STECKVERBINDER – TEMPERATURERHÖHUNG & DERATING

Frank Gräber
Field Application Engineer

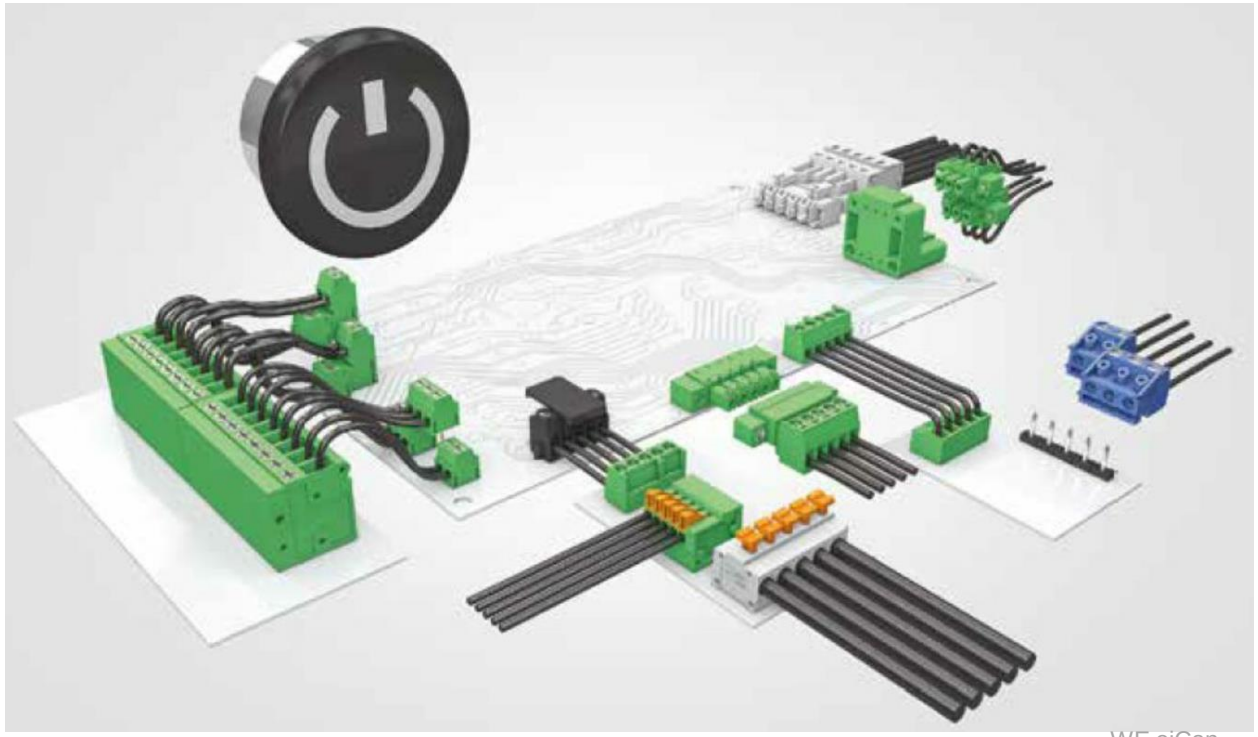
EXTERNAL

WE eiCan

Agenda

- Aktuelles Design für Steckverbinder
- Einflüsse einer zu hohen Temperatur
- Formeln zur Temperaturänderung
- Möglichkeiten der Wärmeableitung
- Wärmeentwicklung in einem Kabel
- Einige Tricks
- Derating Kurve
- Fehlerbilder Steckverbinder
- Zusammenfassung

Grundlegende Verwendung eines Steckverbinders

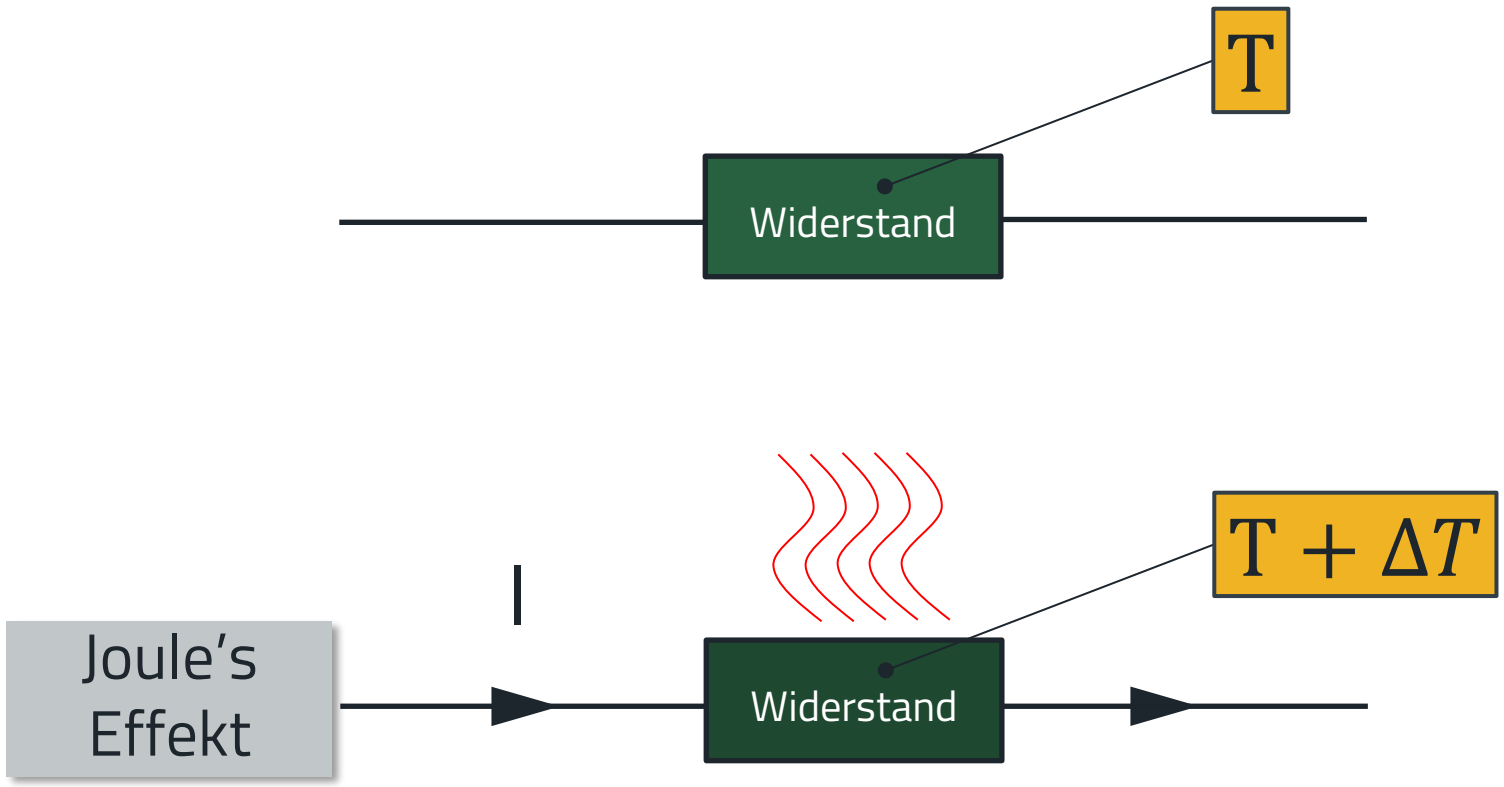


WE eiCan

ENVIRONMENTAL
OPERATING TEMPERATURE: -40 UP TO 105°C
COMPLIANCE: LEAD FREE AND ROHS

ELECTRICAL	cULus
CURRENT RATING:	20 A
WORKING VOLTAGE:	300 VAC
WITHSTANDING VOLTAGE:	1.6 KV
CONTACT RESISTANCE:	20 mOhm max

Strom – und Temperaturanstieg



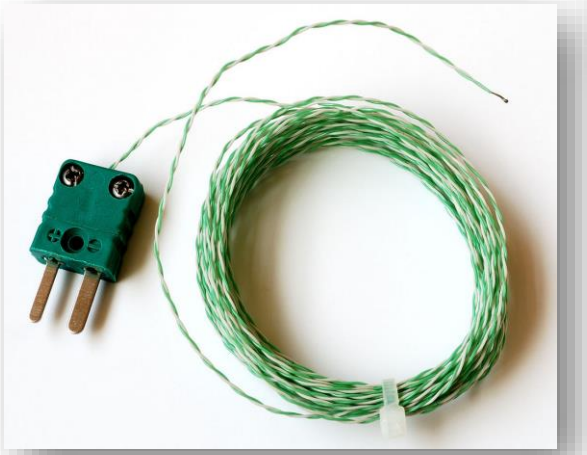
Wie der Arbeitsstrom bei WE ausgelegt ist

- Temperaturanstiegstest:
  - Standard nach EIA364-70
  - 3 polig (gemäß UL1059)
  - Arbeitsstrom in Reihenschaltung
  - Erreichen einer stabilen Temperatur (3 Messungen a 5 min gleich ±1 °C Temperaturänderung)
  - **Am heißesten Punkt**
    - **UL: ΔT ≤ 30K** (gemäß UL1059)
    - **VDE: ΔT ≤ 45K** (VDE063)

Klimakammer

WE eiCan

Thermokoppler

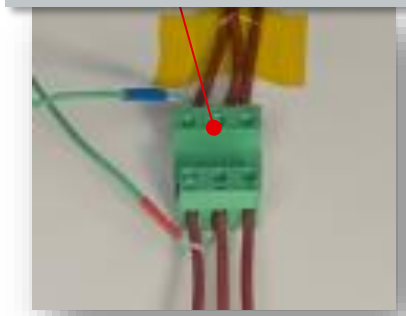


WE eiCan

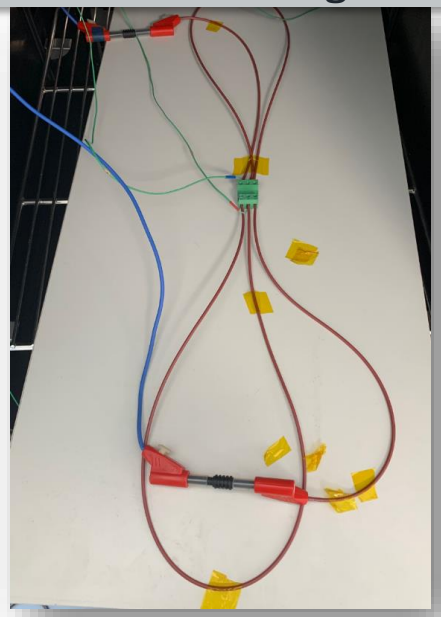
Wie der Arbeitsstrom bei WE ausgelegt ist

- **Testmethode**

Heißester Punkt



Verdrahtung



ΔT < 30K am heißesten Punkt

Umgebung = 21,7 °C

→ ΔT=24,8K

All pictures: WE eiCan

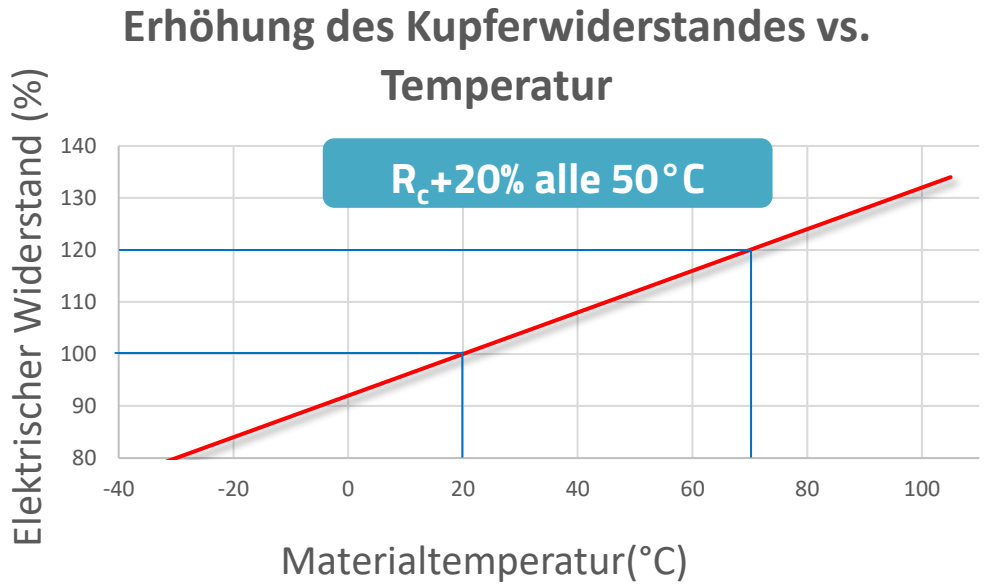
Agenda

- Aktuelles Design für Steckverbinder
- Einflüsse einer zu hohen Temperatur
- Formeln zur Temperaturänderung
- Möglichkeiten der Wärmeableitung
- Wärmeentwicklung in einem Kabel
- Einige Tricks
- Derating Kurve
- Fehlerbilder Steckverbinder
- Zusammenfassung

Temperaturerhöhung und Steckverbinder

Einflüsse von hoher Temperatur

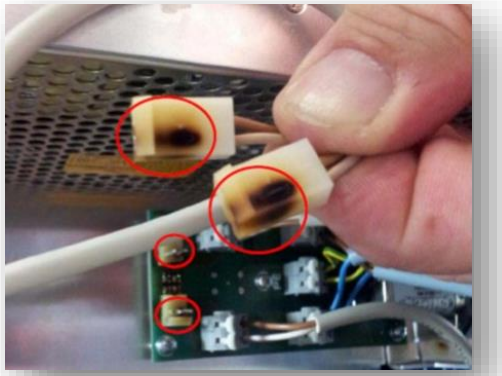
- Erhöhung der Korrosionsgefahr
- Natürlicher Anstieg des Übergangswiderstandes



Temperaturerhöhung und Steckverbinder

Einflüsse hoher Temperaturen:

- Beschleunigte Kunststoffalterung:
  - Farbänderung
  - Versprödung



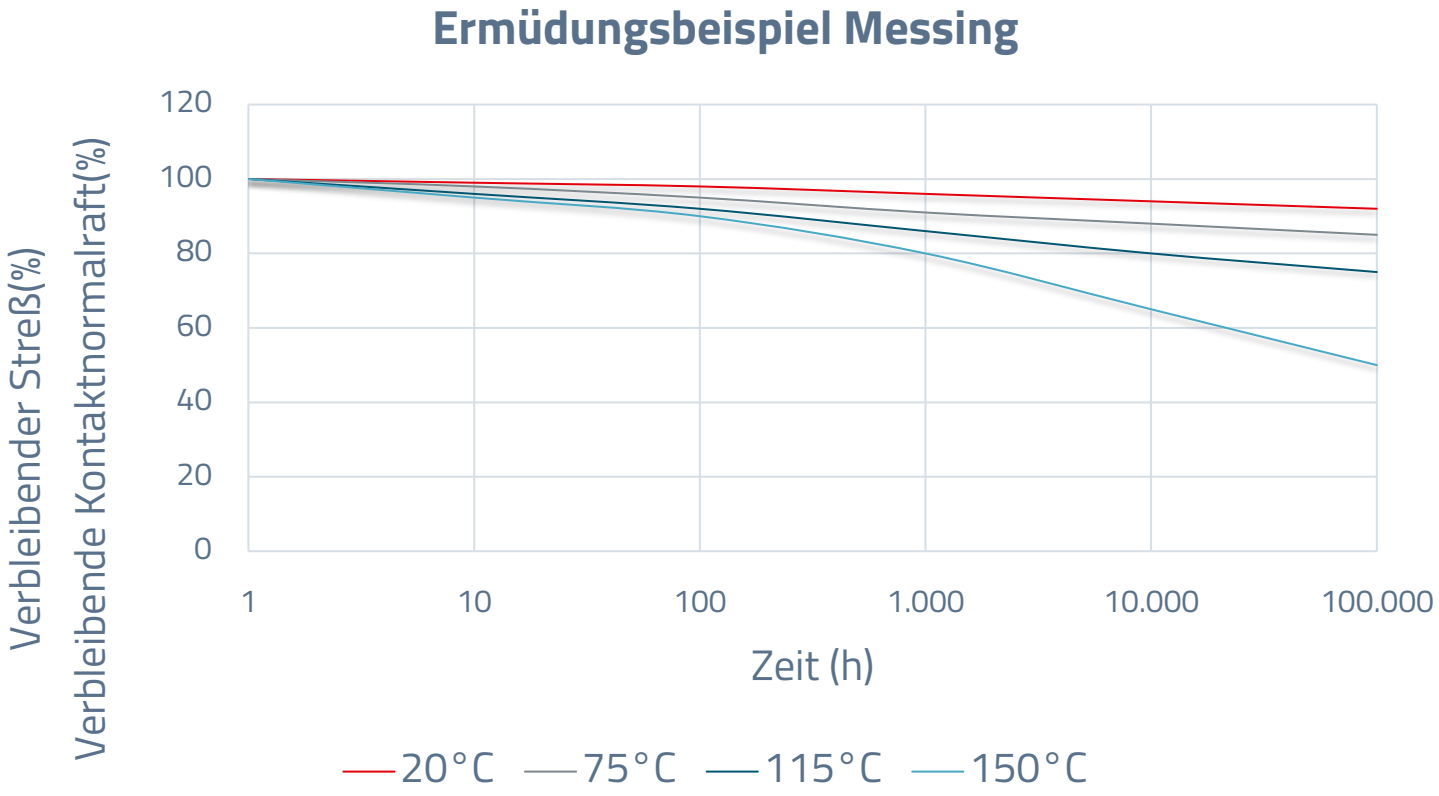
  - Relative Thermal Index
    - Mechanische Festigkeit
    - Elektrische Eigenschaften

Zur Information – Werte können variieren	Material	RTI (°C) Stärke 1mm
	PA	125
	PC	125
	PBT	130
	FR4 (PCB)	130-150
	PTFE (Teflon)	180
	LCP	220

Temperaturerhöhung und Steckverbinder

Einflüsse hoher Temperaturen:

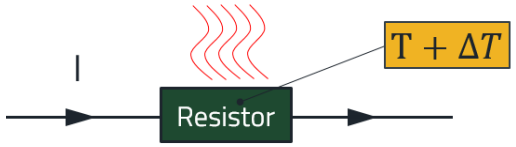
- Metallermüdung (Relaxion)



Agenda

- Aktuelles Design für Steckverbinder
- Einflüsse einer zu hohen Temperatur
- Formeln zur Temperaturänderung
- Möglichkeiten der Wärmeableitung
- Wärmeentwicklung in einem Kabel
- Einige Tricks
- Derating Kurve
- Fehlerbilder Steckverbinder
- Zusammenfassung

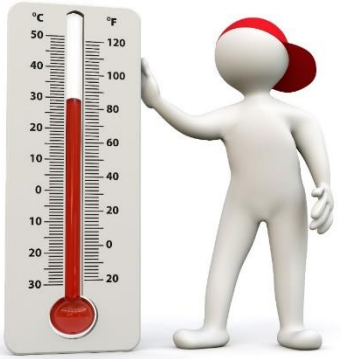
Strom –und Temperaturanstieg



Joule's Gesetz

$$P = R \cdot I^2$$

$$\Delta T = k \cdot R \cdot I^2$$



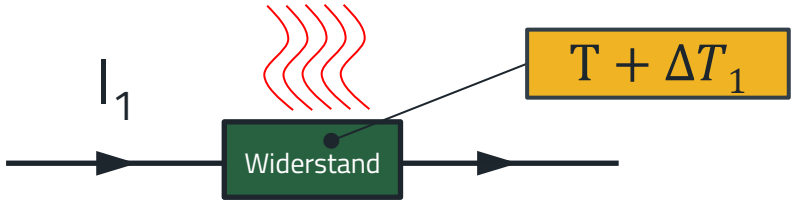
WE eiCan

- P (W): Verlustleistung am Widerstand
- R (Ω): Widerstand
- I (A): Strom
- ΔT (K): Temperaturveränderung
- k: Materialkonstante und Umwelteinflüsse

Der Temperaturanstieg ist proportional zum Quadrat des Stromes

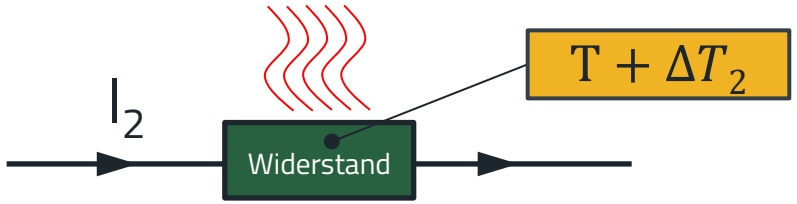
Theoretische Berechnung

Test



$$\Delta T_1 = k \cdot R \cdot I_1^{\,2}$$

Frage: ΔT_2 zu I_2 ?



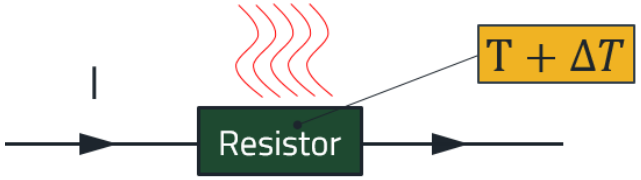
$$\Delta T_2 = K \cdot R \cdot I_2^{\,2}$$

Gleiche Konditionen
(Widerstand u. Umgebung)

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{\cancel{k} \cdot \cancel{R} \cdot I_1^{\,2}}{\cancel{k} \cdot \cancel{R} \cdot I_2^{\,2}}$$

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \approx \frac{I_1^{\,2}}{I_2^{\,2}}$$

Theoretische Berechnung



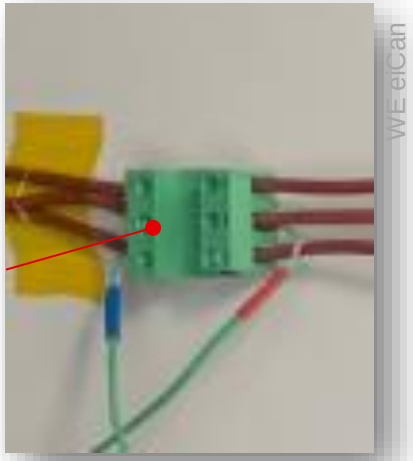
$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \approx \frac{I_1^{\,2}}{I_2^{\,2}}$$

Beispiel:

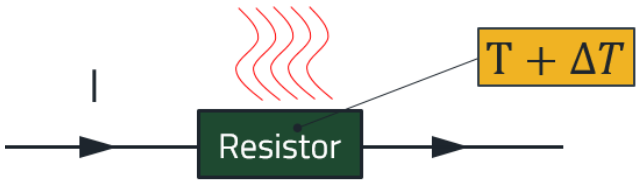
- Messung: I_1=15A ergiebt $\Delta T_1 \approx 15K$

$$\Delta T = k \cdot R \cdot I^2$$

- bei I_2=30A → $\Delta T2 \approx \frac{30^2}{15^2} \cdot 15 \approx \mathbf{60K}$



Theoretische Berechnung



$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \approx \frac{I_1^{\,2}}{I_2^{\,2}}$$

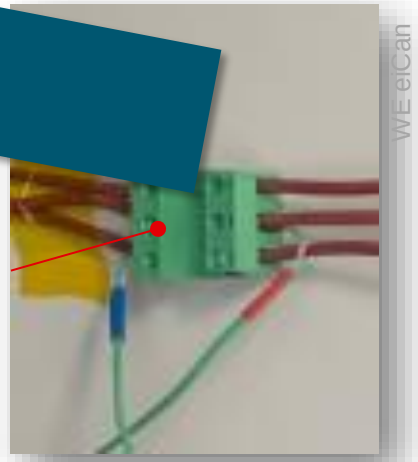
Beispiel:

Strom **x 2** → ΔT **x 4**

- Messung: I_1=15A ergiebt

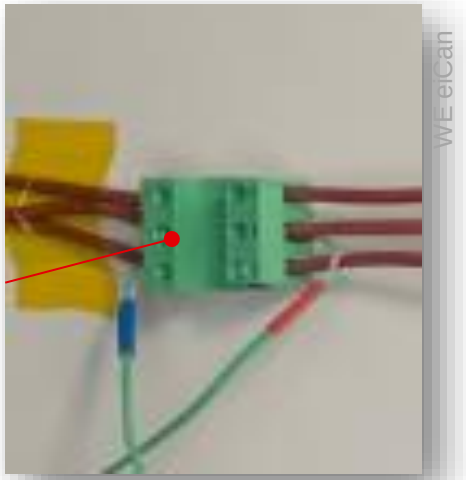
$$\Delta T = k \cdot R \cdot I^2$$

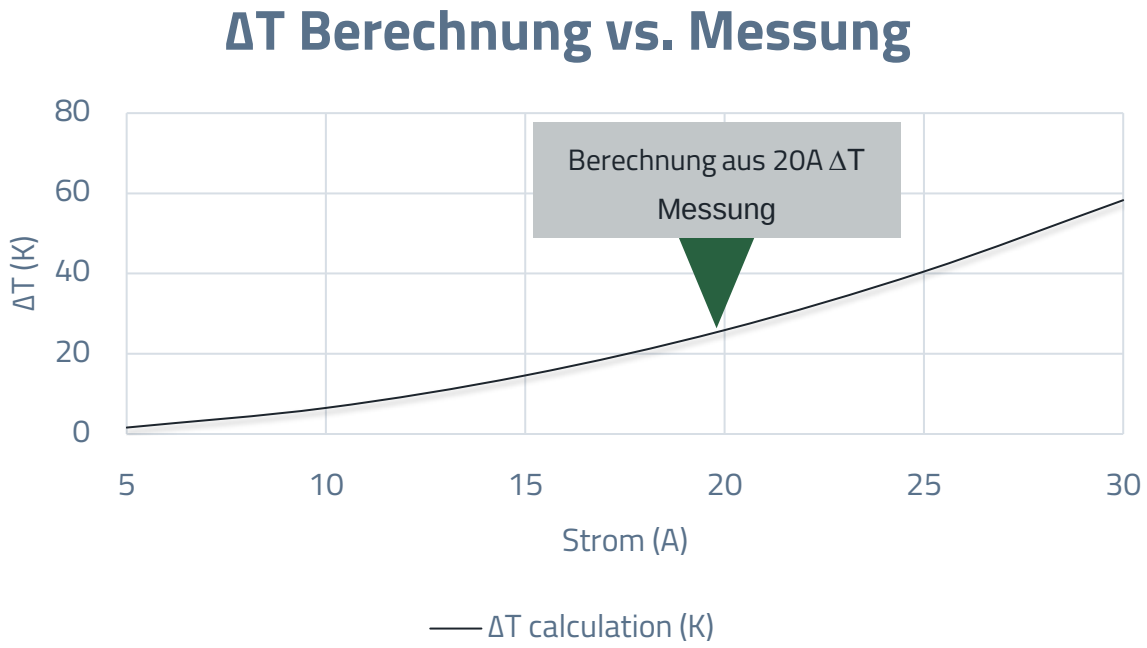
- bei I_2=30A → $\Delta T2 \approx \frac{30^2}{15^2} \cdot 15 \approx \mathbf{60K}$



Theoretische Berechnung: ist das real?

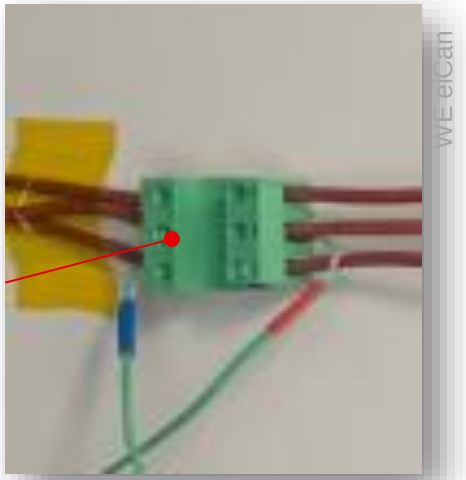
Temperaturanstiegstest bei 20A

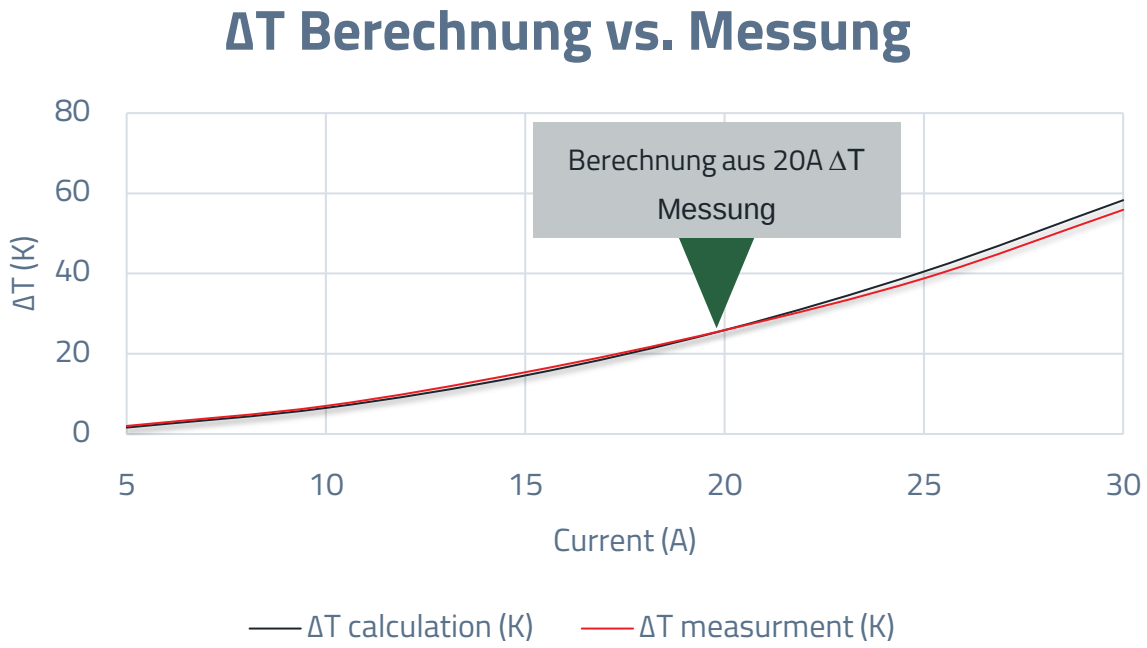




Theoretische Berechnung: ist das real?

Temperaturanstiegstest bei 20A





Zusammenfassung

- Jeder bestromte Widerstand erzeugt Wärme
- Arbeitsstrom ist definiert durch:
  - UL $\Delta T \leq 30K$
  - VDE $\Delta T \leq 45K$
- Respekiere die maximale Arbeitstemperatur

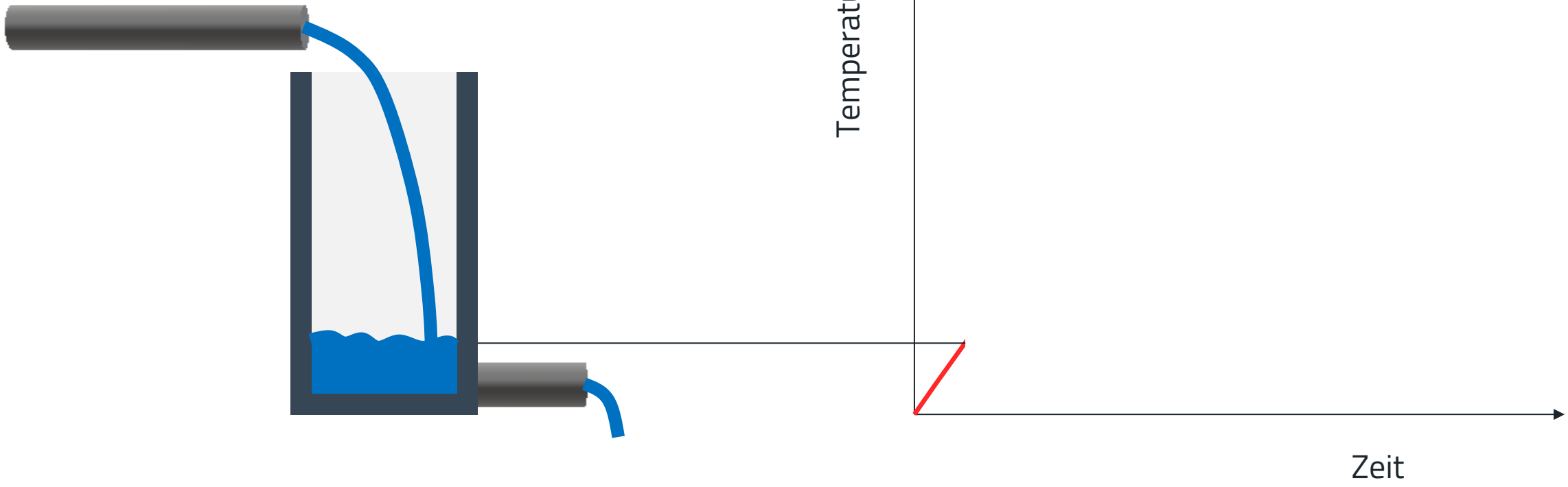
Der Temperaturanstieg ist proportional zum Quadrat des Stroms

Agenda

- Aktuelles Design für Steckverbinder
- Einflüsse einer zu hohen Temperatur
- Formeln zur Temperaturänderung
- Möglichkeiten der Wärmeableitung
- Wärmeentwicklung in einem Kabel
- Einige Tricks
- Derating Kurve
- Fehlerbilder Steckverbinder
- Zusammenfassung

Wie verteilt sich die Wärme (ΔT)

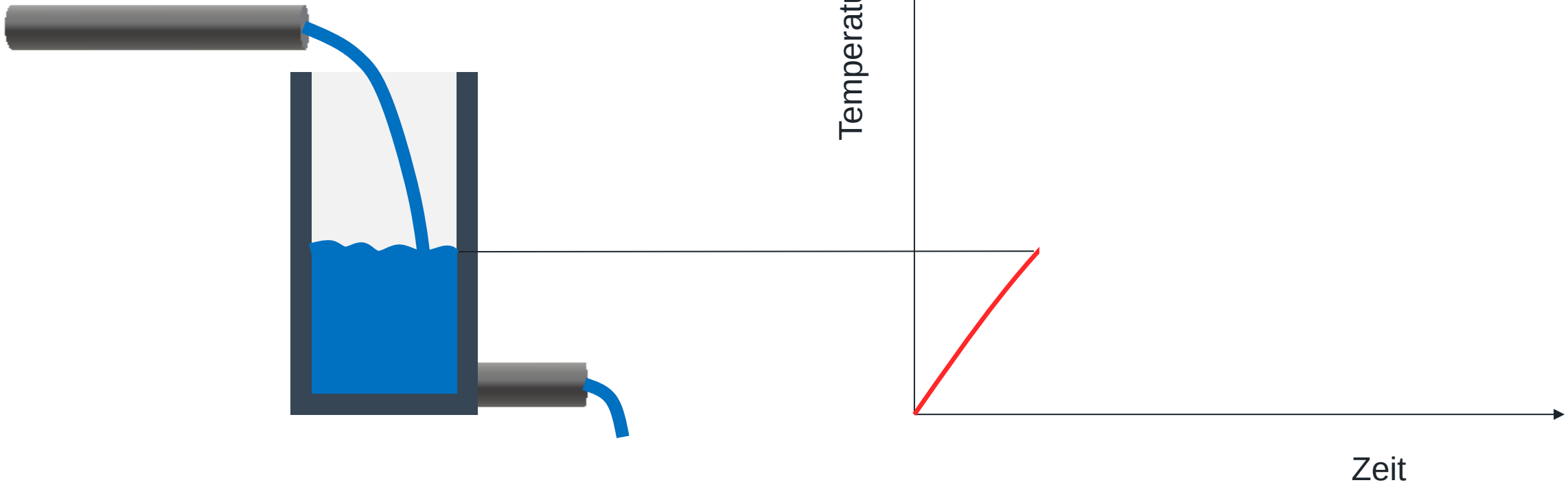
Temperaturanstieg analog Tankfüllung



30

Wie verteilt sich die Wärme (ΔT)

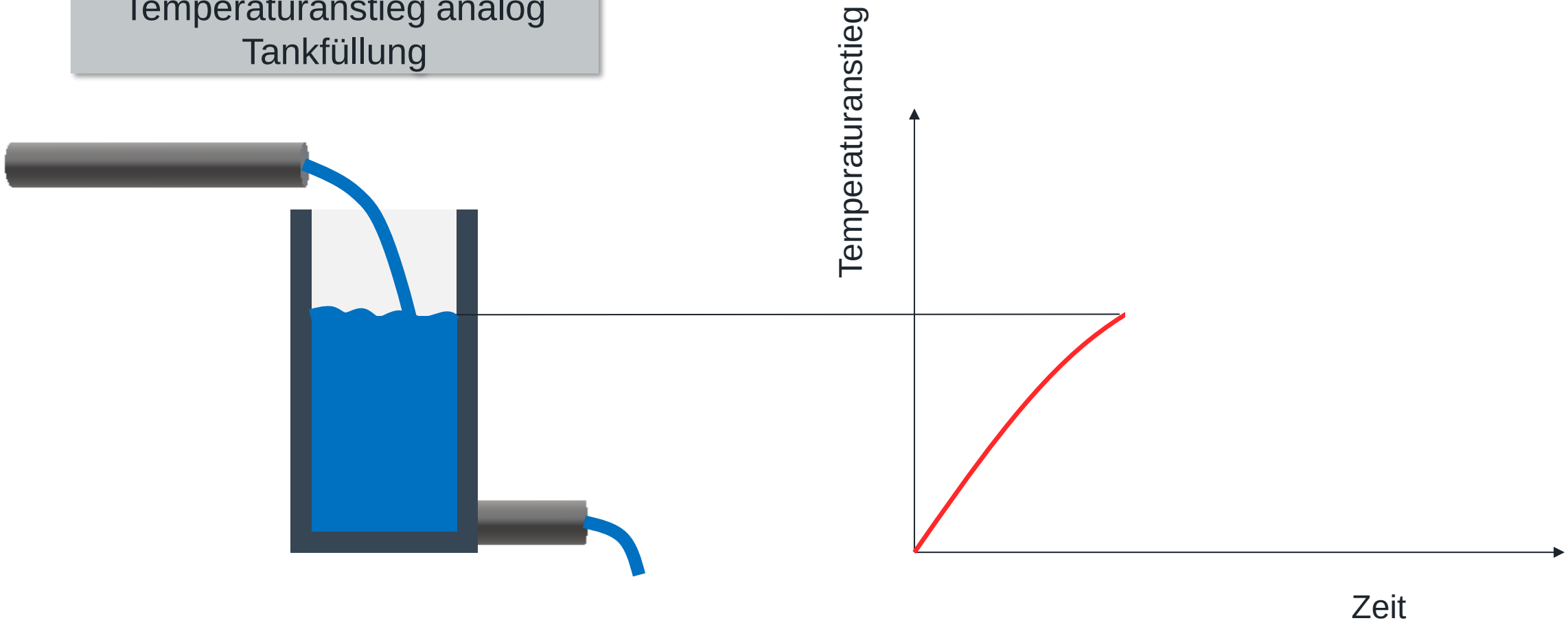
Temperaturanstieg analog Tankfüllung



31

Wie verteilt sich die Wärme (ΔT)

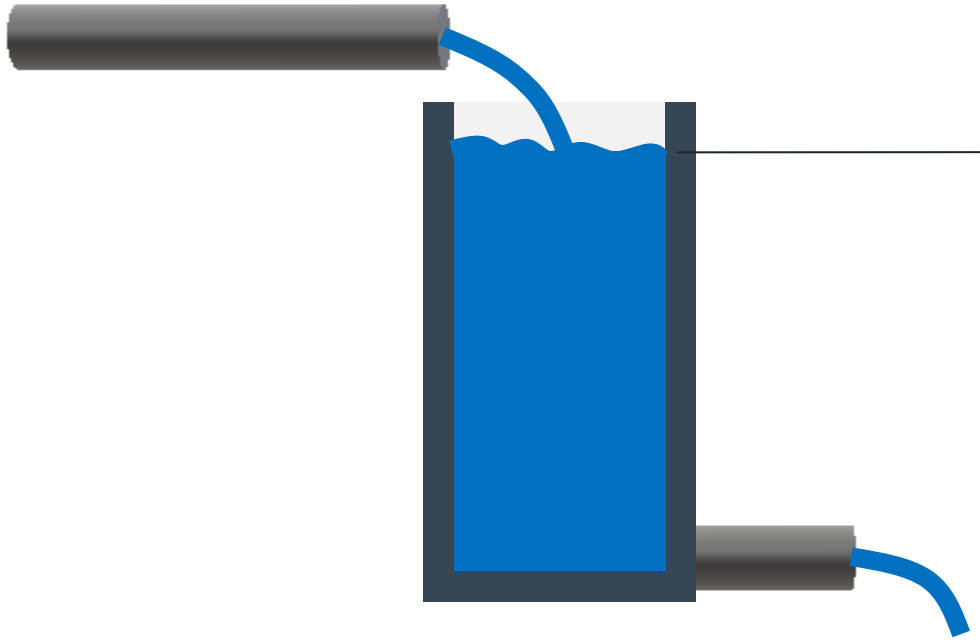
Temperaturanstieg analog Tankfüllung

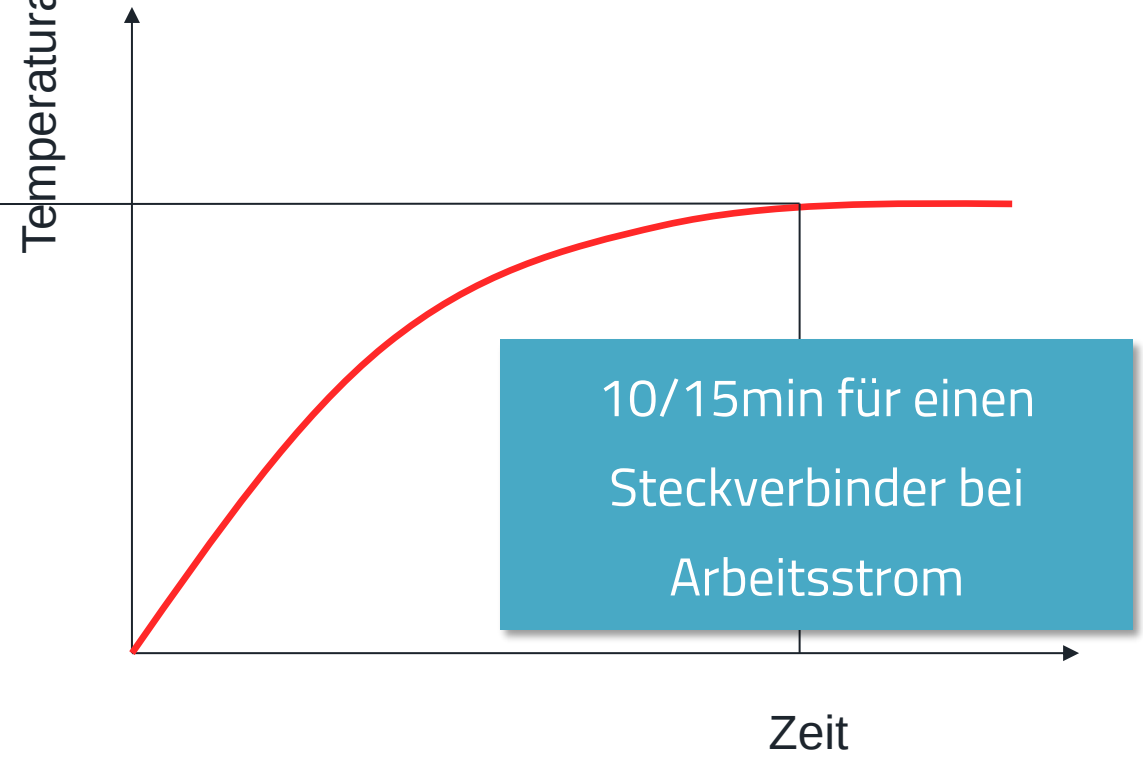


32

Wie verteilt sich die Wärme (ΔT)

Temperaturanstieg analog Tankfüllung

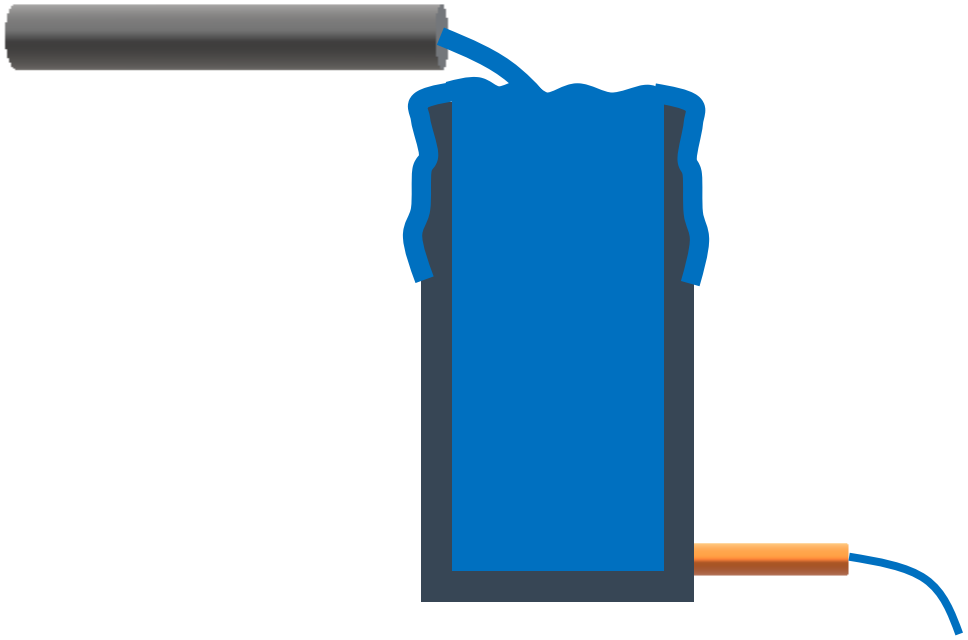


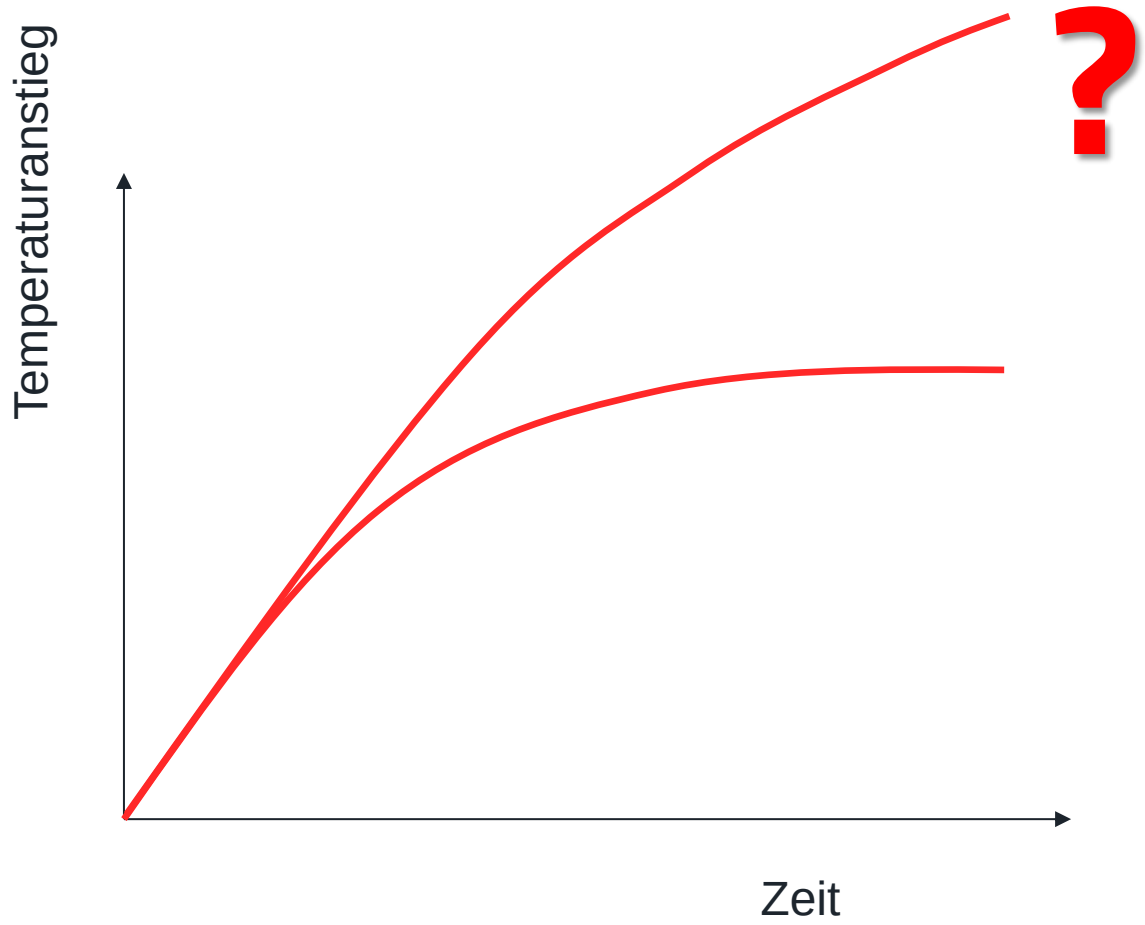


10/15min für einen Steckverbinder bei Arbeitsstrom

Wie verteilt sich die Wärme (ΔT)

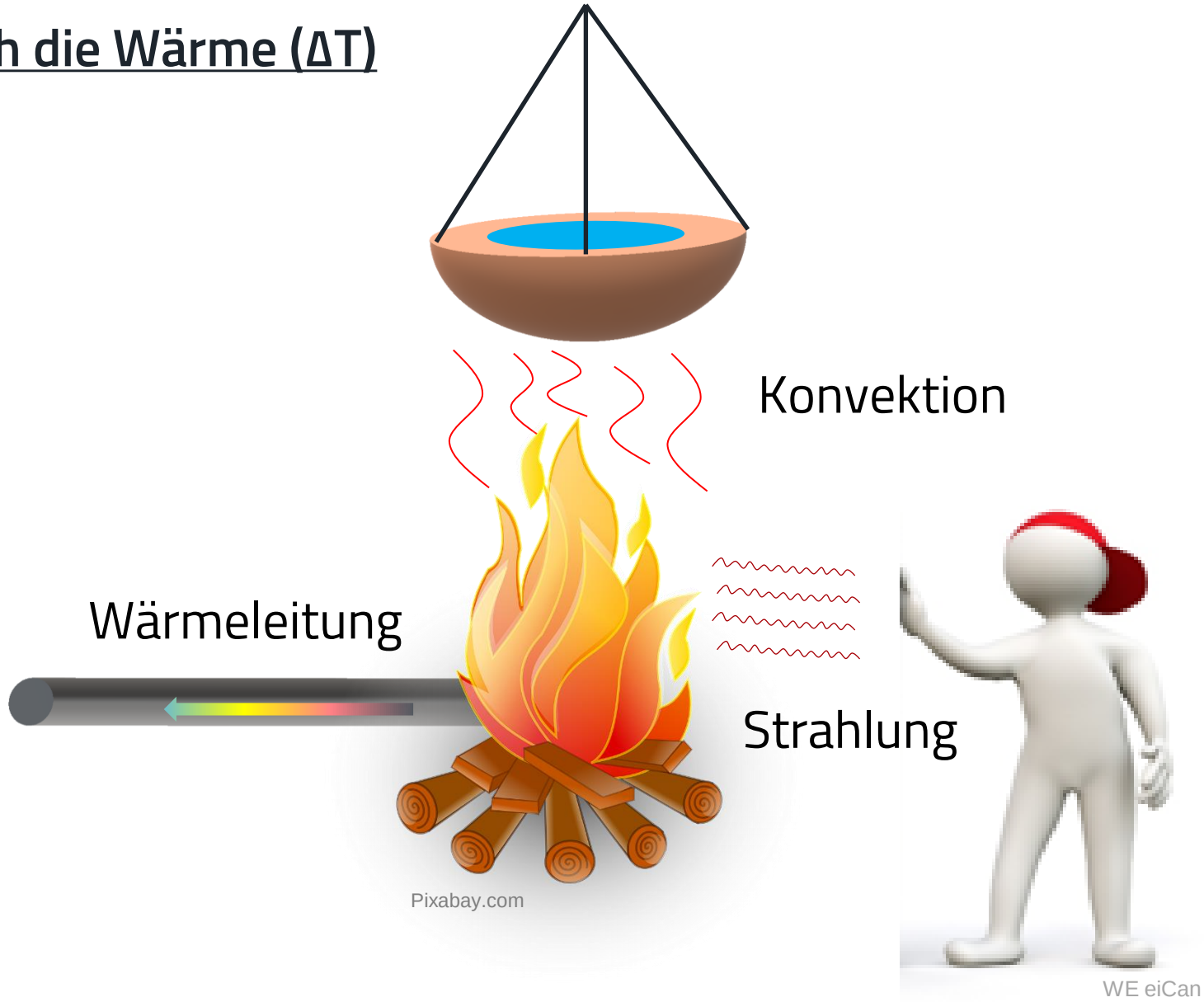
Temperaturanstieg analog Tankfüllung



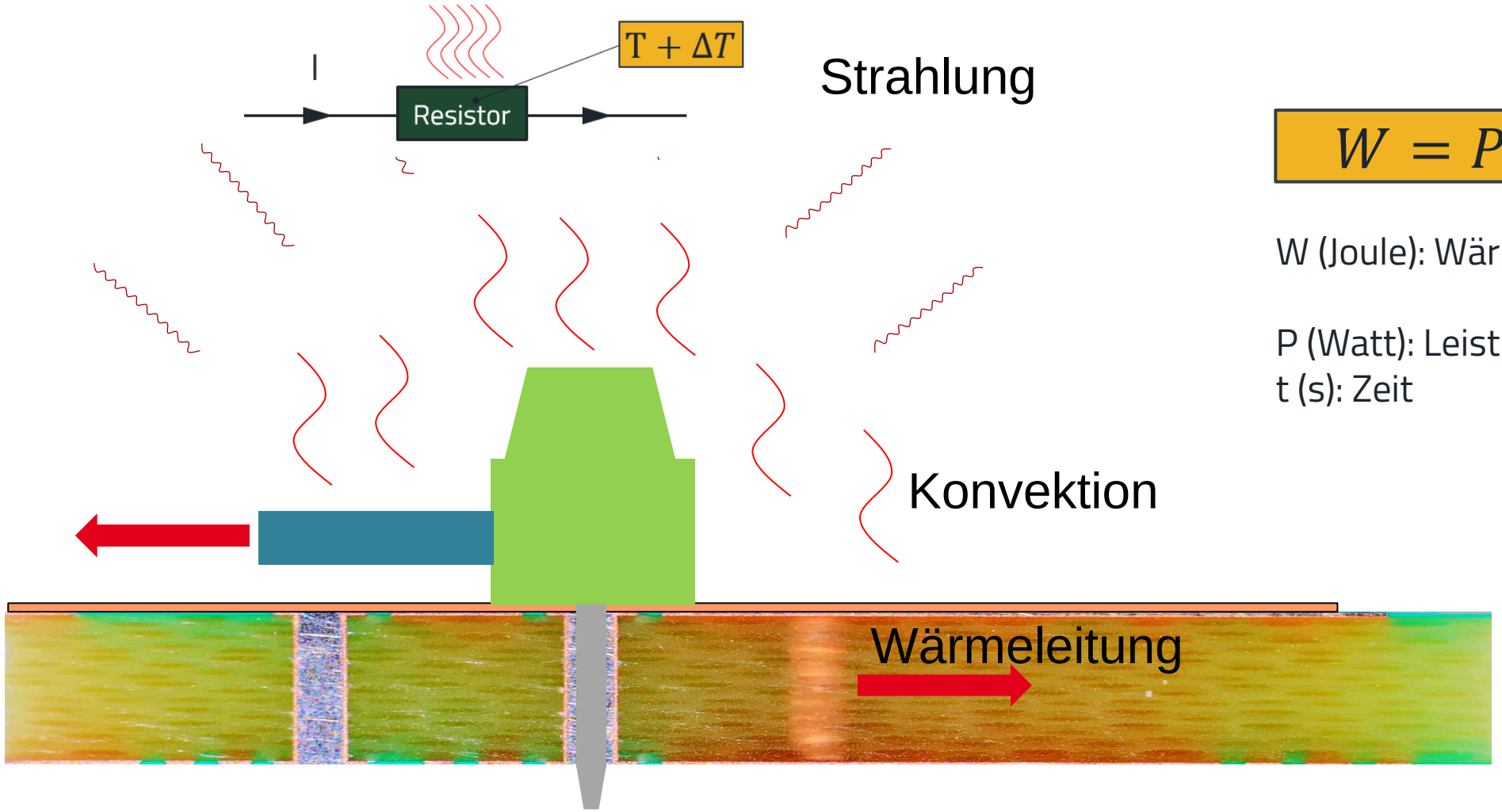


34

Wie verteilt sich die Wärme (ΔT)



Wie verteilt sich die Wärme (ΔT)



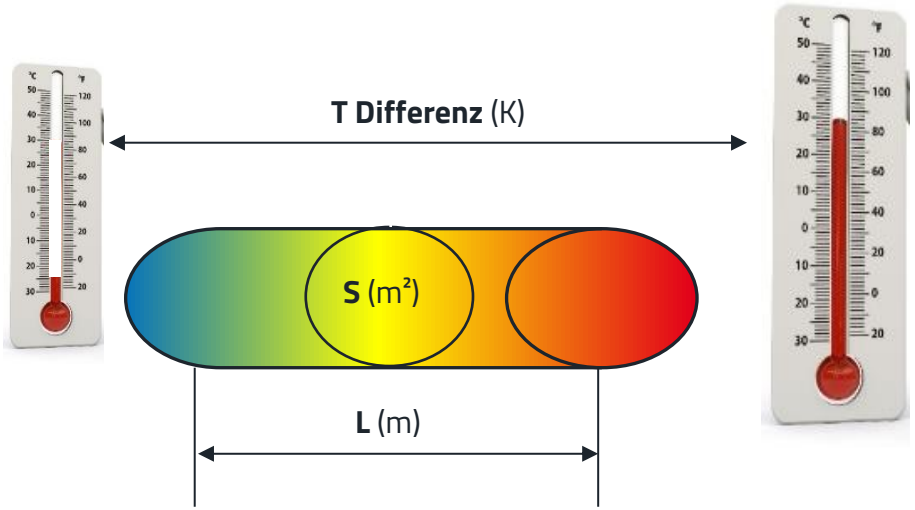
$$W = P \cdot t$$

W (Joule): Wärmeenergie

P (Watt): Leistung
t (s): Zeit

Wärmeleitung

Fourier's Gesetz



$$\text{T Differenz} = -\left(\frac{L}{\lambda \cdot S}\right) \cdot P$$

	Material	Them. Leitfähigkeit λ ($Wm^{-1}K^{-1}$)
Metall	**Kupfer**	**380**
	Aluminum	220
	Messing	**120**
	Glas	0,8
	Wasser	0,6
Plastik	LCP	0,5
	PBT	0,33
	FR4	**0,3**
	Polyamide	**0,25**
	PTFE (Teflon)	0,25
	PC	0,2
	Luft	**0,025**

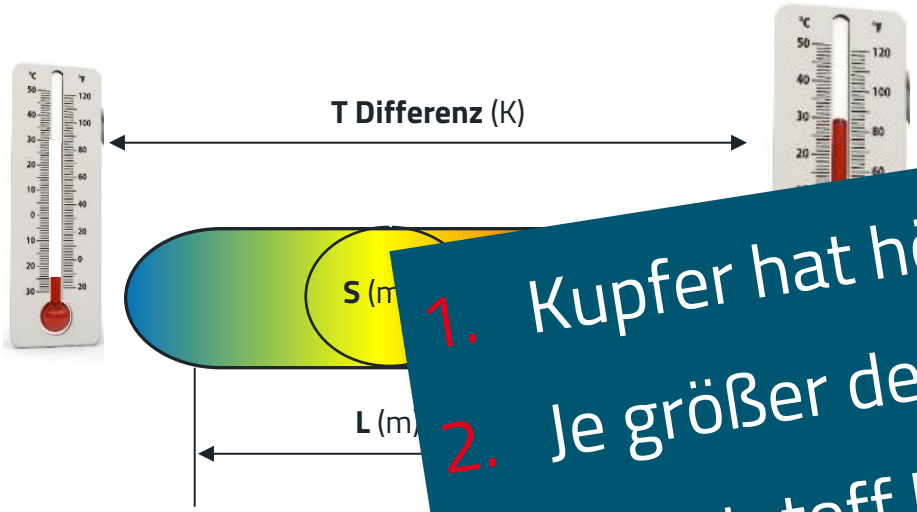
Zur Information – Werte können variieren

Wärmeleitungseffekt

37

Wärmeleitung

Fourier's Gesetz



1. Kupfer hat höchste Wärmeleitfähigkeit
2. Je größer der Kupferquerschnitt desto besser
3. Kunststoff hat eine schlechte Wärmleitfähigkeit

$$\text{T Differenz} = -\left(\frac{L}{\lambda \cdot S}\right) \cdot P$$

Zur Info: Werte können variieren

	Material	Them. Leitfähigkeit λ ($Wm^{-1}K^{-1}$)
Metall	**Kupfer**	**380**
	Aluminum	220
	Messing	**0**
	0,3	
	Polyamide	**0,25**
	PTFE (Teflon)	0,25
	PC	0,2
	Luft	**0,025**

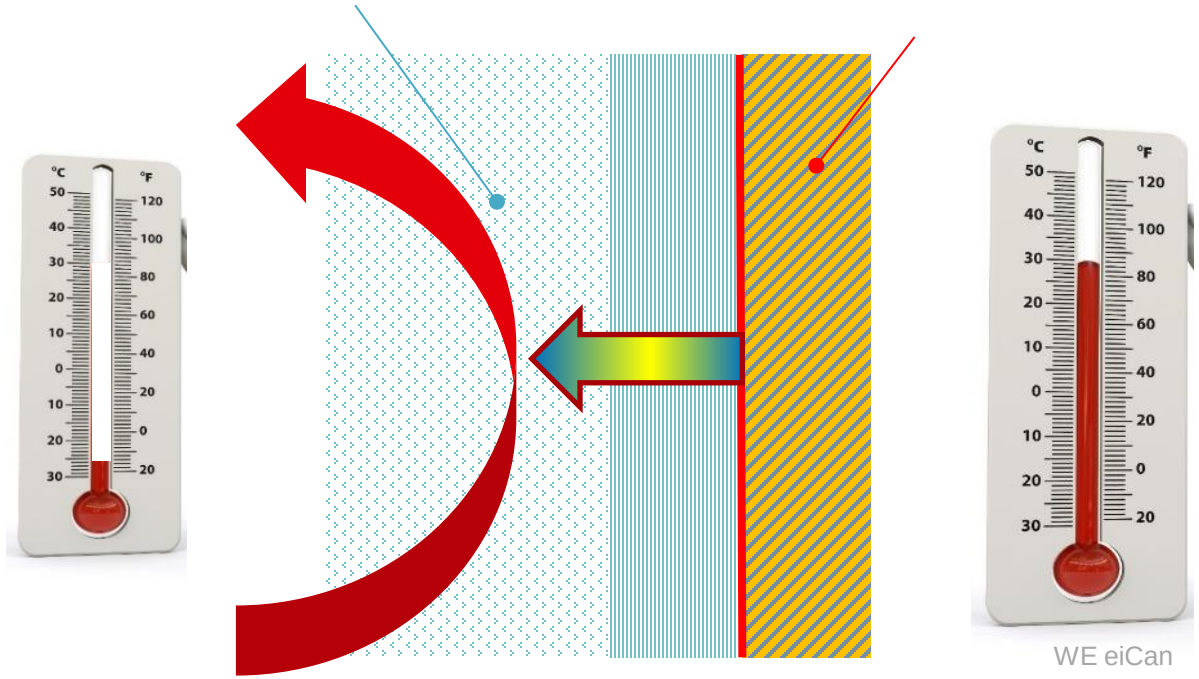
Wärmeleitungseffekt

38

Konvektion

Luftbewegung:
Temperatur Tf (m²)

Feste Oberfläche:
- Temperatur Tp (K)
- Oberfläche S (m²)



WE eiCan

Newton's Gesetz

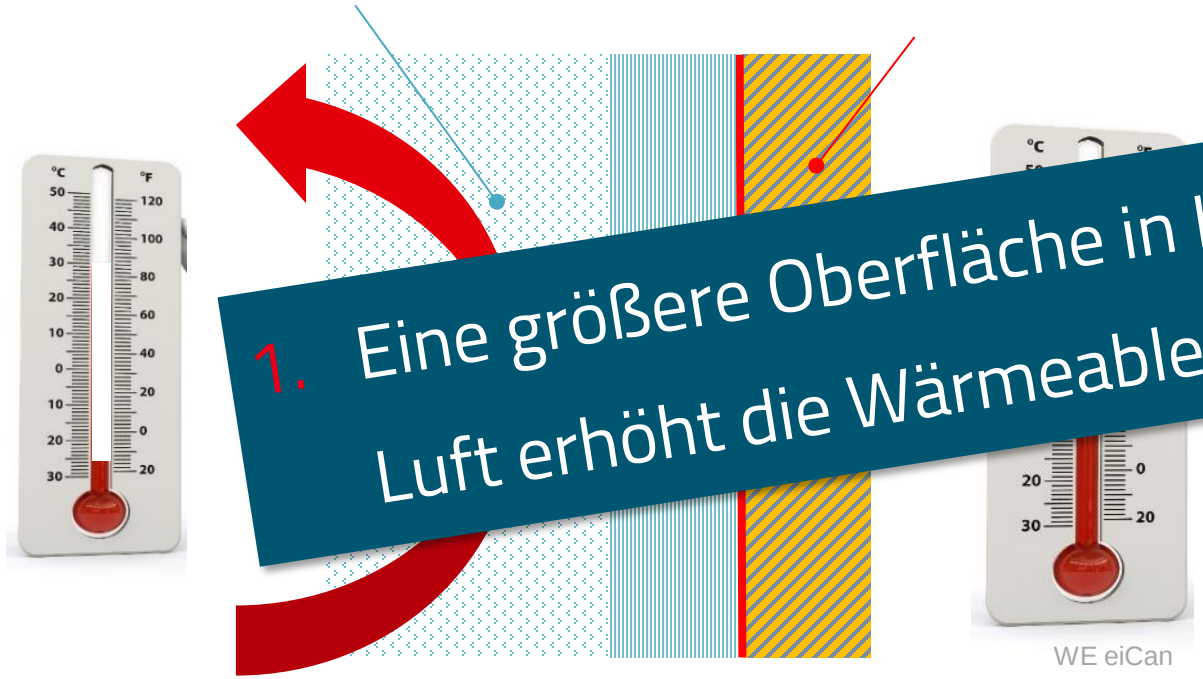
$$\Phi = h \cdot S(T_p - Tf)$$

Φ: Wärmefluss(W)
h: Konvektionskoeffizent($W/K^{-1}/m^{-2}$)

Konvektion

Luftbewegung:
Temperatur Tf (m²)

Feste Oberfläche:
- Temperatur Tp (K)
- Oberfläche S (m²)



1. Eine größere Oberfläche in Kontakt mit der Luft erhöht die Wärmeableitung

Newton's Gesetz

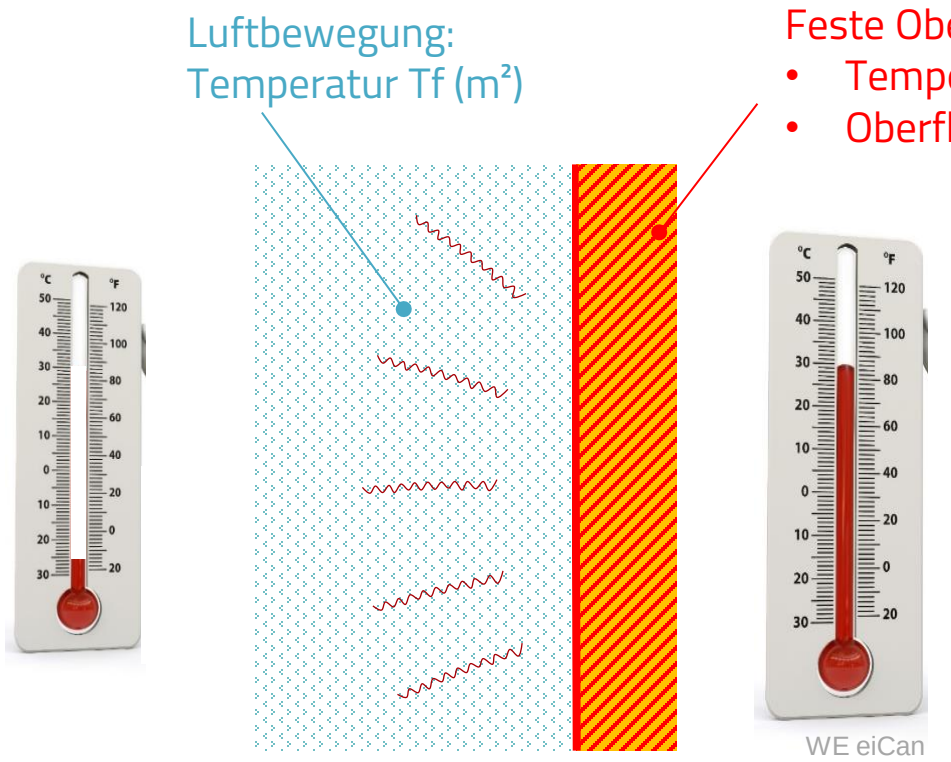
$$\Phi = h \cdot S(T_p - Tf)$$

Φ: Wärmefluss(W)
h: Konvektionskoeffizent(W/K^{-1}/m^{-2})

WE eiCan

40

Strahlung



$$\Phi = \varepsilon \cdot \sigma \cdot S(T_s^4 - Tf^4)$$

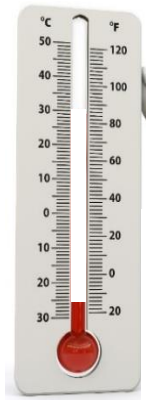
Φ: Wärmefluss (W)
ε: Oberflächenemissionsfaktor
σ: Boltzmann Konstante $5{,}67.10^{-8}$ $W.K^4.m^{-2}$

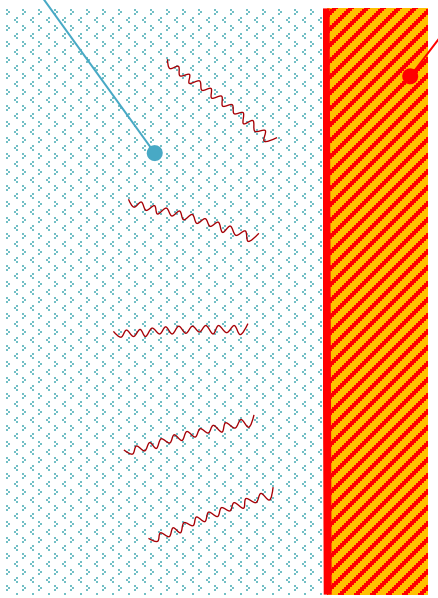
WE eiCan

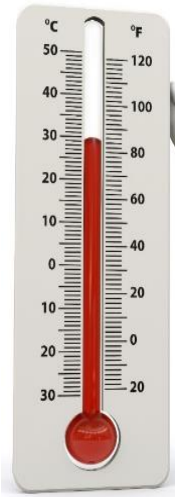
Strahlung

Luftbewegung:
Temperatur Tf (m²)

Feste Oberfläche:
- Temperatur Tp (K)
- Oberfläche S (m²)







WE eiCan

$$\Phi = \varepsilon \cdot \sigma \cdot S(T_s^4 - Tf^4)$$

Zur Information – Werte können variieren	Material	ε (max=1)
	Kunststoff	0,85< ε<0,95
	FR4 (*dunkel, matte Oberfläche*)	0,85
	Aluminum eloxiert	0,55
	Kupfer oxidiert	0,55
	Aluminum poliert	0,05
	Kupfer poliert	0,05

Abstrahleffekt

WE eiCan

42

Strahlung

Luftbewegung:
Temperatur Tf (m²)

Feste Oberfläche:
- Temperatur Tp (K)
- Oberfläche S (m²)

$$\Phi = \varepsilon \cdot \sigma \cdot S(T_s{}^4 - Tf^4)$$

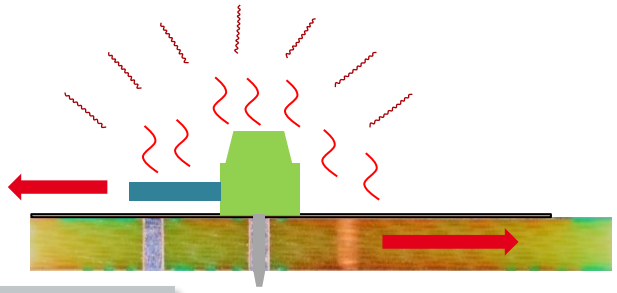
- Werte ren	Material	ε (max=1)
	Kunststoff	
	poliert	0,05

Abstrahleffekt

1. Die Strahlungsableitung von Kunststoff ist sehr viel besser als die von Metall
2. Unpoliertes Metall ist viel bessser als poliertes

WE eiCan

Zusammenfassung



- Ein elektrisches System **muss** einen Wärmeaustausch haben
- Unter Strom sollte sich die Temperatur nach 10-15 Minuten stabilisieren

- Strahlung:
  - Kunststoff besser als Metall
  - Raue Oberfläche besser als poliert

- Konvektion: Oberfläche in Kontakt mit Luft

- Wärmeleitung:
  - Kupfer ist das beste Metall für die Wärmeableitung
  - Erhöhung der Fläche optimiert den Wärmeaustausch

Agenda

- Aktuelles Design für Steckverbinder
- Einflüsse einer zu hohen Temperatur
- Formeln zur Temperaturänderung
- Möglichkeiten der Wärmeableitung
- Wärmeentwicklung in einem Kabel
- Einige Tricks
- Derating Kurve
- Fehlerbilder Steckverbinder
- Zusammenfassung

Welches Kabel für welchen Strom?

UL486		
Wire size (AWG)	Wire size (mm²)	Current (A)
24	0,2	2
22	0,32	3
20	0,52	5
18	0,82	7
16	1,3	10
14	2,1	15
12	3,3	20
10	5,3	30
8	8,4	50
6	13,3	65

Tabelle 1

IEC60998-1	
Wire size (mm²)	Current (A)
0,2	4
0,34	5
0,5	6
0,75	9
1	13,5
1,5	17,5
2,5	24
4	32
6	41
10	57
16	76

Tabelle 2

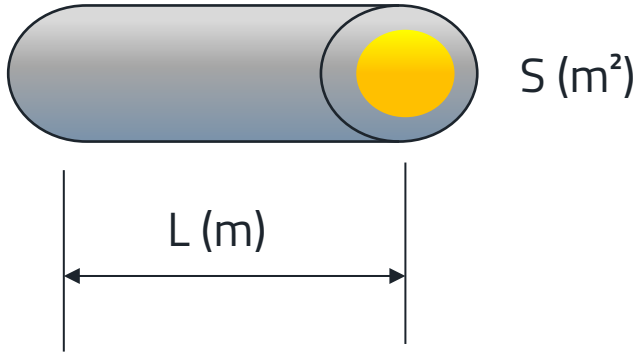
VDE0100-100	
Wire size (mm²)	Current (A)
0,75	15
1	19
1,5	24
2,5	32
4	42
6	54
10	73
16	98

Tabelle3

Berechnung des Drahtwiderstands

Berechnung Drahtwiderstand

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S}$$



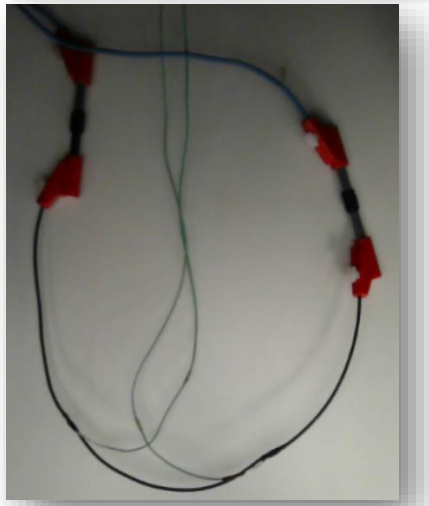
R : Widerstand (Ω)

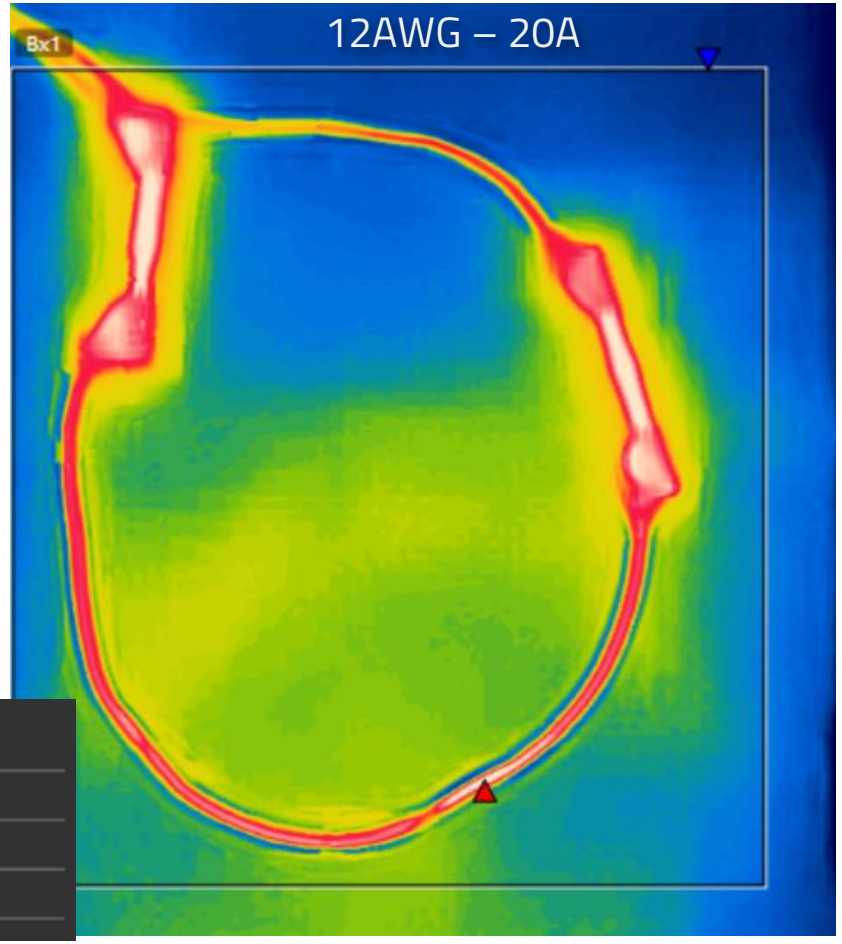
ρ : Materialwiderstand (Ω.m)

Wie hoch ist der Temperaturanstieg in Leitern?

Test: **AWG**

- ΔT bei 50cm Leiter
- 2 Thermokoppler am Leiter befestigt





Mesures		
Bx1	Max	34,7 °C
	Min	23,5 °C
	Average	25,2 °C

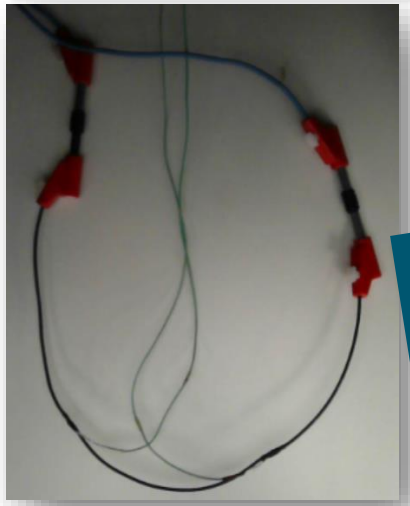
Wire size (AWG)	Current (A)	ΔT (K)
20	5	**5**
18	7	**6**
16	10	**7**
14	15	**10**
12	20	**11**
10	30	**16**

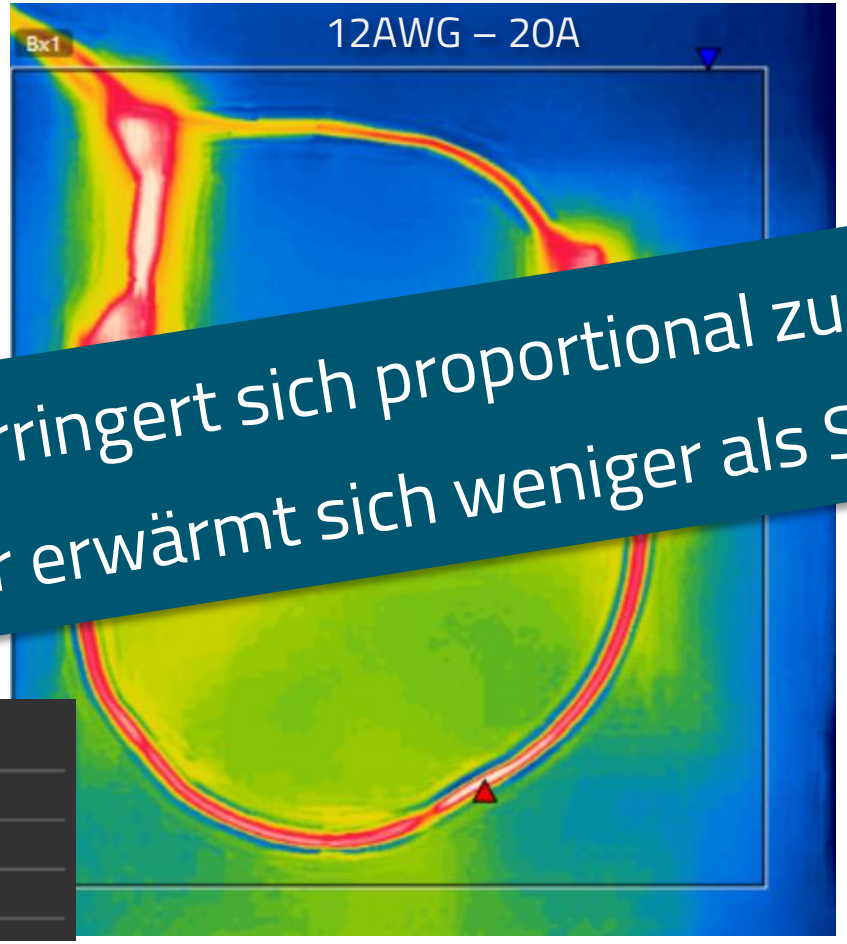
All pictures: WE eiCan

Wie hoch ist der Temperaturanstieg in Leitern?

Test: **AWG**

- ΔT bei 50cm Leiter
- 2 Thermokoppler am Leiter befestigt





Mesures		
Bx1	Max	34,7 °C
	Min	23,5 °C
	Average	25,2 °C

1. ΔT verringert sich proportional zum Leiterquerschnitt
2. Leiter erwärmt sich weniger als Stecker (ΔT<30K)

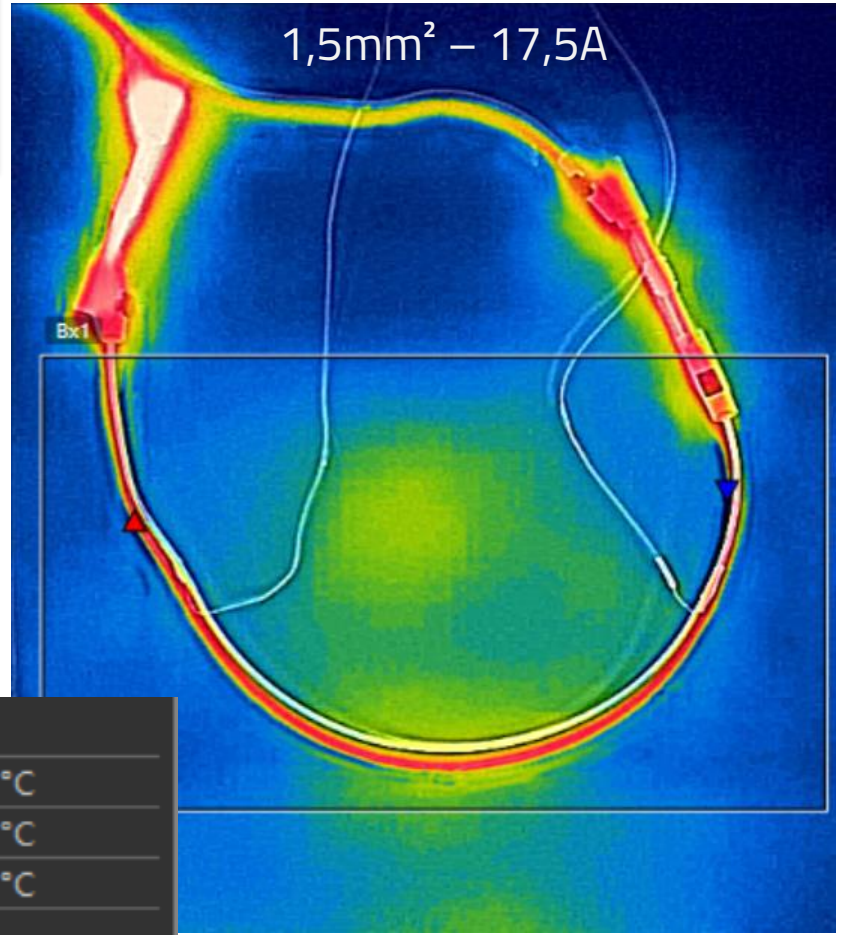
Wire size (AWG)	Current	ΔT (K)
		5
		6
		7
14	15	**10**
12	20	**11**
10	30	**16**

All pictures: WE eiCan

Wie hoch ist der Temperaturanstieg in Leitern?

Test: mm^2

- ΔT bei 50cm Leiter
- 2 Thermokoppler am Leiter befestigt



Mesures		
Bx1	Max	32,5 °C
	Min	16,1 °C
	Average	19,8 °C

Wire size (mm^2)	Current (A)	ΔT (K)
0,2	4	8
0,5	6	7
0,75	9	10
1	13,5	15
1,5	17,5	17
2,5	24	18
4	32	19

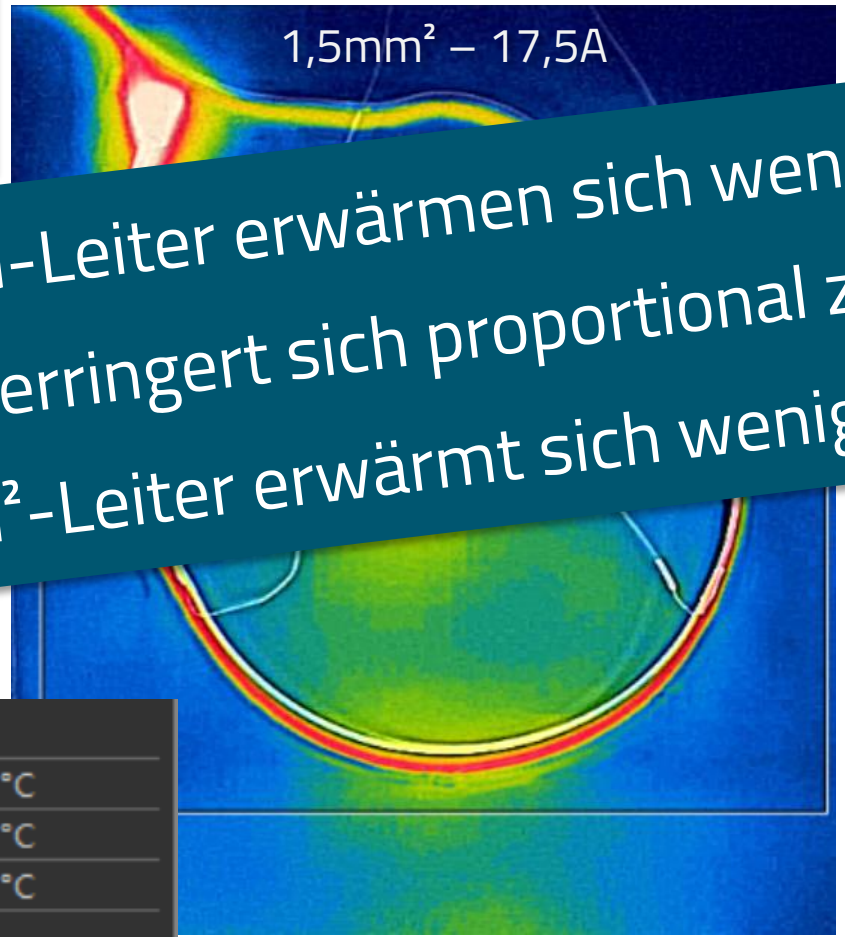
All pictures: WE eiCan

Wie hoch ist der Temperaturanstieg in Leitern?

Test: **mm²**

- ΔT bei 50cm Leiter
- 2 Thermokoppler am Leiter befestigt

1,5mm² – 17,5A



Mesures		
Bx1	Max	32,5 °C
	Min	16,1 °C
	Average	19,8 °C

1. AWG-Leiter erwärmen sich weniger als mm²-Leiter
2. ΔT verringert sich proportional zum Leiterquerschnitt
3. mm²-Leiter erwärmt sich weniger als Stecker (ΔT<45K)

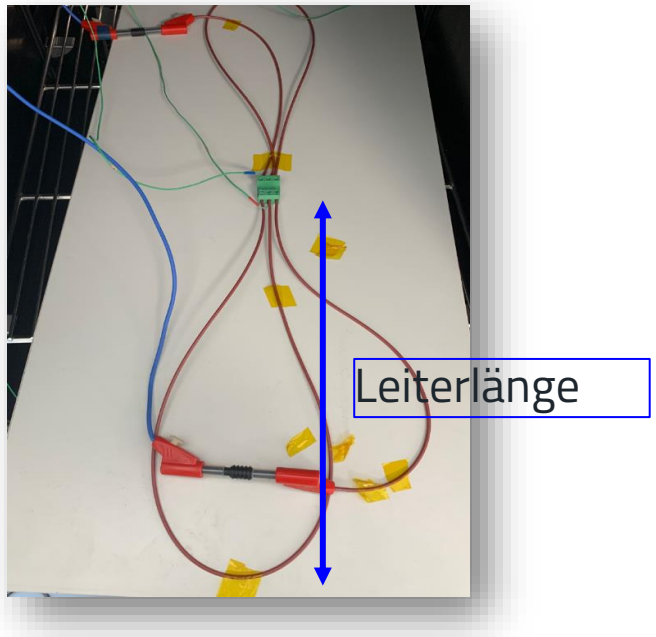
Wire size		
		15
1,5	17,5	17
2,5	24	18
4	32	19

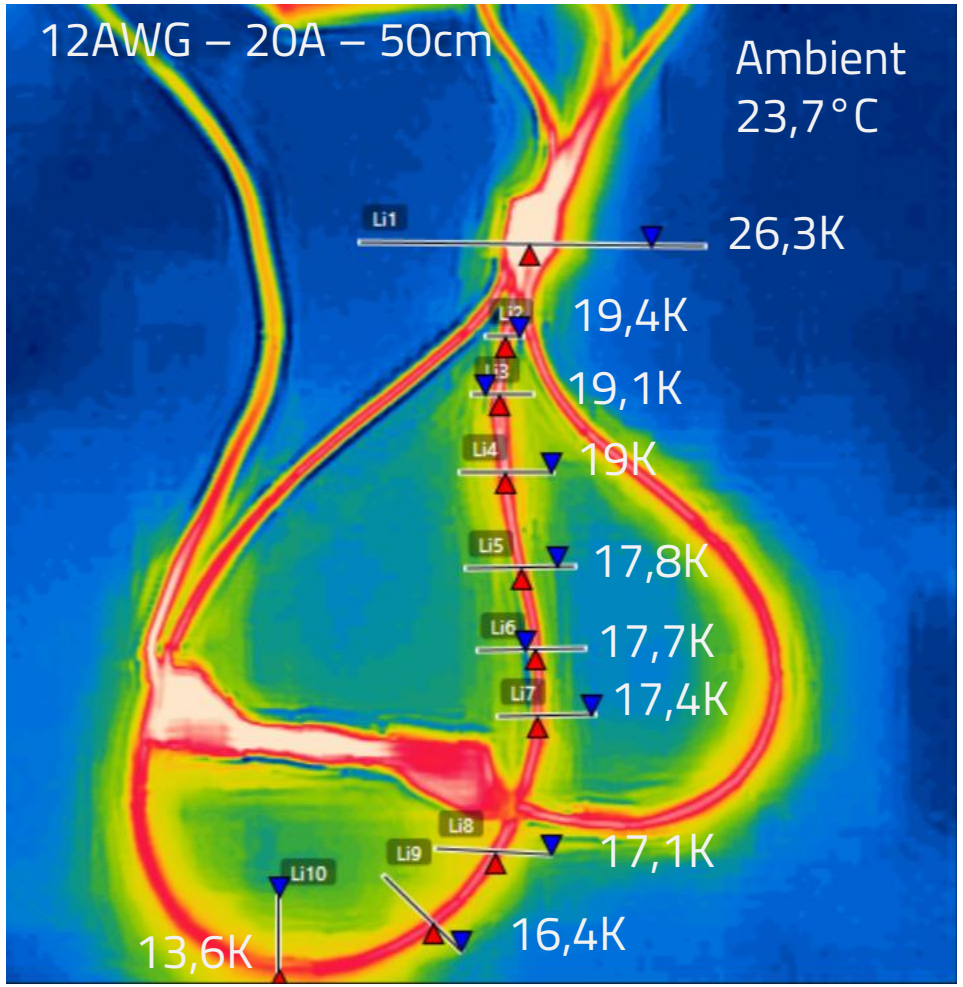
All pictures: WE eiCan

Leiter-Wärmeableitung: die richtige Länge?

Test:

- ΔT 12AWG-20A
- TBL Stecker 3 polig; RM 7,62
- Unterschiedliche Leiterlängen
- 2 Thermokoppler in 2 TBL Klemmen



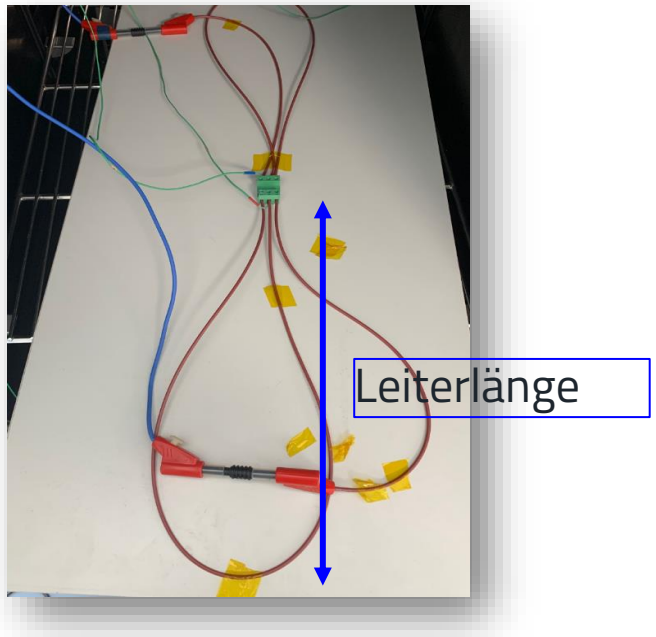


All pictures: WE eiCan

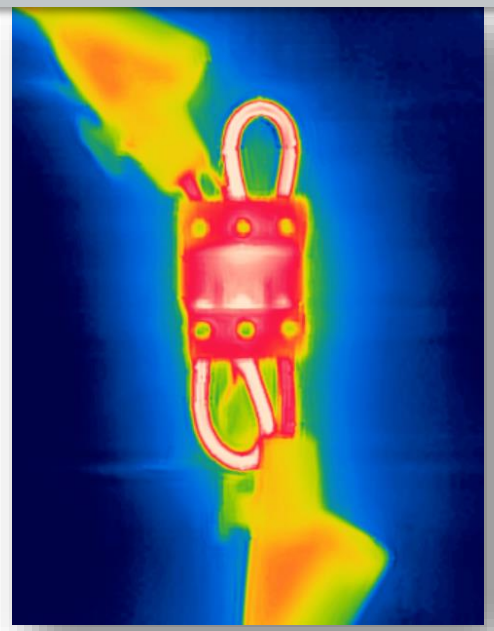
Leiter-Wärmeableitung: die richtige Länge?

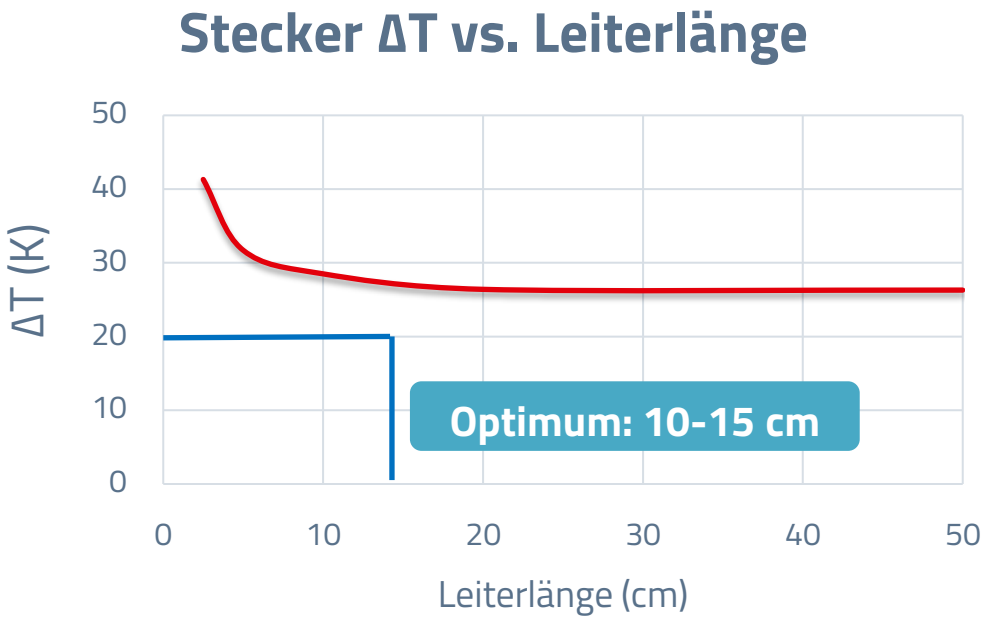
Test:

- ΔT 12AWG-20A
- TBL Stecker 3 polig; RM 7,62
- Unterschiedliche Leiterlängen
- 2 Thermokoppler in 2 TBL Klemmen



12AWG – 20A – 2,5cm





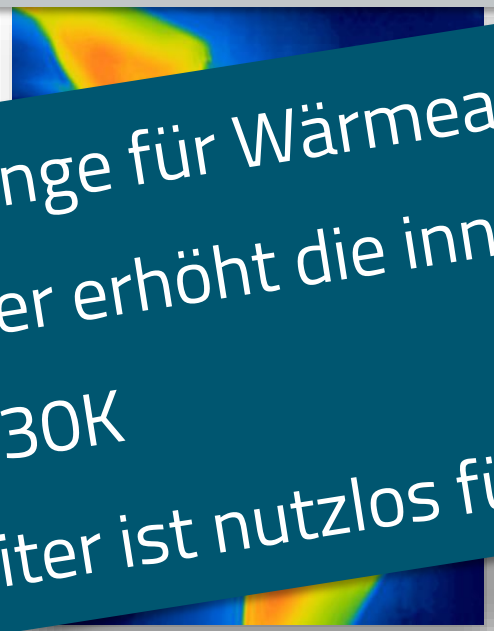
All pictures: WE eiCan

Leiter-Wärmeableitung: die richtige Länge?

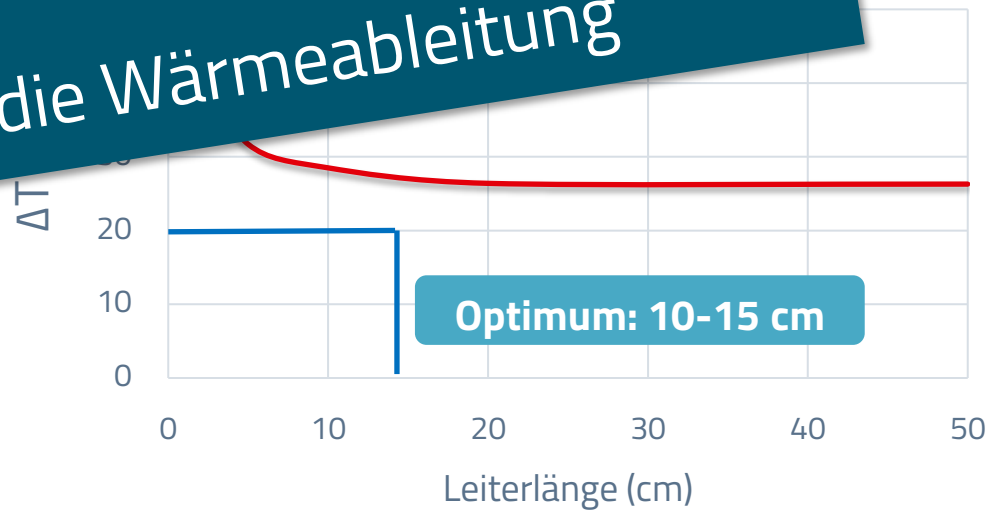
Test:

- ΔT 12AWG-20A
- TBL Stecker 3 polig; RM 7,62
- Unterschiedliche L
- 2 Thermo
  Klemmen

12AWG – 20A – 2,5cm



1. Optimierte Länge für Wärmeableitung:10-15cm
2. Kürzerer Leiter erhöht die innere Steckertemperatur über die üblichen 30K
3. Längerer Leiter ist nutzlos für die Wärmeableitung

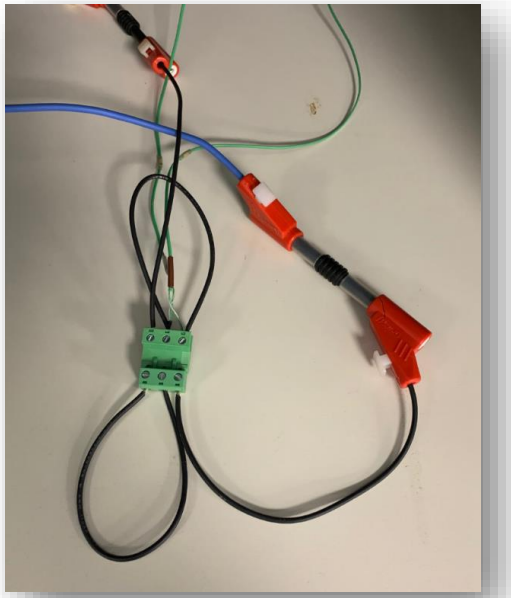


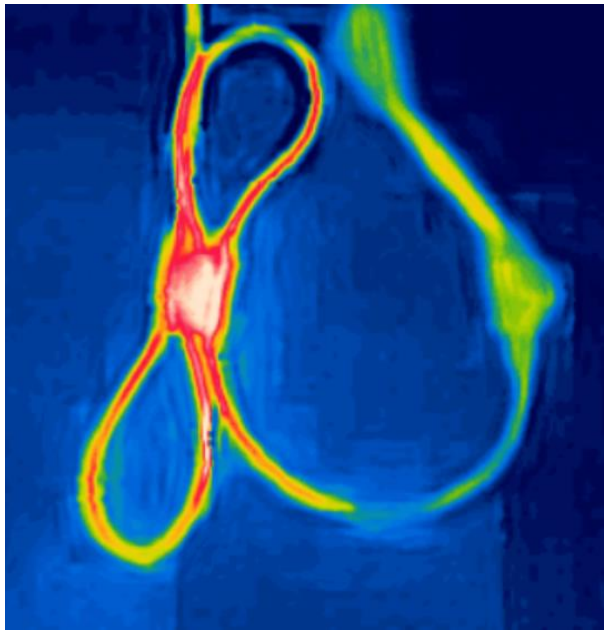
All pictures: WE eiCan

Leiter-Wärmeableitung: der richtige Querschnitt?

Test:

- TBL Stecker 3 polig; RM 7,62
- Initial 16AWG - 10A
- 2 Thermokoppler in 2 TBL Klemmen
- Optimierte Leiterlänge10cm





Wire at 10A – length 10cm	Internal connector ΔT (K)	Rough price €/m
16AWG	17	1 €/m
14AWG	10	1,35 €/m
12AWG	8	1,67 €/m

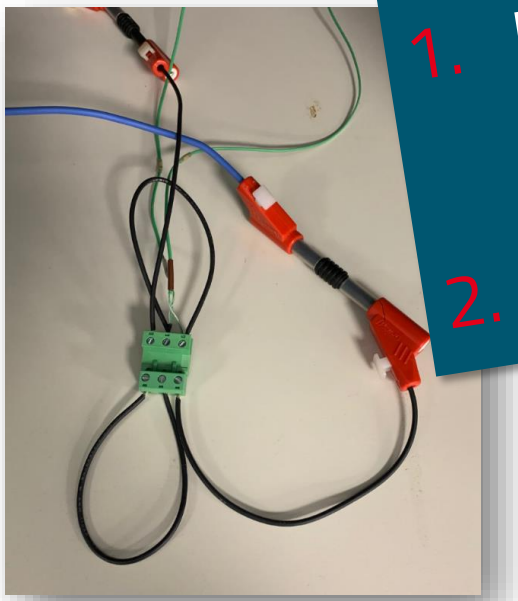
All pictures: WE eiCan

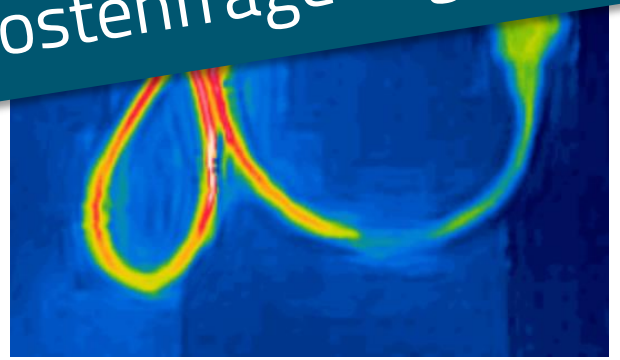
Leiter-Wärmeableitung: der richtige Querschnitt?

Test:

- TBL Stecker 3 polig; RM 7,62
- Initial 16AWG - 10A
- 2 Thermokoppler in 2 TBL Klemmen
- Optimierte Leiterlänge10cm

1. Bei zunehmenden Leiterquerschnitt nimmt ΔT ab
2. Kostenfrage liegt bei Ihnen



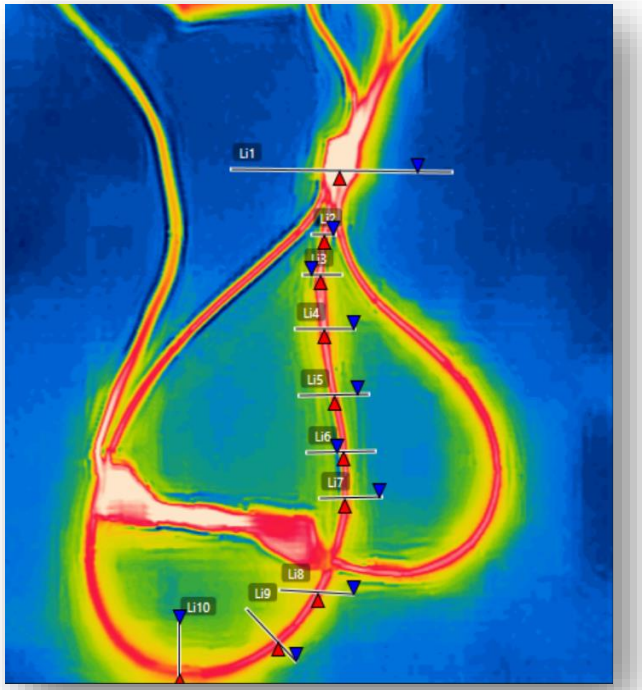


	Internal connector ΔT (K)	Rough price €/m
	17	1 €/m
	10	1,35 €/m
12AWG	8	1,67 €/m

All pictures: WE eiCan

Zusammenfassung

- AWG und mm² Kupferleiter erwärmen sich weniger als der Steckverbinder



- Leiter werden verwendet um Wärme vom Steckverbinder abzuleiten
- Optimale Leiterlängen sind 10-15cm

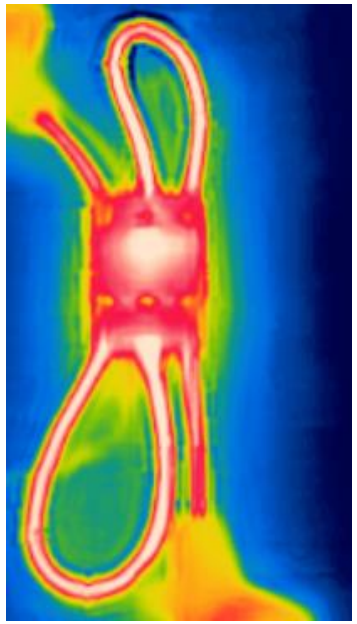
All pictures: WE eiCan

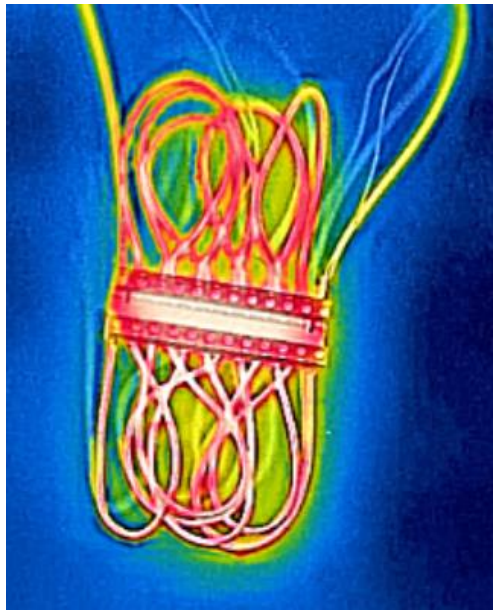
Agenda

- Aktuelles Design für Steckverbinder
- Einflüsse einer zu hohen Temperatur
- Formeln zur Temperaturänderung
- Möglichkeiten der Wärmeableitung
- Wärmeentwicklung in einem Kabel
- Einige Tricks
- Derating Kurve
- Fehlerbilder Steckverbinder
- Zusammenfassung

ΔT=30K ok, aber nur mit 3 Polen?

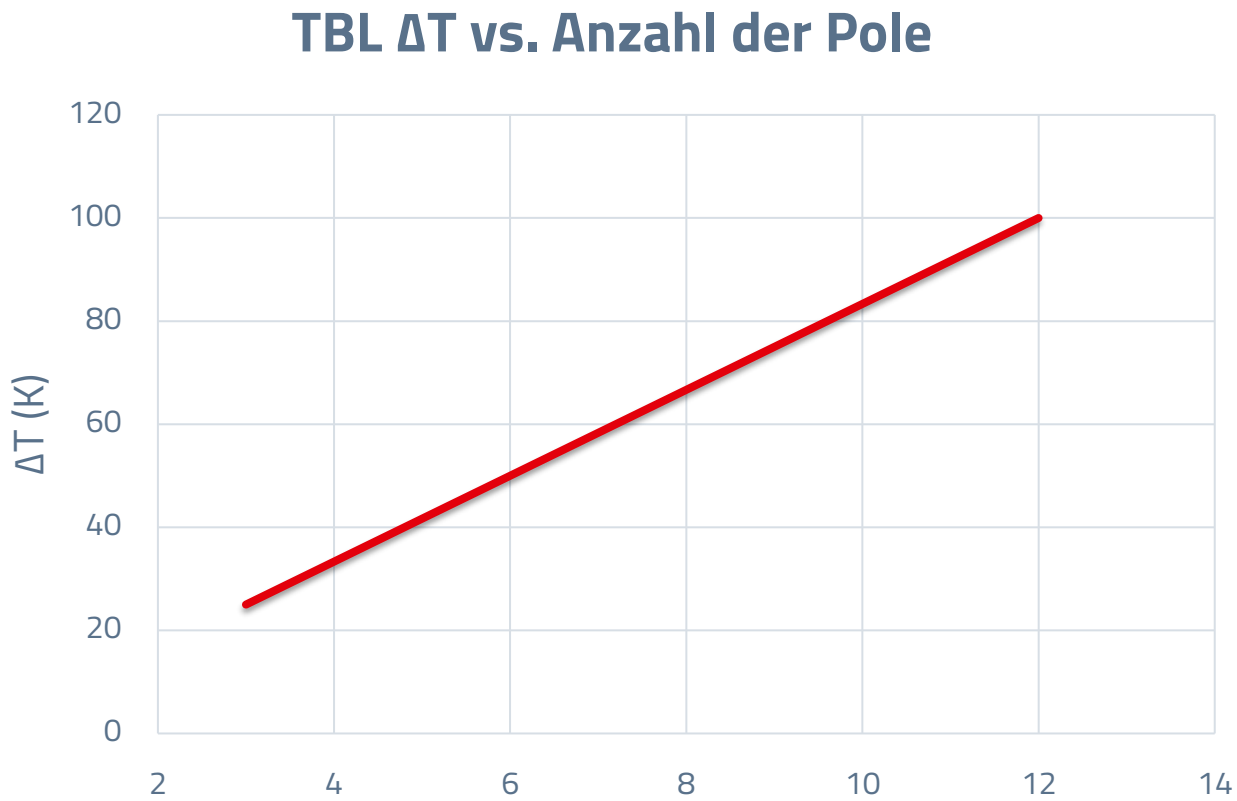
Test:
- 3 polig mit Arbeitsstrom
- Verringerung des Stroms bei höherer Polzahl nötig?





12AWG – 20A – 10cm

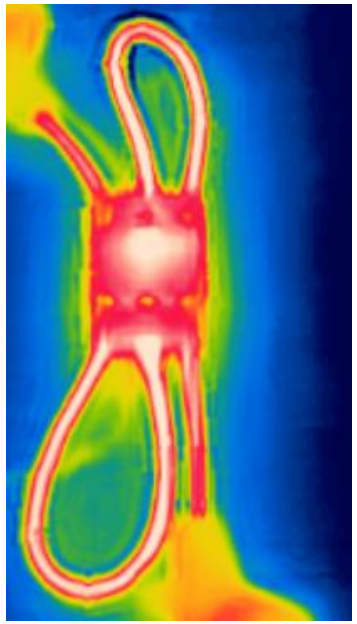
Was erwarten Sie?

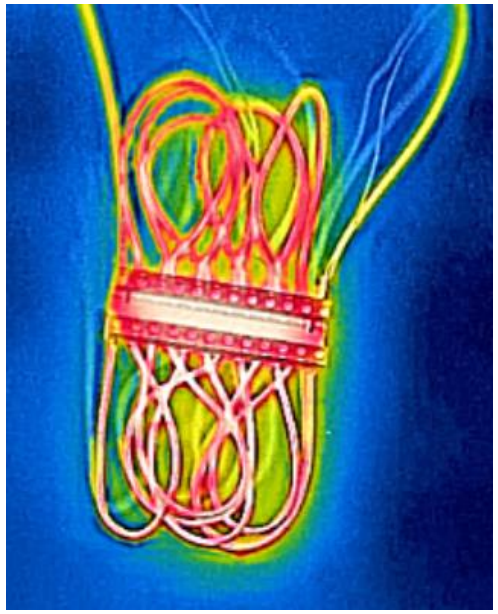


All pictures: WE eiCan

ΔT=30K ok, aber nur mit 3 Polen?

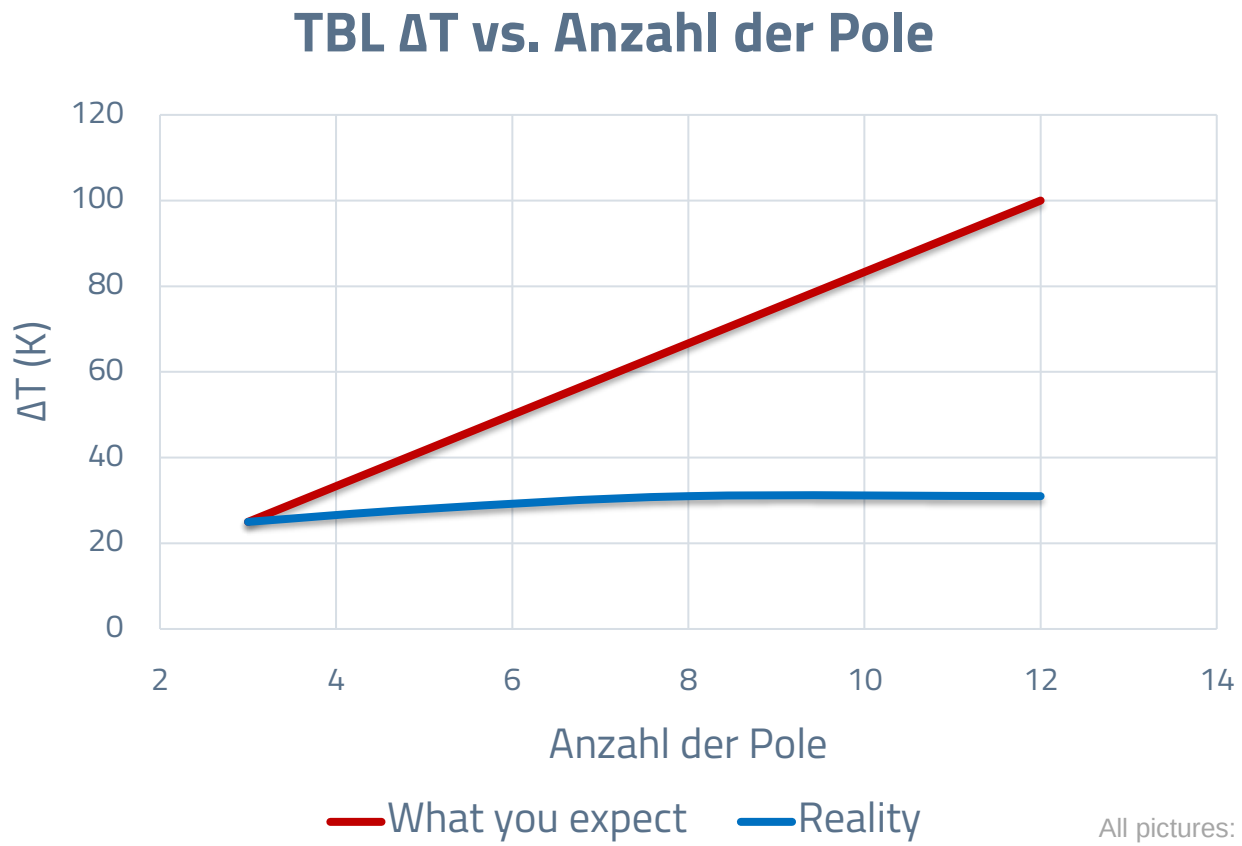
Test:
- 3 polig mit Arbeitsstrom
- Verringerung des Stroms bei höherer Polzahl nötig?





12AWG – 20A – 10cm

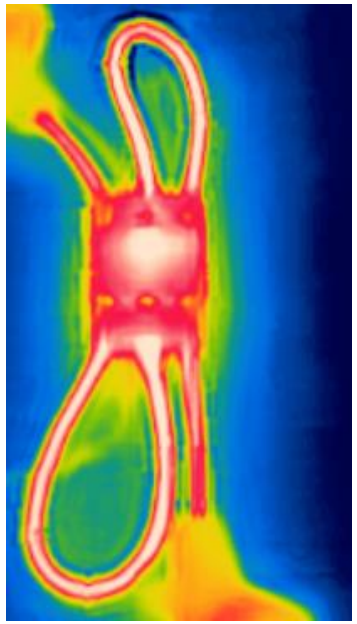
Erwartung vs. Realität

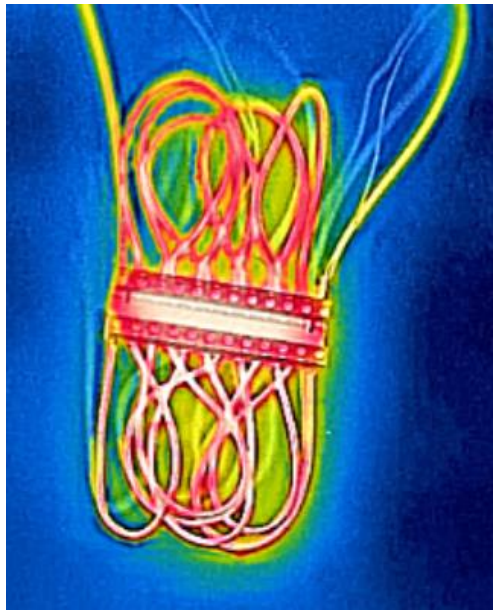


All pictures: WE eiCan

ΔT=30K ok, aber nur mit 3 Polen?

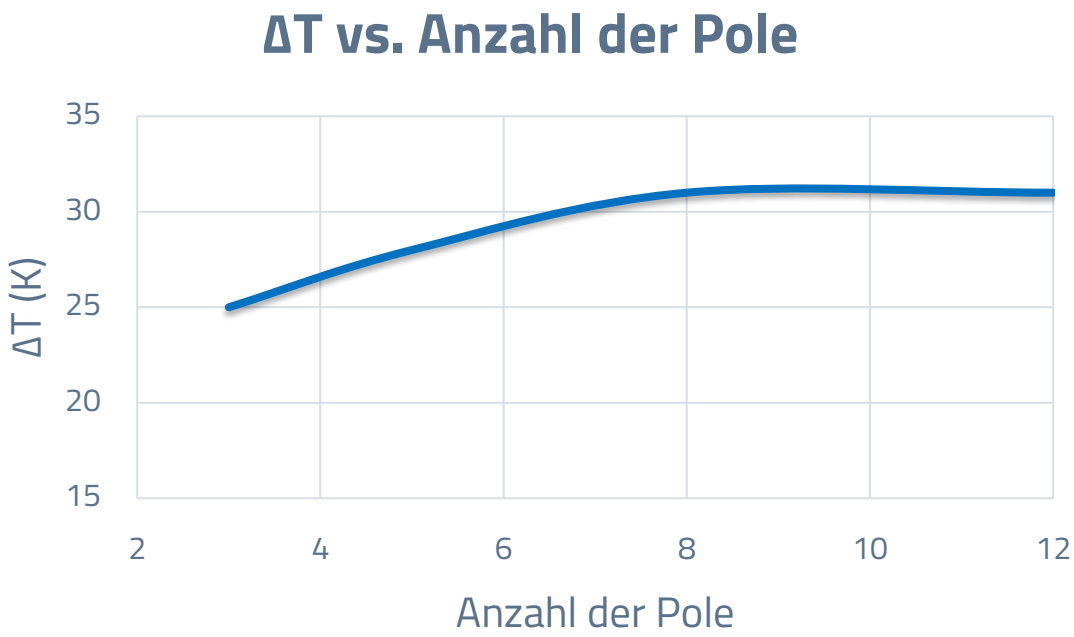
Test:
- 3 polig mit Arbeitsstrom
- Verringerung des Stroms bei höherer Polzahl nötig?





12AWG – 20A – 10cm

Realität



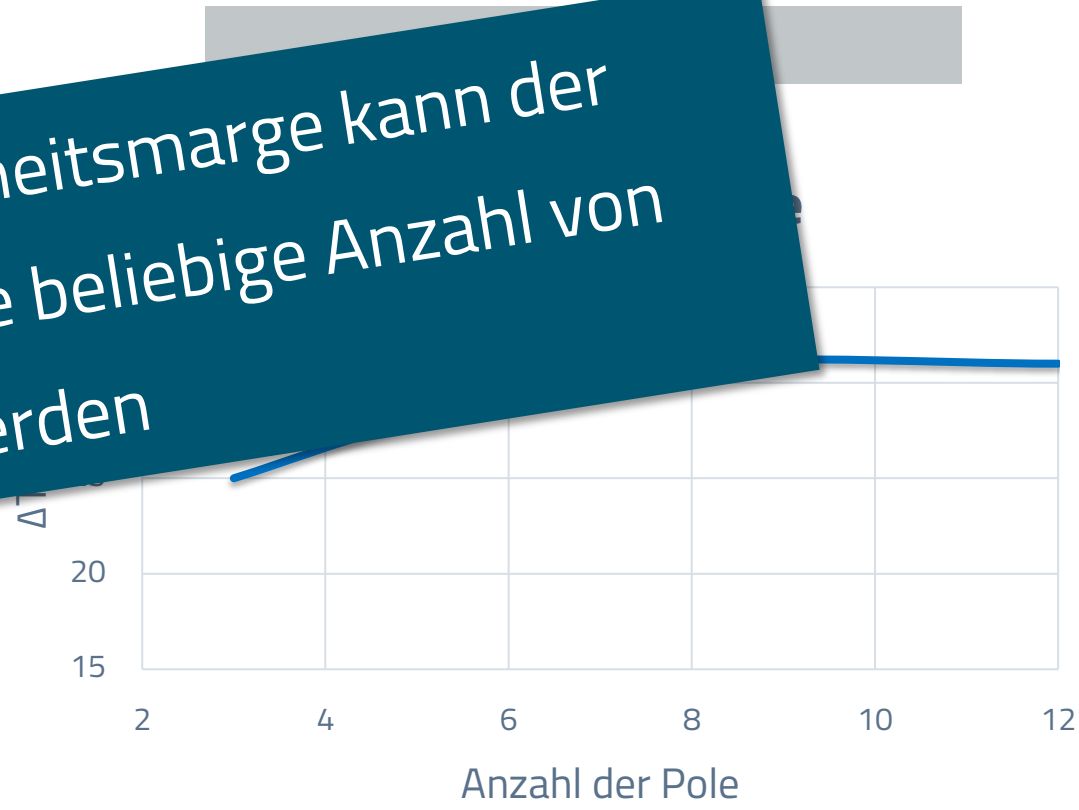
All pictures: WE eiCan

ΔT=30K ok, aber nur mit 3 Polen?

Test:
- 3 polig mit Arbeitsstrom
- Verringerung des Stroms bei höherer Polzahl nötig?

1. Auf Grund der Sicherheitsmarge kann der Arbeitsstrom für eine beliebige Anzahl von Polen verwendet werden

12AWG – 20A – 10cm

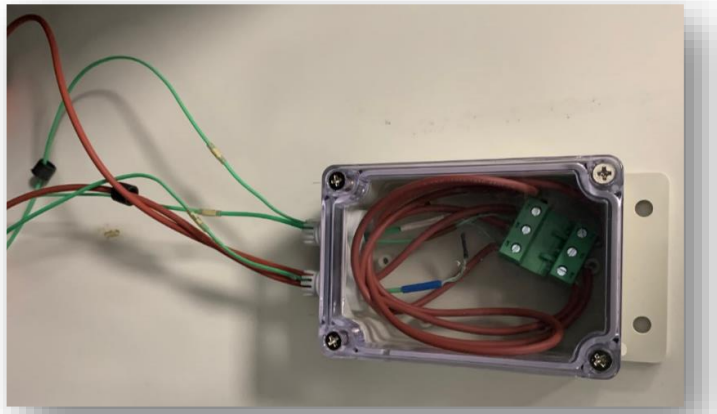


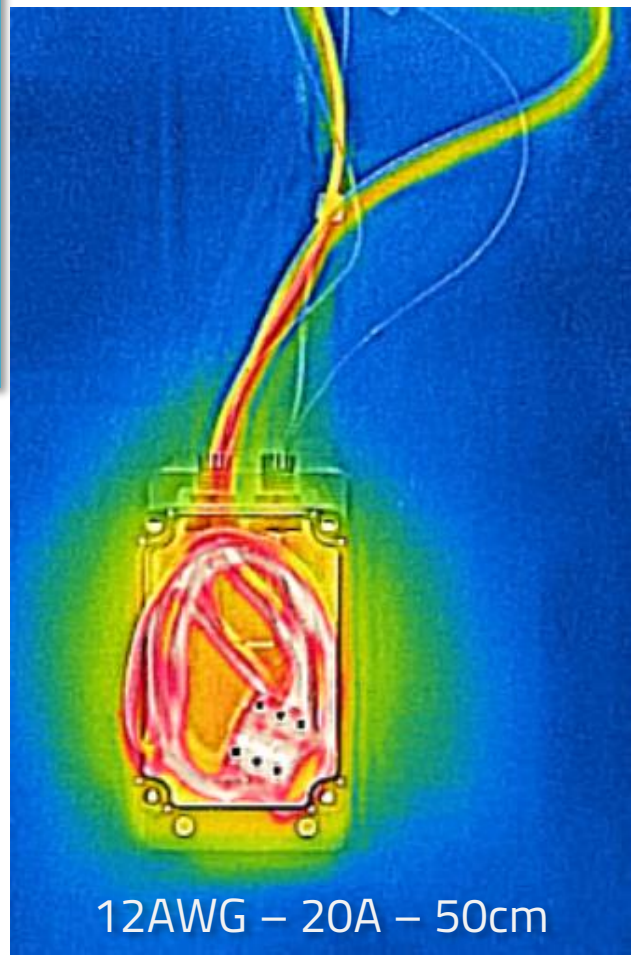
All pictures: WE eiCan

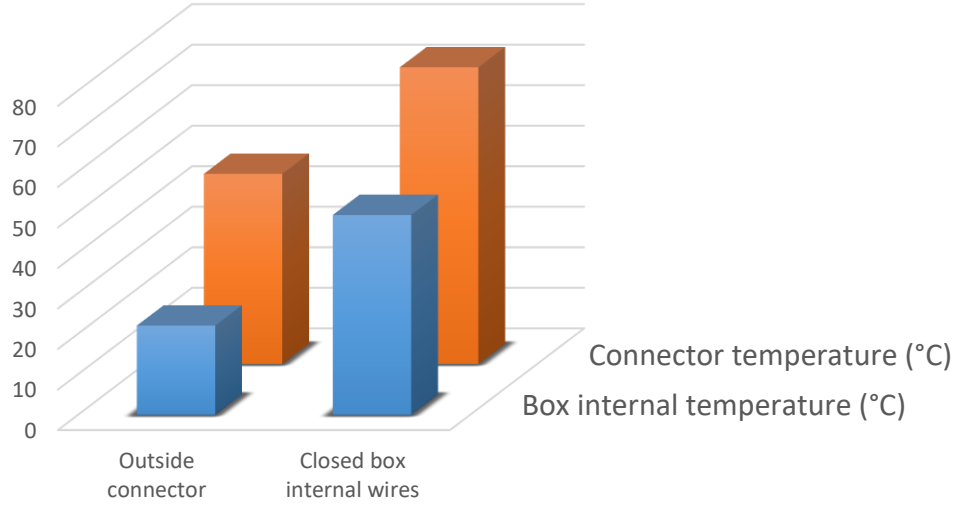
Ein Steckverbinder in einer geschlossenen Box

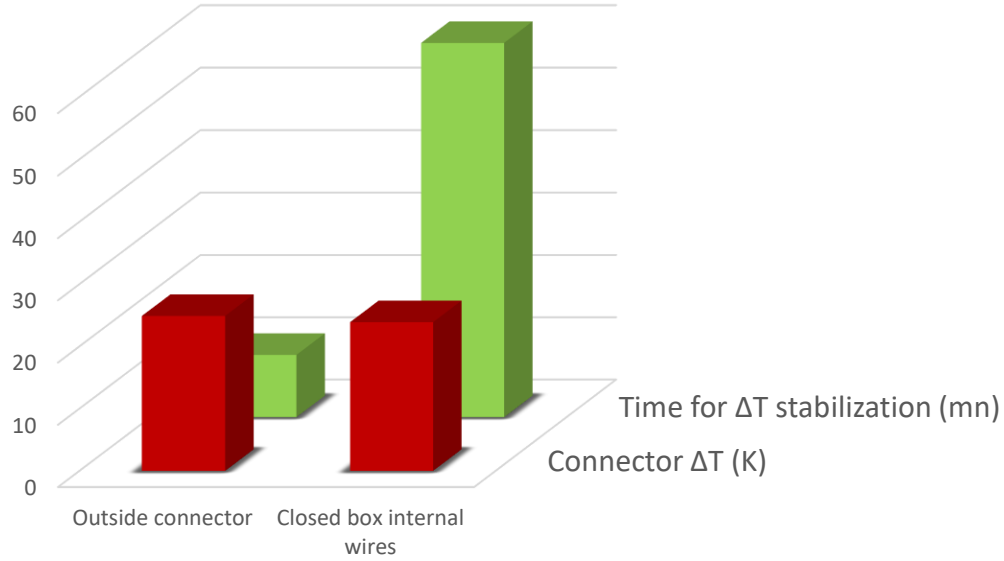
Test:

- TBL Stecker 3 polig; RM 7,62
- Initial 12AWG - 20A
- 2 Thermokoppler in 2 TBL Klemmen + 1 für Umgebungstemperatur in Box
- Leiterlänge 10cm







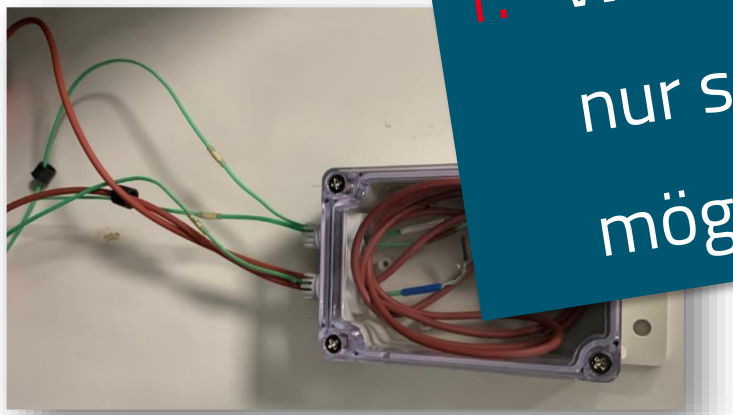


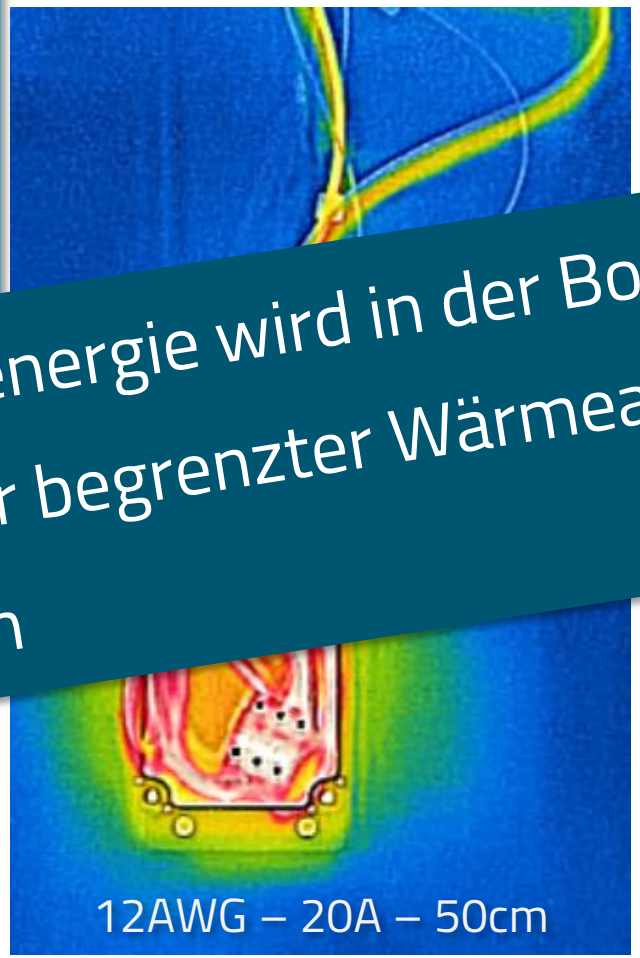
All pictures: WE eiCan

Ein Steckverbinder in einer geschlossenen Box

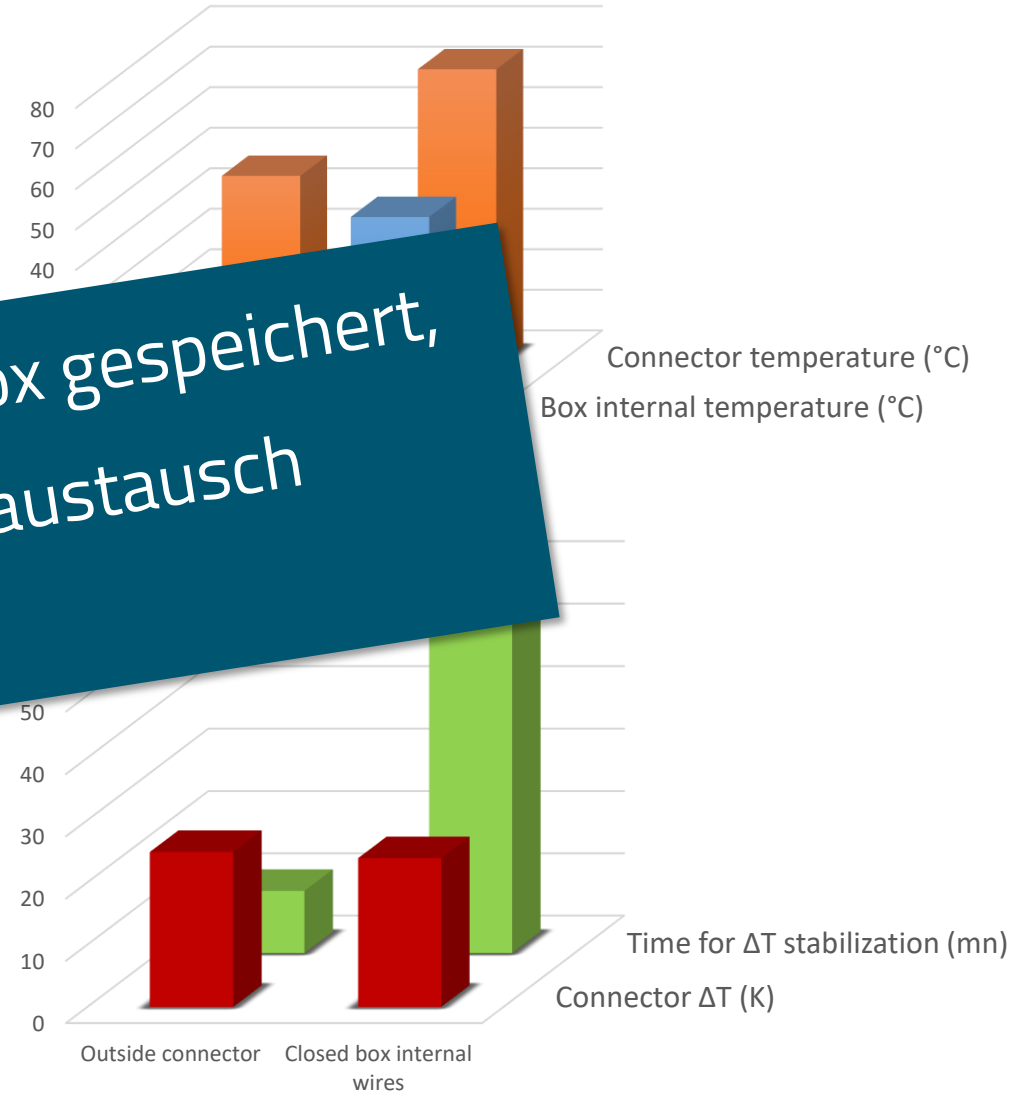
Test:

- TBL Stecker 3 polig; RM 7,62
- Initial 12AWG - 20A
- 2 Thermokoppler in 2 TBL Klemmen + 1 für Umgebungstemperatur in Box
- Leiterlänge 10cm





1. Wärmeenergie wird in der Box gespeichert, nur sehr begrenzter Wärmeaustausch möglich

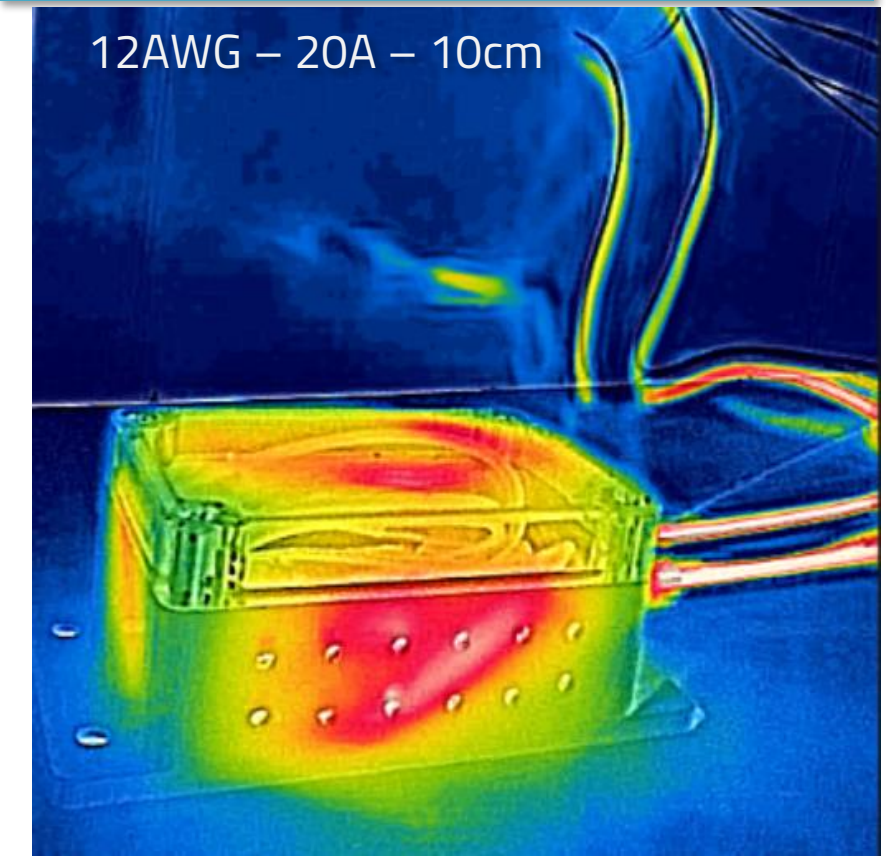


All pictures: WE eiCan

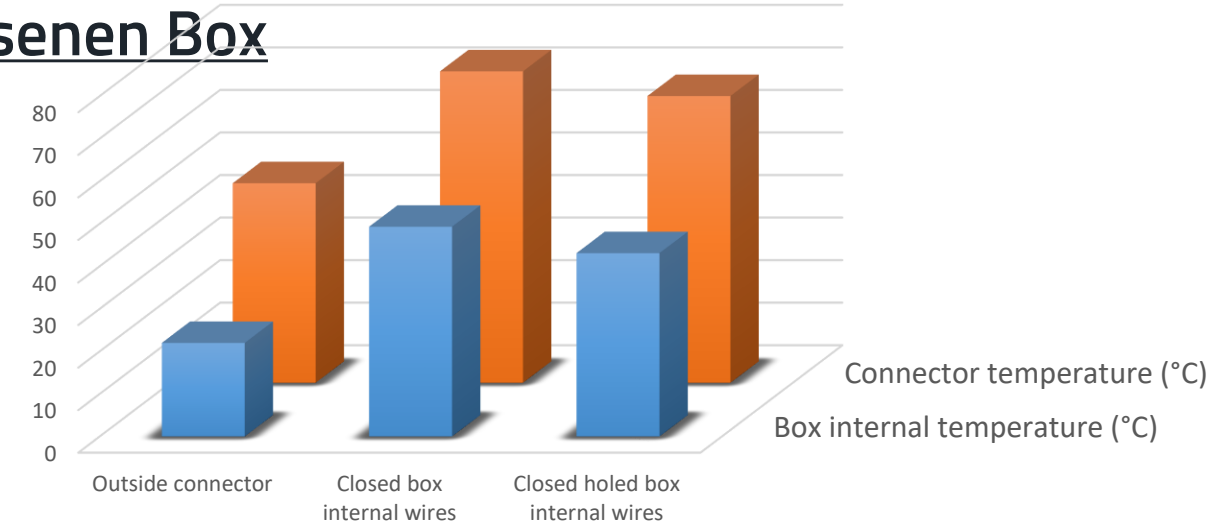
Ein Steckverbinder in einer geschlossenen Box

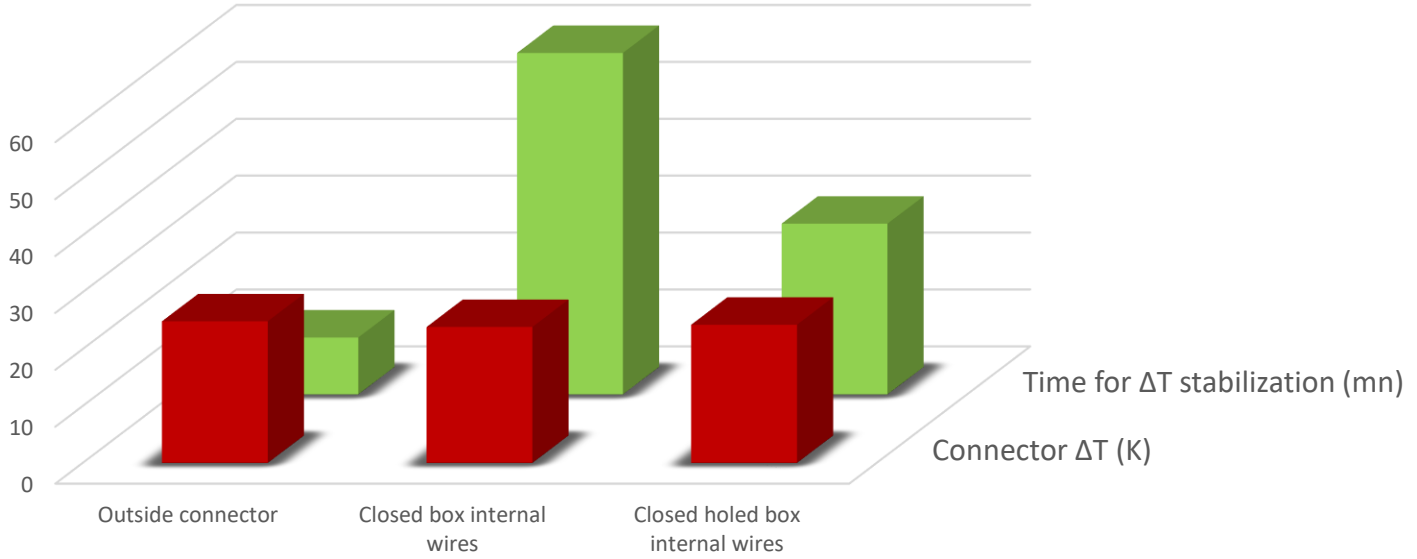
Test:

- Gleiche geschlossene Box mit Löchern



WE eiCan

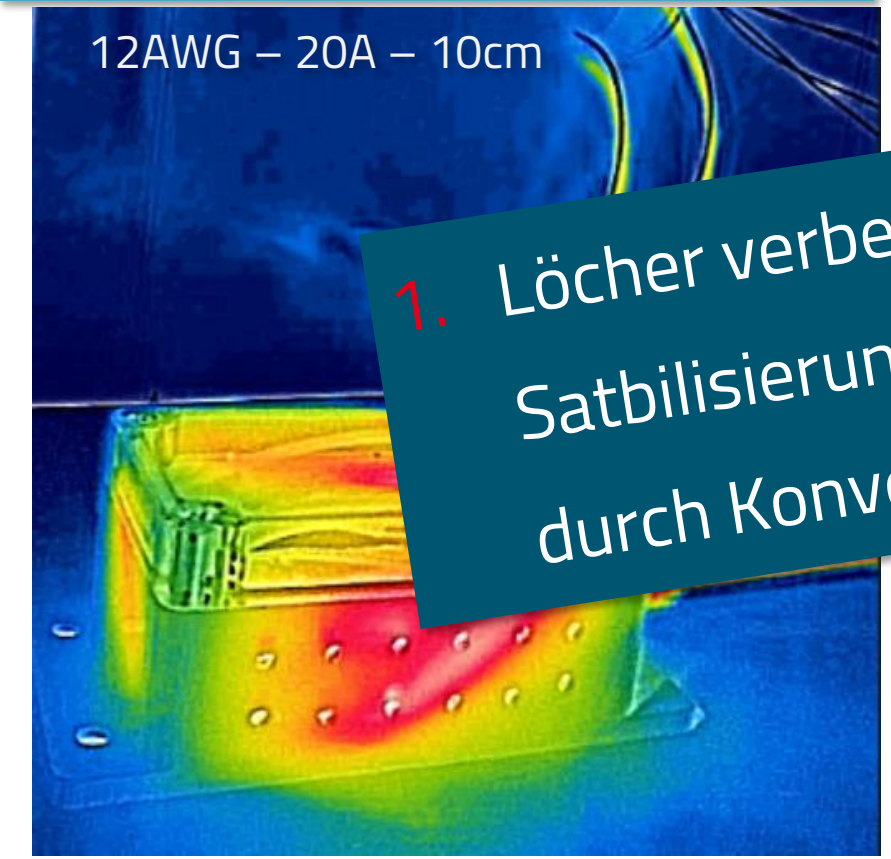




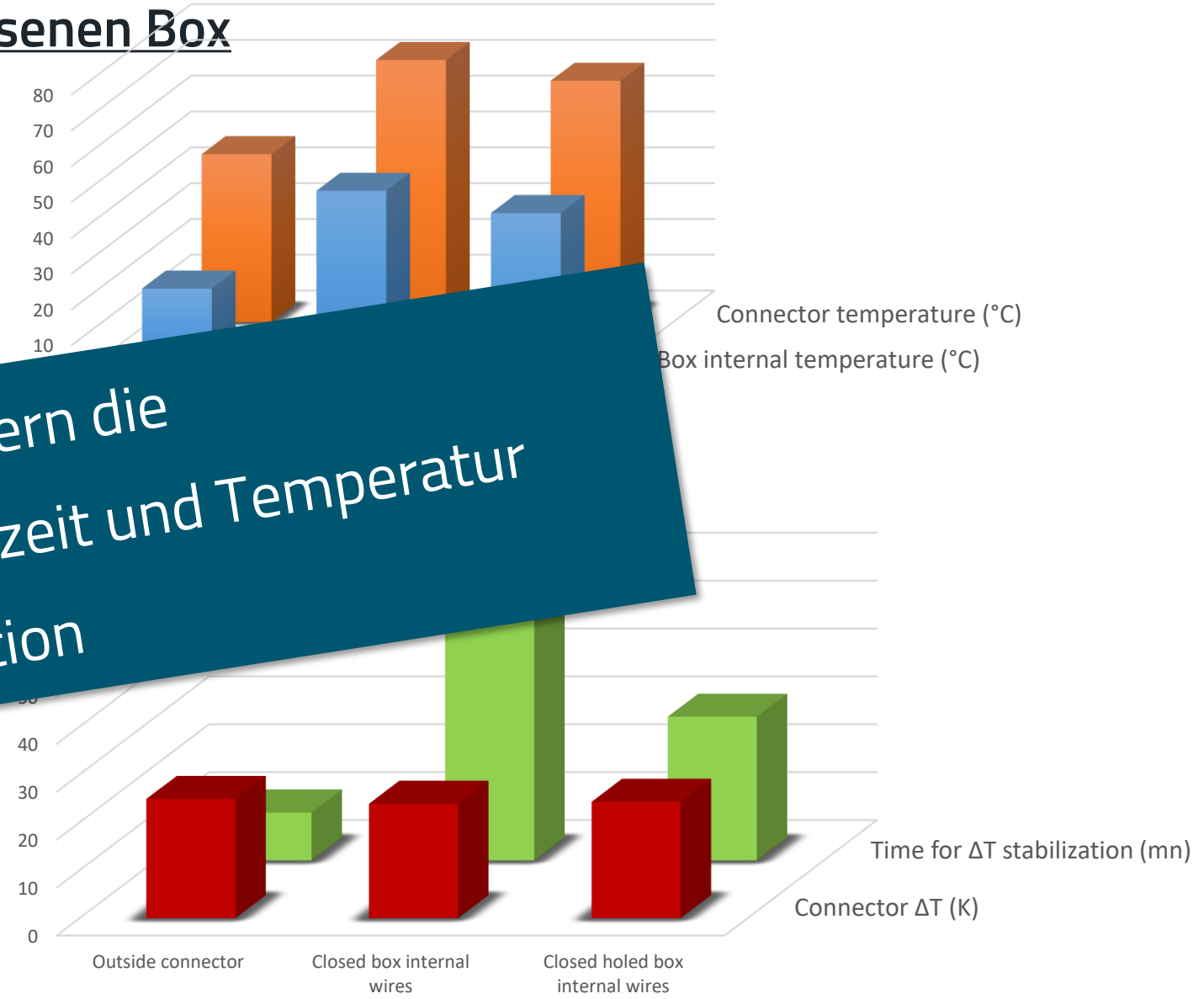
Ein Steckverbinder in einer geschlossenen Box

Test:

- Gleiche geschlossene Box mit Löchern



WE eiCan

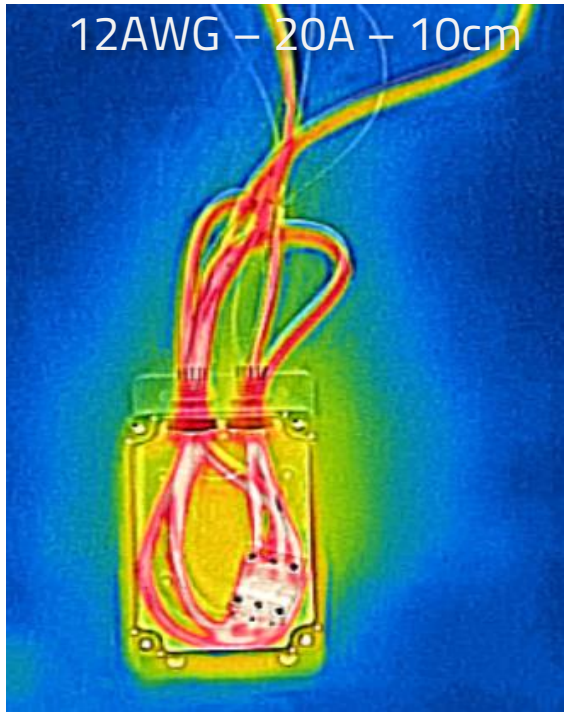


1. Löcher verbessern die Satbilisierungszeit und Temperatur durch Konvektion

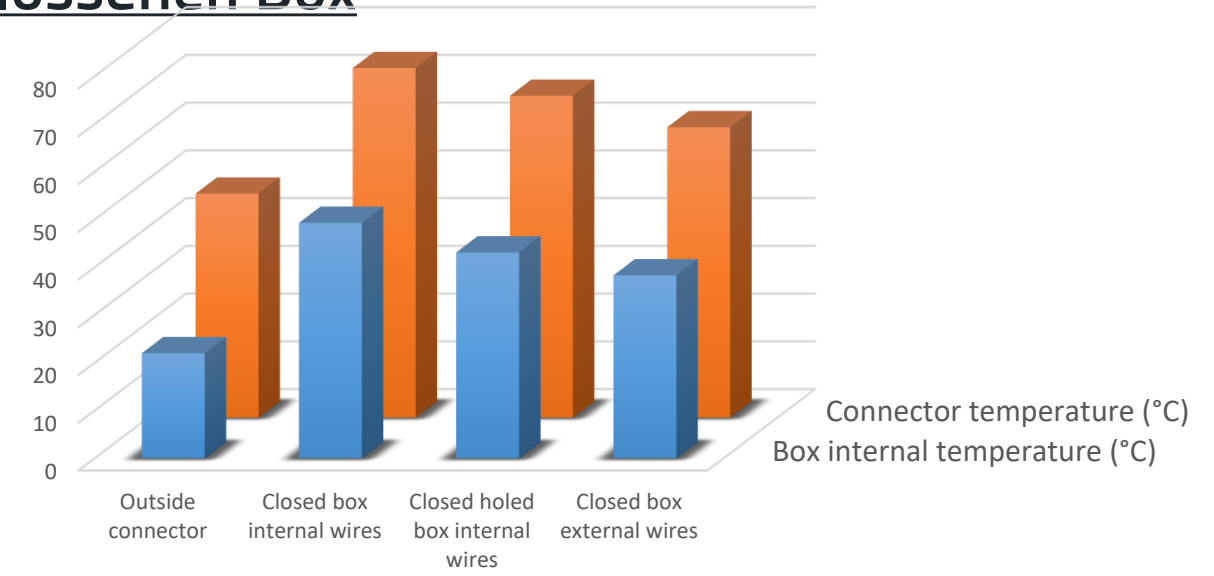
Ein Steckverbinder in einer geschlossenen Box

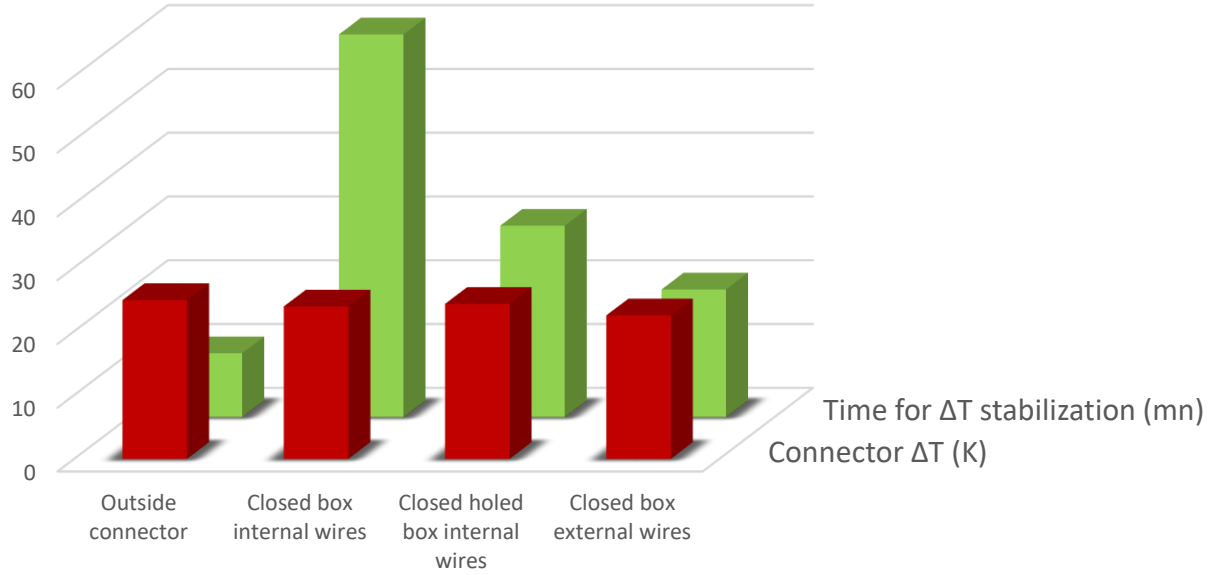
Test:

- Gleiche geschlossene Box mit Löchern + externen Leitern



WE eiCan

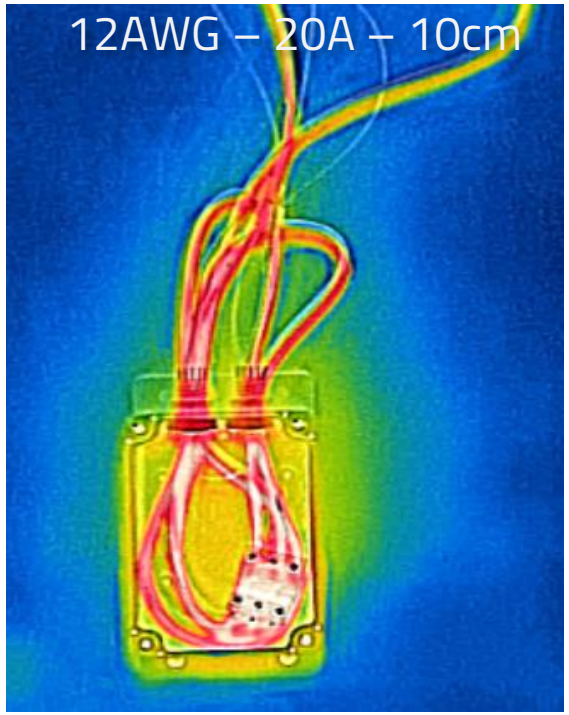




Ein Steckverbinder in einer geschlossenen Box

Test:

- Gleiche geschlossene Box mit Löchern + externen Leitern

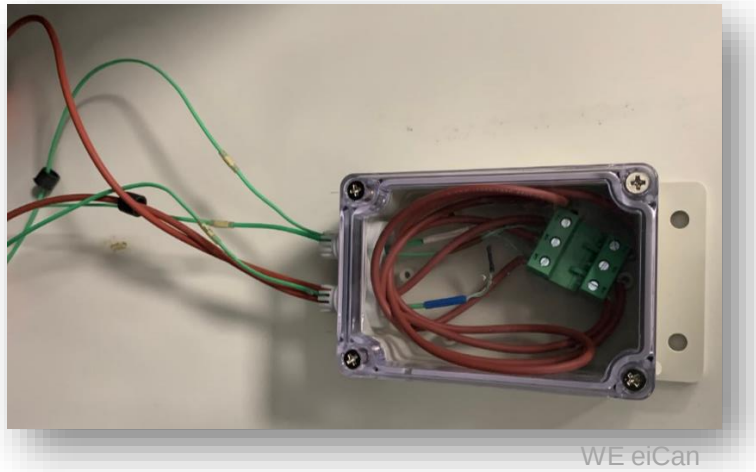


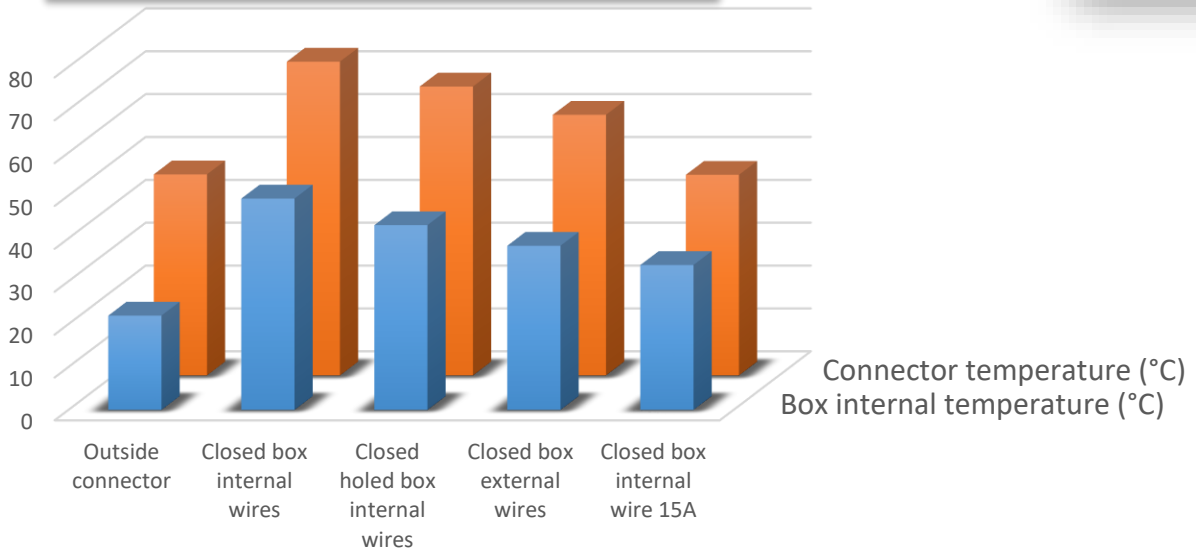
1. Externe Leiter sorgen für zusätzlichen Wärmeleiteffekt
2. Besser Effekt als Löcher in der Box

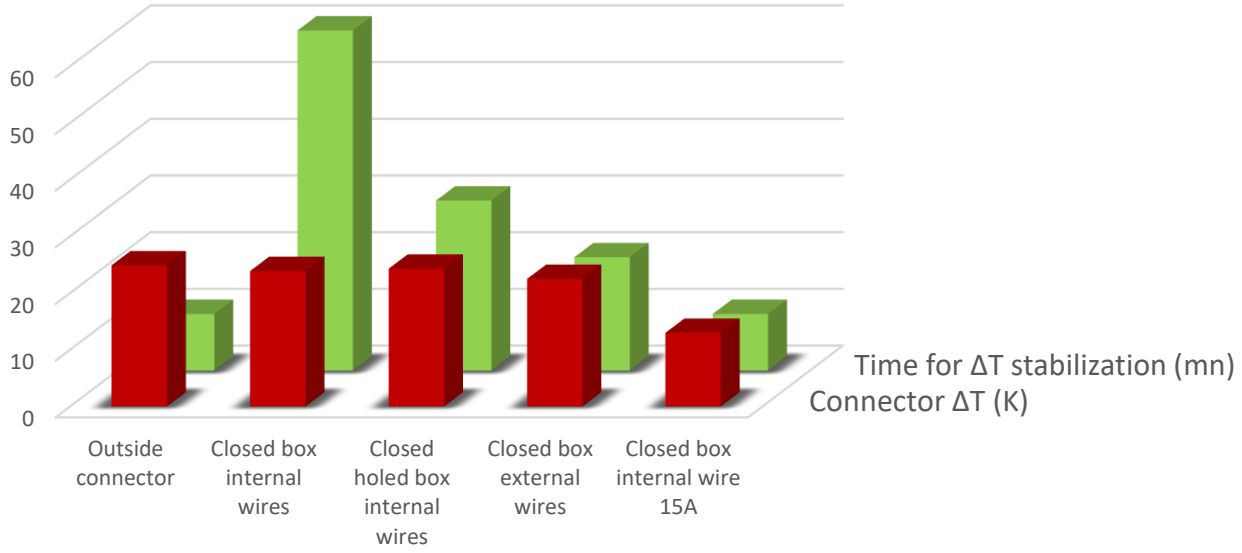
Ein Steckverbinder in einer geschlossenen Box

Test:

- Geschlossene Box
- Interne Leiter
- Keine Löcher
- 15A statt 20A



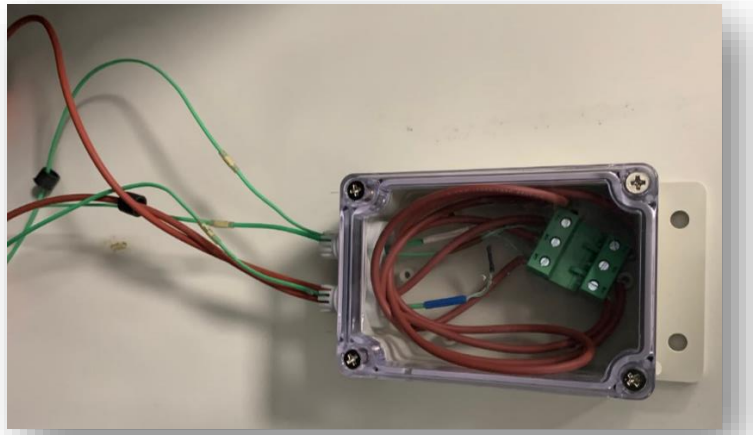


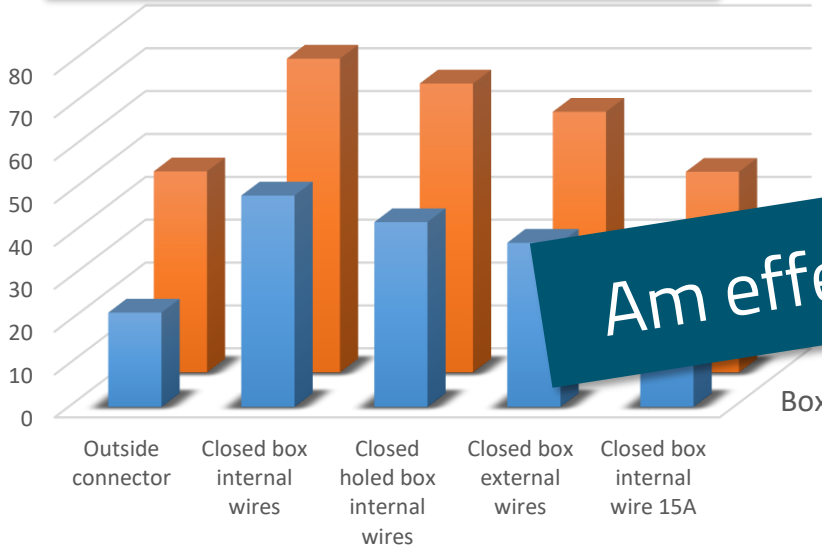


Ein Steckverbinder in einer geschlossenen Box

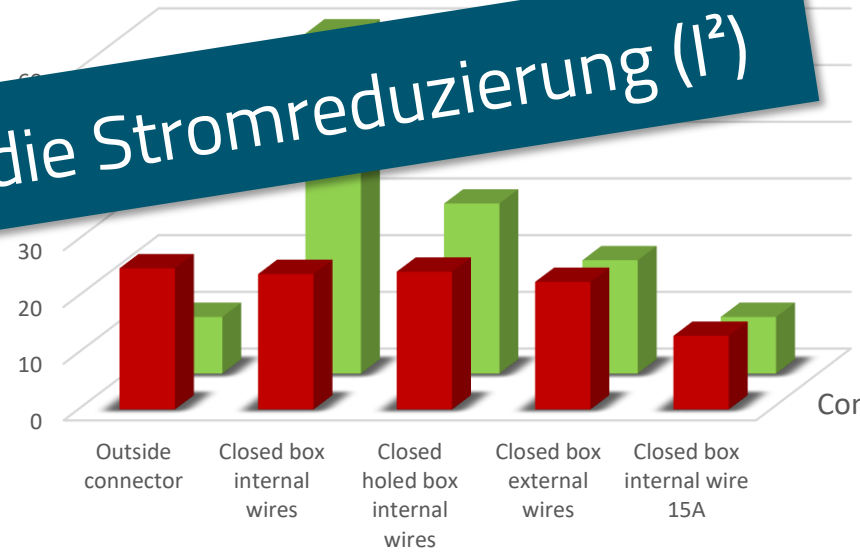
Test:

- Geschlossene Box
- Interne Leiter
- Keine Löcher
- 15A statt 20A





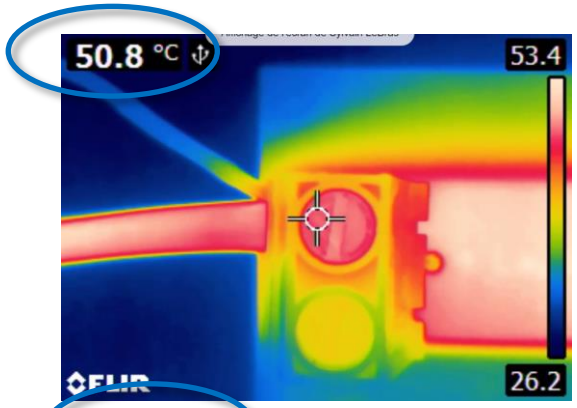
Am effektivsten ist die Stromreduzierung (I^2)

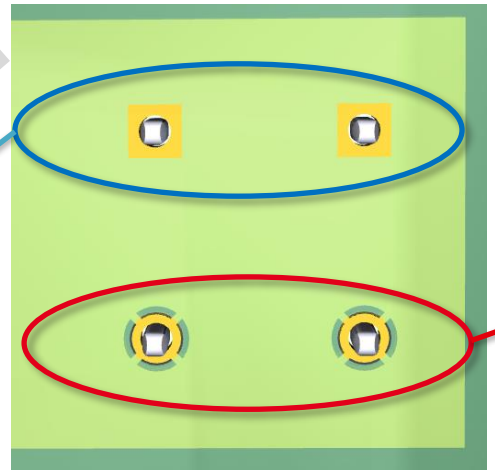


Erhöht die thermische Entlastung (Wärmefalle) den Temperaturanstieg?

Test:

- PCB Terminal Block 57A
- 73A
- 16mm²

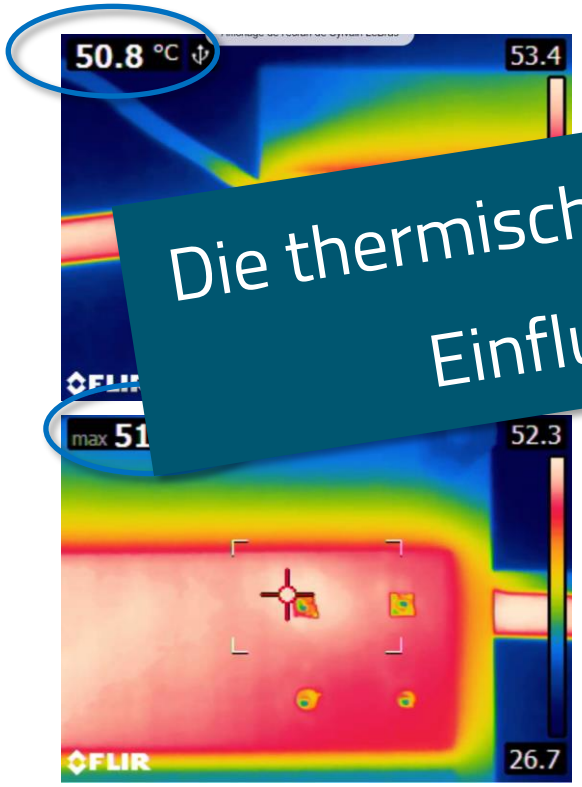


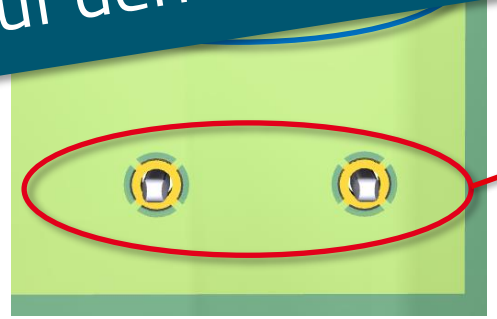


Erhöht die thermische Entlastung (Wärmefalle) den Temperaturanstieg?

Test:

- PCB Terminal Block 57A
- 73A
- 16mm²



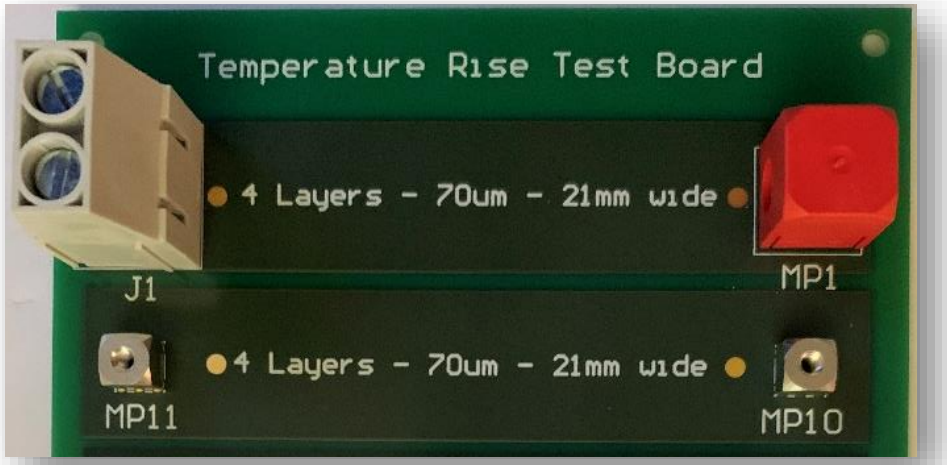


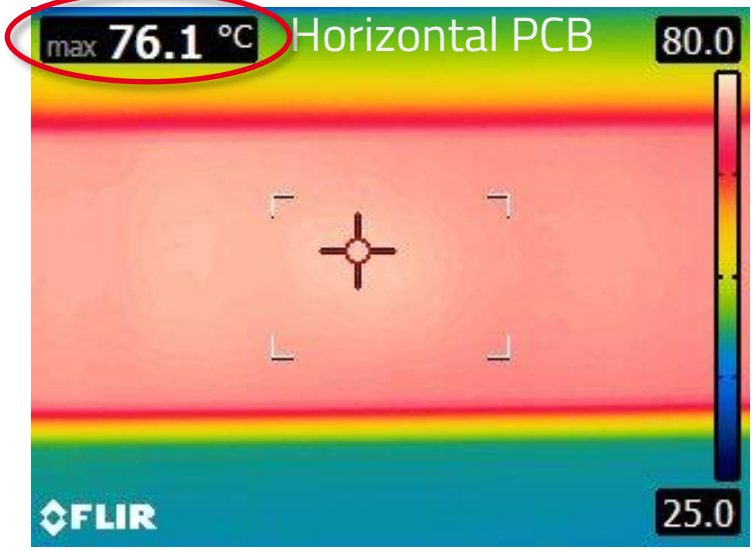
Die thermische Entlastung hat keinen wesentlichen Einfluss auf den Temperaturanstieg

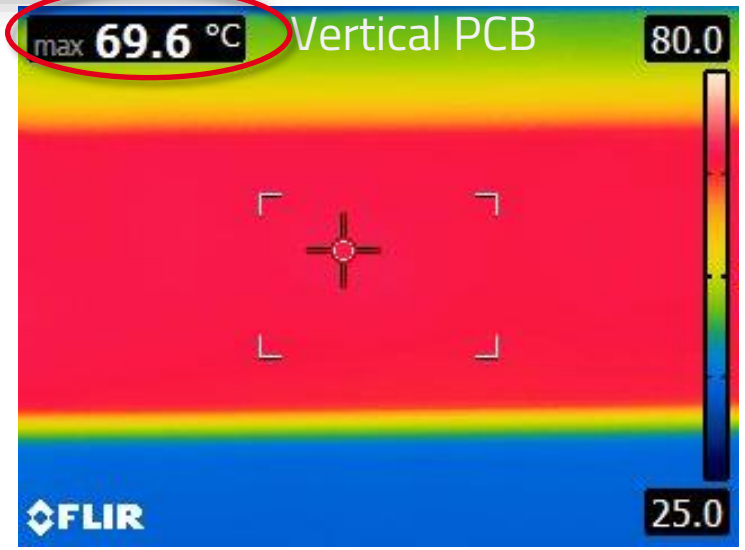
Wie kühlt man eine PCB natürlich ab?

Test:

- PCB Redcube
- 100A
- Horizontal und Vertical PCB



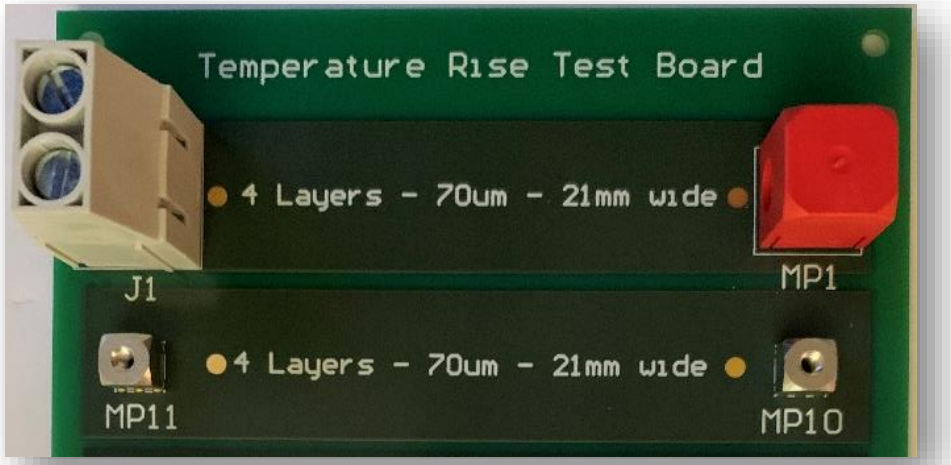


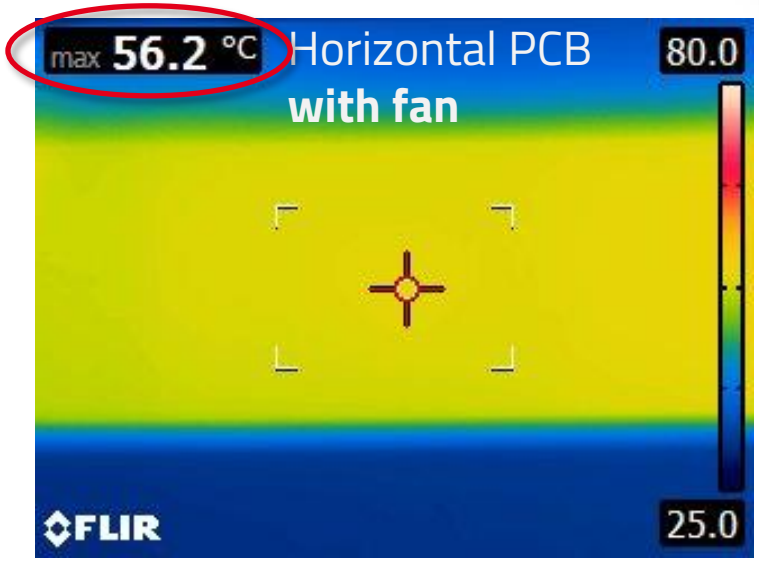


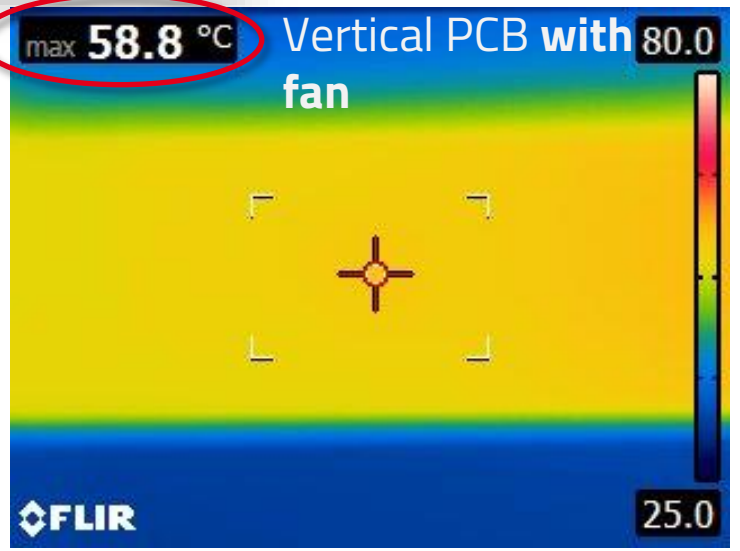
Und jetzt mit einem Lüfter ?

Test:

- PCB Redcube
- 100A
- Horizontal und Vertical PCB
- Mit Lüfter



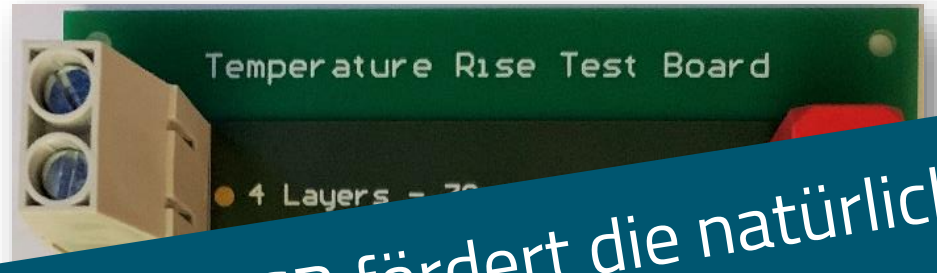




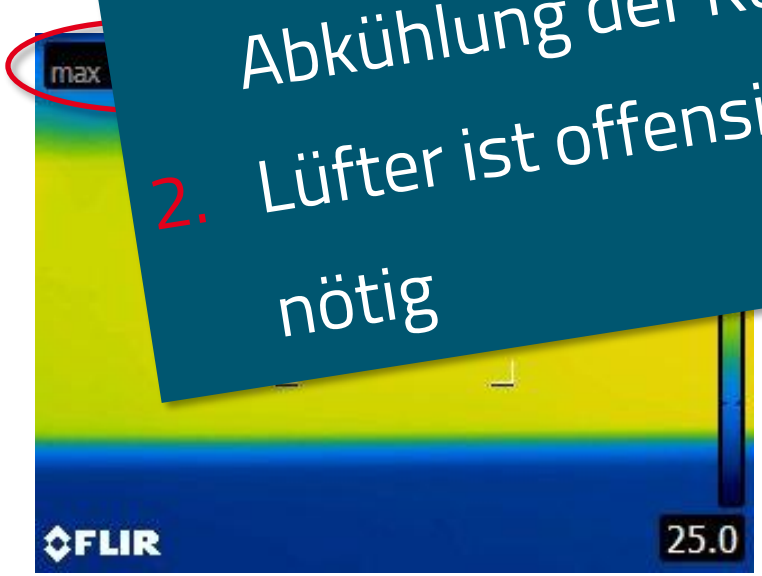
Und jetzt mit einem Lüfter ?

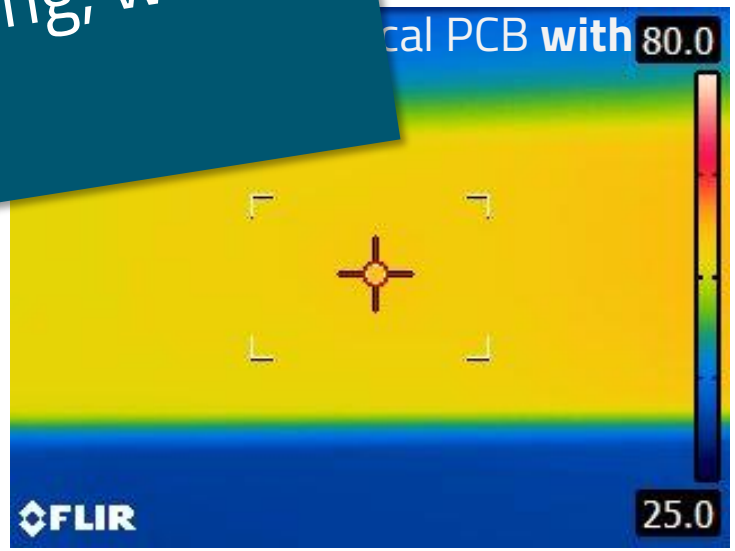
Test:

- PCB Redcube
- 100A
- Horizontal und Vertical PCB
- Mit Lüfter



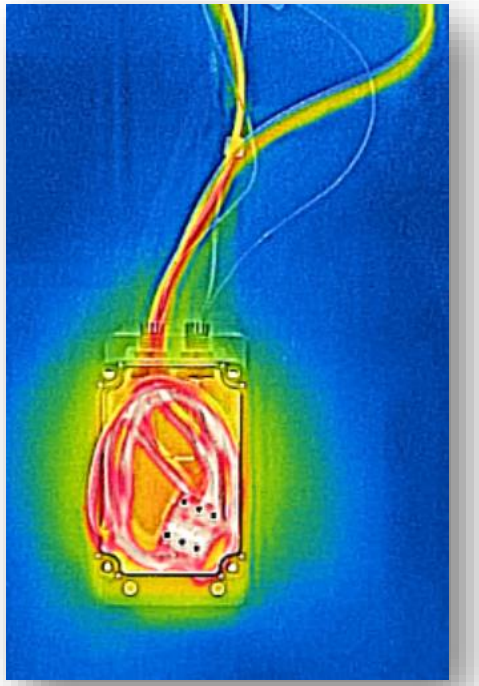
1. Vertikale Position einer PCB fördert die natürliche Abkühlung der Komponenten
2. Lüfter ist offensichtlich eine gute Lösung, wenn nötig





Zusammenfassung

Verwenden Sie den Arbeitsstrom für alle Polzahlen



WE eiCan

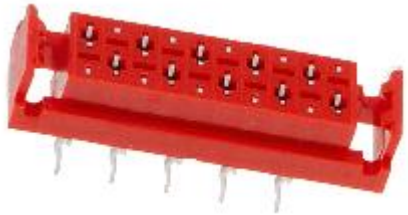
- In einer geschlossenen Box:
  - Maximal Leitungen nach außen legen
  - Überdimensioniere Leitungen und Stecker

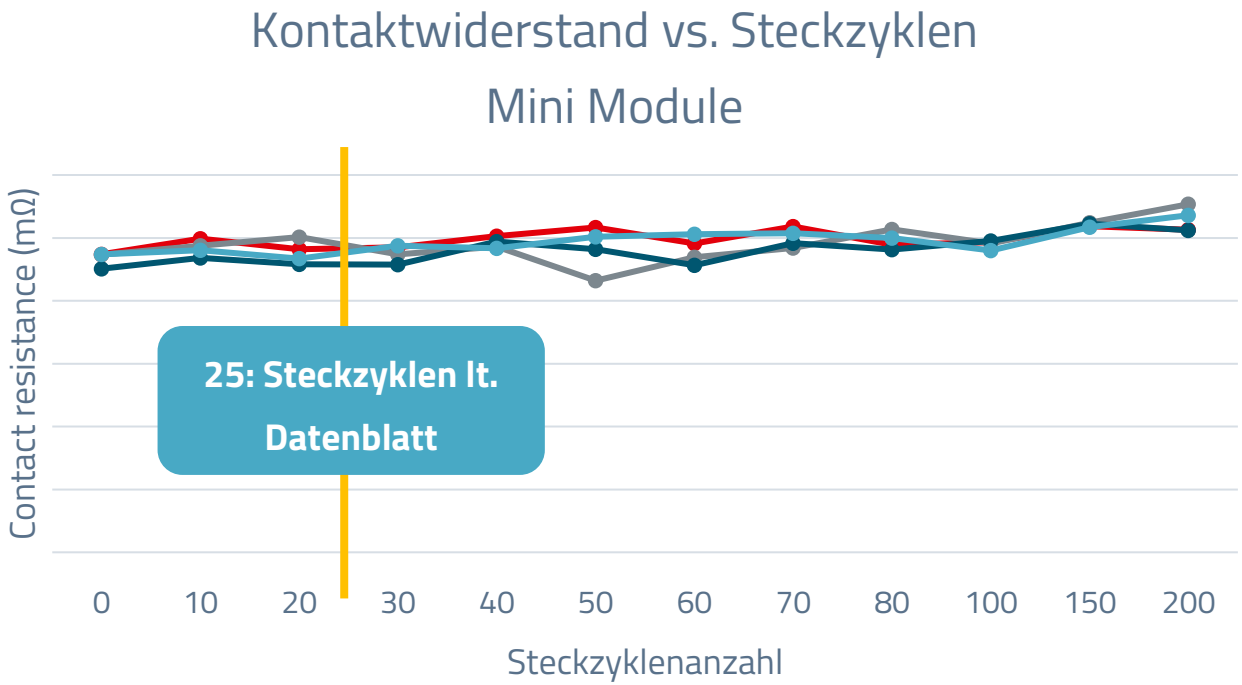
Die thermische Entlastung hat keinen spürbaren Einfluss auf den Temperaturanstieg

Sollte der Strom nach mehreren Steckzyklen verringert werden?

$$\Delta T = k \cdot R \cdot I^2$$

ΔT wird nach einigen Steckzyklen zunehmen?

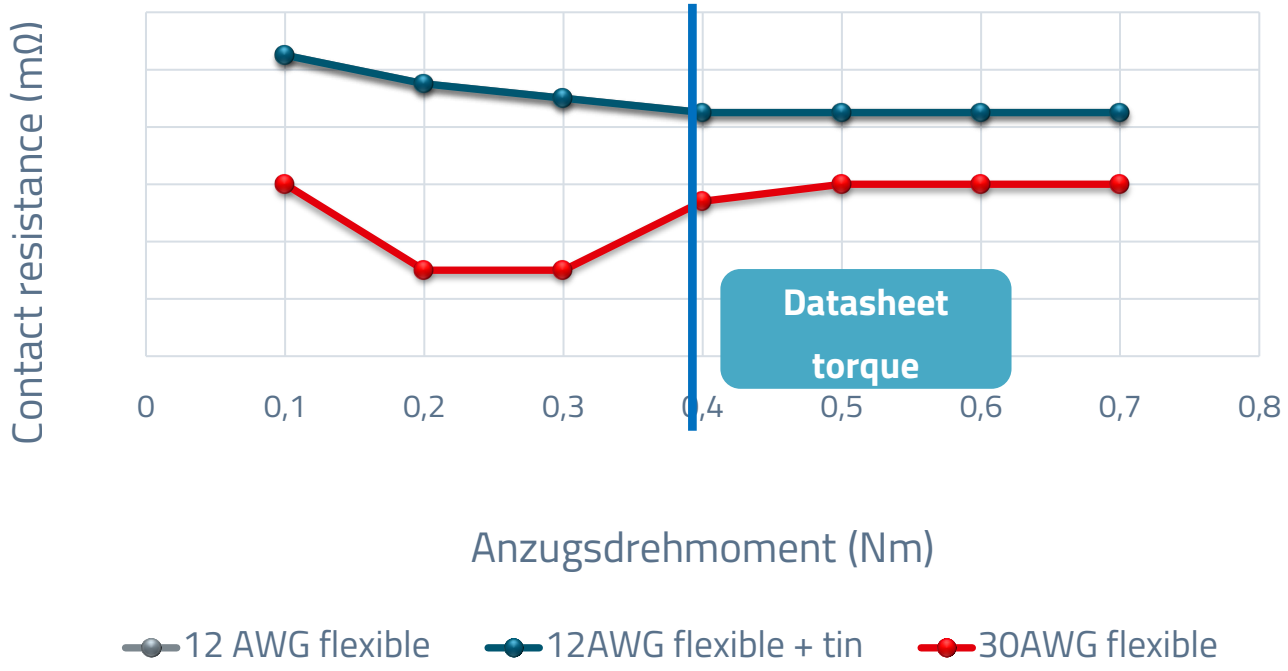


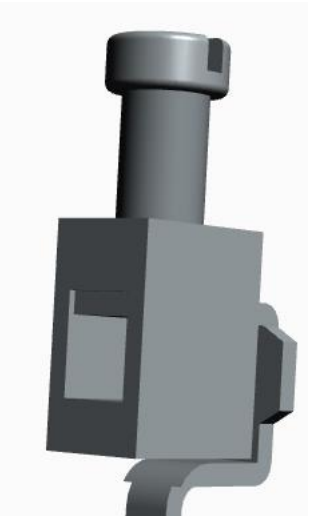


TBL: Drehmoment erhöhen, geringeres ΔT ?

Ist ΔT proportional zum Anzugsdrehmoment?

$$\Delta T = k \cdot R \cdot I^2$$





Agenda

- Aktuelles Design für Steckverbinder
- Einflüsse einer zu hohen Temperatur
- Formeln zur Temperaturänderung
- Möglichkeiten der Wärmeableitung
- Wärmeentwicklung in einem Kabel
- Einige Tricks
- Derating Kurve
- Fehlerbilder Steckverbinder
- Zusammenfassung

Derating Kurve UL

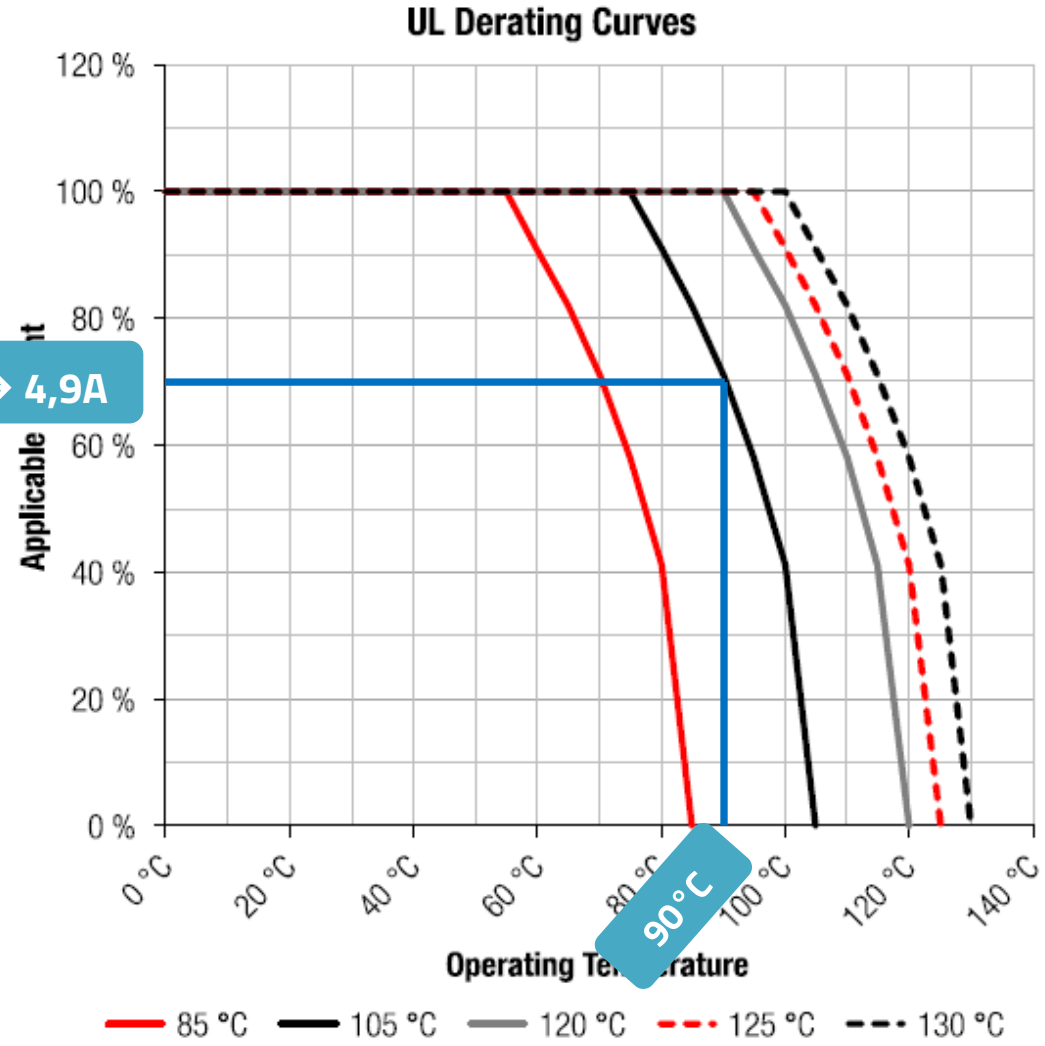
So verringern Sie den Strom, wenn die Umgebungstemperatur ansteigt:

- Maximale Temperatur am Stecker
- **ΔT ≤ 30K**
- ΔT proportional zu I^2

WE eiCan

ENVIRONMENTAL
OPERATING TEMPERATURE: -40 UP TO 105°C
COMPLIANCE: LEAD FREE AND ROHS

ELECTRICAL
CURRENT RATING: 7 A
WORKING VOLTAGE: 250 VAC
INSULATOR RESISTANCE: >1000 MOHM
DIELECTRIC WITHSTANDING VOLTAGE: 1500 VAC/MN
CONTACT RESISTANCE: 20 mOHM MAX



70% → 4,9A

90 °C

Derating Kurve VDE

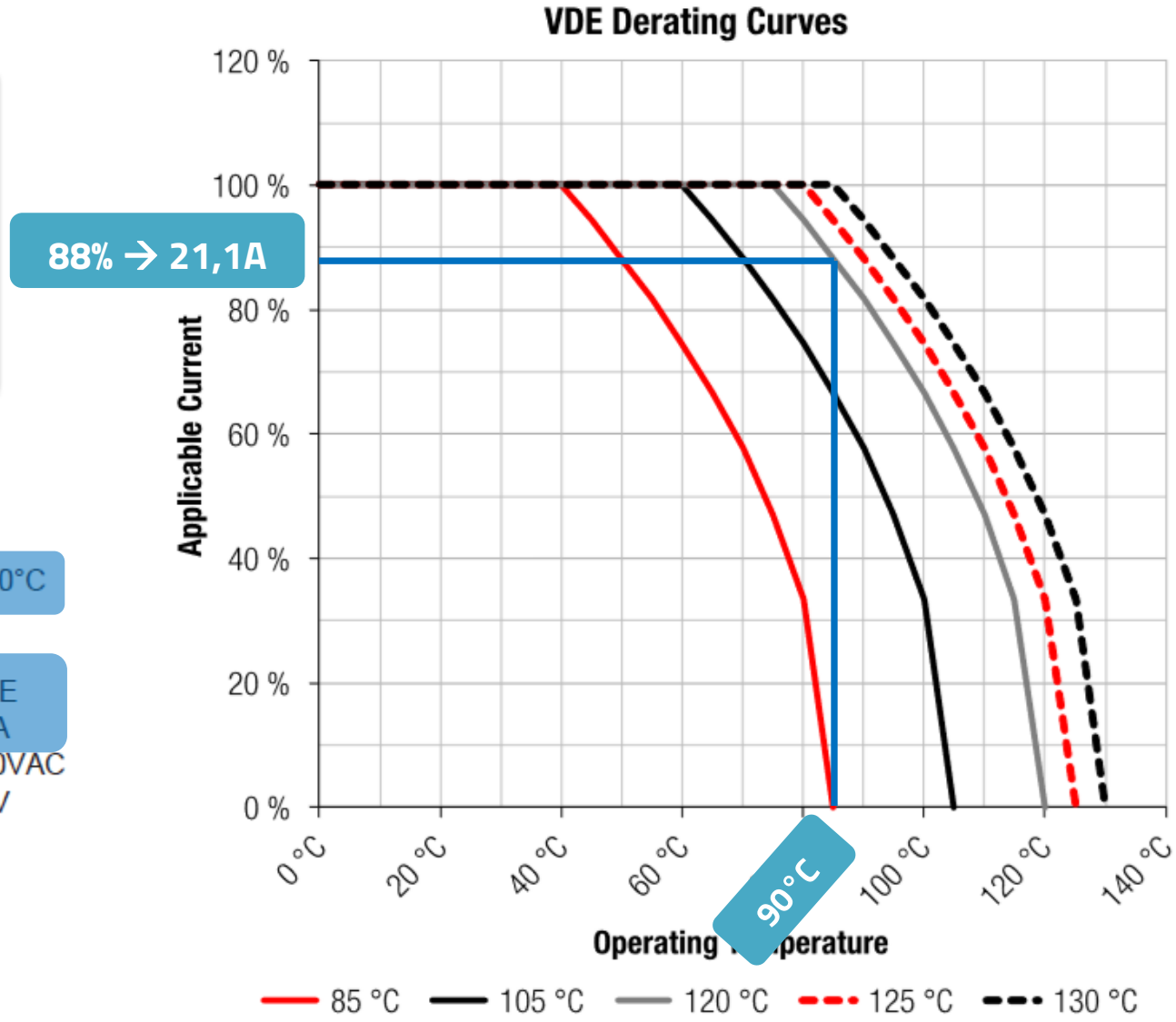
So verringern Sie den Strom, wenn die Umgebungstemperatur ansteigt:

- Maximale Temperatur am Stecker
- **ΔT ≤ 45K**
- ΔT proportional zu I^2

ENVIRONMENTAL
OPERATING TEMPERATURE: -30°C UP TO +120°C
COMPLIANCE: LEAD FREE AND ROHS

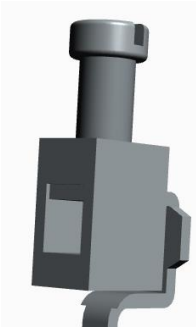
ELECTRICAL	UL	VDE
CURRENT RATING:	16A	24A
WORKING VOLTAGE:	300VAC	750VAC
WITHSTANDING VOLTAGE:	1,6KV	3KV

CONTACT RESISTANCE: 20 mΩ MAX



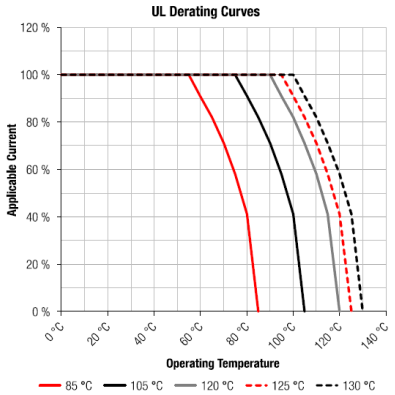
Zusammenfassung?

Anzahl der Steckzyklen (gemäß Datenblatt) hat keinen Einfluss auf ΔT



➢Erhöhung des zulässigen Anzugsdrehmoments bei TBL's hat keinen Effekt auf ΔT

➢Bei Erreichen der maximalen Betriebstemperatur muss der Strom gemäß Derating Kurve reduziert werden



Agenda

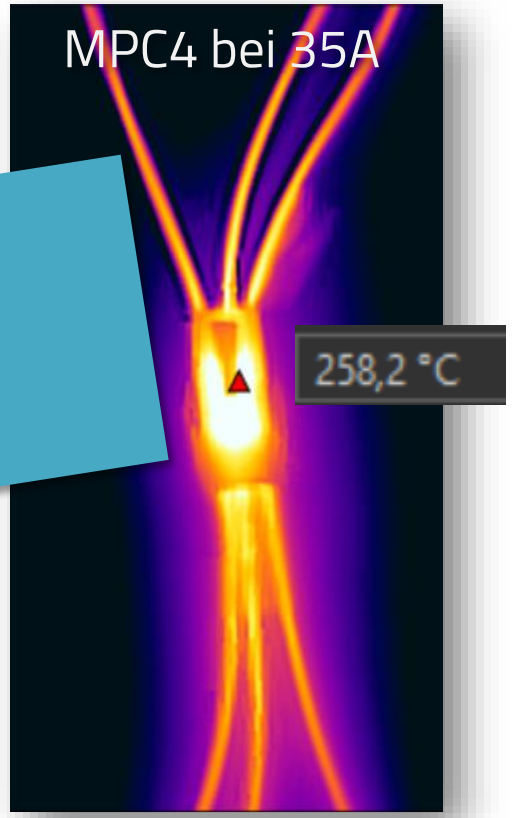
- Aktuelles Design für Steckverbinder
- Einflüsse einer zu hohen Temperatur
- Formeln zur Temperaturänderung
- Möglichkeiten der Wärmeableitung
- Wärmeentwicklung in einem Kabel
- Einige Tricks
- Derating Kurve
- Fehlerbilder Steckverbinder
- Zusammenfassung

Fehlerbilder Steckverbinder

Was passiert bei unzulässiger Stromerhöhung?
MPC4: 9A - max +105°C

"Horror" Strom > Arbeitstrom **x3**

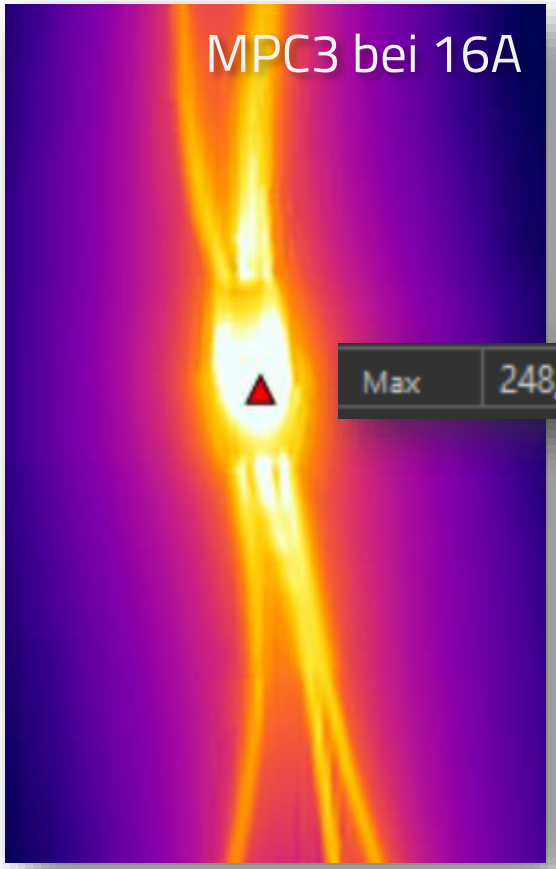
Kein Entflammen

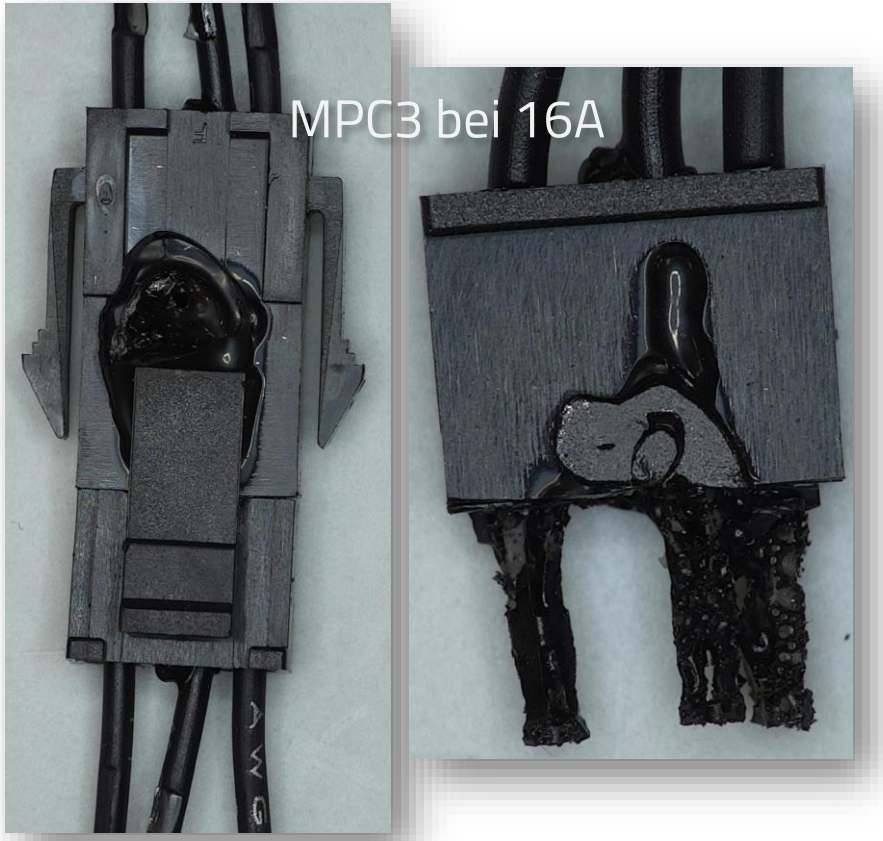


All pictures: WE eiCan

Fehlerbilder Steckverbinder

Was passiert bei unzulässiger Stromerhöhung?
MPC3: 5A - max +105°C





All pictures: WE eiCan

Fehlerbilder Steckverbinder

Was passiert bei unzulässiger Stromerhöhung?
MPC3: 5A - max +105°C

“Horror” Strom > Arbeitstrom **x3**

Kein Entflammen

All pictures: WE eiCan

Agenda

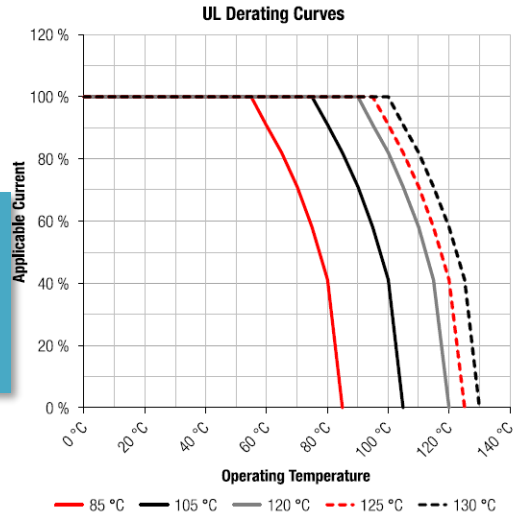
- Aktuelles Design für Steckverbinder
- Einflüsse einer zu hohen Temperatur
- Formeln zur Temperaturänderung
- Möglichkeiten der Wärmeableitung
- Wärmeentwicklung in einem Kabel
- Einige Tricks
- Derating Kurve
- Fehlerbilder Steckverbinder
- Zusammenfassung

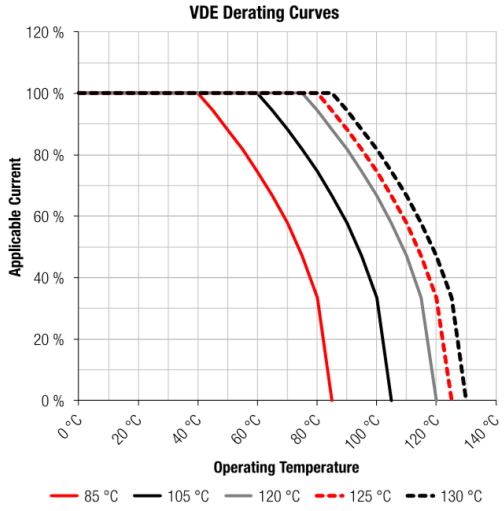
Finale Zusammenfassung

- Arbeitsstrom definiert durch:
  - UL ΔT ≤ 30K
  - VDE ΔT ≤ 45K

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \approx \frac{{I_1}^2}{{I_2}^2}$$

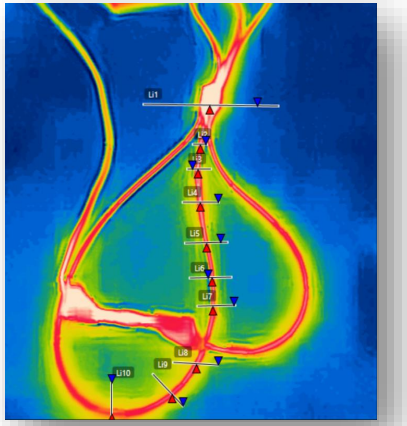
- Derating Kurve beachten bei erreichen der maximalen Betriebstemperatur

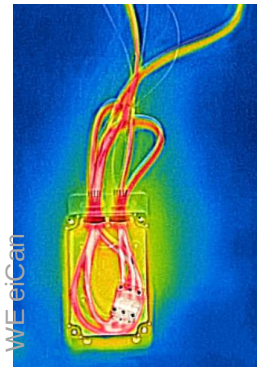




Finale Zusammenfassung

- Wärmeableitung
  - Bei Bestromung sollte sich die Temperatur nach 10-15 Minuten stabilisieren
  - Arbeitsstrom gilt für alle Polzahlen
  - Leiter erwärmen sich geringer als Steckverbinder
  - Leiter dienen zur Wärmeableitung: optimale Länge 10-15cm





- In einer geschlossenen Box:
  - Leiter nach außen verlegen
  - Leiterquerschnitt überdimensionieren

- Hohe Sicherheitsreserve bei WE Steckverbindern. Kunststoff schmilzt ohne zu Brennen.

Wärmeaustausch nach außen herstellen

WE eiCan