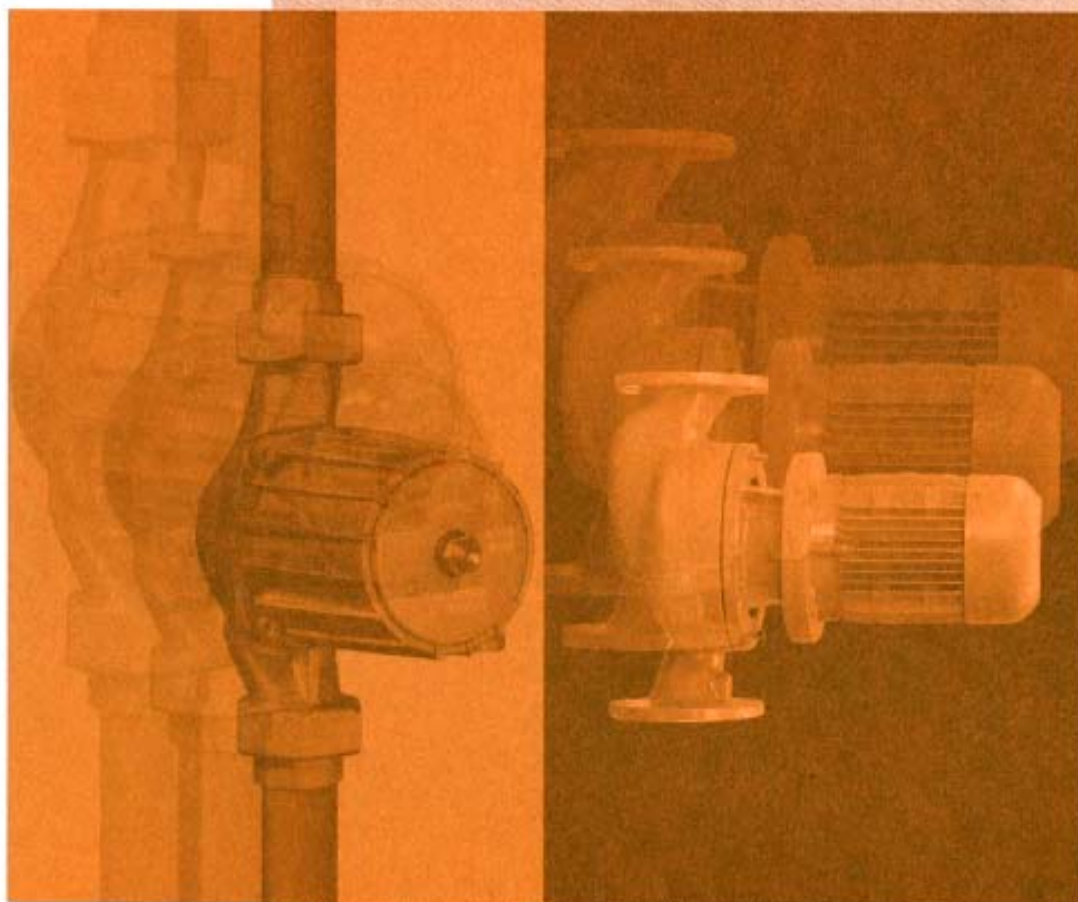


Neuauslegung von Pumpen in haustechnischen Anlagen

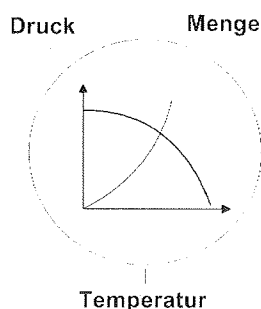


Zu dieser Broschüre

Eine korrekt ausgelegte Zirkulationspumpe erlaubt nicht nur das Einsparen elektrischer Energie (die mehr als 10% des Gesamtverbrauchs eines Gebäudes ausmachen kann), sondern auch die Verbesserung des hydraulischen Verhaltens der Heizungsanlage.

Das Ziel dieser Publikation ist einfache Mittel aufzuzeigen um die Pumpe beim Auswechseln neu auszulegen. Sie ist bestimmt für die technischen Dienste von Spitälern sowie von öffentlichen und technischen Grossgebäuden.

Ein Softwareprogramm erlaubt eine schnelle Problemlösung beim Pumpenwechsel.



Impressum

Autor Guy-Michel Coquoz - CHUV – Lausanne
Pierre Chuard, Pierre Jaboyedoff, Dario Aiulfi
Sorane SA, Lausanne

Editor E2000 – Ressort Spitäler

Übersetzung H. Buff - REM Automatismes SA - Genf

Quellenverzeichnis

Teile dieses Dokumentes stammen vom Bundesamt für Konjunkturfragen, 3003 Bern

1. Dimensionnement et exploitation optimale des circulateurs

Référence 724.330 f

2. Economie d'électricité - Pompes de circulation

Référence 724.330.99 f

3. Pompe de circulation – Approche pragmatique pour diminuer la puissance installée et l'énergie consommée

EDMZ Nr. 805.216 d

7.99 1100 BFE077

Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung	4
1.1	Die Zirkulationspumpen - ein grosser Energieverbraucher in der Schweiz	4
1.2	In einer grossen Anlage ist der Stromverbrauch der Pumpen sehr wichtig	4
1.3	Wirkungsgrad der Zirkulationspumpen	5
2.	Zirkulationspumpen in Heiznetzen	7
2.1	Veränderung des Widerstandes im Rohrleitungssystem	8
2.2	Mehrstufige Pumpen	9
2.3	Pumpentypen in Heizungsanlagen	10
2.4	Abhängigkeiten beim Auslegen der Pumpen	12
2.5	Berechnung des Wirkungsgrades	13
3.	Wie kann man Pumpen kleiner auslegen	14
3.1	Berechnung der Überdimensionierung	14
3.2	Druckmessung	16
3.3	Messung der Wassermenge	17
3.4	Rechnungs- und Messbeispiele	19
3.5	Vereinfachte Methode	21
4.	Steuer- und Regelsysteme für Pumpen	27
4.1	2- oder 3-stufige Pumpen	27
4.2	Reduktion der Förderhöhe im Sparbetrieb	28
4.3	Temperaturbedingtes Anhalten der Pumpen	29
4.4	Frequenzumformer	30
5.	Software - Anwendung für Neuauslegung	31
5.1	Installation von DIMCIRC.XLS	31
5.2	Arbeiten mit DimCirc.xls	31
5.3	Hilfe mit DIMCIRC.HLP	34
6.	Dokumentationen	35
	Beilagen	36

1. Einführung

1.1 Die Zirkulationspumpen - ein grosser Energieverbraucher in der Schweiz

***Zirkulationspumpen
verbrauchen für 250 Mio.
Franken Energie pro
Jahr***

Der schweizerische Energieverbrauch aller Pumpen in Heizungsanlagen repräsentiert 1.600.000 MWh/Jahr, was ca. 250 Mio. Franken entspricht. Der Wirkungsgrad entspricht grösstenteils nur 5 - 30%; Werte die durch eine bessere Pumpenauslegung auf über 40% verbessert werden können.

Der schweizerische Pumpenmarkt setzt jährlich 120.000 Stück um, wobei mehr als die Hälfte Ersatzpumpen sind. Man sieht das Interesse eine Methode anzuwenden, die Pumpen optimal auslegt um dadurch Energie- und Betriebskosten zu sparen und die erlaubt, die Kosten für das Auswechseln zu senken. Man gewinnt also auf der ganzen Breite.

1.2 In einer grossen Anlage ist der Stromverbrauch der Pumpen sehr wichtig

***Der Stromverbrauch der
Pumpen in einer grossen
Anlage kann 10% vom
Gesamtverbrauch
betragen.***

In einer grossen Heizungsanlage - einem Spital, einem industriellen oder Dienstleistungs-Gebäude kann der Verbrauch der Pumpen zwischen 5 und 20% des totalen Stromverbrauches betragen. Während die einen Pumpen nur während der Heizsaison laufen, stehen die anderen das ganze Jahr im Betrieb. Pumpen bewirken oft einen ganzjährigen Grundverbrauch zur Folge. Der Wirkungsgrad der Pumpen liegt zwischen 5 und 30%. Man kann sich also das Sparpotential gut vorstellen.

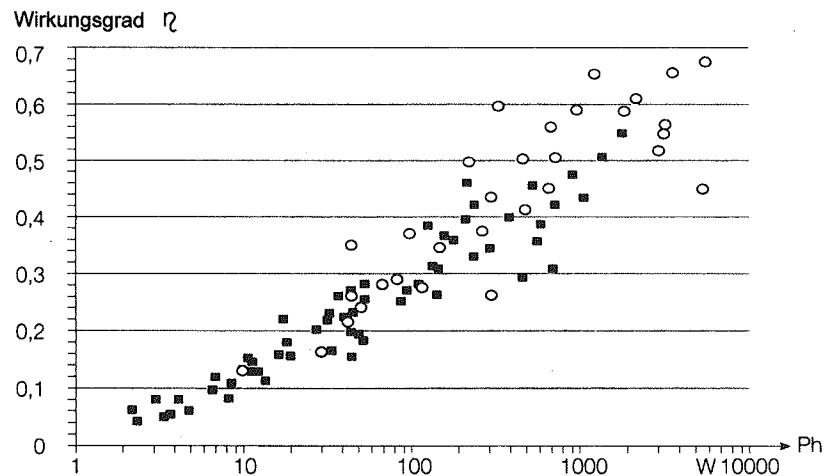
1.3 Wirkungsgrad der Zirkulationspumpen

Die Inline-Pumpen haben einen höheren Wirkungsgrad als andere Pumpen (z.B. Sockelpumpen).

Der Wirkungsgrad von Pumpen ist ein wichtiges Element bezüglich des Stromverbrauchs von Heizungsanlagen. Die während der letzten 10 Jahre installierten Pumpen haben Wirkungsgrade zwischen 5-30% und 20-65% für Inline-Pumpen. Die Wirkungsgrade figurieren oftmals nicht in den Unterlagen der Lieferanten. Man muss also den Wirkungsgrad grob errechnen, was die Wahl des richtigen Pumpentyps für den Installateur noch erschwert.

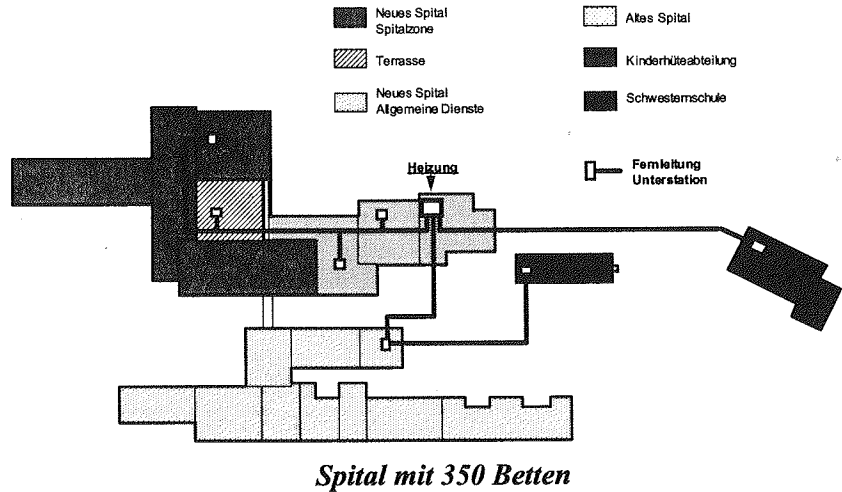
Seit einigen Jahren behaupten die Hersteller, dass Pumpen mit variabler Drehzahl grosse Energieeinsparungen bewirken können. Messungen auf diversen Anlagen haben gezeigt, dass dies nicht generell der Fall ist.

- Inline-Pumpen 1991
- Pumpen 1992/1993



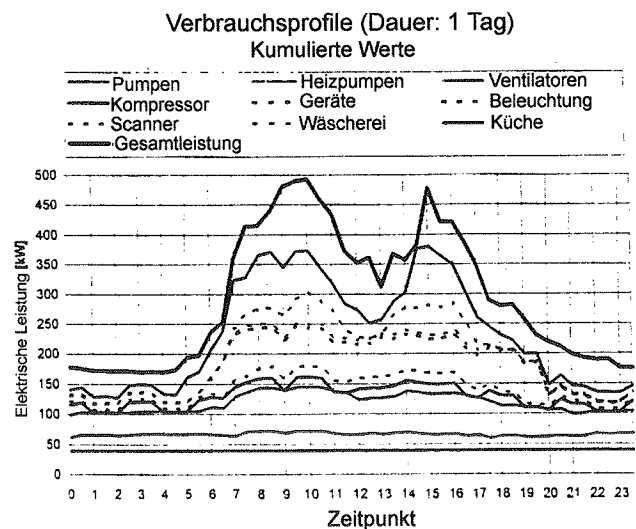
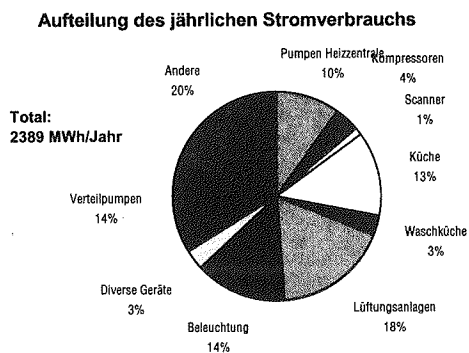
Beispiel in einem Spital

Spitäler bestehen oftmals aus mehreren Gebäudekomplexen, die durch eine zentrale Heizung via Fernleitungen versorgt werden. In den einzelnen Gebäuden speisen die Unterstationen die einzelnen Heizgruppen, die Batterien und die Brauchwarmwassererzeugung. Jeder Abgang hat seine eigene Pumpe. Die Gesamtleistung aller Pumpen ergibt einen relativ wichtigen Basiskonsum.



Im Falle eines Spitals mit 350 Betten ist der Verbrauch der Primär- und Sekundärpumpen grösser als 60 kW. Die Aufteilung des Stromverbrauchs des Spitals ist im nachfolgenden Diagramm ersichtlich.

Die Pumpen in der Heizzentrale beziehen 10%, die der Unterstationen der Heizung 14% des Verbrauchs. Die jährlichen Energiekosten der Pumpen belaufen sich auf Fr. 85'000.-. Das Sparpotential ist grösser als Fr. 35'000.-. Dieses Beispiel zeigt, wie durch optimales Ersetzen der Pumpen Betriebskosten gesenkt werden können.



Kumulierte Profile der Stromverbraucher für 1 Tag (jeder Verbraucher ist zum Vorhergehenden aufsummiert).

2. Zirkulationspumpen in Heiznetzen

Prinzip

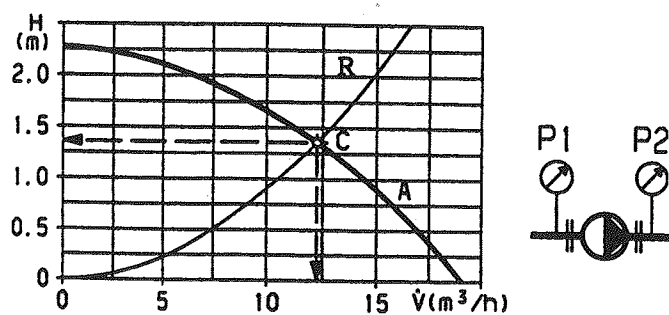
Der dynamische Arbeitspunkt einer Pumpe in einem hydraulischen Netz ist der Schnittpunkt zwischen der Pumpenkurve und der Netzkennlinie.

Die Förderhöhe ist der Differenzdruck zwischen der Druckseite P2 und dem Anschluss auf der Saugseite P1 der Pumpe.

Jedes hydraulische Netz hat nur eine Kennlinie, vorausgesetzt dass keine Änderungen auf den regelbaren Armaturen vorgenommen werden (z.B. thermostatische Heizkörperventile). Die Kennlinie stellt den Widerstand der Leitungen und der Armaturen dar.

*Charakteristische
Kennlinie eines Netzes
und der Pumpe*

*A = Pumpenkennlinie
R = Netzkennlinie
C = Arbeitspunkt*



Dynamischer Arbeitspunkt der Pumpe $H = P1-P2$

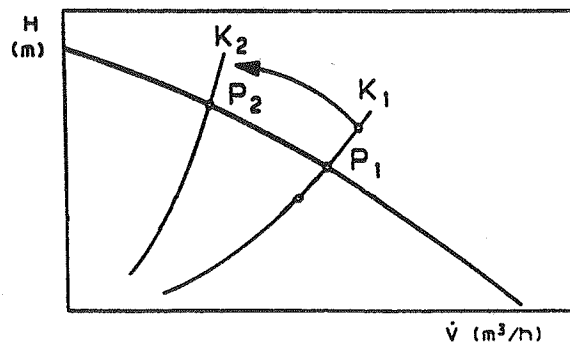
Im obigem Beispiel ist die Förderhöhe der Pumpe bei einer Wassermenge 0 m³/h (Absperrorgane des Netzes geschlossen) - 2.25 mWS. Am Arbeitspunkt ist die Wassermenge 12 m³/h und der Druck 1.35 mWS.

2.1 Veränderung des Widerstandes im Rohrleitungssystem

Thermostatische Ventile

Wenn sich die Position regelbarer Armaturen während des Betriebs einer Heizanlage verändert (öffnen / schliessen von Heizkörperventilen, schliessen der verschiedenen Gruppen), so ändert sich auch die Netzkennlinie, weil sich ein Teil des Widerstandes des Leitungsnetzes ändert. Aus diesem Grund ändert sich ebenfalls der dynamische Arbeitspunkt der Pumpe. Wenn das Schliessen der Thermostatventile die Wassermenge verringert, so verschiebt sich der Arbeitspunkt und der Druck erhöht sich. Das erklärt in einigen Fällen das Pfeifen von Heizkörperventilen.

Thermostatventile verringern die Durchflussmenge und erhöhen dadurch den Netzdruck.

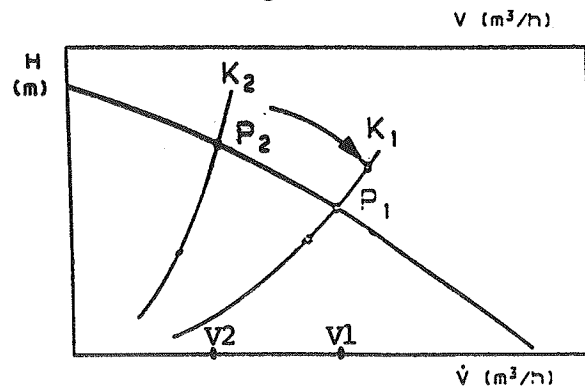


Pumpe überdimensioniert: warum ?

Das Berechnen von Druckverlusten in Heiznetzen ist keine einfache Sache. Zudem wird oft noch etwas Reserve eingerechnet und das nächst grössere Pumpenmodell gewählt. Das Ergebnis ist eine zu grosse Wassermenge, eine Reduktion des Wirkungsgrades der Pumpe und ein erhöhter Stromverbrauch über das ganze Jahr.

Vereinfachtes Berechnen ist oft die Ursache von Überdimensionierung.

Im untenstehenden Beispiel verschiebt sich der vorgesehene Arbeitspunkt P2 nach P1 aufgrund eines geringeren Leitungswiderstandes oder einer grösseren Durchflussmenge V2 - V1.



2.2 Mehrstufige Pumpen

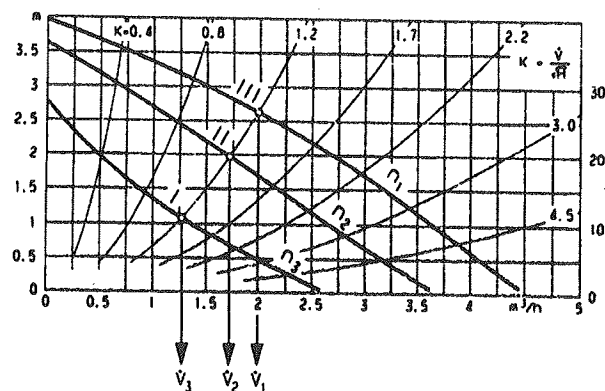
Verändern der Drehzahl der Pumpe

Wenn sich die Drehzahl der Pumpe ändert, so ergibt sich eine neue Pumpenkennlinie, deren Verlauf fast parallel mit der Originalkennlinie liegt. Die Kennlinie im untenstehenden Beispiel verschiebt sich nach oben, wenn die Drehzahl der Pumpe **ansteigt**, bzw. nach unten wenn die Drehzahl **abnimmt**.

Die Menge kann bewusst beeinflusst werden, indem man die Drehzahl der Pumpe reduziert (V_1 , V_2 , V_3). Der Stromverbrauch nimmt damit auch ab.

3-stufige Pumpe

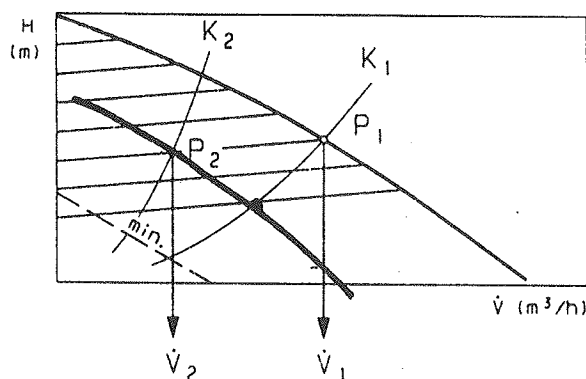
Ändern der Menge V
durch Ändern der
Pumpendrehzahl



Ändern der Menge V durch ändern der Pumpendrehzahl

Wenn die Drehzahl der Pumpe so geregelt ist, dass sich eine konstante Förderhöhe ergibt, so ändern sich Durchfluss und Stromverbrauch gleichzeitig.

Konstante Druckregelung
von Pumpen verhindert
das Pfeifen von
Heizkörperventilen.



Stetige Änderung der Drehzahl einer Pumpe

Die Fördermenge sollte nur dann reduziert werden, wenn die aufgenommene elektrische Leistung die Wicklung des Motors nicht überhitzt. Das kann der Fall sein, wenn die verfügbare Wassermenge die im Motor erzeugte Wärme nicht mehr abführen kann. Generell tritt dieses Phänomen nur bei Pumpen mit einer Leistung von 200 W und mehr auf. Die minimale benötigte Wassermenge um eine einwandfreie Wärmeabfuhr zu garantieren ist sehr klein und entspricht 0.02 bis 0.1 m³/h. je nach elektrischer Leistung der Pumpe.

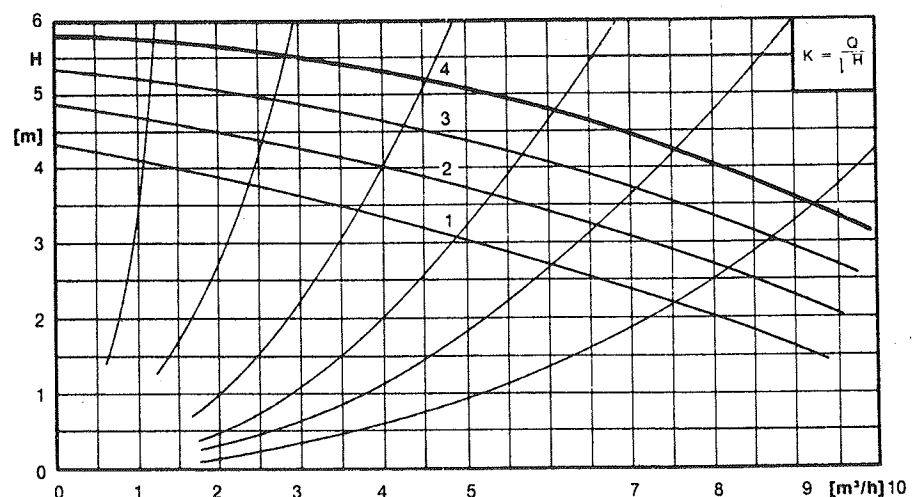
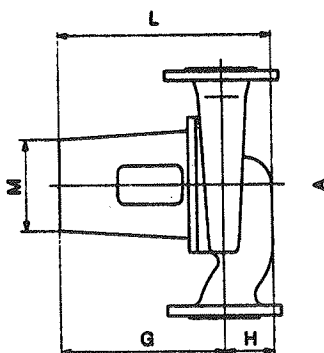
2.3 Pumpentypen in Heizungsanlagen

Pumpen
Der Wirkungsgrad von Pumpen ist oft sehr gering.

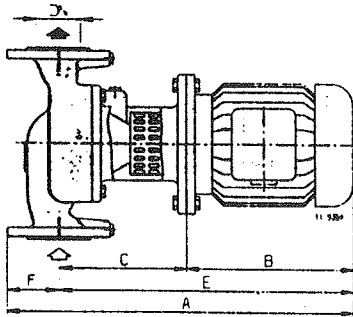
Die Mehrheit der Pumpen in modernen Heizungsanlagen sind direkt an die Rohrleitungen angebaut. In kleinen Anlagen mit geringer Heizleistung und kleiner Wassermenge charakterisieren sie sich durch geringe Abmessungen, kleinen Preis, aber auch durch ihre kleine Leistung, wie die Messungen auf Seite 5 - Kapitel 1, zeigen. Pumpen, die vor 6 Jahren installiert wurden, haben im allgemeinen höchstens 2 Drehzahlstufen, die manuell geändert werden können. Leistungskurven und Leistungsverbrauch in Abhängigkeit von Durchfluss und Förderhöhe sind für diese Pumpentypen in der Regel nicht verfügbar. In den Katalogen ist nur die maximale elektrische Anschlussleistung aufgeführt.

Baureihe Série Serie	P ₂	Stecker Fiche Spina	Drehzahl Vitesse No. di giri	P ₁	Max. Stromaufnahme Ampérage maxi Corrente max. assorbita Ampère	Pumpenmasse Encombrenments Dimensioni mm							Gewicht Poids Peso
	kW	Pos.	min ⁻¹	kW	3 × 400 V	A	B	C	G	H	L	M	kg
	0,185	4	1400	0,280	0,85	300	100	92	200	52	252	165	15
		3	1350	0,260	0,64								
		2	1280	0,230	0,50								
		1	1180	0,200	0,40								

P₂ = Nennleistung
P₁ = Aufgenommene Leistung



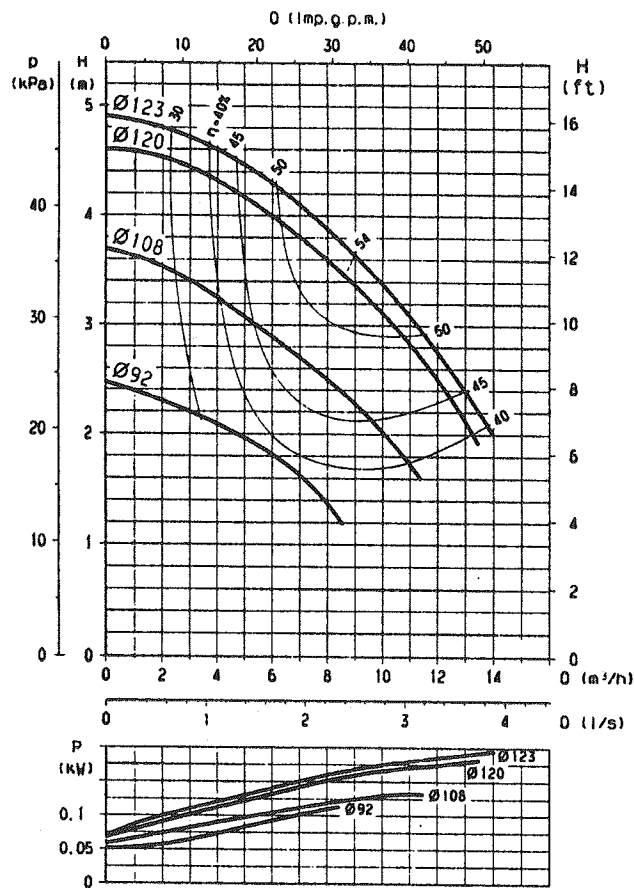
Inline-Pumpen



Inline-Pumpen sind ebenfalls direkt an die Leitungen angebaut, aber der Motor wird nicht mehr mit Leitungswasser gekühlt. Eine Dichtung trennt die Pumpe vom Motor. Letzterer wird durch einen aufgebauten Ventilator gekühlt.

Dieser Pumpentyp wird in grossen Heizungs- und Rückkühlanlagen eingesetzt.

Die technischen Daten sind vollständig. Die geeignete Pumpe kann unter Berücksichtigung des Leistungsbedarfes und des Wirkungsgrades bestimmt werden.



2.4 Abhängigkeiten beim Auslegen der Pumpen

Die Eigenschaften einer Pumpe werden durch folgende Abhängigkeiten bestimmt:

Hydraulische Leistung

$$\text{Hydraulische Leistung} = V \cdot \Delta p \quad [\text{W}] \quad (1)$$

$$V = \text{Wassermenge} \quad [\text{m}^3/\text{sec}]$$

$$\Delta p = \text{Differenzdruck} \quad [\text{Pa}]$$

Sind Wassermenge und Differenzdruck in den üblichen Einheiten angegeben, so lautet die Formel :

$$P_{\text{hydr}} (\text{W}) = 2.778 \cdot V [\text{m}^3/\text{h}] \cdot \Delta p [\text{mWS}] \quad (1')$$

Die Fördereinheit (Pumpe und elektrischer Antrieb) haben folgenden Wirkungsgrad:

$$\eta = \frac{P_{\text{hydraulisch}}}{P_{\text{elektrisch}}}$$

oder

$$\eta = \frac{V \cdot \Delta p}{P_{\text{elektrisch}}} \quad (2)$$

Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad mit Wassermenge (m^3/h) und Differenzdruck (mWS) ist:

$$\eta = \frac{2.778 \cdot V \cdot \Delta p}{P_{\text{elektrisch}}} \quad (2')$$

Der Wirkungsgrad einer Pumpe kann also bestimmt werden, wenn die elektrische Leistung, die Wassermenge und die Förderhöhe bekannt sind. In den Katalogen ist es oft schwierig eine Leistungskurve in Abhängigkeit von Wassermenge und Förderhöhe zu finden.

Die physikalischen Einheiten von Menge, Druck und Leistung sind die folgenden :

$$V = \text{Wassermenge} [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$H = \text{Druck} [\text{mWS}]$$

$$P = \text{Elektrische Leistung} [\text{W}]$$

$$n = \text{Drehzahl der Pumpe} [\text{U}/\text{min}]$$

Formeln

$$V_2 = V_1 \cdot n_2/n_1 \quad (3)$$

$$H_2 = H_1 \cdot (n_2/n_1)^2 \quad (4)$$

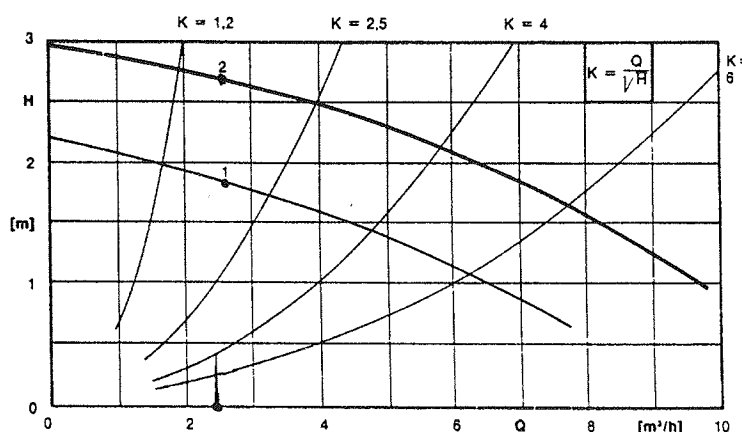
$$P_2 = P_1 \cdot (n_2/n_1)^3 \quad (5)$$

2.5 Berechnung des Wirkungsgrades

Beispiel

Um die einfache Anwendung der Formeln aufzuzeigen, nehmen wir das Datenblatt eines alten Pumpentyps. Daraus ergibt sich die Kennlinie (Druck und Durchfluss) und die verlangte Leistung für die zwei Drehzahlstufen.

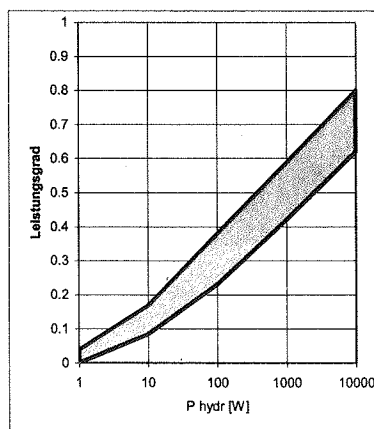
Baureihe Série	P ₁	Stecker Fiche Spina	Drehzahl Vitesse No. di giri	P ₁	Max Stromaufnahme Ampérage maxi Corrente max. assorbita Ampère	Pumpenmasse Encombrements Dimensioni mm							Gewicht Poids Peso
CS	kW	Pos.	min ⁻¹	kW	3 × 400 V	A	B	C	G	H	L	M	kg
S-100	0,075	2	1370	0,130	0,41	300	108	65	179	58	237	114	10,5
		1	1200	0,070	0,17								



Stufe 1 : 0,07 kW = 70 W
 Stufe 2 : 0,13 kW = 130 W

Damit ergibt sich für die Pumpe folgender Betriebspunkt:

Stufe 1 :	Volumenstrom	2.5 m ³ /h
	Differenzdruck	1.75 mWS



Bereich des Wirkungsgrades der Pumpen in Funktion der hydraulischen Leistung

Die Berechnung des Wirkungsgrades ergibt (nach 2'):

Stufe 1 : $\eta = 2.778 \cdot 2.5 \cdot 1.75 / 70$ = 17.37%

Stufe 2 : $\eta = 2.778 \cdot 2.5 \cdot 2.6 / 130$ = 13.89%

Wir ersehen daraus den schlechten Wirkungsgrad dieser Pumpe, was den Diagrammen auf Seite 5 dieser Broschüre entspricht.

Stufe 1: $P_{\text{hydraulisch}} = 2.778 \cdot 2.5 \cdot 1.75 = 12.15 \text{ W}$

Stufe 2: $P_{\text{hydraulisch}} = 2.778 \cdot 2.5 \cdot 2.6 = 18.057 \text{ W}$

3. Wie kann man Pumpen kleiner auslegen?

Wir haben den bescheidenen Wirkungsgrad mittlerer Pumpen und die Stromkosten aufgezeigt. Es besteht somit ein grosses Sparpotential, wenn eine Pumpe ausgewechselt wird.

3.1 Berechnung der Überdimensionierung

Wie wissen wir, ob eine Pumpe überdimensioniert ist ?

Temperaturdifferenz

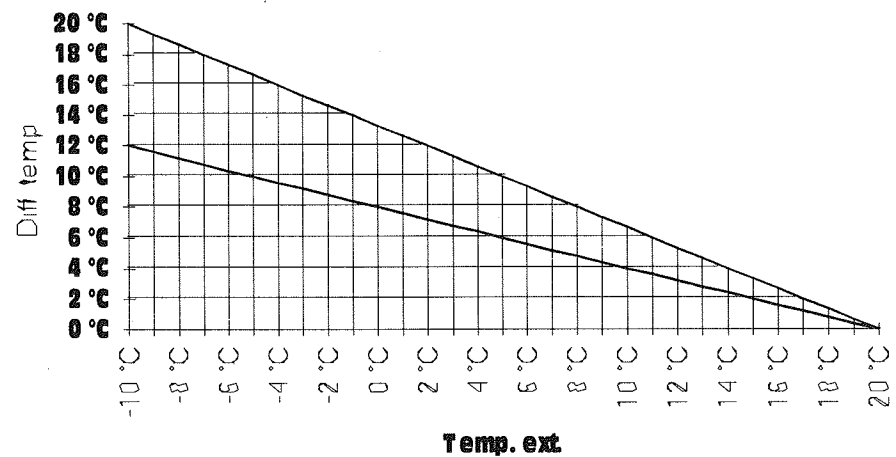
Die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf in einer Heizgruppe muss 20°K bei der tiefsten Auslegetemperatur, z. B. 90°C im Vorlauf und 70°C im Rücklauf, betragen. Das selbe gilt auch für Lüftungsgruppen.

Für eine Bodenheizung beträgt die Temperaturdifferenz 12°C .

Die Temperaturdifferenz verändert sich in Abhängigkeit der Aussentemperatur.

Die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf ist ein zuverlässiger Indikator.

Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf:
Heizkörper: 20°C
Lüftung: 20°C
Bodenheizung: 12°C

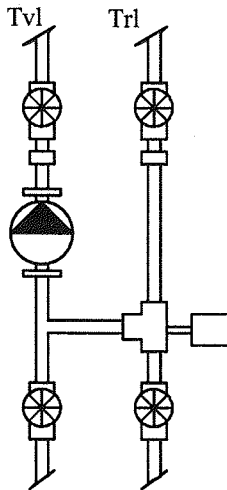


Sollte die Temperaturdifferenz kleiner sein, so ist der betreffende Sektor überdimensioniert.

Ist die effektive Temperaturdifferenz kleiner als der theoretische Wert in Abhängigkeit der Aussentemperatur, so deutet dies auf eine Überdimensionierung in der betreffenden Gruppe.

Berechnung des Überdimensionierungsfaktors

T_{aul}



Die Berechnung des Überdimensionierungsfaktors basiert auf der Messung der Vor- und Rücklaufstemperaturen der Heizungs- und Lüftungsgruppen.

- T_{AUL} : Aussenlufttemperatur
- T_{VL} : Vorlaufstemperatur
- T_{RL} : Rücklaufstemperatur
- Δt : T_{VL} - T_{RL}

Der Überdimensionierungsfaktor kann mit folgender Formel berechnet werden.

Heizkörper

Überdimensionierungsfaktor

$$\text{Überdimensionierung} = \frac{20^\circ\text{C} - \text{Aussenluft temp.}}{\Delta t [^\circ\text{K}]} \cdot \frac{\Delta t_{\text{theoretisch}} [^\circ\text{K}] (20^\circ\text{K})}{30} \quad (6)$$

Bodenheizung

$$\text{Überdimensionierung} = \frac{20^\circ\text{C} - \text{Aussenluft temp.}}{\Delta t [^\circ\text{K}]} \cdot \frac{\Delta t_{\text{theoretisch}} [^\circ\text{K}] (12^\circ\text{K})}{30} \quad (7)$$

In allen Fällen muss neu ausgelegt werden.

Versuch die Wassermenge zu reduzieren

Das Bestimmen der Überdimensionierung durch Differenztemperaturmessung hat den Vorteil, dass dies vor dem Auswechseln einer Pumpe gemacht werden kann.

Es ist jedoch möglich, die Wassermenge durch ein Drosselorgan zu verringern, um die gewünschte Temperaturdifferenz zu erreichen.

Wenn anschliessend die Heizungsanlage überall noch funktioniert (was gemäss Erfahrung in 96% der Anlagen der Fall ist), so steht dem Auswechseln der Pumpe nichts im Wege.

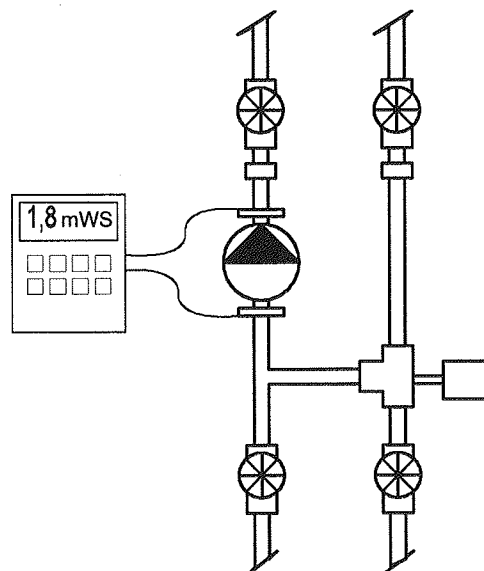
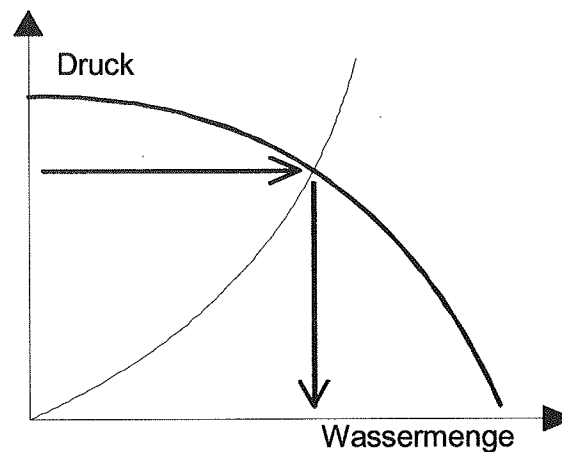
Bemerkung

Die Vor- Rücklauftemperaturmessungen in Heizungsanlagen sollten im Winter bei einer Aussentemperatur unter 8°C vorgenommen werden.

3.2 Druckmessung

Die Förderhöhe einer Pumpe kann mittels einem Differenzdruckmanometer über der Pumpe gemessen werden, wie in der untenstehenden Figur gezeigt wird.

Ist die Messung auf die Pumpenkennlinie übertragen, so kann die Wassermenge einfach bestimmt werden.



Schätzung

Die Förderhöhe verändert sich in Abhängigkeit der verschiedenen Druckverluste der Anlagekomponenten. Sie kann auch folgendermassen geschätzt werden:

Schätzung der Druckverluste im Netz

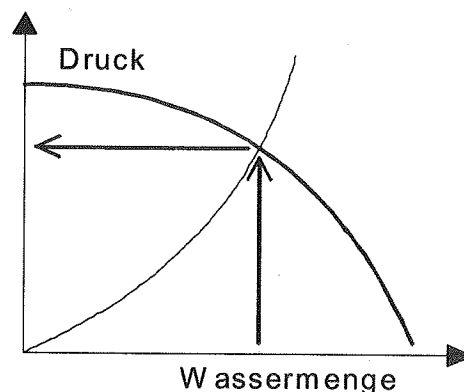
	Schätzwert
Rohrleitungssystem :	Länge * 0.005 [mWS]
Thermostatisches Ventil:	ca. 0.2 mWS
Regelventil :	ca. 0.3 mWS
Kessel oder Umformer :	Nach Angaben des Herstellers

3.3 Messung der Wassermenge

Gewisse Anlagen sind mit Wärmezähler ausgerüstet, auf welchen die Wassermenge einfach abgelesen werden kann. Dieser Wert erlaubt den Arbeitspunkt der Pumpe zu bestimmen. Sollten Zähler und Strangreguliertventile mit Messeinrichtung zum Bestimmen der Wassermenge fehlen, so ist es nicht möglich den Wert direkt zu eruieren.

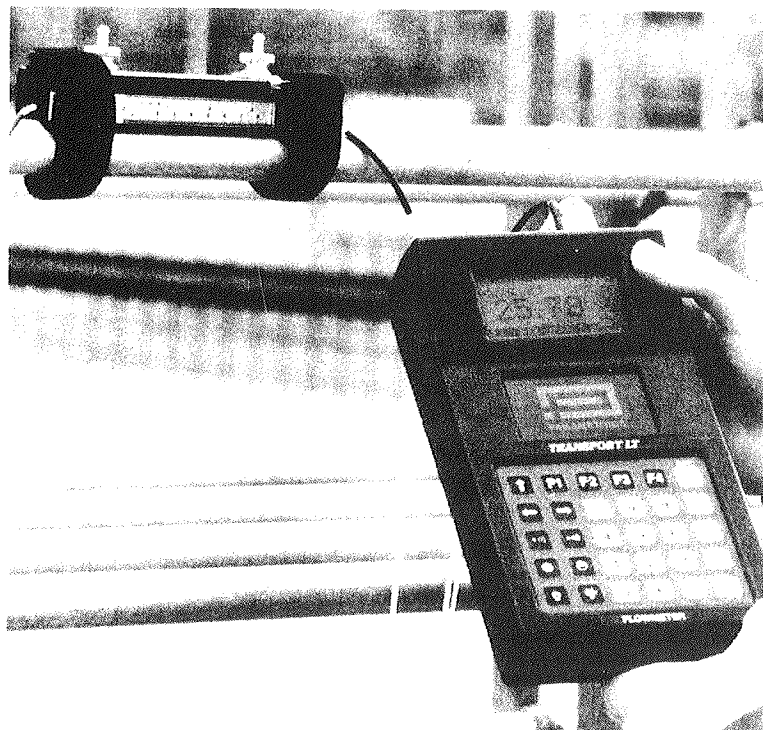
Eine Messung direkt auf der Rohrleitung mit einem Ultraschall-Durchflussmesser ergibt in der Regel gute Resultate. Sollte ein solches Messgerät nicht vorhanden sein, so kann dieses in gewissen Instituten oder Firmen gemietet werden.

Es ist somit möglich, die Förderhöhe anhand der Wassermenge zu ermitteln.



Funktionsprinzip des Ultraschall-Durchflussmessers

Das Prinzip beruht auf dem Messen der Zeit für die Abweichung einer Schallwelle in der Flussrichtung des zu messenden Mediums. Dieser Typ von Durchflussmessern kann auf eine bestehende Rohrleitung einfach montiert werden.



*Schätzung der
Druckverluste im Netz*

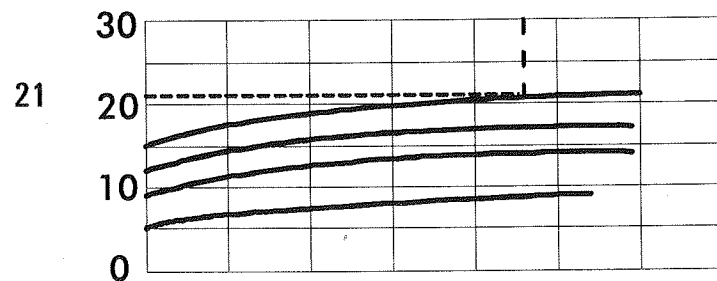
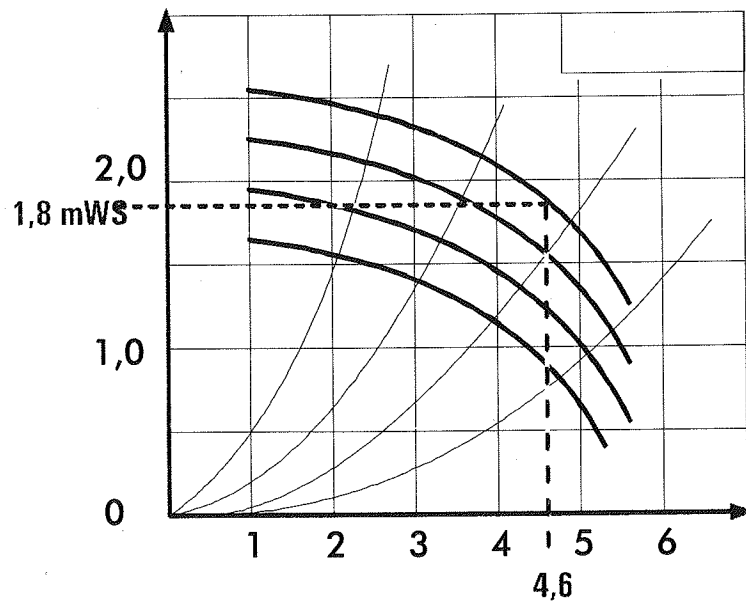
Die charakteristische Kennlinie einer Pumpe

Mittels Durchfluss pro Stunde oder Förderhöhe kann der Arbeitspunkt einer Pumpe bestimmt werden.

Bei der Wahl einer Pumpe ist es wichtig, die Eigenschaften der verschiedenen Pumpentypen bezüglich Stromverbrauch und Anwendungsbereich zu vergleichen.

Bei variabler Wassermenge (z.B. bei thermostatischen Heizkörperventilen, Regelventilen) sollte immer eine Pumpe mit möglichst flacher Kennlinie gewählt werden, damit der Pumpendruck wenig ändert, wenn das Ventil schliesst.

Inline-Pumpen sind bei Wassermengen von 5 m³/h und mehr vorzuziehen, da ihr Wirkungsgrad besser ist.



3.4 Berechnungs- und Messbeispiele

Beispiele einer Anlage mit durchgeführten Messungen :

Messungen

Aussentemperatur	=	1°C
Vorlauftemperatur	=	54°C
Rücklauftemperatur	=	46.2°C
Förderhöhe	=	1,8 mWS
Gemessene elektrische Leistung	=	208 W

$$SD = \frac{20 - \Delta T}{\Delta t_{\text{gemessen}}} \times \frac{\Delta T (-10^\circ\text{C})}{30}$$

Überdimensionierungsfaktor (SD)

Mit diesen Werten kann der Faktor bestimmt werden.

$$\text{Überdimensionierung (SD)} = \frac{20^\circ\text{C} - 1^\circ\text{C}}{54^\circ\text{C} - 46.2^\circ\text{C}} \times \frac{20^\circ\text{C}}{30^\circ\text{C}} = 1.6$$

Verhältnis Menge/Druck/Leistung

Man kann die Verhältnisse zwischen Menge, Druck und Leistung wie folgt überprüfen.

Druck

$$H2 = H1 \cdot \left(\frac{V2}{V1} \right)^2$$

Wassermenge	:	(1.6)	= zu gross
Förderhöhe	:	(1.6) ²	= 2.56 zu gross
Leistung	:	(1.6) ³	= 4.1 zu gross

Man könnte auch sagen, dass der Stromverbrauch der Pumpe (1.6)³ = 4.1 zu gross ist.

Leistung

$$P2 = P1 \cdot \left(\frac{V2}{V1} \right)^3$$

Wirkungsgrad der Pumpe (nach Formel (2'))

$$\eta = \frac{2.778 \cdot 4.6[\text{m}^3/\text{h}] \cdot 1.8[\text{mWS}]}{208[\text{W}]}$$

Der Wirkungsgrad dieser Pumpe liegt bei 11%. Ein deutliches Hinweis auf das vorhandene Sparpotential.

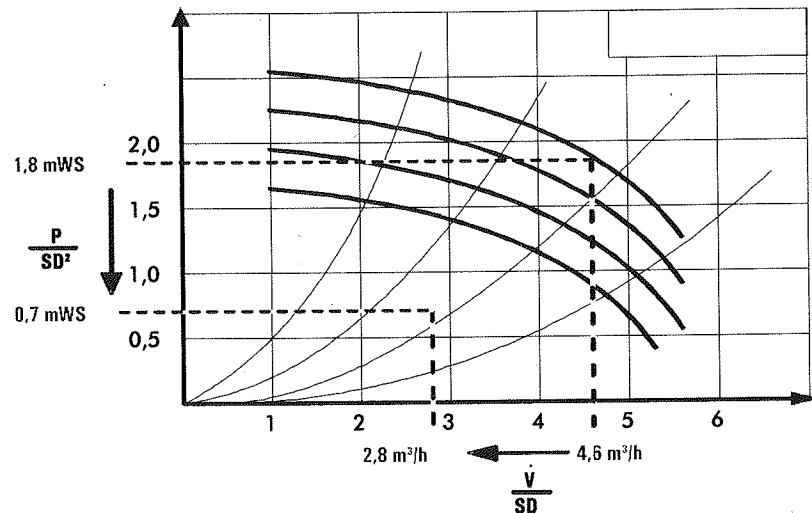
Bestimmen einer neuen Pumpe

Eine Pumpe neu auslegen heisst, den Arbeitspunkt unter Berücksichtigung des Überdimensionierungsfaktors zu bestimmen. Nehmen wir den Faktor von 1,6 des vorhergehenden Beispiels.

Überdimensionierungs-
faktor $SD = 1,6$

Neue Wassermenge

V/SD



$$\text{Neue Wassermenge} = 4.6 \text{ m}^3/\text{h} / 1.6 = 2.87 \text{ m}^3/\text{h}$$

Neuer Druck H/SD^2

Der Druck ist $(SD = (1,6))^2$ mal kleiner.

$$\text{Neuer Druck} = 1,8 \text{ mWS} / (1,6)^2 = 0,7 \text{ mWS}$$

$$\text{Elektrische Leistung} = 2.77 \times 2.87 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,7 \text{ mWS} / \eta (0,11) = 50 \text{ W}$$

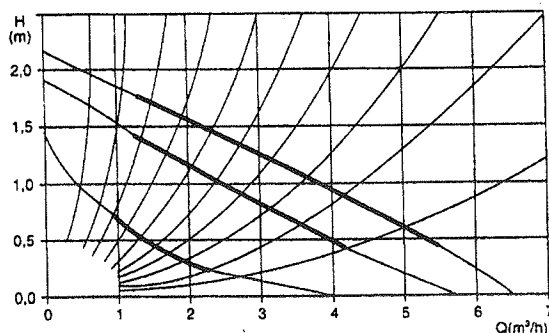
Neue Pumpe

Weil der Wirkungsgrad der bestehenden Pumpe schlecht war (11%), sollte die neue Pumpe mit den neuen Bedingungen einen besseren Wirkungsgrad aufweisen.

Beispiele der Kennlinien der neuen Pumpe

Elektrische Kennzahlen

Arbeitspunkt



Technische Daten

Stufen	El. Aufn.- Leist. (W)	I_n (A)	n (min ⁻¹)	Kond.
1	70	0,33	800	2 μ F - 400 V
2	45	0,19	1050	2 μ F - 400 V
3	30	0,13	1350	2 μ F - 400 V

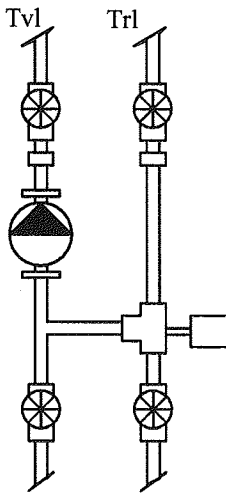
Da der Arbeitspunkt in der Mitte der Bereiche 1, 2 und 3 liegt, wird eine mehrstufige Pumpe gewählt.

3.5 Vereinfachte Methode

Das richtige Auslegen einer neuen Pumpe setzt **das Messen der Förderhöhe** voraus und die **Kennlinie** muss ebenfalls bekannt sein, damit die Wassermenge ausgelegt werden kann. Sind an der Saug- und Druckseite keine Messstutzen für Druckmessungen vorhanden, so muss die Wassermenge mit einem Ultraschall-Durchflussmesser gemessen werden. Diese Erschwernisse sind oft die Ursache für das Fehlen der Motivation, sich um eine korrekte Auslegung zu bemühen. Aus diesen Gründen haben wir eine vereinfachte Methode entwickelt, die ein wenig ungenauer ist, aber dennoch eine annähernd richtige Auslegung der neuen Pumpe erlaubt.

Anwendung für eine Heizgruppenpumpe

Taul



A) Einphasige Pumpe U = 230 V

1. Notwendige Messungen (einphasige Pumpen)

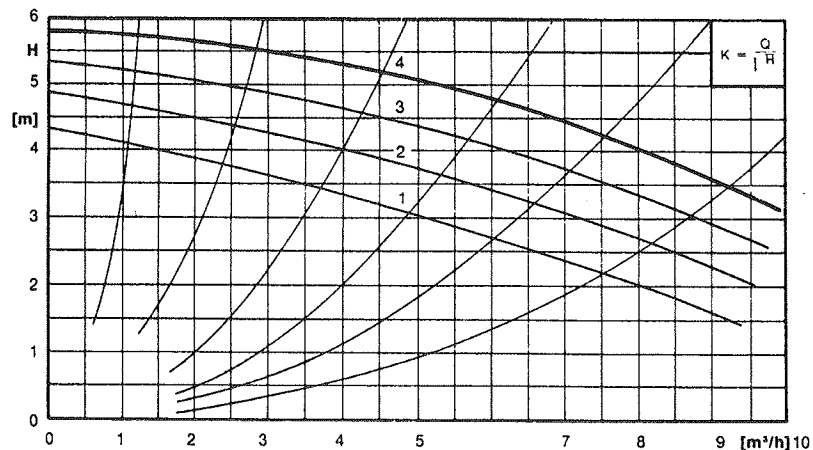
- T_{AUL} : Aussentemperatur
- T_{VL} : Vorlaufstemperatur
- T_{RL} : Rücklaufstemperatur
- I : Strom (A)
- n : Drehzahl der Pumpe auf Stufe 1-2-3

2. Kurven der Pumpen gemäss Katalog

- P_{absor} :max (W) (gemäss Katalog)

Baureihe Série Serie	P _i	Stacker Fiche Spina	Drehzahl Vitesse No. di giri	P _i	Max. Stromaufnahme Ampérage maxi Corrente max. assorbibile Ampère	Pumpenmasse Encombrements Dimensioni mm							Gewicht Poids Peso
	kW	Pos.	min-1	kW	3 × 400 V	A	B	C	G	H	L	M	kg
	0,185	4	1400	0,280	0,85	300	100	92	200	52	252	165	15
		3	1350	0,260	0,64								
		2	1280	0,230	0,50								
		1	1180	0,200	0,40								

Kennlinie der Pumpe
nach Katalog



Kennen wir weder Druck noch Wassermenge, so ist es nicht möglich, den Arbeitspunkt der Pumpe zu bestimmen.

Wir ermitteln die Menge durch eine Schätzung.

Elektrische Leistung der Pumpe (100-1000 W)

$$P_{\text{elektrisch}} = U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta_M \quad (8)$$

$$P_{\text{elektrisch}} = 230 \cdot I \cdot 0,70 \cdot 0,60$$

$$P_{\text{elektrisch}} \approx 96,6 \cdot I \text{ [W]} \quad (8')$$

$$\cos \varphi = 0,70$$

$$U = 230 \text{ V}$$

$$P_{\text{elektrisch}} = \text{absorbierte Leistung [W]}$$

$$I = \text{gemessener Strom [A]}$$

$$\eta_M = 0,60 \text{ Wirkungsgrad des Motors}$$

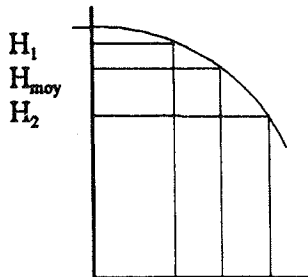
Berechnung der ungefähren Wassermenge der Pumpe

Die physikalischen Abhängigkeiten unter Punkt 2.4 erlauben die ungefähre Wassermenge zu bestimmen. Es muss **folgende Annahme** getroffen werden :

Kennlinie der bestehenden Pumpe

Im allgemeinen sind die Kennlinien ziemlich flach. Kennen wir die Drehzahlen der Stufen 1/2/3, so werden zwei Grenzwerte H_1 und H_2 gewählt. Diese Werte entsprechen den Mengen V_1 und V_2 auf der Kennlinie.

Kennlinie der Pumpe



Nimmt man eine mittlere Förderhöhe an (Mitte des Arbeitsbereichs), so ist die Abweichung klein.

Berechnung der hydraulischen Leistung und des Wirkungsgrades der Pumpe.

Berechnung der hydraulischen Leistung

$$(1') \quad P_{\text{hydr.}} = 2,778 \cdot V_{\text{mittel}} \cdot \Delta P_{\text{mittel}} \quad \begin{matrix} V_{\text{mittel}} \text{ [m}^3/\text{h]} \\ \Delta P_{\text{mittel}} \text{ [mWS]} \end{matrix}$$

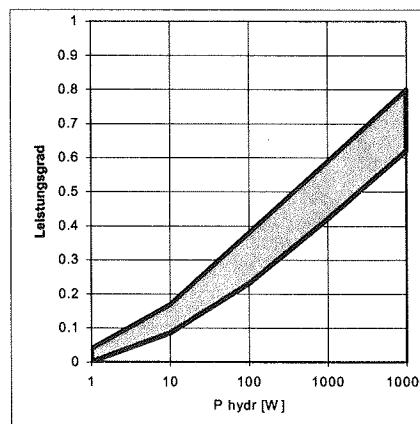
$$(2') \quad \eta = P_{\text{hydr.}} / P_{\text{elektrisch}}$$

Man kann die ungefähre Wassermenge berechnen

$$V_{\text{mittel}} = \eta_{\text{mittel}} \cdot P_{\text{elektrisch}} / 2,778 \cdot H_{\text{mittel}}$$

$$P_{\text{elektrisch}} = \text{Gemessene elektrische Leistung [W]} \quad (8')$$

*Wir kontrollieren
im Diagramm die
Übereinstimmung
unserer Annahme*



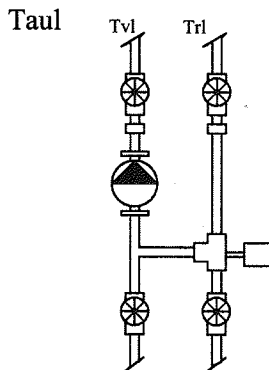
Bereich des Wirkungsgrades der
Pumpen in Funktion der
hydraulischen Leistung

Überdimensionierungsfaktor (SD)

Wir berechnen den Überdimensionierungsfaktor in vorhergehendem Beispiel :

$$\Delta T = T_{VL} - T_{RL}$$

**Überdimensionierungs-
faktor**



Eine Wahl der Stufe 1 ermöglicht es, den Druck bei eventuellen Problemen in weit entfernten Gruppen zu erhöhen.

Heizgruppe

$$SD = 20^\circ\text{C} - T_{AUL} / \Delta t \bullet 20/30)$$

Bodenheizung

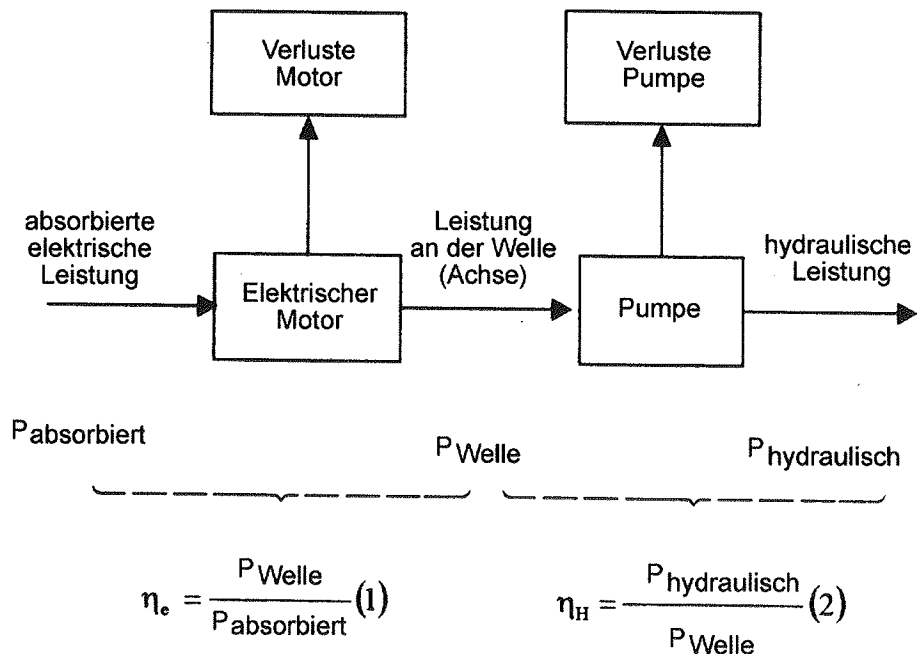
$$SD = 20^\circ\text{C} - T_{AUL} / \Delta t \bullet 12/30)$$

Die Formeln unter (3) und (4) erlauben uns abzuleiten :

$$V2 = V1/SD \quad H2 = H1 / SD^2$$

Vorsichtsmassnahme

Die vereinfachte Methode weist gewisse Risiken und Unsicherheitsfaktoren auf. Aus diesem Grunde empfehlen wir die neue Pumpe stets auf der kleinsten Stufe auszulegen. Bei eventuellen Problemen in einzelnen Heizgruppen kann damit der Netzdruck nachträglich noch erhöht werden.



B) Elektrische Leistung der Pumpe (500 + 1500 W)

Gleiches Vorgehen, die Messung muss jedoch die 3 Phasen berücksichtigen

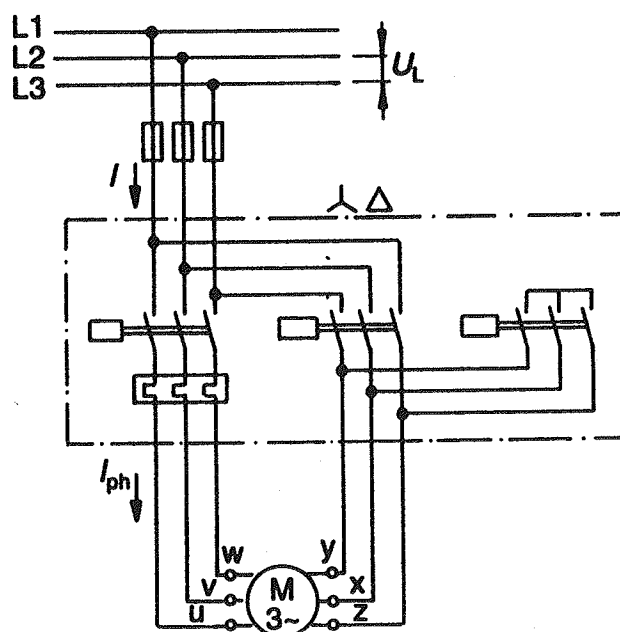
$$P_{\text{elektrisch}} = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_M \cdot \cos \varphi \cdot \eta_M$$

$$\cos \varphi = 0,75$$

$$U_L = 400 \text{ V}$$

$$I_M = \text{mittlerer gemessener Strom der 3 Phasen (A)}$$

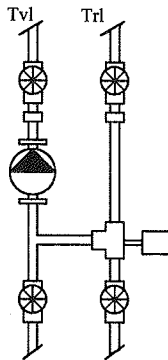
$$\eta_M = 0,75 \text{ Wirkungsgrad des Motors}$$



Vereinfachte Methode (Auswechseln der Pumpe)

Heizgruppe :

T_{AUL}



1. Messungen

1. T_{AUL} : Aussentemperatur
2. T_{VL} : Vorlaufstemperatur
3. T_{RL} : Rücklaufstemperatur
4. I : Strom [A] (1 Phase)
5. I_M : Strom [A] (3 Phasen)

2. Kennlinien der Pumpe

Typ :

Modell :

Stufe (1-2-3) :

Aus der Kennlinie der Pumpe folgt :

H_{mittel} : [mWS]

V_{mittel} : [m³/h]

Berechnung

Aufgenommene Leistung der Pumpe (1 Phase)

$$P_{\text{elektrisch}} = 230 \cdot I(4) \cdot 0,75 \cdot 0,60 = \dots\dots\dots [\text{W}] \quad (8)$$

Aufgenommene Leistung der Pumpe (3 Phasen)

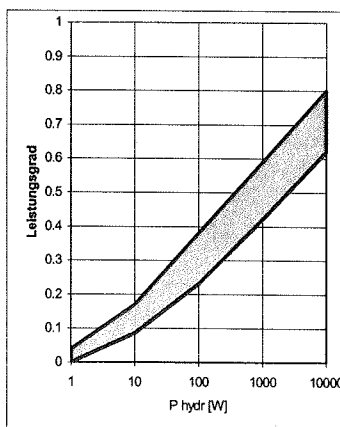
$$P_{\text{elektrisch}} = 1,73 \cdot 400 \cdot I_M \cdot 0,75 \cdot 0,75 = \dots\dots\dots [\text{W}] \quad (8')$$

Hydraulische Leistung

$$P_{\text{hydr.}} = 2,778 \cdot V_{\text{mittel}} \cdot H_{\text{mittel}} = \dots\dots\dots [\text{W}] \quad (1')$$

Mittlerer Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_{\text{hydr.}(1')}}{P_{\text{elektrisch}(8)}} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots \%$$



Überdimensionierungsfaktor

Temperaturdifferenz Vorlauf - Rücklauf

$$\Delta T = T_{VL} - T_{RL} = \dots - \dots =$$

Heizgruppe

$$SD = \frac{20 - T_{AUL}}{\Delta T} \cdot \frac{20}{30}$$

$$SD = \frac{(20 - \dots)}{(20 - \dots)} \cdot \frac{20}{30} = \dots$$

Bodenheizung

$$SD = \frac{20 - T_{AUL}}{\Delta T} \cdot \frac{12}{30}$$

$$SD = \frac{(20 - \dots)}{(20 - \dots)} \cdot \frac{12}{30} = \dots$$

Neue Wassermenge

$$V = V_{mittel} / SD$$

$$\dots = \dots / \dots$$

Neue Förderhöhe

$$H = H_{mittel} / SD^2$$

$$\dots = \dots / \dots$$

Wahl der neuen Pumpe

Typ :

Modell :

Stufe (1-2-3) :

Leistung : (W)

4. Steuer- und Regelsysteme für Pumpen

Die Unternehmer sowie die technischen Dienste und Planer stellen häufig untenstehende Fragen :

- Reicht eine mehrstufige Pumpe ?
- Braucht es eine Drehzahlregelung mittels Frequenzumformer ?
- Kann man Einsparungen mit Pumpenregelungen erzielen ?
- Muss man die neue Pumpe bei Drehzahlregelung mittels Frequenzumformer sehr genau auslegen?

Die Hersteller versprechen bis 50% Einsparungen mit gewissen Regelsystemen. Was ist daran ?

In diesem Kapitel werden wir die wichtigsten Regel- und Steuersysteme behandeln.

Fangen wir mit dem Einfachsten an.

4.1 2- oder 3 stufige Pumpen

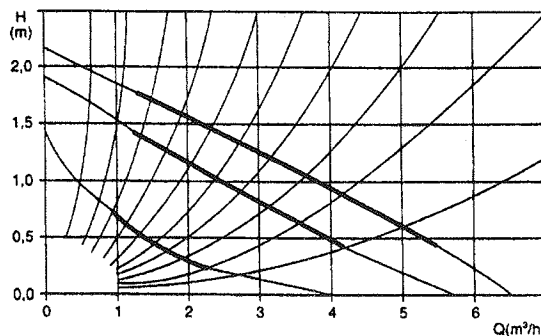
Die modernen Pumpen sind im allgemeinen 2- bis 3-stufig ausgelegt, so dass man sie manuell und in einigen Fällen auch automatisch verstellen kann.

Nach dem Auswechseln kann man die notwendige Stufe wählen, indem zuerst die Temperaturdifferenz der Heizgruppe gemessen wird.

In der Zwischensaison kann man auch auf einer kleineren Stufe fahren, was aber ausgetestet werden sollte.

Es ist zu überprüfen, ob Heizungsregler diese Funktionen übernehmen können. Die Einsparung zwischen den einzelnen Stufen kann beträchtlich sein.

Das untenstehende Beispiel zeigt dies auf :



Technische Daten

Stufen	El. Aufn.- Leist. (W)	I_n (A)	n (min^{-1})	Kond.
1	70	0,33	800	2 μ F - 400 V
2	45	0,19	1050	2 μ F - 400 V
3	30	0,13	1350	2 μ F - 400 V

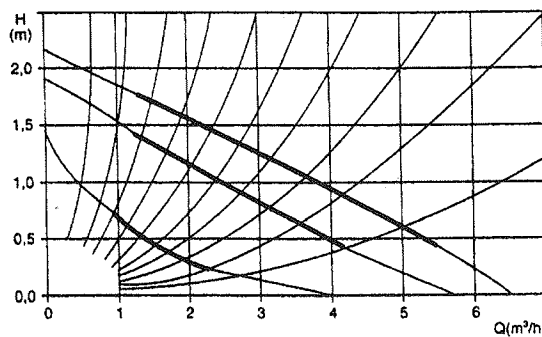
4.2 Reduktion der Förderhöhe im Sparbetrieb

In einer Heizgruppe wird in der Nacht die Vorlaufstemperatur abgesenkt (Nachtabenkung). Dies führt zu einer tieferen Raumtemperatur und einer Reduktion des Wärmeverbrauchs.

In diesem Fall werden sich die thermostatischen Heizkörperventile komplett öffnen, da die Temperatur unter dem Sollwert liegt.

Die Anlage läuft also mit voller Wassermenge. Der Sparbetrieb verursacht somit erstaunlicherweise den höchsten Stromverbrauch und kann zudem zu störenden Fließgeräuschen in der Nacht führen. Eine Pumpe mit mehreren Stufen oder einer Drehzahlregelung erlaubt es, die Förderhöhe zu senken. Dies verringert Geräuscheffekte und senkt den Stromverbrauch. Durch Handberührung kann kontrolliert werden, ob nachts alle Heizkörper noch warm sind. Es kann sein, dass Teile des Hydrauliknetzes durch die Erhöhung des Widerstandes nicht mehr durchflossen werden (tiefe Fließgeschwindigkeit in Netzteilen).

Das nachfolgende Beispiel zeigt die Grössenordnung der Einsparung indem die Drehzahl nachts verringert wird.



Technische Daten

Stufen	El. Aufn.- Leist. (W)	I_n (A)	n (min^{-1})	Kond.
1	70	0,33	800	2 μ F - 400 V
2	45	0,19	1050	2 μ F - 400 V
3	30	0,13	1350	2 μ F - 400 V

Vereinfachte Rechnung

Heizperiode (Schweizer Mittelland)

Umschalten Stufe 1 $\Rightarrow$ Stufe 2 ungefähr 220 Tage

8 Stunden/Tag $\bullet$ 220 (Einsparung : Stufe 1 - Stufe 2)

$70 \text{ W} - 45 \text{ W} = 25 \text{ W} \bullet 8 \bullet 220 = 44'000 \text{ W/h} = 44 \text{ kW/h}$

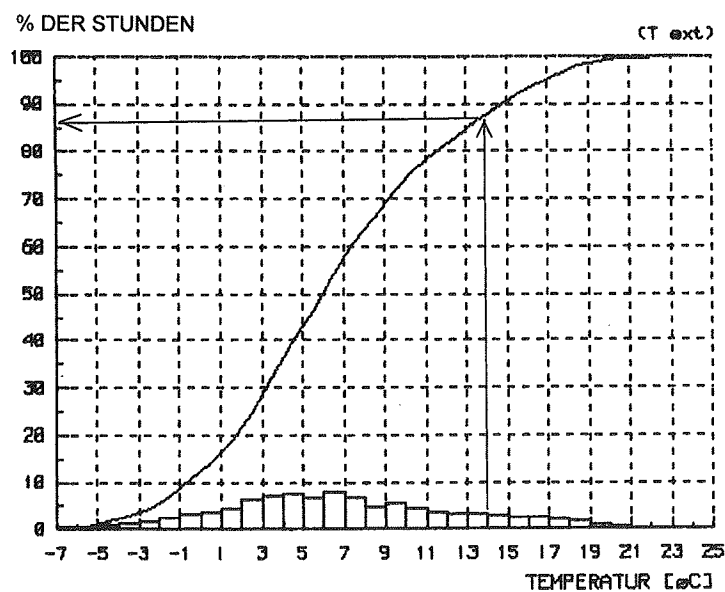
4.3 Temperaturbedingtes Ausschalten der Pumpen

In vielen Fällen sind die Pumpen unabhängig von der Heizungsregelung elektrisch angespiesen. Die Pumpen bleiben nicht nur in der Heizsaison dauernd in Betrieb, sondern auch in der Zwischensaison. Im Allgemeinen ist in der Zwischensaison bei Aussentemperaturen über 14-15°C die Heizung ausgeschaltet.

Die Mehrheit der modernen Heizungsregler erlaubt es, die Pumpen bei Überschreiten des Sollwerts (14-15°C) abzuschalten. Messungen in über 50 Gebäuden haben gezeigt, dass Einsparungen von 10 - 15% des Stromverbrauchs der Pumpen möglich sind. Zudem wurden 5 - 10% Wärmeenergie in schlecht isolierten Gebäuden eingespart.

Beim Auswechseln der Pumpe ist also zu kontrollieren, ob Heizungsregler die Pumpe schaltet.

Das nachfolgende Diagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung der Temperaturen in einer Heizsaison auf (in Lausanne). Wenn die Pumpe bei 14°C ausgeschaltet wird, kann man feststellen, dass sie während 14% der Heizperiode (oder 917 Stunden) nicht läuft.



Heizperiode : September - Mai = 6'552 Stunden

Einsparung: 14% von 6'552 Stunden = 917 Stunden

4.4 Frequenzumformer

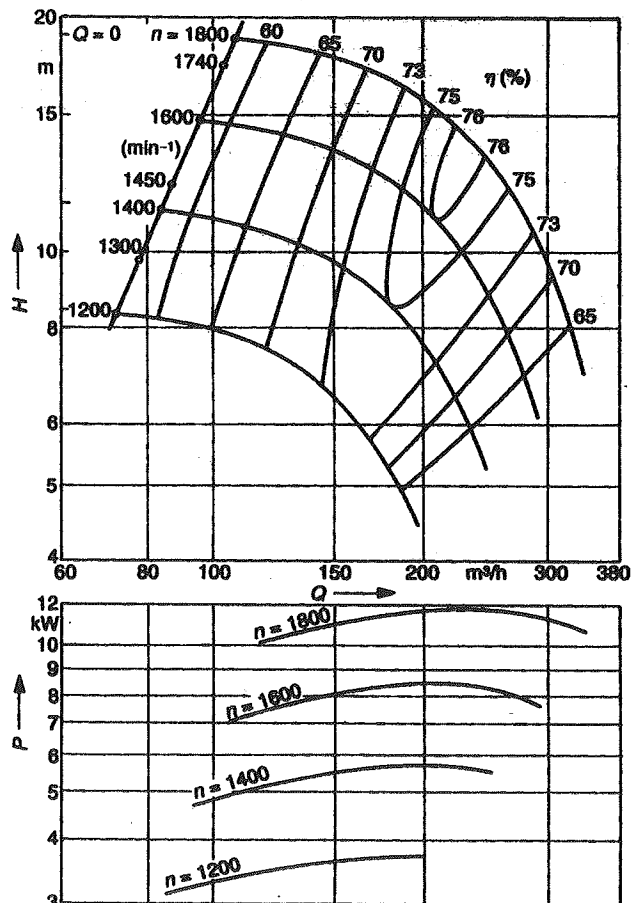
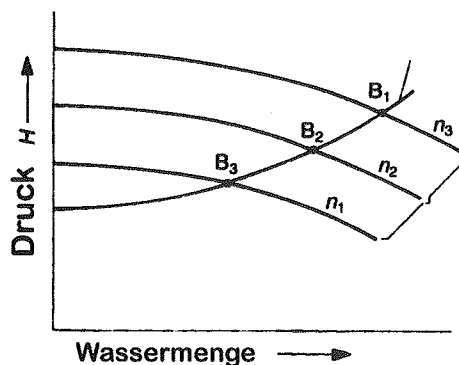
Messungen im Auftrage des Bundesamtes für Energie haben 1995 gezeigt, dass neu installierte Pumpen mit variabler Wassermenge nicht besser ausgelegt sind, als Pumpen mit fester Drehzahl. Die Hersteller bestätigen, dass Einsparungen von 15 - 30% möglich sind, da die Drehzahl und somit die Leistung automatisch dem Bedarf angepasst wird.

Spezifische Messungen haben ergeben dass in den meisten Fällen die Leistung der Pumpe nur um ganz wenig reduziert wurde. Die Wirtschaftlichkeit im Schwachlastbetrieb nahm drastisch ab (in diesem Fall nehmen Wirkungsgrad von Pumpe und deren Motor und dem Frequenzumformer ab).

Eine korrekte Planung ist Voraussetzung, um einen Nutzen aus drehzahlregulierten Pumpen ziehen zu können. Diese Planung muss den Teillastfall und variable Wassermengen im Heizungsnetz berücksichtigen.

In vielen Heizgruppen sind nicht alle Heizkörper mit Thermostatventilen ausgerüstet (Küchen, Bad - WC, Räume auf der Nordseite). Selbst wenn alle Thermostatventile auf der Südseite durch Sonneneinfall schliessen, wird die Gesamtwassermenge in solchen Fällen nur unerheblich beeinflusst. Wegen der kleinen Druckänderung bei Änderung der Drehzahl der Pumpe, ist die Stromeinsparung in der Regel bescheiden.

Drehzahländerung der Pumpe



5. Software-Anwendung für Neuauslegung

DimCirc.xls ist eine Microsoft-Excel 5.0 Anwendung, entwickelt für die Neuauslegung von Pumpen.

5.1 Installation von DIMCIRC.XLS

Kopieren der Files **dimcirc.xls** und **dimcirc.hlp** auf die Harddisc in einen Ordner nach Wahl.

DimCirc.xls ist zum Gebrauch bereit.

5.2 Arbeiten mit DimCirc.xls

Beim öffnen des Files erscheint eine Begrüßungsfenster wie untenstehend gezeigt.

Alle Ikonen des Begrüßungsfensters sind die selben wie im Menü.



Einfügen einer neuen Tabelle

Der Befehl auf der Begrüssungsseite oder "EINFÜGEN - TABELLE DIMCIRC" im Menü wie nebenstehend gezeigt ist, fügt ein neues Rechnungsblatt für die Neuauslegung von Pumpen ein. Die Arbeitsmappe ist frei wählbar.

Wird das erste Mal eine neue Tabelle eröffnet so fragt **dimcirc.xls** nach Angaben die nachher in den Kopfzeilen gebraucht werden. Diese Daten sind in der Anwendung dimcirc.xls abgespeichert und können jederzeit mit dem Menü "DIMCIRC - INFORMATIONS" geändert werden.

Die neue Tabelle präsentiert sich wie untenstehend gezeigt.

The screenshot shows the 'Dimcirc-D.xls' application window. The menu bar includes 'Datei', 'Bearbeiten', 'Ansicht', 'Einfügen', 'Format', 'Extras', 'Daten', 'fenster', and 'Hilfe'. The title bar shows 'Dimcirc-D.xls' and 'I19'. The main content area is divided into sections:

- Header Section:**
 - Logo: **2000** AKTION SPITÄLER
 - Text: CHUV - Service technique, G-M Coquoz
 - Section: **NEUAUSLEGUNG DER PUMPEN**
- Daten über den Kreis:**
 - Installationen:
 - Typ des Kreises: ← dT anzeigen
- Measurement Data:**

Messung am:	10.01.97	Menge in m³/h:	4.6 m³/h
Aussentemperatur:	1.0 °C	Druck in m/CE:	1.8 mCE
Temperatur hin:	54.0 °C		
Temperatur zurück:	46.2 °C		
- Performance Data:**
 - Überdimensionierung: 1.6
 - Neue Menge in m³/h: 2.8 m³/h
 - Neuer Druck in m/CE: 0.7 mCE
 - thermische Leistung: 65.9 kW

The bottom status bar shows navigation buttons (back, forward, etc.), a tab bar with 'Dim2', 'Dim1', 'Exemple', 'Info', 'Intro', and a 'Prêt' indicator.

Sie können die notwendigen Angaben für eine Neuauslegung nun eingeben.

Die Tabelle ist für den Druck konfiguriert und die Zellen, die nicht verändert werden dürfen, sind gesperrt.

Das Passwort zur Aufhebung des Schutzes ist (dimcirc)

Bemerkung:

Die Tabelle gibt nicht direkt den Pumpentyp vor, aber sie informiert über Wassermenge und Förderdruck.

Dimcirc-D.xls

Datei Bearbeiten Ansicht Einfügen Format Extras Daten Fenster Hilfe

J30

	CHUV - Service technique G-M Coquoz
	NEUAUSLEGUNG DER PUMPEN

Daten über den Kreis

Installationen :
Typ des Kreises : 20 °C dT anzeigen

Messung am :	10.01.97	Menge in m³/h :	4.6 m³/h
Ausstemperatur :	1.0 °C	Druck in m/CE :	1.8 mCE
Temperatur hin :	54.0 °C		
Temperatur zurück :	46.2 °C		

Überdimensionierung : 1.6 thermische Leistung : 65.9 kW

<u>Aktuelle Pumpe</u> Marke / Typ : EMB NL 30-35 Spannung : 380 V Leistung 100 W absorbierte Intensität:	<u>Neue Pumpe</u> Marke / Typ : BIRAL L321 Spannung : 380 V Leistung 55 W absorbierte Intensität:
---	--

Bemerkungen, Arbeiten :

Prêt

Dim2 / Dim1 / Exemple / Info / Intro /

NUM

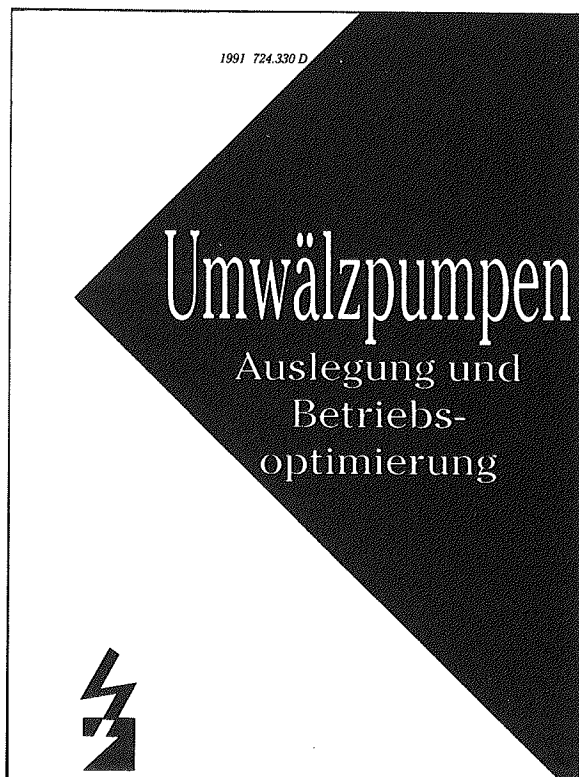
5.3 Hilfe mit DIMCIRC.HLP

Dimcirc.hlp ist ein Hilfsfile unter Microsoft Windows und erlaubt, wie in anderen Files gleichen Typs, mit Hilfe von Schlüsselworten von einer Rubrik zur Andern zu wechseln.

Das File kann via Programmanager von Microsoft Windows oder direkt ab der Applikation dimcirc.xls geladen werden.

Wird die Ikone "Hilfe" im Menü aktiviert, so öffnet sich das Hilfe-Fenster direkt mit der Beschreibung der laufenden Applikation.

6. Dokumentationen



Beilage 1

Formeln

Hydraulische Leistung

$$P_{\text{hydr}} [\text{W}] = V [\text{m}^3/\text{sec}] \cdot \Delta p [\text{Pa}] \quad (1)$$

$$P_{\text{hydr}} [\text{W}] = 2.778 \cdot V [\text{m}^3/\text{h}] \cdot \Delta p [\text{mWS}] \quad (1')$$

V = Wassermenge $[\text{m}^3/\text{sek}]$

H = Druck $[\text{mWS}]$

$$\eta = P_{\text{hydraulisch}} / P_{\text{elektrisch}} \quad \text{oder} \quad \eta = V \cdot \Delta p / P_{\text{elektrisch}} \quad (2)$$

P = Elektrische Leistung
[W]

n = Drehzahl der Pumpe
[U/min]

$$\eta = 2.778 \cdot V \cdot \Delta p / P_{\text{elektrisch}} \quad (2')$$

$$V_2 = V_1 \cdot n_2/n_1 \quad (3)$$

Formeln

$$H_2 = H_1 \cdot (n_2/n_1)^2 \quad (4)$$

$$P_2 = P_1 \cdot (n_2/n_1)^3 \quad (5)$$

Heizkörper

$$\text{Überdimensionierung} = (20^\circ\text{C} - \text{Aussentemperatur}) / \Delta t [^\circ\text{K}] \cdot \Delta t_{\text{theoretisch}} [^\circ\text{K}] / 30 \quad (6)$$

Bodenheizung

$$\text{Überdimensionierung} = (20^\circ\text{C} - \text{Aussentemperatur}) / \Delta t [^\circ\text{K}] \cdot \Delta t_{\text{theoretisch}} [^\circ\text{K}] / 30 \quad (7)$$

Elektrische Leistung der Pumpe

1 Phase

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta_M \quad (8)$$

U (V)

I (A)

P (W)

3 Phasen

$$P_{\text{elektrisch}} = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_M \cdot \cos \varphi \cdot \eta_M$$

I_M = mittlerer gemessener Strom der 3 Phasen [A]

Beilage 2

Vereinfachte Methode

Heizgruppe :

1. Messungen

1. T_{AUL} : Aussentemperatur
2. T_{VL} : Vorlaufstemperatur
3. T_{RL} : Rücklaufstemperatur
4. I : Strom [A] (1 Phase)
5. I_M : Strom [A] (3 Phasen)

2. Kennlinien der Pumpe

Typ :
 Modell :
 Stufe (1-2-3) :

Berechnung

Aufgenommene Leistung der Pumpe (1 Phase)

$$P_{\text{elektrisch}} = 230 \cdot I(4) \cdot 0,75 \cdot 0,60 = \dots\dots\dots [\text{W}]$$

Aufgenommene Leistung der Pumpe (3 Phasen)

$$P_{\text{elektrisch}} = 1,73 \cdot 400 \cdot I_M(5) \cdot 0,75 \cdot 0,75 = \dots\dots\dots [\text{W}]$$

Hydraulische Leistung

$$P_{\text{hydr}} = 2,778 \cdot \underset{V_{\text{mittel}}}{\dots\dots\dots} \cdot \underset{H_{\text{mittel}}}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots [\text{W}]$$

Mittlerer Wirkungsgrad

$$\eta = P_{\text{hydr}}(1') / P_{\text{elektrisch}} = \dots\dots\dots / \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \%$$

Überdimensionierungsfaktor

Temperaturdifferenz Vorlauf - Rücklauf

$$\Delta T = T_{VL} - T_{RL} = \dots - \dots =$$

Heizgruppe

$$SD = \frac{20^\circ\text{C} - T_{\text{aul}}}{\Delta t} \cdot \frac{2}{3}$$

$$SD = \frac{(20 - \dots)}{\dots} \cdot \frac{20}{30} = \dots$$

Bodenheizung

$$SD = \frac{20^\circ\text{C} - T_{\text{aul}}}{\Delta t} \cdot \frac{1}{3}$$

$$SD = \frac{(20 - \dots)}{\dots} \cdot \frac{12}{30} = \dots$$

Neue Wassermenge

$$V = V_{\text{mittel}} / SD$$

$$\dots = \dots / \dots$$

Neue Wassermenge

Neue Förderhöhe

$$H = H_{\text{mittel}} / SD^2$$

$$\dots = \dots / (\dots)^2$$

Wahl der neuen Pumpe

Typ :

Modell :

Stufe (1-2-3) :

Leistung : [W]

Kontakte - Energie 2000 - Ressort Spitäler

Westschweiz

Sorane SA
Monsieur Pierre Chuard
Route du Châtelard 52
1018 Lausanne
Tel.: 021 647'11'75
Fax: 021 646'86'76
e-mail : sorane@worldcom.ch

Deutschsprachige Schweiz

Meierhans & Partner
Herr Robert Meierhans
Talgartenstrasse 2
8117 Fällanden
Tel.: 01 806'31'31
Fax: 01 806'31'41
e-mail : info@meierhans.ch