

## Veranstaltungsprozesse

### 1.4 Projektieren von nicht stationären elektrischen Anlagen der Veranstaltungstechnik

#### Auswahl von Kabeln / Leitungen und Tabellen Strombelastbarkeit

mit Anleitung zur Ermittlung des zulässigen Kabelquerschnitts

Datum	Dozent	Revision
14.12.2020	Lars Remke	1.4
16.11.2021	Lars Remke	1.5
10.01.2023	Lars Remke	1.6
03.04.2023	Lars Remke	1.7
21.02.2024	Lars Remke	1.8
28.02.2024	Lars Remke	1.9
03.05.2024	Lars Remke	1.10
07.01.2025	Lars Remke	1.11

## Vorwort:

Dieses Skript ist komplett überarbeitet worden, da die Norm „DIN VDE 0298-4“, auf die sich dieses Skript größtenteils bezieht, ebenfalls überarbeitet wurde und im Jahre 2023 als Version DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4): 2023-06 veröffentlicht wurde.

Im Zuge dessen wurden neue Tabellen eingefügt. Die Tabellenbezeichnung in der Version von 2013 kann sich unter Umständen geändert haben.

Alle Neuerungen sind **rot** gekennzeichnet.

## Auswahl von Kabeln / Leitungen

Auszug aus DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4): 2023-06

Tabelle 1 – Übersicht der Kabel- und Leitungsbauarten – Flexible Leitungen

Bauart	Bauart- kurzzeichen  (Auswahl)	Zulässige Betriebs- temperatur am Leiter °C	Belast- barkeit nach Tabelle
Flexible Leitungen mit thermoplastischer PVC- Isolierung	H03VV-F H05VV-F	70	11 <sup>c</sup>
Flexible Standardleitungen mit vernetzter Elastomer-Isolierung	H05RR-F	60	11 <sup>c</sup>
	H05RN-F	60	11 <sup>c</sup>
	H07RN-F	60	13 <sup>c</sup>
Flexible, halogenfreie, raucharme Leitungen mit vernetzter Isolierung	H07ZZ-F	90	13
Ölbeständige Steuerleitung mit thermoplastischer PVC-Isolierung	H05VV5-F	70	11
<sup>c</sup> Belastbarkeit nach Tabelle 11, 2 und 3 belastete Adern, nur für mehradrige Leitungen für Haus- und Handgeräte			

**Anmerkung:** In der oben aufgeführten Tabelle wird für eine Leitung „H07RN-F“ auf die Tabelle 13 zur Ermittlung des Kabelquerschnitts verwiesen. Dies gilt für industrielle Anwendungen, wo in fester Verlegung auch flexible Gummischlauchleitung benutzt wird. Ansonsten kann dieser Passus vernachlässigt werden.

Für die Veranstaltungstechnik gilt auch hier die Tabelle 11.



## Für mehradrige Kabel

Auszug aus DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4): 2023-06

**Tabelle 11 – Belastbarkeit von Leitungen mit Nennspannungen bis 1000 V und von wärmebeständigen Leitungen:**

	Mehradrige Leitungen für Haus- und Handgeräte - gummiisoliert - PVC-isoliert	Mehradrige Leitungen für Haus- und Handgeräte - gummiisoliert - PVC-isoliert	Mehradrige Leitungen (außer Haus- und Handgeräte) - gummiisoliert - PVC-isoliert - wärmebeständig
<b>Anzahl der belasteten Adern</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2 oder 3</b>
<b>Nennquerschnitt Kupferleiter mm<sup>2</sup></b>	<b>Belastbarkeit</b>		
	A		
0,5	3	3	-
0,75	6	6	12
1	10	10	15
1,5	16	16	18
2,5	25	20	26
4	32	25	34
6	40	-	44
10	63	-	61
16	-	-	82
25	-	-	108
35	-	-	135
50	-	-	168

Auszug aus DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4): 2023-06

**Tabelle 17 – Umrechnungsfaktoren für Umgebungstemperaturen abweichend von 30° C für die Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen in Luft (Gummi, Naturkautschuk, synthetischer Kautschuk)**

	Zulässige bzw. empfohlene Betriebstemperatur am Leiter					
	40° C	60° C	70° C	80° C	85° C	90° C
<b>Umgebungstemperatur °C</b>	<b>Umrechnungsfaktoren, anzuwenden auf die Belastbarkeitsangaben</b>					
	<b>(für flexible Leitungen) in den Tabellen 11 und 13</b>					
10	1,73	1,29	1,22	1,18	1,17	1,15
15	1,58	1,22	1,17	1,14	1,13	1,12
20	1,41	1,15	1,12	1,10	1,09	1,08
25	1,22	1,08	1,06	1,05	1,04	1,04
<b>30</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
35	0,71	0,91	0,94	0,95	0,95	0,96
40	-	0,82	0,87	0,89	0,90	0,91
45	-	0,71	0,79	0,84	0,85	0,87
50	-	0,58	0,71	0,77	-	0,82

Auszug aus DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4): 2023-06

**Tabelle 22 – Umrechnungsfaktoren für Häufung auf der Wand oder auf dem Fußboden**

	Anzahl der mehradrigen Kabel und Leitungen (2 bzw. 3 stromführende Leiter)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Verlegeanordnung	Umrechnungsfaktoren									
gebündelt	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,48
einlagig	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70

**Anmerkung:** Diese Tabelle 22 (Umrechnungsfaktoren für Häufung) hatte in der alten Version von 2013 (DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4): 2013-06) die Bezeichnung „Tabelle 21“.

Auszug aus DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4): 2023-06

**Tabelle 27 – Umrechnungsfaktoren für vieladrige Kabel und Leitungen mit Leiternennquerschnitten bis 10 mm<sup>2</sup>**

Anzahl der belasteten Adern	5	7	10	14	19
Umrechnungsfaktor bei Verlegung in Luft	0,75	0,65	0,55	0,50	0,45

**Anmerkung:** Diese Tabelle 27 (Umrechnungsfaktoren für Häufung) hatte in der alten Version von 2013 (DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4): 2013-06) die Bezeichnung „Tabelle 26“.

Auszug aus DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4): 2023-06

**Tabelle B.1 – Reduktionsfaktoren für Oberwellen in 4- und 5-adrigen Kabeln und Leitungen**

Dritte Oberwelle Anteil am Phasenstrom	Reduktionsfaktor	
	Auswahl des Querschnitts nach dem Phasenstrom	Auswahl des Querschnitts nach dem Neutralleiterstrom
0 % bis 15 %	1,0	
über 15 % bis 33 %	0,86	
über 33 % bis 45 %		0,86
über 45 %		1,0

## Richtwerte für die Praxis - Beispielwerte

Tabelle A.2 – Typische Verzerrungsströme elektronischer Verbrauchsmittel

1	2	3	4	5
Elektronisches Verbrauchsmittel	Betriebsart	Typische Werte ausgewählter 1-phasiger elektronischer Betriebsmittel		
		Leistungs- aufnahme $P / W$	Strom- aufnahme $I_{Last} / A$	Verzerrungs- strom $I_V / mA$
Kompakt-Leuchtstofflampe bis 25 W <sup>1)</sup>	Kompakt-Leuchtstofflampen	23	0,15	80
Leuchtstofflampe über 25 W mit elektronischen Betriebsgeräten <sup>1)</sup>	Kompakt-Leuchtstofflampen	29	0,13	20
	Lineare Lampe mit ext. Betriebsgerät	55	0,25	43
Leuchtstofflampe über 25 W mit induktiven (magnetischen) Betriebsgeräten <sup>1)</sup>	ohne Kompensation (induktiv)	62	0,60	67
	mit paralleler Kompensation	62	0,30	67
	mit serieller Kompensation (kapazitiv)	75	0,73	100
Glühlampe 200 W mit Phasenanschnitt-Dimmer <sup>1)</sup>	ungedimmt (min. Winkel = 5°)	200	0,87	7
	60° gedimmt (120° Stromflusswinkel)	161	0,78	224
	120° gedimmt (60° Stromflusswinkel)	38	0,38	220
LED-Leuchtröhre (putativer Ersatz für T8-Leuchtstofflampe 58 W)	ohne Vorschaltgerät	27	0,12	20
	mit induktivem Vorschaltgerät	26	0,12	16
Büro-PC ohne aktive Leistungsfaktor-Korrektur (PFC)	untätig (Leerlauf)	80	0,46	252
	Büro-Alltag gemittelt	85	0,48	270
	Spitze (max. Prozessorlast)	145	0,83	448
Büro-PC mit aktiver Leistungsfaktor-Korrektur (PFC)	untätig (Leerlauf)	77	0,36	53
	Büro-Alltag gemittelt	82	0,38	57
	Spitze (max. Prozessorlast)	136	0,60	79
Röhrenmonitor	veraltete Technik, Bestand fallend	60	0,38	200
Flachbildschirm	100 % Helligkeit	32	0,24	137
	20 % Helligkeit	22	0,17	97
Laptop-PC bis 75 W	PC-Betrieb, stark beansprucht	24	0,20	115
Faxgerät	Tages-Mittelwert	22	0,17	83
Büro-Multifunktionskopierer	Tages-Mittelwert	103	0,61	144
Die Angaben beruhen auf Messergebnissen an typischen Geräten in der jeweiligen Betriebsart.				
<sup>1)</sup> Die aufgeführten Werte sind bei anderen Anschlussleistungen linear umzurechnen.				

Tabelle A.2 gibt für eine Auswahl typischer, Oberschwingungen erzeugender einphasiger Lasten Richtwerte für die zu erwartende Neutralleiterbelastung eines vorgelagerten Verteilungsstromkreises an. In der Spalte „Verzerrungsstrom“ ist angegeben, mit welchem Gesamtstrom aller Oberschwingungen je Watt Leistungsaufnahme bei einem einzelnen Gerät zu rechnen ist. Um bei symmetrischer Verteilung der Verbrauchsmittel auf die Außenleiter zum Neutrallerstrom des versorgenden Verteilungsstromkreises zu gelangen, multipliziert man diesen Wert mit der Leistungsaufnahme eines einzelnen Gerätes und der erwarteten Anzahl der Geräte in allen Außenleitern.

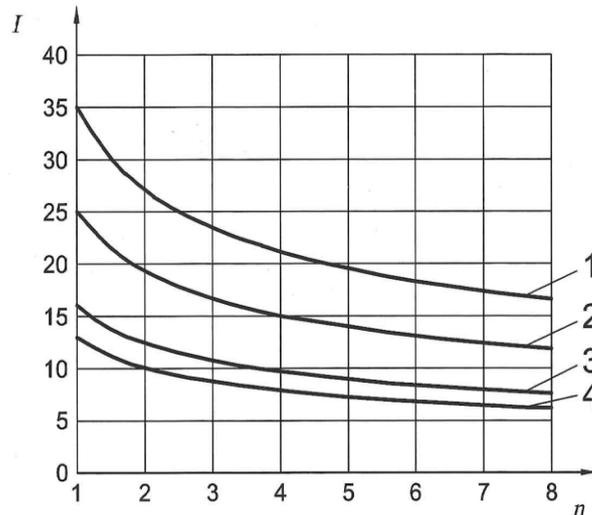
Dieser Neutrallerstrom im Verhältnis zum Außenleiterstrom des Verteilungsstromkreises ergibt die prozentuale Belastung durch Oberschwingungen. Mit diesem Wert kann die zulässige Strombelastbarkeit ermittelt werden.

## Multicore-Leitungen

Auszug aus DIN 15765:2010-04

Im nachstehenden Diagramm ist der Reduzierungsfaktor aus DIN VDE 0298-4 für die Anzahl der aktiven Leiter berücksichtigt (Bild 7).

Aufgrund der abweichenden Einsatzbedingungen der mobilen Produktions- und Veranstaltungstechnik vom Anwendungsbereich DIN VDE 0298-4, ist für die Berücksichtigung der dort zusätzlich angegebenen Reduzierungsfaktoren der Anwender verantwortlich.



### Legende

- $n$  Anzahl der aktiven Stromkreise
- $I$  in A Maximalstrom in Ampere je Stromkreis
- 1 6 mm<sup>2</sup> – Leistungsklasse 1
- 2 4 mm<sup>2</sup> – Leistungsklasse 1
- 3 2,5 mm<sup>2</sup> – Leistungsklasse 2
- 4 1,5 mm<sup>2</sup> – Leistungsklasse 3

Bild 7 — Lastdiagramm bei einer Umgebungstemperatur von +30 °C

## Für einadrige Kabel

Auszug aus DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4): 2023-06

Tabelle 11 – Belastbarkeit von Leitungen mit Nennspannungen bis 1000 V und von wärmebeständigen Leitungen:

Verlegeart	frei in Luft
	Einadrige Leitungen - gummi-isoliert - PVC-isoliert - wärmebeständig
Anzahl der belasteten Adern	1
Nennquerschnitt Kupferleiter mm <sup>2</sup>	Belastbarkeit
50	198
70	245
95	292
120	344
150	391
185	448
240	528
300	608
400	726
500	830

Auszug aus DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4): 2013-06

Tabelle 10 – Betriebsbedingungen für Leitungen mit Nennspannungen bis 1000 V und für wärmebeständige Leitungen

„Bei Häufung einadriger, sich berührende oder gebündelte Leitungen frei in Luft oder auf Kabelpritschen sind die Belastbarkeiten... [...]...vor Anwendung der Umrechnungsfaktoren nach Tabelle 23

- mit dem Faktor 0,7 bei Drehstromkreisen zu multiplizieren.

**Anmerkung:** Für den Anwendungsbereich nach DIN 15767 (Einadrige Leitungsverlegung in der Veranstaltungstechnik ab einer Stromstärke von 125 A) ist dieser Passus vernachlässigbar.



## Querschnittsberechnungen

### nach Strombelastbarkeit und Spannungsfall

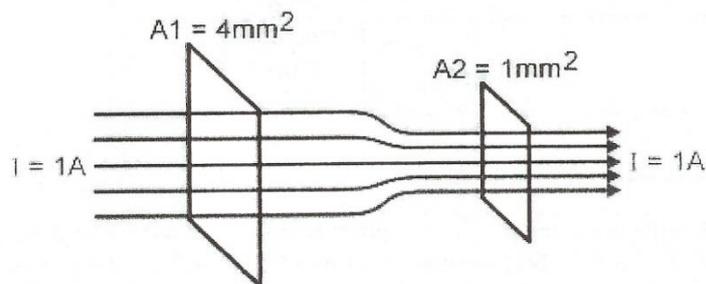
#### Stromdichte:

Wie wir wissen, ist die Stromstärke abhängig vom Widerstand des Verbrauchers gemäß dem Ohmschen Gesetz.

Im Umkehrschluss bedeutet das, dass die Stromstärke unabhängig vom Querschnitt eines elektrischen Leiters ist. Das führt dann unweigerlich dazu, dass große Stromstärken bei einem vergleichsweise kleinen Querschnitt den Leiter erwärmen.

Die Stromstärke je  $\text{mm}^2$  Querschnitt nennt man **Stromdichte  $J$**  (Einheit  $\text{A}/\text{mm}^2$ ).

Ein Leiter erwärmt sich umso mehr, je größer die Stromdichte in ihm ist. Manchmal ist dieser Effekt gewollt, wie zum Beispiel in der Glühwendel eines Leuchtmittels, während sich das Kabel selbst (hoffentlich) nur unwesentlich erwärmt. Bei Schmelzsicherungen wird der Schmelzdraht so heiß, dass er durchbrennt, er bildet sozusagen die „Sollbruchstelle“ in einem Stromkreis.



Stromdichte

Im Falle von Kabeln und Leitungen wollen wir selbstverständlich verhindern, dass der Leiter heiß wird.

Auf folgende Faktoren können wir Einfluss nehmen:

- das Material
- die Länge des Leiters (Formelzeichen  $l$ ) mit der Einheit  $m$
- den Querschnitt (Formelzeichen  $A$ ) mit der Einheit  $\text{mm}^2$

In der Praxis haben sich größtenteils 2 Materialien zum Transport von elektrischer Energie herauskristallisiert: Kupfer und Aluminium. Auf die Länge der Leitung haben wir meistens aufgrund von örtlichen Gegebenheiten nur begrenzten Einfluss; die Position des Speisepunktes und des Betriebsmittels ist in der Regel festgelegt. So bleibt als veränderbare Größe zumeist der Querschnitt als planbare Größe übrig.

Jedem leitfähigen Material ist eine Materialkonstante zugeordnet, die die Fähigkeit, elektrischen Strom zu transportieren, kennzeichnet: Der *spezifische Widerstand* oder der Kehrwert desselben, die *elektrische Leitfähigkeit*.

## Spezifischer Widerstand und Leitfähigkeit:

Der Widerstand eines Leiters von 1 m Länge und 1 mm<sup>2</sup> Querschnitt ist so groß wie der spezifische Widerstand  $\rho$  [rho] bei 20 °C:

$$R = \rho \cdot l / A$$

Die Einheit des spezifischen Widerstandes ist:  $[\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}]$ .

Die Leitfähigkeit  $\kappa$  [kappa] ist der Kehrwert des spezifischen Widerstandes: Einheit  $\text{m} / \Omega \cdot \text{mm}^2$

$$R = l / \kappa \cdot A$$

Die Einheit der elektrischen Leitfähigkeit ist dementsprechend:  $[\text{m} / \Omega \cdot \text{mm}^2]$

Leitfähigkeit von in der Elektrotechnik verwendete Materialien:

Silber:  $\kappa_{\text{Ag}} = 62,5 [\text{m} / \Omega \cdot \text{mm}^2]$

Kupfer:  $\kappa_{\text{Cu}} = 56 [\text{m} / \Omega \cdot \text{mm}^2]$

Gold:  $\kappa_{\text{Au}} = 45 [\text{m} / \Omega \cdot \text{mm}^2]$

Aluminium:  $\kappa_{\text{Al}} = 36 [\text{m} / \Omega \cdot \text{mm}^2]$

In der elektrotechnischen Praxis rechnet man bevorzugt mit dem Einheitsymbol  $\kappa$ .

## Spannungsfall:

Da jeder Leiter einen Widerstand hat, fällt über jedem Leiter eine Spannung ab, die in Summe (Hin- und Rückleiter des zu berechnenden Stromkreises) als Spannungsfall  $\Delta U$  [V] bezeichnet wird.

Der zugelassene Spannungsfall  $\Delta U$  beträgt in der Regel vom Stromzähler bis zum Verbraucher 3% der Netzspannung (Festinstallation, DIN 18015-1), teilweise auch 5% (mobile Installation, SQP4). Die Formel lautet für Gleichstrom und Wechselstrom mit Wirkwiderständen:

$$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\kappa \cdot A}$$

Genaugenommen rechnet man bei Wechselstrom mit Wirkwiderständen den  $\cos \varphi$  mit ein. Da dieser bei Wirkwiderständen  $\cos \varphi = 1$  beträgt, kann man ihn vernachlässigen.

Die exakte Formel für *unverzweigte* Leitungen für *Wechselstrom* beträgt:

$$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot A}$$

Bei Drehstrom wird der Verkettungsfaktor „Wurzel 3“ mit einbezogen. Die Formel für *unverzweigte* Leitungen für *Drehstrom* lautet:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot A}$$



## Strombelastbarkeit:

Bei Überlast soll ein vorgeschaltetes Sicherungsorgan (i.d.R. Schmelz-Sicherung oder LS-Automat) auslösen, um die Leitung vor unzulässiger Erwärmung zu schützen. Es gibt also ein Zusammenwirken von

- tatsächlicher Belastung (Betriebsstrom  $I_B$ )
- Dimensionierung der Sicherung (Nennstrom der Sicherung  $I_n$ )
- Kabelquerschnitt (zulässiger Strom bei gewähltem Kabelquerschnitt  $I_Z$ )

Die Sicherung muss höher dimensioniert sein, als der Betriebsstrom, und das Kabel darf sich nicht unzulässig erwärmen.

Hier hilft uns als Handlungsanweisung die *Nennstromregel*:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

Beispiel:

Beträgt der tatsächliche, geplante Strom eines Endkreises

$$I_B = 14,8A$$

so muss der Nennstrom der Sicherung  $I_n$  höher als 14,8A sein, damit die Sicherung nicht auslöst, wenn der Betriebsstrom von 14,8A fließt. Es ist also eine Sicherung zu wählen, die diesen Strom aushalten kann, also:

$$14,8A \leq I_n$$

Eine Sicherung mit einem Nennstrom von  $I_n = 16A$  würde diese Bedingung erfüllen:

$$14,8A \leq 16A$$

Das zu wählende Kabel muss einen höheren Strom  $I_Z$  aushalten können als  $I_n$ , also:

$$16A \leq I_Z$$

Welches Kabel kann man jetzt auswählen?

Hier muss erwähnt werden, dass noch weitere Faktoren die Strombelastbarkeit (und damit die Erwärmung) begünstigen oder einschränken:

- Kabeleigenschaft
- Verlegeart
- Umgebungstemperatur, Faktor  $f_1$
- Gehäufte Leitungsverlegung (Kabelanzahl), Faktor  $f_2$
- Erhöhte Anzahl belasteter Adern, Faktor  $f_3$
- Belastungsart (Oberwellen), Faktor  $f_4$

## Kabeleigenschaft:

Je nach Bauart können Kabel (oder Adern) unterschiedliche Leiter- und Manteltemperaturen aushalten. Hier geben Datenblätter der Hersteller, sowie die DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4): 2023-06, **Tabelle 1** Hilfestellung.



## Verlegeart:

Ein Kabel in einer wärme gedämmten Wand wird sich wesentlich langsamer abkühlen, als ein Kabel frei in Luft, nachzulesen in DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4): 2023-06, **Tabelle 2** und **9** (feste Verlegung). Diese Tabellen finden bei mobiler Verlegung keine Anwendung.

## Strombelastbarkeit:

Die Strombelastbarkeit (siehe oben) kann aus den **Tabellen 3 bis 8**, und den **Tabellen 11, 13 und 15** der DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4) ermittelt werden. Hauptsächlich wird die **Tabelle 11** herangezogen, bei Verwendung von Kabeln für den Brandschutz oder einer dementsprechenden Forderung auch die **Tabelle 13**.

## Andere Betriebsbedingungen:

Über zusätzliche Betriebsbedingungen geben die **Tabellen 10, 12, 14 und 16** der DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4) Auskunft. Die **Tabellen 12, 14 und 16** finden in der Veranstaltungstechnik keine Anwendung, die **Tabelle 10** nur mit Einschränkung.

## Umgebungstemperatur:

Eine erhöhte Umgebungstemperatur (z.B. Sonnenstrahlung) kann das Kabel zusätzlich erwärmen, oder zumindest die Abkühlung verlangsamen oder verhindern. Im Umkehrschluss kann eine kalte Umgebung die Strombelastbarkeit erhöhen. Die **Tabellen 17 bis 21** der DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4) gibt hier Auskunft, bei mobiler Verlegung die **Tabelle 17**.

## Gehäufte Leitungsverlegung:

Benachbarte Kabel können sich gegenseitig erwärmen, nachzulesen in den **Tabellen 22 bis 26** der DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4). Die **Tabelle 22** ist bei mobiler Verlegung relevant.

## Erhöhte Anzahl belasteter Adern:

Was für benachbarte Kabel gilt, gilt natürlich auch für benachbarte Adern innerhalb eines Kabels: Je mehr Adern ein Kabel hat, desto größer kann die gegenseitige Erwärmung sein. Die **Tabelle 27** der DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4) trägt diesem Sachverhalt Rechnung. In der **DIN 15765** sind diese Umrechnungsfaktoren für Multicore-Leitungen schon mit eingerechnet, der Faktor  $f_3$  muss in der Veranstaltungstechnik also nicht berücksichtigt werden.

Ergänzend darf gesagt werden, dass es noch eine **Tabelle 28** gibt, die den Unterschied von *aufgewickelter Leitung* und *nicht aufgewickelter Leitung* (z.B. Kabeltrommel) aufgreift.

Die in 2023 neu aufgeführte **Tabelle 29** (Kurzzeitstromdichten) findet in der Veranstaltungstechnik keine Anwendung.



## Auswirkungen von Oberschwingungsströmen auf symmetrisch belastete Drehstromsysteme:

Nichtlineare Verbraucher produzieren Oberwellen, die in den Verteilerstromkreis zurückfließen. Der Sachverhalt, dass sich die zurückfließenden Ströme im Neutralleiter aufheben, trifft auf Oberwellen (oder Oberschwingungen) nur bedingt zu:

- Oberschwingungen *gerader* Ordnung heben sich auf (2-fache, 4-fache, 6-fache Frequenz, usw.)
- Oberschwingungen *ungerader* Ordnung, die durch 3 teilbar sind, addieren sich (3-fache, 9-fache, 15-fache Frequenz, usw.)

Insbesondere die Oberwelle 3. Ordnung (3-fache Frequenz von 50 Hz, also 150 Hz) treten in nicht linearen Verbrauchern auf und können den Neutralleiter stärker belasten als die Außenleiter. Aus diesem Grunde müssen Leiterquerschnitte bei Auftreten von Oberwellen nach der Neutralleiterbelastung bemessen werden, siehe Anhang B.1, **Tabelle B.1** der DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4).

Die **Tabelle A.2** (siehe Seite 5) der **DIN VDE 0100-520 Beiblatt 3** (VDE 0100-520 Bbl. 3) zeigt typische Verzerrungsströme elektronischer Betriebsmittel.

**Anmerkung:** Zur Ermittlung von Oberwellenanteilen von Betriebsmitteln erweisen sich Datenblätter von Herstellern als hilfreich. Sind keine Angaben über Oberwellen in den Datenblättern ersichtlich, helfen Konformitätserklärungen mit dem Hinweis „EMV-Richtlinien nach **DIN EN 61000-3-2** (Betriebsmittel  $\leq 16A$ ) oder **DIN EN 61000-3-12** (Betriebsmittel  $> 16A$  und  $\leq 75A$ ) sind eingehalten“. In der Regel kann man dann von einem Oberwellenanteil  $> 15\%$  und  $< 33\%$  ausgehen. Dies entspricht einem Reduktionsfaktor von  $f_4 = 0,86$ .

## Zusammenfassung: Ablauf:

- Ermittlung des Strombedarfs  $I_B$
- Auswahl einer geeigneten Sicherung  $I_n$
- Ermittlung der Einflussfaktoren  $f_1$  bis  $f_4$
- Ermittlung der **rechn.** Mindest-Strombelastbarkeit unter Berücksichtigung der Faktoren  $f_1$  bis  $f_4$ :

$$I_z = \frac{I_n}{f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4}$$

- Auswahl des nächsthöheren Querschnittes aus **Tabelle 11**
- Überprüfung des Spannungsfalls  $\Delta U$ , und eventuell Auswahl eines höheren Querschnittes.

**Anmerkung:** In Lehrbüchern der Elektrotechnik ist sehr oft die Rede von einer Stromstärke  $I_r$ . Damit ist der Wert der zulässigen Stromstärke aus (z.B.) **Tabelle 11** gemeint, allerdings ohne Berücksichtigung der Einflussfaktoren. Hier die Berechnung:

$$I_z = I_r \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4$$

Der Nachteil dieser Methode: Der zuerst aus der Tabelle ausgewählte Wert  $I_r$  wird mit den Korrekturfaktoren nach unten korrigiert. Man muss also einen höheren Querschnitt auswählen und nochmal neu rechnen. Dies dauert länger, führt aber zum selben Ergebnis wie oben.