

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse
Band: 114 (2023)
Heft: 4

Artikel: Messtechnischer Nachweis der D-A-CH-CZ-Grenzwerte
Autor: Ulrich, Max
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1053156>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 17.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Messungen in einer Niederspannungs-Trafostation.

Messtechnischer Nachweis der D-A-CH-CZ-Grenzwerte

Überwachungsmethode | Die Netzrückwirkungen von Anlagen werden heute vor ihrem Anschluss ans Netz berechnet. Messtechnisch wird die Einhaltung der Grenzwerte kaum oder nur vereinfacht überprüft. In einem P+D-Projekt des BFE wurde nun die optimale Methode zur kontinuierlichen Überwachung des Beitrages einzelner Anlagen zur Spannungsverzerrung ermittelt.

MAX ULRICH

Die Zunahme von verteilter Erzeugung und neuen Gerätetechnologien (z.B. Elektrofahrzeuge) führt zu einem tiefgreifenden Wandel der Stromnetze. Zudem zeichnen sich künftige Netze durch eine niedrigere und volatilere Kurzschlussleistung aus, wodurch es wahrscheinlicher wird, dass sich eine Beeinträchtigung der Strom- und Spannungsqualität

erheblich stärker auf den effizienten und stabilen Betrieb auswirken wird als bisher. Viele Studien und Feldversuche beschränken sich jedoch nur auf die Effizienz und Stabilität bei der Netzfrequenz und betrachten den Einfluss der Netzrückwirkungen nicht oder nur unzureichend.

Fast alle Installationen für Erzeugung, Verbrauch oder Speicherung von

elektrischer Energie verursachen Netzrückwirkungen. Geräte mit Leistungselektronik führen beispielsweise zu Oberschwingungen, ein- oder zweiphasig angeschlossene Geräte zu Asymmetrien. Dies reduziert die Strom- und Spannungsqualität und kann den Betrieb anderer Geräte und Anlagen stören. Deshalb ist es wichtig, die Netzverträglichkeit einer Anlage verlässlich

zu quantifizieren, um den zuverlässigen und effizienten Netzbetrieb sicherzustellen und die Anforderungen bezüglich der elektromagnetischen Verträglichkeit einzuhalten.

Die Rückwirkung von Anlagen auf die Netzspannung wird heute vor ihrem Anschließen ans Netz basierend auf Erfahrungswerten und Richtlinien berechnet. Ein messtechnischer Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte erfolgt entweder gar nicht oder nur mittels Verfahren, die auf vereinfachenden Annahmen beruhen. Dies kann dazu führen, dass bei Betrieb einer Anlage unerwartete Störungen auftreten, die den Netzbetrieb beeinträchtigen. Andererseits werden bereits im Rahmen der Planung möglicherweise teure Abhilfemaßnahmen (z.B. Filter) gefordert, die beim Betrieb der Anlage eigentlich nicht nötig gewesen wären.

Durch Anwendung neuer Methoden und Indizes wurde im iREF-Grid-Projekt ein Verfahren zur kontinuierlichen Überwachung des Beitrages einer einzelnen Anlage zur Spannungsverzerrung bestimmt. Durch umfassende und systematische Messungen in Zusammenarbeit mit neun Schweizer Netzbetreibern wurden verschiedene Methoden bewertet und die optimale Methode identifiziert. Dadurch können Wechselwirkungen (z.B. Kompensationseffekte) genauer bestimmt werden, um Anlagen mit unzulässig hohen Netzrückwirkungen sicher identifizieren zu können bzw. Investitionen in unnötige Abhilfemaßnahmen zu vermeiden. Dies trägt nachhaltig zu einer effizienteren Nutzung der Netzinfrastruktur, der effektiveren Integration neuer Technologien und zu einem zuverlässigeren Betrieb zukünftiger Netze bei. Die Ergebnisse leisten auch einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung von Richtlinien und Normen.

Projektziele und Fragen

Störaussendungsgrenzwerte für eine Anlage werden in der Planungsphase mit Methoden aus einschlägigen Richtlinien und Normen (z.B. D-A-CH-CZ-Richtlinien zur Beurteilung von Netzrückwirkungen) berechnet. Diese Methoden basieren auf Annahmen und Vereinfachungen, die meist zu eher konservativen Grenzwerten führen, welche die Aufnahmekapazität der Netze in Bezug auf Netzrückwirkungen nicht effizient ausnutzen und von den Kunden oft schwer und nur mit höheren Investitionen zu quantifizieren, um den zuverlässigen und effizienten Netzbetrieb sicherzustellen und die Anforderungen bezüglich der elektromagnetischen Verträglichkeit einzuhalten.

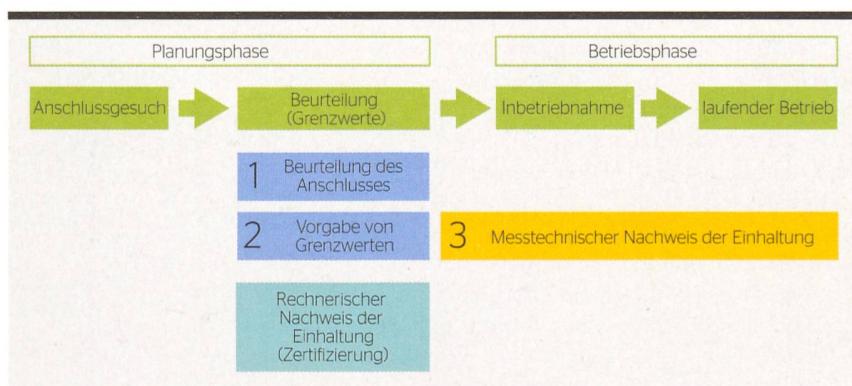


Bild 1 Messtechnischer Nachweis als Grundlage der Anschlussbewertung.

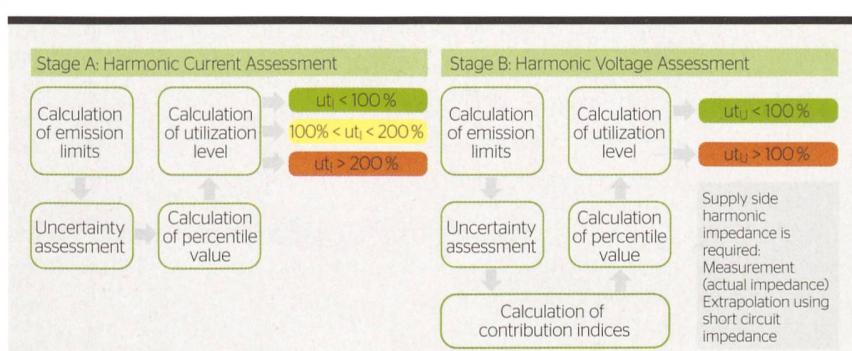


Bild 2 Bewertungsrahmen.

nen zu erfüllen sind. Die Emissionsgrenzwerte können als Spannungen oder Ströme ausgedrückt werden. Die Spannungsgrenzwerte sind oft so gering, dass sie nach der Inbetriebnahme der Anlage gar nicht oder nur schwer messtechnisch nachgewiesen werden können. Deshalb wird heute die Einhaltung vorgegebener Grenzwerte häufig mit einer Messung des entsprechenden Stromes am Verknüpfungspunkt (PCC) bewertet. Diese Messung wird in der Praxis oft überhaupt nicht durchgeführt oder nur für einen kurzen Zeitraum (z.B. mehrere Tage bis zu einer Woche) direkt nach der Inbetriebnahme der Anlage.

Aufgrund von Wechselwirkungen zwischen Netz und Anlage besteht der gemessene Strom aus zwei Komponenten: einer durch das Netz verursachten (Verantwortung des Netzbetreibers) und einer durch die Anlage verursachten (Verantwortung des Kunden) Komponente. Beabsichtigte oder zufällige Kompensationseffekte sowie eine niedrige Gleichzeitigkeit der Störaussendung mehrerer Anlagen können zu einem geringeren negativen oder sogar zu einem positiven Einfluss auf die entsprechende Spannungsqualitätskenngroß

führen, als es der gemessene Strom vermuten lässt. Eine zu konservative Bewertung des Beitrags durch eine Anlage kann zu einer ineffizienten Nutzung der vorhandenen Aufnahmekapazität oder zur unnötigen Installation von Abhilfemaßnahmen führen. Besonders bei einer zufälligen Kompensation kann sich der Beitrag der Anlage im Laufe der Zeit aufgrund von Änderungen auf der Netzseite (z.B. Wechsel des Schaltzustandes oder Austausch eines Transformators) bzw. der Kundenseite (z.B. Austausch von Geräten oder Erweiterung der Anlage) signifikant verändern.

Ein Gerät zur kontinuierlichen messtechnischen Quantifizierung des Beitrags einer Anlage zur Spannungsqualität, das die beschriebenen Herausforderungen berücksichtigt, existierte bisher nicht, ist jedoch für eine sachgerechte Bestimmung der Netzrückwirkungen einer Anlage dringend notwendig. Dies bestätigen auch die anhaltenden Diskussionen in internationalen Arbeitsgruppen sowie zwischen Kunden und Netzbetreibern. Besonders wenn die gemessene Stromaussendung vorgegebene Grenzwerte überschreitet, gibt es keinen klaren

Rahmen, wie der tatsächliche Beitrag zur Verminderung der Spannungsqualität für beide Seiten auf transparente Weise ermittelt werden kann.

Das Ziel des iREF-Grid-Projekts war die Entwicklung und Validierung einer Methode zur kontinuierlichen Bewertung des Beitrags einer Anlage zu Spannungsoberschwingungen und deren Proof-of-Concept-Implementierung in ein bestehendes Power-Quality-Instrument (Klasse A). Die Anwendbarkeit einiger vielversprechender Verfahren und Indizes wurde erprobt und u.a. hinsichtlich Einfachheit, Transparenz und Effektivität durch umfangreiche Feldtests mit mehreren Schweizer Netzbetreibern bewertet. Die Ergebnisse der Messungen wurden analysiert und mit den Netzbetreibern diskutiert, um die beste Methode zur genauen Bestimmung des Beitrags einer Anlage zur Verminderung der Spannungsqualität zu identifizieren. Dadurch wird eine effizientere Ausnutzung der Aufnahmekapazitäten künftiger Netze in Bezug auf Oberschwingungen und Asymmetrie erreicht, wobei auch eine zunehmende zeitliche Variabilität der Aufnahmekapazität berücksichtigt wird. Zudem wurden Richtlinien für die Bewertung des Beitrags einer Anlage zu Oberschwingungen im Netz entwickelt, die in die Überarbeitung der D-A-CH-CZ-Richtlinien zur Bewertung von Netzzrückwirkungen eingeflossen sind.

Grundsätzlich kann das Messgerät nicht nur auf Anlagen mit mehreren Geräten, sondern auch auf einzelne Geräte wie Ladegeräte für Elektrofahrzeuge oder PV-Wechselrichter angewendet werden. Es kann in allen Netzebenen eingesetzt werden, wobei die Genauigkeit der verwendeten Strom- und Spannungswandler für die Messung von Harmonischen (frequenzabhängiges Übertragungsverhalten) sicherzustellen ist.

Messtechnischer Nachweis in der D-A-CH-CZ

Ein messtechnischer Nachweis der Einhaltung von Grenzwerten erfolgte bisher gar nicht oder nur mittels einfacher Verfahren, die auf einer Reihe vereinfachender Annahmen beruhen. In der aktuellen D-A-CH-CZ (3. Ausgabe 2021) wird in Kapitel 2.9. Messung auf dieses Thema Bezug genommen und auf Art und Umfang der Messung sowie auf das Messverfahren nach

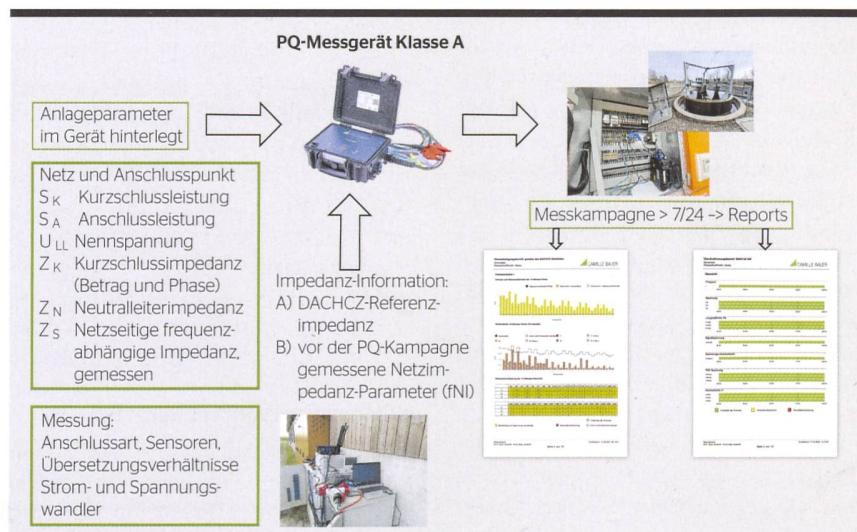


Bild 3 Ablauf der Messung.

IEC 61000-4-30 eingegangen. Zum besseren Verständnis der Einordnung des messtechnischen Nachweises in der Anschlussbewertung dient **Bild 1**.

Bewertungsrahmen

Im Rahmen des iREF-Grid-Projekts wurde ein klarer und einfach anwendbarer Rahmen für die Bewertung der Oberschwingungsemision von Anlagen in Nieder- und Mittelspannungsnetzen in Bezug auf Oberschwingungsströme und -spannungen entwickelt und auf eine Reihe von Feldmessungen angewendet.

Das in **Bild 2** gezeigte Bewertungsverfahren besteht aus den Stufen A und B. In Stufe A wird die Oberschwingungstromemission für aggregierte 10-Minuten-Daten auf der Grundlage des 95-ten Perzentils und für aggregierte 3-s-Daten (sofern gemessen) auf der Grundlage des 99-ten Perzentils bewertet. Wenn der jeweilige Perzentilwert unter dem entsprechenden Grenzwert für die Oberschwingungsemision liegt, erfüllt die Anlage die Anforderungen für diese Oberschwingungsordnung. Liegt der jeweilige Perzentilwert um einen Faktor über dem aktuellen Grenzwert für Oberschwingungsemisionen (hier wurde der Faktor 2 gewählt), so erfüllt die Anlage in dieser Oberschwingungsordnung die Anforderungen nicht. In allen anderen Fällen muss die Oberschwingungsemision der Spannung in Stufe B bewertet werden. Es kann jedoch sinnvoll sein, die Bewertung der Oberschwingungsemision der Spannung

auch dann durchzuführen, wenn die Anlage in Stufe A die Anforderungen erfüllt oder nicht erfüllt.

In Stufe B wird die Oberschwingungsemision der Spannung bewertet. Im Allgemeinen können zwei Bewertungsindizes angewandt werden. Der erste Index (Größenindex) geht von einer Soll-Diversität (Auslösung) aus und berücksichtigt keine Abweichung (höher oder niedriger) in der Diversität zwischen der Oberschwingungsemision der betreffenden Anlage und der Hintergrundverzerrung. Der zweite Index (Differenzindex) berücksichtigt die tatsächliche Diversität während der Messung. Der Netzbetreiber muss entscheiden, welcher der Indizes angewendet wird. Ähnlich wie in Stufe A werden die Perzentilwerte der Indizes für die Emission der Spannungsoberschwingung berechnet und mit dem entsprechenden Grenzwert verglichen, die Entscheidung über die Konformität der Anlage wird für jede Oberschwingungsordnung getroffen.

Feldmessungen

Nach der Evaluation der geeigneten Methode unter Laborbedingungen wurde an 52 Messorten, wobei 34 NS, 17 MS, 1 HS und ein Mix aus Verbrauchern, Speichern, Prosumern und Erzeugern, die Methode auf Praxistauglichkeit überprüft. Dazu wurde die neu entwickelte Methode in ein durch die Metas zertifiziertes Klasse-A-Netzqualitätsanalysegerät (**Bild 3**) implementiert.

Die Messungen bei den Verteilnetzbetreibern wurden nach einem einheitlichen Prozess durchgeführt:

- Gemeinsame Festlegung der Messorte.
- Bereitstellung der Anlageparameter durch den Verteilnetzbetreiber.
- Messung der Netzimpedanz oder Verwendung einer Referenzimpedanz und Übernahme dieser Information in das PQ-Messgerät.
- Installation der Messgeräte durch die Fachkräfte der Netzbetreiber.
- Durchführen der Messkampagne, im Minimum 7/24.
- Generierung der Konformitätsberichte zu D-A-CH-CZ und EN 50160.
- Diskussion der Messresultate mit dem jeweiligen Netzbetreiber.

Ergebnisse und Nutzen für Netzbetreiber

Der Netzbetreiber kann nun auch ohne vertiefte Methodenkenntnisse zuverlässige Angaben zu den realen Emissionen machen und muss sich nicht mehr mit unvollständigen theoretischen Betrachtungen zufriedengeben.

Auch die Störungen, die im Neutralleiter auftreten, werden in der Analyse berücksichtigt. Dies ist besonders relevant für Kunden, die einige 100 m vom Transformator entfernt sind. Diesem Aspekt wurde in der D-A-CH-CZ Ed. 3 nicht genügend Beachtung geschenkt.

Der messtechnische Nachweis hilft bei der Genehmigung des Anschluss-

gesuchs einer Anlage. Bei Kundenreklamationen kann der Verursacher eindeutig identifiziert werden.

Es besteht ein Risiko, wenn die Emissionen des Kunden nicht gemessen werden oder nur die EN 50160 berücksichtigt wird. Wenn eine Anlage bereits einen grossen Teil der dem Netz zugewiesenen Emissionen in Anspruch nimmt, stehen nicht genügend Emissionsgutschriften für andere oder künftige Anlagen zur Verfügung.

Benutzerfreundlichkeit

In der Schweiz gibt es verschiedene Netzbetreiber, von kleinen Unternehmen, in denen Einzelpersonen viele Aufgaben erledigen, bis hin zu Netzbetreibern, die über Netzqualitätsspezialisten verfügen. Gerade kleinere Unternehmen sind nicht in der Lage, eine D-A-CH-CZ-Auswertung auf Basis von Rohdaten durchzuführen. Dank des neuen Verfahrens benötigt der Netzbetreiber nun keine vertieften Kenntnisse mehr, um die Analyse durchzuführen. Es ist auch nicht mehr nötig, alle Parameter zu kennen. Fehlende Parameter werden durch Standardwerte ersetzt, die der Netzbetreiber anpassen kann, um seine Situation bestmöglich abzubilden. Er startet dann eine Reihe von Messungen und kann am Ende auf Knopfdruck einen Analyse-Bericht erstellen. Der Vorteil gegenüber der Offline-Analyse ist, dass die Ergebnisse sofort zur Verfügung

stehen, lange Downloadzeiten (für Rohdaten) vermieden werden und mehr Daten über längere Zeiträume aufgezeichnet werden können.

Zwei Berichte mit einem Gerät

Mit einem PQ-Gerät ist es nun möglich, sowohl einen EN-50160-Bericht als auch einen D-A-CH-CZ (Ed. 3) Oberschwingungskonformitätsbericht zu erstellen. Damit ist sichergestellt, dass auch bei Einhaltung der EN 50160 die nötigen Fehlerreserven für künftige Kunden des Netzbetreibers vorhanden sind. Die beiden Berichte bilden eine gute Grundlage für die vertiefte Auseinandersetzung mit ausgewählten PQ-Themen und sind ein formales Beweismittel bei Kundenbeschwerden.

Dieses PQ-Gerät hilft dem Netzbetreiber, den messtechnischen Nachweis zu erbringen, um die Einhaltung der Grenzwerte von seinen Kunden verlangen zu können. Es kann immer dann eingesetzt werden, wenn die Grenzwerte einer Anlage überprüft werden müssen: bei der Abnahme neuer Anlagen, bei Messkampagnen oder bei der Suche nach den Ursachen von EMV-Problemen.



Autor

Max Ulrich ist Geschäftsführer der Camille Bauer Metrawatt AG.
→ Camille Bauer Metrawatt AG,
5610 Wohlen
→ max.ulrich@camillebauer.com

RÉSUMÉ

Preuve métrologique du respect des valeurs limites

Méthode de surveillance pour la directive DACHCZ

Presque toutes les installations de production, de consommation ou de stockage d'énergie électrique provoquent des réactions sur le réseau qui peuvent perturber le fonctionnement d'autres appareils et installations. Il est donc important de quantifier de manière fiable la compatibilité d'une installation avec le réseau. Jusqu'à présent, il n'existe pas de preuve métrologique du respect des valeurs limites, ou alors uniquement au moyen de procédés reposant sur des hypothèses simplificatrices. C'est pourquoi, dans le cadre du projet iREF-Grid (programme P+D de l'OFEN), différentes méthodes de surveillance ont été comparées en collaboration avec neuf gestionnaires de réseau suisses afin de déterminer le procédé optimal pour la surveillance continue de la contribution d'une seule installation à la distorsion de la tension. Cette méthode permet de déterminer plus précisément les interactions (par exemple les effets de

compensation) afin de pouvoir identifier les installations provoquant d'importantes perturbations inadmissibles sur le réseau ou éviter des investissements dans des mesures correctives non nécessaires.

Comme, jusqu'à présent, il n'existe pas d'appareil permettant de quantifier par des mesures la contribution d'une installation à la qualité de la tension, cette nouvelle méthode a été implantée dans un analyseur de qualité de réseau de classe A certifié par l'Institut fédéral de métrologie Metas. Grâce à cet appareil, il est désormais possible d'établir aussi bien un rapport de conformité EN 50160 qu'un rapport de conformité harmonique D-A-CH-CZ (Ed. 3). Cet appareil PQ aide les gestionnaires de réseau à fournir la preuve métrologique nécessaire pour pouvoir exiger de ses clients le respect des valeurs limites.