



Name _____ Datum _____

Zirkulationsberechnung Objekt _____

1. Wärmestrom

Tabelle 1 Berechnung Wärmestrom

A	B	C	D	E	F
TS	Länge l	ϕ_m	$\phi_{TS} = l \cdot \phi_m$	ϕ_{tot}	TS ϕ_{tot}
Nr.	m	W/m	W	W	Nr.
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					



2. Pumpenvolumenstrom

- Wärmestrom total
(analog TS 1) $\Phi_{\text{tot}} =$ W
 $=$ kW $\triangleq$ kJ/s
- Spezifische Wärmekapazität Wasser $c = 4.187$ kJ/(kg·K)
- Temperaturdifferenz Austritt Speicher / Eintritt Speicher $\Delta\theta =$ K

$$\dot{m}_p \triangleq \dot{V}_p = \frac{\Phi_{\text{tot}}}{c \cdot \Delta\theta}$$

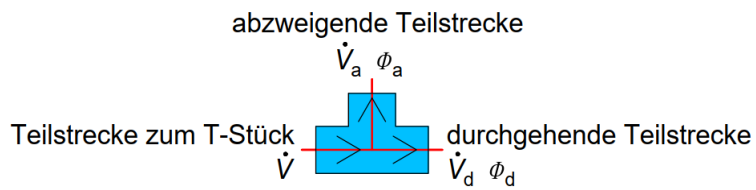
$$\left[\dot{m}_p \triangleq \dot{V}_p \right] = \frac{\text{kJ} \cdot \text{kg} \cdot \text{K}}{\text{s} \cdot \text{kJ} \cdot \text{K}} = \frac{\text{kg}}{\text{s}} \triangleq \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Berechnung Pumpenvolumenstrom:

- Pumpenvolumenstrom $\dot{V}_p =$ l/s
 $=$ l/h
 $=$ l/min
 $=$ m³/h



3. Teilvolumenströme



$$\dot{V}_a = \dot{V} \cdot \frac{\phi_a}{\phi_a + \phi_d}$$

$$\dot{V}_d = \dot{V} - \dot{V}_a$$

$$\left[\dot{V}_a \right] = \frac{l \cdot W}{h \cdot W} = \frac{l}{h}$$

$$\left[\dot{V}_d \right] = \frac{l}{h}$$

Hinweis:
Formel im Kurz + Bündig
korrigieren (S. 49)!

Tabelle 2 Berechnung Teilvolumenströme

A	B	C	D	E	F
TS	$\phi_a \uparrow$	$\phi_d \Rightarrow$	$\dot{V}$	$\dot{V}_a$	$\dot{V}_d$
Nr.	W	W	l/h	l/h	l/h
1					
2					
3					
4					
5					

Berechnung Teilvolumenströme:



4. Hydraulische Berechnung

Tabelle 3 Hydraulische Berechnung

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
TS	Material, System, Fabrikat	Rohr- weite	Länge l	EW $\frac{EW}{l}$ %	Länge Total l_{tot}	Volumen- strom $\dot{V}$	Fliess- geschw. w	Δp pro Meter Δp	Δp Total Δp_{tot}
		$\varnothing$	m	m	m	l/h	m/s	mbar/m	mbar
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									

Hinweise

- Beim herauslesen des Druckverlustes in den Tabellengrundlagen, immer die Werte des näherliegenden Volumenstroms einsetzen
- Rohrweitenbestimmung nach Fließgeschwindigkeit ($w = 0.3 - 1.0$ m/s).



5. Druckverlust pro Zirkulationsstrang

Tabelle 4 Druckverlust pro Zirkulationsstrang

A	B	C	D
TS	Strang 1	Strang 2	Strang 3
	mbar	mbar	mbar
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
Total			



6. Auslegung Zirkulationspumpe

- Pumpenvolumenstrom (Übertrag) $\dot{V}_P =$ l/min
 $=$ m³/h
- Volumenstrom ungünstigster Zirkulationsstrang (Übertrag) $\dot{V}_{P,Str} =$ l/h
 $=$ l/min
 Ungünstigster Zirkulationsstrang: _____
 $=$ m³/h

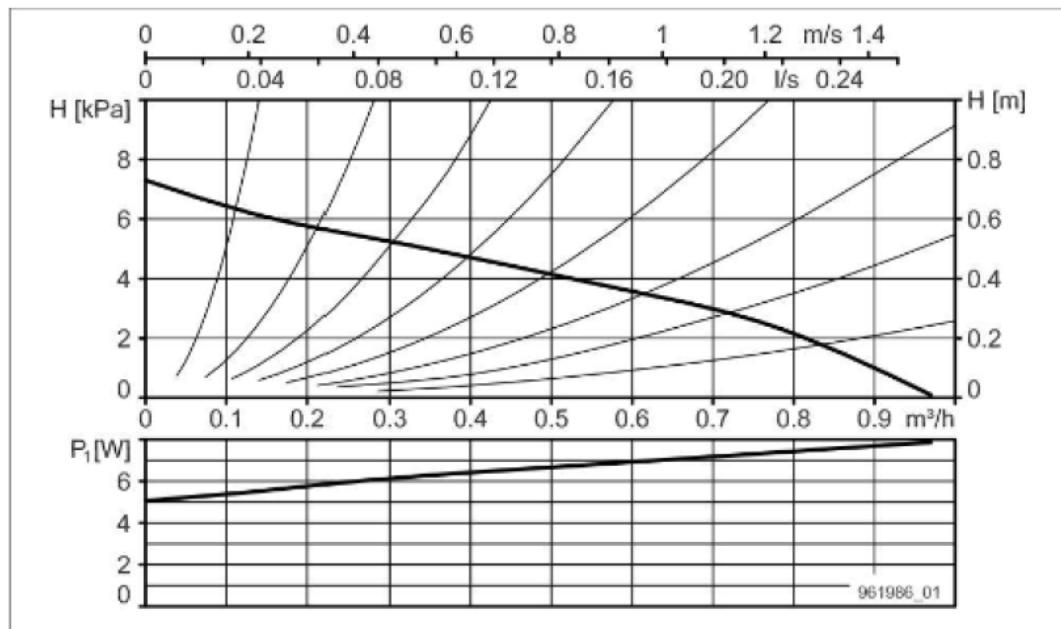
Tabelle 5 Auslegung Zirkulationspumpe

A	Druckverlust ungünstigster Zirkulationsstrang	mbar
B	Druckverlust Rückflussverhinderer (teilw. in Pumpe eingebaut)	mbar
C	Druckverlust Regulierorgan (ungünstigster Zirkulationsstrang) bei voller Öffnung	mbar
D	Druckverlust weitere Armaturen (z.B. therm. Mischer)	mbar
E	Förderhöhe rechnerisch (Total Druckverlust) p_{theo} h_{theo}	mbar
		kPa
		m
F	Pumpenvolumenstrom $\dot{V}_P$	l/s
		l/h
		m ³ /h

$$h_{theo} = \frac{p_{theo}}{\rho \cdot g}$$

$$[h] = \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^2}{\text{kg} \cdot \text{m}} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}} = \text{m}$$

$$1 \text{ mbar} \triangleq 100 \text{ Pa} \triangleq 0,1 \text{ kPa}$$

**Pumpen mit konstanter Drehzahl für kleine Objekte (EFH)****Biral / AX 15-0.7 Blue**

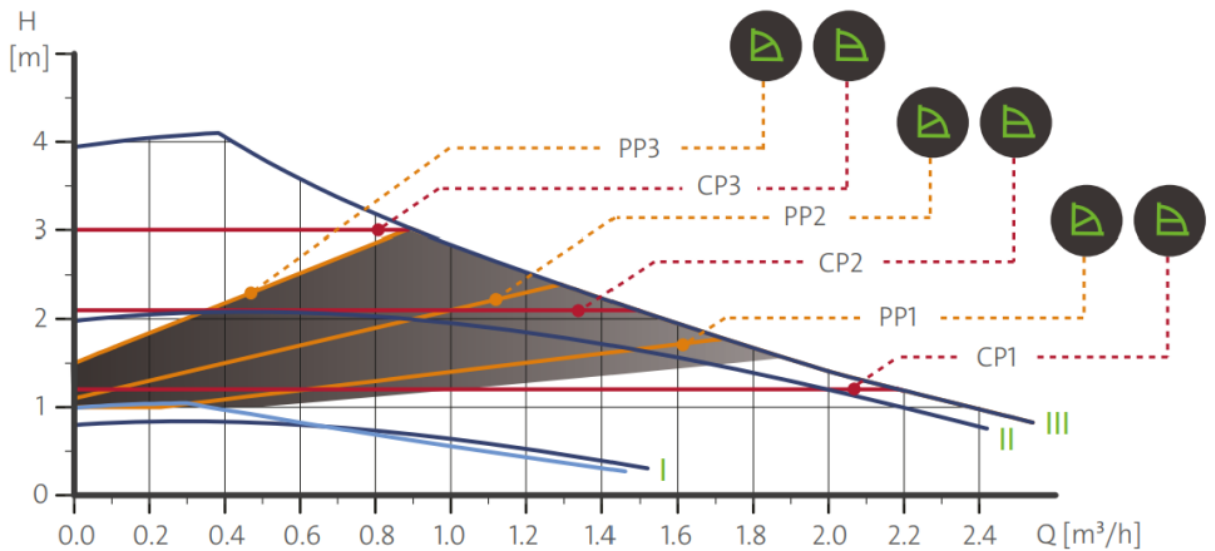


Pumpe drehzahlreguliert für grössere Objekte

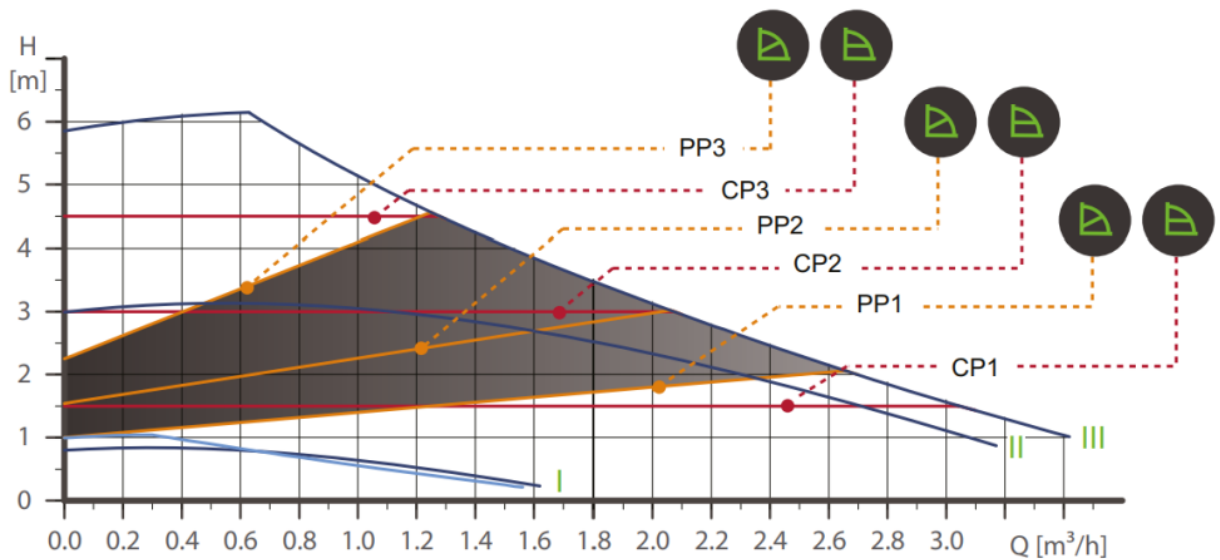
Var. 1 Rote Linien = Konstantdruck, versch. Stufen (CP1, CP2, CP3)

Var. 2 Blaue Linie = Konstantdrehzahl, versch. Stufen (I, II, III)

Grundfos / Alpha2 15-40



Grundfos / Alpha2 15-60





Pumpe gewählt

Fabrikat: _____

Typ: _____

Betriebsart / Stufe: _____

Tabelle 6 Effektive Betriebspunkte

A	Förderhöhe effektiv $h_{\text{eff}} \triangleq p_{\text{eff}}$ gemäss Pumpendiagramm		mbar
		p_{eff}	kPa
		h_{eff}	m
B	Pumpenvolumenstrom $\dot{V}_p$ gemäss Berechnung (bleibt bei Auslegung unverändert)		l/s
			l/h
			m³/h

7. Auslegung Druckverlust Regulierorgane

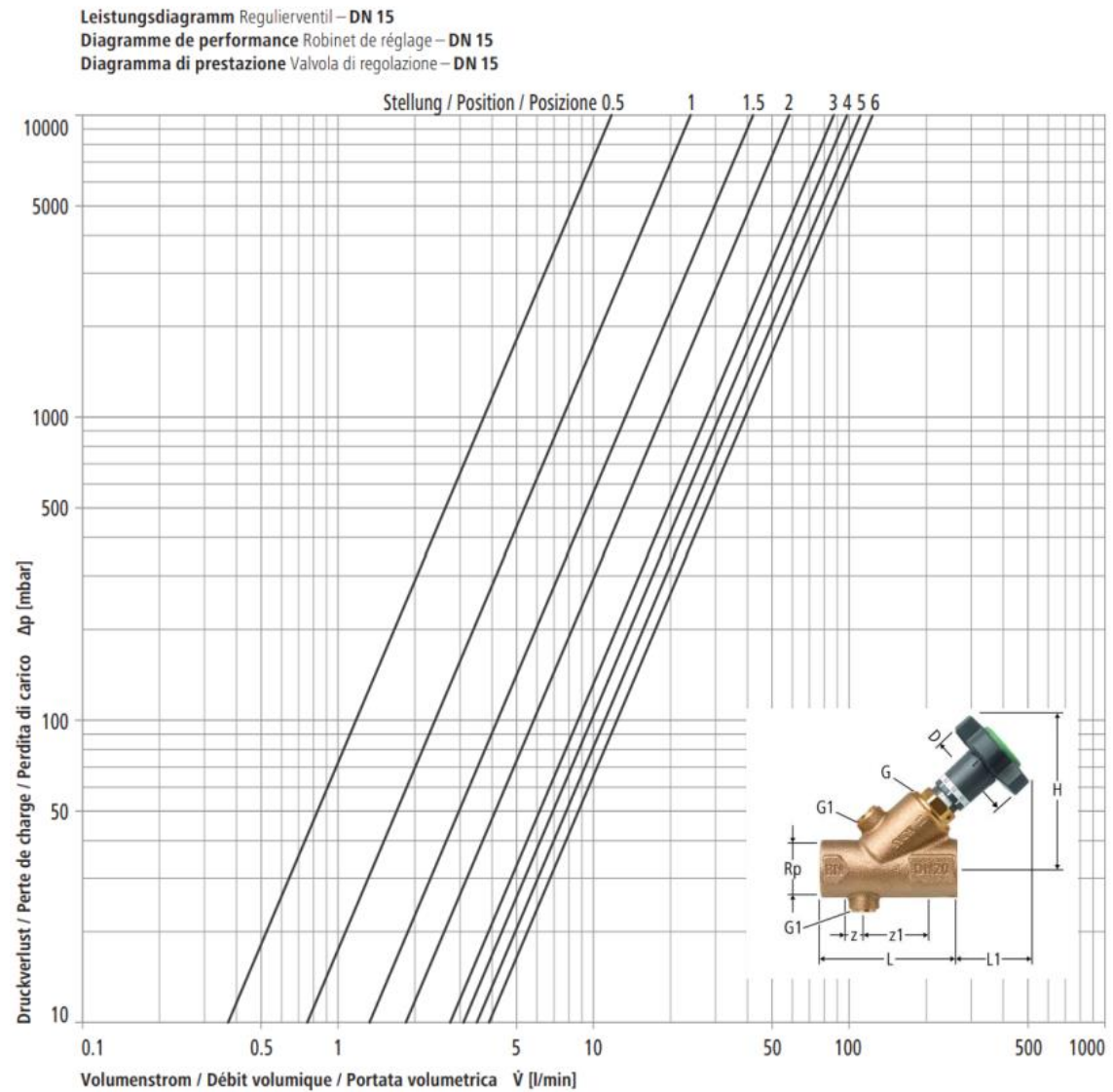
Tabelle 7 Auslegung Druckverlust Regulierorgane

		nach Einregulierung	nach Einregulierung	nach Einregulierung
		Strang 1	Strang 2	Strang 3
A	Volumenstrom	_____ l/h	_____ l/h	_____ l/h
		_____ l/min	_____ l/min	_____ l/min
B	Förderhöhe Zirkulationspumpe effektiv p_{eff}	mbar	mbar	mbar
C	minus Δp Leitungen	mbar	mbar	mbar
D	minus Δp RV	mbar	mbar	mbar
E	minus Δp weitere Armaturen (z.B. therm. Mischer)	mbar	mbar	mbar
F	Druckerverlust Regulierorgan Δp_D	mbar	mbar	mbar



8. Auslegung Regulierorgane

Mech. Regulierorgan Typ 24022 DN 15



Gewählt

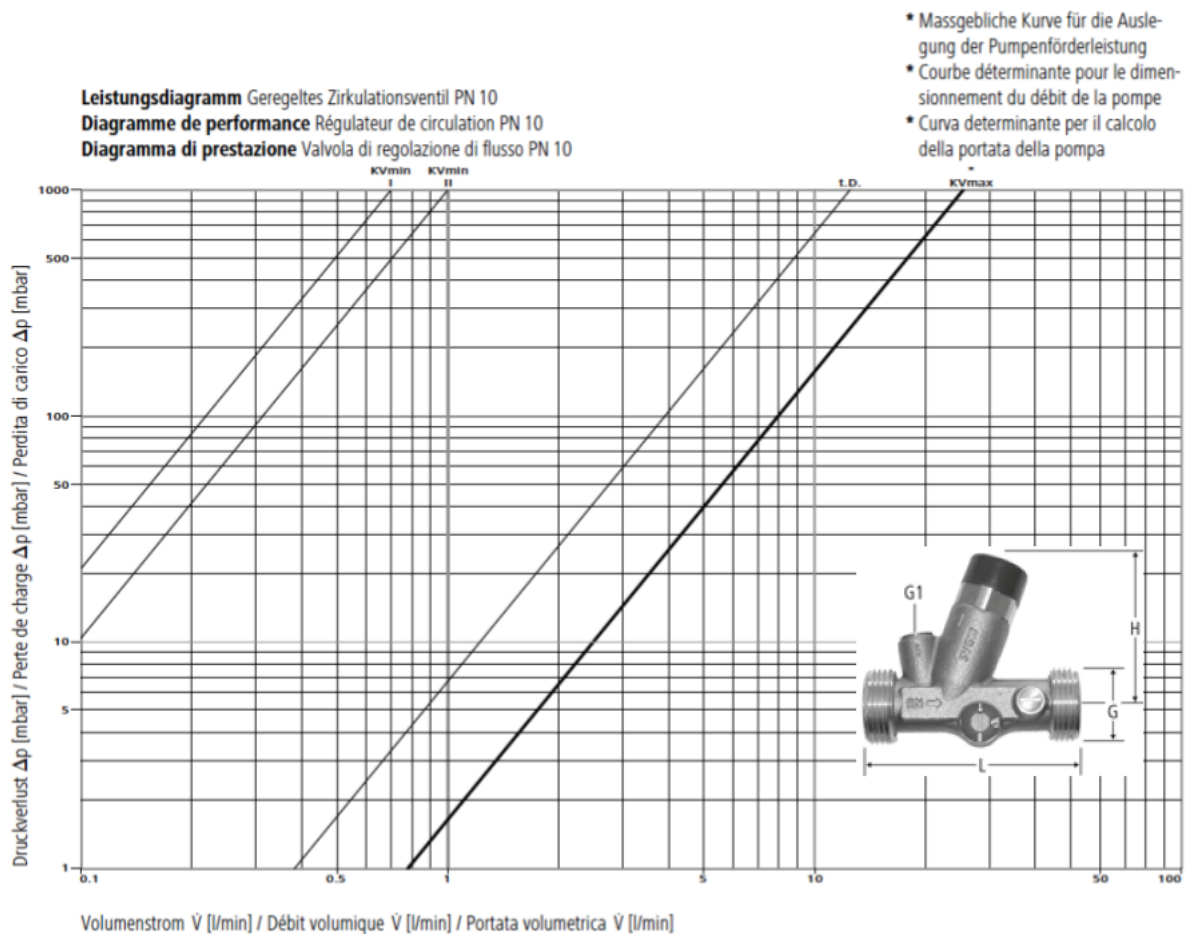
Strang 1: Ventilstellung / Position _____

Strang 2: Ventilstellung / Position _____

Strang 3: Ventilstellung / Position _____



thermisches Regulierorgan Typ 36010



Gewählt

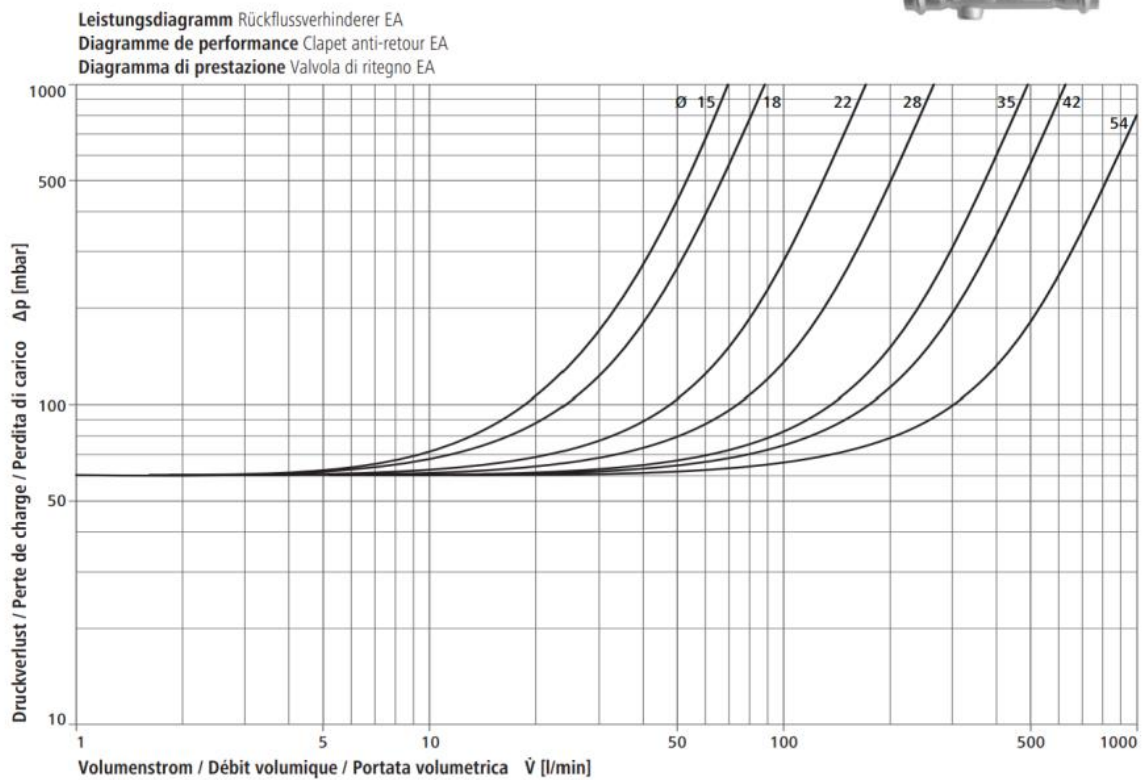
Strang 1: Volumenstrom Voreinstellung _____

Strang 2: Volumenstrom Voreinstellung _____

Strang 3: Volumenstrom Voreinstellung _____



9. Anhang Druckverlust Rückflussverhinderer





10. Anhang Druckverlust «rostfreie Stahlrohre (CNS)

	$d_a \times s$ [mm] 12 x 1.0		$d_a \times s$ [mm] 15 x 1.0		$d_a \times s$ [mm] 18 x 1.0		$d_a \times s$ [mm] 22 x 1.2	
$\dot{V}$ l/h	w m/s	Δp mbar/m	w m/s	Δp mbar/m	w m/s	Δp mbar/m	w m/s	Δp mbar/m
10	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
35	0.1	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
40	0.1	0.4	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
45	0.2	0.5	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
50	0.2	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0
55	0.2	0.7	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0
60	0.2	0.9	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0
65	0.2	1.0	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.0
70	0.3	1.1	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.0
75	0.3	1.3	0.2	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1
80	0.3	1.4	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.1
85	0.3	1.6	0.2	0.5	0.1	0.2	0.1	0.1
90	0.3	1.7	0.2	0.5	0.1	0.2	0.1	0.1
95	0.3	1.9	0.2	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1
100	0.4	2.1	0.2	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1
110	0.4	2.5	0.2	0.7	0.2	0.3	0.1	0.1
120	0.4	2.9	0.3	0.8	0.2	0.3	0.1	0.1
130	0.5	3.3	0.3	1.0	0.2	0.4	0.1	0.1
140	0.5	3.8	0.3	1.1	0.2	0.4	0.1	0.2
150	0.5	4.3	0.3	1.2	0.2	0.5	0.1	0.2
160	0.6	4.8	0.3	1.4	0.2	0.5	0.1	0.2
170	0.6	5.3	0.4	1.5	0.2	0.6	0.2	0.2
180	0.6	5.9	0.4	1.7	0.2	0.6	0.2	0.2
190	0.7	6.4	0.4	1.9	0.3	0.7	0.2	0.3
200	0.7	7.1	0.4	2.0	0.3	0.8	0.2	0.3
210	0.7	7.7	0.4	2.2	0.3	0.8	0.2	0.3
220	0.8	8.3	0.5	2.4	0.3	0.9	0.2	0.3
230	0.8	9.0	0.5	2.6	0.3	1.0	0.2	0.4
240	0.9	9.7	0.5	2.8	0.3	1.0	0.2	0.4
250	0.9	10.4	0.5	3.0	0.3	1.1	0.2	0.4
260	0.9	11.2	0.5	3.2	0.4	1.2	0.2	0.5
270	1.0	11.9	0.6	3.4	0.4	1.3	0.2	0.5
280	1.0	12.7	0.6	3.7	0.4	1.4	0.3	0.5
290	1.0	13.5	0.6	3.9	0.4	1.4	0.3	0.6
300	1.1	14.3	0.6	4.1	0.4	1.5	0.3	0.6
310	1.1	15.2	0.7	4.4	0.4	1.6	0.3	0.6
320	1.1	16.0	0.7	4.6	0.4	1.7	0.3	0.7
330	1.2	16.9	0.7	4.9	0.5	1.8	0.3	0.7
340	1.2	17.8	0.7	5.1	0.5	1.9	0.3	0.7
350	1.2	18.8	0.7	5.4	0.5	2.0	0.3	0.8
360	1.3	19.7	0.8	5.7	0.5	2.1	0.3	0.8
370	1.3	20.7	0.8	5.9	0.5	2.2	0.3	0.8
380	1.3	21.7	0.8	6.2	0.5	2.3	0.3	0.9
390	1.4	22.7	0.8	6.5	0.5	2.4	0.4	0.9
400	1.4	23.7	0.8	6.8	0.6	2.5	0.4	1.0
410	1.5	24.7	0.9	7.1	0.6	2.7	0.4	1.0
420	1.5	25.8	0.9	7.4	0.6	2.8	0.4	1.1
430	1.5	26.9	0.9	7.7	0.6	2.9	0.4	1.1
440	1.6	28.0	0.9	8.1	0.6	3.0	0.4	1.1
450	1.6	29.1	0.9	8.4	0.6	3.1	0.4	1.2
460	1.6	30.3	1.0	8.7	0.6	3.2	0.4	1.2
470	1.7	31.4	1.0	9.0	0.6	3.4	0.4	1.3
480	1.7	32.6	1.0	9.4	0.7	3.5	0.4	1.3
490	1.7	33.8	1.0	9.7	0.7	3.6	0.5	1.4
500	1.8	35.0	1.0	10.1	0.7	3.8	0.5	1.4



11. Anhang Druckverlust «Pex-Rohre»

	$d_a \times s$ [mm] 12 x 1.7		$d_a \times s$ [mm] 14 x 2.75		$d_a \times s$ [mm] 16 x 3.8	
$\dot{V}$ l/h	w m/s	Δp mbar/m	w m/s	Δp mbar/m	w m/s	Δp mbar/m
10	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
15	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2
20	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2
25	0.1	0.2	0.1	0.3	0.1	0.3
30	0.1	0.5	0.2	0.6	0.2	0.6
35	0.2	0.7	0.2	0.7	0.2	0.8
40	0.2	0.9	0.2	0.9	0.2	1.0
45	0.2	1.1	0.2	1.1	0.2	1.2
50	0.2	1.3	0.2	1.4	0.3	1.4
55	0.3	1.5	0.3	1.6	0.3	1.7
60	0.3	1.8	0.3	1.9	0.3	2.0
65	0.3	2.0	0.3	2.1	0.3	2.3
70	0.3	2.3	0.3	2.4	0.4	2.6
75	0.4	2.6	0.4	2.7	0.4	2.9
80	0.4	2.9	0.4	3.1	0.4	3.2
85	0.4	3.2	0.4	3.4	0.4	3.6
90	0.4	3.6	0.4	3.8	0.5	4.0
95	0.5	3.9	0.5	4.1	0.5	4.4
100	0.5	4.3	0.5	4.5	0.5	4.8
110	0.5	5.1	0.5	5.4	0.6	5.7
120	0.6	5.9	0.6	6.2	0.6	6.6
130	0.6	6.8	0.6	7.2	0.7	7.6
140	0.7	7.8	0.7	8.2	0.7	8.6
150	0.7	8.8	0.7	9.2	0.8	9.7
160	0.8	9.8	0.8	10.3	0.8	10.9
170	0.8	10.9	0.8	11.5	0.9	12.1
180	0.9	12.1	0.9	12.7	0.9	13.4
190	0.9	13.2	0.9	13.9	1.0	14.7
200	1.0	14.5	1.0	15.3	1.0	16.1
210	1.0	15.8	1.0	16.6	1.1	17.6
220	1.1	17.1	1.1	18.0	1.1	19.1
230	1.1	18.5	1.1	19.5	1.2	20.6
240	1.1	19.9	1.2	21.0	1.2	22.2
250	1.2	21.4	1.2	22.5	1.3	23.8
260	1.2	22.9	1.3	24.1	1.3	25.5
270	1.3	24.5	1.3	25.8	1.4	27.3
280	1.3	26.1	1.4	27.5	1.4	29.1
290	1.4	27.8	1.4	29.2	1.5	30.9
300	1.4	29.5	1.5	31.0	1.5	32.8
310	1.5	31.2	1.5	32.8	1.6	34.7
320	1.5	33.0	1.6	34.7	1.6	36.7
330	1.6	34.8	1.6	36.6	1.7	38.7
340	1.6	36.7	1.7	38.6	1.7	40.8
350	1.7	38.6	1.7	40.6	1.8	42.9
360	1.7	40.5	1.8	42.7	1.8	45.1
370	1.8	42.5	1.8	44.7	1.9	47.3
380	1.8	44.6	1.9	46.9	1.9	49.6
390	1.9	46.6	1.9	49.1	2.0	51.9
400	1.9	48.7	2.0	51.3	2.0	54.2
410	2.0	50.9	2.0	53.6	2.1	56.6
420	2.0	53.1	2.1	55.9	2.1	59.1
430	2.1	55.3	2.1	58.2	2.2	61.6
440	2.1	57.6	2.2	60.6	2.2	64.1
450	2.2	59.9	2.2	63.0	2.3	66.7
460	2.2	62.2	2.3	65.5	2.3	69.3
470	2.2	64.6	2.3	68.0	2.4	71.9
480	2.3	67.1	2.4	70.6	2.4	74.6
490	2.3	69.5	2.4	73.2	2.5	77.4
500	2.4	72.0	2.5	75.8	2.5	80.2



(Fortsetzung)

	$d_a \times s$ [mm] 16 x 2.0		$d_a \times s$ [mm] 16 x 2.2		$d_a \times s$ [mm] 20 x 2.0		$d_a \times s$ [mm] 20 x 2.8	
$\dot{V}$ l/h	w m/s	Δp mbar/m	w m/s	Δp mbar/m	w m/s	Δp mbar/m	w m/s	Δp mbar/m
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0
35	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0
40	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0
45	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1
50	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1
55	0.1	0.3	0.1	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1
60	0.2	0.4	0.2	0.4	0.1	0.1	0.1	0.2
65	0.2	0.4	0.2	0.5	0.1	0.1	0.1	0.2
70	0.2	0.5	0.2	0.6	0.1	0.1	0.1	0.2
75	0.2	0.5	0.2	0.6	0.1	0.1	0.1	0.2
80	0.2	0.6	0.2	0.7	0.1	0.2	0.1	0.3
85	0.2	0.7	0.2	0.8	0.1	0.2	0.1	0.3
90	0.2	0.7	0.2	0.9	0.1	0.2	0.2	0.3
95	0.2	0.8	0.2	0.9	0.1	0.2	0.2	0.3
100	0.3	0.9	0.3	1.0	0.1	0.2	0.2	0.4
110	0.3	1.0	0.3	1.2	0.2	0.3	0.2	0.4
120	0.3	1.2	0.3	1.4	0.2	0.3	0.2	0.5
130	0.3	1.4	0.3	1.6	0.2	0.4	0.2	0.6
140	0.4	1.6	0.4	1.9	0.2	0.4	0.2	0.7
150	0.4	1.8	0.4	2.1	0.2	0.5	0.3	0.8
160	0.4	2.0	0.4	2.4	0.2	0.5	0.3	0.8
170	0.4	2.2	0.4	2.6	0.2	0.6	0.3	0.9
180	0.4	2.5	0.5	2.9	0.3	0.6	0.3	1.0
190	0.5	2.7	0.5	3.2	0.3	0.7	0.3	1.1
200	0.5	3.0	0.5	3.5	0.3	0.8	0.3	1.2
210	0.5	3.2	0.6	3.8	0.3	0.8	0.4	1.4
220	0.5	3.5	0.6	4.1	0.3	0.9	0.4	1.5
230	0.6	3.8	0.6	4.4	0.3	1.0	0.4	1.6
240	0.6	4.1	0.6	4.8	0.3	1.0	0.4	1.7
250	0.6	4.4	0.7	5.1	0.4	1.1	0.4	1.8
260	0.6	4.7	0.7	5.5	0.4	1.2	0.4	2.0
270	0.7	5.0	0.7	5.9	0.4	1.3	0.5	2.1
280	0.7	5.3	0.7	6.3	0.4	1.4	0.5	2.2
290	0.7	5.7	0.8	6.7	0.4	1.5	0.5	2.4
300	0.7	6.0	0.8	7.1	0.4	1.5	0.5	2.5
310	0.8	6.4	0.8	7.5	0.4	1.6	0.5	2.7
320	0.8	6.8	0.8	7.9	0.4	1.7	0.5	2.8
330	0.8	7.1	0.9	8.4	0.5	1.8	0.6	3.0
340	0.8	7.5	0.9	8.8	0.5	1.9	0.6	3.2
350	0.9	7.9	0.9	9.3	0.5	2.0	0.6	3.3
360	0.9	8.3	0.9	9.7	0.5	2.1	0.6	3.5
370	0.9	8.7	1.0	10.2	0.5	2.2	0.6	3.7
380	0.9	9.1	1.0	10.7	0.5	2.3	0.6	3.8
390	1.0	9.5	1.0	11.2	0.5	2.4	0.7	4.0
400	1.0	10.0	1.1	11.7	0.6	2.5	0.7	4.2
410	1.0	10.4	1.1	12.2	0.6	2.7	0.7	4.4
420	1.0	10.9	1.1	12.8	0.6	2.8	0.7	4.6
430	1.1	11.3	1.1	13.3	0.6	2.9	0.7	4.8
440	1.1	11.8	1.2	13.8	0.6	3.0	0.8	5.0
450	1.1	12.3	1.2	14.4	0.6	3.1	0.8	5.2
460	1.1	12.7	1.2	15.0	0.6	3.3	0.8	5.4
470	1.2	13.2	1.2	15.5	0.7	3.4	0.8	5.6
480	1.2	13.7	1.3	16.1	0.7	3.5	0.8	5.8
490	1.2	14.2	1.3	16.7	0.7	3.6	0.8	6.0
500	1.2	14.7	1.3	17.3	0.7	3.8	0.9	6.2



12. Anhang Regelung Zirkulationsumwälzpumpe

Für Zirkulationspumpen können verschiedene Bautypen und Betriebsarten eingesetzt werden. Kleine Anlagen ergeben kleine Volumenströme und somit auch kleinere Pumpen. Im Markt werden drehzahlregulierte Pumpen erst bei grösseren Pumpenleistungen (Volumenstrom/Förderhöhe) angeboten. Würde es kleinere, drehzahlregulierte Pumpen geben, würde man sie überall einsetzen. Somit halten wir fest:

- Kleine Anlagen (EFH) Pumpen mit Konstantdrehzahl (ungeregelt)
- Mittlere und grössere Anlagen Pumpen mit Konstantdruck (geregelt)
- Die Betriebsart Proportionaldruck wird bei der Zirkulation nicht eingesetzt.

Betriebsarten Pumpe



1) Bedientaste



2) Geregelter Betrieb: Proportionaldruck (pp)

Sinnvoll in folgenden Anlagen:

- Zweirohrsystemen mit thermischen Ventilen und langen Leitungstrecken
- Ventilen mit grossem Arbeitsbereich
- Hohem Druckverlust
- Primärkreisumpen mit hohem Druckverlust



3) Geregelter Betrieb: Konstantdruck (cp)

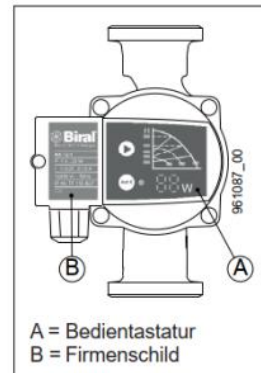
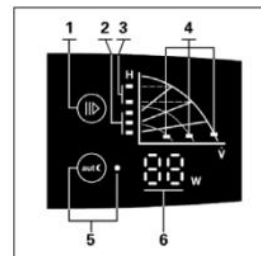
Sinnvoll in folgenden Anlagen:

- Zweirohrsystemen mit thermischen Ventilen und Förderhöhe >2m
- Natürlicher Umwälzung (ehemalige Schwerkraftheizung)
- mit sehr geringem Druckverlust
- Primärkreisumpen in Anlagen mit geringem Druckverlust
- Fussbodenheizung mit Thermostatventilen
- Einrohrheizungen

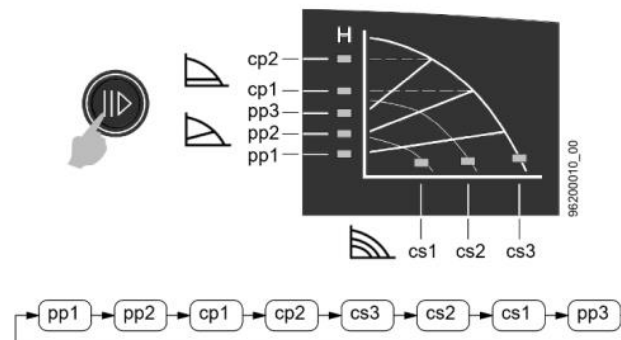


4) Ungeregelter Betrieb: Konstantdrehzahl (cs)

Sinnvoll für Anlagen mit konstantem Volumenstrom: Klimaanlage, Wärmepumpen, Kesselspeisumpen etc.



Einstellung Betriebsart Pumpe



Quellennachweis: Pumpendiagramme und Pumpenangaben gem. Unterlagen der Fa. Grundfos und Biral.

13. Notizen

[illegible]