

Modul 3

Heizkreise: Mischer, Pumpen, Druck und Leitungsdimensionierung

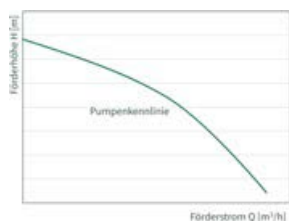
Pumpenkennlinie und Gebäudekennlinie

Orientierung

Der Betriebspunkt der Heizungsanlage muss möglichst passgenau erreicht werden, damit die Heizungsanlage optimal läuft.

Welche Kennlinien dazu betrachtet werden, erfährst du hier.

Die Pumpenkennlinie



Die Pumpenkennlinie wird vom Hersteller angegeben.

Sie gibt einen theoretischen Zusammenhang zwischen Förderstrom und Förderhöhe an.

Die x-Achse gibt Auskunft über den Förderstrom in Kubikmeter pro Stunde.

Die y-Achse gibt die Förderhöhe in Metern an.

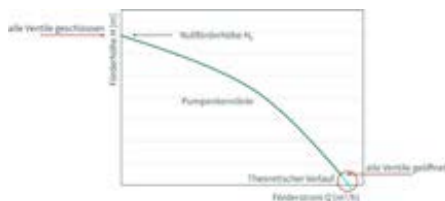
Dabei entspricht die Förderhöhe im Grunde genommen dem Rohrreibungswiderstand, also dem Widerstand im Rohrnetz, den die Pumpe überwinden muss, um alle Heizkörper zu durchströmen.

Wichtig:

Im Unterschied zur statischen Förderhöhe (Haushöhe) wird im Zusammenhang mit Pumpen von der Förderhöhe als Rohrreibungswiderstand gesprochen. Diesen Unterschied der Bedeutung der Begriffe sollte man sich stets vor Augen halten und nicht verwechseln.

Erläuterung zur Pumpenkennlinie

Info:



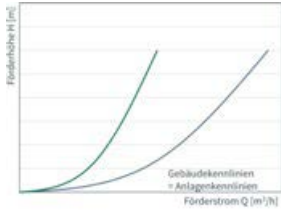
Sind alle Ventile im Haus geöffnet, kann die Pumpe relativ widerstandslos, d. h. ohne große Förderhöhe, einen großen Volumenstrom durch alle Heizkörper pumpen. Die Pumpe braucht nicht viel Kraft.

Schließen immer mehr Ventile, muss die Pumpe gegen immer mehr geschlossene Ventile drücken und benötigt dafür mehr Kraft. Damit ergibt sich ein kleinerer Volumenstrom und es steigt die Kraft, die die Pumpe aufwenden muss, um den Volumenstrom durch weniger Heizkörper durchzudrücken. Sind alle Ventile geschlossen, beträgt der Volumenstrom Null. Die Pumpe drückt gegen einen geschlossenen Widerstand. Man spricht man dann von einer Nullförderhöhe.

Interessant:

Je höher der Widerstand im Rohrnetz ist, desto geringer ist der Förderstrom.

Die Gebäudekennlinie



Wir gehen hier von dem gleichen Koordinatensystem aus: Die x-Achse kennzeichnet wieder den Förderstrom; die y-Achse die Förderhöhe, also den Rohrreibungswiderstand.

Die Pumpenkennlinie ist eingezeichnet.

Betrachten wir die Gebäudekennlinie – die Gebäudekennlinie ist das Rohrnetz. Sie verläuft von links unten nach oben.

Wird durch das Rohrnetz wenig Volumenstrom gepumpt, so ist auch der Widerstand im Rohrnetz gering. Je mehr Volumenstrom durch den gleichen Querschnitt gedrückt werden soll, umso größer ist auch der Widerstand im Rohrnetz.

Je nachdem, ob mehr oder weniger Volumenstrom durch das Rohrnetz durchgedrückt werden soll, entstehen zwei oder auch mehrere Gebäudekennlinien.

Info:

Innerhalb des gleichen Rohrnetzes erhöht sich der Widerstand, je mehr Volumenstrom durch das Rohrnetz gepumpt wird.

Der Betriebspunkt

Binden wir Pumpenkennlinien und Gebäudekennlinien in das gleiche Koordinatensystem ein, legen sie praktisch übereinander, so sehen wir, dass die Pumpenlinien und die Gebäudelinen einander schneiden. Diese Schnittpunkte werden als Betriebspunkte bezeichnet.

Drehzahl, Fördermenge, Förderhöhe, Leistung

Letztendlich entsteht ein Zusammenhang zwischen Drehzahl, Fördermenge und -höhe sowie der Leistung der Pumpe. Diesen sollte man kennen und verstanden haben.

Es gilt in Abhängigkeit von der Drehzahl n:

$\frac{\text{Fördermenge } Q}{2}$	$\cong$	$\frac{\text{Förderhöhe } H}{4}$	$\cong$	$\frac{\text{Leistung } P}{8}$
-----------------------------------	---------	----------------------------------	---------	--------------------------------

Mit anderen Worten bedeutet das:

zweifache Drehzahl	→	zweifache Fördermenge
zweifache Drehzahl	→	vierfache Förderhöhe
zweifache Drehzahl	→	achtfache Antriebsenergie

Das bedeutet umgangssprachlich, dass ich bei Verdopplung der Drehzahl der Pumpe zwar die doppelte Fördermenge erhalte, aber auch gleichzeitig einen vierfachen Rohr widerstand überwinden muss bzw. die achtfache Antriebsenergie benötige.

Entsprechend ist es wichtig, ein Optimum zwischen diesen Größen zu finden, um effizient zu arbeiten.

Zusammenfassende Anmerkungen

- Im Zusammenhang mit der Förderhöhe spricht man vom Rohrreibungswiderstand, also dem Widerstand im Rohrnetz, den die Pumpe überwinden muss, um alle Heizkörper zu durchströmen.
- Je höher der Widerstand ist, desto weniger Fördervolumenstrom liegt vor.
- Die Gebäudekennlinie kennzeichnet das Rohrnetz. Sie wird auch Anlagenkennlinie genannt.
- Innerhalb des gleichen Rohrnetzes erhöht sich der Widerstand, je mehr Volumenstrom durch das Rohrnetz gepumpt wird.
- Legt man Pumpenkennlinie und Gebäudekennlinie übereinander, erhält man den Betriebspunkt.
- Wichtig: Fördermenge, Förderhöhe und Leistung hängen immer zusammen und müssen in einem Zusammenhang gedacht werden.

Die Pumpenkennlinie und die Rohrnetz kennlinie müssen zum Gebäude und zur Anlage passen.

Heizgrenztemperatur – Sommer-/Winter-Umschaltung

Orientierung

Ein Standardwert, den wir an dieser Stelle kurz betrachten wollen, ist die Heizgrenztemperatur.

Sie ist wichtig für die Abschaltung der Heizanlage bzw. für die das Anspringen der Heizung.

Heizgrenztemperatur

Die Heizgrenztemperatur ist die Außentemperatur, bei welcher eine Heizung ab- bzw. anschaltet. Sie hat damit Einfluss auf die gewünschte Raumtemperatur, denn unterhalb dieser würde die Raumtemperatur absinken.

Ebenso haben auf den Wert der Heizgrenztemperatur verschiedene Faktoren einen Einfluss. Grundsätzlich ist hier die Gebäudehülle zu nennen, welche mehr oder weniger stark verhindert, dass Wärme in die Umgebung abgegeben wird. Das Ausmaß hängt von der Baualterklasse ab.

Vorgaben und Empfehlungen erfolgen daher für verschiedene Baualterklassen.

Baualterklassen

In Abhängigkeit vom Alter der Gebäude werden Baualterklassen bestimmt. Diesen werden die Systemtemperaturen und die Heizgrenztemperaturen zugeordnet.

10 °C – Ist das nicht viel zu niedrig?

Wenn man liest, dass die Heizgrenztemperatur bei 10 °C liegen kann, dann denkt man: Dieser Wert scheint viel zu niedrig.

Grundsätzlich muss man sagen: Bei älteren Gebäuden sind die Werte für die Heizgrenztemperatur auch höher. Und ja, bei neueren können sie so niedrig gehalten werden. Wir schauen uns das nachfolgend noch genauer an.

Es ist aber richtig, dass die Aussage "Die Heizgrenztemperatur liegt bei neueren Gebäuden bei 10 °C bis 12 °C" zunächst etwas verwirrt.

Eine Erklärung

Neuere Gebäude sollten über die entsprechende neuere Heiztechnik verfügen. Unabhängig davon sind sie in der Regel auch besser gedämmt.

Hält man sich daran, nur noch wenig am Thermostaten ‚herumzuspielen‘ und die Position zu belassen, die eingestellt wurde, da die Regelung weitgehend über die Heizanlage erfolgt, dann kann man von folgender Überlegung ausgehen.

Überlegung:

Ob die Heizung ein- oder ausschaltet, ist eigentlich nur in der Übergangszeit wichtig. Meist hat man in dieser Übergangszeit tagsüber Temperaturen von vielleicht 20 °C bis 23 °C. Nachts kann es dagegen sein, dass die Temperatur auch schon mal unter 10 °C fällt, dann schaltet die Heizung ein.

Da der Thermostat nicht auf ‚Null‘ gedreht wurde, wird nun so viel Wärme zum Heizkörper geführt, wie für den Raum als Raumsolltemperatur angegeben wurde. Da der Raum durch die Tageswärme warm genug ist, sollte die Wärmezufuhr also gering sein.

Letztlich sorgt also die Heizgrenztemperatur dafür, dass die Heizung die Raumsolltemperaturen ‚einhalten‘ kann.

Thermostat auf ‚Null‘ – Was passiert?

Stellt man für die Gebäude die Thermostate auf ‚Null‘, kann es passieren, dass bei mehreren kühleren Tagen hintereinander die Raumtemperaturen sinken, obwohl die Heizung eigentlich heizen wollte.

Daher glaubt man, dass eine so niedrige Heizgrenztemperatur nicht sinnvoll ist.

Tipp:

Achte bei einer hydraulisch richtig abgeglichenen Heizungsanlage auf Heizgrenztemperaturen, die auf das Gebäude abgestimmt sind, und versuche, die Vermieter aufzuklären, was passiert, wenn.

Nutzerverhalten versus effiziente Heizungsanlagen

Wie verhalten sich Nutzer?

Ist es Sommer und die Temperaturen sind hoch genug, dann schalten sie die Heizung aus, drehen also den Thermostaten herunter. In der Übergangszeit kann es schon einmal sein, dass über einige Tage lang die Temperatur niedriger ist.

Da greift man dann schon gern zum Thermostaten, um die Heizung einzuschalten. Sie sollte also immer betriebsbereit sein. Da wäre eine niedrige Heizgrenztemperatur ungünstig, da sie ja entscheidet, ob die Heizung sich einschaltet.

Wie sollten sich Nutzer verhalten?

Vorausgesetzt sie haben eine neue hydraulisch abgeglichene Heizung, dann muss nicht permanent am Thermostaten gedreht werden. Grundsätzliche Temperaturen werden durch den ordentlich eingestellten Heizkessel gesteuert. Selbst im Sommer sollte der Thermostat auch nicht bewegt werden.

Gibt es etwas kältere Tage, schaltet sich die Heizung von allein ein und befördert die notwendige Wärme zu den Heizkörpern. Ist es warm genug regelt die Heizung die Wärmezufuhr herunter.

Den Thermostat sollte man wirklich nur verwenden, wenn man es mal etwas wärmer braucht als grundsätzlich eingestellt.

Abschließende Anmerkungen

- Die Heizgrenztemperatur ist abhängig von der Baualtersklasse des Gebäudes.
- Bei älteren Gebäuden liegt diese etwa zwischen 17 °C und 22 °C.
- Bei neueren Gebäuden, die gut gedämmt und hydraulisch abgeglichen sind, kann die Heizgrenztemperatur auch schon mal bei 10 °C bis 12 °C liegen.
- Der Umgang mit solch niedrigen Heizgrenztemperaturen muss Mieterinnen und Mietern sowie Vermietern vermittelt werden.
- Grundlage sind ordentlich eingestellte Heizkessel und Heizkreisläufe.
- Versuche, Mieterinnen und Mieter sowie Vermieter in ihrer Argumentation zu verstehen und versuche herauszufinden, an welcher Stelle diese fehlerhaft ist.

Leitungsdimensionierung und Förderhöhe – einige Zusammenhänge

Orientierung

Druck spielt im Heizungsanlagen eine entscheidende Rolle.

Werden beispielsweise alle Ventile an den Heizungskörpern geschlossen, heißt das, dass kein Druck ‚benötigt‘ wird. Wie bekommt die Pumpe das mit?

Um einen entfernten Heizkörper zu versorgen, muss die Pumpe mehr Druck entwickeln, als für einen Heizkörper, der sich unmittelbar in der Nähe befindet.

Leitungsdimensionierung – Teil 1

Wir betrachten einen Rohrleitungsabschnitt von einem Meter Länge. Auf der linken Seite wird eine Flüssigkeit (bspw. Heizungswasser) in die Leitung gedrückt; der Leitungsdruck wird gemessen.

Über die Länge der Rohrleitung verringert sich der Druck, was eine Messung am rechten Ende der Leitung bestätigt.

Fazit:

Über die Länge einer Rohrleitung entsteht ein Druckabfall.

Leitungsdimensionierung – Teil 2

Wir stellen uns weiter vor, dass wir den Querschnitt der Rohrleitung verringern.

Misst man den Druckabfall zwischen beiden Enden, stellt man fest, dass der Druckabfall größer ist über die gleiche Länge.

Fazit:

Je kleiner der Querschnitt (der Radius) einer der Rohrleitung ist, desto größer ist der Druckabfall über die Länge der Rohrleitung.

Ursache des Druckabfalls

Die Flüssigkeit bewegt sich in einem Rohr. Der Teil der Flüssigkeit, der sich an der Rohrrinnenwandung befindet, wird aufgrund der Rohrreibung stark ‚abgebremst‘.

Zu den Teilchen der Flüssigkeit weiter innen entsteht ebenfalls eine Reibung, sodass die Flüssigkeit über den gesamten Querschnitt abgebremst wird, wobei die Stärke der Abbremsung von außen nach innen abnimmt.

Interessant:

Da alle Flüssigkeitsteilchen in eine Richtung gedrückt werden und durch Hindernisse keine Verwirbelungen auftreten, spricht man von einer laminaren Strömung.

Verwendung zu kleiner Rohre

Ist der Querschnitt einer Rohrleitung zu klein, muss die Pumpenleistung zur Überwindung des Rohrleitungswiderstands erhöht werden.

Der Stromverbrauch steigt; mit ihm die Abnutzung der Pumpe ebenfalls. Ebenso steigt die Gefahr einer Rohrschädigung.

Aus diesem Grund ist die Leitungsdimensionierung einer Anlage auch aus Effizienzgründen wichtig.

Wichtig:

In der Praxis werden Rohrleitungen für den Heizungsbereich immer etwas größer dimensioniert, um Turbulenzen in der Leitung zu vermeiden. Für Rohrleitungen im Trinkwasserbereich sind Turbulenzen durchaus erwünscht, weshalb hier die Dimensionierung immer etwas kleiner ausfällt. Turbulenzen unterstützen in Trinkwasserleitungen den Selbstreinigungseffekt.

Ein physikalischer Hintergrund

Physikalische Berechnungen, die auf der Anwendung physikalischer Gesetze (u. a. das Hagen-Poiseuille-Gesetz) beruhen, ergeben:

Eine Verdopplung des Radius des Rohres bedeutet einen 16-fachen Volumenstrom!

Um also einen höheren Volumenstrom zu erzeugen, wenn der Radius kleiner ist, müsste die Pumpe um ein Mehrfaches stärker arbeiten.

Dabei bedeutet eine doppelte Drehzahl der Pumpe eine Verachtfachung der notwendigen Antriebsenergie.

Erweiterung des Problems

Bisher sind wir in unseren Überlegungen von einem waagerechten Rohr ausgegangen. In Heizungsanlagen laufen vor allem viele Rohre aber senkrecht.

Wie wirkt sich nun die Höhe aus bzw. was muss beachtet werden?

Statische Förderhöhe

Interessant ist es, wie hoch ein Gebäude bzw. eine Heizungsanlage ist und welchen Druck die Pumpe erzeugen muss, um in diese Höhen einen ordentlichen Volumenstrom zu bringen.

Diese Anlagenhöhe wird oft auch als statische Höhe bezeichnet. Aber im Zusammenhang mit dem Rohrreibungswiderstand benötigt man eine Aussage über den Druck.

Dynamische Förderhöhe

Grundsätzlich ‚kämpft‘ die Pumpe gegen den Rohrreibungswiderstand an.

Ist der Druck, den die Pumpe aufbaut (der Förderdruck) genauso groß wie der Rohrreibungswiderstand an einer bestimmten Stellen in der Anlage, dann heben sich dort beide Wirkungen auf, es passiert erst mal gar nichts.

Um also einen bestimmten Förderstrom (Volumenstrom) zu erzeugen, muss der Förderdruck über die gesamte Anlage größer sein als der Rohrreibungswiderstand.

Fazit:

Bei der dynamischen Förderhöhe handelt es sich demzufolge nicht um eine Höhe, sondern um einen zu erzeugenden Förderdruck, der aufgebaut werden muss, um bei einer bestimmten Durchflussmenge (Volumenstrom) die Rohrreibungswiderstände (besser: alle Strömungswiderstände) zu überwinden.

Was hat die dynamische Förderhöhe mit der Höhe zu tun?

Grundsätzlich wird eine Höhe im Metern (m) angegeben.

Die Förderhöhe bezieht sich auf die Höhe der Wassersäule, die als m WS (Meter Wassersäule) bezeichnet wird.

Eine Wassersäule übt einen bestimmten Druck auf die Grundfläche aus, der umso höher ist, je höher die Wassersäule ist. Hier kommt also der Begriff ‚Druck‘ wieder ins Spiel.

Entsprechend der DIN 1301 – Teil 3 kann ein Druck in Meter Wassersäule umgerechnet werden und umgekehrt.

Umrechnungen

Ein Meter Wassersäule übt auf die Grundfläche einen Druck von ca. 9.800 Pa (Pascal) aus. Damit entspricht 1 mWS etwa 9.800 Pa.

Entsprechend gilt: 1 mWS 9.800 Pa (= 9,8 kPa) ca. 0,098 bar

Für viele Berechnungen im Anlagenbereich reichen gerundete Werte aus. Man kann also mit folgenden Pauschalwerten rechnen:

- 1 mWS $\approx$ 10.000 Pa (= 10 kPa) $\approx$ 0,1 bar (oder 100 mbar)
- 10 mWS $\approx$ 100 kPa $\approx$ 1 bar

Fazit:

Mit Förderhöhe ist also meist der durch die Pumpe erzeugte Förderdruck gemeint, der in mWS bestimmt wird.

Information:

Die Einheit ‚Meter Wassersäule‘ ist eine veraltete Einheit, wird aber in Deutschland im Zusammenhang mit der Förderhöhe noch weiter verwendet. Ähnliches gilt für die Einheit ‚bar‘. Aus historischen Gründen sind diese Einheiten im Gedächtnis der Menschen weiterhin präsent.

Zusammenfassende Anmerkungen

- Über die Länge einer Rohrleitung entsteht ein Druckabfall.
- Je kleiner der Querschnitt (der Radius) einer der Rohrleitung ist, desto größer ist der Druckabfall über die Länge der Rohrleitung.
- Ist der Querschnitt einer Rohrleitung zu klein, muss die Pumpenleistung zur Überwindung des Rohrleitungswiderstands erhöht werden.
- Eine Verdopplung des Radius der Rohrleitung bedeutet einen 16-fachen Volumenstrom!
- Die Anlagenhöhe wird oft auch als statische Höhe bezeichnet.
- Bei der dynamischen Förderhöhe handelt es sich nicht um eine Höhe, sondern um einen zu erzeugenden Förderdruck.
- Im Zusammenhang mit der Förderhöhe spricht man vom Rohrreibungswiderstand, also dem Widerstand im Rohrnetz, den die Pumpe überwinden muss, um alle Heizkörper zu durchströmen.
- Ein Meter Wassersäule übt auf die Grundfläche einen Druck von ca. 9.800 Pa (Pascal) aus.
- Für viele Berechnungen im Anlagenbereich rechnet man mit gerundeten Werte: 10 mWS $\approx$ 100 kPa $\approx$ 1 bar

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Vertretungsberechtigte Geschäftsführung:
Corinna Enders, Kristina Haverkamp
Inhaltlich Verantwortliche gemäß § 55 Abs.2 RStV:
Corinna Enders
Registernummer: HRB 78448 B
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin
Tel.: +49 (0)30 66 777 - 0
Fax: +49 (0)30 66 777 - 699
info@dena.de
www.dena.de

Autorinnen und Autoren:

KEDi/dena

Konzeption & Gestaltung:

MTL Medien-Technologien Leipzig GmbH

Stand:

06/2024

Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter Zustimmungsvorbehalt der dena.

Kompetenzzentrum Energieeffizienz durch Digitalisierung (KEDi)

Ein Projekt der dena
Leipziger Str. 85 a
06108 Halle (Saale)
info@kedi-dena.de
www.kedi-dena.de



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

Die Veröffentlichung dieser Publikation erfolgt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) unterstützt die Bundesregierung in verschiedenen Projekten zur Umsetzung der energie- und klimapolitischen Ziele im Rahmen der Energiewende.