

Pumpen und Rohrleitungen in Theorie und Praxis

Komponenten eines komfortablen und
kosteneffizienten Raumklimas



Einführung

Bei der Wahl der richtigen Pumpe geht es nicht nur um Komfort. Langfristige Wirtschaftlichkeit und Umweltaspekte sind ebenso wichtig. Wenn Sie Anlagenersteller oder Ingenieurbüro sind vertraut der Kunde darauf, dass Sie auch diese Faktoren berücksichtigen.

Diese Broschüre soll einige grundlegende Fragen zu Heizungs- und Heißwassersystemen beantworten – von der allgemeinen Funktionsweise einer Pumpe über Energieeinsparung und Rohrleitungskonzepten bis zur Wahl der jeweils zweckdienlichsten Pumpe.

Dabei geht es vor allem um herkömmliche Heizungssysteme, aber auch um Fußbodenheizung, Sonnenkollektoren und Kälteanlagen.

Weitere Informationen finden Sie auf www.lowara.de, Sie können sich aber auch jederzeit gern an Ihren nächsten ITT-Repräsentanten wenden.

INHALT

So schaffen Sie ein angenehmes Raumklima	4
Die Funktionweise von Pumpen	6
Regulierung des Pumpendurchflusses	8
Ökonomische und ökologische Aspekte von Pumpen	10
Rohrleitungskonzept	12
Fußbodenheizungen	14
Sonnenkollektorsysteme	14
Kältesysteme	15
Heißwassersysteme	15
Pumpen in Heiz-/Kältesystemen	16
Die Wahl der richtigen Pumpe	18



So schaffen Sie ein angenehmes Raumklima

Es gibt viele Möglichkeiten ein angenehmes Raumklima zu schaffen. Diese Broschüre stellt Ihnen geschlossene Heiz-/Kältesysteme vor, bei denen die gewünschte Raumtemperatur dadurch erreicht wird, dass Kalt- oder Warmwasser in Rohren im Gebäude zirkuliert.

Solche Systeme bestehen in der Regel aus einem Heiz- oder Kälteaggregat, einem Rohrleitungssystem, Verbindungsstücken, einer Pumpe, Heizkörpern (z. B. Radiatoren) und einem Regelsystem. Da Wasser sich bei Erwärmung ausdehnt, benötigt das System auch ein Ausdehnungsgefäß ausreichender Größe, um das variable Wasservolumen aufzunehmen.

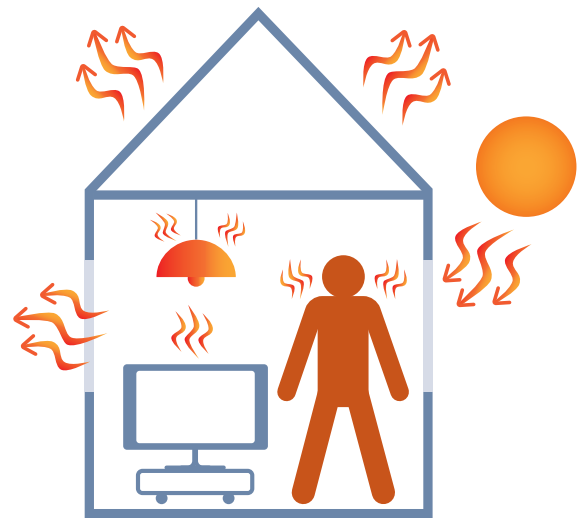
Die Systemkapazität muss ausreichen, um Wärme- und Kälteverluste im Gebäude zu kompensieren. Diese Verluste hängen wesentlich von der Innen-/Außentemperatur, der Gebäudeisolierung und der Fläche/dem Volumen ab, das beheizt oder gekühlt werden soll.

Der erforderliche Durchfluss

Der für ein Heizungs-/Kältesystem benötigte Durchfluss richtet sich nach

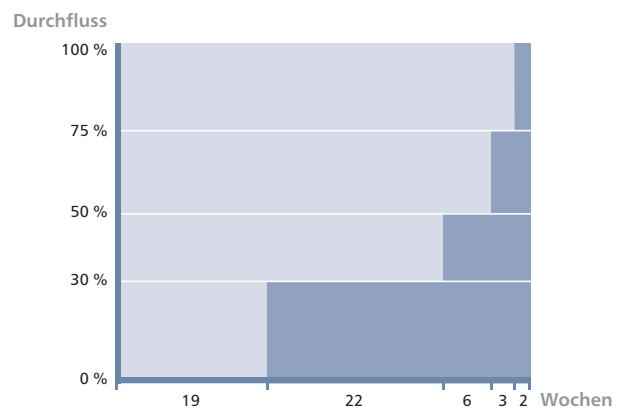
- der Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf- und Rücklaufleitung.
- dem im Jahres- und Tageslauf je nach Innen- und Außenbedingungen schwankenden Wärmebedarf.

In Klimazonen mit jahreszeitlich bedingten Temperaturunterschieden wird die volle Systemkapazität nur während eines sehr kurzen Zeitraums im Jahr benötigt (siehe Lastprofil-Diagramm). Die kostengünstigste Lösung besteht unter diesen Bedingungen in der Kombination aus thermostatisch geregelten Heizkörpern und Pumpen mit Drehzahlregelung. Ein Lastprofil kann als Grundlage für die Kalkulation des Energieverbrauchs einer Pumpe und für die LCC-Analyse (Kosten über den gesamten Produktlebenszyklus) dienen.



Wärmegewinne und Wärmeverluste in Gebäuden

Der Wärme- und Kältebedarf variiert, und das Raumklima wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst: Außentemperatur, Sonneneinstrahlung, Zahl der Personen im Raum, Wärmequellen (Lampen, Fernseher usw.).



Lastprofil

Der dunkle Bereich zeigt den tatsächlichen Pumpbedarf im Laufe des Jahres. Pumpen mit Drehzahlregelung verhindern unnötiges Pumpen und sparen Energie. Dieses Profil bezieht sich auf ein durchschnittliches Heizsystem in Nordeuropa. Optimale Wirtschaftlichkeit bedeutet optimale Abstimmung des Pumpenbetriebs auf den Bedarf.

Die erforderliche Förderhöhe

Für die Dimensionierung einer Heizungs- oder Kälteanlage müssen sowohl Systemdruck als auch Druckverluste berücksichtigt werden.

Der Systemdruck ist der Teil des Drucks, der nicht von der Pumpe erzeugt wird. Er wird vielmehr durch das Gewicht der Wassersäule im System und zusätzlich, durch den Druckkessel (Ausdehnungsgefäß) generierten Druck erzeugt. Ist der Druck zu niedrig, können Geräusche im Rohrsystem und Kavitationen in der Pumpe auftreten, vor allem bei hohen Temperaturen. Es ist sicher zu stellen, dass die Pumpe für den maximalen Systemdruck geeignet ist.

Der Systemdruck hängt ab von

- der Gebäudehöhe
- der Temperatur der Flüssigkeit
- dem eingestellten Druck im Ausdehnungsgefäß
- der Dichte der Flüssigkeit.

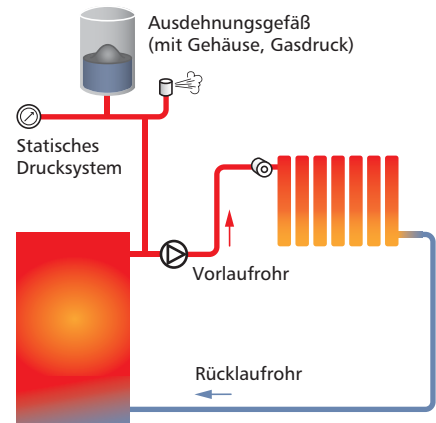
In einem geschlossenen System muss die Pumpe nur den für den Druckausgleich erforderlichen Druck erzeugen, da keine geodätische Saughöhe überwunden werden muss. (Geodätische Saughöhe = der Höhenunterschied zwischen dem durchschnittlichen Wasserspiegel im Rohrleitungssystem und dem höchsten Punkt des Systems.) Das gesamte nach oben transportierte Wasser fließt wieder zurück.

Die Pumpe muss jeden Druckverlust im System ausgleichen. Die Verluste richten sich nach der Größe des Systems und seiner Komponenten (siehe Systemkurve im Schema auf der nächsten Seite).

Offene und geschlossene Systeme

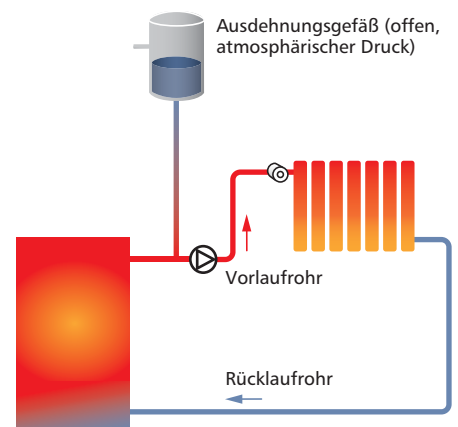
Bei den meisten Heizungs-/Kälteanlagen handelt es sich um geschlossene Kreisläufe, d.h., im Rohrleitungssystem zirkuliert immer wieder dasselbe Wasser und der Expansionstank steht unter innerem Überdruck. Eine Gummimembran trennt das komprimierte Gas vom Wasser im System.

Offene Systeme sind sehr selten, aber manchmal – zum Beispiel bei Anlagen mit Feststoffbrenner – vorzuziehen. In diesem Fall richtet sich der Systemdruck nach der Wassersäule im Expansionstank.



Geschlossener Regelkreis

Diese Konstruktion ist in den meisten modernen Gebäuden installiert.



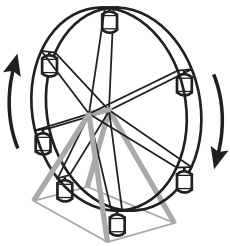
Offener Regelkreis

Dieser Typ wird meist in Kombination mit Feststoffbrennern und ähnlichen Wärmequellen verwendet.

Die Funktionsweise von Pumpen

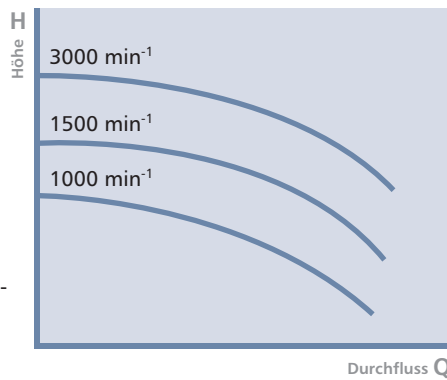
Die *Systemkurve* beschreibt den Widerstand im Rohrleitungssystem, d. h. alle Verluste im Rohrleitungssystem. Da es sich bei einem Zirkulationssystem in der Regel um einen geschlossenen Regelkreis handelt, ist keine geodätische Saughöhe zu überwinden, es kommt nur zu Reibungsverlusten. Die Reibungsverluste in einem Rohr steigen im Quadrat mit der Beschleunigung. Deshalb ist es wichtig, ein Rohr mit den für den Durchfluss richtigen Dimensionen zu wählen.

In einem Regelkreis wird das Gewicht der aufwärts transportierten Flüssigkeit durch die nach unten transportierte Flüssigkeit ausgeglichen. Deshalb ist die geodätische Saughöhe eines Gebäudes – unabhängig von seiner Höhe – bei gefülltem System gleich null. Die erforderliche Pumpenkapazität richtet sich statt dessen nach Gesamtlänge, Durchmesser und Auslegung des Systems. Siehe Riesenrad in der Abbildung unten.



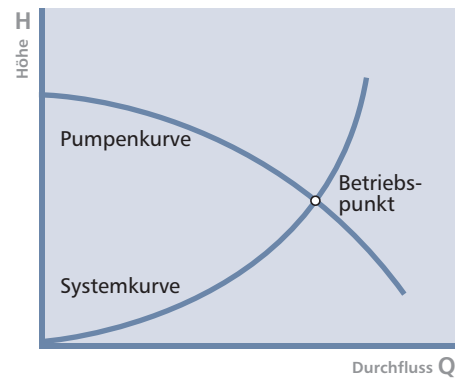
Riesenrad

Das Prinzip lässt sich an einem Riesenrad veranschaulichen. Wenn sich das Rad dreht, werden die Gondeln, die sich aufwärts bewegen, durch den Abschwung der Gondeln auf der anderen Seite gehoben und der Motor braucht nur die Friktion zu überwinden.



QH-Kurve

Die Pumpenkurve (QH-Kurve) zeigt die Pumpeneigenschaften und den Durchfluss an, den die Pumpe bei einem bestimmten Druck erzeugt.



Betriebspunkt

Der Punkt, an dem Pumpenkurve und Systemkurve sich schneiden, heißt Betriebspunkt.

Die hydraulische Energie wird wie folgt berechnet:

$$P_{\text{hydr}} = Q \cdot H \cdot \rho \cdot g$$

wobei

Q = Pumpendurchfluss
H = Saughöhe der Pumpe
 ρ = Dichte
g = Gravitationskonstante

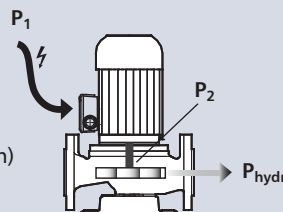
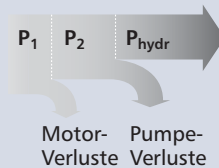
Die abgegebenen Leistungen stehen wie folgt im Verhältnis zueinander:

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta_{\text{motor}}} \quad P_2 = \frac{P_{\text{hydr}}}{\eta_{\text{hydr}}}$$

wobei

P_1 = zugeführte Energie
 P_2 = Leistung der Welle
 P_{hydr} = Nutzleistung (vom Flügelrad der Pumpe auf das Wasser übertragen)
 η_{motor} = Motorwirkungsgrad
 η_{hydr} = hydraulischer Wirkungsgrad

Effizienz/Energiebedarf: Eine weitere Möglichkeit, Energiekonzepte zu vergleichen, ist das Ermitteln der Energieverluste in Motor und Pumpe.

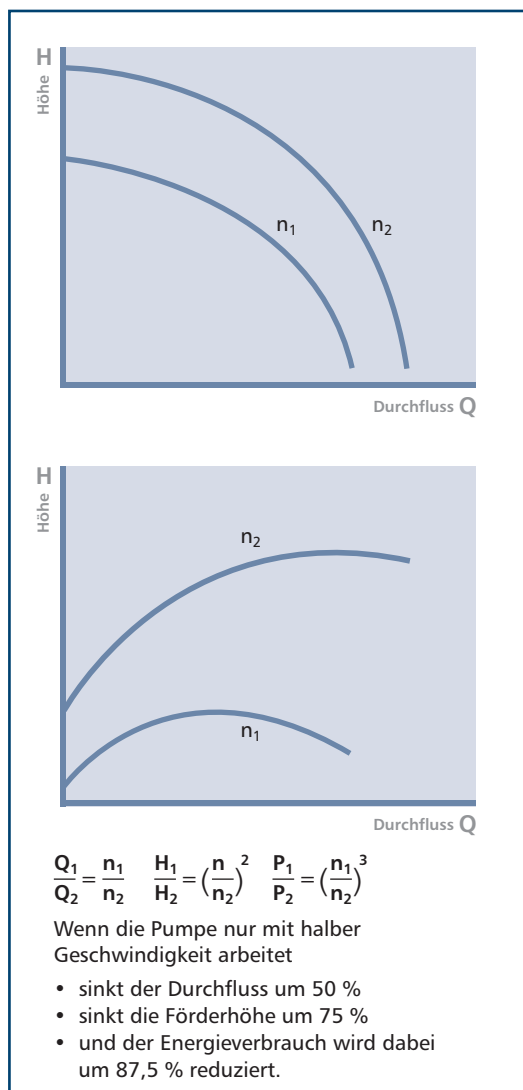


Wieviel Energie brauchen Sie?

Effizienz/Energiebedarf verweist auf die Effektivität der Pumpe, d. h. wie gut eine Pumpeneinheit den zugeführten elektrischen Strom in abgegebene Leistung umsetzt.

Wieviel Energie geht im Rohrleitungssystem verloren?

Um eine Systemkurve berechnen zu können, müssen Sie zunächst die *Reibungsverluste* (h_f) im Rohrleitungssystem ermitteln. Sie treten sowohl in Bögen und Ventilen auf (bekannt als Einzelverluste oder h_{fp}), als auch in geraden Rohrabschnitten (h_{fr}). Punktverluste richten sich nach der Zahl der Bögen und Ventile im Rohrsystem und nehmen mit der Geschwindigkeit der Flüssigkeit zu. Verluste in geraden Rohrabschnitten hängen von der Strömungsgeschwindigkeit sowie Länge, Durchmesser und Oberflächenbeschaffenheit des Rohrs ab.



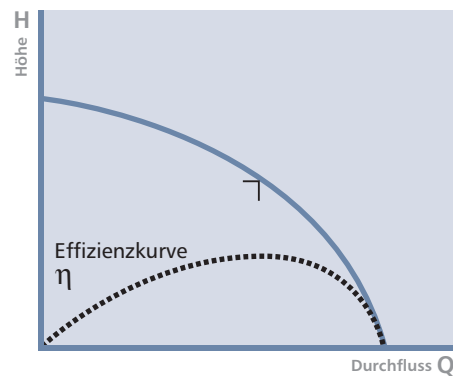
Affinitätsgesetze

Der Terminus 'Affinitätsgesetze' bezieht sich auf das bekannte Verhältnis zwischen Rotationsgeschwindigkeit, Durchfluss, Saughöhe und Energiebedarf. Dieses Verhältnis gibt unmittelbar Aufschluss darüber was in einem System passiert, wenn der Betriebspunkt, z. B. in variablen Pumpensystemen mit Drehzahlregelung, verändert wird.

Effizienz und höchster Wirkungsgrad

Der höchste Wirkungsgrad oder beste Effizienzpunkt (BEP), ist der Punkt, bei dem das Höchstmaß an Effizienz erreicht wird. Die Effizienzkurve zeigt, wie die Effizienz je nach Durchfluss variiert.

Bei Dimensionierung der Pumpe sind zwei Parameter für einen kosteneffektiven Betrieb entscheidend: Energiebedarf und Betriebspunkt (siehe vorherige Seite). Dies gilt besonders dann, wenn die Pumpe für mehrere unterschiedliche Betriebspunkte dimensioniert werden soll, zum Beispiel bei einer Heizungsanlage, die nicht ganzjährig genutzt wird.



Bester Effizienzpunkt (BEP)

Der BEP ist in der QH-Kurve oft durch einen rechten Winkel markiert.

Komponenten	Druckverlust
Kessel	1–5 kPa
Kompaktkessel	5–15 kPa
Wärmetauscher	10–20 kPa
Wärmezähler	15–20 kPa
Heißwasserbereiter	2–10 kPa
Wärmepumpe	10–20 kPa
Radiator	0,5 kPa
Konvektor	2–20 kPa
Radiatorventil	10 kPa
Regelventil	10–20 kPa
Klappenventil	5–10 kPa
Filter (sauber)	15–20 kPa

Beispiele für ungefähre Einzelverluste bei eisystemkomponenten. Exakte Daten entnehmen Sie bitte den Angaben des Herstellers.

Regulierung des Pumpendurchflusses

Die Kapazität eines Zirkulationssystems kann unterschiedlich geregelt werden – durch Pumpen mit Drehzahlregelung, Drosselventile, ein Bypass-System oder durch Reduzierung des Laufraddurchmessers.

Drehzahlregelung

Für variable Pumpengeschwindigkeiten gibt es Pumpen mit mehreren manuell einstellbaren Drehzahlen oder elektronisch gesteuerte Pumpen mit automatischer Drehzahlregelung. Diese Pumpen bieten über die Energieeinsparung hinaus den Vorteil, dass sie stets bei optimalem Differenzdruck arbeiten. Das reduziert die Geräusche im Rohrleitungssystem und erhöht den Wohnkomfort.

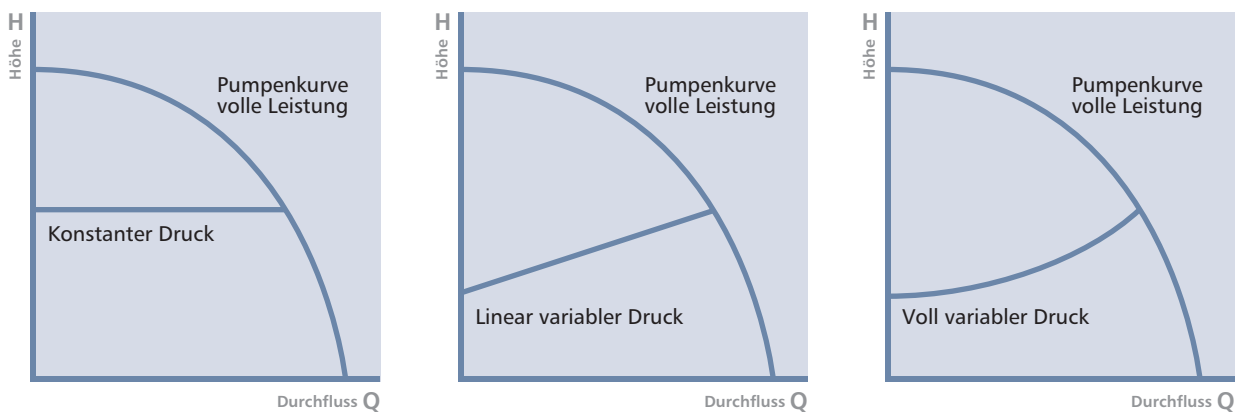
Bei Pumpen mit **manueller Drehzahlregelung** stellt man eine der vorgegebenen Drehzahlen von Hand ein. Dabei entspricht der Durchfluss nie exakt dem Bedarf.

Bei Pumpen mit **elektronischer Drehzahlregelung** wird die Geschwindigkeit automatisch so eingestellt, dass der jeweils erforderliche Durchfluss erzielt wird. Der durch die

Pumpe erzeugte Druck wird kontinuierlich gemessen und die Pumpengeschwindigkeit so justiert, dass der erforderliche Druck stets gewährleistet ist. Bei steigendem Bedarf fällt der Druck ab und die Pumpe erhöht die Drehzahl, um den Druckverlust auszugleichen. Bei sinkendem Bedarf steigt der Druck und die Pumpe reduziert die Drehzahl, um den Druck auf dem richtigen Niveau zu halten. Es gibt mehrere Möglichkeiten die Pumpen zu regulieren:

Im Modus **konstanter Druck** (Δ_{pc}) wird unabhängig vom Durchfluss gleichmäßig derselbe Druck erzeugt, bis die Höchstgeschwindigkeit erreicht ist. Im Modus **linear variabler Druck** (Δ_{pv}) wird bei maximaler Geschwindigkeit der voreingestellte Druck erzeugt. Wenn Geschwindigkeit (und Durchfluss) reduziert werden, fällt auch der Druck ab. Das simuliert die Pumpensystemkurve. Bei geringem Durchfluss ist der Druckbedarf geringer.

Die Kurve beim **voll variablen Druck** (Δ_{pv}) entspricht der des linear variablen, wobei der Druck allerdings ebenfalls einer Kurve folgt (und nicht linear verläuft), wodurch der Energieverbrauch weiter sinkt und der Druck besser an den aktuellen Bedarf angepasst wird.



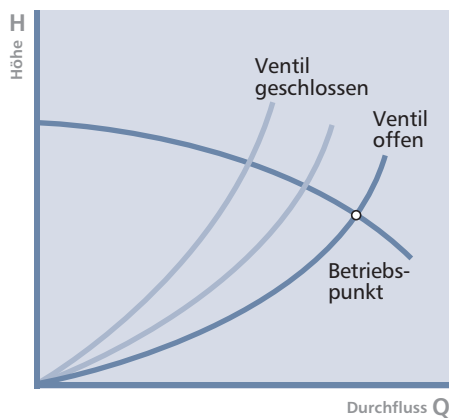
Druckregulierungskurven

Das Verhältnis zwischen unterschiedlichen Modi bei der Druckregulierung.

Andere Möglichkeiten, den Durchfluss zu regulieren

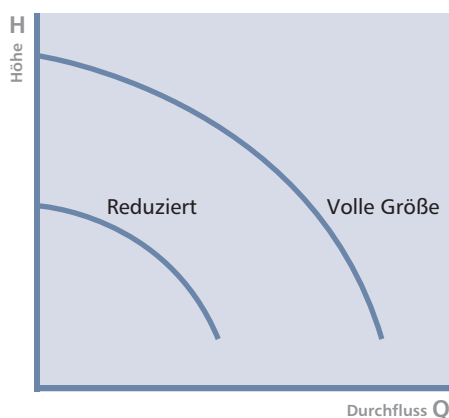
Nachstehend finden Sie weitere Möglichkeiten zur Durchflussregulierung in Ihrem System, falls Sie Pumpen ohne Drehzahlregelung einsetzen. Die Investitionskosten sind dabei zwar geringer, doch werden durch geringeren Durchfluss weder der Energieverbrauch noch die Kosten über den gesamten Lebenszyklus reduziert.

Drosseln des Durchflusses mit einem Ventil erhöht die Verluste im System und somit den von der Pumpe ausgehenden Durchfluss. Bei geringem Durchfluss produziert die Pumpe überflüssige Saughöhe, was sehr viel Energie verbraucht (siehe Abb. unten).



Drosseln

Wenn das Ventil schließt, verlagert sich der Betriebspunkt mit der Systemkurve auf der Pumpenkurve.

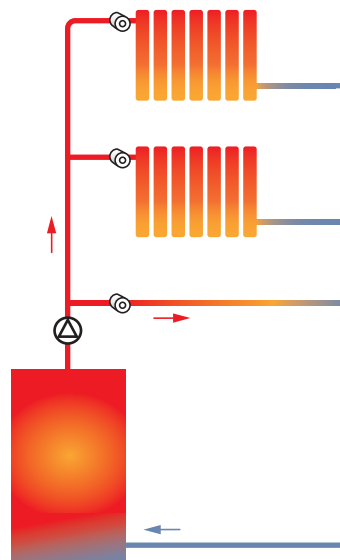


Reduzierter Laufrad-Durchmesser

Bei reduziertem Laufrad-Durchmesser verläuft die Kurve tiefer, und der Durchfluss wird geringer.

In einem **Bypass-System** läuft die Pumpe stets mit voller Geschwindigkeit. Mit Hilfe eines Bypasses wird hierbei der Durchfluss geregelt, indem ein Teil der Durchflussmenge von der Druckseite zurück auf die Saugseite der Pumpe geleitet wird. In einigen Kälteanlagen ist ein Bypass erforderlich, um Probleme mit dem Kühlaggregat zu vermeiden.

Bei **reduziertem Laufrad-Durchmesser** nehmen sowohl Saughöhe als auch Durchfluss in Proportion zur Reduktion ab. Der Energieverbrauch ist entsprechend der Affinitätsgesetze bei kleinerem Durchmesser deutlich gesenkt. Der Nachteil gegenüber Pumpen mit Drehzahlregelung besteht darin, dass es nicht möglich ist, den Durchfluss im System zu justieren – ist der Durchmesser einmal festgelegt, liefert die Pumpe immer dieselbe Leistung.

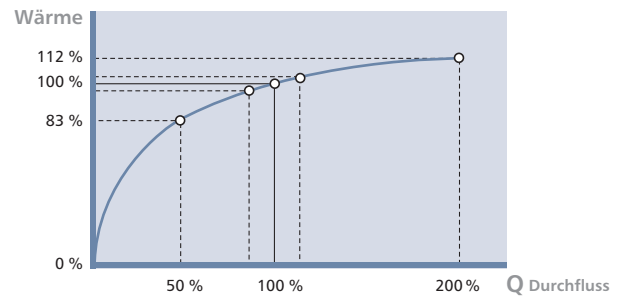


Bypass-System

Der Durchfluss wird durch einen Bypass geregelt, der direkt zur Saugseite des Systems führt.

Ökonomische und ökologische Aspekte von Pumpen

Die Gesamtkosten für die Pumpe werden vorrangig durch die Planung des Systems bestimmt. Ein intelligentes Systemdesign kann dazu beitragen, den von der Pumpe zu überwindenden Widerstand von Komponenten sowie die Reibung in den Rohren zu minimieren. Das wiederum reduziert die für den Umlauf des Wassers erforderliche Energiemenge. Hier bietet sich die beste Möglichkeit, die Wirtschaftlichkeit der Pumpe zu optimieren. Beispielsweise nimmt der Reibungsverlust im Quadrat mit der Geschwindigkeit zu. Das heißt, bei einem Rohr mit kleinem Durchmesser kommt es zu weitaus höheren Reibungsverlusten als bei einem mit großem Durchmesser.



Radiatorkurve

Die Steigerung der Heizleistung durch Steigerung des Durchflusses.

Das kostet Sie eine überdimensionierte Pumpe

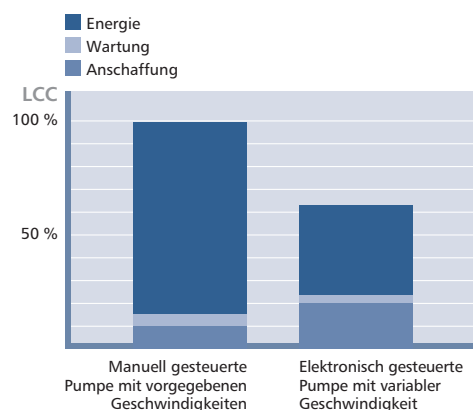
In viele Gebäude werden überdimensionierte Heizungspumpen eingebaut "um sicher zu gehen". Diese Lösung ist extrem kostspielig, denn die Pumpen erzeugen weit mehr Förderhöhe und Durchfluss als nötig – ohne dabei die Räume stärker zu erwärmen. Das Diagramm unten zeigt, dass 10 % mehr Durchfluss die Heizleistung um nur 2 % erhöhen. Bei Durchflussverdoppelung steigt die Heizleistung nur um 12 %. Zudem erzeugt der stärkere Durchfluss mehr Geräusche im Rohrsystem. Zum Glück gibt es – wie oben beschrieben – weit effektivere Lösungen.



Energieverbrauch in der EU

30% des gesamten Energieverbrauchs in der EU entfallen auf Elektromotoren. Ein großer Teil davon ist in Heizsysteme installiert.

Ebenso wichtig ist die Tatsache, dass die für die Regulierung des Raumklimas zusätzlich verbrauchte Energie erhebliche Auswirkungen auf unsere Umwelt hat. Volle 30% der gesamten in der EU verbrauchten Elektrizität werden für Elektromotoren verbraucht und Millionen dieser Motoren sind Bestandteil von Heizsystemen. Im Hinblick auf die kurz- und langfristigen Folgen für unser Klima gewinnt das große Einsparpotenzial durch effektives Systemdesign und optimale Pumpenwahl zusätzlich an Bedeutung.



Der entscheidende Faktor: Lebenszykluskosten (Life Cycle Cost – LCC)

LCC bezeichnet die Gesamtkosten für eine Pumpe über einen bestimmten Zeitraum, inklusive Kosten für Anschaffung, Installation, Inbetriebnahme, Energieverbrauch, Betrieb, Stillstandzeiten, Wartung und Entsorgung. Es gibt mehrere Möglichkeiten die Lebenszykluskosten zu minimieren:

Senkung der Energiekosten

Die höchsten Einzelkosten während der Lebensdauer der Pumpe werden durch den Stromverbrauch verursacht, hier bietet sich also das größte Einsparpotenzial.

1. Verwenden Sie Pumpen mit variabler Drehzahlregelung, da sie bis zu 70% weniger Energie ver-

Geld sparen mit Drehzahlregelung

Die Anschaffungskosten sind bei einer Pumpe ohne Drehzahlregelung geringer. Doch über die Produktlebensdauer betrachtet liegen die Vorteile einer Drehzahlregelung auf der Hand. 85% der Gesamtkosten über 10 Jahre sind auf den Energieverbrauch zurück zu führen (bei Vollast).

rauchen als eine Pumpe, die kontinuierlich mit voller Geschwindigkeit arbeitet. Das ist der effektivste Einzelschritt zur Senkung der Betriebskosten – die Investition in die Drehzahlregelung hat sich oft schon nach weniger als zwei Jahren amortisiert.

2. Wählen Sie hoch effiziente Pumpen und Motoren aus. So sind zum Beispiel EFF1-Motoren (von ITT) 3–5 % effizienter als EFF2-Motoren. Ein weiterer entscheidender Faktor ist die Effizienz der Hydraulik, die für die Energieeffizienz noch wichtiger sein kann als der Pumpenmotor. Die Experten bei ITT arbeiten intensiv daran, ihre führende Position in diesem Bereich zu halten – sowohl bei der Produktentwicklung als auch bei den modernen Herstellungsverfahren.
3. Stellen Sie die Pumpe ab, wenn Heizen oder Kühlen nicht erforderlich ist.

Kostensenkung bei Installation und Inbetriebnahme

Wenn Sie Pumpen mit integrierter Steuerung und variabler Drehzahlregelung verwenden, wie z.B. die HYDROVAR® Drehzahlregelung von ITT, sind Installation und Inbetriebnahme preiswerter als bei einem System mit externem Frequenzumformer. Der Unterschied besteht darin, dass die integrierte Einheit bereits über Komponenten wie Frequenzumformer, Drucktransmitter, Steuersoftware usw. verfügt. Bei Verwendung eines externen Frequenzumformers müssen alle oben genannten Funktionen von separaten Einheiten ausgeführt werden, wodurch Installation und Inbetriebnahme aufwändiger und teurer werden.

Senken der Wartungskosten

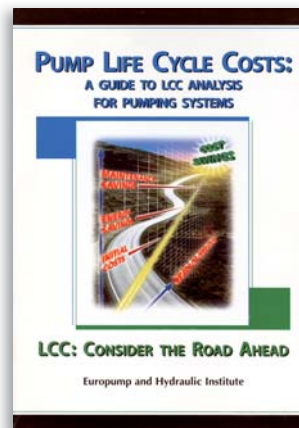
Da eine Pumpe mit Drehzahlregelung selten bei voller Geschwindigkeit arbeitet, ist die mechanische Belastung geringer. Das ermöglicht längere Wartungsintervalle, weil Pumpen- und Motorkomponenten länger einsetzbar sind. Indem Sie die Pumpe abstellen, wenn sie nicht gebraucht wird, können Sie die Wartungskosten weiter senken.



ITT HYDROVAR®

– Break Even in nur einem Jahr

Mit der ITT HYDROVAR® rehzahlregelung sparen Sie Energie und schonen somit Ihr Budget und die Umwelt.



Referenzdaten

Dieses Buch bietet weitere Informationen zum Thema. Es entstand in Zusammenarbeit von Hydraulic Institute und Euro-pump, die auch Mitarbeiter von ITT hinzu gezogen haben.

Rohrleitungskonzept

Bereits bei der Planung der Anlage müssen die spätere Nutzung, alternative Wärme- oder Kältequellen, sowie Betriebs- und Kontrollstrategien berücksichtigt werden. Unter Berücksichtigung der Gebäudedaten müssen Sie auch Raumwärmeverluste einkalkulieren, den Heißwasserbedarf ermitteln und Belüftungsaspekte berücksichtigen. Weiterhin sollten Sie das am besten geeignete Verteilungs-, Regulierungs- und Kontrollsystem auswählen.

Zwei-Rohr-Systeme

In einem Zwei-Rohr-System wird über die Vorlaufleitung das erhitzte oder gekühlte Wasser zu den Verbrauchern und über die Rücklaufleitung das gebrauchte Wasser zurück zum Heiz- oder Kälteaggregat geleitet.

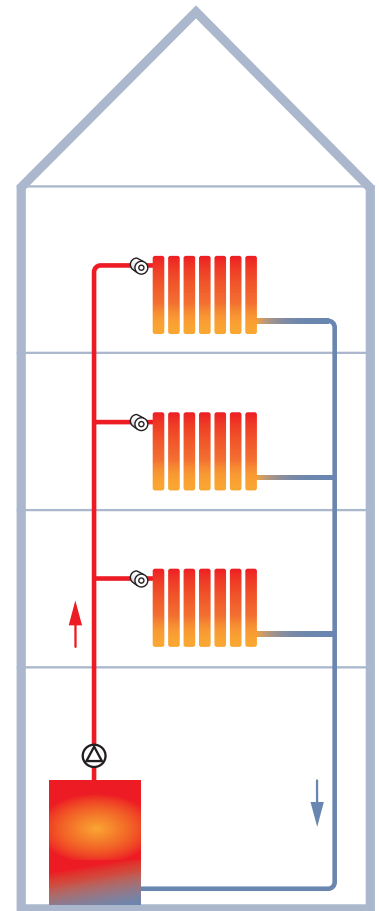
Ein wichtiger Vorteil dieser Systeme besteht darin, dass Sie den Wasserdurchfluss regeln und somit Pumpenenergie sparen können. Ein weiterer Vorteil ist, dass allen Radiatoren Wasser mit derselben Temperatur direkt aus dem Heizkessel zugeführt wird. (Bei Zuführung vom voran gegangenen Radiator geht jeweils etwas Wärme verloren, so dass das Wasser nach und nach abkühlt.)

Die Entlüftungsventile sollten regelmäßig geprüft werden. Wenn sie offen stehen, fließt Luft durch den Heizkörper hinab in die Rücklaufleitung, was die effektive Wärmeübertragung beeinträchtigt und unter Umständen das Gleichgewicht des ganzen Verteilungssystems stört.

Je nach Heizbedarf wird der Durchfluss durch den Radiator mit einem Thermostat geregelt. Wenn das Ventil schließt, steigt der Druck im System, und eine Pumpe mit Drehzahlregelung kann diesen Anstieg gut kompensieren.

Lösungen für große Gebäude

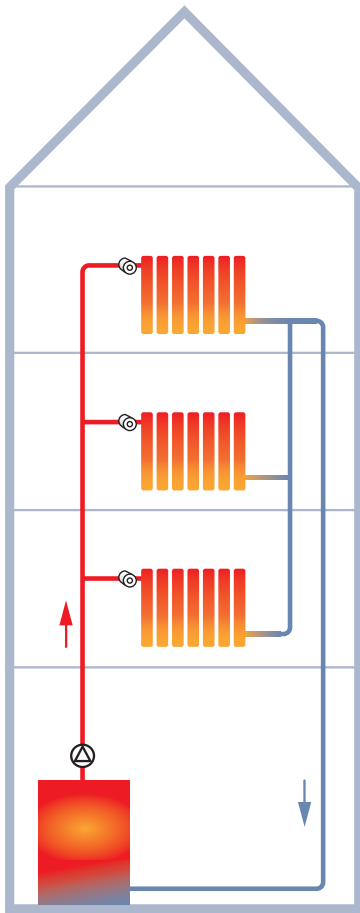
In Hybridsystemen gibt es grundsätzlich einen Primärkreislauf mit niedrigem Druckabfall und separate Heizkreisläufe mit jeweils separater Pumpe. Diese Systeme dienen dazu, Systeme mit Wärmeübertragung durch flüssige Medien von einander zu trennen. Dadurch lassen sich die vorhandenen Systeme leichter erweitern ohne die Druckverhältnisse zu verändern, da die Untersysteme unabhängig von einander sind. Ein weiterer Vorteil ist die Tatsache, dass einige Heizkessel empfindlich auf niedrige Temperaturen reagieren und einen Mindestdurchfluss brauchen.



Zwei-Rohr-System

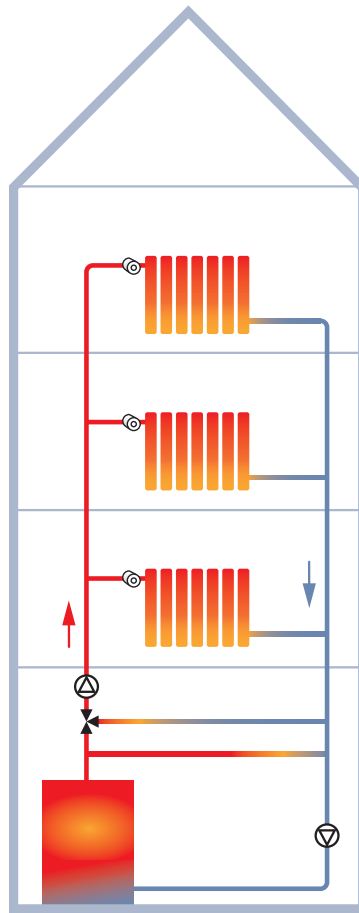
Das einfache Zwei-Rohr-System ermöglicht die Variation und Steuerung des Durchflusses zum Einsparen von Pumpenenergie. Es verteilt die Wärme gleichmäßiger als ein Ein-Rohr-System.

Um die Erhitzungszeit für das Wasser zu minimieren, zirkuliert es nur in den Primärkreislauf mit geringem Druckabfall. Sobald die gewünschte Temperatur erreicht ist, öffnet sich der Radiatorkreislauf. Das Drei-Wege-Ventil regelt den Durchfluss entweder zu den Radiatorkreisläufen oder zum Heizkessel. Eine weitere Möglichkeit, Energie zu sparen, ist die Umstellung auf ein Drosselsystem durch ein Zwei-Wege-Ventil im Radiatorkreislauf und die Verwendung von Pumpen mit Drehzahlregelung.



Zwei-Rohr-System nach System Tichelmann

Der Hauptvorteil des Systems mit Rücklauf besteht darin, dass der Druckabfall in allen Kreisläufen gleich ist.



Zwei-Rohr-Hybridssystem

Der Hauptvorteil des Hybridsystems besteht darin, dass die primär geringe Druckabfallschleife die Erweiterung des Systems erleichtert. Das Drei-Wege-Ventil schließt sich und schickt das Wasser zurück durch das System, wenn es noch heiß genug zum Erwärmen der Heizkörper ist. Wenn das Wasser wieder aufgeheizt werden muss, öffnet sich das Ventil.

Konstanter oder variabler Durchfluss

Zwei-Rohr-Systeme lassen sich unterscheiden in Systeme mit konstantem und variablem Durchfluss. Jedes System kann für einen oder mehrere Verbraucher ausgelegt werden.

Beim Zwei-Rohr-System wird das Heizungswasser nach jedem Durchlauf durch den Verbraucher zum Wärmeerzeuger zurückgeführt, sodass jeder Heizkörper mit derselben Vorlauftemperatur versorgt wird. Die gleichmäßige Versorgung aller Verbraucher wird, bedingt durch die Parallelschaltung, mit niedrigeren Druckverlusten gegenüber dem Einrohrsystem erreicht. Durch den Einsatz drehzahl geregelter Pumpen in Kombination mit Temperatur-/Drucksensoren kann zusätzlich Pumpenenergie eingespart und die Kontrollmöglichkeit von Temperatur und Luftfeuchtigkeit verbessert werden.

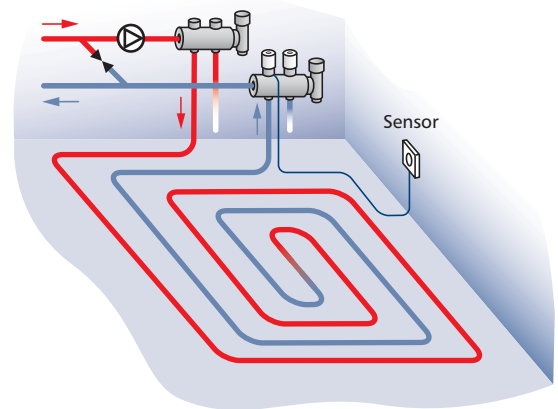
Fußbodenheizungssysteme

Bei einer Fußbodenheizung wird die Wärme von den Rohren auf die Bodenstruktur übertragen. Dieses Heizsystem kann sowohl allein, als auch in Kombination mit Heizkörpern genutzt werden.

Der wesentliche Unterschied zwischen Radiator- und Fußbodenheizung besteht in der Temperatur der zu pumpenden Flüssigkeit. Radiatorsysteme können für Arbeitstemperaturen bis zu 80° C und eine Differenztemperatur von 20–40° K ausgelegt werden. Bei einer Fußbodenheizung sollte die Arbeitstemperatur 40° C niemals übersteigen und die Differenztemperatur sollte bei 5–8° K liegen. Daher sollte eine Fußbodenheizung immer eine Mischschleife haben, um eine zu hohe Wassertemperatur zu verhindern.

Ein Fußbodenheizungssystem kann sehr unterschiedlich ausgelegt werden, wobei die jeweiligen Richtlinien des Herstellers beachtet werden müssen, doch allgemein gilt zum Beispiel:

- Alle Kreisläufe sollten hydraulisch abgeglichen sein. Die Spezifizierung und Auswahl der Pumpe sollte sich am Kreislauf mit dem höchstem Druckabfall orientieren.
- Alle Kreisläufe sollten einen gut ausbalancierten Druckabfall haben, und bei Spezifizierung und Auswahl der Pumpe sollten Sie sich an dem Kreislauf mit dem höchsten Druckabfall orientieren.
- Ein Rohrkreislauf sollte nie länger als 120 m sein.
- Ein Fußbodenheizungssystem erfordert bei gleicher Gebäudegröße eine etwas höhere Pumpenleistung als ein Radiatorsystem. Die Ursache liegt in dem größeren Volumenstrom bedingt durch die niedrigere Differenztemperatur und den daraus resultierenden höheren Druckverlusten.



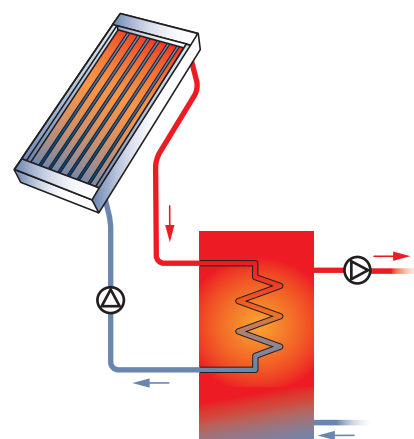
Ein Fußbodenheizungssystem

Jeder Raum benötigt ein separates Reglersystem, und alle Rohrkreisläufe müssen so aufeinander abgestimmt werden, dass sie etwa den gleichen Druckabfall erzeugen.

Sonnenkollektorsysteme

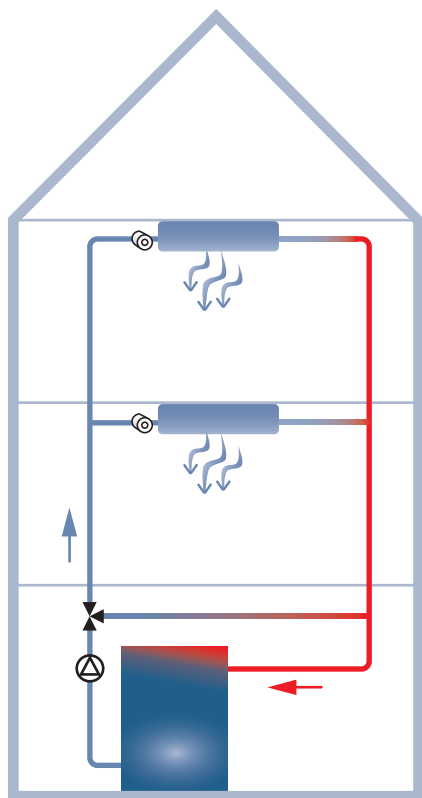
Wie die oben beschriebenen Systeme arbeiten Sonnenkollektoren mit Wasser und brauchen eine Umwälzpumpe. Anders als herkömmliche Heizsysteme arbeiten sie mit einer höheren und stärker schwankenden Wassertemperatur. Da Sonnenkollektoren außen auf dem Dach montiert werden, wird dem Wasser meist ein Frostschutzmittel zugesetzt. Am gebräuchlichsten ist Glykol. Der Glykolumsatz erhöht die Dichte und Viskosität des Wassers, was bei der Pumpenwahl zu berücksichtigen ist.

Für die absehbare Zukunft werden Sonnenkollektoren vor allem als Ergänzung zu herkömmlichen Heißwassersystemen genutzt werden.



Ein Sonnenkollektorsystem

Der Sonnenkollektor ergänzt die reguläre Wärmequelle.



Ein Kältesystem

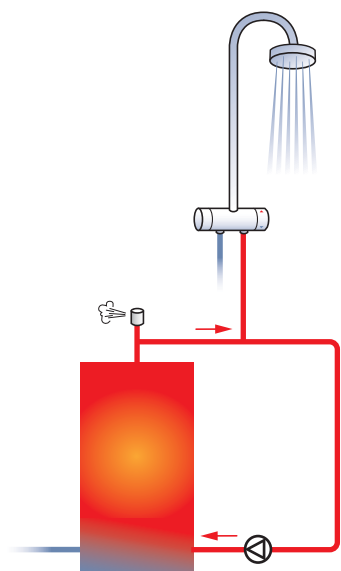
Das Kältesystem funktioniert wie ein Hybrid-Heizsystem, doch das Trägermedium ist kalt anstatt warm.

Kältesysteme

Das Auslegen eines Kältesystems wird weit gehend durch die Wahl des Kühlmittels bestimmt. Die Kühlmittel beeinflussen die Höhe der Reibung in den Verteilungen und müssen bei der Pumpenauswahl berücksichtigt werden.

Die gebräuchlichsten Kühlmittel sind Salzwasser und Wasser mit Glykollzusatz. Je kälter das Kühlmittel, um so größer die Reibung in den Rohren. Das ist bei der Dimensionierung der Pumpe zu berücksichtigen. Informationen über verschiedene Kühlmittel erhalten Sie von Ihrem Kühlmittelhersteller, Informationen zur korrekten Pumpenauswahl von Lowara.

Ein Kältesystem ist in der Regel ein Hybridsystem. Kältesysteme erfordern oft einen bestimmten Mindestdurchfluss, zum Beispiel 30%, um Eisbildung zu verhindern. Bei geschlossenen Ventilen ist der Differenzdruck im Verdampfer reduziert. Sobald ein Sensor das registriert, öffnet sich das Bypass-Ventil, um den erforderlichen Mindestdurchfluss zu gewährleisten. Dabei wird kaltes Vorlauf- mit warmem Rücklaufwasser gemischt.



Ein Warmwassersystem

Ein sekundäres Rücklaufsystem bietet höheren Anwenderkomfort, da das Warmwasser umgehend bereit steht.

Warmwassersysteme

Warmwassersysteme unterscheiden sich von den meisten hydraulischen Systemen vor allem dadurch, dass es sich dabei um offene Systeme handelt. Um die schnelle Bereitstellung von Warmwasser an jeder Entnahmestelle im Gebäude zu gewährleisten, ist das Heißwassersystem oft als Regelkreis mit einem sekundären Rücklaufrohr konstruiert. Auch auf diese Weise wird warmes Wasser und somit Energie gespart.

Der Rücklaufdurchfluss ist in der Regel sehr gering, so dass eine kleine Pumpe ausreicht. Eine überdimensionierte Pumpe verbraucht durch die unnötig hohe Strömungsgeschwindigkeit mehr Energie und verursacht Geräusche im System.

Da das in Warmwasserkreisläufen enthaltene Wasser viel Sauerstoff besitzt, müssen zur Vermeidung von Korrosion Pumpengehäuse aus Bronze oder Edelstahl eingesetzt werden.

Pumpen in Heiz-/Kältesystemen

In einem Heiz- oder Kältesystem bewegt eine Pumpe die Flüssigkeit im Gebäude vom Erzeuger zu den Verbrauchern und überwindet dabei den Strömungswiderstand im Rohrsystem.

Die Hauptbauteile der Pumpe umfassen das Gehäuse, das Laufrad und den Elektromotor

Nassläuferpumpe – die günstige und einfache Lösung

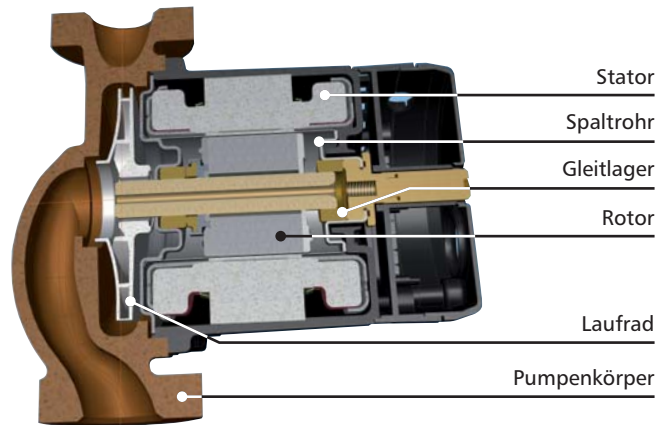
Bei einer 'Nassläuferpumpe' oder 'Spaltrohrpumpe' zirkuliert das Pumpmedium im Rotorgehäuse, wobei es den Motor kühlt und die Lager schmiert. Nassläuferpumpen sind einfach, leckagefrei und haben einen relativ niedrigen Anschaffungspreis. Wegen der vergleichsweise kurzen Lebensdauer und geringen Energieeffizienz fällt die Gesamtkalkulation jedoch nicht unbedingt günstig aus. Darüber hinaus reagieren Nassläuferpumpen empfindlich auf Feststoffe in der Pumpenflüssigkeit und sind nicht für aggressive Medien geeignet.

Nassläuferpumpen müssen immer mit dem Pumpenläufer in waagerechter Position installiert werden. Bei vertikaler Installation ist nicht gewährleistet, dass der Motor durch das Medium ausreichend geschmiert wird. Darüber hinaus muss dieser Pumpentyp mindestens jede zweite Woche in Betrieb gesetzt werden, um ein Festsetzen zu vermeiden.

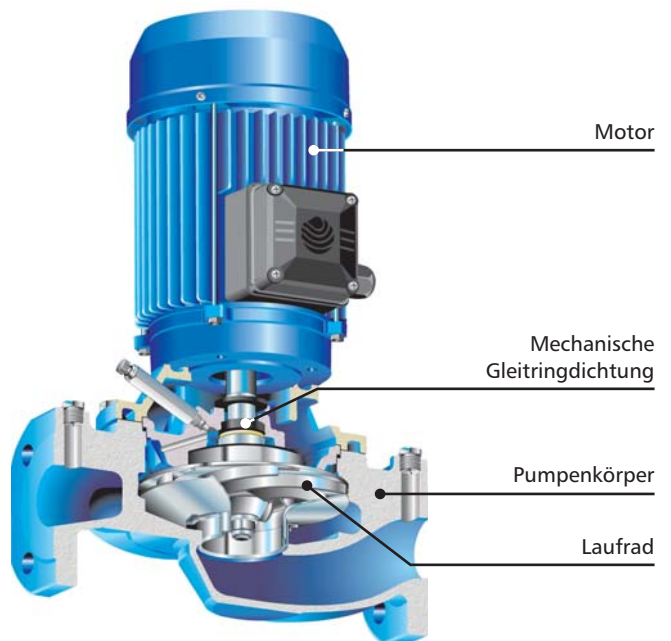
Im Allgemeinen sind die Anschaffungskosten für Nassläuferpumpen geringer, doch ist die Energieeffizienz auch nicht so hoch wie bei Trockenläuferpumpen. Die EU hat ein Energieklassifikationssystem für Nassläuferpumpen bis zu 2,5 kW beschlossen. Pumpen der Klasse A sind im Handel, jedoch in der Regel teurer.

Trockenläuferpumpe – die wirtschaftliche Lösung

Bei dem Motor handelt es sich um einen luftgekühlten IEC-Standardmotor mit verlängerter Welle, an der das Laufrad direkt befestigt ist, oder einer Pumpe mit Kupplung. Die Pumpenwelle hat eine mechanische Gleitringdichtung, bestehend aus zwei Dichtringen und einer Feder, welcher die Dichtringe zusammen presst. Ein dünner Wasserfilm schmiert und kühlt die Dichtung.



Eine Nassläuferpumpe



Eine Trockenläuferpumpe

Die Anschaffungskosten für diese Pumpe sind höher, jedoch ist dabei zu bedenken: Der Anschaffungspreis macht in der Regel gerade einmal 5% der Lebenszykluskosten aus. Standardmotoren in Trockenaufstellung sind energieeffizienter, zuverlässiger und haben eine längere Nutzungsdauer. Weil die gepumpte Flüssigkeit nicht in den Motor gelangt, ist diese Konstruktion weniger anfällig für Verschleiß durch Feststoffe und aggressive Medien.

Alles in allem haben Trockenmotoren eine robustere Konstruktion und sind langfristig wirtschaftlicher.

Zwillingspumpen – mehr als eine Reservelösung

Sowohl Nassläufer- als auch Trockenläuferpumpen gibt es als Zwillingsausführung. Inline-Umwälzpumpen sind grundsätzlich in Einzel- und Zwillingsausführung erhältlich.

Traditionell werden Zwillingspumpen vor allem als Reservepumpe verwendet. Heute setzt man Zwillingspumpen immer häufiger auch ein, um mehr Wirtschaftlichkeit und weniger Umweltbelastung zu erzielen, weil die zweite Pumpe nur bei Spitzenlasten aktiviert wird. Die heutigen hochwertigen Pumpen fallen kaum aus, doch im Fall der Fälle ist die Reservepumpe gleich einsatzbereit. Und obwohl die eine Pumpe an den kältesten Tagen nur etwas mehr als die Hälfte des für den Erhalt des Raumklimas erforderlichen Durchflusses erzeugt, kann die Heizleistung immer noch 83% des Bedarfs decken (siehe Radiatorkurve unten). Die Pumpensteuerung einer Zwillingspumpe schaltet zwischen den Pumpen um, und sorgt so für gleiche Laufzeiten.

Auch im Rohrleitungssystem gibt es gegenüber zwei separaten Pumpen Einsparungsmöglichkeiten. Für eine Zwillingspumpe ist nur ein Rohrsatz erforderlich, während man bei Einzelpumpen das gesamte Rohrleitungssystem in zweifacher Ausführung braucht. Außerdem ist es möglich, das System mit nur kleinen Veränderungen am Rohrleitungssystem aufzurüsten, da die Zwillingspumpe eine höhere Kapazität hat.

Für Kältesysteme oder Systeme mit Flüssigkeitstemperaturen unter 10°C sind Zwillingspumpen nicht zu empfehlen. Da das Pumpengehäuse größer ist, könnte die stärkere Kondensation zur Eisbildung im Gehäuseinnern oder im Dichtungsbereich usw. führen.

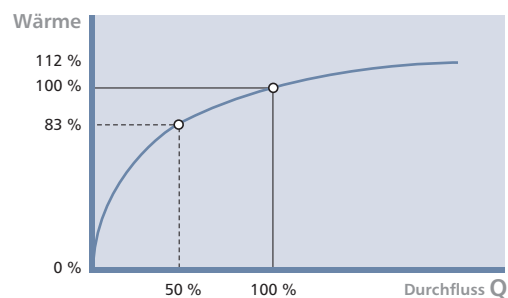
Effizienzvergleich

(ungefähre Werte)

Nassläuferpumpen		
Nennleistung	Wirkungsgrad	Max. Effizienz (Klasse A)
< 100 W	15%	25%
100–500 W	30%	40%
500–2500 W	40%	50%
Trockenläuferpumpen		
Nennleistung	Wirkungsgrad	Max. Leistung
< 1,5 kW	55%	65%
1,5–7,5 kW	65%	75%
> 7,5 kW	70%	80%



Die Lowara FCT Zwillingspumpe



Radiatorkurve

Es ist möglich, 83% der maximalen Wärmeleistung mit einer der Pumpen zu erzielen.

Auswahl der richtigen Pumpe

Wählen Sie Pumpen je nach erforderlichem Durchfluss und ohrwiderstand aus. Wenn Sie sich für eine Pumpe mit Drehzahlregelung entscheiden, wählen Sie ein Modell, bei dem der Betriebspunkt dem BEP so nahe wie möglich kommt. Oft gibt es mehrere passende Produkte. Dann ist es ratsam, sich für eine Pumpe im Bereich von $\pm 10\%$ des BEP zu entscheiden. Das gewährleistet einen ausreichend breiten Fördermengenbereich, um beim Regulieren der Pumpe Spielraum zu haben. Sie sollten die Pumpe nicht überdimensionieren, da Sie damit kaum eine höhere Wärmeübertragung erreichen, jedoch wesentlich mehr Energie für die Pumpe benötigen (siehe Radiatordiagramm).

Die Auswahl einer falschen Pumpe für Ihr Heizsystem kann ein unangenehmes Raumklima zur Folge haben. Deshalb ist es bei großen Gebäuden empfehlenswert mehrere Pumpen zu verwenden, damit bei Ausfall einer Pumpe die Funktion und ein gewisses Maß an Komfort aufrecht erhalten werden können. Entweder bewältigt eine Pumpe den gesamten Durchfluss und die andere dient als Reservepumpe oder mehrere Pumpen sorgen für den gesamten Durchfluss und arbeiten nur bei Bedarf mit voller Kapazität.

Software für die Pumpenwahl

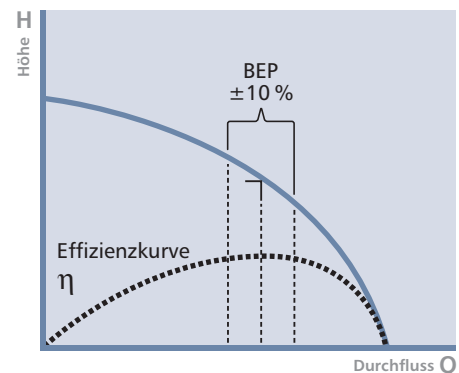
Mit qualifizierter Software für die Pumpenwahl lässt sich leicht die jeweils effizienteste Pumpe ermitteln. Lowara bietet dazu das Loop 4U Software-Paket für Ihren spezifischen Bedarf. Mit dieser Software können Sie die richtigen Spezifikationen für Ihr Pumpensystem errechnen, die optimale Pumpenlösung finden und die für Installation und Wartung des Systems erforderliche Dokumentation nutzen.

Ersetzen alter Pumpen

Strömungsgeschwindigkeit/Rohrgeräusche können Hinweise darauf sein, dass installierte Pumpen ersetzt werden müssen. Erkundigen Sie sich immer, ob das Gebäude seit Installation der alten Pumpe umgebaut oder renoviert wurde. So könnten zum Beispiel neue, besser isolierende Fenster eingebaut worden sein. Dann ist der Wärmebedarf geringer, und eine kleinere, energieeffizientere Pumpe reicht aus. Auch die Motortechnologie hat sich weiter entwickelt und bietet den erforderlichen Durchfluss jetzt mit weniger Energieaufwand. In Katalogen und im Internet stehen komplette Handbücher für den Pumpenaustausch bereit.

Aufrüsten alter Systeme

Manchmal kann das Aufrüsten alter Pumpen kostengünstiger sein als der Austausch. Dann lassen sich Pumpen leicht mit einer elektronischen Steuereinheit aufrüsten. Das Regeln der Drehzahl und die Reduktion unnötiger Pumpenleistung spart eine Menge Geld und reduziert die Umweltbelastung. ITT HYDROVAR® ist eine Pumpensteuerung, die einfach an einer alten Pumpe zu montieren ist. Sie passt perfekt zu jedem Standard-IEC-Motor und hat sich oft nach weniger als 2 Jahren rentiert.



Bester Effizienzpunkt (BEP)

Der BEP ist in der QH-Kurve oft durch einen rechten Winkel markiert. Der Betriebspunkt der Pumpe sollte so nahe wie möglich beim BEP liegen.



Aufrüstung eines alten Systems

Mit ITT HYDROVAR® lässt sich ein altes System leicht und kostengünstig modernisieren.

Lowara Pumpen in Umwälzsystemen

Systemtyp	Systemdesign	TLC/ TLCH	EB/ TLCB	TLCK	TLCSOL	FLC	FC	EA/ EV	EFLC	FCH
Heizungs-systeme										
Kleine Systeme	Ein-Rohr-System	▲						●		
	Zwei-Rohr-System	●						▲		
	Fußbodenheizungssysteme	●						▲		
	Feststoffbrenner	●					▲	●		
	Sonnenkollektorsysteme			●	▲		●	●		
	Geothermische Systeme			▲	●		●	●		
Große Systeme	Ein-Rohr-System Primärpumpen					●			▲	▲
	Sekundärpumpen	▲				▲		●	●	
	Zwei-Rohr-System Primärpumpen					●		▲	▲	▲
	Sekundärpumpen	●				●		▲	▲	
	Feststoffbrenner					●			●	▲
	Lüftungsanlagen	▲				▲	▲	●	●	●
	Nebenspumpen					●	▲			▲
Wärmerückgewinnung	▲				▲	▲	●	●	▲	
Warmwasser-kreisläufe										
Kleine Systeme	Zirkulationssystem		▲					▲		
Große Systeme	Zirkulationssystem		▲							●
Kältesysteme										
	Primärpumpen	●		▲		●	▲			▲
	Sekundärpumpen					●	●			▲
	Kühltürme						▲			●
	Kälteaggregate						▲			●

▲ = Am besten geeignet

● = Geeignet

Lowara Pumpen in Wohngebäuden

Für Gebäude bis zu einer bestimmten Größe empfehlen wir folgende Pumpen:

zu beheizende Fläche	Radiatorsystem		Fußbodenheizungssysteme	
	Standardpumpe	Elektronische Pumpe	Standardpumpe	Elektronische Pumpe
80–200 m ²	Lowara TLC xx-4	Lowara EA xx/40	Lowara TLC xx-6	Lowara EA xx/60
150–200 m ²	Lowara TLC xx-4	Lowara EA xx/40	Lowara TLCH xx-7	–
200–250 m ²	Lowara TLC xx-6	Lowara EA xx/60	Lowara TLC xx-8	–

Größere Gebäude mit komplexeren Systemen erfordern für die beste Pumpenlösung eine sorgfältige Analyse.



ITT

ITT Lowara ist Teil der ITT Corporation und Hauptsitz von „Residential and Commercial Water – EMEA“.

Wir sind einer der weltweit führenden Anbieter von Lösungen für die Förderung und Verteilung von Wasser und anderen Flüssigkeiten für die Gebäudetechnik, Bewässerung und industrielle Anwendungen. Unser Produktprogramm umfasst technisch hoch entwickelte Pumpen, Pumpsysteme und Steuerungen, wir sind spezialisiert auf die Entwicklung und Herstellung von Edelstahlprodukten.

Der Hauptsitz von ITT Lowara befindet sich in Vizenca, Italien, und bedient weltweit über 80 Länder mit Produktionsstätten in Italien, Österreich, Polen und Ungarn. Das Unternehmen beschäftigt rund 1.300 Mitarbeiter und erzielte 2008 einen Umsatz von über US\$ 440 Millionen. ITT Lowara ist Teil der ITT Corporation und Firmenzentrale des Bereiches ITT Residential and Commercial Water für die EMEA-Region.

ITT Corporation ist ein Hightech-Unternehmen, das auf allen Kontinenten in drei wichtigen Märkten erfolgreich agiert: in der Förderung und Verteilung von Wasser und anderen Flüssigkeiten, als Lieferant von technisch hoch entwickelten Komponenten für die Luft- und Raumfahrt, die Marine und das Transportwesen sowie als Hersteller von Verteidigungssystemen.

Das Unternehmen mit Gesellschaftssitz in White Plains im Bundesstaat New York, USA, hat im Jahr 2008 einen Umsatz von rund US\$ 11,7 Milliarden erzielt.

RESIDENTIAL AND COMMERCIAL WATER GROUP – DEUTSCHLAND

LOWARA DEUTSCHLAND GmbH

Biebigheimer Straße 12
D-63762 Großostheim

Telefon: (0 60 26) 9 43 - 0
Fax: (0 60 26) 9 43 - 2 10

lowarade.info@itt.com
www.lowara.de

SEGMENT INDUSTRIE

PLZ-Gebiet 01-15, 39, 98, 99

Büro Plauen

Telefon: 0 37 41 - 52 04 61
Fax: 0 37 41 - 52 04 66
Mobil: 01 71 - 4 83 38 23

PLZ-Gebiet 34-37, 54-56, 60-69

Büro Beselich

Telefon: 0 64 84 - 89 02 82
Fax: 0 64 84 - 89 02 83
Mobil: 01 62 - 2 99 53 18

PLZ-Gebiet 80-87, 90-97

Büro Erlenbach

Telefon: 0 93 72 - 9 40 73 99
Fax: 0 93 72 - 9 40 75 37
Mobil: 01 73 - 3 12 98 86

PLZ-Gebiet 16-25, 27-31, 38

Büro Kaltenkirchen

Telefon: 0 41 91 - 85 06 14
Fax: 0 41 91 - 85 06 15
Mobil: 01 71 - 4 83 38 24

SEGMENT GEBÄUDETECHNIK

PLZ-Gebiet 01-54, 56-59, 99

Büro Berlin

Telefon: 0 30 - 28 87 99 00
Fax: 0 30 - 28 87 99 01
Mobil: 01 71 - 27 28 816

PLZ-Gebiet 55, 60-98

Büro Tauberbischofsheim

Telefon: 0 93 41 - 896 141
Fax: 0 93 41 - 896 142
Mobil: 01 73 - 8 90 44 64

SEGMENT WASSER

PLZ-Gebiet Key Accounts

Büro Weimar

Telefon: 0 36 43 - 77 83 97
Fax: 0 36 43 - 77 83 98
Mobil: 01 71 - 47 34 407

PLZ-Gebiet 26, 32-33, 40-54, 56-59

Büro Neunkirchen

Telefon: 0 22 47 - 7 45 24 28
Fax: 0 22 47 - 7 45 24 29
Mobil: 01 62 - 2 99 53 26

PLZ-Gebiet 01-15, 39, 98, 99

Büro Plauen

Telefon: 0 37 41 - 52 04 61
Fax: 0 37 41 - 52 04 66
Mobil: 01 71 - 4 83 38 23

SEGMENT HANDEL

PLZ-Gebiet 01-15, 39, 98, 99

Büro Plauen

Telefon: 0 37 41 - 52 04 61
Fax: 0 37 41 - 52 04 66
Mobil: 01 71 - 4 83 38 23

PLZ-Gebiet 55, 60-94, 97

Büro Stuttgart

Telefon: 0 60 26 - 94 3-0
Fax: 0 60 26 - 94 3-2 10
Mobil: 01 71 - 4 83 38 22

PLZ-Gebiet 16-25, 27-31, 38, 39

Büro Celle

Telefon: 0 51 41 - 9 09 07 98
Fax: 0 51 41 - 9 33 59 29
Mobil: 01 72 - 4 83 38 27

PLZ-Gebiet 70-94, 97

Büro Nürnberg

Telefon: 09 11 - 80 06 9 73
Fax: 09 11 - 80 06 9 74
Mobil: 01 62 - 2 62 54 82

PLZ-Gebiet
20-29, 30-35, 37, 38, 40-69

Büro Hannover

Telefon: 05 11 - 5 42 17 13
Fax: 05 11 - 5 42 17 14
Mobil: 01 71 - 4 90 66 89

Weitere Informationen/Kontaktadressen
finden Sie unter www.lowara.com

cod. 191000073 P 09/09

Änderungen, auch ohne vorherige Ankündigung,
sind Lowara jederzeit vorbehalten.