

Stroomverdeling

Nominale stroom van E-Cu railkoper (DIN 43 671)

In DIN 43 671 staan de continuïstroom voor railkoper bij een omgevingstemperatuur van 35 °C en een gemiddelde railkopertemperatuur van 65 °C. Met behulp van een correctiefactor (k_2) kunnen de in de tabel aangegeven basisgegevens voor nominale stroom bij afwijkende bedrijfstemperaturen worden aangepast.

Voor een betrouwbare werking met thermische reserve adviseren wij de verhoging van de railkopertemperatuur te beperken tot maximaal 85 °C. Maatgevend is echter de continue toelaatbare temperatuur van de componenten die direct contact maken met het railsysteem (zekeringhouders, afgaande aansluitdraden, etc.). De luchttemperatuur rond railkoper resp. het railsysteem dient niet hoger te zijn dan 40 °C; een gemiddelde temperatuur van 35 °C wordt aanbevolen.

Voor de in de tabel aangegeven basiswaarden geldt een emissiegraad van 0,4. Dit komt overeen met een geoxideerde koperen rail. Bij moderne railsystemen – ingebouwd in kasten met beschermklasse IP 54 en hoger – kan een gunstiger emissiegraad worden verondersteld. Deze hogere emissiegraad maakt een toelaatbare verhoging van de nominale stroom t.o.v. DIN 43 671 mogelijk, onafhankelijk van de bepaalde lucht- en railtemperatuur. Ten opzichte van blanke koperen rails met een voor maximaal 60 % geoxideerd oppervlak, laten uit de praktijk ontleende waarden zien dat een verhoging van de nominale stroom met 6 – 10 % mogelijk is.

Voorbeeld:

Voor een blanke Cu-rail 30 x 10 mm (E-Cu 57 F30) geeft DIN 43 671 een continuïstroom van $I_{N65} = 573$ A. Het correctiefactordiagram voor rechthoekige doorsneden toont bij 35°C luchttemperatuur en 85°C railtemperatuur een correctiefactor van $k_2 = 1,29$. Op basis van de gunstige emissiegraad wordt de continuïstroom met 6 – 10 % verhoogd. In dit voorbeeld wordt een gemiddelde waarde van 8 % aangehouden. Ten opzichte van de tabelwaarde van DIN 43 671 is de nominale stroomopgave van Rittal voor een Cu-rail 30 x 10 mm:

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

Continuïstroom voor railkoper

Van E-Cu met rechthoekige doorsnede in binneninstallaties bij een luchttemperatuur van 35 °C en een railtemperatuur van 65 °C, verticale of horizontale ligging van de railbreedte.

Breedte x dikte mm	Doorsnede mm ²	Gewicht ¹⁾	Materiaal ²⁾	Continuïstroom in A			
				Wisselstroom tot 60 Hz		Gelijkstroom + wisselstroom 16 Hz	
				blanke rail	geverfde rail	blanke rail	geverfde rail
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⁾ Gerekend met een dichtheid van 8,9 kg/dm³

²⁾ Referentiebasis voor de continuïstroomwaarden (waarden ontleend aan DIN 43 671)

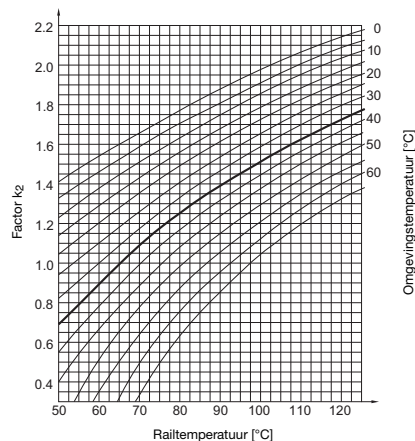
Rittal PLS stroombelasting

De nominale basisstroom kan m.b.v. de k_2 factor (correctiefactordiagram) volgens DIN 43 671 worden gecorrigeerd en aangepast aan de relevante temperatuurverhouding tussen railkoper en omgeving.

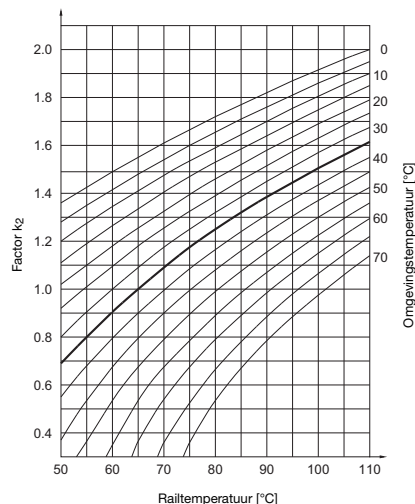
Overeenkomstig DIN 43 671 zijn de belastingwaarden van een Rittal PLS geprofileerd railkoper door metingen als volgt vastgelegd:

PLS geprofileerd railkoper	Nominale stroom WS 50/60 Hz	
	voor 35/75 °C	voor 35/65 °C (basiswaarde)
PLS 800	800 A	684 A
PLS 1600	1600 A	1368 A

Correctiefactordiagram volgens DIN 43 671



Correctiefactordiagram voor PLS



Nominale stroom van E-Cu railkoper (DIN 43 671)

Als aanvulling op de nominale stroom voor railkoper volgens DIN 43 671 zijn in de volgende tabel extra waarden voor de nominale stroom van Flat-PLS railsystemen met blanke koperen rails voor wisselstromen tot 60 Hz opgenomen.

Deze waarden werden berekend bij Flat-PLS railsystemen, die in behuizingen met verschillende beschermklassen alsmede met en zonder gedwongen ventilatie waren gemonteerd. Per railsysteem en per beschermklasse worden twee waarden vermeld, die de nominale stroom bij temperaturen van 30 K en 70 K weergeven. Ter onderscheiding van de nominale stroom volgens DIN 43 671 wordt als omgevingstemperatuur de temperatuur buiten de behuizing gemeten.

Het voordeel hiervan is dat de behuizing, die een grote invloed op het railsysteem kan hebben, in de nominale gegevens van het railsysteem wordt opgenomen. Het configureren van een railsysteem volgens DIN 43 671 zonder rekening te houden met de behuizing kan vooral bij hoge stromen tot thermische problemen binnenin de behuizing leiden.

IEC 61 439-1/DIN EN 61 439-1 laat echter ook hogere grenstemperaturen dan 70 K toe. Bij een omgevingstemperatuur van 35 °C en grenstemperatuur van 70 K bedraagt de absolute railkopertemperatuur 105 °C. Deze temperatuur van 105 °C is weliswaar een hoge waarde, maar ligt duidelijk nog onder de thermische onthardingswaarde van kopermateriaal en is daarom acceptabel.

Voorbeeld:

Wordt een nominale stroom bij een temperatuur van 30 K gebruikt, dan betekent dit dat de temperatuur van het railkoper 30 K boven de omgevingstemperatuur van de behuizing ligt. In absolute waarden uitgedrukt ontstaat er dan bij een omgevingstemperatuur van 35 °C rondom de behuizing een absolute railkopertemperatuur van max. 65 °C.

Nominale wisselstromen van een Flat-PLS railsysteem tot 60 Hz voor blanke koperen rails (E-Cu F30) in A

Uitvoering Flat-PLS railsysteem	Beschermklasse van de behuizing										
	Ri4Power DIN 43 671	IP 2X met gedwongen ventilatie ¹⁾		IP 2X		IP 43		IP 54 met gedwongen ventilatie ²⁾		IP 54	
	ΔT = 30 K	ΔT = 30 K	ΔT = 70 K	ΔT = 30 K	ΔT = 70 K	ΔT = 30 K	ΔT = 70 K	ΔT = 30 K	ΔT = 70 K	ΔT = 30 K	ΔT = 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⁾ Bij $I_N < 2000$ A bij gebruik van de ventilator SK 3243.100, bij $I_N > 2000$ A bij gebruik van de ventilator SK 3244.100

²⁾ Bij $I_N < 2000$ A bij gebruik van de ventilator SK 3243.100 en ventilatierooster SK 3243.200, bij $I_N > 2000$ A bij gebruik van de ventilator SK 3244.100 en ventilatierooster SK 3243.200

Voor het berekenen van nominale stromen bij temperaturen, die tussen de grenstemperaturen van Flat-PLS railsystemen liggen, kan het correctiefactordiagram worden gebruikt. Liggen de waarden boven de maximale omgevingstemperatuur en de maximale toelaatbare railkopertemperatuur, dan kan met behulp van het correctiefactordiagram een correctiefactor k_2 worden berekend. Met behulp van de correctiefactor k_2 en de nominale stroomwaarde bij een grenstemperatuur van 30 K wordt dan de nieuwe nominale stroom berekend.

Voorbeeld:

Railsysteem Flat-PLS 100 met 4 x 100 x 10 mm

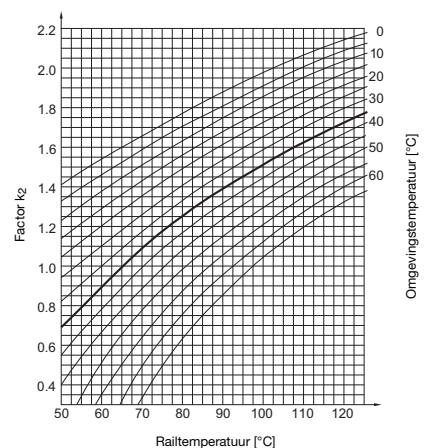
I_{N30} bij IP 2X = 2320 A
 Omgevingstemperatuur = 35 °C
 Railkopertemperatuur = 85 °C

In het diagram kan een factor $k_2 = 1,29$ worden afgelezen

De nieuwe nominale stroom bedraagt onder deze omstandigheden dan:

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

Correctiefactordiagram



Stroomverdeling

Berekening van het vermogensverlies van railkoper

Indien de wisselstroomweerstand bekend is, kan het vermogensverlies van railkoper en de afzonderlijke stroomkringen met de volgende formule worden berekend:

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

P_v [W] vermogensverlies

I_B [A] bedrijfsstroom

r [mΩ/m] wisselstroomweerstand of gelijkstroomweerstand van railkoper

l [m] lengte van railkoper, waar I_B doorheen stroomt

Hierdoor is het doelmatiger om per railsegment met de echte bedrijfsstroom te rekenen. Voor het berekenen van de verlieswaarde volgens de hierboven genoemde formule kan in een bepaalde situatie de nominale stroom van een stroomkring resp. de bedrijfsstromen van het railsegment en de bijbehorende lengte van het geleidersysteem in de installatie of verdeling als bekend worden verondersteld. Daarentegen is de weerstand van geleidersystemen – in het bijzonder de wisselstroomweerstand van een railsysteem – niet zonder meer uit het schema te halen of zelfs maar te bepalen.

Op grond hiervan, en om vergelijkbare resultaten bij de bepaling van de verliezen te verkrijgen, zijn in de tabellen de waarden van de weerstanden in mΩ/m voor de meest gebruikte doorsneden van railkoper opgegeven.

Wisselstroomweerstand van railkoper E-Cu 57

Afmetingen ¹⁾ mm	Weerstand voor 1 m railsysteem in mΩ/m ²⁾							
	I 1 hoofdgeleider		III 3 hoofdgeleiders		II III II 3 x 2 hoofdgeleiders		III III III 3 x 3 hoofdgeleiders	
	$r_{GS}^{(1)}$ (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} Gelijkstroomweerstand van railsysteem in mΩ/m

²⁾ r_{WS} Wisselstroomweerstand van railsysteem in mΩ/m

De weerstandswaarden zijn gebaseerd op een veronderstelde gemiddelde railtemperatuur van 65 °C (omgevingstemperatuur + eigen verwarming) en daardoor een specifieke weerstand van

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

Voorbeeld: r_{GS} voor 1 hoofdgeleider 12 x 2 mm

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

Bij waarden die afwijken van 65 °C railkoper temperaturen kunnen de weerstanden als volgt worden bepaald:

Positieve temperatuurafwijking

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

Negatieve temperatuurafwijking

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

$r_{(x)}$ [mΩ/m] weerstand bij willekeurig instelbare temperatuur

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

$\Delta\theta$ [K] temperatuurverschil gerelateerd aan weerstandswaarde bij 65 °C

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

Boorpatroon en boringen

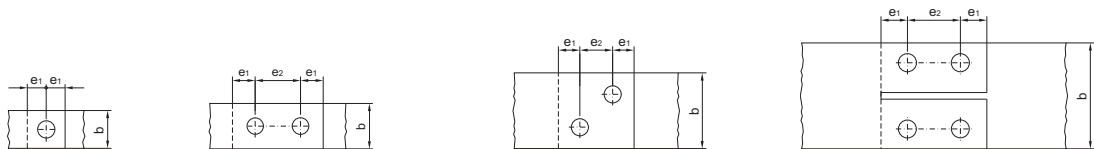
Railkoperbreedten mm		12 tot 50		25 tot 60			60			80 tot 100		
Bouwworm ¹⁾		1		2			3			4		
Boringen op het einde van railkoper (boorpatroon)												
Boormaet	Nominale breedte b	d	e ₁	d	e ₁	e ₂	e ₁	e ₂	e ₃	e ₁	e ₂	e ₃
	12	5,5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15	6,6	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20	9,0	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	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	

Toegestane afwijkingen voor afstanden tussen de middelpunten van de gaten $\pm 0,3$ mm

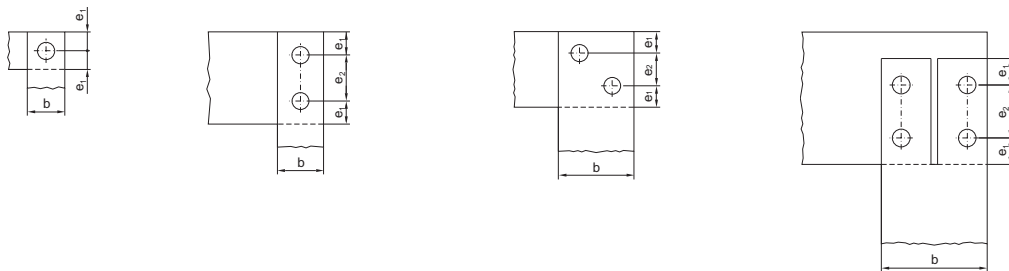
¹⁾ De vormaanduiding 1 – 4 is volgens DIN 46 206 deel 2 – vlakke aansluiting

Voorbeelden van schroefverbindingen

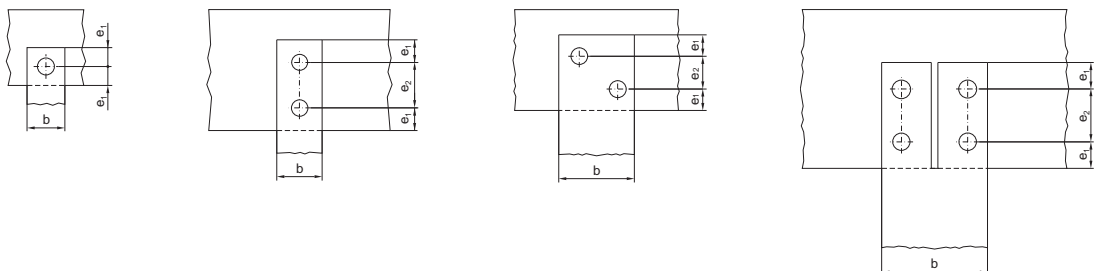
Dwarsverbindingen



Hoekverbindingen



T-verbindingen



Opmerking:

- Getalwaarden voor de maten b, d, e₁ en e₂ zie tabel "Boorpatroon en boringen"
- Aan railkoperuiteinden of uiteinden van een railkoperpakket zijn sleufgaten toegestaan