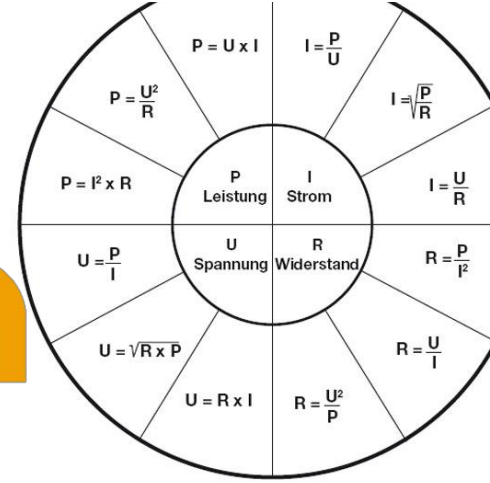


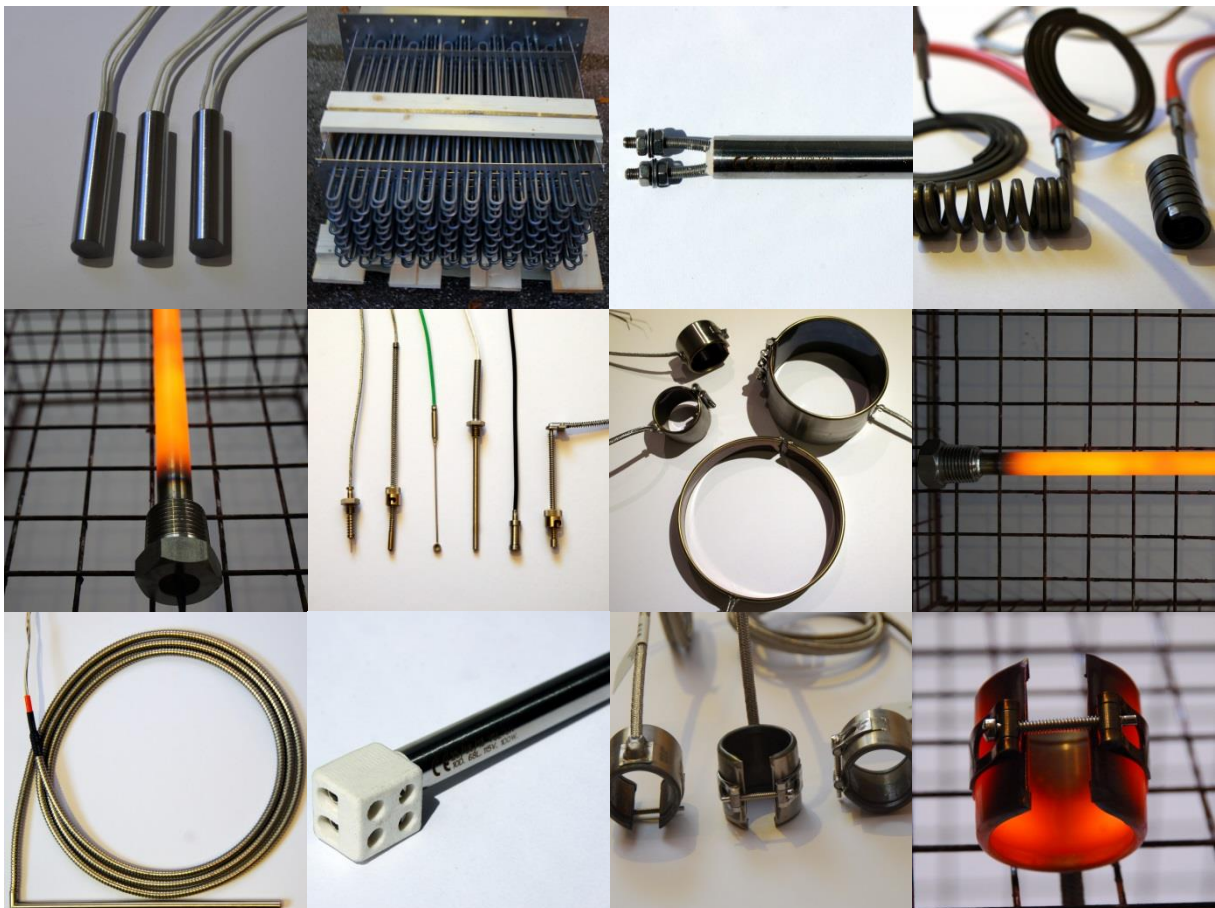
VOLTON

Berechnungsgrundlagen



Inhalt:

1. Grundlage zur Berechnung von elektrischen Hezelementen
2. Physikalische Grundlagen
3. Eigenschaften verschiedener Medien
4. Entscheidung für das Hezelement
5. Lebensdauer von verdichteten Hezelementen
6. Einsatz von Temperaturfühlern

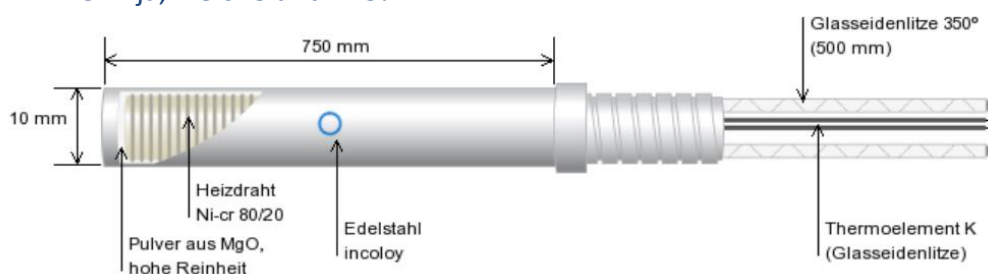


1. Grundlage zur Berechnung von elektrischen Heizelementen

Durch die richtige Wahl und Ausführung des Heizelementes erreichen Sie die optimale Beheizung der Maschine, des Werkzeugs oder des Gerätes.

Um rasch zum richtigen Ergebnis zu kommen sind folgende Fragen wichtig:

- Was soll erwärmt werden?
- Wie viel ist zu erwärmen?
- Welche Aufheizzeit ist gewünscht?
- Welche Betriebsspannung ist vorort?
- Welche Spannung ist für die Heizelemente vorgesehen?
- Bis zu welchen max. Strom können Anschluss und Anschlussleitung belastet werden?
- Wie hoch ist in etwa der Leistungsbedarf?
- Welche Art sowie Länge der Anschlussleitung sind erwünscht?
- Wie viel Heizelemente sind vorgesehen und werden benötigt?
- Ist eine Temperaturreglung vorgesehen?
Wenn ja, welche und wie?

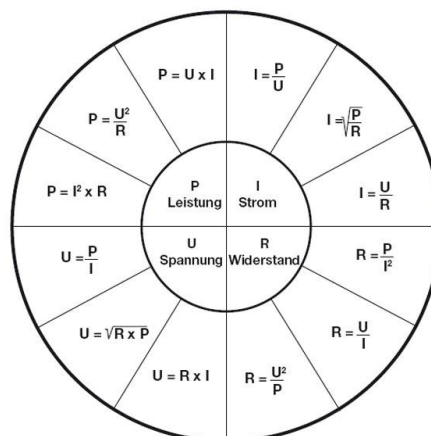


2. Physikalische Grundlagen

Die Elektrowärmetechnik befasst sich mit den Wirkprinzipien der Umformung elektrischer Energie in Wärme, sowie der Anwendung von Elektrowärme zur Durchführung thermischer Prozesse in Industrie, Landwirtschaft und Haushalt.

Ohmsches Gesetz:

Dieses Gesetz sagt allgemein, dass eine zwischen den Anschlüssen eines Widerstandes R bestehende Spannung U in dem Widerstand einen Strom $I = U/R$ bewirkt. Das Ohmsche Gesetz ist die erste und grundlegendste Beziehung für die elektrische Strömung in Leitern.



Beim Wärmefluss pro Zeiteinheit besteht ein großer Unterschied zwischen wärmeübertragenden Medien. Beispielsweise übertragen Metalle die Wärme wesentlich schneller als Luft, die in der Thermophysik auch als Isolator gilt. Für den Einsatz von Heizelementen z.B. in einer Werkzeugbohrung muss somit berücksichtigt werden:

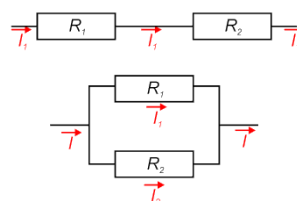
Das genaue Anliegen der Heizpatrone an der Bohrung ermöglicht eine hohe Wärmeübertragung.

Schlechte Wärmeübertragung, z.B. durch einen Luftspalt behindert die Wärmeübertragung vom Heizelement zum Werkzeug. Das kann zur Überhitzung der Heizpatrone und deren Durchbrennen führen.

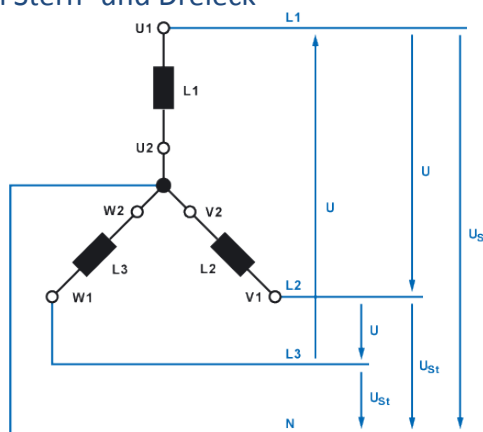
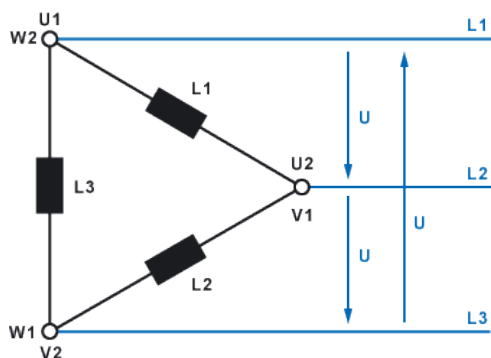
Anschluss von Heizelementen:

Heizelemente können auf verschiedene Weise miteinander verschaltet werden:

- Reihen- und Parallelschaltung:
je nach Verschaltung unterscheiden sich Gesamt Widerstand, Gesamtleistung und Stromstärke.



- Stern- und Dreieckschaltung:
Zur Übertragung höherer Leistungen im Drehstromnetz (400V) werden am häufigsten die symmetrischen Stern- und Dreieckschaltungen verwendet.



3.Eigenschaften verschiedener Medien bei 20°C

	Medium	Dichte ρ bei 293,15 K $\frac{g}{cm^3}$	Spez. Wärmekapazität c $\frac{kJ}{kg \cdot K}$
Metalle	Aluminium	2,70	0,896
	Blei	11,34	0,130
	Kupfer	8,93	0,381
	Messing	~ 8,30	~ 0,389
	Stahl	~ 7,85	~ 0,481
	Flüssigkeiten	Wasser	~ 1,00
	Öl	0,70 - 0,90	~ 2,302
	Isolierstoffe	Glas	~ 2,40
Keramik		1,90 - 2,50	~ 0,837
Kunststoffe	Polyamid	~ 1,01 - 1,16	~ 1,550 - 2,400
	Polyethylen	~ 0,91 - 0,97	~ 1,800 - 2,500
	Polyester	~ 1,20	~ 1,260
	Polypropylen	~ 0,90	~ 1,680
	Polystyrol	~ 1,05	~ 1,180
	Polytetrafluorethylen	~ 2,20 - 3,90	~ 1,010
	Polyurethan	~ 1,26	~ 1,900
	Polyvinylchlorid	1,19 - 1,55	~ 0,220 - 1,000
	Perfluoralkoxy-cop (PFA)	2,14	1,250
	Polyethylenterephthalat (PET)	1,37	1,050
Gase	Luft	0,00129	1,001

Ermittlung der Heizleistung:

$$P = \frac{m \cdot c \cdot \Delta\theta}{t} \text{ [kW]}$$

$$m = \rho \cdot V$$

1 kW s = 1 kJ (1 Kcal = 4186,8 Ws)

m = Masse in kg = ρ · V

ρ = Dichte in $\frac{g}{cm^3}$

V = Volumen in cm³

c = spez. Wärmekapazität in $\frac{kJ}{kg \cdot K}$

θ1 = Temperatur vor Erwärmung in °C

θ2 = Temperatur nach Erwärmung in °C

Δθ = Temperaturdifferenz (θ2 - θ1) in K

t = Aufheizzeit in s

Ermittlung der Oberflächenbelastung:

$$O = \frac{\text{Leistung } P}{\text{Mantelfläche } (D \cdot \pi \cdot L)} \text{ [W/cm}^2\text{]}$$

() = beheizte Zohne

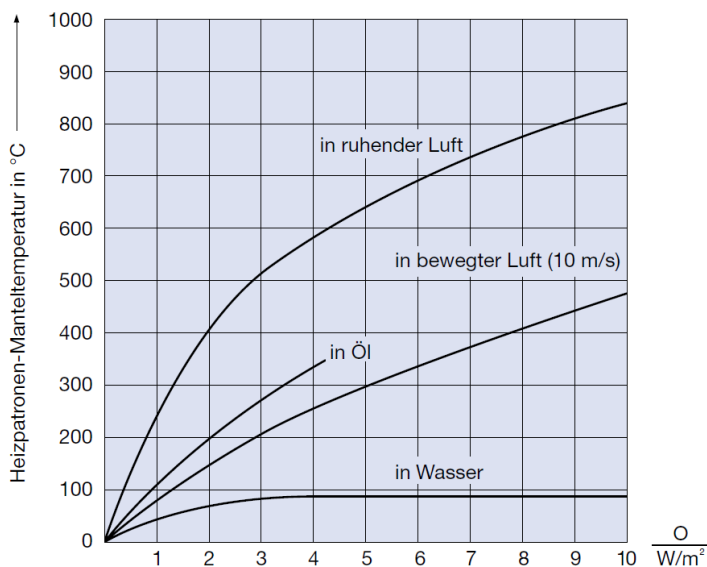
P = Heizleistung in Watt

D = Heizpatronendurchmesser in cm

L = Länge der **beheizten** Zone in cm

π = 3,14

Die angegebenen Werte dienen nur als Richtwerte, da diese auch von Druck und der jeweiligen Strömungsgeschwindigkeit beeinflusst werden können.



4. Entscheidung für das Heizelement

Allgemein unterscheidet man zwischen Außenbeheizung und Innenbeheizung.

Außenbeheizung:

Das gewünschte Material oder Medium wird von außen nach innen beheizt.

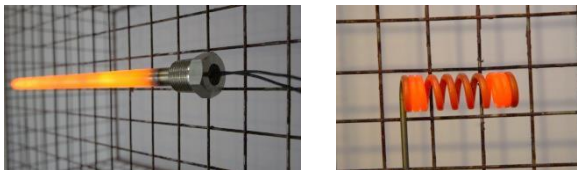
- Heizplatten
- Heizbänder
- Wendelheizpatronen
- Silikonheizelemente



Innenbeheizung:

Das gewünschte Material oder Medium wird von innen nach außen beheizt, was in Kombination mit einer Außenisolation vorzuziehen ist.

- Heizpatrone
- Rohrheizkörper
- Wendelheizpatrone



5. Lebensdauer von verdichteten Heizelementen

Entscheidend für die Lebensdauer der Heizelemente ist:

- **Oberflächenbelastung**
- **Betriebstemperatur**
- **Passung/Wärmeableitung**

Bei geringer Temperatur des zu beheizenden Mediums kann die Oberflächenbelastung höher sein, weil die Wärme von dem Heizelement auf die Einsatzstelle schnell übertragen werden kann. Bei höheren Temperaturen muss die Oberflächenbelastung gesenkt werden, um ein Überhitzen des Heizelementes zu vermeiden. Die Effektivität der Wärmeübertragung sinkt mit zunehmender Betriebstemperatur. Umso genauer die Passung und Ausführung des Heizelementes sowie der Bohrwand ist desto besser die Wärmeübertragung. Ebenso muss die Lage des Thermoelementes miteinberechnet werden, ungünstige Lage beeinflusst die Lebensdauer des Heizelementes.

6. Einsatz von Temperaturfühlern

Oft ist es erforderlich oder von Vorteil die Temperatur des zu beheizenden Mediums auf einen definierten Wert zu bringen und stabil zu halten. Die Auswahl des richtigen Temperaturfühlers ist in dieser Hinsicht wichtig um die richtige Heizleistung zu erhalten und um eine möglichst genaue Temperaturmessung zu erzielen. So kann bei beengten Einbauverhältnissen der Einsatz von Heizelementen mit integrierten Temperaturfühlern von Vorteil sein.

Für den hauptsächlichen Einsatz wird zwischen **Thermoelement** und **Widerstandselement** entschieden:

THERMOELEMENT:

Durch die Verbindung zweier Metalle mit unterschiedlichen thermoelektrischen Eigenschaften wird eine messbare sowie berechenbare Spannung erzeugt die der Temperaturdifferenz zwischen Messstelle und Vergleichsstelle entspricht. Diese Spannung ist in einem bestimmten Temperaturbereich weitestgehend linear.

Je nach maximaler Einsatztemperatur werden unterschiedlicher Metallkombinationen eingesetzt.

Type	Material		Temperaturbereich	EMK	IEC 584	DIN 43714	ANSI / MC 96.1	BS 1843
	+	-						
K	Ni - Cr	Ni - Al	-200 ... 1372 °C	-5.891 ... 54.886 mV				
N	Ni - Cr - Si	Ni - Si - Mg	-200 ... 1300 °C	-3.990 ... 47.514 mV				
J	Fe	Cu - Ni	-210 ... 1200 °C	-8.096 ... 69.555 mV				
L	Fe	Cu - Ni	-200 ... 900 °C	-8.166 ... 53.147 mV				
R	Pt-13% Rh	Pt	-20 ... 1767 °C	-0.101 ... 21.089 mV				
S	Pt-10% Rh	Pt	-20 ... 1767 °C	-0.103 ... 18.682 mV				

Widerstandselemente:

Im Gegensatz zu den Thermoelementen wird bei den Widerstandselementen nur ein Material eingesetzt und dessen Widerstand gemessen, welcher sich in Abhängigkeit zur Temperatur ändert.

Hauptsächlich kommt Platin als Widerstandselement zum Einsatz. Platin hat einen positiven Temperaturkoeffizienten (= PTC), das bedeutet das bei steigender Temperatur der Widerstand ebenso steigt. Üblich ist der PT100 welcher bei 0°C einen Widerstand von 100 Ohm aufweist.

