

Quelle: Siemens

## Spannungsfall in der Hauptstromversorgung gemäß VDE-AR-N-4100

# Spannungsfall richtig koordinieren

Die VDE-AR-N 4100:2019-04 enthält Angaben zum Spannungsfall in Hauptstromversorgungssystemen. Die Vorgaben dieser neuen VDE-Anwendungsregel finden nun Eingang in die neuen TABs der Verteilnetzbetreiber (VNB), was mitunter zu Verunsicherung beim Anwender führt.

**D**as hiermit aufgeworfene Problem betrifft die gesamte Spannungsfallkoordination in Niederspannungsverbraucheranlagen. Mit der VDE-AR-N 4100:2019-04 »Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Niederspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Niederspannung)« liegt nun eine VDE-Anwendungsregel vor, welche für Bezugsanlagen gilt, d. h. für

- neue Anlagen, die an das Niederspannungsnetz der allgemeinen Versorgung angeschlossen werden,
- bestehende Anlagen, die erweitert oder geändert werden sowie
- Anschlusschränke im Freien, die an das Niederspannungsnetz der allgemeinen Versorgung angeschlossen werden.

VDE-AR-N 4100:2019-04 formuliert dabei die bei der Planung, der Errichtung, dem Anschluss und dem Betrieb zu beachtenden technischen Anforderungen und enthält Festlegungen hinsichtlich der Handlungspflichten des Verteilnetzbetreibers (VNB), des Planers, des Errichters bzw. des Kunden.

### VDE-Anwendungsregel liefert Richtlinie

Die VDE-AR-N 4100:2019-04 übernahm die technischen Inhalte der »Technischen Anschlussbedingungen für den Anschluss an das Niederspannungsnetz, TAB 2007«, (Ausgabe 2011 (BDEW-Bundesmusterwortlaut), entwickelte diese weiter und wurde zur Un-

terlage für die Technischen Anschlussbedingungen (TAB) Niederspannung der VNB.

Der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) gab den Musterwortlaut der TAB 2019 heraus, welcher der VDE-AR-N 4100:2019-04 entspricht, den die VNB als Basis für ihre eigenen TAB nutzen, ihn aber auch um ihre netzspezifischen Anforderungen ergänzen und als ihre TAB Niederspannung auf ihre Homepage veröffentlichen können. Bezüglich des zulässigen Spannungsfalls im Hauptstromversorgungssystem wird in den TAB 2019 (BDEW-Bundesmusterwortlaut) nicht mehr nach dem Leistungsbedarf differenziert. Es wird lediglich im Abschnitt 6 Absatz (5) genauso wie in der VDE-AR-N 4100 Bezug auf §13 Absatz 4 NAV (Niederspannungsanschlussverordnung) genommen und gefordert, dass der Spannungsfall im Hauptstromversorgungssystem 0,5% der Nennspannung des Netzes nicht überschreiten darf. Es ist die Nennstromstärke der vorgeschalteten Hausanschlussicherung zugrunde zu legen.

Im Abschnitt 6, Absatz (3), der TAB 2019 (BDEW-Bundesmusterwortlaut) findet sich die Aussage, dass für die Dimensionierung des Hauptstromversorgungssystems in Wohngebäuden die DIN 18015-1 einzuhalten ist. Dabei sind alle anderen Hauptstromversorgungssysteme entsprechend ihrer Leistungsanforderung zu dimensionieren. Den Wert des zulässigen Spannungsfalls im System der Hauptstromversorgung von 0,5% findet man

mittlerweile i. d. R. in den TAB aller VNBs. Doch so mancher VNB diskutiert in seiner internen Planungsabteilung darüber, die alten Werte aus TAB 2007 wieder in seine TAB einzuführen. Andere VNBs beziehen sich auf »ihre gültigen Installationshilfen«, in denen die alten Werte aus TAB 2007 enthalten sind.

### Spannungsfall als Dimensionierungsmerkmal

Die Ermittlung des Kabelquerschnittes und der Auswahl der entsprechenden Überstromschutzeinrichtung jedes elektrischen Stromkreises der Niederspannungsanlage muss vieles berücksichtigen. Hierzu zählen die zulässige Strombelastbarkeit des Kabels, Gewährleistung des Überlastschutzes und der Schutz bei Kurzschluss sowie gegen elektrischen Schlag. Ebenso muss dabei der Spannungsfall koordiniert bzw. reduziert werden.

Während der Überlastschutz, der Schutz bei Kurzschluss sowie der Schutz gegen elektrischen Schlag zwingende Schutzmaßnahmen darstellen, gilt der Spannungsfall als nicht sicherheitsrelevant. Die Begrenzung des Spannungsfalls hat jedoch wirtschaftlichen Sinn und ist auf jeden Fall erforderlich, damit die elektrischen Verbraucher bestimmungsgemäß funktionieren und dabei keine betrieblichen Einschränkungen auftreten.

### Normen und technische Regelwerke

Es gibt eine Vielzahl an Normen und technischen Regelwerken, welche Angaben über

den Spannungsfall enthalten. Im Folgenden sollen diese einmal aufgelistet werden:

- DIN EN 60038 (VDE 0175-1:2012-04) »CENELEC Normspannungen«
- DIN EN 50160:2011-02 »Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen bzw. DIN EN 50160/A1:2016-02 Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen«
- NAV »Niederspannungsanschlussverordnung«, Stand: 14.03.2019
- VDE-AR-N 4100:2019-04 »Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Niederspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Niederspannung)«
- TAB 2007 »Technische Anschlussbedingungen für den Anschluss an das Niederspannungsnetz«, BDEW-Musterwortlaut
- TAB 2019 »Technische Anschlussbedingungen für den Anschluss an das Niederspannungsnetz«, BDEW-Musterwortlaut,
- DIN 18015-1:2020-05 »Elektrische Anlagen in Wohngebäuden – Teil 1: Planungsgrundlagen«
- DIN VDE 0100-520:2013-06 »Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-52:

Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel Kabel- und Leitungsanlagen«

- DIN VDE 0100 Beiblatt 5:2017-10 »Errichten von Niederspannungsanlagen, maximal zulässige Längen von Kabeln und Leitungen unter Berücksichtigung des Fehlerschutzes, des Schutzes bei Kurzschluss und des Spannungsfalls«
- E DIN VDE 0100-520:2019-11, Normenentwurf »Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-52: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel Kabel- und Leitungsanlagen«.

### Analyse nach Relevanz

Nachfolgend gehen wir in eine kurze Retrospektive jener Angaben bzw. Aussagen aus den oben aufgelisteten Normen und technischen Regelwerken, die in Korrelation zum Spannungsfall stehen.

In VDE 0175-1 wird Folgendes definiert:

- die Vorzugswerte der Nennspannungen der elektrischen Versorgungsnetze (z. B. im Niederspannungs-Drehstrom-Vierleiternetz gelten 230 V/400 V, d. h. die Effektivwerte der Strang-/Außenleiterspannung bei 50 Hz),

- die Übergabestelle im Verteilungsnetz, die als solche bezeichnet und vertraglich zwischen den Vertragspartnern festgelegt ist,
- die Versorgungsspannung als Spannung an der Übergabestelle,
- die Verbraucherspannung als Spannung an der Stelle, wo ein Verbrauchsmittel an die feste Installation angeschlossen wird;
- außerdem sollte die Versorgungsspannung um nicht mehr als  $\pm 10\%$  von der Nennspannung des Netzes abweichen.

DIN EN 50160 bzw. DIN EN 50160/A1 spezifiziert die Qualitätsmerkmale der Versorgungsspannung an der Übergabestelle zum Netznutzer in öffentlichen Nieder-, Mittel- und Hochspannungsversorgungsnetzen. Die Effektivwerte der Spannung als 10-min-Mittelwerte der langsamen Spannungsänderungen (üblicherweise aufgrund von Laständerungen) sollen unter normalen Betriebsbedingungen während 95% eines jeden Wochenintervalls um nicht mehr als  $\pm 10\%$  von der Nennspannung abweichen.

Die NAV fordert im § 13 »Elektrische Anlage«, Absatz (4), dass der Spannungsfall in den Leitungen zwischen dem Ende des Hausanschlusses und dem Zähler nicht mehr

## Kabel konform beschriften mit dem PT-E550W und den Pro-Bändern

Mit dem robusten und zuverlässigen Brother PT-E550WWP drucken Sie Etiketten zur Kennzeichnung nach DIN-Vorgaben direkt vor Ort. Die Bänder der Pro-Serie wurden für spezielle Anwendungen konzipiert und bieten Experten umfangreiche Lösungen für ihre Kennzeichnungsaufgaben.



Schrumpfschlauch



Selbstlaminierend



Extra-stark klebend



Flexi-Tape



PROFESSIONELL  
BESCHRIFTEN

Besuchen Sie unser Web-Seminar

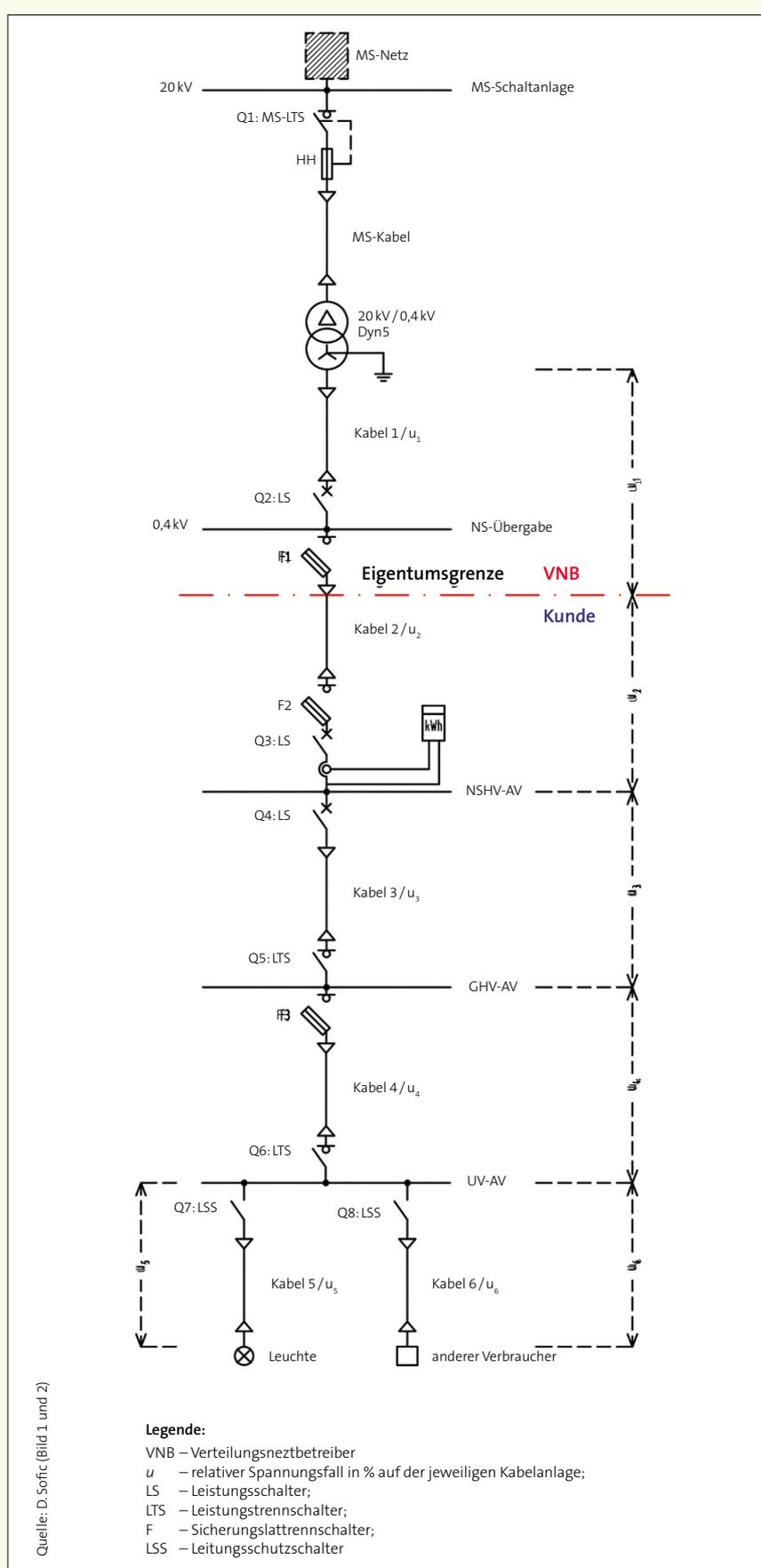
„Normgerechte Kennzeichnung von Elektro- und Netzwerkanlagen“:

Datum: 13.11.2020 | Uhrzeit: 10:00 Uhr

[www.elektro.net/webinar/normgerechte-kennzeichnung-von-elektro-und-netzwerkanlagen](http://www.elektro.net/webinar/normgerechte-kennzeichnung-von-elektro-und-netzwerkanlagen)

JETZT ANMELDEN

[www.brother.de](http://www.brother.de)



**Bild 1:** Praxisbeispiel eines Großabnehmers (Übersichtsschaltplan) – der VNB legte hier die Eigentumsgrenze als Schnittpunkt zwischen Verteilungsnetz und Verbraucheranlage fest

als 0,5% der Nennspannung betragen darf. Dabei wird die Nennstromstärke der vorgeschalteten Sicherung zugrunde gelegt.

Die **VDE-AR-N 4100** nimmt im Abschnitt 6.2.5 »Spannungsfall« Bezug auf §13 NAV und fordert, dass der Spannungsfall im Hauptstromversorgungssystem 0,5% der Nennspannung des Netzes nicht überschreiten darf. Bei der rechnerischen Ermittlung des Spannungsfalls soll der Bemessungsstrom der Hausanschlussicherung zugrunde gelegt werden. Für Wohngebäude liegt der entsprechende Wert bei mindestens 63A. Hinsichtlich des Spannungsfalls hinter der Übergabestelle wird auf die Beachtung der DIN VDE 0100-520 sowie der DIN 18015-1 hingewiesen.

Die TAB 2007 wurde durch die **TAB 2019** ersetzt. Im Abschnitt 6.2.5 »Spannungsfall« sind die bekannten zulässigen Werte des Spannungsfalls im Hauptstromversorgungssystem in Abhängigkeit vom Leistungsbedarf wie folgt aufgelistet (hierzu ist angegeben: Leistungsbedarf → zulässiger Spannungsfall):

- bis 100 kVA → 0,50%
- über 100 kVA bis 250 kVA → 1,00 %
- über 250 kVA bis 400 kVA → 1,25 %
- über 400 kVA → 1,50 %.

In der TAB 2019 wird bezüglich des zulässigen Spannungsfalls im Hauptstromversorgungssystem nicht mehr nach dem Leistungsbedarf differenziert. Es wird lediglich im Abschnitt 6 »Hauptstromversorgungssystem«, Absatz (5), genauso wie in der VDE-AR-N 4100 Bezug auf §13 Absatz 4 NAV genommen und gefordert, dass der Spannungsfall im Hauptstromversorgungssystem 0,5% der Nennspannung des Netzes nicht überschreiten darf. Auch hier ist die Nennstromstärke der vorgeschalteten Hausanschlussicherung zugrunde zu legen.

Im Abschnitt 6 »Hauptstromversorgungssystem«, Absatz (3), findet sich die Aussage, dass für die Dimensionierung des Hauptstromversorgungssystems in Wohngebäuden die DIN 18015-1 einzuhalten ist. Hierbei sind alle anderen Hauptstromversorgungssysteme entsprechend ihrer Leistungsanforderung zu dimensionieren.

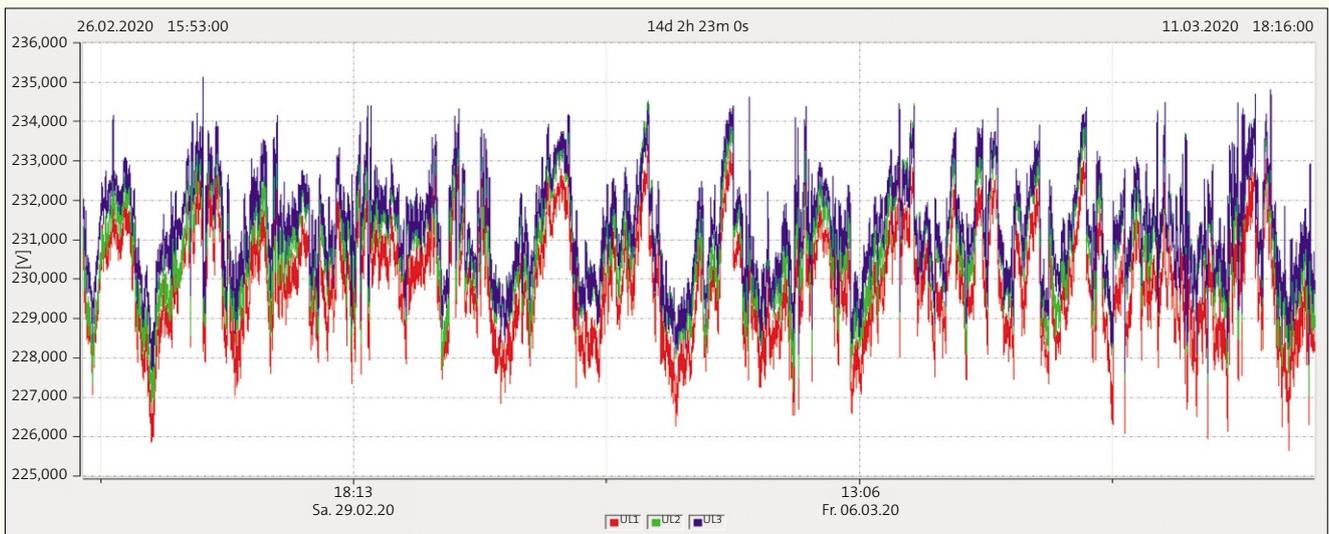
Die **DIN 18015-1** gilt nur für Wohngebäude. Man findet in deren Abschnitt 5.2.1 »Hauptstromversorgung und Hauptleitungen« folgende Aussagen:

- Der zulässige Spannungsfall zwischen der Übergabestelle (Hausanschlusskasten) und der Messeinrichtung (Zähleranlage) ist der NAV sowie VDE-AR-N 4100 zu entnehmen;

# /// WAS AUCH IMMER SIE BRAUCHEN - MIT DER SOURCING PLATFORM BESCHAFFEN WIR DAS!

Bei Conrad finden Sie jetzt Ihren technischen Betriebsbedarf und umfassende Services.





**Bild 2:** Spannungseffektivwertdiagramm an einer NSHV-AV, aufgezeichnet mit dem Netzanalysator PQ-Box 200 (Hersteller »a-eberle« aus Nürnberg)

- Der Spannungsfall hinter der Messeinrichtung bis zum Anschlusspunkt der Verbrauchsmittel sollte einen Wert von 3 % insgesamt nicht überschreiten. Bei der Berechnung des Spannungsfalls in jedem Kabelabschnitt soll der Bemessungsstrom der vorgeschalteten Überstromsicherheit herangezogen werden.

Gemäß **DIN VDE 0100-520** soll der Spannungsfall vom Schnittpunkt zwischen Verteilungsnetz und Verbraucheranlage bis zum Anschlusspunkt des Verbrauchsmittels soll nicht größer sein als die Werte aus der Tabelle G.52.1 des Anhangs G (**Tabelle**). Es wird auch empfohlen, dass der Spannungsfall der Endstromkreise die Werte der Zeile A nicht überschreitet. Der Anhang G enthält auch den Berechnungsterm, der durch die internationale Harmonisierung entstanden ist. Dieser unterscheidet sich etwas von den in Deutschland üblichen Berechnungstermen bzw. Bezugsgrößen.

**DIN VDE 0100 Beiblatt 5** gilt als der Projektierungsleitpfaden für die Niederspannungsanlagen. Die Tabelle 3 im Abschnitt 5.7.6 »Grenzlänge bei maximalem zulässigem Spannungsfall« ist identisch mit der

Tabelle G.52.1 aus der DIN VDE 0100-520. Die vorhandene Berechnungsnomenklatur entspricht der aus dem alten Beiblatt 5 zu DIN VDE 0100 vom November 1995 bzw. der, die in Deutschland üblicherweise verwendet wird. Diese unterscheidet sich etwas von der aus dem Anhang G der DIN VDE 0100-520.

Der **Entwurf von DIN VDE 0100-520** ist als Ersatz für die gültige DIN VDE 0100-520:2013-06 vorgesehen. Es ist beabsichtigt, die Begriffe anzugleichen, den Anhang G (sowie auch Tabelle G.52.1 sowie den o. g. Berechnungsterm) komplett zu streichen. Ebenso ist beabsichtigt, den Abschnitt 525 »Spannungsfall in Verbraucheranlagen« wie folgt anzupassen: »Der Spannungsfall vom Schnittpunkt zwischen Verteilungsnetz und Verbraucheranlage bis zum Anschlusspunkt eines elektrischen Verbrauchsmittels (Steckdose oder Geräteanschlussklemme) soll nicht größer als 4 % der Nennspannung des Netzes sein«. Somit ist also beabsichtigt, zur alten normativen Aussage zurückzukehren, die bis zum Zeitpunkt Juni 2013 gegolten hat.

### Bewertung des Status quo

Die große Anzahl an Normen und Bestimmungen mit diversen Aussagen zum Spannungsfall trägt in der Praxis oft zu einer gewissen Verwirrung bei. Die Anwendung der Werte aus der Zeile A der Tabelle G.52.1 von DIN VDE 0100-520 ist i. d. R. unproblematisch, da es sich hierbei unmissverständlich um Kundenanlagen kleinerer Bezugsleistungen handelt, die über den Hausanschlusskasten (HAK) aus dem öffentlichen Versorgungsnetz des VNB versorgt werden.

Geht es aber darum, die Werte aus der Zeile B der Tabelle G.52.1 der DIN VDE 0100-520 anzuwenden bzw. ein privates Energieversorgungsnetz zu planen, kann es aufgrund möglicher unterschiedlicher Interpretationen bzw. Expertenmeinungen in der Praxis zur Verunsicherung kommen.

### Praxisbeispiel

**Bild 1** zeigt das Praxisbeispiel eines Großabnehmers mit einer bezogenen Leistung von ca. 500kVA. Dieser wird exklusiv von der Trafostation eines VNBs versorgt. Die Energiemessung findet dabei niederspannungsseitig statt. Schon in der Planungsphase wurde mit dem VNB Folgendes abgeklärt: Die Eigentumsgrenze ist gleichzeitig die Übergabestelle und das Hauptstromversorgungssystem ist die Strecke zwischen der Übergabestelle und der NSHV-AV, also der ungemessene bzw. ungezählte Bereich. Der VNB gewährte im Hauptstromversorgungssystem den maximal zulässigen

Tabelle: Spannungsfall vom Schnittpunkt zwischen Verteilungsnetz und Verbraucheranlage bis zum Anschlusspunkt des Verbrauchsmittels		
	Beleuchtung [%]	Andere elektrische Verbrauchsmittel [%]
A – Niederspannungsanlage, unmittelbar versorgt von einem öffentlichen Energieversorgungsnetz	3	5
B – Niederspannungsanlage versorgt von einem privaten Energieversorgungsnetz	6	8

Quelle: DIN VDE 0100-520, Tabelle G.52.1

Spannungsfall von 1,5 % (im Bild ist das  $u_2$ ), weil es sich nicht um einen Anschluss an das öffentliche Niederspannungsversorgungsnetz handele. Somit müsse er sich – seiner Ansicht nach – nicht an § 13 NAV halten. Der VNB gewährte die Spannungstoleranzen an der Übergabestelle von +10 % und -7 %. Die -7 % sind ein in der Praxis üblicher Wert und dadurch begründet, dass die Entfernung des Transformators von der Übergabestelle sehr kurz ist.

Da die Kundenanlage aus der eigenen Transformatorstation eingespeist wird, wurde festgelegt, dass die Werte des zulässigen Spannungsfalls aus der Zeile B der Tabelle G.52.1 der gültigen DIN VDE 0100-520:2013.06 angewendet werden. Ebenso wurde festgelegt, dass die zulässigen Spannungsfälle der Endstromkreise die Werte aus der Zeile A der Tabelle G.52.1 einhalten müssen.

### Spannungsfallkoordination – Berechnung

Somit galt für das skizzierte AV-Teil des Praxisbeispiels die nachfolgende Berechnung im Rahmen einer Spannungsfallkoordination:

- **Spannungsfall im Hauptstromversorgungssystem:**  $u_2 \leq 1,5 \%$
- **Spannungsfallkoordination bis zur skizzierten Leuchte:**
  - ▶ Kumulierter Spannungsfall am Anschlusspunkt der skizzierten Leuchte:  $u_2 + u_3 + u_4 + u_5 \leq 6 \%$
  - ▶ Spannungsfall auf der Zuleitung der skizzierten Leuchte:  $u_3 \leq 3 \%$
  - ▶ Bei  $u_2 = 1,5 \%$  galt für den Pfad zur skizzierten Leuchte  $u_3 + u_4 + u_5 = 6 \% - 1,5 \% = 4,5 \%$
  - ▶ Bei  $u_2 = 1,5 \%$  und  $u_3 = 3 \%$  galt  $u_3 + u_4 = 6 \% - 1,5 \% - 3 \% = 1,5 \%$
- **Spannungsfallkoordination bis zum skizzierten anderen Verbraucher:**
  - ▶ Kumulierter Spannungsfall am Anschlusspunkt des skizzierten anderen Verbrauchers:  $u_2 + u_3 + u_4 + u_6 \leq 8 \%$
  - ▶ Spannungsfall auf der Zuleitung des skizzierten anderen Verbrauchers:  $u_6 \leq 5 \%$
  - ▶ Bei  $u_2 = 1,5 \%$ , galt für den Pfad zum skizzierten anderen Verbraucher  $u_3 + u_4 + u_6 = 8 \% - 1,5 \% = 6,5 \%$
  - ▶ Bei  $u_2 = 1,5 \%$  und  $u_6 = 5 \%$  galt  $u_3 + u_4 = 8 \% - 1,5 \% - 5 \% = 1,5 \%$ .

In einem realen Anwendungsfall legte der Autor die Spannungsfallkoordination analog zu

diesem Praxisbeispiel fest. Nach der Anlagenerrichtung wurden zur Verifizierung Langzeitspannungsqualitätsmessungen an verschiedenen Netzknotenpunkten durchgeführt und die Richtigkeit des rechnerischen Ansatzes nachgewiesen.

### Auswertung der Ergebnisse

Im Bild 2 sind die Effektivwerte der Spannung am Sammelschienensystem der NSHV-AV als 1-min-Mittelwerte aufgezeichnet. Bei der rechnerischen Ermittlung des Spannungsfalls muss auf die Bezugsspannung geachtet werden. Während in einem Wechselstromkreis die Bezugsspannung, die Spannung zwischen dem Außenleiter und dem Neutralleiter (230 V) ist, ist dies in einem Drehstromkreis die Außenleiterspannung (400 V). Der Spannungsfall ist eine komplexe Größe, wobei der Realteil (der sogenannte Längsspannungsfall) für praktische Anwendungen vollkommen ausreichend ist. Die NS-Kabel wirken schon bei niedriger Auslastung ohmsch-induktiv (MS-Kabel verhalten sich dagegen fast im gesamten Auslastungsbereich ohmsch-kapazitiv).

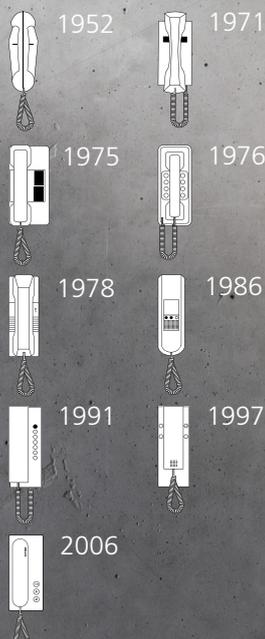
Der Spannungsfall auf einem Kabel ist sowohl von dem Impedanzwinkel des Kabels als

# Aus alt wird App

# SSS SIEDLE

Die neuen IQ-Haustelefone verbinden die Haustür mit dem Smartphone. Drahtlos, problemlos, sicher. Für Siedle-Sprechanlagen ab Baujahr 1952.

[www.siedle.de/IQHT](http://www.siedle.de/IQHT)



Made in Germany



auch von dem Winkel der am Kabelende angeschlossenen Last abhängig (Winkel zwischen dem Spannungszeiger und dem Stromzeiger am Kabelende).

Wird über ein NS-Kabel gemäß Energieflussrichtung vom Kabelanfang zum Kabelende Energie bzw. Leistung zu einem Verbraucher mit einem ohmsch-induktiven Verhalten übertragen, sinkt die Spannung ab (Spannungsfall). Die Spannung am Kabelende ist kleiner als die Spannung am Kabelanfang. Der Verbraucher bezieht dabei neben der Wirkleistung auch die induktive Blindleistung ( $P > 0$  und  $Q > 0$ ; es gilt für die Betrachtung des Verbraucherzählpeilsystem).

Wird über ein NS-Kabel gemäß der Energieflussrichtung vom Kabelanfang zum Kabelende Energie bzw. Leistung zu einem Verbraucher mit einem ohmsch-kapazitiven Verhalten übertragen, kommt es zur Spannungserhöhung. Die Spannung am Kabelende ist größer als die Spannung am Kabelanfang. Der Verbraucher nimmt dabei die Wirkleistung auf und liefert die kapazitive Blindleistung ( $P > 0$  und  $Q < 0$ ; es gilt auch hier für die Betrachtung des Verbraucherzählpeilsystem).

### Dynamische Spannungsänderung

In der Praxis kommt es vor, dass in einer bestehenden Verbraucheranlage ein neuer Verbraucher errichtet werden soll, der bei seiner häufigen Zuschaltung und/oder während des Betriebes hohe Einschalt- bzw. Anlaufleistungspitzen aufweist. Die Anschlussstelle der Zuleitung dieses Verbrauchers muss so ausgewählt werden, dass die anderen Verbraucher durch ihn in ihrer Funktion nicht gestört werden. Ein derartiger Verbraucher kann neben einem Drehstrommotor ohne FU auch medizinisch-radiologische Geräte (CT-Geräte, MRT-Geräte, HKL-Geräte etc.) sein. Während der Spannungsfall auf der Zuleitung dieses Verbrauchers bzw. der resultierende kumulierte Spannungsfall an seinen Anschlussklemmen für seine ordnungsgemäße Funktionsweise maßgebend sind, beeinflusst die durch ihn am Anschlusspunkt seiner Zuleitung hervorgerufene Spannungsänderung alle anderen Verbraucher, deren Zuleitungen an die gleiche Verteilung angeschlossen sind.

Zur Veranschaulichung dieses Phänomens wird der Anschlusspunkt eines (relativ) kleinen Drehstrommotors anhand der Motordaten sowie der elektrischen Daten unseres Praxisbeispiels kurz diskutiert, der folgende Bemessungsdaten aufweist:

- 400 V Bemessungsspannung,
- 22 kW Bemessungswirkleistung,

- Bemessungs-Grundschrwingungsleistungsfaktor von 0,84
- Bemessungs-Wirkungsgrad von 0,92
- Grundschrwingungsleistungsfaktor beim Motoranlauf von 0,6
- der Quotient aus Motoranlaufstrom zu Motorbemessungsstrom beträgt 5.

Für die mathematische Ermittlung der durch den Motoranlauf verursachten Spannungsänderung ist die Kenntnis der komplexen Kurzschlusswechselstromleistung am Anschlusspunkt der Motorzuleitung von der entscheidenden Bedeutung. Schauen wir uns an, welche Spannungsänderungen zuerst beim Anschluss der Motorzuleitung an der NSHV-AV und danach an der UV-AV unseres Praxisbeispiels entstehen: Dieser Drehstrommotor ruft eine relative Spannungsänderung (relativer Spannungsfall) von 1,4% während seines Anlaufs hervor, wenn er an der NSHV-AV angeschlossen ist. Hierbei trägt die komplexe Kurzschlusswechselstromleistung am Sammelschienensystem der NSHV-AV  $8,985 e^{j 78,26^\circ}$  MVA. Demzufolge werden all jene Abgänge (Verbraucher) diese relative Spannungsänderung von 1,4% auch erfahren, die an der NSHV-AV angeschlossen sind.

Beim Anschluss dieses Drehstrommotors an der UV-AV wird er während seines Anlaufs eine relative Spannungsänderung (einen relativen Spannungsfall) von 7,6% an der UV-AV verursachen, wobei dabei das Sammelschienensystem der UV-AV eine komplexe Kurzschlusswechselstromleistung von  $1,678 e^{j 27,14^\circ}$  MVA aufweist. D. h. alle Verbraucher, die von der UV-AV versorgt werden, werden diese relative Spannungsänderung von 7,6% ebenfalls erfahren. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass beim Motoranschluss an der UV-AV die Spannungsänderung und dadurch die Rückwirkung auf die anderen Verbraucher 5,3 mal größer ist im Vergleich zum Motoranschluss an der NSHV-AV.

### Generelle Schlussfolgerungen

Die von einem Verbraucher mit hohem Anlaufstrom, hohem Einschaltstrom bzw. hohem schwankendem Betriebsstrom hervorgerufene Spannungsänderung hängt generell von folgenden physikalischen Größen ab:

- Kurzschlusswechselstromleistung am Anschlusspunkt,
- Impedanzwinkel (im Mitsystem) des Netzes am Anschlusspunkt,
- Scheinanlaufleistung (z. B. die eines Drehstrommotors),
- der Scheineinschaltleistung (z. B. die eines medizinisch-radiologischen Gerätes)

- Scheinleistungsänderung (z. B. die eines Verbrauchers mit schwankender Laständerung)
- Lastwinkel beim Anlauf bzw. Einschalten bzw. dem Winkel der Laständerung.

Die größte Laständerung Spannungsänderung bzw. der größte Spannungsfall entsteht, wenn der Netzimpedanzwinkel und der Lastwinkel bzw. der Winkel der Laständerung gleich groß sind. Es ist dabei auf das Vorzeichen des Lastwinkels zu achten. Bei einer ohmsch-induktiven Laständerung ist der Lastwinkel positiv und bei einer ohmsch-kapazitiven Laständerung ist der Lastwinkel negativ. Dies gilt auch hier wieder bei der Betrachtung gemäß Verbraucherzählpeilsystem.

### Fazit

Es empfiehlt sich, im Vorfeld eines jeden Projekts mit dem zuständigen VNB sowohl den zulässigen Spannungsfall im Hauptstromversorgungssystem als auch die Spannungstoleranzen an der Übergabestelle zu klären. Da die Normen nur Empfehlungen zum zulässigen Spannungsfall enthalten, verbleibt die Verantwortung für die Spannungsfallkoordination bzw. die Bestimmung des Spannungsfalls jedes Stromkreises eines Projektes beim Planer.

Um spätere eventuelle unterschiedliche Interpretationen der Normenaussagen zu vermeiden – die sogar zu gerichtlichen Auseinandersetzungen führen können –, empfiehlt es sich, den zulässigen Spannungsfall in den Leistungsverzeichnissen und Verträgen sehr genau zu präzisieren. Für die richtige Auswahl des Netzanschlusspunktes sowie die Auslegung der Spannungsänderung (Spannungsfall), die ein Verbraucher mit hohem Anlauf-, Einschalt- bzw. hohem schwankendem Betriebsstrom verursacht, sind entsprechende Fachkenntnisse zur Netzberechnung unabdingbar.

### FÜR SCHNELLESER

**VDE-AR-N 4100:2019-04** gilt als maßgebende Richtlinie für zulässige Spannungsfälle in der Hauptstromversorgung

**Die Begrenzung des Spannungsfalls** ist sowohl wirtschaftlich als auch für die bestimmungsgemäße Funktion elektrischer Verbraucher von Bedeutung

### Autor:

Dipl.-Ing. Dragan Sofic,  
EAB Anlagenbau GmbH  
Rheine/Main, Dietzenbach