

Merckblatt

Fachbereich Klima Heizung

Umwälzpumpen in Heizungsanlagen

Ineffiziente und falsch ausgelegte Umwälzpumpen sind extreme Stromfresser. Es wird davon ausgegangen, dass durch richtig dimensionierte und effiziente Umwälzpumpen in der Schweiz 65 Prozent der Jahresproduktion des Kernkraftwerks Mühleberg eingespart werden könnten. Europaweit könnte sogar die Jahresproduktion von mehreren Atomkraftwerken eingespart werden. Die Reduktion des Energieverbrauchs ist auch für den Nutzer von Interesse. Jeder Strombezüger möchte den Verbrauch und die Kosten reduzieren.

Vorschriften

In der Energieverordnung sind die Anforderungen an die Energieeffizienz und an das Inverkehrbringen von elektrischen Nassläufer-Umwälzpumpen festgehalten. Die Vorschriften für die Energieeffizienz der übrigen Pumpen werden ebenfalls verschärft. Die Termine sind noch nicht festgelegt. Die aktuellen Vorschriften beziehen sich auf die Verordnung (EG) Nr. 641/2009 der EU.

Seit dem 1. Januar 2013 darf der Energieeffizienzindex (EEI) von externen Nassläufer-Umwälzpumpen einen Wert von 0,27 nicht überschreiten.

Ab 1. August 2015 darf der Energieeffizienzindex (EEI) von externen Nassläufer-Umwälzpumpen und in Produkte integrierte Nassläufer-Umwälzpumpen einen Wert von 0,23 nicht überschreiten.

Einstufige Pumpen erreichen den vorgeschriebenen Energieeffizienzindex nicht. Mit Inkrafttreten der Energieverordnung sind einstufige Nassläufer-Umwälzpumpen nicht mehr zugelassen.

Trinkwasser-Umwälzpumpen fallen nicht unter diese Richtlinie. Es empfiehlt sich trotzdem, auch im Trinkwasserbereich energiesparende Pumpen einzusetzen.

Planung

Durch die Vorschriften ist gewährleistet, dass die Pumpen sehr effizient sind. Die richtige Auslegung der Pumpe ist dennoch wichtig. Falsch ausgelegte Pumpen laufen, trotz einwandfreier Konstruktion, auf einem schlechten Wirkungsgrad.

Viele neue Pumpen haben raffinierte Regelungsmöglichkeiten. Die Regelung ist jedoch nur im Arbeitsbereich der Pumpe möglich. Ausserhalb des Arbeitsbereichs nützen die neuen Anpassungsmöglichkeiten nichts.

Hydraulische Schaltung, Einbindungen in Neuanlagen

Grundlage bei einer Auslegung der hydraulischen Anlage ist die Rohrnetzrechnung. Die Druckverluste steigen mit der Wassergeschwindigkeit im Quadrat. Aus diesem Grund sind die Geschwindigkeiten tief zu halten. Damit kann eine druckverlustarme Rohrnetzdimensionierung erreicht werden. In der SIA-Norm 384/1:2009 ist festgehalten, dass im ungünstigsten Strang des Verteilnetzes im Allgemeinen der Druckverlust von 50 Pa/m nicht überschritten werden darf.

Um das gesamte hydraulische System zu stabilisieren und die Förderströme zu den einzelnen Verbrauchern zu minimieren, sind bei grösseren Anlagen Abgleichorgane vorzusehen. Regelorgane sind möglichst mit einer Ventilautorität von $> 0,5$ auszulegen. Die Ventilautorität ist das Verhältnis zwischen dem

Druckverlust des Ventils und dem Gesamtdruckverlust des geregelten Bereichs (Strang inkl. Ventil) bei maximalem Volumenstrom.



Anlagen-Sanierungen (Instandstellung)

Immer mehr Anlagen kommen ins Alter und werden saniert. Das Vorgehen bei der Auswahl der Komponenten unterscheidet sich zwischen Sanierungen und Neuanlagen wesentlich. Die Betriebsdaten können bei Sanierungen oft nicht berechnet werden. Folgende Betriebsdaten können jedoch an der Anlage aufgenommen werden:

- Wärmeleistung
- Temperaturdifferenz Vor- / Rücklauf bei aktueller Aussentemperatur
- Einstellung der Heizkurve
- Druckdifferenz- und Durchflussmessung (wenn möglich)

Für die Rohrnetzrechnung und Nachrechnung der Abgleichorgane gilt das Gleiche wie vorhergehend bei der Neuauslegung von Neuanlagen beschrieben. Bei grösseren Anlagen sind pro Steigstrang Abgleichorgane mit Durchflussregelmöglichkeit einzubauen.

Eine weitere Möglichkeit zur Ermittlung der Anlagedaten ist der Einsatz einer Messpumpe. Ohne Einsatz weiterer Messgeräte kann ein Punkt auf der Pumpenkennlinie und damit auf der Anlagekennlinie erfasst werden. Aufgrund des neuen Förderstroms, der von der Norm-Heizlast her bekannt ist, kann der neue Betriebspunkt auf der Anlagekennlinie ermittelt werden.

Pumpenauswahl

Nachdem das Betriebsverhalten der Anlage mit Förderstrom und Förderdruck bekannt ist, kann die Auswahl der Umwälzpumpe erfolgen:

- Nassläufer-Umwälzpumpen bis ca. 1500 W elektrischer Anschlussleistung
- Trockenläufer-Umwälzpumpen, die den darüberliegenden Leistungsbereich abdecken

Konstant laufende Pumpen erfüllen den EEI generell nicht mehr, das betrifft auch langsam laufende Pumpen. Diese dürfen nur noch ausnahmsweise, z. B. in Trinkwasseranwendungen, eingesetzt werden.

Für Anlagen mit variablem Förderstrom eignen sich niedertourige Pumpen mit flacher Kennlinie. Diese Eigenschaft besitzen Pumpen mit max. 1500 U/min.

Hochtourige Pumpen über 1500 U/min. weisen eine steile Kennlinie auf. Diese eignen sich für Anlagen mit konstantem Förderstrom. Diese Pumpen erfüllen den vorgeschriebenen Energieeffizienzindex nicht und können nur noch in wenigen Fällen angewendet werden, z. B. im Trinkwasserbereich.

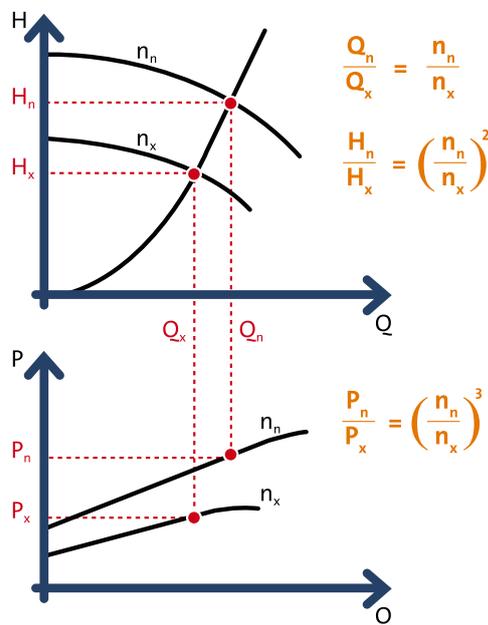
Der Nennbetriebspunkt liegt im Schnittpunkt von Anlagen- und Pumpenkennlinie bei Auslegungsverhältnissen.

Der Nennbetriebspunkt sollte mit dem besten Pumpenwirkungsgrad erreicht werden.

Die Pumpen-Antriebsleistung ist stark von der Pumpenkonstruktion und der Drehzahl abhängig. Es gelten folgende Grundgesetze:

- Der Förderstrom ändert sich proportional zur Drehzahl.
- Der Förderdruck ändert sich proportional zum Quadrat der Drehzahl.
- Der Leistungsbedarf ändert sich proportional zur dritten Potenz der Drehzahl.

Daraus folgt, dass bei einer Verdoppelung des Förderstroms die Antriebsleistung rund acht Mal grösser sein wird.



Legende:

- P = Leistungsaufnahme
- P_n = Nennleistungsaufnahme
- P_x = Leistungsaufnahme beim Betriebspunkt
- Q = Fördermenge
- Q_n = Nennfördermenge
- Q_x = Fördermenge beim Betriebspunkt
- n = Drehzahl
- n_n = Nenndrehzahl
- n_x = Drehzahl beim Betriebspunkt
- H = Förderhöhe
- H_n = Nennförderhöhe
- H_x = Förderhöhe am Betriebspunkt

Die Auswahl der Pumpenbauart mit entsprechendem Wirkungsgrad hat einen entscheidenden Einfluss auf den Stromverbrauch.

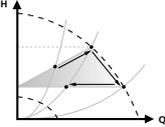
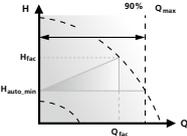
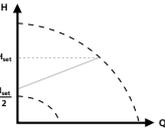
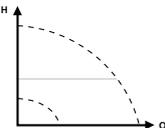
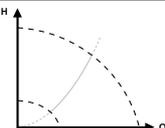
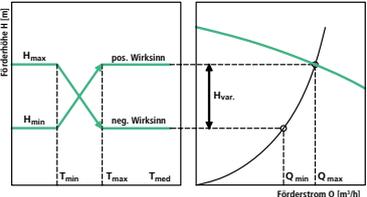
Pumpensteuerung und -regelung

Beim heutigen Angebot an Pumpen ist es möglich, den geeigneten Apparat für den Anwendungsfall auszuwählen. Pumpen verfügen über verschiedenste Regulierungsmöglichkeiten und Anschlüsse von Sensoren, was den Komfort der Anlage erhöht. Energieeffiziente Pumpen können nach festen Kriterien betrieben werden:

| Betriebsart | Funktionsbeschreibung | Merkmale |
|--|--|---|
| Normalbetrieb | Die Pumpe läuft nach der eingestellten Regelungsart. | Siehe Regelungsarten |
| Aus z. B. über Schaltuhr, Steuerung Heizung oder Sensor | Die Pumpe schaltet gemäss externem Signal ab. | Kein Stromverbrauch, grosse Energieeinsparung |
| Min. Drehzahl | Die Pumpe läuft dauernd auf der minimalen Drehzahl. | Sehr geringer Stromverbrauch, grosse Energieeinsparung |
| Max. Drehzahl | Die Pumpe läuft dauernd auf der maximalen Drehzahl. | Sehr hoher Strombedarf |

Der Pumpenregelung muss aufgrund des hohen Stromsparpotenzials besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Die stufenlose Drehzahlregelung der Pumpen ist zum Standard geworden. Dabei können die Pumpen nach verschiedenen Kriterien geregelt werden:

| Regelungsart | Funktionsbeschreibung | Merkmale |
|---|---|--|
| Automatische Anpassung an die Anlagenkennlinie |  Die Pumpe passt die Förderleistung automatisch der wechselnden Anlagenkennlinie an. Änderungen im Energiebedarf des Verbrauchers werden automatisch durch Anpassung der Förderleistung korrigiert. | Der Betriebspunkt muss innerhalb des Regelbereichs liegen. Energetisch vorteilhafte Lösung |
| Automatische Anpassung an die Anlagenkennlinie und Begrenzung des Förderstroms |  Die Pumpe passt die Förderleistung automatisch der wechselnden Anlagenkennlinie an. Änderungen im Energiebedarf des Verbrauchers werden automatisch durch Anpassung der Förderleistung korrigiert. Zusätzlich wird die maximale Fördermenge begrenzt. | Der Betriebspunkt muss innerhalb des Regelbereichs liegen. Es wird keine Energie für zu grosse Wassermengen verschwendet. |
| Proportionaldruck |  Die Förderhöhe nimmt proportional zum Volumenstrom zu. | Energetisch vorteilhafte Lösung. Höhere Energieeinsparung als die Einstellung «konstante Differenzdruckregelung» |
| Differenzdruck |  Regelung der Drehzahl in der Weise, dass an einem bestimmten Punkt, z. B. direkt an der Pumpe oder bei Fernsignalanschluss am Ende des ungünstigsten Strangs, eine lastunabhängige konstante Druckdifferenz gehalten wird. | Energetisch vorteilhafte Lösung |
| Konstante und Differenz-Temperatur |  Regelung der Drehzahl auf eine konstante Wassertemperatur | |
| Konstante Kennlinie |  Regelung der Drehzahl konstant gemäss Voreinstellung oder vorgegeben durch ein Regelsystem | Einfache Regelung für Lastumschaltungen, ohne optimale Energieabstimmung |
| Temperaturgeführte Differenzdruckregelung |  Die Elektronik verändert den von der Pumpe einzuhaltenen Differenzdruck-Sollwert in Abhängigkeit der gemessenen Medientemperatur. Regelung mit positiver Steigung: Mit steigender Temperatur des Fördermediums wird der Differenzdruck-Sollwert linear zwischen H_{min} und H_{max} erhöht (Einstellung: $H_{max} > H_{min}$). Regelung mit negativer Steigung: Mit steigender Temperatur des Fördermediums wird der Differenzdruck-Sollwert linear zwischen H_{min} und H_{max} abgesenkt (Einstellung: $H_{max} < H_{min}$). | Automatische Betriebspunktanpassung (Sollwertanpassung) bei veränderten Medientemperaturen |

| Anwendungsbereich | Hinweise |
|---|--|
| Siehe Regelungsarten | Siehe Regelungsarten |
| Bei den meisten Pumpen über Bedarfsmeldung oder Schaltuhr möglich | Bei Schaltung über Schaltuhr, Schutz gegen Einfrieren nicht gewährleistet. Nicht geeignet für Wärmeerzeuger, die ständig einen Mindestheizwasserstrom benötigen |
| Kann in Zeiten mit geringem Förderstrombedarf eingestellt werden, z. B. bei manueller Nachtabsenkung oder zur Begrenzung des minimalen Durchflusses | Der Schutz gegen Einfrieren ist eingeschränkt. |
| Anwendung bei hohem Förderstrombedarf, z. B. bei Warmwasser-Vorrangschaltung oder Spitzenabdeckung | Nicht geeignet für Anlagen mit geregelten Heizkreisen, z. B. mit thermostatischen Heizkörperventilen (Schall) |

| Anwendungsbereich | Hinweise |
|--|---|
| Kann bei den meisten Heizungsanlagen, insbesondere bei relativ grossen Druckverlusten in den Verteilungen angewendet werden, z. B. bei Heizkörperheizungen mit oder ohne thermostatische Verbraucherregelung. Diese Regelungsart ist nicht geeignet für Bodenheizung und Klimaanlage. | <ul style="list-style-type: none"> • Der Stromverbrauch wird reduziert, sobald die Vollast nicht mehr benötigt wird. • Strömungsgeräusche in Ventilen und Heizflächen werden wesentlich reduziert. • Diese Regelung eignet sich sehr für den Pumpenaustausch in bestehenden Anlagen. |
| Diese Regelungsart ist besonders für Hauptkreisumpen (Kesselkreisumpen) bei Heizkesseln geeignet, bei Fernleitungen mit maximalem Durchfluss oder bei Teilausbauten, die später Vollast benötigen. | Die Pumpe eignet sich auch für Verbrauchersysteme mit grösserer Leistung als diejenige der Erzeuger. Es wird nicht unnötig Wasser gefördert. |
| Geeignet für Anlagen mit grossen Druckverlusten in den Verteilungen mit veränderlichem Volumenstrom (Zweirohr-Heizungsanlagen mit Thermostatventilen, Primärkreise, Kühlsysteme), auch einsetzbar bei grösseren Strömungsgeschwindigkeiten. Diese Regelungsart ist nicht geeignet für Fussbodenheizungen. | Ungeeignet bei Anlagen mit konstantem Volumenstrom wie Einrohrheizungen |
| Geeignet für Anlagen mit geringen Druckverlusten und veränderlichem Volumenstrom (Zweirohr-Heizungsanlagen mit Thermostatventilen, Fussbodenheizungen mit Thermostatventilen, Primärkreise) | Ungeeignet bei Anlagen mit konstantem Volumenstrom wie Einrohrheizungen |
| Nur geeignet für Anlagen mit unveränderter Anlagenkennlinie, z. B. Warmwasser-Zirkulationssysteme, oder zum Fahren von Differenztemperatur an Wärmetauschern | Für die meisten Heizsysteme nicht geeignet |
| Anwendung z. B. für Umschaltung auf Warmwasser-Vorrangbetrieb. Auch einsetzbar bei Anlagen mit verschiedenen definierten Betriebspunkten mit einem externen Signal sowie zum Halten von konstantem Volumenstrom | Da die Pumpe keine Feinabstimmung auf den effektiven Fördermengenbedarf hat, läuft sie wie eine unregelte Pumpe auf einer fest eingestellten Kennlinie, die energetisch kaum ideal ist. |
| In Einrohrheizungen, wenn Vorlauftemperatur nach Aussentemperatur geregelt wird. In Trinkwasser-Zirkulationsanlagen | Für eine normale Zweirohrheizung nicht geeignet. Eine Konstant-Temperaturregelung ist nicht möglich. |

Die grösste Einsparmöglichkeit bietet nach wie vor das Abschalten der Pumpe. Sie soll nur laufen, wenn Energie benötigt wird. Im Standby-Betrieb soll sie vollständig abschalten.

Hydraulischer Abgleich

Trotz eines Wechsels auf eine hochmoderne geregelte Pumpe muss bei Alt- und Neuanlagen immer noch ein hydraulischer Abgleich gemacht werden. Bei Altanlagen ist das notwendig, da die Pumpe auf einem anderen Betriebspunkt läuft als früher. Dadurch werden alle Verbraucher beeinflusst.

Kavitation

Wenn der minimale Druck an der Saugseite der Pumpe unterschritten wird, tritt an den Kreiselpumpen Kavitation auf. Kavitation entsteht, wenn der Flüssigkeitsdruck kleiner als der Dampfdruck der Flüssigkeit ist. Der Unterdruck an der Saugseite der Pumpe und die örtliche Geschwindigkeitserhöhung beim Eintritt der Flüssigkeit in das Laufrad hat eine Druckabsenkung zur Folge (Gesetz von Bernoulli). Wird dabei der Dampfdruck der geförderten Flüssigkeit unterschritten, bilden sich Dampfblasen. Der Druck steigt im Laufrad sehr schnell. Als Folge davon fallen die Dampfblasen mit hoher Geschwindigkeit zusammen. Dieser Vorgang verläuft schlagartig. Die Schlagerscheinungen erfolgen schnell nacheinander und zerstören das Laufrad. Dabei entstehen Lärm und Vibrationen, die Förderhöhe und der Wirkungsgrad nehmen ab. Am Saugstutzen muss deshalb ein Mindestdruck über dem Dampfdruck der Förderflüssigkeit anstehen. Die Druckhöhe am Eintrittsquerschnitt der Pumpe wird mit NPSH (Net Positive Suction Head) bezeichnet. Der NPSH ist abhängig von der Pumpenkonstruktion und von der Wassertemperatur. Die Pumpenhersteller geben darum die erforderlichen minimalen Betriebsdrücke in Abhängigkeit der Wassertemperatur in ihren Unterlagen an.

**WIR, DIE
GEBÄUDETECHNIKER.**

**NOI, I TECNICI
DELLA COSTRUZIONE.**

**NOUS, LES
TECHNICIENS DU BÂTIMENT.**

Weitere Informationen

- «Energieeffiziente Umwälzpumpen – Merkblatt für Installateure» (www.suissetec.ch)
- «Energieeffiziente Umwälzpumpen – Merkblatt für Endkunden» (www.suissetec.ch)
- Merkblatt «Korrosion in Heizungsanlagen» (www.suissetec.ch)

Auskünfte

Für Auskünfte steht Ihnen der Leiter Fachbereich Clima Heizung von suissetec gerne zur Verfügung.
Tel. 043 244 73 33
Fax 043 244 73 78

Autoren

Dieses Merkblatt wurde durch die Fachgruppe Clima Heizung von suissetec erarbeitet.