

# Spannungsfall

(Text gemäß: DIN IEC 38; DIN 18015-1; DIN VDE 0100-520; AVBELtV, TAB 2000)

## **1. Physikalischer Hintergrund:**

Während die Quellenspannung in einem Stromkreis die Ursache des Stromflusses ist, entsteht ein Spannungsfall über einem Widerstand als Folge des Stromflusses. Soll elektrische Energie über weite Strecken übertragen werden, treten über den Leitungswiderständen beim Stromfluss Spannungsfälle auf. Um diese Spannungsfälle wird die nutzbare Spannung an elektrischen Betriebs- und Verbrauchsmitteln gemindert.

Mit der nebenstehenden Dimensionierungsgleichung des Widerstandes lassen sich die Leitungswiderstände berechnen, die für eine möglichst verlustfreie Energieübertragung sehr klein sein müssen. Bei gegebenem Leitungsmaterial, z.B. Kupfer, lässt sich der Leitungswiderstand nur durch die Leitungslänge und den Querschnitt verändern. Da in der Gleichung mit  $l$  die einfache Leiterlänge angegeben ist, muss bei Leitungsrechnungen im Gleich- und Wechselstromkreis - aufgrund des Hin- und Rückleiters - die zweifache Leiterlänge berücksichtigt werden.

$$R = \frac{l}{\chi \cdot q}$$

## **2. Folgen des Spannungsfalls:**

Elektrische Betriebsmittel benötigen für eine sichere Funktionsweise eine möglichst konstante Betriebsspannung. Aus diesem Grund darf nach DIN IEC 38 die Nennspannung von 230 V nur um +6% und -10% abweichen (Diese Regelung gilt bis 31.12.2007. Ab dem 01.01.2008 beträgt die Toleranz der Nennspannung  $\pm 10\%$ ). Innerhalb dieses Bereichs ist der ordnungsgemäße Betriebs vieler Geräte gewährleistet.

Wird z.B. ein Motor, der an der Welle ein konstantes Drehmoment erzeugen soll, als Folge eines Spannungsfalls auf den Zuleitungen mit einer zu geringen Spannung versorgt, steigt die Stromaufnahme des Motors. Fließt dieser höhere Strom über einen längeren Zeitraum, so tritt eine unzulässige Erwärmung ein. Selbst bei einer rechtzeitigen Abschaltung z.B. durch ein Motorschutzrelais, wäre eine Betriebsstörung die Folge.

Das Betriebsverhalten von Glühlampen ist ebenfalls stark von der Versorgungsspannung abhängig. So führt beispielsweise bei Halogenglühlampen eine Spannungssenkung von 3% bereits zu einer Minderung des Lichtstromes um 10% und zu einer Veränderung der Lichtfarbe.

## **3. Vorschriften:**

Festlegungen zum Spannungsfall lassen sich in einer Vielzahl von Vorschriften finden. Besonders wichtig für die Elektroinstallation in Wohngebäuden sind die im Weiteren unterstrichen hervorgehobenen Vorschriften.

Die bereits beschriebene DIN IEC 38 führte zu einer einheitlichen Regelung der Nennspannungen in den meisten europäischen Ländern. DIN VDE 0100-520 gibt als Grenzwert für den maximal zulässigen Spannungsfall zwischen Hausanschluss und Verbrauchsmittel  $\varepsilon \leq 4\%$  an (siehe Bild 1).

In der „Niederspannungsanschlussverordnung“ (NAV) wird ein Spannungsfall von  $\varepsilon \leq 0,5\%$  zwischen Hauseinführung und dem Zählerplatz gefordert (siehe Bild 1). Diese Festlegung bezieht sich aber auf einen Leistungsbedarf von weniger als 100 kVA. Ist ein höherer Leistungsbedarf vorhanden, gestatten die Technischen Anschlussbedingungen (TAB 2000) zulässige Spannungsfälle entsprechend der angegebenen Tabelle 1.

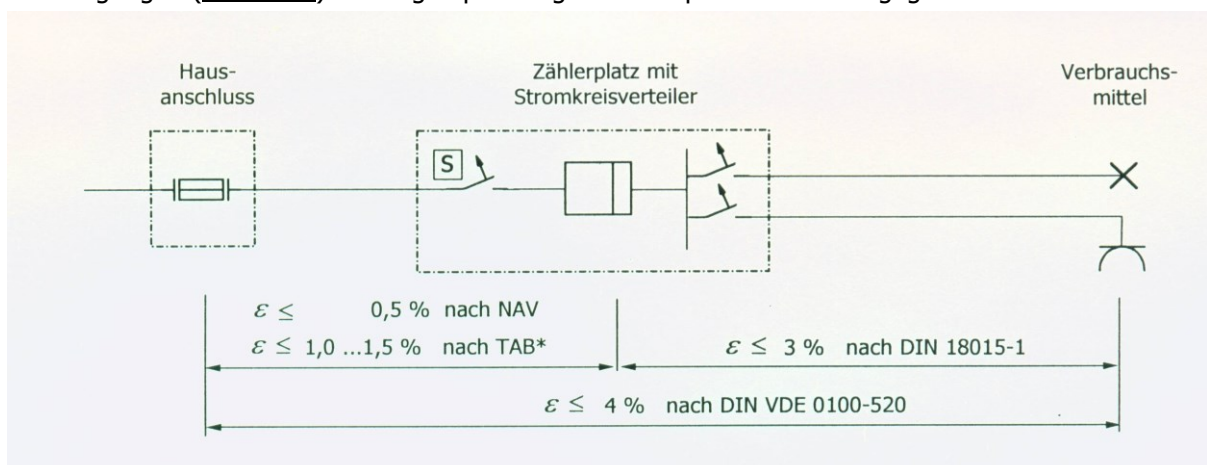


Bild 1

\* Die Begrenzung ergibt sich aus den Forderungen der TAB (siehe auch nachfolgende Tabelle)

DIN 18015-1 legt als zulässigen prozentualen Spannungsfall zwischen Zähleinrichtung und Verbrauchsmittel einen Wert von  $\varepsilon \leq 3\%$  fest, unabhängig davon, ob der Stromkreisverteiler sich im Zählerplatz befindet oder außerhalb des Zählerplatzes angeordnet ist (siehe Bild 1 und 2). Da der Gesamtspannungsfall 4% nicht überschreiten darf, ist ggf. für den Spannungsfall zwischen Zähleinrichtung und Verbrauchsmittel ein kleinerer Wert anzusetzen.

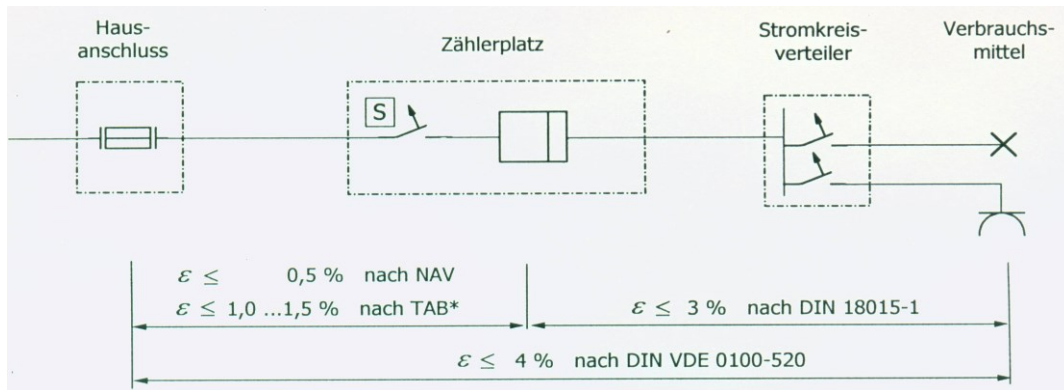


Bild 2

\* Die Begrenzung ergibt sich aus den Forderungen der TAB (siehe auch nachfolgende Tabelle)

Tabelle 1: Zulässiger prozentualer Spannungsfall zwischen Hausanschluss und Zähleinrichtung

| Leistungsbedarf | zulässiger prozentualer Spannungsfall | Vorschrift |
|-----------------|---------------------------------------|------------|
| unter 100 kVA   | 0,5 %                                 | NAV        |
| 100 bis 250 kVA | 1,0 %                                 | TAB        |
| 250 bis 400 kVA | 1,25 %                                | TAB        |
| über 400        | 1,5 %                                 | TAB        |

In der DIN VDE 0100-610 wird der Nachweis des Spannungsfalls gefordert. Die genauen Vorschriften für diese Prüfung befinden sich allerdings noch in Vorbereitung.

#### **4. Berechnungen des Spannungsfalls:**

Um aufgrund der unterschiedlichen Nennspannungen (z.B. 230 V oder 400 V) nicht jeweils unterschiedliche Beträge des zulässigen Spannungsfalls in Volt anzugeben, wird in Normen und Vorschriften der zulässige Spannungsfall einheitlich in Prozent festgelegt. Dieser prozentuale Spannungsfall lässt sich nach der folgenden Gleichung berechnen.

$$\varepsilon = \frac{\Delta U}{U_N} 100\%$$

$\varepsilon$  – Spannungsfall in % (früher verwendetes Formelzeichen:  $\Delta u$ )

$\Delta U$  – Spannungsfall in Volt

$U_N$  – Netzennspannung (Wechselstromkreis 230 V, Drehstromkreis 400 V)

Um überprüfen zu können, ob der in den Normen/Vorschriften geforderte Wert des zulässigen Spannungsfalls eingehalten ist, bieten sich – je nach Art des Stromkreises – die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Berechnungsgrundlagen an. Diese Gleichungen vernachlässigen sowohl die Blindwiderstände als auch die Temperaturabhängigkeit von Leitungen. Obwohl in der Installationstechnik vor allem Wechsel- und Drehstromkreise von Bedeutung sind, werden auch die Formeln für den Gleichstromkreis mit angegeben.

Tabelle 2: Berechnungsgrundlagen zum Spannungsfall:

|                                      | Gleichstromkreis                                            | Wechselstromkreis                                                      | Drehstromkreis                                                                |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Spannungsfall bei gegebenem Strom    | $\Delta U = \frac{2 \cdot I \cdot l}{\chi \cdot q}$         | $\Delta U = \frac{2 \cdot I \cdot l \cdot \cos \varphi}{\chi \cdot q}$ | $\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot \cos \varphi}{\chi \cdot q}$ |
| Spannungsfall bei gegebener Leistung | $\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot P}{\chi \cdot q \cdot U}$ | $\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot P}{\chi \cdot q \cdot U}$            | $\Delta U = \frac{l \cdot P}{\chi \cdot q \cdot U}$                           |

### **5. Verringerung des Spannungsfalls:**

Wird in elektrischen Anlagen der maximal zulässige Spannungsfall überschritten, sind entsprechende Gegenmaßnahmen erforderlich. Ist ein Verbrauchsmittel mit einem gegebenen Bemessungsstrom mit einer bestimmten Leitungslänge anzuschließen, lässt sich der Spannungsfall meist nur durch einen höheren Leitungsquerschnitt einhalten. Aus der Dimensionierungsgleichung des Widerstandes (siehe Blatt 1) folgt, dass bei einer Querschnittserhöhung der Leitungswiderstand sinkt. An einem geringeren Leitungswiderstand fällt bei gleicher Stromstärke eine geringere Spannung ab.

In Halogen-Beleuchtungsanlagen mit Kleinspannung oder in bestimmten Notstromanlagen ist die Stromstärke aufgrund der geringeren Spannung, bei gleicher Leistung, viel größer als bei einer Nennspannung von 230 V. Dieser höhere Strom verursacht einen höheren Spannungsfall auf den Leitungen, so dass die Dimensionierung von Leiterquerschnitt und -längen besonders sorgfältig ausgeführt werden muss.

### **6. Maximal zulässige Leitungslängen:**

Für die Bemessung von elektrischen Anlagen ist die maximal zulässige Leitungslänge zu berücksichtigen. Sofern der Leiterquerschnitt entsprechend den Bemessungsströmen und den Verlegearten festgelegt wurde, ist zu prüfen, ob die Leitungslänge zur Einhaltung des Spannungsfalls führt.

Die Berechnung dieser Leitungslänge lässt sich mit den in Tabelle 2 aufgeführten Gleichungen durchführen, die jeweils nach  $l$  umzustellen sind. Um schnell die maximalen Leitungslängen in Abhängigkeit von Bemessungsstrom, Querschnitt, prozentualen Spannungsfall und Stromkreisart bestimmen zu können, bietet sich die folgende Übersicht an. Geringfügige Abweichungen zwischen den in der Tabelle aufgeführten und zwischen den berechneten Leitungslängen können zustande kommen, wenn nicht mit dem Bemessungsstrom der Überstromschutzeinrichtung, sondern mit dem Betriebsstrom des Verbrauchers gerechnet wird.

| Normquerschnitt<br>in mm <sup>2</sup> Cu | Überstromschutz-<br>einrichtung in A | maximale Leitungslänge in m bei    |                                  |                                     |
|------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
|                                          |                                      | Drehstrom $\varepsilon \leq 0,5\%$ | Drehstrom $\varepsilon \leq 3\%$ | Wechselstrom $\varepsilon \leq 3\%$ |
| 1,5                                      | 10                                   | -                                  | 58,3                             | 29,0                                |
| 1,5                                      | 16                                   | -                                  | 36,4                             | 18,1                                |
| 1,5                                      | 20                                   | -                                  | 29,1                             | 14,5                                |
| 2,5                                      | 16                                   | -                                  | 60,7                             | 30,2                                |
| 2,5                                      | 20                                   | -                                  | 48,6                             | 24,2                                |
| 2,5                                      | 25                                   | -                                  | 38,8                             | 19,3                                |
| 4                                        | 16                                   | -                                  | 97,1                             | 48,3                                |
| 4                                        | 20                                   | -                                  | 77,7                             | 38,7                                |
| 4                                        | 25                                   | -                                  | 62,2                             | 30,9                                |
| 4                                        | 35                                   | -                                  | 44,4                             | 22,1                                |
| 6                                        | 20                                   | -                                  | 116,5                            | 57,9                                |
| 6                                        | 25                                   | -                                  | 93,2                             | 46,4                                |
| 6                                        | 35                                   | -                                  | 66,6                             | 33,1                                |
| 10                                       | 25                                   | 25,9                               | 155,4                            | -                                   |
| 10                                       | 35                                   | 18,5                               | 111,0                            | -                                   |
| 10                                       | 50                                   | 13,0                               | 77,7                             | -                                   |
| 10                                       | 63                                   | 10,3                               | 61,7                             | -                                   |
| 16                                       | 35                                   | 29,6                               | 177,6                            | -                                   |
| 16                                       | 50                                   | 20,7                               | 124,3                            | -                                   |
| 16                                       | 63                                   | 16,5                               | 98,7                             | -                                   |
| 16                                       | 80                                   | 13,0                               | 77,7                             | -                                   |
| 25                                       | 35                                   | 46,3                               | 277,5                            | -                                   |
| 25                                       | 50                                   | 32,4                               | 194,2                            | -                                   |
| 25                                       | 63                                   | 25,7                               | 154,1                            | -                                   |
| 25                                       | 80                                   | 20,2                               | 121,4                            | -                                   |
| 25                                       | 100                                  | 16,2                               | 97,1                             | -                                   |