VERBAND KOMMUNALER UNTERNEHMEN e.V.
LANDESGRUPPE BADEN-WÜRTTEMBERG

Landesverband der Baden-Württembergischen Industrie e. V.

vfew
Die Stimme der Energie- und Wasserwirtschaft in Baden-Württemberg

Qualität der Stromversorgung
in Baden-Württemberg
November 2018

# Orientierungshilfe

## für Verbesserungen bei einer Beeinträchtigung der Stromversorgungsqualität

Foto: vora, www.istockphoto.com

ERARBEITET UNTER MODERATION VOM

Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

**Inhalt**


I. Einleitung 3

II. Qualität der Stromversorgung – Grundbegriffe 4

1. Qualität der Stromversorgung 4

2. Merkmale der Versorgungsspannung 5

3. Spannungsqualität 5

III. Versorgungszuverlässigkeit – Statistische Kenngrößen 8

IV. Verantwortungskreise von Netzbetreibern und stromabnehmenden Unternehmen 10

1. Einleitung 10

2. Normalbetrieb 10

3. Vorgehen bei Beschwerden zur Spannungsqualität

4. Störungsursache im Verantwortungsbereich des Netzbetreibers 12

5. Störungsursache in Kundenanlage 14

6. Störung anderer Netzkunden durch eine Kundenanlage 15

V. Abstimmung zwischen Netzbetreiber und Netzkunde bei Abhilfemaßnahmen 16

VI. Abkürzungsverzeichnis 18

## I. Einleitung

Der heute vorhandene hohe Standard der Versorgungsqualität im deutschen Stromversorgungssystem sorgt nicht nur bei Privatverbrauchern für angemessenen Komfort, sondern stellt auch für Industrie und Wirtschaft einen bedeutenden Standortvorteil dar. Allerdings stellen die Energiewende und die hiermit verbundenen Veränderungen im Erzeugungspark als auch die Entwicklungen auf der Kundenseite immense Herausforderungen in allen Netzebenen dar. Um die hohe Versorgungsqualität auch in Zukunft zu gewährleisten, muss u.a. der Dialog zwischen den Netzbetreibern und den Kunden intensiviert werden, um im Falle von Unregelmäßigkeiten schnelle Abhilfe zu schaffen. Das gilt insbesondere für Gewerbe- und Industriekunden mit sensiblen Produktionsanlagen oder Prozessen. Zudem muss an zahlreichen Stellschrauben gedreht werden, damit die Qualität der Stromversorgung mit dem Fortschreiten der Energiewende Stand hält.

In der Wahrnehmung verschiedener Gewerbe- und Industriekunden quer durch alle Branchen treten heute mehr Funktionsstörungen als früher auf. Gemäß einer LVI-Erhebung, die die Industriestruktur in Baden-Württemberg repräsentativ abbildet, hat sich die Zahl der Unternehmen, die von 2012 bis 2015 Stromunterbrechungen, Spannungs- und Frequenzschwankungen detektierten, tendenziell erhöht. Befragungen und Messungen im Rahmen dieser Erhebung hatten zum Ergebnis, dass die Ursachen dafür sowohl auf Netz- als auch auf Unternehmensseite liegen können. Demgegenüber steht die Tatsache, dass gemäß den VDE|FNN Störungs- und Verfügbarkeitsstatistiken keine Zunahme der Ereignisse, welche zu Spannungseinbrüchen in den elektrischen Netzen führen, feststellbar ist. Für die industrielle Produktion ist die Bereitstellung einer sicheren, qualitativ hochwertigen sowie bezahlbaren Stromversorgung zu jeder Lastsituation unabdingbar.

Aus diesem Grund gibt der vorliegende Handlungsleitfaden erste Hinweise und Anregungen zur Identifikation und Reduktion elektrisch bedingter Funktions- und Prozessstörungen. Für jeden Einzelfall einer Störung empfiehlt es sich, in direkte Gespräche zwischen Netzbetreiber und Netzkunden einzutreten und die jeweils angemessenen Abhilfemaßnahmen abzusprechen.

## II. Qualität der Stromversorgung - Grundbegriffe

### 1. Qualität der Stromversorgung

Die Qualität der Stromversorgung (Versorgungsqualität) wird definiert über die drei Komponenten[1]:

*Qualität der Strom-versorgung*

1. Versorgungszuverlässigkeit,
2. Spannungsqualität,
3. Servicequalität.

Unter ***Versorgungszuverlässigkeit*** versteht man die Verfügbarkeit des Stromversorgungsnetzes, beschrieben durch eine Vielzahl von Indikatoren wie Nichtverfügbarkeit, Unterbrechungshäufigkeit, Unterbrechungsdauer oder nicht zeitgerecht gelieferte Energie.

Hinweis: Versorgungszuverlässigkeit ist nicht zu verwechseln mit Versorgungssicherheit (hierunter versteht man die langfristige Sicherung ausreichender Erzeugungskapazität).

Die Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen wird charakterisiert durch die Frequenz, die Spannungshöhe, die Kurvenform und die Symmetrie der Leiterspannungen. Die ***Spannungsqualität*** beschreibt die wahrnehmbare Güte des aktuellen zeitlichen Verlaufs der Spannungen und ihrer Merkmale in einem bestimmten Zeitraum.

Die ***Servicequalität*** bezieht sich auf das Verhältnis zwischen Netzkunde und Netzbetreiber, z.B. hinsichtlich Erreichbarkeit, Qualität des Beschwerdemanagements.

[1] Siehe Energietechnische Gesellschaft im VDE (VDE|ETG): Versorgungsqualität im deutschen Stromversorgungssystem, Frankfurt am Main (Mai 2005) und Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (VDE|FNN): Versorgungszuverlässigkeit und Spannungsqualität in Deutschland - Fakten, 11.03.2013.

## 2. Merkmale der Versorgungsspannung

*Merkmale der Versorgungs-spannung*

Die Merkmale der Versorgungsspannung sind in der europaweit geltenden Norm DIN **EN 50160**[2] beschrieben.

Darin sind unter anderem für den Normalbetrieb in der Niederspannung folgende Merkmale gelistet (Auszug):

| Merkmal | Wertebereich |
|---|---|
| Netzfrequenz | 49,5 Hz bis 50,5 Hz |
| Langsame Spannungsände-rung | 230 V ± 10 %[3] |
| Schnelle Spannungsänderung | 230 V ± 5 %<br>(selten bis 10 %) |
| Spannungseinbrüche<br>(≤ 1 min) | Einige 10 bis 100 pro Jahr,<br>Einbruch (10-60 %) |
| Kurze Versorgungsunter-brechung (<3 Min) | Einige 10 bis mehrere 100 pro Jahr,<br>(Spannung < 1 % $U_c$[4]) |

Die DIN EN 50160 regelt nicht abschließend alle Fragen und Bedürfnisse, die Netzkunden beim Thema Spannungsqualität haben, wie z.B. kurzzeitige Spannungseinbrüche (< 1 Sek.). Auch gibt es Fallkonstellationen, bei denen Kunden höhere Ansprüche an die Spannungsqualität haben, als die Regelungen der Norm vorgeben. Ein frühzeitiger Austausch zwischen Netzbetreiber und Netzkunden ist daher empfehlenswert.

[2] DIN EN 50160:2011-02: Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen, Deutsche Fassung EN 50160:2010 + Cor.:2010 (aktuelle Ausgabe)
[3] Toleranzbereich
[4] Vereinbarte Versorgungsspannung (im Normalfall gleich der Nennspannung $U_N$ des Netzes).

## 3. Spannungsqualität

Spannungs-qualität - Einflüsse

Die Qualität der Spannung wird durch die an das Versorgungsnetz angeschlossenen Verbraucher in Wechselwirkung mit der Netzimpedanz beeinflusst. Beispielsweise verursachen Schweißmaschinen und eine Vielzahl leistungselektronischer Geräte besonders starke Netzrückwirkungen. Andererseits können auch Ereignisse im Netz selbst Ursachen für Beeinträchtigungen sein. So können Kurzschlüsse zu kurzzeitigen Spannungseinbrüchen und atmosphärische Einwirkungen auf Netzanlagen zu transienten Überspannungen führen.

Im Folgenden werden die wichtigsten Auswirkungen kurz beschrieben:

Zu **Netzrückwirkungen** zählen Oberschwingungen, Flicker und Spannungsunsymmetrien.

- ***Oberschwingungen*** sind Schwingungen mit einer anderen Frequenz als 50 Hz. Sie entstehen u.a. durch Gleichrichter wie in Fernsehgeräten, Energiesparlampen, EDV-Geräten und Geräten der Unterhaltungselektronik, durch Frequenzumrichter für Drehstrommotoren, zum Betrieb von Pumpen, Papiermaschinen, Bandsägen oder Klimageräte oder durch Wechselrichter wie sie z.B. in Windkraft- und PV-Anlagen eingesetzt werden. Sie führen zu einer Verzerrung des sinusförmigen Verlaufs der Netzspannung.

- ***Flicker*** sind schnelle Spannungsschwankungen, die bei ungeregelten elektrischen Leuchtmitteln wie Leuchtstoff- und Glühlampen zu wahrnehmbaren Leuchtdichteschwankungen führen können (Flackern oder Flimmern). Häufig werden sie durch Lastschwankungen, beispielsweise Widerstandsschweißmaschinen oder Lichtbogenöfen, ausgelöst. Flicker können z.B. beim Glühlampenlicht direkt wahrgenommen werden.

- ***Spannungsunsymmetrien*** entstehen durch einphasigen Anschluss leistungsstarker Verbraucher oder Erzeuger, wie z.B. elektrische Warmwassererzeuger und Elektrofahrzeuge oder PV-Anlagen. Sie können u.a. zur Überhitzung von Motoren führen.

- Ein ***Spannungseinbruch*** ist das Absinken der Wechselspannung bei einer bestimmten Frequenz. Die Ursachen für Spannungseinbrüche bis hin zum vollständigen Ausfall der Versorgungsspannung (Versorgungsunterbrechung) werden hauptsächlich durch Fehler und Störungen im Netz oder das Aufschalten von Lasten mit hohen Anlaufströmen verursacht.

Das Gegenteil eines Spannungseinbruchs ist eine Erhöhung der Netzwechselspannung, d.h. ein **Spannungsanstieg**. Dieser wird beispielsweise durch plötzliche (insbesondere große) Lastreduzierungen sowie Einphasenfehler in einem Dreiphasensystem hervorgerufen.

• ***Kurze Versorgungsunterbrechungen*** (bis 3 Minuten) liegen vor, wenn die Versorgung eines oder mehrerer Netzkunden und gegebenenfalls Weiterverteiler länger als eine Sekunde und nicht mehr als 3 Minuten unterbrochen wird, unabhängig davon, wie viele Leiter betroffen sind. Ereignisse mit Dauern ≤ 1 Sekunde werden den Spannungseinbrüchen zugeordnet (siehe oben). Kurze Versorgungsunterbrechungen können z. B. durch Arbeiten von Umschaltautomatiken, erfolgreiche automatische Wiedereinschaltungen (AWE) oder kurzzeitige Ausschaltungen zur Erdschlusssuche infolge atmosphärischer Einwirkungen wie z.B. Gewitter und Windböen oder von Fremdeinwirkungen z.B. Tiere verursacht werden.

• ***Transiente Überspannungen*** sind kurzzeitige oder „flüchtige“ Überspannungen von sehr kurzer Dauer und einer Anstiegszeit im Bereich von weniger als einer Mikrosekunde bis hin zu wenigen Millisekunden. Verursacht werden diese transienten Überspannungen meistens entweder durch den direkten Blitzeinschlag in das Leiterseil einer Freileitung oder als Folge eines Blitzschlags durch kapazitiv oder induktiv übertragene Störspannungen. Diese Art von transienter Überspannung ist gekennzeichnet durch einen hohen Scheitelwert, aber geringer Energie.
Transiente Überspannungen können auch durch Schalthandlungen entstehen. Diese sind zwar weniger hoch als Blitzüberspannungen, doch ist die Dauer und somit der Energieinhalt weitaus größer und somit für elektrische und elektronische Geräte gefährlicher. Schaltüberspannungen entstehen typischerweise beim Schalten von Induktivitäten wie Motoren oder Vorschaltdrosseln von Leuchtstofflampen oder durch Schalthandlungen im Netz.

Eine detaillierte Darstellung der technischen Sachverhalte, Abhängigkeiten und Handlungsmöglichkeiten findet sich im technischen Hinweis des VDE|FNN „Störfestigkeit im Zusammenspiel von Kundenanlagen und Elektrizitätsnetzen“ des VDE|FNN[5], 2016).

[5] Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (VDE|FNN): Störfestigkeit im Zusammenspiel von Kundenanlagen und Elektrizitätsnetzen, August 2016.

## III. Versorgungszuverlässigkeit – Statistische Kenngrößen

Zur Ermittlung der Versorgungszuverlässigkeit werden die auftretenden Versorgungsunterbrechungen betrachtet. Zugrunde gelegt werden dabei deren Dauer und Ausmaß (z.B. unterbrochene Bemessungsscheinleistung). Diese Ausprägungen sind unabhängig voneinander und können unter Berücksichtigung der zugehörigen Systemgröße (z.B. installierte Bemessungsscheinleistung) zu weiteren Kenngrößen aggregiert werden, die das durchschnittliche Zuverlässigkeitsniveau beschreiben wie z.B. die Nichtverfügbarkeit $Q_U$.

Zur Erfassung der Verfügbarkeiten, Störungen und Schäden bei der Stromversorgung gibt es in Deutschland verschiedene statistische Erhebungen. Ein Beispiel ist die VDE|FNN-Störungs- und Verfügbarkeitsstatistik. Diese deckt jedoch nicht vollständig alle Netzgebiete ab. Zu beachten ist auch, dass die in der Statistik dargestellten Kenngrößen deutschlandweite Mittelwerte sind. Für die Situation vor Ort bieten sie somit keine belastbaren Aussagen. Je nach den vor Ort vorliegenden Randbedingungen können erhebliche Abweichungen zwischen dem statistischen Kennwert und der tatsächlichen Spannungsqualität auftreten. Insoweit ist ein regelmäßiger Informationsaustausch zwischen Netzbetreiber und Netzkunden empfehlenswert.

*Statistik*

**VDE|FNN** veröffentlicht jährlich eine Störungs- und Verfügbarkeitsstatistik[6]. Grundlage ist eine Datenerhebung in Deutschland mit einer Erfassung von rund 75 % der gesamten Stromkreislängen. Im Fokus sind Störungen in Niederspannungs-, Mittelspannungs-, Hochspannungs- und Höchstspannungsnetzen. Die VDE|FNN-Störungs- und Verfügbarkeitsstatistik wird jedes Jahr im Herbst veröffentlicht und umfasst folgende zwei Schwerpunkte:

- **Verfügbarkeitsstatistik**:
  Es werden Versorgungsunterbrechungen bei Stromnetzkunden mit einer Dauer von mehr als 1 Sekunde in der Nieder- (NS) und Mittelspannung (MS) erfasst. Daraus werden die Störungen mit einer Versorgungsunterbrechungsdauer von mehr als 3 Minuten separiert und die Verfügbarkeitskenngrößen nach DISQUAL[7] ermittelt. Darüber hinaus werden sogenannte DISQUAL-ähnliche Verfügbarkeitskenngrößen berechnet, denen die Störungen mit einer

[6] https://www.vde.com/de/fnn/themen/versorgungsqualitaet. Siehe auch Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (VDE|FNN): Zeitliche Entwicklung der auf die Stromkreislänge bezogenen kurz-schlussartigen Fehler aus der FNN-Störungsstatistik. Zu finden auf https://www.vde.com/de/fnn/themen/versorgungsqualitaet/versorgungszuverlaessigkeit/stoerungsstatistik-2016
unter Downloads und Links.

[7] DISQUAL (Distribution Quality): Studienkomittee (Group of Experts 50.05.DISQUAL) der UNIPEDE (Union internationale des producteurs et distributeurs d'énergie électrique = Internationale Union der Erzeuger und Verteiler elektrischer Energie), Availability of Supply. Indices. UNIPEDE, Ref. 05005Ren9733, Paris, 1997.

Versorgungsunterbrechungsdauer von mehr als 1 Sekunde zugrunde liegen. Die bundesweite Auswertung erfolgt durch VDE|FNN.

- **Störungsstatistik**:
  Ausgewertet werden stochastische Störungen in den Mittelspannungs-, Hochspannungs- und Höchstspannungsnetzen mit Fokus auf das Betriebsgeschehen im Netzbetrieb. Es werden u.a. erfasst:

  – Störungsverlauf
  – Ort des Fehlers
  – Anlass der Störung

Aus den erfassten Daten werden dann die Einflüsse verschiedener Größen und die Betriebsmittelkenndaten für Zuverlässigkeitsberechnungen ermittelt.

**Schäden**:
Es werden Schäden an Freileitungen, Kabeln sowie Umspannwerken, Schaltstationen und Ortsnetzstationen erfasst. So werden z.B. Lage und Art des Schadens ermittelt, ob sich das Betriebsmittel in Betrieb befand oder nicht, wie der Schaden festgestellt wurde und wann. Weiter werden Schadensursachen sowie die typspezifischen Daten und das Alter des Betriebsmittels festgehalten. Momentan erfolgt keine zentrale Erhebung und Auswertung der Schadensdaten durch VDE|FNN.

## IV. Verantwortungskreise von Netzbetreibern und stromabnehmenden Unternehmen

### 1. Einleitung

Durch Abweichungen von der Normspannung können Schäden und damit Kosten bei Netzbetreibern und stromabnehmenden Unternehmen entstehen. So können kurzzeitige Spannungsabsenkungen erhebliche Produktionsausfälle verursachen, z. B. wenn industrielle Anlagen wie etwa Papiermaschinen bei diesen Situationen in den sicheren Betriebszustand fahren und anschließend mehrere Stunden für den Wiederhochlauf benötigen. Zugleich ist eine mögliche Ursache für die Wahrnehmung zunehmender Funktionsstörungen die auf Seiten der Netzkunden stattfindende zunehmende Technologieverschiebung auf der Geräteseite. Hier kommen verstärkt Elektronik und insbesondere Leistungselektronik zum Tragen. Deren Einsatz ist häufig in hohem Maße wirtschaftlich und technisch vorteilhaft, bringt aber auch neue Herausforderungen im Hinblick auf deren Störfestigkeit mit sich. Um Kosten und Schäden so gering wie möglich zu halten, wird es daher immer wichtiger, dass sich Netzbetreiber und Netzkunden ihrem jeweiligen Verantwortungskreis bewusst sind, damit sie rechtzeitig die erforderlichen Abhilfe- und Vorsorgemaßnahmen treffen können.

### 2. Normalbetrieb

*Steuerung und Überwachung der Netze*

Im normalen Betriebszustand überwacht jeder Verteilnetzbetreiber (VNB) Spannungshöhe, Wirk- und Blindleistung an wesentlichen Punkten in seinem Netzgebiet. Anzahl und lokale Anordnung hängen von Netzspannungsebenen, Netztopologie und Erfahrungswerten des VNB ab. Üblicherweise nimmt der Überwachungsumfang mit der Netzspannungsebene ab. Das **Hochspannungsnetz**, die **Umspannwerke** sowie **Teile des Mittelspannungsnetzes** sind **fernüberwacht** und **fernsteuerbar**. In diesen Bereichen werden Schaltbefehle ausgeführt sowie Betriebsmeldungen und Messwerte erfasst. Auf den vom Umspannwerk abgehenden Mittelspannungsringen sind über Kabel oder Freileitung die Mittelspannungsstationen wie Perlen an einer Kette aufgereiht. An jeder Station erfolgt dann die weitere Verteilung entweder ins öffentliche Niederspannungsverteilnetz oder das kundeneigene Verteilnetz.

Aus Sicht der Netzbetreiber ist dieses Überwachungsniveau ausreichend, weil Netzplanungsrichtlinien und Anschlussbedingungen aufeinander abgestimmt sind. Spannungseinbrüche und Spannungsausfälle werden im Hoch- und Mittelspannungsnetz unmittelbar in der netzführenden Stelle registriert und Gegenmaßnahmen eingeleitet.
Das **Niederspannungsnetz** ist in der Regel **nicht fernüberwacht**. Versorgungsunterbrechungen, Probleme mit der Spannungsqualität, Abweichungen vom Normalzustand u. ä. melden die

betroffenen Anschlussnutzer direkt dem VNB. Sollte der VNB nicht bekannt sein, kann dieser im Internet über die Seite „Netzbetreibersuche Strom“ des Energieversorgungsportals[8] ermittelt werden oder im Energieatlas Baden-Württemberg angezeigt werden[9].

## 3. Vorgehen bei Beschwerden zur Spannungsqualität

Den VNB erreichen beispielsweise Meldungen wie:

*Störungs-meldungen*

- Licht flackert
- Stromversorgung ist/war kurzzeitig unterbrochen
- Unterspannungsschutz der Kundenanlage hat angesprochen
- partiell kein Strom in der Kundenanlage

*Ursachen-suche*

Durch weitergehende Expertenfragen kann der VNB die Ursache ggf. weiter eingrenzen, d. h. ob evtl. Flicker, der Ausfall einer der drei Phasen etc. die Ursachen für die Meldungen sein können. Daraufhin wird die mögliche Ursache anhand der Bestandsdokumentation (z. B. Netzpläne) ermittelt sowie deren räumliche Ausdehnung eingegrenzt, um das Ausmaß für bzw. den Umfang der betroffenen Kunden abzuschätzen.

Die Analyse der gemeldeten Einschränkungen erfolgt anhand der Netzpläne, der Last-/ Einspeisesituation im betroffenen Netzareal sowie einer Bewertung vor Ort. Erforderlichenfalls werden an geeigneten Stellen im Netz Messegräte installiert, um die Fehlerquelle(n) lokal einzugrenzen.

Der Netzbetreiber verfügt in der Regel über die notwendige personelle und technische Ausstattung, um die erforderlichen Messungen durchzuführen. Bei Bedarf kann er sich auch eines fachkundigen Dienstleisters bedienen. Moderne Messgeräte ermöglichen die Überwachung der Spannungsqualität auch über längere Zeiträume. Ereignisse, die zu einer Verletzung der in der DIN EN 50160 vorgegebenen Werte führen, werden automatisch erfasst und aufgezeichnet.

Im Fall von Kundenbeschwerden sind im ersten Schritt zwei Fälle zu unterscheiden:

1. Anforderungen der Norm werden eingehalten, Kunde hat trotzdem Schwierigkeiten:
   Der Kunde muss in seiner Anlage weiter nach der Ursache suchen. Der VNB kann hierbei sein Know-how auf Dienstleistungsbasis anbieten.

[8] Zu finden unter: https://www.energieverbraucherportal.de/strom/netzbetreiber
[9] Zu finden unter: http://www.energieatlas-bw.de/netze/verteilnetzbetreiber-strom

2. Anforderungen der Norm werden nicht eingehalten:
   Der VNB muss weiter nach der Quelle der Störung suchen. Liegt die Störquelle im Netz, muss der VNB Abhilfemaßnahmen einleiten. Liegt die Störquelle in einer Kundenanlage, die negativ auf das Verteilnetz rückwirkt, muss der entsprechende Netzkunde die Rückwirkungen unverzüglich abstellen.

*Gutachten - frühzeitig gemeinsam Kostentragung klären*

Insbesondere wenn der störungsverursachende Netzkunde selbst nicht von den negativen Auswirkungen betroffen ist, ist die Situation besonders schwierig zu erklären. Hier kann die Einschaltung eines neutralen Gutachters helfen, wobei im Vorfeld unbedingt die Kostentragung geklärt werden sollte.

Empfehlenswerte Vorgehensweise für eine **Kostentragungsvereinbarung zwischen VNB und Kunde**:

Um die Kostenimplikationen besser abschätzen zu können, sollten im Vorfeld zumindest die Art, Anzahl und Umfang sowie Zeitraum der Messungen vereinbart werden. Für den Zeitraum der Messung wird in der DIN EN 50160 ein Produktionszyklus empfohlen. Für die Kostentragungsvereinbarung hat sich folgendes Verfahren bei Befundprüfungen von Messgeräten als praktikabel erwiesen und kann sinngemäß auch auf Gutachten bei Spannungsproblemen angewandt werden:

Jeder Kunde, der Zweifel an korrekten Messwerten seines Stromzählers hat, kann eine Befundprüfung bei einer staatlich anerkannten Prüfstelle einfordern. Erweist sich sein Verdacht, dass ein fehlerhaftes Messgerät vorliegt, als zutreffend, muss der Messstellenbetreiber die Kosten der Befundprüfung tragen. Hat die Prüfung ergeben, dass der Zähler korrekt die Werte erfasst, trägt der Kunde die Kosten der Befundprüfung. Ggf. darüber hinaus gehende Kostenerstattungsansprüche sind separat zu klären. Für das Gutachten bei Spannungsproblemen heißt das: Liegt der Fehler in der Kundenanlage, trägt der Kunde die Kosten, liegt der Fehler andernorts, trägt der VNB die Kosten des Gutachtens. Da der Umfang im Vorfeld definiert wurde und im Idealfall auch ein Angebot vorliegt, sind die möglichen Kosten beiden Parteien im Voraus bekannt.

## 4. Störungsursache im Verantwortungsbereich des Verteilnetzbetreibers

*Maßnahmen des VNB*

**Spannungseinbrüche in der Verantwortung des VNB** können durch fehlerhafte Betriebsmittel (z. B. Kabelfehler) oder bei Fehlschaltungen in starr geerdeten Netzen entstehen, wenn hohe Kurzschlussströme die Spannung kurzzeitig erheblich reduzieren, bis die Schutzorgane in Sekundenfrist den Kurzschlussstrom unterbrechen. In gelöscht betriebenen Freileitungsnetzen können Gegenstände (z. B. Äste) in die Leitungen geraten. Der Kurzschluss oder Erdkurzschluss behaftete Stromkreis wird zum Schutz der Betriebsmittel durch eine so genannte automatische Wiedereinschaltung (AWE) kurzzeitig abgeschaltet und rasch danach wieder mit Strom beaufschlagt. Ist der kurzschlussverursachende Gegenstand z.B. zu Boden gefallen, „heilt“ der Fehler von allein.

Andererseits kann der Betrieb von motorischen Lasten, Aufzügen, Kälteanlagen mit hohen Anlaufströmen bei zu geringer Kurzschlussleistung im Verteilnetz zu unzulässigen Spannungseinbrüchen führen, obwohl die Anschlussbedingungen der Verbraucher eingehalten sind. Dies kann auftreten, wenn das Netz nicht im Normalbetriebszustand betrieben wird (z. B. Netzumschaltungen im Störungsfall) oder wenn sich die Anforderungen an die Auslegung des Netzes so verändert haben, dass die Kurzschlussleistungen nicht mehr ausreichen. Im letzten Fall kann in der Regel durch eine Netzverstärkung (Vergrößerung des Leitungsquerschnitts, Trafo mit besserer Kurzschlussleistung) Abhilfe geschaffen werden.

## 5. Störungsursache in Kundenanlage

Im Kundennetz gibt es verschiedene Ursachen, welche die Spannungsqualität negativ beeinflussen. Mögliche Störungen werden durch einzelne Störereignisse, oder durch die Summe verschiedener partieller Störungen verursacht. **In Kundenlagen kommt es u.a. zu Störungen aufgrund folgender Ursachen**:

- Witterungsbedingte Einflüsse wie z.B. Blitzeinschläge in Betriebsmittel, Sturmschäden
- Beschädigung von stromführenden Kabeln z.B. durch Erd- und Baggerarbeiten
- Technisches Versagen: Fehlerhafte Bauteile, Montagefehler oder technische Defekte an elektrischen Betriebsmitteln
- Einschaltströme von Kondensatoren, Motoren, Aufzügen und anderen Geräten
- Plötzlicher Lastabwurf durch defekte Geräte
- Schweißströme (Schweißanlagen).

*Maßnahmen des Netzkunden*

In einer Kundenanlage sind die anerkannten Normen einzuhalten, wie z.B. der Einsatz von VDE konformen Geräten, Einhaltung der Technischen Anschlussregelungen (TAR) und Anschlussbedingungen (TAB) des VNB. Zur Vermeidung von Spannungseinbrüchen in Kundenanlagen gibt es folgende Abhilfemaßnahmen, die vom Unternehmen durchgeführt werden können:

- Sanftanlaufschaltungen bei Motoren, sowie Überstromschutzeinrichtungen wie z.B. Leitungsschutzschalter
- Schutzgeräte im Industrienetz, wie Staffelschutzsysteme und den üblichen Kurzschlussschutz für Mittelspannungsnetze (Strahlennetze) zur Begrenzung des Spannungseinbruchs
- Falls eine Eigenversorgungsanlage vorhanden ist, kann durch Regelung der Fahrweise der Spannungseinbruch begrenzt bzw. dem Spannungseinbruch entgegengewirkt werden.
- Einsatz von aktiven Filtern zur Verbesserung der Netzqualität und zur Vermeidung von Spannungseinbrüchen.
- Spannungsstabilisatoren (Anlagen mit und ohne Energiespeicher kommen zum Einsatz):
    - Batteriespeicher
    - Kapazitive Energiespeicher wie Doppelschicht-Kondensatoren
- Sofortiger Austausch/Reparatur von defekten elektrischen Geräten
- Regelmäßige Überprüfung der Betriebssicherheit von elektrischen Geräten

Weitere Maßnahmen und Störungsursachen finden sich im FNN-Hinweis: „Störfestigkeit im Zusammenspiel von Kundenanlagen und Elektrizitätsnetzen“[10].

## 6. Störung anderer Netzkunden durch eine Kundenanlage

*Maßnahmen des VNB und des Netzkunden*

Bei Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik sowie den Technischen Anschlussregeln (TAR) und den spezifischen Technischen Anschlussbedingungen (TAB) des Netzbetreibers in der Kundenanlage werden Störungen anderer Netzkunden in der Regel vermieden. Sollte es dennoch zu **Rückwirkungen und Störungen anderen Netzkunden** kommen, wird der Netzbetreiber aktiv.

Für die Einhaltung der Spannungsqualität an allen Kundenanschlüssen gemäß DIN EN 50160 trägt der **VNB** die Verantwortung. Gehen von einer Kundenanlage störende

[10] Siehe Fußnote 5.

Einflüsse auf andere Kundenanlagen oder auf das Netz des VNB aus, so ist in Absprache zwischen Kunden und VNB unverzüglich eine Lösung zu suchen. Soweit dies nicht gelingt, ist der VNB verpflichtet, den Anschluss nach vorheriger Ankündigung vom Netz zu trennen, wenn anderweitig die Netzqualität nicht angemessen gewährleistet werden kann.

Um dies zu vermeiden, sind seitens des **Kunden** nach Bekanntwerden der störenden Einflüsse unverzüglich Abhilfemaßnahmen zu treffen. Um eine potentielle Trennung vom Netz zu verhindern, sollten die Abhilfemaßnahmen, welche auch bei Störungen im Kundennetz angewandt werden, umgesetzt werden. Generell sollten bei der Planung von Kundenanlagen diese so ausgelegt werden, dass Spannungseinbrüche verhindert werden. Sind z. B. viele Schweißanlagen im Kundennetz, empfiehlt sich der Einsatz von aktiven Filtern, um den Spannungseinbrüchen entgegen zu wirken, zusätzlich erhöht der Einsatz auch die Netzqualität im Allgemeinen und damit die Produktqualität.

## V. Abstimmung zwischen Netzbetreiber und Netzkunde bei Abhilfemaßnahmen

Bei einer Bewertung der Versorgungszuverlässigkeit müssen unterschiedliche Einflussfaktoren wie historisch gewachsene Netzstrukturen, regionale Gebietsmerkmale (städtisch oder ländlich, Ost oder West, Berge oder Flachland) und meteorologische Einflüsse berücksichtigt und als Kriterien für Vergleiche herangezogen werden.

*Ermittlung von Abhilfe-maßnahmen*

Abhilfemaßnahmen sind aber nicht nur unter technologischen Kriterien, sondern auch unter ökonomischen Aspekten zu bewerten. Der Fokus liegt zunächst auf der Schnittstelle zwischen Kundenanlagen und Stromnetz. Dort gilt es herauszufinden, wo ggf. Ursache für Auffälligkeiten oder Unregelmäßigkeiten liegen: im Stromnetz des Netzbetreibers oder in der Kundenanlage.

Beispielhaft werden zur Ermittlung geeigneter Maßnahmen folgende Schritte vorgeschlagen:

1. **Störungsdatenerfassung** durch den Netzkunden und den Netzbetreiber
   Zu erfassen sind Ort, Datum, Uhrzeit von Störungsereignissen sowie betroffene Geräte bzw. Anlagen.
   Spannungseinbrüche sind ggf. systematisch messtechnisch zu erfassen und möglichst als digitale Messreihe zu dokumentieren.
   Seitens Netzbetreiber gehört die Stördatenerfassung ohnehin zu den Betreiberverpflichtungen.

2. **Abgleich der erfassten Störungsdaten** von Netzbetreiber und Netzkunde
   Leitfragen für den Abgleich:
   - Liegen beim Netzbetreiber bereits Beschwerden anderer Kunden vor?
   - Korrelieren Störungen des Netzes mit Kundenstörungen?

3. **Bei Bedarf** zeitgleiche diagnostische **Messung am Kundenanschluss** auf Netzspannungsebene sowie auf Spannungsebene der gestörten Stromverbraucher.
   Leitfragen für die Messung:
   - Sind die Regularien der DIN EN 50160 netzseitig eingehalten?
   - Treten zusätzliche Spannungsänderungen auf, die in den Regularien der DIN EN 50160 nicht erfasst werden?
   - Auf welcher Seite liegt die Störungsursache?

4. **Gemeinsame Abstimmung** über das weitere Vorgehen.
   In der Regel ergeben sich an diesem Punkt zielführende Maßnahmen unter Berücksichtigung der nachfolgend aufgeführten Erwägungen.

*Abwägung im Einzelfall:*

*Inkaufnahme von Spannungs-schäden oder technische Nachrüstung*

Sind im Ergebnis einer gemeinsamen Analyse die Ursachen von Unregelmäßigkeiten in der Versorgung in der Kundenanlage begründet, müssen die finanziellen Konsequenzen von Produktions- oder Betriebsausfällen nachvollziehbar aufgezeigt werden. Sie bilden die Basis für eine Entscheidung hinsichtlich der detaillierten Untersuchung der vorhandenen Probleme und der ggf. notwendigen Investitionen in Abhilfemaßnahmen.
Aus der Analyse der Auswirkungen von Spannungseinbrüchen ergeben sich technische/betriebliche Veränderungen beim Kunden und zusätzlich mögliche technische Abhilfemaßnahmen. Letztendlich muss eine Abwägung getroffen werden zwischen den Kosten, die durch Einwirkungen der Spannungsqualität entstehen, und den Kosten der Abhilfemaßnahmen.

Das Spektrum möglicher Beratungsleistungen im Zusammenhang mit den oben erwähnten Problemen ist groß. Es beginnt bei relativ einfachen Gutachten über strukturelle Maßnahmen in den kundeneigenen Anlagen und endet bei umfangreichen Messreihen, die Eingang zu komplizierten Netzberechnungen im Bereich der Nennfrequenz, Harmonischen und Zwischenharmonischen finden können. Darüber hinaus können weitere Betrachtungen von EMV-Phänomenen etc. sinnvoll sein. Darauf basieren dann verschiedene Vorschläge für technische Lösungen.

Typische Abhilfemaßnahmen sind bspw. die Pufferung kritischer Steuerungsfunktionen über unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV) oder der Einsatz von Ersatzstromaggregaten. Je nach Art und Umfang von Ursachen und Auswirkungen sowie der Komplexität der Kundenanlagen ergibt sich eine Vielzahl von Handlungsmöglichkeiten. Im VDE|FNN Hinweis „Störfestigkeit im Zusammenspiel von Kundenanlagen und Elektrizitätsnetzen“ ist eine Sammlung sowohl netzseitiger- als auch kundenseitiger- Maßnahmen zur Verminderung von spannungsbedingten Funktionsstörungen bei elektrischen Geräten aufgeführt.[11]

Aufgrund der erwähnten Vielzahl an Handlungsmöglichkeiten ist es aber nicht möglich, die Kosten dafür pauschaliert abzuschätzen. Dies muss je Einzelfall separat betrachtet werden. Ziel der gemeinsamen Abstimmung ist in jedem Fall, dass Kunde und Netzbetreiber einen Überblick über die Maßnahmen und Möglichkeiten zur Verbesserung der Situation erhalten.

[11] Siehe Fußnote 5.

**Abkürzungsverzeichnis**

- AWE Automatische Wiedereinschaltung
- DISQUAL Distribution Quality
- EDV Elektronische Datenverarbeitung
- EN Europäische Normen
- FNN Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE
- MS Mittelspannung
- NS Niederspannung
- TAB Technische Anschlussbedingungen
- TAR Technische Anschlussregelungen
- USV Unterbrechungsfreie Stromversorgungen
- VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.
- VNB Verteilnetzbetreiber

## Impressum

### Herausgeber

LVI Landesverband der Baden-Württembergischen Industrie e. V.
Gerhard-Koch-Straße 2-4
73760 Ostfildern
Tel.: 0711 32 73 25 – 00
Fax: 0711 32 73 25 – 69
info@lvi.de

VfEW Verband für Energie- und Wasserwirtschaft Baden-Württemberg e.V.
Schützenstraße 6
70182 Stuttgart
Tel. 0711 933491-20
Fax 0711 933491-99
info@vfew-bw.de

VKU Verband kommunaler Unternehmen e.V. - Landesgruppe Baden-Württemberg
Königstraße 4
70173 Stuttgart
Tel: 0711 229317 - 70
Fax: 0711 229317 - 99
lg-bw@vku.de

August 2018

### Moderation

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
Kernerplatz 9
70182 Stuttgart
Tel.: 0711 126 - 0
Fax: 0711 126 – 2881
Poststelle@um.bwl.de
www.um.baden-wuerttemberg.de

Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

### Bearbeitung und Copyright

© VfEW / LVI / VKU, Stuttgart 2018

Für nicht gewerbliche Zwecke sind Vervielfältigung und unentgeltliche Verbreitung, auch auszugsweise, mit Quellenangabe gestattet. Alle übrigen Rechte bleiben vorbehalten.