

DIN EN 50160

ICS 29.020

EntwurfEinsprüche bis 2022-11-30
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 50160:2020-11**Merkmale der Spannung in öffentlichen Energieversorgungsnetzen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 50160:2021**Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution networks;
German and English version prEN 50160:2021Caractéristiques de la tension fournie par les réseaux publics de distribution;
Version allemande et anglaise prEN 50160:2021**Anwendungswarnvermerk**Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-09-30 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses
Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Merianstraße 28, 63069 Offenbach am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 116 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN 50160:2021 „Merkmale der Spannung in öffentlichen Energieversorgungsnetzen“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und der Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung der prEN 50160:2021 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Das europäische Dokument prEN 50160:2021 „Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution networks“ wurde vom CLC/TC 8X „System aspects of electrical energy supply“ des Europäischen Komitees für Elektrotechnische Normung (CENELEC) erarbeitet und von CENELEC den Nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen späteren „Schluss-Entwurf“ FprEN nur 8 Wochen beträgt und zum „Schluss-Entwurf“ FprEN keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der „Entwurf“ prEN als Deutscher Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit noch vor der formellen Abstimmung berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium DKE/UK 767.1 „Niederfrequente leitungsgeführte Störgrößen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 50160:2020-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Übernahme der Änderungen A2 (neuer Frequenzbereich 2 kHz bis 150 kHz, Änderung der Netzfrequenz) und A3 (geänderter Wert der 15. und 21. Oberschwingung bei Niederspannung);
- b) Die norwegische A-Abweichung (Änderung A1) wurde leicht modifiziert;
- c) geringfügige Klarstellungen im Anwendungsbereich;
- d) Aufnahme eines neuen Kapitels „Höchstspannung“;
- e) Klarstellung zu Einbrüchen und Überhöhungen;
- f) neuer Anhang D: PQ (Spannungsqualität, en: power quality) gegenüber EMV.

Deutsche Fassung

Merkmale der Spannung in öffentlichen Energieversorgungsnetzen

Voltage characteristics of electricity
supplied by public distribution networks

Caractéristiques de la tension fournie
par les réseaux publics de distribution

Dieser Entwurf für eine Europäische Norm wird den CENELEC-Mitgliedern zur CENELEC-Umfrage vorgelegt.
CENELEC Termin: 2022-01-21.

Er wurde von CLC/TC 8X erstellt.

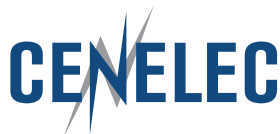
Wenn aus diesem Entwurf eine Europäische Norm wird, sind die CENELEC-Mitglieder gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Dieser Entwurf für eine Europäische Norm wurde von CENELEC in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch) erstellt. Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Warnvermerk: Dieses Schriftstück hat noch nicht den Status einer Europäischen Norm. Es wird zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Es kann sich noch ohne Ankündigung ändern und darf nicht als Europäische Norm in Bezug genommen werden.



Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	6
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen.....	8
3 Begriffe.....	8
4 Merkmale der Niederspannung.....	15
4.1 Allgemeines.....	15
4.2 Andauernde Phänomene.....	15
4.3 Spannungsereignisse.....	18
4.4 Andere Phänomene (siehe auch Anhang C).....	21
5 Merkmale der Mittelspannung.....	23
5.1 Allgemeines.....	23
5.2 Andauernde Phänomene.....	24
5.3 Spannungsereignisse.....	27
5.4 Andere Phänomene (siehe auch Anhang C).....	29
6 Merkmale der Hochspannung.....	30
6.1 Allgemeines.....	30
6.2 Andauernde Phänomene.....	31
6.3 Spannungsereignisse.....	33
6.4 Andere Phänomene (siehe auch Anhang C).....	36
7 Merkmale der Höchstspannungsversorgung.....	36
7.1 Allgemeines.....	36
7.2 Andauernde Phänomene.....	37
7.3 Spannungsereignisse.....	39
7.4 Andere Phänomene (siehe auch Anhang C).....	41
Anhang A (informativ) Besondere Beschaffenheit der Elektrizität.....	43
Anhang B (informativ) Anhaltswerte für Spannungsereignisse und einzelne schnelle Spannungsänderungen.....	45
B.1 Allgemeines.....	45
B.2 Lange Unterbrechungen der Versorgungsspannung.....	45
B.3 Kurze Unterbrechungen der Versorgungsspannung.....	45
B.4 Einbrüche und Überhöhungen der Versorgungsspannung.....	45
B.5 Spannungsüberhöhungen (zeitweilige netzfrequente Überspannungen) zwischen Außenleitern und Erde.....	48
B.6 Höhe von schnellen Spannungsänderungen.....	48
Anhang C (informativ) Zusätzliche Informationen zu den Unterklauseln über „andere Phänomene“.....	50
C.1 Allgemeines.....	50
C.2 Verhalten der Werte der Versorgungsspannung im Laufe der Zeit.....	50
C.3 Dauer.....	50
C.4 Periodizität.....	50

C.5	Bandbreite.....	51
Anhang D (informativ) Zusammenhang zwischen Spannungsqualität und EMV.....		52
D.1	Allgemeines.....	52
D.2	Bezugspunkte für die Spannungsqualität und die elektromagnetische Verträglichkeit in der Anlage eines Netznutzers.....	54
D.3	Zusammenhang zwischen Spannungsqualitätsanforderungen und EMV-Verträglichkeitspegeln.....	57
Anhang E (informativ) A-Abweichungen.....		58
Literaturhinweise.....		62

Bilder

Bild 1	– Signalspannungspegel in öffentlichen Niederspannungsnetzen.....	23
Bild 2	– Signalspannungspegel in öffentlichen Mittelspannungsnetzen.....	30
Bild 3	– Beispiel für Spannungsqualitäts- und EMV-Bezugspunkte in einem Niederspannungsnetz.....	55
Bild 4	– Beispiel für Spannungsqualitäts- und EMV-Bezugspunkte bei Versorgung über ein privates Netz..	56
Bild 5	– Schematische Beschreibung der Beziehung zwischen EMV-Pegeln für eine einzelne elektromagnetische Erscheinung und Spannungsqualitätspegel.....	57

Tabellen

Tabelle 1	– Werte der einzelnen Oberschwingungsspannungen an den Niederspannungs-Versorgungsanschlüssen.....	18
Tabelle 2	– Klassifizierung der Spannungseinbrüche entsprechend ihrer Restspannung und Dauer.....	20
Tabelle 3	– Klassifizierung der Spannungsüberhöhungen entsprechend ihrer maximalen Spannung und Dauer.....	21
Tabelle 4	– PQ-Normung im Frequenzbereich unterhalb 150 kHz.....	22
Tabelle 5	– Werte der einzelnen Oberschwingungsspannungen an den Mittelspannungs-Versorgungsanschlüssen.....	26
Tabelle 6	– Klassifizierung der Spannungseinbrüche entsprechend ihrer Restspannung und Dauer.....	28
Tabelle 7	– Klassifizierung der Spannungsüberhöhungen entsprechend ihrer maximalen Spannung und Dauer.....	29
Tabelle 8	– Richtwerte der einzelnen Oberschwingungsspannungen an den HV-Versorgungsanschlüssen.	33
Tabelle 9	– Klassifizierung der Spannungseinbrüche entsprechend ihrer Restspannung und Dauer.....	35
Tabelle 10	– Klassifizierung der Spannungsüberhöhungen entsprechend ihrer maximalen Spannung und Dauer.....	36
Tabelle 11	– Klassifizierung der Spannungseinbrüche entsprechend ihrer Restspannung und Dauer.....	40
Tabelle 12	– Klassifizierung der Spannungsüberhöhungen entsprechend ihrer maximalen Spannung und Dauer.....	41
Tabelle B.1	– Beispiel – Klassifizierung der Spannungseinbrüche entsprechend ihrer Restspannung und Dauer.....	48
Tabelle 13	– Aspekte von Spannungsqualität und EMV zur Veranschaulichung ihrer Beziehung.....	53

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument EN 50160 wurde vom CLC TC8X „System aspects of electrical energy supply“ ausgearbeitet.

Dieses Dokument ist derzeit zur Umfrage vorgelegt.

Nachstehende Daten wurden vorgeschlagen:

- | | |
|---|---|
| - spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene angekündigt werden muss | (doa): dor + 6 Monate |
| - spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss | (dop): dor + 12 Monate |
| - spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen | (dow): dor + 36 Monate
(bei der Abstimmung zu bestätigen oder zu ändern) |

Dieses Dokument wird EN 50160:2010 und alle Änderungen ersetzen.

EN 50160:2021 beinhaltet die folgenden technischen Änderungen gegenüber EN 50160:2010:

- Übernahme der Änderungen A2 (neuer Frequenzbereich 2 kHz bis 150 kHz, Änderung der Netzfrequenz) und A3 (geänderter Wert der 15. und 21. Oberschwingung bei Niederspannung);
- Die norwegische A-Abweichung (Änderung A1) wurde leicht modifiziert;
- geringfügige Klarstellungen im Anwendungsbereich;
- Aufnahme eines neuen Kapitels „Höchstspannung“;
- Klarstellung zu Einbrüchen und Überhöhungen;
- neuer Anhang D: PQ (Spannungsqualität, en: power quality) gegenüber EMV.

1 Anwendungsbereich

1.1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die wesentlichen Merkmale der Versorgungsspannung an der Übergabestelle zum Netznutzer in öffentlichen Nieder-, Mittel-, Hoch- und Höchstspannungs-Wechselstrom-Versorgungsnetzen unter normalen Betriebsbedingungen fest. Dieses Dokument nur legt die Grenzen oder Werte fest, innerhalb derer die Merkmale der Spannung an beliebigen Übergabestellen in öffentlichen europäischen Elektrizitätsversorgungsnetzen zu erwarten sind.

ANMERKUNG 1 Wenn nicht-öffentliche Netze (z. B. Wohnviertel, Energiegemeinschaften, Bürozentren, Einkaufszentren) ähnliche Endnutzer haben wie öffentliche Netze, wird dringend empfohlen, die gleichen Anforderungen wie für öffentliche Versorgungsnetze anzuwenden.

ANMERKUNG 2 Industrielle Netze sind vom Anwendungsbereich der EN 50160 ausgenommen, hier ist nur der Anschluss an die Versorgungsanschlüsse des öffentlichen Netzes relevant.

Dieses Dokument gilt nicht für von den normalen Betriebsbedingungen abweichende Betriebsbedingungen, welche die folgenden einschließen:

- a) vorübergehende Versorgungsmaßnahmen, die durchgeführt werden, um Nutzer des Netzes während Bedingungen, die als Ergebnis einer Störung bzw. eines Fehlers, von Wartungs- und/oder Baumaßnahmen auftreten, weiter zu versorgen, oder die durchgeführt werden, um das Ausmaß und die Dauer von Versorgungsausfällen zu minimieren.
- b) Fälle, bei denen eine Anlage oder ein Gerät des Netznutzers nicht den einschlägigen Normen oder den technischen Anschlussbedingungen – aufgestellt entweder von den Behörden oder dem Netzbetreiber – entspricht oder die Grenzwerte für die Aussendung leitungsgeführter Störgrößen überschreitet.

ANMERKUNG 4 Eine Anlage des Netznutzers kann Lasten und Generatoren enthalten.

- c) Ausnahmesituationen, insbesondere bei:
 - 1) außergewöhnlichen Wetterbedingungen und anderen Naturkatastrophen;
 - 2) Störungen durch Dritte;
 - 3) Maßnahmen der Behörden;
 - 4) Arbeitskampfmaßnahmen (nach gesetzlichen Bestimmungen);
 - 5) höhere Gewalt;
 - 6) Versorgungsengpässen als Ergebnis äußerer Einflüsse.

Die in diesem Dokument angegebenen Spannungskennwerte beziehen sich auf leitungsgeführte Störungen in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen. Sie sind nicht dafür vorgesehen, als Werte für die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) oder als Aussendungsgrenzwerte für Produkte verwendet zu werden.

Die Spannungsqualität hängt in mehrfacher Hinsicht mit der EMV zusammen – insbesondere, weil die Einhaltung der Anforderungen an die Spannungsqualität von der Kontrolle der kumulativen Wirkung elektromagnetischer Störaussendungen von allen/mehreren Geräten und/oder Anlagen abhängt. Daher liefern die in diesem Dokument beschriebenen Merkmale der Versorgungsspannung Richtlinien zur Festlegung von Anforderungen in Produktnormen oder in Installationsnormen.

ANMERKUNG 5 Das Betriebsverhalten eines (angeschlossenen) Gerätes kann beeinträchtigt werden, wenn Letzteres Versorgungsbedingungen ausgesetzt ist, die nicht in der Produktnorm des Gerätes festgelegt sind.

ANMERKUNG 6 Dieses Dokument kann ganz oder teilweise durch vertragliche Vereinbarungen zwischen dem einzelnen Netznutzer und dem Netzbetreiber außer Kraft gesetzt werden.

ANMERKUNG 7 Die Teilung der Kosten für die Behandlung von Beschwerden oder für die Abhilfe bei Problemen zwischen den betroffenen Parteien liegt außerhalb des Anwendungsbereichs der EN 50160.

In diesem Dokument anzuwendende Messverfahren sind in EN 61000-4-30 beschrieben.

1.2 Zweck

Zweck dieses Dokuments ist die Definition, Beschreibung und Festlegung der Merkmale der Versorgungsspannung hinsichtlich:

- a) Frequenz;
- b) Größenordnung;
- c) Wellenform;
- d) Symmetrie der Leiterspannungen.

Dieses Dokument behandelt auch die kontinuierlichen Merkmale der Versorgungsspannung und andere vorhersehbare Phänomene, die die Spannungsmerkmale beeinflussen können, wie z. B. betriebliche Kommunikations-, Überwachungs- oder Messsignale, die über Stromleitungen übertragen werden.

Während des normalen Betriebs eines Versorgungsnetzes sind diese Merkmale Änderungen aufgrund von Laständerungen, Störeinflüssen von bestimmten Geräten und Anlagen und des Auftretens von Fehlern, die vorwiegend durch äußere Ereignisse verursacht werden, unterworfen.

Die Merkmale der Spannung unterliegen weitgehend zufallsgeprägten Schwankungen sowohl bezüglich des zeitlichen Verlaufs an jeder beliebigen Übergabestelle als auch zu jedem beliebigen Zeitpunkt bezüglich der örtlichen Verteilung über alle Übergabestellen des jeweiligen Netzes. Aufgrund dieser Schwankungen kann damit gerechnet werden, dass die in diesem Dokument angegebenen Werte für die Merkmale der Versorgungsspannung in seltenen Fällen überschritten werden.

Einige der Phänomene, die die Versorgungsspannung beeinflussen, sind überhaupt nicht vorhersehbar. Dies macht es sehr schwierig, für die entsprechenden Merkmale feste Werte anzugeben. Die Werte für die Merkmale der Versorgungsspannung, die zu diesen Phänomenen in diesem Dokument genannt werden, z. B. für Spannungseinbrüche und Spannungsunterbrechungen, werden dementsprechend als Anhaltswerte verstanden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 61000-4-30, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-30: Testing and measurement techniques - Power quality measurement methods (IEC 61000-4-30:2015)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

Leitungsgeführte Störgröße

elektromagnetische Erscheinung, die sich in einem Versorgungsnetz längs der Leitungswege ausbreitet

Anmerkung 1 zum Begriff: In einigen Fällen gehen elektromagnetische Erscheinungen auch über Transformatorwicklungen hinweg und damit in Netze anderer Spannungsebenen über. Diese Störgrößen können die Funktionsfähigkeit von Geräten, Einrichtungen und Systemen mindern oder Beschädigungen hervorrufen.

3.2

vereinbarte Versorgungsspannung

U_c

zwischen dem Netzbetreiber und dem Netznutzer vereinbarte Versorgungsspannung U_c

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Allgemeinen ist die vereinbarte Versorgungsspannung U_c gleich der Nennspannung U_n , aber sie kann von der Nennspannung abweichen, wenn eine entsprechende Vereinbarung zwischen dem Netzbetreiber und dem Netznutzer besteht.

3.3

Höchstspannung

EHV

en **extra high voltage**

Spannung mit einem Nenn-Effektivwert von $150 \text{ kV} < U_n \leq 800 \text{ kV}$

3.4

Flicker

Eindruck der Unstetigkeit visueller Empfindungen, hervorgerufen durch Lichtreize mit zeitlicher Schwankung der Leuchtdichten oder der spektralen Verteilung

[QUELLE: IEV 161-08-13]

3.5

Flickerstärke

Intensität der Flickerstörwirkung, wird mit Hilfe der folgenden Größen bewertet:

- **Kurzzeit-Flickerstärke** (P_{st}), gemessen über ein Zeitintervall von zehn Minuten
- **Langzeit-Flickerstärke** (P_{lt}), berechnet aus einer Folge von 12 P_{st} -Werten über ein 2-Stunden-Intervall nach der folgenden Gleichung,

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{sti}^3}{12}}$$

nach dem folgenden Ausdruck:

3.6

Frequenz der Versorgungsspannung

Wiederholrate der Grundschiwingung der Versorgungsspannung, gemessen über ein bestimmtes Zeitintervall

3.7

Oberschwingungsspannung

sinusförmige Spannung mit einer Frequenz, die ein ganzzahliges Vielfaches der Grundschiwingungsfrequenz der Versorgungsspannung ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Anwendung: Oberschwingungsspannungen können einzeln anhand ihrer relativen Amplitude (u_h), d. h. der Oberschwingungsspannung im Verhältnis zur Grundschiwingungsspannung U_1 , bewertet werden, wobei h die Ordnung der Oberschwingung ist, oder global, z. B. anhand des Gesamtklirrfaktors THD, der nach dem folgenden Ausdruck berechnet wird:

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} (u_h)^2}$$

3.8

Hochspannung

HV

Spannung mit einem Nenn-Effektivwert von $36 \text{ kV} < U_n \leq 150 \text{ kV}$

3.9

zwischenharmonische Spannung

sinusförmige Spannung, deren Frequenz kein ganzzahliges Vielfaches der Grundswingungsfrequenz ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Zwischenharmonische Spannungen nahe beieinander liegender Frequenzen können gleichzeitig auftreten und dabei ein breitbandiges Spektrum bilden.

3.10

Niederspannung

LV

Spannung mit einem Nenn-Effektivwert $U_n \leq 1 \text{ kV}$

3.11

Netz-Kommunikationssystem

MCS

en **mains communicating system**

elektrisches System, das Signale nutzt, um Informationen über Stromversorgungssysteme zu übertragen, entweder im öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetz oder innerhalb von Installationen der Netznutzer

3.12

Netz-Signalübertragungsspannung

ein der Versorgungsspannung überlagertes Signal, das dazu dient, Informationen im öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetz und in Räume von Netznutzern zu übertragen

Anmerkung 1 zum Begriff: Klassifizierung: Die Signalspannungen in den öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen können in drei Arten eingeteilt werden:

- Tonfrequenz-Rundsteuersignale: der Versorgungsspannung überlagerte sinusförmige Signalspannungen im Frequenzbereich von 110 Hz bis 3 000 Hz;
- Trägerfrequenzsignale: der Versorgungsspannung überlagerte sinusförmige Signalspannungen im Frequenzbereich von 3 kHz bis 148,5 kHz;
- Signalmarken auf der Versorgungsspannung: der Versorgungsspannung überlagerte kurzzeitige Spannungsänderungen (Transiente) an ausgewählten Punkten der Spannungscurve.

3.13

Mittelspannung

MV

Spannung, deren Nenn-Effektivwert von $1 \text{ kV} < U_n \leq 36 \text{ kV}$

3.14

(Elektrizitätsversorgungs-) Netznutzer

(Vertrags-)Partner, der von einem Elektrizitätsversorgungsnetz Energie bezieht oder Energie in das Elektrizitätsversorgungsnetz einspeist

Anmerkung 1 zum Begriff: In mehreren Ländern schließt der Begriff Netznutzer Netzbetreiber ein, die mit dem Versorgungsnetz mit dem gleichen oder einem höheren Spannungswert verbunden sind.

3.15

Netzbetreiber

Gesellschaft, die für den Betrieb, die Wartung und, wenn notwendig, für die Weiterentwicklung des

Versorgungsnetzes in einer bestimmten Region und zur Sicherstellung der längerfristigen Fähigkeit des Netzes, sich dem jeweiligen Leistungsbedarf für die Versorgung mit elektrischer Energie anzupassen, verantwortlich ist

3.16

Nennfrequenz

Nennwert der Frequenz der Versorgungsspannung

3.17

normale Betriebsbedingung

Betriebszustand in einem Elektrizitätsversorgungsnetz, bei dem die Last- und Stromnachfrage gedeckt, Netz-Schalthandlungen durchgeführt und Fehler durch automatische Schutzsysteme behoben werden, wenn keine außergewöhnlichen Umstände vorliegen

Anmerkung 1 zum Begriff: Häufige Beispiele für außergewöhnliche Umstände sind:

- vorübergehende Versorgungsmaßnahmen;
- Fälle, bei denen eine Anlage oder ein Gerät des Netznutzers nicht den einschlägigen Normen oder den technischen Anschlussbedingungen entspricht;
- außergewöhnliche Situationen, wie z. B.:
 - außergewöhnlichen Wetterbedingungen und anderen Naturkatastrophen;
 - Störungen durch Dritte;
 - Maßnahmen der Behörden;
 - Arbeitskampfmaßnahmen (nach gesetzlichen Bestimmungen);
 - höhere Gewalt;
 - Versorgungsengpässen als Ergebnis äußerer Einflüsse.

3.18

Nennspannung

Un

Spannung, durch die ein Versorgungsnetz bezeichnet oder identifiziert wird und auf die bestimmte betriebliche Merkmale bezogen werden

3.19

Qualität der Versorgungsspannung

Spannungsqualität

Merkmale der elektrischen Spannung an einem bestimmten Punkt eines elektrischen Netzes, ausgedrückt durch eine Anzahl von technischen Referenzwerten

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Kenngrößen könnten sich in einigen Fällen auf die Verträglichkeit zwischen der durch ein Netz gelieferten elektrischen Energie und den an dieses Netz angeschlossenen Verbrauchern beziehen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Im Rahmen dieses Dokuments bezieht sich die Spannungsqualität auf die Versorgungsanschlüsse und konzentriert sich auf die Definition der Merkmale von Spannung und Frequenz.

3.20

öffentliches Elektrizitätsversorgungsnetz

Elektrizitätsversorgungsnetz, zu dem jeder Netznutzer Zugang hat und das von einem regulierten (lizenzierten) Netzbetreiber betrieben wird

[QUELLE: EN 61000-6-3, 3.1.5, modifiziert]

3.21

schnelle Spannungsänderung

einzelne schnelle Änderung des Effektivwertes einer Spannung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Spannungswerten mit jeweils bestimmter, aber nicht festgelegter Dauer

Anmerkung 1 zum Begriff: Weitere Informationen können EN 61000-3-3 und EN 61000-4-30 entnommen werden.

3.22

Bezugsspannung (für die Ermittlung von Spannungsunterbrechungen, -einbrüchen und -überhöhungen)

als Grundlage festgelegter Wert, auf der die Restspannung, Schwellen und andere Werte als Wert je Einheit oder als Prozentwert ausgedrückt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Anwendung dieses Dokuments ist die Bezugsspannung die Nenn- oder vereinbarte Versorgungsspannung des Versorgungsnetzes.

3.23

Versorgungsunterbrechung

Zustand, in dem die Spannung an der Übergabestelle weniger als 5 % der Bezugsspannung beträgt

Anmerkung 1 zum Begriff: Klassifizierung: Eine Versorgungsunterbrechung kann als im Voraus geplant klassifiziert werden, wenn die Netznutzer im Voraus informiert werden, oder als zufällig, verursacht durch dauerhafte oder vorübergehende Fehler, die meist auf externe Ereignisse, Geräteausfälle oder Interferenzen zurückzuführen sind. Eine zufällige Versorgungsunterbrechung wird eingeteilt in:

- Langzeitunterbrechung (länger als 3 min).
- Kurzzeitunterbrechung (bis einschließlich 3 min).

Anmerkung 2 zum Begriff: Versorgungsunterbrechungen werden üblicherweise durch das Betätigen von Schaltern oder durch den Betrieb von Schutzgeräten verursacht.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Auswirkungen einer geplanten Versorgungsunterbrechung können von den Netznutzern durch geeignete Maßnahmen auf ein Minimum reduziert werden.

Anmerkung 4 zum Begriff: Geplante Versorgungsunterbrechungen treten typischerweise aufgrund von regulären Arbeiten im Elektrizitätsversorgungsnetz auf.

Anmerkung 5 zum Begriff: Zufällige Versorgungsunterbrechungen sind unvorhersehbare, weitgehend stochastische Ereignisse.

Anmerkung 6 zum Begriff: Bei mehrphasigen Netzen tritt eine Unterbrechung auf, wenn die Spannung in allen Phasen unterhalb 5 % der Bezugsspannung fällt (anderenfalls handelt es sich um einen Spannungseinbruch).

Anmerkung 7 zum Begriff: In manchen Ländern wird der Begriff „sehr kurze Versorgungsunterbrechung (en: VSI)“ oder „vorübergehende Versorgungsunterbrechung“ verwendet, um Versorgungsunterbrechungen, deren Dauer kürzer als 1 s bis 5 s ist, zu klassifizieren. Solche Versorgungsunterbrechungen sind auf den Betrieb von Geräten zum automatischen Wiederschließen zurückzuführen.

3.24

Versorgungsanschluss

Übergabestelle

Stelle in einem öffentlichen Versorgungsnetz, die dafür vorgesehen und vertraglich festgelegt ist, dass an ihr elektrische Energie zwischen den Vertragspartnern ausgetauscht wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Stelle kann z. B. vom Punkt der Messung des elektrischen Energieverbrauchs oder vom Verknüpfungspunkt mit dem öffentlichen Netz abweichen.

3.25

Versorgungsspannung

Effektivwert der Spannung an der Übergabestelle zu einem bestimmten Zeitpunkt, gemessen über ein bestimmtes Intervall

3.26

transiente Überspannung

kurzzeitige, schwingende oder nicht schwingende Überspannung, die in der Regel stark gedämpft ist und eine Dauer von einigen Millisekunden oder weniger aufweist

Anmerkung 1 zum Begriff: Transiente Überspannungen werden in der Regel durch Blitzeinwirkungen, Schalthandlungen oder das Auslösen von Sicherungen verursacht. Die Anstiegszeiten transienter Überspannungen können von weniger als einer μs bis zu einigen ms variieren.

[QUELLE: IEC 604-03-13, modifiziert]

3.27

Spannungseinbruch

zeitweiliges Absinken des Effektivwertes der Spannung unter eine festgelegte Anfangseinbruchschwelle an einem bestimmten Punkt des Elektrizitätsversorgungsnetzes

Anmerkung 1 zum Begriff: Anwendung: für den Zweck dieses Dokuments ist die Anfangseinbruchschwelle gleich 90 % der Bezugsspannung

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein Einbruch ist typischerweise mit dem Auftreten und der Beendigung eines Kurzschlusses oder einem anderen extremen Stromanstieg im Netz oder in Installationen (Anlagen), die an das Netz angeschlossen sind, verbunden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Für die Anwendung dieses Dokuments stellt ein Spannungseinbruch eine zweidimensionale elektromagnetische Störgröße dar. Seine Größe wird sowohl durch die Spannung als auch durch die Zeit (Dauer) bestimmt.

3.28

Dauer eines Spannungseinbruchs

Zeit zwischen dem Augenblick, in dem der Effektivwert der Spannung unter die Anfangseinbruchschwelle an einem bestimmten Punkt des Elektrizitätsversorgungsnetzes fällt, und dem Augenblick, in dem er auf die Endeinbruchschwelle ansteigt

Anmerkung 1 zum Begriff: Anwendung: Für den Zweck dieser Norm reicht die Dauer eines Spannungseinbruchs von 10 ms bis einschließlich 1 min.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei mehrphasigen Ereignissen beginnt ein Einbruch, wenn die Spannung von wenigstens einer Phase unter die Anfangseinbruchschwelle fällt, und endet er, wenn die Spannung sämtlicher Phasen gleich der oder höher als die Endeinbruchschwelle ist.

3.29

Eindeinbruchschwelle

Effektivwert der Spannung eines Elektrizitätsversorgungsnetzes, der zum Zweck der Festlegung des Endes eines Spannungseinbruchs festgelegt wird

3.30

Restspannung eines Spannungseinbruchs

kleinster Wert des Effektivwerts der Spannung, der während eines Spannungseinbruchs festgehalten wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Anwendung dieses Dokuments wird die Restspannung als Prozentwert der Bezugsspannung ausgedrückt.

3.31

Anfangseinbruchschwelle

Effektivwert der Spannung eines Elektrizitätsversorgungsnetzes, der zum Zweck der Festlegung des Beginns eines Spannungseinbruchs festgelegt wird

3.32

Spannungsschwankung

Abfolge von Spannungsänderungen oder periodische Änderung der Einhüllenden der Spannungskurve

[QUELLE: IEC 161-08-05]

3.33

Spannungsüberhöhung

zeitweilige netzfrequente Überspannung

zeitweiliges Ansteigen des Effektivwertes der Spannung über eine festgelegte Anfangsschwelle an einem bestimmten Punkt des Elektrizitätsversorgungsnetzes

Anmerkung 1 zum Begriff: Anwendung: Für die Anwendung dieses Dokuments ist die Anfangsschwelle gleich 110 % der Bezugsspannung (für mehr Informationen siehe CLC/TR 50422, Abschnitt 3).

Anmerkung 2 zum Begriff: Für die Anwendung dieses Dokuments stellt eine Spannungsüberhöhung eine zweidimensionale elektromagnetische Störgröße dar. Ihre Größe wird sowohl durch die Spannung als auch durch die Zeit (Dauer) bestimmt.

Anmerkung 3 zum Begriff: Spannungsüberhöhungen können zwischen Außenleitern oder zwischen Außenleitern und Erde auftreten. In Abhängigkeit von der Anordnung des Nullleiters können Erdschlüsse ebenfalls zu Überspannungen zwischen stromführenden Außenleitern und dem Nullleiter führen.

3.34

Dauer einer Spannungsüberhöhung

Zeit zwischen dem Augenblick, in dem der Effektivwert der Spannung die Anfangsschwelle an einem bestimmten Punkt des Elektrizitätsversorgungsnetzes überschreitet, und dem Augenblick, in dem er unter die Endschwelle fällt

Anmerkung 1 zum Begriff: Anwendung: Für die Anwendung dieses Dokuments reicht die Dauer einer Spannungsüberhöhung von 10 ms bis einschließlich 1 min.

3.35

Endschwelle für Spannungsüberhöhungen

Effektivwert der Spannung eines Elektrizitätsversorgungsnetzes, der zum Zweck der Festlegung des Endes einer Spannungsüberhöhung festgelegt wird

3.36

Anfangsschwelle für Spannungsüberhöhungen

Effektivwert der Spannung eines Elektrizitätsversorgungsnetzes, der zum Zweck der Festlegung des Beginns einer Spannungsüberhöhung festgelegt wird

3.37

Spannungsunsymmetrie

Zustand in einem Mehrphasensystem, bei dem die Effektivwerte der Spannung zwischen Leitern (Grundswingungsanteil) oder die Phasenwinkeldifferenzen zwischen aufeinanderfolgenden Leiterspannungen nicht alle gleich sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Grad der Ungleichheit wird üblicherweise als Verhältnisse der Gegenkomponente der Spannung (negative Halbschwingung) und der Nullkomponente der Spannung zur Mitkomponente der Spannung (positive Halbschwingung) ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: In diesem Dokument wird die Spannungsunsymmetrie nur in Bezug auf Dreiphasensysteme und die Gegenkomponente der Spannung betrachtet.

[QUELLE: IEC 161-08-09, modifiziert]

3.38

(langsame) Spannungsänderung

Erhöhung oder Abnahme des Effektivwertes der Spannung, üblicherweise aufgrund von Laständerungen

4 Merkmale der Niederspannung

4.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt beschreibt die Merkmale der Spannung, die durch öffentliche Niederspannungsnetze geliefert wird. Im Folgenden wird unterschieden zwischen:

- andauernden Phänomenen, d. h. Abweichungen vom Nennwert, die dauerhaft über die Zeit auftreten. Solche Phänomene treten hauptsächlich aufgrund von Last- oder Erzeugungsmustern, Laständerungen oder nichtlinearen Lasten auf,
- Spannungsereignissen, d. h. plötzlichen und erheblichen Abweichungen von der Nenn- oder gewünschten Kurvenform. Spannungsereignisse treten typischerweise aufgrund von unvorhersehbaren Ereignissen (z. B. Fehlern) oder von äußeren Ursachen (z. B. Wetterbedingungen, Einwirkungen durch Dritte) auf.
- andere Phänomene, d. h. Phänomene, die beim Vorhandensein von an das Netz angeschlossenen Netz-Datenübertragungs- bzw. Netz-Kommunikationssystemen und/oder Geräten, die Schaltnetzteil-Technologien nutzen, auftreten.

Für bestimmte andauernde Phänomene werden Grenzwerte angegeben¹²; für Spannungsereignisse können gegenwärtig nur Anhaltswerte angegeben werden (siehe Anhang B).

Die genormte Nennspannung U_n für öffentliche Niederspannungsnetze beträgt $U_n = 230$ V entweder zwischen Außenleiter und Neutraleiter oder zwischen den Außenleitern.

- für Drehstromnetze mit vier Leitern:

$U_n = 230$ V zwischen Außenleiter und Neutraleiter.

- für Drehstromnetze mit drei Leitern:

$U_n = 230$ V zwischen den Außenleitern.

ANMERKUNG In Niederspannungsnetzen sind die vereinbarte Versorgungsspannung und die Nennspannung gleich.

4.2 Andauernde Phänomene

4.2.1 Netzfrequenz

Die Nennfrequenz der Versorgungsspannung muss 50 Hz betragen. Unter normalen Betriebsbedingungen muss der 10-Sekunden-Mittelwert der Grundfrequenz in einem Verteilnetz in folgenden Bereichen liegen:

- bei Netzen mit synchroner Verbindung zu einem Verbundnetz:

50 Hz $\pm$ 1 %	(d. h. 49,5 Hz ... 50,5 Hz)	während 99,5 % eines Jahres,
50 Hz + 4 % / - 6 %	(d. h. 47 Hz ... 52 Hz)	während 100 % der Zeit.

- bei Netzen ohne synchrone Verbindung zu einem Verbundnetz (z. B. Versorgungsnetze auf einigen Inseln):

50 Hz $\pm$ 2 %	(d. h. 49 Hz ... 51 Hz)	während 95 % einer Woche,
50 Hz $\pm$ 15 %	(d. h. 42,5 Hz ... 57,5 Hz)	während 100 % der Zeit.

¹ Für einzelne schnelle Spannungsänderungen werden gegenwärtig nur Anhaltswerte angegeben.

² Für manche spezifischen Kennwerte können in manchen nationalen Regelungen schärfere Grenzwerte existieren.

ANMERKUNG 1 Dieses Dokument legt den Frequenzbereich für normale Betriebsbedingungen fest. Während außergewöhnlicher Bedingungen kann vorübergehend ein größerer Frequenzbereich gelten, um die Kontinuität der elektrischen Versorgung sicherzustellen.

ANMERKUNG 2 Die Überwachung erfolgt gewöhnlich durch den Leitstellenbetreiber.

4.2.2 Änderungen der Versorgungsspannung

4.2.2.1 Anforderungen

Unter normalen Betriebsbedingungen mit der Ausnahme von Intervallen mit Unterbrechungen sollten Änderungen der Versorgungsspannung $\pm 10\%$ der Nennspannung U_n nicht überschreiten.

In Fällen, in denen Elektrizitätsversorgungen durch Netze, die keine Verbindung zu Übertragungsnetzen besitzen, erfolgen oder in denen besondere entlegene Netznutzer versorgt werden, sollten Spannungsänderungen $+10\%$ / -15% von U_n nicht überschreiten. Die Netznutzer sollten hierüber informiert werden.

Die von einem einzelnen Netznutzer geforderte Leistungsaufnahme oder -erzeugung ist im Hinblick auf die Menge und Gleichzeitigkeit nicht vollständig vorhersehbar. Daher sind die Netze im Allgemeinen auf wahrscheinlichkeitstheoretischer Grundlage entworfen. Wenn Messungen, die der Netzbetreiber aufgrund einer Beschwerde nach 4.2.2.2 ausgeführt hat, anzeigen, dass die Höhe der Versorgungsspannung die in 4.2.2.2 angegebenen Grenzen verlassen hat, wodurch negative Konsequenzen für die Netznutzer verursacht werden, dann sollte der Netzbetreiber in Zusammenarbeit mit dem (den) Netznutzer(n) Abhilfemaßnahmen in Abhängigkeit von einer Risikoabschätzung durchführen. In der zur Lösung des Problems benötigten Zeit sollten Spannungsänderungen vorübergehend innerhalb eines Bereichs von $+10\%$ / -15% von U_n liegen, es sei denn, zwischen den Netznutzern ist etwas anderes vereinbart.

ANMERKUNG 1 In Übereinstimmung mit den relevanten Produkt- und Installationsnormen und unter Anwendung der IEC 60038 sind die Geräte und Einrichtungen der Netznutzer typischerweise so entworfen, dass sie Änderungen der Versorgungsspannungen in einem Bereich von $\pm 10\%$ um die Nennspannung des Netzes tolerieren. Dieser Bereich an Änderungen reicht aus, um die überwiegende Mehrheit an Versorgungsbedingungen abzudecken. Im Allgemeinen ist es nicht notwendig, Geräte und Einrichtungen mit der Fähigkeit auszustatten, mit größeren Spannungsschwankungen zurechtzukommen.

ANMERKUNG 2 Die Identifizierung, bei wem es sich um einen „besonderen entlegenen Netznutzer“ handelt, kann zwischen den einzelnen Ländern unter Berücksichtigung von unterschiedlichen Eigenschaften der jeweiligen nationalen Elektrizitätsversorgungsnetze, wie z. B. Begrenzungen der Leistung an der Übergabestelle und/oder Leistungsfaktorgrenzen, variieren.

4.2.2.2 Prüfverfahren

Unter normalen Betriebsbedingungen:

- müssen 95% der 10-Minuten-Mittelwerte des Effektivwertes der Versorgungsspannung jedes Wochenintervalls innerhalb des Bereichs $U_n \pm 10\%$ liegen, und
- müssen alle 10-Minuten-Mittelwerte des Effektivwertes der Versorgungsspannung innerhalb des Bereichs $U_n + 10\%$ / -15% liegen.

ANMERKUNG 1 Die angegebenen Prozentwerte beziehen sich auf ein Messintervall von einer Woche (d. h. 1 008 Intervalle von 10 Minuten).

Bei der Ermittlung der Ergebnisse der Messung sollte auf markierte Intervalle gründlich geachtet werden. Daten, die aufgrund von Unterbrechungen markiert sind, sind ausgenommen. Die Prinzipien für die Verwendung von anderen markierten Messwerten befinden sich in Beratung.

ANMERKUNG 2 Das Prüfverfahren gilt nicht für die Elektrizitätsversorgung in Netzen, die nicht mit den Übertragungssystemen verbunden sind, oder für besonders entlegene Netznutzer.

4.2.3 Schnelle Spannungsänderungen

4.2.3.1 Einzelne schnelle Spannungsänderung

Schnelle Änderungen der Versorgungsspannung werden hauptsächlich entweder durch Laständerungen in Anlagen des Netznutzers oder durch Schalthandlungen oder Fehler im Netz verursacht.

Wenn die Spannung während einer schnellen Spannungsänderung die Schwelle für Spannungseinbrüche unterschreitet und/oder die Schwelle für Spannungsüberhöhungen überschreitet, wird das Ereignis eher als Spannungseinbruch und/oder als Spannungsüberhöhung denn als schnelle Spannungsänderung betrachtet.

ANMERKUNG Auf EN 61000-2-2 kann Bezug genommen werden; einige Anhaltswerte können im Anhang B gefunden werden.

4.2.3.2 Flickerstärke

Unter normalen Betriebsbedingungen sollte die Langzeit-Flickerstärke aufgrund von Spannungsänderungen P_{lt} kleiner oder gleich 1 während 95 % eines beliebigen Wochenintervalls sein.

ANMERKUNG 1 Ursprünglich wurden die Flicker-Anforderungen auf der Grundlage der Reaktion des Menschen auf Lichtänderungen bei einer 60-W-Glühlampe entwickelt, die Änderungen der Versorgungsspannung ausgesetzt war. Die Anforderungen an den Spannungsflicker in EN 50160 basieren immer noch auf der ursprünglichen „Flickerkurve“, die sich aus diesen Untersuchungen mit der 60-W-Glühlampe ergab. Auch die Norm für die Messung des Spannungsflicker, IEC 61000-4-15, basiert auf dieser „Flickerkurve“. Um sicherzustellen, dass neue energieeffiziente Beleuchtungsgeräte (wie CFL und LED) nicht mehr Lichtflicker erzeugen als die alten Glühlampen, wurde die IEC TR 61547 entwickelt, die eine objektive Methode zur Messung des Lichtflickers festlegt, wenn das Beleuchtungsgerät Änderungen der Versorgungsspannung entlang der ursprünglichen „Flickerkurve“ ausgesetzt ist. Auf diese Weise bleibt die ursprüngliche „Flickerkurve“ auch in Zukunft die Grundlage für die Vermeidung von Lichtflicker.

ANMERKUNG 2 Die Reaktion auf Lichtflicker ist subjektiv und kann abhängig von der wahrgenommenen Ursache des Flickers und der Dauer, während der er auftritt, unterschiedlich sein. Wenn der Spannungsflicker unter $P_{lt} = 1$ gehalten wird, kann er in einigen Fällen immer noch als störend empfunden werden, während in anderen Fällen höhere Werte des Spannungsflickers als nicht störend wahrgenommen werden können.

4.2.4 Unsymmetrie der Versorgungsspannung

Unter normalen Betriebsbedingungen müssen innerhalb eines beliebigen Wochenintervalls 95 % des 10-Minuten-Effektivwerts der Gegensystemkomponente (Grundschiwingung) der Versorgungsspannung innerhalb des Bereichs von 0 % bis 2 % der entsprechenden Mitsystemkomponente (Grundschiwingung) liegen.

ANMERKUNG 1 In manchen Gegenden mit Anlagen von Netznutzern, die teilweise ein- oder zweiphasig angeschlossen sind, treten Unsymmetrien bis zu etwa 3 % an den Drehstrom-Übergabestellen auf.

ANMERKUNG 2 Dieses Dokument enthält nur Werte für die Gegensystemkomponente, da diese für die mögliche Störung von Geräten, die an das Netz angeschlossen sind, von Bedeutung ist.

4.2.5 Oberschwingungsspannung

Unter normalen Betriebsbedingungen müssen innerhalb eines beliebigen Wochenintervalls 95 % der 10-Minuten-Effektivwertes jeder einzelnen Oberschwingung kleiner als die oder gleich den in Tabelle 1 hierfür genannten Werten sein. Resonanzen können höhere Spannungen bei einer einzelnen Oberschwingung hervorrufen.

Darüber hinaus muss der Gesamterschwingungsgehalt THD der Versorgungsspannung (gebildet aus allen Oberschwingungen bis zur Ordnungszahl 40) kleiner oder gleich 8 % sein.

**Tabelle 1 – Werte der einzelnen Oberschwingungsspannungen
an den Niederspannungs-Versorgungsanschlüssen**

Ungeradzahlige Harmonische				Geradzahlige Harmonische	
Keine Vielfache von 3		Vielfache von 3			
Ordnung h	Relative Amplitude u_h	Ordnung h	Relative Amplitude u_h	Ordnung h	Relative Amplitude u_h
5	6,0 %	3	5,0 %	2	2,0 %
7	5,0 %	9	1,5 %	4	1,0 %
11	3,5 %	15	1,0 %	6 bis 24	0,5 %
13	3,0 %	21	0,75 %		
17	2,0 %				
19	1,5 %				
23	1,5 %				
25	1,5 %				
Die Werte sind in Prozent der Grundschwingung u_1 angegeben					
ANMERKUNG Für die Oberschwingungen oberhalb der 25. Ordnung werden keine Werte angegeben, da sie gewöhnlich niedrig, allerdings wegen Resonanzerscheinungen weitgehend unvorhersehbar sind.					

4.2.6 Zwischenharmonische Spannung

Aufgrund der Entwicklung von Frequenzumrichtern und ähnlichen Steuergeräten steigen die Werte der Zwischenharmonischen in den Netzen an. Die Werte der Beträge werden derzeit geprüft und in einer künftigen Änderung angegeben.

In einigen Fällen können Zwischenharmonische, auch bei geringen Werten, Flicker (siehe 4.2.3.2) oder Störungen von Tonfrequenz-Rundsteuersystemen hervorrufen.

4.3 Spannungsereignisse

4.3.1 Unterbrechungen der Versorgungsspannung

Unterbrechungen sind entsprechend ihrer Beschaffenheit weitgehend unvorhersehbar und schwanken in Abhängigkeit vom Ort und der Zeit. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist es nicht möglich, vollständig repräsentative statistische Ergebnisse von Messungen der Häufigkeit von Unterbrechungen, die die Gesamtheit der europäischen Netze abdecken, anzugeben. Eine Referenz für tatsächliche Werte von Unterbrechungen, die in europäischen Netzen festgehalten wurden, ist im Anhang B angegeben.

4.3.2 Einbrüche und Überhöhungen der Versorgungsspannung

4.3.2.1 Allgemeines

Spannungseinbrüche entstehen typischerweise durch Fehler im öffentlichen Versorgungsnetz oder in Anlagen der Netznutzer.

Spannungsüberhöhungen entstehen typischerweise durch Schalthandlungen und Lastabtrennungen.

Beide Phänomene sind unvorhersehbar und weitgehend zufällig. Ihre jährliche Anzahl schwankt in Abhängigkeit von der Art des Verteilnetzes und dem Beobachtungspunkt (betrachteten Netzpunkt) erheblich. Darüber hinaus kann auch die zeitliche Verteilung über das Jahr sehr unregelmäßig sein.

4.3.2.2 Messung und Erkennung von Einbrüchen und Überhöhungen der Versorgungsspannung

Wenn statistische Daten gesammelt werden, müssen Spannungseinbrüche und -überhöhungen in Übereinstimmung mit EN 61000-4-30 gemessen und festgestellt werden, wobei die Nennversorgungsspannung hierfür als Bezug verwendet wird. Die in diesem Dokument interessierenden Eigenschaften von Einbrüchen und Überhöhungen der Versorgungsspannung sind die Restspannung (höchster Spannungseffektivwert für Spannungsüberhöhungen) und die Dauer³.

Bei Niederspannungsnetzen müssen bei Drehstromnetzen mit vier Leitern die Spannungen zwischen Außenleitern und Neutraleiter, bei Drehstromnetzen mit drei Leitern die Spannungen zwischen den Außenleitern betrachtet werden. Bei einphasigen Anschlüssen muss die Versorgungsspannung (zwischen den Leitern oder zwischen Leiter und Neutraleiter, je nach der Art des Anschlusses des Geräts des Netznutzers) betrachtet werden.

Als Konvention beträgt die Anfangsschwelle für Spannungseinbrüche gleich 90 % der Nennspannung, die Anfangsschwelle für Spannungsüberhöhungen gleich 110 % der Nennspannung. Die Hysterese beträgt typischerweise 2 %; Bezugsregeln für die Hysterese sind in EN 61000-4-30, 5.4.2.1, angegeben.

4.3.2.3 Ermittlung von Spannungseinbrüchen

Spannungseinbrüche müssen in Übereinstimmung mit EN 61000-4-30 ermittelt werden. Das Verfahren der Analyse von Spannungseinbrüchen (Nachbearbeitung) hängt vom beabsichtigten Ermittlungszweck ab.

Für Niederspannungsnetze gilt üblicherweise:

- Wird ein dreiphasiges System betrachtet, muss die mehrphasige Aggregation angewendet werden; die mehrphasige Aggregation besteht darin, ein gleichwertiges Ereignis zu definieren, das durch eine einzige Dauer und eine einzige Restspannung gekennzeichnet ist.
- Uhrzeit-Aggregation wird angewendet. Die Uhrzeit-Aggregation besteht aus der Festlegung eines äquivalenten Ereignisses im Fall von mehreren aufeinanderfolgenden Ereignissen; das für die Aggregation von mehreren Ereignissen verwendete Verfahren kann entsprechend der endgültigen Anwendung der Daten festgelegt werden; einige Bezugsregeln sind in IEC/TR 61000-2-8 angegeben.

ANMERKUNG Das Prüfverfahren für die mehrphasige Aggregation ist in EN 61000-4-30 beschrieben.

Klassifizierung von Spannungseinbrüchen

Wenn statistische Daten gesammelt werden, müssen Spannungseinbrüche nach Tabelle 2 klassifiziert werden. Die in die einzelnen Tabellenzellen einzusetzenden Zahlen nehmen auf die Anzahl von äquivalenten Ereignissen (siehe 4.3.2.3) Bezug.⁴

Beispiele für die Darstellung der Klassifizierung von Spannungseinbrüchen während eines Messintervalls sind in Anhang B dargestellt.

Für vorhandene Messgeräte und/oder Überwachungssysteme ist Tabelle 2 als Empfehlung zu nehmen.

³ In diesem Dokument werden Werte als Prozentwerte der Bezugsspannung angegeben.

⁴ Diese Tabelle reflektiert die Leistungsmerkmale von mehrphasigen Netzen. Zur Betrachtung von Ereignissen, die eine einzelne einphasige Spannung in einem Drehstromnetz beeinflussen, sind weitere Informationen nötig. Um Letztere zu berechnen, muss ein anderes Ermittlungsverfahren angewendet werden.

Tabelle 2 – Klassifizierung der Spannungseinbrüche entsprechend ihrer Restspannung und Dauer

Restspannung u %	Dauer t ms				
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	A1	A2	A3	A4	A5
$80 > u \geq 70$	B1	B2	B3	B4	B5
$70 > u \geq 40$	C1	C2	C3	C4	C5
$40 > u \geq 5$	D1	D2	D3	D4	D5
$5 > u$	X1	X2	X3	X4	X5

Spannungseinbrüche sind entsprechend ihrer Beschaffenheit weitgehend unvorhersehbar und schwanken in Abhängigkeit vom Ort und der Zeit. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist es nicht möglich, vollständig repräsentative statistische Ergebnisse von Messungen der Häufigkeit von Spannungseinbrüchen, die die Gesamtheit der europäischen Netze abdecken, anzugeben. Eine Referenz für tatsächliche Werte von Spannungseinbrüchen, die in europäischen Netzen festgehalten wurden, ist im Anhang B angegeben.

Es sollte beachtet werden, dass aufgrund des adoptierten Messverfahrens eine Messunsicherheit, die Einfluss auf die Ergebnisse hat, berücksichtigt werden muss; dies ist insbesondere bei kürzeren Ereignissen relevant. Die Messunsicherheit wird in EN 61000-4-30 angesprochen.

Die Dauer eines Spannungseinbruchs hängt allgemein von der für das Netz adoptierten Schutzstrategie ab, die in Abhängigkeit von der Netzstruktur und der Erdung des Neutralleiters von Netz zu Netz unterschiedlich sein kann. Daher halten typische Werte für die Dauer die in den Spalten der Tabelle 2 angegebenen Grenzen nicht notwendigerweise ein.

4.3.2.4 Ermittlung von Spannungsüberhöhungen

Spannungsüberhöhungen müssen in Übereinstimmung mit EN 61000-4-30 ermittelt werden. Das Verfahren der Analyse von Spannungsüberhöhungen (Nachbearbeitung) hängt vom beabsichtigten Ermittlungszweck ab.

Für Niederspannungsnetze gilt üblicherweise:

- Wenn ein dreiphasiges System betrachtet wird, muss eine mehrphasige Aggregation angewendet werden; die mehrphasige Aggregation besteht darin, ein gleichwertiges Ereignis zu definieren, das durch eine einzige Dauer und eine einzige maximale Effektivspannung gekennzeichnet ist.
- Uhrzeit-Aggregation wird angewendet. Die Uhrzeit-Aggregation besteht aus der Festlegung eines äquivalenten Ereignisses im Fall von mehreren aufeinanderfolgenden Ereignissen; das für die Aggregation von mehreren Ereignissen verwendete Verfahren kann entsprechend der endgültigen Anwendung der Daten festgelegt werden; einige Bezugsregeln sind in IEC/TR 61000-2-8 angegeben.

4.3.2.5 Klassifizierung von Spannungsüberhöhungen

Wenn statistische Daten gesammelt werden, müssen Spannungsüberhöhungen entsprechend der folgenden Tabelle klassifiziert werden. Die in die einzelnen Tabellenzellen einzusetzenden Zahlen nehmen auf die Anzahl von äquivalenten Ereignissen (siehe 4.3.2.5)⁵ Bezug.

Für vorhandene Messgeräte und/oder Überwachungssysteme ist Tabelle 3 als Empfehlung zu nehmen.

⁵ Diese Tabelle reflektiert die Leistungsmerkmale von mehrphasigen Netzen. Zur Betrachtung von Ereignissen, die eine einzelne einphasige Spannung in einem Drehstromnetz beeinflussen, sind weitere Informationen nötig. Um Letztere zu berechnen, muss ein anderes Ermittlungsverfahren angewendet werden.

ANMERKUNG 1 Fehler im öffentlichen Niederspannungsnetz oder in Anlagen der Netznutzer können typischerweise zur Entstehung von zeitweiligen netzfrequenten Überspannungen zwischen stromführenden Leitern und Erde führen. Solche Überspannungen verschwinden, wenn der Fehler beseitigt ist. Einige Anhaltswerte sind im Anhang B angegeben.

ANMERKUNG 2 Zur Klassifizierung von Spannungsüberhöhungen zwischen stromführenden Leitern und Erde kann auf IEC 60364-4-44 Bezug genommen werden.

**Tabelle 3 – Klassifizierung der Spannungsüberhöhungen
entsprechend ihrer maximalen Spannung und Dauer**

Überspannung u %	Dauer t ms		
	$10 \leq t \leq 500$	$500 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$u \geq 120$	S1	S2	S3
$120 > u > 110$	T1	T2	T3

4.3.3 Transiente Überspannungen

Transiente Überspannungen an den Übergabestellen werden im Allgemeinen durch Blitz (induzierte Überspannung) oder durch Schalthandlungen im Netz verursacht.

ANMERKUNG 1 Die Anstiegszeiten können in einem weiten Bereich zwischen Millisekunden bis hin zu wesentlich weniger als einer Mikrosekunde liegen. Aus physikalischen Gründen haben transiente Überspannungen mit einer längeren Dauer sehr viel kleinere Scheitelwerte. Daher ist das zufällige Zusammentreffen von hohen Scheitelwerten und langen Anstiegszeiten sehr unwahrscheinlich.

ANMERKUNG 2 Der Energieinhalt einer transienten Überspannung variiert in Abhängigkeit von der Ursache der Überspannung beachtlich. Eine induzierte Überspannung aufgrund von Blitzeinwirkung hat in der Regel einen höheren Scheitelwert, aber einen geringeren Energieinhalt als durch Schalthandlungen verursachte Überspannungen wegen der im Allgemeinen längeren Dauer von durch Schalthandlungen verursachten Überspannungen.

Niederspannungsinstallationen und Endverbraucher-Geräte sind in Übereinstimmung mit EN 60664-1 ausgelegt, um transienten Überspannungen in einer überwiegenden Mehrheit von Fällen zu widerstehen. Falls notwendig (siehe IEC 60364-4-44) sollten Überspannungsschutzgeräte entsprechend IEC 60364-5-53 vorgesehen werden, um tatsächliche Situationen zu berücksichtigen. Es wird angenommen, dass dadurch auch induzierte Überspannungen, die sowohl durch Blitzeinschlag als auch durch Schalthandlungen verursacht werden, abgedeckt werden.

4.4 Andere Phänomene (siehe auch Anhang C)

4.4.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt befasst sich mit Phänomenen, die aufgrund ihrer Merkmale in den vorhergehenden Abschnitten nicht beschrieben werden.

Tabelle 4 enthält eine Übersicht über die Situation in Bezug auf die Normierung der Werte für die Spannungsqualität (PQ-Werte):

Tabelle 4 – PQ-Normung im Frequenzbereich unterhalb 150 kHz

Frequenzbereich	Art des Betriebsmittels, Geräts bzw. der Einrichtung	
	Netz-Kommunikationssystem (MCS, en: mains communicating systems)	Andere
0,1 kHz bis 2 kHz	Normative PQ-Werte (siehe Punkt 4.4.2)	Siehe Abschnitte 4 bis 7 in diesem Dokument
2 bis 9 kHz	Normative PQ-Werte (siehe Punkt 4.4.2)	In Beratung ^{a, c, d, e}
9 bis 95 kHz	Normative PQ-Werte (siehe Punkt 4.4.2)	In Beratung ^{a, c, d, e}
95 bis 150 kHz	In Beratung ^{b, e}	In Beratung ^{a, c, d, e}
^a Verträglichkeitspegel für ungewollte Aussendungen im Frequenzbereich 2 kHz bis 30 kHz wurden in IEC 61009-2-2:2002/AMD1:2017 veröffentlicht. Verträglichkeitspegel für ungewollte Aussendungen im Frequenzbereich 30 kHz bis 150 kHz wurden in IEC 61000-2-2:2002/AMD2:2018 veröffentlicht.		
^b Aussendungsgrenzwerte für Signale von elektrischen Netz-Kommunikationssystemen sind in EN 50065-1 festgelegt.		
^c Werte für die Auslegung der Aussendungen von Wechselrichtern werden in IEC/TS 62578 bereitgestellt. Störaussendungsgrenzwerte werden festgelegt: für Beleuchtungseinrichtungen in EN 55015, für Induktionskochgeräte in EN 55014-1.		
^d Für den Frequenzbereich von 2 kHz bis 150 kHz: Spitzenwerte für ungewollte Aussendungen dürfen die in EN 50065-1 angegebenen Grenzwerte für In-Band-Signale überschreiten.		
^e Für den Frequenzbereich von 2 kHz bis 150 kHz werden Störfestigkeits-Prüfspezifikationen in EN 61000-4-16 (asymmetrisch) und EN 61000-4-19 (symmetrisch) bereitgestellt.		

ANMERKUNG Angesichts der Tatsache, dass große elektronische Stromrichter an das Netz angeschlossen werden, sind weitere Untersuchungen erforderlich.

4.4.2 Netz-Kommunikationsspannungen

In einigen Ländern können die öffentlichen Energieverteilnetze vom Netzbetreiber zur Übertragung von Signalen genutzt werden (siehe EN 50065-1). Über einen Tag ausgewertet, müssen 99 % des 3-Sekunden-Effektivwerts der Signalspannungen kleiner oder gleich den in Bild 1 angegebenen Werten sein.

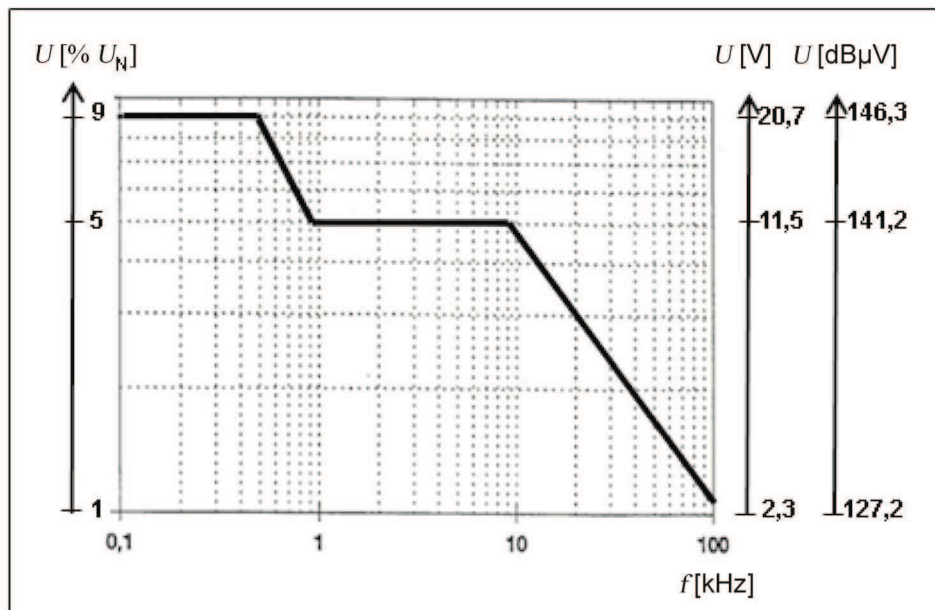


Bild 1 – Signalspannungspegel in öffentlichen Niederspannungsnetzen

Die Kommunikation auf Niederspannungsnetzen mit Frequenzen im Bereich von 95 kHz bis 148,5 kHz darf in Installationen (Anlagen) der Netznutzer genutzt werden. Da die Nutzung des öffentlichen Niederspannungsnetzes für die Übertragung von Signalen zwischen Netznutzern nicht verboten ist, müssen Spannungen mit diesen Frequenzen mit Effektivwerten bis zu 1,4 V in öffentlichen Niederspannungsnetzen berücksichtigt werden. Wegen der Möglichkeit der gegenseitigen Beeinflussung der Netz-Datenübertragungs- bzw. Kommunikationssysteme von benachbarten Netznutzern kann es sein, dass Netznutzer Schutz- oder geeignete Abhilfemaßnahmen gegenüber ihren Netz-Datenübertragungs- bzw. Kommunikationssystemen anwenden müssen.

ANMERKUNG Für MCS-Zwecke werden in einigen Netzen auch Frequenzen über 148,5 kHz verwendet.

5 Merkmale der Mittelspannung

5.1 Allgemeines

Geräte (Betriebsmittel, Einrichtungen) bzw. Anlagen der Netznutzer mit einem Bedarf, der die Kapazität des Niederspannungs-Versorgungsnetzes übersteigt, werden im Allgemeinen an Netze mit Nennspannungen über 1 kV angeschlossen. Dieser Abschnitt ist auf Elektrizitätsversorgungen mit einer Nennspannung bis einschließlich 36 kV anwendbar.

Netznutzer können auch mit solchen Spannungen versorgt werden, um besondere Anforderungen zu erfüllen oder um von ihren eigenen Geräten bzw. Anlagen ausgehende leitungsgeführte Störgrößen zu verringern.

Dieser Abschnitt beschreibt die Merkmale der Spannung, die durch öffentliche Mittelspannungsnetze geliefert wird. Im Folgenden wird unterschieden zwischen:

- andauernden Phänomenen, d. h. Abweichungen vom Nennwert, die dauerhaft über die Zeit auftreten. Solche Phänomene treten hauptsächlich aufgrund von Lastmustern, Laständerungen oder nichtlinearen Lasten auf.
- Spannungsereignissen, d. h. plötzlichen und erheblichen Abweichungen von der Nenn- oder gewünschten Kurvenform. Spannungsereignisse treten typischerweise aufgrund von unvorhersehbaren Ereignissen (z. B. Fehlern) oder von äußeren Ursachen (z. B. Wetterbedingungen, Einwirkungen durch Dritte) auf.

Für bestimmte andauernde Phänomene werden Grenzwerte angegeben⁶⁾ 7); für Spannungsereignisse können gegenwärtig nur Anhaltswerte angegeben werden (siehe Anhang B).

Die Höhe der Spannung wird durch die vereinbarte Versorgungsspannung U_c angegeben.

5.2 Andauernde Phänomene

5.2.1 Netzfrequenz

Die Nennfrequenz der Versorgungsspannung muss 50 Hz betragen. Unter normalen Betriebsbedingungen muss der 10-Sekunden-Mittelwert der Grundfrequenz in einem Verteilnetz in folgenden Bereichen liegen:

— bei Netzen mit synchroner Verbindung zu einem Verbundnetz:

50 Hz $\pm$ 1 %	(d. h. 49,5 Hz ... 50,5 Hz)	während 99,5 % eines Jahres,
50 Hz + 4 % / - 6 %	(d. h. 47 Hz ... 52 Hz)	während 100 % der Zeit.

— bei Netzen ohne synchrone Verbindung zu einem Verbundnetz (z. B. Versorgungsnetze auf einigen Inseln):

50 Hz $\pm$ 2 %	(d. h. 49 Hz ... 51 Hz)	während 95 % einer Woche,
50 Hz $\pm$ 15 %	(d. h. 42,5 Hz ... 57,5 Hz)	während 100 % der Zeit.

ANMERKUNG 1 Dieses Dokument legt den Frequenzbereich für normale Betriebsbedingungen fest. Während außergewöhnlicher Bedingungen können vorübergehend größere Grenzabweichungen für die Frequenz gelten, um die Kontinuität der elektrischen Versorgung sicherzustellen.

ANMERKUNG 2 Die Überwachung erfolgt gewöhnlich durch den Leitstellenbetreiber.

5.2.2 Änderungen der Versorgungsspannung

5.2.2.1 Anforderungen

Unter normalen Betriebsbedingungen mit der Ausnahme von Intervallen mit Unterbrechungen sollten Änderungen der Versorgungsspannung $\pm$ 10 % der vereinbarten Versorgungsspannung U_c nicht überschreiten.

In Fällen, in denen Elektrizitätsversorgungen durch Netze, die keine Verbindung zu Übertragungsnetzen besitzen, erfolgen oder in denen besondere entlegene Netznutzer versorgt werden, sollten Spannungsänderungen + 10 % / - 15 % von U_c nicht überschreiten. Die Netznutzer sollten hierüber informiert werden.

Der von einem einzelnen Netznutzer geforderte Leistungsverbrauch ist im Hinblick auf die Menge und die Gleichzeitigkeit nicht vollständig vorhersehbar. Daher sind die Netze im Allgemeinen auf wahrscheinlichkeitstheoretischer Grundlage entworfen. Wenn Messungen, die der Netzbetreiber aufgrund einer Beschwerde nach 5.2.2.2 ausgeführt hat, anzeigen, dass die Höhe der Versorgungsspannung die in 5.2.2.2 angegebenen Grenzen verlassen hat, wodurch negative Konsequenzen für die Netznutzer verursacht werden, dann sollte der Netzbetreiber in Zusammenarbeit mit dem (den) Netznutzer(n) Abhilfemaßnahmen in Abhängigkeit von einer Risikoabschätzung durchführen. In der zur Lösung des Problems benötigten Zeit sollten Spannungsänderungen vorübergehend innerhalb eines Bereichs von + 10 % / - 15 % von U_c liegen, es sei denn, zwischen den Netznutzern ist etwas anderes vereinbart.

ANMERKUNG Die Identifizierung, bei wem es sich um einen „besonderen entlegenen Netznutzer“ handelt, kann zwischen den einzelnen Ländern angesichts der unterschiedlichen Eigenschaften der jeweiligen nationalen

⁶⁾ Für einzelne schnelle Spannungsänderungen werden gegenwärtig nur Anhaltswerte angegeben.

⁷⁾ Für manche spezifischen Kennwerte können in manchen nationalen Regelungen schärfere Grenzwerte existieren.

Elektrizitätsversorgungsnetze, wie z. B. Begrenzungen der Leistung an der Übergabestelle und/oder Leistungsfaktorgrenzen, variieren.

5.2.2.2 Prüfverfahren

Wenn Spannungsmessungen erforderlich sind, werden sie in Übereinstimmung mit EN 61000-4-30 über ein Messintervall von mindestens einer Woche ausgeführt.

Unter den Bedingungen nach 5.2.2.1 gelten die folgenden Grenzwerte:

- mindestens 99 % aller 10-Minuten-Mittelwerte des Effektivwerts der Versorgungsspannung müssen unterhalb des in 5.2.2.1 angegebenen oberen Grenzwerts +10 % liegen und
- mindestens 99 % aller 10-Minuten-Mittelwerte des Effektivwerts der Versorgungsspannung müssen oberhalb des in 5.2.2.1 angegebenen unteren Grenzwerts – 10 % liegen und
- kein 10-Minuten-Mittelwert des Effektivwerts der Versorgungsspannung darf außerhalb der Grenzwerte von $\pm 15\%$ von U_c liegen.

ANMERKUNG 1 Die angegebenen Prozentwerte beziehen sich auf ein Messintervall von einer Woche (d. h. 1 008 Intervalle von 10 Minuten).

Bei der Ermittlung der Ergebnisse der Messung sollte auf markierte Intervalle gründlich geachtet werden. Daten, die aufgrund von Unterbrechungen markiert sind, sind ausgenommen. Die Prinzipien für die Verwendung von anderen markierten Messwerten befinden sich in Beratung.

In besonderen Fällen, in denen engere Grenzen als $\pm 10\%$ von U_c gelten, sollten geringere Prozentwerte einer Woche (z. B. 95 %) verwendet werden.

5.2.3 Schnelle Spannungsänderungen

5.2.3.1 Einzelne schnelle Spannungsänderung

Schnelle Änderungen der Versorgungsspannung werden hauptsächlich entweder durch Last- oder Erzeugungsänderungen in Anlagen des Netznutzers oder durch Schalthandlungen oder Fehler im Netz verursacht.

Wenn die Spannung während einer schnellen Spannungsänderung die Schwelle für Spannungseinbrüche unterschreitet und/oder die Schwelle für Spannungsüberhöhungen überschreitet, wird das Ereignis eher als Spannungseinbruch und/oder als Spannungsüberhöhung denn als schnelle Spannungsänderung betrachtet.

ANMERKUNG Auf EN 61000-2-12 kann Bezug genommen werden; einige Anhaltswerte können im Anhang B gefunden werden.

5.2.3.2 Flickerstärke

Unter normalen Betriebsbedingungen sollte die Langzeit-Flickerstärke aufgrund von Spannungsänderungen P_{it} kleiner oder gleich 1 während 95 % eines beliebigen Wochenintervalls sein.

ANMERKUNG 1 Dieser Wert wurde auf der Annahme ausgewählt, dass der Übertragungskoeffizient zwischen dem Mittel- und dem Niederspannungsnetz gleich 1 ist. In der Praxis kann der Übertragungskoeffizient zwischen der Mittel- und der Niederspannungsebene kleiner als 1 sein.

Wenn Beschwerden vorliegen, müssen der Grenzwert für die Mittelspannung und geeignete Abhilfemaßnahmen auf der Hoch-, Mittel- und Niederspannungsebene so gewählt werden, dass in der Niederspannungsebene die P_{it} -Werte 1 nicht überschreiten.

ANMERKUNG 2 IEC/TR 61000-3-7 kann eine Anleitung entnommen werden.

5.2.4 Unsymmetrie der Versorgungsspannung

Unter normalen Betriebsbedingungen müssen innerhalb eines beliebigen Wochenintervalls 95 % der 10-Minuten-Mittelwerte des Effektivwerts der Gegensystemkomponente der Versorgungsspannung innerhalb des Bereichs von 0 % bis 2 % der entsprechenden Mitsystemkomponente liegen.

ANMERKUNG 1 In manchen Gegenden treten Unsymmetrien bis zu etwa 3 % an den Drehstrom-Übergabestellen auf.

ANMERKUNG 2 Dieses Dokument enthält nur Werte für die Gegensystemkomponente, da diese für die mögliche Störung von Geräten, die an das Netz angeschlossen sind, von Bedeutung ist.

5.2.5 Oberschwingungsspannung

Unter normalen Betriebsbedingungen müssen innerhalb eines beliebigen Wochenintervalls 95 % der 10-Minuten-Mittelwerte des Spannungseffektivwertes jeder einzelnen Oberschwingung kleiner oder gleich den in Tabelle 4 hierfür genannten Werten sein. Resonanzen können höhere Spannungen bei einer einzelnen Oberschwingung hervorrufen.

Darüber hinaus muss der Gesamtoberschwingungsgehalt THD der Versorgungsspannung (gebildet aus allen Oberschwingungen bis zur Ordnungszahl 40) kleiner oder gleich 8 % sein.

ANMERKUNG Die Begrenzung auf Ordnungszahlen bis zur 40. Ordnung entspricht üblicher Vereinbarung. In Abhängigkeit von der Art des verwendeten Spannungstransformators kann es sein, dass Messungen von Oberschwingungen höherer Ordnung nicht vertrauenswürdig sind; weitere Informationen sind in EN 61000-430 enthalten. A2.

**Tabelle 5 – Werte der einzelnen Oberschwingungsspannungen
an den Mittelspannungs-Versorgungsanschlüssen**

Ungeradzahlige Harmonische				Geradzahlige Harmonische	
Keine Vielfache von 3		Vielfache von 3			
Ordnung h	Relative Amplitude u_h	Ordnung h	Relative Amplitude u_h	Ordnung h	Relative Amplitude u_h
5	6,0 %	3	5,0 % ^a	2	2,0 %
7	5,0 %	9	1,5 %	4	1,0 %
11	3,5 %	15	0,5 %	6 bis 24	0,5 %
13	3,0 %	21	0,5 %		
17	2,0 %				
19	1,5 %				
23	1,5 %				
25	1,5 %				
Die Werte sind in Prozent der Grundschwingung u_1 angegeben					
^a Der Wert für die Oberschwingung dritter Ordnung kann in Abhängigkeit von der Netzauslegung deutlich niedriger sein.					
ANMERKUNG Für die Oberschwingungen oberhalb der 25. Ordnung werden keine Werte angegeben, da sie gewöhnlich niedrig, allerdings wegen Resonanzerscheinungen weitgehend unvorhersehbar sind.					

5.2.6 Zwischenharmonische Spannung

Aufgrund der Entwicklung von Frequenzumrichtern und ähnlichen Steuergeräten steigen die Werte der Zwischenharmonischen in den Netzen an. In Ermangelung von gesicherten Erfahrungswerten sind Werte für die Zwischenharmonischen zurzeit in Beratung.

In einigen Fällen können Zwischenharmonische, auch bei geringen Werten, Flicker (siehe 5.2.3.2) oder Störungen von Tonfrequenz-Rundsteuersystemen hervorrufen.

5.3 Spannungsereignisse

5.3.1 Unterbrechungen der Versorgungsspannung

Unterbrechungen sind entsprechend ihrer Beschaffenheit weitgehend unvorhersehbar und schwanken in Abhängigkeit vom Ort und der Zeit. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist es nicht möglich, vollständig repräsentative statistische Ergebnisse von Messungen der Häufigkeit von Unterbrechungen, die die Gesamtheit der europäischen Netze abdecken, anzugeben. Eine Referenz für tatsächliche Werte von Unterbrechungen, die in europäischen Netzen festgehalten wurden, ist im Anhang B angegeben.

5.3.2 Einbrüche und Überhöhungen der Versorgungsspannung

5.3.2.1 Allgemeines

Spannungseinbrüche entstehen typischerweise durch Fehler im öffentlichen Versorgungsnetz oder in Anlagen der Netznutzer.

Spannungsüberhöhungen entstehen typischerweise durch Schalthandlungen und Lastabtrennungen.

Beide Phänomene sind unvorhersehbar und weitgehend zufällig. Ihre jährliche Anzahl schwankt in Abhängigkeit von der Art des Verteilnetzes und dem Beobachtungspunkt (betrachteten Netzpunkt) erheblich. Darüber hinaus kann auch die zeitliche Verteilung über das Jahr sehr unregelmäßig sein.

5.3.2.2 Messung und Erkennung von Einbrüchen und Überhöhungen der Versorgungsspannung

Wenn statistische Daten gesammelt werden, müssen Spannungseinbrüche und -überhöhungen in Übereinstimmung mit EN 61000-4-30 gemessen und festgestellt werden, wobei die vereinbarte Versorgungsspannung hierfür als Bezug verwendet wird. Die in diesem Dokument interessierenden Eigenschaften von Einbrüchen und Überhöhungen der Versorgungsspannung sind die Restspannung (höchster Spannungseffektivwert für Spannungsüberhöhungen) und die Dauer⁶.

Bei Mittelspannungsnetzen müssen typischerweise die Spannungen zwischen den Außenleitern betrachtet werden.

Als Konvention ist die Schwelle für Spannungseinbrüche gleich 90 % der Bezugsspannung, die Schwelle für Spannungsüberhöhungen gleich 110 % der Bezugsspannung. Die Hysterese beträgt typischerweise 2 %; Bezugsregeln für die Hysterese sind in EN 61000-4-30, 5.4.2.1, angegeben.

5.3.2.3 Ermittlung von Spannungseinbrüchen

Spannungseinbrüche müssen in Übereinstimmung mit EN 61000-4-30 ermittelt werden. Das Verfahren der Analyse von Spannungseinbrüchen (Nachbearbeitung) hängt vom beabsichtigten Ermittlungszweck ab.

Für Mittelspannungsnetze gilt typischerweise:

⁶ In diesem Dokument werden Werte für Mittelspannungsnetze als Prozentwerte der Bezugsspannung angegeben.

- Mehrphasen-Aggregation wird angewendet. Die Mehrphasen-Aggregation besteht aus der Festlegung eines äquivalenten Ereignisses, das durch eine einzige Dauer und eine einzige Restspannung gekennzeichnet wird.
- Uhrzeit-Aggregation wird angewendet; die Uhrzeit-Aggregation besteht aus der Festlegung eines äquivalenten Ereignisses im Fall von mehreren aufeinanderfolgenden Ereignissen. Das für die Aggregation von mehreren Ereignissen verwendete Verfahren kann entsprechend der endgültigen Anwendung der Daten festgelegt werden; einige Bezugsregeln sind in IEC/TR 61000-2-8 angegeben.

5.3.2.4 Klassifizierung von Spannungseinbrüchen

Wenn statistische Daten gesammelt werden, müssen Spannungseinbrüche entsprechend der folgenden Tabelle klassifiziert werden. Die in die einzelnen Tabellenzellen einzusetzenden Zahlen nehmen auf die Anzahl von äquivalenten Ereignissen (siehe 5.3.2.3)⁷ Bezug. Beispiele für die Darstellung der Klassifizierung von Spannungseinbrüchen während eines Messintervalls sind in Anhang B dargestellt.

Für vorhandene Messgeräte und/oder Überwachungssysteme ist Tabelle 6 als Empfehlung zu nehmen.

Tabelle 6 – Klassifizierung der Spannungseinbrüche entsprechend ihrer Restspannung und Dauer

Restspannung u %	Dauer t ms				
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	A1	A2	A3	A4	A5
$80 > u \geq 70$	B1	B2	B3	B4	B5
$70 > u \geq 40$	C1	C2	C3	C4	C5
$40 > u \geq 5$	D1	D2	D3	D4	D5
$5 > u$	X1	X2	X3	X4	X5

Spannungseinbrüche sind entsprechend ihrer Beschaffenheit weitgehend unvorhersehbar und schwanken in Abhängigkeit vom Ort und der Zeit. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist es nicht möglich, vollständig repräsentative statistische Ergebnisse von Messungen der Häufigkeit von Spannungseinbrüchen, die die Gesamtheit der europäischen Netze abdecken, anzugeben. Eine Referenz für tatsächliche Werte von Spannungseinbrüchen, die in europäischen Netzen festgehalten wurden, ist im Anhang B angegeben.

Es sollte beachtet werden, dass aufgrund des adoptierten Messverfahrens eine Messunsicherheit, die Einfluss auf die Ergebnisse hat, berücksichtigt werden muss; dies ist insbesondere bei kürzeren Ereignissen relevant. Die Messunsicherheit wird in EN 61000-4-30 angesprochen.

Die Dauer eines Spannungseinbruchs hängt allgemein von der für das Netz adoptierten Schutzstrategie ab, die in Abhängigkeit von der Netzstruktur und der Erdung des Neutralleiters von Netz zu Netz unterschiedlich sein kann. Infolgedessen halten typische Werte für die Dauer die in den Spalten der Tabelle 5 angegebenen Grenzen nicht notwendigerweise ein.

5.3.2.5 Ermittlung von Spannungsüberhöhungen

Spannungsüberhöhungen müssen in Übereinstimmung mit EN 61000-4-30 ermittelt werden. Das Verfahren der Analyse von Spannungsüberhöhungen (Nachbearbeitung) hängt vom beabsichtigten Ermittlungszweck ab.

Für Mittelspannungsnetze gilt typischerweise:

⁷ Diese Tabelle reflektiert die Leistungsmerkmale von mehrphasigen Netzen. Zur Betrachtung von Ereignissen, die eine einzelne einphasige Spannung in einem Drehstromnetz beeinflussen, sind weitere Informationen nötig. Um Letztere zu berechnen, muss ein anderes Ermittlungsverfahren angewendet werden.

- Mehrphasen-Aggregation muss angewendet werden; die Mehrphasen-Aggregation besteht aus der Festlegung eines äquivalenten Ereignisses, das durch eine einzige Dauer und einen einzigen maximalen Spannungseffektivwert gekennzeichnet wird;
- Uhrzeit-Aggregation wird angewendet; die Uhrzeit-Aggregation besteht aus der Festlegung eines äquivalenten Ereignisses im Fall von mehreren aufeinanderfolgenden Ereignissen. Das für die Aggregation von mehreren Ereignissen verwendete Verfahren kann entsprechend der endgültigen Anwendung der Daten festgelegt werden; einige Bezugsregeln sind in IEC/TR 61000-2-8 angegeben.

5.3.2.6 Klassifizierung von Spannungsüberhöhungen

Wenn statistische Daten gesammelt werden, müssen Spannungsüberhöhungen entsprechend der folgenden Tabelle klassifiziert werden. Die in die einzelnen Tabellenzellen einzusetzenden Zahlen nehmen auf die Anzahl von äquivalenten Ereignissen (siehe 5.3.2.5)⁸ Bezug.

Für vorhandene Messgeräte und/oder Überwachungssysteme ist Tabelle 6 als Empfehlung zu nehmen.

**Tabelle 7 – Klassifizierung der Spannungsüberhöhungen
entsprechend ihrer maximalen Spannung und Dauer**

Überspannung u %	Dauer t ms		
	$10 \leq t \leq 500$	$500 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$u \geq 120$	S1	S2	S3
$120 > u > 110$	T1	T2	T3

ANMERKUNG Fehler im öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetz oder in Anlagen der Netznutzer können zur Entstehung von zeitweiligen netzfrequenten Überspannungen zwischen stromführenden Leitern und Erde führen. Solche Überspannungen verschwinden, wenn der Fehler beseitigt ist. Einige Anhaltswerte sind im Anhang B angegeben.

5.3.3 Transiente Überspannungen

Transiente Überspannungen in Mittelspannungsnetzen werden durch Schalthandlungen oder direkt oder durch Induktion, durch Blitzeinschlag verursacht. Im Allgemeinen sind die Amplituden von Schaltüberspannungen niedriger als die Amplituden von Blitzüberspannungen, aber sie können kürzere Anstiegszeiten und/oder längere Dauer haben.

Die Isolationskoordination des Netznutzers sollte mit derjenigen kompatibel sein, die vom Netzbetreiber adoptiert wurde.

5.4 Andere Phänomene (siehe auch Anhang C)

5.4.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt befasst sich mit Phänomenen, die aufgrund ihrer Merkmale in den vorhergehenden Abschnitten nicht beschrieben werden.

ANMERKUNG Angesichts der Tatsache, dass große elektronische Stromrichter an das Netz angeschlossen werden, sind weitere Untersuchungen erforderlich.

⁸ Diese Tabelle reflektiert die Leistungsmerkmale von mehrphasigen Netzen. Zur Betrachtung von Ereignissen, die eine einzelne einphasige Spannung in einem Drehstromnetz beeinflussen, sind weitere Informationen nötig. Um Letztere zu berechnen, muss ein anderes Ermittlungsverfahren angewendet werden.

5.4.2 Netz-Kommunikationsspannungen

Hinsichtlich gegebenen Situation in Mittelspannungs-Versorgungsnetzen werden Werte für die Spannungsqualität (PQ-Werte) nur für die Netz-Kommunikation gegeben.

In einigen Ländern können die öffentlichen Energieverteilnetze vom Netzbetreiber zur Übertragung von Signalen genutzt werden. Die 3-Sekunden-Mittelwerte der Signalspannungen müssen für 99 % eines Tages kleiner oder gleich den Werten in Bild 2 sein.

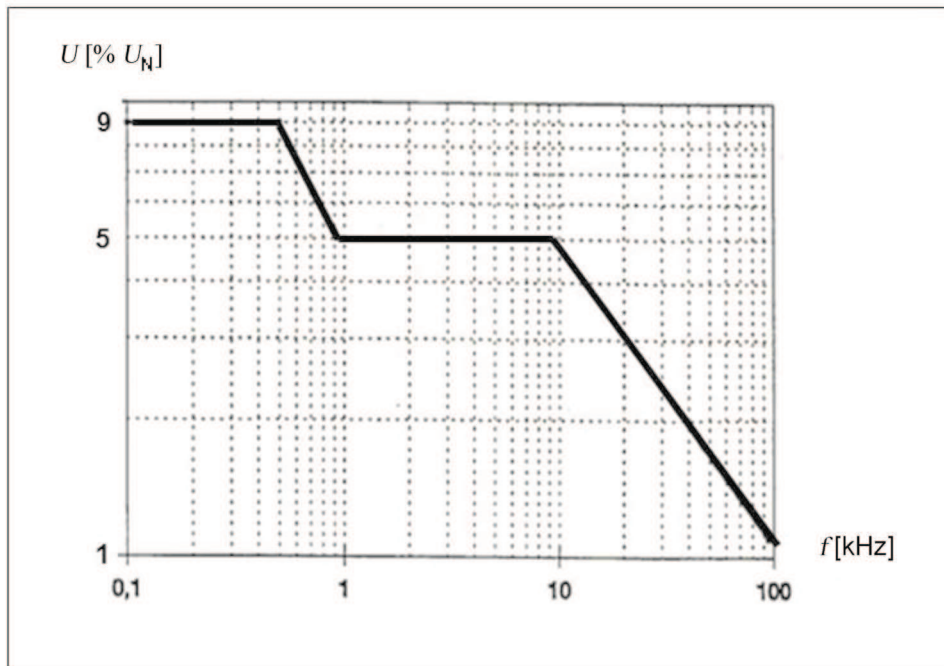


Bild 2 – Signalspannungspegel in öffentlichen Mittelspannungsnetzen

ANMERKUNG Es wird davon ausgegangen, dass Netznutzer öffentliche Mittelspannungsnetze nicht für Zwecke der Signalübertragung nutzen.

6 Merkmale der Hochspannung

6.1 Allgemeines

Netznutzer mit einem Bedarf, der die Kapazität des Mittelspannungs-Versorgungsnetzes übersteigt, werden im Allgemeinen mit Nennspannungen über 36 kV versorgt. Dieser Abschnitt ist auf Elektrizitätsversorgungen mit einer Nennspannung bis einschließlich 150 kV anwendbar.

Netznutzer können auch mit solchen Spannungen versorgt werden, um besondere Anforderungen zu erfüllen oder um von ihren eigenen Geräten bzw. Anlagen ausgehende leitungsgeführte Störgrößen zu verringern.

Dieser Abschnitt beschreibt die Merkmale der Spannung, die durch öffentliche Hochspannungsnetze geliefert wird. Im Folgenden wird unterschieden zwischen:

- andauernden Phänomenen, d. h. Abweichungen vom Nennwert, die dauerhaft über die Zeit auftreten. Solche Phänomene treten hauptsächlich aufgrund von Lastmustern, Laständerungen oder nichtlinearen Lasten auf;
- Spannungsereignissen, d. h. plötzlichen und erheblichen Abweichungen von der Nenn- oder gewünschten Kurvenform. Spannungsereignisse treten typischerweise aufgrund von unvorhersehbaren Ereignissen (z. B. Fehlern) oder von äußeren Ursachen (z. B. Wetterbedingungen, Einwirkungen durch Dritte) auf.

Für bestimmte andauernde Phänomene werden Grenzwerte angegeben¹¹⁾; für Spannungsereignisse können gegenwärtig nur Anhaltswerte angegeben werden (siehe Anhang B).

Die Höhe der Spannung wird durch die vereinbarte Versorgungsspannung U_c angegeben.

6.2 Andauernde Phänomene

6.2.1 Netzfrequenz

Die Nennfrequenz der Versorgungsspannung muss 50 Hz betragen. Unter normalen Betriebsbedingungen muss der 10-Sekunden-Mittelwert der Grundfrequenz in einem Verteilnetz in folgenden Bereichen liegen:

— bei Netzen mit synchroner Verbindung zu einem Verbundnetz:

50 Hz $\pm$ 1 %	(d. h. 49,5 Hz ... 50,5 Hz)	während 99,5 % eines Jahres,
50 Hz + 4 % / - 6 %	(d. h. 47 Hz ... 52 Hz)	während 100 % der Zeit.

— bei Netzen ohne synchrone Verbindung zu einem Verbundnetz (z. B. Versorgungsnetze auf einigen Inseln):

50 Hz $\pm$ 2 %	(d. h. 49 Hz ... 51 Hz)	während 95 % einer Woche,
50 Hz $\pm$ 15 %	(d. h. 42,5 Hz ... 57,5 Hz)	während 100 % der Zeit.

ANMERKUNG Die Überwachung erfolgt gewöhnlich durch den Leitstellenbetreiber.

6.2.2 Änderungen der Versorgungsspannung

Da die Anzahl der Netznutzer, die direkt aus einem Hochspannungsnetz versorgt werden, begrenzt ist und die Versorgung üblicherweise auf Einzelverträgen beruht, werden in diesem Dokument keine Grenzwerte für Änderungen der Versorgungsspannung angegeben.

Für Hochspannungsgeräte bestehende Produktnormen sollten zu Rate gezogen werden.

6.2.3 Schnelle Spannungsänderungen

6.2.3.1 Einzelne schnelle Spannungsänderung

Schnelle Änderungen der Versorgungsspannung werden hauptsächlich entweder durch Laständerungen in Anlagen des Netznutzers oder durch Schalthandlungen oder Fehler im Netz verursacht.

Wenn die Spannung während einer schnellen Spannungsänderung die Schwelle für Spannungseinbrüche unterschreitet und/oder die Schwelle für Spannungsüberhöhungen überschreitet, wird das Ereignis eher als Spannungseinbruch und/oder als Spannungsüberhöhung denn als schnelle Spannungsänderung betrachtet.

6.2.3.2 Flickerstärke

Unter normalen Betriebsbedingungen sollte die Langzeit-Flickerstärke aufgrund von Spannungsänderungen P_{it} kleiner oder gleich 1 während 95 % eines beliebigen Wochenintervalls sein.

ANMERKUNG 1 Dieser Wert wurde auf der Annahme ausgewählt, dass der Übertragungskoeffizient zwischen dem Hoch- und dem Niederspannungsnetz gleich 1 ist. In der Praxis kann der Übertragungskoeffizient zwischen der Hoch- und der Niederspannungsebene kleiner als 1 sein.

¹¹⁾ Für manche spezifischen Kennwerte können in einzelnen Ländern schärfere Grenzen gefunden werden.

Wenn Beschwerden vorliegen, müssen der Grenzwert für die Hochspannung und geeignete Abhilfemaßnahmen auf der Hoch-, Mittel- und Niederspannungsebene so gewählt werden, dass in der Niederspannungsebene die Plt-Werte 1 nicht überschreiten.

ANMERKUNG 2 IEC/TR 61000-3-7 kann eine Anleitung entnommen werden.

Im Fall eines entsprechenden Bedarfs muss eine geeignete Übergangszeit mit den zuständigen nationalen Behörden vereinbart werden.

6.2.4 Unsymmetrie der Versorgungsspannung

Unter normalen Betriebsbedingungen sollten innerhalb eines beliebigen Wochenintervalls 95 % der 10-Minuten-Effektivwerte der Gegensystemkomponente der Versorgungsspannung innerhalb des Bereichs von 0 % bis 2 % der entsprechenden Mitsystemkomponente liegen.

ANMERKUNG 1 In manchen Gegenden mit Anlagen von Netznutzern, die teilweise ein- oder zweiphasig angeschlossen sind, treten Unsymmetrien bis zu etwa 3 % an den Drehstrom-Übergabestellen auf.

ANMERKUNG 2 Dieses Dokument enthält nur Werte für die Gegensystemkomponente, da diese für die mögliche Störung von Geräten, die an das Netz angeschlossen sind, von Bedeutung ist.

ANMERKUNG 3 Die für die Unsymmetrie der Versorgungsspannung angegebenen Werte sind lediglich Anhaltswerte; Grenzwerte werden auf der Grundlage von Daten festgelegt, wenn letztere als Ergebnis von Messreihen zur Verfügung gestellt wurden.

6.2.5 Oberschwingungsspannung

Die Werte für Oberschwingungen in Hochspannungsversorgungsnetzen (HV) sollten um ein für jede Oberschwingung individuelles D niedriger gewählt werden als die Werte für Oberschwingungen in Mittelspannungsversorgungsnetzen (MV).

$HV\text{-Wert} = MV\text{-Wert} - D$

D sollte zwischen dem Betreiber des Hochspannungsversorgungsnetzes und dem angeschlossenen Netznutzer vereinbart werden.

Unter normalen Betriebsbedingungen sollten innerhalb eines beliebigen Wochenintervalls 95 % der 10-Minuten-Spannungseffektivwerte jeder einzelnen Oberschwingung unter dem Hochspannungswert liegen. Richtwerte sind in Tabelle 8 angegeben. Resonanzen können höhere Spannungen bei einer einzelnen Oberschwingung hervorrufen.

ANMERKUNG 1 Grenzwerte für die einzelnen Oberschwingungsspannungen befinden sich in Beratung.

ANMERKUNG 2 Der Grenzwert für den Gesamtoberschwingungsgehalt THD der Versorgungsspannung (gebildet aus allen Oberschwingungen bis zur Ordnungszahl 40) befindet sich in Beratung.

Die Begrenzung auf Ordnungszahlen bis zur 40. Ordnung entspricht üblicher Vereinbarung. Für die Sicherstellung der Messgenauigkeit sollte insbesondere für die Messung von Oberschwingungen höherer Ordnung eine geeignete Art des Spannungstransformators verwendet werden. Weitere Informationen sind in EN 61000-4-30, A2 enthalten.

**Tabelle 8 – Richtwerte der einzelnen Oberschwingungsspannungen
an den HV-Versorgungsanschlüssen**

Ungeradzahlige Harmonische				Geradzahlige Harmonische	
Keine Vielfache von 3		Vielfache von 3			
Ordnung h	Relative Amplitude u_h	Ordnung h	Relative Amplitude u_h	Ordnung h	Relative Amplitude u_h
5	5 %	3	3 % ^a	2	1,9 %
7	4 %	9	1,3 %	4	1 %
11	3 %	15	0,5 %	6 bis 24	0,5 %
13	2,5 %	21	0,5 %		
17	In Beratung				
19	In Beratung				
23	In Beratung				
25	In Beratung				
Die Werte werden in Prozent der Grundspannung u_1 angegeben.					
^a Der Wert für die Oberschwingung dritter Ordnung kann in Abhängigkeit von der Netzauslegung deutlich niedriger sein. ANMERKUNG 1 Für die Oberschwingungen oberhalb der 25. Ordnung werden keine Werte betrachtet, da sie gewöhnlich niedrig, allerdings wegen Resonanzerscheinungen weitgehend unvorhersehbar sind. ANMERKUNG 2 Anhaltswerte für die Oberschwingungen oberhalb der 13. Ordnung, die keine Vielfache von 3 sind, befinden sich in Beratung. ANMERKUNG 3 In manchen Ländern sind Grenzwerte für Oberschwingungen bereits in Kraft.					

6.2.6 Zwischenharmonische Spannung

Aufgrund der niedrigen Resonanzfrequenz des Hochspannungsnetzes werden für zwischenharmonische Spannungen keine Werte angegeben.

ANMERKUNG Aufgrund der sehr niedrigen Resonanzfrequenz (200 Hz bis 500 Hz) in Hochspannungsnetzen, die durch hohe Kapazitäten und Induktivitäten verursacht wird, sind Zwischenharmonische in Hochspannungsnetzen von geringerer Bedeutung.

6.3 Spannungsereignisse

6.3.1 Unterbrechungen der Versorgungsspannung

Unterbrechungen sind entsprechend ihrer Beschaffenheit weitgehend unvorhersehbar und schwanken in Abhängigkeit vom Ort und der Zeit. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist es nicht möglich, vollständig repräsentative statistische Ergebnisse von Messungen der Häufigkeit von Unterbrechungen, die die Gesamtheit der europäischen Netze abdecken, anzugeben. Eine Referenz für tatsächliche Werte von Unterbrechungen, die in europäischen Netzen festgehalten wurden, ist im Anhang B angegeben.

6.3.2 Einbrüche und Überhöhungen der Versorgungsspannung

6.3.2.1 Allgemeines

Spannungseinbrüche entstehen typischerweise durch Fehler im öffentlichen Versorgungsnetz oder in Anlagen der Netznutzer.

Spannungsüberhöhungen entstehen typischerweise durch Schalthandlungen und Lastabtrennungen.

Beide Phänomene sind unvorhersehbar und weitgehend zufällig. Ihre jährliche Anzahl schwankt in Abhängigkeit von der Art des Verteilnetzes und dem Beobachtungspunkt (betrachteten Netzpunkt) erheblich. Darüber hinaus kann auch die zeitliche Verteilung über das Jahr sehr unregelmäßig sein.

6.3.2.2 Messung und Erkennung von Einbrüchen und Überhöhungen der Versorgungsspannung

Wenn statistische Daten gesammelt werden, müssen Spannungseinbrüche und -überhöhungen in Übereinstimmung mit EN 61000-4-30 gemessen und festgestellt werden, wobei die vereinbarte Versorgungsspannung hierfür als Bezug verwendet wird. Die in diesem Dokument interessierenden Eigenschaften von Einbrüchen und Überhöhungen der Versorgungsspannung sind die Restspannung (höchster Spannungseffektivwert für Spannungsüberhöhungen) und die Dauer¹²⁾.

Bei Hochspannungsnetzen müssen typischerweise die Spannungen zwischen den Außenleitern betrachtet werden.

Als Konvention ist die Schwelle für Spannungseinbrüche gleich 90 % der Bezugsspannung, die Schwelle für Spannungsüberhöhungen gleich 110 % der Bezugsspannung. Die Hysterese beträgt typischerweise 2 %; Bezugsregeln für die Hysterese sind in EN 61000-4-30 angegeben.

6.3.2.3 Ermittlung von Spannungseinbrüchen

Spannungseinbrüche müssen in Übereinstimmung mit EN 61000-4-30 ermittelt werden. Das Verfahren der Analyse von Spannungseinbrüchen (Nachbearbeitung) hängt vom beabsichtigten Ermittlungszweck ab.

Für Hochspannungsnetze gilt typischerweise:

- Mehrphasen-Aggregation wird angewendet; die Mehrphasen-Aggregation besteht aus der Festlegung eines äquivalenten Ereignisses, das durch eine einzige Dauer und eine einzige Restspannung gekennzeichnet wird.
- Uhrzeit-Aggregation wird angewendet; die Uhrzeit-Aggregation besteht aus der Festlegung eines äquivalenten Ereignisses im Fall von mehreren aufeinanderfolgenden Ereignissen. Das für die Aggregation von mehreren Ereignissen verwendete Verfahren kann entsprechend der endgültigen Anwendung der Daten festgelegt werden; einige Bezugsregeln sind in IEC/TR 61000-2-8 angegeben.

6.3.2.4 Klassifizierung von Spannungseinbrüchen

Wenn statistische Daten gesammelt werden, müssen Spannungseinbrüche entsprechend der folgenden Tabelle klassifiziert werden. Die in die einzelnen Tabellenzellen einzusetzenden Zahlen nehmen auf die Anzahl von äquivalenten Ereignissen (siehe 6.3.2.3)¹³⁾ Bezug. Beispiele für die Darstellung der Klassifizierung von Spannungseinbrüchen während eines Messintervalls sind in Anhang B dargestellt.

Für vorhandene Messgeräte und/oder Überwachungssysteme sollte die Tabelle 9 als Empfehlung genommen werden.

¹²⁾ In diesem Dokument werden Werte für Hochspannungsnetze als Prozentwerte der Bezugsspannung angegeben.

¹³⁾ Diese Tabelle reflektiert die Leistungsmerkmale von mehrphasigen Netzen. Zur Betrachtung von Ereignissen, die eine einzelne einphasige Spannung in einem Drehstromnetz beeinflussen, sind weitere Informationen nötig. Um Letztere zu berechnen, muss ein anderes Ermittlungsverfahren angewendet werden.

Tabelle 9 – Klassifizierung der Spannungseinbrüche entsprechend ihrer Restspannung und Dauer

Restspannung u %	Dauer t ms				
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	A1	A2	A3	A4	A5
$80 > u \geq 70$	B1	B2	B3	B4	B5
$70 > u \geq 40$	C1	C2	C3	C4	C5
$40 > u \geq 5$	D1	D2	D3	D4	D5
$5 > u$	X1	X2	X3	X4	X5

Spannungseinbrüche sind entsprechend ihrer Beschaffenheit weitgehend unvorhersehbar und schwanken in Abhängigkeit vom Ort und der Zeit. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist es nicht möglich, vollständig repräsentative statistische Ergebnisse von Messungen der Häufigkeit von Spannungseinbrüchen, die die Gesamtheit der europäischen Netze abdecken, anzugeben.

Es sollte beachtet werden, dass aufgrund des adoptierten Messverfahrens eine Messunsicherheit, die Einfluss auf die Ergebnisse hat, berücksichtigt werden muss; dies ist insbesondere bei kürzeren Ereignissen relevant. Die Messunsicherheit wird in EN 61000-4-30 angesprochen.

Die Dauer eines Spannungseinbruchs hängt allgemein von der für das Netz adoptierten Schutzstrategie ab, die in Abhängigkeit von der Netzstruktur und der Erdung des Neutralleiters von Netz zu Netz unterschiedlich sein kann. Infolgedessen halten typische Werte für die Dauer die in den Spalten der Tabelle 8 angegebenen Grenzen nicht notwendigerweise ein.

6.3.2.5 Ermittlung von Spannungsüberhöhungen

Spannungsüberhöhungen müssen in Übereinstimmung mit EN 61000-4-30 ermittelt werden. Die Nachbearbeitung der Ermittlung von Spannungsüberhöhungen hängt vom beabsichtigten Zweck ab.

Für Hochspannungsnetze gilt typischerweise:

- Mehrphasen-Aggregation muss angewendet werden; die Mehrphasen-Aggregation besteht aus der Festlegung eines äquivalenten Ereignisses, das durch eine einzige Dauer und einen einzigen maximalen Spannungseffektivwert gekennzeichnet wird.
- Uhrzeit-Aggregation wird angewendet; die Uhrzeit-Aggregation besteht aus der Festlegung eines äquivalenten Ereignisses im Fall von mehreren aufeinanderfolgenden Ereignissen. Das für die Aggregation von mehreren Ereignissen verwendete Verfahren kann entsprechend der endgültigen Anwendung der Daten festgelegt werden; einige Bezugsregeln sind in IEC/TR 61000-2-8 angegeben.

6.3.2.6 Klassifizierung von Spannungsüberhöhungen

Wenn statistische Daten gesammelt werden, müssen Spannungsüberhöhungen entsprechend der folgenden Tabelle klassifiziert werden. Die in die einzelnen Tabellenzellen einzusetzenden Zahlen nehmen auf die Anzahl von äquivalenten Ereignissen (siehe 6.3.2.5)¹⁴⁾ Bezug.

Für vorhandene Messgeräte und/oder Überwachungssysteme ist Tabelle 9 als Empfehlung zu nehmen.

¹⁴⁾ Diese Tabelle reflektiert die Leistungsmerkmale von mehrphasigen Netzen. Zur Betrachtung von Ereignissen, die eine einzelne einphasige Spannung in einem Drehstromnetz beeinflussen, sind weitere Informationen nötig. Um Letztere zu berechnen, muss ein anderes Ermittlungsverfahren angewendet werden.