalisch-Technische-Bundesanstalt weitergehende, qualifizierte Labormessungen an einer Auswahl für den deutschen Markt repräsentativer elektronischer Elektrizitätszähler durchgeführt [60].

Die Elektrizitätszähler wurden dazu jeweils einzeln und einphasig mit einer definierten Leistung beaufschlagt. Die Phasenanschnittsteuerung wurde durch eine programmierbare Last realisiert. Der exakte Stromverlauf wurde mit einem Oszilloskop, die tatsächlich Energie mit einem Referenzzähler verifiziert.

Im Resultat zeigt sich, dass das oben beschriebene Phänomen erst bei Stromsteilheiten jenseits von ca. 1 A/ $\mu$ s bei betroffenen Zählern zur Verletzung der zulässigen Verkehrsfehlgrenzen führt.

Hohe Stromsteilheiten sind also nur dann problematisch, wenn sie diesen kritischen Wert überschreiten.

Die entscheidende Frage ist nun: Treten die im Labor bei nichtbestimmungsgemäßen Betrieb erzeugten extremen Stromsteilheiten im praktischen Messbetrieb auf?

Folgende Punkte sprechen gegen ein signifikantes Auftreten extremer Stromsteilheiten in der Praxis:

- Das Stromnetz selbst hat aufgrund der Leitungen einen induktiven Charakter. D.h. die Stromanstiegsgeschwindigkeiten werden verringert.
- Anwendungen, die durch Dimmen nicht-dimmbarer Leuchtmittel zu extremen Stromsteilheiten führen, sind aufgrund des starken Flackerns unrealistisch.

Um eine fundierte Aussage zu auftretenden, maximalen Stromsteilheiten treffen zu können, wurden umfangreiche Feldmessungen durchgeführt.

### 2.7.2 Tatsächlich auftretende Stromsteilheit

Zur Ermittlung der tatsächlich auftretenden Stromsteilheit wurde mit zwei verschiedenen Messmethoden im Feld gemessen [59]:

- A) Harmonische (ca. 130 Messstellen)  
Diese Methode liefert worst-case-Werte mit 9 kHz Bandbreite
- B) Stromsteilheiten aus Zeitverläufen (ca. 85 Messstellen als Teil von A)  
Diese Methode wurde durch die 40,96-kHz-Abtastrate limitiert.

Die maximal messbare Stromsteilheit ist bei beiden Methoden aufgrund der Abtastrate/ Bandbreite der Messgeräte beschränkt. Eine sichere Aussage ob die tatsächlich auftretenden maximalen Stromsteilheiten größer  $1 \text{ A}/\mu\text{s}$  ist NICHT möglich.

Die Messungen zeigen aber dennoch, dass die maximalen Stromanstiegsgeschwindigkeiten in der Praxis im Bereich  $0,05 \text{ A}/\mu\text{s}$  bis  $0,23 \text{ A}/\mu\text{s}$  liegen können.

Dieser Umstand sollte zukünftig bei Zählerprüfungen im Rahmen der Baumusterbescheinigung berücksichtigt werden.

### 2.7.3 Zählerprüfung im Rahmen der Baumusterprüfbescheinigung

In DIN EN 50470-3:2007-5 [11] wird in Kapitel 8.7.7.9 auf einen Prüfaufbau (Bild C.4) für Zähler verwiesen. Hierbei wird der Messkreis des Stromzählers mit einer sinusförmigen Spannung und einem phasenangeschnittenen Strom beaufschlagt. Der Stellwinkel beträgt bei der Prüfung fix  $90^\circ$ . Der Zähler muss unteren diesen Bedingungen die zulässigen Verkehrsfehlergrenzen einhalten.

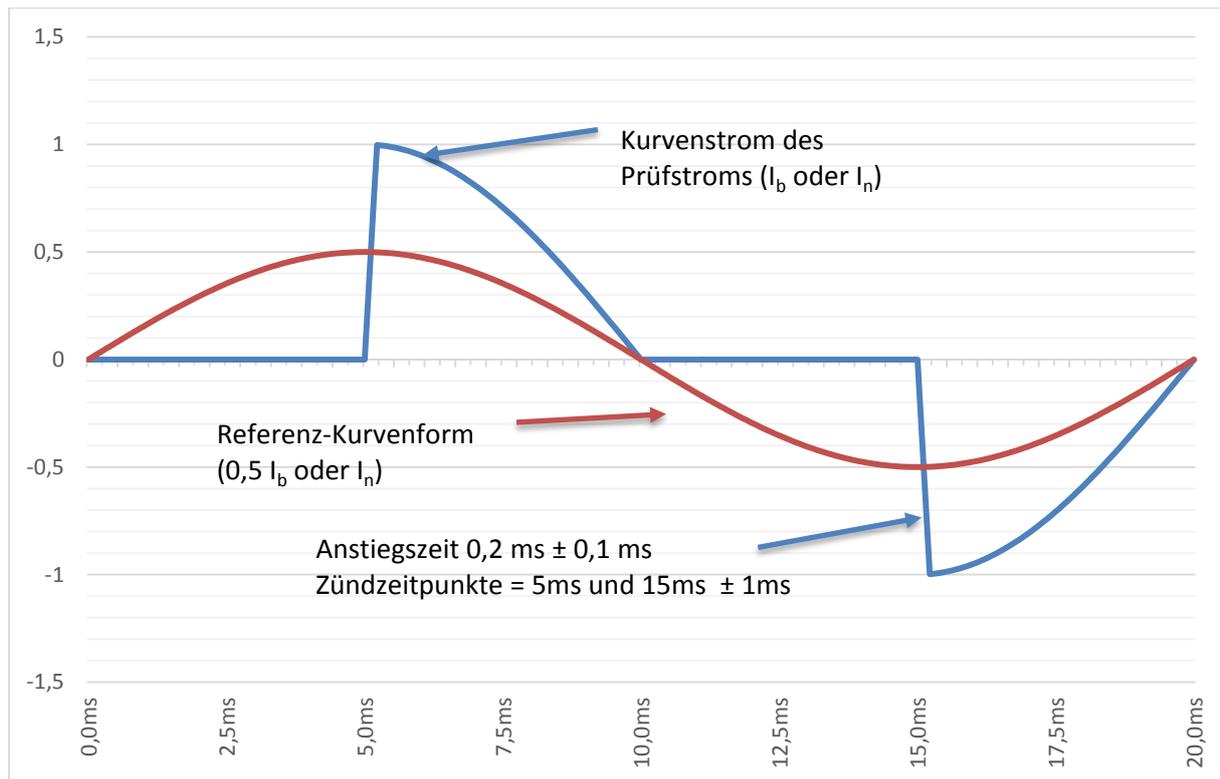


Bild 2: Phasenanschnittprüfung nach EN50470-3 Bild C.5

Die Intention dieses Messaufbaus war wohl durch den Stellwinkel  $90^\circ$  im Spannungsmaximum eine maximale Stromanstiegsgeschwindigkeit zu erzielen.

Im Rahmen dieses Hinweises durchgeführte Messungen an Stromzählern [60] als auch Simulationen [61] haben gezeigt, dass das zwar richtig ist – also der Zähler mit der maximal möglichen Stromanstiegsgeschwindigkeit beaufschlagt wird – es aber darüber hinaus einen signifikanten direkten Zusammenhang zwischen Messabweichung des Zählers und dem Stellwinkel  $\alpha$  gibt. Es zeigt sich, dass es, abhängig von der technischen Implementierung des Zählers, bei einem Stellwinkel von  $90^\circ$  sogar möglich ist, dass die Messabweichung an dieser Stelle nahezu Null ist, während derselbe Zähler bei anderen Stellwinkeln größere Abweichungen zeigt.

Es wäre daher sinnvoll, die Prüfung um die Stellwinkel  $45^\circ$  und  $135^\circ$ , wie in Bild 3 gezeigt, zu erweitern, um so den Maximalfall einer möglichen Beeinflussung durch steile Stromflanken bei der Typprüfung von Zählern besser zu berücksichtigen. In aktuell diskutierten Revisionen der IEC 62052-11 [28] wird diesem Umstand bereits Sorge getragen.

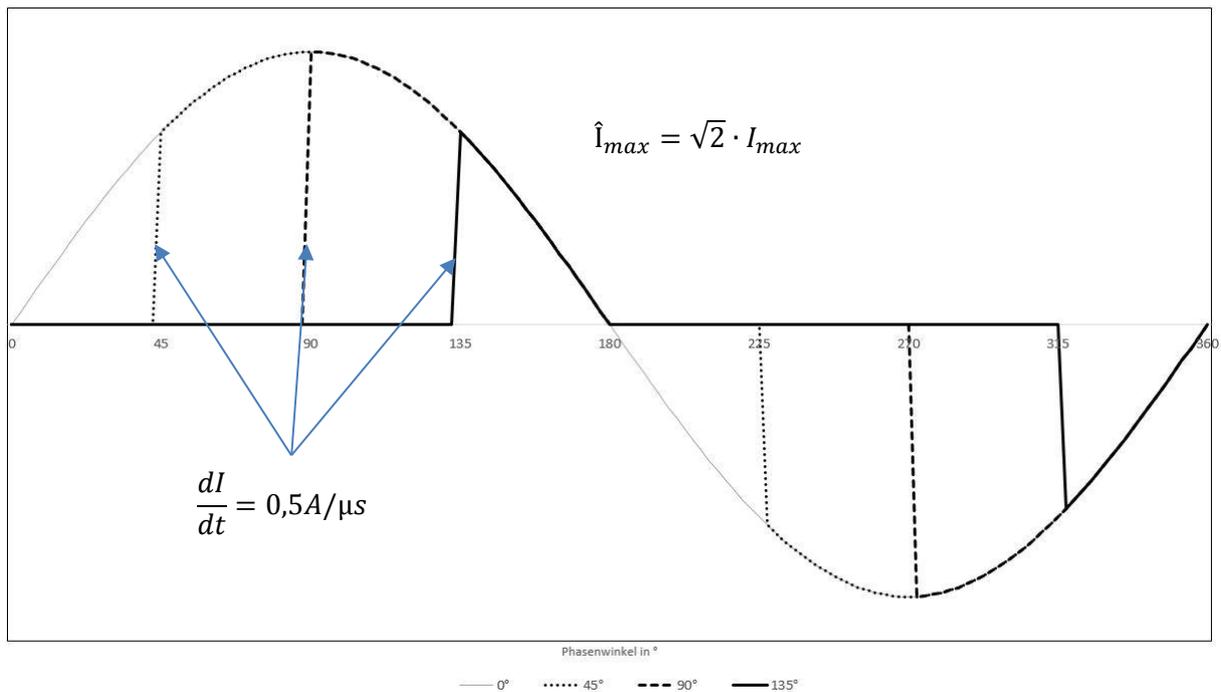


Bild 3: Vorgeschlagene Typprüfung „Phasenanschnitt“

Darüber hinaus wird, aufgrund der vorgenannten potentiellen Empfindlichkeit der Zähler, empfohlen die Stromsteilheit bei der Prüfung auf  $0,5 A/\mu s$  anzuheben. Bei typischen Nennströmen von Haushaltszählern erfordert dies jedoch hohe Anforderungen an die Stromanstiegszeit der Prüftechnik. Alternativ kann bei minimal möglicher Anstiegszeit der Scheitelwert des Prüfstroms soweit angehoben werden, dass die geforderte Steilheit erreicht wird. Der Scheitelwert des Prüfstromes darf dabei jedoch das  $\sqrt{2}$ -fache des Grenzstromes nicht überschreiten.

## 2.8 Blitzschutz, Energetische Koordination

Die einschlägigen Installationsrichtlinien ermöglichen den Einsatz von Blitzschutzeinrichtungen im Vorzählerbereich und/oder im gezählten Bereich. Da die Blitzstoßstromtragfähigkeit und Blitzspannungsfestigkeit solcher Schutzeinrichtungen der DIN VDE 0100-534 [7] entsprechen, wäre für den Fall des nachgeschalteten Schutzes auch die Messeinrichtung mit dem Blitzstoßstrom und der Blitzspannung belastet. Elektrizitätszähler werden entsprechend der Normenreihe DIN EN 50470 [9], [10], [11] konstruiert und sind nicht für solche Belastungen ausgelegt.

Die Belastung eines Gerätes in einer blitzstromgefährdeten Umgebung ist gekennzeichnet durch:

- die Stromtragfähigkeit des Messstromkreises bezüglich Blitzströmen und
- die Festigkeit des Spannungseingangs gegenüber der Energie des Blitzstroms.

Zähler oder Zusatzeinrichtungen und Blitzschutzeinrichtungen können in der Installation nebeneinander installiert, aber untereinander nicht koordiniert sein. Dieser Konflikt kann durch die Beschreibung von Prüfanforderungen nicht gelöst werden. In Praxis sind bisher auch keine nennenswerten Ausfälle bekannt. Deshalb werden in diesem Leitfaden keine Prüfanforderungen und -aufbauten beschrieben.

## 2.9 Überspannungskategorie und Isolations-/Stoßspannungsfestigkeit

Einschlägige Normen definieren den Begriff der Überspannungskategorie I bis IV, von dem dann konkrete Grenzwerte z. B. für transiente Überspannungen und Luft- und Kriechstrecken abgeleitet werden.

Die Norm DIN EN 62052-31 "Wechselstrom-Elektrizitätszähler Sicherheitsanforderungen" stellt hierzu seit 2017 ausführlich klar, dass für diese Geräte die Überspannungskategorie III anzuwenden ist. Explizit wird auch der scheinbare Widerspruch mit anderen Normen ausgeräumt. IEC 60364-4-44 (und andere) erwähnen Elektrizitätszähler als Beispiel für Geräte der Überspannungskategorie IV. DIN EN 62052-31 stellt dazu klar, dass diese Beispiele fehlleitend sind, weil Elektrizitätszähler in der Regel nicht am Speisepunkt der Anlage, sondern in einem Verteiler angeschlossen werden. Durch die beispielhafte Nennung darf demnach nicht die Forderung nach der Überspannungskategorie IV gefolgert werden.

Für Zusatzeinrichtungen und Smart-Meter-Gateways kann die EN 62052-31 zwar nicht direkt herangezogen werden, jedoch gilt dieselbe Argumentation bezüglich des Einbauorts, der mit dem Elektrizitätszähler identisch ist.

Für die von diesem Leitfaden erfassten Geräte gilt daher die Überspannungskategorie III.

Zusätzlich gilt die nachfolgende Zusatzanforderung an die Stoßspannungsfestigkeit, die eine von den Normen ausdrücklich eingeräumte Vereinbarung über die durch die Überspannungskategorie gegebenen Grenzwerte, darstellt.

Die Messsysteme müssen unter bestimmungsgemäßen Einsatzbedingungen, unter Berücksichtigung unterschiedlicher Umgebungsbedingungen und Spannungen, ausreichende Isolationseigenschaften beibehalten. Zur Sicherstellung einer anforderungsgerechten Isolation wird für Elektrizitätszähler eine Stoßspannungsfestigkeit von 7 kV und einer Energie von 1 J (1 Ws) angestrebt. Dieser Vorschlag wurde bisher noch nicht im DKE K 461 umgesetzt.

## 2.10 Beeinflussung durch Spannungsunterbrechungen

Spannungsunterbrechungen stellen für intelligente Messsysteme eine besondere Herausforderung dar. Sie müssen solche Betriebszustände ohne wesentliche Beeinträchtigungen überstehen.

Eine in der Praxis typische Spannungsunterbrechung sind Kurzunterbrechungen, die Netzschutzgeräte auf höheren Spannungsebenen zum Löschen von Störlichtbögen verwenden. Dabei wird ein Leistungsschalter im Störfall zunächst ab- und nach einer kurzen Zeit wieder eingeschaltet.

Die Abschaltzeiten liegen dabei, abhängig von Spannungsebene und Störfall zwischen 0,3 und 1,2 s und werden in einschlägigen Werken [63] definiert.

Diese Abschaltzeiten des Netzschutzes stehen jedoch derzeit in Widerspruch zu den Prüfungen im Rahmen der Baumusterprüfbescheinigung intelligenter Messsysteme. Dabei wird die Zählernorm DIN EN 50470-1 Abschnitt 7.4.4 [9] angewandt, in der die Mindestdauer zur Prüfung der Störfestigkeit gegen Kurzunterbrechungen 1 Sekunde beträgt.

Hier müssen die Prüfungen entsprechend der Schutzgeräterealität erfolgen, d.h. die Mindestdauer der Kurzunterbrechung sollten von 1 s auf 0,3 s abgesenkt werden,

- in künftigen Revisionen der DIN EN 50470-1 [9],
- im Rahmen von Baumusterprüfbescheinigungen und
- in allen das intelligente Messsystem und moderne Messeinrichtungen betreffenden Lastenheften.

### 2.11 Beeinflussung der Kommunikation

Die Kommunikation zwischen den Komponenten des Messsystems erfolgt über standardisierte Schnittstellen. Die Langlebigkeit und Störsicherheit bei der Verwendung dieser Schnittstellen ist in vielen Bereichen der Technik nachgewiesen. Prüfanforderungen und Prüfaufbauten werden von daher in diesem Leitfaden nicht beschrieben.

Die Sicherheit der Kommunikation zwischen den Teilnehmern der Smart-Meter-Gateway-Infrastruktur wird nach Vorgabe der BSI-Schutzprofile gewährleistet.

In den PTB-Anforderungen PTB-A 50.1 „Schnittstellen an Messgeräten und Zusatzeinrichtungen“ [44] sind die Rahmenbedingungen fixiert.

Die Ausführung der laut FNN vorgegebenen Testfälle mittels Prüftechnik stellt die Interoperabilität zwischen den Geräten sicher.

Störungen der Kommunikationsstrecken durch mechanische Beschädigung oder durch den Einfluss elektromagnetischer Hochfrequenzfelder sehr hoher Leistung können jedoch nicht ausgeschlossen werden.

### 2.12 Zuverlässigkeit, Messbeständigkeit und Lebensdauer

Zur Vorhersage der Zuverlässigkeit elektronischer Messsysteme sind aussagekräftige Prüfungen oder Berechnungsmodelle erforderlich. Zweck dieser Prüfungen ist, neue Messgeräte vor ihrer Verwendung bezüglich ihrer Lebensdauer bzw. Messbeständigkeit einschätzen zu können. Ist die Kenngröße „Zuverlässigkeit“ bestimmt, wird ein System notwendig, den Erhalt der Qualität zu gewährleisten und die Änderungen zu dokumentieren.

Im Rahmen der Lebensdauer hat das Messgerät bzw. die Zusatzeinrichtung die Messbeständigkeit über den festgelegten Zeitraum zuverlässig einzuhalten.

Die Lebensdauer und Messbeständigkeit im Sinne des Produktentwurfs und unter Einhaltung der Verkehrsfehlergrenzen sollte daher größer als 20 Jahre sein, um die erste Eichfrist (8 Jahre) nach der Konformitätsbewertung und mögliche Eichfristverlängerungen abdecken zu können. Das gilt nicht im Sinne einer Garantie. Sind in gerätespezifischen FNN-Lastenheften abweichende Angaben zur Lebensdauer angegeben, sind diese heranzuziehen.

Es wird insbesondere auf IEC/TR 62059-21 [38], IEC/TR 62380 [39], DIN EN 62059-31 [40], DIN EN 62059-32-1 [41], DIN EN 62059-41 [42] und DIN IEC 61709 [27] verwiesen.

Die Komponenten eines Messsystems werden in den Konformitätsbewertungsverfahren jeweils als eigenständige Geräte betrachtet. In der Praxis werden die Geräte jedoch zusammen als Messsystem betrieben. Hierdurch kommt es z. B. beim 3.HZ-Basiszähler mit integriertem Modulfach zur gegenseitigen Erwärmung der Geräte die bei Tests der einzelnen Geräte nicht erkennbar ist. Anhand der in den Testfällen zu den FNN-Lastenheften definierten Prüfbedingungen ist sicherzustellen, dass wärmebedingt keine Störungen im Betriebsverhalten auftreten.

Prüfanforderungen und –aufbauten werden in diesem Leitfaden nicht beschrieben.

### 2.13 Softwarequalität

Die Firmware ist ein qualitätsbestimmender Bestandteil der Messsysteme. Nach dem in der Norm ISO/IEC 25000 [57] beschriebenen Modell zur Sicherstellung von Softwarequalität werden Hauptqualitätsmerkmale definiert, die je nach Art der Softwareverwendung unterschiedliche Anforderungen haben können. Beispiele für so genannte harte Faktoren sind:

- Softwareaktualisierung

- Schutz vor fremden und unbeabsichtigten Änderungen der Software
- Schutz vor Einflussnahme über vorhandene Schnittstellen
- Konformität bzgl. geltenden Gesetzen/Verordnungen/Anwendungsregeln
- Ausreichend performant für verwendete Hardware
- Fehlerfreiheit
- Beständigkeit für die angestrebte Lebensdauer

Es kann vermutet werden, dass Messsysteme im Fall der Erfüllung der durch das Energiewirtschaftsrecht, das Mess- und Eichrecht und europäischen Messgeräte-richtlinie (MID) vorgegebenen Anforderungen über die nötigen Qualitätsmerkmale hinreichend verfügen.

Geräte, die gemäß der gesetzlichen Vorgaben zu Messsystemen gehören, sind grundsätzlich als „Embedded-Systeme“ zu betrachten, auf die sich zur Erzielung einer optimalen Softwarequalität alle bekannten und bewährten Entwicklungs-, Fertigungs-, Analyse- und Prüftechniken anwenden lassen, die Informatik und Elektrotechnik für Embedded-Systeme allgemein bereitstellen.

Darüber hinausgehende Anforderungen an die Softwarequalität werden in diesem Leitfaden als nicht erforderlich angesehen und nicht beschrieben.

### **3 Prüfanforderungen und –aufbauten für die Elektrizitätszähler und Zusatzeinrichtungen**

#### **3.1 Einführung**

Für die einzelnen Störphänomene werden Prüfanforderungen und -aufbauten beschrieben. Dabei wird soweit möglich auf bereits definierte Prüfgeräte, Prüfverfahren und Prüfaufbauten in den EMV-Grundnormen, Fachgrundnormen und Produktnormen verwiesen. Für einige der Störgrößen (symmetrischer, hochfrequenter Strom) sind im interessierenden Frequenzbereich bisher keine Prüfverfahren definiert worden. Für die Beschreibung und Prüfbarkeit dieser Größen ist die Einbindung von Behörden, Forschungs- und EMV-Laboren erforderlich.

In den folgenden Kapiteln werden die Prüfanforderungen und –aufbauten für Elektrizitätszähler beschrieben.

#### **3.2 Störfestigkeit gegen äußere magnetische Gleichfelder**

##### **3.2.1 Prüfanforderungen**

Das magnetische Gleichfeld wird mit einem Dauermagneten erzeugt, dessen magnetischer Werkstoff aus einer Neodym-Eisen-Bor-Legierung (Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B 280/167 nach DIN IEC 60404-8-1 [16]) besteht. Die Remanenz (remanente Induktion) des Werkstoffes ist mit 1200 mT angegeben. Die Ermittlung der Remanenz erfolgt gemäß DIN EN 60404-5 [15]. Die Abmessungen des Magneten betragen 75 mm x 50 mm x 25 mm, wobei die Polfläche 75 mm x 50 mm misst. Die Oberflächenflussdichte senkrecht über der Mitte der Polfläche ergibt sich dabei zu ca. 380 mT ± 10 mT. Dieses magnetische Feld muss auf alle unter Nennbetriebsbedingungen zugänglichen Gehäuseflächen des Prüflings einwirken.

##### **3.2.2 Prüfaufbau**

Die Prüfung wird gemäß den in DIN EN 50470 [9], [10], [11] vorgegebenen Betriebsbedingungen durchgeführt. Nach Vorwärmung wird der Prüfling an allen unter Nennbetriebsbedingungen zugänglichen Gehäuseflächen mit o. g. Permanentmagneten jeweils für den Zeitraum eines Prüfzyklus beaufschlagt. Die Polfläche des Magneten wird dabei auf die Fläche des Prüflings aufgebracht. Dabei ist der Punkt, in dem der Einfluss des Permanentmagneten auf das Messergebnis am größten ist, auszuwählen. Die Spannungs- und Zusatzkreise liegen an Referenzspannung bzw. Nennspannung; die Stromkreise werden mit  $I_{tr}$ ,  $I_{ref}$  und  $I_{max}$  gespeist. Nach Anlegen des Permanentmagneten an die äußeren Gehäuseflächen darf der Prüfling unter Referenzbedingungen die Grenzwerte der zusätzlichen Messabweichungen nach Tabelle 1 und die Grenzwerte der kritischen Änderungswerte nach DIN EN 50470-3 [11], Tabelle 9 (äußeres magnetisches Gleichfeld), nicht überschreiten, es sei denn, der Prüfling besitzt einen integrierten Magnetfeldsensor welcher die magnetische Beeinflussung zur Anzeige bringt bzw. über eine elektrische Schnittstelle auslesbar macht. Hierbei darf die Rücksetzung des integrierten Manipulationszählers nur durch autorisierte Stellen erfolgen können.

Während der Prüfung darf der Prüfling die zusätzliche Messabweichung gemäß Tabelle 1 nicht überschreiten.

Nach der Beeinflussung mit dem Magnetfeld muss der Prüfling die Eichfehlergrenzen einhalten.

Stromstärke	Leistungsfaktor	Maximal zulässige Zusatzmessabweichung in Klasse [%]		
		A	B	C
$I_{tr}^*$	$\cos \varphi = 1$	3	2	1
$I_{ref}$	$\cos \varphi = 1$	3	2	1
$I_{max}$	$\cos \varphi = 0,5$ i	3	2	1

Tabelle 1: Maximal zulässige Zusatzmessabweichungen unter Referenzbedingungen

\*) Prüfungen bei  $I_{tr}$  sind nur für direkt angeschlossene Zähler erforderlich.

### 3.3 Störfestigkeit gegen äußere magnetische Wechselfelder

#### 3.3.1 Prüfanforderungen

Das magnetische Wechselfeld wird mit einer Induktionsspule gemäß DIN EN 50470-1 [9], Anhang E erzeugt, indem sie mit Wechselstrom mit energietechnischer Frequenz (50 Hz) erregt wird. Ersatzweise kann ein entsprechend der Abbildung in DIN EN 50470-1 [9], Anhang E abgewandelter M55-Trafo-Kern, unter Verwendung von Dynamoblech III, benutzt werden. Das Produkt aus Stromstärke und Windungszahl (Stromwindungszahl) soll dabei 200 Amperewindungen betragen. Dieses magnetische Feld muss auf alle unter Nennbetriebsbedingungen zugänglichen Gehäuseflächen des Prüflings einwirken.

#### 3.3.2 Prüfaufbau

Die Prüfung wird gemäß den in DIN EN 50470-1 [9] vorgegebenen Betriebsbedingungen durchgeführt. Nach Vorwärmung wird der Prüfling an allen Gehäuseflächen mit o. g. Wechselstromspule jeweils für den Zeitraum eines Prüfzyklus beaufschlagt. Die Polfläche des Magneten wird dabei in 10 mm Abstand zur Oberfläche des Prüflings geführt. Dabei ist der Punkt, in dem der Einfluss der Wechselstromspule auf das Messergebnis am größten ist, auszuwählen (Rückseite ausgenommen). Die Spannungs- und Zusatzkreise liegen an Referenzspannung bzw. Nennspannung, die Stromkreise werden mit  $I_{ref}$  und  $I_{max}$  gespeist.

Nach Anlegen der Wechselstromspule an die äußeren Gehäuseflächen darf der Prüfling unter Referenzbedingungen die Tabelle 2 angegebenen zusätzlichen Messabweichungen nicht überschreiten, es sei denn, der Prüfling besitzt einen integrierten Magnetfeldsensor welcher die magnetische Beeinflussung zur Anzeige bringt bzw. über eine elektrische Schnittstelle auslesbar macht. Hierbei darf die Rücksetzung des integrierten Manipulationszählers nur durch autorisierte Stellen erfolgen können.

Stromstärke	Leistungsfaktor	Maximal zulässige Zusatzmessabweichung in Klasse [%]		
		A	B	C
$I_{ref}$	$\cos \varphi = 1$	10	10	10
$I_{max}$	$\cos \varphi = 1$	10	10	10

Tabelle 2: Maximal zulässige Zusatzmessabweichungen unter Einfluss magnetischer Wechselfelder

### 3.4 Fehlerhafte Betriebszustände des Netzes

#### 3.4.1 Prüfanforderungen

Diese Prüfung gilt nur für Mehrphasenzähler mit drei Messwertaufnehmern und mehrphasig versorgte Messgeräte. Die Prüfung wird durch Unterbrechung des Neutralleiters vorgenommen.

#### 3.4.2 Prüfaufbau

Die Prüfung wird gemäß den in DIN EN 50470-3 [11] genannten Referenzbedingungen durchgeführt. Die Prüfung muss durch Unterbrechung des Neutralleiters (netzseitig) vorgenommen werden.

Während der Prüfung darf der Prüfling die zusätzliche Messabweichung gemäß Tabelle 3 nicht überschreiten.

Stromstärke	Leistungsfaktor	Maximal zulässige Zusatzmessabweichung in Klasse [%]		
		A	B	C
$I_{ref} (L1, L3)$	$\cos \varphi = 1$	4	2	1
$I_{ref} (L1, L3)$	$\cos \varphi = 0,5 i$	4	2	1

Tabelle 3: Maximal zulässige Zusatzmessabweichungen bei unterbrochenem Neutralleiter

### 3.5 Gleichstromanteile im Netz

#### 3.5.1 Prüfanforderungen

Die Prüfungen auf Einfluss von Gleichstromanteilen und geradzahigen Oberschwingungen müssen mit der in Bild C.1 aus der DIN EN 50470-3 [11] gezeigten Schaltung durchgeführt werden oder mit einer Einrichtung, die in der Lage ist, die geforderte Kurvenform des Stromes zu erzeugen. Der Klirrfaktor der Spannung muss dabei entsprechend Pkt. 8.7.7.8 der DIN EN 50470-3 [11] weniger als 1 % betragen.

Der Wert der unverzerrten Stromstärke soll dabei bei Leistungsfaktor 1  $I_{max}/\sqrt{2}$  entsprechen.

Abweichend zur DIN EN 50470-3 [11] soll eine zusätzliche Messabweichung bei Leistungsfaktor 0,5i der unverzerrten Stromstärke ermittelt werden. Der Wert soll ebenfalls  $I_{max}/\sqrt{2}$  betragen.

## 3.5.2 Prüfaufbau

Der Prüfling wird an die Schaltung nach Bild C.1 aus der DIN EN 50470-3 [11] angeschlossen. Die Prüfungen werden gemäß den in DIN EN 50470-3 [11] genannten Referenzbedingungen und der in Tabelle 4 aufgeführten zusätzlichen Betriebsbedingung durchgeführt. Diese Prüfungen sind nur für direkt angeschlossene Zähler erforderlich.

Stromstärke	Leistungsfaktor der unverzerrten Kurvenform	Maximal zulässige Zusatzmessabweichung in Klasse [%]		
		A	B	C
$I_{\max} / \sqrt{2}$	$\cos \varphi = 1$	6	3	2
$I_{\max} / \sqrt{2}$	$\cos \varphi = 0,5$	6	3	2

Tabelle 4: Maximal zulässige Zusatzmessabweichungen bei Beaufschlagung mit Gleichstromanteilen

Während der Prüfung darf der Prüfling die zusätzliche Messabweichung gemäß Tabelle 4 nicht überschreiten.

## 3.6 Gleichspannung im Netz

### 3.6.1 Prüfanforderungen

Der Prüfling wird mit 115 % Versorgungsspannung und zusätzlich überlagerter DC-Komponente geprüft. Die Prüfung wird durch Nachweis der Leerlaufbedingung durchgeführt.

Der Prüfling wird entsprechend Pkt. 8.7.9 DIN EN 50470-3 [11] betrieben. Dabei ist der AC-Versorgungsspannung ein DC-Anteil von 1 V überlagert. Die Überlagerung erfolgt jeweils einphasig sowie dreiphasig.

### 3.6.2 Prüfaufbau

Die Versorgungsspannung 115 %  $V_{\text{ref}}$  wird mit einem Offset von 1 V DC überlagert.

Der Prüfling hat bestanden, wenn die Leerlaufbedingung innerhalb der Mindestprüfdauer eingehalten wird.

## 3.7 Wechselstörgrößen

### 3.7.1 Prüfanforderungen und Prüfaufbau für hochfrequente, symmetrische Ströme

#### Prüfanforderungen

Um Elektrizitätszähler bezüglich ihrer Störfestigkeit gegen symmetrisch eingespeiste, hochfrequente Ströme im Strommesspfad unter reproduzierbaren Bedingungen zu prüfen, ist ein hochfrequenter Strom im Strompfad dem 50-Hz-Laststrom zu überlagern.

Die Prüfung ist gemäß DIN EN 61000-4-19 [22] unter Anwendung der in Tabelle 5 angegebenen Parameter und den in Tabelle 6 angegebenen kritischen Änderungswerten durchzuführen.

Sobald in der Normenreihe 62052-11 [28] sowie IEC 62053-21/-22/-23/-24 für leitungsgeführte Störströme 2 bis 150 kHz (derzeit im Entwurf) anderweitige Anforderungen definiert werden, sind diese heranzuziehen.

Parameter	Wert
Frequenzschrittweite	1 %
Verweilzeit	Mind. 3 s oder so lange wie erforderlich um den Fehler des Prüflings zu bestimmen.
50-Hz-Laststrom	$I_{ref}$
50-Hz-Laststrom $\cos \varphi$	> 0,9
Modulationsverfahren	CW-Impulse (Dauerstrich-Impulse)
zu prüfende Phasen bei Mehrphasenzähler	Phase L1, sofern identischer Aufbau der Messwerke vorliegt.  Alle Phasen, wenn Messwerke unterschiedlich sind.
Spannungsversorgung	Bei Mehrphasenzählern müssen alle Phasen mit Spannung versorgt werden.

Tabelle 5: Parameter und Werte für Störfestigkeitsprüfung gegen symmetrisch eingespeiste, hochfrequente Ströme

Prüfling	Prüfschärfegrad/ Prüfpegel EN 61000-4-19	Kritischer Änderungswert [%] in Genauigkeitsklasse		
		A	B	C
Direkt	Prüfschärfegrad: 2			
angeschlossene Zähler	2 kHz – 30 kHz: 2 A 30 kHz – 150 kHz: 1 A	± 3	± 2	± 1
Wandlerzähler	Prüfschärfegrad: X 2 kHz – 30 kHz: 2 % * I <sub>max</sub> 30 kHz – 150 kHz: 1 % * I <sub>max</sub>	± 3	± 2	± 1

Tabelle 6: Kritische Änderungswerte für die Störfestigkeitsprüfung gegen symmetrisch eingespeiste, hochfrequente Ströme

Der Prüfschärfegrad 2 für direkt angeschlossene Zähler wurde abweichend von der Klasseneinteilung im informativen Anhang B der DIN EN 61000-4-19 [22] ausgewählt. Diese Auswahl begründet sich auf die in dem technischen Bericht CLC/TR 50579 [56] angegebenen Störgrößen sowie auf Messungen des FNN [58], die in praxisnahen Umgebungen ermittelt wurden. Dabei traten maximale Störströme in Höhe von 0,8 A auf. Ein Störstrom von 2 A/1 A (Prüfschärfegrad 2 der IEC 61000-4-19) wurde daher als ausreichend angesehen und hat sich auch in der praktischen Anwendung seit der Veröffentlichung des FNN-Leitfadens in 2011 bewährt.

Hinweise zur Durchführung der Prüfung:

Die Messung des kritischen Änderungswertes kann mit verschiedenen Methoden erfolgen. Beispielsweise mit einem Referenzzähler oder mit einem Periodendauermessgerät am Impulsausgang. Bei der Messung der Periodendauer am Impulsausgang ist die optische Aufnahme der Zählimpulse gegenüber der elektrischen (galvanischen) Verbindung über die S0-Schnittstelle zu bevorzugen, da somit eine galvanische Trennung erfolgt.

Eine ausreichende Störfestigkeit der Messeinrichtung (Referenzzähler, Optischer Sensor, S0-Schnittstelle) muss sichergestellt sein.

Bei jeder Störfrequenz muss eine Erfassung des kritischen Änderungswertes erfolgen.

Die Widerstandslast ist so zu wählen, dass der 50-Hz-Referenzstrom ( $I_{ref}$ ) gemäß EN 50470-1 [9] durch den Elektrizitätszähler fließt. Es ist sicherzustellen, dass durch den 50-Hz-Strom weder der Zähler, noch der Prüfzähler oder der Power-Analyzer überlastet werden. Da die Größe der Last das Impuls-Intervall des Elektrizitätszählers beeinflusst, muss die Verweilzeit gegebenenfalls so angepasst werden, dass bei jeder angelegten Frequenz der Prüfstörgröße eine Ablesung des aktuellen Messwertes des Elektrizitätszählers erfolgen kann.

## **Beispiel für einen Prüfaufbau mit Einspeisung über Koppel-Entkoppelnetzwerk**

In Ergänzung zur DIN EN 61000-4-19 [22] wird nachfolgend ein weiteres Beispiel für einen möglichen Prüfaufbau mit Einspeisung über Koppel-Entkoppelnetzwerk dargestellt.

Es ist ein spezielles Koppel-Entkoppelnetzwerk aufzubauen, welches über einen Anpassungstrafo einen festgelegten Störstrom im Frequenzbereich von 2 kHz bis 150 kHz bei einer maximalen Strom-Amplitude von bis zu 10 Ass ermöglicht.

Der Prüfaufbau ist in Bild 2 dargestellt. Während der Prüfung fließt ein Netz-Strom gemäß Tabelle 5 vom synthetischen Netz durch den Zähler (EUT) in einen Verbraucher-Widerstand. Die im Widerstand umgesetzte Energie wird vom Zähler erfasst. Auf der Verbraucherseite wird über den Anpassungstrafo des Koppel-Netzwerks ein hochfrequenter Strom in eine Phase des Elektrizitätszählers eingekoppelt.

Um eine möglichst hohe Stromamplitude zu erzielen, wird sowohl die für den Störstrom in Reihe liegende Last, als auch die Netzspannungsquelle kapazitiv (siehe  $C_p$  in Bild 2) überbrückt. Die tatsächlich an den Widerstand gelieferte Energie wird mit einem Prüfzähler gemessen.

Das synthetische Netz muss eine konstante Netzspannung mit niedrigem Oberschwingungsgehalt und ausreichender Belastbarkeit liefern. Hinzu kommt, dass die Quelle ihrerseits keine Taktungsreste in den Prüfaufbau einspeisen darf. Die Quelle darf nicht durch den hochfrequenten Prüfstrom beeinflusst werden. Gegebenenfalls müssen externe Filter verwendet werden, um diese Bedingungen zu erfüllen.

Da der Einkoppeltrafo Stromimpulse der Sekundärseite auch auf die Primärseite des Trafos transformiert, müssen gegebenenfalls Schutzelemente zwischen Verstärker und Trafo eingefügt werden, um Schäden am Verstärker zu vermeiden.

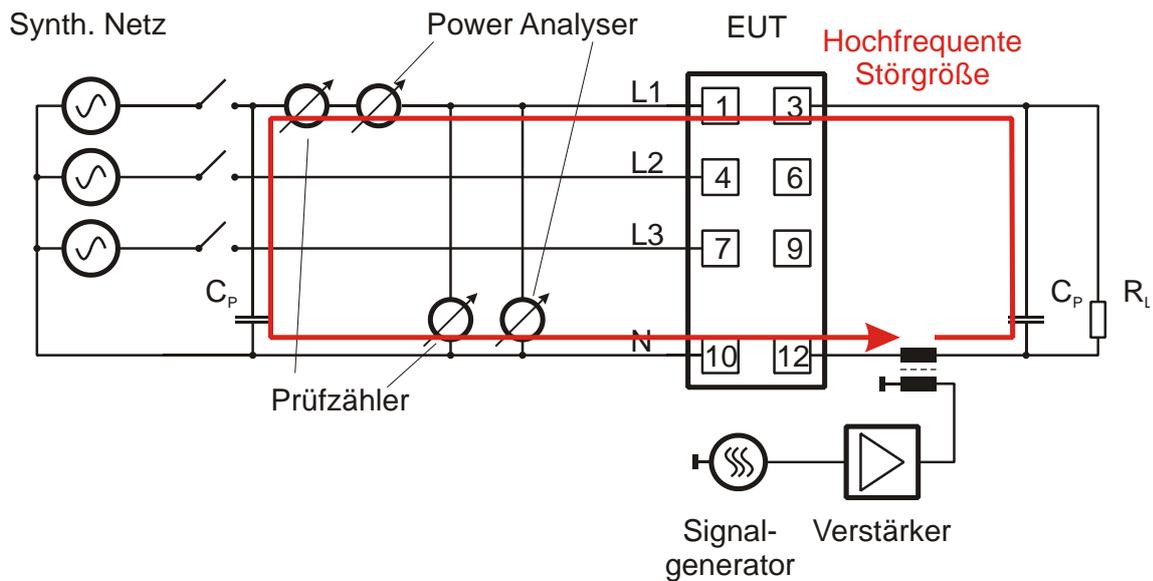


Bild 4: Prüfaufbau für die Prüfung der Störfestigkeit von Elektrizitätszählern gegen hochfrequente Störströme

### 3.8 Isolations-/ Stoßspannungsfestigkeit

#### 3.8.1 Prüfanforderungen und Prüfbedingungen

Die Stoßspannungsfestigkeit muss mit dem in DIN EN 50470-1 (Abschnitt 7.3.3) [9] angegebenen und zusätzlich mit dem im Folgenden beschriebenen Stoßspannungsimpuls  $0,1/2000 \mu\text{s}$  durchgeführt werden.

#### 3.8.2 Prüfgenerator für Stoßspannung $0,1/2000 \mu\text{s}$

Der Generator zur Erzeugung der Stoßspannung muss folgende Eigenschaften aufweisen:

Generatorausgangsspannung im Leerlauf	
Wellenform der Stoßspannung	Doppelt exponentiell
Anstiegszeit (10 % auf 90 %)	$0,1 \mu\text{s} (\pm 20 \%)$
Impulsdauer (50 %):	$2.000 \mu\text{s} (\pm 20 \%)$
Amplitude der Stoßspannung im Leerlauf ( $\geq 20 \text{ M}\Omega$ , $< 20 \text{ pF}$ )	$4 \text{ kV bis } 8 \text{ kV} (\pm 7,5 \%)$ Einstellbar in Schritten von 100 oder 500 V
Impedanz des Generators	$50 \Omega$
Polarität	Positiv und Negativ
Maximale Repetitionsfrequenz der Stoßspannungspulse	$\geq 0,2 \text{ Hz}$
Energie der Quelle bei 7 kV Ladespannung	$1 \text{ Joule} (\pm 10 \%)$

## Generatorausgangsspannung bei Abschluss mit 50 Ω am Ausgang

Amplitude der Stoßspannung

50 % der Amplitude im Leerlauf (± 10 %)

Impulsdauer (50 %)

2,77 μs (± 20 %)

Tabelle 7: Eigenschaften des Stoßspannungsgenerators

Der Generator ist mit der leitfähigen Oberfläche, auf der die Prüfung durchgeführt wird, mit einem kurzen Leiter (max. 10 cm Länge) zu verbinden. Die leitfähige Oberfläche ist mit Schutz Erde zu verbinden.

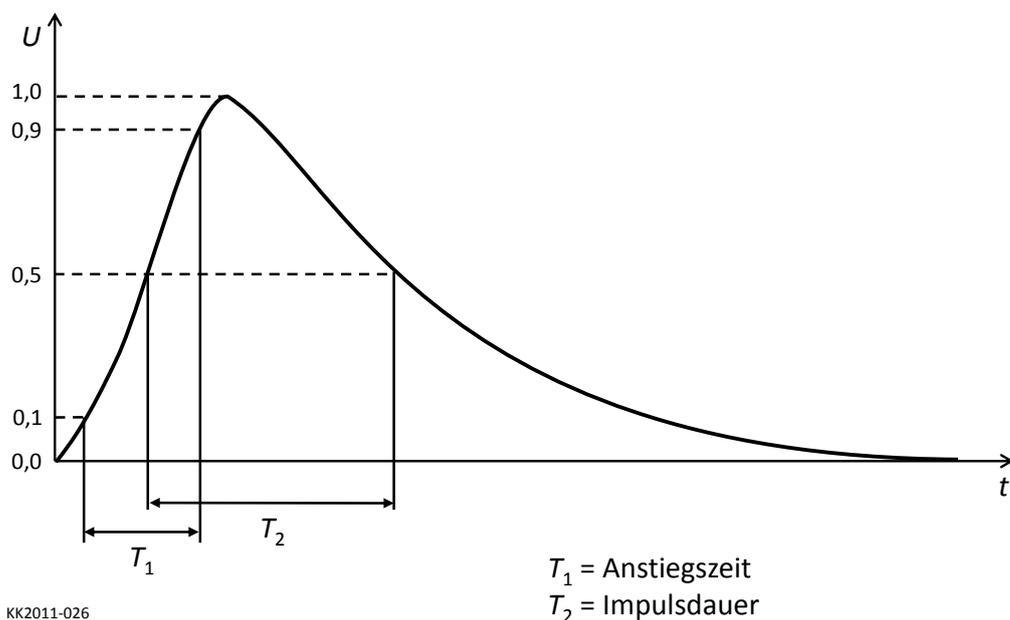


Bild 5: Schematische Darstellung der Leerlaufspannung des Stoßspannungsimpulses 0,1/2000 μs (Der Impuls ist nicht maßstäblich dargestellt.)

### 3.8.3 Kalibrierung des Generators

Die Kalibrierung des Generators erfolgt durch eine Verifizierung der Parameter der Impulsform im Leerlauf und bei einer ohmschen Last von 50 Ω. Die Kalibrierung erfolgt direkt am Ausgang des Generators mit einer maximalen Länge des Verbindungskabels vom Generatorausgang zum Tastkopf oder zum 50 Ohm-Abschluss von 10 cm. Geeignete Adapter können verwendet werden. Der verwendete Hochspannungstastkopf muss eine Bandbreite ≥ 40 MHz aufweisen.

Die Kalibrierung muss bei 4 kV und 7 kV Leerlaufspannung erfolgen. Wird ein Prüfgenerator mit einem erweiterten Prüfspannungsbereich (z. B. 10 kV) verwendet, dann muss die Kalibrierung zusätzlich bei der maximalen Amplitude der Leerlaufspannung erfolgen.

Die Kalibrierung muss im vom Hersteller des Prüfgenerators empfohlenen zeitlichen Abstand wiederholt werden. Ist keine Empfehlung des Herstellers vorhanden, dann muss im Abstand von einem Jahr eine Kalibrierung durchgeführt werden.

Zwischen den Kalibrierzeitpunkten kann eine Überwachung der Impulsform mit einem nicht kalibrierten Teiler erfolgen.

Anmerkung: Bei der Messung der Impulsform im Leerlauf mit einem Tastkopf mit einer Impedanz  $\geq 20 \text{ M}\Omega$  und einer Kapazität  $< 10 \text{ pF}$  ist gewährleistet, dass sich die Impulsbreite aufgrund der zusätzlichen Belastung um weniger als 0,4 % verkleinert.

### 3.8.4 Prüfbedingungen und Prüfablauf

Für die Durchführung der Prüfung der Stoßspannungsfestigkeit mit dem zusätzlichen Stoßspannungsimpuls  $0,1/2000 \mu\text{s}$  gelten die Anforderungen und Prüfbedingungen für die Stoßspannungsprüfung gemäß DIN EN 50470-1 Abschnitt 7.3.3 [9] mit nachfolgenden Ergänzungen oder Änderungen.

Als Prüfpegel wird eine (Leerlauf-) Stoßspannungsamplitude von 7 kV festgelegt. Die Spannungsimpulsform  $0,1/2000 \mu\text{s}$  muss mit einem Generator wie in Abschnitt 3.8.2 beschrieben erzeugt werden.

Bei jeder Prüfung muss die Stoßspannung zehnmal mit einer Polarität und dann mit der anderen Polarität angelegt werden. Die Zeit zwischen zwei Stoßspannungsimpulsen muss 10 s betragen.

Die Länge des Verbindungskabels vom Generatorausgang zu den Anschlussklemmen muss  $50 \text{ cm} \pm 10 \text{ cm}$  betragen. Das Verbindungskabel vom Masseanschluss des Generators zur Bezugsmassefläche (Leitende Oberfläche) muss kleiner/gleich 10 cm sein.

Prüflinge (Zähler), die auf einer Adapterplatte betrieben werden und keine direkten Anschlussklemmen aufweisen (z. B. auf eine Klemmenplatte steckbare Zähler mit Stecksocket) müssen mit einer geeigneten Adapterplatte geprüft werden. Die Prüfspannung ist an die Klemmen der Adapterplatte anzulegen.

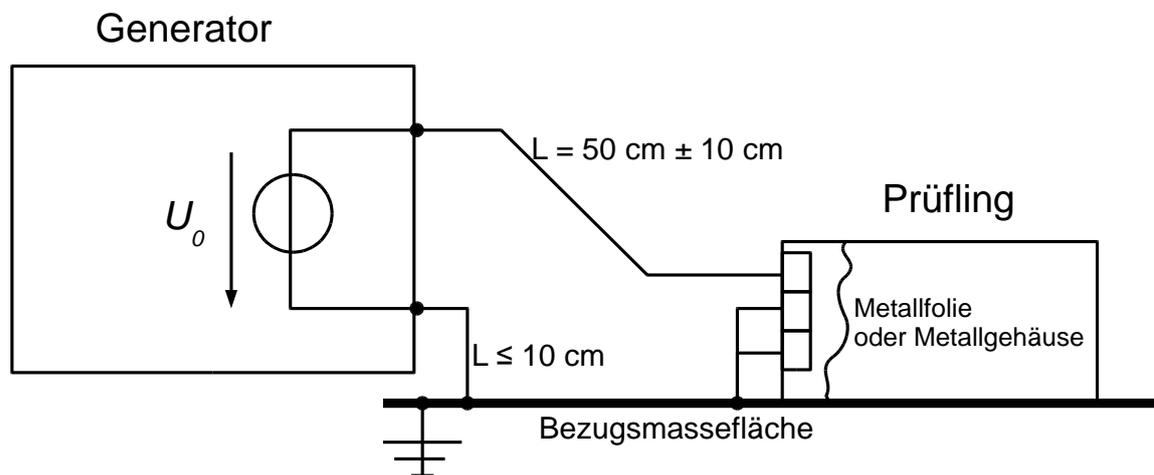


Bild 6: Schematische Darstellung des Prüfaufbaus für die Stoßspannungsprüfung zwischen Leiter und Gehäuse (oder Bezugsmassefläche) mit einem  $0,1/2000 \mu\text{s}$  Impuls.

## 4 Anforderungen an die Smart-Meter-Gateways

### 4.1 Einleitung

Das Smart-Meter-Gateway (SMGW) ist ein neuer, wesentlicher Bestandteil von intelligenten Messsystemen in Deutschland, welcher die sichere und standardisierte Kommunikation in den Energienetzen der Zukunft ermöglicht. Deswegen ist das SMGW ein sehr stark reguliertes und geprüftes Produkt.

Es unterliegt ebenso wie elektronische Zähler der Bewertung der Zuverlässigkeit. Bei dieser Bewertung wird immer deutlicher, dass die historisch bedingte Betrachtung des SMGW als Zusatzeinrichtung, diesem sehr informations- und kommunikationstechniklastigen Gerät nicht gerecht wird. Deswegen muss in naher Zukunft hier im normativen Umfeld nach Alternativen zur Bewertung der Zuverlässigkeit gesucht werden.

### 4.2 Baumusterprüfung durch PTB

Für den Einsatz in Messsystemen bedarf es für das Smart-Meter-Gateway wie bei den elektronischen Zählern einer Zertifizierung im gesetzlichen Messwesen, in diesem Fall durch eine innerstaatliche Baumusterprüfbescheinigung. Für deren Erhalt ist es erforderlich, in zahlreichen Prüfungen und Tests die PTB-Anforderungen an Smart-Meter-Gateways (PTB-A 50.8) sowohl im Labor als auch im Echtsystem nachzuweisen. Nur für bestandene, klarer als je zuvor definierte, Anwendungsfälle darf das SMGW dann zum Einsatz gebracht werden. So wird z. B. in der Baumusterprüfbescheinigung die Verwendung eines SMGW auf nachweislich kompatible Gateway-Administratoren, Zähler und Tarifierungsfälle eingeschränkt.

### 4.3 CC Bewertung / Zertifizierung durch BSI

Das Smart-Meter-Gateway muss durch das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) nach Common Criteria, also nach allgemeinen Kriterien für die Bewertung der Sicherheit von Informationstechnologien, zugelassen werden. Mit einer Eingruppierung nach EAL 4+ und einer damit einhergehenden aufwendigen Zertifizierung durch Evaluierung, Workshops und automatisierten Testsystemen wird die Einhaltung der Sicherheitsanforderungen bestätigt. Dabei liegt neben der Hardware-, Entwicklungs- und Produktionssicherheit ein wesentliches Augenmerk auf der Software-Sicherheit. Das BSI definierte und definiert auch heute noch technische Richtlinien im Zusammenhang mit dem SMGW. So werden in Zukunft Smart-Meter-Gateways zur weiteren Erhöhung der Sicherheitsanforderungen sowie der Interoperabilität auch nach technischen Richtlinien zertifiziert werden.

### 4.4 FNN Lastenhefte

Das Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN) definiert das Smart-Meter-Gateway in zahlreichen Lastenheften, wie dem Lastenheft Smart-Meter-Gateway, Funktionale Merkmale [55], dem Lastenheft Konstruktion, Basiszähler und Smart-Meter-Gateway [52], dem Lastenheft leitungsgebundene LMN-Protokolle [53], dem Lastenheft Logmeldungen zur Einbindung von SMGW-G1-Geräten und dem Lastenheft Mikroprozesse für das Smart-Meter-Gateway, Typ G1 (nach Spezifikation PTB 2.34-1 TOP Anforderungen an G1-Gateways). Damit sind auch seitens des FNN die Anforderungen und auch Testfälle für SMGW klar definiert.

#### 4.5 Zusätzliche Prüfungen

Im Leitfaden werden Anforderungen und Testszenarien behandelt, die nicht bereits anderweitig definiert wurden. Da aus heutiger Sicht keine relevanten Definitionslücken im Zertifizierungsverfahren des SMGW erkennbar sind, werden an dieser Stelle keine zusätzlichen Anforderungen formuliert. Sobald auswertbare Erfahrungen mit dem Betrieb von Smart-Meter-Gateways vorliegen, kann eine Neubewertung der Situation erfolgen, um den vorliegenden Leitfaden gegebenenfalls zu erweitern.

## 5 Abkürzungen

Für physikalische Messgrößen und Einheiten gelten die in DIN 1301, Teil 1 [6] getroffenen Festlegungen.

AC	Alternate Current, engl. für Wechselstrom
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
DC	Direct Current, engl. Bezeichnung für Gleichstrom
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
(E) DIN	Entwurf einer Norm des DIN
EN	Europäische Norm
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
EUT	Equipment under test (Prüfling)
FNN	Forum Netztechnik /Netzbetrieb im VDE (FNN)
IEC	International Electrotechnical Commission
ISM	Industrial, Scientific and Medicine
ISO	Internationale Organisation für Normung
MID	Measuring Instruments Directive (Europäische Messgeräte-richtlinie)
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
ÜSE (SPD)	Überspannungs-Schutzeinrichtungen (surge protective device)
VDEW	Verband der Elektrizitätswirtschaft – VDEW – e.V.

## 6 Literaturverzeichnis

Die folgenden z. T. zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Leitfadens dienlich.

Bei datierten Verweisungen und Literaturhinweisen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisen und Literaturhinweisen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

- [1] 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
- [2] 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; Zuletzt geändert durch Art. 1 G v. 11.4.2016
- [3] Verordnung über das Inverkehrbringen und die Bereitstellung von Messgeräten auf dem Markt sowie über ihre Verwendung und Eichung (Mess- und Eichverordnung - MessEV) vom 11. Dezember 2014; Zuletzt geändert durch Art. 3 V v. 30.4.2019
- [4] Gesetz über die Einheiten im Messwesen und die Zeitbestimmung (Einheiten- und Zeitgesetz – EinZeitG); vom 22.02.1985; zuletzt geändert durch Art. 2,4 und 5 des Gesetzes zur Strukturreform des Gebührenrechts des Bundes vom 7. August 2013
- [5] Verordnung über die Einführung der mitteleuropäischen Sommerzeit ab dem Jahr 2002 (SoZV) vom 12. Juli 2001, BGBl I 2001 S. 1591
- [6] DIN 1301-1 Einheiten - Teil 1: Einheitenamen, Einheitenzeichen
- [7] DIN VDE 0100-534; VDE 0100-534:2009-02  
Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 5-53: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel - Trennen, Schalten und Steuern - Abschnitt 534: Überspannung-Schutzeinrichtungen (ÜSE) (IEC 60364-5-53:2001/A1:2002 (Hauptabschnitt 534), modifiziert)  
Deutsche Übernahme HD 60364-5-534:2008
- [8] DIN EN 50065-1 (VDE 0808-1:2012-01)  
Signalübertragung auf elektrischen Niederspannungsnetzen im Frequenzbereich 3 bis 148,5 kHz - Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Frequenzbänder und elektromagnetische Störungen;  
Deutsche Fassung EN 50065-1:2011
- [9] DIN EN 50470-1; VDE 0418-0-1:2007-05  
Wechselstrom-Elektrizitätszähler - Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Prüfungen und Prüfbedingungen - Messeinrichtungen (Genauigkeitsklassen A, B und C)  
Deutsche Fassung EN 50470-1:2006  
  
DIN EN 50470-1 Berichtigung 1; VDE 0418-0-1 Berichtigung 1:2008-06  
Wechselstrom-Elektrizitätszähler - Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Prüfungen und Prüfbedingungen - Messeinrichtungen (Genauigkeitsklassen A, B und C); Deutsche Fassung EN 50470-1:2006, Berichtigung zu DIN EN 50470-1 (VDE 0418-0-1):2007-05
- [10] DIN EN 50470-2; VDE 0418-0-2:2007-05  
Wechselstrom-Elektrizitätszähler - Teil 2: Besondere Anforderungen - Elektromechanische Wirkverbrauchszähler der Genauigkeitsklassen A und B  
Deutsche Fassung EN 50470-2:2006

- [11] DIN EN 50470-3; VDE 0418-0-3:2007-05  
Wechselstrom-Elektrizitätszähler - Teil 3: Besondere Anforderungen - Elektronische Wirkverbrauchszähler der Genauigkeitsklassen A, B und C  
Deutsche Fassung EN 50470-3:2006  
  
DIN EN 50470-3/AA:2018-11;VDE 0418-0-3/AA:2018-11 - Entwurf
- [12] DIN EN 55011; VDE 0875-11:2018-05; Berichtigung 1:2019-02  
Industrielle, wissenschaftliche und medizinische Hochfrequenzgeräte (ISM-Geräte) - Funkstörungen - Grenzwerte und Messverfahren (IEC/CISPR 11:2015, modifiziert + A1:2017)  
Deutsche Fassung EN 55011:2016 + A1:2017
- [13] DIN EN 55022 (VDE 0878 Teil 22 ):2011-12  
Einrichtungen der Informationstechnik – Funkstöreigenschaften - Grenzwerte und Messverfahren (IEC/CISPR 22:2008 modifiziert); Deutsche Fassung EN 55022:2010
- [14] DIN EN 55032 (VDE 0878-32:2016-02); VDE 0878-32 Berichtigung 1:2019-02  
Elektromagnetische Verträglichkeit von Multimediageräten und –einrichtungen, Anforderungen an die Störaussendung (CISPR 32:2015); Deutsche Fassung EN 55032:2015
- [15] DIN EN 60404-5; VDE 0354-5:2016-02  
Magnetische Werkstoffe - Teil 5: Dauermagnetwerkstoffe (hartmagnetische Werkstoffe) - Verfahren zur Messung der magnetischen Eigenschaften (IEC 60404-5:2015)  
Deutsche Fassung EN 60404-5:2015
- [16] DIN IEC 60404-8-1; VDE 0354-8-1:2016-02  
Magnetische Werkstoffe - Teil 8-1: Anforderungen an einzelne Werkstoffe - Hartmagnetische Werkstoffe (Dauermagnete) (IEC 60404-8-1:2015)  
Deutsche Fassung EN 60404-8-1:2015
- [17] DIN EN 61000-2-2; VDE 0839-2-2:2003-02  
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), Deutsche Fassung EN 61000-2-2:2002
- [18] DIN EN 61000-3-2 VDE 0838-2:2015-03  
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 3-2: Grenzwerte - Grenzwerte für Oberschwingungsströme (Geräte-Eingangsstrom  $\leq 16$  A je Leiter)  
(IEC 61000-3-2:2014); Deutsche Fassung EN 61000-3-2:2014
- [19] DIN EN 61000-3-3 ( VDE 0838- 3 ):2014-03  
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), - Teil 3-3: Grenzwerte - Begrenzung von Spannungsänderungen, Spannungsschwankungen und Flicker in öffentlichen Niederspannungs-Versorgungsnetzen für Geräte mit einem Bemessungsstrom = 16 A je Leiter, die keiner Sonderanschlussbedingung unterliegen (IEC 61000-3-3:2013)  
Deutsche Fassung EN 61000-3-3:2013
- [20] DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6):2014-08  
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 4-6: Prüf- und Messverfahren; Störfestigkeit gegen leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder (IEC 61000-4-6:2013)  
Deutsche Fassung EN 61000-4-6:2014
- [21] DIN EN 61000-4-16 (VDE 0847-4-16):2011-09  
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 4-16: Prüf- und Messverfahren - Prüfung der Störfestigkeit gegen leitungsgeführte, asymmetrische Störgrößen im Frequenzbereich von 0 Hz bis 150 kHz (IEC 61000-4-16:1998 + A1:2001 + A2:2009)  
Deutsche Fassung EN 61000-4-16:1998 +A1:2004 + A2:2011

- [22] DIN EN 61000-4-19 (VDE 0847-4-19:2015-03)  
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 4-19: Prüf- und Messverfahren - Prüfung der Störfestigkeit an Wechselstrom-Netzanschlüssen gegen leitungsgeführte symmetrische Störgrößen und Störgrößen aus der Signalübertragung im Frequenzbereich von 2 kHz bis 150 kHz; (IEC 61000-4-19:2014); Deutsche Fassung EN 61000-4-19:2014
- [23] DIN EN 61000-6-1 (VDE 0839-6-1 ):2007-10  
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Teil 6-1: Fachgrundnormen - Störfestigkeit für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe (IEC 61000-6-1:2005) Deutsche Fassung EN 61000-6-1:2007
- [24] DIN EN 61000-6-2 (VDE 0839-6-2 ):2006-03  
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Teil 6-2: Fachgrundnormen - Störfestigkeit für Industriebereich (IEC 61000-6-2:2005); Deutsche Fassung EN 61000-6-2:2005
- [25] DIN EN 61000-6-3 (VDE 0839-6-3 ):2011-09  
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Teil 6.3: Fachgrundnormen Störaussendung für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereich sowie Kleinbetriebe (IEC 61000-6-3:2006 + A1:2010); Deutsche Fassung EN 61000-6-3:2007 + A1:2011
- [26] DIN EN 61000-6-4 (VDE 0839-6-4 ):2011-09  
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Teil 6-4: Fachgrundnormen - Störaussendung für Industriebereich (IEC 61000-6-4:2006 + A1:2010) Deutsche Fassung EN 61000-6-4:2007 + A1:2011
- [27] DIN IEC 61709; DIN EN 61709 Berichtigung 1:2012-07  
Elektrische Bauelemente - Zuverlässigkeit - Referenzbedingungen für Ausfallraten und Beanspruchungsmodelle zur Umrechnung (IEC 61709:2011); Deutsche Fassung EN 61709:2011, Berichtigung zu DIN EN 61709:2012-01
- [28] DIN EN 62052-11; VDE 0418-2-11:2017-09  
Wechselstrom-Elektrizitätszähler - Allgemeine Anforderungen, Prüfungen und Prüfbedingungen - Teil 11: Messeinrichtungen (IEC 62052-11:2003 + A1:2016) Deutsche Fassung EN 62052-11:2003 + A1:2017
- [29] DIN EN 62052-21; VDE 0418-2-21:2017-10  
Wechselstrom-Elektrizitätszähler - Allgemeine Anforderungen, Prüfungen und Prüfbedingungen - Teil 21: Einrichtungen für Tarif- und Laststeuerung (IEC 62052-21:2004 + A1:2016) Deutsche Fassung EN 62052-21:2004 + A1:2017
- [30] DIN EN 62052-31; VDE 0418-2-31:2017-07  
Wechselstrom-Elektrizitätszähler - Allgemeine Anforderungen, Prüfungen und Prüfbedingungen - Teil 31: Sicherheitsanforderungen und Prüfungen (IEC 62052-31:2015) Deutsche Fassung EN 62052-31:2016
- [31] DIN EN 62053-11; VDE 0418-3-11:2017-08  
Wechselstrom-Elektrizitätszähler - Besondere Anforderungen - Teil 11: Elektromechanische Wirkverbrauchszähler der Genauigkeitsklassen 0,5, 1 und 2 (IEC 62053-11:2003 + A1:2016) Deutsche Fassung EN 62053-11:2003 + A1:2017
- [32] DIN EN 62053-21; VDE 0418-3-21:2017-09  
Wechselstrom-Elektrizitätszähler - Besondere Anforderungen - Teil 21: Elektronische Wirkverbrauchszähler der Genauigkeitsklassen 1 und 2 (IEC 62053-21:2003 + A1:2016) Deutsche Fassung EN 62053-21:2003 + A1:2017

- [33] DIN EN 62053-22; VDE 0418-3-22:2017-09  
Wechselstrom-Elektrizitätszähler - Besondere Anforderungen - Teil 22: Elektronische Wirkverbrauchszähler der Genauigkeitsklassen 0,2 S und 0,5 S (IEC 62053-22:2003 + A1:2016)  
Deutsche Fassung EN 62053-22:2003 + A1:2017
- [34] DIN EN 62053-23; VDE 0418-3-23:2017-09  
Wechselstrom-Elektrizitätszähler - Besondere Anforderungen - Teil 23: Elektronische Blindverbrauchszähler der Genauigkeitsklassen 2 und 3 (IEC 62053-23:2003 + A1:2016)  
Deutsche Fassung EN 62053-23:2003 + A1:2017
- [35] DIN EN 62054-21; VDE 0419-4-21:2017-16  
Wechselstrom-Elektrizitätszähler - Tarif- und Laststeuerung - Teil 21: Besondere Anforderungen an Schaltuhren (IEC 62054-21:2004 + A1:2017)  
Deutsche Fassung EN 62054-21:2004 + A1:2017
- [36] DIN EN 62056-6-1:2017-07  
Titel (deutsch): Datenkommunikation der elektrischen Energiemessung - DLMS/COSEM - Teil 6-1: COSEM Object Identification System (OBIS) (IEC 62056-6-1:2015);  
Englische Fassung EN 62056-6-1:2016
- [37] IEC 61709; IEC 61709:2017 RLV (Redline version)  
Electric components – Reliability – Reference conditions for failure rates and stress models for conversion
- [38] IEC/TR 62059-21  
Electricity metering equipment - Dependability - Part 21: Collection of meter dependability data from the field; 2002-03
- [39] IEC/TR 62380 (2004-08)  
Reliability data handbook - Universal model for reliability prediction of electronics components, PCBs and equipment
- [40] DIN EN 62059-31-1; VDE 0418-9-31-1:2009-07  
Elektrizitätszähler - Zuverlässigkeit - Teil 31-1: Zeitraffende Zuverlässigkeitsprüfung - Temperatur und Luftfeuchte erhöht (IEC 62059-31-1:2008)  
Deutsche Fassung EN 62059-31-1:2008
- [41] DIN EN 62059-32-1:2012-10; VDE 0418-9-32-1:2012-10  
Elektrizitätszähler - Zuverlässigkeit - Teil 32-1: Haltbarkeit - Prüfung der Stabilität der metrologischen Eigenschaften unter Anwendung erhöhter Temperatur (IEC 62059-32-1:2011);  
Deutsche Fassung EN 62059-32-1:2012
- [42] DIN EN 62059-41; VDE 0418-9-41:2007-01  
Elektrizitätszähler - Zuverlässigkeit - Teil 41: Zuverlässigkeitsvorhersage (IEC 62059-41:2006)  
Deutsche Fassung EN 62059-41:2006
- [43] DIN EN 62305-4; VDE 0185-305-4:2011-10  
Blitzschutz - Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen  
(IEC 62305-4:2010); Deutsche Fassung EN 62305-4:2011
- [44] Ermittelte Regeln und Erkenntnisse des Regelermittlungsausschusses nach § 46 des Mess- und Eichgesetzes (<https://www.ptb.de/cms/metrologische-dienstleistungen/rea/dokumente-fundstellen.html>)  
  
PTB-A 20.1 „Messgeräte für Elektrizität“ Elektrizitätszähler und deren Zusatzeinrichtungen  
  
PTB-A 50.1 „Schnittstellen an Messgeräten und Zusatzeinrichtungen“

PTB-A 50.7 „Anforderungen an elektronische und softwaregesteuerte Messgeräte und Zusatzeinrichtungen für Elektrizität, Gas, Wasser und Wärme“

Anhang PTB-A 50.7-2 „Software-Anforderungen an Messgeräte und Zusatzeinrichtungen nach PTB-A 50.7 Geräteklasse 2: Gerät mit Datenübertragung über Kommunikationsnetzwerke“

Anhang PTB-A 50.7-3 „Software-Anforderungen an Messgeräte und Zusatzeinrichtungen nach PTB A 50.7 Geräteklasse 3: Gerät mit Software-Trennung“

PTB-A 50.8 Smart-Meter-Gateway

Prüfanweisung für Messgeräte und Zusatzeinrichtungen zur Bestimmung von Messgrößen bei der Lieferung von Elektrizität (GM-P 6.1 Elektrizität), Ausgabe 14.02.2018

- [45] Überspannungs-Schutzeinrichtungen, Richtlinie für den Einsatz von Überspannungsschutzeinrichtungen (ÜSE) Typ 1 in Hauptstromversorgungssystemen, 2. Auflage 2004, VDN
- [46] Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) Institut für Solare Energieversorgungstechnik Verein an der Universität Kassel e.V., Institutsteil Kassel; Dipl.- Ing. Jörg Kirchhof: Prüfung an Energiezählern
- [47] FGW TR-3 „Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten am Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz“
- [48] VDE-AR-N 4100 „Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Niederspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Niederspannung)“, April 2019
- [49] VDE-AR-N 4105 „Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz – Technische Mindestanforderungen für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz“, November 2018
- [50] FNN: Lastenheft EDL – Elektronische Haushaltszähler – Funktionale Merkmale und Protokolle; Version 1.2, November 2016
- [51] FNN: Lastenheft Basiszähler, Funktionale Merkmale; Version 1.4.1 Mai 2018
- [52] FNN: Lastenheft Konstruktion, Basiszähler und SMGW; Version 1.3, März 2017
- [53] FNN: Lastenheft Leitungsgebundene LMN-Protokolle; Version 1.1, Juli 2015
- [54] FNN: Lastenheft Synchronous Modular Meter (SyM<sup>2</sup>); Version 1.05, Juli 2015
- [55] FNN: Lastenheft Smart-Meter-Gateway, Funktionale Merkmale; Version 1.2, April 2019
- [56] DIN CLC/TR 50579 (VDE 0418-9:2012-08)  
Wechselstrom-Elektrizitätszähler - Prüfschärfe, Störfestigkeit und Prüfverfahren für leitungsgeführte Störgrößen im Frequenzbereich von 2 kHz - 150 kHz; Deutsche Fassung CLC/FprTR 50579:2012
- [57] ISO/IEC 25000:2014  
Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) -- Guide to SQuaRE
- [58] Beeinflussung elektronischer Elektrizitätszähler im Frequenzbereich von 2 kHz bis 150 kHz; Netzpraxis, Jahrgang 50 (2011), Heft 5, Seite 46 bis 53
- [59] Jaques et al.: Survey of current gradient at public low voltage customer terminals in Germany, Paper 1078, CIRED 25th International Conference on Electricity Distribution, 2019

- [60] Interner Bericht, Physikalisch Technische Bundesanstalt, Arbeitsgruppe 2.35, Braunschweig
- [61] Fröbel et al.: ANALYTICAL ASSESSMENT AND CIRCUIT SIMULATION TO STUDY THE BEHAVIOUR OF ROGOWSKI COIL INTEGRATORS FOR MEASUREMENT OF NONSINUSOIDAL CURRENTS, Paper 1239, CIRED 25th International Conference on Electricity Distribution, 2019
- [62] Kye Yak See (Technical Editor): Practical Papers, Articles and Application Notes; IEEE Electromagnetic Compatibility Magazine 2016 – Volume 5 – Quarter 4
- [63] VDEW: Richtlinien für die Kurzunterbrechung in elektrischen Netzen / VDEW Ringbuch Schutztechnik, VDEW 1987

VDE Verband der Elektrotechnik  
Elektronik Informationstechnik e.V.

Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (VDE|FNN)  
Bismarckstraße 33  
10625 Berlin  
Tel. +49 30 383868-70  
E-Mail: [fnn@vde.com](mailto:fnn@vde.com)  
Internet: <http://www.vde.com/fnn>