

# Hydraulik

Wärmeträgerkreise was ist zu beachten

# Hydraulik

- Motivation
  - Aufgrund des F-Gase Phase-out werden wir immer häufiger auch brennbare Kältemittel einsetzen müssen.
  - Aus Sicherheitsgründen wählt man dann häufig Kaltwassersätze für Außenaufstellung
  - Und errichtet einen Wärmeträgerkreislauf (Wasser oder Wasser/Glykol)

# Hydraulik

- Wir müssen uns beschäftigen mit:
  - Rohrleitungen – Dimensionen / Dämmung / Montage etc.
  - Pumpen
  - Membranausdehnungsgefäße
  - Regelventile
  - Absperrventile
  - Hydraulischer Abgleich (VDI 2073)
  - Inhalt in kg oder Liter des Kälte-trägerkreislaufs

# Rohrleitungen

- Dimensionierung einer Rohrleitung
  - Maßgebliche Geschwindigkeit 1,5 m/s bis max. 2 m/s
    - Geräusche; Druckverlust
  - Thermische Längenausdehnung bis  $\Delta T$  100 K
    - C Stahl 1,3 mm/Meter
    - 1.4301 / 1.4838 1,6 mm/Meter

# Rohrleitungen



Zertifizierter WHG-Fachbetrieb nach §62 AwSV

**Anwendungsbereiche** Rohrleitungs- und Anlagenbau (Transport korrosiver Medien),  
Druckbehälter- und Apparatebau, Wasser- und Abwassertechnik

**Bestelltext-Beispiel** Rohr, geschweißt, DIN EN ISO 1127/DIN EN 10217-7 TC2,  
1.4571, APZ DIN EN 10204 / 3.1, Anforderungen gemäß  
AD 2000-Merkblatt W2 / W10 168,3 × 4,5 mm

## Werkstoffe (Auszug)

Stoff-Nr.	Bezeichnung EN	Vergleichbar ASTM A312
1.4301	X5CrNi18-10	TP 304
1.4306	X2CrNi18-9	TP 304L
1.4307	X2CrNi18-9	TP 304L
1.4541	X6CrNiTi18-10	TP 321
1.4401	X5CrNiMo17-12-2	TP 316
1.4404	X2CrNiMo17-12-2	TP 316L
1.4571	X6CrNiMoTi17-12-2	TP 316Ti
1.4410	X2CrNiMoN25-7-4	Super-Duplex
1.4462	X2CrNiMoN22-5-3	Duplex
1.4539	X1NiCrMoCu25-20-5	TP 904L

# Rohrleitungen (Korrosion)

Tabelle 2 — Kontaktkorrosion bei Metallpaarungen

Betrachteter Werkstoff		Partnerwerkstoff					
Metall	Flächenanteil im Verhältnis zum Partnerwerkstoff	Zink	Aluminium	Stahl ferritisch	Blei	Stahl austenitisch	Kupfer
Zink	klein	—	M	M	S	S	S
	groß	—	G	G	G	G	G
Aluminium	klein	G	—	G	S	S	S
	groß	G	—	G	M	G	S
Stahl ferritisch	klein	G	G	—	S	S	S
	groß	G	G	—	G	G	G
Blei	klein	G	G	G	—	S	S
	groß	G	G	G	—	M	M
Stahl austenitisch	klein	G	G	G	G	—	M
	groß	G	G	G	G	—	G
Kupfer	klein	G	G	G	G	G	—
	groß	G	G	G	G	G	—

G Geringe oder keine Korrosion am betrachteten Werkstoff  
 M Mäßige Korrosion am betrachteten Werkstoff, z. B. in sehr feuchter Atmosphäre  
 S Starke Kontaktkorrosion am betrachteten Werkstoff

**ANMERKUNG** Die Tabelle 2 bezeichnet die Korrosion des „betrachteten Werkstoffs“, nicht diejenige des „Partnerwerkstoffs“. „Klein“ bedeutet: „kleinflächig im Verhältnis zum Partnerwerkstoff“; „groß“ bedeutet: „großflächig im Verhältnis zum Partnerwerkstoff“.

**BEISPIEL 1** Betrachteter Werkstoff verzinkte Schraube in Partnerwerkstoff Ummantelung aus austenitischem Stahl: Zeile „Zink klein“: „S“ – starke Korrosion der Schraube.

**BEISPIEL 2** Betrachteter Werkstoff Ummantelung aus austenitischem Stahl wird mit Partnerwerkstoff verzinkte Schraube verschraubt: Zeile „Stahl austenitisch groß“: „G“ – der korrosive Angriff auf den austenitischen Stahl ist gering.

# Rohrleitungen (Dämmung)

- Kriterien
  - Betriebstemperatur
  - Kälte- Wärmeverluste
  - Kondensatvermeidung
  - Schall
  - Brandschutz
  - Umgebungstemperatur
  - Korrosionsschutz AGI Q 151

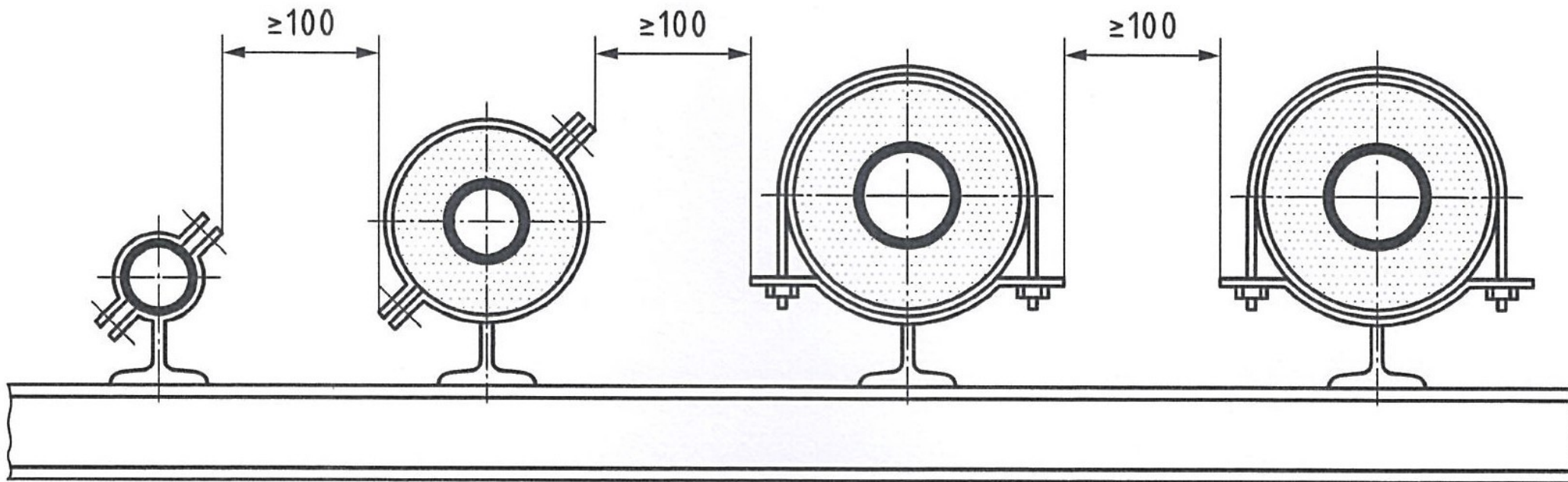
# Rohrleitungen

- Dämmung (siehe DIN 4140 & GEG Anlage 8)
  - GEG bis 22 mm Innendurchmesser; 9 mm (0,035 W/m)
  - GEG mehr als 22 mm Innendurchmesser; 19 mm (0,035 W/m)
- Arbeitsgemeinschaft Industriebau [www.agi-online.de](http://www.agi-online.de)
  - Arbeitsblätter zum Verarbeiten von Baustoffen
  - Dämmung etc. AGI Reihe Q



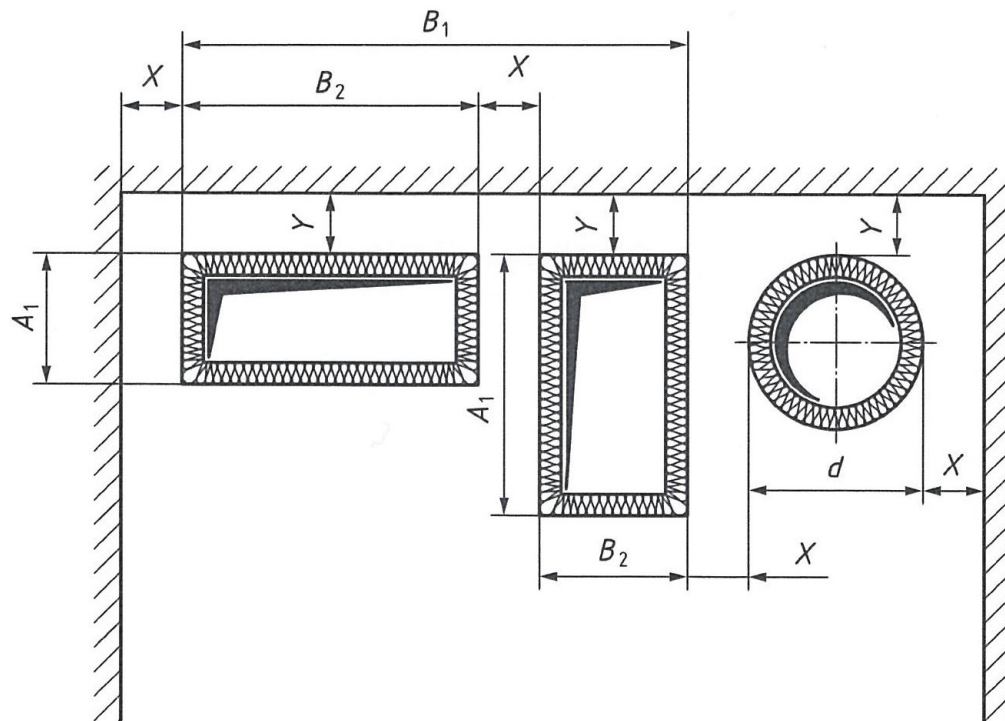
# Rohrleitungen

Mindestabstände zwischen gedämmten und ungedämmten Rohrleitungen bis  $d = 400$  mm



# Rohrleitungen

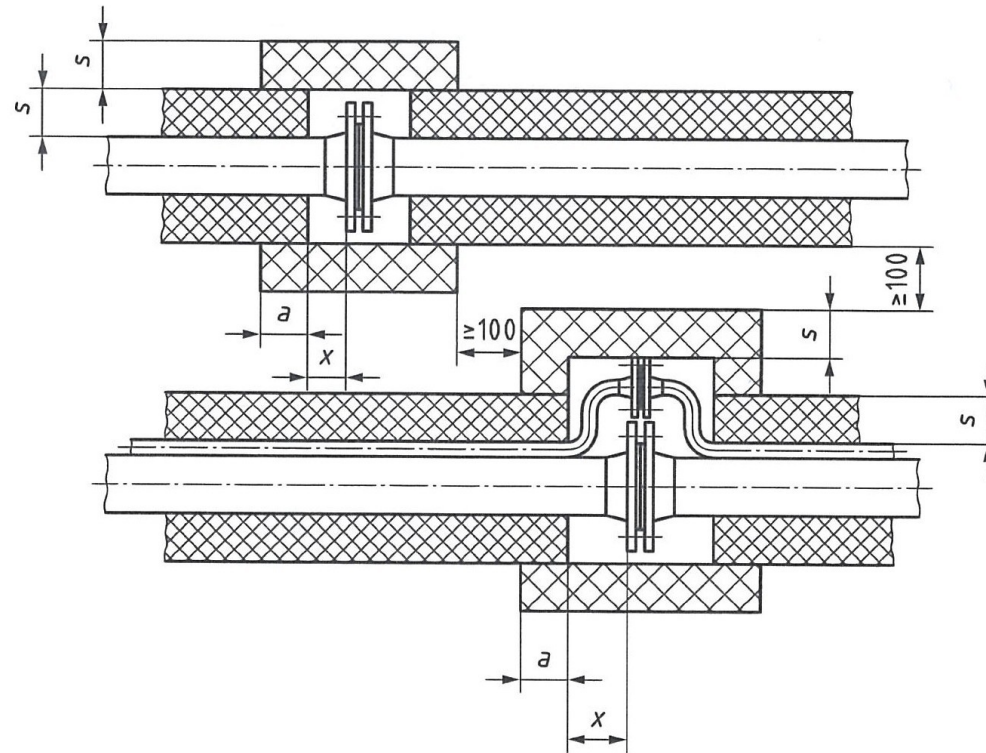
Mindestabstände zwischen gedämmten und ungedämmten Rohrleitungen größer  $d = 400$  mm



Legende

Größe Kantenlänge + Flansch + Dämmdicke <sup>a</sup> in mm	X	Y
$A_1, B_1, B_2 \leq 500$ ; und $400 \leq d \leq 700$	200	300
$A_1, B_1, B_2 \leq 800$ und $d \leq 1\,000$	300	500
$A_1, B_1, B_2 \leq 1\,500$	600	800
$A_1, B_1, B_2$ , $d > 1\,500$	800	1\,000
<sup>a</sup> Sind Schweißstifte zu setzen, müssen die Abstände mindestens 500 mm betragen.		

# Rohrleitungen (Dämmung)

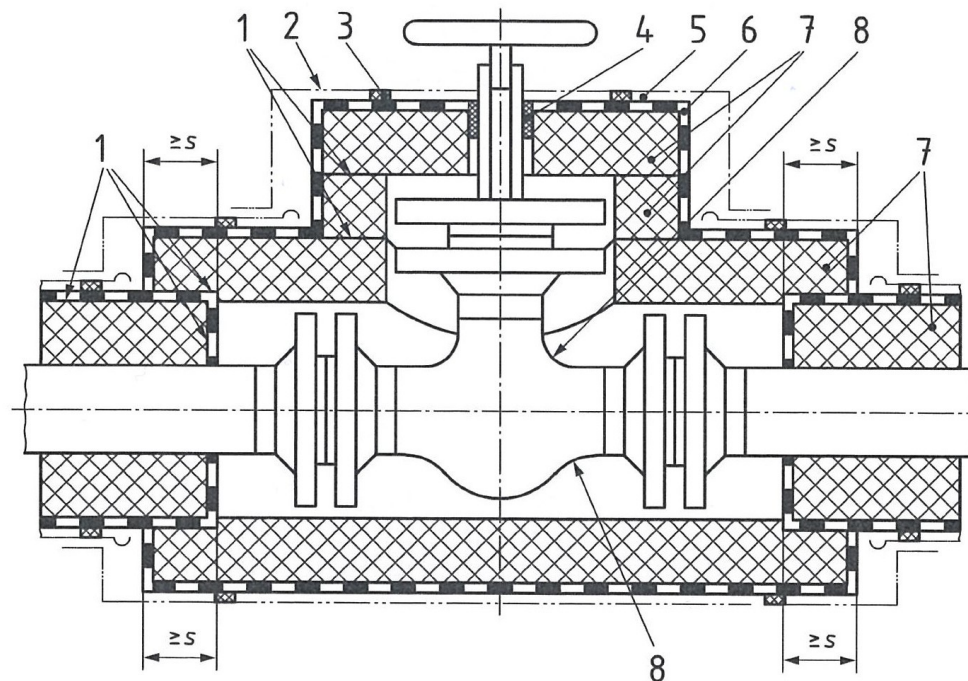


## Legende

$x$  Schraubengesamtlänge + 20 mm;  $a$  Überlappung:  $a \geq s$ ;  $s$  Dämmschichtdicke

**Bild 3 — Mindestmaße und -abstände bei gedämmten Objekten, Rohrleitungen mit Flanschen**

# Rohrleitungen (Dämmung)



## Legende

- |   |                       |   |                  |
|---|-----------------------|---|------------------|
| 1 | Klebeverbindungen     | 5 | Luftspalt        |
| 2 | Ummantelung           | 6 | Dampfbremse      |
| 3 | Abstandshalter        | 7 | Dämmstoff        |
| 4 | Plastische Abdichtung | 8 | Korrosionsschutz |

**Bild 13 — Kältedämmung Armatur**



# Rohrleitungen (Dämmung)

Tabelle 13 — Gebräuchliche Blecharten für Ummantelungen

Blechart	Einsatzgebiet	Werkstoffsorte	Normen und andere Unterlagen
Stahlblech, verzinkt	bei schwacher atmosphärischer Belastung, beständig im alkalischen Bereich	DX 51 D	DIN EN 10346
Stahlblech, aluminisiert	wie Aluminiumblech Al 99,5	DX 51 D	Herstellerangaben
Stahlblech, Al-Zn-beschichtet	wie verzinktes Stahlblech; höhere Korrosionsbeständigkeit	DX 51 D	DIN EN 10346
Stahlblech, werkmäßig kunststoffbeschichtet (z. B. PVC, PVDF)	wie verzinktes Stahlblech mit Beschichtung, Oberflächentemperatur maximal siehe Herstellerangaben	DX 51 D	DIN EN 10346 Herstellerangaben
Stahlblech, nichtrostend, austenitisch	in schwach aggressiver Atmosphäre, Stadtatmosphäre	1.4301 1.4541	DIN EN 10088-3 DIN EN 10028-7
	in saurer, alkalischer oder lösemittelhaltiger Atmosphäre	1.4571	
Aluminiumblech	Medien im schwachen sauren Bereich, Meeresatmosphäre, Haustechnik	Al Mn1 Cu, EN AW 3003; Al Mn 0,5 Mg 0,5, EN AW 3105 Al Mg2 Mn0,8, EN AW 5049; Al Mg 3, EN AW 5745; AlMn1Mg0,5, EN AW 3005	DIN EN 485-2 DIN EN 13195
	nicht seewasserbeständig	Al 99,5 EN AW 1050	DIN EN 12258-1 DIN EN 573-3
ANMERKUNG Die Auswahl der Werkstoffe ist auf den speziellen Einsatzort abzustimmen.			

# Rohrleitungen (Dämmung)

Tabelle 9 — Zulässige Temperaturen für Stoffe der Ummantelung

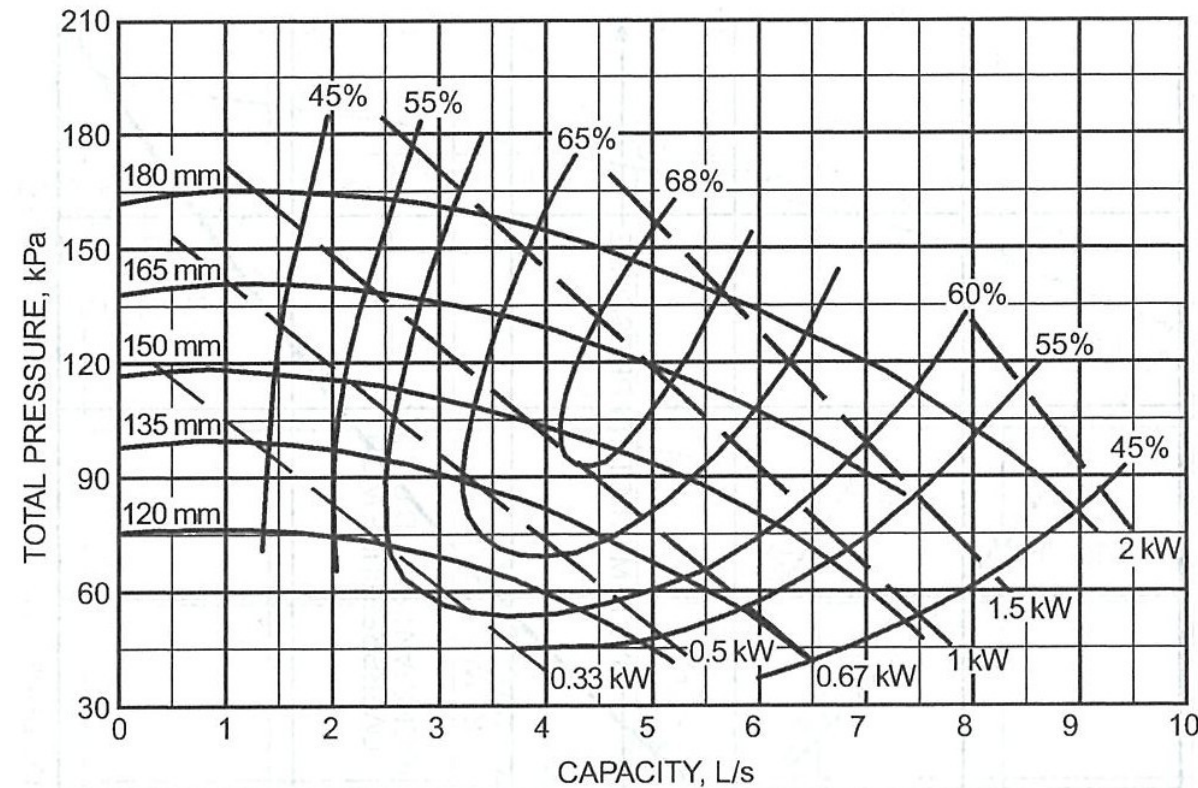
Lfd. Nr.	Stoffe	Oberflächentemperatur <sup>a</sup>		
		bis 50 °C	bis 60 °C	über 60 °C
1	Verzinktes Stahlblech, aluminisiertes Stahlblech, Al-Zn-beschichtetes Stahlblech <sup>b</sup>			x
2	Nichtrostendes austenitisches Stahlblech			x
3	Aluminiumblech			x
4	Aluminiumfolie, Grobkorn			x
5	Kunststoffbeschichtetes Stahlblech <sup>c</sup>		x	
6	Kunststoffbeschichtetes Aluminiumblech <sup>c</sup>		x	
7	Bitumen-Klebeband mit PE- oder Aluminiumfolie	x		
8	Bandagierte Bitumenummantelung	x		
9	Bitumenbahnen	x		
10	Bänder aus Kunststoff	x		
11	Kunststofffolien	x		
12	Kunstharzgebundene Massen	x		
13	Hydraulisch abbindende Massen	x		
<sup>a</sup> Soll der Einsatz bei höheren Temperaturen erfolgen, sind die Herstellerangaben zu beachten. <sup>b</sup> Bei Schutzlackversiegelten Blechen bis 100 °C. <sup>c</sup> Bei Beschichtung mit PVDF (Polyvinylidendifluorid) bis 110 °C.				

# Pumpen



# Pumpen

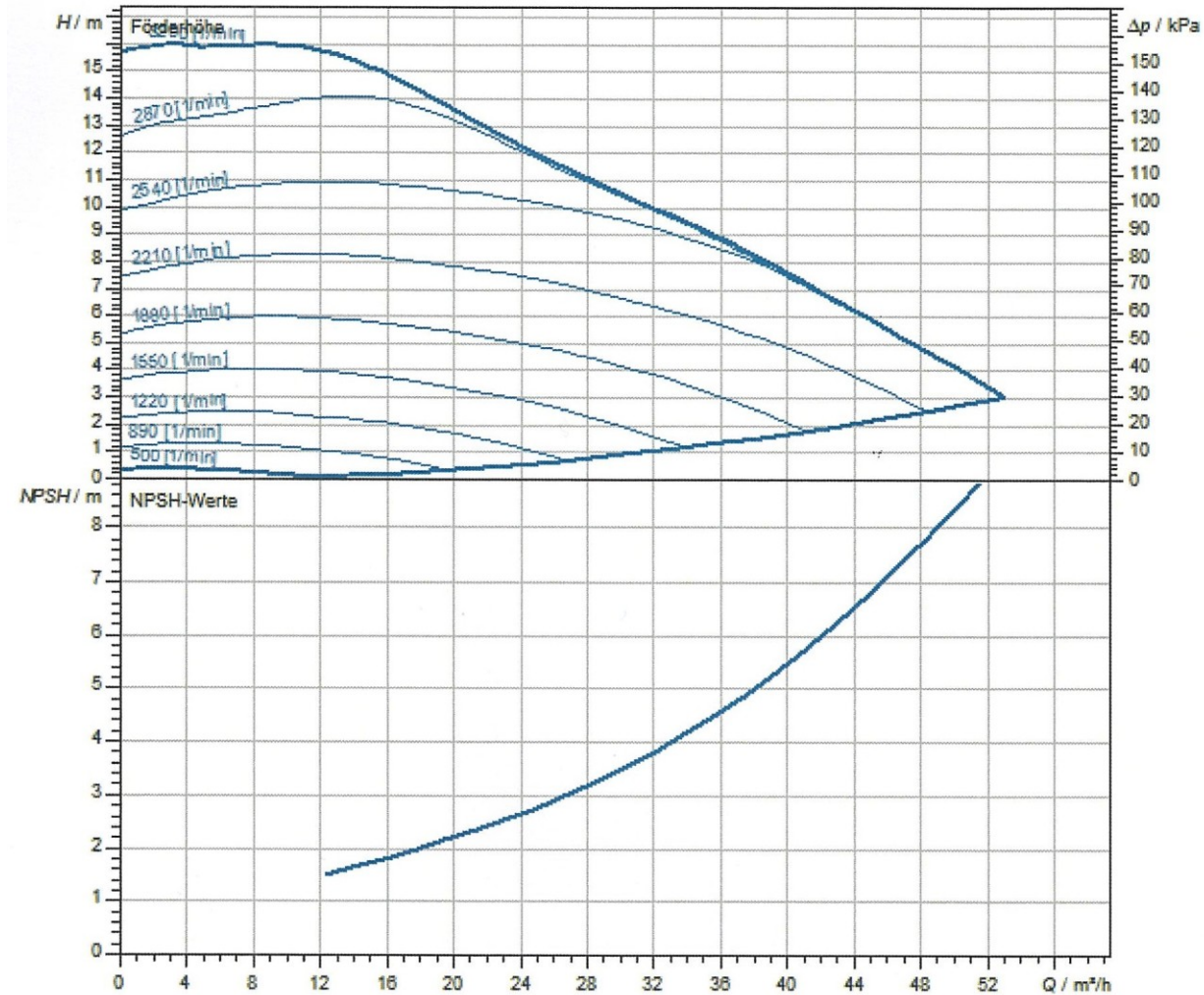
## Centrifugal Pumps



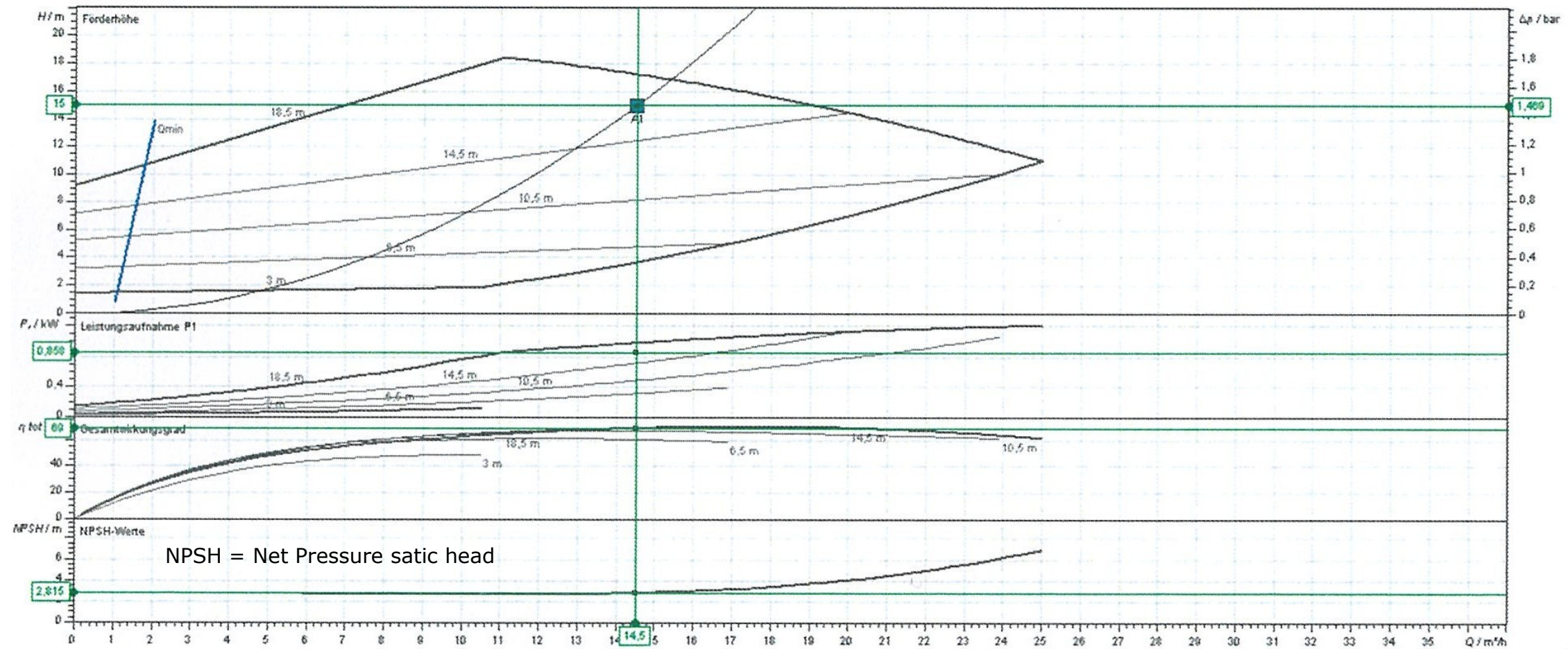
**Fig. 13 Typical Pump Performance Curve**



# Pumpen



NPSH = Net Pressure satic head

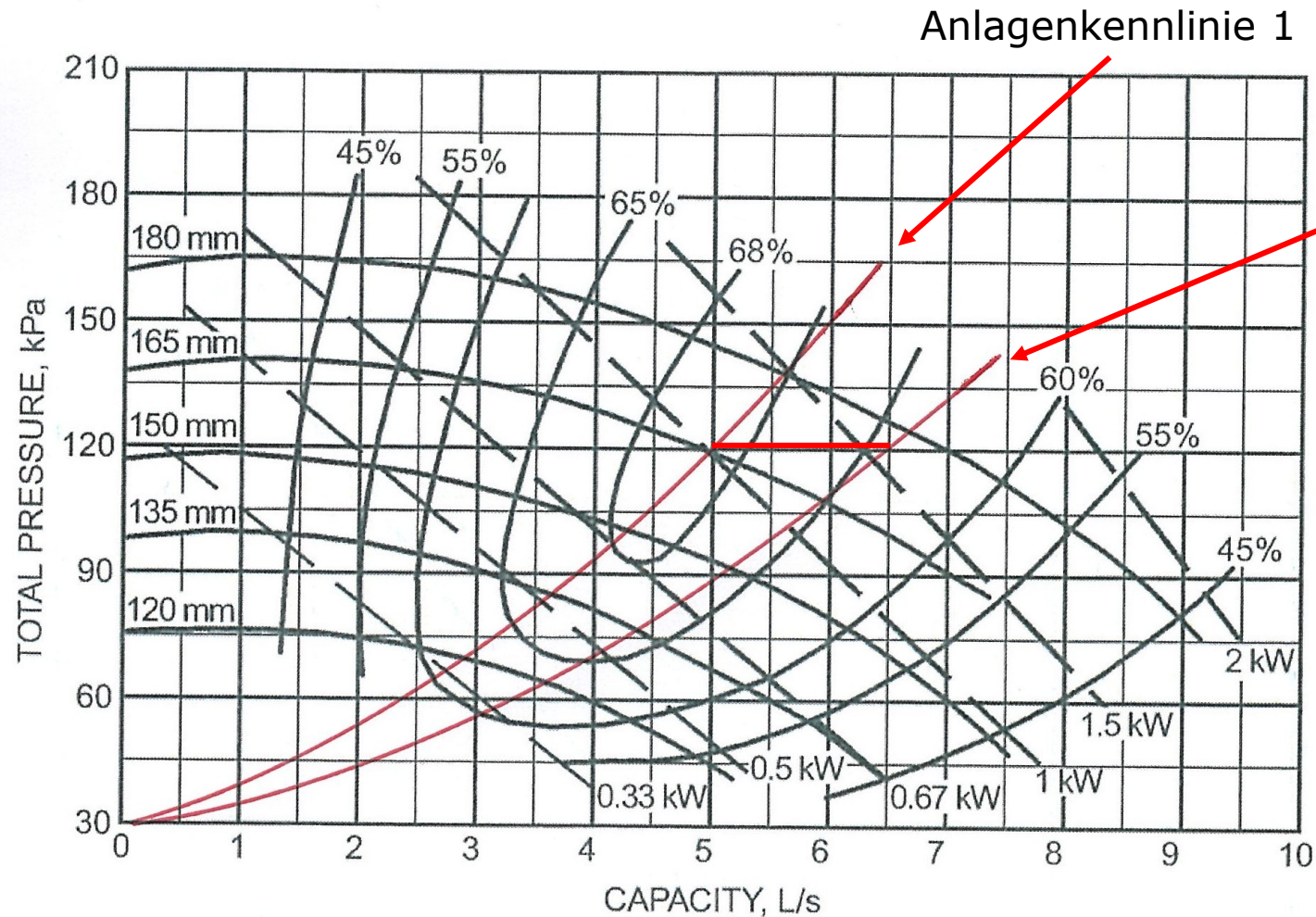




# Centrifugal Pumps



Zertifizierter WHG-Fachbetrieb nach §62 AwSV



## Anlagenkennlinie 2

- Wirkungsgrad wird schlechter
- Leistungsaufnahme steigt
- Stromaufnahme steigt!
- Fördermenge wird größer
- Pumpe stoppt an Überstrom

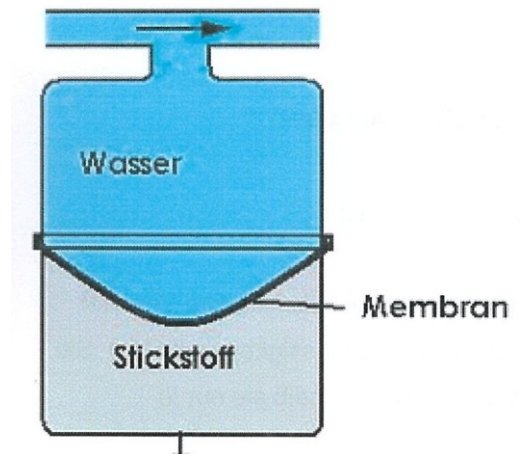
**Fig. 13 Typical Pump Performance Curve**

# Membran Ausdehnungsgefäß

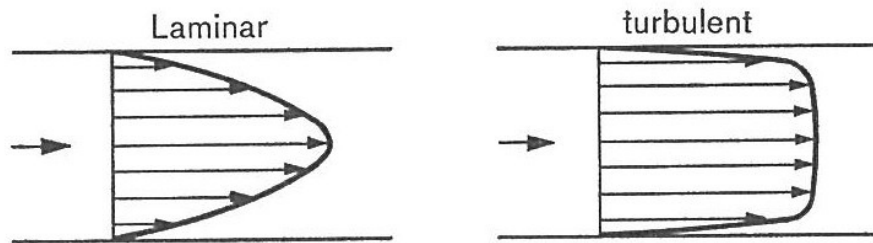
- Membranausdehnungsgefäße kompensieren die kubische Ausdehnung des Wämeträgermediums welches durch Temperaturänderung hervorgerufen wird.
- Versucht den Anlagendruck innerhalb geringer Grenzen zu halten.
- Geodätische Höhendifferenz beachten! Vordruck auf der Stickstoffseite erhöhen.



Membranausdehnungsgefäß



# Strömung



B 215,2 Geschwindigkeitsverteilungen im Kanal

Wir benötigen für unsere Wärmeübergänge eine turbulente Strömung



O. Reynolds 1842-1916

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot L}{\eta}$$

V = charakteristische Geschwindigkeit

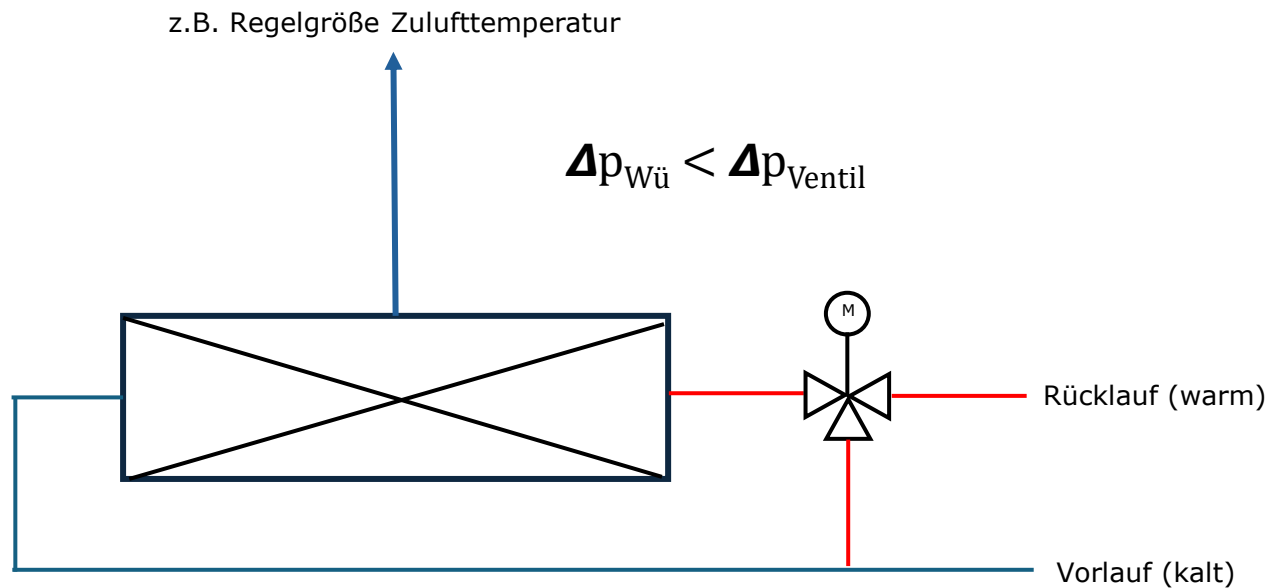
L = charakteristische Länge

$\rho$  = Dichte des Fluids

$\eta$  = Viskosität des Fluids

Reynoldszahlen größer 2300 gilt als turbulente Strömung

# Regelventile



Wenn das Ventil einen geringeren Druckverlust hat als das Register, regelt das Register die Wärmeträgermenge

Dementsprechend groß ist die Regelabweichung

Das Ventil macht mehr oder weniger nur Auf und Zu

Das bedeutet der günstigste Wärmeübertrager ist nicht notwendigerweise der beste – weil der Druckverlust zu hoch ist und insgesamt die Förderhöhe größer wird.

# Regelventile

Das Ventil wird nach dem  $k_{vs}$  Wert ausgelegt

Der  $k_{vs}$  Wert beschreibt den Massenstrom bei 1 bar Druckdifferenz  
(Temperaturbereich 5°C – 30°C – Ventil 100 % offen)

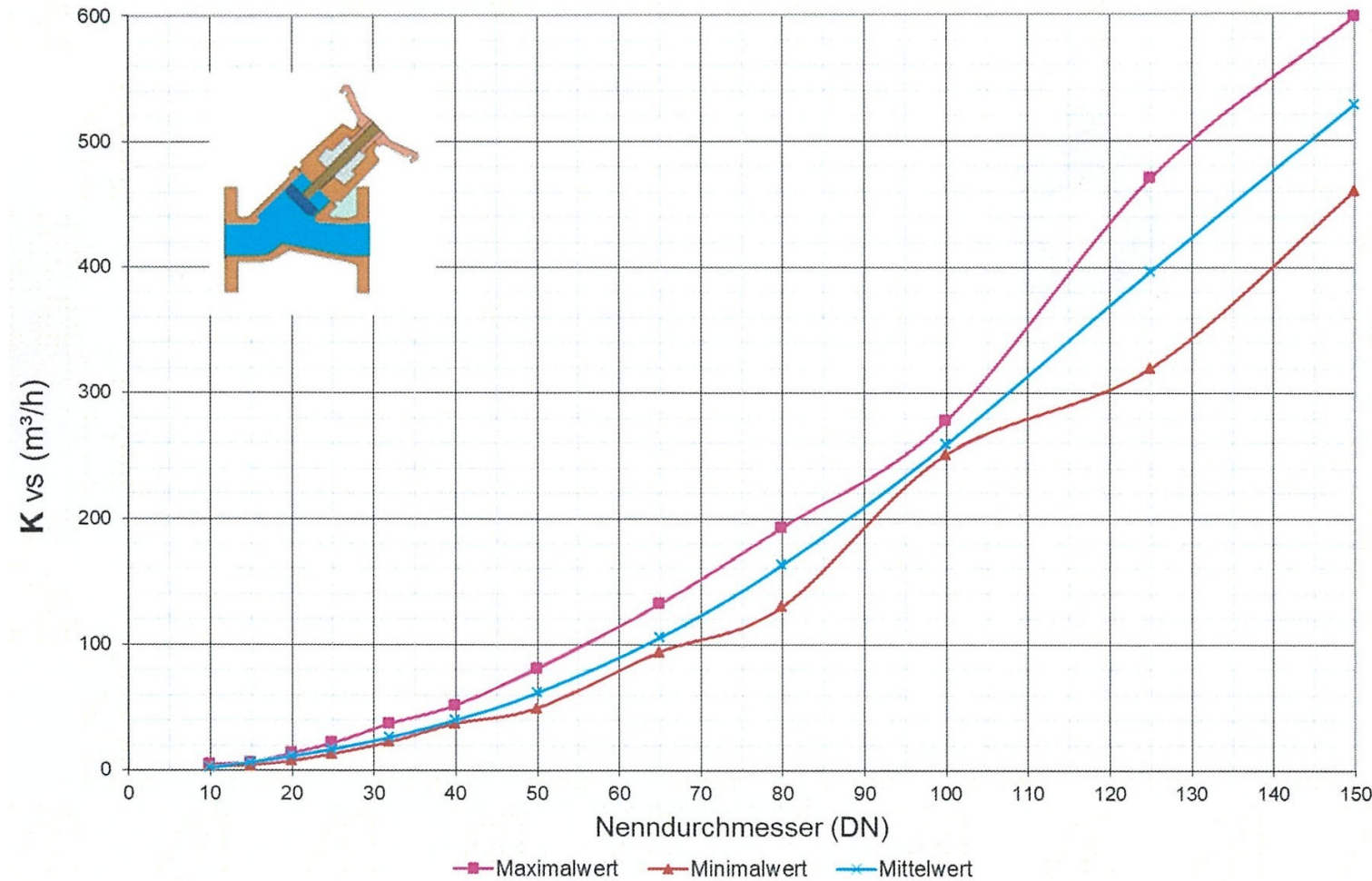
Allgemein gilt:

Regler ohne Hilfsenergie  $k_{vmax} = 0,75 k_{vs}$

Motorventile  $k_{vmax} = 0,9 k_{vs}$

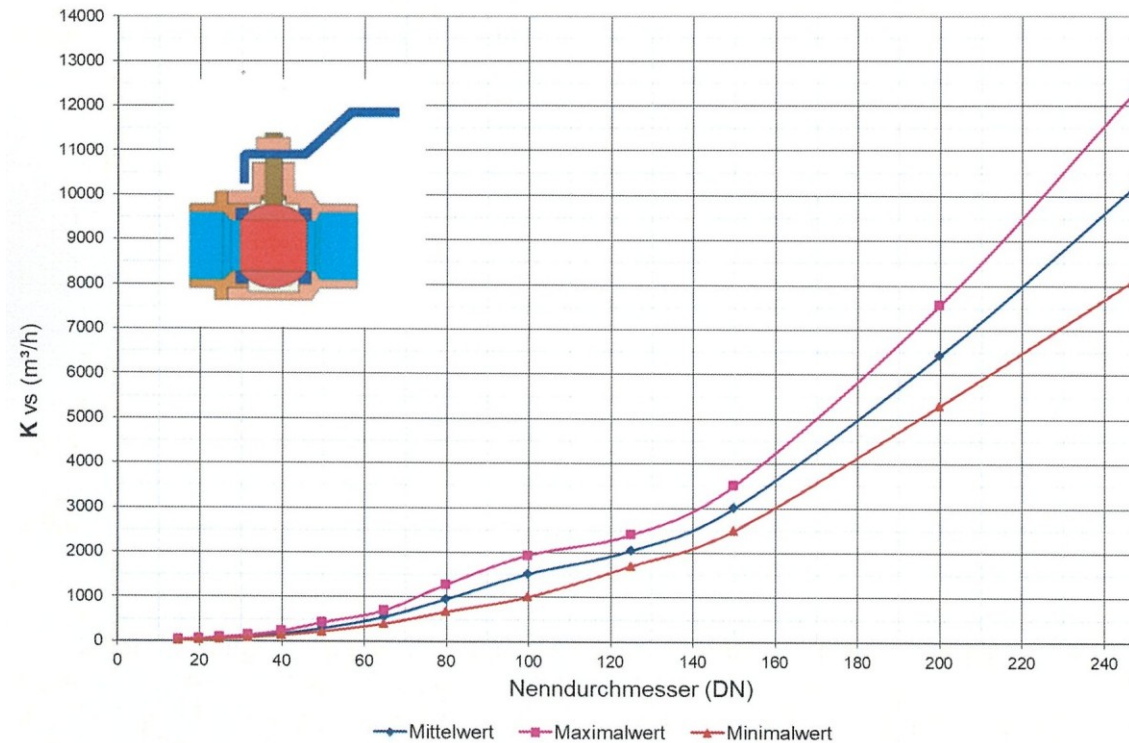


# $K_{vs}$ Werte ausgewählter Ventile



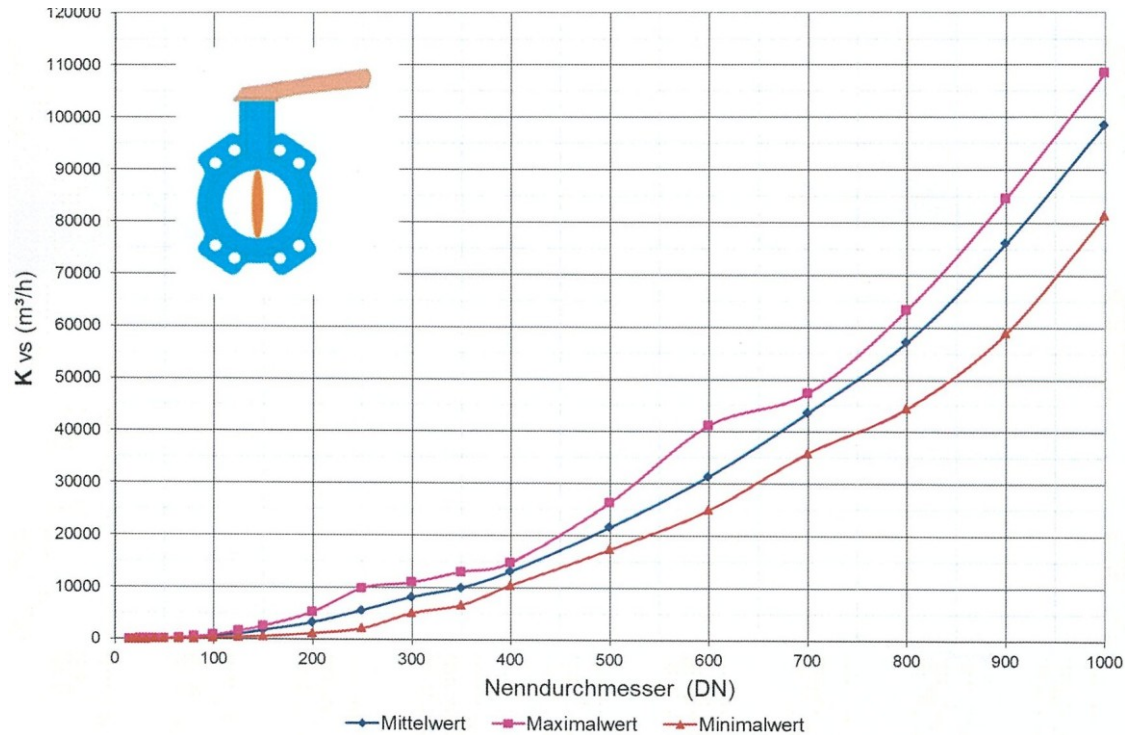


# $K_{vs}$ Werte ausgewählter Ventile



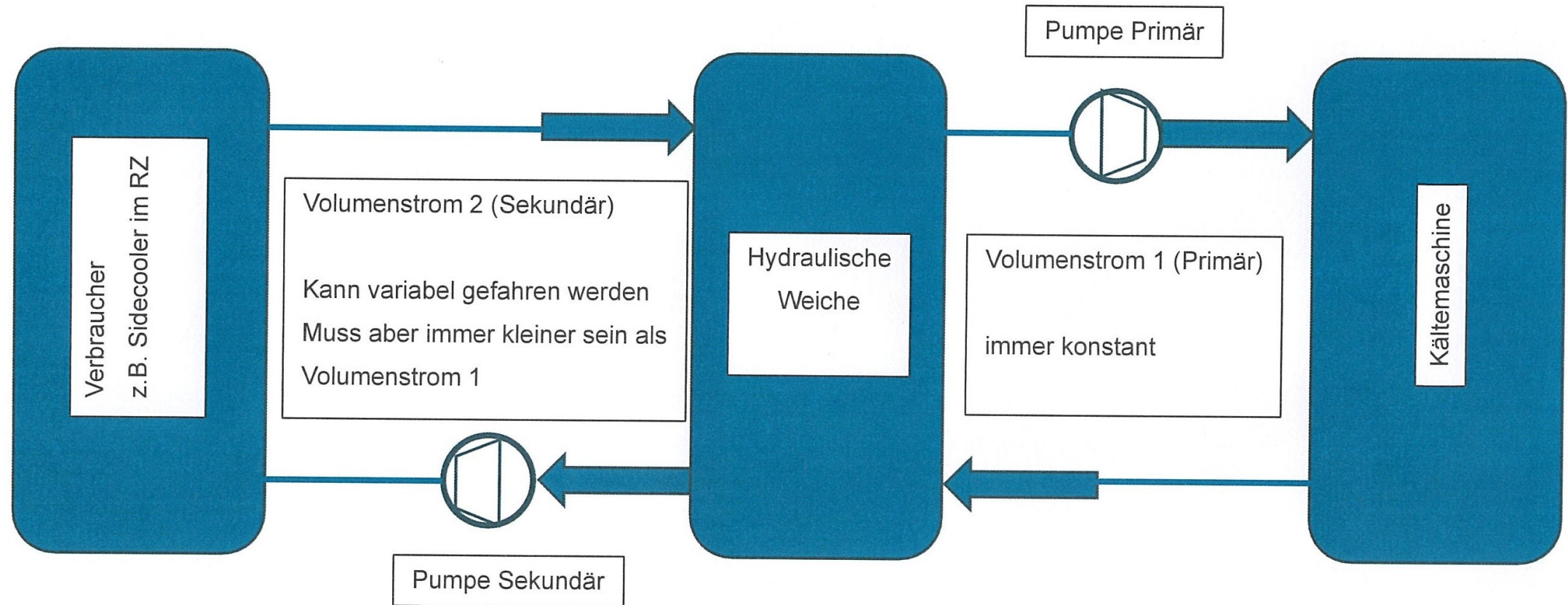
DN (mm)	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250
K vs Maximalwert	35	46	81	128	223	417	688	1274	1935	2400	3504	7564	12564
K vs Minimalwert	13	25	46	75	128	215	390	660	1000	1700	2500	5300	8300
K vs Mittelwert	31	42	73	117	184	292	510	797	1297	2129	3210	6214	10949

# $K_{vs}$ Werte ausgewählter Ventile

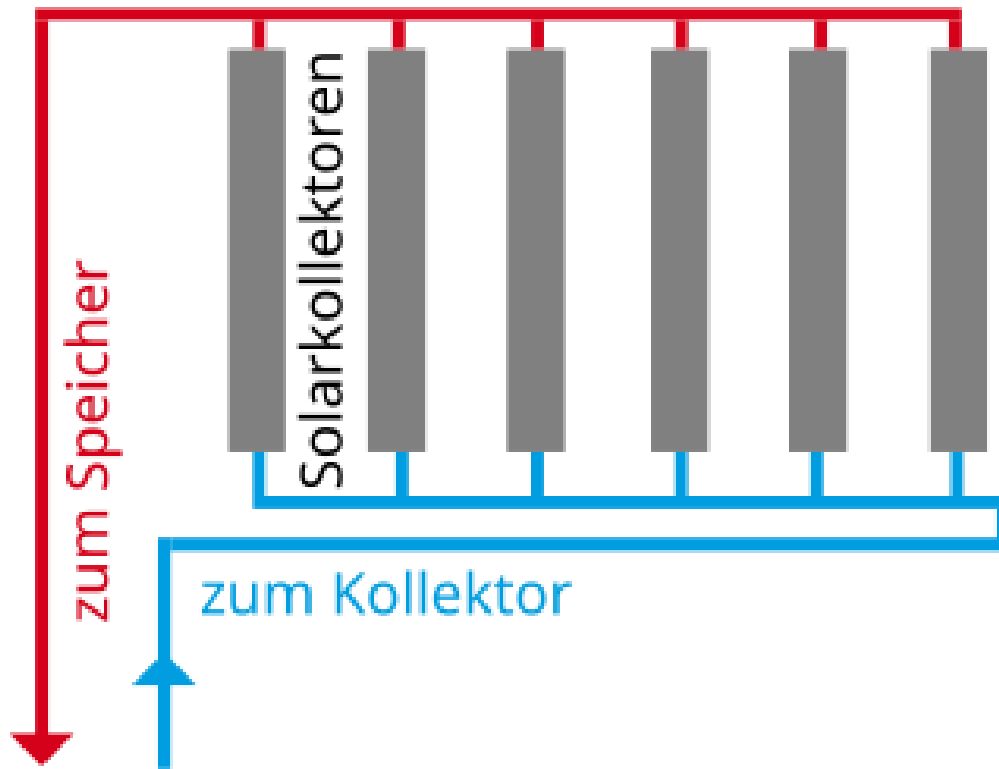


DN (mm)	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
K vs Maximalwert	32	52	55	120	189	311	510	820	1650	2600	5300
K vs Minimalwert	13	17	27	50	74	110	170	280	430	610	1220
K vs Mittelwert	18	27	49	87	155	296	483	804	1313	1940	3526
DN (mm)	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000	
K vs Maximalwert	9900	11000	13100	14900	26400	41300	47500	63500	84700	108500	
K vs Minimalwert	2180	5100	6700	10500	17400	25000	36000	44600	59000	81500	
K vs Mittelwert	5536	7951	10765	13982	21681	31271	43134	57811	76003	98571	

# Hydraulische Weichen



# Rohrleitungen (Druckverluste)



Vor- und Rücklaufleitung sind gleich lang

Damit sind die Druckverhältnisse für jeden (in dem Fall) Kollektor gleich

Der hydraulische Abgleich wird einfacher

Prinzip Albert Tichelmann (1861-1926)



# Druckverlust

- Es ist nur für den Strang mit dem höchsten Druckverlust die Pumpenleistung (Förderhöhe) zu berechnen.
- Der Druckverlust setzt sich in einem geschlossenen System zusammen aus:
  - Druckverlust von Wärmetauschern
  - Druckverlust Regelventile
  - Druckverlust Rohrleitungen
  - Druckverlust Armaturen

# Druckverlust

$$\Delta p = \zeta \times \frac{1}{2} \rho v^2$$

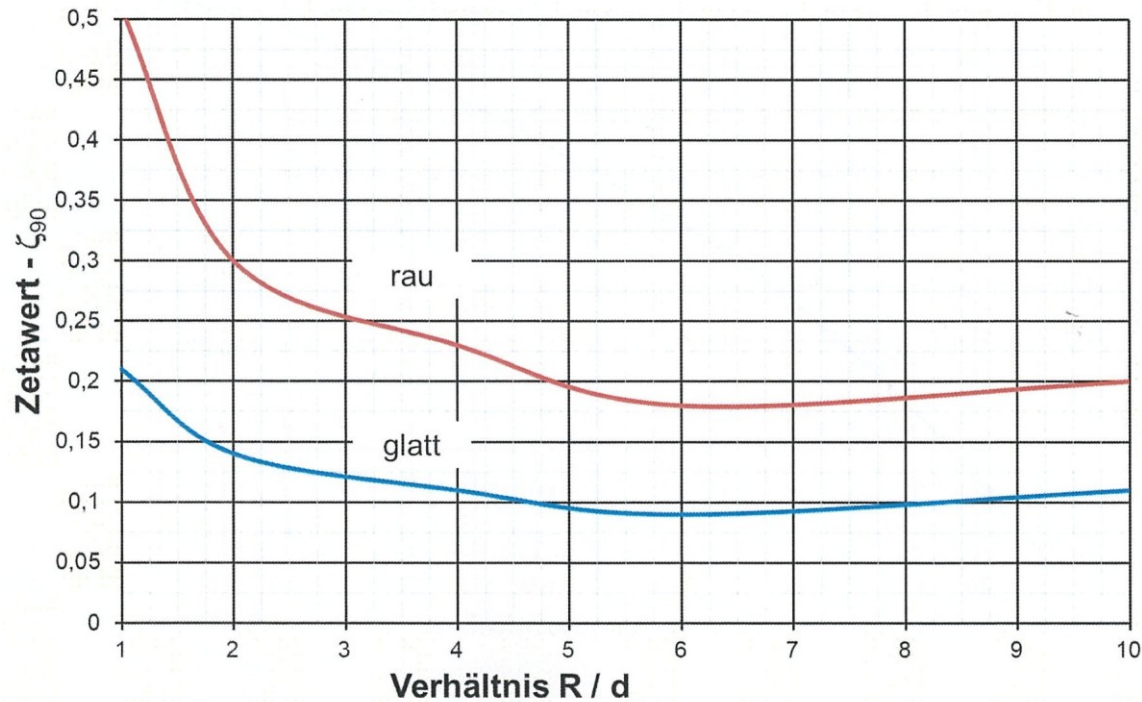
Der Zeta ( $\zeta$ ) wert ist ein empirisch ermittelter Wert

Der zweite Teil der Formel bedeutet Energie

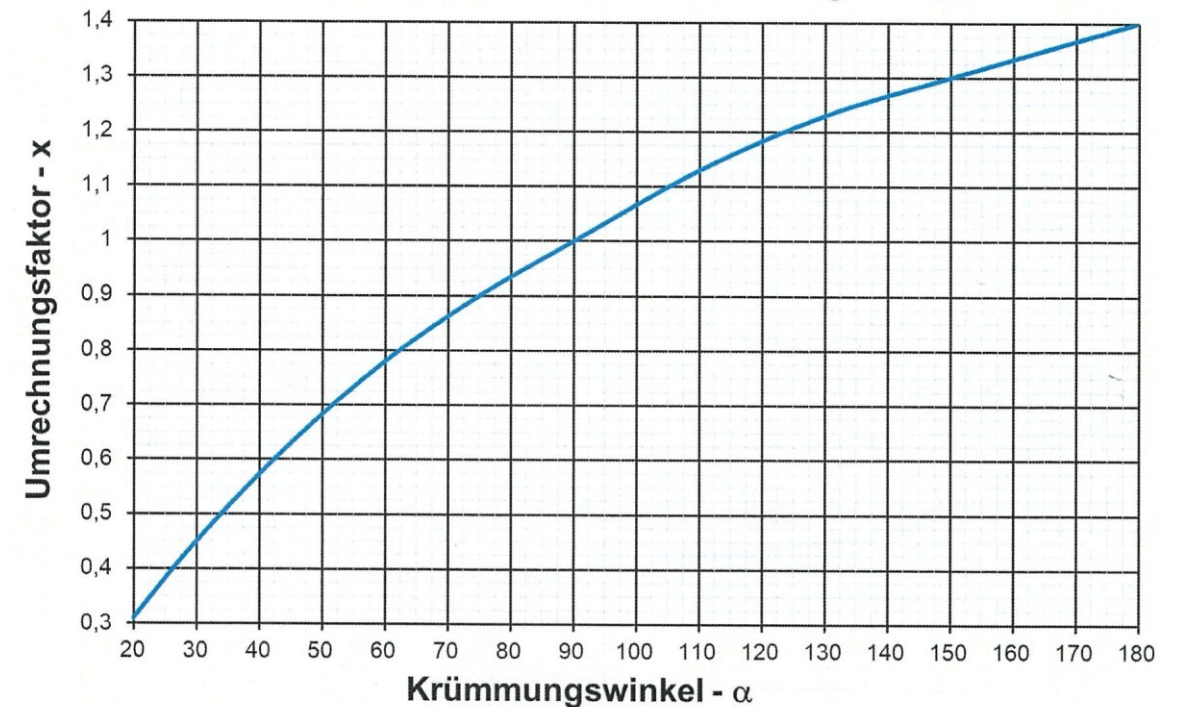
Die Geschwindigkeit geht im Quadrat ein und bedeutet, dass der Druckverlust mit zunehmender Geschwindigkeit im Quadrat größer wird.

# $\zeta$ Werte ausgewählter Armaturen

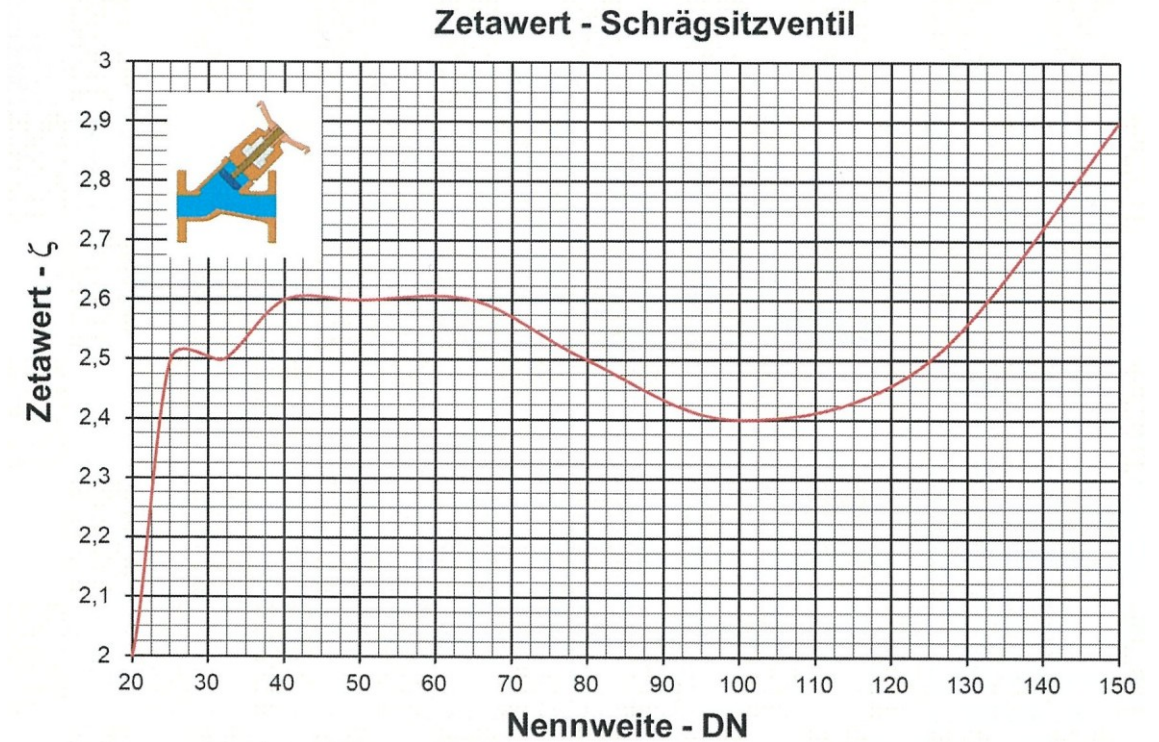
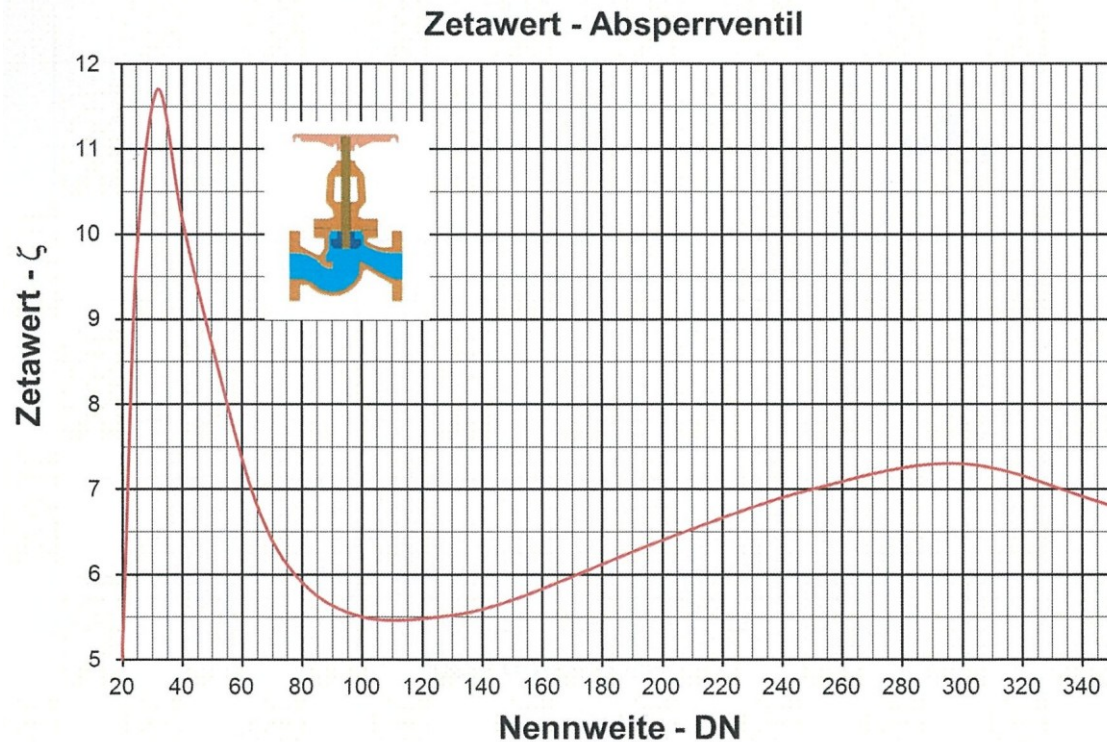
Zetawert Rohrbogen



Umrechnungsfaktor für den Krümmungswinkel



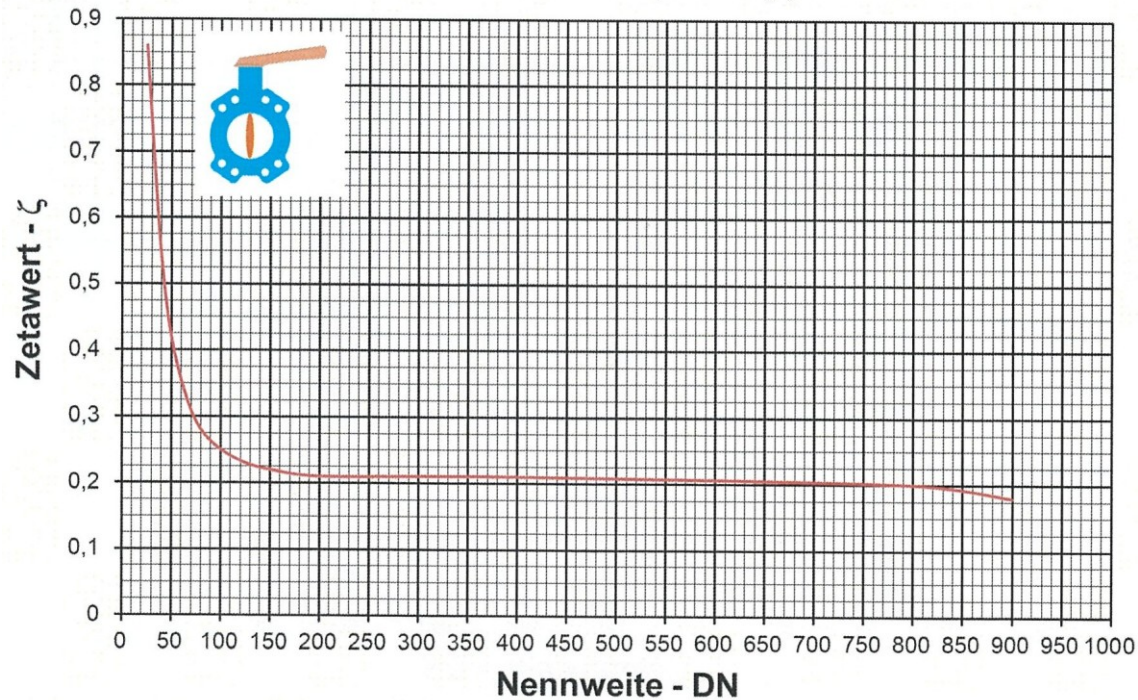
# $\zeta$ Werte ausgewählter Armaturen



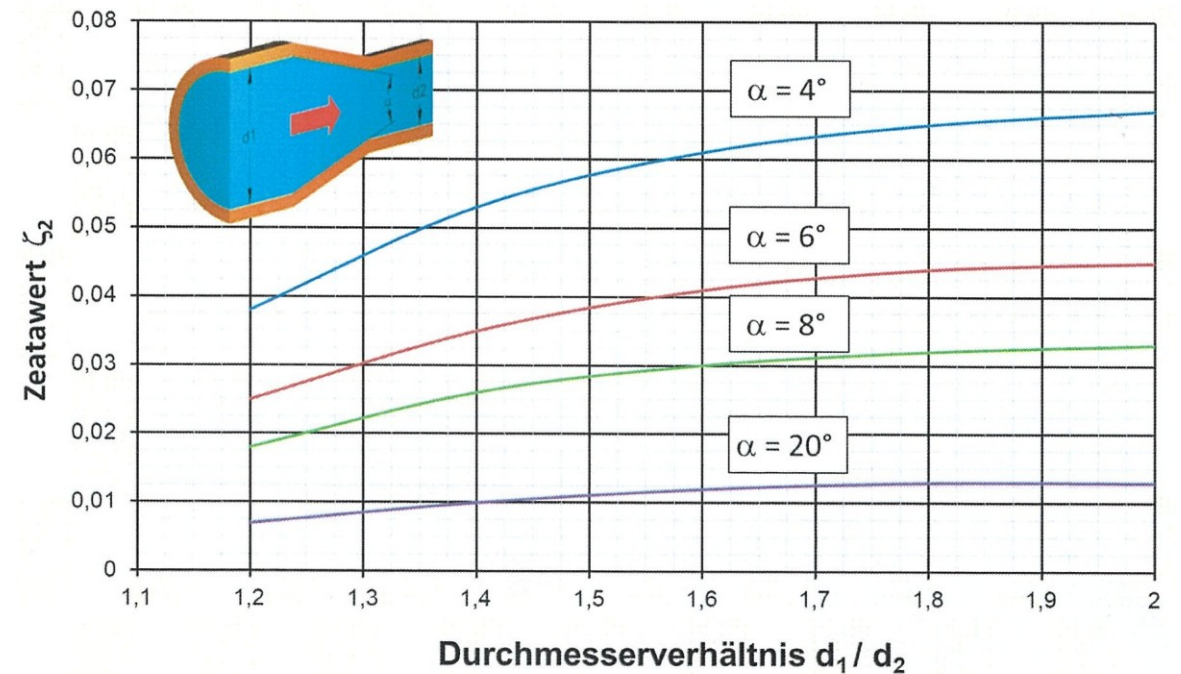


# $\zeta$ Werte ausgewählter Armaturen

Zetawert - Absperrklappe



Zetawert konische Verengung (Konfuser)



# Hinweise zu Glykol

- Ethylen- oder Propylenglykol / Wassergemische = Kälte-träger
  - Typische Fehler
  - Anwendung nicht geeigneter Produkte
  - Mischungsverhältnis zu hoch
    - Erhöhung Massenstrom, Erhöhung Druckverlust
  - Zu geringe Konzentration
    - Korrosionsschutz nicht gegeben
    - Bakterienbefall

# Hinweise zu Glykol

- Korrosionsinhibitoren
  - Wirken im alkalischen Bereich ( $> \text{pH}8$ )
  - Schützen vor Korrosion und Alterung
- Sinkt der pH Wert bedeutet das der Korrosionsschutz verringert sich
- Bei einem pH Wert  $< 7$  sollte die Sole getauscht werden

# Hinweise zu Glykol

- Zink
    - Zink wird beim Kontakt mit Glykolen abgelöst
- ⇒ Keine verzinkten Rohre in Kälte- und Wärmepumpenanlagen

# Hinweise zu Glykol

- Massenstrom anpassen
  - $c_{pH_2O} / c_{pGlykol} = 1,16$  ( $4,18 \div 3,6 = 1,16$ )  $KJ \div kg K$  (Annahme 30% Lösung)
  - **$Q = \text{Massenstrom} \times c_p \times \Delta T$**
- ⇒ Massenstrom muss um 16 % zunehmen
  - Druckverlust nimmt um 35 % zu
  - Leistungsaufnahme Pumpe um 56 %

# Regelwerke

- Leitungsanlagen-Richtlinie (DIBt)
- DIN 4140 (Dämmung)
- DIN 1988 (Trinkwasser Installationen)
- DIN EN 12831-06 (Heizlastberechnung)
- VDI 2078 (Kühllast Berechnung)
- DIN EN 12216-5 (Nahtlose Rohre)
- DIN 10255 (Gewinderohre)
- DIN 2605 (Bögen)

