

# Planung und Bemessung von Hauptstromversorgungssystemen nach DIN 18015-1 und TAB 2000

**Dem Aufbau und der Bemessung des Hauptstromversorgungssystems als zur Kundenanlage gehörendes, jedoch im allgemeinen mehrere Stromkunden versorgendes Verteilungssystem, kommt vor dem Hintergrund der im Energiewirtschaftsgesetz geforderten „sicheren“ Elektrizitätsversorgung der Stromkunden eine besondere Bedeutung zu. TAB 2000 und DIN 18015-1 – im September 2002 neu erschienen – tragen dieser Bedeutung Rechnung. Sie geben dem Planer und/oder dem Errichter des Hauptstromversorgungssystems Hinweise und sie enthalten Forderungen, deren Umsetzung bzw. Einhaltung die gesetzlich geforderte Versorgung mit elektrischer Energie jederzeit garantiert.**

## Definition und Grundlagen

Als „Hauptstromversorgungssystem“ wird die Gesamtheit aller Hauptleitungen und Betriebsmittel hinter der Übergabestelle (Hausanschlusskasten) des Verteilungsnetzbetreibers (VNB) bezeichnet, die nicht gemessene elektrische Energie führen (DIN 18015-1). Dieses System übernimmt in Fortsetzung des öffentlichen Verteilungsnetzes die Verteilung und Fortleitung der elektrischen Energie im Gebäude bis hin zu den Lastabnahmestellen. Das sind die angeschlossenen Kundenanlagen als Wohnungen oder als gewerblich genutzte Anlagen.

Die VNB haben ein Interesse daran, dass dieses System so geplant und errichtet wird, dass sie ihrer im Energiewirtschaftsgesetz verankerten Versorgungspflicht für jeden einzelnen Stromkunden nachkommen können. Um die gewünschte Versorgungssicherheit für dieses System zu erreichen, haben die VNB in ihren „Technischen Anschlussbedingungen für den Anschluss an das Niederspannungsnetz (TAB)“ – die neueste Ausgabe datiert aus dem Jahr 2000 (TAB 2000) – technische Anforderungen an den Aufbau und den Betrieb dieses Hauptstromversorgungssystems formuliert. Der Planer und/oder Errichter dieses Systems ist gehalten, diese Anforderungen zu erfüllen und er muss demzufolge die entsprechenden Festlegungen der TAB 2000 beachten.

---

<sup>\*)</sup> Dipl. Ing. Hartmut Zander ist Leiter Promotion und Verkaufsförderung bei der ABB Stotz-Kontakt / Striebel & John Vertriebsgesellschaft mbH

## Arten von Hauptstromversorgungssystemen

Prinzipiell werden zwei Arten von Hauptstromversorgungssystemen unterschieden:

### **System A: Das Hauptstromversorgungssystem mit zentraler Zählerplatzanordnung. (Bild 1)**

Bei diesem System werden alle im Gebäude vorgesehenen Zählerplätze an zentraler Stelle, z.B. im Hausanschlussraum oder im Raum mit einer Hausanschlusswand nach DIN 18012, also möglichst in der Nähe des Hausanschlusskastens zusammengefasst. Dieses System wird in den TAB 2000 grundsätzlich für die Anwendung empfohlen.

### **System B: Das Hauptstromversorgungssystem mit dezentral in Gruppen zusammengefassten Zählerplätzen. (Bild 2)**

Bei diesem System werden geschossweise die Zählerplätze in Gruppen zusammengefasst, in besonderen Zählerräumen oder in Nischen nach DIN 18013 in Treppenträumen angeordnet und über ein Hauptleitungssystem miteinander verbunden. Der Aufbau dieses Systems bedarf gemäß TAB 2000 der Abstimmung mit dem örtlich zuständigen VNB.

Die Vor- und Nachteile dieser beiden Systeme sind in den **Tabellen 1 und 2** gegenübergestellt.

Das System A ist die technisch vernünftige und wirtschaftliche Lösung für die Versorgung von Wohngebäuden im Standard-Geschosswohnungsbau.

Das System B ist die technisch vernünftige, häufig aber aufgrund von Vorgaben der „Bauordnung der Länder“ nur schwer umsetzbare Lösung für Wohngebäude mit Hochhaus- oder Heimcharakter.

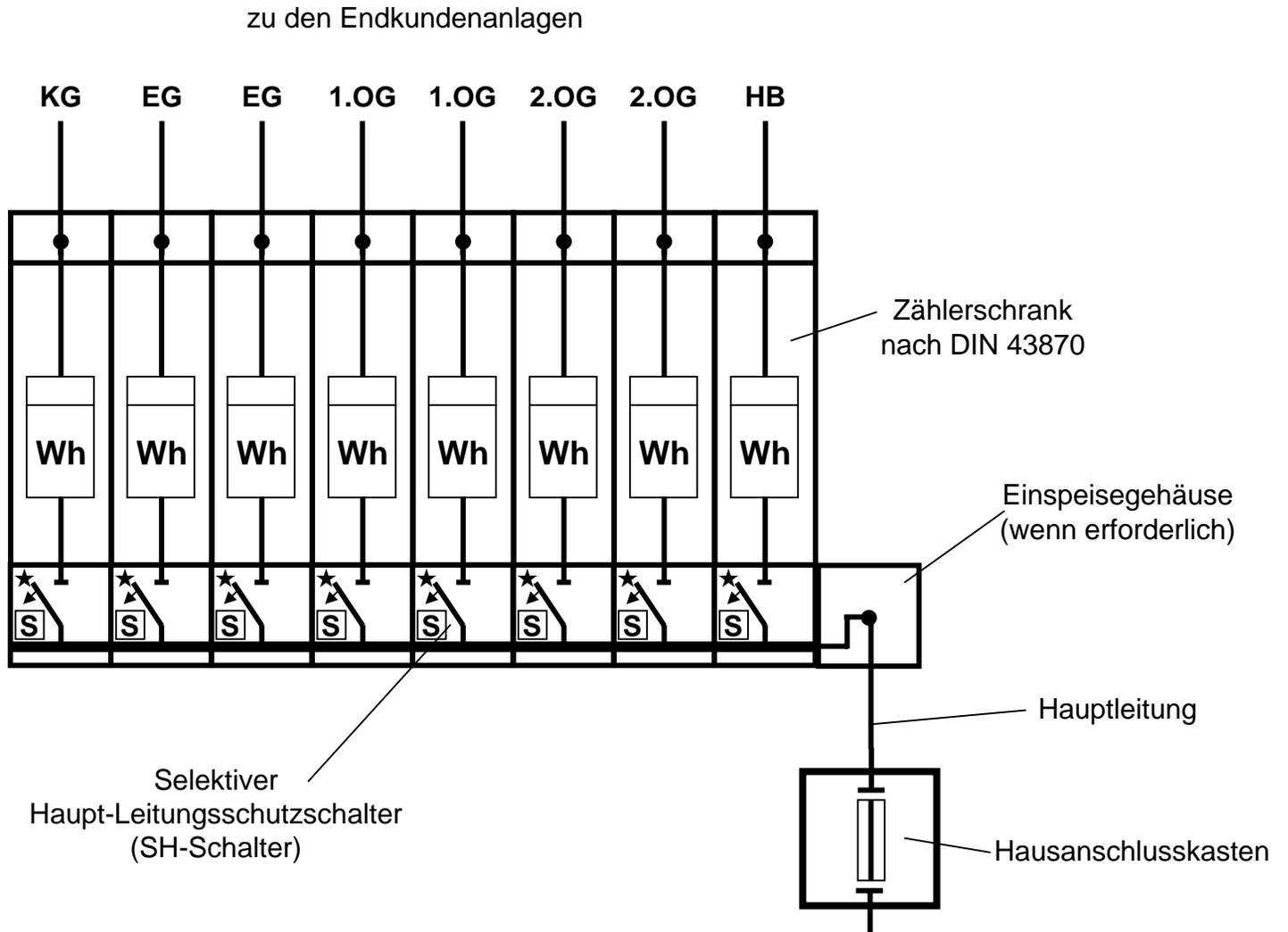
Hauptstromversorgungssysteme für Ein- und Zweifamilienhäuser, soweit man in diesen Gebäuden überhaupt von diesen Systemen reden kann, sind im allgemeinen dem System A zuzurechnen.

Für rein gewerblich genutzte Gebäude, z.B. Bürogebäude oder für Gebäude mit gemischter Nutzung gelten die Aussagen zur Anwendung der Hauptstromversorgungssysteme nach System A oder B sinngemäß.

## Aufbau von Hauptstromversorgungssystemen

Die Art des zu errichtenden Hauptstromversorgungssystems bestimmt der Elektroplaner und berücksichtigt dabei auch die baulichen Gegebenheiten. Er bestimmt in diesem Zusammenhang auch, wie viele Hauptleitungen für die Verteilung der elektrischen Energie im Gebäude notwendig sind. Das ist maßgeblich abhängig von der Anzahl der zu versorgenden Endkundenanlagen und von der Art oder Struktur des zu versorgenden Gebäudes.

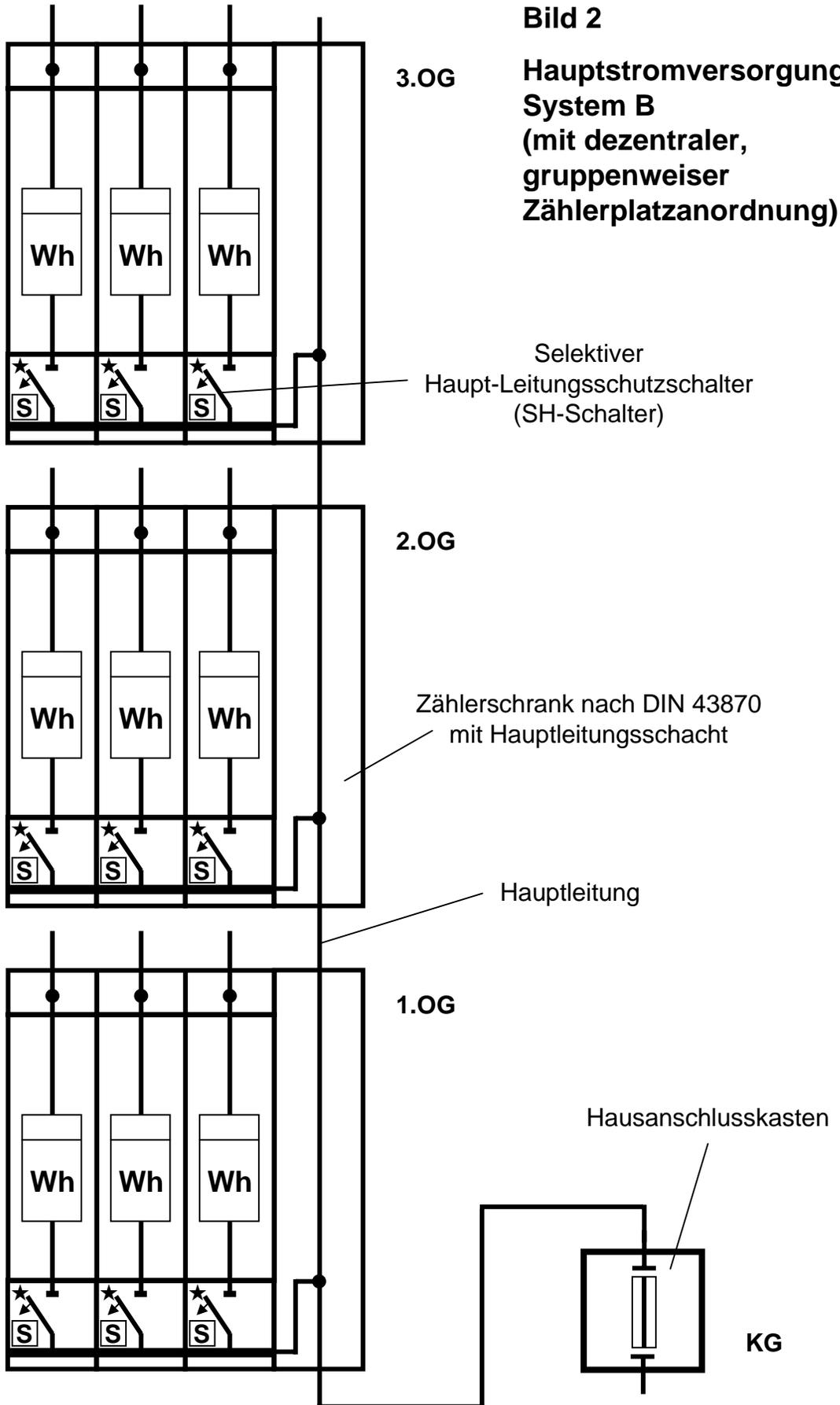
**Bild 1 Hauptstromversorgung System A (mit zentraler Zählerplatzanordnung)**



zu den Endkundenanlagen

**Bild 2**

**Hauptstromversorgung  
System B  
(mit dezentraler,  
gruppenweiser  
Zählerplatzanordnung)**



**Tabelle 1 Vor- und Nachteile Hauptstromversorgung nach System A**

<b>Hauptstromversorgungssystem mit zentraler Zählerplatzanordnung (System A)</b>	
<b>Vorteile ☺</b>	<b>Nachteile ☹</b>
<p>System mit geringer Ausdehnung, deshalb einfach zu bemessen.</p> <p>Die zentrale Anordnung der Zählerplätze ermöglicht einfache Zählerersetzung und -ablesung.</p> <p>Keine elektrischen Betriebsmittel des Hauptstromversorgungssystems im Treppenraum (Auflagen der Landesbauordnung).</p>	<p>Bei vielen zu versorgenden Endkundenanlagen ist an zentraler Stelle viel Platz für die Installation der Zählerplätze notwendig.</p> <p>Die Leitungen zwischen Zählerplätzen und Stromkreisverteilern werden jeweils für den effektiven Leistungsbedarf einer Endkundenanlage ausgelegt; der Gleichzeitigkeitsgrad zwischen den Endkundenanlagen kann in diesen Leitungen nicht berücksichtigt werden.</p> <p>Viele und zum Teil lange Leitungen im Gebäude hin zu den Endkundenanlagen sind notwendig (viel Kupfereinsatz).</p> <p>Bei großen Leitungslängen nach dem Zähler muss deren Querschnitt nach dem zulässigen Spannungsfall dimensioniert werden.</p> <p>Die Zugänglichkeit zu den Zählerplätzen ist für die Stromkunden erschwert.</p>

**Tabelle 2 Vor- und Nachteile Hauptstromversorgung nach System B**

<b>Hauptstromversorgungssystem mit dezentraler Zählerplatzanordnung (System B)</b>	
<b>Vorteile ☺</b>	<b>Nachteile ☹</b>
<p>Eine durchgehende Hauptleitung zur Versorgung aller Endkundenanlagen im Gebäude ist möglich.</p> <p>Der Gleichzeitigkeitsgrad der Endkundenanlagen kann bei der Dimensionierung berücksichtigt werden (geringer Kupfereinsatz).</p> <p>Der Zugang zu den Zählerplätzen ist für die Stromkunden leicht möglich.</p>	<p>Vergleichsweise hoher Aufwand für die Planung des Systems (z.B. ist eine Spannungsfallberechnung notwendig).</p> <p>Der Aufwand für die Zählersetzung und -ablesung ist gegenüber dem System A höher.</p> <p>Die Anordnung von Zählerplätzen in Treppenträumen und die Führung der Hauptleitungen in denselben ist häufig problematisch (Landesbauordnung).</p>

Hauptstromversorgungssysteme werden grundsätzlich als TN- oder in seltenen Fällen auch als TT-Systeme geplant und errichtet, wobei für Wohngebäude nach DIN 18015-1 eine Strombelastbarkeit der Hauptleitung von mindestens 63 A gefordert ist. Ihr Mindestquerschnitt muss 10 mm<sup>2</sup> Cu betragen. Bei einer für Hauptleitungen üblichen Art der Verlegung (Verlegeart C nach DIN VDE 0298-4) ist dieser Querschnitt mit 63 A belastbar. Damit ist die für eine Wohnung nach DIN 18015-1 benötigte elektrische Leistung in dieser Leitung übertragbar.

So erklärt sich auch die Festlegung in den TAB 2000 nach der die Hauptleitungsabzweige bis zu den Zähl- und Messeinrichtungen sowie die Leitungen bis zu den Stromkreisverteilern so ausgeführt und bemessen sein müssen, dass ihnen zum Schutz bei Überlast Überstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Nennstrom von mindestens 63 A zugeordnet werden dürfen.

Der Planer entscheidet, soweit das nicht in ergänzenden Bestimmungen zur TAB 2000 oder in anderen Regelwerken festgelegt ist, ob für dieses System das TN-C- oder das TN-S-System angewendet wird. Aufgrund der bekannten Problematik der elektromagnetischen Verträglichkeit in der Gebäudeinstallation muss das TN-S-System heute nicht nur in Hauptstromversorgungssystemen von gewerblich genutzten Bauten sondern auch in Hauptstromversorgungssystemen von Wohngebäuden (geplant nach DIN 18015-1) dringend empfohlen werden. Die Aufteilung des PEN-Leiters in den Schutz- (PE) und den Neutralleiter (N) soll an den zentralen Zählerplätzen bzw. –wenn vorhanden – am Hauptverteiler erfolgen. Gut geeignet ist hierfür das in diesen Betriebsmitteln jeweils enthaltene Sammelschienensystem.

Sind in einem Hauptstromversorgungssystem mehrere Hauptleitungen für die Verteilung der elektrischen Energie im Gebäude notwendig, beispielsweise für die Versorgung mehrerer Gebäude, die aus einem Hausanschluss eingespeist werden, so sollen die Überstrom-Schutzeinrichtungen für diese Hauptleitungen in Hauptverteilern zusammengefasst werden. Diese Überstrom-Schutzeinrichtungen werden im allgemeinen als Schmelzsicherungen des NH-Systems ausgeführt. Ein Hauptverteiler (**Bild 3**) ist damit als Verteiler im Hauptstromversorgungssystem oder als erste Niederspannungsseitige Aufteilungsstelle im Gebäude definiert.

Hauptleitungen werden durch allgemeine und leicht zugängliche Räume oder Bereiche geführt. Das können beispielsweise der Allgemeinheit zugängliche Keller- oder Treppenträume sein. Hierbei sind allerdings bereits im Planungsstadium die Festlegungen der „Bauordnung der Länder“ für die Führung von Leitungssystemen durch allgemein zugängliche Flure oder Treppenträume zu beachten. Keinesfalls dürfen die Hauptleitungen innerhalb von Wohnungen oder durch abgeschlossene Kundenbereiche geführt werden. Das Legen von Hauptleitungen außerhalb von Gebäuden, beispielsweise zur elektrischen Versorgung mehrerer auf einem Grundstück vorhandener Gebäude oder bei Versorgung einer Kundenanlage aus einer Hausanschlusssäule an der Grundstücksgrenze bedarf der Abstimmung mit dem VNB.

Innerhalb des Gebäudes werden Hauptleitungen im Kellergeschoss auf der Wandoberfläche verlegt. Oberhalb des Kellergeschosses sind Hauptleitungen verdeckt zu führen, also in abgedeckten Kanälen oder Schächten, in Rohren oder unter Putz.

### Bild 3 Beispiel für einen Hauptverteiler

(hier mit Stromwandler-Meß- und -Zähleinrichtung)

*Bild: Bewag*



Im Hauptstromversorgungssystem werden gemäß TAB 2000 grundsätzlich nur die Betriebsmittel vorgesehen, die der Stromverteilung und dem Freischalten der Messeinrichtungen (Elektrizitätszähler) dienen. Eine Ausnahmen bilden hier lediglich die Überspannungs-Schutzeinrichtungen der Anforderungsklasse B – sogenannte Blitzstromableiter (demnächst Überspannungs-Schutzeinrichtungen ÜSE Typ I). Diese dürfen im Hauptstromversorgungssystem eingesetzt werden, wenn bestimmte Anforderungen eingehalten werden, die in der „Richtlinie für den Einsatz von Überspannungs-Schutzeinrichtungen der Anforderungsklasse B in Hauptstromversorgungssystemen“ – herausgegeben von der VDEW – formuliert sind. Insbesondere sollen Überspannungs-Schutzeinrichtungen der Anforderungsklasse B nur dann in Hauptstromversorgungssystemen eingesetzt werden, wenn dieses zur Realisation des sogenannten „Blitzschutz-Zonen-Konzeptes“ notwendig ist.

Weitere Hinweise zur Planung und zum Aufbau von Hauptstromversorgungssystemen in Wohngebäuden oder in Gebäuden mit vergleichbaren Anforderungen enthält im übrigen DIN 18015-1.

### **Bemessungsgrundlagen**

Die Bemessung von Hauptstromversorgungssystemen muss nach folgenden Kriterien erfolgen:

- Betriebsmittel des Hauptstromversorgungssystems müssen so ausgelegt sein, dass die gewünschte bzw. die sich aus dem Ausstattungsgrad der Endkundenanlagen ergebende elektrische Leistung übertragen werden kann. Bemessungskriterium ist also der Leistungsbedarf.
- Hauptleitungen sind entsprechend der sich aus dem Leistungsbedarf ergebenden Belastung so auszuwählen, dass die zulässige Strombelastbarkeit für diese Leitungen unter den vorliegenden Bedingungen nicht überschritten wird. In diesem Zusammenhang müssen die Bedingungen für den Überstromschutz der Hauptleitungen erfüllt und entsprechend Überstrom-Schutzeinrichtungen ausgewählt werden. Hintereinandergeschaltete Überstrom-Schutzeinrichtungen müssen selektiv arbeiten.
- Der Spannungsfall im Hauptstromversorgungssystem darf die in den TAB 2000 festgelegten Grenzwerte nicht überschreiten. Zu beachten ist dabei auch der für das Gesamtsystem zulässige Spannungsfallgrenzwert.

### **Leistungsbedarf**

Für die Bemessung des Hauptstromversorgungssystems, insbesondere für die Auslegung der Hauptleitungen, ist die „effektive Scheinleistung ( $P_{\text{eff}}$ )“ des jeweiligen Systems bzw. die der jeweiligen Hauptleitung maßgebend.

Die „effektive Scheinleistung ( $P_{\text{Seff}}$ )“ ergibt sich dabei aus der gesamten, der „installierten Scheinleistung ( $P_{\text{Sinst}}$ )“, unter Berücksichtigung eines Gleichzeitigkeitsfaktors ( $f$ ).

$$P_{\text{Seff}} = P_{\text{Sinst}} \cdot f \quad (\text{a})$$

Der Gleichzeitigkeitsfaktor berücksichtigt den Grad der maximalen gleichzeitigen Leistungsanspruchnahme aller über das jeweilige System bzw. die jeweilige Hauptleitung versorgten Kundenanlagen. Er hat maximal den Wert 1. Die Größe des Faktors  $f$  ist abhängig von mehreren Parametern, z.B. von der Art der Nutzung der Kundenanlage, von der Größe der Kundenanlage, von saisonalen Einflüssen um nur einige zu nennen. Er ist deshalb nur sehr schwer für eine bestimmte Art der Kundenanlage, besonders im gewerblichen Bereich, zu ermitteln. Einen groben Anhalt mögen hier die Angaben in **Tabelle 3** bieten [1].

Für die Ermittlung des effektiven Leistungsbedarfes in Wohngebäuden ist gemäß TAB 2000 die Planungsnorm DIN 18015-1 anzuwenden. Diese Norm enthält ein Diagramm, mit dem der effektive Leistungsbedarf für Wohngebäude abhängig von der Anzahl der zu versorgenden Wohneinheiten und deren Ausstattungsgrad mit Geräten für die elektrische Warmwasserbereitung für Bad und Dusche zu ermitteln ist. Dieses Diagramm wurde mit Blick auf einfache praktische Anwendung in eine Tabelle umgesetzt (**Tabelle 4**). Diese Tabelle liefert darüber hinaus auch Angaben zum Überstromschutz von Hauptleitungen und zum Spannungsfall.

Bei der Ermittlung des Gesamtleistungsbedarfes für Wohngebäude ist zu beachten, dass der in DIN 18015-1 angegebene Leistungsbedarf eventuell vorhandene Elektroheizungen nicht beinhaltet und dass für den Gesamtleistungsbedarf des Wohngebäudes zusätzlich der Leistungsbedarf für die allgemeine Haustechnik zu berücksichtigen ist.

## Überstromschutz

Hauptleitungen sowie Verbindungsleitungen zwischen Zählerplätzen und Kundenanlagen (Stromkreisverteiltern) müssen so bemessen sein, dass sie entsprechend des zu übertragenden effektiven Leistungsbedarfes der angeschlossenen Kundenanlagen strombelastbar sind. Darüber hinaus müssen sie gemäß den Vorgaben der DIN VDE 0100-430 bei Überstrom geschützt werden.

Ein Überstrom ist ein Strom, der die für ein Betriebsmittel, beispielsweise eine Hauptleitung, unter bestimmten Bedingungen festgelegte Strombelastbarkeit übersteigt. Unterschieden werden betriebsbedingte Überströme aufgrund von Überlastung und störfallbedingte Überströme aufgrund von Kurzschluss.

Hauptleitungen sind für den Überlastschutz so zu bemessen, dass der sich aus dem effektiven Leistungsbedarf ergebende Betriebsstrom ( $I_b$ ) die für die Hauptleitung nach vorliegenden Umgebungsbedingungen zulässige Strombelastbarkeit ( $I_2$ ) nicht überschreitet. Der Nennstrom ( $I_n$ ) der Überlastschutzeinrichtung muss gemäß Nennstromregel in DIN VDE 0100-430 einerseits über dem Betriebsstrom ( $I_b$ ) liegen und darf

**Tabelle 3 Gleichzeitigkeitsfaktoren für Gewerbeanlagen und gewerblich genutzte Verbrauchsgeräte (nach Just)**

Art der Anlage <sup>1)</sup>	Gleichzeitigkeitsfaktoren
Bäckerei	0,4 ... 0,5
Büro <sup>2)</sup>	0,6 ... 0,7
Druckerei <sup>3)</sup>	0,2 ... 0,4
Fleischerei	0,4 ... 0,5
Gießerei <sup>3)</sup>	0,4 ... 0,5
Holzverarbeitungsbetrieb	0,2 ... 0,3
Kaufhaus	0,7 ... 0,9
Kfz-Werkstatt <sup>3)</sup>	0,2 ... 0,3
mechanische Werkstatt <sup>3)</sup>	0,2 ... 0,3
Möbelfabrik <sup>3)</sup>	0,3 ... 0,4
Ladengeschäft	0,5 ... 0,7
Sägewerk <sup>3)</sup>	0,7 ... 0,8
Schreinerei	0,3 ... 0,4
Schule <sup>4)</sup>	0,6 ... 0,7
Textilbetrieb <sup>3)</sup>	0,4 ... 0,6
Beleuchtungen	0,8 ... 0,9
Klimaanlagen	0,7 ... 0,9
Kompressoren	0,2 ... 0,3
Krananlagen	0,2 ... 0,4
Küchen	0,5 ... 0,7
Personen-Aufzüge	0,5 ... 0,7
Schmutzwasser-, Warmwasserpumpen	0,2 ... 0,3
Schweißanlagen	0,2 ... 0,3
Werkzeugmaschinen	0,3 ... 0,4
<p><b>Erläuterungen:</b></p> <p>1) ohne Elektro-Heizgeräte und ohne Elektro-Wärmegeräte mit großem Anschlusswert</p> <p>2) mittlere Größe und ohne Luftbehandlung</p> <p>3) ohne Beleuchtung</p> <p>4) ohne großen Laborbetrieb</p>	

**Tabelle 4.1 Leistungsbedarf für Wohngebäude nach DIN 18015-1 und Bemessung der Hauptleitungen**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Anzahl Wohneinheiten	Wohnungen <u>mit</u> elektrischer Warmwasserbereitung für Bade- oder Duschezwecke						Wohnungen <u>ohne</u> elektrische Warmwasserbereitung für Bade- oder Duschezwecke					
	P <sub>Seff</sub> /kVA	I <sub>b</sub> /A	I <sub>n</sub> /A	S <sub>min</sub> /mm <sup>2</sup>	Δu/%	l <sub>max</sub> /m	P <sub>Seff</sub> /kVA	I <sub>b</sub> /A	I <sub>n</sub> /A	S <sub>min</sub> /mm <sup>2</sup>	Δu/%	l <sub>max</sub> /m
1	34	49,1	63	10	0,5	13,5	14,5	20,9 <sup>1)</sup>	63 <sup>2)</sup>	10 <sup>3)</sup>	0,5	31,0
2	52	75,1	80 <sup>4)</sup>	16 <sup>5)</sup>	0,5	14,0	24	34,6	63 <sup>4)</sup>	10 <sup>5)</sup>	0,5	18,5
3	64	92,4	100	25	0,5	17,5	32	46,2	63 <sup>4)</sup>	10 <sup>5)</sup>	0,5	14,0
4	73	105,4	125	35	0,5	21,5	37	53,4	63 <sup>4)</sup>	10 <sup>5)</sup>	0,5	12,0
5	81	116,9	125	35	0,5	19,5	41	59,2	63 <sup>4)</sup>	10 <sup>5)</sup>	0,5	11,0
6	87	125,0	125	35	0,5	18,0	44	63,5	80 <sup>4)</sup>	16 <sup>5)</sup>	0,5	16,5
7	93	134,2	160	70	0,5	34,0	47	67,8	80 <sup>4)</sup>	16 <sup>5)</sup>	0,5	15,5
8	98	141,5	160	70	0,5	32,0	50	72,2	80 <sup>4)</sup>	16 <sup>5)</sup>	0,5	14,5
9	103	148,7	160	70	1,0	61,0	53	76,5	80 <sup>4)</sup>	16 <sup>5)</sup>	0,5	13,5
10	107	154,4	160	70	1,0	58,5	55	79,4	80 <sup>4)</sup>	16 <sup>5)</sup>	0,5	13,0
11	110	158,8	160	70	1,0	57,0	57	82,3	100	25	0,5	19,5
12	113	163,1	200	95	1,0	75,5	59	85,2	100	25	0,5	19,0
13	116	167,4	200	95	1,0	73,5	61	88,0	100	25	0,5	18,5
14	119	171,8	200	95	1,0	71,5	63	90,9	100	25	0,5	18,0
15	122	176,1	200	95	1,0	70,0	65	93,8	100	25	0,5	17,0
16	125	180,4	200	95	1,0	68,0	67	96,7	100	25	0,5	16,5
17	128	184,7	200	95	1,0	66,5	69	99,6	100	25	0,5	16,0
18	130	187,6	200	95	1,0	65,5	70	101,0	125	35	0,5	22,5
19	132	190,5	200	95	1,0	64,5	71	102,5	125	35	0,5	22,0
20	134	193,4	200	95	1,0	63,5	72	103,9	125	35	0,5	21,5
22	138	199,2	200	95	1,0	61,5	74	106,8	125	35	0,5	21,0
24	142	205,0	250	120	1,0	75,5	76	109,7	125	35	0,5	20,5
26	146	210,7	250	120	1,0	73,5	78	112,6	125	35	0,5	20,0
28	150	216,5	250	120	1,0	72,0	80	115,5	125	35	0,5	19,5
30	153	220,8	250	120	1,0	70,5	82	118,4	125	35	0,5	19,0
32	156	225,2	250	120	1,0	69,0	84	121,2	125	35	0,5	18,5
34	159	229,5	250	120	1,0	67,5	86	124,1	125	35	0,5	18,0
36	161	232,4	250	120	1,0	67,0	87	125,6	160	70	0,5	36,0
38	163	235,3	250	120	1,0	66,0	88	127,0	160	70	0,5	35,5
40	165	238,2	250	120	1,0	65,0	89	128,5	160	70	0,5	35,0
45	170	245,4	250	120	1,0	63,0	92	132,8	160	70	0,5	34,0
50	175	252,6					95	137,1	160	70	0,5	33,0
55	179	258,4			6)		97	140,0	160	70	0,5	32,5
60	183	264,1					99	142,9	160	70	0,5	31,5

**Tabelle 4.2 Leistungsbedarf für Wohngebäude nach DIN 18015-1 und Bemessung der Hauptleitungen**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Anzahl Wohneinheiten	Wohnungen mit elektrischer Warmwasserbereitung für Bade- oder Duschezwecke						Wohnungen ohne elektrische Warmwasserbereitung für Bade- oder Duschezwecke					
	$P_{\text{Seff}}/\text{kVA}$	$I_b/\text{A}$	$I_n/\text{A}$	$S_{\text{min}}/\text{mm}^2$	$\Delta u/\%$	$l_{\text{max}}/\text{m}$	$P_{\text{Seff}}/\text{kVA}$	$I_b/\text{A}$	$I_n/\text{A}$	$S_{\text{min}}/\text{mm}^2$	$\Delta u/\%$	$l_{\text{max}}/\text{m}$
65	186	268,5					101	145,8	160	70	1,0	62,0
70	189	272,8					102	147,2	160	70	1,0	61,5
80	195	281,5			6)		104	150,1	160	70	1,0	60,5
90	200	288,7					106	153,0	160	70	1,0	59,0
100	205	295,9					108	155,9	160	70	1,0	58,0

**Erläuterung der Fußnoten:**

- 1) Betriebsstrom bei Drehstrombelastung. Bei Wechselstrombelastung beträgt der Betriebsstrom 63,0 A.
- 2) Die Strombelastbarkeit der Hauptleitung nach DIN 18015-1, Abschnitt 5.2.1 muss mindestens 63 A betragen.
- 3) Der Mindestquerschnitt der Hauptleitung beträgt mindestens 10 mm<sup>2</sup> Cu (DIN 18015-1, Abschnitt 5.2.1).
- 4) Zur Gewährleistung der Überlastselektivität zu nachgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtungen kann auch ein Nennstrom von 100 A erforderlich sein.
- 5) Der Querschnitt der Hauptleitung ist gegebenenfalls an den Nennstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung anzupassen (siehe Fußnote 4).
- 6) Die zu übertragenden Leistungen müssen auf mehrere Hauptleitungen vergeteilt werden.

**Erläuterungen zur Tabelle:**

- Spalte 1: Hier ist die Anzahl der zu versorgenden Wohneinheiten angegeben.
- Spalte 2: Effektiver Scheinleistungsbedarf für die angegebene Anzahl der Wohnungen gemäß DIN 18015-1 – Bild 1, Kurve 1 – für Wohnungen mit elektrischer Warmwasserbereitung für Bade- oder Duschezwecke. Der Leistungsbedarf für Gemeinschaftsanlagen (Hausbedarf) muss gegebenenfalls zusätzlich berücksichtigt werden.
- Spalte 3: Der sich aus den Werten nach Spalte 2 ergebende Betriebsstrom.
- Spalte 4: Der sich nach der Nennstromregel gemäß DIN VDE 0100-430 aus den Werten der Spalte 3 ergebende Nennstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung.
- Spalte 5: Querschnitt der zu verlegenden Hauptleitung gemäß DIN VDE 0298-4, ermittelt aus den Werten der Spalte 4 unter folgenden Voraussetzungen: Verlegeart C, Umgebungstemperatur 25 °C, Leitermaterial Cu, einzelne Verlegung (keine Häufung).
- Spalte 6: Zulässiger Spannungsfall in der Hauptleitung gemäß TAB 2000 auf der Basis der Werte aus Spalte 2.
- Spalte 7: Zulässige Leitungslänge unter Berücksichtigung des Spannungsfalls aus Spalte 6 und der zu übertragenden Leistung aus Spalte 2. Der gegebenenfalls zusätzliche Leistungsbedarf für Gemeinschaftsanlagen (Hausbedarf) ist hier nicht berücksichtigt. (Umgebungstemperatur 25 °C;  $\gamma = 56 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$ )
- Spalte 8: Effektiver Scheinleistungsbedarf für die angegebene Anzahl der Wohnungen gemäß DIN 18015-1 – Bild 1, Kurve 2 – für Wohnungen ohne elektrische Warmwasserbereitung für Bade- oder Duschezwecke. Der Leistungsbedarf für Gemeinschaftsanlagen (Hausbedarf) muss gegebenenfalls zusätzlich berücksichtigt werden.
- Spalte 9: Der sich aus den Werten nach Spalte 8 ergebende Betriebsstrom.
- Spalte 10: Der sich nach der Nennstromregel gemäß DIN VDE 0100-430 aus den Werten der Spalte 9 ergebende Nennstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung.
- Spalte 11: Querschnitt der zu verlegenden Hauptleitung gemäß DIN VDE 0298-4, ermittelt aus den Werten der Spalte 10 unter folgenden Voraussetzungen: Verlegeart C, Umgebungstemperatur 25 °C, Leitermaterial Cu, einzelne Verlegung (keine Häufung).
- Spalte 12: Zulässiger Spannungsfall in der Hauptleitung gemäß TAB 2000 auf der Basis der Werte aus Spalte 8.
- Spalte 13: Zulässige Leitungslänge unter Berücksichtigung des Spannungsfalls aus Spalte 12 und der zu übertragenden Leistung aus Spalte 8. Der gegebenenfalls zusätzliche Leistungsbedarf für Gemeinschaftsanlagen (Hausbedarf) ist hier nicht berücksichtigt. (Umgebungstemperatur 25 °C;  $\gamma = 56 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$ )

andererseits die zulässige Strombelastbarkeit ( $I_z$ ) der Hauptleitung nicht überschreiten. Es gilt also die bekannte Bedingung:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad \textbf{(Nennstromregel)} \quad \textbf{(b)}$$

Der Betriebsstrom ( $I_b$ ) der Hauptleitung ergibt sich hierbei gemäß der hinlänglich bekannten Beziehung aus dem zu übertragenden effektiven Leistungsbedarf ( $P_{Seff}$ ):

$$I_b = \frac{P_{Seff}}{U_n \cdot \sqrt{3}} \quad \textbf{(c)}$$

Hauptstromversorgungssysteme werden gemäß DIN 18015-1 als Drehstromsysteme ausgeführt. Die in der obigen Formel einzusetzende Netzspannung ( $U_n$ ) hat deshalb den Wert 400 V.

Maßgeblichen Einfluss auf die Strombelastbarkeit der Hauptleitungen hat deren Art der Verlegung. Hauptleitungen dürfen, wie bereits ausgeführt, im Kellergeschoss auf Putz und müssen oberhalb des Kellergeschosses verdeckt geführt sein, also unter Putz oder in abgedeckten Schächten oder Kanälen. Damit ergeben sich in den meisten Fällen für die Hauptleitungen die Verlegearten C oder B2 gemäß DIN VDE 0298-4.

In **Tabelle 4** ist auf der Basis des in der Hauptleitung zu übertragenden effektiven Leistungsbedarfes jeweils nach Anzahl der zu versorgenden Wohnungen der sich daraus ergebende Betriebsstrom und der sich aus der Nennstromregel ergebende Nennstrom der Überlast-Schutzeinrichtung sowie der für die Verlegeart C bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C notwendige Leiterquerschnitt bei Verwendung des Leitermaterials Kupfer angegeben.

Ist die Überlast-Schutzeinrichtung für die Hauptleitung nach den oben genannten Bedingungen richtig ausgewählt, so muss der Kurzschlusschutz für die Hauptleitung nicht gesondert nachgewiesen werden, wenn die Überlastschutzeinrichtung ein Schaltvermögen besitzt, das dem Strom bei vollständigem Kurzschluss an ihrer Einbaustelle entspricht. Bei der Auswahl der Betriebsmittel und Überstrom-Schutzeinrichtungen im Hauptstromversorgungssystem sind gemäß TAB 2000 folgende Stosskurzschlussströme zu beachten.

- 25 kA für das Hauptstromversorgungssystem von der Übergabestelle des VNB bis einschließlich zur letzten Überstrom-Schutzeinrichtung bzw. Hauptleitungsabzweigklemme vor der Zähl- und Messeinrichtung (Elektrizitätszähler).
- 10 kA für die Betriebsmittel zwischen der letzten Überstrom-Schutzeinrichtung bzw. Hauptleitungsabzweigklemme vor der Zähl- und Messeinrichtung (Elektrizitätszähler) und dem Stromkreisverteiler der Kundenanlage.

Diese Werte ergeben sich aus den Werten der Durchlassströme ( $i_d$ ) von Schmelzsicherungen des NH-Systems mit einem Nennstrom von maximal 315 A der Betriebsklasse gL/gG, die im Hausanschlusskasten als Hausanschlusssicherungen eingesetzt sind. Die für den Überstromschutz in Hauptstromversorgungssystemen vor den Elektrizitätszählern einzusetzenden selektiven Hauptleitungs-Schutzschalter (SH-

Schalter) besitzen ein Kurzschluss-Schaltvermögen von 25 kA und erfüllen somit die Anforderungen der TAB 2000.

Werden in besonderen Fällen leistungsstärkere Niederspannungs-Hausanschlüsse installiert, so können auch durchaus höhere Stosskurzschlussströme im Hauptstromversorgungssystem zu erwarten sein. In diesem Fall ist jedoch die Verteilung der zu übertragenden effektiven Leistung auf mehrere Hauptleitungen notwendig und damit der Einsatz eines Hauptverteilers gefordert, der die für den Überstromschutz der Hauptleitungen notwendigen Schmelzsicherungen des NH-Systems aufnimmt. Diese Schutzeinrichtungen begrenzen einen etwa 25 kA übersteigenden Stosskurzschlussstrom, so dass als Trennvorrichtung und Überstrom-Schutzeinrichtung am Zählerplatz der SH-Schalter eingesetzt werden kann. Der maximale Nennstrom im Abgang eines Hauptverteilers darf allerdings nicht mehr als 250 A betragen (Betriebsklasse gL/gG).

Zu beachten ist in Bezug auf den Überstromschutz auch, dass Elektrizitätszähler für die direkte Messung durch eine vorgeschaltete Überstrom-Schutzeinrichtung mit einem Nennstrom von maximal 100 A geschützt werden. Dabei muss diese Schutzeinrichtung mindestens die gleichen strombegrenzenden Eigenschaften besitzen, wie eine Schmelzsicherung der Betriebsklasse gL/gG. Bei Aufbau des Hauptstromversorgungssystem gemäß den Bildern 1 und 2 und bei Einsatz von SH-Schaltern vor den Elektrizitätszählern (**Bild 4**) ist diese Bedingung regelmäßig erfüllt.

## **Überstromschutz und Selektivität**

Über die reinen Anforderungen des Überstromschutzes hinausgehend müssen die Schutzeinrichtungen in Bezug auf ihren Nennstrom so ausgewählt werden, dass eine mögliche Abschaltung von Stromkreisen oder Anlagenteilen selektiv erfolgt. Hierzu treffen die TAB 2000 folgende Aussage:

„Planer und Errichter der elektrischen Anlage berücksichtigen, dass grundsätzlich Selektivität zwischen den Überstrom-Schutzeinrichtungen in der Kundenanlage und denjenigen im Hauptstromversorgungssystem sowie den Hausanschlussicherungen besteht.“

Hinter dieser Forderung steht die aus dem Energiewirtschaftsgesetz abzuleitenden Bedingung einer „jederzeitigen“ Versorgung der Kundenanlagen mit elektrischer Energie; dieses verstanden im Sinne einer Versorgung mit möglichst hoher Verfügbarkeit der elektrischen Kundenanlage.

Das bedeutet: Das elektrische Versorgungssystem nach dem Übergabepunkt des VNB soll so aufgebaut sein, dass ein Fehler oder eine Abschaltung einer Schutzeinrichtung in einer Kundenanlage nicht zum Abschalten von Schutzeinrichtungen im Hauptstromversorgungssystem oder im Hausanschlusskasten führt. Dies würde unter Umständen eine Abschaltung fehlerfreier Kundenanlagen bedeuten, also dem Gedanken einer möglichst hohen Verfügbarkeit und damit dem Sinn der Aussage im Energiewirtschaftsgesetz entgegenstehen.

**Bild 4 Beispiel für einen Zählerplatz mit SH-Schaltern (nach TAB 2000)**  
***Bild: Striebel & John GmbH***



Deshalb sollen hintereinandergeschaltete Überstrom-Schutzeinrichtungen stets selektiv arbeiten, das heißt, nur die der Fehlerstelle oder überlasteten Anlage direkt vorgeschaltete Überstrom-Schutzeinrichtung soll im Beanspruchungsfall abschalten.

Die hierfür erforderliche Koordination hintereinandergeschalteter Überstrom-Schutzeinrichtungen muss sowohl für den Überlastfall als auch für den Kurzschlussfall unabhängig von einander erfolgen. Grundsätzlich lässt sich sagen, dass Selektivität hintereinandergeschalteter Überstrom-Schutzeinrichtungen immer dann besteht, wenn sich die in den einschlägigen Baunormen für diese Schutzeinrichtungen festgelegten Zeit/Strom-Bereiche weder berühren noch schneiden.

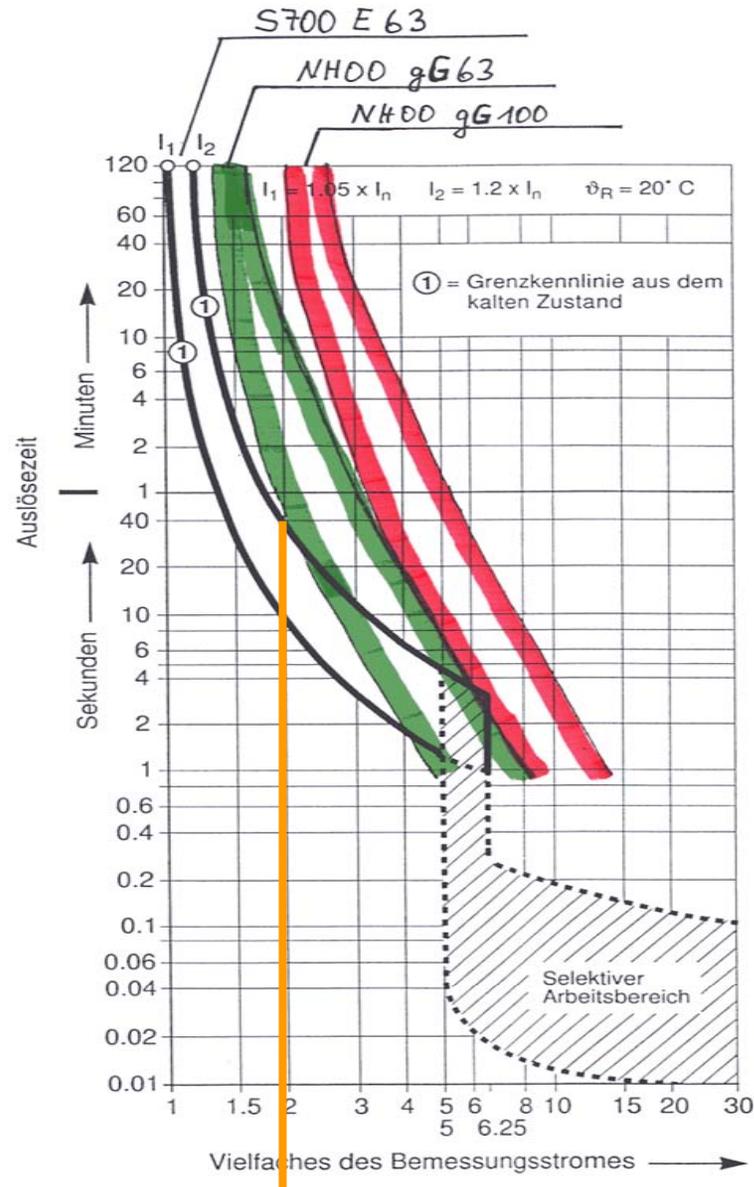
Für hintereinandergeschaltete Überlast-Schutzeinrichtungen ausgeführt als Schmelzsicherungen der Betriebsklasse gL/gG oder als Leitungsschutzschalter mit den Auslösecharakteristiken B oder C kann Überlastselektivität dann vorausgesetzt werden, wenn diese Schutzeinrichtungen in ihren Nennströmen gegen die Energierichtung mit dem Faktor 1,6 gestuft sind.

Ganz anders sieht das aus, wenn Überstrom-Schutzeinrichtungen mit sehr verschiedenen Zeit/Strom-Bereichen hintereinander geschaltet sind, beispielsweise Schmelzsicherungen und die in den TAB 2000 als Trennvorrichtung und Überstrom-Schutzeinrichtung vor dem Zähler geforderten „Selektiven Hauptleitungsschutzschalter (SH-Schalter)“. Hier besteht aufgrund der sehr verschiedenen Zeit/Strom-Bereiche bereits bei Nennstromgleichheit dieser hintereinandergeschalteten Schutzeinrichtungen Selektivität zumindest bis zum doppelten Nennstrom (**Bild 5**). Bei Abstufung um nur eine Nennstromstärke besteht bereits vollständige Überlastselektivität der hintereinandergeschalteten Schmelzsicherung (Hausanschlussanschlusssicherung) und SH-Schalter (Trennvorrichtung vor dem Zähler).

Für den Kurzschluss-Auslösebereich ist die Selektivität hintereinandergeschalteter Überstrom-Schutzeinrichtungen völlig anders zu betrachten. Lediglich wenn ausschließlich Schmelzsicherungen der gleichen Betriebsklasse hintereinandergeschaltet sind, gelten die weiter oben gemachten Aussagen zur Selektivität, das heißt, diese kann durch Vergleich der Zeit/Strom-Bereiche nachgewiesen werden. In der Praxis findet man heute jedoch kaum Anlagen, die vom Hausanschluss über das Hauptstromversorgungssystem bis zur Kundenanlage ausschließlich Schmelzsicherungen für den Überstromschutz enthalten. Vielmehr wird es stets eine Kombination von Schmelzsicherungen (z.B. im Hausanschlusskasten) und von Selbstschaltern (z.B. SH-Schalter im Hauptstromversorgungssystem, Leitungsschutzschalter im Endstromkreis der Kundenanlage) geben.

Da die Kurzschlussabschaltung von Selbstschaltern (Leitungsschutzschaltern) bereits in der ersten Halbwelle und noch vor Erreichen des Scheitelwertes des Kurzschlussstromes erfolgt, ist ein Vergleich der Kurzschlussstrom-Effektivwerte hintereinandergeschalteter Kurzschluss-Schutzeinrichtungen für die Selektivitätsbetrachtung nicht tauglich. Vielmehr wird aufgrund der bis zur Abschaltung durchgelassenen Kurzschlussenergie eine Selektivitätsaussage abgeleitet. Es werden zu diesem Zweck die Durchlassenergie-Kennlinien ( $i^2t$ -Diagramm) hintereingeschalteter Kurzschluss-Schutzeinrichtungen miteinander verglichen (**Bild 6**).

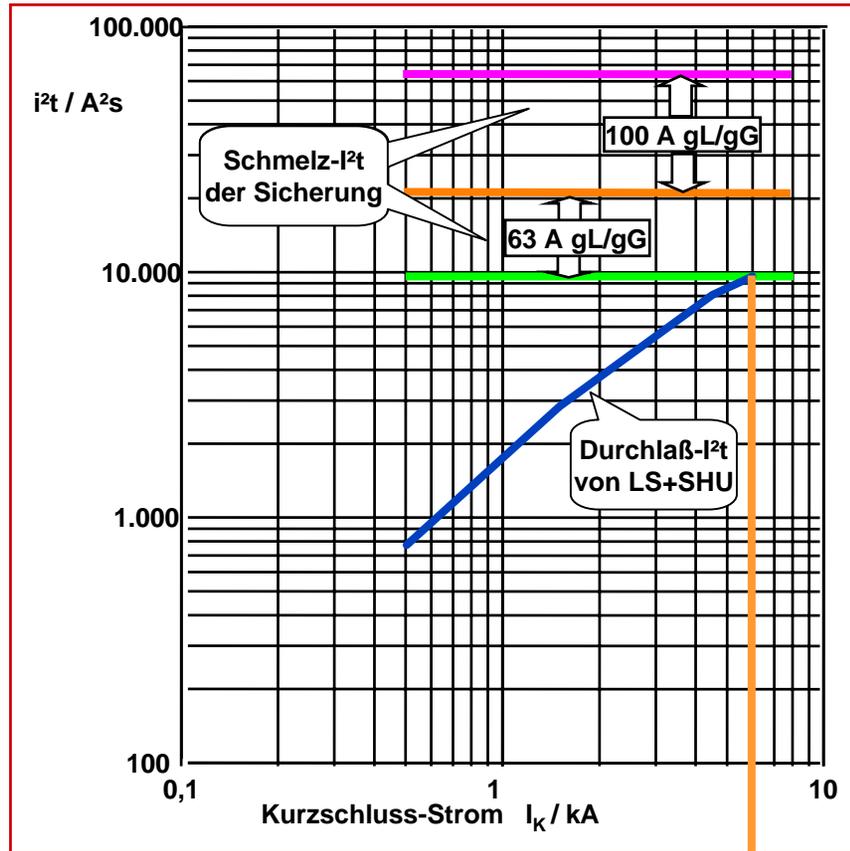
**Bild 5 Überlastselektivität zwischen NH-Sicherung gG 63 A und SH-Schalter E 63 A**



**Überlast-Selektivitätsgrenze  $2 I_n$**

Bild 6

Kurzschlußselektivität zwischen NH-Sicherung gG 63 A und der Kaskade aus SH Schalter E 63 A mit Leitungsschutzschalter B 16 A



Kurzschluß-Selektivitätsgrenze 6 kA

Das einfache Beispiel einer Hintereinanderschaltung von Überstrom-Schutzeinrichtungen für die Versorgung eines Einfamilienhauses soll den Sachverhalt der Selektivität verdeutlichen. **(Tabelle 5)**

Im dargestellten Fall 1 – die Hausanschlusssicherung ist für den Leistungsbedarf einer Wohnung nach DIN 18015-1 mit 63 A bemessen – ist eine Selektivität zwischen Zählervorsicherung und Hausanschlusssicherung nicht erreichbar. Diese Lösung steht somit nicht in Übereinstimmung mit den TAB 2000 und scheidet deshalb aus.

Im dargestellten Fall 2 wird zwar zwischen allen hintereinandergeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtungen Selektivität – zum Teil eingeschränkt - sichergestellt. Allerdings wird das durch eine Reduktion der bereitgestellten Leistung erreicht; denn faktisch wird der Kundenanlage aufgrund der im Nennstrom auf 35 A stark reduzierten Zählervorsicherung etwa nur die halbe Leistung gegenüber der gemäß DIN 18015-1 notwendigen Leistung zur Verfügung gestellt. Diese Leistungsreduzierung ist nicht im Sinne des Kunden, zumal die Anschlusskosten des VNB möglicherweise auf 63 A ausgelegt sind.

Im Fall 3 sind durch Einsatz eines SH-Schalters mit einem Nennstrom von 63 A, so wie die TAB 2000 es vorsieht, die in Fall 2 genannten Unzulänglichkeiten behoben. Es besteht eine gute Selektivität der hintereingeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtungen und sogar bei Nennstromgleichheit zwischen Hausanschlusssicherung und Zählervorsicherung noch eine Überlastselektivität mit dem Faktor 2, sowie eine Kurzschlussselektivität bis etwa 6 kA.

**Nur durch den Einsatz des SH-Schalters als Trennvorrichtung und Überstrom-Schutzeinrichtung vor dem Zähler lassen sich die hohen Selektivitätsforderungen der TAB 2000 erfüllen.**

## **Spannungsfall**

Kundenanlagen, die an ein Hauptstromversorgungssystem angeschlossen sind, sollen mit einer Spannung versorgt werden, die es erlaubt, dass alle üblichen Verbrauchsgeräte störungsfrei und in der durch die Gebrauchseigenschaften festgelegten Weise betrieben werden können. Diese Forderung zu erfüllen ist im wesentlichen eine Frage der Qualität der elektrischen Spannung, mit der die Kundenanlage versorgt wird. Für die Übergabestelle aus dem öffentlichen Verteilungsnetz in die Verbraucheranlage (Hausanschlusskasten) verweisen die TAB 2000 diesbezüglich auf die einschlägigen Normen DIN IEC 38 und DIN EN 50160. Die in diesen Normen angegebenen Qualitätsparameter für die elektrische Spannung werden im allgemeinen von den deutschen Verteilungsnetzbetreibern eingehalten.

Insbesondere in bezug auf den Effektivwert der Betriebsspannung an der Kundenanlage ist der im Hauptstromversorgungssystem aufgrund der physikalischen Gesetzmäßigkeiten bei der Leistungsübertragung entstehende Spannungsfall zu berücksichtigen.

Die TAB 2000 geben Werte für den zulässigen Spannungsfall in Hauptstromversorgungssystemen an, die abhängig sind von der Höhe der zu übertragenden Leistung

**Tabelle 5 Selektivitätsgrenzen für Überstrom-Schutzeinrichtungen in der elektrischen Gebäudeinstallation**

Fall 1					
		Selektivitätsgrenze		Selektivitätsgrenze	
	Überlast	<b>keine Selektivität</b>		volle Selektivität	
	Kurzschluß	<b>keine Selektivität</b>		ca. 2100 A	
Fall 2					
		Selektivitätsgrenze		Selektivitätsgrenze	
	Überlast	volle Selektivität		volle Selektivität	
	Kurzschluß	volle Selektivität		eingeschränkte Selektivität ca. 800 A	
Fall 3					
		Selektivitätsgrenze		Selektivitätsgrenze	
	Überlast	ca. 130 A		volle Selektivität	
	Kurzschluß	ca. 5000 A		6000 A	
<p><u>Anmerkung:</u> Die für den Kurzschlussschutz angegebenen Selektivitätsgrenzwerte gelten für Kurzschlüsse unmittelbar nach der in Energierichtung zweiten Schutzeinrichtung.</p>					

und damit in gewissem Sinne auch von der Größe des Hauptstromversorgungssystems, das heißt seine Ausdehnung betreffend.

Insbesondere in einer Hauptstromversorgung nach System B (Bild 2) kann der Spannungsfall in den Hauptleitungen nicht zu vernachlässigende Werte annehmen. Hingegen hat der Spannungsfall in einer Hauptstromversorgung nach System A (Bild 1) üblicherweise kaum eine Bedeutung, insbesondere dann, wenn der Hausanschlusskasten in unmittelbarer Nähe der zentralen Zählerplatzanordnung installiert ist oder gar mit dem Zählerschranksystem direkt verbunden ist. In diesem System ist dann allerdings der Spannungsfall in den Verbindungsleitungen zwischen den Zählerplätzen und den Stromkreisverteilern nicht zuletzt aufgrund großer Leitungslängen vom Kellergeschoss bis zum obersten Vollgeschoss von Bedeutung. Zum zulässigen Spannungsfall in diesen Leitungen machen die TAB 2000 allerdings keine Aussagen, da diese bereits zur Endkundenanlage gehören. Regelungen für den zulässigen Spannungsfall in diesen Leitungen lassen sich allerdings aus DIN 18015-1 ableiten.

Im übrigen sei auf die Angabe des zulässigen Gesamtspannungsfalls im elektrischen Gebäudesystem zwischen Hausanschlusskasten und Verbrauchsgeräten in DIN VDE 0100-520 hingewiesen.

**Bild 7** verdeutlicht die für die einzelnen Bereiche des elektrischen Gebäudesystems gültigen zulässigen Spannungsfallgrenzwerte. Die prozentuale Spannungsfallangabe bezieht sich dabei immer auf die Netznominalspannung nach DIN IEC 38. Für Hauptstromversorgungssysteme beträgt diese im allgemeinen 400 V.

Der sich aus den Leitungskennwerten und der zu übertragenden effektiven Leistung ergebende Spannungsfall ermittelt sich nach folgender Formel:

$$\Delta U = \frac{P_{\text{Seff}} \cdot l}{U_n \cdot S \cdot \gamma} \quad (\text{d})$$

Oder bei direkter Berechnung des prozentualen Spannungsfalls:

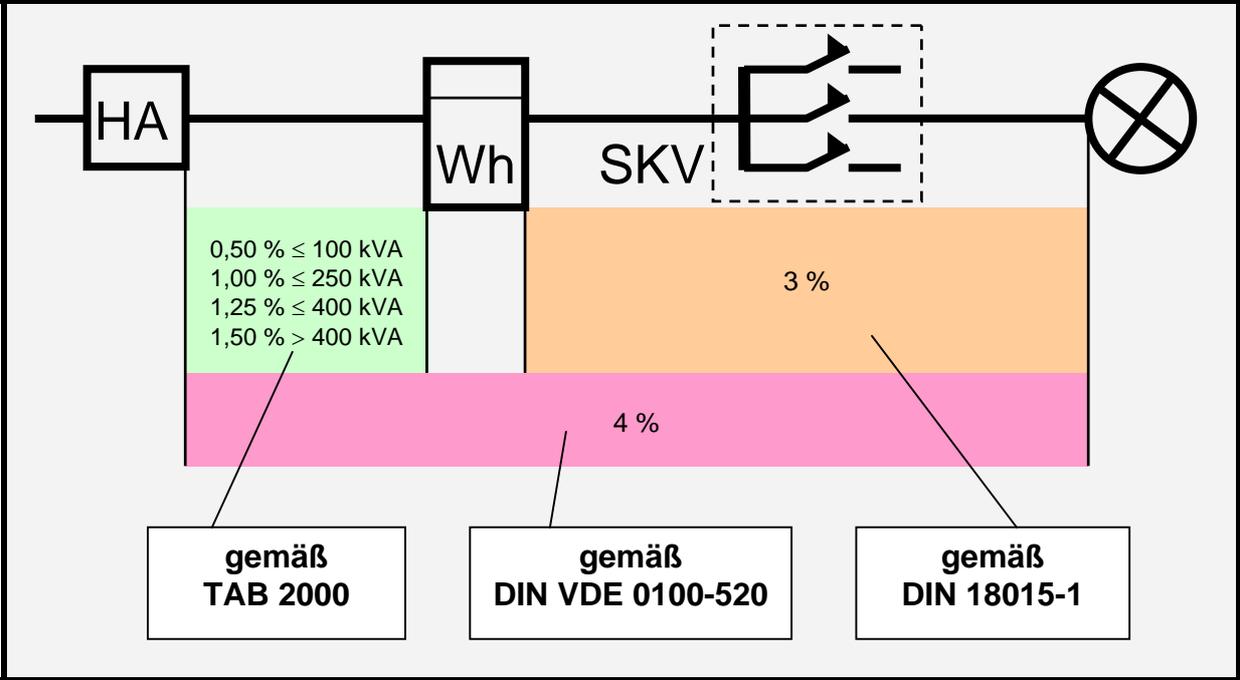
$$\Delta u = \frac{P_{\text{Seff}} \cdot l \cdot 100\%}{U_n^2 \cdot S \cdot \gamma} \quad (\text{e})$$

In den Formeln (d) und (e) bedeuten:

$\Delta U$	Spannungsfall in V
$\Delta u$	Spannungsfall in %
$U_n$	Netznominalspannung in V (in Drehstromsystemen 400 V)
$P_{\text{Seff}}$	effektive Leistung in VA
$l$	einfache Leitungslänge zwischen Einspeisung und Lastabnahme in m
$S$	Leiterquerschnitt in mm <sup>2</sup>
$\gamma$	elektrische Leitfähigkeit in m/Ωmm <sup>2</sup> (für Kupfer bei 25 °C ist $\gamma = 56 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$ )

In **Tabelle 4** sind in den Spalten 6 und 12 die aufgrund der Anzahl der zu versorgenden Wohnungen und damit des effektiven Leistungsbedarfes zulässigen Grenzwerte für den Spannungsfall in Hauptleitungen angegeben. In den Spalten 7 und 13 dieser Tabelle sind die sich aus dem erforderlichen Leiterquerschnitt zur Sicherstellung des

**Bild 7 Spannungsfallgrenzwerte in elektrischen Gebäudesystemen**



Überstromschutzes und dem effektiven Leistungsbedarf ergebenden maximal zulässigen Hauptleitungslängen angegeben (auf halbe Meter gerundet). Die Einhaltung dieser Hauptleitungslängen garantiert die Einhaltung des jeweils zulässigen Spannungsfalls.

Bei der Berechnung des Spannungsfalls in Gebäuden mit einer Hauptstromversorgung nach System B (**Bild 2**) wirft die Anwendung der Formel (e) die Frage auf: Welche Länge soll für die Leitungslänge eingesetzt werden? Die Hauptleitung in Bild 2 enthält mehrere Lastabnahmen, die längs der Hauptleitung in den jeweiligen Geschosses verteilt sind. Wird in diesem Fall die Leitungslänge bis zur ersten Lastabnahme verwendet oder ist es richtiger, die Länge bis zur letzten Lastabnahme in die Formel einzusetzen? Möglicherweise ist auch der Mittelwert zwischen beiden Extremwerten der richtige Wert für die Berechnung. Wie ist jedoch zu verfahren, wenn die Lastabnahmen nicht gleichmäßig verteilt sind oder selbst gar verschieden sind?

Die Antwort auf diese Fragen lautet: Für Hauptleitungen mit mehreren, verteilten Lastabnahmen wird ein „fiktiver Lastschwerpunkt“ ermittelt. Die Länge von der Einspeisung bis zu diesem Lastschwerpunkt ( $l_s$ ) wird dann in der Formel (e) für die Länge  $l$  eingesetzt. Der prozentuale Spannungsfall in der Hauptleitung mit verteilten Lastabnahmen wird so berechnet, als würde die gesamte effektive Leistung dieser Hauptleitung am fiktiven Lastschwerpunkt entnommen.

$$\Delta u = \frac{P_{\text{Seffg}} \cdot l \cdot 100\%}{U_n^2 \cdot S \cdot \gamma} \left( \frac{P_{\text{Seff1}} \cdot l_1 + P_{\text{Seff2}} \cdot l_2 + \dots + P_{\text{Seffn}} \cdot l_n}{P_{\text{Seff1}} + P_{\text{Seff2}} + \dots + P_{\text{Seffn}}} \right) \quad (\text{f})$$

mit	$\Delta u$	Spannungsfall in %
	$U_n$	Netznominalspannung in V (in Drehstromsystemen 400 V)
	$P_{\text{Seffg}}$	in die Hauptleitung eingespeiste effektive Leistung aller angeschlossenen Kundenanlagen in VA
	$P_{\text{Seff1}} \dots P_{\text{Seffn}}$	an den Lastabnahmepunkten 1 ... n jeweils abgenommene effektive Leistung in VA
	$l_1 \dots l_n$	Leitungslängen von der Einspeisung bis zu den Lastabnahmepunkten 1 ... n im m
	$S$	Leiterquerschnitt in mm <sup>2</sup>
	$\gamma$	elektrische Leitfähigkeit in m/Ωmm <sup>2</sup> (für Kupfer bei 25 °C ist $\gamma = 56 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$ )

Der mit der Formel (f) in der Klammer zu berechnende Wert entspricht der fiktiven Lastschwerpunktlänge ( $l_s$ ).

Der prozentuale Spannungsfall in den Leitungen nach den Zählerplätzen bis hin zu den Stromkreisverteilern bemisst sich grundsätzlich nach der Berechnungsformel für eine Leitung mit einer Lastabnahme gemäß Formel (e). Allerdings muss beachtet werden, dass diese Leitung - obwohl stets mit 4 bzw. 5 Adern ausgeführt - auch durchaus eine Wechselstromleitung sein kann. Dieses ist nämlich immer dann der Fall, wenn der VNB für eine Kundenanlage ohne Drehstromverbrauchsgeräte für die Elektrizitätsmessung lediglich Wechselstromzähler zur Verfügung stellt. Hiervon wird in großstädtischen Versorgungsgebieten durchaus Gebrauch gemacht. Die Ausführungshinweise der örtlichen VNB zu den TAB 2000 geben zu dieser Verfahrensweise entsprechend Auskunft.

**Tabelle 6 Empfehlungen für maximale Leitungslängen zwischen Zählerplätzen und Stromkreisverteilern ( $\Delta u_{\max} = 2\%$ )**

Art der Versorgung	Leistungsbedarf $P_{\text{Seff}}/\text{kVA}$	Leiterquerschnitt Cu $S/\text{mm}^2$		
		10	16	25
Drehstrom $U_n = 400 \text{ V}$	34,0	53	84	132
Wechselstrom $U_n = 230 \text{ V}$	14,5	20	32	50
		<b>empfohlene Leitungslänge</b> l/m		

Für die Bemessung des prozentualen Spannungsfalls in den Leitungen zwischen Zählerplätzen und Stromkreisverteilern ist in diesen Fällen die folgende Formel anzuwenden, wobei sich der prozentuale Spannungsfall nunmehr auf die Netznominalspannung von 230 V bezieht:

$$\Delta u = \frac{P_{\text{seff}} \cdot l \cdot 2 \cdot 100\%}{U_n \cdot S \cdot \gamma} \quad (\text{g})$$

Der zulässige Spannungsfallgrenzwert für die Leitung zwischen Zählerplatz und Stromkreisverteiler ist, wie das der Darstellung in Bild 3 zu entnehmen ist, nicht festgelegt. Es obliegt dem Planer, den für die elektrische Anlage nach dem Zählerplatz zulässigen Spannungsfall von 3% entsprechend auf die Anlagenteile aufzuteilen. Es hat sich allerdings bewährt, für die Leitung zwischen Zählerplatz und Stromkreisverteiler einen maximalen Spannungsfall in Höhe von 2/3 des insgesamt für die elektrische Anlage nach dem Zähler zulässigen Wertes anzusetzen und für diese Leitung mit einem zulässigen prozentualen Spannungsfall von 2% zu rechnen.

**Tabelle 6** enthält die sich daraus für verschiedene Leiterquerschnitte ergebenden maximalen Leitungslängen jeweils bei Wechselstrom- oder bei Drehstromversorgung der angeschlossenen Kundenanlage.

## Literatur

[1] Just, W.: Maximallast-Ermittlung – Grundlage der Planung von elektrischen Anlagen im Betrieb. de / der elektromeister + deutsches elektrohandwerk H. 22/1983, S. 1513-1517