



Markt der Möglichkeiten - Effizienzpotenziale
in der Kälte- und Klimatechnik

in der Patriotischen Gesellschaft von 1765
am 29. September 2009

Lebenszykluskosten von Pumpen in Kaltwasseranlagen

Dipl.-Ing. (FH) Frank Räder
fraeder@grundfos.com

GRUNDFOS GmbH
www.grundfos.de



Grundfos Zentrale in Dänemark

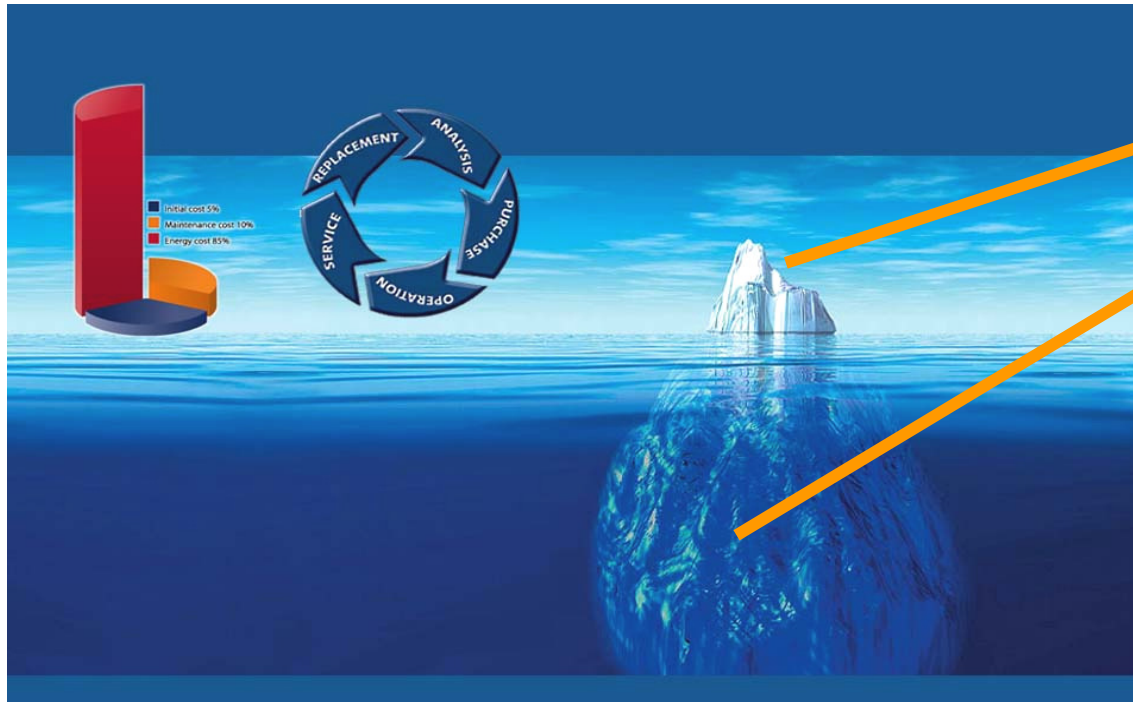


Grundfos Pumpenfabrik in Wahlstedt



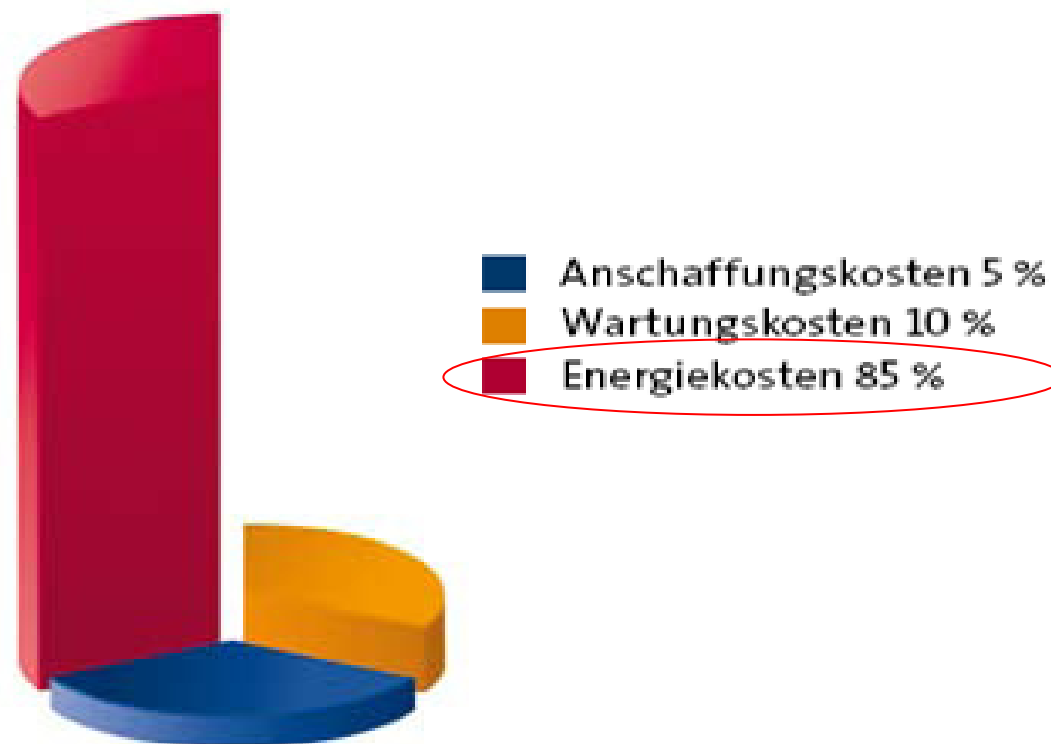
Lebenszykluskosten von Pumpen in Kaltwasseranlagen

Lebenszykluskosten sind die Summe aller Kosten, die über den gesamten Nutzungszeitraum anfallen



- Anschaffungskosten
- Installationskosten
- **Energiekosten**
- Wartungskosten
- Ausfallkosten
- Umweltkosten
- Betriebskosten
- Außerbetriebnahmekosten

Lebenszykluskosten bestehen bei Pumpensystemen zu
ca. 85 % aus **Energiekosten** !



Deshalb im Fokus:

Energie-Effizienz eines Pumpensystems



Gebäudetechnik



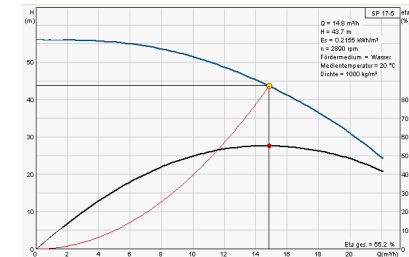
Industrie



Energieeffizienz von Pumpensystemen

Drei entscheidende Kriterien:

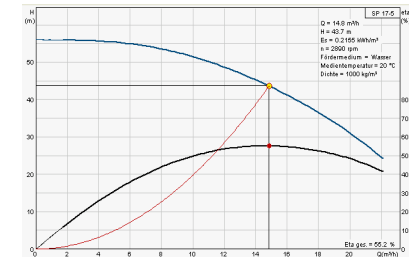
- Wirkungsgrad von Pumpe und Motor
- Auslegung von Pumpe und Motor
- Betriebsweise im hydraulischen System



Energieeffizienz von Pumpensystemen

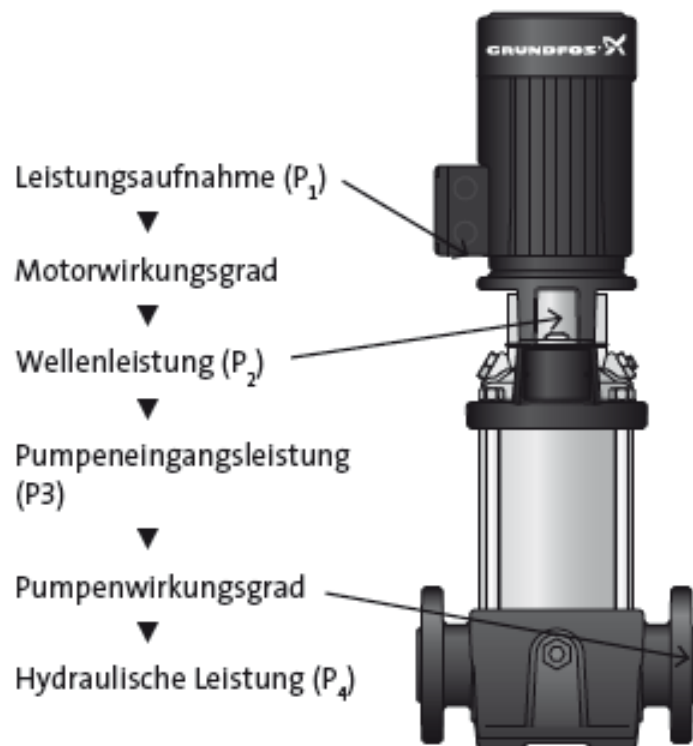
Drei entscheidende Kriterien:

- **Wirkungsgrad von Pumpe und Motor**
- Auslegung von Pumpe und Motor
- Betriebsweise im hydraulischen System



Wirkungsgrad

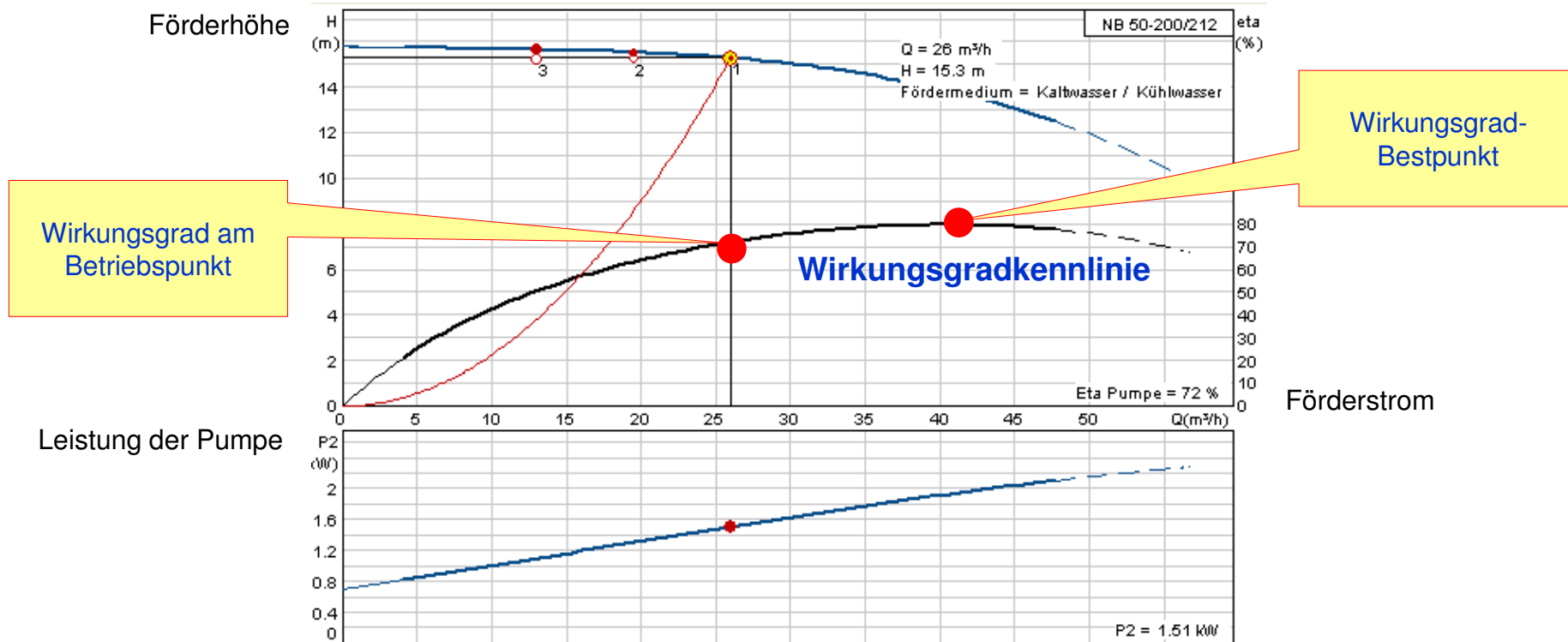
„ Entscheidend ist, was hinten rauskommt ! “



$$\text{Wirkungsgrad } \eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$$

Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad eines Systems verändert sich in Abhängigkeit vom Betriebspunkt, deshalb ...



Klassifizierung von Nassläuferpumpen und Pumpenmotoren

... erfolgt eine Bewertung anhand von Effizienz-Klassifizierungen:

Energieeffizienz-Index („A-Label“) und
Energieeffizienz-Klasse („EFF1“)



Nassläufer



Trockenläufer

Europump-Klassifizierungsschema für Heizungs- Umwälzpumpen: **Energie-Effizienz-Index (EEI)**

EU-Durchführungsverordnung 641 vom
22.7.2009:

ab 2013: IEE < 0,27

ab 2015: IEE < 0,23

Klasse	Energie-Effizienz-Index EEI
A	$EEI < 0.40$
B	$0.40 \leq EEI < 0.60$
C	$0.60 \leq EEI < 0.80$
D	$0.80 \leq EEI < 1.00$
E	$1.00 \leq EEI < 1.20$
F	$1.20 \leq EEI < 1.40$
G	$1.40 \leq EEI$

Grenze D – E gemäss Referenz-Leistungsaufnahme P_{ref}

Der Energie-Effizienz-Index EEI wird berechnet als $EEI = P_{L,avg} / P_{ref}$

$P_{L,avg}$ = Gewichtete Durchschnittsleistungsaufnahme

P_{ref} = Referenzleistungsaufnahme

Klassifizierung von Nassläuferpumpen



ALPHA2

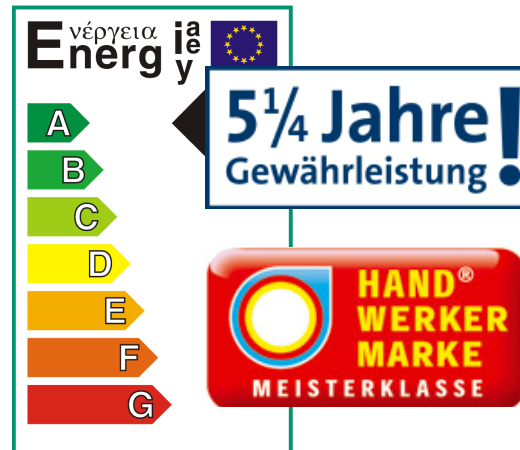
Q: bis 2,7 m³/h | H: bis 6,0 m | **+2° C bis +110° C**



MAGNA

Q: bis 39 m³/h | H: bis 12,0 m | **+2° C bis +110° C**

ALPHA2 15-40 130
ALPHA2 15-60 130
ALPHA2 25-40 130
ALPHA2 25-40 180
ALPHA2 25-40 A 180
ALPHA2 25-60 130
ALPHA2 25-60 180
ALPHA2 25-60 A 180
ALPHA2 32-40 180
ALPHA2 32-60 180



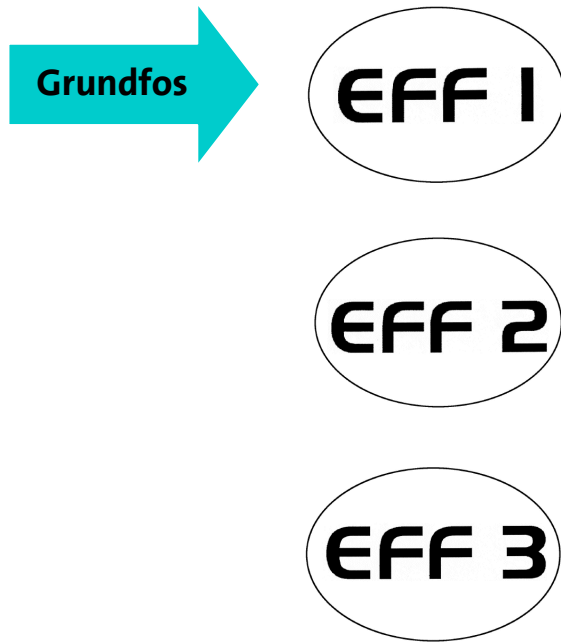
MAGNA 25-60
MAGNA 25-100
MAGNA 32-60
MAGNA 32-100
MAGNA 32-100 F
MAGNA 32-120 F
MAGNA 40-100 F
MAGNA 40-120 F
MAGNA 50-60 F
MAGNA 50-100 F
MAGNA 50-120 F
MAGNA 65-60 F
MAGNA 65-120 F

Bewertung von Trockenläufern (Motoren)

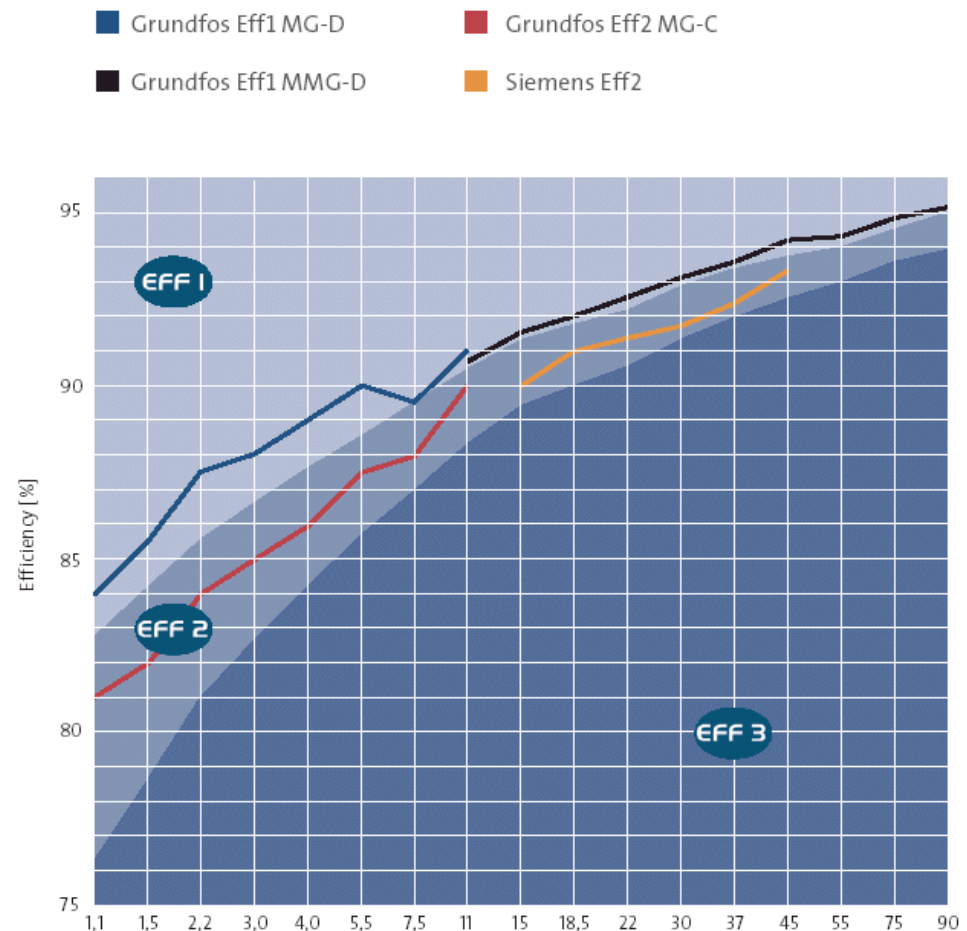


Klassifizierung von Trockenläuferpumpen

Klassifizierung von Motoren gemäß CEMEP/EU



European Committee of Manufacturers of
Electrical Machines and Power Electronic



Vergleich Energiekosten EFF1 und EFF2

Beispiel: Motorleistung $P_2 = 5,5 \text{ kW}$ (Dauerbetrieb)

Eff2-Motor: $\eta = 86\%$

Eff1-Motor: $\eta = 90\%$

Aufgenommene Leistung: $P_1 = \frac{P_2}{\eta_{\text{motor}}}$

Eff2-Motor: $P_1 = 6,4 \text{ kW}$ Eff1-Motor: $P_1 = 6,1 \text{ kW}$

Der Unterschied:

$8.760 \text{ h/Jahr} * 0,3 \text{ kW} = 2.628 \text{ kWh / Jahr}$

$8.760 \text{ h/Jahr} * 0,3 \text{ kW} * 0,20 \text{ € kWh} = 525,60 \text{ Euro / Jahr}$

Neu: International Efficiency Class IEC

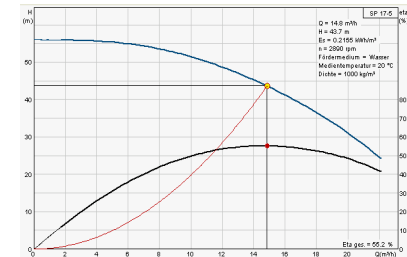
<u>IEC Energieklasse</u>	<u>IEC Code</u>	<u>EFF Code</u>	
Super Premium Efficiency	IE4		Vorschrift ab 2015 *1)
Premium Efficiency	IE3		Vorschrift ab 2011 *1)
High Efficiency	IE2	EFF1	
Standard Efficiency	IE1	EFF2	
Below Standard Efficiency	-	EFF3	

*1) Details siehe EU-Durchführungsverordnung 640 vom 12.8.09

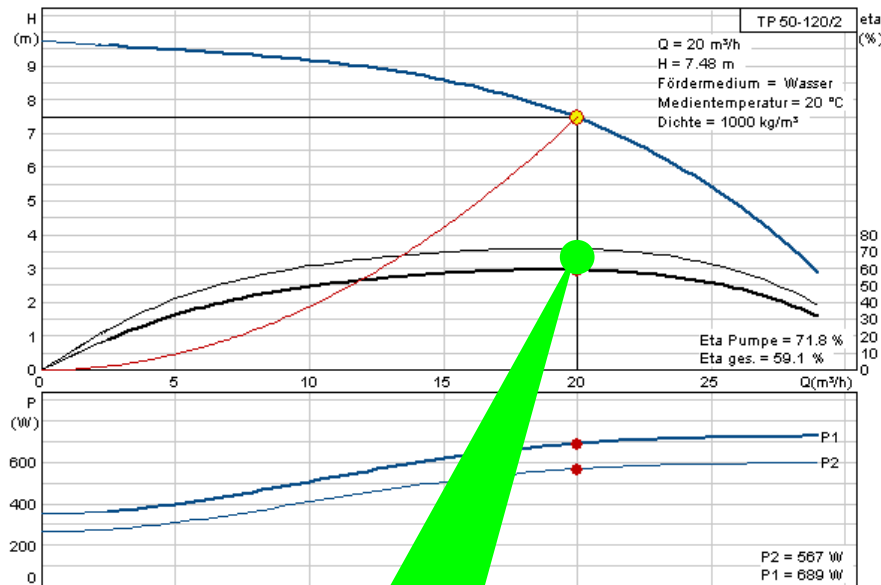
Energieeffizienz von Pumpensystemen

Drei entscheidende Kriterien:

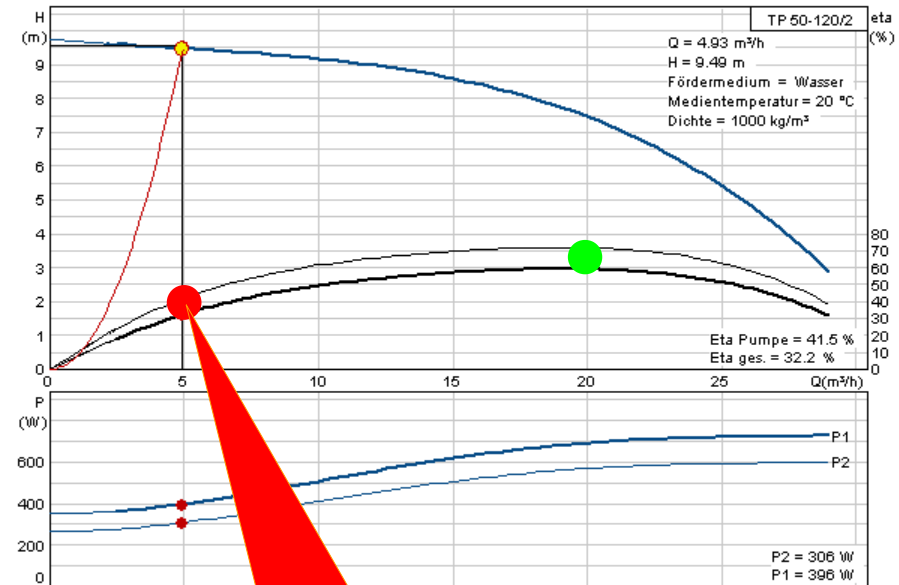
- Wirkungsgrad von Pumpe und Motor
- **Auslegung von Pumpe und Motor**
- Betriebsweise im hydraulischen System



Betrieb der Pumpe möglichst „in der Nähe“ des Wirkungsgrad-Bestpunktes !



Pumpen-Wirkungsgrad
am Wirkungsgrad-
Bestpunkt:
71,8 %

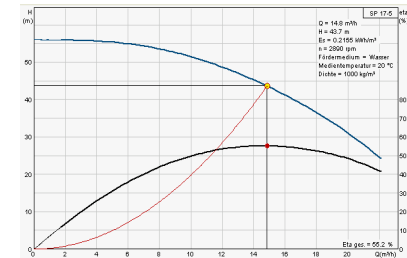


Pumpenwirkungsgrad am
Betriebspunkt
41,5 %

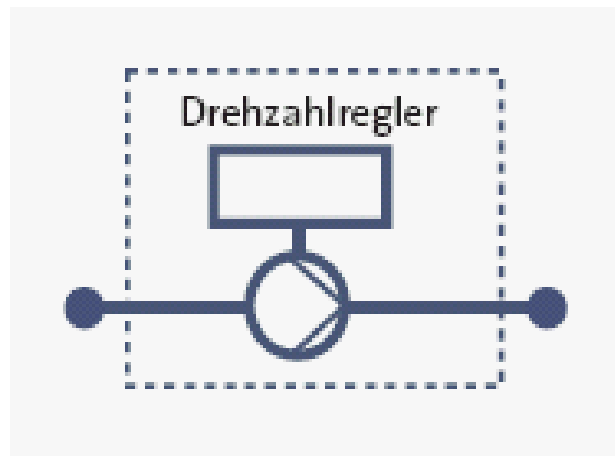
Energieeffizienz von Pumpensystemen

Drei entscheidende Kriterien:

- Wirkungsgrad von Pumpe und Motor
- Auslegung von Pumpe und Motor
- **Betriebsweise im hydraulischen System**

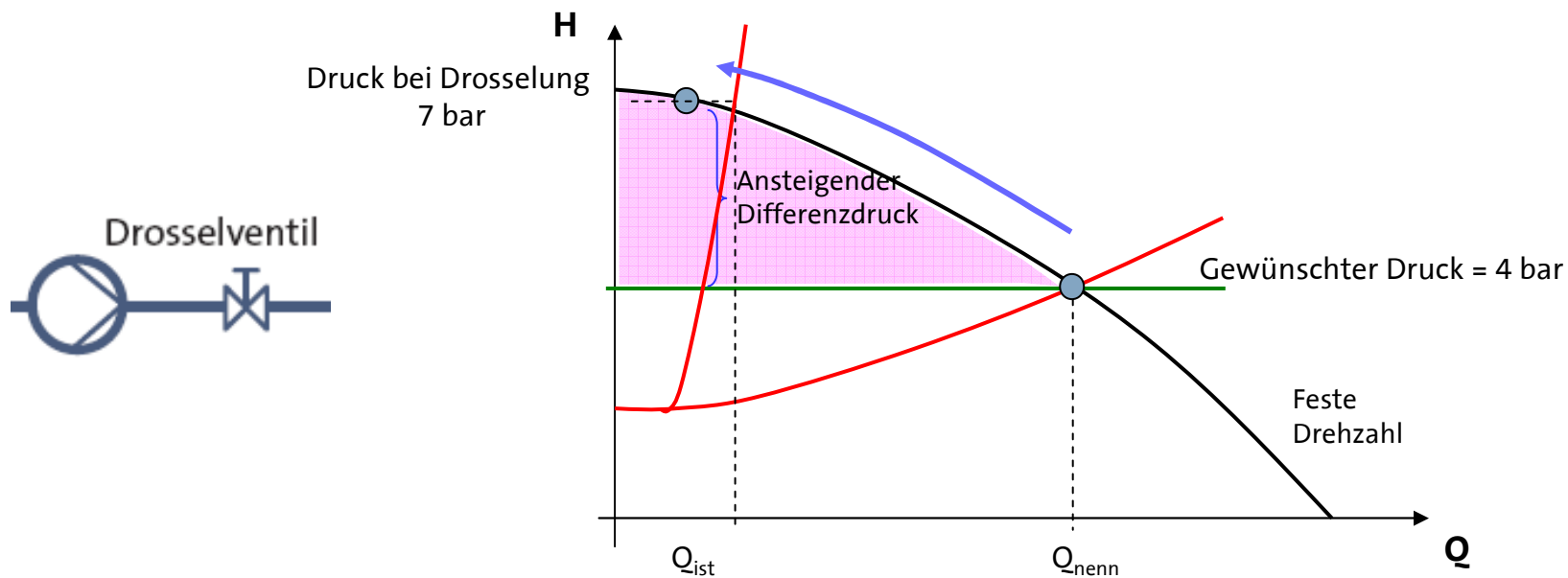


Pumpen mit veränderlicher Drehzahl



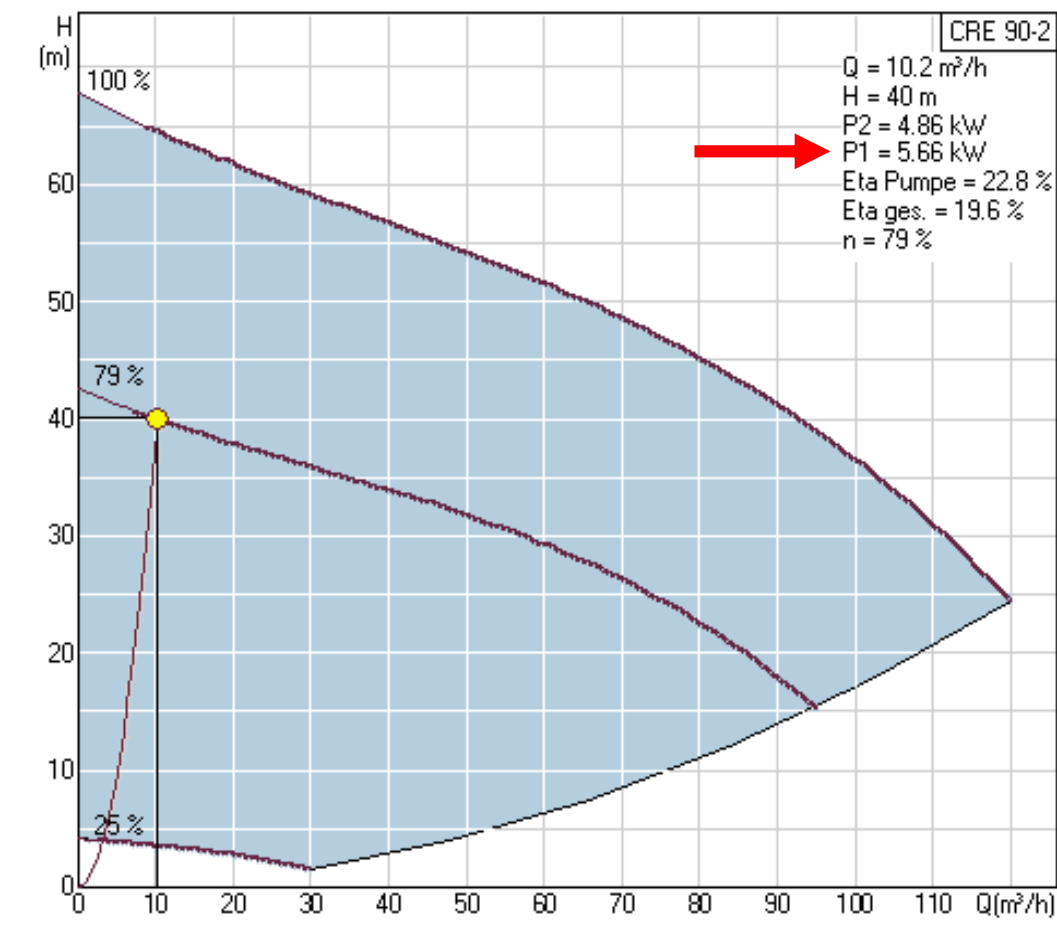
Das Einsparpotenzial

$$P = Q * H * \rho * g$$



Einsatz regelbarer Pumpen

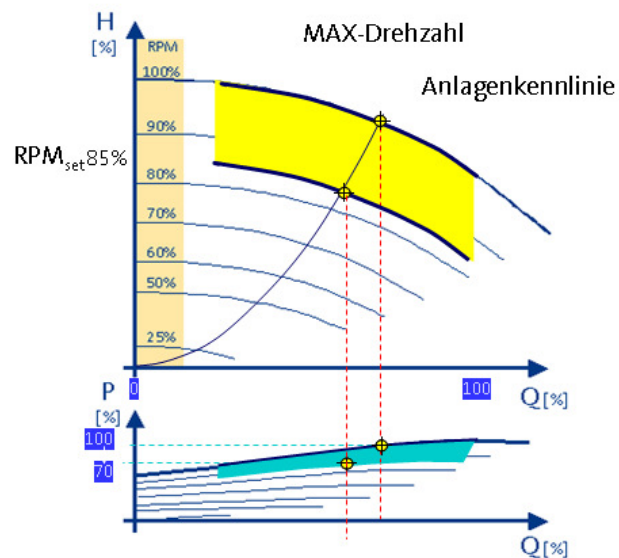
Konstantdruckregelung



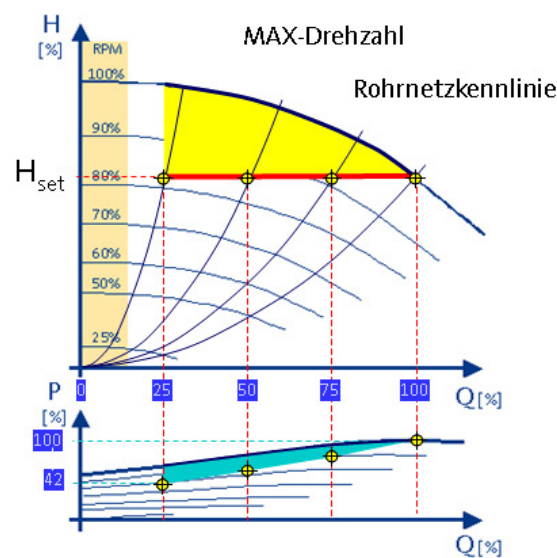
Leistungsanpassung P_1 : 5.0 kW bis 15 kW

Regelungsarten im Überblick

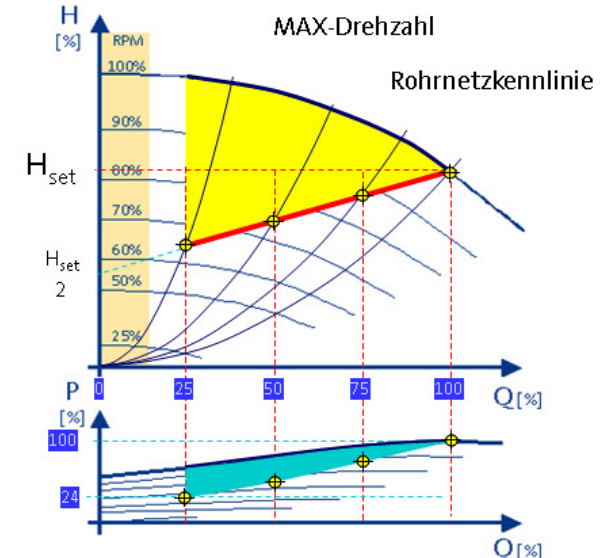
Konstantkennlinie



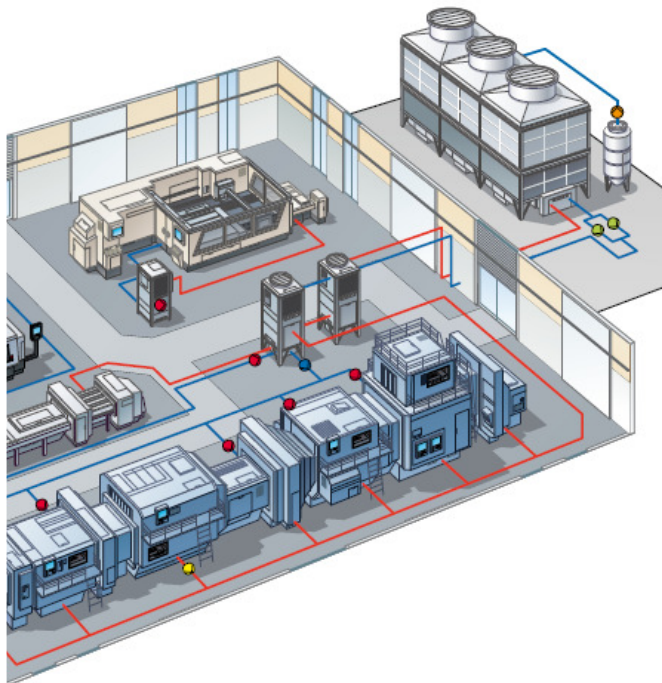
Konstantdruckregelung



Proportionaldruckregelung



Hydraulik-Kreisläufe in der Kältetechnik

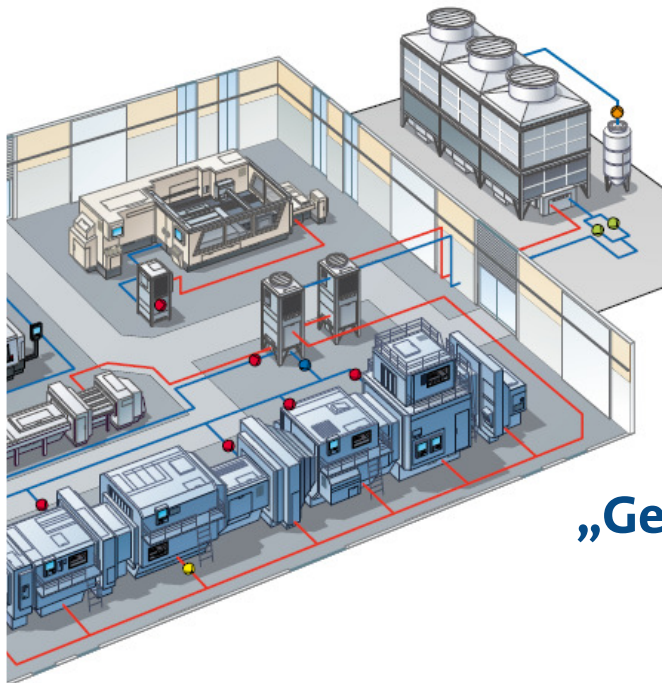


Generell gilt für ein geschlossenes System:

Die gesamte an die Pumpenwelle übertragene Leistung wird vom System in Wärme umgewandelt !

Die erforderliche Kälteleistung erhöht sich entsprechend.

Hydraulik-Kreisläufe in der Kältetechnik



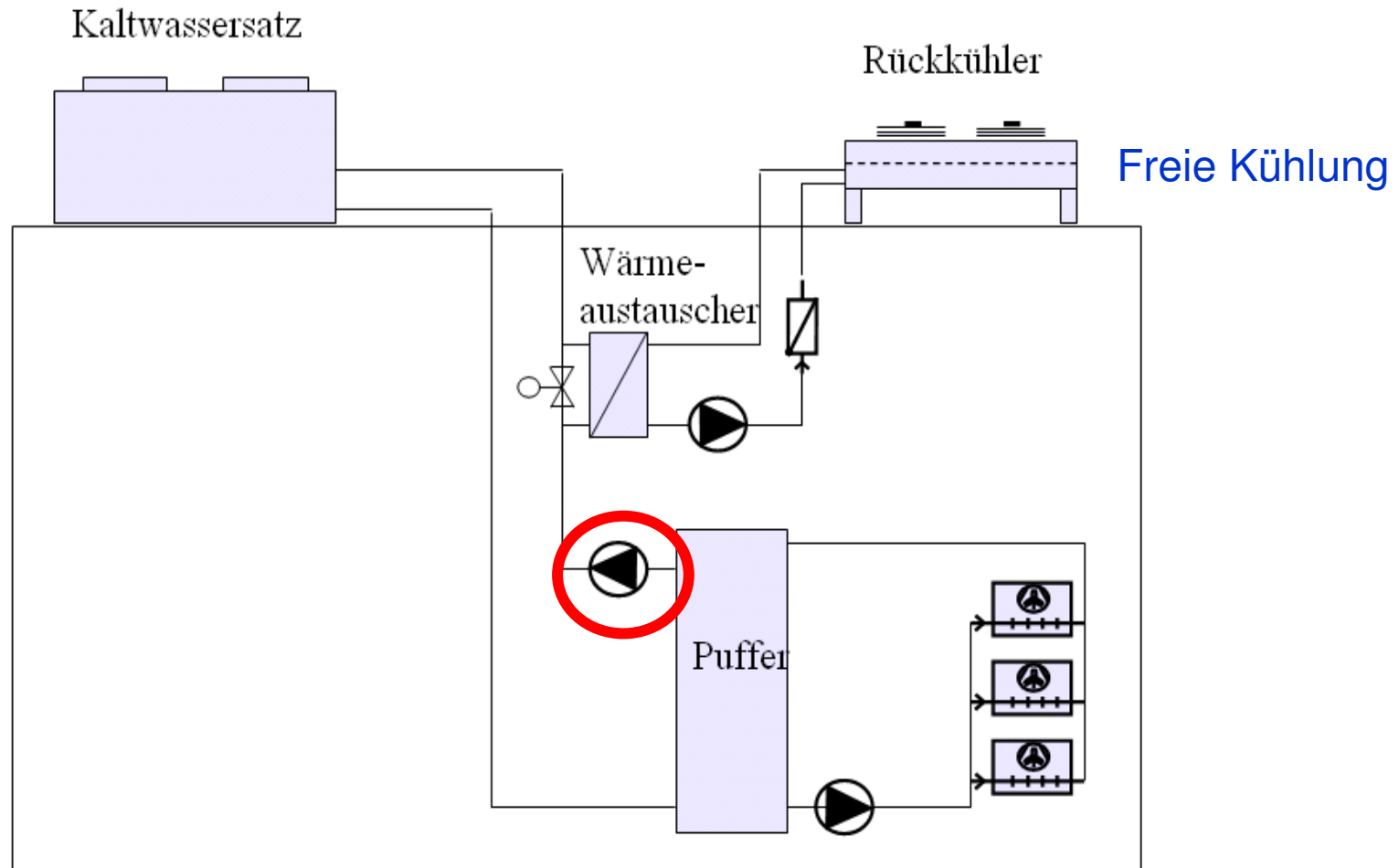
Im Folgenden wird untersucht:

„Gesteuerte Pumpe“: Pumpe im Kaltwasser-Primärkreis

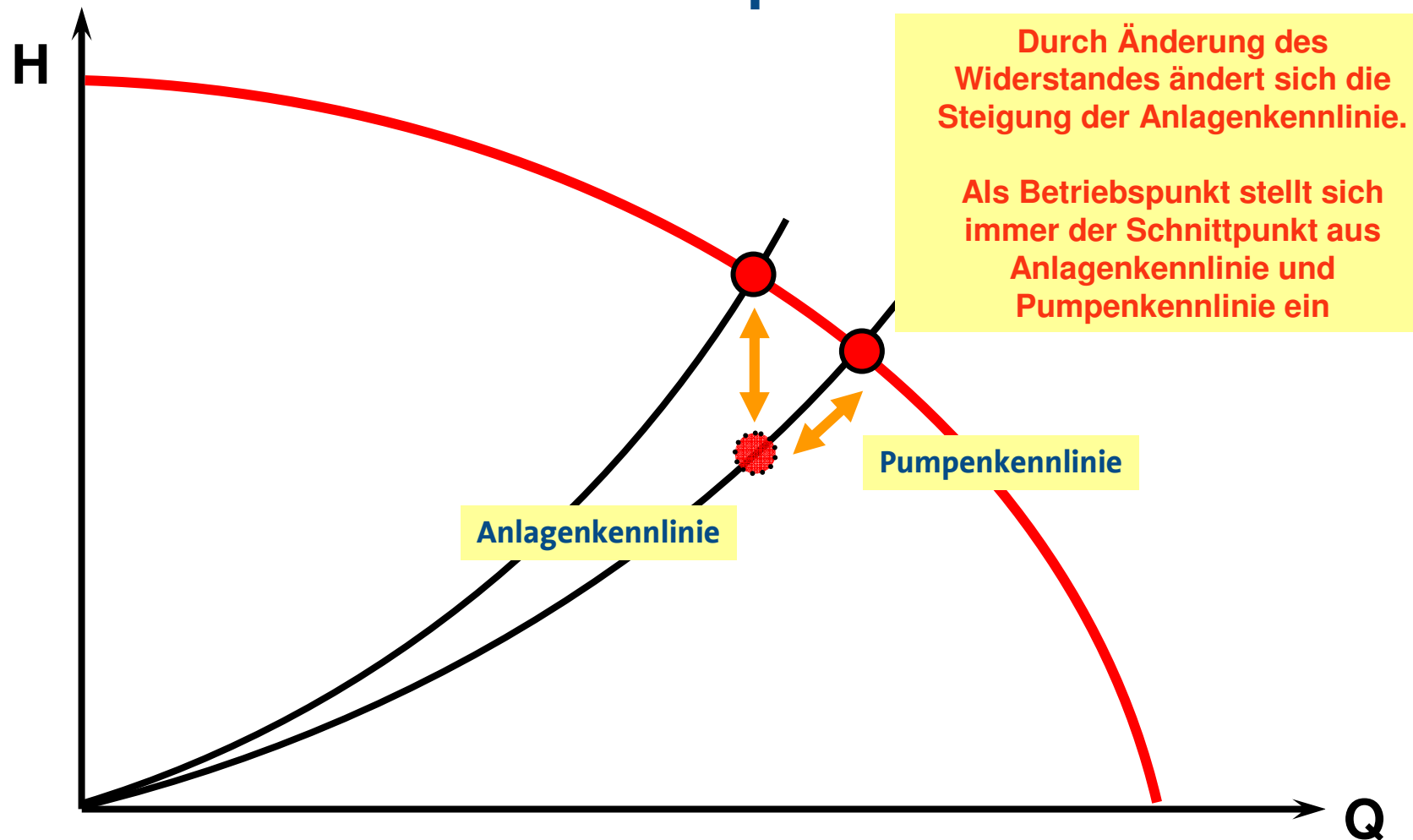
„Geregelte Pumpe“: Pumpe im Verbraucherkreis

Pumpe im Primärkreis

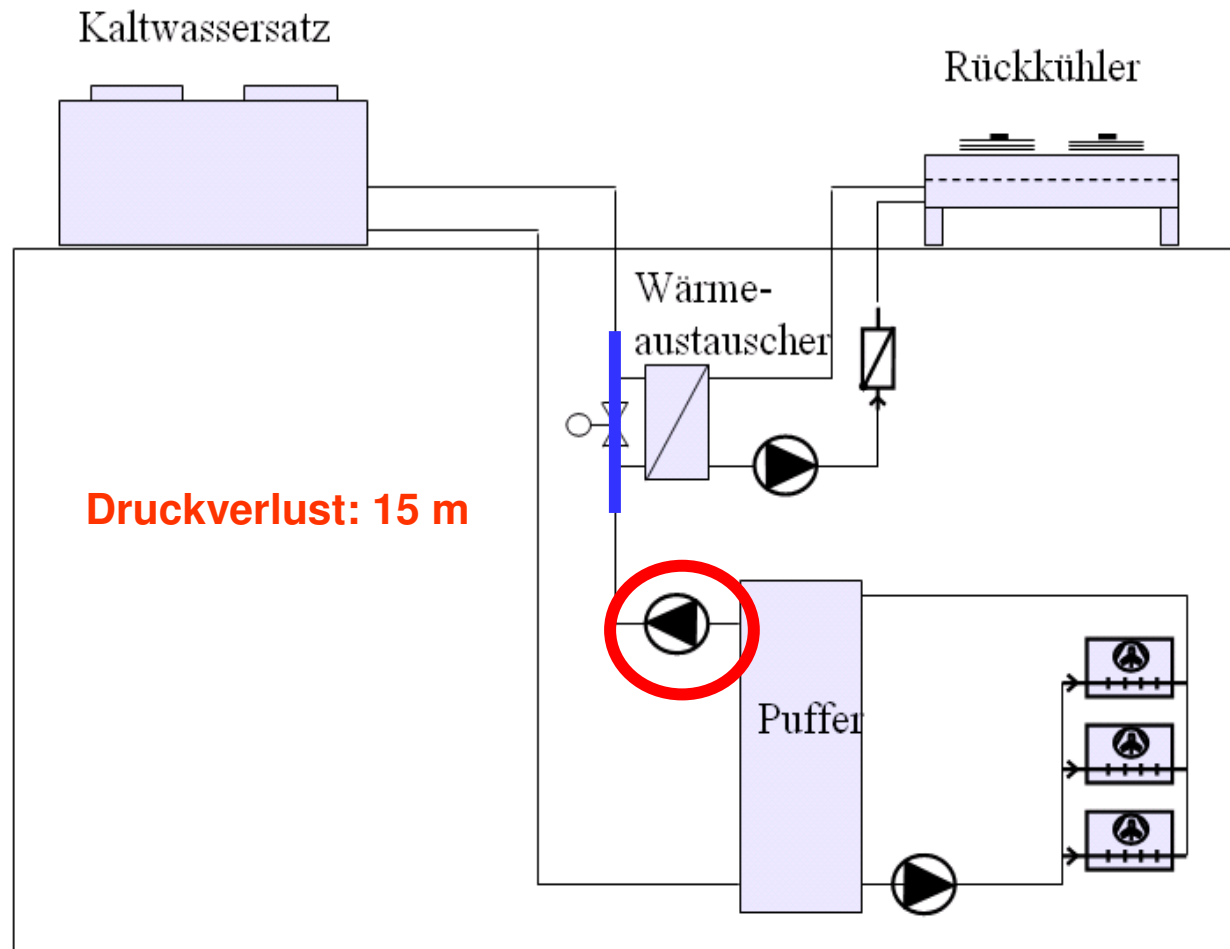
Reihenschaltung von freier Kühlung und Kaltwassersatz



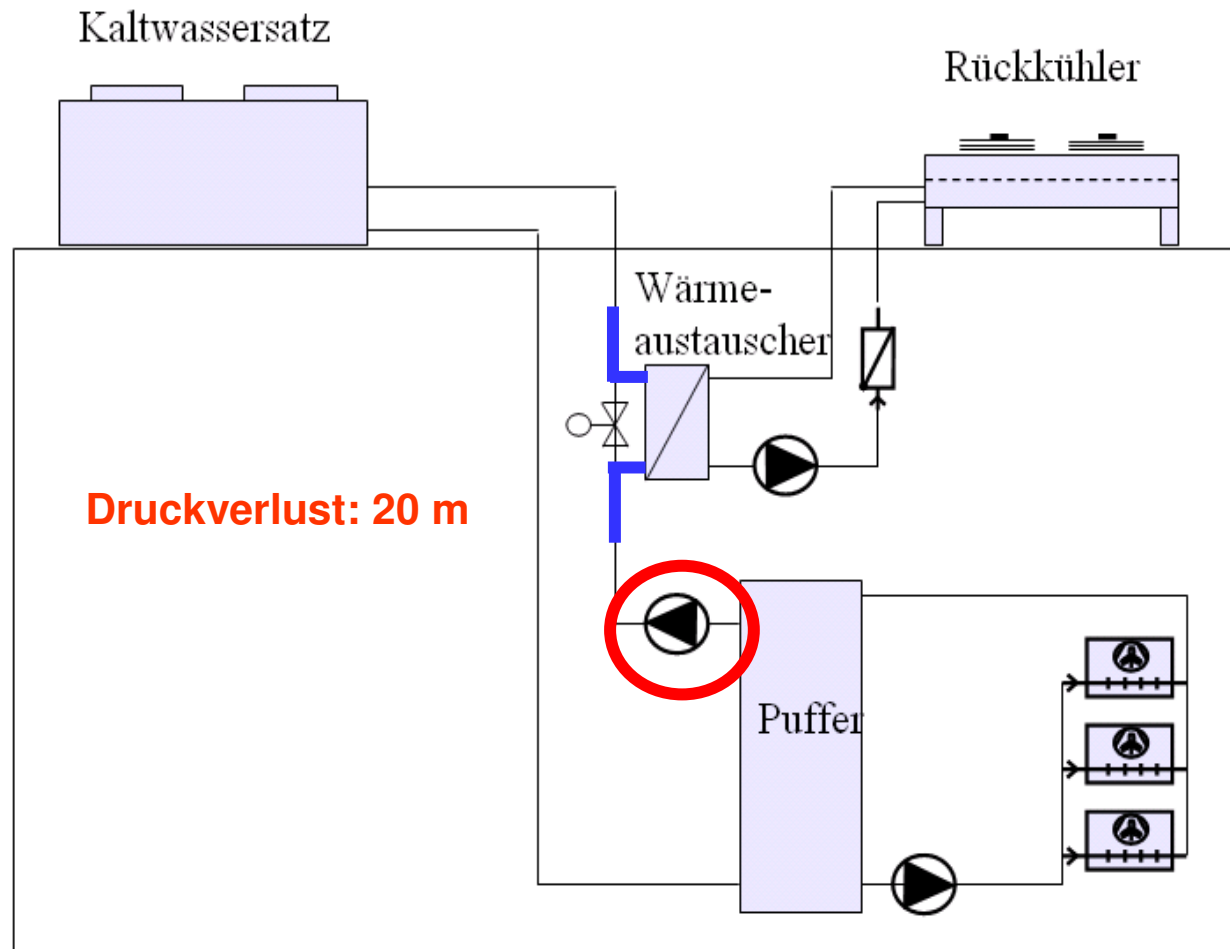
Der Betriebspunkt



Betriebspunkt 1: ohne freie Kühlung

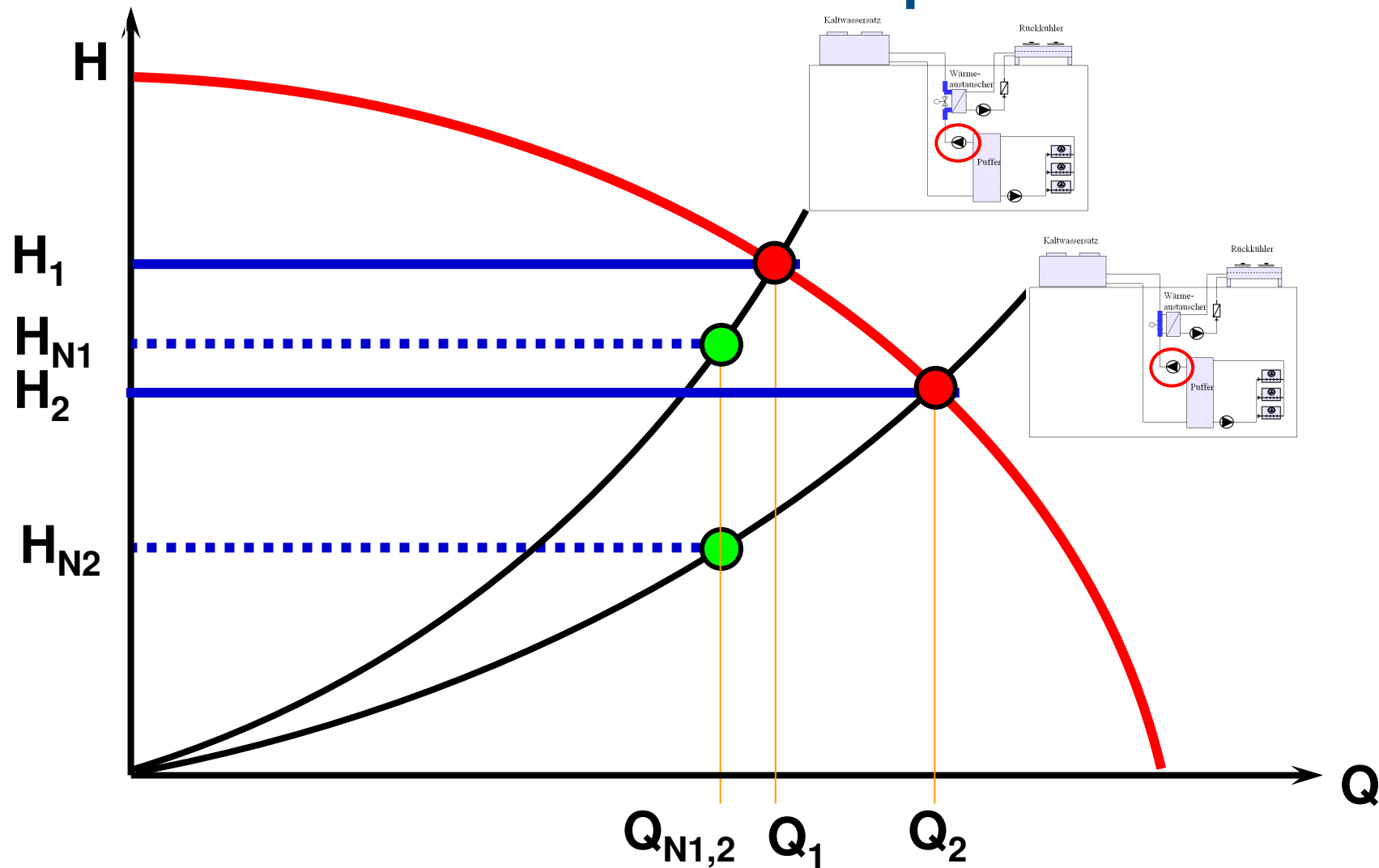


Betriebspunkt 2: mit freier Kühlung

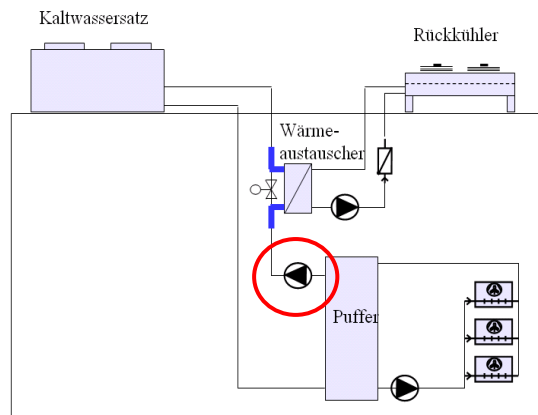


Einsatz regelbarer Pumpen

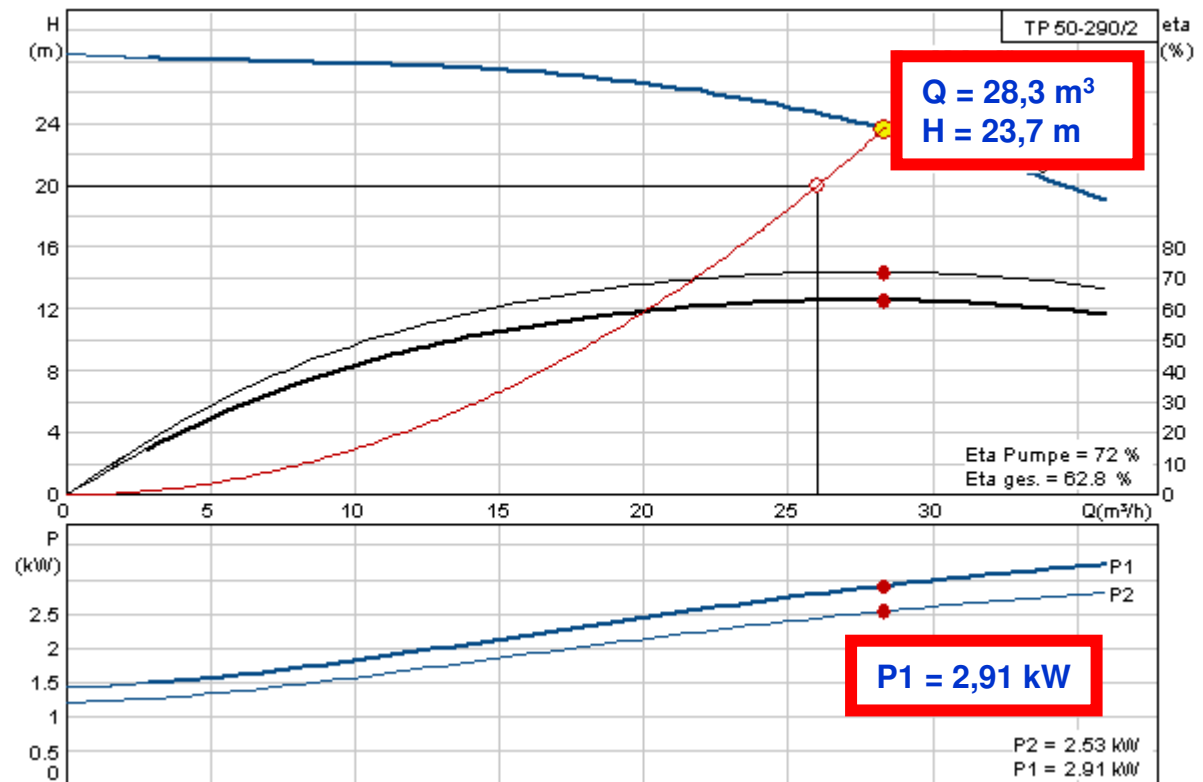
2 verschiedene Betriebspunkte



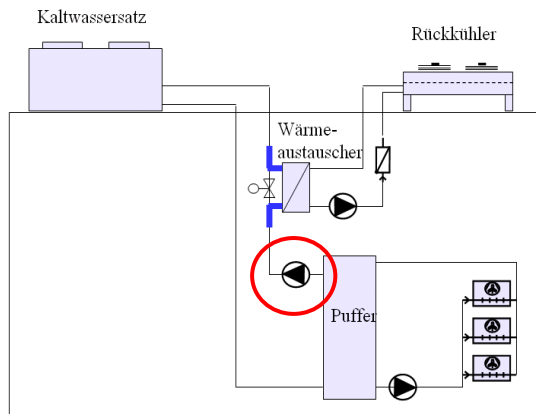
Betriebspunkt 1: WT „Ein“, Pumpe ungeregelt



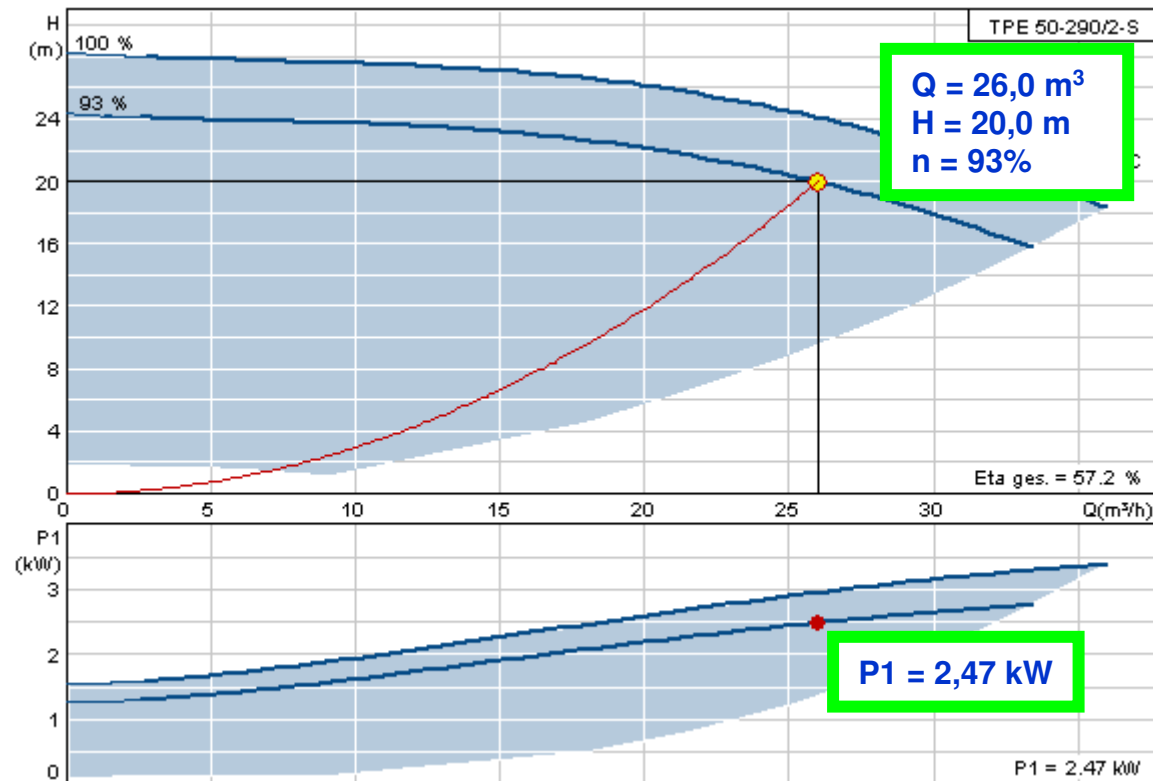
Förderstrom: $Q = 26 \text{ m}^3/\text{h}$
Förderhöhe: $H = 20,0 \text{ m}$



Einsparpotenzial 1: WT „Ein“, Pumpe gesteuert

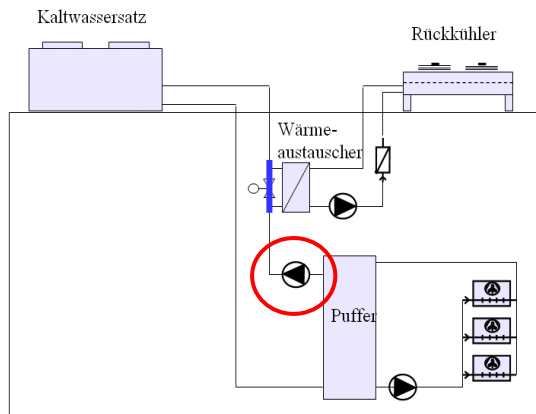


Förderstrom: $Q = 26 \text{ m}^3/\text{h}$
Förderhöhe: $H = 20,0 \text{ m}$

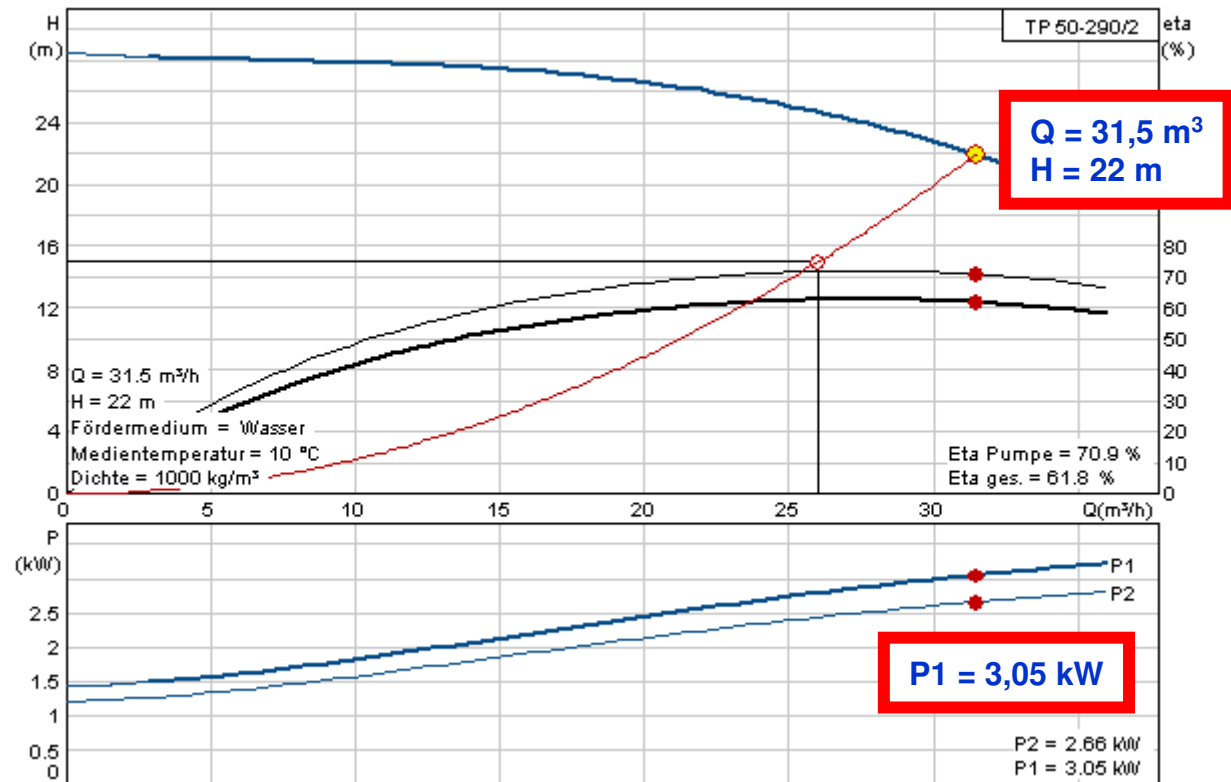


Reduzierung der Leistungsaufnahme: $2910 \text{ W} - 2470 \text{ W} = 444 \text{ Watt (15,2 \%)}$

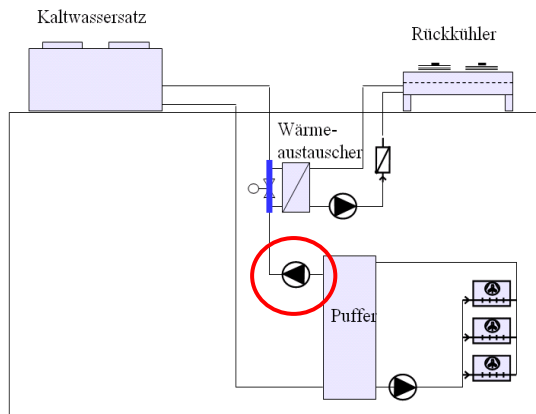
Betriebspunkt 2: WT „Aus“, Pumpe ungeregelt



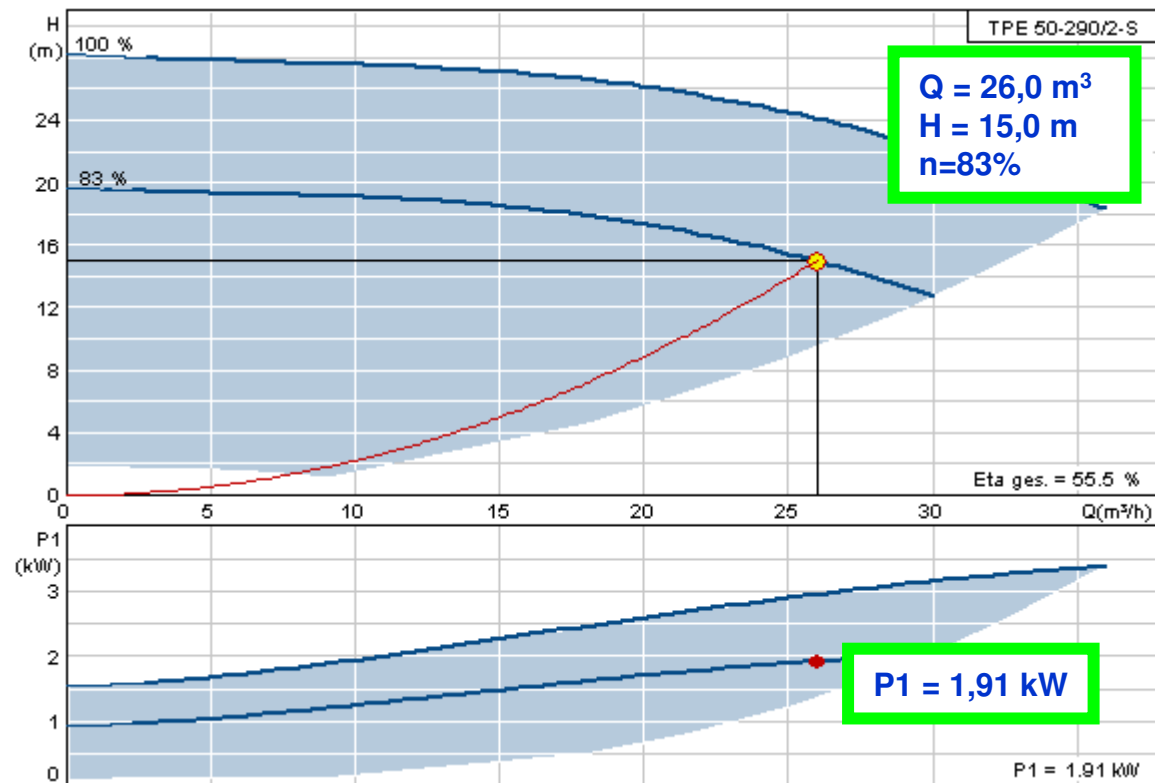
Förderstrom: $Q = 26 \text{ m}^3/\text{h}$
Förderhöhe: $H = 15,0 \text{ m}$



Einsparpotenzial 2: WT „Aus“, Pumpe gesteuert



Förderstrom: $Q = 26 \text{ m}^3/\text{h}$
Förderhöhe: $H = 15,0 \text{ m}$

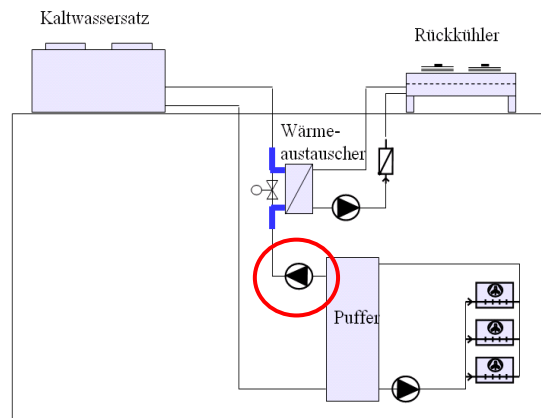


Reduzierung der Leistungsaufnahme: $3050 \text{ W} - 1910 \text{ W} = 1140 \text{ Watt (37,4 \%)}$

Zusammenfassung

Förderstrom: $Q = 26 \text{ m}^3/\text{h}$

Förderhöhe: $H = 20 \text{ m}$



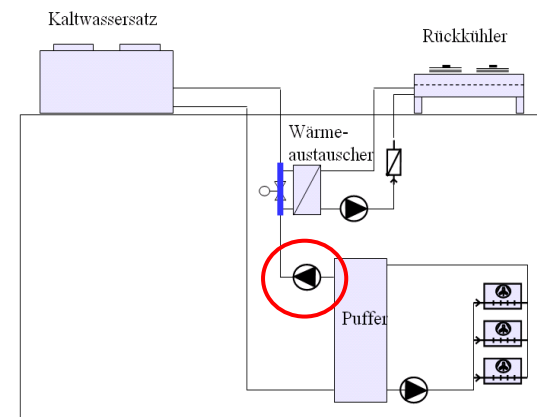
ungeregelt

$Q = 28,3 \text{ m}^3$
 $H = 23,7 \text{ m}$
 $P_1 = 2,91 \text{ kW}$

geregelt / gesteuert

$Q = 26,0 \text{ m}^3$
 $H = 20,0 \text{ m}$
 $n = 93\%$
 $P_1 = 2,47 \text{ kW}$

Förderhöhe: $H = 15 \text{ m}$



ungeregelt

$Q = 31,5 \text{ m}^3$
 $H = 22 \text{ m}$
 $P_1 = 3,05 \text{ kW}$

geregelt / gesteuert

$Q = 26,0 \text{ m}^3$
 $H = 15,0 \text{ m}$
 $n = 83\%$
 $P_1 = 1,91 \text{ kW}$

Differenz: 440 W (15 %)

Differenz: 1140 W (37 %)

Jährliches Einsparpotenzial und Amortisation

Nutzungsdauer: je Betriebszustand 2000 Stunden

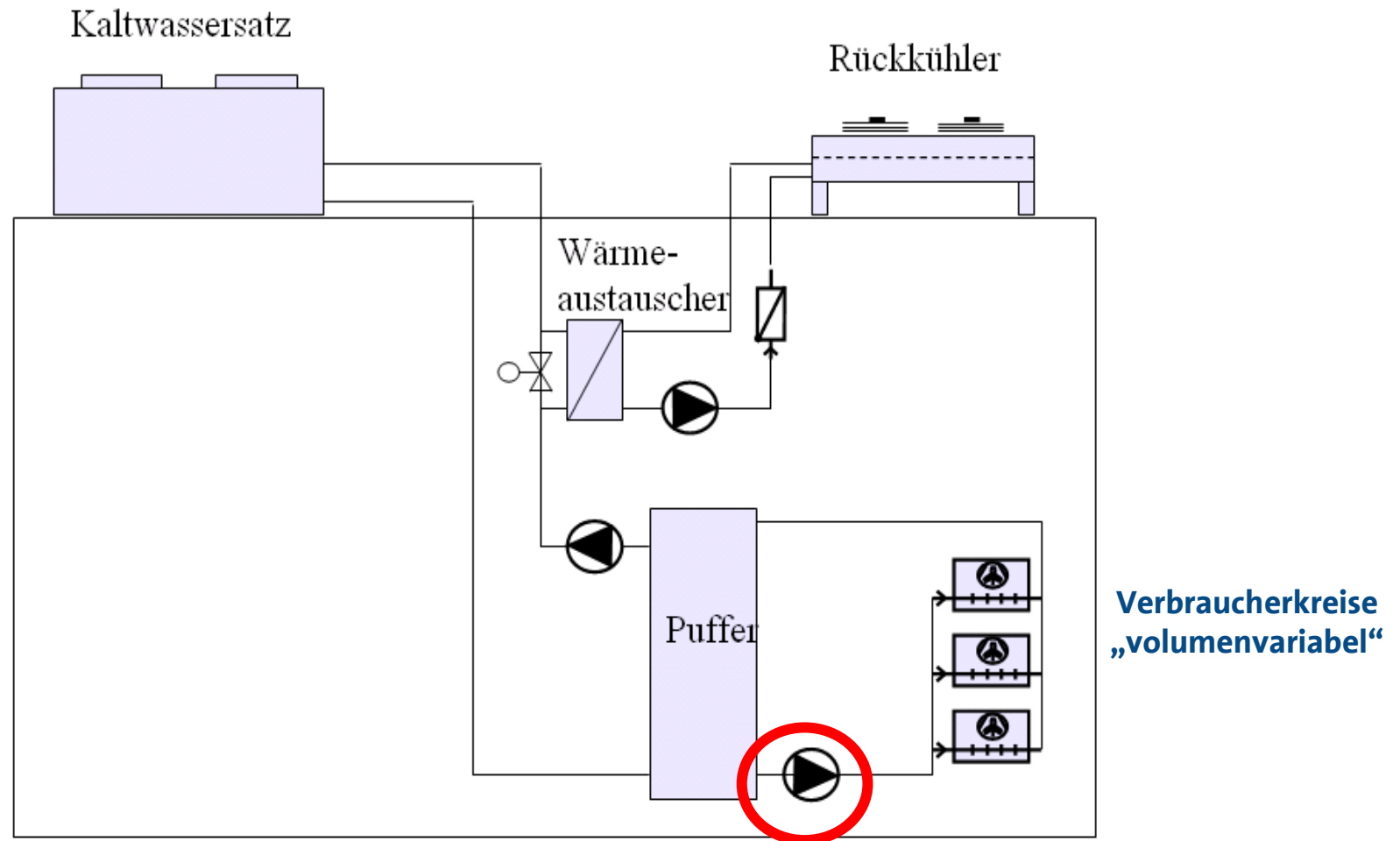
	Einsparung		Betriebsstunden		Energieeinsparung		Kosteneinsparung	
	Leistung		pro Jahr		pro Jahr		pro Jahr	
WT "EIN"	0,44	kW	2.000	h	880	kWh	176,00	€
WT "AUS"	1,14	kW	2.000	h	2.280	kWh	456,00	€
Summe					3.160,00	kWh	632,00	€

Energiepreis: 20 ct / kWh

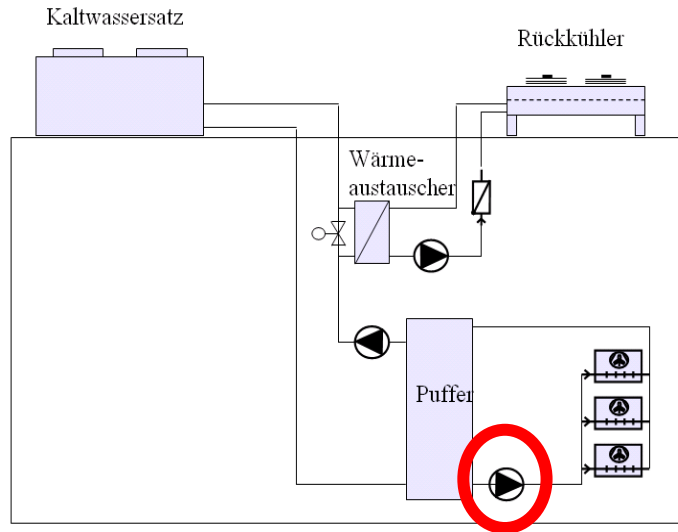
Amortisation der Mehrkosten der regelbaren Pumpe:

< 3 Jahre

Pumpen in Verbraucherkreisen

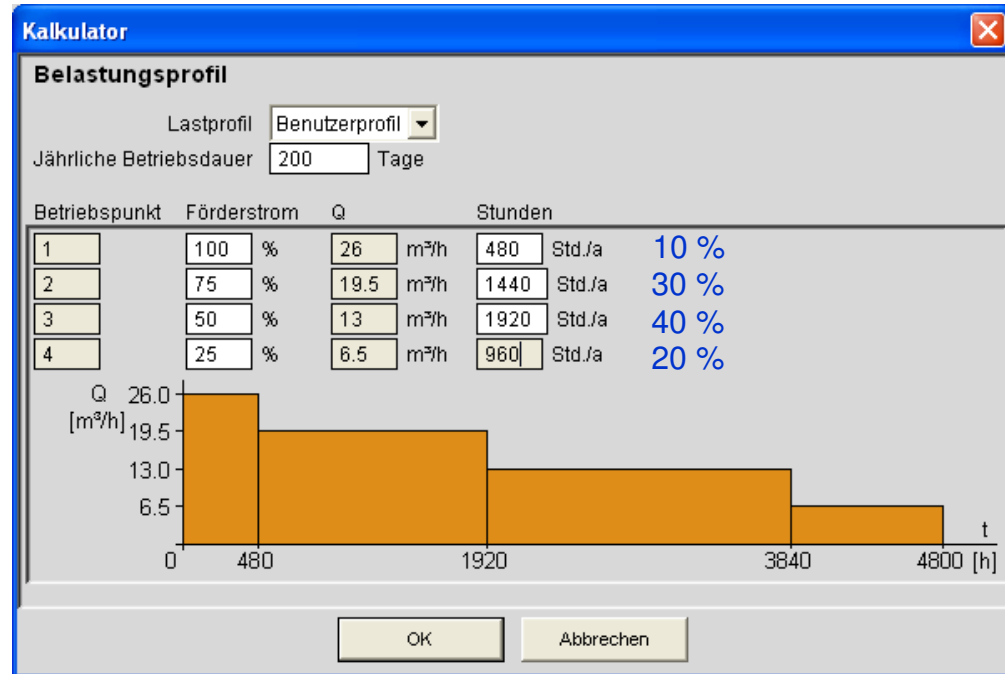


Berücksichtigung des Lastprofils

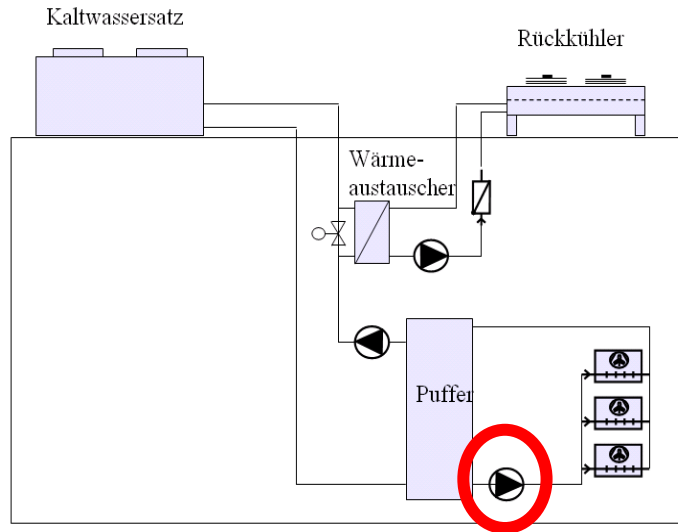


Förderhöhe: $H = 15 \text{ m}$

Förderstrom: $Q = 26 \text{ m}^3/\text{h}$



Lebenszykluskosten-Berechnung mit WinCAPS



Betriebsparameter

Installationstyp: **Umwälzung**

Q: 26 m³/h

H: 15 m

mehr: ☒

Fördermedium: Kaltwasser / Kühlwasser

Min. Medientemperatur: 5 °C

Medientemperatur während des Betriebes: 20 °C

Max. Medientemperatur: 30 °C

Umgebungstemperatur: 20 °C

Min. Druck am Saugstutzen: 1.5 bar

Erlaubte Unterschreitung: %

Max. Betriebsdruck: ☒ Alle ☐ 6 ☐ 10 ☐ 16 ☐ 20 bar

Regelungsart

Regelungsart: Proportionaldruckregelung

Frequenzumrichter: ☐

Schutzklasse: IP20

ungeregelt erlaubt: ☐

Belastungsprofil

Heiz-Saison: 200 Tage

Energiepreis: 0,20 €/kWh

Energiepreissteigerung: 6 %

Zinssatz: 6 %

Berechnungszeitraum: 15 Jahre

Einstellungen der Ergebnisliste

Auswertungskriterium: Stromverbrauch

Begrenze Suche auf: %

Pumpe in Ergebnisliste aufnehmen: ☐

Pumpen pro Produktgruppe: 2

Max. Ergebnisse: 8

Stromversorgung

Frequenz: ☒ 50 ☐ 60 Hz

Phase: ☒ 1 or 3 ☐ 1 ☐ 3

Einschaltart 3-phasig: %

Stern-Dreieck Einschaltung ab: 5.5 kW

Spannung: 1 x 230 oder 3 x 400 V

Pumpenkonstruktion

Material der Pumpe: %

Pumpenanschlussart: %

Nassläufer: ☐

In: ☐

Inlinebauweise: ☐

Inlinepumpe, mehrstufig: ☐

Einstufige Inlinepumpe: ☒

Normpumpe: ☐

Blockpumpe: ☐

Förderhöhe: $H = 15 \text{ m}$

Förderstrom: $Q = 26 \text{ m}^3/\text{h}$

Dateneingabe in „WinCAPS“:

Energiepreis: 20 ct/kWh

Energiepreissteigerung: 6 %

Zinssatz: 6 %

Vergleich: Lebenszykluskosten „geregelt / ungeregelt“



Proportionaldruckregelung



Ungeregelt

LCC Ergebnis

15 Jahre

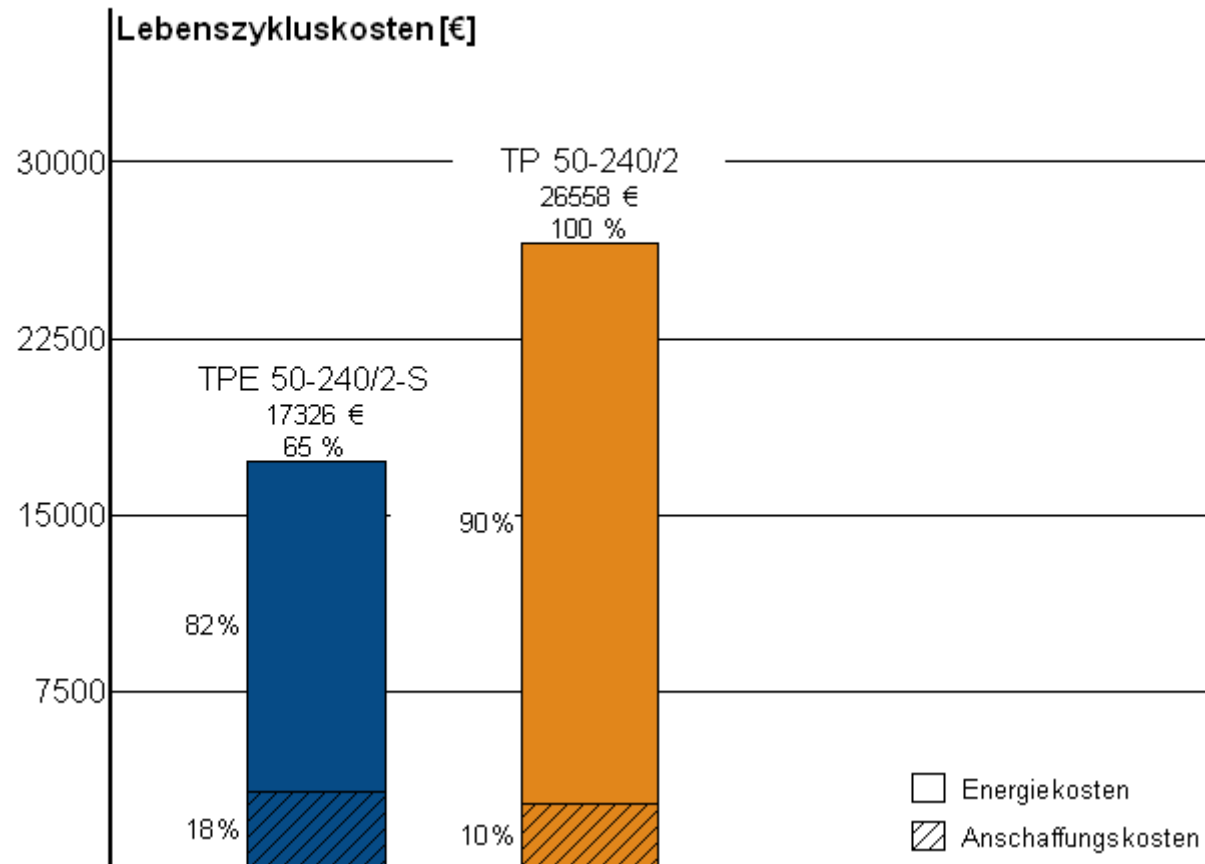
	Pump A	Pump B
Pumpentyp	TPE 50-240/2-S	TP 50-240/2
Investitionsaufwand: Pumpensystem	3202 €	2676 €
Energiekosten/-verbrauch	4708 kWh/Jahr	7961 kWh/Jahr
Lebenszykluskosten	17326 €	26558 €

526,- € gespart

9.232,- € Mehrkosten verursacht

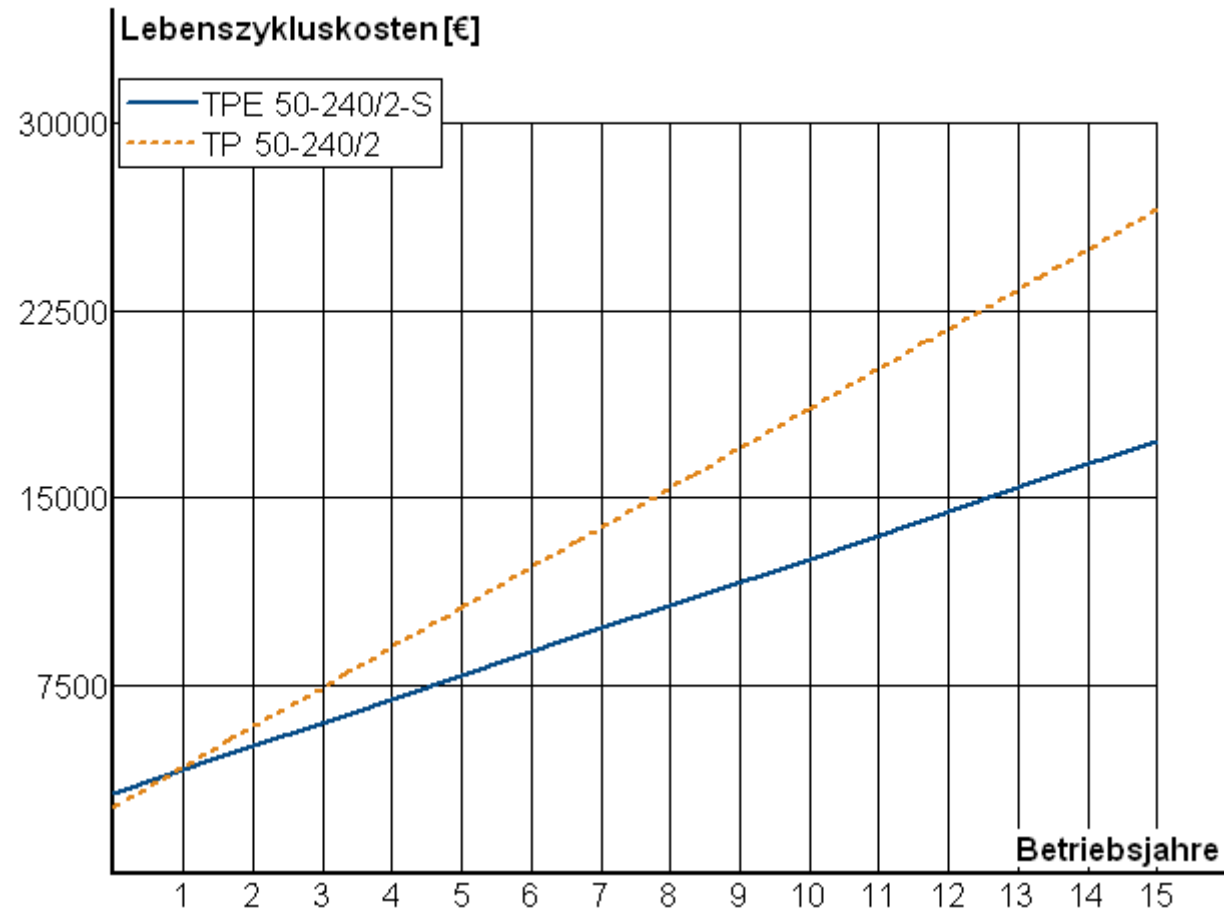
Vergleich: Lebenszykluskosten „geregelt / ungeregelt“

Lebenszykluskosten - 15 Betriebsjahre



Vergleich: Lebenszykluskosten „geregelt / ungeregelt“

Amortisationszeit



Einsatz regelbarer Pumpen

Die Produkte sind verfügbar:

Grundfos-Pumpen mit „MGE“ (EFF1
Motor incl. Frequenzumformer)

Leistung: 0.37 bis 22kW



**25 % des weltweiten Verbrauchs
elektrischer Energie wird von Pumpen
verursacht !**

Lassen Sie uns jetzt handeln !



GRUNDFOS Service Plus



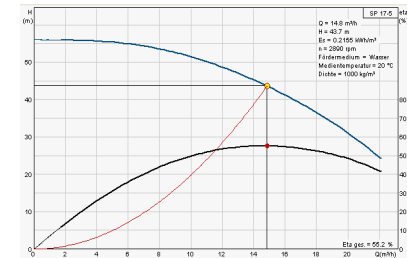
BE > THINK > INNOVATE >

GRUNDFOS 

Lebenszykluskosten von Pumpensystemen, Fazit:

Drei entscheidende Kriterien:

- Wirkungsgrad von Pumpe und Motor
- Auslegung von Pumpe und Motor
- Betriebsweise im hydraulischen System



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !



BE > THINK > INNOVATE >

GRUNDFOS 