Anforderungen an die Temperierung im Spritzguss Prozess und Parameter zur Auslegung der Temperiergeräte

Stir³ Scholz Technik in Radeberg

Referat: Holger Scholz

TT –Hein 17.02.2017

Scholz Technik in Radeberg

Von den Komponenten zu Komplettlösungen zu Ihrem Vorteil aus einer Hand !

Teilemanagement

SCHUMA

Förderbänder
Separierung
Teilepuffererung
Automation

Temperiertechnik

autotherm

Temperiergeräte
aktiv und Passiv
Variotherme
Temperierung

enesty

Enesty
Temperierung 4.0
ORCA
Wasserverteiler

Sonderanlagen

simar

Granulat und Pulver
Fördern, Trocknen,
Dosieren

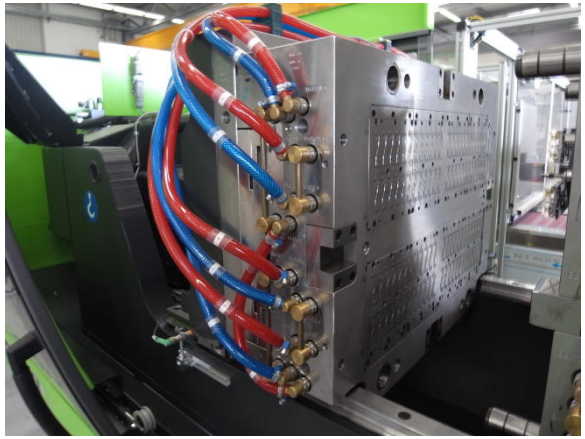
Jurke ENGINEERING

Kühlanlagen
Werkzeugeinsätze
Schläuche
Kupplungen

Einführung in die Temperiertechnik

Ziel der Temperierung:

Sicherstellung eines stabilen Prozesses durch ein meist konstantes Temperaturniveau



Aufgabe der Temperierung:

Erreichen eines materialspezifischen Temperaturniveaus im Werkzeug und Prozess

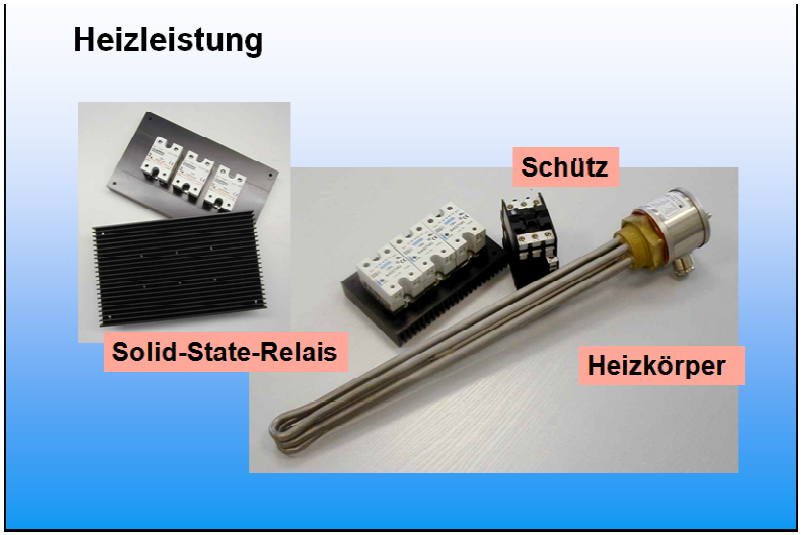
Voraussetzung für eine optimale Temperierung:

- Richtige Wahl des Temperierkonzeptes
- richtige Dimensionierung des Temperiergerätes (Heizleistung / Kühlleistung / Pumpengröße)
- ausreichende Anzahl der Temperierkanäle
- optimale Positionierung und Querschnitte der Temperierkanäle
- optimale Anschlussquerschnitte

Drei Schritte zur bedarfsgerechten Auslegung des Temperiergerätes

1 Heizleistung / Aufheizphase:

$$P_h = \frac{1}{3600} \times \frac{m \times c \times \Delta T \times s}{t}$$



Legende:

- P_h = Heizleistung in kW
- m = Werkzeugmasse in Kg
- c = spezifische Wärme des Wz Materials
- in KJ/KgK(Stahl= 0,49/ Alu=0,88)
- ΔT = Temperaturdifferenz in °C
- S = Sicherheitsfaktor zwischen 1,1 und 1,4
- t = Zeit in h

Faustformel: Um 100Kg Stahl in einer Stunde um 60°C zu erwärmen wird 1 KW benötigt.

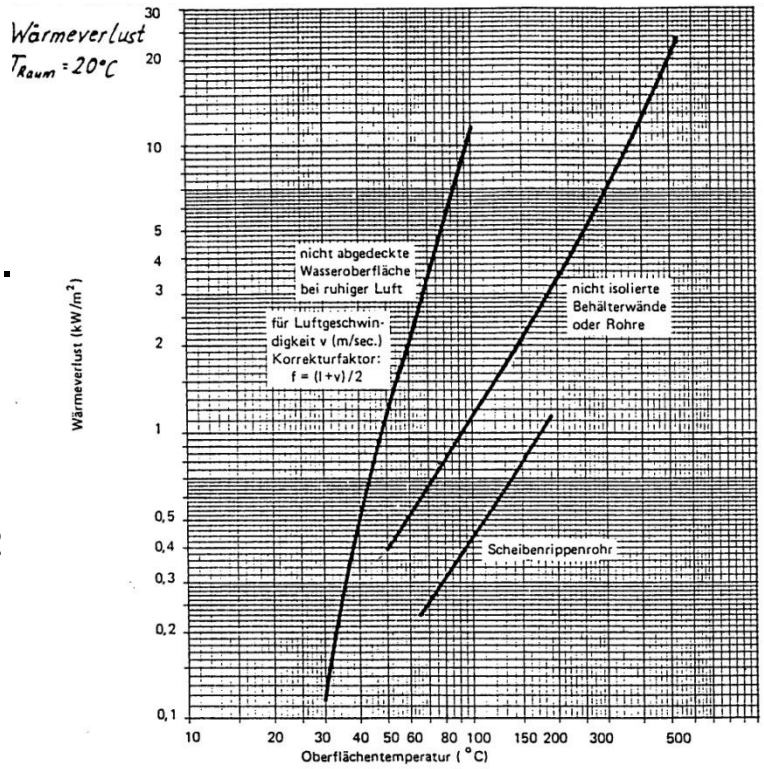
Wärmeabstrahlung

- Bis 150°C in der Heizleistungsformel
  Über den Sicherheitsfaktor abgedeckt.

- Beispiel: Werkzeug mit einer Seitenfläche 500 x 500 mm
- Hat bereits eine Außenfläche von 1m²

- Bei 150°C entspricht das ca. 2 kW
- Bei 200°C entspricht das ca. 3 kW

- Für Aluminium gilt mal zwei !



Umrechnung zum alten technischen Maßsystem: 1 kW ≙ 860 kcal/h
1000 kcal/h ≙ 1,16 kW

Beispiele:

1. Ein offener nicht isolierter Behälter, 4 m lang, 1,5 m breit, 1 m hoch, mit Wasser von 80 °C gefüllt, verliert Wärme:

   a) durch Verdunstung von der Wasseroberfläche von F = 4 x 1,5 = 6 m²:
   Q_a = 5,8 x 6 = 34,8 kW

   b) durch die Behälterwände und den Boden mit zusammen F = 17 m² Oberfläche:
   Q_b = 0,8 x 17 = 13,6 kW

   Der gesamte Wärmeverlust des Behälters beträgt also rd. 48,4 kW.

2. Nicht isolierte Kondensatleitung DN 100 von 50 m Länge in einem Innenraum bei einer Rohrtemperatur von 100 °C. Gesamte Rohroberfläche F = 18 m².
   Wärmeverlust Q = 1,1 x 18 = 19,8 kW

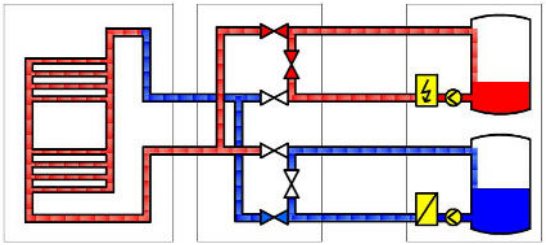
3. 50 m Scheibenrippenrohr DN 100 aus Stahl haben bei einem Scheibenabstand von 10 mm und einem Scheibendurchmesser von 160 mm eine gesamte Oberfläche von rd. F = 135 m². Ist das Rohr mit Wasser von 100 °C gefüllt, so beträgt die Wärmeabgabe angenähert
   Q = 0,43 x 135 = 58,0 kW

Beispielsrechnung:
Blende 2- fach Innenraum PC/ABS

Forminnentemperatur Einspritzen/Entformen:	90°C/50°C
Gewicht Formeinsatz Hochglanzseite:	20 kg
Gewünschte Zykluszeit:	20 sec

$$P = \frac{c \times m \times \Delta T}{\Delta t}$$

0,49 x 20 x 40/20= 20 kw

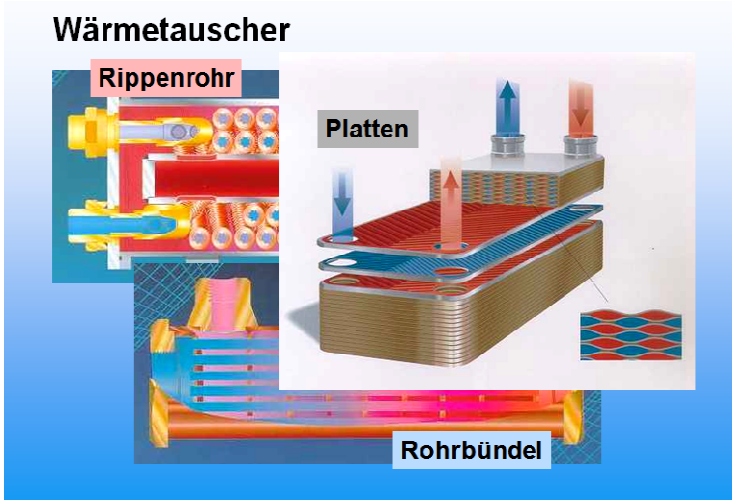


Einsatz erfolgsversprechend!!

Drei Schritte zur bedarfsgerechten Auslegung des Temperiergerätes

2. Abzuführende Wärmemenge während der Produktion

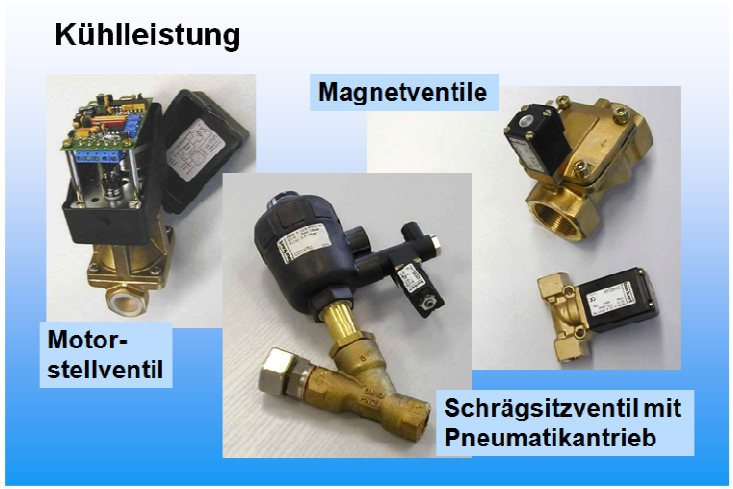
$$Q = \frac{1}{3600} \times m_k \times i \times s$$



Legende:

- Q = Abzuführende Wärmemenge in kW
- m_k = Masse Kunststoff in Kg / h
- i = Enthalpie des Kunststoffes
- S = Sicherheitsfaktor zwischen 1,1 und 1,4

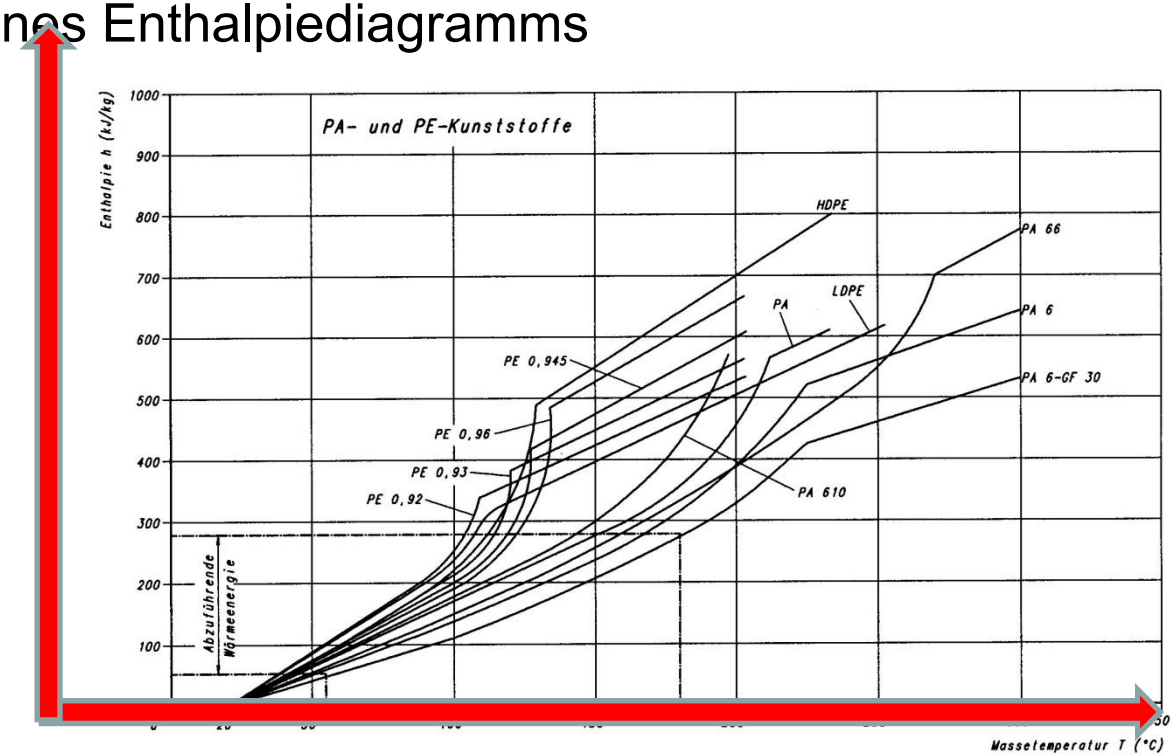
Heißkanal nicht vergessen!



Drei Schritte zur bedarfsgerechten Auslegung des Temperiergerätes

2. Abzuführende Wärmemenge während der Produktion

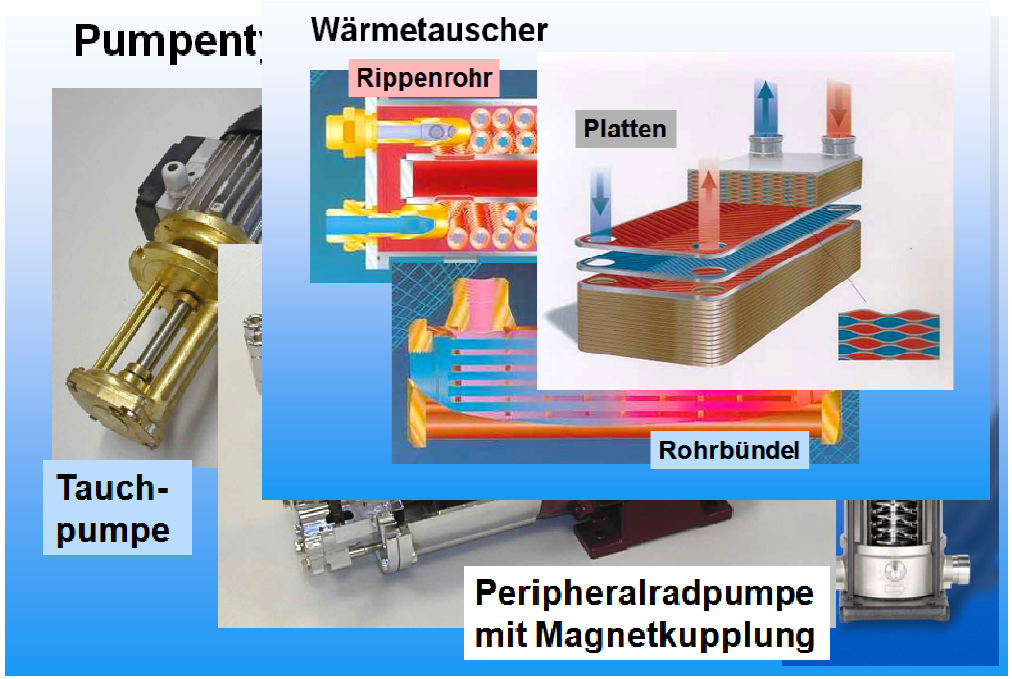
Beispiel eines Enthalpiediagramms



Drei Schritte zur bedarfsgerechten Auslegung des Temperiergerätes

3. Durchflussmenge:

$$V = 60 \times \frac{P_h}{c_w \times \Delta T \times d_w}$$



Legende:

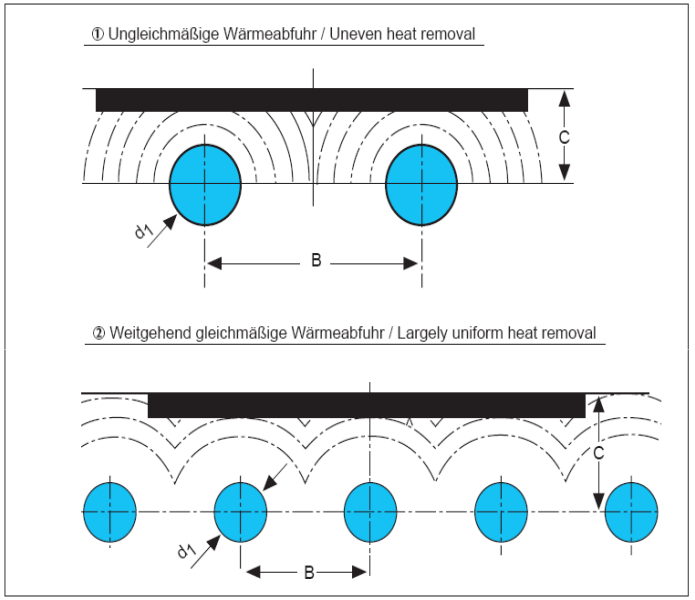
- V = Durchfluss in l/ min
- P_h = Heizleistung in kW
- c_w = spezifische Wärme des Wärmeträgers
- in KJ/KgK(Wasser = 4,18 / Öl= 1,84)
- ΔT = Temperaturdifferenz in °C zwischen vor und Rücklauf am Werkzeug
- d_w = Dichte des Wärmeträgers in Kg/dm^3
- (Wasser = 1 / Öl = 0,97 bei 100°C)

- Doppelter Durchfluss = halbes ΔT
- Achtung Pumpen Daten sind immer Freier Auslauf der Pumpe!!!

Durchfluss Anhaltswerte

Turbulente Strömung:

- Wird zur optimalen Wärmeübertragung benötigt
- Zwischen 2 und 5m/s vorhanden



Einige realistischen Durchflüsse:

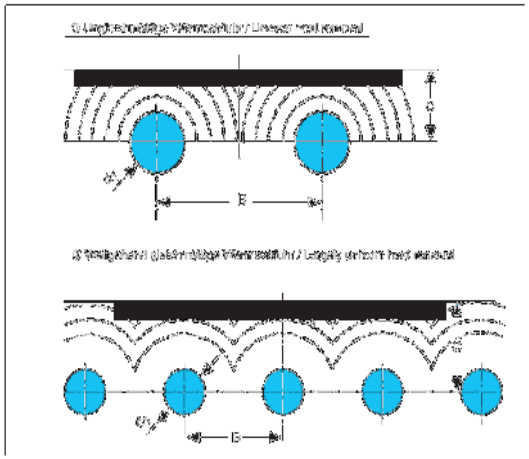
- Ø 6mm ca. 8,5 l/ min
- Ø 8mm ca. 15 l/min
- Ø 10mm ca. 23,5 l/min
- Ø 12mm ca. 33 l/min

(bei 5m/s Strömung)

Sonderstellung kleine Kanaldurchmesser:

- Durchfluss über hohen Druck

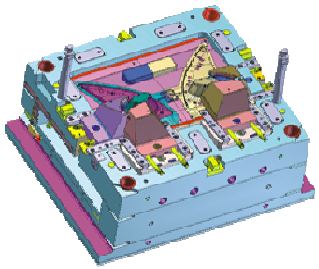
Bedeutung von Temperierkanälen im Werkzeug



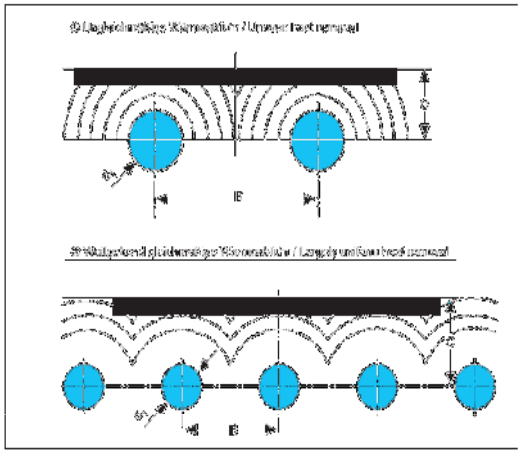
- Möglichst Konturnahe und Konturfolgende Temperierkanäle, großer Anzahl und Querschnitte im Werkzeug und Deren richtige Lage im Werkzeug

- Das Werkzeug bestimmt über Sieg oder Niederlage

- Im Konstruktionsprozess gehört die
- Temperierung nach Vorn in den Prozess
- Wirtschaftilichkeit beachten !



Bedeutung von Anschlussarmaturen für die Temperierung

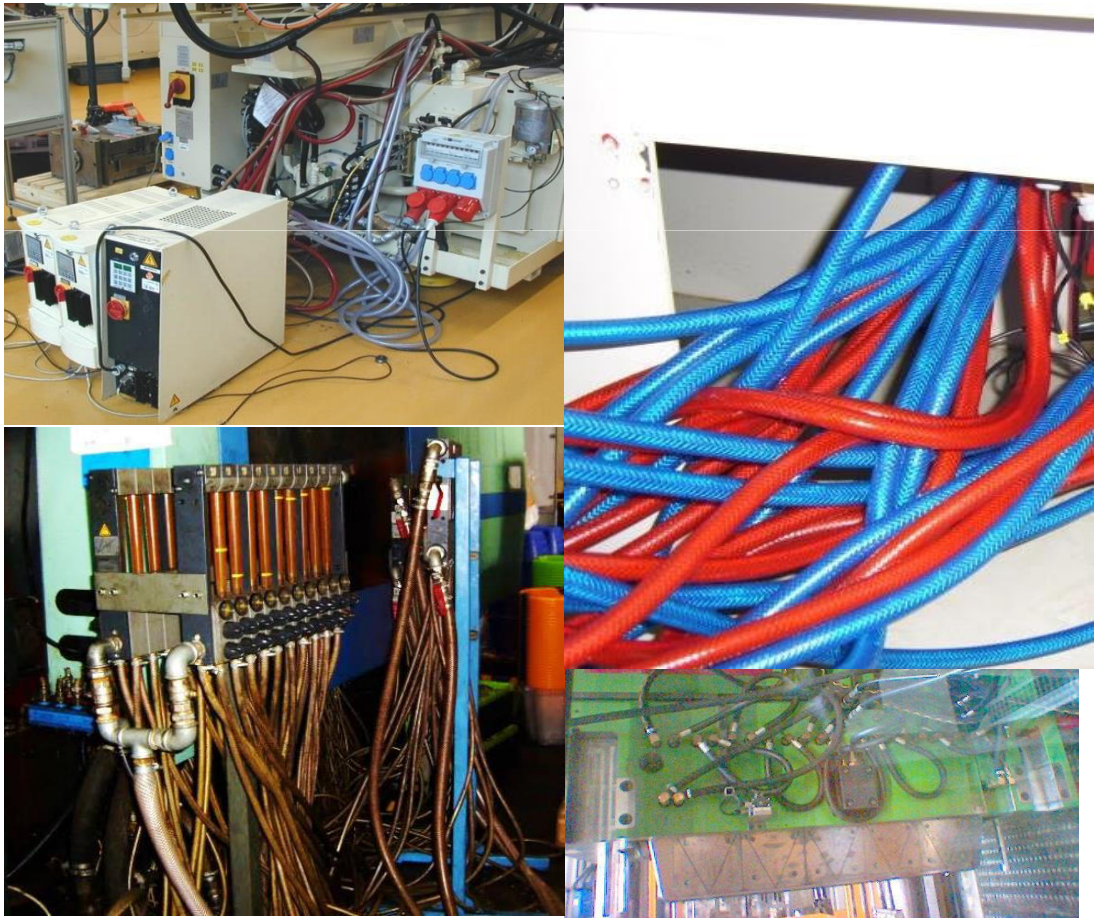


- Größtmögliche Anschlussnormalien

- Größtmögliche Medienkupplungen
- Möglichst nicht selbstverschließend
- Am besten Multikupplungen

Bedeutung der Werkzeugverschlauchung und deren Dimensionierung

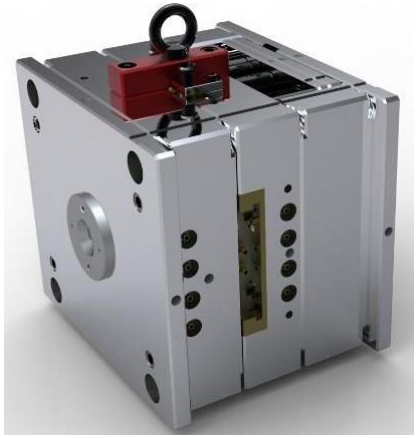
Häufig anzutreffende Situation:

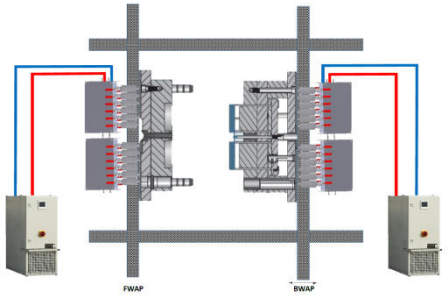


Die Dimensionierung ist entscheidend für:

- Druckverlust
- Durchfluss
- Werkzeugwandtemperatur
- Kühlzeit
- Zykluszeit
- Prozessstabilität und damit für den
- **Teilepreis**

Temperierpyramide





Variotherme Temperierung

Hochtemperatur Wasser Temperierung

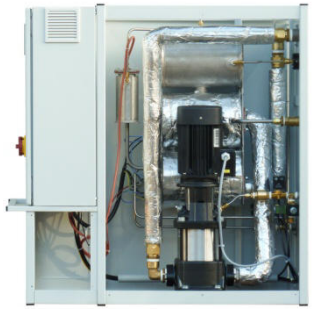
Temperierung Temperiergeräte

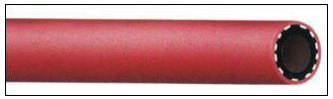
Wasserverteilung

Querschnitt von Temperierkanälen und Schläuchen

Wassermenge

Wasserqualität





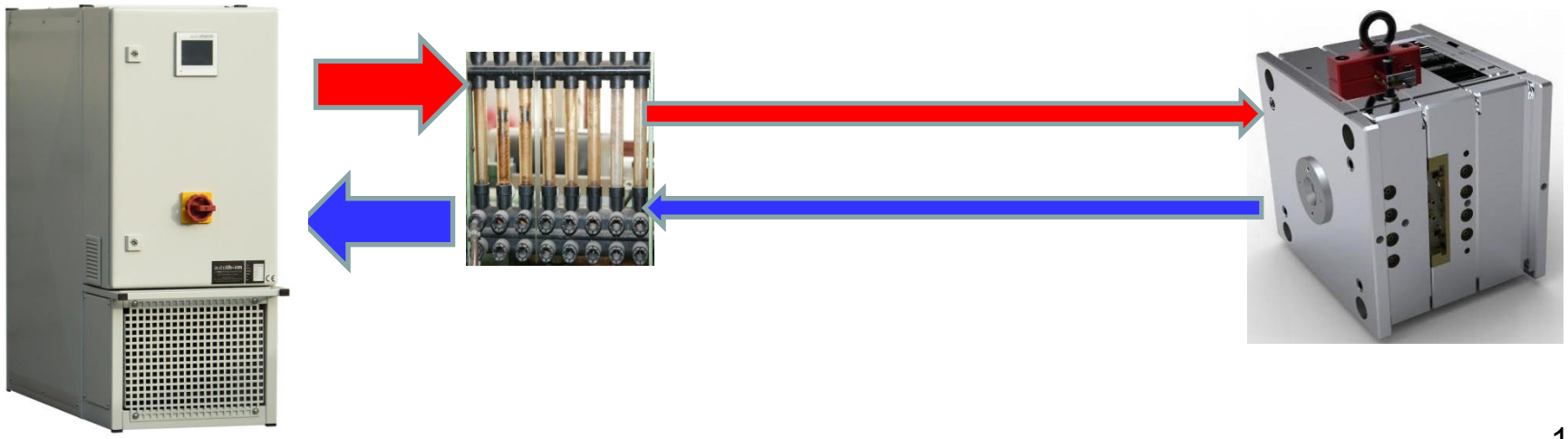
Bedeutung der Werkzeugverschlauchung und deren Dimensionierung

Wo stecken die Verluste?

Wasserverteiler bis Schottplatte / Werkzeug (bei 10 l/min)

Schlauchlänge: 2 x 9 m/ Kreis

Schlauchinnendurchm.	spez. Druckverlust	Druckverlust auf 2 x 9m
10 mm = 3/8“	0,144 bar/m	2,6 bar
12 mm = 1/2“	0,045 bar/m	0,8 bar



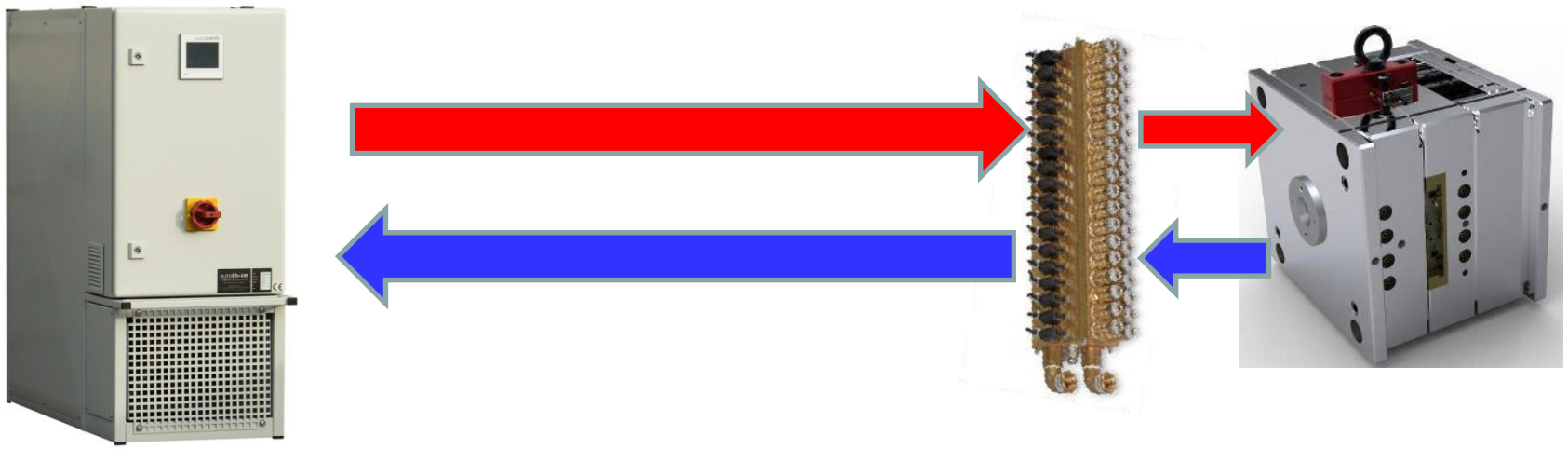
Bedeutung der Werkzeugverschlauchung und deren Dimensionierung

Wie kann man die Situation verbessern?

•Temperiergerät bis Schottplatte / Wasserverteilung (bei 60 l/min)

Schlauchlänge: 2 x 9 m/ Kreis

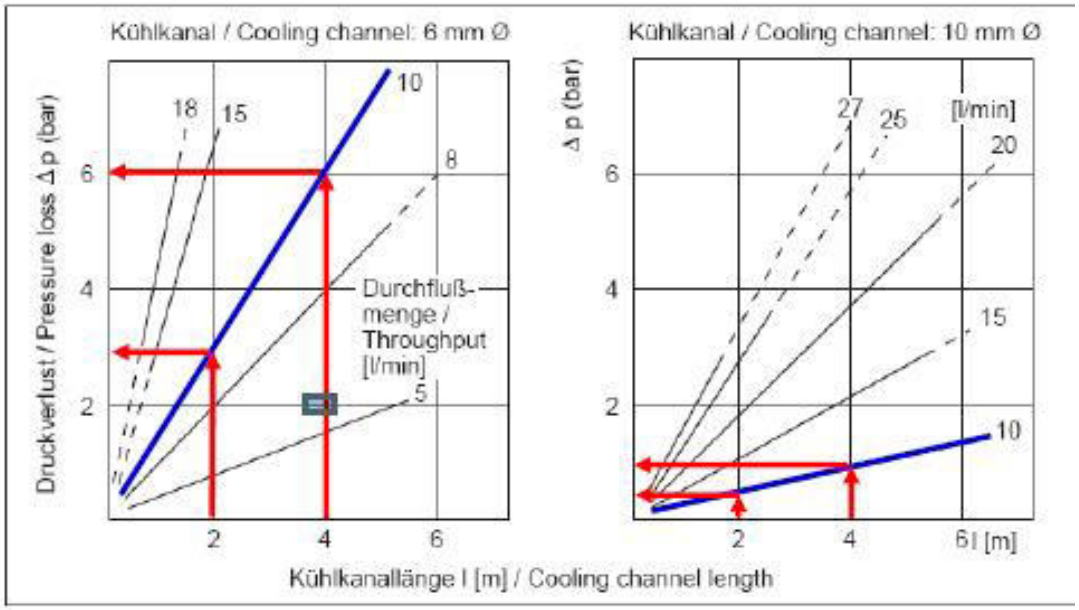
Schlauchinnendurchm.	spez. Druckverlust	Druckverlust auf 2 x 9m
25 mm = 1“	0,02 bar/m	0,36 bar

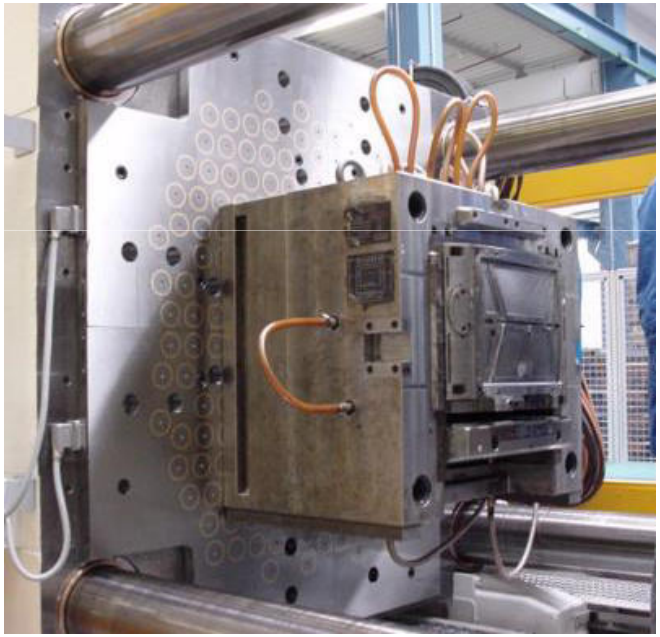


Bedeutung der Werkzeugverschlauchung und deren Dimensionierung

Was bedeuten „Brücken“ für den Prozess?

Eine künstliche Verlängerung der Kühlkanäle
Und damit einen höheren Druckverlust !





Geringere Wärmeabfuhr = längerer Zyklus = höher Produktionskosten!

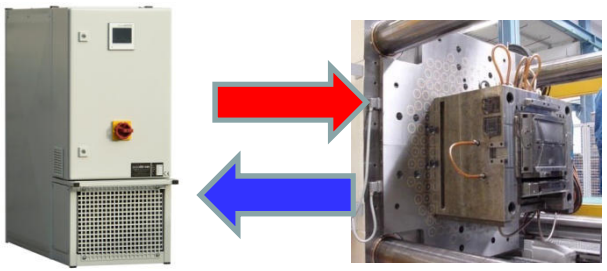
Bedeutung der Werkzeugverschlauchung und deren Dimensionierung

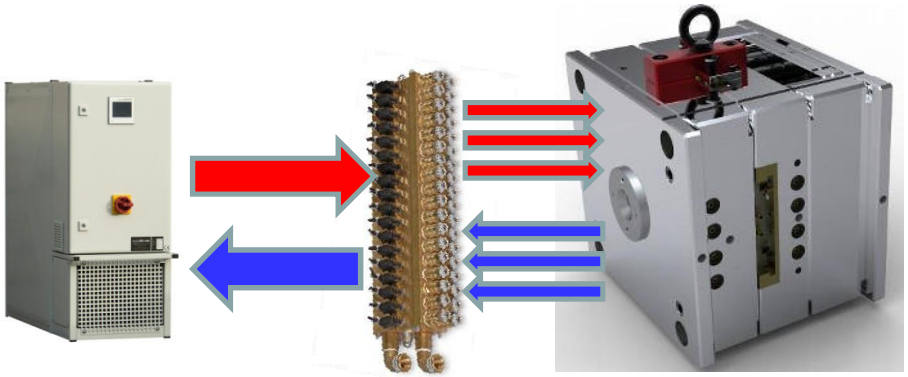
Brücken in der Werkzeugverschlauchung vermeiden?

Vorteile der Parallelverschlauchung für den Prozess:

- Bei richtiger Auslegung der Temperiergeräte werden deutlich höhere Durchflüsse erreicht - dadurch geringere Gesamtkühlzeit realisierbar
- Der Kreis mit dem geringsten Querschnitt bestimmt nicht den Durchfluss für andere Temperierzonen
- Einzelkreisüberwachung möglich
- Durchfluss- und damit Kühlleitungsregulierung für jeden Kreis möglich

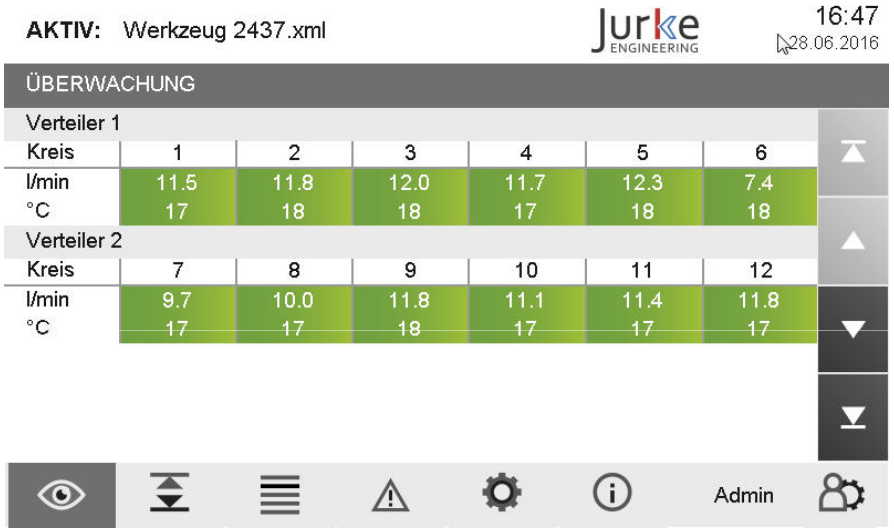
- **Das Werkzeug kann deutlich homogener temperiert werden, als mit der gebrückten Temperierung.**



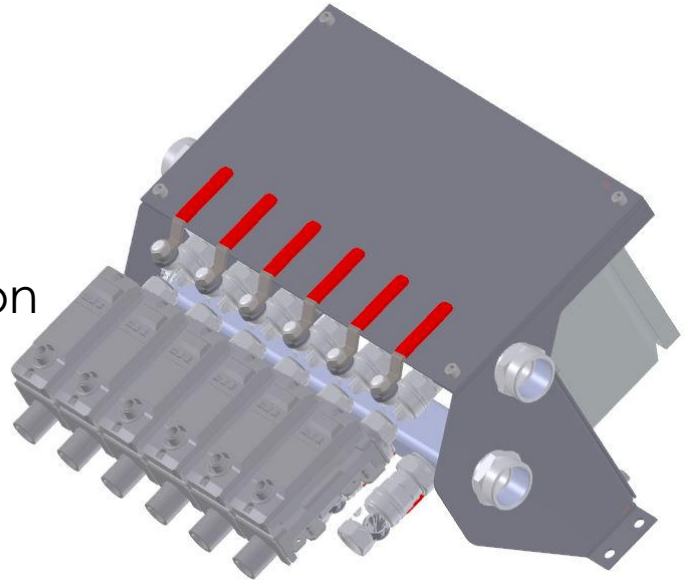


Keine Parallelverteilung ohne Überwachung

Einfache Bedienung



Einfache Integration

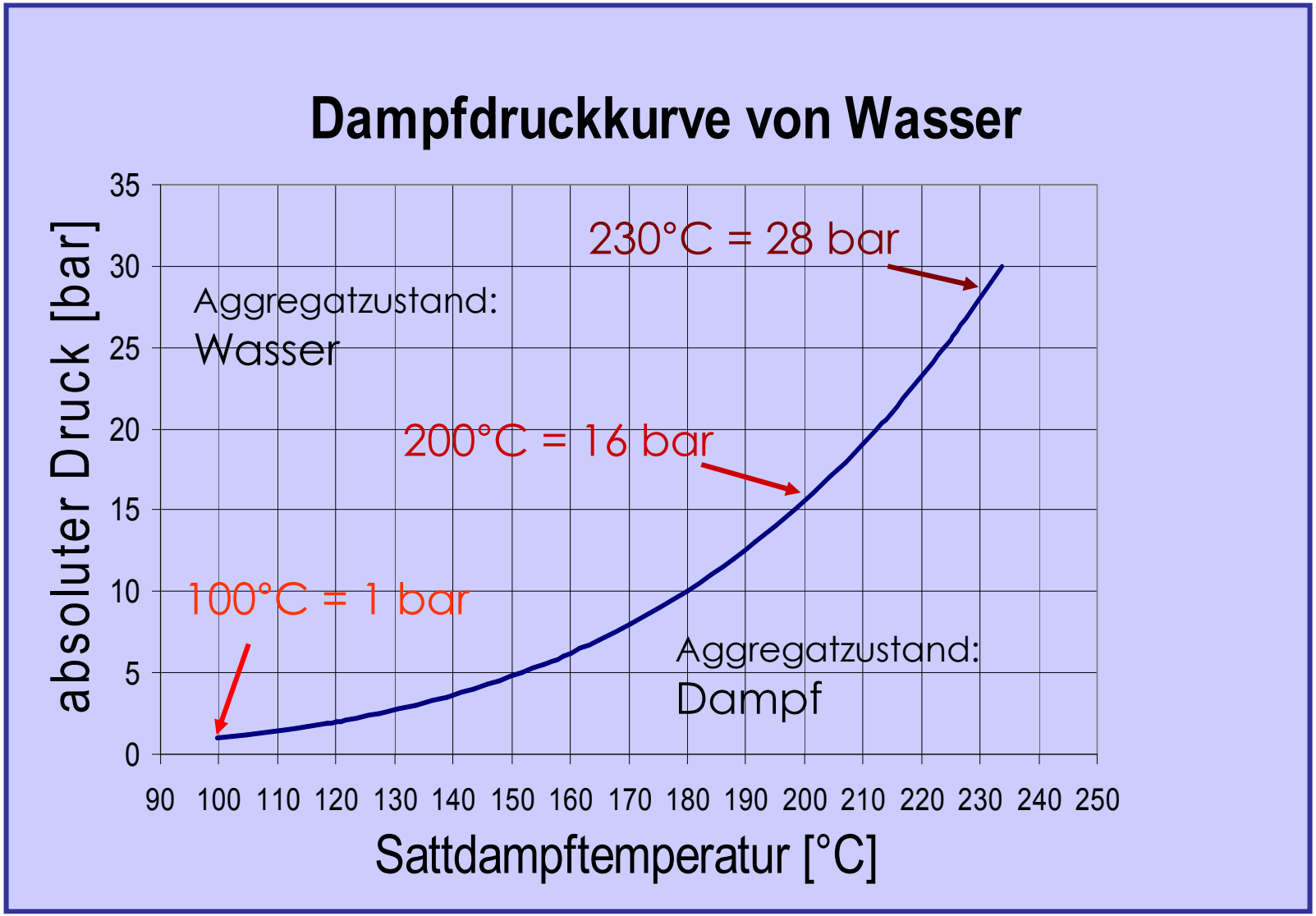


Berührunslose Messung

Physikalische und technische Schwellenwerte im Bezug auf den Einsatz von Temperiertechnik

- ab 90 bis 95°C Entscheidung:Tank oder Zwangsumlauf Gerät
- ab160 °C Magnetgekuppelte Pumpe
- ab 160°C Einsatz einer speziellen Nachspeisepumpe
- ab 225°C Entscheidung des Wärmeträgers

Hochtemperatur Wasserheizung



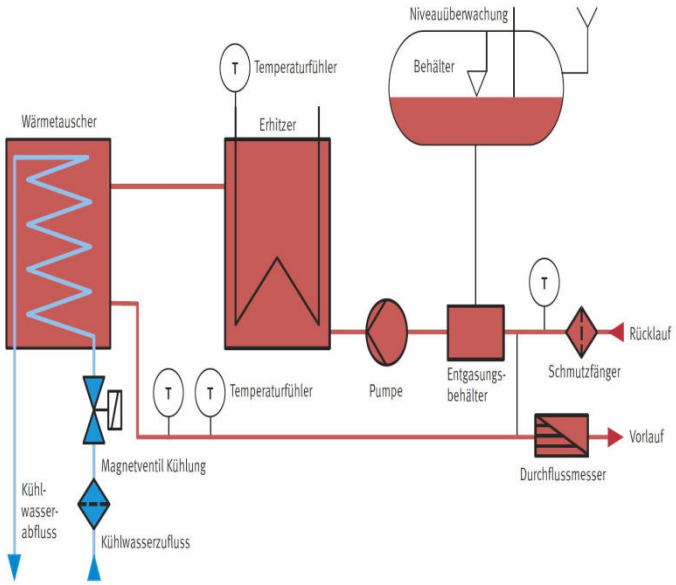
Ölheizung mit Wärmeträgeröl

Vorteile:

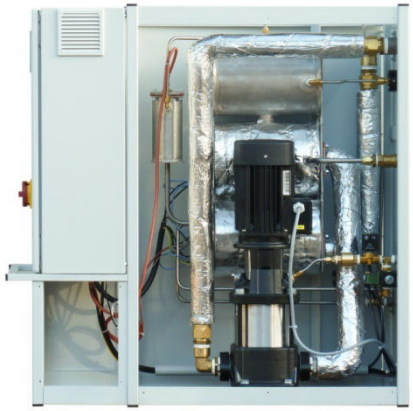
- Temperatur gut regelbar
- Drucklose Heizung möglich
- Temperaturen bis 350°C

Nachteile:

- schlechtere physikalische Eigenschaften
- Verkokungsneigung
- Beachtung von Umweltschutzrichtlinien
- problematische Entsorgung
- Wärmeträgeröl ist teuer



Hochtemperatur Wassertemperierung

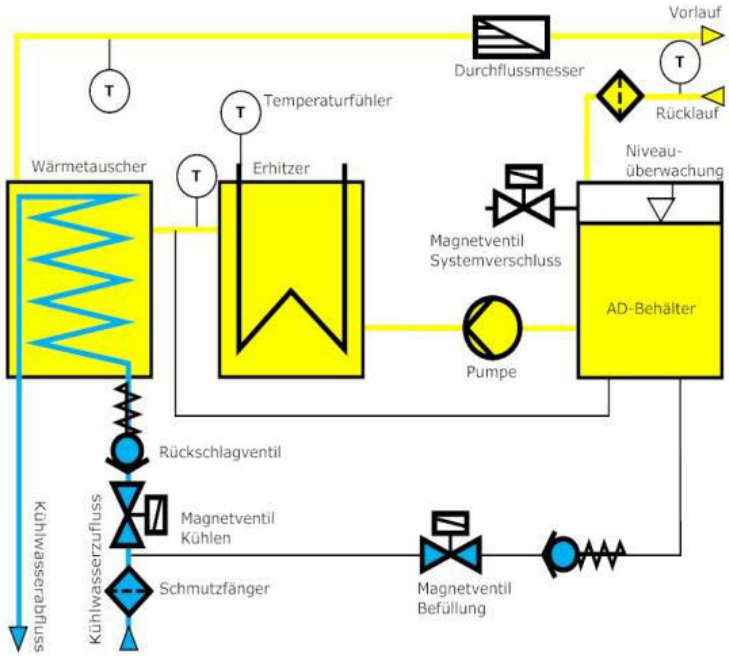


Vorteile:

- bestmögliche physikalische Eigenschaften
- Preiswert zu beschaffen
- Druckaufbau bei Temperaturen über 90°C möglich
- Mittlerweile bis 225°C nutzbar

Nachteile:

- unterschiedliche bzw. schwankende Wasserqualität
- Druckaufbau über 90°C nötig



Vergleich Wärmeträgermedien

	Wasser	Wärmeträgeröl CALFLO FG
Spezifische Wärmekapazität $\frac{kJ}{(kg \times K)}$	4,18 - 4,40	1,88 - 2,42
Wärme-leitfähigkeit $\frac{W}{(m \times K)}$	0,60 - 0,67	0,14 - 0,13
Wärmeübergangs-koeffizient $\frac{W}{(m^2 \times K)}$	24.134 *)	3049 *)
Dichte $\frac{kg}{m^3}$	998 - 888	850 -742

Min. und max. Werte jeweils bei +20°C und + 180°C
***) bei +150°C und einer Strömungsgeschwindigkeit von 4,7 m/s**

Grundbegriffe Wärmeübertragung

Wärmeübergangskoeffizient α:

➔ rechnerisch nur aufwendig zu bestimmen

$$\alpha = \frac{Nu \ x \ \lambda}{d_i}$$

$$Nu_{Wasser} = 0{,}037 \times (Re^{0{,}75} - 180) \times Pr^{0{,}42} \times (1 + (\frac{d_i}{L})^{0{,}67})$$

$$Nu_{WTÖl} = 0{,}012 \times (Re^{0{,}87} - 280) \times Pr^{0{,}40} \times (1 + (\frac{d_i}{L})^{0{,}67})$$

$$Re = \frac{w \times d_i \times \rho}{\eta}$$

$$Pr = \frac{\eta \times c}{\lambda}$$

α	=	Wärmeübergangszahl	W/m^2K
Nu	=	Nusseltzahl	-
Re	=	Reynoldszahl	-
Pr	=	Prandtlzahl	-
λ	=	Wärmeleitfähigkeit	W/mK
d_i	=	Kanalinnendurchmesser	m
L	=	Kanallänge	m
w	=	Strömungsgeschwindigkeit	m/s

ρ	=	Dichte	kg/m^3
η	=	dynamische Viskosität	10^{-3} Pas
c	=	spezifische Wärmekapazität	kJ/kgK

Grundbegriffe Wärmeübertragung

Beispiel: Berechnung des Wärmedurchgangs

Vorgaben:		
Material Trennwand		VA
Wandstärke		0,005 m
Übergangsfläche		1 m²
Seite 1	Medium	Wärmeträgeröl
	Temperatur	55 °C
	Ström.-geschw.	2 m/s
Seite 2	Medium	Wärmeträgeröl
	Temperatur	45 °C
	Ström.-geschw.	2 m/s
Ergebnisse:		
Wärmeleitfäh. Trennwand		15 W/mK
Wärmeüberg..koeff. Seite 1		500 W/m²K
Wärmeüberg..koeff. Seite 2		500 W/m²K
Wärmedurchg.koeff.		230,8 W/m²K
Temperaturdifferenz		10 K
Wärmestrom		2308 W

Vorgaben:		
Material Trennwand		VA
Wandstärke		0,005 m
Übergangsfläche		1 m²
Seite 1	Medium	Wasser
	Temperatur	55 °C
	Ström.-geschw.	2 m/s
Seite 2	Medium	Wasser
	Temperatur	45 °C
	Ström.-geschw.	2 m/s
Ergebnisse:		
Wärmeleitfäh. Trennwand		15 W/mK
Wärmeüberg..koeff. Seite 1		10000 W/m²K
Wärmeüberg..koeff. Seite 2		10000 W/m²K
Wärmedurchg.koeff.		1875 W/m²K
Temperaturdifferenz		10 K
Wärmestrom		18750 W

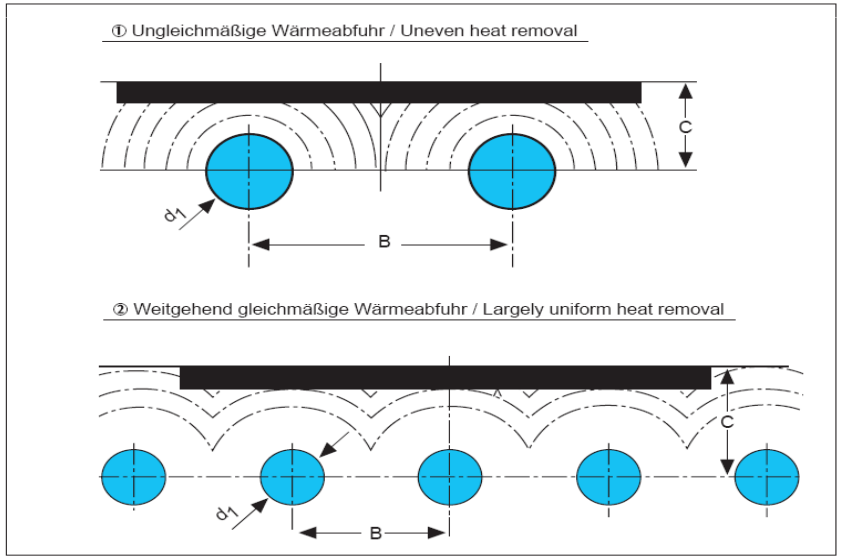
Grundbegriffe Wärmeübertragung

Aus den vorherigen Folien ergibt sich folgende Grundaussage:

- **Gerundet ist die Wärmeübertragung von Wasser 4 x besser wie bei Öl**
- **Die benötigte Übertragungsfläche beträgt nur rund 1/10 derer von Öl**

Daraus ergeben sich folgende Vorteile:

- Geringere Aufheizzeiten für die Werkzeuge oder **geringere benötigte Heizleistungen**
- Geringere Temperierkanal-querschnitte
- Gleichmäßigere Temperierung
- Kleinere Werkzeugmassen und Maße
- Beziehungsweise kleine Formeinsätze



Hochtemperatur Wasserheizung

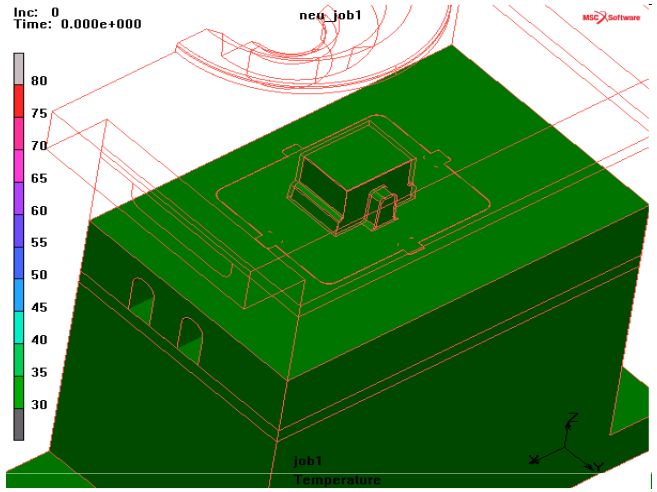
Kleinere Formeinsätze bringen folgende Vorteile:

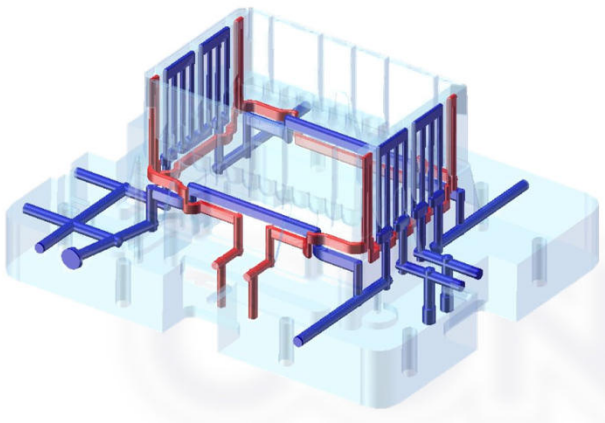
- Energieeinsparung vor allem in Verbindung mit der richtigen Isoliertechnik

(z.B. IsoForm von KB Hein)

- Konturnah temperierte Werkzeugeinsätze

  Kürzere Heiz / Kühlzeiten !





Durch die Physikalischen Vorteile:

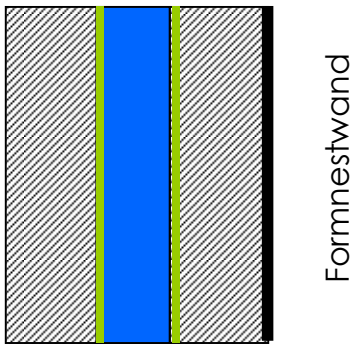
- Bessere Prozeßstabilität
- Bessere Reproduzierbarkeit
- Grundvoraussetzung für Variothermen Prozeß

Wasserqualität

Ein schlauer Mensch hat mal gesagt:

Was unser Magen verträgt, zerstört ein Werkzeug binnen Stunden

- Feinfilterung
- Wasserentkalkung
- Korrosionsschutz
- Nachspeisung von behandeltem Wasser



2mm Kalkablagerung
Reduzieren die Wärmeübertragung um 75%

Unterschiede in der Sicherheit zwischen:

ÖL:

- Hoher Energieinhalt
- Damit auch nach längerer Zeit noch hohe Temperatur
- Steht auch durch die Pumpe unter Druck

Heizung

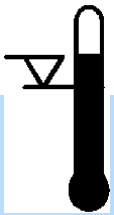
Schutz gegen Überhitzung

System

regelmäßige Kontrollen Wartung

Wasser:

- Hohe Wärmeleitfähigkeit
- Verliert schnell an Temperatur
- Über 100° muss es bei Austritt aus einem Leck erst den Aggregatzustand wechseln
- Der Dampf entspannt sich und verliert auf kürzestem Wege seine Energie und Temperatur



System

Schutz gegen Übertemperatur oder Überdruck

Danke für Ihre Aufmerksamkeit !

Fragen bitte an:

Stir^3
Scholz Technik in Radeberg
Holger Scholz
Dresdener Str. 41 A

01454 Radeberg

Funk 0173 / 6403 994

Tel. 0 35 28 / 22 97 101
Fax 0 35 28 / 22 97 102

www.stir3.de
holger.scholz@stir3.de