

Stromverteilung

Nennströme von Sammelschienen E-Cu (DIN 43 671)

In der DIN 43 671 werden die Dauerströme für Sammelschienen bei einer Umgebungstemperatur von 35°C und einer mittleren Sammelschienentemperatur von 65°C festgelegt. Mit Hilfe eines Korrekturfaktors (k_2) können die in der nachstehenden Tabelle vorgegebenen Dauerströme auf abweichende Betriebstemperaturen korrigiert werden.

Für einen sicheren Betrieb mit thermischer Reserve ist es erstrebenswert, die Sammelschienentemperatur auf maximal 85°C zu begrenzen. Maßgebend ist jedoch die niedrigste zulässige Dauerstemperatur der Komponenten, die das Sammelschienensystem direkt berühren (Reiter Elemente, abgehende Leitungen etc.). Die umgebende Lufttemperatur der Sammelschienen bzw. des Sammelschienensystems sollte maximal 40°C betragen; im Mittel ist ein Wert von maximal 35°C zu empfehlen.

Für die in der Tabelle angegebenen Dauerströme gilt ein Emissionsgrad von 0,4. Das entspricht einer oxidierten Kupferschiene. Bei modernen Sammelschienensystemen – eingebaut in Schaltschränken mit der Schutzart IP 54 und höher – kann ein günstigerer Emissionsgrad angenommen werden. Der günstigere Emissionsgrad ermöglicht eine zusätzliche Erhöhung der Dauerströme gegenüber den Werten der DIN 43 671, unabhängig von der festgelegten Luft- und Schienentemperatur. Erfahrungswerte zeigen eine Dauerstromerhöhung um 6 – 10 % gegenüber den Tabellenwerten für blanke, zu 60 % oberflächenoxidierte Kupferschienen.

Beispiel:

Für eine blanke Cu-Schiene 30 x 10 mm (E-Cu F30) legt die DIN 43 671 einen Dauerstrom von $I_{N65} = 573$ A fest. Das Korrekturfaktordiagramm für Rechteckquerschnitte zeigt bei 35°C Lufttemperatur und 85°C Schienentemperatur den Korrekturfaktor $k_2 = 1,29$. Aufgrund des günstigeren Emissionsgrades wird der Dauerstrom um weitere 6 – 10 % erhöht. In diesem Beispiel wird ein mittlerer Wert von 8 % eingesetzt. Gegenüber dem Tabellenwert der DIN 43 671 ergibt sich die Rittal Bemessungsstromangabe für eine Cu-Schiene 30 x 10 mm:

$$I_{N85} = I_{N65} \cdot k_2 + 8 \% \\ = 573 \text{ A} \cdot 1,29 \cdot 1,08 \\ I_{N85} = 800 \text{ A}$$

Dauerströme für Stromschienen

Aus E-Cu mit Rechteck-Querschnitt in Innenanlagen bei 35°C Lufttemperatur und 65°C Schienentemperatur senkrechte Lage oder waagerechte Lage der Schienenbreite.

Breite x Dicke mm	Querschnitt mm ²	Gewicht ¹⁾	Werkstoff ²⁾	Dauerstrom in A			
				Wechselstrom bis 60 Hz		Gleichstrom + Wechselstrom 16 Hz	
				blanke Schiene	gestrichene Schiene	blanke Schiene	gestrichene Schiene
12 x 2	23,5	0,209	E-Cu F30	108	123	108	123
15 x 2	29,5	0,262		128	148	128	148
15 x 3	44,5	0,396		162	187	162	187
20 x 2	39,5	0,351		162	189	162	189
20 x 3	59,5	0,529		204	237	204	237
20 x 5	99,1	0,882		274	319	274	320
20 x 10	199,0	1,770		427	497	428	499
25 x 3	74,5	0,663		245	287	245	287
25 x 5	124,0	1,110		327	384	327	384
30 x 3	89,5	0,796		285	337	286	337
30 x 5	149,0	1,330		379	447	380	448
30 x 10	299,0	2,660		573	676	579	683
40 x 3	119,0	1,060		366	435	367	436
40 x 5	199,0	1,770		482	573	484	576
40 x 10	399,0	3,550		715	850	728	865
50 x 5	249,0	2,220		583	697	588	703
50 x 10	499,0	4,440		852	1020	875	1050
60 x 5	299,0	2,660		688	826	696	836
60 x 10	599,0	5,330		985	1180	1020	1230
80 x 5	399,0	3,550		885	1070	902	1090
80 x 10	799,0	7,110	1240	1500	1310	1590	
100 x 10	999,0	8,990	1490	1810	1600	1940	

¹⁾ Gerechnet mit einer Dichte von 8,9 kg/dm³

²⁾ Bezugsbasis für die Dauerstromwerte (Werte der DIN 43 671 entnommen)

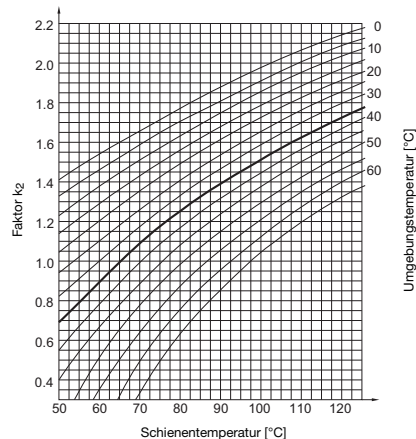
Rittal PLS Strombelastung

Nach DIN 43 671 wird mit dem Korrekturfaktor k_2 (Korrekturfaktordiagramm) der Basisnennstrom in Bezug auf die vorhandenen Temperaturverhältnisse der Umgebung und der Sammelschiene korrigiert.

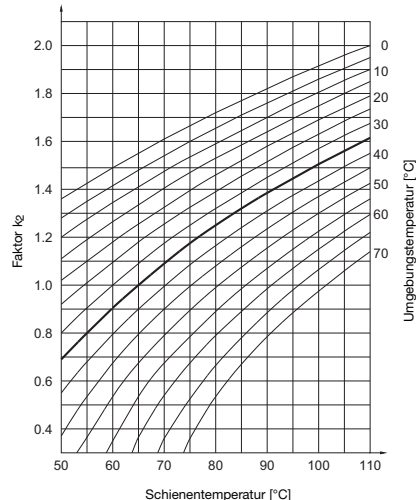
Entsprechend der DIN 43 671 sind die Belastungswerte der Rittal PLS Spezial-Schienen nach Messversuchen wie folgt ermittelt worden:

PLS Spezial-Sammelschienen	Nennstrom WS 50/60 Hz	
	für 35/75°C	für 35/65°C (Basiswert)
PLS 800	800 A	684 A
PLS 1600	1600 A	1368 A

Korrekturfaktordiagramm nach DIN 43 671



Korrekturfaktordiagramm für PLS



Nennströme von Sammelschienen E-Cu (DIN 43 671)

Ergänzend zu den Bemessungsströmen für Kupfer-Sammelschienen nach DIN 43 671 sind in der nachfolgenden Tabelle zusätzliche Werte für Bemessungsströme von Flat-PLS Sammelschienensystemen mit blanken Kupferschienen für Wechselstrom bis 60 Hz aufgeführt.

Diese Werte wurden an Flat-PLS Sammelschienensystemen ermittelt, die in Schaltschränken unter verschiedenen Schutzarten sowie mit und ohne Zwangsbelüftung montiert waren. Je Schienensystem und je Schutzart werden zwei Werte angegeben, die den Bemessungsstrom bei 30 K und 70 K Über-temperatur darstellen. Im Unterschied zu den Bemessungsströmen nach DIN 43 671 wird als Umgebungstemperatur die Temperatur außerhalb des Schaltschranks gemessen.

Der Vorteil dieser Betrachtung ist, dass das Schaltschrankgehäuse, das einen großen Einfluss auf das Sammelschienensystem haben kann, in den Bemessungsdaten des Sammelschienensystems berücksichtigt wird. Die Auslegung eines Sammelschienensystems nach DIN 43 671 ohne Berücksichtigung des Schaltschrankgehäuses kann gerade bei höheren Strömen zu thermischen Problemen im Inneren des Schaltschranks führen.

Die IEC 61 439-1/DIN EN 61 439-1 lässt zwar auch höhere Grenzübertemperaturen, als 70 K zu. Allerdings beträgt die absolute Sammelschienentemperatur bei einer Umgebungstemperatur von 35°C und 70 K Grenzübertemperatur 105°C. Diese 105°C stellen einen hohen Wert dar, sind jedoch deutlich unterhalb der thermischen Entfestigung von Kupfermaterial und somit akzeptabel.

Beispiel:

Wird ein Bemessungsstrom bei 30 K Über-temperatur verwendet, so bedeutet dies, dass die Temperatur der Sammelschienen 30 K über der Umgebungstemperatur des Schaltschrankgehäuses liegt. In absoluten Werten ausgedrückt ergibt sich somit bei 35°C Umgebungstemperatur um das Schaltschrankgehäuse eine absolute Sammelschienentemperatur von max. 65°C.

Bemessungs-Wechselströme von Flat-PLS Sammelschienensystem bis 60 Hz für blanke Kupferschienen (E-Cu F30) in A

Ausführung Flat-PLS Sammelschienensystem	Schutzart des Schaltschrankgehäuses											
	Ri4Power DIN 43 671		IP 2X mit Zwangsbelüftung ¹⁾		IP 2X		IP 43		IP 54 mit Zwangsbelüftung ²⁾		IP 54	
	$\Delta T = 30 K$	$\Delta T = 70 K$	$\Delta T = 30 K$	$\Delta T = 70 K$	$\Delta T = 30 K$	$\Delta T = 70 K$	$\Delta T = 30 K$	$\Delta T = 70 K$	$\Delta T = 30 K$	$\Delta T = 70 K$	$\Delta T = 30 K$	$\Delta T = 70 K$
2 x 40 x 10 mm	1290	1780	2640	1180	1900	1080	1720	1680	2440	1040	1640	
3 x 40 x 10 mm	1770	2240	3320	1420	2320	1280	2040	1980	2960	1200	1920	
4 x 40 x 10 mm	2280	2300	3340	1460	2380	1320	2100	2080	3020	1260	2000	
2 x 50 x 10 mm	1510	2200	3260	1340	2140	1200	1920	1980	2920	1140	1800	
3 x 50 x 10 mm	2040	2660	3900	1580	2540	1400	2240	2320	3440	1320	2100	
4 x 50 x 10 mm	2600	2700	4040	1640	2660	1440	2340	2360	3500	1380	2220	
2 x 60 x 10 mm	1720	2220	3340	1440	2300	1280	2060	2020	2940	1200	1920	
3 x 60 x 10 mm	2300	2700	4120	1720	2780	1540	2440	2400	3520	1440	2260	
4 x 60 x 10 mm	2900	2740	4220	1740	2840	1580	2540	2420	3580	1460	2360	
2 x 80 x 10 mm	2110	2760	4160	1740	2840	1600	2560	2540	3720	1480	2360	
3 x 80 x 10 mm	2790	3300	5060	2000	3260	1840	2960	3060	4520	1680	2700	
4 x 80 x 10 mm	3450	3680	5300	2060	3440	1900	3060	3220	4880	1780	2820	
2 x 100 x 10 mm	2480	3240	4840	1920	3200	1800	2880	2900	4340	1660	2660	
3 x 100 x 10 mm	3260	3580	5400	2200	3720	1980	3240	3320	4880	1920	2980	
4 x 100 x 10 mm	3980	3820	5500	2320	3820	2000	3400	3380	4900	1960	3120	

¹⁾ Bei $I_N \leq 2000 A$ unter Verwendung von Filterlüfter SK 3243.100, bei $I_N > 2000 A$ unter Verwendung von Filterlüfter SK 3244.100
²⁾ Bei $I_N \leq 2000 A$ unter Verwendung von Filterlüfter SK 3243.100 und Austrittsfilter SK 3243.200, bei $I_N > 2000 A$ unter Verwendung von Filterlüfter SK 3244.100 und Austrittsfilter SK 3243.200

Für die Ermittlung von Bemessungsströmen bei Temperaturen, die zwischen den Grenzübertemperaturen der Flat-PLS Sammelschienensysteme liegen, kann das Korrekturfaktordiagramm verwendet werden. Liegen die Angaben über die maximale Umgebungstemperatur und die maximale zulässige Schienentemperatur vor, so kann über das Korrekturfaktordiagramm ein Korrekturfaktor k_2 ermittelt werden. Mit dem Korrekturfaktor k_2 und der Bemessungsstromangabe bei 30 K Grenzübertemperatur wird der neue Bemessungsstrom berechnet.

Beispiel:

Sammelschienensystem Flat-PLS 100 mit 4 x 100 x 10 mm

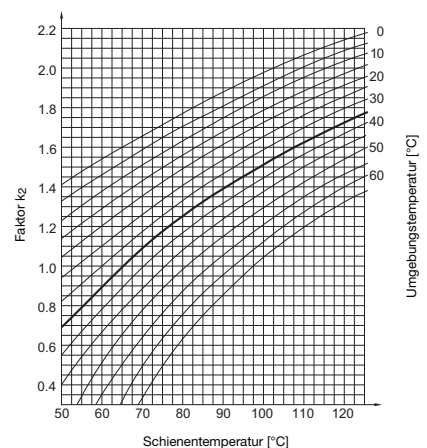
I_{N30} bei IP 2X = 2320 A
 Umgebungstemperatur = 35°C
 Schienentemperatur = 85°C

Aus dem Diagramm ergibt sich ein Faktor $k_2 = 1,29$

Der neue Bemessungsstrom unter diesen Bedingungen errechnet sich dann:

$$I_N = I_{N30} \cdot k_2 = 2320 A \cdot 1,29 = 2992 A$$

Korrekturfaktordiagramm



Stromverteilung

Berechnung der Verlustleistung von Sammelschienen

Die Verlustleistung von Sammelschienen lässt sich bei Kenntnis des Wechselstromwiderstandes unter Verwendung der folgenden Beziehung berechnen:

$$P_v = \frac{I_B^2 \cdot r \cdot l}{1000}$$

P_v [W] Verlustleistung

I_B [A] Betriebsstrom

r [mΩ/m] Wechselstromwiderstand oder Gleichstromwiderstand der Sammelschiene

l [m] Länge der Sammelschiene, die vom I_B durchflossen wird

Zur Berechnung der Verlustleistung nach der vorgenannten Formel kann im Einzelfall als bekannt vorausgesetzt werden, der Bemessungsstrom eines Stromkreises bzw. die „Betriebsströme“ der Sammelschienen-Abschnitte sowie die zugehörige Länge des Leitersystems in der Anlage oder Verteilung. Dagegen ist der Widerstand von Leitersystemen – insbesondere der Wechselstromwiderstand von Stromschienenanordnungen – nicht ohne weiteres einer Unterlage zu entnehmen oder selbst zu ermitteln.

Aus diesem Grunde und um vergleichbare Ergebnisse bei der Ermittlung von Verlustleistungen zu erhalten, sind in der Tabelle die Werte der Widerstände in mΩ/m für die gebräuchlichsten Querschnitte von Stromschienen aus Kupfer zusammengestellt.

Wechselstromwiderstände von Sammelschienen aus E-Cu 57

Abmessungen ¹⁾ mm	Widerstand je 1 m Stromschienensystem in mΩ/m ²⁾							
	I 1 Hauptleiter		III 3 Hauptleiter		II II II 3 x 2 Hauptleiter		III III III 3 x 3 Hauptleiter	
	$r_{GS}^{(1)}$ (65°C)	$r_{WS}^{(2)}$ (65°C)	$r_{GS}^{(1)}$ (65°C)	$r_{WS}^{(2)}$ (65°C)	$r_{GS}^{(1)}$ (65°C)	$r_{WS}^{(2)}$ (65°C)	$r_{GS}^{(1)}$ (65°C)	$r_{WS}^{(2)}$ (65°C)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
12 x 2	0,871	0,871	2,613	2,613				
15 x 2	0,697	0,697	2,091	2,091				
15 x 3	0,464	0,464	1,392	1,392				
20 x 2	0,523	0,523	1,569	1,569				
20 x 3	0,348	0,348	1,044	1,044				
20 x 5	0,209	0,209	0,627	0,627				
20 x 10	0,105	0,106	0,315	0,318	0,158	0,160		
25 x 3	0,279	0,279	0,837	0,837	0,419	0,419		
25 x 5	0,167	0,167	0,501	0,501	0,251	0,254		
30 x 3	0,348	0,348	1,044	1,044	0,522	0,527		
30 x 5	0,139	0,140	0,417	0,421	0,209	0,211		
30 x 10	0,070	0,071	0,210	0,214	0,105	0,109		
40 x 3	0,174	0,174	0,522	0,522	0,261	0,266		
40 x 5	0,105	0,106	0,315	0,318	0,158	0,163		
40 x 10	0,052	0,054	0,156	0,162	0,078	0,084	0,052	0,061
50 x 5	0,084	0,086	0,252	0,257	0,126	0,132	0,084	0,092
60 x 5	0,070	0,071	0,210	0,214	0,105	0,112	0,070	0,079
60 x 10	0,035	0,037	0,105	0,112	0,053	0,062	0,035	0,047
80 x 5	0,052	0,054	0,156	0,162	0,078	0,087	0,052	0,062
80 x 10	0,026	0,029	0,078	0,087	0,039	0,049	0,026	0,039
100 x 5	0,042	0,045	0,126	0,134	0,063	0,072	0,042	0,053
100 x 10	0,021	0,024	0,063	0,072	0,032	0,042	0,021	0,033
120 x 10	0,017	0,020	0,051	0,060	0,026	0,036	0,017	0,028

¹⁾ r_{GS} Gleichstromwiderstand des Stromschienensystems in mΩ/m

²⁾ r_{WS} Wechselstromwiderstand des Stromschienensystems in mΩ/m

Die Widerstandswerte in der Tabelle basieren auf einer angenommenen mittleren Sammelschientemperatur von 65°C (Umgebungstemperatur + Eigenerwärmung) und damit auf einem spezifischen Widerstand von

$$\rho (65^\circ\text{C}) = 20,9 \left[\frac{\text{m}\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right]$$

Beispiel: r_{GS} für 1 Hauptleiter 12 x 2 mm

$$r_{GS} = \frac{\rho (65^\circ\text{C}) \cdot l}{A} = \frac{20,9 \left[\frac{\text{m}\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right] \cdot 1 \text{ m}}{24 \text{ mm}^2} = 0,871 \text{ m}\Omega$$

Für von 65°C abweichende Sammelschientemperaturen können die Widerstände wie folgt bestimmt werden:

Positive Temperaturabweichung

$$r_{(x)} = r_{(65^\circ\text{C})} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta)$$

Negative Temperaturabweichung

$$r_{(x)} = r_{(65^\circ\text{C})} \cdot (1 - \alpha \cdot \Delta\theta)$$

$r_{(x)}$ [mΩ/m] Widerstand bei beliebig wählbarer Temperatur

α $\left[\frac{1}{\text{K}} \right]$ Temperaturbeiwert (für Cu = 0,004 $\frac{1}{\text{K}}$)

$\Delta\theta$ [K] Temperaturdifferenz bezogen auf Widerstandswert bei 65°C

ρ $\left[\frac{\text{m}\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right]$ Spezifischer Widerstand

Bohrmuster und Bohrungen

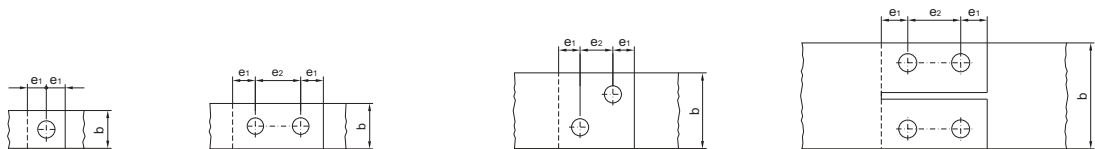
Schienenbreiten mm		12 bis 50		25 bis 60			60			80 bis 100		
Form ¹⁾		1		2			3			4		
Bohrungen der Schienenenden (Bohrbild)												
Bohrungsmaß	Nennbreite b	d	e ₁	d	e ₁	e ₂	e ₁	e ₂	e ₃	e ₁	e ₂	e ₃
	12	5,5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15	6,6	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20	9,0	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25	11	12,5	11	12,5	30	-	-	-	-	-	-
	30	11	15	11	15	30	-	-	-	-	-	-
	40	13,5	20	13,5	20	40	-	-	-	-	-	-
	50	13,5	25	13,5	20	40	-	-	-	-	-	-
	60	-	-	13,5	20	40	17	26	26	-	-	-
80	-	-	-	-	-	-	-	-	20	40	40	
100	-	-	-	-	-	-	-	-	20	40	50	

Zulässige Abweichungen für Lochmittenabstände $\pm 0,3$ mm

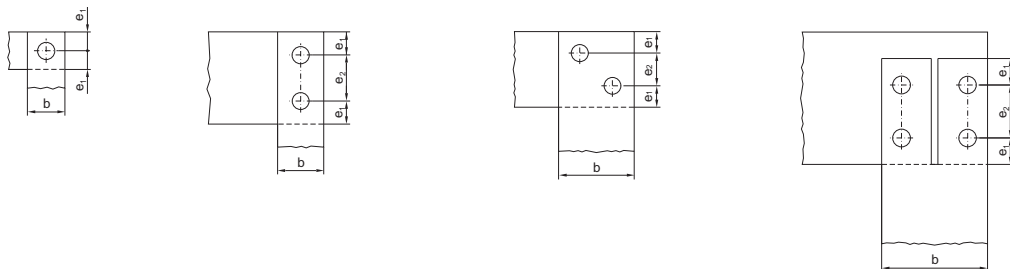
¹⁾ Die Formbezeichnung 1 – 4 entspricht der DIN 46 206 Teil 2 – Flachanschluss

Beispiele von Sammelschienen-Verschraubungen

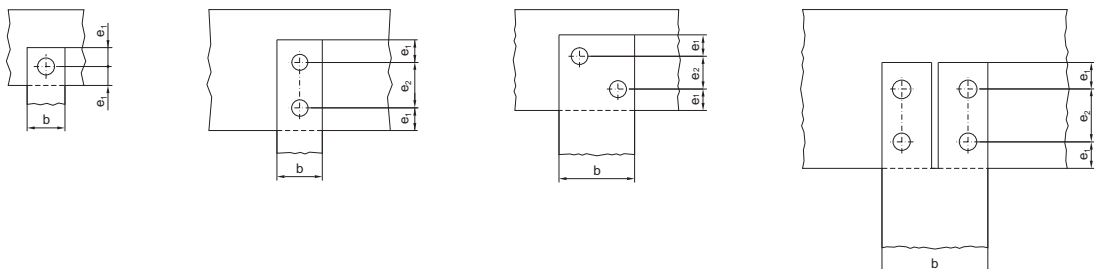
Längsverbindungen



Winkelverbindungen



T-Verbindungen



Hinweis:

- Zahlenwerte für Maße b, d, e₁ und e₂ siehe Tabelle „Bohrmuster und Bohrungen“
- In einem Schienenende oder Ende eines Schienenpaketes sind Langlöcher zulässig