

Erwärmung von Installationsverteilern

H. Senkbeil, Berlin

An einem Beispiel wird dargestellt, wie die Verlustleistung in einem Verteiler zu ermitteln und danach die Verteilergröße auszuwählen ist.

Der Erwärmung von Verteilern einschließlich der Kleinverteiler wird in der Praxis leider nicht genügend Aufmerksamkeit gewidmet. Wenn es erfreulicherweise trotzdem relativ selten zu Schäden kommt, z. B. durch Brände, dann hat das verschiedene Ursachen. Meist ist der tatsächliche Belastungsstrom geringer als vorgesehen oder eine höhere Belastung tritt kurzzeitig so begrenzt auf, daß sich die Erwärmungen in Grenzen halten. Zum Glück sind auch Überstromschutzorgane temperaturabhängig. Sie lösen bei steigenden Umgebungstemperaturen oftmals früher aus, so daß

auch bei höherer Belastung größere Schäden verhindert werden. Verlassen kann und sollte man sich darauf allerdings nicht, zumal die Hersteller unterschiedliche Materialien zur Fertigung von Bimetallen verwenden, so daß ein einheitlicher Kennlinienverlauf nicht gegeben ist.

1 Allgemeines zur Erwärmung durch Stromfluß und zur Wärmeabführung

Beim Stromfluß durch Widerstände, wozu alle elektrischen Betriebsmittel im Verteiler gehören, entsteht Wärme, die an dieser Stelle unerwünscht ist. Die erzeugte Wärmemenge Q folgt der Beziehung

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t.$$

Eine entscheidende Größe ist der Bela-

stungsstrom I . Bei gleichem Widerstand R und gleicher Zeit t sinkt die Erwärmung durch die quadratische Abhängigkeit bei einer Halbierung auf 25 % und steigt bei einer Verdoppelung auf 400 %.

Die Erwärmung ist gleichbedeutend mit einer höheren Temperatur der Betriebsmittel und damit auch des Verteilers. Gegenüber der Temperatur ϑ_u am Einbauport des Verteilers steigt sie um einen Betrag $\Delta\vartheta$ an, der ebenfalls vom Quadrat des Belastungsstroms, dem Widerstand und der Zeit abhängig ist.

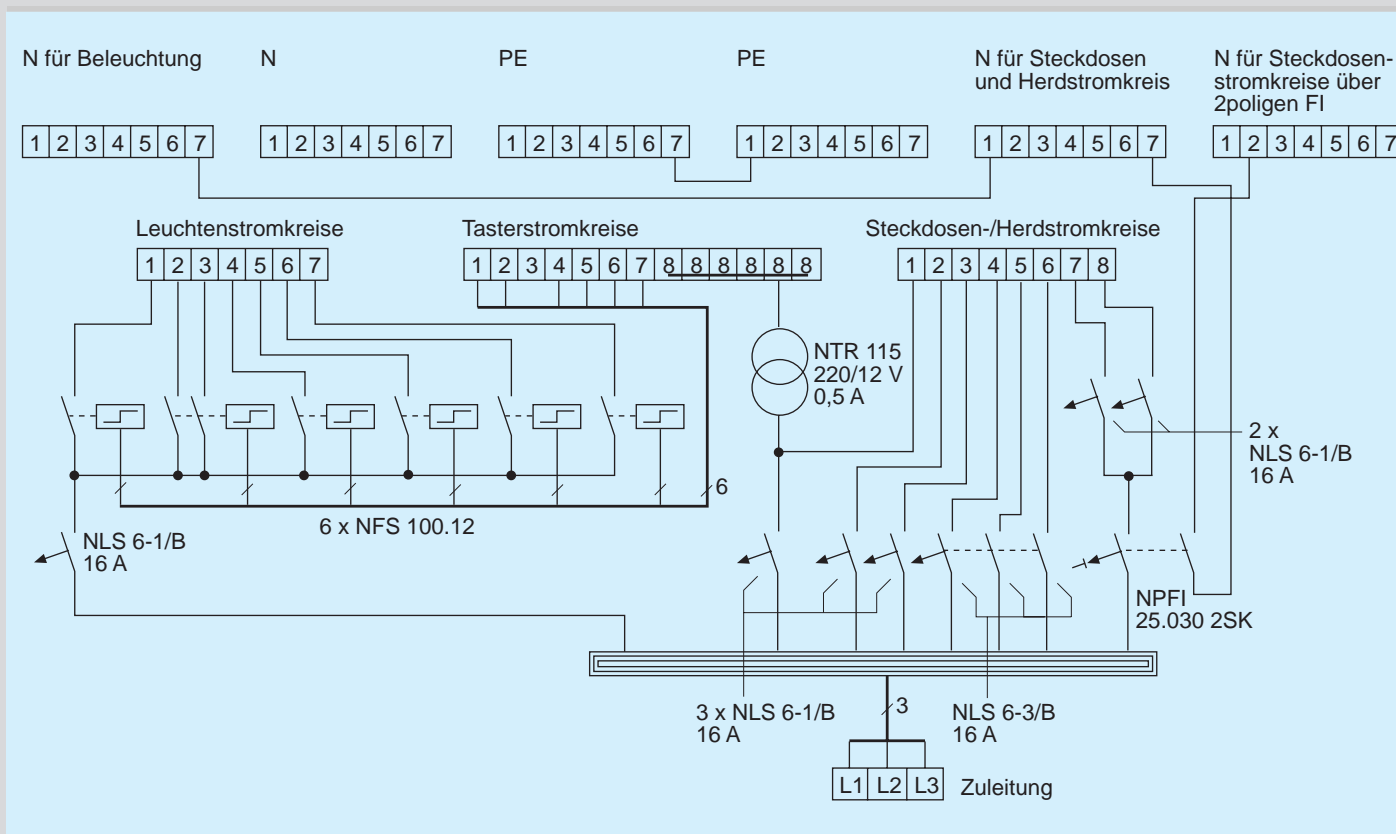
Die Temperaturzunahme erfolgt anfangs relativ schnell und verlangsamt sich anschließend, da immer mehr Wärme an die Umgebung durch Konvektion über die umgebende Luft, Wärmeleitung über die Wände und zu einem geringen Teil durch Wärmestrahlung abgegeben wird. Um die Temperaturzunahme auf einen zulässigen Wert ϑ_{zul} zu begrenzen, muß sichergestellt sein, daß die Verlustleistung der Betriebsmittel $P_{B ges}$ nicht größer ist als die dafür zulässige Verlustleistung im Verteiler

$$P_{B ges} \leq P_{zul}$$

Hierbei wird von Dauerbelastung mit ausgeglichener Wärmezuführung und -abführung ausgegangen, so daß die Zeit t unberücksichtigt bleibt.

Autor

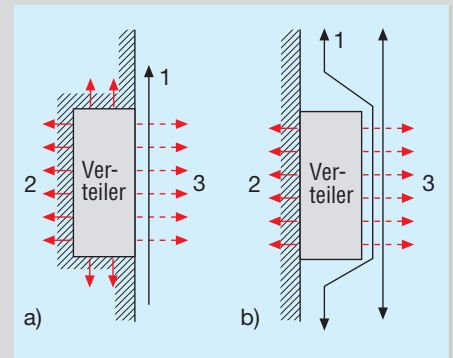
Obering. Heinz Senkbeil ist Mitarbeiter der Fa. Schupa, Schalksmühle.



1 Innenschaltung eines Wohnungsverteilers mit Installations fernschaltern und Klemmen (Mit Ausnahme von Leitungsverbindungen in Steckdosen sind alle anderen durch Anschlüsse im Verteiler ersetzt.)

Tafel 1 Zu erwartende Verlustleistungen in einem Wohnungsverteiler gemäß Bild 1 (3-Raum-Wohnung ohne elektrische Warmwasserbereitung gemäß DIN 18 015 Teil 1 (Kurve B))

Stromkreis	Verbraucher	Einbaugerät			Anschlußleistung P_A [W]	Belastungsstrom I [A]	Belastungsfaktor		Verlustleistung	
		FI [A]	LS [A]	IF [A]			f	f^2	P_{Bmax} W	P_B W
1	Beleuchtung	16			620	2,7	0,17	0,03	3,5	0,11
	Flur		16		60	0,26	0,02	–		
	Küche		16		100	0,43	0,03	–		
	Bad		16		60	0,26	0,02	–		
	Wohnzimmer		16		200	0,87	0,05	–		
	Schlafzimmer		16		100	0,43	0,02	–		
	Kinderzimmer		16		100	0,43	0,02	–		
2	Steckdose	16			1000	4,35	0,27	0,07	3,5	0,26
	Trafo				40					
3	Steckdose	16			1000	4,35	0,27	0,07	3,5	0,26
4	Steckdose Küche	16			3000	13,04	0,82	0,66	3,5	2,31
5	Herd	16			3000	13,04	0,82	0,66	3,5	2,31
	Herd	16			3000	13,04	0,82	0,66	3,5	2,31
	Herd	16			3000	13,04	0,82	0,66	3,5	2,31
6	Waschmaschine	40			21,74	0,54	0,3	15,0	4,5	
			16		3000	13,04	0,82	0,66	3,5	2,31
7	Steckdose	16			2000	8,7	0,54	0,3	3,5	1,05
4	Leitungen		1,5 mm ²					0,66	6,56	4,32
4	Leitungen		1,5 mm ²					0,07	6,56	0,46
2	Leitungen		1,5 mm ²					0,30	3,28	0,98
2	Leitungen		1,5 mm ²					0,03	3,28	0,10
6	Leitungen		2,5 mm ²					0,66	5,94	3,92
Gleichzeitigkeit								ΣP_B	27,51	
Gesamtverlustleistung								g	0,5	
								$P_{Bges.}$	13,76	



2 Verlustwärmeabführung aus Kleinverteilern
a) Wandeinbau (U); b) Wandaufbau (A)
1 Konvektion; 2 Wärmeleitung; 3 Wärmestrahlung

insgesamt mögliche Verlustleistung ΣP_B (Tafel 1). In der Praxis ist ΣP_B in dieser Höhe nicht zu erwarten. Zwar können kurzzeitig in einem Stromkreis sogar höhere Leistungen abgefordert werden, z. B. durch Anschluß eines zusätzlichen Küchengeräts oder durch Nutzung der vollen Leistung des Elektroherds. Diese führen dann auch zur zusätzlichen Erwärmung an der betroffenen Stelle. Durch die zeitliche Verzögerung erfolgt aber eine Abschaltung, bevor schädliche Auswirkungen zu erwarten sind.

In Wirklichkeit ist die Gesamtverlustleistung im Verteiler aber geringer. Zu ihrer Ermittlung ist der Gleichzeitigkeitsfaktor g zu berücksichtigen. Er gibt das Verhältnis der in Anspruch genommenen zur installierten Leistung an. Für Stromkreisverteiler in Hausinstallationen nach DIN 18 015 ist in DIN 43 871 [1] als maximaler Gleichzeitigkeitsfaktor 0,5 festgelegt. Die Entscheidung, ob dieser oder ein kleinerer Wert zugrundegelegt wird, trifft der Planer der Anlage. Er wird sich wohl für die sichere Seite und damit für den Wert 0,5 entscheiden. Die tatsächlich mögliche Gesamtverlustleistung P_{Bges} ergibt sich durch Multiplikation mit dem unter Beachtung von f^2 errechneten Wert ΣP_B (Tafel 1).

3 Auswahl der Installationskleinverteiler

3.1 Kleinverteiler nach DIN 43 871 – Aufbau und zulässige Verlustleistungen P

Stromkreisverteiler für Hausinstallationen mit einem Nennstrom bis 63 A und AC 400 V entsprechen DIN 43 871 [1] und DIN VDE 0603 [2]. Sie sind unterteilt in Ausführungen für den Wandaufbau (A), den Einbau in Wände (U) und in Hohlwände mit dem Kennzeichen ∇ . Unterschieden werden 1- bis 4reihige Varianten mit je 12 Teilungseinheiten mit einer Breite von je 18 mm. Der Abstand der Hutschienen ist

2 Verlustleistungen im Verteiler

2.1 Verlustleistungen der Betriebsmittel

Die Verlustleistungen für Einbaugeräte sind den Herstellerangaben zu entnehmen. Auch Leitungen und Kabel gehören zu den Betriebsmitteln, die Wärmeverluste erzeugen. Ihr Anteil ist nicht unerheblich, so daß sie nicht vernachlässigt werden sollten. Sie sind gesondert zu ermitteln.

Es ist zweckmäßig, alle zur Ermittlung der Verlustwärme notwendigen Werte und die berechneten Werte in einer Tafel zu erfassen (Beispiel siehe Tafel 1). Grundlage dafür sollte der Übersichtsschaltplan des Verteilers sein (Bild 1).

Die im Katalog angegebenen Verlustleistungen (P_{Bmax}) der Einbaugeräte beziehen sich auf den Bemessungsstrom. Wollte man sie in dieser Höhe berücksichtigen, dann wäre der Verteiler völlig überdimensioniert und hätte utopische Abmessungen.

2.2 Einfluß des Belastungsfaktors

Die tatsächliche Verlustleistung ist von der Höhe und Art der Belastung und damit von den Gewohnheiten der Nutzer abhängig. Nicht alle Verbraucher werden zur gleichen Zeit benötigt oder voll eingeschaltet. Um den tatsächlichen Bedingungen der Nutzung annähernd Rechnung zu tragen, müssen zunächst die Belastungsfaktoren ermittelt werden.

Der Belastungsfaktor f ergibt sich aus dem Verhältnis des Belastungs- zum Bemessungsstrom eines Betriebsmittels und läßt sich für jeden Stromkreis oder Strompfad berechnen, z. B. für einen Installationsfern-schalter eines Leuchtenanschlusses. Die Ermittlung des Belastungsfaktors ist problemlos möglich, wenn die Anschlußleistung P_A festliegt. Hier ist man oftmals auf Angaben des Auftraggebers oder notfalls auf eigene Schätzungen angewiesen. Für Elektroherde sind z. B. Leistungen zwischen 4,5 und 12 kW möglich. Da größere Anschlußleistungen nicht zwangsläufig mit einer höheren Dauerbelastung verbunden sind, liegt man bei einem Mittelwert von 9 kW wohl auf der sicheren Seite. Für die fest angeschlossene Raumbeleuchtung dürfte eine Belastung von 0,5 bis 1 kW in einer Wohnung ausreichend sein. Höhere Leistungen sind wohl auch nicht in Steckdosenstromkreisen zu erwarten. Für Waschmaschinen und Küchengeräte sollte dagegen mit einer Leistung von jeweils ca. 3 kW gerechnet werden.

Wegen der Abhängigkeit vom Quadratwert des Belastungsstroms ist f^2 und durch Multiplikation mit P_{Bmax} die tatsächliche Verlustleistung P_B zu ermitteln (Tafel 1).

2.3 Gleichzeitigkeitsfaktor g und Gesamtverlustleistung P_{Bges}

Durch Addition der berechneten möglichen Verlustleistungen P_B ergibt sich die

Tafel 2 Zulässige Verlustleistung P_{zul} für Installationskleinverteiler (Auszug aus DIN 43 871)

Größe	Wandaufbauausführung					Wandeinbauausführung				
	P_{zul} [W] bei Δt 10 K	15 K	20 K	25 K	30 K	P_{zul} [W] bei Δt 10 K	15 K	20 K	25 K	30 K
1	5,5	9,0	12,5	16,5	21,0	4,0	7,0	10,0	13,0	16,0
2	6,5	11,0	15,5	20,0	25,0	5,0	8,0	11,5	15,0	19,0
3	7,0	12,0	17,0	22,0	28,0	6,0	10,0	14,5	19,0	24,0
4	8,5	14,5	20,5	27,0	34,0	7,0	11,5	16,5	21,5	27,0

mit 125 mm und die Mindesthöhe des unteren Anschlußraums mit 100 mm festgelegt. Der obere Anschlußraum ist bei zweihiger Ausführung 115 mm und bei drei und vier Reihen 135 mm hoch.

Verteiler nach [1] sind für Hausinstallationen bestens geeignet. Die Abmessungen sind auf Einbaugeräte der Gruppe 2 nach DIN 43 880 abgestimmt und ermöglichen damit den Einbau aller Geräte bis 63 A. Die zulässigen Verlustleistungen P_{zul} sind abhängig von der Anzahl der Gerätereihen und der zulässigen Übertemperatur des Verteilers und können Tabellen in [1] entnommen werden (Tafel 2).

Ausführungen für den Wandaufbau (A) dürfen etwa 20 % höher belastet werden als Einbauausführungen. Das ist durch die Art der Wärmeabführung an die Umgebung bedingt, die vorwiegend durch Konvektion erfolgt (Bild 2).

Hier sei darauf hingewiesen, daß die Wärmeabführung aus dem Verteiler nicht durch zusätzliche Verkleidungen, z. B. aus Holz, durch den Einbau in Schränke usw. behindert werden darf. Wenn das geschieht, dann sind die zulässigen Verlustleistungen natürlich zu hoch bemessen.

3.2 Betriebstemperatur der Geräte und Umgebungstemperatur am Einbaort – wesentliche Kriterien für die Auswahl des Verteilers

Die höchstzulässige Temperatur des Einbaugeräts mit dem niedrigsten oberen Temperaturniveau entspricht der höchstzulässigen Temperatur ϑ_i im Verteiler. Eine Überschreitung kann zu Defekten am Einbaugerät und zu Betriebs- und Funktionsstörungen führen, ganz abgesehen von den nicht abzusehenden Folgewirkungen. Vor allem elektronische Geräte, z. B. Ferndimmer, können schon bei Werten über 25 °C äußerst empfindlich reagieren. Die zulässigen Betriebstemperaturen sind den Normen und Herstellerangaben zu entnehmen. In der Regel dürfte von +40 °C auszugehen sein, da für Bäder und Außenanschlüsse FI-Schutzschalter erforderlich sind.

Die zulässige Verlustleistung P_{zul} hängt von der Temperaturdifferenz $\Delta\vartheta$ zwischen der Innentemperatur ϑ_i und der Umgebungstemperatur (Raumtemperatur) ϑ_u am Einbaort ab. Wenn Angaben des Auftragge-

bers fehlen, so kann auf Festlegungen in DIN 4701 Teil 2 zurückgegriffen werden (Tafel 3) [3]. Bei einer Gesamtverlustleistung $P_{B\ ges} = 13,76$ W gemäß Beispiel (Tafel 1) wäre bei einer Anordnung im Flur (Raumtemperatur 15 °C, Temperaturdifferenz 25 K) ein zweihiger Verteiler in Einbauausführung (U) mit $P_{zul} = 15$ W ausreichend (Tafel 2). Die Platzbedingungen lassen diese Lösung aber fraglich erscheinen.

Bei einer Anordnung im Sanitärschacht (Raumtemperatur 20 °C, Temperaturdifferenz 20 K), ist in jedem Fall eine dreihige Ausführung mit $P_{zul} = 14,5$ W erforderlich. Beim Einbau von Installationsfernschaltern dürfte das auch die Mindestgröße sein, um spätere Erweiterungen ohne Auswech-seln des Verteilers zu ermöglichen.

Sollten die Verlustleistungen $P_{B\ max}$ der Betriebsmittel die zulässigen Werte in [1] übersteigen, dann ist eine andere Lösung zu treffen. Unter anderem bieten sich folgende Möglichkeiten:

- Es wird ein größerer Verteiler mit mehr Reihen gewählt.
- Statt einer Einbauausführung (U) ist eine Aufbauausführung (A) zu verwenden.
- Der Verteiler ist an einer anderen Stelle einzubauen, wo die Umgebungstemperatur niedriger liegt.

Das Beispiel (Tafel 1, Bild 1) dürfte für Wohnungsinstallationen ohne elektrische Warmwasserbereitung für Bade- und Duschzwecke gemäß DIN 18 015-1 (Kurve 3) typisch sein [4]. Ein Wohnraum mehr oder weniger, ist da nicht entscheidend, zumal durch die übliche Raumbeleuchtung in Wohnungen kaum Verlustleistungen zu erwarten sind (Tafel 1). Der Einbau besonders temperaturempfindlicher Einbaugeräte erfordert aber in jedem Fall eine besondere Betrachtung.

In Wohnungen mit elektrischer Warmwasserbereitung zum Baden und Duschen dürfte die Verlustleistung höher sein. Dabei ist aber zu bedenken, daß die Wärmeerzeuger nur kurzzeitig genutzt werden. Die Erwärmung der Betriebsmittel im Verteiler kann dabei keine Extremwerte erreichen.

In Anlagen mit einem Gleichzeitigkeitsfaktor g über 0,5, z. B. in Anlagen für Speicherheizungen, darf die Innentemperatur des Verteilers teilweise höher sein, wenn entsprechende Einbaugeräte verwen-

Tafel 3 Norm-Innentemperatur für beheizte Innenräume (Auszug aus DIN 4701 Teil 2)

Raumart in Wohnhäusern	Norm-Innentemperatur in °C
Wohn- und Schlafräume	+ 20
Küchen, Toiletten, Bäder	+ 24
geheizte Nebenräume (Flure)	+ 15
Treppenträume	+ 10

det werden. Hier ist eine besondere Betrachtung erforderlich, die das frühere Auslösen von Überstromschutzorganen und deren gegenseitige Erwärmung besonders in Rechnung stellt.

Zur Verhinderung einer zu hohen Erwärmung die Anschlußleistung zusätzlich zu begrenzen, erscheint nicht notwendig und ist auch nicht angebracht. Clevere Nutzer finden im Bedarfsfall immer Mittel und Wege, Leistungsbegrenzungen zu umgehen, wenn das zum Betreiben eines Verbrauchers notwendig erscheint. Sinnvoll sind aber Vorrangschaltungen mit Lastabwurfrelais, z. B. zum Betreiben von Durchlauferhitzern und Speicherheizungen.

4. Vorhandene Verteiler weitenutzen oder ersetzen?

Die Entscheidung, ob ein Verteiler erhalten bleibt oder ersetzt wird, haben immer der Betreiber und die Fachkraft zu treffen. Neben einer möglicherweise zu hohen Erwärmung gibt es eine Vielzahl von Entscheidungskriterien, wie unzureichende Abmessungen und Schienenabstände, schlechte Zugänglichkeit, fehlende Rückwand, Verwendung brennbarer Gehäuse und dgl. Bei einer Modernisierung ist der Austausch alter Verteiler gegen Ausführungen nach [1] und [2] auf Dauer meist die bessere Lösung.

Wer trotzdem zur Beibehaltung neigt, sollte eine mögliche zu hohe Erwärmung aber immer mit in die Betrachtung einbeziehen, bevor er sich endgültig entscheidet. Über zulässige Verlustleistungen alter Verteiler fehlen in der Regel Angaben. Hier könnte ein Größenvergleich der alten mit der neuen Ausführung, für die ja Werte vorliegen, gegebenenfalls hilfreich sein.

Literatur

- [1] DIN 43 871:1992-11 Installationskleinverteiler für Einbaugeräte bis 63 A.
- [2] DIN VDE 0603 Teil 1:1991-10 Installationskleinverteiler und Zählerplätze AC 400 V.
- [3] DIN 4701 Teil 2:1983-03 Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden.
- [4] DIN 18 015 Teil 1:1992-03 Elektrische Anlagen in Wohngebäuden; Planungsgrundlagen.