

Druckverteilung in Heizungsnetzen

Zum sicheren Betrieb eines mit Wasser als Wärmeträger betriebenen Heiznetzes ist u.a. notwendig:

1. Das Netz muss immer an jeder Stelle mit Wasser gefüllt sein.
2. Der Druck sollte immer an jeder Stelle über Atmosphärendruck liegen.
3. Der Druck sollte immer an jeder Stelle über dem Dampfdruck liegen.
4. Der Druck darf an keiner Stelle bestimmte zulässige Werte übersteigen.

Zur Beurteilung des Netzes hinsichtlich dieser Kriterien ist die Kenntnis der Druckverteilung im Netz notwendig. Zur Erfüllung der aufgestellten Forderungen ist eine Einrichtung notwendig, die das Druckniveau der Anlage festlegt, die Druckhaltung. In der einfachsten Form ist es ein offenes, hochgelegenes Ausdehnungsgefäß. Diese Druckhaltung diktiert in der Anlage bei stehender Pumpe einen Druck - den Ruhedruck. Wird die Umwälzpumpe eingeschaltet, so überlagern sich Ruhedruck und Pumpendruck, in der Anlage herrscht der Betriebsdruck. An einem einfachen System sollen die Druckverhältnisse (Ruhedrucklinie, Betriebsdrucklinie) und die Einflüsse auf sie erklärt werden.

1. Drucklinien eines einfachen Heizsystems

1.1. Drucklinien eines einfachen, horizontalen Heizsystems

Der Kreislauf besteht aus Kessel, Heizkörper, Umwälzpumpe und verbindenden Rohrleitungen. In Punkt A ist ein hochliegendes, offenes Ausdehnungsgefäß angeschlossen, dessen Wasserspiegel um die Höhe h_R über der Ebene des Heizkreises liegt.

Würden in allen wichtigen Punkten im Heizkreis Standrohre (Piezometer) angeordnet sein, so würde das Wasser bei stillstehender Pumpe in ihnen überall die Höhe h_R haben. Verbindet man die Wasserstände, so erhält man die Ruhedrucklinie.

Der Ruhedruck (Überdruck) beträgt:

$$p_R = \rho \cdot g \cdot h_R$$

mit:

h_R Ruhedruckhöhe

Wird die Umwälzpumpe eingeschaltet, so ändert sich der Druckverlauf, man erhält die Betriebsdrucklinie. Man kommt zu der Betriebsdrucklinie, indem man vom Druck im Punkt A, der sich durch Einschaltung der Pumpe nicht ändert, ausgeht und die Druckverluste bzw. die Druckerhöhung aufträgt.

Der Betriebsdruck (Überdruck) an der Stelle X beträgt:

$$p_{BX} = \rho \cdot g \cdot h_X$$

mit

h_X Betriebsdruckhöhe

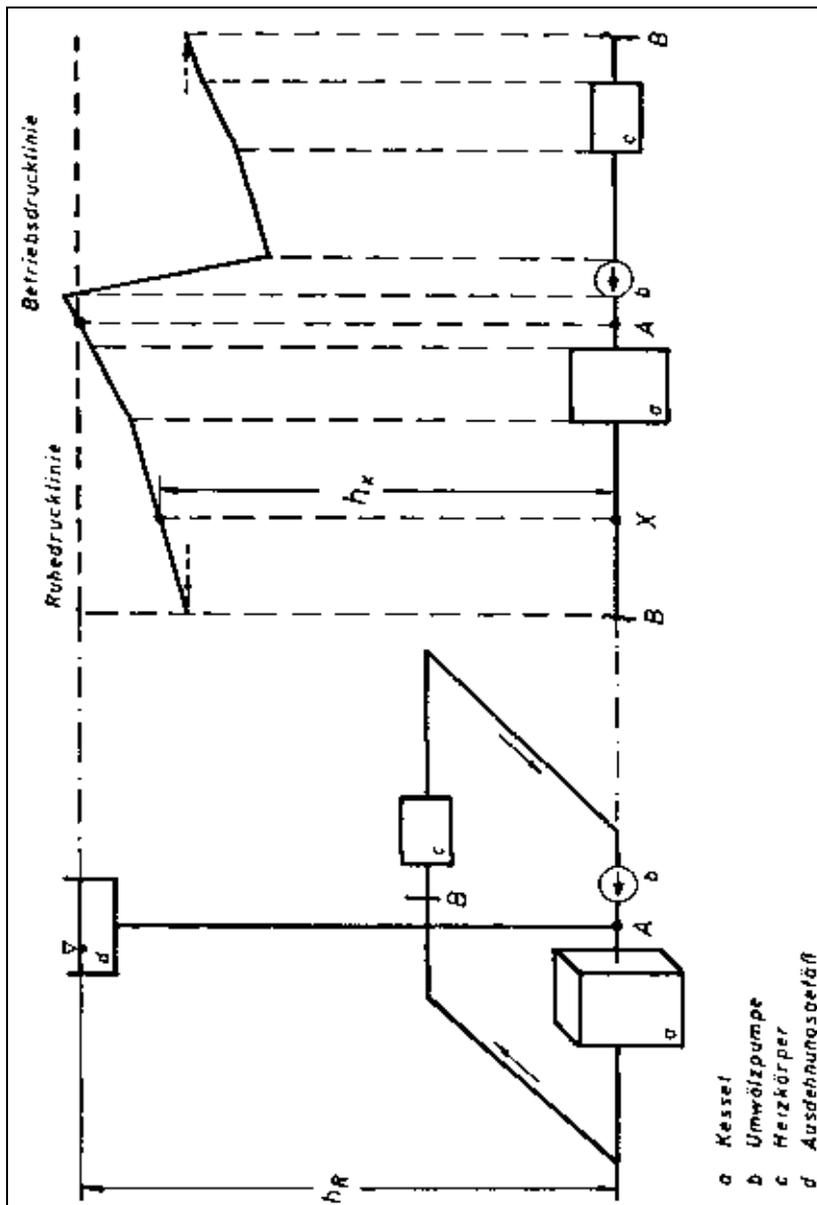


Bild 1 Einfaches horizontales Netz

Anmerkung:

Wird an Stelle des offenen hochliegenden Ausdehnungsgefäßes ein geschlossenes tief liegendes Ausdehnungsgefäß eingesetzt, so kann die obige Darstellung gewählt werden. Es ist dann:

$$h_R = \frac{p_A}{\rho \cdot g}$$

mit p_A Überdruck im Ausdehnungsgefäß

1.2. Drucklinien eines einfachen, vertikalen Heizsystems

Um die Druckverhältnisse in einer vertikalen Heizanlage zu zeigen, wurden vom Heizkreis nur die Umwälzpumpe und die Rohrleitung dargestellt. Desweiteren wurde das Rohrnetz nicht aufgeschnitten.

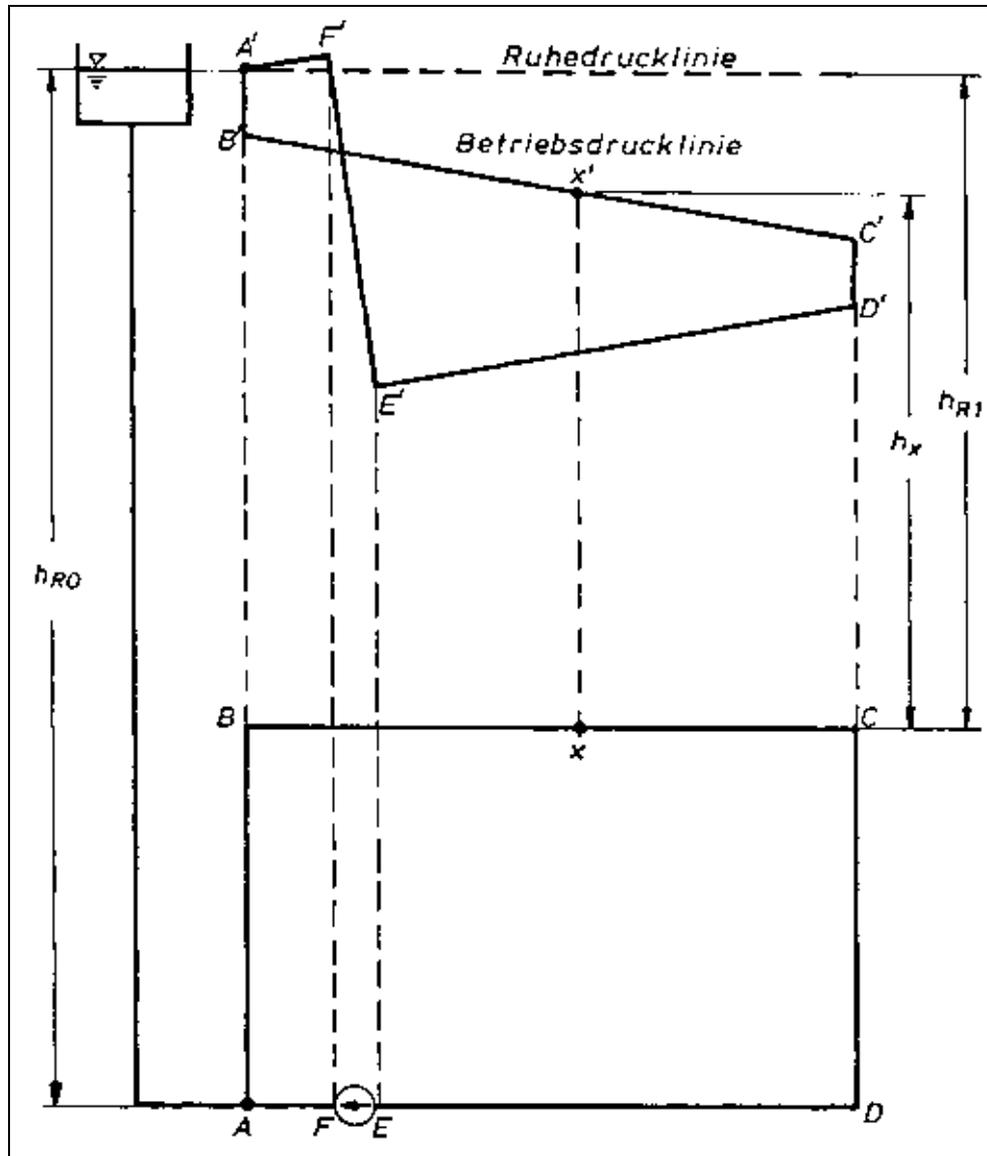


Bild 2 Einfaches vertikales Netz

In den einzelnen Ebenen herrscht unterschiedlicher Ruhedruck.

Ebene A, F, E, D = Ebene 0

$$p_{R0} = \rho \cdot g \cdot h_{R0} \quad (\text{Überdruck})$$

Ebene B, X, C = Ebene 1

$$p_{R1} = \rho \cdot g \cdot h_{R1} \quad (\text{Überdruck})$$

Nach Einschalten der Umwälzpumpe ergibt sich die Betriebsdrucklinie. Der vertikale Höhenabstand zwischen dem zugeordneten Punkt der Betriebsdrucklinie (z.B. X') und dem Systempunkt (z.B. X) ist ein Maß für den Betriebsdruck im Punkt X.

Der Betriebsdruck im Punkt X beträgt:

$$p_{BX} = \rho \cdot g \cdot h_X$$

Der Anschlusspunkt eines Ausdehnungsgefäßes wird auch als neutraler Punkt bezeichnet.

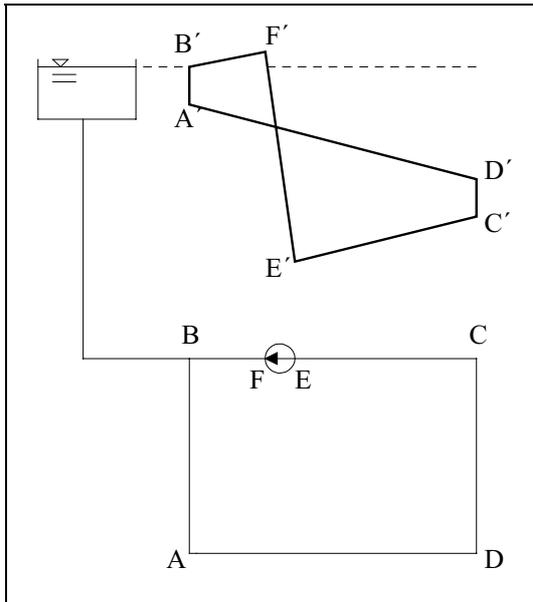


Bild 3: Drucklinien eines einfachen vertikalen Systems

($p_R = p_B$).

$$p_{RB} = p_{RA} - \rho \cdot g \cdot (h_{R0} - h_{R1}) \quad (\text{Ruhedruck})$$

$$h_{VAB} \equiv \text{Abstand (A' - B')} \quad (\text{Druckverlusthöhe})$$

Ruhedruckhöhe an der Stelle B ist h_{R1} . Die Betriebsdruckhöhe ist $h_{B,B} = \text{Abstand (B - B')}$

Fragen

1. In welchem Punkt herrscht der höchste Druck ? Antwort: In Punkt F.
2. In welchem Punkt herrscht der tiefste Druck ? Antwort: In Punkt C.
3. Wie sehen die Druckverhältnisse aus bei folgender Anordnung der Pumpe (Dachzentrale)? Antwort: Der geringste Überdruck liegt vor der Pumpe vor.

1.3. Einfluss des Anschlusspunktes des Ausdehnungsgefäßes auf die Druckverteilung

Bei gleicher Ruhedruckhöhe und Pumpenförderhöhe ist für die Betriebsdrucklinie der Ort der Anbindung an das System und der Sitz der Umwälzpumpe entscheidend.

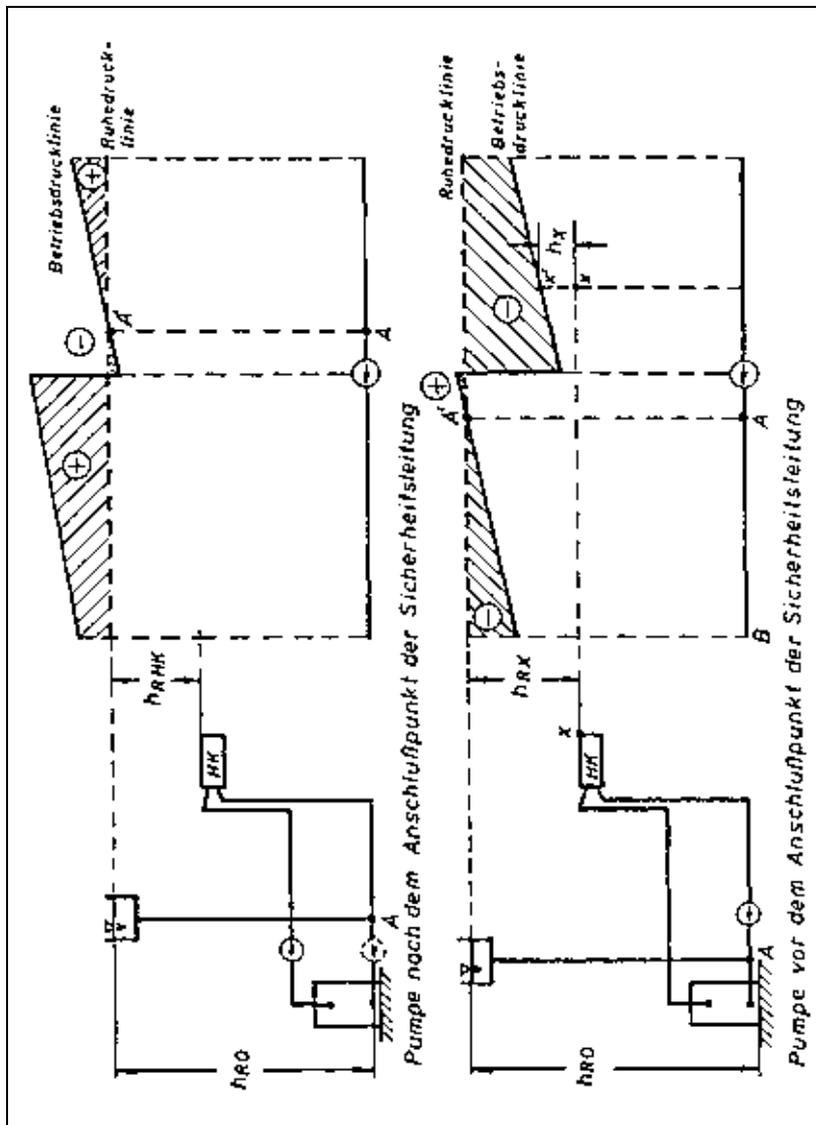


Bild 4: Einfluss des Anschlusspunktes

Aus dem Diagramm kann folgendes entnommen werden:

- Liegt der Anschlusspunkt A vor der Pumpe (in Strömungsrichtung gesehen), so liegt der Betriebsdruck praktisch immer über dem Ruhedruck.
- Nur der Kessel liegt bei Einsatz einer Vorlaufpumpe im Druckniveau unter dem Ruhedruck.

Dies kann vermieden werden, wenn die Pumpe zwischen Anschlusspunkt A und Kessel im Rücklauf installiert wird. Aber: Sicherheitsvorschriften DIN 4751 beachten!

Wird die Pumpe vor dem Anschlusspunkt A installiert, so liegt der Betriebsdruck praktisch überall unter dem Ruhedruck, was bedeutet, dass die Schlussfolgerung „bei Pumpenruhe genügend hohes Druckniveau, also auch bei Betrieb genügend hohes Druckniveau“ nicht gemacht werden kann.

Will man absolute Klarheit über die Druckverhältnisse, so müssen detaillierte Untersuchungen vorgenommen werden. Mit größter Wahrscheinlichkeit ist diese Schaltung möglich, wenn am höchsten Anlagenpunkt $h_x > 0$ ist.

Dies kann durch eine Überschlagsrechnung ermittelt werden, die dadurch große Sicherheit enthält, dass die gesamten Druckverluste ($h_v = h_p$) nur auf die Strecke „Pumpe - höchster Punkt“ geschlagen werden.

Dann gilt:

$$h_x > 0 \\ h_{x\min} = h_{RX} - h_P \quad \Rightarrow \quad h_{RX} > h_P$$

Bei Einsatz eines geschlossenen Membran-Ausdehnungsgefäßes gilt:

$$h_P < h_{RX} = \frac{p_A}{\rho \cdot g} - h_{X\text{geo}}$$

$$h_P < \frac{p_A}{\rho \cdot g} - h_{X\text{geo}}$$

$$p_A > \rho \cdot g \cdot (h_P + h_{X\text{geo}})$$

1.4. Veränderung der Drucklinien während des Heizbetriebs

Während des Heizbetriebes treten Veränderungen der Drucklinien auf durch:

1. Erwärmung des Wassers und damit Volumenausdehnung.
2. Verkleinerung der Volumenströme bei Teillast.

1.4.1. Verschiebung der Drucklinien durch Wassererwärmung

Bei Einsatz eines geschlossenen Ausdehnungsgefäßes erhöht sich der Ruhedruck infolge Wasserausdehnung bei Erwärmung. Es verschiebt sich damit die Ruhedrucklinie und Betriebsdrucklinie zu höheren Werten. Bei offenen Systemen steigt zwar bei Erwärmung des Wassers der Wasserspiegel im Ausdehnungsgefäß an. Der Anstieg ist aber infolge des großen Gefäßquerschnitts gering.

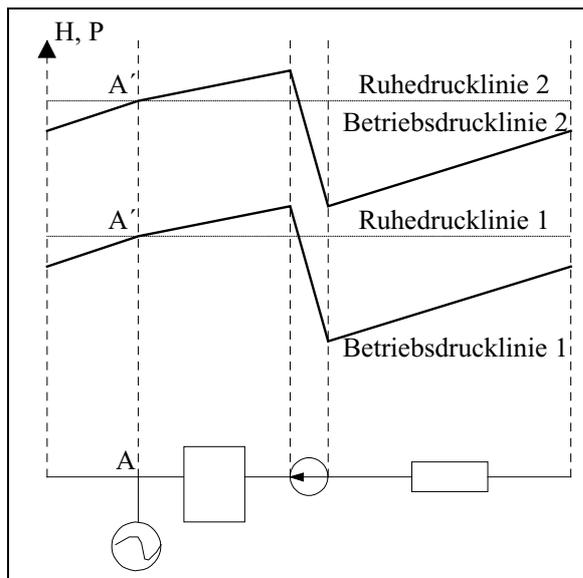


Bild 5 Druckverteilung im geschlossenen System mit Membranausdehnungsgefäß bei verschiedenen Betriebstemperaturen (1 kalter Zustand - 2 warmer Zustand)

1.4.2. Veränderung der Betriebsdrucklinien bei Veränderung des Volumenstroms durch Drosselung

Die Steilheit der Betriebsdrucklinie hängt von den Druckverlusten ab. Die Druckverluste sind abhängig vom Volumenstrom. Bei Anlagen, bei denen die Wärmeabgabe durch Veränderung des Volumenstroms geregelt wird, stellt sich für jeden Lastpunkt eine bestimmte Druckverteilung ein.

Der umlaufende Heizwasserstrom wird durch ein Regelventil verändert. Das Druckdiagramm enthält (außer der Ruhedrucklinie) zwei Betriebsdrucklinien und zwar für Vollast (Heizwasserstrom entspricht der Auslegung, $\dot{V} = \dot{V}_{100}$, Regelventil voll geöffnet) und den Teillastpunkt, bei dem der halbe Heizwasserstrom fließen möge ($\dot{V}_{50} = 0,5 \cdot \dot{V}_{100}$). Man kann überschlägig davon ausgehen, dass beim halben Heizwasserstrom die Druckhöhenverluste im Heizwasserkreislauf auf $\frac{1}{4}$ der ursprünglichen Beträge reduzieren. Dies gilt jedoch nicht für das Regelventil. Im Zusammenwirken von Rohrleitungen und Regelventil darf nämlich das hydraulische Verhalten der Umwälzpumpe nicht unberücksichtigt bleiben.

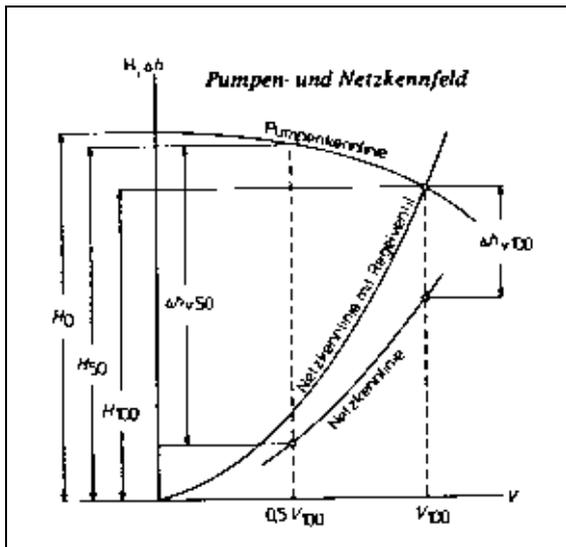


Bild 6: Einfluss der Lastveränderung auf die Druckverteilung; konstante Pumpendrehzahl

Da bei kleiner werdendem Volumenstrom die Druckverluste in den Leitungen zurückgehen, aber die Pumpenförderhöhe ansteigt, muss der Höhenüberschuss durch das Ventil weggedrosselt werden. Der Ruhedruck ist unabhängig von der Last, so dass die Ruhedrucklinie von Änderungen des Heizwasserstroms nicht beeinflusst wird.

Die Betriebsdrucklinie dagegen wird bei halbem Heizwasserstrom nicht nur flacher, sondern ändert auch ihre Höhenlage. Ursache hierfür ist, wie man erkennt, der größer gewordene Druckhöhenverlust des nunmehr teilweise geschlossenen Regelventils, in Verbindung mit der ansteigenden Pumpenförderhöhe.

Die Neigung und Höhenlage der Betriebsdrucklinie werden im Extremfall am stärksten verändert, wenn bei laufender Pumpe das Regelventil ganz schließt. In diesem Fall werden die Druckhöhenverluste im System gleich Null und es stellen sich folgende Druckverhältnisse ein: Zwischen Punkt A und dem Regelventil herrscht der Ruhedruck; auf der Teilstrecke zwischen dem Regelventil und dem Pumpenzulaufstutzen stellt sich eine Betriebsdruckhöhe ein, die um die Nullförderhöhe H_0 der Pumpe niedriger ist als die Ruhedruckhöhe.

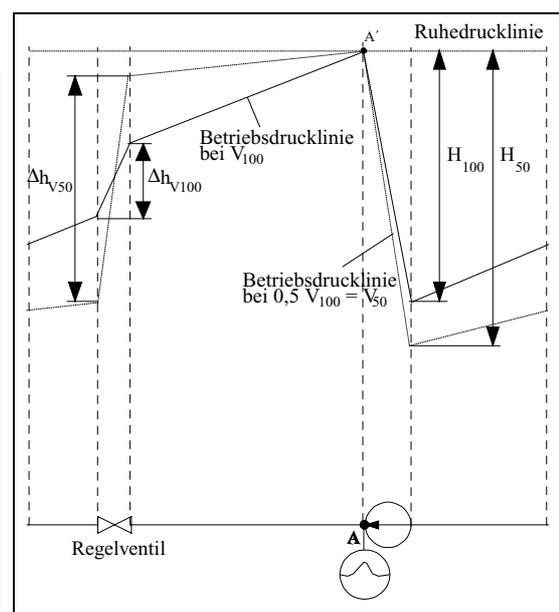
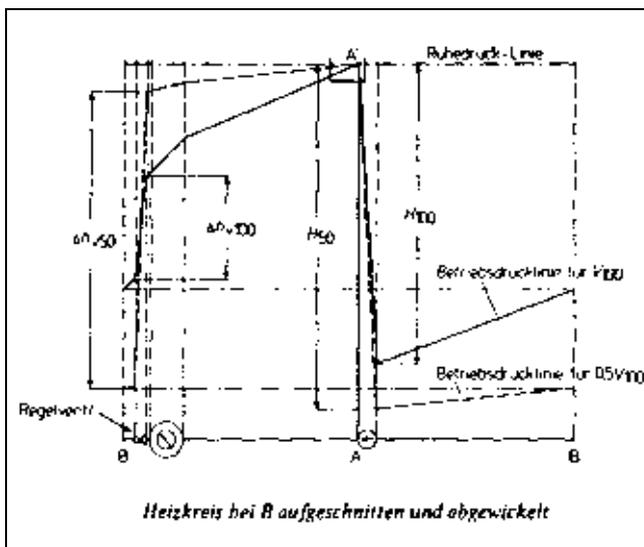


Bild 7: Druckdiagramm

1.4.3. Veränderung der Betriebskennlinie bei Veränderung des Volumenstroms durch Drehzahländerung der Pumpe

Weitere Veränderungen am Druckdiagramm bei Teillast ergeben sich, wenn die Drehzahl der Umwälzpumpe verändert wird. Die bei Teillast in einem solchen Fall verkleinerte Pumpenförderhöhe bewirkt (im Gegensatz zu dem Beispiel mit konstanter Pumpendrehzahl) eine Verschiebung der Betriebsdrucklinie bei verringertem Heizwasserstrom an allen Stellen des Kreislaufs nach oben, wenn der neutrale Punkt A beim Druckstutzen der Pumpe liegt.

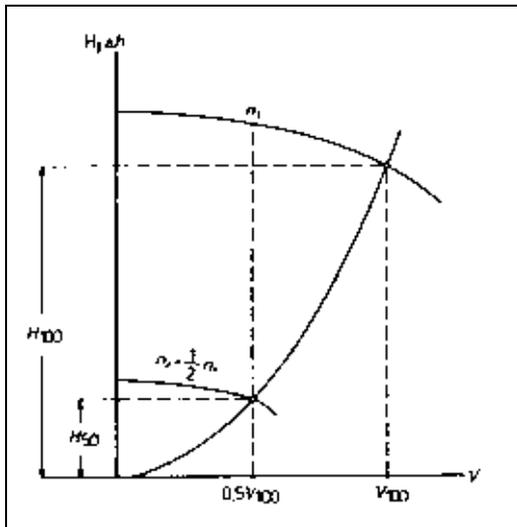


Bild 8 Einfluss bei Laständerungen auf die Druckverteilung; veränderliche Pumpendrehzahl

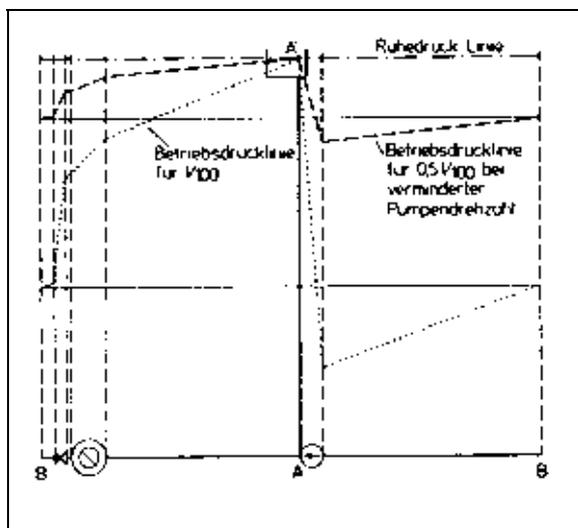


Bild 9: Druckdiagramm

Zusammenfassung:

- Der Ruhedruck ist derjenige Überdruck in einem Heizkreis mit flüssigem Wärmeträger, der sich bei stillstehender Pumpe einstellt; er wird durch die Druckhaltung „von außen“ aufgeprägt und hat an jedem Punkt derselben Ebene den gleichen Betrag.
- Als Betriebsdruck wird derjenige statische Druck (Überdruck) definiert, der an einem bestimmten Punkt des Heizkreises herrscht, wenn sich die Pumpe in Betrieb befindet; er hat für jeden Punkt einen anderen Betrag.
- Die Höhe des Ruhedruck bestimmt das Druckniveau im System.
- Der Betriebsdruck kann höher oder niedriger sein als der Ruhedruck.
- Nur im Anschlusspunkt der Druckhaltung an den Heizkreislauf ist der Betriebsdruck gleich dem Ruhedruck, der Anschlusspunkt ist der „neutrale Punkt“ des Systems.
- Bei einer Erhöhung oder Erniedrigung des Ruhedrucks verschiebt sich der Betriebspunkt in gleichem Maße nach oben oder nach unten.
- Zusammen mit dem Ruhedruck bestimmt der Anschlusspunkt der Druckhaltung an den Kreislauf die Druckverteilung.
- Liegt der Anschlusspunkt der Druckhaltung auf der Druckseite der Umwälzpumpe, so ist der Betriebspunkt (fast) überall niedriger als der Ruhedruck.
- Liegt der Anschlusspunkt auf der Zulaufseite der Umwälzpumpe, so ist der Betriebsdruck (fast) überall höher als der Ruhedruck.
- Eine Wasserheizung soll nur eine Druckhaltung haben.
- Eine durch Regeleingriffe hervorgerufene Änderung des Heizwasserstromes bewirkt eine Änderung des Betriebsdrucks auch dann, wenn der Ruhedruck konstant bleibt.
- Ob bei Änderung des Heizwasserstroms der Betriebsdruck ansteigt, oder abnimmt hängt insbesondere ab
 - vom Anschlusspunkt der Druckhaltung,
 - von der örtlichen Lage des Messpunktes,
 - davon, ob die Pumpe mit konstanter oder variabler Drehzahl betrieben wird.
- Negative Betriebsdruckhöhen bedeuten Unterdruck in dem betreffenden Leitungsteil; im Druckdiagramm sind sie daran zu erkennen, dass die Betriebsdrucklinie unter der zugehörigen Systemlinie liegt.

1.5. Druckverteilung bei „mehreren Ausdehnungsgefäßen“

Mehrere Ausdehnungsgefäße werden eventuell bei Heizungsanlagen mit mehreren Kesseln eingesetzt. Desweiteren können die Erkenntnisse, die nachfolgend gewonnen werden zur Klärung der Vorgänge in Heizungsanlagen, die nach DIN 4751 Teil 1 (offene Ausdehnungsgefäße) ausgerüstet sind, beitragen. Bei zwei Ausdehnungsgefäßen sehen die Verhältnisse folgendermaßen aus:

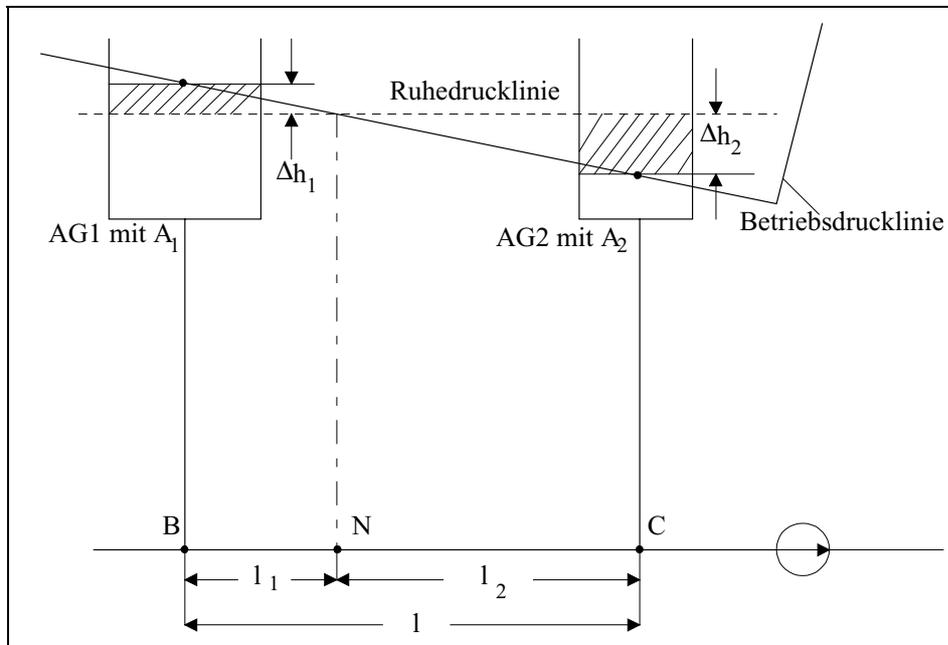


Bild 10: Druckverteilung bei mehreren Ausdehnungsgefäßen

Es ist der Druckhöhenverlust von B nach C:

$$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2$$

Das von AG1 und AG2 verschobene Volumen ist:

$$\Delta V = \Delta h_1 \cdot A_1 = \Delta h_2 \cdot A_2$$

Damit ergibt sich:

$$\Delta h_1 \cdot A_1 = A_2 \cdot (\Delta h - \Delta h_1)$$

$$\Delta h_1 \cdot (A_1 + A_2) = A_2 \cdot \Delta h$$

$$\Delta h_1 = \frac{A_2}{(A_1 + A_2)} \cdot \Delta h = \frac{\Delta h}{1 + \frac{A_1}{A_2}}$$

$$\frac{A_1}{A_1 + A_2} \cdot \Delta h = \Delta h_2 = \frac{\Delta h}{1 + \frac{A_2}{A_1}}$$

Der Punkt N, bei dem Ruhedruck und Betriebsdruck gleich sind (auch neutraler Punkt genannt) liegt zwischen den beiden Ausdehnungsgefäßen. Seine Lage ergibt sich wie folgt:

$$\frac{\Delta h_1}{l_1} = \frac{\Delta h_2}{l_2}$$

$$\frac{\Delta h_1}{\Delta h_2} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{l_1}{l_2} = \frac{l_1}{l-l_1}$$

$$\frac{A_2}{A_1} \cdot (l-l_1) = l_1$$

$$l_1 \cdot \left(1 + \frac{A_2}{A_1}\right) = \frac{A_2}{A_1} \cdot l$$

$$l_1 = \frac{l}{1 + \frac{A_1}{A_2}} = \frac{A_2}{A_1 + A_2} \cdot l$$

$$l_2 = \frac{l}{1 + \frac{A_2}{A_1}} = \frac{A_1}{A_1 + A_2} \cdot l$$

Beispiel: Gegeben ist folgende vereinfacht dargestellte Heizungsanlage

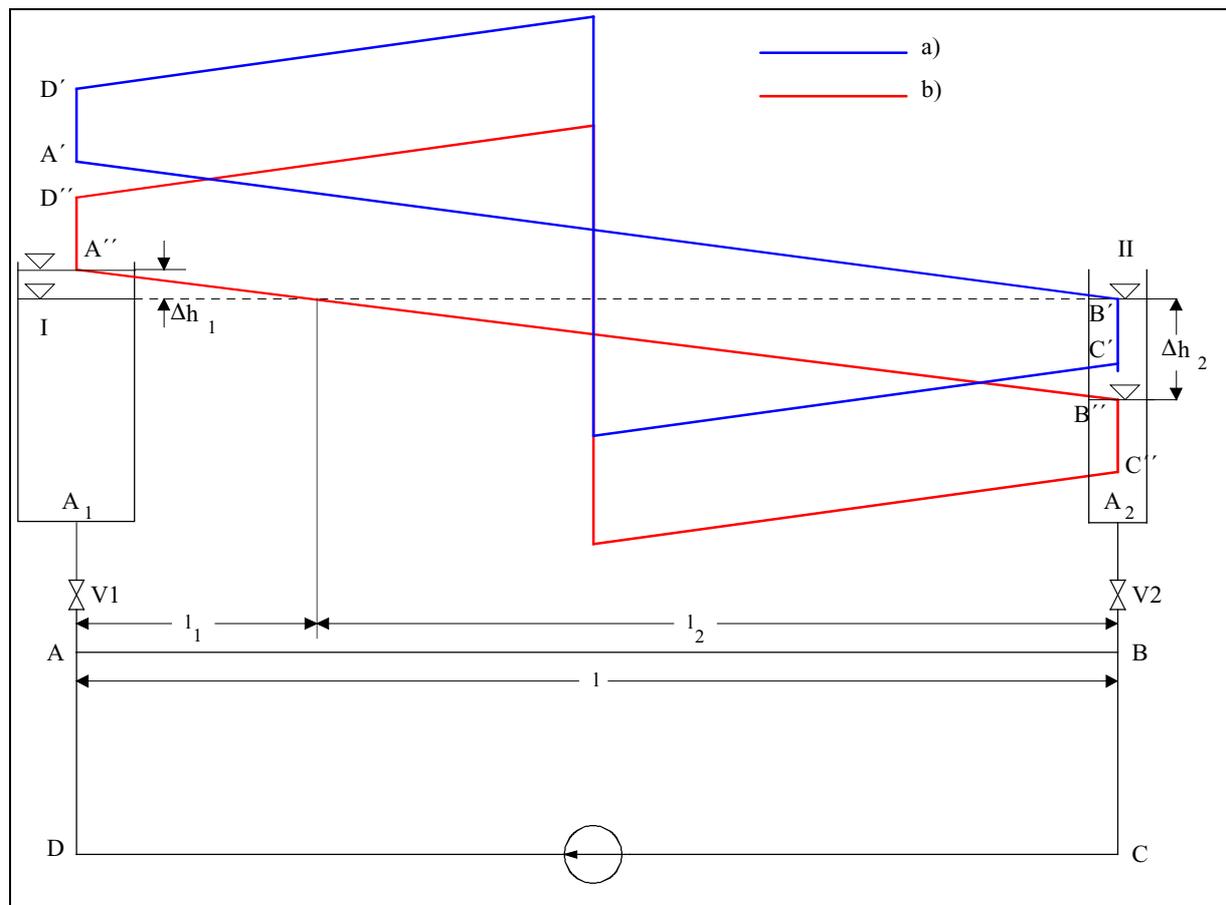


Bild 11: Beispiel

Gegeben ist:

$$\Delta p_{AB} = \Delta p_{CD} = 4 \text{ mWS}$$

$$A_2 = 0,5 A_1$$

$$\Delta p_{BC} = \Delta p_{DA} = 2 \text{ mWS}$$

$$\text{Maßstab } 5 \text{ mm} \equiv 1 \text{ mWS}$$

Gesucht:

a) Betriebsdruckverlauf wenn V_1 geschlossen und V_2 geöffnet

b) Betriebsdruckverlauf bei V_1 und V_2 geöffnet

zu a)

Neutraler Punkt in B bekannt, alle Druckverluste bekannt, zeichnerische Lösung möglich.

zu b)

Bestimmung des neutralen Punktes:

$$\frac{\Delta h_1}{\Delta h} = \frac{A_2}{A_2 + A_1}$$

$$\frac{\Delta h_1}{\Delta h_2} = \frac{A_2}{A_1} = 0,5$$

gegeben ist der Druckverlust von A nach B:

$$\Delta h = 4 \text{ mWS} \quad A_1 = 2 \cdot A_2$$

$$\Delta h_1 = \frac{A_2}{A_2 + A_1} \cdot \Delta h$$

$$\Delta h_1 = \frac{4 \text{ mWS}}{1 + 2} = 1,333 \text{ mWS}$$

$$\Delta h_2 = \frac{4 \text{ mWS}}{1 + 0,5} = 2,666 \text{ mWS}$$

$$\frac{l_1}{l} = \frac{A_2}{A_1 + A_2} = \frac{0,5 \cdot A_1}{A_1 + 0,5 \cdot A_1} = 0,333$$

$$l_1 = 0,333 \cdot l$$

1.5.1. Druckverteilung in Heizungsanlagen mit 2 Sicherheitsleitungen nach DIN 4751-1

Ist eine Spiegelfläche A_2 klein gegenüber der anderen A_1 - z.B. ein Rohr gegenüber einem Ausdehnungsgefäß - so wird $A_1 / A_2 \rightarrow \infty$ und $A_2 / A_1 \rightarrow 0$. Das bedeutet, dass die Spiegelveränderung im Ausdehnungsgefäß und die Verschiebung des neutralen Punktes nahezu null sind.

In Bild 12 sind die Druckverhältnisse dargestellt, wie sie in Anlagen mit offenem, hochliegendem Ausdehnungsgefäß und zwei Sicherheitsleitungen (SV und SR) auftreten.

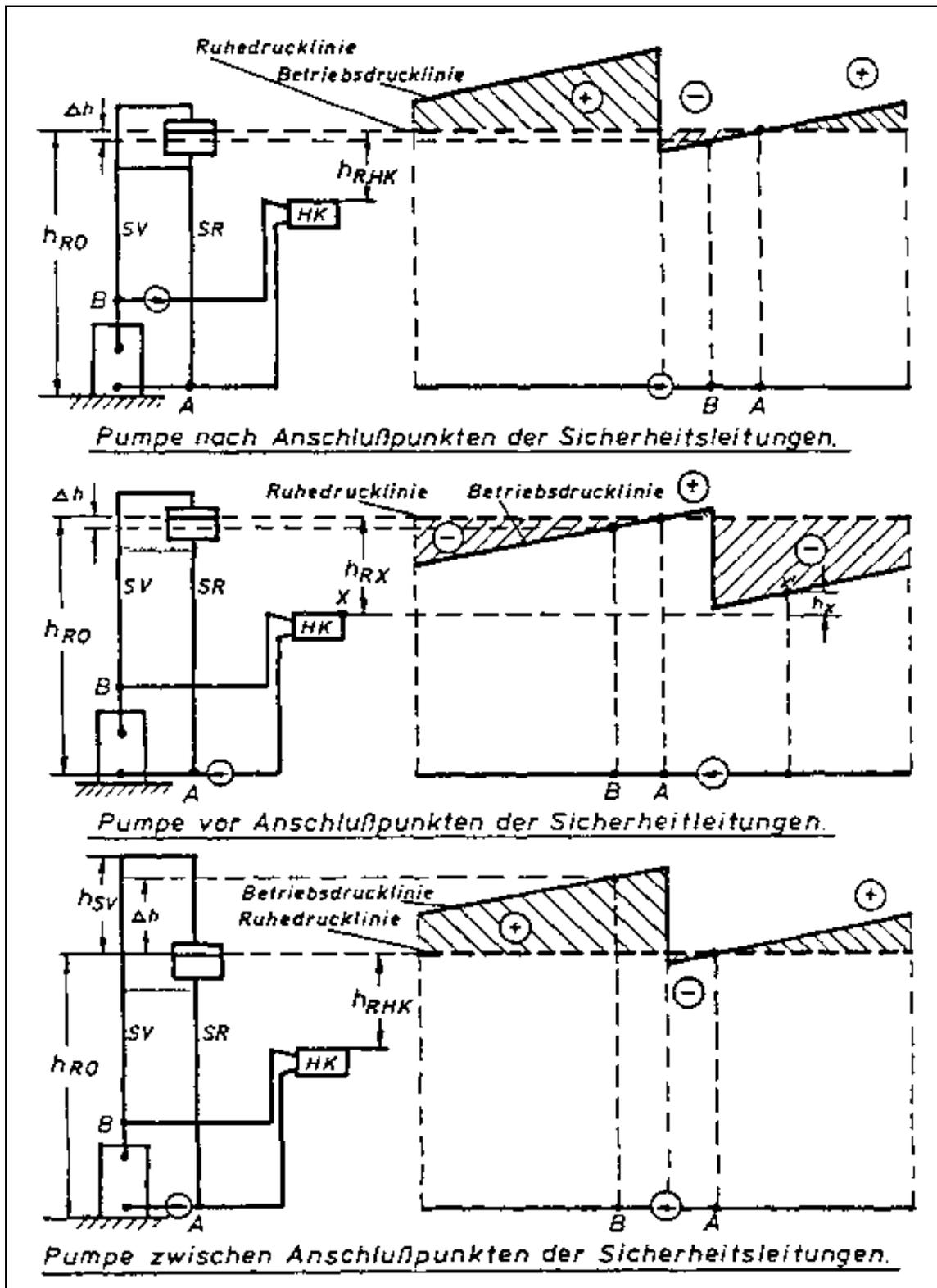


Bild 12 Druckverteilung bei 2 Sicherheitsleitungen (Beispiel I, II und III)

Dazu ist zu sagen: Bei I und II ist der Wasserspiegel im SV tiefer als im SR. Dies kann über die Verbindungsleitungen zu

- a) Wasserkreislauf zwischen SR und SV kommen
- b) Lufteinbringung führen.

Bei II gilt: $h_P < h_{RX}$. Damit bleibt h_X positiv. Der HK kann keine Luft saugen.

Beispiel III ist nur möglich, wenn $h_{SV} > h_P$ ist. Der Heizkörper bleibt in Betrieb, wenn $h_{SV} < h_P$ ist. Bei Kurzschluss über das Ausdehnungsgefäß geht der Heizkörper außer Betrieb.

1.5.2. Einfluss von Luftansammlungen auf die Druckverteilung bei MAG

Gezeigt werden sollen die Auswirkungen an einem einfachen Heizkreis.

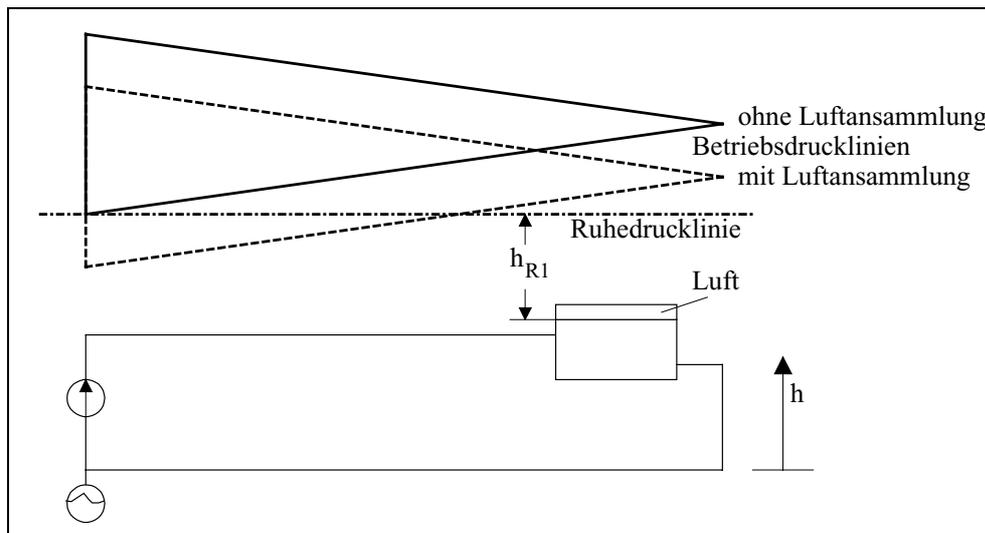


Bild 13: Betriebskennlinien ohne und mit Luftansammlung im Heizkörper

In der Heizungsanlage befindet sich im Heizkörper Luft, die bei Pumpenstillstand unter einem bestimmten Druck h_{R1} steht. Nach Einschalten der Pumpe steigt der Druck im Heizkörper und das Luftvolumen wird komprimiert. Ein Teil des ursprünglichen Luftvolumens wird durch Wasser ersetzt, das aus dem Ausdehnungsgefäß stammt. Dadurch sinkt der Druck im Ausdehnungsgefäß und damit liegt auch die Betriebsdrucklinie tiefer als diejenige ohne Luftansammlung.

2. Beispiele zu Drucklinienverläufen in Heizungsnetzen

In den folgenden Bildern sind Druckdiagramme qualitativ dargestellt für:

- Zweirohrheizung,
- Zweirohrheizung mit Tichelmann-Rohrführung,
- Einrohrheizung.

2.1. Zweirohrheizung

Sobald man sich mit den Zusammenhängen über die Druckverteilung bei Wasserheizungen und deren Darstellungsart einmal vertraut gemacht hat, kann man ohne weiteres das prinzipielle Druckdiagramm für jede beliebige Anlage aufzeichnen.

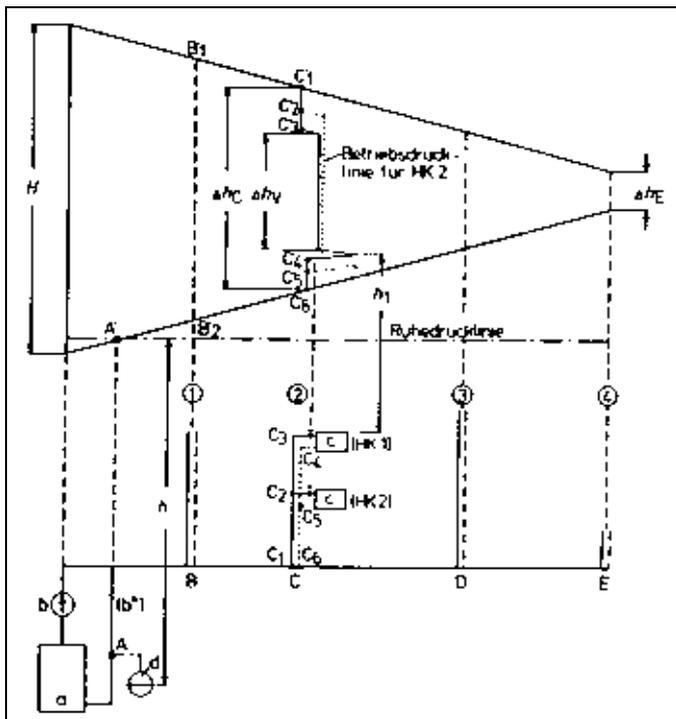


Bild 14 Druckdiagramm einer Zweirohrheizung

Bild 14 zeigt als Beispiel eine Pumpenheizung mit unterer Verteilung und 4 Strängen. Stellvertretend für die ganze Anlage sind zwei Heizkörper dargestellt. Das Druckdiagramm enthält außer der Ruhedrucklinie die Betriebsdrucklinien für die unteren Verteilungen, den Kessel- bzw. Pumpenteil des Heizkreises sowie die beiden Heizkörper des Stranges 2. Die Betriebsdrucklinien sagen nicht nur etwas über die an bestimmten Punkten des Systems herrschenden Betriebsdrücke aus, sondern liefern auch eine wichtige Erkenntnis über die Knotenpunktdruckdifferenzen.

Als Knotenpunkt werden Punkte des Systems bezeichnet, an denen ein Strang mit Vorlauf- und Rücklaufleitungen von den Hauptleitungen abzweigt. In gleicher Weise werden die Anschlusspunkte der Vor- und Rücklaufleitungen der Heizkörper an die Strangleitungen als Knotenpunkte bezeichnet. Zwischen den Knotenpunkten entsteht ein Druckunterschied, bedingt durch die Druckverluste in den weiterführenden Leitungen. Dieser Druckunterschied heißt „Knotenpunktdruckdifferenz“.

Bezeichnet zum Beispiel bei der dargestellten Anlage C_1 den Stromtrennungspunkt (=Vorlaufanschluss) und C_6 den Stromvereinigungspunkt (=Rücklaufanschluss) des Stranges 2, so ist die Strecke $C_1 - C_6$ ein Maß für die Knotenpunktdifferenz, die für den Strang 2 zur Verfügung steht und Δh_C die entsprechende (Knotenpunkts-) Druckhöhendifferenz. Das entsprechende gilt für die anderen Stränge und die Heizkörperanschlüsse.

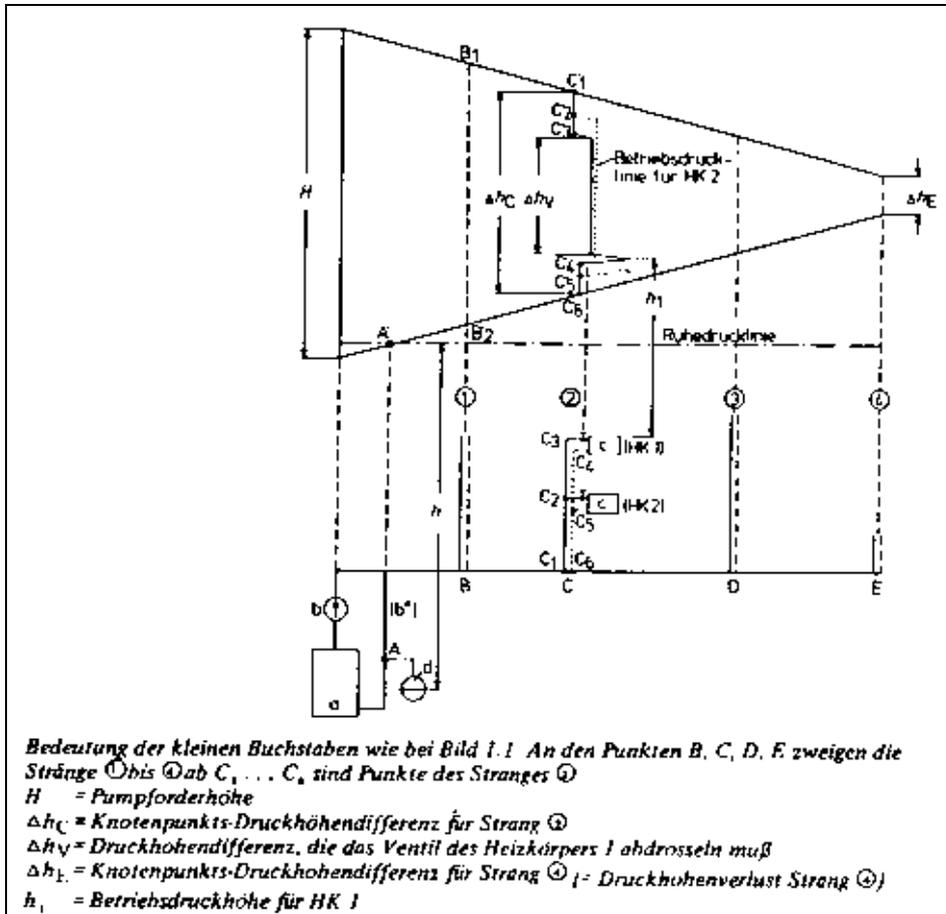


Bild 15: Druckdiagramm einer Zweirohrheizung mit unterer Verteilung

Man erkennt aus dem Betriebsdruckdiagramm, dass die Knotenpunktsdruckdifferenz bei dem Strang, der der Pumpe am nächsten liegt, am größten ist und beim pumpenentferntesten Strang (4) den kleinsten Betrag (Δh_E) hat.

Bei den meisten größeren Anlagen werden sich die Gesamtleistungen der an die einzelnen Stränge angeschlossenen Heizkörper nicht allzu sehr unterscheiden; damit sind die Heizwasserströme der einzelnen Stränge ebenfalls nicht allzu sehr unterschiedlich. Da man bei der Dimensionierung auf die genormten Rohrweiten angewiesen ist, ergibt sich, dass die für die pumpennäheren Stränge verfügbaren Knotenpunktdruckdifferenzen im allgemeinen nicht aufgebraucht werden; der Überschuss muss durch die Voreinstellung der Heizkörperventile und (oder) durch etwa vorgesehene Strangabsperrentile abgedrosselt werden., sonst ergeben sich nicht die gewünschten Massenströme. Der Grad der Voreinstellung ist für jedes Ventil anders. Als Regel kann gelten, dass die Ventildrosselung um so größer sein muss, je kürzer der Wasserweg zwischen Kessel (Pumpe) und Heizkörper ist.

In Bild 14 sind auch noch die Knotenpunktdruckdifferenzen (als Druckhöhendifferenzen) für die Heizkörper 1 und 2 des Stranges 2 dargestellt. Für den Heizkörper 1 ist dabei die Strecke $C'_3 - C'_4$ das Maß für die verfügbare Druckdifferenz. Hiervon brauchen die Heizkörperanschlussleitungen und der Heizkörper selbst nur den kleineren Teil; der größere (Δh_v) entfällt auf das Heizkörperventil. Die Druckdifferenz ($C'_2 - C'_5$) steht für den Anschluss des Heizkörpers 2 zu Verfügung. Aus der punktierten Druckhöhendifferenz ist zu erkennen, dass das Ventil dieses Heizkörpers eine größere Druckdifferenz abzudrosseln hat, als das des Heizkörpers 1, denn es befindet sich strömungstechnisch dichter an der Pumpe.

Im übrigen zeigt das Druckdiagramm - wie bisher - die zu erwartende Druckverteilung in der Anlage. Aus der Höhe h_1 erkennt man beispielsweise den für den Heizkörper 1 maßgebenden Druck.

Denkt man sich die Pumpe in die Rücklaufleitung eingebaut (die entsprechende Stelle ist im Systemschema, Bild 14, mit (b*) gekennzeichnet), so ändert sich - gleichen Druck im Ausdehnungsgefäß vorausgesetzt - am Betriebsdruckdiagramm praktisch nur das Niveau, es verlagert sich nach unten. Um wieviel das der Fall ist, kann bestimmt werden, indem man das Betriebsdruckdiagramm auf Transparentpapier durchzeichnet und dieses entsprechend verschiebt. Es ist festzustellen, dass Teile der Drucklinie (besonders deutlich an Heizkörper 2) unterhalb der zugehörigen Systemlinie verlaufen, also dort Unterdruck entsteht. An den Stopfbuchsen der Ventile, an etwa vorhandenen automatischen Heizkörperentlüftern usw. wird Luft in die Anlage eindringen, die Störungen verursacht (Korrosionsgefahr, Unterbrechung oder Beeinträchtigung des Wasserumlaufs, Geräusche). Als Abhilfe kommt nur eine Erhöhung des Ruhedrucks, etwa in der Größe der Pumpenförderhöhe in Betracht.

2.2. Tichelmannsche Rohrführung

Bei der Tichelmann-Rohrführung, auch System gleicher Wege oder Tichelmann-Ring genannt, werden die Verteilleitungen in Ringform angeordnet und so geführt, dass die Fließrichtung in Vor- und Rücklaufleitungen gleich ist, während bei der konventionellen Rohrführung das Wasser in den Vor- und Rücklaufleitungen in entgegengesetzter Richtung strömt. Die Stromkreise werden für alle Heizkörper annähernd gleich lang. Eine solche Anordnung ist in Bild 16 dargestellt.

Strangschema (Systemlinie) und Druckdiagramm sind bei F aufgeschnitten und abgewickelt. Zwischen den Punkten B_1 und E_2 haben alle Wasserteilchen etwa gleich lange Wege zurückzulegen, gleichgültig, durch welchen Heizkörper ein Teilchen seinen Weg nimmt. Gelingt es, die Druckverluste in den zueinander gehörenden Vor- und Rücklaufteilstrecken gleich groß zu machen, so ergibt sich die in Bild 16 dargestellte Betriebsdrucklinie. Wie man aus ihr erkennen kann, sind die Knotenpunktdifferenzen für alle Stränge etwa gleich groß, so z.B. ist $\Delta h_C \approx \Delta h_E$.

Das gleiche gilt für die Heizkörperanschlüsse. Während sich bei der konventionellen Rohrleitungsführung für jedes Heizkörperventil eine andere Druckdifferenz ergibt, zeigt die Betriebsdrucklinie zwischen C'_1 und C'_6 für die beiden Heizkörper etwa dasselbe Δh_v . Im Idealfall haben alle Heizkörperanschlüsse gleiche Knotenpunktdruckdifferenzen, man könnte somit auf eine Voreinstellung der Heizkörper- und etwaiger Strangabsperrentile vollständig verzichten und die zeitaufwendige Einregulierung der Anlage vermeiden. Darin liegt der Vorteil des Tichelmannschen Ringes. Praktisch ist es natürlich nicht möglich, alle maßgebenden Knotenpunktdruckdifferenzen genau gleich groß zu machen, jedoch lassen sich annähernd gleiche Werte erreichen und damit die aus Bild 14 ersichtlichen krassen Unterschiede vermeiden, wenn die Anlage richtig entworfen und dimensioniert wird.

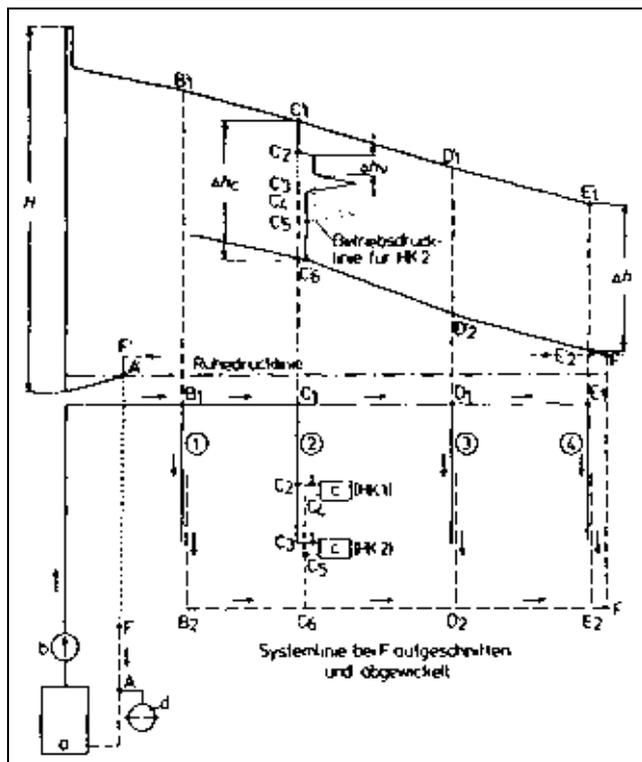


Bild 16 Druckdiagramm einer Zweirohrheizung mit Tichelmann-Rohrführung

Zum Schluss sei noch darauf hingewiesen, dass sich aus dem Vergleich von Bild 14 und Bild 16 keine Aussage ableiten lassen über die Gesamt-Druckverluste und die daraus resultierenden Pumpenförderhöhen der beiden unterschiedlichen Systeme. Da die Druckhöhen-differenzen Δh_E willkürlich gewählt wurden, kann man aus den Darstellungen nicht etwa folgern, das Tichelmann-Prinzip verlange eine größere (oder kleinere) Pumparbeit als die konventionelle Rohrführung.

2.3. Einrohrheizung

Waagerechte Einrohrheizungen zeichnen sich durch relativ große Druckhöhenverluste aus, besonders dann, wenn sie mit Spezialventilen zum Einpunktanschluss der Heizkörper ausgeführt werden. Werden sie als offene Anlagen ausgeführt, so ist die Ruhedruckhöhe auf etwa 2 bis 2,5 m begrenzt, wenn man von den heute üblichen lichten Raumhöhen ausgeht, innerhalb derer das Ausdehnungsgefäß untergebracht werden muss. Andererseits erfordert die Umwälzpumpe je nach Wassertemperatur, Konstruktion und Strömungsverhältnissen am Einlauf Zulaufhöhen von mindestens 1 bis 2 m, soll sie kavitationsfrei arbeiten. Dies ist nur zu erreichen, wenn das Ausdehnungsgefäß entsprechend Bild 17 in Punkt C angeschlossen wird.

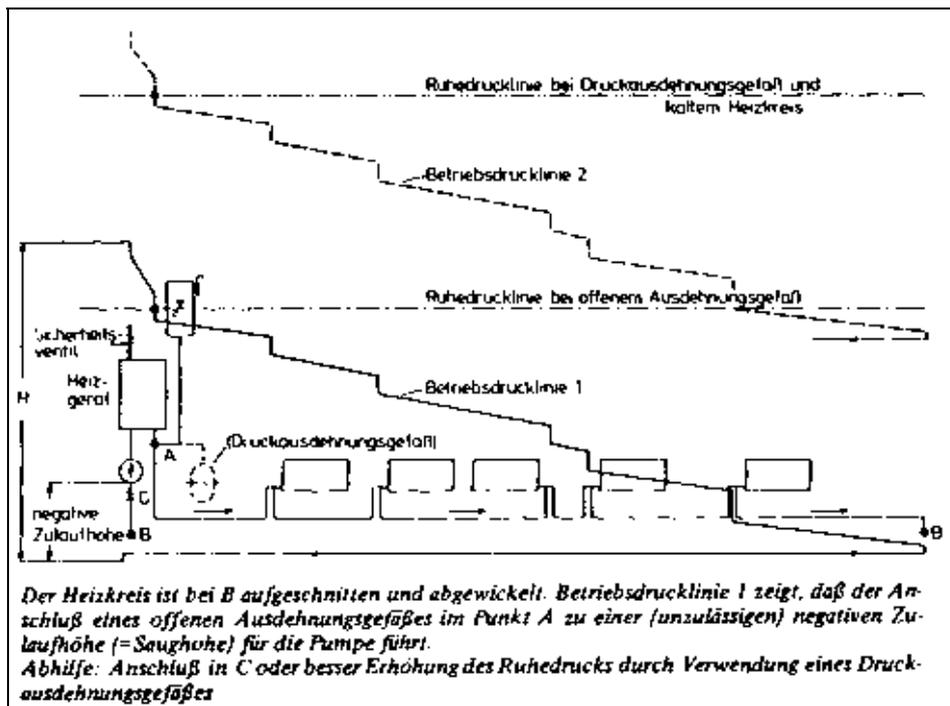


Bild 17: Druckdiagramm für eine Stockwerkheizung nach dem Einrohrprinzip

Man mag einwenden, dass heute solche Anlagen nur als geschlossene Anlagen mit Druckausdehnungsgefäß und demnach größeren Ruhedrücken ausgeführt werden. Verwendet man ein handelsübliches Gefäß mit einem Stickstoffdruck von 0,5 bar, so lässt sich damit eine Ruhedruckhöhe von rund 5 m über dem Druckausdehnungsgefäß im kalten Zustand erreichen. Bei maximaler Wassertemperatur im Heizkreis wird der Überdruck im Gefäß, je nach Größe, Werte von 1 bis 2 bar erreichen; somit steigt die Ruhedruckhöhe auf rund 10 bis 20 m an. Dimensioniert man den Heizkreis so, dass er keine größeren Druckhöhenverluste als etwa 4 m hat, so dürfte sich eine ausreichende Zulaufhöhe für die Pumpe ergeben, auch wenn „A“ als neutraler Punkt gewählt wird. Trotzdem ist im allgemeinen der Anschluss bei „C“ vorzuziehen, da man hierdurch in der Dimensionierung der Rohre und Heizkörperventile etwas freier ist. Qualitativ sind die Druckverhältnisse in Bild 33 und 34 dargestellt. Bei Anschluss „C“ muss man allerdings darauf achten, dass zwischen dem höchsten Punkt des Druckdiagramms und der Ansprechdruckhöhe des Sicherheitsventils ein ausreichender Abstand bleibt. Hierauf wird bei der Dimensionierung der Ausdehnungsgefäße noch ausführlich eingegangen.

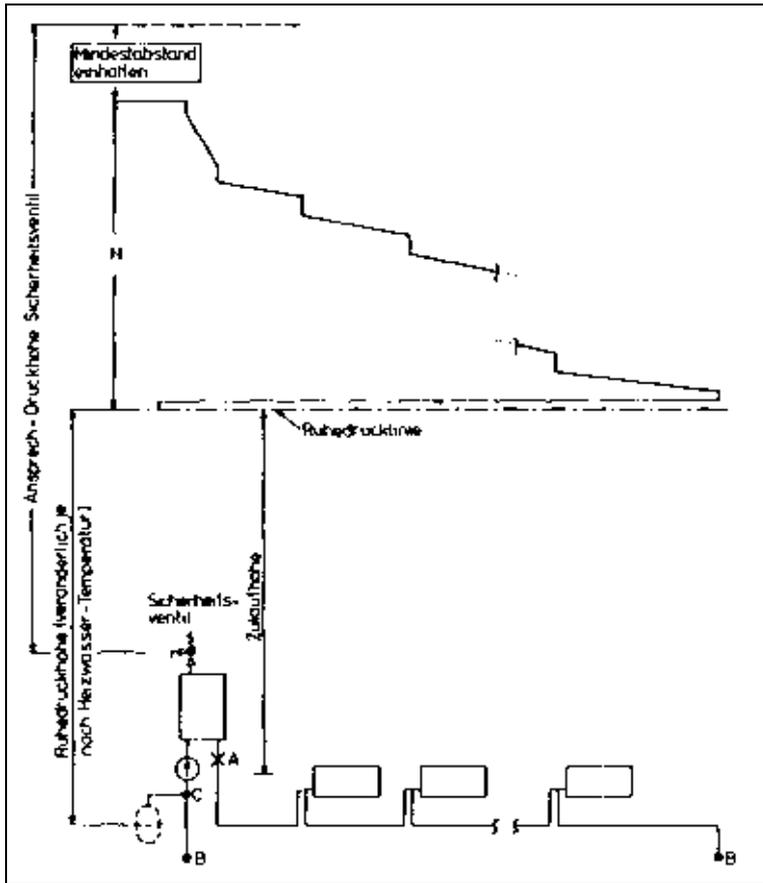


Bild 18: Druckverteilung in einer Einrohrheizung mit veränderlichem Ruhe- und Betriebsdruck

Quelle: Datenpool IfHK, FH Wolfenbüttel