

# 5. Die Dimensionierung der Zirkulationspumpe

## 5.1 Die Pumpenkennlinie

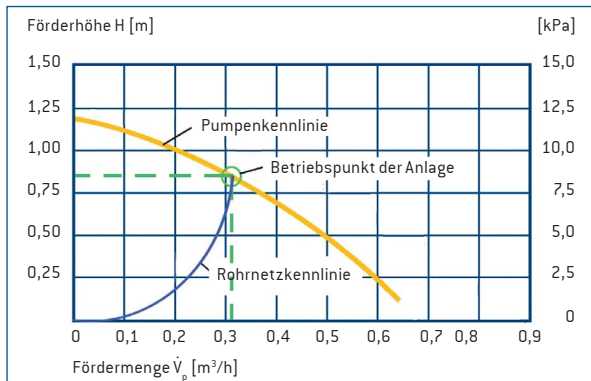
Das hydraulische Verhalten der Zirkulationspumpe wird durch ihre Kennlinie beschrieben. Sie gibt die Beziehung zwischen Förderhöhe und Fördermenge an. Dabei gilt folgende Beziehung:

- Bei zunehmender Fördermenge nimmt die Förderhöhe ab.
- Bei zunehmender Förderhöhe nimmt die Fördermenge ab.

Unter der Fördermenge versteht man den von der Pumpe geförderten Volumenstrom. Die Förderhöhe ist die in die Höhe einer Flüssigkeitssäule umgerechnete, von der Zirkulationspumpe aufgebraachte Druckdifferenz.

Die Pumpenkennlinie wird in einem Diagramm dargestellt. Auf der waagerechten Achse wird die Fördermenge  $\dot{V}_p$  und auf der senkrechten Achse die Förderhöhe  $H$  aufgetragen (Bild 24). Die Pumpenkennlinie zeigt, dass die Fördermenge und die Förderhöhe voneinander abhängig sind:

**Bild 24:** Rohrnetz- und Pumpenkennlinie der VORTEX Zirkulationspumpen mit V-Pumpengehäuse



- Bei der maximalen Förderhöhe  $H = 1,25$  m ist die Fördermenge  $\dot{V}_p = 0$ .
- Bei der Förderhöhe  $H = 0,75$  m ist die Fördermenge  $\dot{V}_p = 0,37$  m³/h.
- Bei der maximalen Fördermenge  $\dot{V}_{pmax} = 0,64$  m³/h ist die Förderhöhe  $H = 0$ .

## 5.2 Die Rohrnetzkenlinie

Die Rohrnetzkenlinie ist anlagenspezifisch. Die Rohrnetzkenlinie gibt die Beziehung zwischen dem Druckverlust durch Rohrreibung und durch Einzelwiderstände und dem Förderstrom in der Zirkulationsanlage an. Die Zirkulationspumpe muss dabei nicht wie im „offenen System“, (Bild 25, 26 und 27), eine Höhendifferenz überwinden. Das heißt, die im Pumpendiagramm angegebene Förderhöhe hat nichts mit der Höhe des Gebäudes zu tun, in dem die Pumpe eingebaut werden soll.

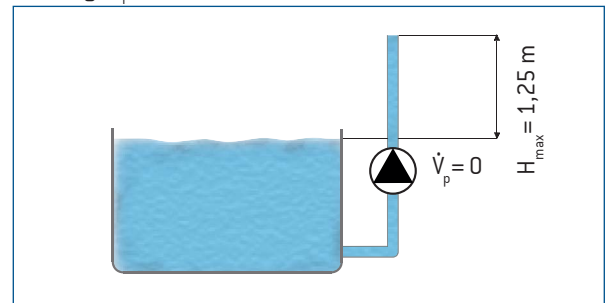
Eine Zirkulationspumpe mit einer Förderhöhe von 1,25 m wie die VORTEX Zirkulationspumpen mit Kugelmotor kann also durchaus erfolgreich in einem 20 m hohen Gebäude arbeiten.

## Das „offene System“

In einem „offenen System“ wird der Zusammenhang zwischen Fördermenge und Förderhöhe unmittelbar sichtbar. Die Bilder 25, 26 und 27 beziehen sich auf die Pumpenkennlinie in Bild 24.

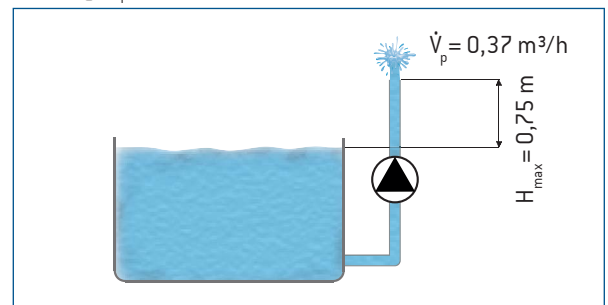
Bei diesem theoretischen Beispiel wurden die Rohrleitungswiderstände vernachlässigt.

- Entspricht die Rohrlänge der maximalen Förderhöhe der Pumpe  $H_{max} = 1,25$  m, gemessen vom Mediumspiegel, tritt kein Medium am Rohrende aus. Somit ist die Fördermenge  $\dot{V}_p = 0$  (Bild 25).



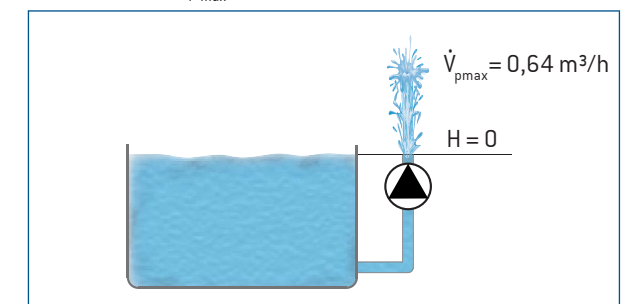
**Bild 25**

- Kürzt man das Rohr um 0,50 m, so muss die Zirkulationspumpe die Förderhöhe  $H = 0,75$  m überwinden. Die am Rohrende austretende Menge entspricht der Fördermenge  $\dot{V}_p = 0,37$  m³/h (Bild 26).



**Bild 26**

- Kürzt man das Rohr um 1,25 m, so ist das Rohrende auf gleicher Höhe des Mediumspiegels. Somit ist die Förderhöhe  $H = 0$ . Die austretende Menge entspricht der Fördermenge  $\dot{V}_{pmax} = 0,64$  m³/h (Bild 27).



**Bild 27**

**Tabelle 3:**  
Berechnung  
der Teilströme  
in den Verteilungs- bzw.  
Zirkulations-  
leitungen

1 TWW-Teil- strecke zum Knotenpunkt	2 Volumen- strom zum Knotenpunkt $\dot{V}$ [l/h]	3 Wärme- verlust im Abzweig $\dot{Q}_a$ [W]	4 Wärme- verlust im Durchgang $\dot{Q}_d$ [W]	5 Wärme- verlust im Knotenpunkt $\dot{Q}_a + \dot{Q}_d$ [W]	6 Volumen- strom im Abzweig $\dot{V}_a$ [l/h]	7 Volumen- strom im Durchgang $\dot{V}_d$ [l/h]	8 Kontrolle $\dot{V}_d = \dot{V} - \dot{V}_a$ [l/h]
TS 1	303	278 <sup>1)</sup>	417 <sup>2)</sup>	695	121	182	303-121
TS 2	182	84	278	362	42	140	182-42
TS 4	140	84	139	223	53	87	140-53
TS 7	121	84	139	223	46	75	121-75

<sup>1)</sup> im Strangschema nach links

<sup>2)</sup> im Strangschema nach rechts

Anfangsteilstrecke ist die TS 1, welche am Trinkwassererwärmer beginnt. Der Volumenstrom dieser Teilstrecke, die in Fließrichtung zum 1. Knotenpunkt führt, wird in die 2. Spalte eingetragen.

Dieser Volumenstrom teilt sich auf nach links in die TS 7, die als Abzweig festgelegt wird und nach rechts in die TS 2, hier die Durchgangsteilstrecke. Die Wärmeverluste dieser beiden abgehenden Teilstrecken werden einzeln zusammengerechnet. D. h., der Wärmeverlust im Abzweig (3. Spalte) setzt sich aus Wärmeverlusten der Teilstrecken 7 – 9 zusammen:

$$\dot{Q}_a = [55 + 84 + 139] \text{ W} = 278 \text{ W}$$

Der Wärmeverlust im Durchgang (4. Spalte) wird über die einzelnen Wärmeverluste der Teilstrecken 2 – 6 bestimmt:

$$\dot{Q}_d = [55 + 84 + 55 + 84 + 139] \text{ W} = 417 \text{ W}$$

Rechnet man nun diese beiden Wärmeverluste zusammen, ergibt sich der Wärmeverlust im Knotenpunkt (5. Spalte).

Nun kann man die einzelnen Volumenströme im Abzweig (Spalte 6) und im Durchgang (Spalte 7) nach den Gleichungen (3) und (4) bestimmen:

im Abzweig nach Gleichung (3):

$$\dot{V}_a = 303 \text{ l/h} \cdot \frac{278 \text{ W}}{695 \text{ W}} = 121 \text{ l/h} \quad (3)$$

und im Durchgang nach Gleichung (4):

$$\dot{V}_d = 303 \text{ l/h} \cdot \frac{417 \text{ W}}{695 \text{ W}} = 182 \text{ l/h} \quad (4)$$

In Spalte 8 kann der letzte Wert nach Gleichung (5) kontrolliert werden:

$$\dot{V}_d = (303 - 121) \text{ W} = 182 \text{ l/h} \quad (5)$$

Dieser Volumenstrom der zum nächsten Knotenpunkt führt, ist Ausgangswert für TS 2 als Volumenstrom von TS 2 zum Knotenpunkt, mit TS 3 als Abzweig und TS 4 als Durchgang, in der nächsten Zeile der Tabelle. Die Berechnungen werden dann analog zu den bisherigen weitergeführt.

#### ■ Auswahl der Rohrdurchmesser für die Zirkulationsleitungen

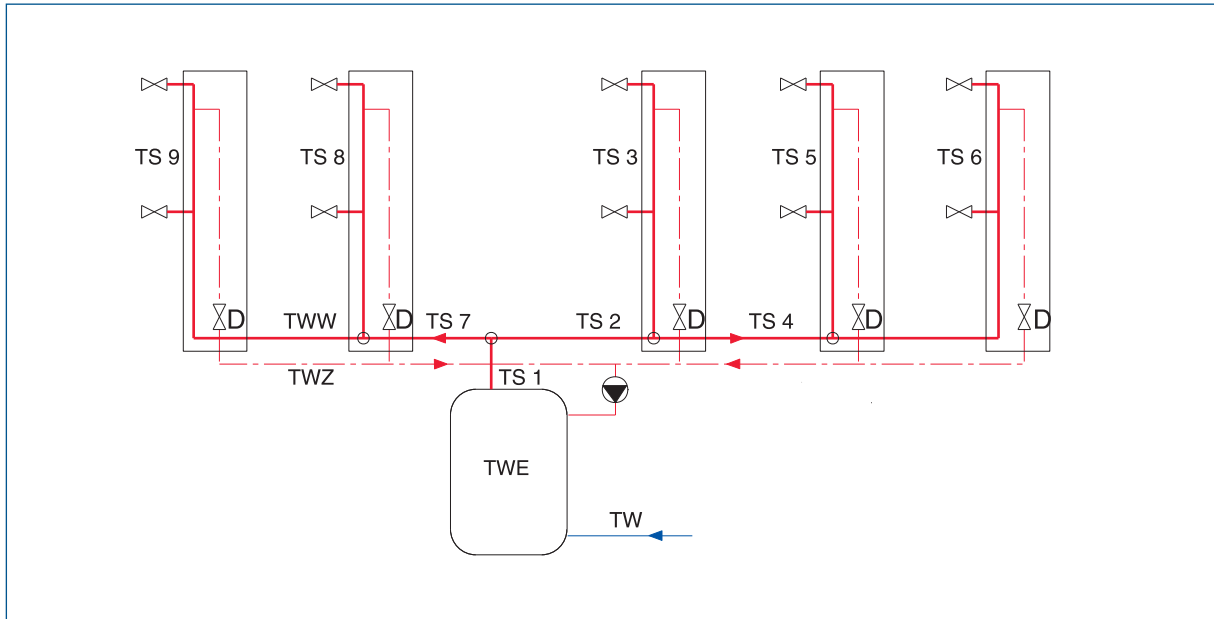
Die Nennweiten für die Zirkulationsleitungen werden in einer Tabelle getrennt nach Teilstrecken ermittelt. Die Längen und Volumenströme der Teilstrecken für die Zirkulation sind genauso groß wie die für die parallel verlegten Versorgungsleitungen. Diese werden in der Tabelle 4 (Seite 23) in die 3. und 4. Spalte eingetragen. In Spalte 5 werden die Volumenströme von l/h in l/s umgerechnet.

Mit den R-Wert-Tabellen werden nun die Nennweiten der Zirkulationsleitung unter Beachtung der maximal zulässigen Fließgeschwindigkeit von 0,5 m/s ausgewählt (Spalte 6 – 8). Nachdem der Rohrleitungsdruckverlust (Spalte 9) ermittelt wurde, addiert man 40 % der Einzelwiderstände zur Rohrreibung (Spalte 12) hinzu.

### 5.6.2.2 Berechnungsbeispiel

Mehrfamilienhaus mit 10 Wohnungen

- Rohrwerkstoff: Kupferrohr
- Bemessung der Warmwasserleitungen nach DVGW-Arbeitsblatt W 553
- Entnahmemarmaturen einzeln gesichert



**Bild 29:**  
Strangschema

#### ■ Berechnung der Wärmeverluste der Teilströme in den TWW Teilstrecken nach Gleichung (1)

Teilstrecke	Keller/ Schacht (K/S)	Länge l [m]	Wärmeverlust je m $\dot{q}_w$ [W/m]	Wärmeverlust $l \cdot \dot{q}_w$ [W]	Summe $\Sigma l \cdot \dot{q}_w$ [W]
TS 1	K	3	11	33	33
TS 2	K	5	11	55	55
TS 3	S	12	7	84	84
TS 4	K	5	11	55	55
TS 5	S	12	7	84	84
TS 6	K	5	11	55	139
	S	12	7	84	
TS 7	K	5	11	55	55
TS 8	S	12	7	84	84
TS 9	K	5	11	55	139
	S	12	7	84	
	Summe der Längen	88		Summe der Wärmeverluste	728

**Tabelle 2:**  
Wärmever-  
luste der  
Teilstrecken

#### ■ Berechnung der Volumenströme

Mit den Gesamtwärmeverlusten aus Tabelle 2 und der rechnerischen Temperaturdifferenz von  $\Delta\vartheta_w = 2$  K lässt sich nun der Förderstrom der Zirkulationspumpe nach Gleichung (2) bestimmen:

$$\dot{V}_p = \frac{728W}{1 \text{ kg/l} \cdot 1,2 \text{ Wh/kgK} \cdot 2 \text{ K}} = 303,3 \text{ l/h} \quad (2)$$

Die Teilströme teilen sich in den Knotenpunkten auf. Die Teilstrecke, die in Fließrichtung zum Knotenpunkt führt, wird in Tabelle 3 (Seite 22) in die 1. Spalte eingetragen.

Die rechnerische Temperaturdifferenz bzw. Abkühlung des Warmwassers bis zum Abgang der Zirkulationsleitung von der Versorgungsleitung beträgt:

$$\Delta\vartheta_w = 2 \text{ K}$$

Mit dieser Temperaturdifferenz kann man nun den Förderstrom  $\dot{V}_p$  [l/h] der Zirkulationspumpe bestimmen:

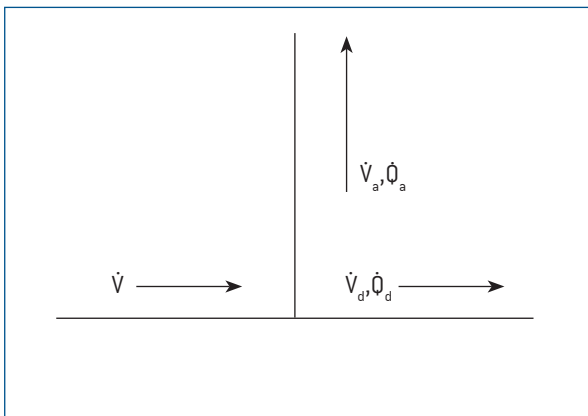
$$\dot{V}_p = \frac{\dot{Q}_w}{\rho \cdot c \cdot \Delta\vartheta_w} \quad [2]$$

Es kann angenommen werden:

$$\rho = 1 \text{ kg/l}$$

$$c = 1,2 \text{ Wh/kg K}$$

Durch den jetzt bekannten Förderstrom der Zirkulationspumpe kann man die Verteilung der Volumenströme auf die einzelnen Teilstrecken bestimmen. In einem Knotenpunkt wird der Volumenstrom in einen Durchgangsweg und einen Abzweigweg aufgeteilt.



Der Volumenstrom der abzweigenden Teilstrecke lässt sich wie folgt berechnen:

$$\dot{V}_a = \dot{V} \cdot \frac{\dot{Q}_a}{\dot{Q}_a + \dot{Q}_d} \quad [3]$$

Für den Volumenstrom im Durchgangsweg gilt:

$$\dot{V}_d = \dot{V} \cdot \frac{\dot{Q}_d}{\dot{Q}_a + \dot{Q}_d} \quad [4]$$

oder

$$\dot{V}_d = \dot{V} - \dot{V}_a \quad [5]$$

### Dimensionierung der Rohrdurchmesser für die Zirkulationsleitung

Die Rohrdurchmesser der Zirkulationsleitungen werden unter Berücksichtigung der Fließgeschwindigkeit von max. 0,5 m/s durch R-Wert-Tabellen bestimmt. Für die Zirkulationsleitungen ist ein Innendurchmesser von mindestens 10 mm vorzusehen (DVGW-Arbeitsblatt W 553).

Die einzelnen Zirkulations-Strangleitungen werden getrennt von den Zirkulations-Sammelleitungen in ein geeignetes Formblatt übertragen und dimensioniert.

Es kann dabei durchaus vorkommen, dass die Fließgeschwindigkeiten bei pumpennahen Leitungen höher liegen als bei pumpenfernen Leitungen.

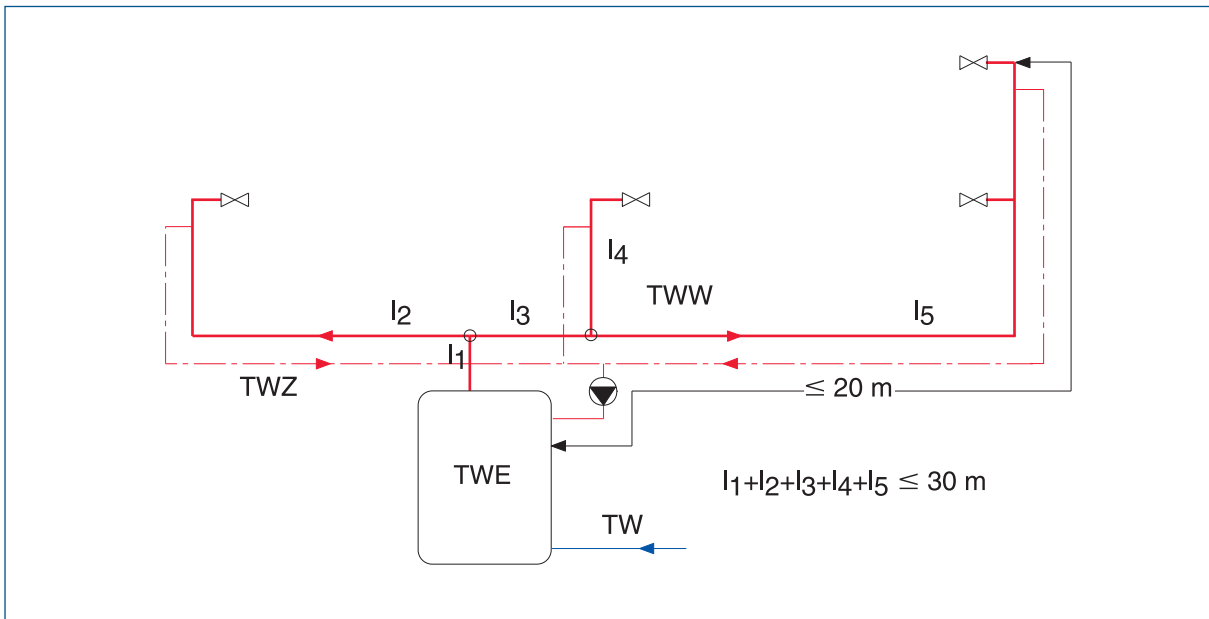
### Bestimmung des Förderdrucks der Zirkulationspumpe

Der Förderdruck der Zirkulationspumpe wird über den Reibungsdruckverlust des ungünstigsten Zirkulationsweges, meistens der längste Zirkulationsstrang mit den größten Widerständen, bestimmt. Umlenkungen und Abzweige werden pauschal mit einem Zuschlag von 20 – 40 % dazu gerechnet.

Damit ergibt sich folgender Förderdruck:

$$\Delta p_p = 1,2 \dots 1,4 (\sum l \cdot R) + \sum \Delta p_{RV} + \Delta p_{TH} + \Delta p_{AP} \quad [6]$$

Mit der errechneten Fördermenge und dem Förderdruck lässt sich nun der tatsächliche Betriebspunkt der Anlage und somit den tatsächlichen Betriebspunkt der Pumpe bestimmen.



**Bild 28:**  
Maximal zulässige Längen für das Kurzverfahren

### 5.6.2 Die vereinfachte Berechnung von Zirkulationsanlagen

Die vereinfachte Berechnung von Zirkulationsleitungen ist nur möglich, wenn Abstriche bei der Genauigkeit in Kauf genommen werden. Dafür bietet diese Berechnungsmethode die Möglichkeit, eine relativ schnelle und einfache Berechnung von kleinen bis mittleren Anlagen vorzunehmen. Von Vorteil sind auch die freie Wahl des Temperaturgefälles, die genaue Ermittlung des Gesamt-Zirkulationsstromes und die ausreichend genaue Aufteilung des Zirkulationsstromes auf die einzelnen Stränge. Eine Vereinfachung ist durch den Verzicht auf die differenzierte Berechnung der Wärmeströme und der Druckverluste durch Einzelwiderstände möglich.

#### 5.6.2.1 Vereinfachungen und Berechnungsgang

##### Bestimmung der Volumenströme

Für die Ermittlung der Wärmeverluste der Warmwasserleitungen, die in die Bestimmung der Volumenströme der Teilstrecken eingehen, können folgende Vereinfachungen angenommen werden:

- Wärmeverlust der im Keller verlegten Warmwasserleitungen:  $\dot{q}_{w,K} = 11 \text{ W/m}$
- Wärmeverlust der im Schacht verlegten Warmwasserleitungen:  $\dot{q}_{w,S} = 7 \text{ W/m}$

Die Wärmeverluste der Armaturen werden nicht berücksichtigt, da sie nach EnEV gedämmt und dadurch vernachlässigbar gering sind. Der Wärmeverlust  $\dot{Q}_w$  aller Warmwasserleitungen beträgt danach:

$$\dot{Q}_w = l_{w,K} \cdot \dot{q}_{w,K} + l_{w,S} \cdot \dot{q}_{w,S} \quad (1)$$

### 5.5 Das Berechnungsverfahren nach DIN 1988 Teil 3

Grundlage aller weiteren Berechnungsverfahren, auch die des DVGW-Arbeitsblattes W 553, ist eine Auslegung der Versorgungsleitung nach DIN 1988 Teil 3.

Die Versorgungs- und Zirkulationsleitung ist generell nach EnEV zu dämmen. Die zulässige Temperaturdifferenz  $\Delta\vartheta$  zwischen Austritt am Trinkwassererwärmer in die Versorgungsleitung und Zirkulationseintritt in den Erwärmer darf bei Pumpenzirkulation 5K nicht überschreiten:

Die vertikale Zirkulationsleitung wird ab Anschluss Steigleitung mindestens in DN 12 ausgeführt. Die Dimension der horizontalen Zirkulations-Sammelleitungen kann vorläufig nach Tabelle 1 bestimmt werden. Weitergehende Berechnungen siehe 5.6.

**Tabelle 1:**  
Richtwerte für Nennweiten von Zirkulations-Sammelleitungen nach DIN 1988 Teil 3

Versorgungsleitung Nennweite DN	Zirkulationsleitung Nennweite DN
20	12 <sup>*)</sup>
25	12 <sup>*)</sup>
32	12 <sup>*)</sup>
40	20
50	25
65	25
80	25
100	32

<sup>\*)</sup> Bei mittelschweren Gewinderohren nach DIN 2440: DN 15

Zur **Dimensionierung der Zirkulationspumpe** benötigt man die Fördermenge der Zirkulationspumpe  $\dot{V}_p$  und den erforderlichen Förderdruck  $\Delta p_p$ . Die Fördermenge der Zirkulationspumpe richtet sich nach dem Wasserinhalt des Systems. Nach DIN 1988 Teil 3 ist eine dreimalige stündliche Umwälzung zum Verhindern einer übermäßigen Abkühlung des erwärmten Trinkwassers ausreichend. Dabei wird die Fördermenge und damit der Zirkulationsdurchfluss pauschal mit dem dreifachen Wasserinhalt des Zirkulationskreislaufs (ohne Inhalte von Trinkwassererwärmer und Speicher) ermittelt.

Es gilt folgende Gleichung:

$$\dot{V}_p = 3 \cdot \frac{V_{RL}}{t} ; t = 1h$$

Die **Förderhöhe der Zirkulationspumpe** wird über die Summe der Druckverluste aus Rohrreibung und Einzelwiderständen des längsten Fließweges vom Anschluss der Zirkulationsleitung an die Versorgungsleitung bis zum Trinkwassererwärmer ermittelt. Die Druckverluste werden über das Formblatt A 7 aus der DIN 1988 Teil 3 und unter Verwendung des Berechnungsschemas ermittelt. Die Fließgeschwindigkeit in der Zirkulationsleitung von maximal 0,5 m/s ist dabei einzuhalten.

Die Teildurchflüsse errechnen sich aus der Fördermenge der Zirkulationspumpe geteilt durch die Anzahl der Zirkulationsstränge.

### 5.6 Das Berechnungsverfahren für Zirkulationssysteme nach DVGW-Arbeitsblatt W 553

Das DVGW-Arbeitsblatt W 551 fordert Warmwassertemperaturen von 55 – 60 °C im Zirkulationssystem, um die Konzentration von Legionellen zu vermindern. Das macht eine neue Berechnungsmethode unter Berücksichtigung der Wärmeverluste notwendig. Je nach Anlagengröße werden in der Praxis mehrere Verfahren zur Bemessung von Zirkulationssystemen angewendet. Grundlage für alle Bemessungsverfahren ist die Einhaltung der geltenden Regeln der Technik. Insbesondere wird hier vorausgesetzt, dass die Warmwasser- und Zirkulationsleitungen mindestens nach den Bedingungen der EnEV ausgelegt sind.

#### 5.6.1 Das Kurzverfahren

Dieses Verfahren wird bei kleineren Anlagen wie z. B. in Ein- und Zweifamilienhäusern angewendet. Hier führt eine detaillierte Berechnung, vor allem aufgrund der Nennweitenabstufungen, immer zu den gleichen Abmessungen für das Zirkulationssystem. Die Länge aller vom Umlauf betroffenen Warmwasserleitungen (ohne Zirkulationsleitung) darf 30 m nicht überschreiten und der längste Fließweg für eine Zirkulationsleitung (TWZ) sollte nicht länger als 20 m sein (Bild 28, Seite 19).

Werden diese Bedingungen erfüllt, so sind die Zirkulationsleitungen mit mindestens einem Innendurchmesser von DN 10 und die Zirkulationspumpe in DN 15 auszulegen.

Wird die Zirkulationsleitung in Kupferrohr verlegt, so ist ein Nachweis zu erbringen, dass die maximal zulässige Fließgeschwindigkeit nicht mehr als 0,5 m/s beträgt. Die Überprüfung ist entweder mit dem vereinfachten oder dem differenzierten Berechnungsverfahren möglich.

### 5.3 Der Betriebspunkt der Zirkulationsanlage

In der Zirkulationsanlage hängen Druckverlust und Volumenstrom direkt voneinander ab. Zwischen dem Druckverlust der Anlage, den man in einen Druckhöhenverlust umzurechnen hat und der Förderhöhe der Pumpe stellt sich immer ein Gleichgewicht ein. Dabei gilt, dass der Druckhöhenverlust der Anlage der Förderhöhe der Pumpe im Betriebspunkt der Anlage entspricht.

Da zu jeder Förderhöhe der Pumpe ein einziger, ganz bestimmter Förderstrom gehört, ist mit dem Druckverlust der Anlage der umgewälzte Volumenstrom eindeutig bestimmt. Den Druckverlust bestimmt man, indem man die Rohrnetzkenlinie und die Pumpenkenlinie in ein gemeinsames Diagramm projiziert (Bild 24, Seite 16). Der Schnittpunkt beider Kurven ist der sich dann einstellende Betriebspunkt der Zirkulationsanlage.

Den Betriebspunkt kann man rechnerisch über die Berechnung der Druckverluste aus den Einzelwiderständen des Rohrnetzes bestimmen.

### 5.4 Der hydraulische Abgleich von Zirkulationsleitungen

In jedem Zirkulationsstrang der Anlage muss die verfügbare Druckdifferenz der Zirkulationspumpe, unter Berücksichtigung von Minstdurchmessern und Maximalgeschwindigkeiten, so weit wie möglich durch Strangregulierventile abgedrosselt werden.

Wird der hydraulische Abgleich nicht vorgenommen, stellen sich nicht die berechneten Volumenströme in der Anlage ein. Der Zirkulationsvolumenstrom muss aber die Wärmemenge transportieren können, die über die Oberfläche des Rohrleitungssystems verloren geht. Nur wenn der Gleichgewichtszustand an jeder Stelle des Zirkulationssystems sichergestellt ist, kann die vorgegebene Warmwassertemperatur eingehalten werden. Um eine sichere Funktion gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 551 zu gewährleisten, ist deshalb der hydraulische Abgleich des Zirkulationssystems notwendig.

Nach DVGW-Arbeitsblatt W 553 wird der Einbau von Strangregulierventilen in Zirkulationsanlagen gefordert. Ziel der Einregulierung ist, die Zirkulationsvolumenströme in allen Steigleitungen gleich groß zu halten, um den Temperaturabfall zwischen Austritt am Trinkwassererwärmer und Wiedereintritt über die Zirkulation auf ca. 5 °C zu begrenzen. Dabei hat sich gezeigt, dass in pumpennahen Zirkulationskreisläufen relativ große Druckdifferenzen bei kleinen Zirkulationsvolumenströmen aufgebaut werden müssen, während in den pumpenfernen Steigleitungen verhältnismäßig große Volumenströme zur Aufrechterhaltung einer Temperatur oberhalb von 55 °C fließen müssen.

Für die Einstellung der Strangregulierventile im Zirkulationssystem sollten folgende Daten bekannt sein:

- Volumenstrom in der Teilstrecke,
- ermittelter überschüssiger Druckverlust über das Strangregulierventil
- Wassertemperatur im hydraulisch abgeglichenen Zustand.

#### 5.4.1 Die Voreinstellung durch manuelle Strangregulierventile

Die Bemessung und Voreinstellung der Strangregulierventile erfolgt in Abhängigkeit von den geforderten Ventildaten, dem Zirkulationsvolumenstrom in der Teilstrecke und dem erforderlichen Druckabfall über dem Ventil. Der erforderliche Voreinstellwert wird dann aus dem Herstellerdiagramm abgelesen und am Strangregulierventil eingestellt.

#### 5.4.2 Thermostatisch gesteuerte Strangregulierventile

Thermostatisch gesteuerte Strangregulierventile wurden mit dem Ziel entwickelt, die Temperatur im Warmwassersystem oberhalb einer einstellbaren Temperatur zu halten. Dabei kann das Strangregulierventil nach den vorgenommenen Einstellungen am Thermostatelement und am Regelquerschnitt des Ventils automatisch die erforderlichen Drosselpositionen einnehmen. Bei Erreichen der Sollwerttemperatur darf das Ventil nicht schließen.

Voraussetzung für den Einsatz solcher Ventile, die eine Kombination von herkömmlichen Strangregulierventilen und thermischen Zirkulationsreglern darstellen, ist auch hier eine Rohrnetzrechnung und eine Bestimmung des Voreinstellwertes. Von Vorteil ist vor allem der geringere Einregulierungsaufwand an der Baustelle, da kleinere Abweichungen zwischen Berechnung und Bauausführung am thermostatisch gesteuerten Strangregulierventil automatisch abgeglichen werden.

**Tabelle 4:**  
Bestimmung  
der Rohrdurch-  
messer der  
Zirkulations-  
leitung

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Teil- strecke	Rohr	l [m]	$\dot{V}_z$ [l/h]	Vz [l/s]	$d_a$ [mm]	v [m/s]	R [mbar/m]	I • R [mbar]	$\Sigma \zeta$	Z [mbar]	I • R + Z <sup>1)</sup> [mbar]	$\Delta p_D$ [mbar]
TS 1	Cu	3	303	0,085	18	0,43	2,1	6			8	
TS 2	Cu	5	182	0,050	18	0,25	0,84	4			6	
TS 4	Cu	5	140	0,039	15	0,29	1,46	7			10	
TS 7	Cu	5	121	0,034	15	0,26	1,16	6			8	
TS 3	Cu	12	42	0,012	12	0,16	0,72	9			13	38
TS 5	Cu	12	53	0,015	12	0,19	1,05	13			18	23
TS 6	Cu	17	87	0,024	12	0,30	1,84	31			43	
TS 8	Cu	12	46	0,013	12	0,17	0,83	10			14	25
TS 9	Cu	17	75	0,021	12	0,26	1,66	28			39	

<sup>1)</sup>  $1,4 \cdot I \cdot R$  (+ 40 % aus den Einzelwiderständen, ohne Rückschlagventil)

#### ■ Berechnung des Förderdrucks für die Zirkulationspumpe

Zur Berechnung des Förderdrucks nach Gleichung (6) werden die Druckverluste durch Reibung und Strömungswiderstände im hydraulisch ungünstigsten Fließweg (Teilstrecken 1, 2, 4, 6) ermittelt. Dazu kommt der Druckverlust des VORTEX Rückschlagventils mit 20 mbar und die Einzelwiderstände mit 40 % der Rohrreibung:

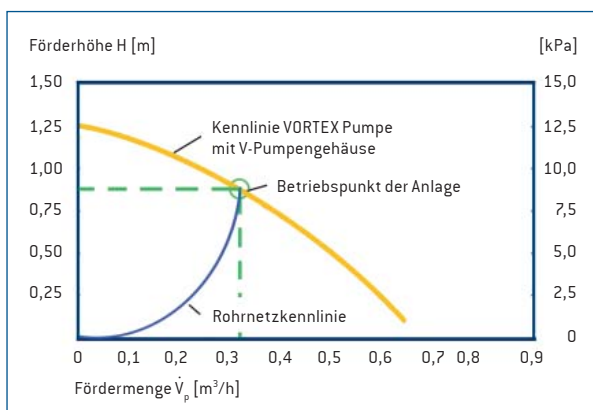
$$\Delta p_p = 1,4 \cdot (\Sigma I \cdot R_{TS 1,2,4,6}) + \Delta p_{RV} \quad (6)$$

$$\Delta p_p = 1,4 \cdot (6 + 4 + 7 + 31) \text{mbar} + 20 \text{mbar}$$

$$\Delta p_p = 87 \text{mbar}$$

Damit sind die Daten für die Zirkulationspumpe bekannt:  
Förderhöhe: 0,87 m, Fördermenge: 0,303 m<sup>3</sup>/h

Folgendes Diagramm (Bild 30) konnte mit den gewonnenen Daten erstellt werden:



**Bild 30:** Rohrnetz- und Pumpenkennlinie zum Beispiel

#### ■ Strangabgleich durch Strangregulierventile

Damit die gewünschten Temperaturen in den einzelnen Strängen erreicht werden und alle Stränge den gleichen Druckverlust erhalten, wird die überschüssige Druckdifferenz in allen anderen Strängen gleichermaßen durch voreingestellte Strangregulierventile abgebaut.

Der ermittelte überschüssige Druckverlust (Spalte 13) wird mit dem Durchfluss des jeweiligen Stranges (Spalte 4) in das Voreinstelldiagramm des Ventilherstellers übertragen und der Voreinstellwert bestimmt.

#### 5.6.3 Das differenzierte Verfahren

Dieses Verfahren ist für jede Anlagengröße geeignet, besonders dann, wenn mit Hilfe der EDV die Systemparameter bemessen werden. Gegenüber dem vereinfachten Verfahren unterscheidet es sich dadurch, dass hier die Wärmeverluste und die Druckverluste differenziert ermittelt werden und somit die Voreinstellungen der Drosselventile relativ genau berechnet werden – allerdings immer auf Grundlage der Annahmen! Die einzelnen Rechenschritte werden im differenzierten Verfahren wie folgt durchgeführt:

1. Ermittlung der Wärmeverluste der TWW-Leitungen (abhängig von der Nennweite, der Dämmung und der Raumlufttemperatur)
2. Berechnung des Förderstroms der Zirkulationspumpe
3. Berechnung der Teilströme
4. Bestimmung der Nennweiten für die Zirkulationsleitungen
5. Berechnung des Förderdrucks für die Zirkulationspumpe über die differenzierten Druckverluste des ungünstigsten Stranges
6. Wahl der Zirkulationspumpe
7. Ermittlung der Voreinstellungen für die Strangregulierventile.