



hochschule mannheim

Steinbeis-Transferzentrum  
an der Hochschule Mannheim



## POWER QUALITY Tutorials Online Seminare

Steinbeis-Transferzentrum ist für Bildungsmaßnahmen zertifiziert  
DIN EN ISO 9001:2015

---

» Zahlt sich aus: **Die Bildungsprämie**

---

Wir akzeptieren Prämiegutscheine!

Das Steinbeis Transferzentrum an der Hochschule Mannheim führt seit vielen Jahren erfolgreich Seminare zum Thema POWER QUALITY durch.

Netzurückwirkungen treten in Form verschiedener Störphänomene auf: Spannungsänderungen, Spannungsunsymmetrien, Oberschwingungen, Zwischenharmonische, Flicker.

Netzurückwirkungen haben u.a. Auswirkungen auf das Betriebsverhalten von Betriebsmittel (Geräten und Anlagen), auf die zusätzliche Erwärmung von Kondensatoren, Motoren, Transformatoren, auf Fehlfunktionen von Rundsteuerempfängern und elektronischen Steuerungen. Fernmelde- Fernwirk- und EDV-Anlagen, Schutz- und Messeinrichtungen können beeinflusst werden

Die Rückwirkungen auf das Netz selbst äußern sich in folgender Weise: Verschlechterung des Leistungsfaktors, Erhöhung der Übertragungsverluste, Beeinträchtigung der Erdschlusslöschung, Herabsetzung der Belastbarkeit von Betriebsmittel.

Um ein einwandfreies Funktionieren aller Betriebsmittel, einschließlich aller Netzelemente zu gewährleisten, muss die „Elektromagnetische Verträglichkeit“ gewährleistet sein – allgemein übliche Verbrauchsgeräte müssen einwandfrei betrieben werden können. Zu den Verbrauchsgeräten zählen auch Erzeugungs- und Speicheranlagen.

Zur Sicherstellung der Schutzziele sind eine Reihe von Gesetzen und Normen einzuhalten. Neben den VDE-Bestimmungen sind die neuen VDE-Anwendungsregeln und die EU-Netzkodizes zu berücksichtigen.

Das Steinbeis Transferzentrum an der Hochschule Mannheim führt ein- bzw. mehrtägige POWER QUALITY Online-Seminare (PQO) und POWER QUALITY Tutorials (PQT) durch. Diese Tutorials sind drei- bzw. vierstündige Lehreinheiten zu unterschiedlichen in sich abgeschlossenen Themenbereichen.

Die Teilnehmer erhalten damit die Möglichkeit sich gezielt über einzelne Themen kompetent zu informieren. Die angebotenen Themen umfassen das gesamte Spektrum der Elektromagnetischen Verträglichkeit, von den Grundlagen, über die Anwendung von Normen und technischen Regelwerken, den einschlägigen gesetzlichen Bestimmungen bis hin zu neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen.

Eine Übersicht über die geplanten POWER QUALITY Online-Seminare sowie über die POWER QUALITY Tutorial finden Sie in diesem Online-Seminarkalender.

Da wir immer bemüht sind, schnell und aktuell zu informieren, unterliegen alle Ankündigungen der ständigen Überprüfung und Aktualisierung; die Inhalte können geändert und neue Online Seminare aufgenommen werden.

Eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Seminare werden auf der Steinbeis-Webseite unter **Seminare** bereitgestellt. Dort können Sie auch unseren **Newsletter** abonnieren.

<http://steinbeis-hsmannheim.de/>

Viel Erfolg wünscht  
Ihr Steinbeis-Seminar-Team

...übrigens, Themenvorschläge für neue Seminare sind stets willkommen.

Stand 20. April 2021  
**Steinbeis-Transferzentrum**  
an der Hochschule Mannheim  
Paul-Wittsack-Str. 10  
68163 Mannheim



Telefon: (0621) 292-6316  
Fax: (0621) 292-6452  
e-mail: [stz-tb@hs-mannheim.de](mailto:stz-tb@hs-mannheim.de)

Steinbeis-Transferzentrum ist für Bildungsmaßnahmen zertifiziert  
DIN EN ISO 9001:2015

## Termine im April 2021

<b>Vollständige Beschreibung der Seminare, Anmeldeunterlagen</b>	<a href="http://steinbeis-hsmannheim.de/">http://steinbeis-hsmannheim.de/</a>	
Power Quality im Überblick Kosten-Nutzen-Analyse in Bezug auf EMV und Power Quality in der Energiewirtschaft aus Sicht der Volkswirtschaft	<a href="#">PQT4673</a>	28. April 2021 13:00 – 17:00 Uhr
EMV in der elektrischen Anlageninstallation	<a href="#">PQT4674</a>	29. April 2021 13:00 – 17:00 Uhr

## Termine im Mai 2021

<b>Vollständige Beschreibung der Seminare, Anmeldeunterlagen</b>	<a href="http://steinbeis-hsmannheim.de/">http://steinbeis-hsmannheim.de/</a>	
Netzurückwirkungen in Stromversorgungsnetzen	<a href="#">PQO4664</a>	4.- 5. Mai 21 8:30 – 17:00 Uhr
Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz VDE-AR-N 4110 Netzurückwirkungen	<a href="#">PQT4712</a>	6. Mai 2021 13:00 – 17:00 Uhr
Aggregierte Oberschwingungsmodelle für öffentliche NS-Netze mit Wohngebieten	<a href="#">PQT4681</a>	11. Mai 2021 14:00 – 17:00 Uhr
Berechnung und Bewertung der Oberschwingungsemission von Kundenanlagen	<a href="#">PQT4696</a>	12. Mai 2021 13:00 – 17:00 Uhr
Erzeugungsanlagen am NS-Netz - VDE-AR-N 4100/05	<a href="#">PQT4675</a>	17. Mai 2021 14:00 – 17:00 Uhr
Herausforderungen im Frequenzbereich 2-150 kHz (Supraharmonische)	<a href="#">PQT4697</a>	19. Mai 2021 13:00 – 17:00 Uhr
Spannungsqualitätsnorm DIN EN50160:2020 Anforderung und Messung	<a href="#">PQT4666</a>	26. Mai 2021 13:00 – 17:00 Uhr
Planung und Durchführung von Übersichtsmessungen zur Spannungsqualität	<a href="#">PQT4667</a>	27. Mai 2021 13:00 – 17:00 Uhr

## Termine im Juni 2021

<b>Vollständige Beschreibung der Seminare, Anmeldeunterlagen</b>	<a href="http://steinbeis-hsmannheim.de/">http://steinbeis-hsmannheim.de/</a>	
Oberschwingungen	<a href="#">PQT4679</a>	1. Juni 2021 13:00 – 17:00 Uhr
Flicker	<a href="#">PQT4680</a>	2. Juni 2021 13:00 – 17:00 Uhr
Einführung in die Wechselstromtechnik 1	<a href="#">PQT4521</a>	7. Juni 2021 13:00 – 17:00 Uhr
POWER QUALITY – Grundlagen	<a href="#">PQT4694</a>	8. Juni 2021 13:00 – 17:00 Uhr
Thermografie und Power Quality – ein ganzheitlicher Ansatz	<a href="#">PQT4662</a>	10. Juni 2021 9:00 – 13:00 Uhr
Messunsicherheit bei PQ Messungen	<a href="#">PQT4741</a>	15. Juni 2021 13:00 – 17:00 Uhr
Überarbeitete Branchenempfehlung des VSE Netzanschluss für Energieerzeugungsanlagen an das Niederspannungsnetz NA/EEA-NE7-CH 2020	<a href="#">PQT4670</a>	17. Juni 2021 14:00 – 17:00 Uhr
Power Quality Tutorial für den Praktiker, welcher sich in der täglichen Arbeit mit dem Anschluss von Netzanalysatoren und der Auswertung der Power-Quality Messdaten befasst	<a href="#">PQT4708</a>	22. Juni 2021 13:00 – 17:00 Uhr

Das Thema Netzurückwirkungen spielt in zunehmendem Maße eine bedeutende Rolle. Einerseits kommen immer mehr Verbrauchsgeräte mit neuen Technologien ans Netz, andererseits nimmt die Ausbauleistung der Erzeugungsanlagen in allen Netzebenen stark zu. Beispiele sind PV-Anlagen; Ladestationen für Elektrofahrzeuge sowie Speichersysteme.

Bedingt durch die endliche Impedanz der Netze entstehen Rückwirkungen auf das Versorgungsnetz, die unter Umständen andere am gleichen Netz betriebene Anlagen oder Geräte stören können.

Sowohl auf den Netzbetreiber als auch auf den Hersteller und Anlagenbetreiber kommen neue Aufgaben zu. Der Netzbetreiber muss die Störgrößen im Netz koordinieren, damit sowohl die Verträglichkeitspegel am Verknüpfungspunkt eingehalten werden, als auch die Rahmenbedingungen nach der Spannungsqualitätsnorm EN 50160 an der Übergabestelle nicht verletzt werden. Dazu ermittelt der Netzbetreiber für Anlagen größerer Leistung bereits im Planungsstadium zulässige Störaussendungsgrenzwerte, deren Einhaltung nach Inbetriebnahme der Anlage durch Messung nachzuweisen ist.

Eine gute Kenntnis der einzelnen Phänomene, der Normen und technischen Regelwerke ist daher besonders wichtig. Das Seminar gliedert sich in einen Grundlagen- und einen Anwendungsteil.

#### **Grundlagenteil (W. Mombauer, Hochschule Mannheim)**

- **Konzept der Elektromagnetische Verträglichkeit**
- **Oberschwingungen, Zwischenharmonische und Supraharmonische**
  - Kennwerte, Summationseffekt, Zeigerdarstellung, Superposition
  - Oberschwingungserzeuger
  - Oberschwingungsimpedanz und Resonanz
  - Oberschwingungen in Stromversorgungsnetzen
  - Neutralleiterbelastung
  - Messung von Oberschwingungen - EN 61000-4-7
- **Spannungsschwankungen und Flicker**
  - Grundlegende Begriffe
  - Pst-Verfahren, Flickermeter EN61000-4-15
  - Analytische Berechnung der Flickerstärke
  - Berechnung der relativen Spannungsänderung
  - Summationsgesetz
  - Verteilung von Flicker im Netz
- **Unsymmetrie**
- **Spannungseinbrüche**
- **Beurteilung der Spannungsqualität in öffentlichen Netzen**
  - EN 50160, EN 61000-2-2
  - PQ-Messgerät EN 61000-4-30,
- **Technische Regelwerke der Netzbetreiber**
  - TAR (Technische Anschlussregeln) VDE-AR-N 4120/10

## Anwendungsteil (J. Blum, A-Eberle GmbH & Ko KG)

- **Systematische Vorgehensweise bei der Störaufklärung**
  - Messtechnische Vorgehensweise in der Bewertung der Netzqualität, sowie in der Ermittlung von Verursachern von Störungen
  - Tipps und Tricks im Einsatz von Netzanalysatoren
- **Aktuelle Oberschwingungsbelastung in öffentlichen Nieder- und Mittelspannungsnetzen**
  - Emissionen von moderner Leistungselektronik, zum Beispiel von PV-Wechselrichtern, Frequenzrichter geregelte Antriebe, E-Mobile, Windkraftanlagen und Schaltnetzteilen
  - Störungen durch höherfrequente Emission im Bereich 2 bis 150kHz
- **Onlinemessung an verschiedenen Verbrauchern**
  - LED Beleuchtung
  - Schaltnetzteil PC
- **Blindleistungsberechnung**
  - Was ist Verzerrungs-, Modulations-, Unsymmetrie- und Grundschiwungsblindleistung?
  - Was sind passende Abhilfemaßnahmen?
  - Messfehler in der Leistungsberechnung durch Winkelfehler
- **Power Quality Messungen im MS- und HS-Netz**
  - Spannungs- und Stromwandler und deren Eignung für Power Quality- Messungen
  - Netzformen (MS-, HS-Netze) Sternpunktbehandlung
  - Auswirkungen auf die Spannungsqualität (gelöschte und isolierte Netze)

# POWER QUALITY Tutorial

## POWER QUALITY - Grundlagen

Übersicht  
PQT4694

- Beeinflussungssystem – Begriffe, Definitionen
- wichtige Punkte im Netz – rechtlicher Rahmen
- technische Rahmenbedingungen
  - Anforderungen am Anschlusspunkt – DIN EN 50160
  - Anforderungen am Verknüpfungspunkt – DIN EN 61000-2-2
- Überblick über die einzelnen Phänomene
  - Oberschwingungen
    - Oberschwingungsmessverfahren
  - Spannungseinbruch – Beurteilung EN 61000-4-30
  - Spannungsschwankungen und Flicker
  - Unsymmetrie
- TAR VDE-AR-N 4100

### **Referent**

Prof. Dr. W. Mombauer  
Hochschule Mannheim

➤ **Grundlegende Begriffe**

Störaussendung, Störfestigkeit, Elektromagnetische Verträglichkeit

➤ **Oberschwingungen**

- Fourierreihe, Kennwerte, Summationseffekt, Zeigerdarstellung, Superposition
- Oberschwingungserzeuger
- Oberschwingungsimpedanz und Resonanz
- Oberschwingungen in Stromversorgungsnetzen
- Neutraleiterbelastung
- Messung von Oberschwingungen - EN 61000-4-7
- Begrenzung von Oberschwingungen - EN 61000-3-2, EN 61000-3-12

**Referent**

Prof. Dr. W. Mombauer  
Hochschule Mannheim

**Grundlegende Begriffe**

- Störaussendung, Störfestigkeit, Elektromagnetische Verträglichkeit

**Flicker**

- Grundlegende Begriffe
- Pst-Verfahren, Flickermeter EN61000-4-15
- Analytische Berechnung der Flickerstärke
- Berechnung der relativen Spannungsänderung
- Summationsgesetz
- Verteilung von Flicker im Netz
- Begrenzung von Spannungsänderungen und Flicker - EN 61000-3-3, EN 61000-3-11

**Referent**

Prof. Dr. W. Mombauer  
Hochschule Mannheim

POWER QUALITY behandelt die Entstehung und Verteilung von Störgrößen im Netz. Dazu sind Kenntnisse der Wechselstromtechnik erforderlich. In diesem Seminar werden die grundlegenden Eigenschaften und Berechnungsverfahren für Wechselstromnetzwerke mit sinusförmigen Spannungen und Strömen dargestellt.

### **Mathematische Grundlagen**

- Rechnen mit komplexen Zahlen
  
- **Kenngrößen in der Wechselstromtechnik**
  - Effektivwert, Gleichrichtwert,
  - Wirk-, Blind- und Scheinleistung
  - Reaktanz, Impedanz
  
- **Elektrische Netzwerke und deren Berechnung**
  - Strom- & Spannungseffektivwert
  - Berechnung der Impedanz
  - Kirchhoffsche Regeln
  - Spannungsteiler-/Stromteilerregel
  - Strom- und Spannungsquellen
  - Reduktionsverfahren
  - Überlagerungssatz
  
- **Übungen (mit den Teilnehmern)**

### **Referent**

Prof. Dr. W. Mombauer  
Hochschule Mannheim

**POWER QUALITY Tutorial**  
**Thermografie und Power Quality**  
**– ein ganzheitlicher Ansatz**

Übersicht

PQT4662

Störungsanalysen müssen oft in kürzester Zeit erfolgen und Lösungsansätze sofort umgesetzt werden. Heute stehen moderne Power-Quality-Messgeräte zur Verfügung. Oberschwingungen erzeugen jedoch auch unter Belastung Verlustwärme in den Schaltanlagen oder z.B. in Netzteilen. Die thermografische Untersuchung einer Schaltanlage bietet einen ersten Hinweis für evtl. Oberschwingungen und/oder Symmetrieerscheinungen.

**Thermografie**

- Grundlagen
- Fehlermöglichkeiten
- Praxisbeispiele

**POWER QUALITY**

- Neue geplante Normenvorgabe
- (EN50160/IEC61000-4-30/IEC61000-2-4)
- SupraHarmonische
- Praxisbeispiele
- Auswirkungen auf die PQ-Geräte

**Referent**

M. Meinke  
Meinke energy GmbH

**POWER QUALITY Tutorial**  
**Power Quality Tutorial für den Praktiker, welcher  
sich in der täglichen Arbeit mit dem Anschluss von  
Netzanalysatoren und der Auswertung der Power-  
Quality Messdaten befasst**

Übersicht

PQT4708

Eine Aufgabe für den Elektriker ist die Beurteilung und Analyse von Störungen (Störaufklärung). Dazu sind Messungen erforderlich. Wie messe ich, was messe ich, was sagt mir die Geräteanzeige? Moderne Netzanalysatoren erfassen heutzutage mehrere tausend verschiedene Messwerte. Wofür benötige ich diese vielen Daten in der Störungsaufklärung oder in der Bewertung der Netzqualität überhaupt?

Anhand von realen Netzanalysen aus Industrienetzen oder dem öffentlichen Netz, wird anschaulich erklärt, für welche Art von Störung man welche Messwerte in Relation setzen würde, um dem Verursacher dieses Problems auf die Schliche zu kommen.

Das Seminar richtet sich gezielt an den Praktiker. Die notwendigen Kenntnisse werden nicht theoretisch, durch Formeln vermittelt, sondern durch Erfahrungen und anhand von vielen Messbeispielen hinterlegt.

Die heutigen Geräte und Betriebsmittel (Schaltnetzteile, Frequenzumrichter, Ladeeinrichtungen für E-Mobile) arbeiten mit hohen Taktfrequenzen, die sowohl zu leitungsgebundenen als auch zu feldgebundenen (eingekoppelte) Beeinflussungen führen können. Auch hier muss sich der Anwender fragen: „Kann mein Messgerät diese Art von Störung überhaupt erfassen, ab wann ist mein Gerät für diese Art von Störung blind?“ Wir sprechen auch über die Grenzen der jeweils eingesetzten Messtechnik und Sensoren (z.B. Stromwandler)

In diesem Onlineseminar werden aktuelle Power-Quality-Messungen in Niederspannungsnetzen sowie an ausgewählten Anlagen und Geräten vorgestellt und die systematische Vorgehensweise bei der Störaufklärung behandelt:

- Was war das Problem?
- Wo ist der geeignetste Messpunkt das Messgerät einzubauen um am schnellsten den Verursacher zu finden? (das ist teilweise sehr unterschiedlich - am Hausanschluss; am Ort der Störung tief im Netz; im Kabelverteiler oder der Station außerhalb – jede Messstelle hat jeweils Vor- und auch Nachteile)
- Welche Messdaten schaue ich mir als erstes an, um die Störung zu erklären und welche Daten nehme ich jeweils in die Korrelation, um den Verursacher zu finden?
- Wie kann die Richtung bestimmt werden, aus der die Störung kommt?
- Inwieweit helfen Normen weiter?
- Gemeinsame Auswertung von Power Quality Messungen
- Was sind die Abhilfemaßnahmen um dieses Problem zu beheben?

Der Referent erklärt die systematische Vorgehensweise bei der Störaufklärung

- Messtechnische Vorgehensweise in der Bewertung der Netzqualität sowie in der Ermittlung von Verursachern von Störungen
- Tipps und Tricks im Einsatz von Netzanalysatoren
- Sicherheit im Umgang mit Netzanalysatoren
- Häufig gemachte Fehler in der Parametrierung der Messgeräte werden erklärt

Zu folgenden Problemfällen werden reelle Messbeispiele aus der Praxis anschaulich erklärt.

- Transienten
- Oberschwingungen / Netzresonanzen
- Spannungsschwankungen (Überspannungen, Netzeinbrüche)
- Flicker
- Spannungsunsymmetrie
- Supraharmonische (Frequenzprobleme im Bereich 2kHz bis 150kHz)

➤ **Experten Auswertungen**

Für ein ausgewähltes Phänomen werden zusätzliche tiefergehende Auswertungen beschrieben und anhand von ausgewählten praktischen Meßbeispielen demonstriert. In jedem Seminar wird ein anderes Phänomene behandelt.

**Referent**

Jürgen Blum,  
A. Eberle GmbH & Co. KG, Nürnberg

**POWER QUALITY Tutorial**  
**Berechnung und Bewertung der Ober-  
schwingungsemission von Kundenanlagen**

Übersicht

PQT4696

Immer mehr Geräte und Anlagen, wie Ladegleichrichter für Elektrofahrzeuge, Umrichter für Speicheranwendungen oder Wechselrichter für die Einspeisung aus Photovoltaiksystemen sind mit dem Versorgungsnetz über leistungselektronische Komponenten verbunden. Diese können aufgrund ihres nichtlinearen Verhaltens u.a. Oberschwingungen erzeugen. Diese sind zu begrenzen, die Spannungsverzerrung im Versorgungsnetz keine unzulässigen Werte erreicht und damit auch zukünftig elektromagnetische Verträglichkeit gewährleistet ist.

Der Vortrag beschreibt alle wichtigen Aspekte, die im Rahmen der Anschlussbewertung von Kundenanlagen hinsichtlich der Oberschwingungsemission zu beachten sind. Nach einer Einführung in die Grundprinzipien zur Bestimmung von Emissionsgrenzwerten erfolgt eine Übersicht zur aktuellen Normung in Deutschland und die Einordnung in den europäischen und internationalen Kontext. Danach wird die Methodik zur Berechnung der Grenzwerte sowie getroffene Annahmen und Vereinfachungen im Detail beschrieben, wobei auch neuste Erkenntnisse im Rahmen der aktuellen Entwicklungen zu den Anwenderregeln in Deutschland diskutiert werden. Der zweite Teil des Vortrages beschäftigt sich mit den verschiedenen Möglichkeiten und Herausforderungen beim messtechnischen Nachweis der Einhaltung der berechneten Grenzwerte. Neben der Interpretation der Messwerte und der Berücksichtigung von Messunsicherheiten (Messwandler, Signaldynamik) werden auch verschiedene neuartige Methoden für die kontinuierliche Überwachung der Störaussendung erklärt, welche u.a. derzeit bei CIGRE (Arbeitsgruppe C4.42) diskutiert werden. Alle Aspekte werden anschaulich durch Beispielrechnungen und Beispielmessungen illustriert.

Die Teilnehmer lernen, wie Oberschwingungsgrenzwerte für Kundenanlagen berechnet werden und wie dabei die individuellen Eigenschaften des eigenen Netzes berücksichtigt werden können. Sie sind in der Lage die Oberschwingungsemission von Kundenanlagen zuverlässig und genau zu messen und hinsichtlich der berechneten Grenzwerte zu bewerten.

**Referent**

Dr.-Ing. habil. Jan Meyer  
Technische Universität Dresden

**POWER QUALITY Tutorial**  
**Herausforderungen im Frequenzbereich 2-150 kHz**  
**(Supraharmonische)**

Übersicht

PQT4697

Moderne, energieeffiziente Geräte nutzen in vielen Fällen leistungselektronische Schaltung auf Basis selbstgeführter Technologien für den Anschluss an das Netz. Sie emittieren in der Regel nur vergleichsweise wenig Oberschwingungen, können dafür jedoch erhebliche Emission im Frequenzbereich oberhalb von 2 kHz erzeugen, was erfahrungsgemäß insbesondere für On-Board Ladegeräte für Elektrofahrzeuge zutrifft.

Dieser Vortrag gibt einen umfassenden Überblick zum aktuellen Stand in Forschung und Normung zum Frequenzbereich 2-150 kHz. Neben Grundlagen zur Entstehung werden typische Erzeuger supraharmonischer Emission sowie die verschiedenen Mechanismen der Störbeeinflussungen erklärt und anhand von Messbeispielen illustriert. Im Anschluss erfolgt ein Überblick zu aktuellen Aktivitäten in der Normung, insbesondere hinsichtlich einer normativen Methode für Netzmessungen in der nächsten Ausgabe der EN 61000-4-30. Außerdem werden die für Deutschland gültigen Grenzwerte besprochen. Im letzten Teil des Vortrages werden spezielle Aspekte der Überlagerung der Emission mehrerer typgleicher Geräte sowie die Ausbreitung supraharmonischer Emission im Netz beschrieben und anhand von mehreren Feldmessungen veranschaulicht. In diesem Zusammenhang wird auch die Bedeutung der frequenzabhängigen Eingangsimpedanz von Geräten sowie typische Verläufe der Netzimpedanz im Frequenzbereich 2-150 kHz in Niederspannungsnetzen beschrieben.

Die Teilnehmer lernen grundlegende Wirkungsmechanismen im Frequenzbereich 2-150 kHz kennen und sind in der Lage eigene Messungen sicher und zielgerichtet zu interpretieren und hinsichtlich von Grenzwerten zu beurteilen. Detaillierte Kenntnisse über mögliche Störungsbilder ermöglichen den Teilnehmern Ursachen einfacher zu identifizieren und zu beheben.

**Referent**

Dr.-Ing. habil. Jan Meyer  
Technische Universität Dresden

**POWER QUALITY Tutorial**  
**Erzeugungsanlagen am NS-Netz**  
**VDE-AR-N 4100/05**

[Übersicht](#)

PQT4675

- Konzept der elektromagnetischen Verträglichkeit
- Rechtliche Grundlagen
- VDE AR -N-4105
  - Grundlagen und Definitionen
  - Langsame Spannungsänderungen
- VDE AR-N 4100
  - Netzurückwirkungen <75A
  - Blindleistungsregelungen
  - Beispiel: PV <75A
  - Netzurückwirkungen >75A
    - Schnelle Spannungsänderungen
    - Koordination der Störaussendung
    - Flicker
    - Oberschwingungen
  - Beispiel >75A

**Referent**

Prof. Dr. W. Mombauer  
Hochschule Mannheim

**POWER QUALITY Tutorial**  
**Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz**  
**VDE-AR-N 4110**  
**Netzurückwirkungen**

Übersicht

PQT 4712

Alle Kundenanlagen (Verbrauchs- Erzeugungs- und Speicheranlagen) sind so zu planen und zu betreiben, so dass Rückwirkungen auf andere Anlagen ausgeschlossen sind. Dieses Schutzkonzept ist wesentlicher Bestandteil der TAR 4110.

- Unterscheidung Typ1 und Typ2 Anlagen
- Konzept der elektromagnetischen Verträglichkeit
- Minimale Netzkurzschlußleistung
- Anforderungen
  - langsame Spannungsänderungen
  - schnelle Spannungsänderungen
  - Flicker
  - Oberschwingungen
  - Zwischenharmonische und Supraharmonische
  - Unsymmetrien
- wichtige Kennwerte aus dem Einheitszertifikat
  - Bedeutung, Vermessung und Anwendung
- Anschluß von EZA, Beispiel

**Hinweis:** Mit dem In-Kraft-Treten der Elektrotechnische-Eigenschaften-Nachweis-Verordnung (NELEV) wurde für alle Erzeugungsanlagen mit Mittelspannungsanschluss ein Zertifikat erforderlich. Das Zertifizierungsverfahren wird in einem weiteren POWER QUALITY Tutorial PQT4661 eingehend dargestellt.

**Referent**

Prof. Dr. W. Mombauer  
HS Mannheim

**POWER QUALITY Tutorial**  
**Aggregierte Oberschwingungsmodelle für**  
**öffentliche NS-Netze mit Wohngebieten**

Übersicht

PQT4681

Der dominierende Anteil der Oberschwingungsbelastung in öffentlichen Niederspannungsnetzen wird durch die Vielzahl der leistungselektronischen Geräte bestimmt, welche in den Haushalten eingesetzt werden. Aufgrund ihrer hohen Anzahl, den vielen verschiedenen Eingangsschaltungen und des zeitabhängigen Nutzungsverhaltens ist eine Abschätzung der Oberschwingungsemission auf Basis von Einzelgerätekennwerten praktisch kaum möglich. Erheblich erfolgversprechender sind deshalb Ansätze, welche die Oberschwingungsemission mehrere Haushalte auf verschiedenen Ebenen (z.B. Mehrfamilienhaus, Straßenzug, gesamtes Niederspannungsnetz) geeignet zusammenfassen bzw. aggregieren.

Der Vortrag beschreibt ein einfach anwendbares Modell zur Abschätzung der Oberschwingungsemission einer praktisch frei wählbaren Anzahl von Haushalten, welches auf einer systematischen Auswertung realer Messdaten beruht. Für die wichtigsten Oberschwingungsordnungen werden u.a. die gefundenen Gleichzeitigkeitsfaktoren und Tageszeitabhängigkeiten vorgestellt sowie die Anwendung des Modells am Beispiel der Analyse des Einflusses neuer Technologien (z.B. Elektromobilität) auf die zukünftige

Oberschwingungsbelastung in Nieder- und Mittelspannungsnetzen illustriert.

**Referentin**

Dr.-Ing. Ana Maria Blanco  
Technische Universität Dresden

**POWER QUALITY Tutorial**  
**Spannungsqualitätsnorm DIN EN50160:2020**  
**Anforderung und Messung**

Übersicht

PQT4666

Die EN50160 beschreibt die Merkmale der Spannung an der Übergabestelle zur Kundenanlage.  
Die Norm wurde aktualisiert und erweitert Ende 2020 neu veröffentlicht.

In diesem Tutorial werden die einzelnen Phänomene, u.a.

- Höhe der Versorgungsspannung
- Spannungseinbrüche
- Oberschwingungen
- Spannungsschwankungen und Flicker
- Unsymmetrien

anschaulich erläutert.

Die Messung und Beurteilung von Spannungsqualitätsmerkmalen erfolgt mit einem Power Quality Messgerät nach EN61000-4-30.

Die Messverfahren für jedes einzelne Phänomen werden dargestellt; Hinweise für die Messdurchführung und Auswertung der Messergebnisse werden gegeben.

Die rechtlichen Rahmenbedingungen werden erörtert.

**Referent**

Prof. Dr. W. Mombauer  
HS Mannheim

**POWER QUALITY Tutorial**  
**Planung und Durchführung von Übersichtsmessungen zur Spannungsqualität**

[Übersicht](#)

PQT4667

**Planung und Durchführung von Übersichtsmessungen zur Spannungsqualität**

- Auswahl geeigneter Messorte und Messgrößen für verschiedene Zielstellungen
- Einfluss der Messwandler auf die Genauigkeit
- Auswerteverfahren für großer Datenmengen zum Vergleich mit Normwerten (z.B. EN 50160)
- Beispiele für größere Messprogramme mit Ergebnissen
- Ausblick auf weiterführende Analysetechniken (z.B. Trendanalyse, Erkennung saisonaler Schwankungen und plötzlicher Änderungen im Verhalten)

**Referent**

Dr.-Ing. habil. Jan Meyer  
Technische Universität Dresden

In Normen und technischen Regelwerke werden Grenzwerte für einzelne Phänomene festgelegt, deren Einhaltung durch Messung zu bestätigen ist. Die einzelnen Messwerte sind jedoch fehlerbehaftet.

Die Norm IEC TR 61000-1-6 „General Guide to the assessment of measurement uncertainty“ spezifiziert die einzelnen Schritte zur Ermittlung der Messunsicherheit bei Power Quality Messungen (Störaussendung und Störfestigkeit). Die vorgeschlagene Vorgehensweise basiert im wesentlichen auf dem GUM-Verfahren (ISO/IEC 98-3:2008).

Das GUM Verfahren ist in einzelnen Schritten gegliedert:

- Beschreibung der Messaufgabe, Definition der Messgröße Y (Messergebnis)
- Ermittlung aller Größen (Eingangsgrößen  $X_i$ ), die das Messergebnis beeinflussen können (Ishukawa-Diagramm)
- Aufstellen der Modellgleichung  $Y = f(X_i)$
- Ermittlung der Streuung der Eingangsgrößen und deren zugehörige Verteilungsfunktion
- Berechnung der Standardunsicherheit  $u(x_i)$  für jede einzelne Eingangsgröße  $x_i$  (Typ A und Typ B Verfahren)
- Ermittlung der Empfindlichkeitskoeffizienten  $c_i$  für jede Eingangsgröße und deren Beitrag zu Standardunsicherheit  $u_i = c_i u(x_i)$
- Zusammenfassung der einzelnen Beiträge zur kombinierten Standardunsicherheit
- Berechnung der erweiterten Standardunsicherheit
- Angabe des Messergebnisses

Bei Konformitätsbewertung zur Überprüfung der Einhaltung von Grenzwerten ist die Messunsicherheit anzugeben (vgl. DIN EN ISO/IEC 17025:2018 „Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien“). Verfahren zur Berücksichtigung der Messunsicherheit bei Konformitätsbewertungen sind in DIN EN ISO 10576 und in DIN EN ISO 14253 beschrieben.

In diesem Online-Seminar werden zunächst die grundlegenden Begriffe und Definitionen, die Eigenschaften von Messgeräten und Messverfahren, die Interpretation von Datenblattangaben betrachtet. Der Hauptteil besteht in der Darstellung des GUM-Verfahrens (Teil A Bestimmung der Messunsicherheit auf Basis von Wiederholungsmessungen; Teil B Bestimmung der Messunsicherheit auf Basis und Datenblattangaben).

Die Vorgehensweise wird an einfachen Beispielen erläutert.

Abschließend werden die Entscheidungsregeln bei der Konformitätsprüfung auf Basis der DAKKS-Leitlinie (DKKKS Deutsche Akkreditierungsstelle) behandelt.

#### **Referent**

Prof. Dr.-Ing. W. Mombauer  
Hochschule Mannheim

**POWER QUALITY Tutorial**  
**Überarbeitete Branchenempfehlung des VSE**  
**Netzanschluss für Energieerzeugungsanlagen an**  
**das Niederspannungsnetz NA/EEA-NE7-CH 2020**

[Übersicht](#)

PQT4670

**Gesetze, Verordnungen, technische Regeln und Standards**

- Gesetzgebung: Strom VG, StromVV
- Branchendokumente VSE
- Networkcodes ENTSO -E
- Werkvorschriften
- Normengremien
- Übersicht und Zusammenhänge IEC / Cenelec - Normen

**Referent**

Patrick Bader  
VSE Aarau

**Power Quality im Überblick  
Kosten-Nutzen-Analyse in Bezug auf EMV und  
Power Quality in der Energiewirtschaft aus Sicht  
der Volkswirtschaft**

PQT4673

Das Thema Netzzrückwirkungen spielt in zunehmendem Maße eine bedeutende Rolle. Einerseits kommen immer mehr Verbrauchsgeräte mit neuen Technologien ans Netz, andererseits nimmt die Ausbauleistung der Erzeugungsanlagen in allen Netzebenen stark zu. Beispiele sind PV-Anlagen; Ladestationen für Elektrofahrzeuge sowie Speichersysteme.

➤ **Veränderung der Verbrauchergeräte und Technologien in unseren Netzen. Ein Streifzug durch das Thema Power Quality**

Wo früher noch ein einfacher Spannungsschreiber mit Effektivwerterfassung das Problem erkennen konnte, benötigt man heute, um alle Störphänomene erkennen zu können, ein sehr breitbandiges Messgerät. Power Quality-Störungen sowie Power Quality Normen gehen heute bereits über 100kHz hinaus.

Der Referent erklärt anschaulich, anhand von Beispielen aus der Praxis, die Entwicklung der Power Quality, die Weiterentwicklung der eingesetzten Messtechnik und neue Störquellen moderner Leistungselektronik von Solarwechselrichtern und Ladestationen von E-Mobilen. Die Art der Störaussendung, die Beeinflussung von Geräten wie auch die moderne Messtechnik hat sich in den letzten Jahren gravierend verändert.

➤ **Erklärung der unterschiedlichen Parameter der Power Quality und deren Bedeutung**

- Spannungsschwankung, Flicker
- Netzunsymmetrie
- Spannungsharmonische, Stromharmonische
- Supraharmonische (bis 150kHz)
- Netzfrequenz

Die verschiedenen Störphänomene mit denen man im Thema Power Quality konfrontiert werden kann, werden anhand von Messbeispielen aus typischen Niederspannungs- und Mittelspannungsnetzen anschaulich dem Teilnehmerkreis nähergebracht.

➤ **Kosten-Nutzen-Analyse in Bezug auf EMV und Power Quality in der Energiewirtschaft aus Sicht der Volkswirtschaft**

Alle Wirtschaftssubjekte, sowohl Hersteller als auch Netzbetreiber, optimieren aus rationalem Kalkül ihre Geschäftstätigkeiten im Rahmen ihres regulatorischen und marktlichen Umfeldes. Dabei wird aus Sicht des Staates nicht in jeden Fall ein Wohlfahrtsmaximum erreicht. Dennoch ist es möglich, betriebswirtschaftliche und volkswirtschaftliche Optima in Übereinstimmung zu bringen. Mittels Grundsätzen aus der Entscheidungstheorie kann über Kosten-Nutzen-Analysen der optimale Einsatz von Maßnahmen (Investitionen) für Power Quality Management im weitesten Sinne gefunden werden. Eine Unterlassungsvariante birgt hohe Risiken durch intertemporale soziale Kosten. Ferner wird der Versuch unternommen, Nutzen zu Monetarisieren.

An einem Beispiel aus der Praxis wird ein Clusteranalyseverfahren vorgestellt, von der Eingangsdatenbeschaffung, Datenaufbereitung, Clusterberechnung (k-means) und Rücktransformation in eine geografische Karte zur Visualisierung der extrahierten Punkte. Mit Hilfe dieses Verfahrens kann an Hand ausgewählter Ausprägungsmerkmale aus Netzeigenschaften und sozial-ökonomischen Kenngrößen computerunterstützt eine Auswahl getroffen werden, bei denen sich Gruppen von ähnlichen Eigenschaften extrahieren lassen. Die ermittelten Zentroide repräsentieren die Eigenschaften des entsprechenden Clusters. Damit ist durch signifikante Reduktion an einzusetzenden Messgeräten eine kosteneffiziente Umsetzung eines PQ-Monitoring-Systems möglich.

## **Referenten**

- Jürgen Blum, A-Eberle GmbH & CO KG  
seit 26 Jahren Produktmanager für mobile Netzanalysatoren und festinstallierte Power Quality Systeme.
- Dipl.-Ing. Dipl.-Volksw. G. Dangrieß

Immer wieder gibt es Probleme durch Netzzrückwirkungen (EMV) – es kommt zu Störungen im Programmablauf von elektronischen Steuerungen, zum Ausfall von Anlagen infolge Spannungseinbrüche, zur thermischen Überlastung von Bauteilen in elektronischen Schaltungen und Anlagen bis hin zu Kontaktabbränden mit erheblichen Folgen (Neutralleiterbelastung), zum Nichtauslösen von Schutzeinrichtungen infolge Oberschwingungen, zur Einkopplung von Störströmen auf Signalleitungen und Potentialausgleichsleiter.

Es bilden sich Leiterschleifen durch die nicht emv-fachgerechten Leitungsverlegungen sowie Schirmungsmaßnahmen (Kabel- u. Leitungsschirme), als Folge elektrische und magnetische Felder. Hierdurch kommt es zu Potentialunterschieden an den elektronischen Betriebsmitteln, Komponenten und Bussystemen. Hieraus resultieren ungewollte Überspannungsschäden sowie Systemabstürze an Steuerungen, welche die Prozesse in der Automatisierung (Industrie 4.0, IOT) negativ beeinflussen.

Auf den Elektriker und Anlagenerrichter vor Ort kommen neue Herausforderungen zu – die Errichtung der Anlage muss auch unter EMV Gesichtspunkten erfolgen - Querschnitte von Kabeln sind unter Berücksichtigung der zu erwartenden Oberschwingungen nach der DIN VDE 0298-4, DIN VDE 0100-520 Beiblatt 3 zu dimensionieren, die Anordnung von Sammelschienensystemen ist EMV gerecht auszuführen, die Beachtung von Potentialausgleichs- und Erdungsmaßnahmen ist genauso wichtig wie der Einsatz von angepaßten Schutzeinrichtungen.

Die Beachtung der VDE 0100 ist für jeden Elektrotechniker von besonderer Wichtigkeit. Die EMV-relevanten Teile der DIN VDE 0100 sowie der DIN VDE 0298 werden besprochen.

#### **Errichten und Betreiben von elektrischen Anlagen**

- Gesetzliche Regelungen
- Gefahren des elektrischen Stromes
- Rechtliche Grundlagen zu VDE-Normen und Regelwerke
- Errichtungsbestimmungen VDE
- Schutz gegen direktes und indirektes Berühren VDE 0100-410
- Prüfung ortsfester Anlagen VDE 0100-600, VDE 0105-100

#### **Überblick über die unterschiedlichen Störphänomene**

##### **EMV und Oberschwingungen**

##### **Erdung und Potentialausgleich**

- EMV-Ansprüche an Erdungsanlagen
- Maßnahmen zum Potentialausgleich - Blitzschutzpotentialausgleich
- Maßnahmen zum Überspannungsschutzkonzept
- Auslegung und Bewertung des äußeren und inneren Blitzschutzes
- Netzsysteme TN/TT

##### **Messung und Bewertung von vagabundieren Strömen**

- Ableitströme
- Streuströme

**Das Seminar richtet sich gezielt an den Praktiker. Die notwendigen Kenntnisse werden nicht theoretisch, durch Formeln vermittelt, sondern durch Erfahrungen in einzelnen Experimenten.**

##### **Referent**

M. Scholand

Vom VdS Schadenverhütung anerkannte Prüfstelle für elektrische Anlagen sowie Blitzschutzsysteme

