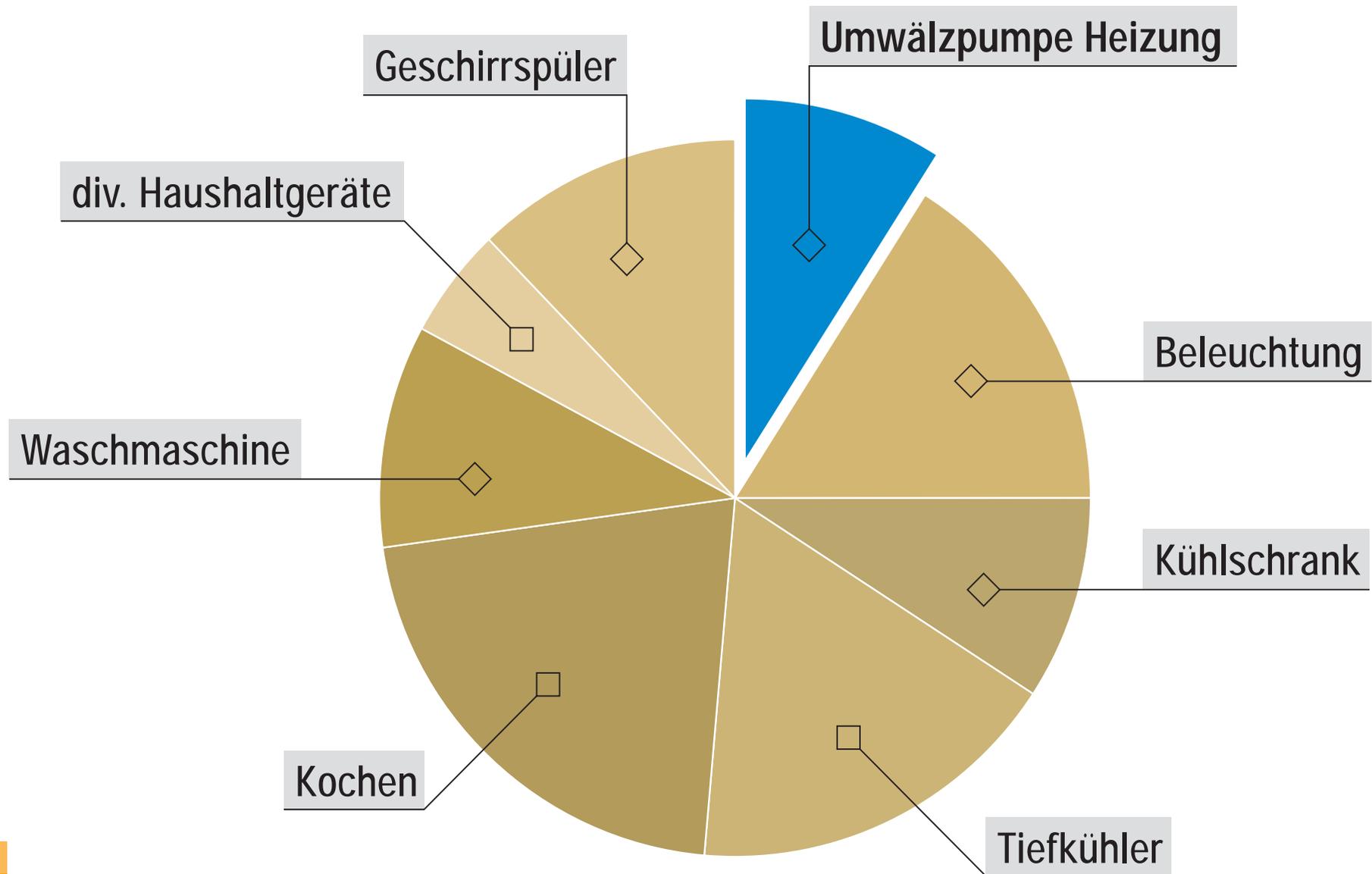
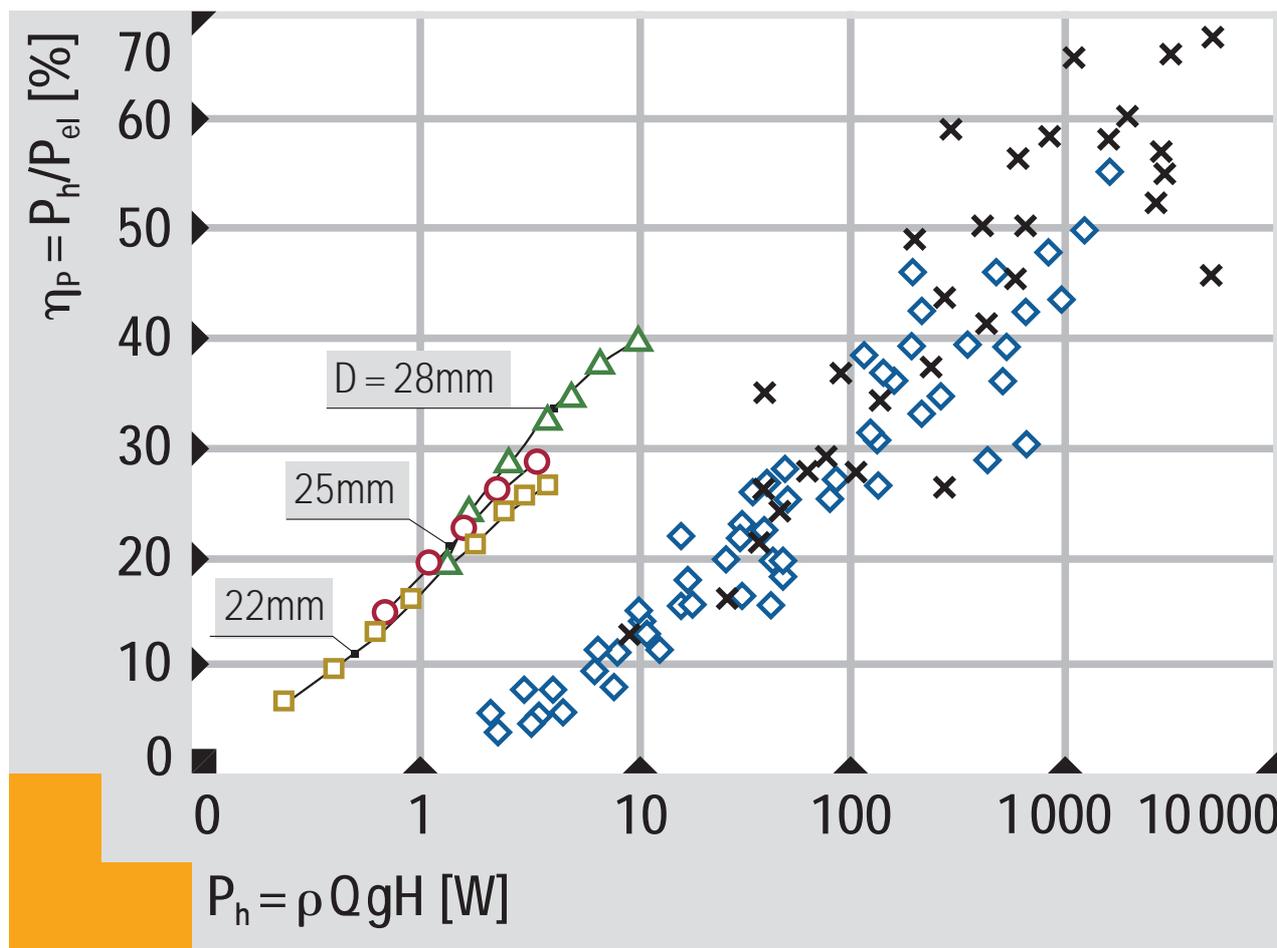


Anteil der Heizungsumwälzpumpen am Stromverbrauch von Ein- und Zweifamilienhäuser



Gesamtwirkungsgrade von Kleinstpumpen

in Abhängigkeit der hydraulischen Nutzleistung



Neue Pumpen,
inkl. ca. 3W Elektronikverluste

- △ 10W, 2 500-5 800 U/min
- 5W, 3 000-5 100 U/min
- 5W, 2 500-6 500 U/min

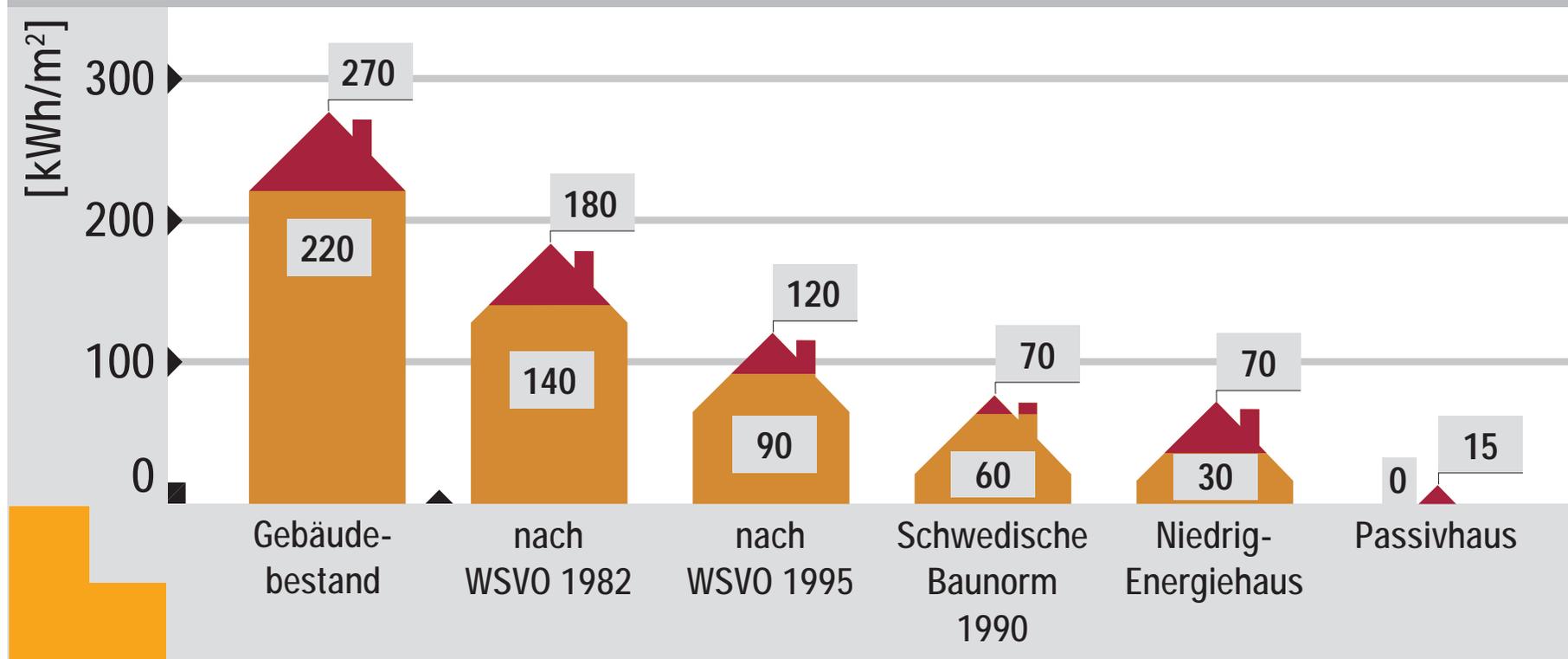
Füglist (1991)

- ◇ Naßläufer
- × Trockenläufer

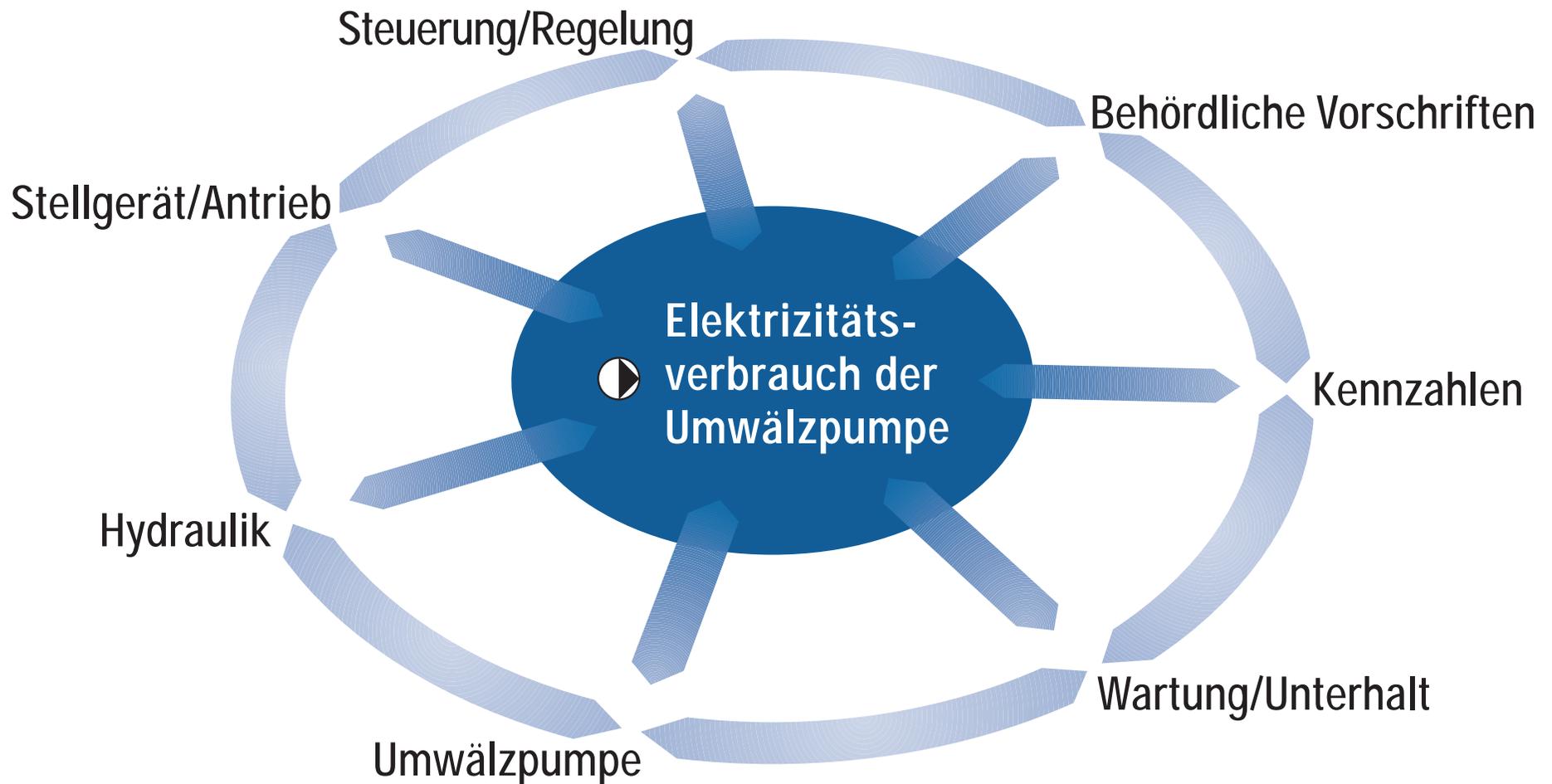
Spezifischer Wärmebedarf

(Baualtersklassen und Wärmeschutzstandard)

Spezifischer jährlicher Energieverbrauch für Raumheizung bei unterschiedlichem Wärmeschutz

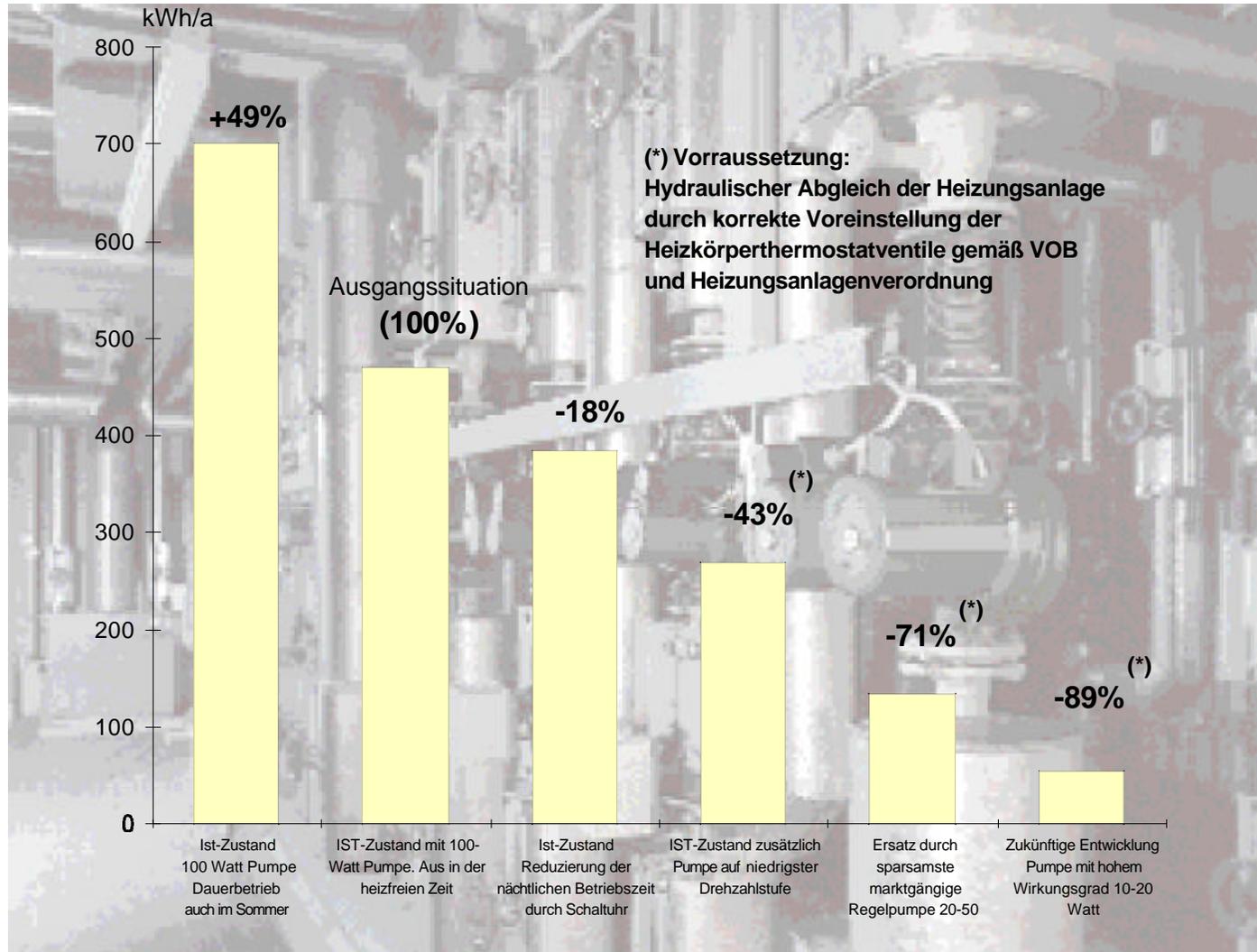


verschiedene Einflußfaktoren für den elektrischen Energiebedarf von Umwälzpumpen

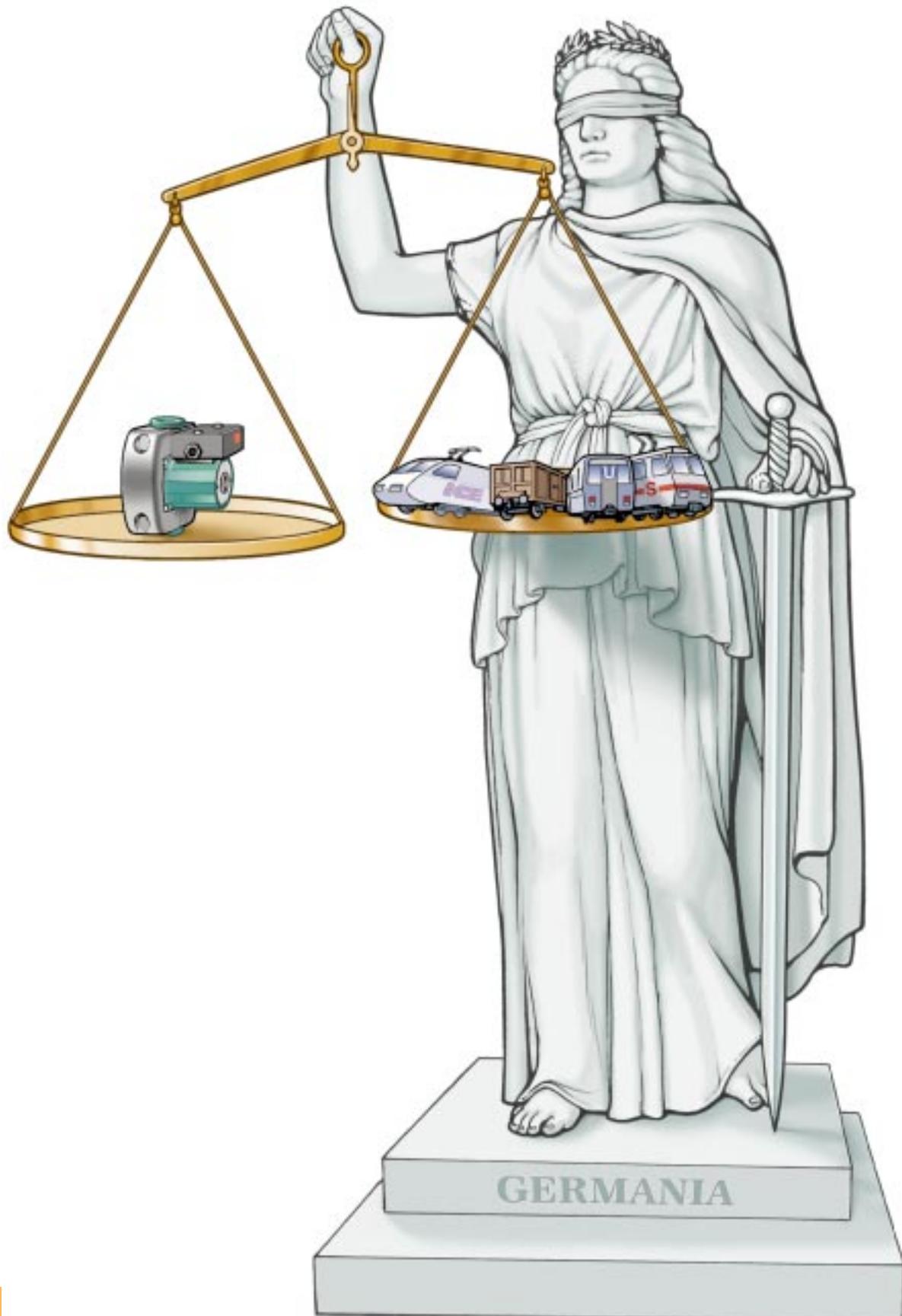


Stromverbrauch der Heizungsumwälzpumpe für ein Einfamilienhaus

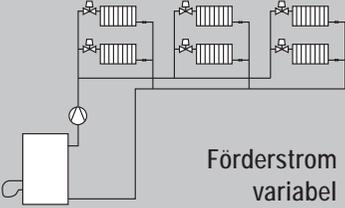
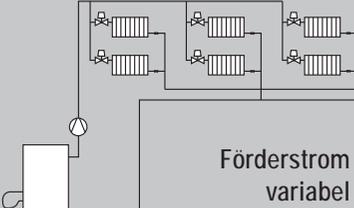
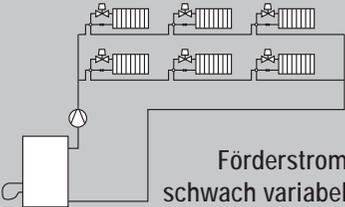
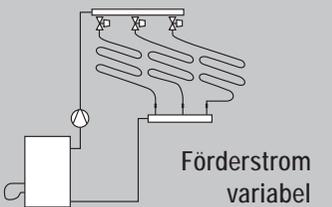
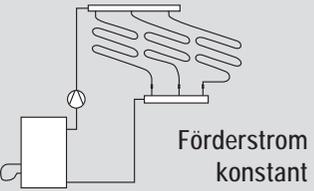
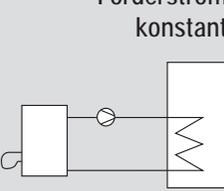
Stromverbrauch der Heizungsumwälzpumpe für ein Einfamilienhaus



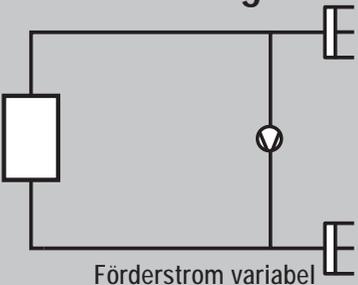
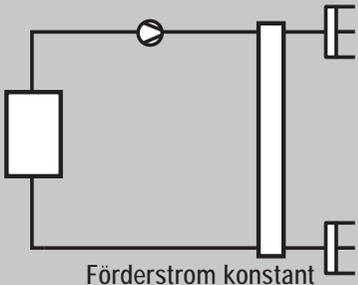
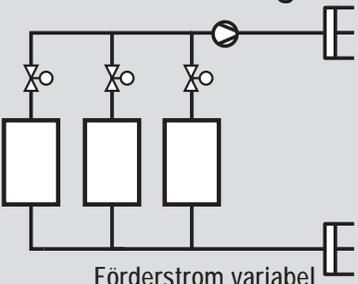
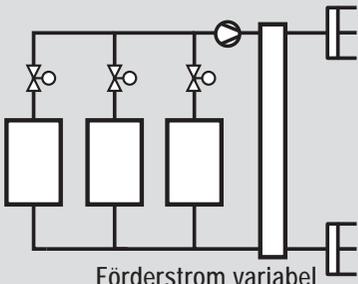
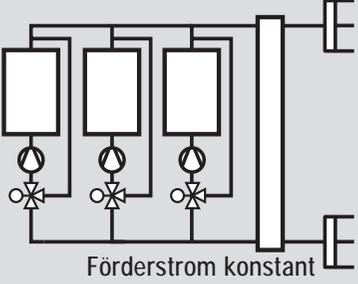
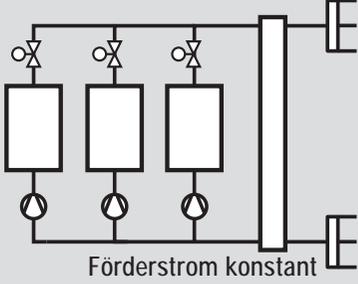
Ein verkanntes Schwergewicht ... wer hätte das gedacht?



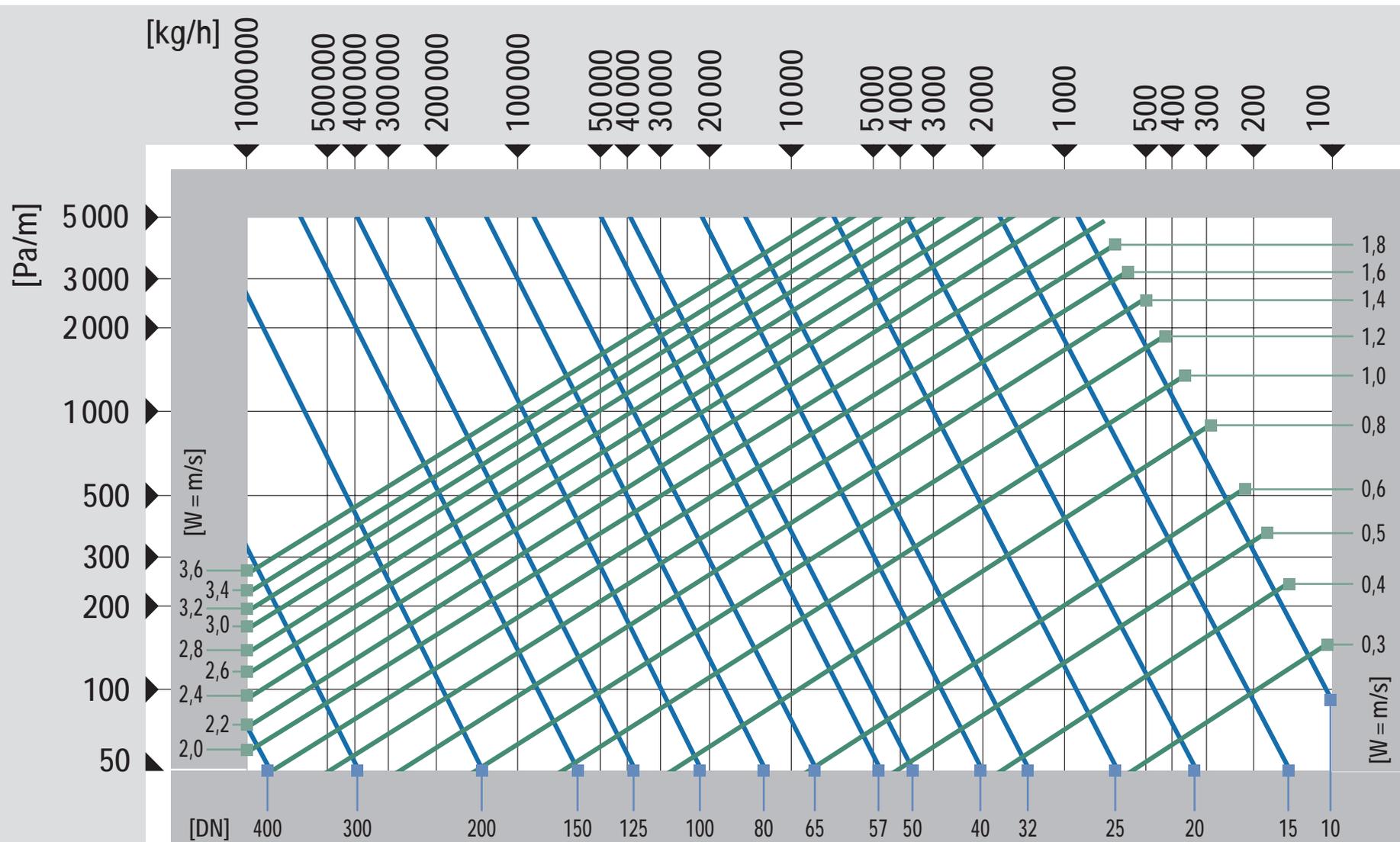
Heizkreis

Systemarten (Beispiele)		Geregelte Kesselkreispumpe ist vorgeschrieben	
Zweirohrheizung  Förderstrom variabel	Tichelmann-System  Förderstrom variabel	$\dot{Q}_{Anlage} \geq 50kW$	$\dot{Q}_{Kreis} \geq 50kW$ ja
			$\dot{Q}_{Kreis} < 50kW$
Einrohrheizung  Förderstrom schwach variabel	Fußbodenheizung mit Thermostat- bzw. Zonenventil  Förderstrom variabel	$\dot{Q}_{Anlage} < 50kW$	$\dot{Q}_{Kreis} \geq 3kW$ empf.
			$\dot{Q}_{Kreis} < 50kW$
Fußbodenheizung ohne Thermostat- bzw. Zonenventil  Förderstrom konstant	Einrohrheizung  Förderstrom konstant	Für alle Anlagengrößen nein	
Raumlufttechnische Anlagen		Abhängig von der hydraulischen Schaltung werden auch für RLT-Anlagen bei variablem Förderstrom geregelte Umwälzpumpen empfohlen	

Kesselkreis

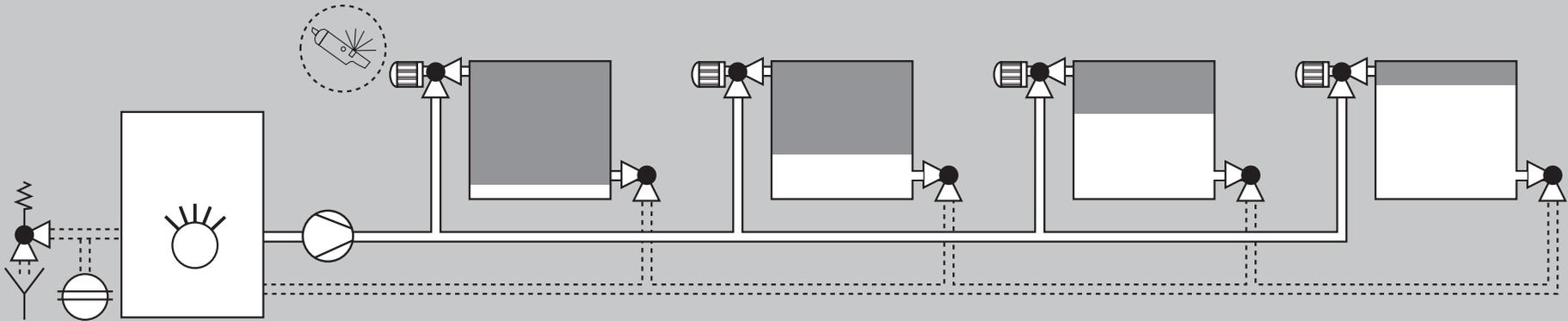
Systemarten (Beispiele)		Geregelte Kesselkreispumpe ist vorgeschrieben	
Einkesselanlage  <p>Förderstrom variabel</p>  <p>Förderstrom konstant</p>		<p>Für alle Anlagengrößen</p>	<p>nein</p>
Mehrkesselanlage  <p>Förderstrom variabel</p>  <p>Förderstrom variabel</p>  <p>Förderstrom konstant</p>  <p>Förderstrom konstant</p>		<p>$\dot{Q}_{Anlage} \geq 50kW$ $\dot{Q}_{Kessel} \geq 50kW$ ja</p> <p>$\dot{Q}_{Anlage} \geq 50kW$ $\dot{Q}_{Kessel} < 50kW$ ja</p> <p>$\dot{Q}_{Anlage} < 50kW$ $\dot{Q}_{Kessel} < 50kW$ empf.</p>	<p>Für alle Anlagengrößen</p> <p>nein</p>
<p>Weitere hydraulische Schaltung von Heizungssystemen</p>		<p>Bei variablem Förderstrom sind Pumpenregelungen einzusetzen für Kesselleistungen ab 50kW</p>	

Rohrreibungsdiagramm: Druckverlust als Funktion des Massenstroms bei verschiedenen Rohrquerschnitten

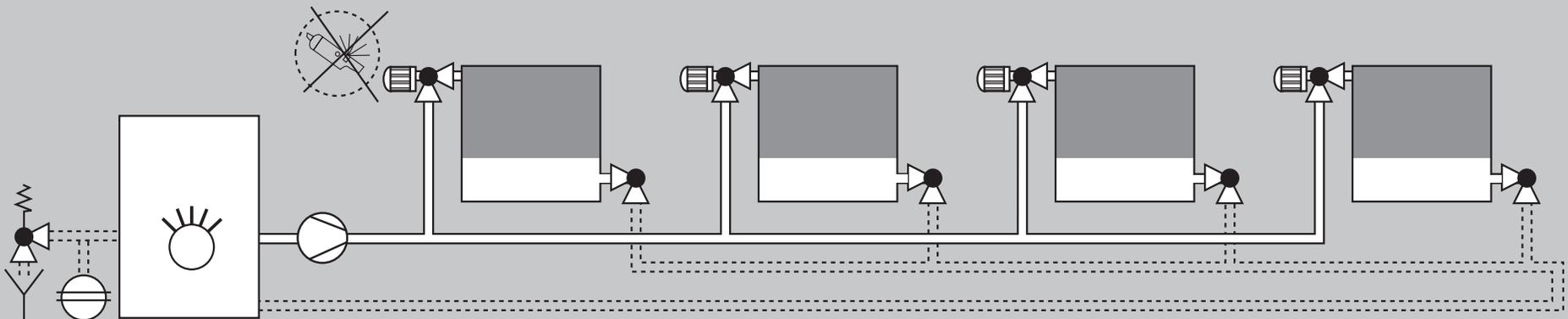


Hydraulischer Systemabgleich

Systemschema mit hydraulischem Kurzschluß

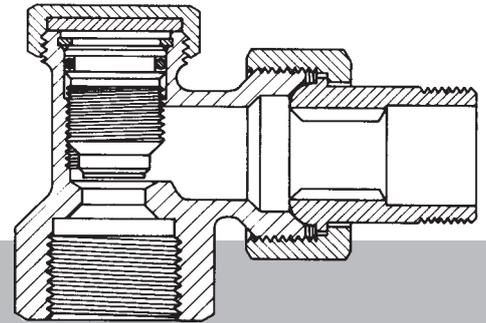


Hydraulische Verhältnisse in einem Tichelmann-Ring, wenn korrekt abgeglichen

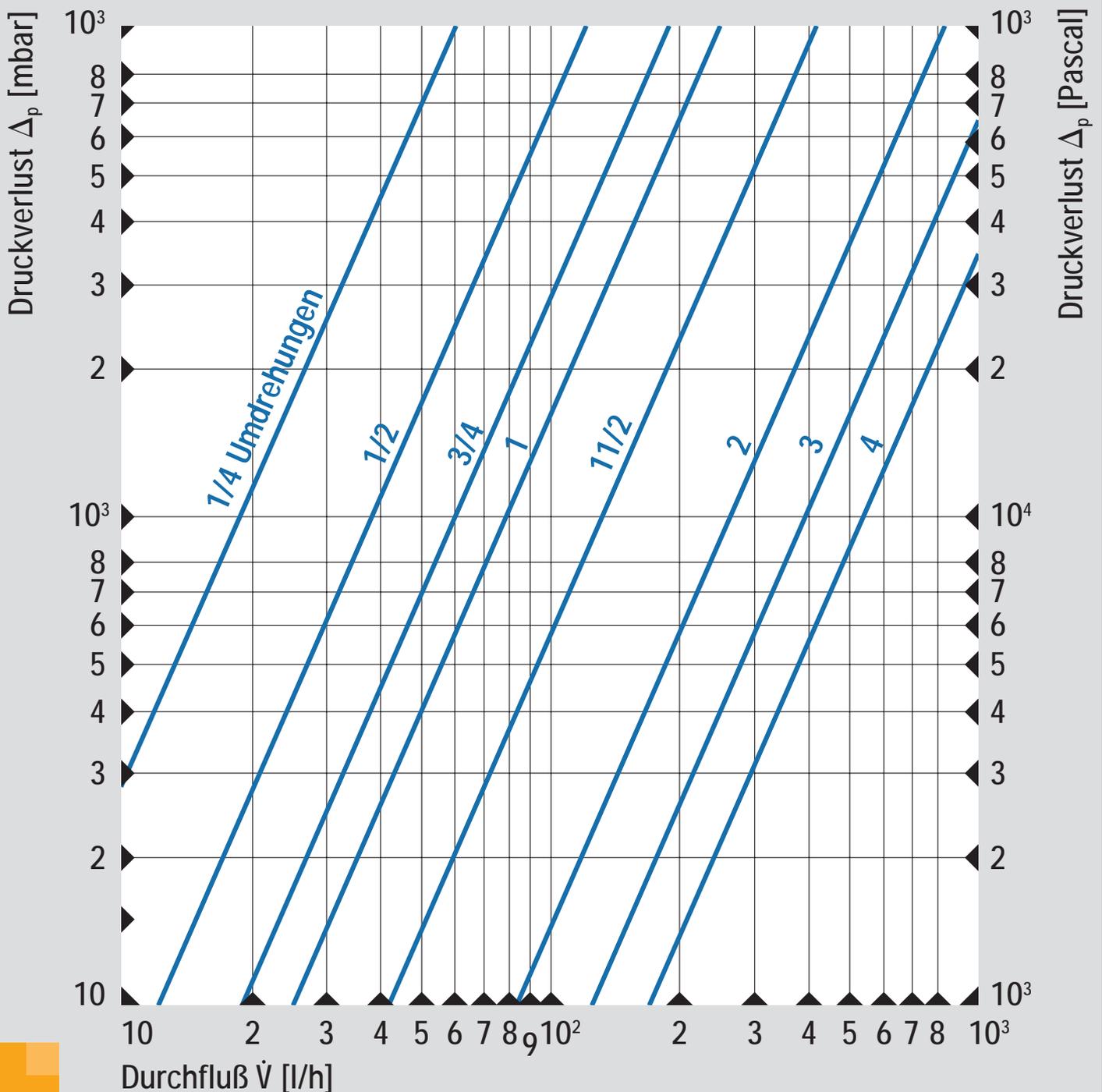


hydraulischer Abgleich mittels Rücklaufverschraubung

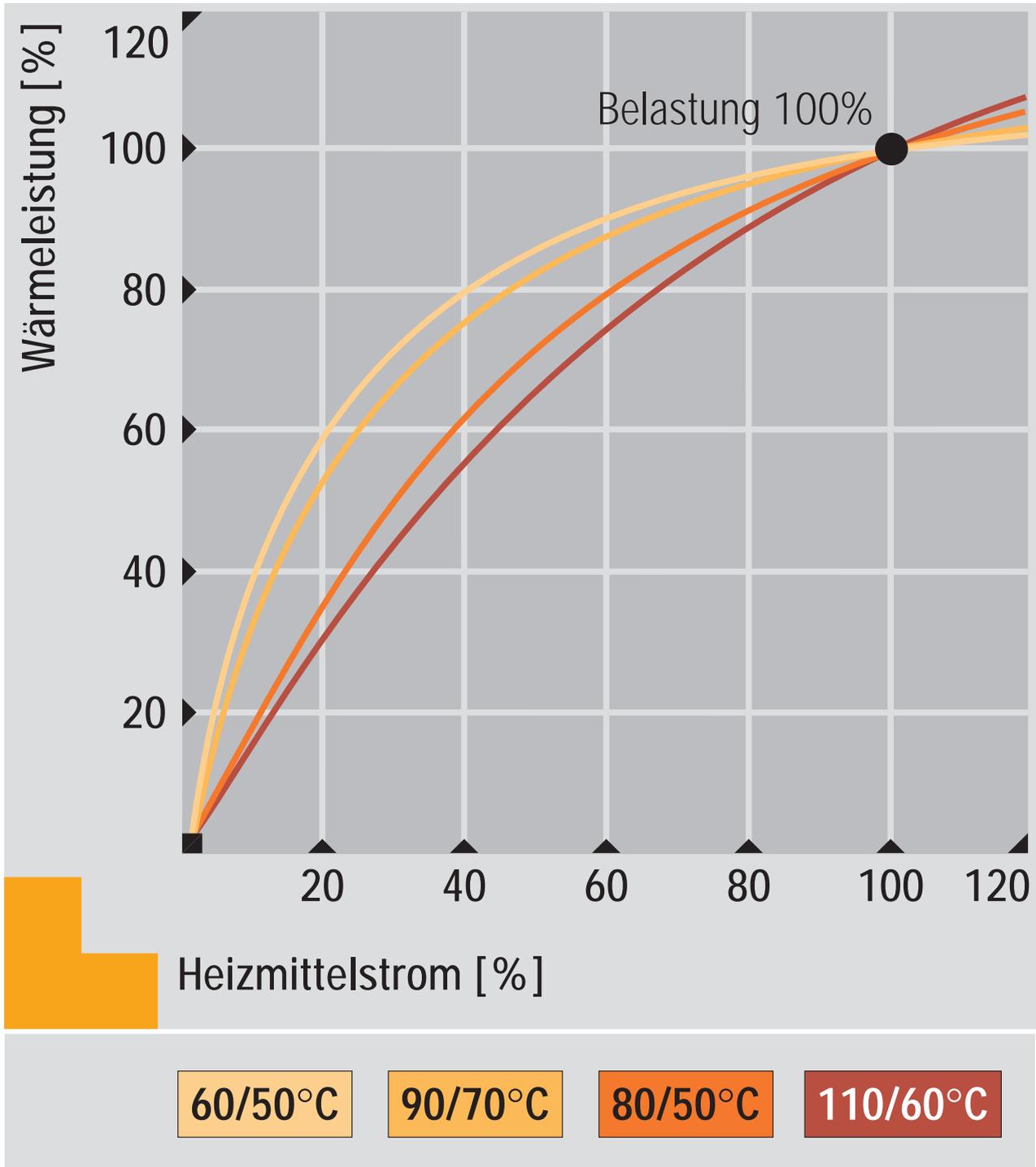
Abgleichbare
Rücklaufverschraubung
eines Heizkörpers
(im Schnitt)



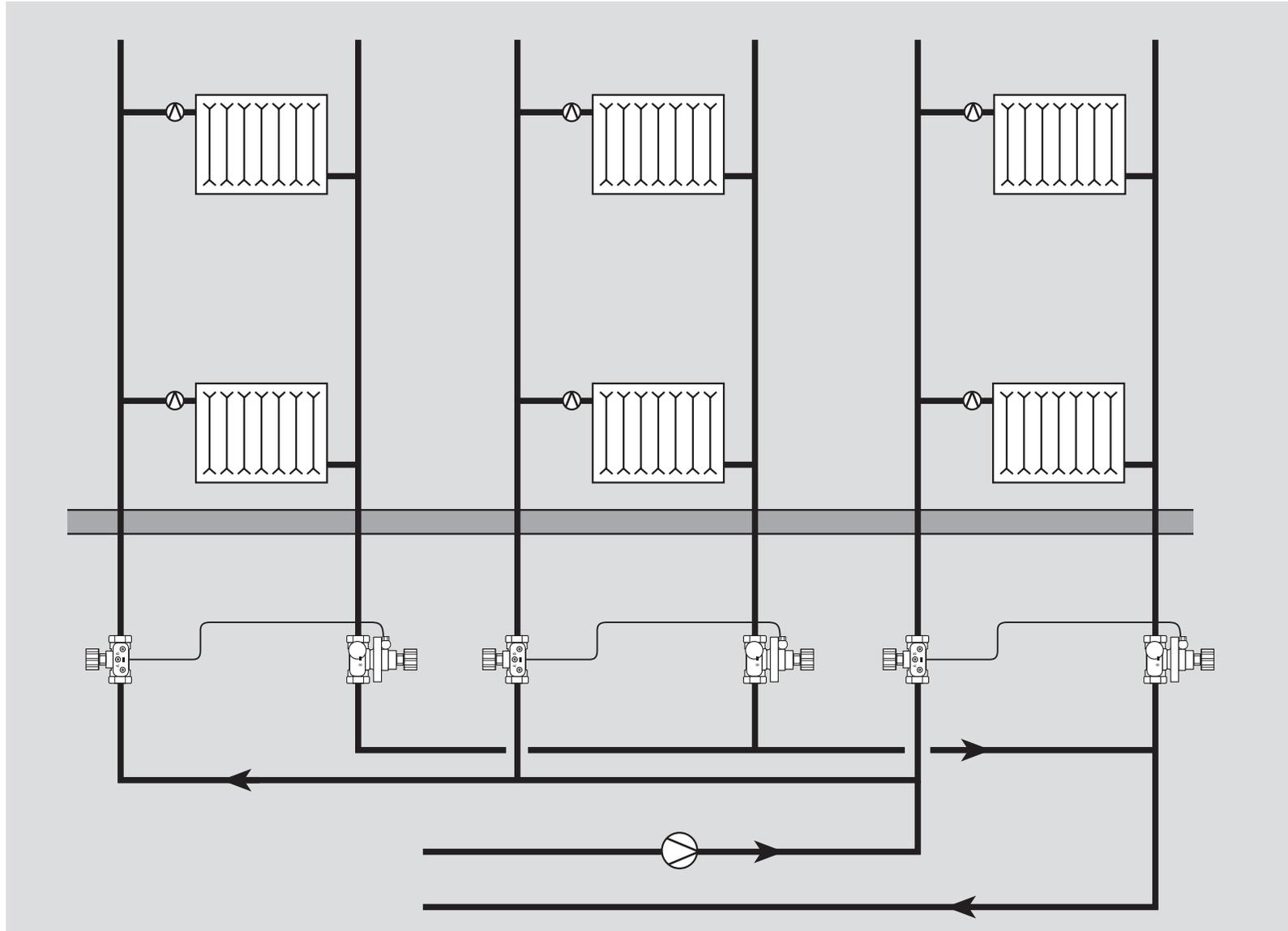
Kennlinienfeld der Voreinstellung einer Rücklaufverschraubung



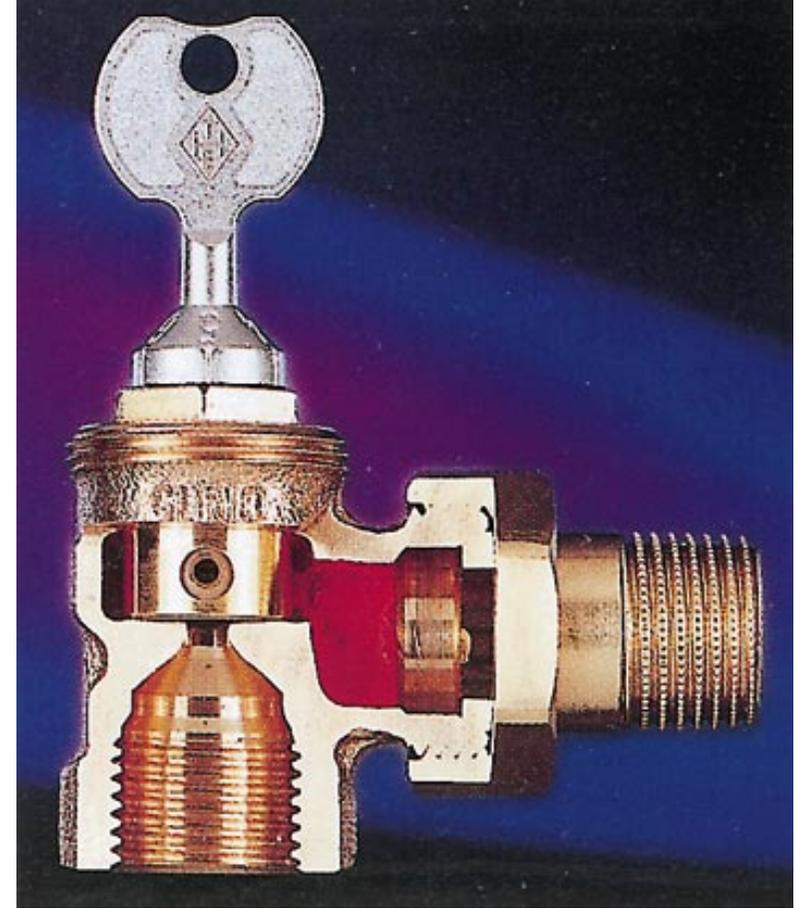
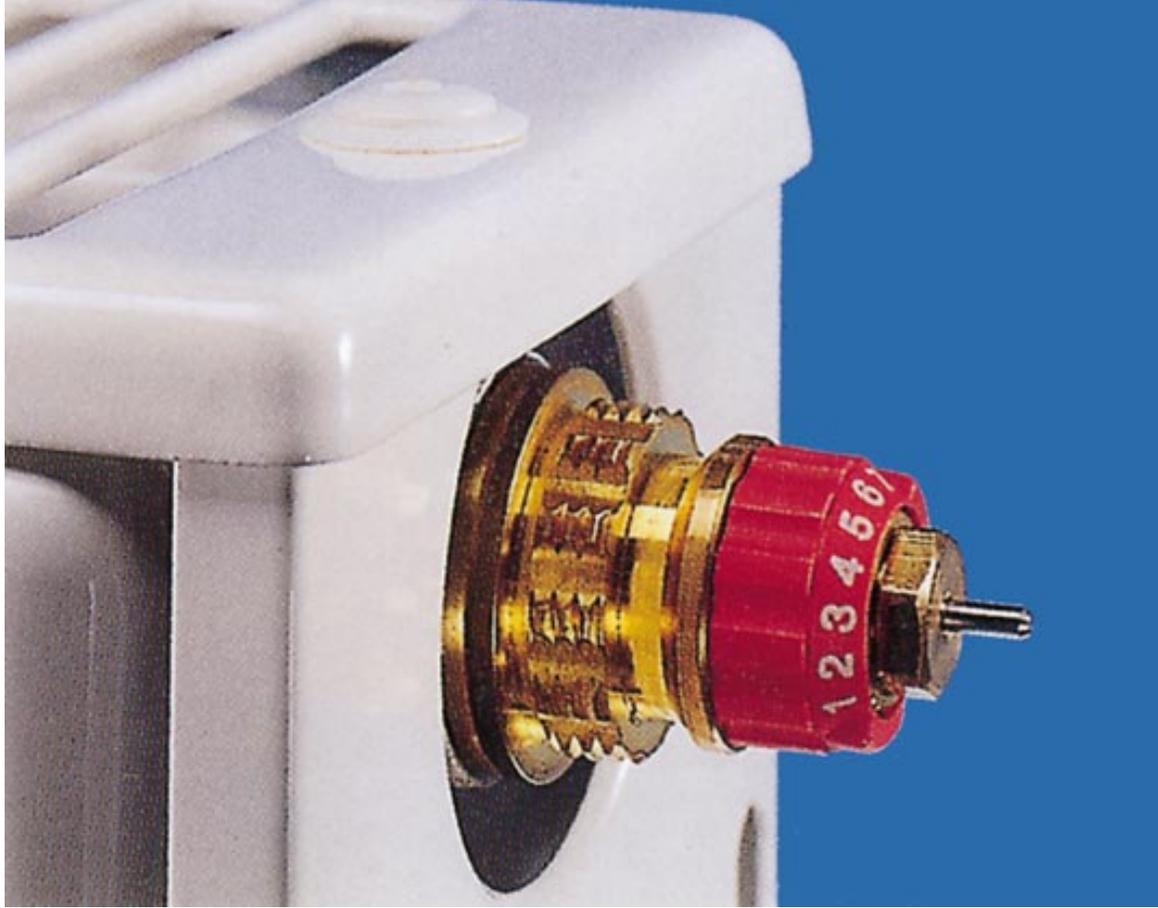
Heizleistung als Funktion des Heizmittelstromes



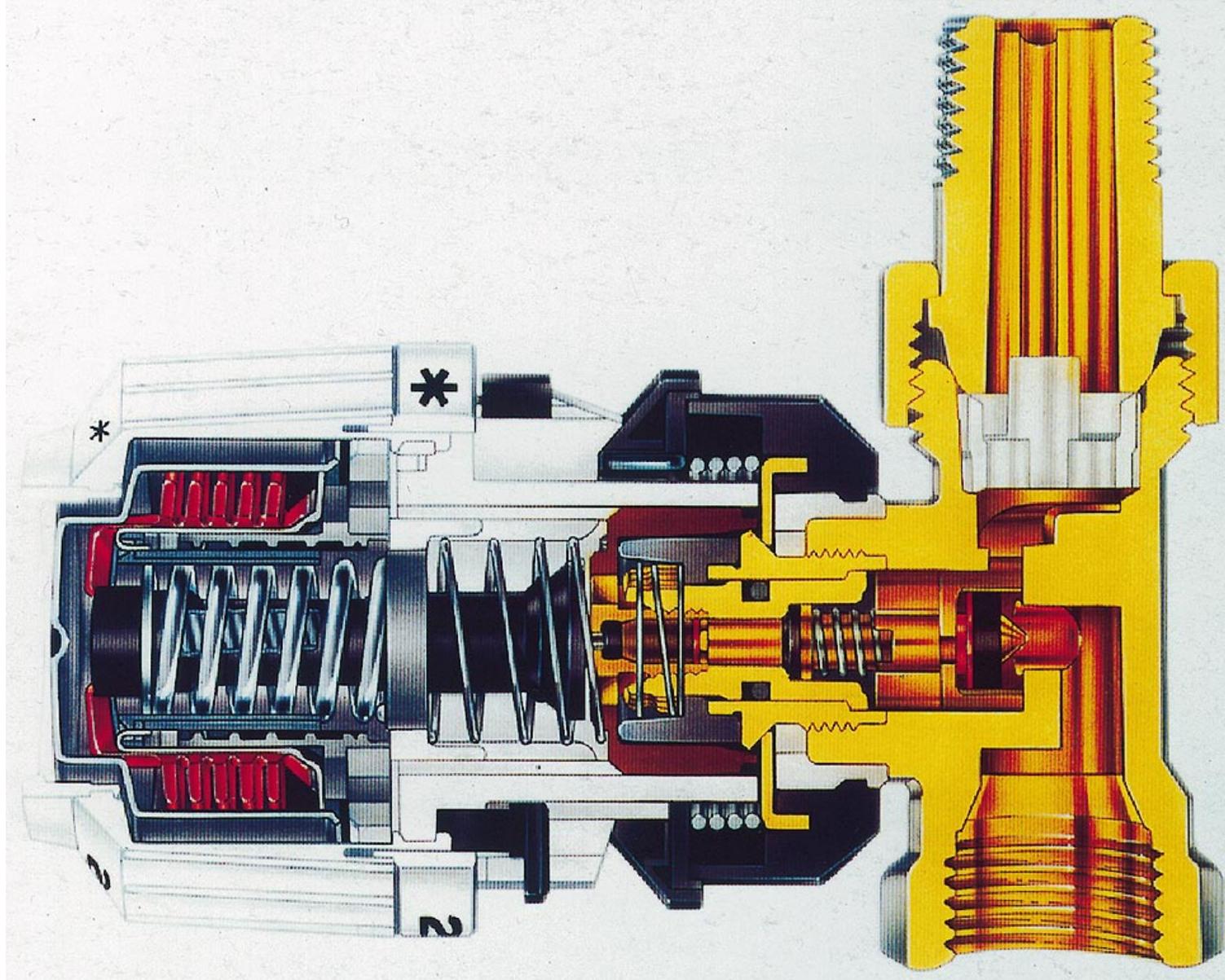
Verteilung mit Differenzdruckreglern



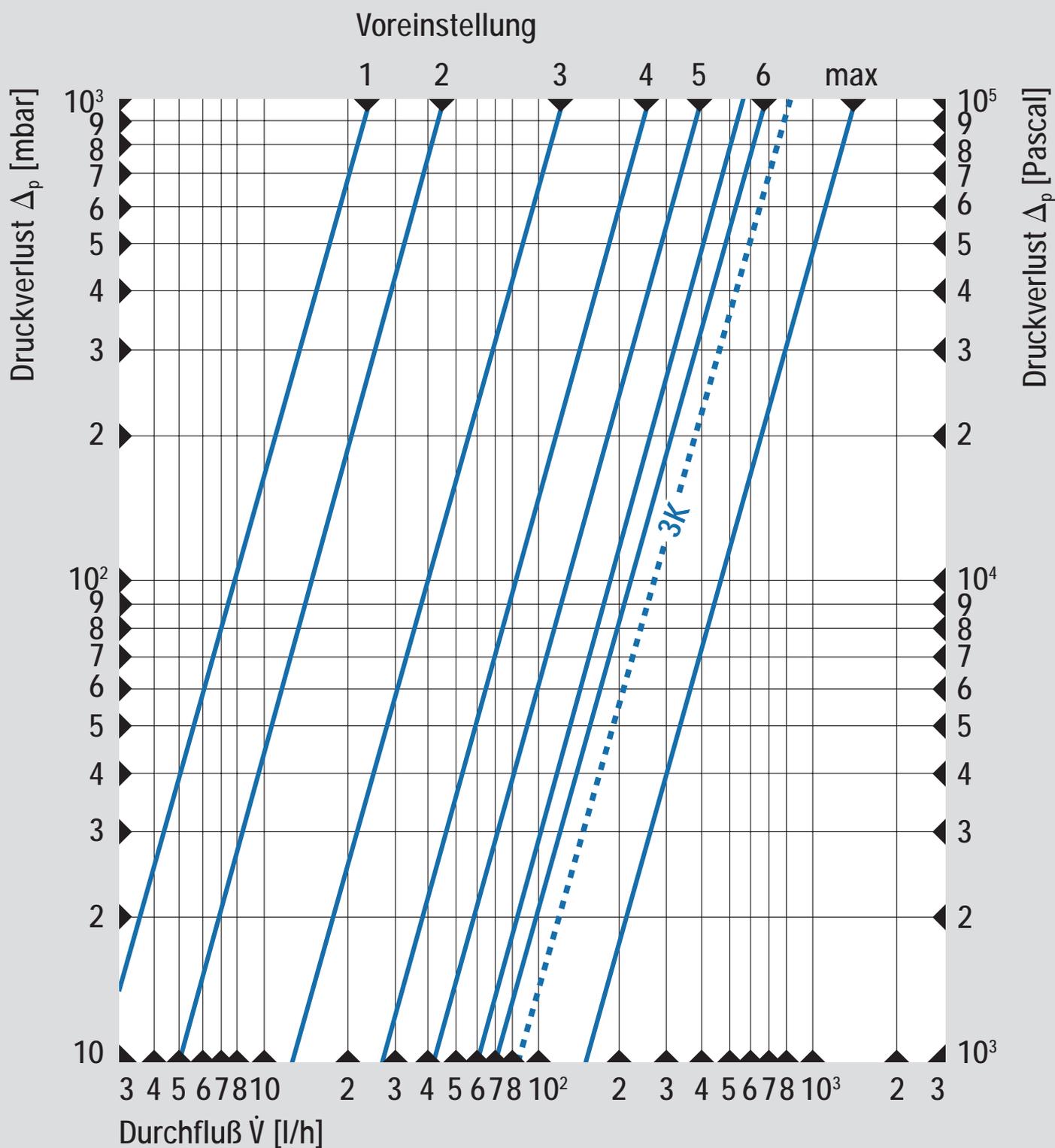
Voreinstellbarer Ventilkörper eines Heizkörperthermostaten (Teil 1)



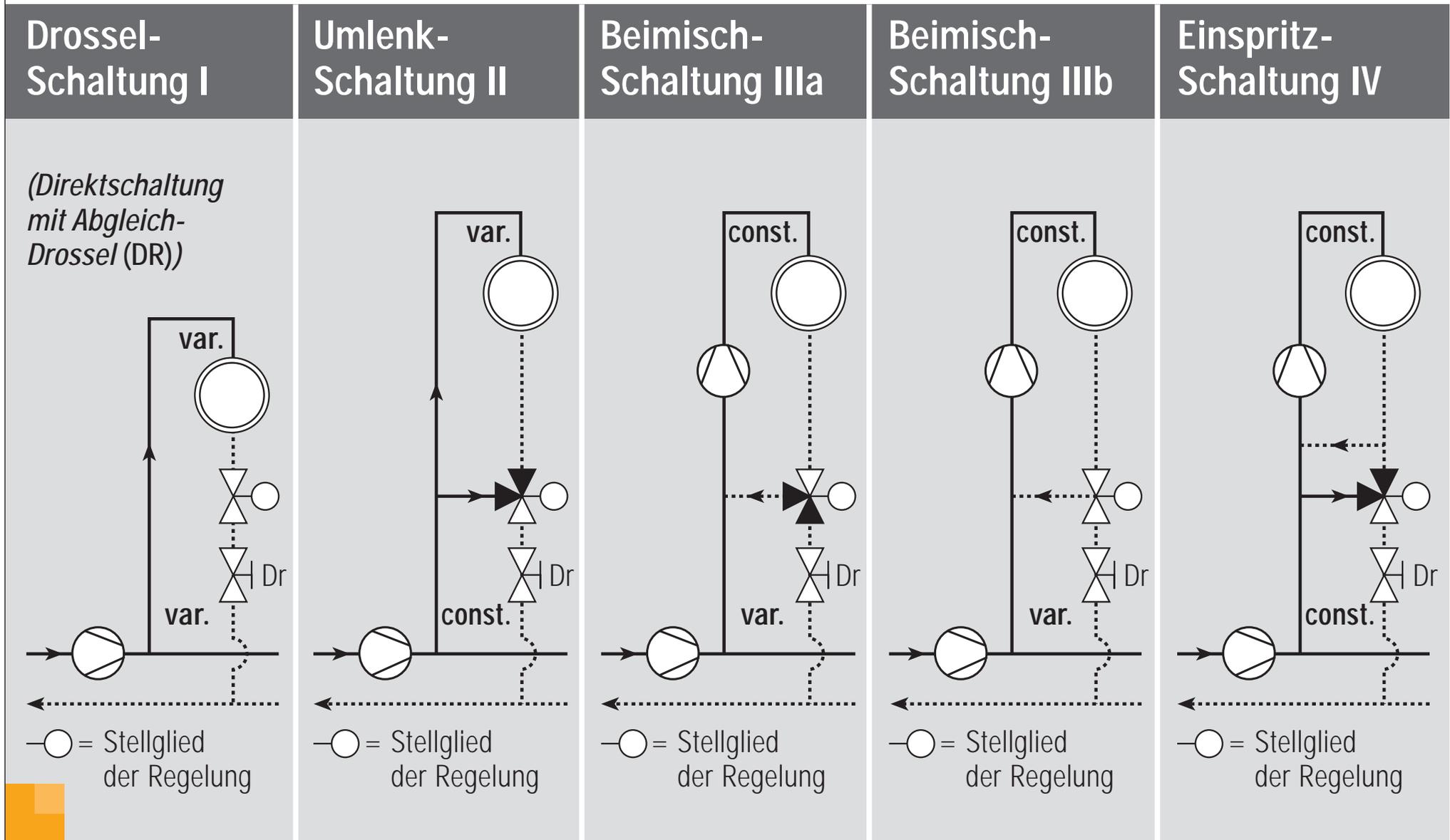
Voreinstellbarer Ventilkörper eines Heizkörperthermostaten (Teil 2)



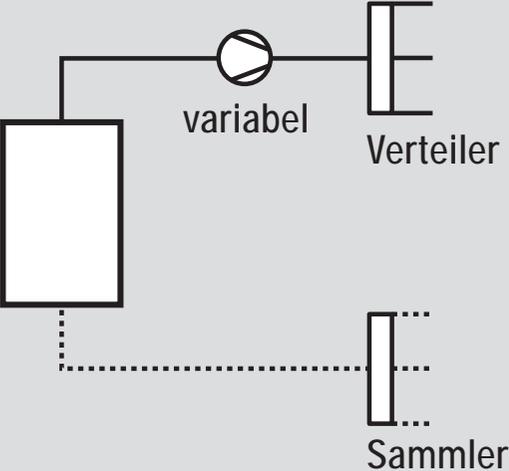
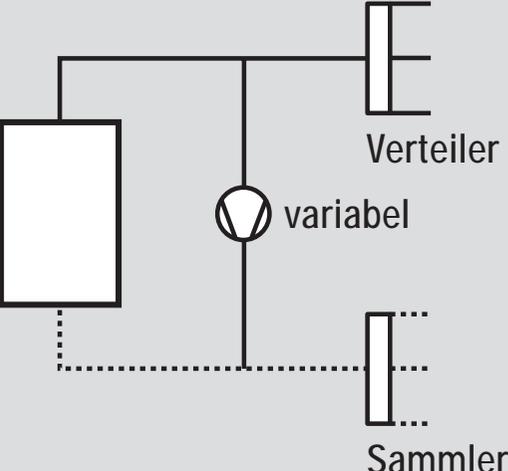
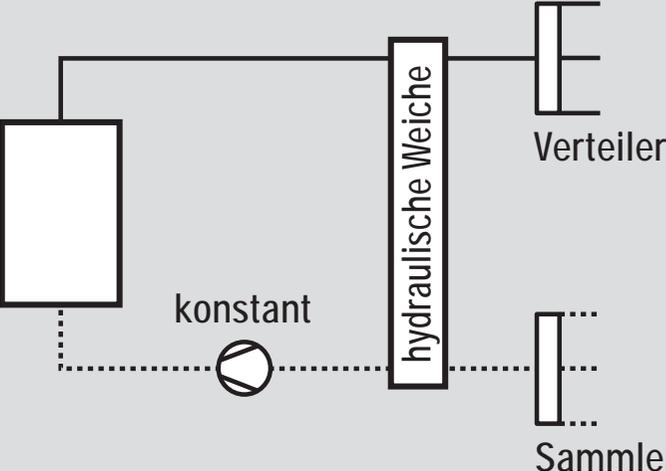
Kennlinienfeld der Ventilkörpervoreinstellung eines Heizkörperthermostaten



Grundschaltungen bei Verteilung mit Differenzdruck

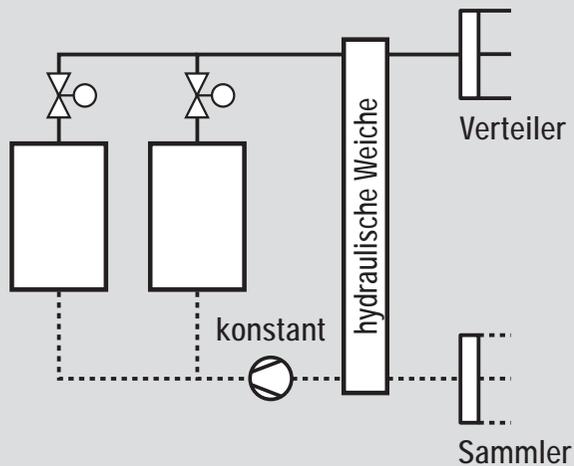


Hydraulische Schaltungen von Einkesselanlagen

Kesselkreispumpe für Direktversorgung der Verbraucher	Kessel-Bypasspumpe zur Rücklauftemperaturenhebung	Kesselkreispumpe für konstanten Kesseldurchfluß
 <p>Brennwert-, NT-, Wasserraumkessel ohne Mindestrücklauf-temperatur</p>	 <p>Mindestrücklauftemperatur</p>	 <p>Mindestrücklauftemperatur, Mindestdurchfluß, optimale Hydraulik</p>
<p>Geregelte Heizkreispumpe vorgeschrieben bei $\dot{Q}_{anlage} > 50kW$ und $\dot{Q}_{kessel} > 50kW$</p>	<p>Geregelte Heizkreispumpe nicht vorgeschrieben</p>	<p>Geregelte Heizkreispumpe nicht vorgeschrieben</p>

Hydraulische Schaltungen von Mehrkesselanlagen; Verteiler differenzdrucklos

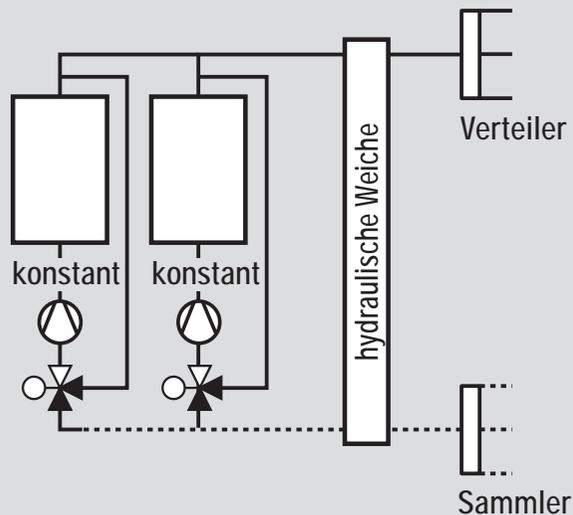
Mehrkesselanlagen mit Kesselkreispumpe



Für Erzeuger mit Mindestrücklauf-
temperatur und Mindestdurchfluß;
optimale hydraulische Entkopplung
von Erzeuger- und Verbraucherkreis

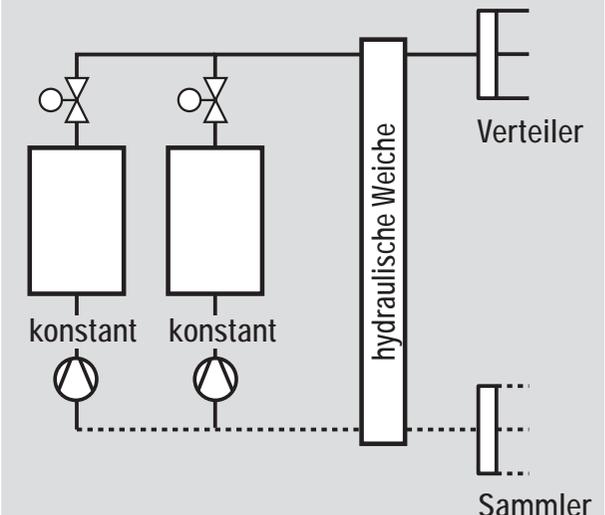
Geregelte Heizkreispumpe
vorgeschrieben bei
 $\dot{Q}_{\text{anlage}} > 50\text{kW}$ und $\dot{Q}_{\text{kessel}} > 50\text{kW}$

Mehrkesselanlagen mit individuellen Kesselpumpen



Konstante Rücklauftemperatur bei
minimaler gegenseitiger Beein-
flussung der einzelnen Erzeuger
optimale hydraulische Entkopplung

Geregelte Heizkreispumpe
nicht vorgeschrieben

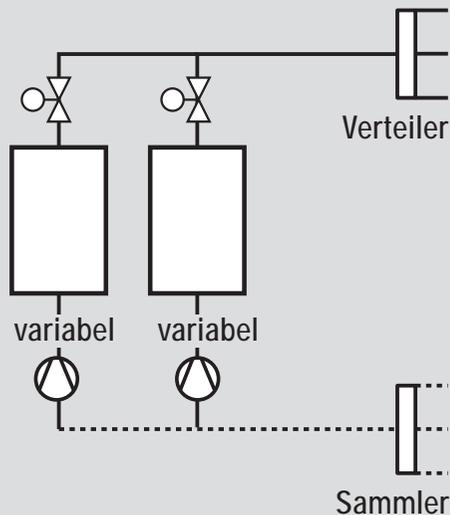


Für Erzeuger mit modulierender
Erzeugerleistung und höherer
Spreizung (*BW*-, *NT*-Kessel) gute
hydraulische Entkopplung

Geregelte Heizkreispumpe
nicht vorgeschrieben

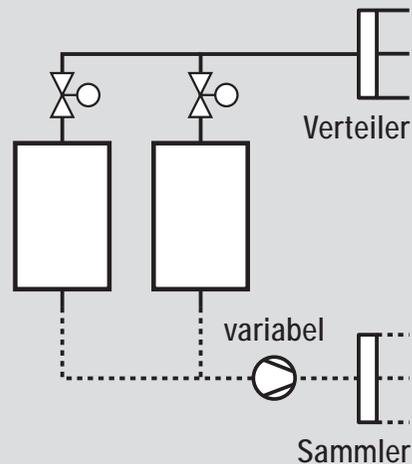
Hydraulische Schaltungen von Mehrkesselanlagen; Verteiler mit Differenzdruck

Mehrkesselanlagen mit individueller oder gemeinsamer Kesselkreispumpe



Für Erzeuger mit modulierender Erzeugerleistung und hoher Spreizung (*BW*-, *NT*-Kessel)

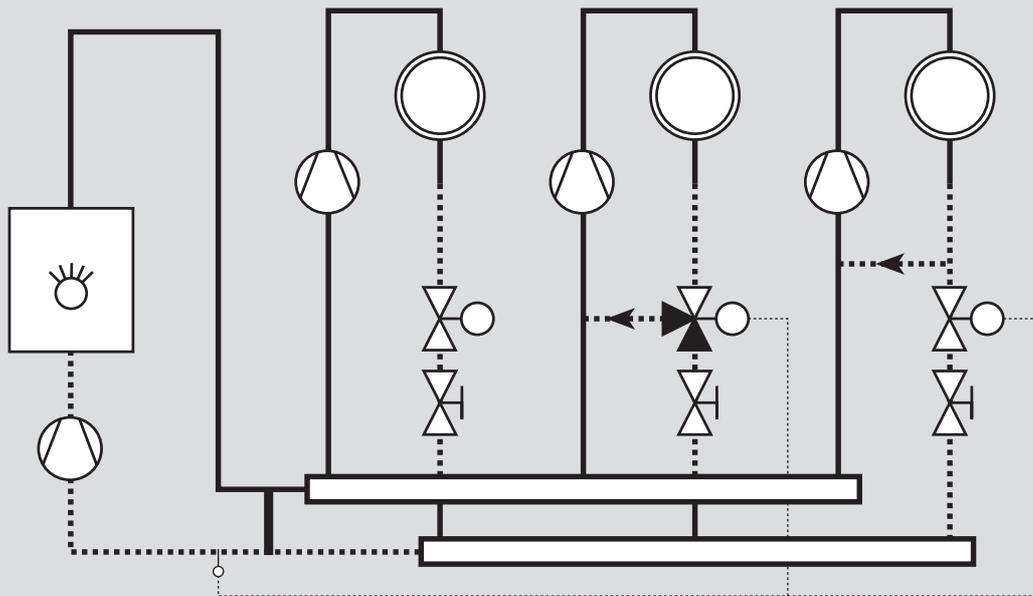
Geregelte Heizkreispumpe vorgeschrieben bei $\dot{Q}_{\text{anlage}} > 50\text{kW}$ und $\dot{Q}_{\text{kessel}} > 50\text{kW}$



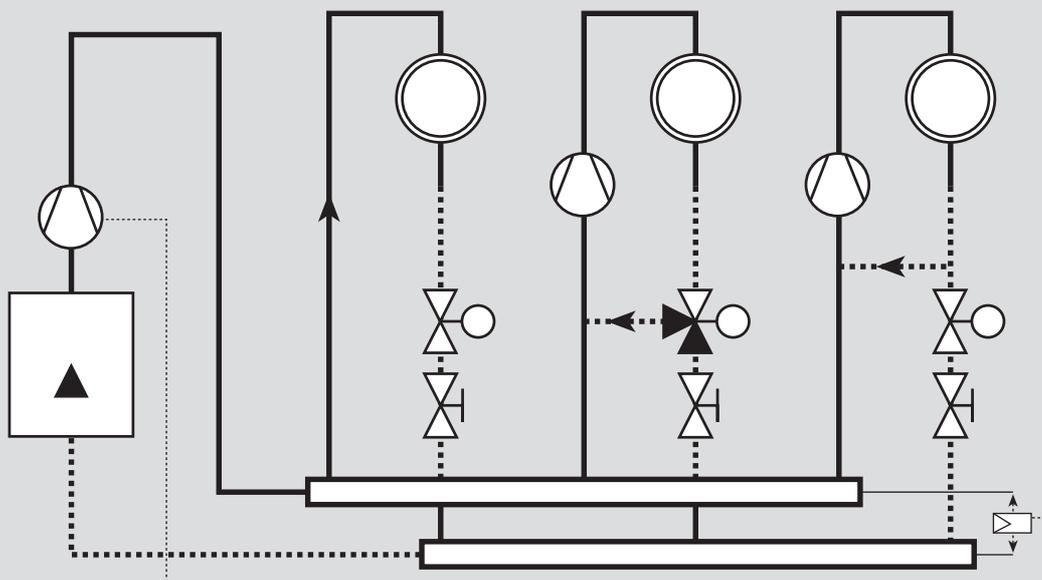
Vorzugsweise für Erzeuger mit großem Modulationsbereich, sehr große Spreizung (z. B. *Brennwertk.*, *Speicher*) und Direktversorgung bzw. Drosselschaltung

Geregelte Heizkreispumpe vorgeschrieben bei $\dot{Q}_{\text{anlage}} > 50\text{kW}$ und $\dot{Q}_{\text{kessel}} > 50\text{kW}$

Differenzdruckloser Verteiler mit Primärpumpe

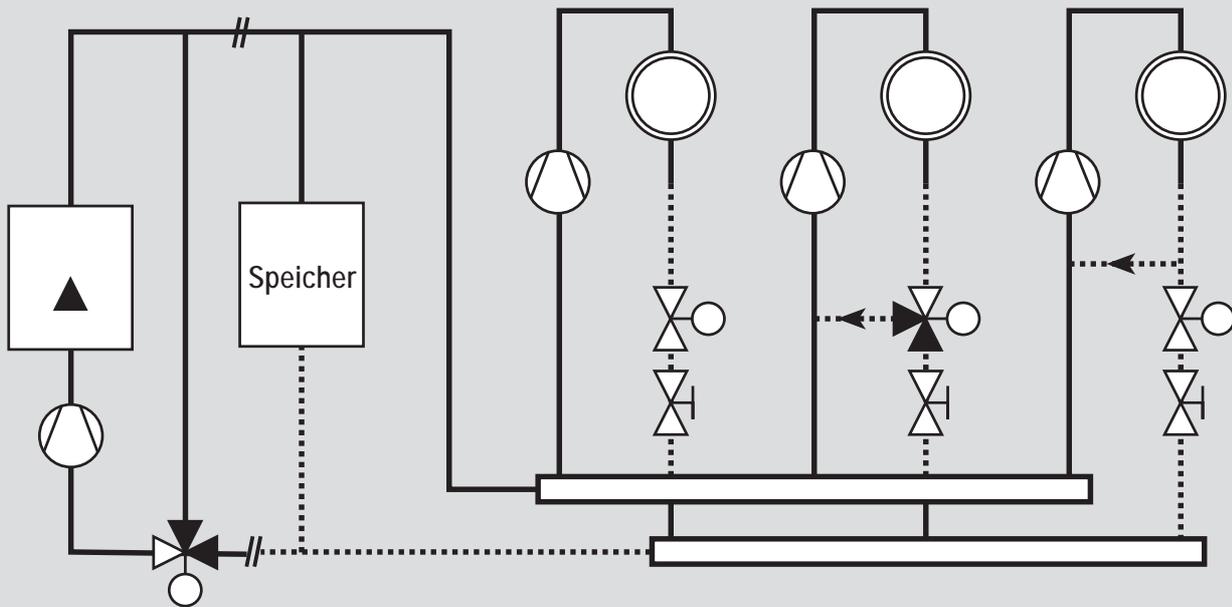


Differenzdruckbehafteter Verteiler mit Drossel- und Beimischschaltung

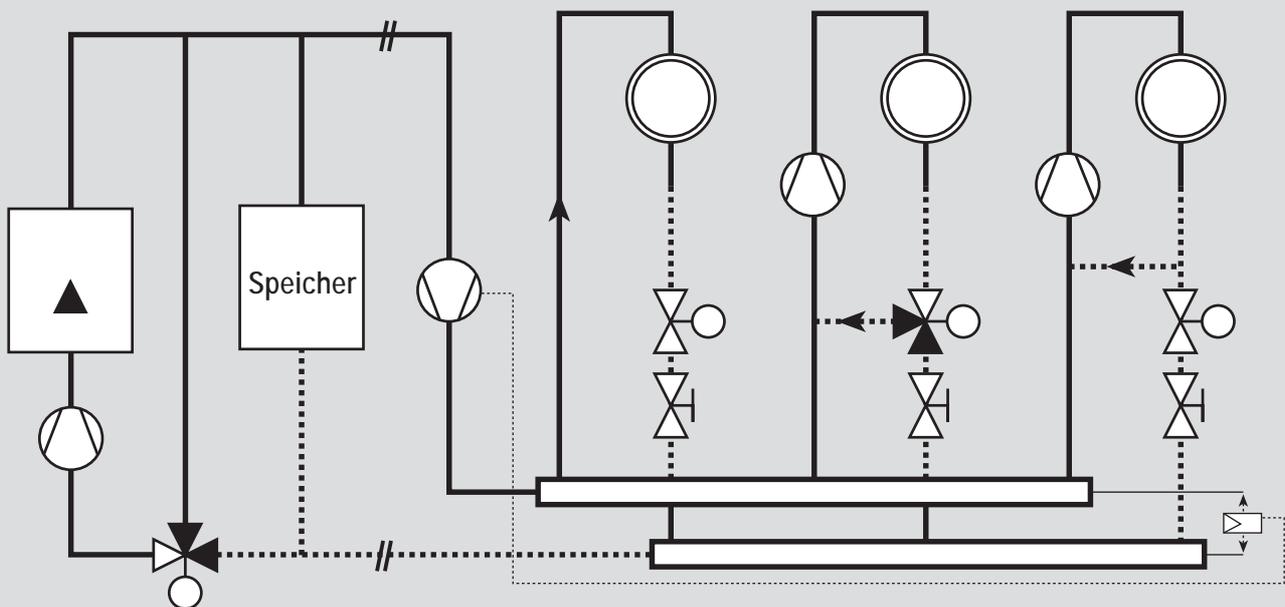


Typische hydraulische Verteilerschaltungen (Teil 2)

Verteiler in Anlagen mit Speicher ohne Primärpumpe

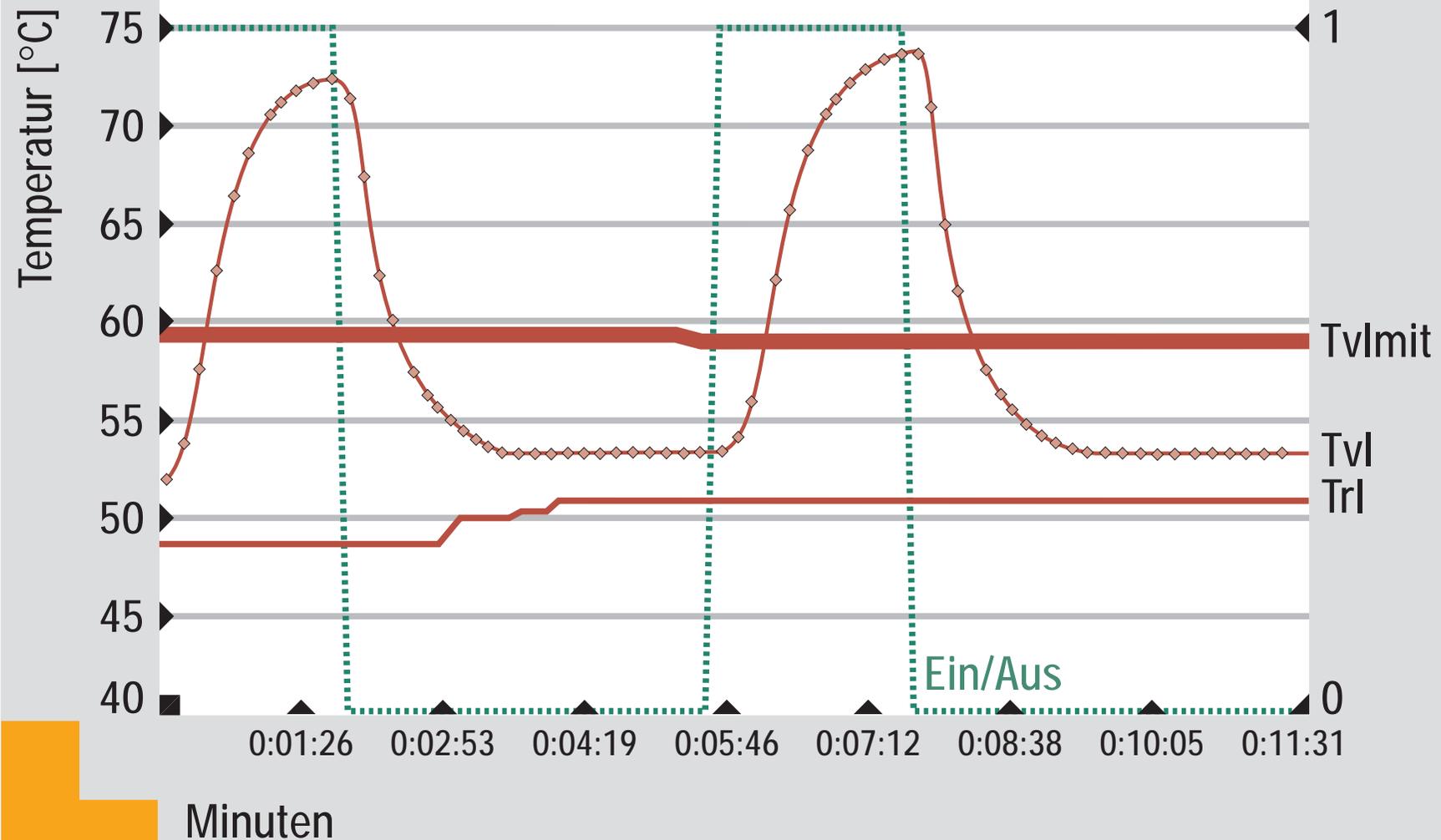


Verteiler in Anlagen mit Speicher ohne Primärpumpe



Temperaturgang von Wärmeerzeugern mit kleiner thermischer Zeitkonstante

Taktspiel Brennwertkessel 29kW bei Ta 3-5 °C und Reglereinstellung 6

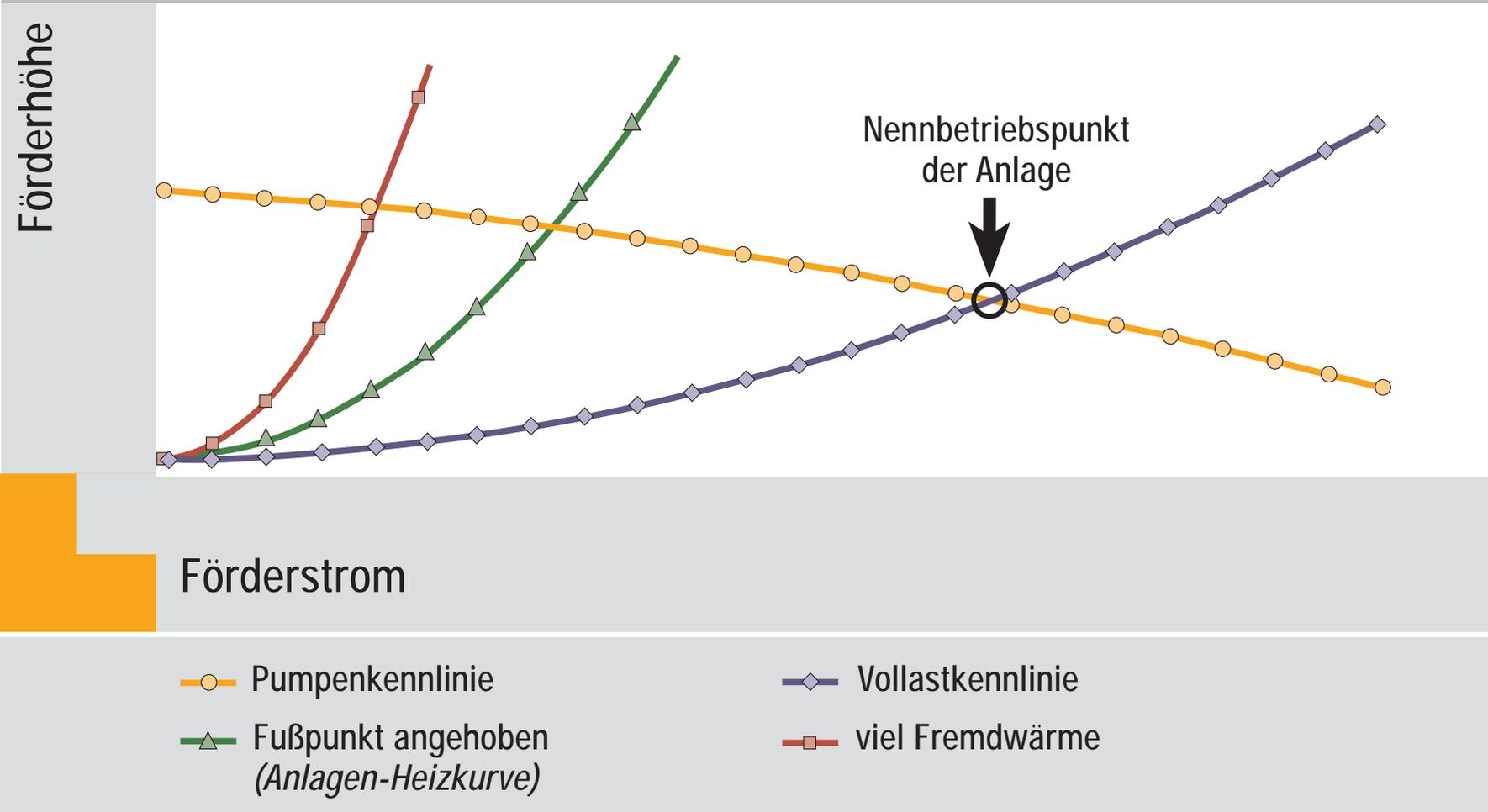


Verteilung mit vielen Pumpenkreisen



Anlagenkennlinien (Teillast) bei Änderungen der Regelkurve

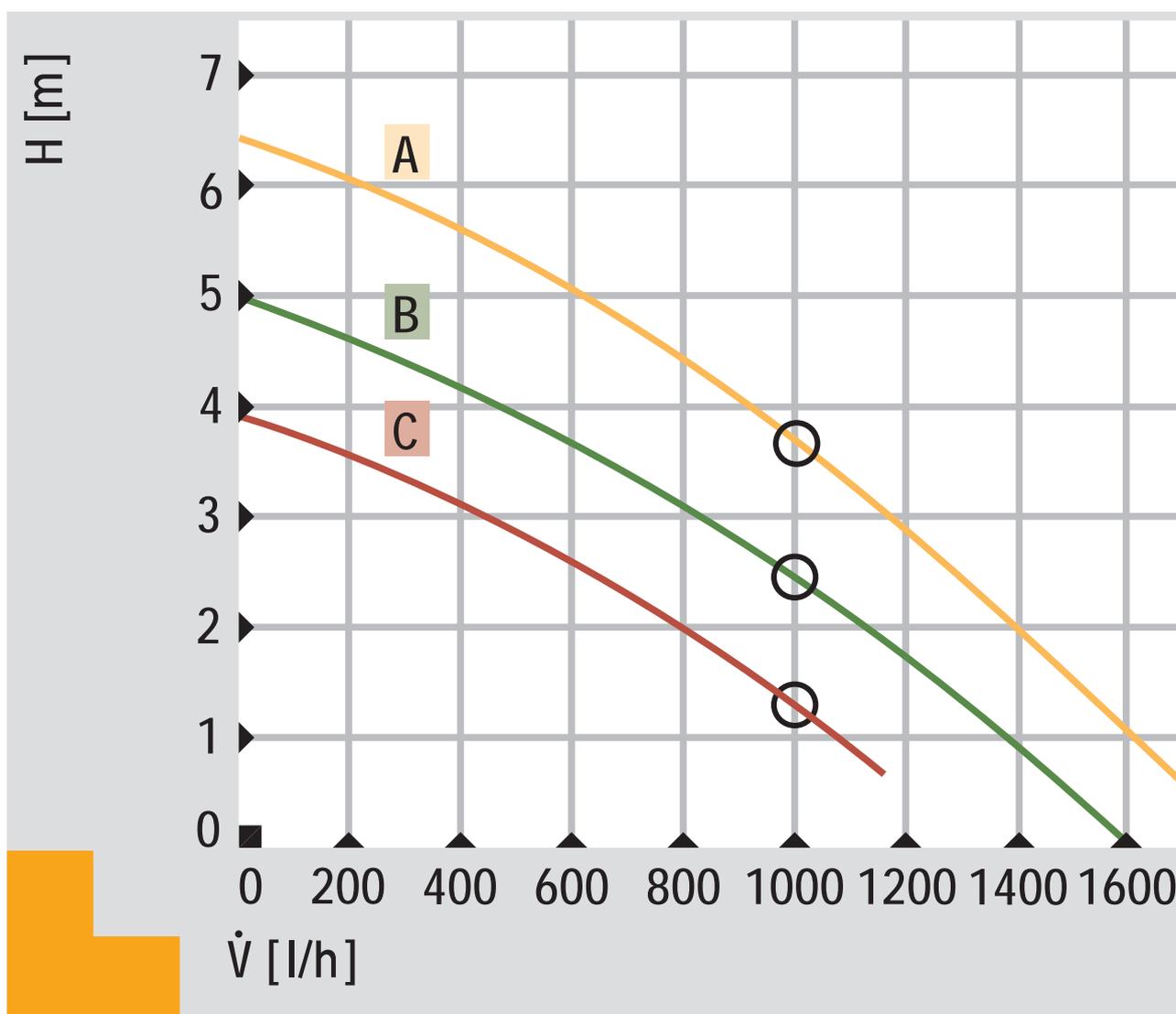
Lastkennlinien einer Heizanlage



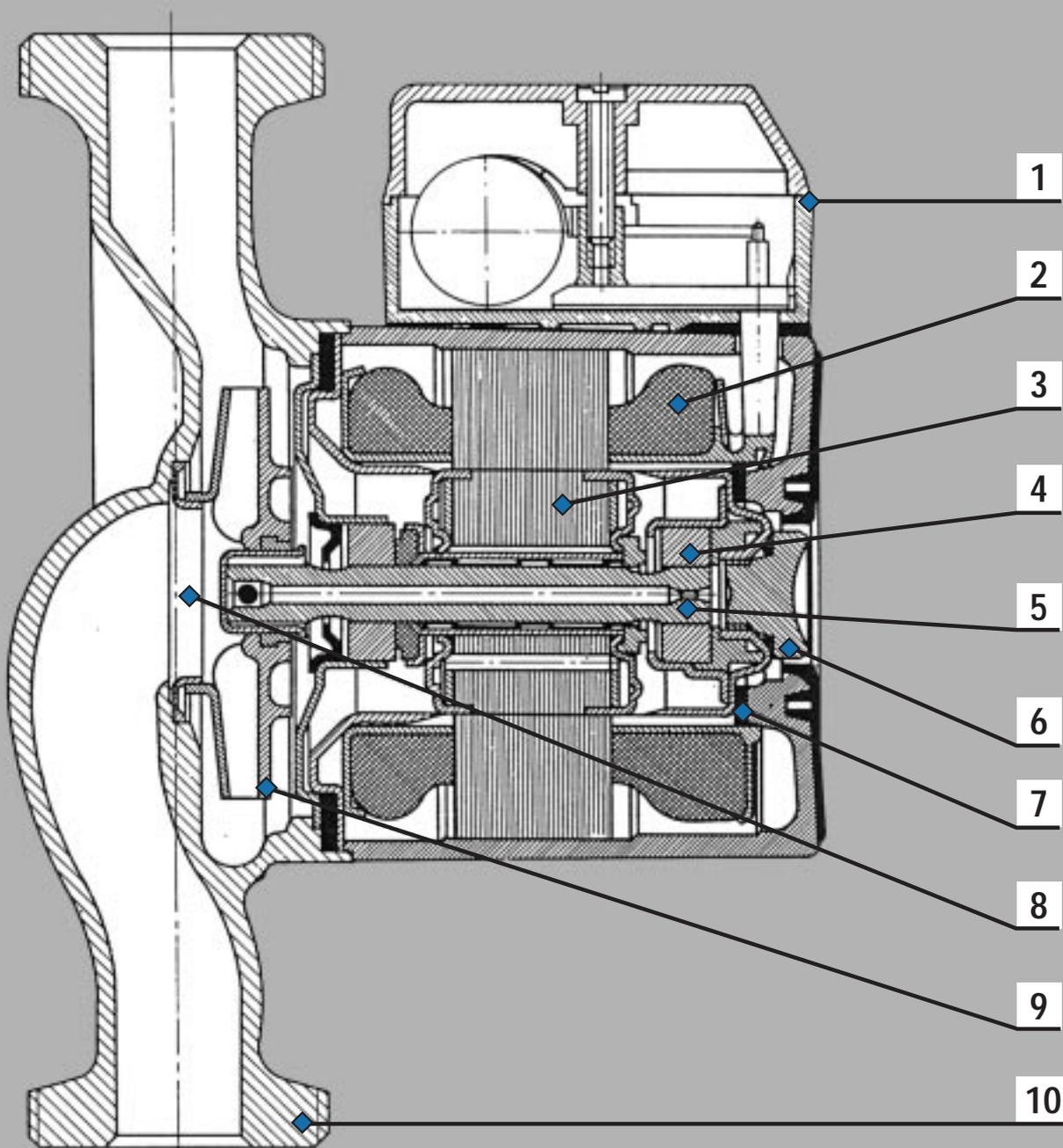
Kesselthermen mit erhöhtem Strömungswiderstand

Verfügbare Förderhöhe am Ausgang einer Kesseltherme in Abhängigkeit vom Förderstrom:

$\dot{Q}=11\text{-}24\text{kW}$, $\dot{V}_{\text{nenn}} = 1\,000\text{ l/h}$, Baujahr 1995



Naßläuferpumpe; Schnittbild



1 Klemmkasten

2 Stator

3 Rotor

4 Keramik-Lager

5 Keramik-Welle

6 Entlüftungsstopfen

7 Chrom-Nickel-Stahl-
Spaltrohrtopf

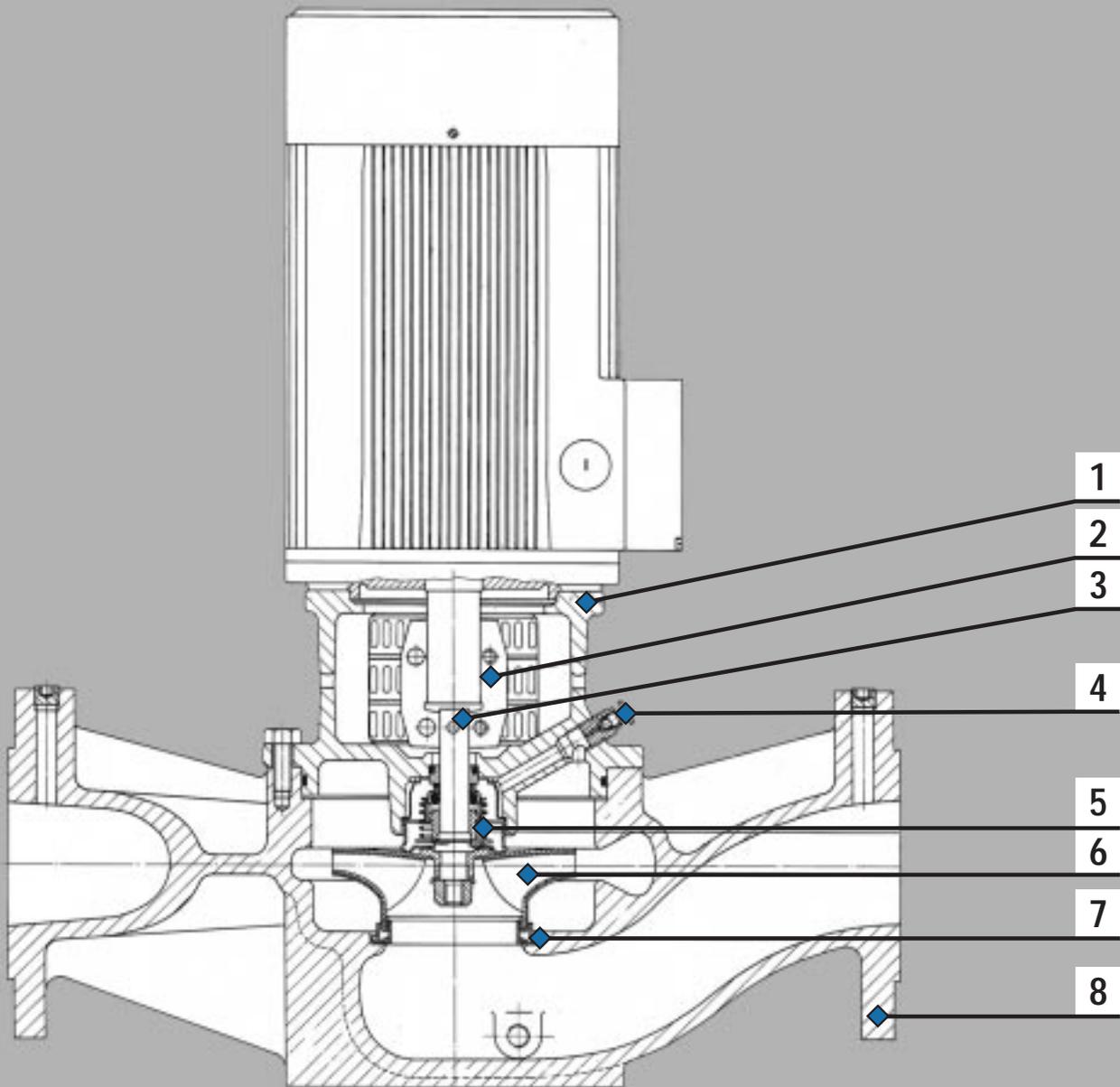
8 Chrom-Nickel-Stahl-
Spaltring

9 Laufrad

10 Pumpengehäuse

Quelle: Grundfos

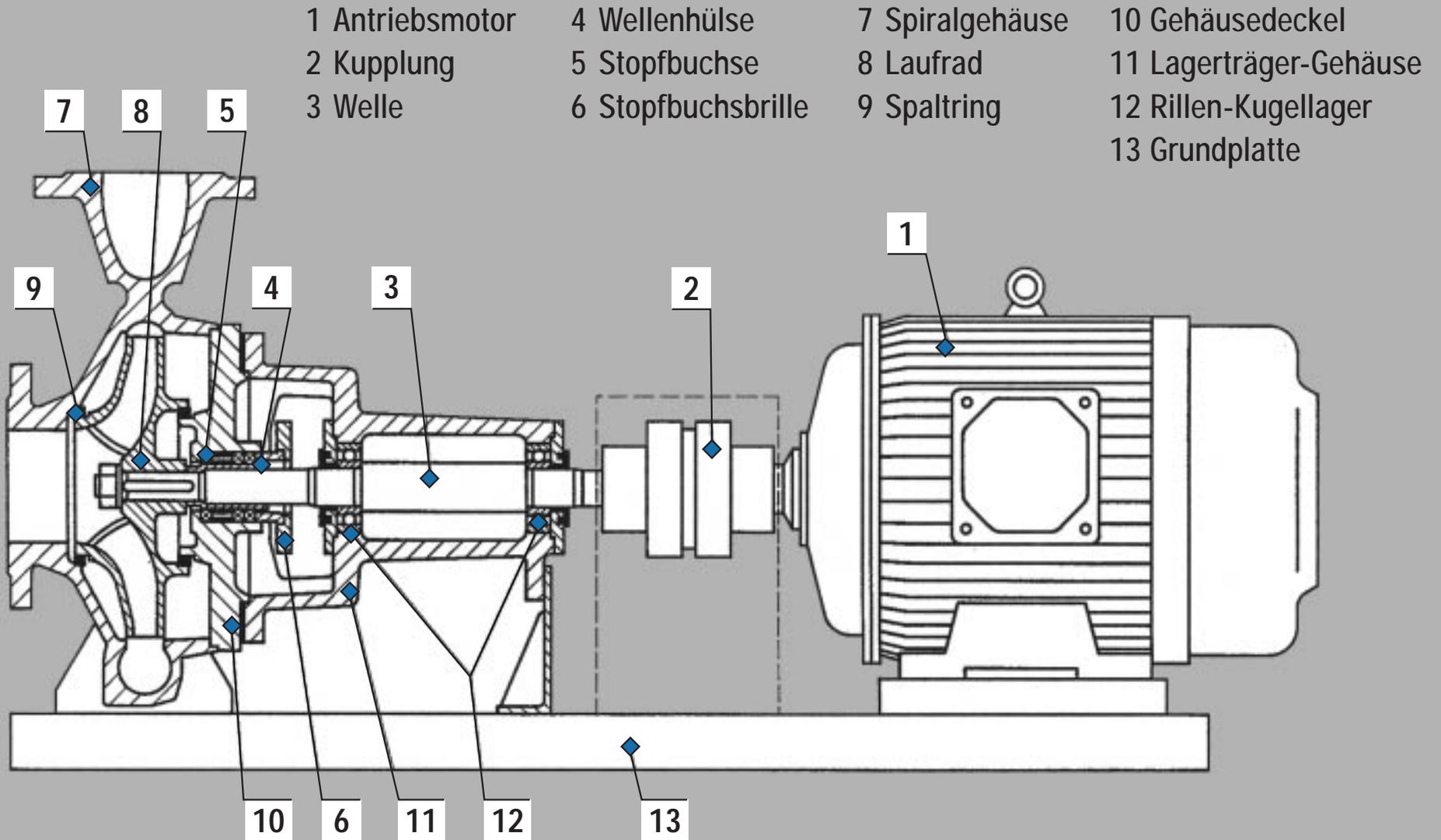
Inlinepumpe; Schnittbild



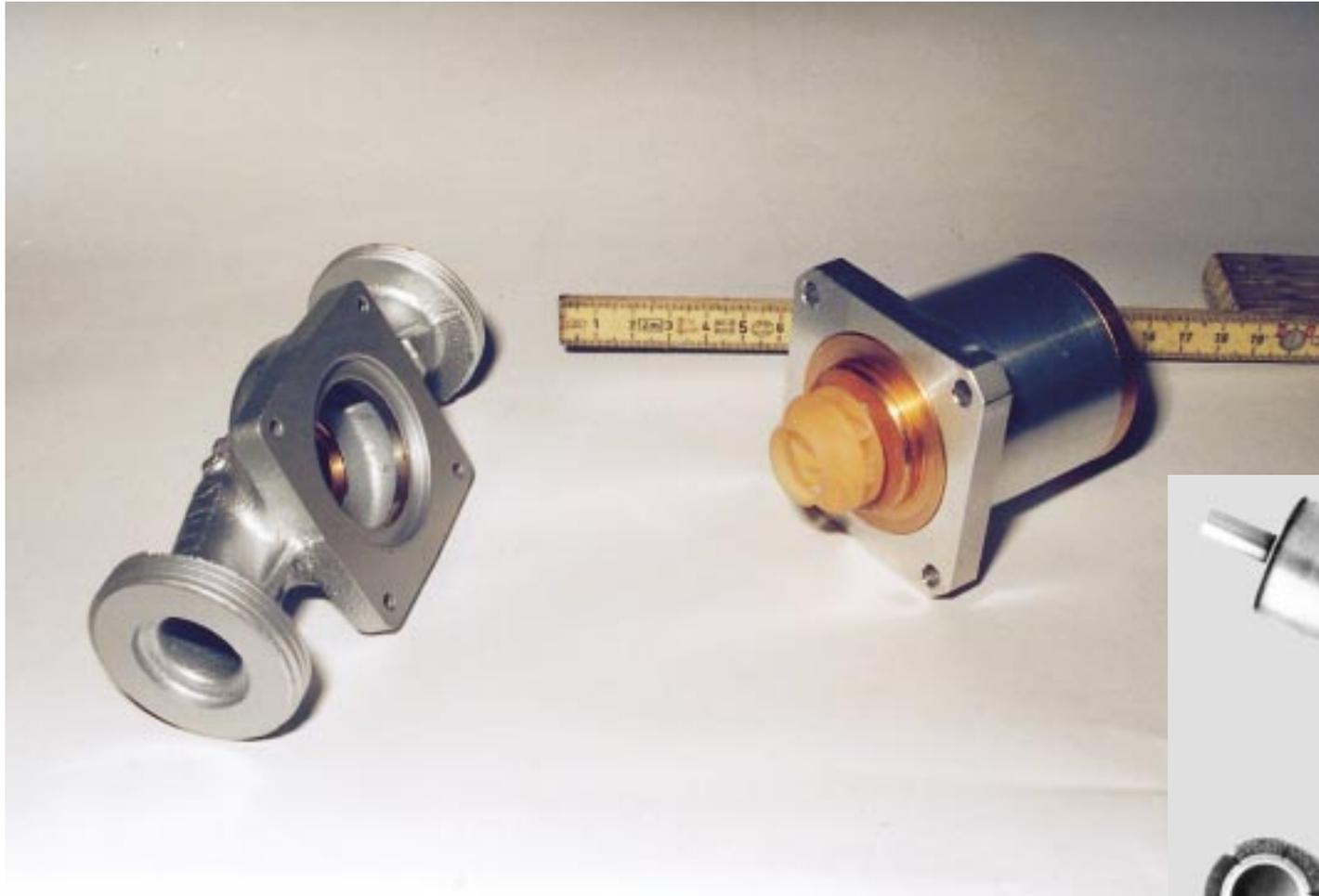
- 1 Motorlaterne
- 2 Schalenkupplung
- 3 Chrom-Nickel-Stahl-Welle
- 4 Entlüftungsschraube

- 5 Wellenabdichtung
- 6 Chrom-Nickel-Stahl-Laufrad
- 7 Chrom-Nickel-Stahl-Spaltring
- 8 Gußeisen-Pumpengehäuse

Sockelpumpe; Schnittbild



Problemlösung für kleine Leistungen: Mini-Umwälzpumpe mit hohem Wirkungsgrad

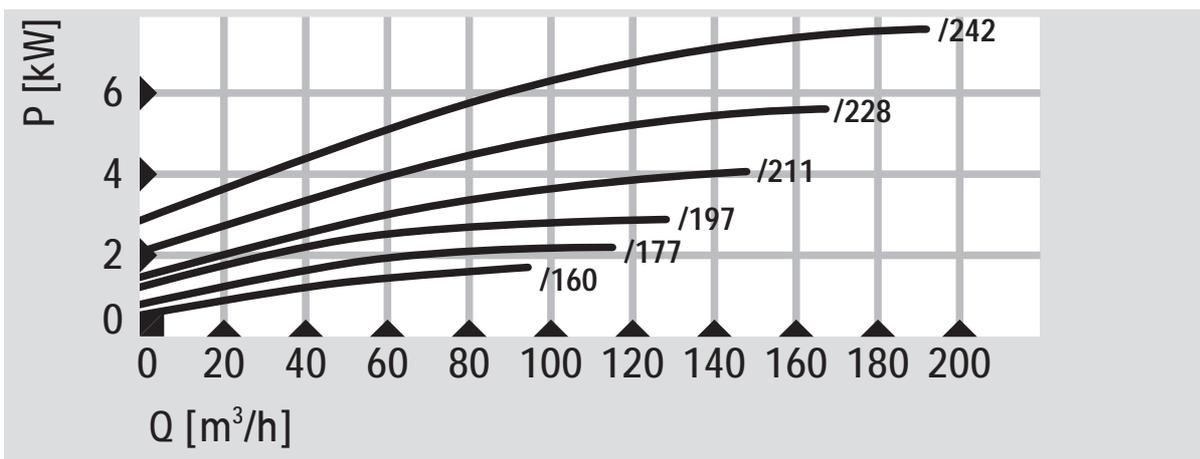
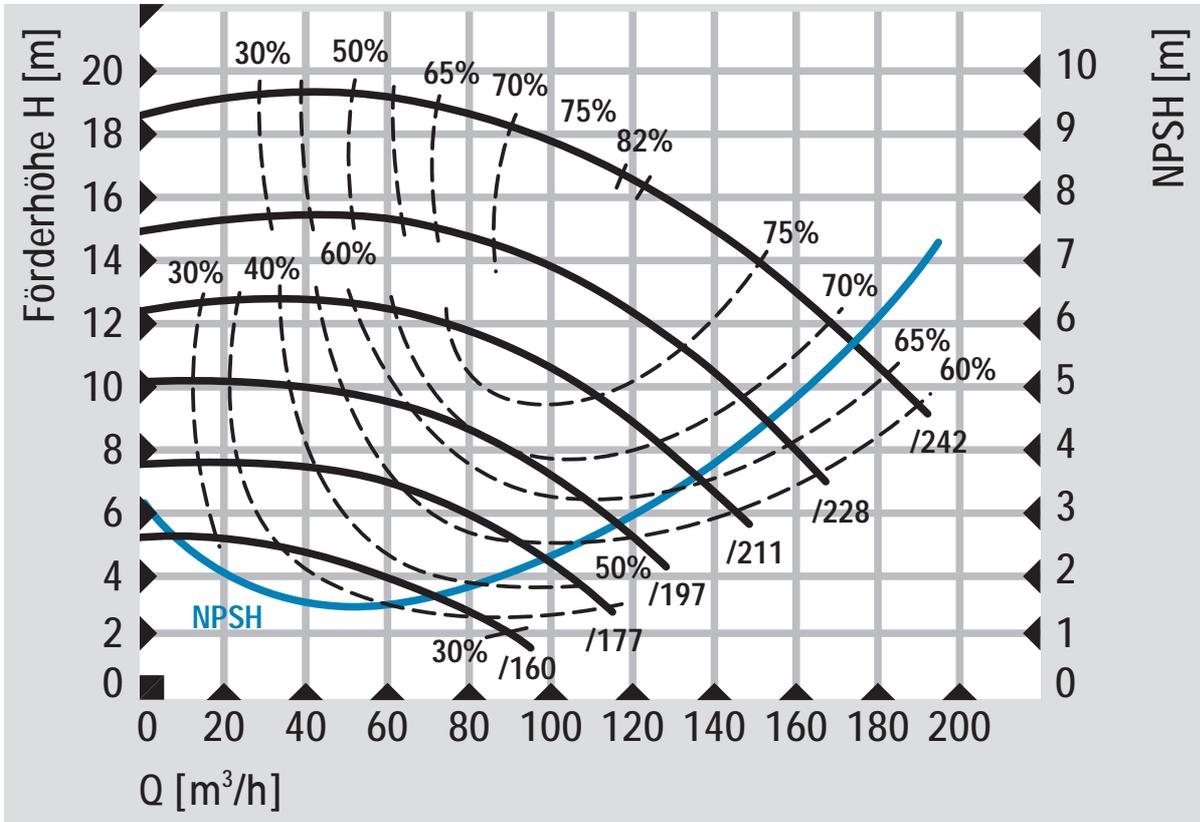


Stromsparende Umwälzpumpe mit 15 Watt elektr. Leistung

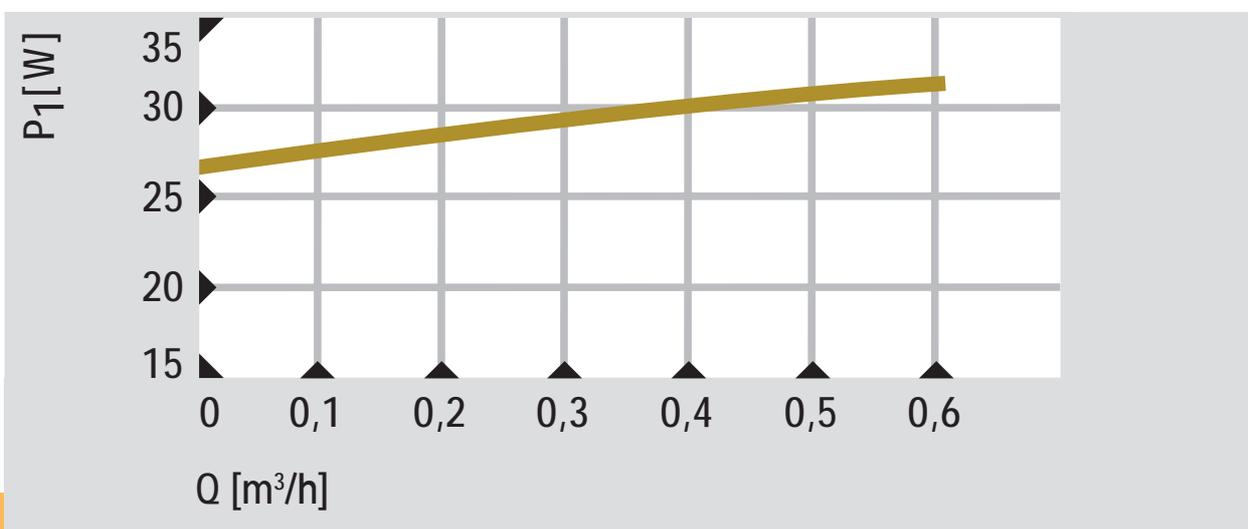
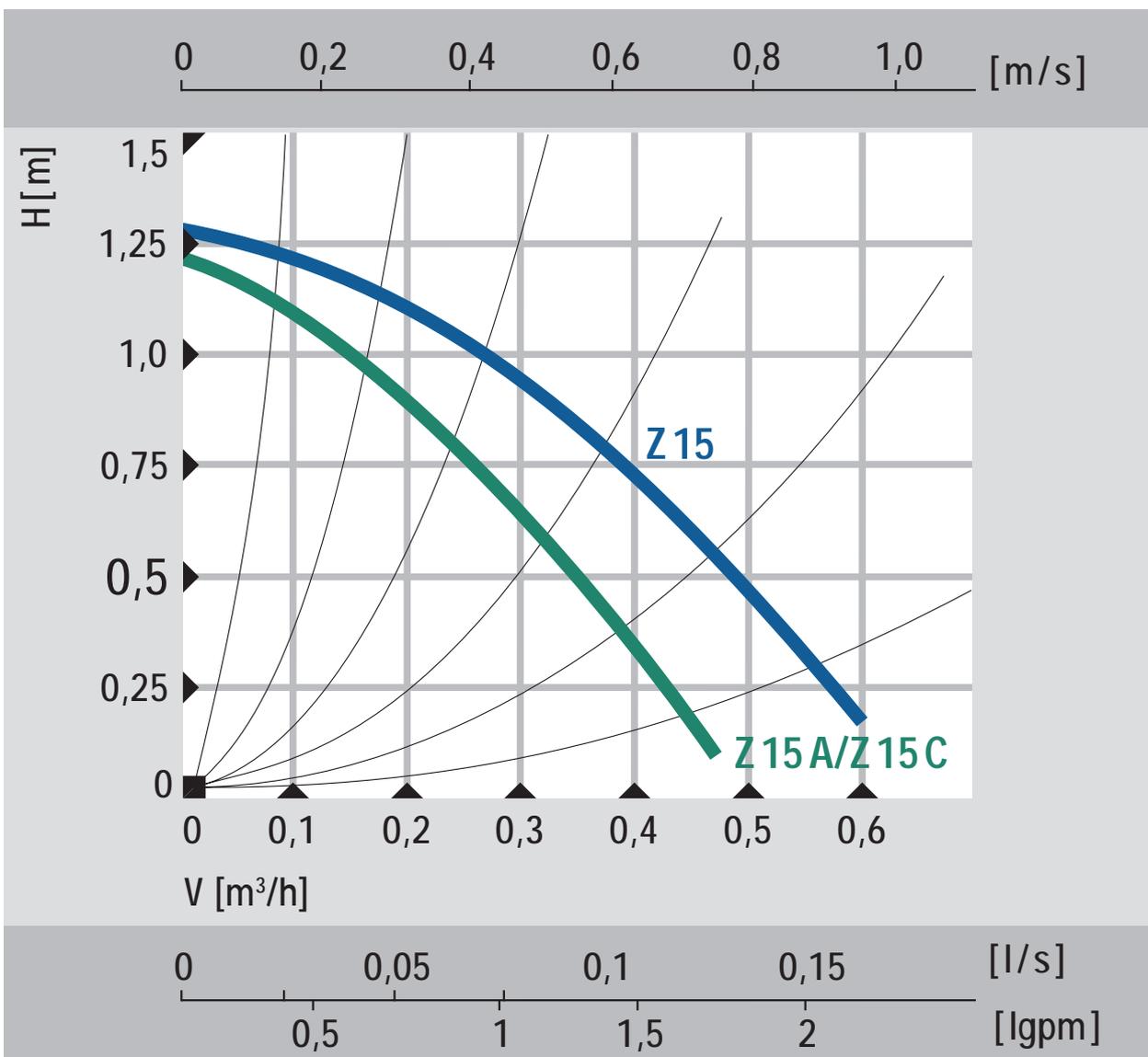


Die Pumpe (links) regelt zwischen 3-15 Watt. Bei Neubauten sind 0,1 W/m² Wohnfläche elektr. Leistung ausreichend. Die Pumpenleistung reicht für Gebäude bis 150 m² Wohnfläche.

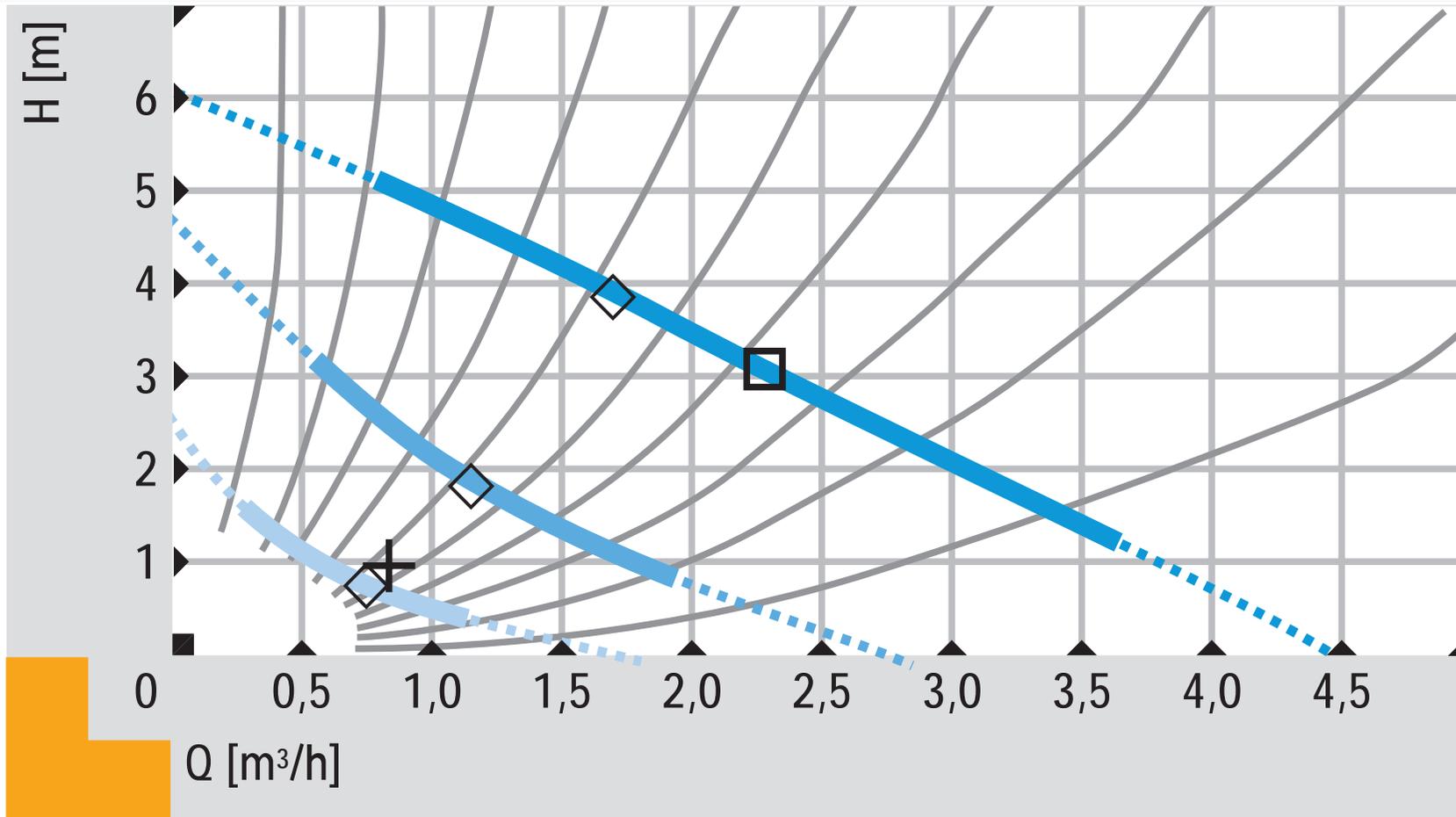
Kennlinie Inlinepumpe



Kennlinie einer kleinen Brauchwasserzirkulationspumpe mit Spaltpolmotor



Kennlinie einer weit verbreiteten Pumpe (in EFH etc.)

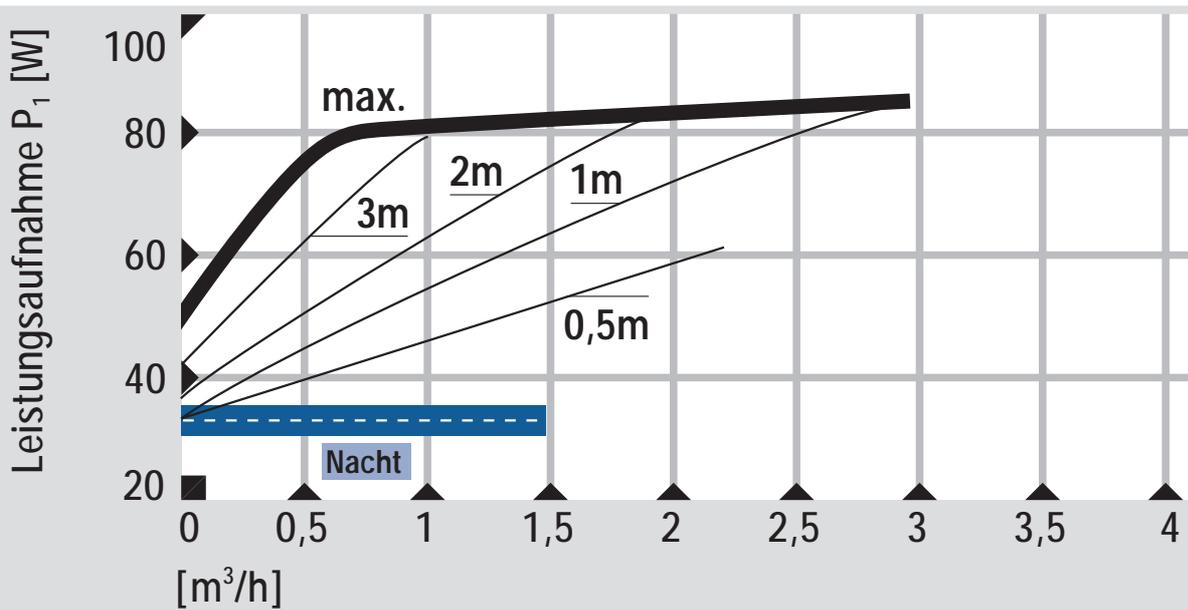
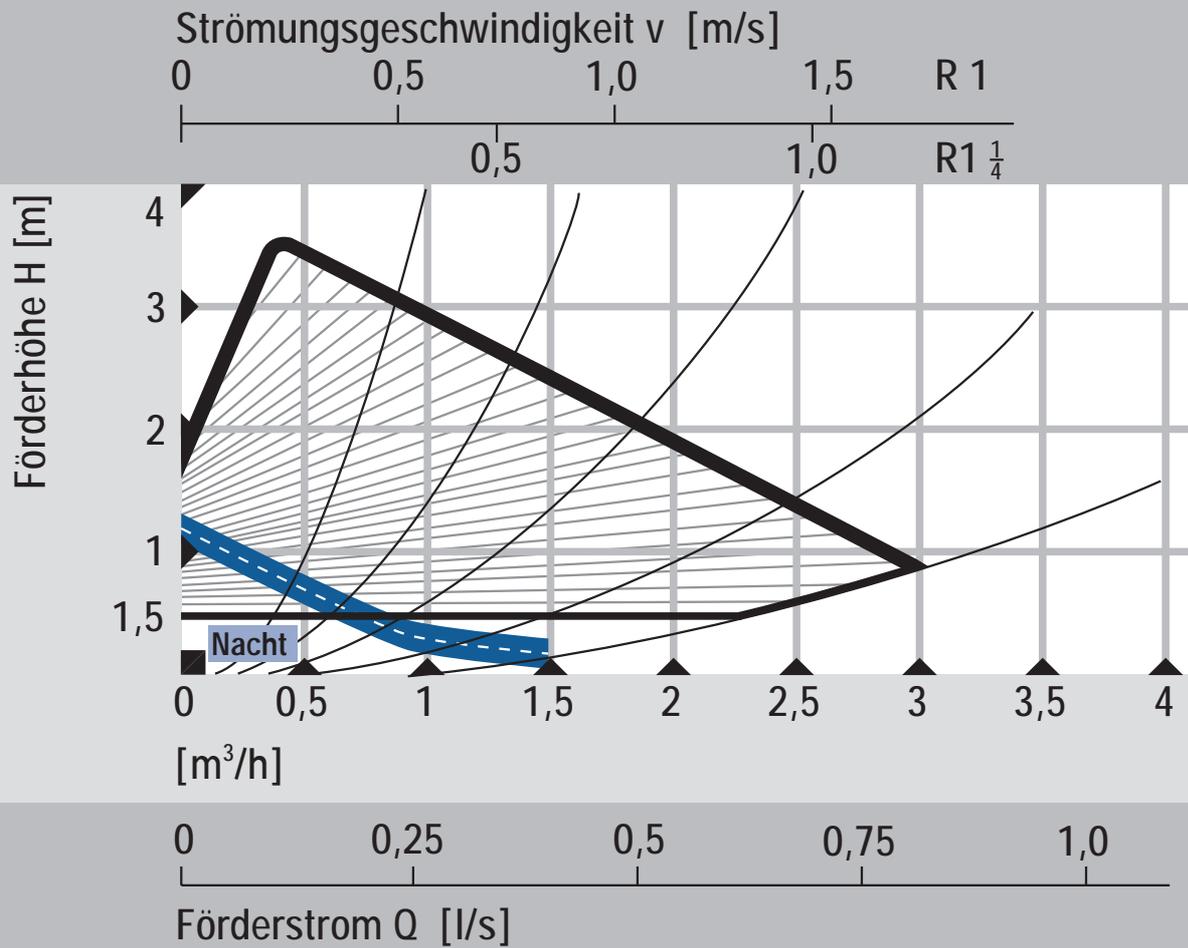


UPS 25-60	Stufe	Förderhöhe [m]	Förderstrom [m3/h]	Temp.diff. [Kelvin]
	3	3,9	1,7	9
	2	1,9	1,15	18,15
	1	0,8	0,7	22,17

Quelle: Grundfos

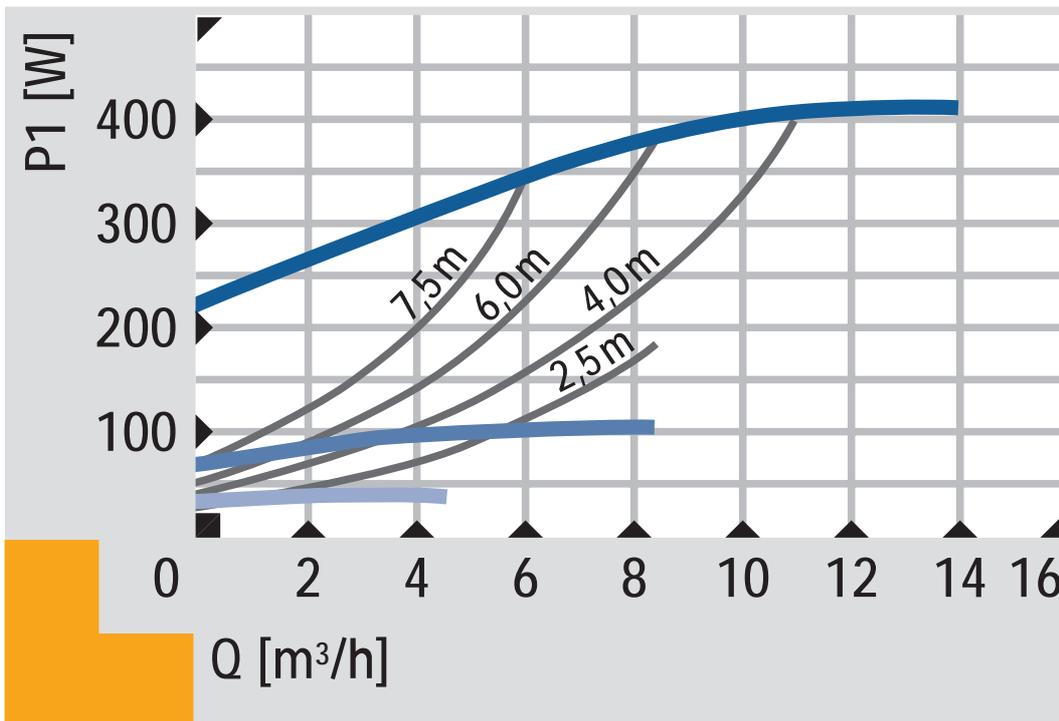
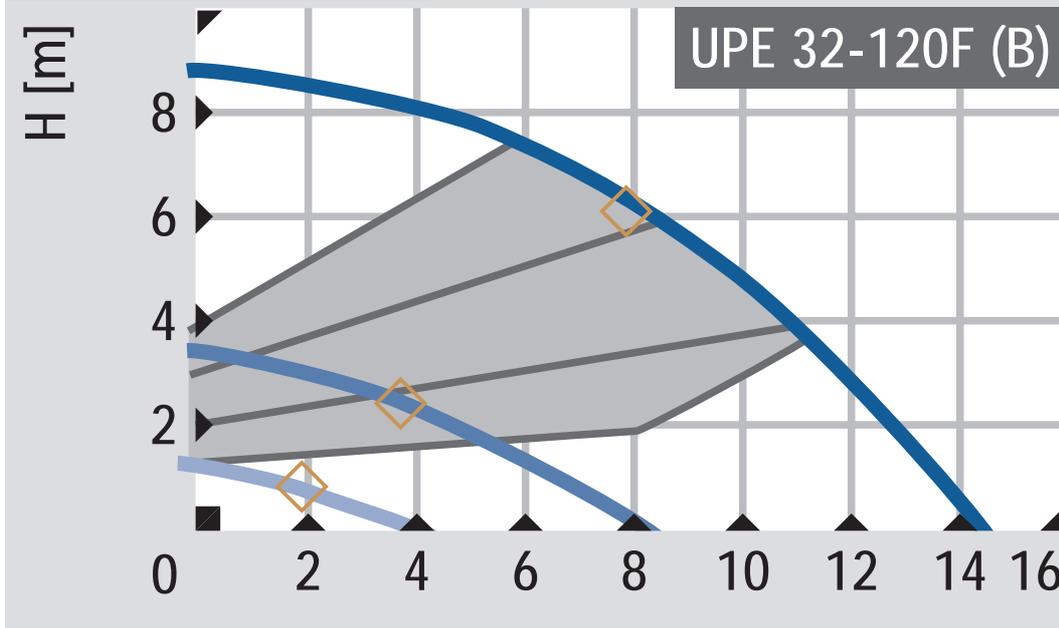
Kennlinie einer Naßläuferumwälz- pumpe mit Fuzzy-Logik

Δp -variabel 1- 3 m



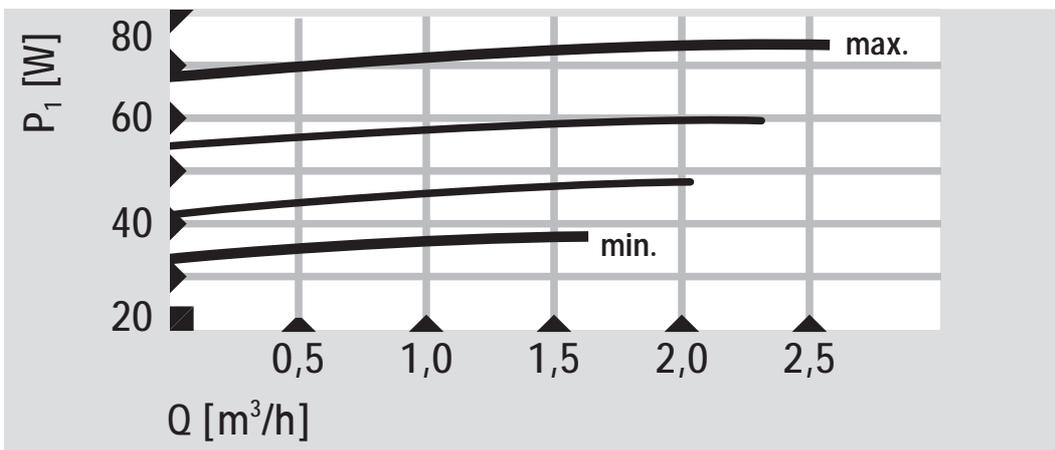
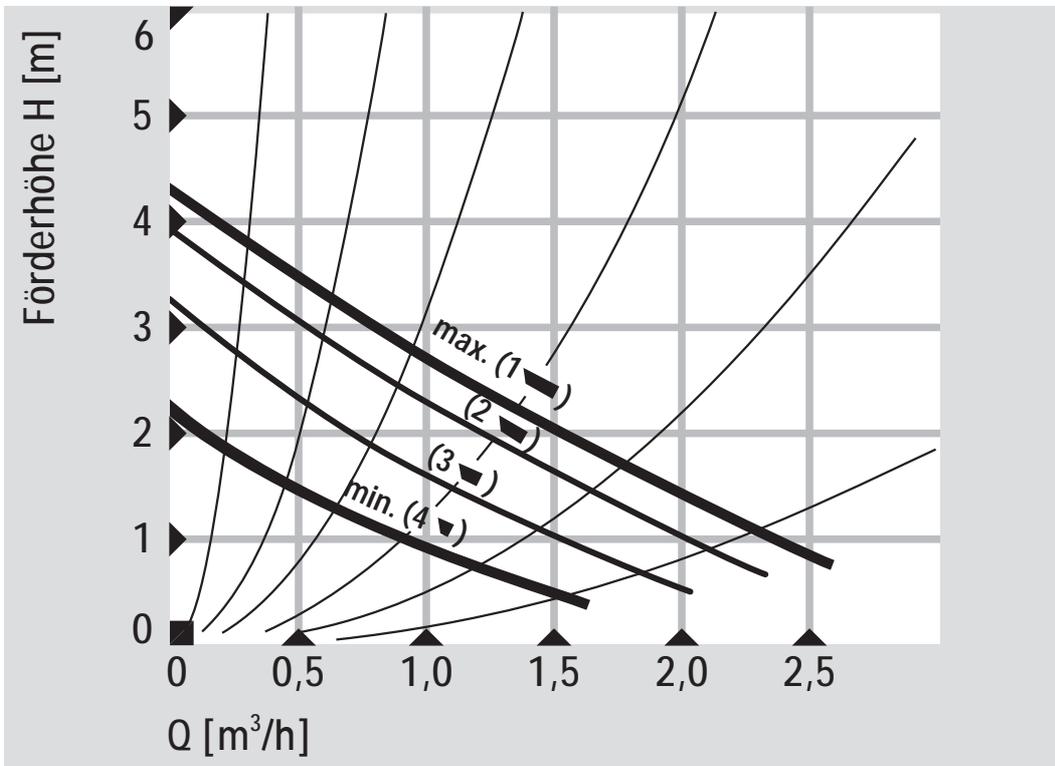
Kennlinienverlauf einer Regelpumpe mit Micro-Frequenzumrichter

Proportionaldruck

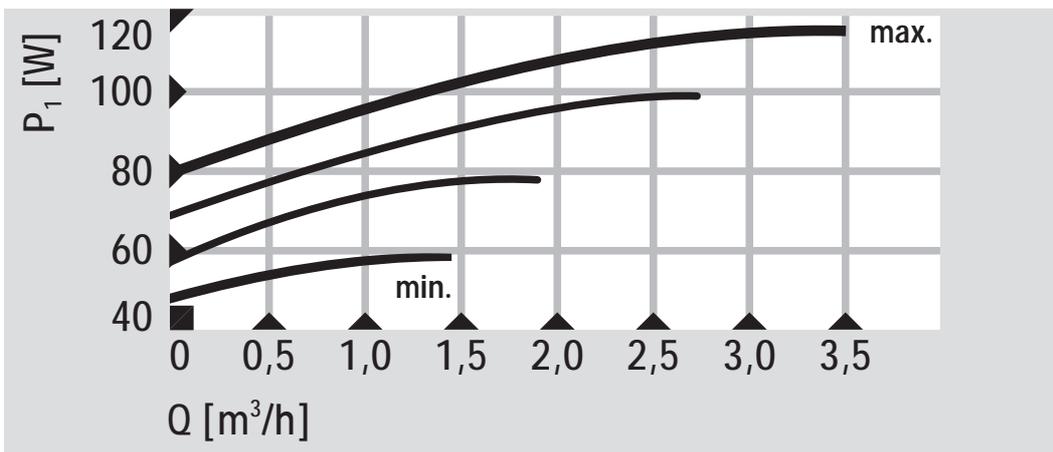
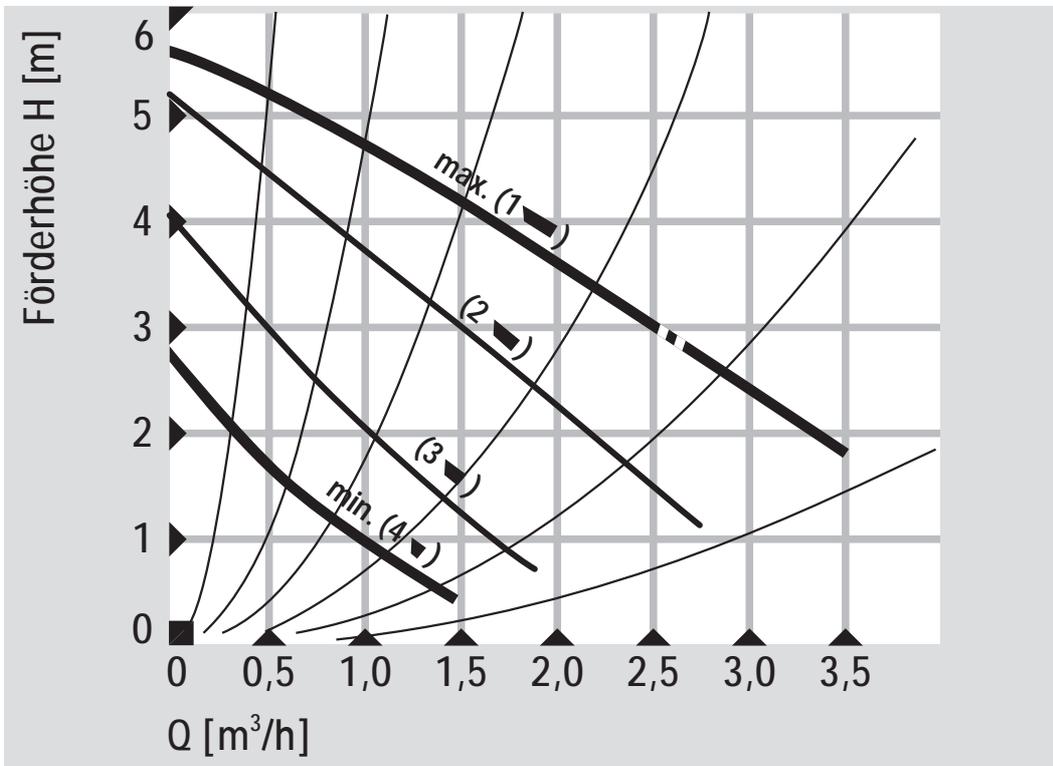


— MAX — MIN 1 — MIN 2

Kennlinien von Pumpen ähnlicher Leistung



Kennlinien von Pumpen ähnlicher Leistung



Einfluß der unterschiedlichen Meßpunkte bei Druckregelung

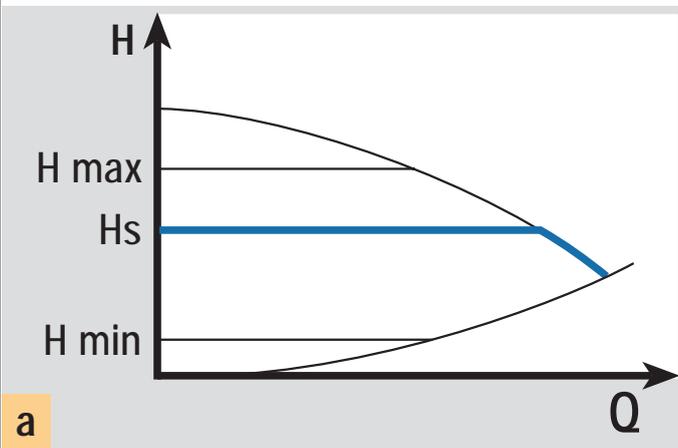
Messort	Schema	Pumpendiagramm	Regelbarkeit/ Ventilautorität	Elektrizitäts- einsparung
Druckregelung über der Pumpe			Die Ventilautorität wird durch das Nichtansteigen des Druckes verbessert	gering
Druckregelung beim Verteiler			Druckabfälle an statischen Widerständen in der Zentrale können ausgeglichen werden. Dadurch stark verbesserte Ventilautoritäten	beachtlich
Druckregelung über den Verbraucher-ventilen			Der größte Teil der Leistungswiderstände wird ausgeglichen. Im theoretischen Idealfall (<i>ein Verbraucher</i>) erhalten wir eine optimale Ventilautorität.	sehr groß

Förderstromabhängige Differenzdruckregelung

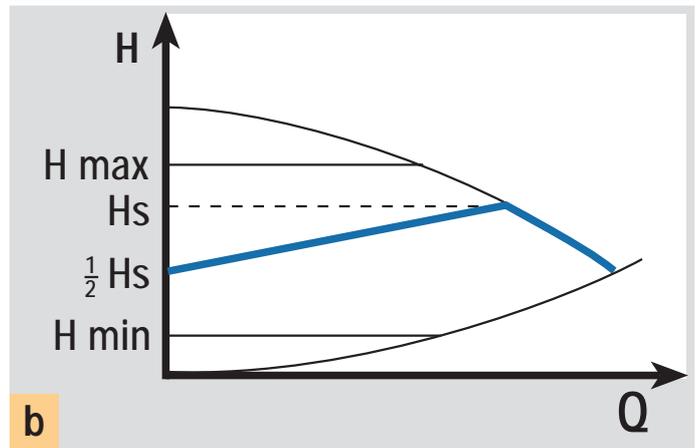
mit

- a Konstantdruck
- b Proportionaldruck
- c Kurvenverschiebung durch Vorlauftemperatur

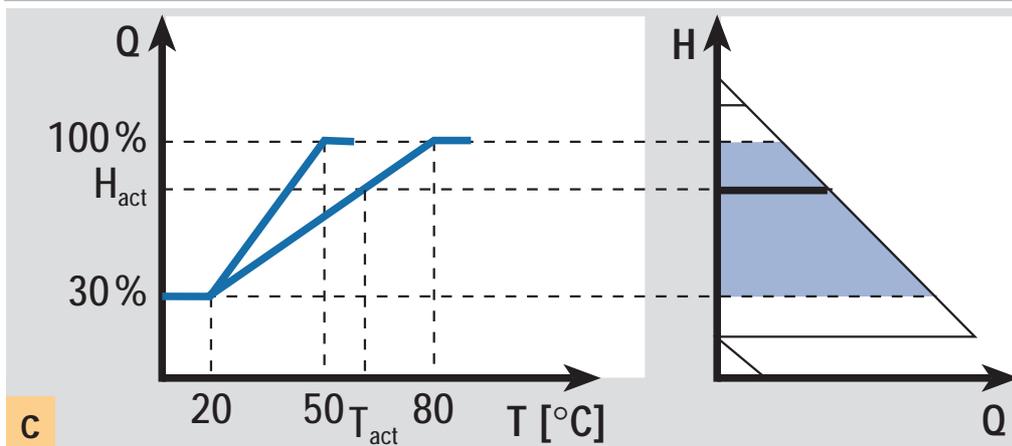
Regelungsart $\Delta p-c$



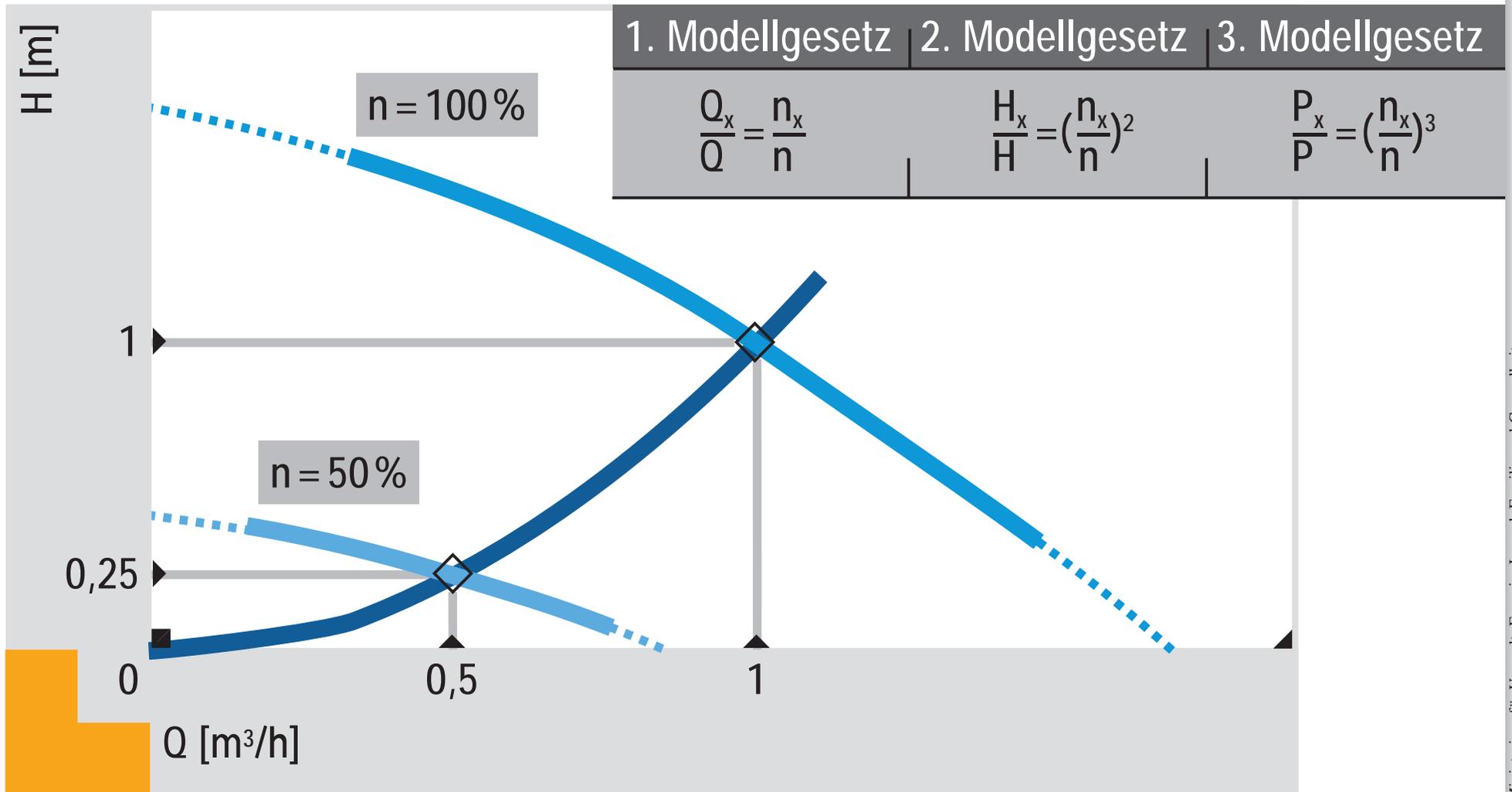
Regelungsart $\Delta p-v$



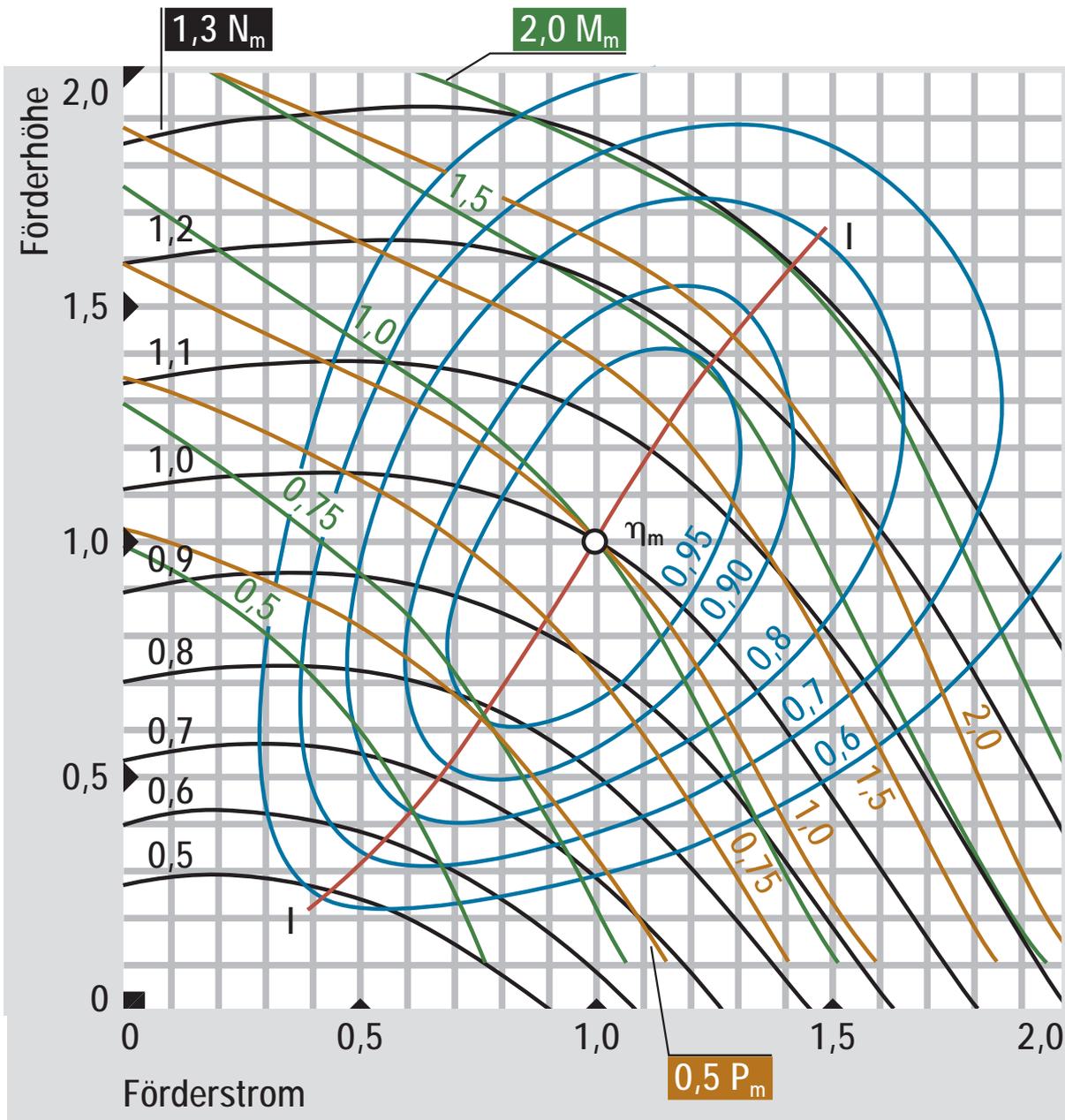
Temperaturführung



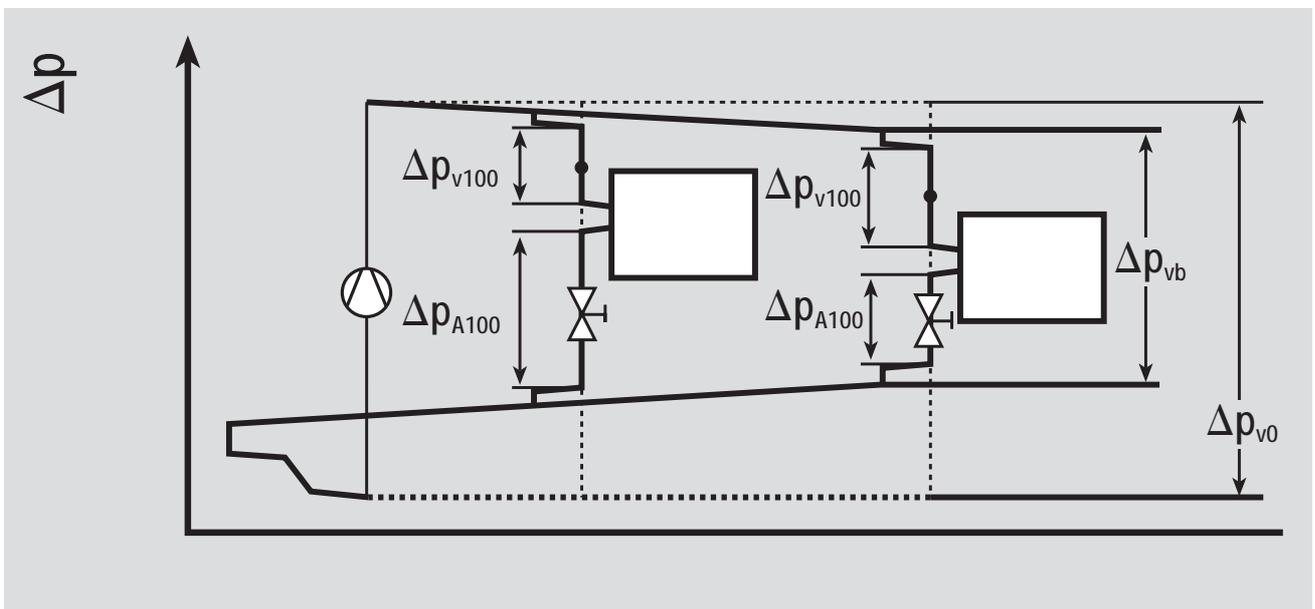
Modellgesetz: Kennlinie der Umwälzpumpe in Abhängigkeit von der Drehzahl



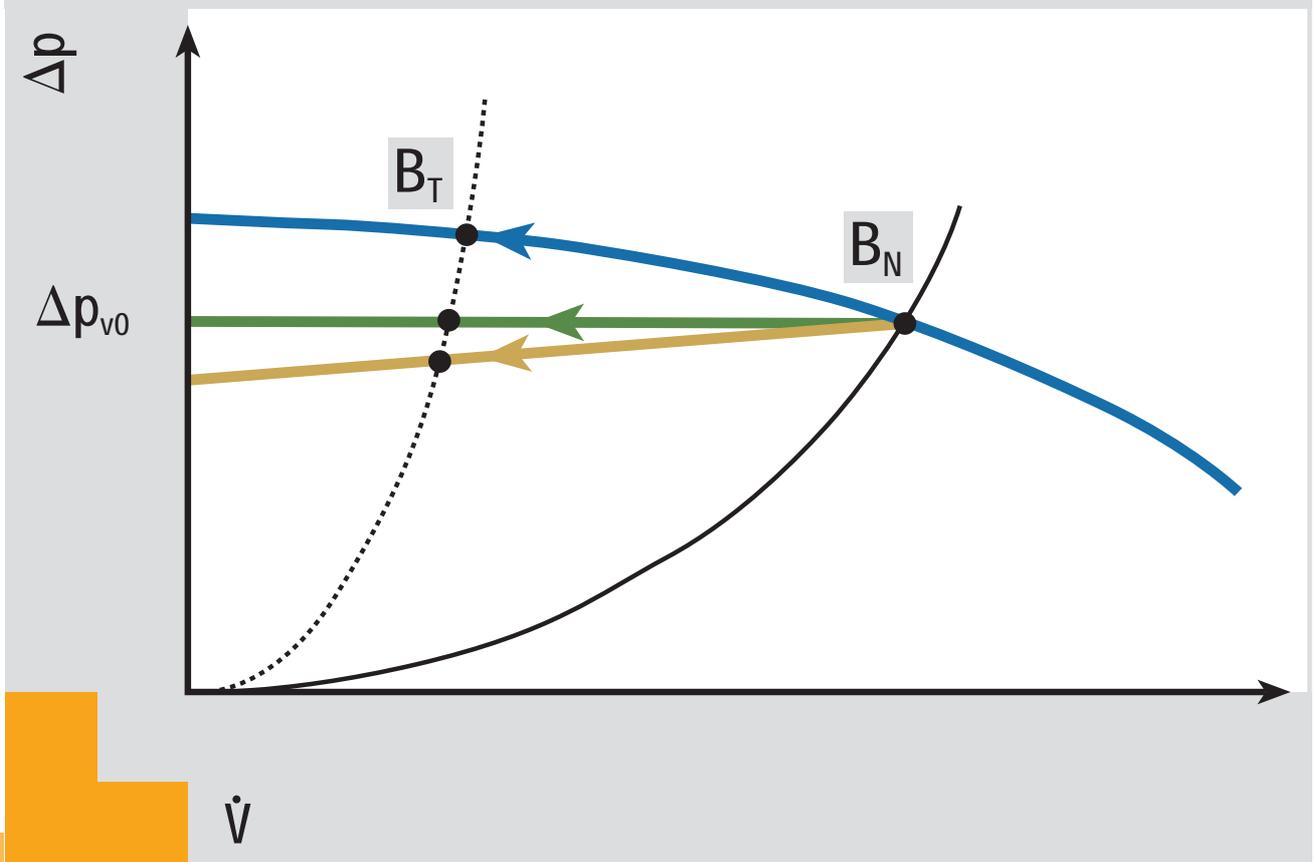
Muschelkurve einer Umwälzpumpe



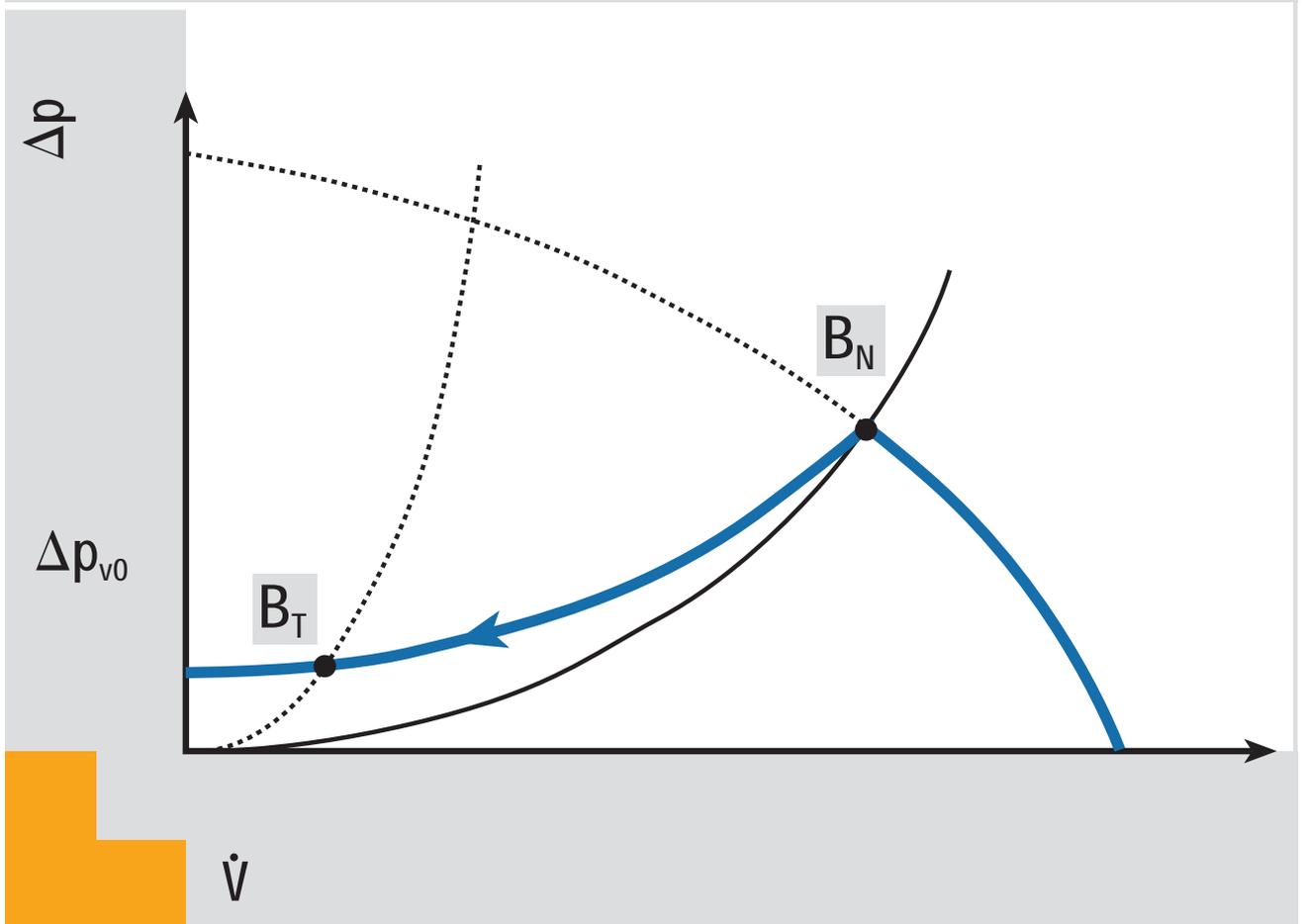
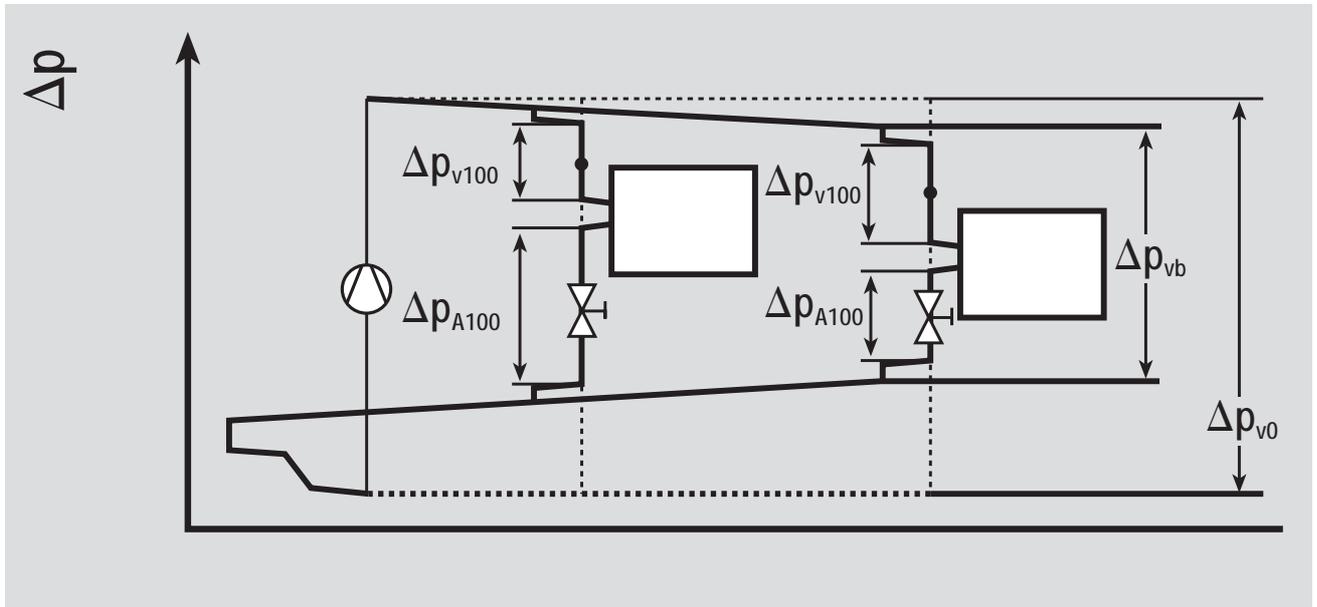
Druckschaubild und Pumpendiagramm bei Druckregelung über der Pumpe



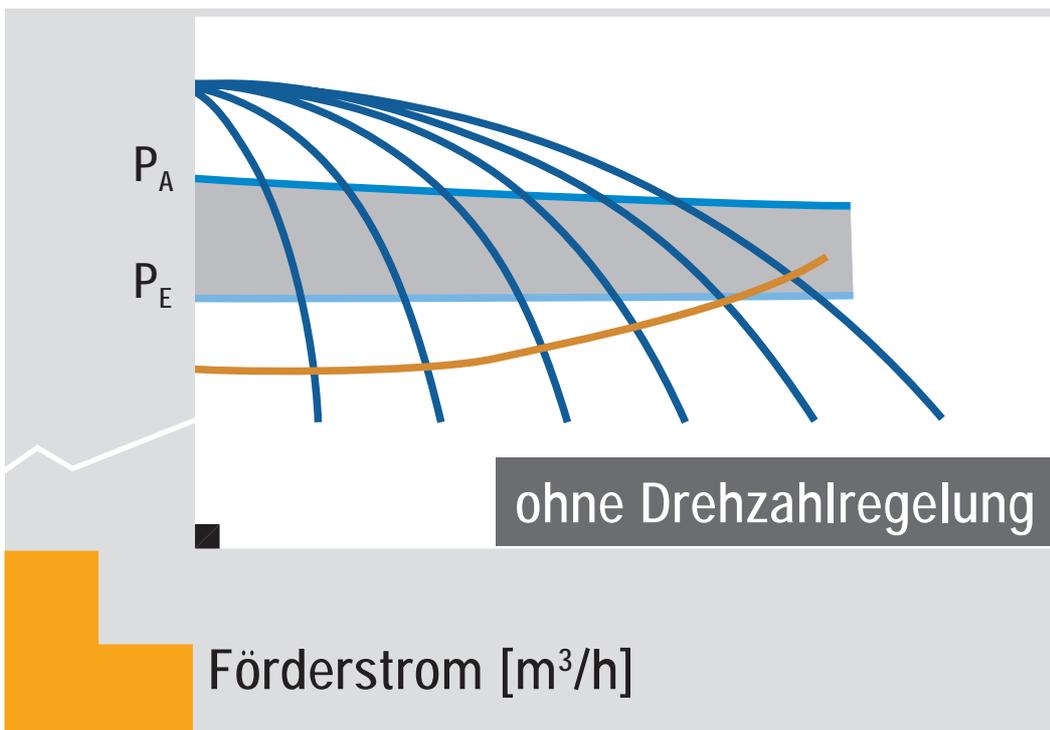
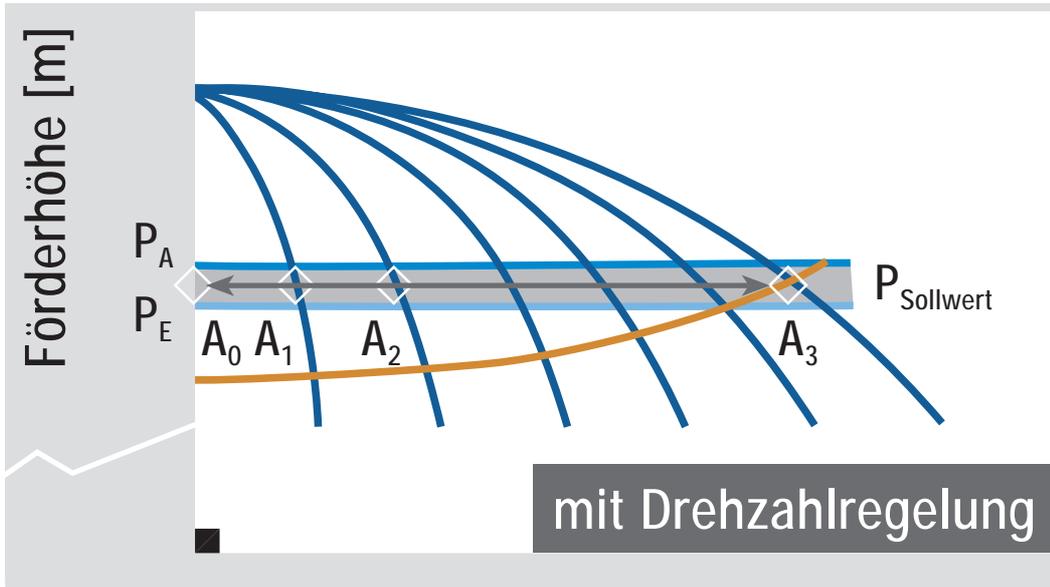
- a flacher Kennlinie
- b Druckkonstantregelung
- c negativer Pumpenkennlinie



Druckschaubild und Pumpendiagramm bei Förderstromregelung am Verteiler

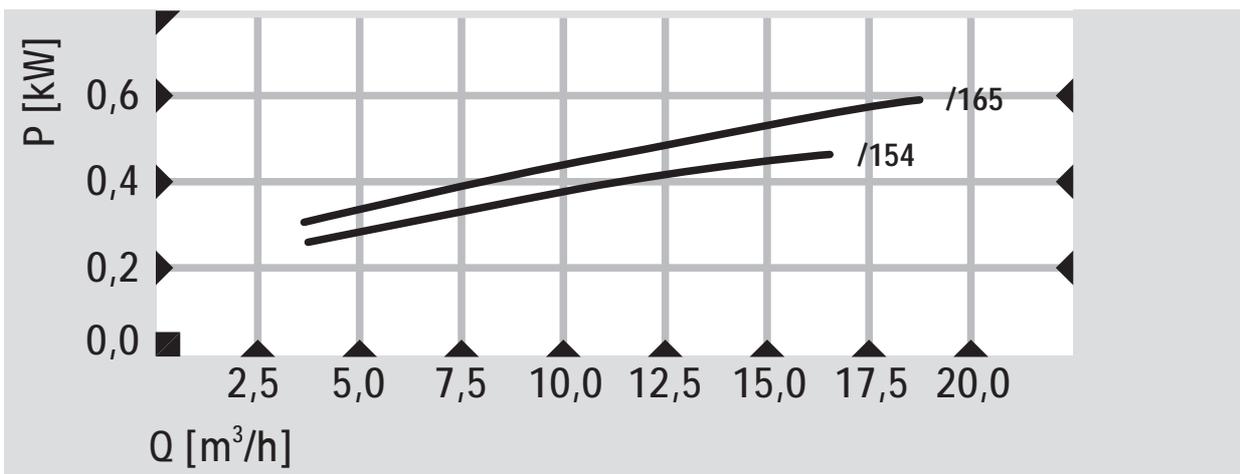
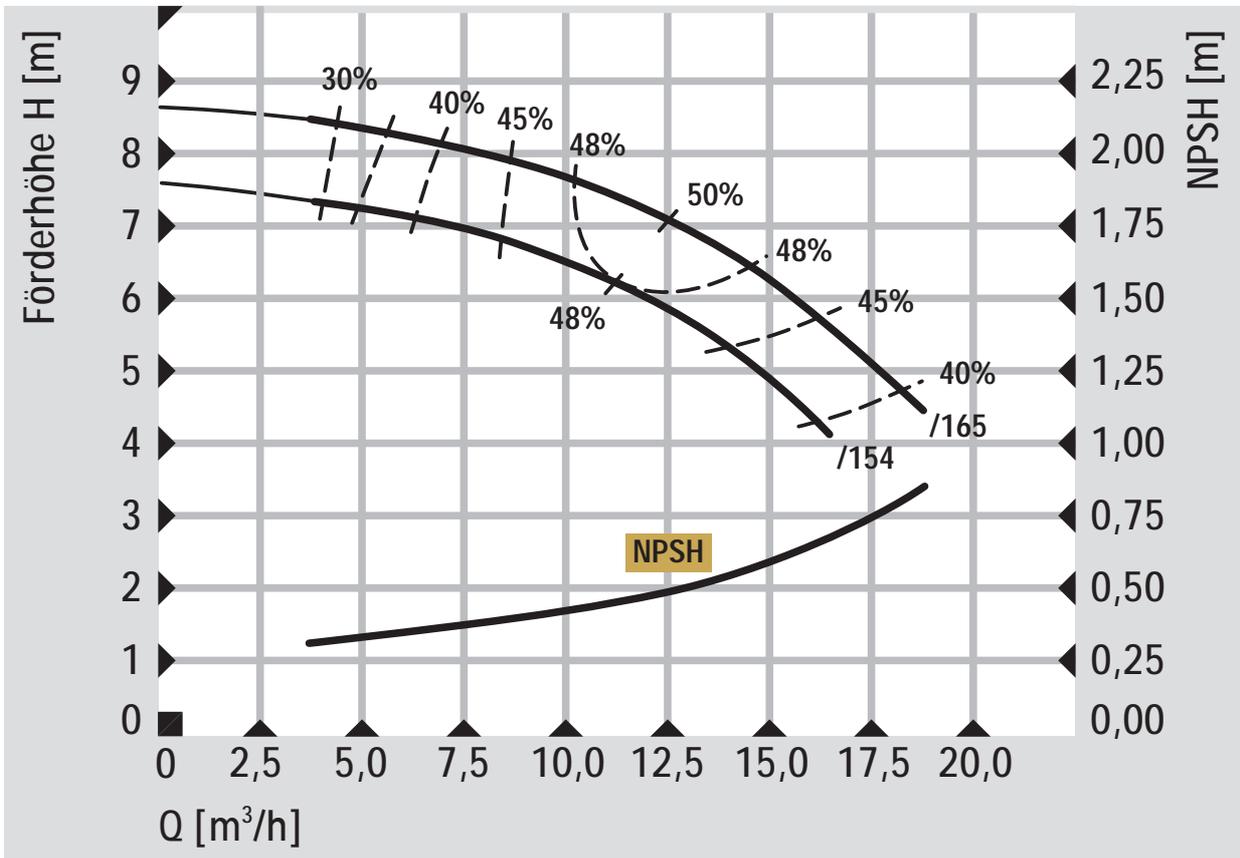


Parallelbetrieb von Pumpen mit und ohne Drehzahlregelung

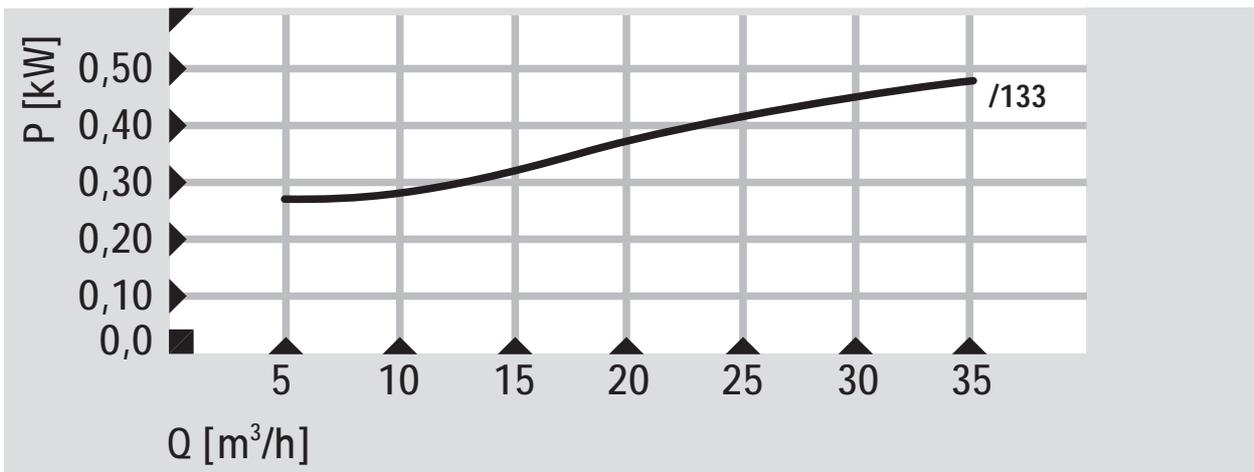
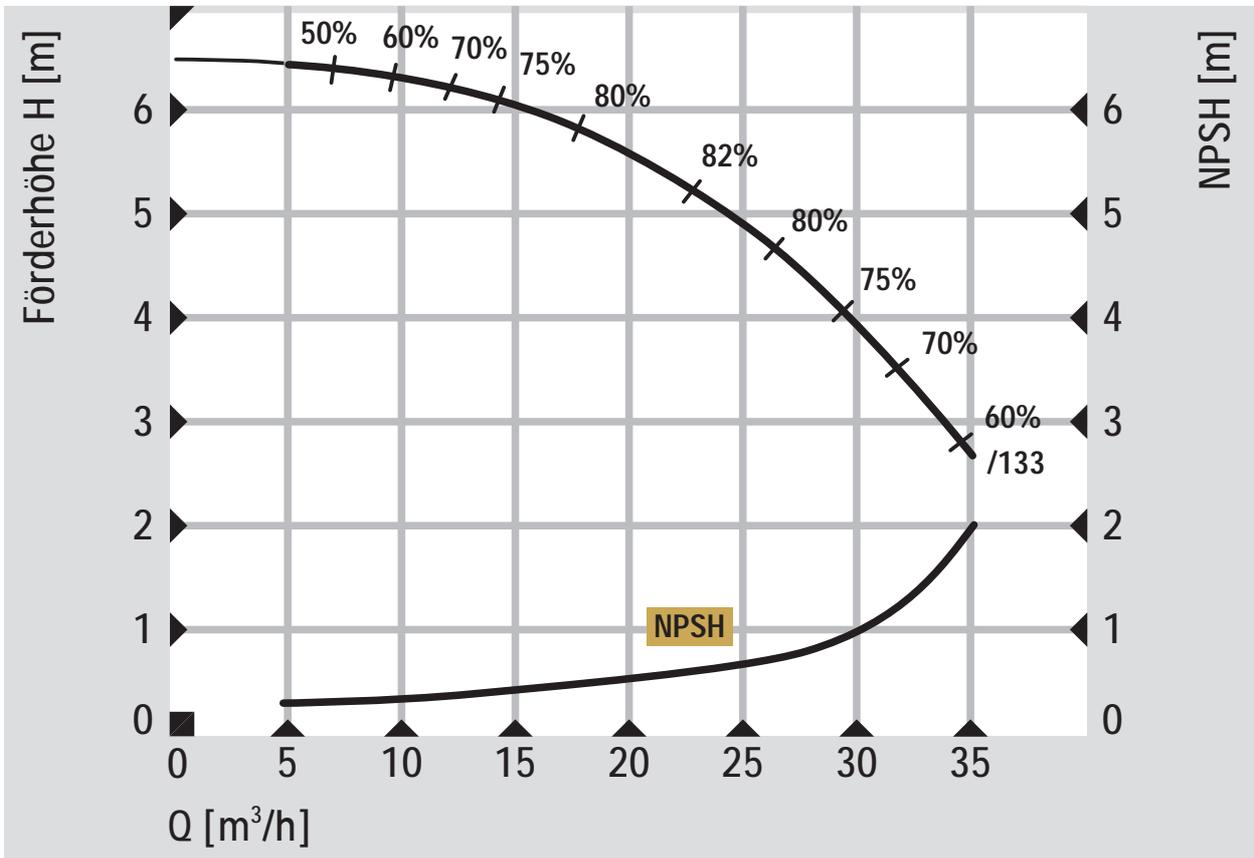


- unregelte Pumpenkennlinie
- Rohrnetzkenlinie
- Regelbereich

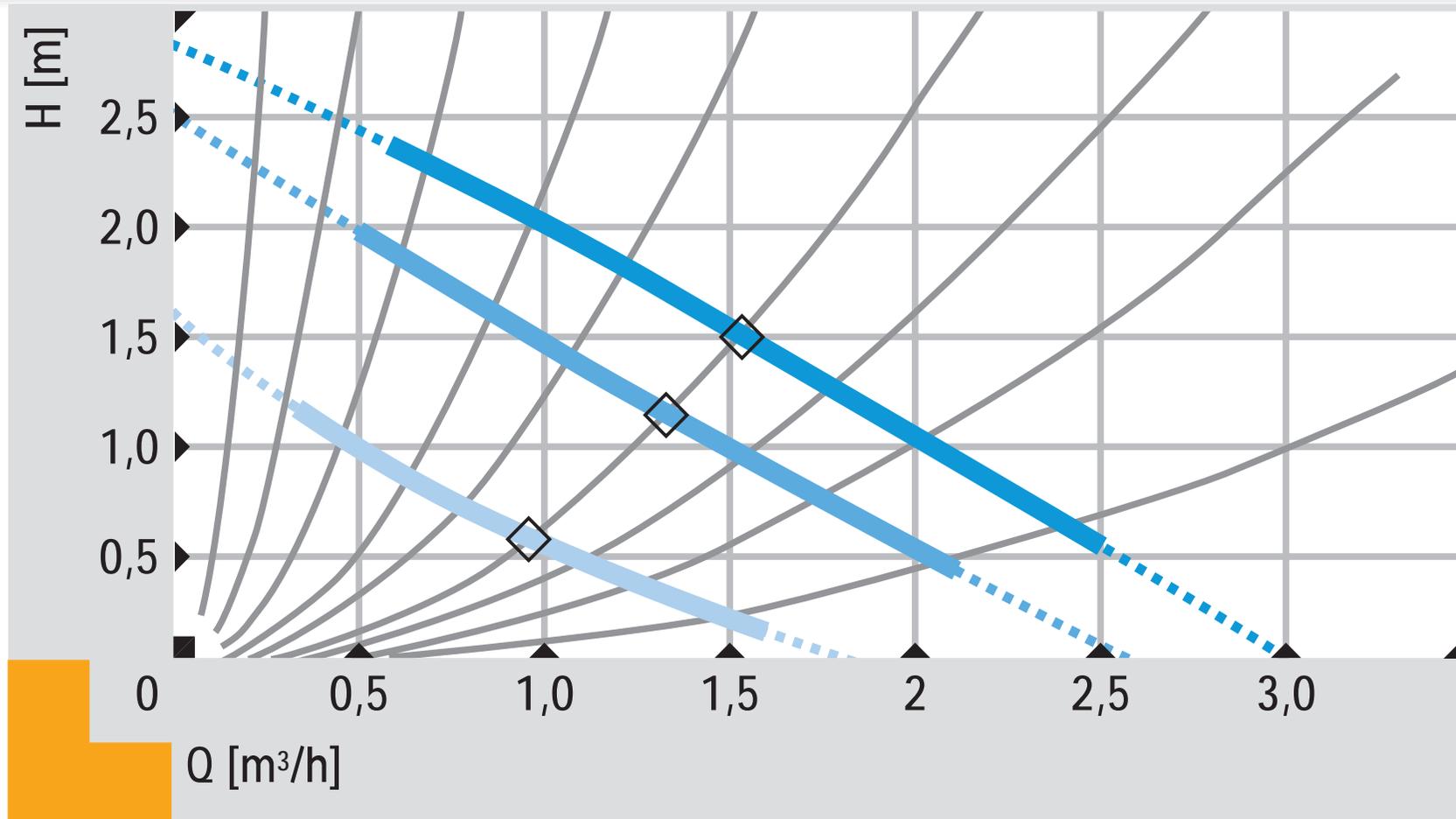
Kennlinien von Pumpen ähnlicher Leistung



Kennlinien von Pumpen ähnlicher Leistung



Verlauf der hydraulischen Leistung einer Pumpe bei geradlinigem Verlauf der Pumpenkennlinie

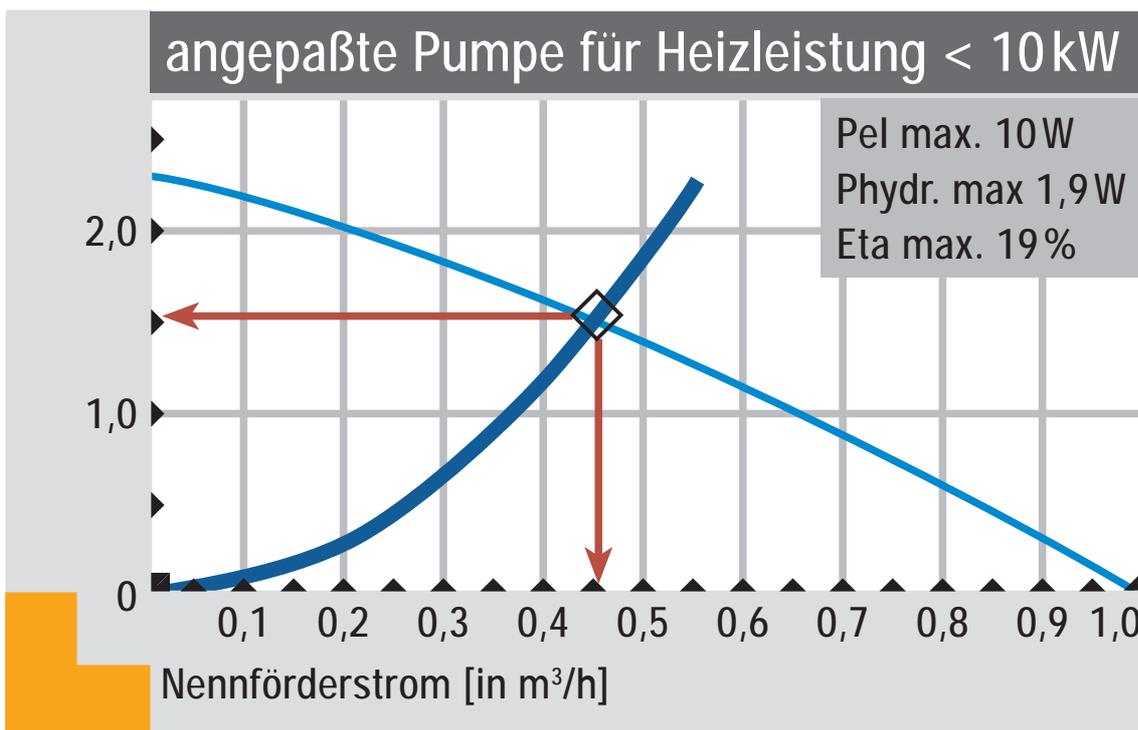
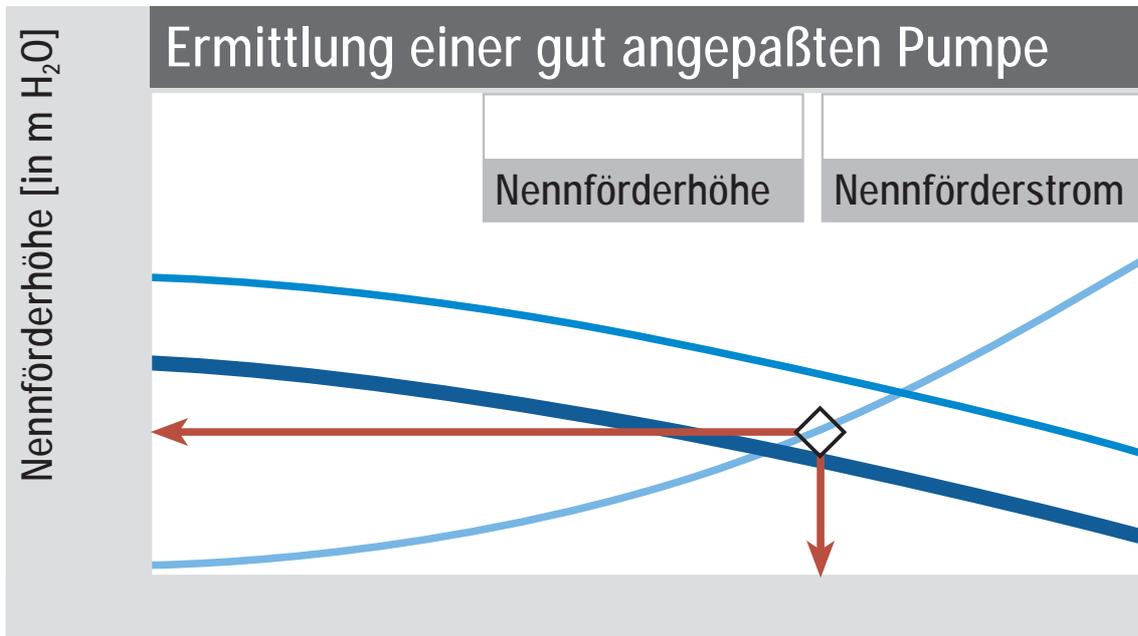


Elektr. Daten 1 · 230V:
 UPS 25-30

Typ	Stufe	P1 [W]	In [A]	Motorschutz
	3	55	0,24	
UPS 25-30	2	40	0,16	blockierstromfest
	1	25	0,10	

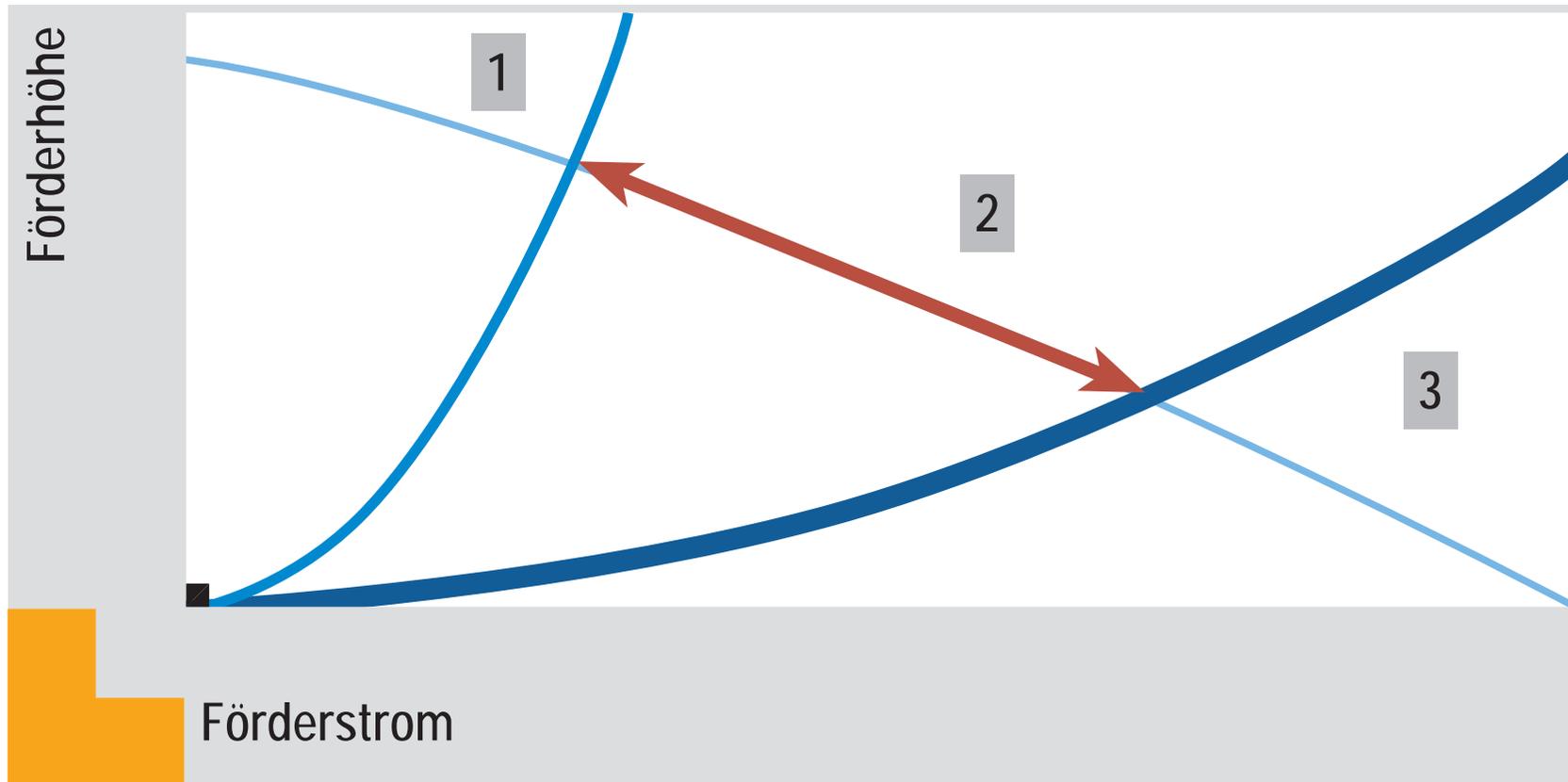
Quelle: Grundfos

Auslegung einer Umwälzpumpe

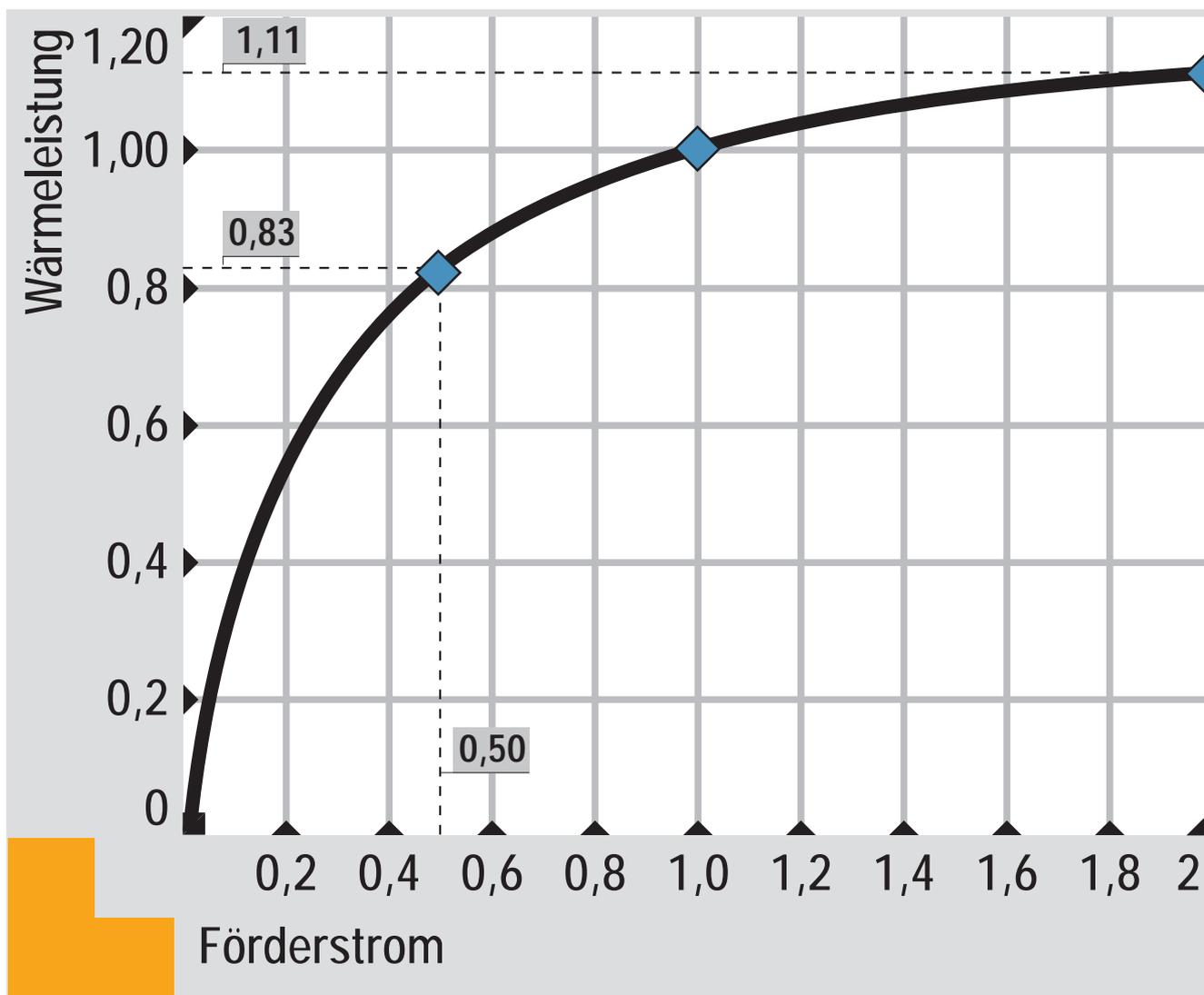


- Pumpe zu groß
- Pumpe optimal
- Anlagenkennlinie

Optimaler Betriebsbereich einer Umwälzpumpe

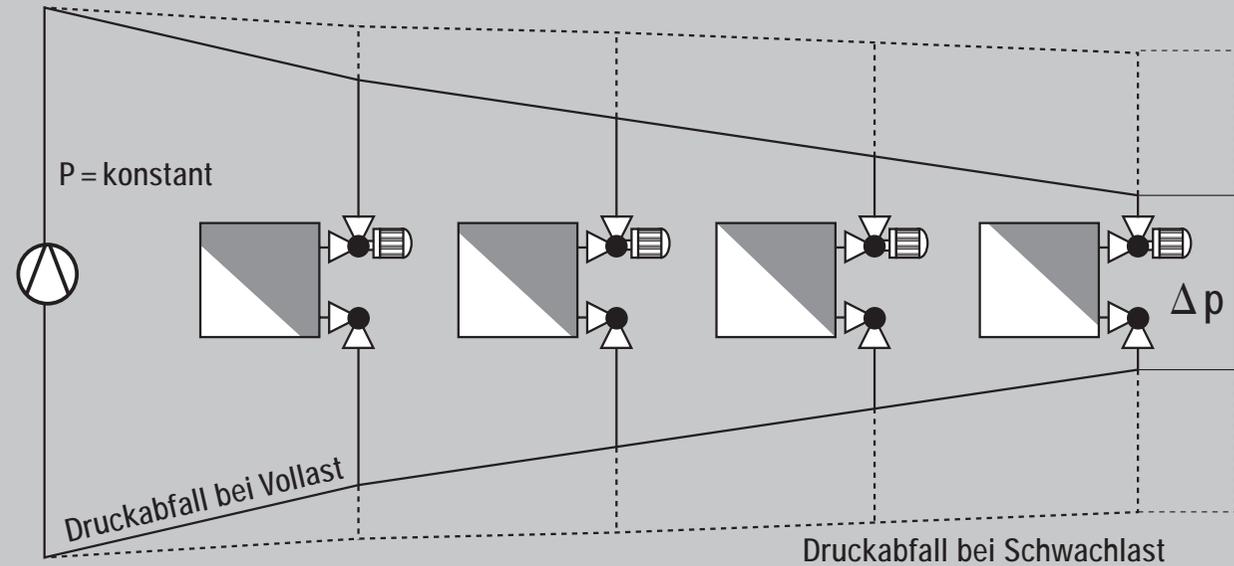


Betriebsdiagramm für Heizkörper

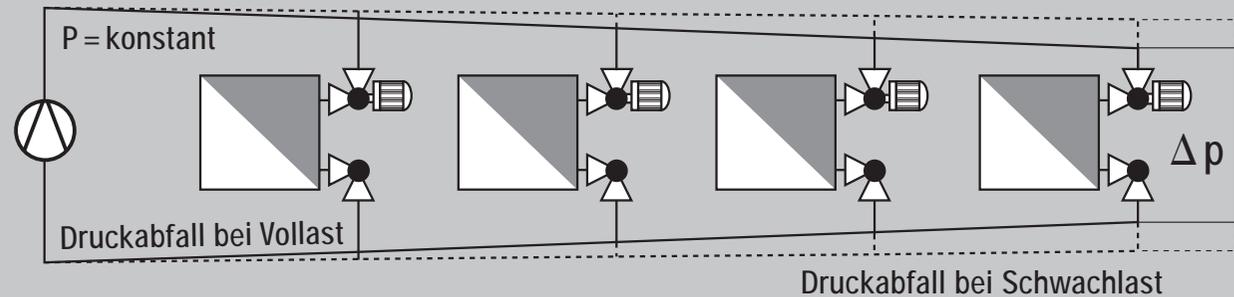


Vergleich

Ungünstig
große Strömungswiderstände und Druckschwankungen



Günstig
kleine Strömungswiderständen und Druckschwankungen



Richtwerte für stromsparenden Pumpenbetrieb

Empfohlene Anhaltswerte für Druckverlustanteile in einfachen Heizungsanlagen

Anlagenteil	Druckverlust [hPa]
Kesselkreis	25 - 30
Verteiler, Armaturen etc.	25 - 50
Rohrnetz	25 - 100 <i>(0,5-1,5 hPa/Rohrmeter)</i>
Heizkörper mit Thermostatventil	50
Differenzdruck bei Nennleistung insgesamt	125 - 250
Achtung bei Kesselthermen:	50 - 200 hPa zusätzlich für den Kesselkreis berücksichtigen

Beispiel für eine ausgeführte solare Brauchwasseranlage

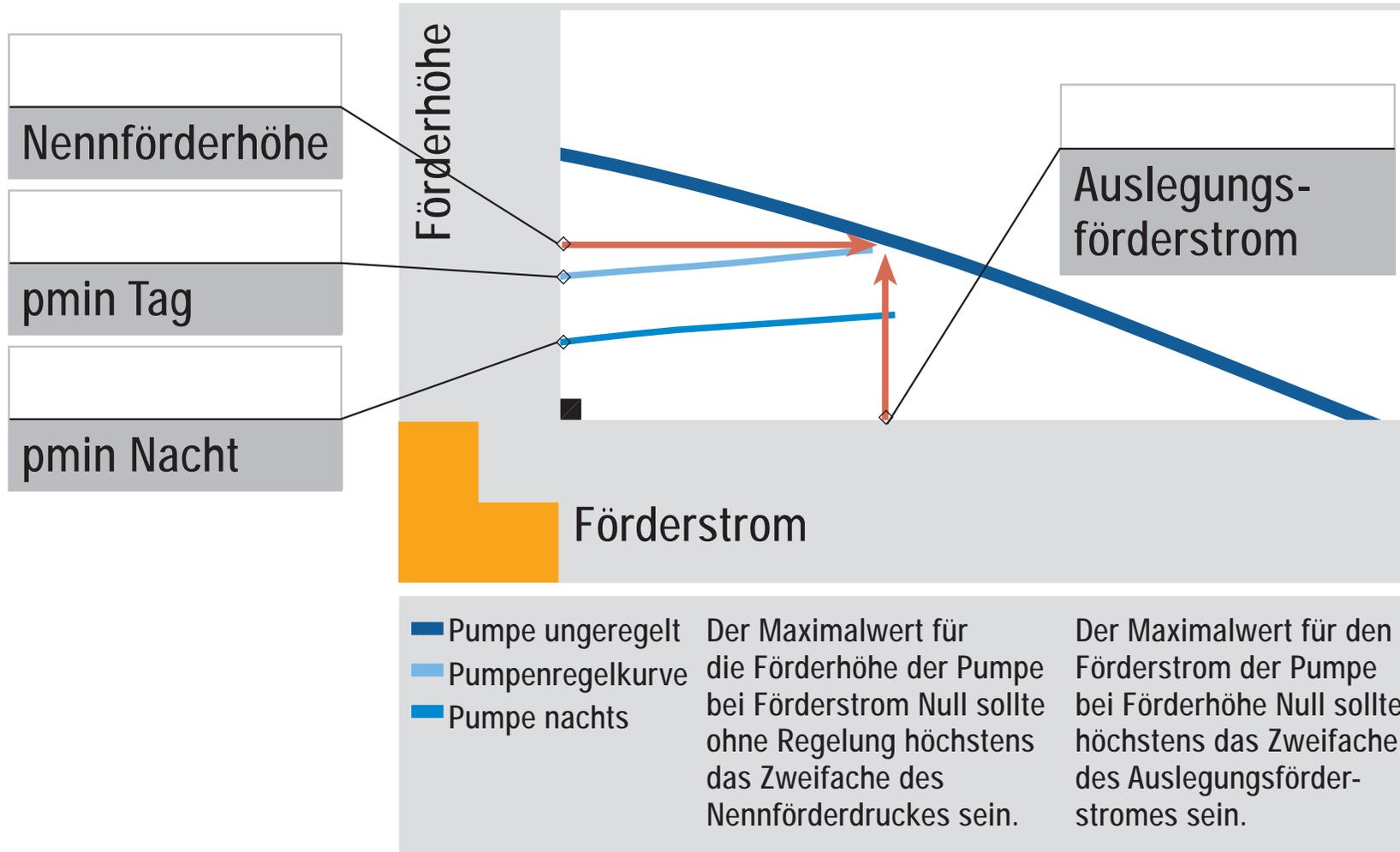
Kollektorfläche	16 m ²		
maximale Kollektorleistung bei $t_{\text{koll}} 65^{\circ}\text{C}$	9,6 kW		
Schichtenspeicher	700 l		
Umwälzpumpe	100 W max. Förderhöhe 6 m		
jährliche Betriebszeit der Pumpe geschätzt	1200 h		
Verbrauch der Kollektorpumpe	120 kWh/a		
kalkulatorischer Solarertrag	7.200 kWh/a		
Kennwert:	Leistung der Pumpe/Kollektor:	1,04 %	zu hoch
Kennwert:	Stromverbrauch/Solarertrag:	1,67 %	zu hoch

Parallelschaltung von Brennwertthermen mit hydr. Entkopplung von der Verteilung durch eine hydr. Weiche



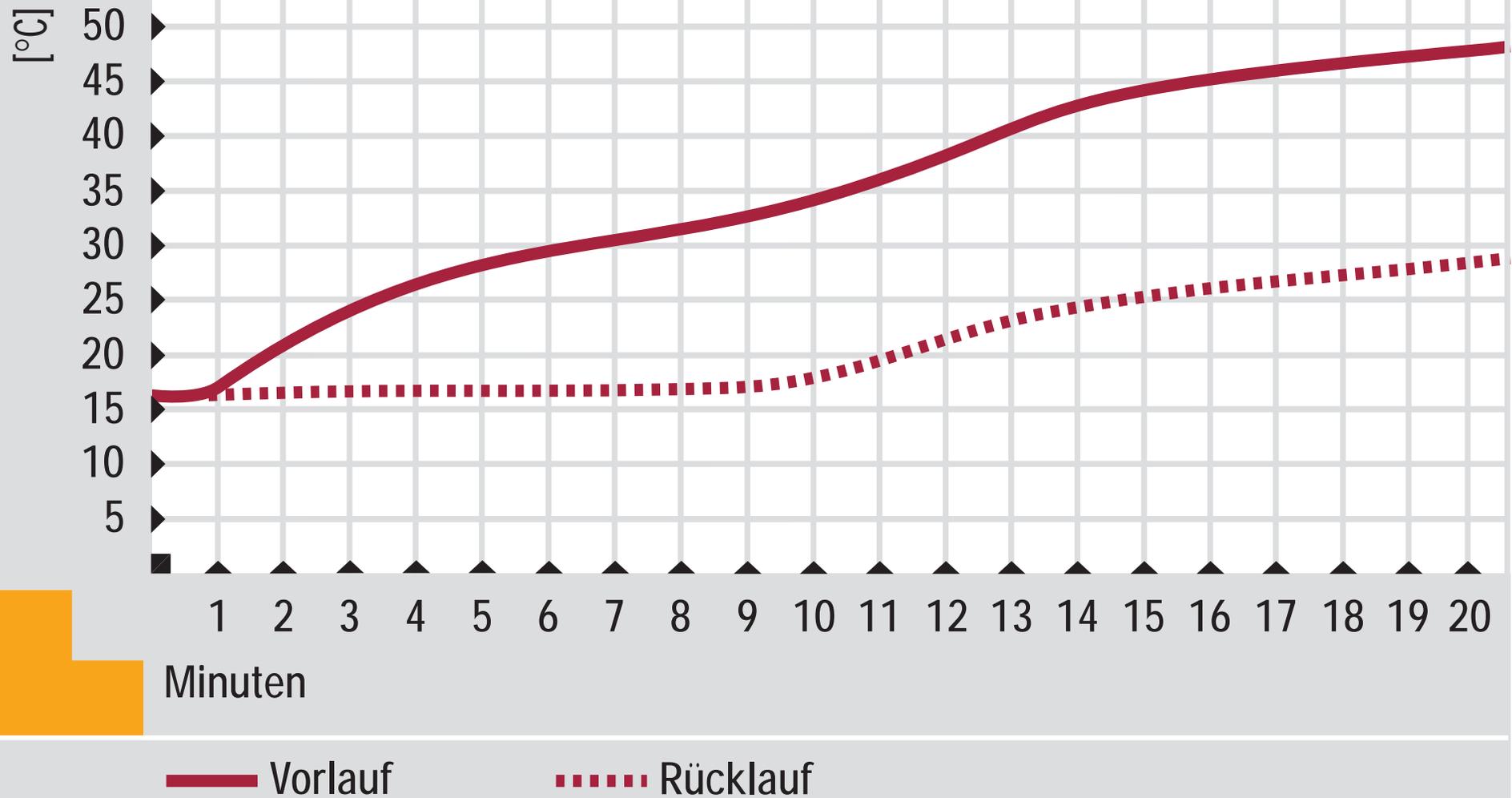
Quelle: Paradigma

Festlegung der Parameter für die Dimensionierung einer Umweltpumpe und der Eckpunkte für die Regelung



Temperaturanstieg nach Kesselstart

mittelträge Anlage, Systemauslegung 70/50 °C, Betrieb mit \dot{V}_{nenn}



Kosten und Nutzen einer Pumpensanierung im gewerblichen Bereich

Stromverbrauch der redimensionierten Umwälzpumpe für die Heizung		
Vollbetriebsstunden	2.500 h/a · 80 W	200 kWh/a
Teillastbetriebsstunden	3.000 h/a · 30 W	90 kWh/a
Gesamtverbrauch nach Redimensionierung		290 kWh/a
Einsparung gegenüber Urzustand		1.195 kWh/a ≈ 81,5 %
Einsparung Verbrauchskosten á 0,35 DM/kWh		418 DM/a
Kosten der Maßnahme (Pumpe mit Umschaltrelais, Austausch etc.)		850 DM
Amortisationszeit für die Maßnahme		≈ 2 Jahre
Stromverbrauch der redimensionierten Umwälzpumpen für die Brauchwasserladekreise		
Betriebsstunden Kollektorladekreis	1.300 h/a · 20 W	26 kWh/a
Betriebsstunden Kesselladekreis	1.200 h/a · 60 W	72 kWh/a
Gesamtverbrauch nach Redimensionierung		98 kWh/a
Einsparung gegenüber Urzustand		266 kWh/a ≈ 73,1 %
Einsparung Verbrauchskosten á 0,35 DM/kWh		93 DM/a
Kosten der Maßnahme (2 Pumpen, Taco, Austausch etc.)		590 DM
Amortisationszeit für die Maßnahme		≈ 6-7 Jahre
Kennziffer nach der Sanierung		
Leistung Umwälzpumpe Heizkreis/Heizleistung		0,21 %
Verbrauch Umwälzpumpen/Brennstoff + Solar		0,32 % incl. Ladekreispumpen

Beispielhafte Sanierung von Pumpen innerhalb einer technischen Hochschule

Kenndaten der Anlage	alt	neu	Differenz
Anzahl der Regelkreise	4	2	-2
Umwälzpumpen	1	2	+1
Pumpenleistung (W)	1.000-1.600	310-448	≈ -1.000 W
Stromverbrauch Pumpen (kWh/a)	2.520	684	-73 %
Wärmeverbrauch (MWh/a)	814	588	-28 %
Heizleistung (kW) rechnerisch	500	330	
spezifischer Verbrauch (kWh/m ² *a)	258	186	
Umwälzmenge Fernheizwasser (m ³ /a)	90.000	21.000	
Jahreskosten Pumpenstrom (DM/a)	504	137	-367
Jahreskosten Heizwärme u. Strom (DM/a)	73.720	53.050	-20.670
Investition der Gesamtmaßnahme	39.000 DM		
Pumpenleistung / Wärmeleistung	0,32 %	0,14 %	

Praktische Pumpenoptimierung im privaten Bereich

EFH-Altanlage: Einfache Verbesserung des Pumpeneinsatzes ohne Pumpenaustausch

Vorher

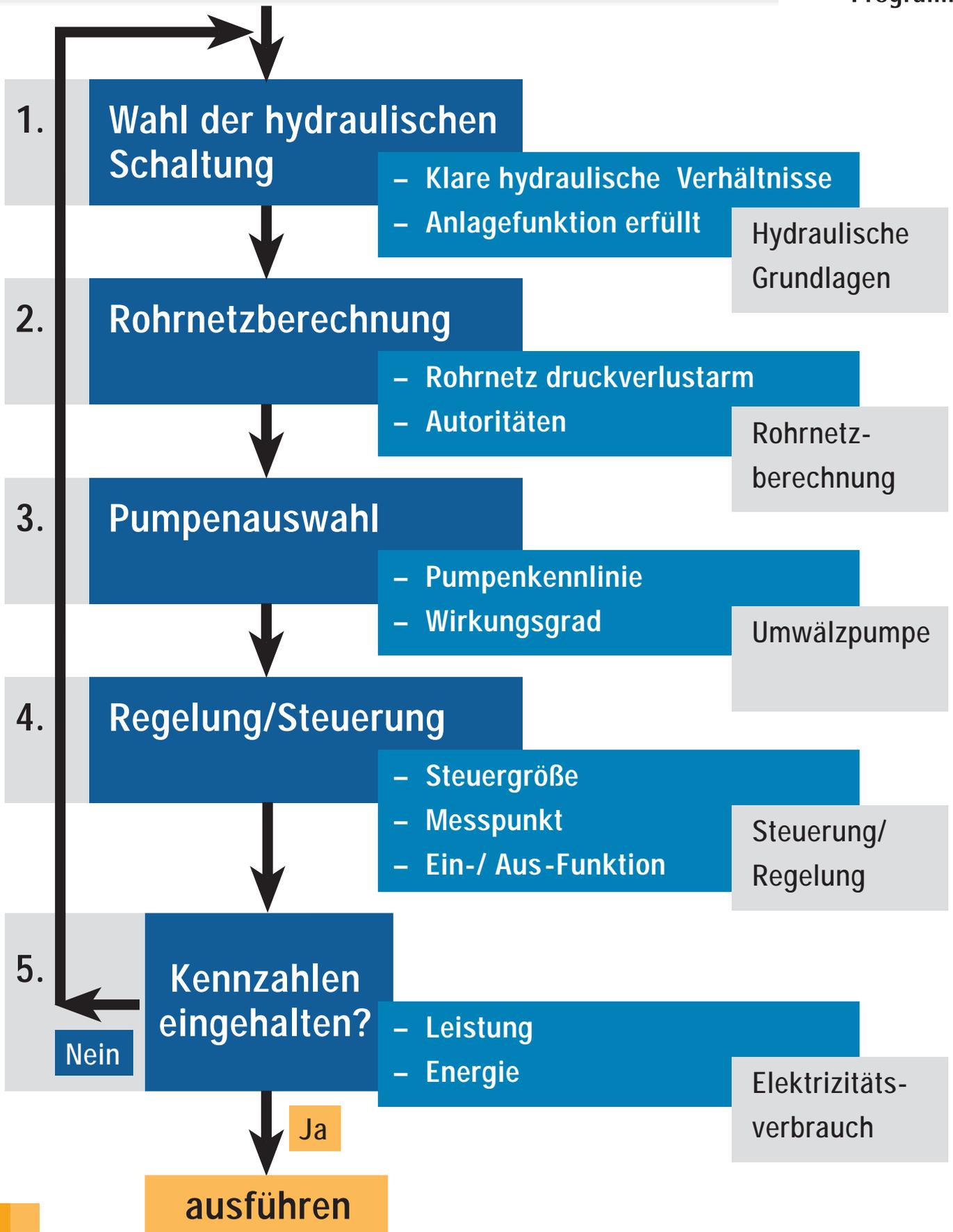
Kesselpumpe	ca. 8.000 h/a	á 110 Watt	880 kWh/a
Zirkulationspumpe	ca. 5.500 h/a	á 21 Watt	116 kWh/a
Insgesamt			996 kWh/a

Nachher

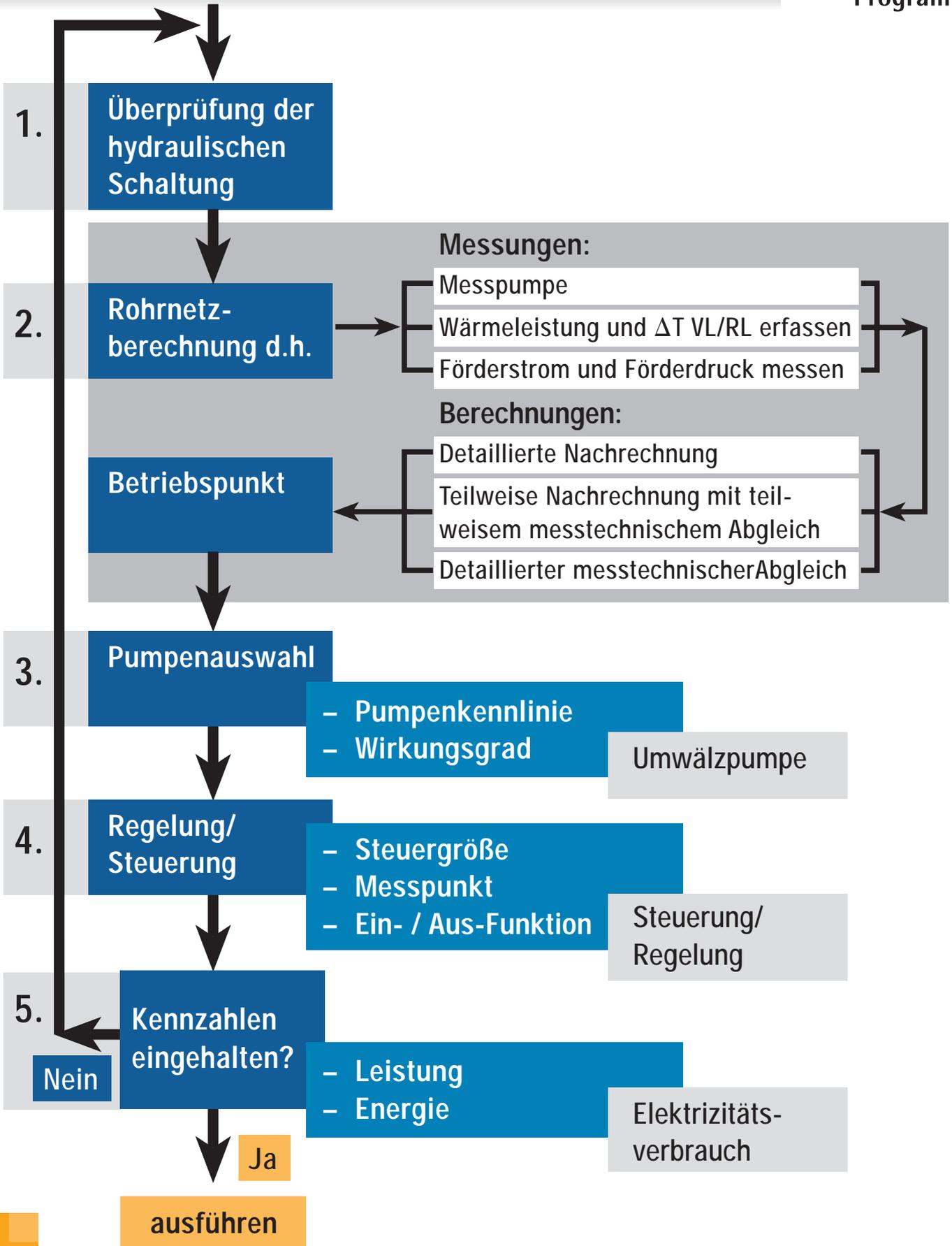
Kesselpumpe	ca. 5.500 h/a	á 60 Watt	330 kWh/a
Zirkulationspumpe	ca. 4.400 h/a	á 21 Watt	92 kWh/a
Insgesamt			422 kWh/a

Stromeinsparung		574 kWh ≈ 68%
Kosteneinsparung	á 0,3 DM/kWh	172 DM/a

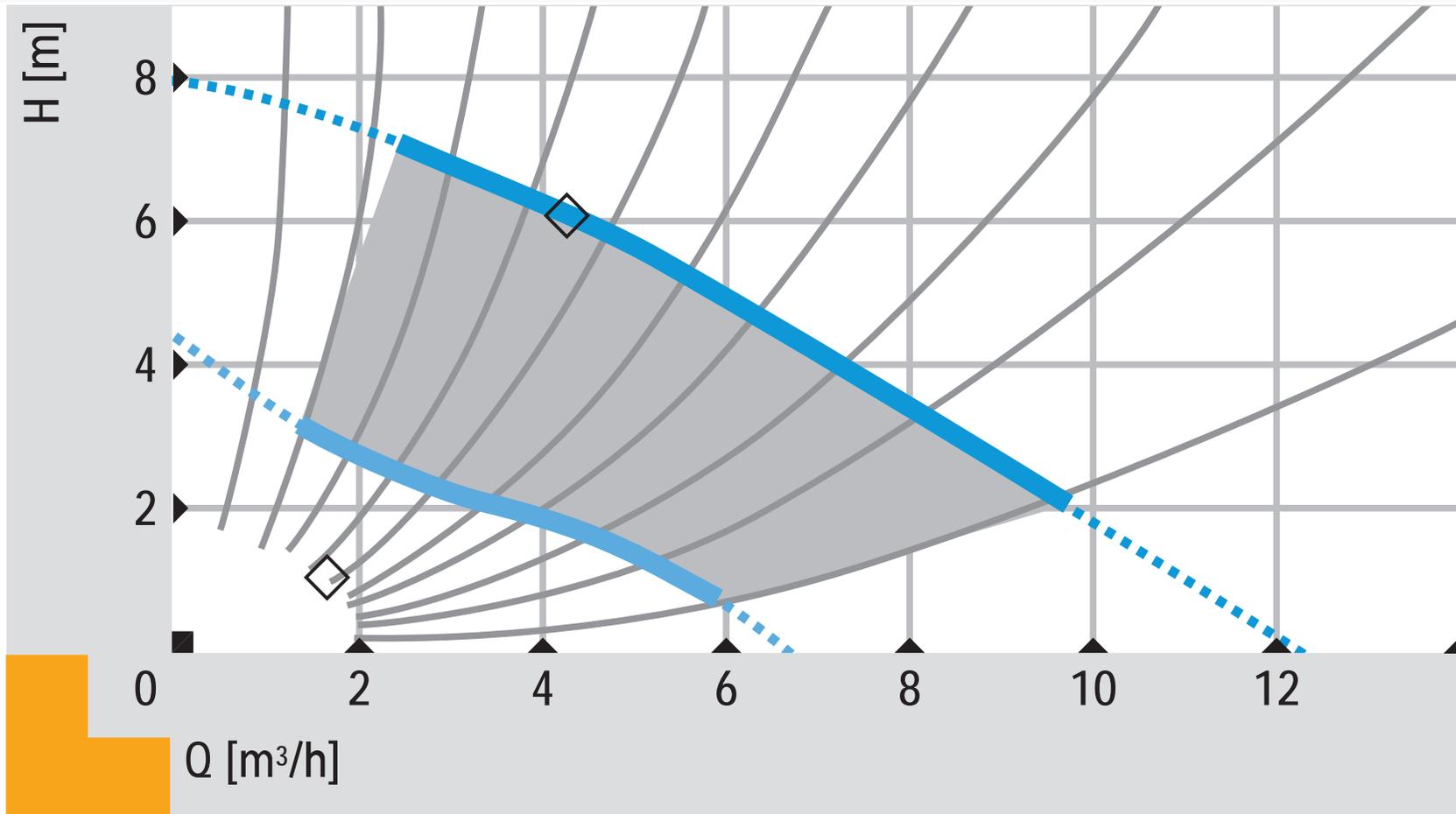
Planungsablauf für Neuanlagen



Planungsablauf für Sanierungen



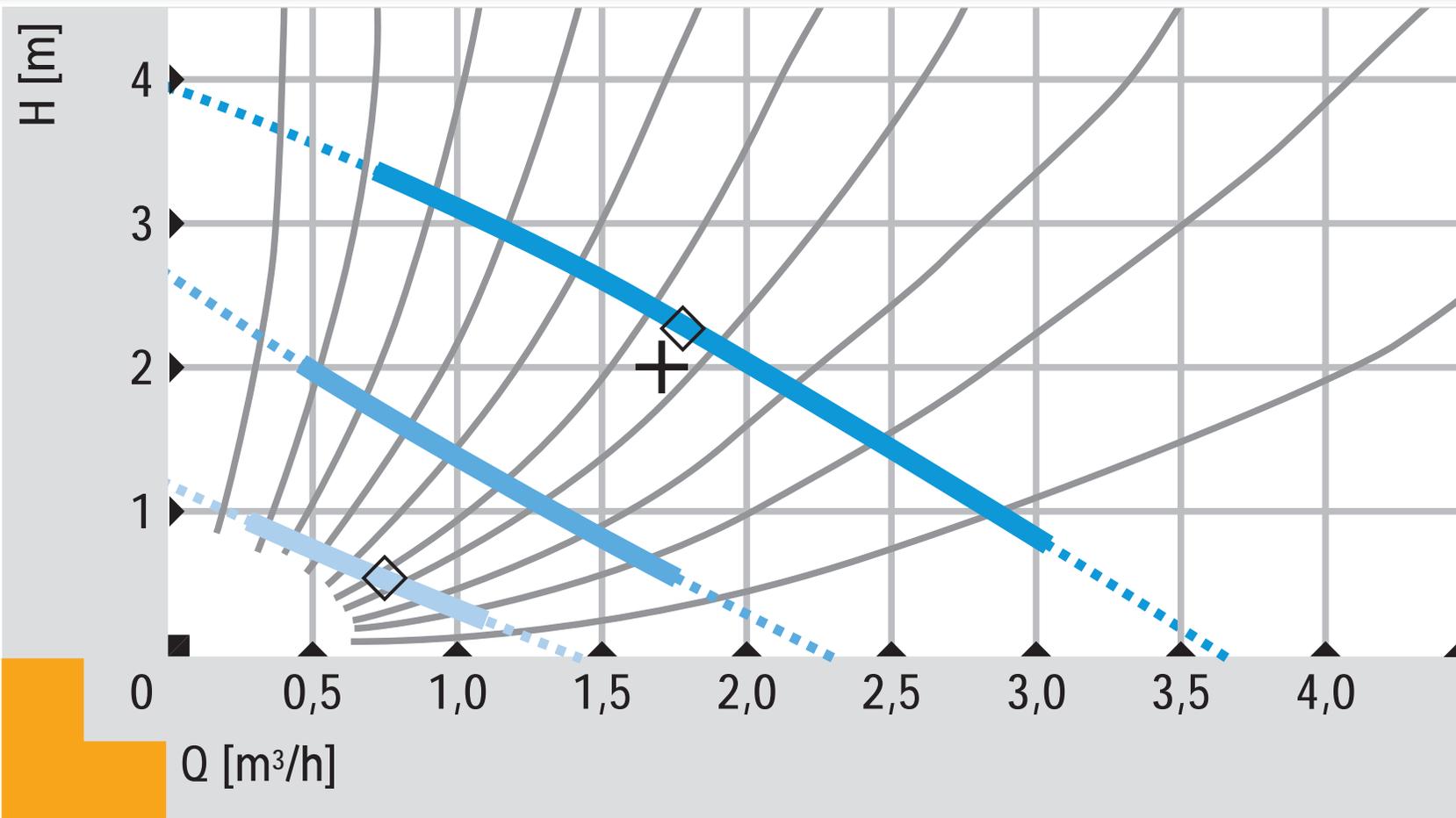
Kennlinie der alten Umwälzpumpe in einem Tagungshaus



UPS 32-80	n [min ⁻¹]	P_1 [W]	I_n [A]	C [μF]
	2600	275 M	0,50	-

Quelle: Grundfos

Kennlinie der als Ersatz dimensionierten Umwälzpumpe in einem Tagungshaus

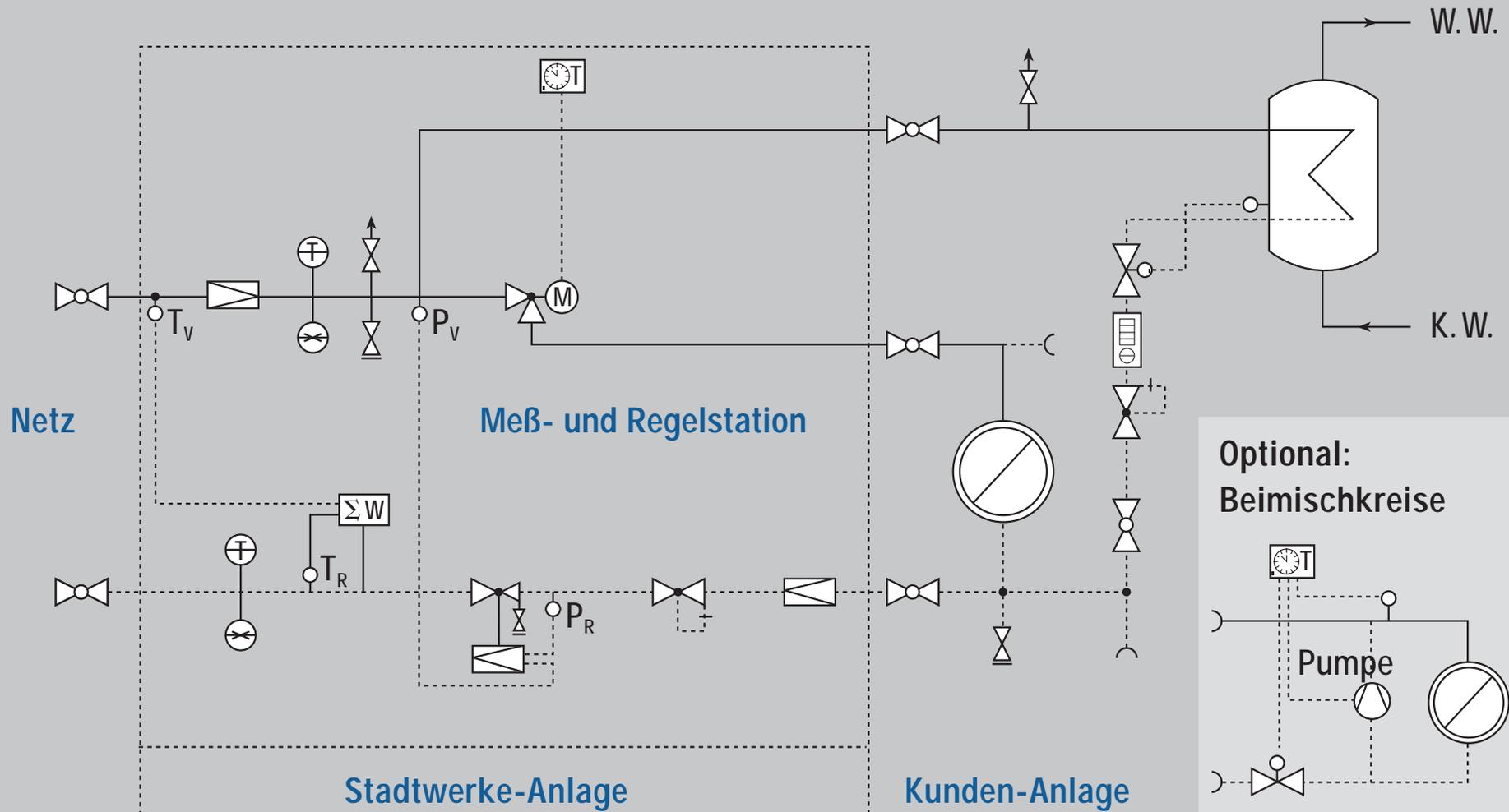


UPS 32-40	Stufe	n [min ⁻¹]	P_1 [W]
	3	1850	80
	2	1200	55
	1	750	30

Quelle: Grundfos

Hydraulisches Schaltbild einer Hausstation im Nahwärmenetz Fritzlar

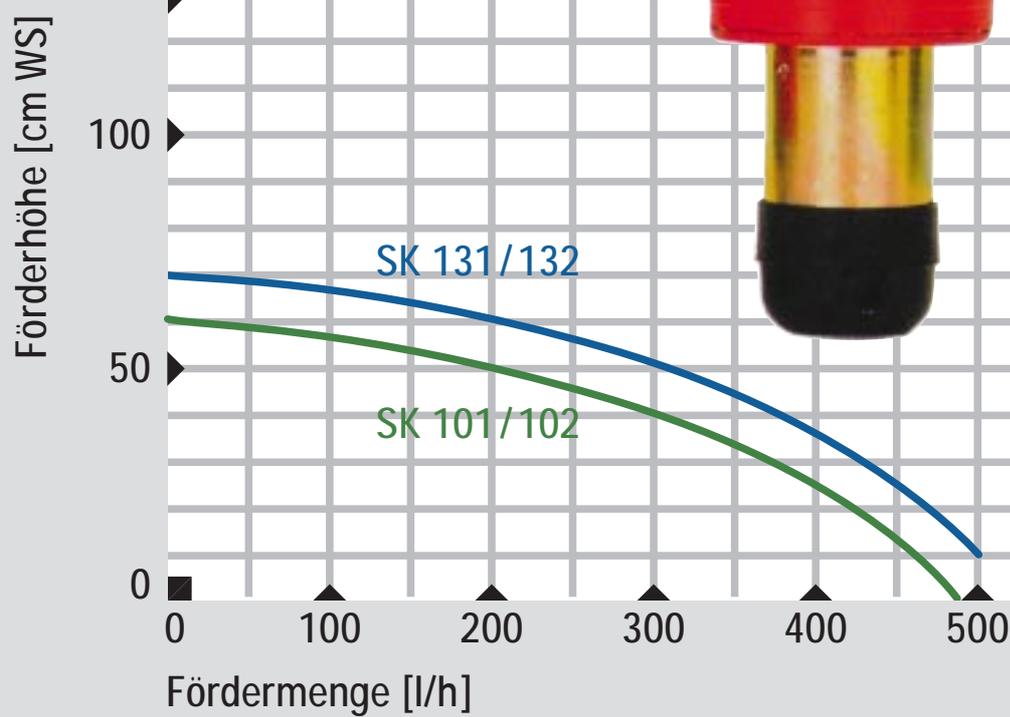
Heizbetrieb und Boilerladung in Drosselschaltung ohne verbraucherseitige Umwälzpumpe.
Führungs- oder Einzelraumregelung jeweils mit Nachtabsenkung.



12 Volt Minipumpe mit 4 Watt für Solaranlage



Kennlinie



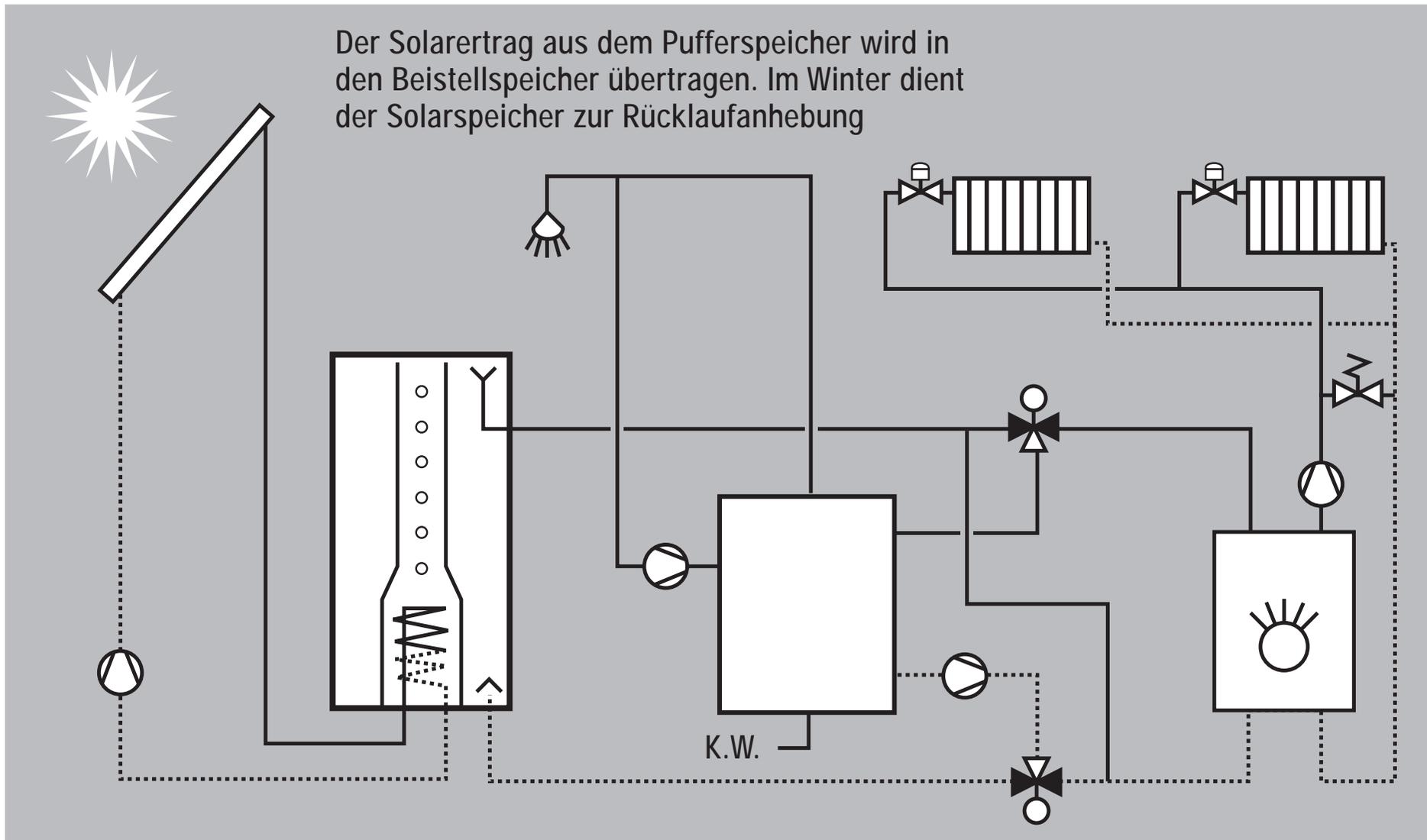
6 m² Solarkollektorfläche können 60 % des jährlichen Warmwasserbedarfs eines Vier-Personen-Haushaltes decken



Quelle: Paradigma

Solaranlage mit Pufferspeicher und Beistellspeicher für den Kessel

Der Solarertrag aus dem Pufferspeicher wird in den Beistellspeicher übertragen. Im Winter dient der Solarspeicher zur Rücklaufanhebung



Technische Anordnung einer Heizanlage mit solarer Brauchwasserbereitung und 2 Speichern



Quelle: Paradigma

Heizung mit Solaranlage als Ergänzung

