

**Zeitschrift:** bulletin.ch / Electrosuisse

**Herausgeber:** Electrosuisse

**Band:** 101 (2010)

**Heft:** 8

**Artikel:** Messgeräteunabhängige Bewertung der Spannungsqualität

**Autor:** Meyer, Jan / Gasch, Etienne / Darda, Thomas

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-856107>

### 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:** 24.01.2026

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

# Messgeräteunabhängige Bewertung der Spannungsqualität

## Entwurf und Realisierung eines automatisierten Systems

Im Rahmen der Anreizregulierung rückt die Versorgungsqualität, bestehend aus Spannungsqualität, Versorgungszuverlässigkeit und Servicequalität, zunehmend in das Interesse von Kunden und Netzbetreibern. Da bei Netzbetreibern oft Messgeräte unterschiedlicher Hersteller eingesetzt werden, stellt eine automatisierte Auswertung eine Herausforderung dar. Eine langfristige Auswertung der Messdaten erfordert deshalb eine geräteunabhängige, flexible Datenhaltung.

lität stark gewachsen. Ihre Initiative führte beispielsweise zu einer erneuten Überarbeitung von EN 50160 (Ratifizierung der 3. Ausgabe am 1. März 2010). Die Berücksichtigung einer Qualitätskomponente, welche einer möglichen unzulässigen Verminderung der Spannungsqualität entgegenwirkt, ist für die Zukunft nicht auszuschliessen.

Bei Planung und Betrieb von Netzen ist die Spannungsqualität gemäss EN 50160 an allen Übergabestellen zu Kundenanlagen einzuhalten. Die Norm beschreibt das Produkt «Elektroenergie» und gibt für ausgewählte Qualitätskenngrössen der Spannung Randwerte an, innerhalb welcher jeder Kunde in Europa die Spannungsqualität in öffentlichen Mittel- und Niederspannungsnetzen erwarten kann. Es wird dabei zwischen verlaufsorientierten Kenngrössen (z.B. Höhe der Versorgungsspannung, Langzeit-Flickerstärke, Gesamtoberschwingungsgehalt THD, Unsymmetrie) und ereignisorientierten Kenngrössen (z.B. Spannungseinbruch, kurze und lange Unterbrechung) unterschieden. Für Erstere sind in der Regel konkrete Randwerte, für Letztere nur indikative

Jan Meyer, Etienne Gasch, Thomas Darda

Die Kriterien und die einzuhaltenden Kenngrössen der Spannungsqualität sind in der Europäernorm EN 50160 [1] festgelegt. Zusätzlich ist im Rahmen der Qualitätssicherung auch die firmeninterne Überwachung vorgegebener Planungsspeigel wichtig. Zur Erfassung der Spannungsqualität sind bei Netzbetreibern zahlreiche Geräte unterschiedlicher Hersteller und Baujahre im Einsatz. Um eine langfristige, einheitliche Auswertung der Messdaten zu gewährleisten, ist eine geräteunabhängige und flexible Datenhaltung und Qualitätsbewertung notwendig.

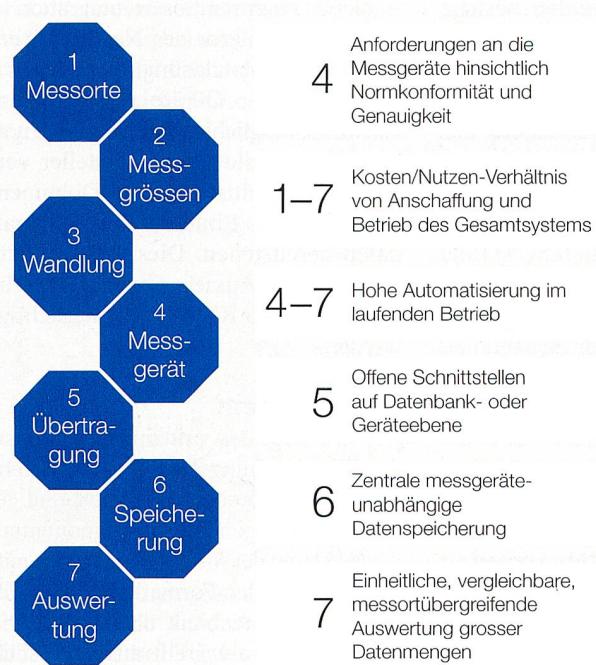
Der Beitrag gibt eine Übersicht über wichtige Entwurfskriterien für Messprogramme zur Spannungsqualitätsermittlung. Ferner werden erste Ergebnisse der konkreten Realisierung einer effizienten und zukunftsorientierten Lösung zur Überwachung der Spannungsqualität vorgestellt, welche eine automatisierte Auswertung grosser Datenmengen erlaubt und den Aufwand im laufenden Betrieb des Systems minimiert.

### Grundlagen und normative Rahmenbedingungen

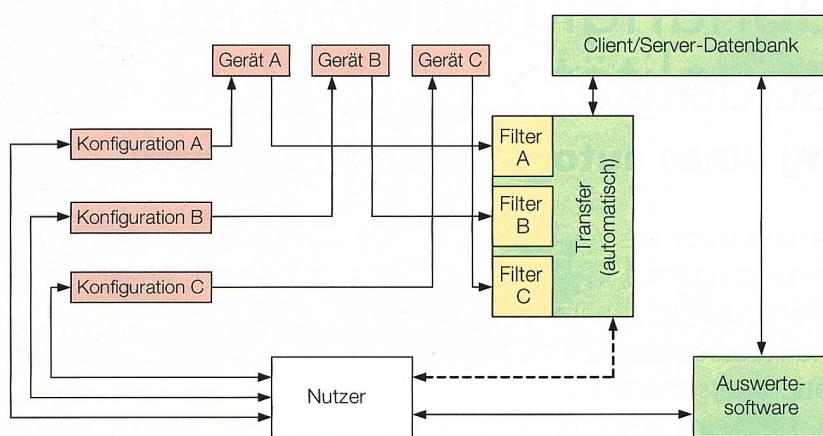
Die Ströme der meisten Abnehmer- und Erzeugungsanlagen weisen mehr oder minder grosse Abweichungen von der idealen Form (konstant, sinusförmig, symmetrisch) auf. Diese Verminderungen der Stromqualität führen aufgrund der entstehenden Spannungsabfälle an der Netzmehrspannung zur Verminderung der Spannungsqualität. Die Spannungsqualität ist zeit- und ortshängig und kann bei unzulässiger Verminderung zu Funk-

tionsstörungen bei angeschlossenen Verbrauchern oder Erzeugern führen.

Strom- und Spannungsqualität stehen im Spannungsfeld von Geräteherstellern und Netzbetreibern und werden basierend auf einer wahrscheinlichkeitsorientierten Verträglichkeitskoordination (vgl. IEC 61000) aufeinander abgestimmt. Kunden interessieren in den meisten Fällen vordergründig nur ein möglichst störungsfreier Betrieb ihrer Geräte bei günstigem Strompreis. In den letzten Jahren ist das Interesse der europäischen Regulierungsbehörden an der Spannungsqua-



**Bild 1** Wichtige Kriterien bei der Konzeption eines Spannungsqualitäts-Überwachungssystems.



**Bild 2** Prinzipieller Aufbau des Überwachungssystems.

Werte angegeben. Die Auswerterealgorithmen für beide Kenngrößen-Gruppen sind grundsätzlich verschieden.

Anforderungen an die Messtechnik zur Beurteilung der Spannungsqualität sind Bestandteil ausgewählter Normen der Reihe IEC 61000-4-x. IEC 61000-4-30 [2] definiert beispielsweise Messverfahren und erforderliche Genauigkeiten für Spannungsqualitätsmessungen und unterscheidet dabei verschiedene Gerätelassen (A, S und B).

### Anforderungen aus Sicht eines Netzbetreibers

Für Messungen als Reaktion auf Kundenanfragen zur Spannungsqualität ist der Einsatz normkonformer Messtechnik zwingend erforderlich. Zur internen Überwachung können dagegen auch Messgeräte eingesetzt werden, welche nicht alle Anforderungen der Norm IEC 61000-4-30 erfüllen, dafür aber in der Regel entscheidend günstiger zu beschaffen sind. Meist ist dabei die Erfassung der wichtigsten Kenngrößen wie Spannungsband, Flickerstärke, THD und ausgewählter Harmonischer (3., 5., 7., 11., 13.) ausreichend.

**Bild 1** zeigt einige wichtige Kriterien, welche beim Entwurf eines Systems zur Überwachung der Spannungsqualität zu beachten sind.

Für den Vergleich verschiedener Messprogramme untereinander ist der Konzipierung besondere Aufmerksamkeit zu schenken. So ist es beispielsweise wenig sinnvoll, Messungen an Ausläufern im Niederspannungsnetz mit Messungen an den Sammelschienen im Mittelspannungsnetz zu vergleichen.

Bei einer grossen Zahl von Messungen, welche in einem ausgedehnten Ver-

sorgungsgebiet stattfinden, ist eine zentrale Datenspeicherung wesentliche Grundlage für die vollständige und konsistente Datenhaltung sowie für die Sicherstellung eines einfachen Zugriffs durch mehrere Bearbeiter und Struktur-einheiten.

Zentraler Fokus des Systems ist die routinemässige Überwachung der Spannungsqualität nach EN 50160 bei minimalem Aufwand. Bei der Durchführung individueller Untersuchungen ist der Nutzer u.a. durch effiziente Suchalgorithmen (z. B. Umlaufsuche) zu unterstützen. Um den Aufwand für ein solches System zu optimieren, sollte die individuelle Auswertung, beispielsweise von Zeitverläufen bei der Fehleranalyse, nach wie vor der gerätespezifischen Software vorbehalten bleiben.

Neben einer nahtlosen Integration in die IT-Infrastruktur des Netzbetreibers (keine Einzelplatzlösung) muss die Einbindung neuer Geräte mit geringem Aufwand möglich sein. Dies setzt u.a. voraus, dass die Gerätehersteller verbindliche Schnittstellen bzw. Dokumentationen zum Einlesen der Originaldaten bereitstellen. Dies sollte bereits während der Ausschreibungsphase für entsprechende Geräte berücksichtigt werden.

### Messsystem

**Bild 2** zeigt den prinzipiellen Aufbau des Überwachungssystems. Es besteht aus messgerätespezifischen (rot) und geräteunabhängigen (grün) Komponenten.

Die Daten der Messgeräte werden mittels individueller Formatkonverter (Filter) in die Datenbank übertragen. Die Auswertesoftware greift ausschliesslich auf die Daten in der Datenbank zu und

ist damit vollständig unabhängig von den eingesetzten Gerätetypen.

Die Datenbank ist über das Intranet praktisch von überall erreichbar. Die zentrale Datenhaltung garantiert, dass die Daten aller durchgeföhrten Messungen unternehmensweit für die Auswertung zur Verfügung stehen.

### Gerätetechnik

Für die Überwachung der Spannungsqualität kommt an zahlreichen Standorten kostengünstige, jedoch nur eingeschränkt normkonforme Zählertechnik mit Netzanalyse-Option zum Einsatz. Die mobile Gerätetechnik, welche insbesondere als Reaktion auf Kundenanfragen zur Spannungsqualität zum Einsatz kommt, entspricht dagegen vollständig IEC 61000-4-30. Der Schwerpunkt des vorgestellten Auswertesystems liegt in der automatisierten Bewertung der Messdaten aus der Zählertechnik.

Zum aktuellen Zeitpunkt sind bereits ca. 50 Geräte zur Überwachung der Spannungsqualität im Netz der Energie Sachsen Ost AG (ENSO) verteilt. Perspektivisch ist die Errichtung einer dauerhaften Überwachung an ca. 110 Netz-knoten (UW-Sammelschienen, ausgewählte Umspannstationen) vorgesehen.

Die Zählertechnik wird über Modem ausgelesen, sodass keine zusätzliche Infrastruktur für die Überwachung der Spannungsqualität erforderlich ist.

### Datenübernahme

Zentraler Bestandteil der Teilanwendung für den Import der gerätespezifi-schen Messdaten in die zentrale Datenbank sind derzeit geräteabhängige Formatkonverter (Importfilter). Die Erstel-lung der Formatkonverter setzt allerdings die genaue Kenntnis des herstellerspezi-fischen Datenformats voraus. Im Falle von Formatänderungen durch den Her-steller müssen entsprechende Anpassun-gen der Importfilter erfolgen. Um diese Nachteile künftig zu vermeiden, bedarf es unbedingt einer offenen und standar-disierten Schnittstelle, speziell für Mes-sungen nach EN 50160. Erst dadurch können ein effizienter Betrieb sowie die einfache Austauschbarkeit auf Gerätee-bene sichergestellt werden. Ein möglicher Ansatz sollte dabei unbedingt IEC 61850 sein.

### Zentrale Datenbank

Die zentrale Datenbank wird unter Oracle betrieben und ist in das IT-Konzept der ENSO integriert. Neben den

Messgrösse	Toleranzbereich	Geforderter Anteil der Messwerte im Toleranzbereich nach EN 50160	Gemessener Anteil der Messwerte im Toleranzbereich	Erfüllung der EN 50160
Flicker	$\leq 1$	95 %	100 %	Erfüllt
Spannungsunsymmetrie	$\leq 2 \%$	95 %	100 %	Erfüllt
Oberschwingungs <span style="font-size: small;">H</span> spannungen	Spezifische Toleranzbereiche für jede Ordnung	95 %	100 %	Erfüllt

#### B Qualitätsindex

Für jede Spannungsqualitätskenngröße  $q$  wird in Abhängigkeit von Messort  $v$  und Leiter  $p$  ein Einzelindex  $r_{E(v,q,p)}$  berechnet:

$$r_{E(v,q,p)} = 1 - \frac{m_{(v,q,p)}}{g_{(q)}} \quad \begin{matrix} \text{Messwert} \\ \text{Grenzwert} \end{matrix}$$

Messpunkt	Spannungsband	Flicker	Spannungsunsymmetrie	Oberschwingungs <span style="font-size: small;">H</span> spannungen	Alle Kenngrößen*
UW B/SSB/T102 (24.5.2006– 30.5.2006)	0,61	0,97	1,00	0,80	0,61
UW H/SSB/ T101 (22.2.2006– 28.2.2006)	0,76	0,98	1,00	0,84	0,76
UW S 20kV (3.7.2004– 9.7.2004)	0,69	0,85	0,84	0,46	0,46
Alle Messpunkte*	0,61	0,85	0,84	0,46	0,46

\* Zusammenfassung der Einzelindizes zu Gruppenindizes/Messortindizes:

- alle Einzelindizes  $> 0$  Gruppenindex = kleinster Einzelindex
- mindestens ein Einzelindex  $< 0$  Gruppenindex = Summe aller negativen Einzelindizes

**Bild 3** Übersichtsprotokoll (Ausschnitt).

eigentlichen Messdaten ist die Speicherung ausgewählter Zusatzinformationen (u.a. Informationen zur geografischen Lage, zur Netz- und Abnehmerstruktur und zur Art der Messung) vorgesehen. Eine leistungsfähige und flexible Datenselektion ist speziell für die Auswertung grosser Datenbestände (viele Messorte, Dauermessung über Jahre oder Jahrzehnte) von höchster Bedeutung. Beispiele möglicher Abfragen unter Nutzung der Zusatzinformationen sind:

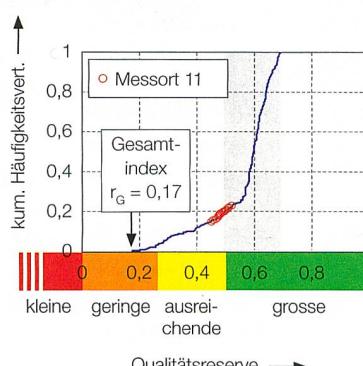
- Alle Messungen im Umkreis einer bestimmten Station, für welche innerhalb der letzten 2 Jahre das 95%-Quantil des Gesamtoberschwingungsgehalts THD der Spannung 5 % überschritten hat (Risikoanalyse).
- Jede erste Juniwoche der letzten 5 Jahre einer bestimmten Station (Trendanalyse).

#### Auswertung

Für jede Woche und jeden Messort kann ein einheitliches, detailliertes Protokoll erstellt werden, welches neben der Standardbewertung nach EN 50160 auch die entsprechenden Zeitverläufe und Häufigkeitsverteilungen darstellt. Unab-

hängig vom Messgerät kann so ein Protokoll mit einheitlichem Aussehen vorgelegt werden.

Für die Auswertung der Daten mehrerer Messorte über Monate oder Jahre ist das detaillierte Protokoll ungeeignet, da der wachsende Umfang die Übersichtlichkeit zunehmend erschwert. Die zentrale Datenspeicherung ermöglicht die Erstellung eines übersichtlichen, messortübergreifenden Protokolls, das die Ergebnisse beliebig vieler Messorte und



**Bild 4** Kumulative Häufigkeitsverteilung aller Messortindizes.

Auswertewochen übersichtlich zusammenfasst (**Bild 3**).

Während einem Ereignis, wie beispielsweise einer langen Unterbrechung, sind alle Messwerte der verlaufsorientierten Kenngrößen zu markieren und bei der Bewertung nach EN 50160 zu entfernen (Markierungskonzept gemäss IEC 61000-4-30). Um den Arbeitsaufwand dafür zu minimieren, muss diese Erkennung teilautomatisch erfolgen.

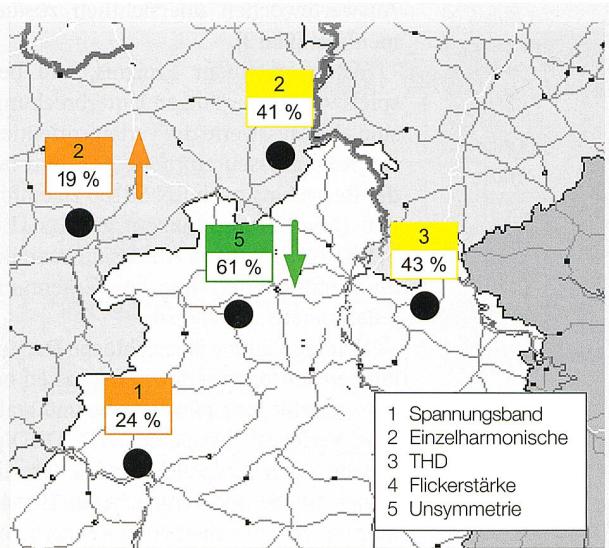
Während für die übersichtliche Darstellung ereignisorientierter Kenngrößen bereits verschiedene tabellarische und grafische Verfahren existieren (z.B. DisDip-Tabelle nach Unipede), wurde für die übersichtliche und vergleichende Bewertung der verlaufsorientierten Kenngrößen ein Qualitätsindexsystem entwickelt [3].

Für jede verlaufsorientierte Qualitätskenngröße und jede Woche wird basierend auf einem vorgegebenen Grenzwert und einem definierten Quantil (z.B. 95%-Quantil) ein normalisierter Einzelindex bestimmt, der direkt proportional zur verbleibenden Qualitätsreserve ist. Ein Indexwert von 0,32 bedeutet beispielsweise eine verbleibende Reserve von 32 %. Ein Indexwert kleiner null gibt an, dass der vorgegebene Grenzwert überschritten wird. Durch die Normalisierung sind alle Kenngrößen untereinander vergleichbar.

Für jeden Messort und jede Woche ergeben sich bis zu 82 Einzelindizes. Deshalb ist eine schrittweise Aggregation (Zusammenfassung) der Einzelindizes zu Gruppenindizes, Messortindizes und Netzindizes notwendig. Auf diese Weise kann eine beliebige Anzahl von Messorten und Wochen immer auf einen einzelnen Wert zurückgeführt werden. Dieser repräsentiert die minimale Reserve über alle selektierten Messorte, Kenngrößen und Wochen. Die Auswertung folgt dann dem Top-Down-Prinzip, welches bei einem Netzindex (geringste Detailinformation) beginnt und schrittweise bis hin zu den Zeitverläufen einer bestimmten Qualitätskenngröße (grösste Detailinformation) erfolgen kann. Insbesondere Messort- und Netzindizes eignen sich besonders für die übersichtliche Einbindung von Informationen zur Spannungsqualität in ein Leitsystem.

#### Beispieldatenanalyse

Das Beispiel demonstriert die Anwendung des Qualitätsindexsystems und die Vorteile des Top-Down-Prinzips. Die Auswertung umfasst 22 Messorte im Zeitraum Juli bis Dezember 2008 (Kalender-

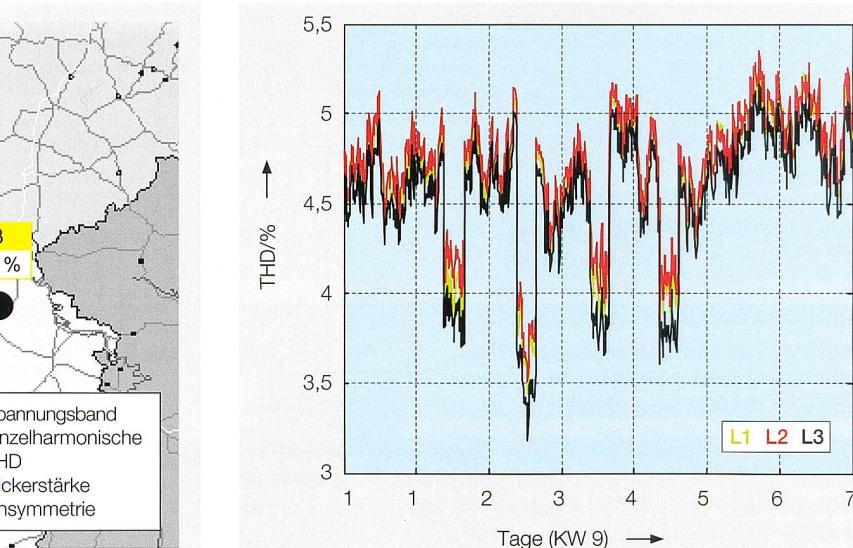


**Bild 5** Beispiel (fiktiv) für eine Darstellung im GIS-System.

wochen 27–52). Dies entspricht in etwa einer Auswahl von 14 Mio. Datenpunkten (10-min-Werte) in den Ausgangsdaten. Die Berechnung der Einzelindizes basiert auf den Grenzwerten nach EN 50160. Aus den Ausgangsdaten werden 13 728 Einzelindizes berechnet, die zu 572 Messortindizes (22 Messorte  $\times$  26 Wochen) zusammengefasst werden.

#### Auswertungen bei geringer Detailinformation

Werden alle Messortindizes über Zeit und Ort zusammengefasst, ergibt sich der Gesamtindex (Netzindex)  $r_G = 0,17$  als Minimum aller Messortindizes. Er besagt, dass es keine Qualitätskenngroßes an keinem Messort innerhalb aller ausgewählten Wochen gibt, deren Qualitätsreserve unter 17% liegt.



**Bild 6** Zeitverlauf des Gesamtoberschwingungsgehalts für einen Messort und eine Woche.

Die kumulative Häufigkeitsverteilung (**Bild 6**) stellt ohne Verlust an Übersichtlichkeit deutlich mehr Informationen über die Verteilung der Messortindizes dar. Die Mehrzahl der Messorte (ca. 80%) weist Qualitätsreserven über 50% auf (grau hervorgehobene Fläche). Ferner liegt die Qualitätsreserve an keinem Messort bei mehr als 70%. Die hervorgehobene Darstellung von Teilselektionen (z.B. Wochenindizes eines einzelnen Messorts – rote Kreise) ermöglicht deren einfache Bewertung im Vergleich mit allen selektierten Daten (Benchmarking). Die individuelle Farbgebung verschiedener Bereiche der Qualitätsreserve ermöglicht eine noch einfachere qualitative Bewertung und ist genauso wie der Indexwert auch durch weniger mit Spannungsqualität vertrautes Betriebsperso-

nal einfach zu interpretieren (**Bild 5**). Auftretende Trends könnten künftig ebenfalls in die Darstellung eingebunden werden (Pfeile für steigend/fallend).

#### Auswertungen bei hoher Detailinformation

Um genauere Informationen zu bestimmten Messorten, Zeiträumen und Qualitätskenngroßen zu erhalten, können, vergleichbar dem «Zoom» bei Kartendarstellungen, schrittweise immer mehr Detailinformationen eingeblendet werden.

**Bild 6** zeigt den THD-Verlauf einer Station mit mehreren sprunghaften Änderungen. Eine Recherche ergab, dass in den entsprechenden Zeiträumen Wartungsarbeiten in einem Teilnetz der Station durchgeführt wurden. Aus den Differenzen zu den Pegeln im Normalbetrieb lassen sich beispielsweise erste Rückschlüsse auf den Beitrag des umgeschalteten Teilnetzes zum Gesamtpiegel des THD ziehen.

Art und Umfang der Auswertungen sowie die Anzahl der Detaillierungsstufen sollten projektbezogen abgestimmt werden.

#### Ausblick

Der Beitrag zeigt eine Möglichkeit der effizienten Überwachung der Spannungsqualität im Verteilungsnetz, welche ohne hohen Aufwand an Kosten und Personal auskommt. Wert wurde insbesondere auf die einfache, übersichtliche und automatisierte Auswertung grosser Datenmengen von verschiedenen Messgerätetypen gelegt.

#### Résumé Evaluation de la qualité de la tension indépendamment des appareils de mesure

##### Conception et réalisation d'un système automatique

Dans le cadre de la réglementation par incitation, la qualité de l'approvisionnement, soit la qualité de tension, la fiabilité de l'alimentation et la qualité du service, intéresse de plus en plus les clients et gestionnaires de réseau. Les critères et les paramètres à respecter en termes de qualité de tension sont fixés par la norme européenne EN 50160. En outre, dans le cadre de l'assurance qualité, la surveillance interne de niveaux déterminés joue également un rôle important. Pour l'acquisition de données de qualité de tension, les gestionnaires emploient de nombreux appareils de différents fabricants et de construction plus ou moins récente. Afin de garantir une évaluation unifiée à long terme des mesures, un stockage des données et une évaluation de la qualité indépendante des appareils de mesure sont indispensables. Cet article donne un aperçu des critères importants pour la conception de programmes destinés à mesurer la qualité de tension. De plus, il présente les premiers résultats de la réalisation concrète d'une solution d'avenir pour la surveillance de la qualité de tension permettant une évaluation automatisée de grandes quantités de données et minimisant le travail nécessaire durant l'exploitation du système.

No

Für die Bewertung der Ergebnisse ist die Auswahl der Messorte sorgfältig auf die Zielstellung der Bewertung abzustimmen. Untypische Messdaten sind kritisch zu hinterfragen, um Fehlinterpretationen zu vermeiden.

Zukünftig wird die Überwachung der Spannungsqualität in öffentlichen Verteilungsnetzen stetig an Bedeutung zunehmen. Folgende Trends sind dabei aus heutiger Sicht erfolgversprechend:

- Preiswerte Hardware, die sich an geltenden Normen (zum Beispiel IEC 61000-4-30) orientiert und sich in bestehende Infrastrukturen einfügt.
- Integration der Spannungsqualitätsmessungen in Zählertechnik (als Teilaspekt des Smart Meterings).
- Offene, dokumentierte Schnittstellen für den geräteunabhängigen Zugriff auf die Messdaten.

■ Einsatz webbasierter Werkzeuge im gesamten Prozess der Qualitätsbewertung zur Reduktion des Wartungsaufwands.

### Referenzen

- [1] Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen; deutsche Fassung EN 50160:2007, deutsche Fassung 2008-04.
- [2] Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-30: Prüf- und Messverfahren – Verfahren zur Messung der Spannungsqualität (IEC 61000-4-30:2008); deutsche Fassung EN 61000-4-30:2009-09.
- [3] Meyer, J.; Schegner, P.; Winkler, G.; Mühlwitz, M.; Schulze, L.: Efficient Method for Power Quality Surveying in Distribution networks. 18<sup>th</sup> International Conference on Electricity Distribution (Cired), 6.–9. Juni 2005, Turin.

### Detaillierte Informationen

An der Fachtagung «Spannungsqualität in der Praxis», die am 16. September 2010 in Luzern stattfindet, wird Jan Meyer ausgewählte Aspekte dieses Beitrags weiter vertiefen. Für Veranstaltungsdetails siehe [www.etec-systems.ch](http://www.etec-systems.ch).

### Angaben zu den Autoren

Dr.-Ing. **Jan Meyer** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik an der Technischen Universität Dresden. Er befasst sich hauptsächlich mit der Berechnung von Planungsgrenzwerten für die Spannungsverzerrung.

TU Dresden,  
DE-01069 Dresden,  
[meyer@ieeh.et.tu-dresden.de](mailto:meyer@ieeh.et.tu-dresden.de)

Dipl.-Ing. **Etienne Gasch** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik an der Technischen Universität Dresden. Er befasst sich hauptsächlich mit der Entwicklung und Implementierung von Softwarekomponenten zur automatischen Auswertung von Elektroenergiequalität.

TU Dresden,  
DE-01069 Dresden,  
[gasch@ieeh.et.tu-dresden.de](mailto:gasch@ieeh.et.tu-dresden.de)

Dipl.-Ing. **Thomas Darda**, Grundsatzplanung Netz bei der Energie Sachsen Ost AG, ist Vorsitzender des VDE-Arbeitskreises 13 «Netzrückwirkungen».

ENSO Energie Sachsen Ost AG,  
DE-01069 Dresden,  
[thomas.darda@enso.de](mailto:thomas.darda@enso.de)

Anzeige

**Tom Frey, Key Account Manager**  
**«Veränderung bedeutet Flexibilität und die Bereitschaft, neue Routen zu finden»**

Ihr partner für  
**1to1 energy**

**BKW**®

Die Liberalisierung im Strommarkt setzt Impulse frei und eröffnet neue Chancen. Wir verstehen sie als Aufforderung, uns dynamisch weiterzuentwickeln. Dazu sind wir auf engagierte Mitarbeitende angewiesen, wie beispielsweise Tom Frey. Als Key Account Manager findet er flexibel die richtigen Routen zum Erfolg – und trägt so zur Unternehmensentwicklung bei.

Bei der BKW-Gruppe sorgen 2800 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter heute dafür, dass bei mehr als einer Million Menschen zuverlässig der Strom fliesst. Gehören Sie morgen dazu? Wir freuen uns, wenn Sie mit uns die Zukunft angehen.

BKW FMB Energie AG, Human Resources Management, Telefon 031 330 58 68,  
[info@bkw-fmb.ch](mailto:info@bkw-fmb.ch), [www.bkw-fmb.ch/karriere](http://www.bkw-fmb.ch/karriere)