

Berechnung von WW-Zirkulationen in der Kritik

# Welche Methode ist die Richtige?

Erich Diehl\*

Hinsichtlich der Berechnungen von WW-Zirkulationsleitungen gibt es widersprüchliche Ansichten: Zum einen werden die Zirkulationsströme nach der DIN 1988 ermittelt, zum anderen wurde die Berechnung im DVGW Arbeitsblatt W 553 neu geregelt. Angesichts der Brisanz dieses Themas, möchte der Autor zur Klärung der strittigen Fragen beitragen, wobei er nachfolgend auch auf die wesentlichen Inhalte des Arbeitsblattes eingeht.

Die novellierte Trinkwasserverordnung, die im Januar 2003 in Kraft tritt, besagt in § 4, daß Wasser für den menschlichen Gebrauch frei von Krankheitserregern, gebrauchstauglich und rein sein muß. Hier kommen vor allem Legionellen in Betracht, die Infektionen mit teilweise tödlichem Ausgang verursachen. Um dem entgegen zu wirken, müssen möglichst hohe und gleiche Temperaturen in allen Teilen des Warmwassersystemes vorhanden sein. Dieses Ziel kann jedoch nur durch genau berechnete Zirkulationsleitungen erreicht werden. Wie brisant das Thema ist, zeigt ein Urteil des Landgerichts Berlin, nach dem eine Warmwasserversorgung nur dann mängelfrei ist, wenn warmes Wasser ohne zeitlichen Vorlauf zur Verfügung

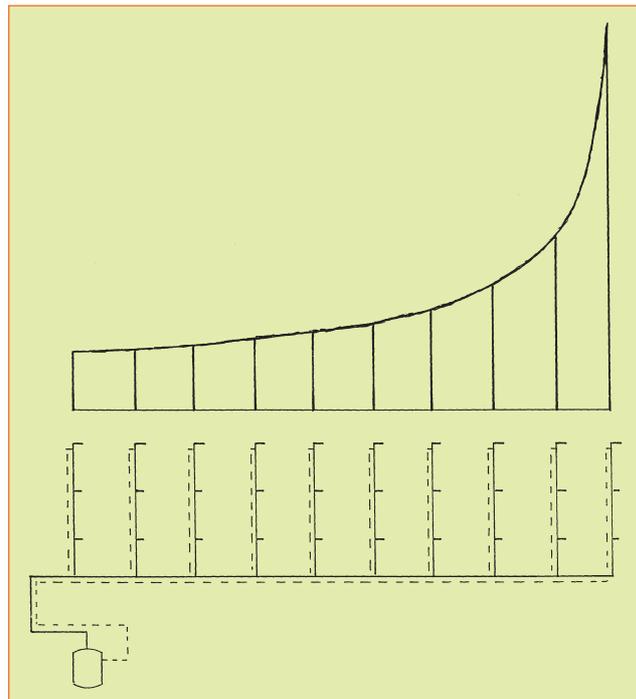


Bild 1 Aufteilung des Zirkulationsstromes auf die Stränge

steht. Auch dazu ist die einwandfreie Berechnung absolut notwendig. Hinsichtlich der Berechnungsgrundlagen gibt es derzeit allerdings keinen allseitig anerkannten Konsens. Widersprüchliche Ansichten und Unsicherheiten führen immer wieder zu neuen

halten abgeleitet, aber nicht – was richtig wäre – aus den Leitungswärmeverlusten. • Der Gesamt-Zirkulationsstrom wird zu gleichen Teilen auf alle Stränge verteilt. Damit begeht man einen noch größeren Fehler als den zuvor genannten.

Rohrweite	Stärke der Dämmschicht
bis DN 20	20 mm
ab DN 22 bis DN 35	30 mm
ab DN 40 bis DN 100	gleich DN
über DN 100	100 mm

Bild 2 Mindeststärke der Dämmschicht nach der Heizungsanlagenverordnung. Wärmeleitfähigkeit  $0,035 \text{ W/m} \times \text{K}$

Diskussionen. Die Zirkulationsberechnung wurde zwar durch das DVGW Arbeitsblatt W 553 neu geregelt, aber da es keine Erklärungen und Begründungen enthält, sind die alten Fragen und Zweifel nach wie vor offen. Mit der DIN 1988 und dem DVGW Arbeitsblatt bestehen gleichermaßen zwei unterschiedliche aber gültige Berechnungsanleitungen, die geeignet sind, die Fachwelt

zu irritieren. Mit Berechnungsverfahren die entweder auf einem falschen Fundament stehen oder so kompliziert sind, daß man am Sinn zweifelt, ist der Fachwelt nicht gedient. Die Diskrepanzen liegen nicht wie viele glauben in der Ermittlung der Rohrweiten, Druckverluste und Fließgeschwindigkeiten. Die Probleme liegen alleine in der Frage, wie sind die Zirkulationsströme zu ermitteln.

## DIN 1988 steht auf falschem Fundament

Die Berechnungsmethode nach DIN 1988 ist mit mindestens zwei gravierenden Fehlern behaftet:

- Die Zirkulationsströme werden aus den Rohrinhalten abgeleitet, aber nicht – was richtig wäre – aus den Leitungswärmeverlusten.
- Der Gesamt-Zirkulationsstrom wird zu gleichen Teilen auf alle Stränge verteilt. Damit begeht man einen noch größeren Fehler als den zuvor genannten.

Die gesamte Methode steht auf einem falschen Fundament. Von einer wirklichen Berechnung kann hier keine Rede sein. Bild 1 zeigt ein stark vereinfachtes Strangenschema, dessen Zirkulationsströme sowohl nach W 553 als auch nach DIN 1988 berechnet wurden. Die nach W 553 berechneten Zirkulationsströ-

\* Erich Diehl, Friedrichstraße 79, 63263 Neu-Isenburg, Telefon (0 61 02) 66 15

me der Stränge sind graphisch dargestellt. Die eingezeichnete Kurve zeigt die Aufteilung des Zirkulations-Stromes, wie sie für korrekt berechnete Zirkulationen typisch ist. In diesem konkreten Berechnungsbeispiel, welches nach W 553 abgehandelt wurde, beträgt der Zirkulations-Strom für den ersten Strang 33 l/h und für den letzten Strang aber 221 l/h. Der gesamte Zirkulations-Strom beträgt somit 690 l/h. Nach DIN 1988 erhalten alle Stränge je 40 l/h, also einen Gesamt-Zirkulations-Strom von 400 l/h. Welche Probleme durch eine Berechnung nach DIN 1988 entstehen, das hängt ganz von der Anlagengröße ab. Man kann jedoch sagen, daß bei kleinen Anlagen keine Probleme, bei mittleren Anlagen mittlere Probleme und bei ausgedehnten großen Anlagen auch große Probleme entstehen. Die auftretenden Schwierigkeiten nehmen also mit der Anlagengröße zu.

### Wärmeverluste des Kreislaufes

Nach einer anderen Theorie sind die Zirkulationsströme aus den Wärmeverlusten des gesamten Kreislaufes zu berechnen. Das trifft zu für Schwerkraftanlagen, aber nicht

gebnis, daß wenn eine Abkühlung von z. B. 2,5 K in der zirkulierenden Warmwasserleitung zugrunde gelegt wird, die Abkühlung im Kreislauf unter 5 K bleibt. Das gilt für untere und obere Verteilung und je nach Ausführung auch für das System Tichelmann. Damit ist jedoch nicht gesagt, daß es falsch ist, die Wärmeverluste der Zirkulationsleitung in die Berechnung mit einzubeziehen. Das ist durchaus möglich und die Ergebnisse sind einwandfrei. Allerdings ist es nicht notwendig. Denn durch die Einbeziehung der Wärmeverluste in die Berechnung wird diese unnötig kompliziert und aufwendig, ohne einen Nutzen zu erbringen, oder gar eine größere Genauigkeit zu erzielen. Beide Berechnungsverfahren, die sich durch die Einbeziehung bzw. Nicht-einbeziehung der Wärmeverluste der Zirkulationsleitung unterscheiden, gehen von unterschiedlichen Voraussetzungen aus. Die eine von einer Abkühlung von z. B. 4 oder 5 K im Kreislauf, die andere von einer Abkühlung von z. B. 2 K in der zirkulierenden Warmwasserleitung. Deshalb müssen die Ergebnisse unterschiedlich ausfallen. Aber es ist völlig verfehlt, eine der beiden Methoden für genauer zu halten. Es bleibt jedem selber überlassen, welche Methode er für sinnvoll hält.

### Die Berechnung nach W 553

Das Arbeitsblatt unterscheidet drei Berechnungsverfahren:

- Kurzverfahren: Es erspart bei kleineren Anlagen eine ausführliche Berechnung der Zirkulationsleitung.
- Vereinfachte Verfahren: Es ist geeignet für größere Anlagen
- Differenziertes Verfahren: Es ist besonders geeignet für ausgedehnte große Anlagen, sowie für Sonderfälle mit abweichenden Bedingungen oder Anforderungen. Für alle drei Verfahren gilt:

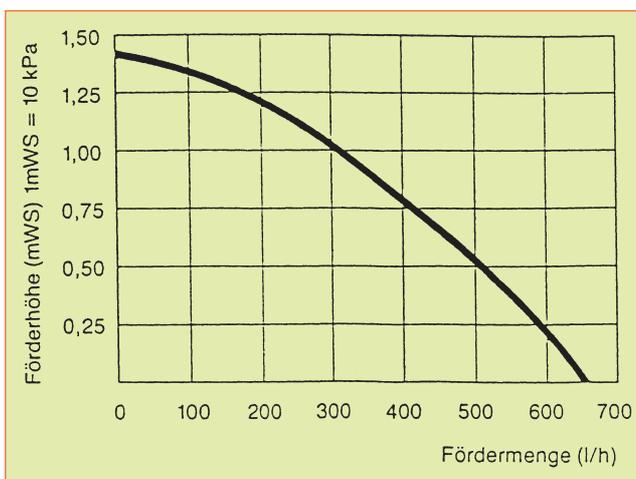
– Die Berechnungen beruhen auf der Voraussetzung, daß die Warmwasser- und Zirkulationsleitungen nach der Heizungsanlagenverordnung wärmegeämmt werden (Bild 2).

– Die Anlagen sind abzugleichen. Dazu ist notwendig, daß alle Zirkulationsstränge manuelle oder thermisch wirkende Abgleicharmaturen erhalten. Eine Ausnahme ist der ungünstigste Strang, in der Regel der mit dem längstem Fließweg. Da es hier nichts abzugleichen gibt, genügt eine Absperrarmatur. Bei manuellen Abgleicharmaturen sind die Voreinstellungen so einzustellen, daß in allen Kreisläufen der gleiche Druckverlust entsteht. Nach diesem Prinzip können die erforderlichen Druckverluste der Abgleicharmaturen berechnet und mit Hilfe der Herstellerdiagramme die Voreinstellungen ermittelt werden. Werden die Voreinstellungen manueller Armaturen nicht berechnet, z. B. beim Kurzverfahren, dann werden die Voreinstellungen so getätigt, daß sich an diesen Armaturen gleiche Temperaturen einstellen. Unter der Voraussetzung, daß ausreichend abgeglichen wird, bleibt die Abkühlung an jedem Punkt des zirkulierenden Rohrnetzes unter 5 K.

### Das Kurzverfahren

Das Kurzverfahren wurde entwickelt, um nicht die Zirkulation jeder kleineren Anlage detailliert berechnen zu müssen. Als Ausgangspunkt für die Entwicklung des Verfahrens wurde die Rohrweite 15 × 1 mm gewählt, da diese Rohrweite sowohl für Kupfer und Edelstahlrohre paßt, sie die am häufigsten verwendete Rohrweite überhaupt ist, und weil Kupfer und Edelstahl die am häufigst verwendeten Werkstoffe für Warmwasser darstellen. Für die Anwendung des Kurzverfahrens gelten folgende Voraussetzungen:

- Einzelsicherung der Entnahmestellen. Das ist notwendig, um die Druckverluste der andernfalls notwendigen Rückflußverhinderer in den Warmwassersteigeleitungen zu vermeiden.
- Zirkulationspumpen DN 15. Erforderliche Leistung: 1,0 m Förderhöhe bei einem Durchfluß von 220 l/h. Bei einem integrierten Rückflußverhinderer genügen 0,7 m Förderhöhe. Diese Leistung wird von nahezu allen Zirkulationspumpen DN 15 erbracht (Bild 3).
- Sollte zwischen Zirkulationspumpe und Wassererwärmer ein Rückflußverhinderer eingesetzt werden, darf dessen Druckverlust 30 mbar bei 220 l/h nicht übersteigen.
- Die Rohrweiten und zulässigen Leitungslängen sind dem Bild 4 zu entnehmen.
- Der Mindestinnendurchmesser gilt für alle Teilstrecken der Zirkulationsleitung.



**Bild 3 Kennlinie einer Zirkulationspumpe DN 15**

für Pumpenanlagen. Es besteht für Pumpenzirkulationen keinerlei Notwendigkeit, die Wärmeverluste der Zirkulationsleitung in die Berechnung mit einzubeziehen. Hierfür gibt es keine stichhaltige Begründung. Auch die Begrenzung der Kreislaufabkühlung auf 5 K ändert nichts an diesem Sachverhalt. Die Temperatur in der Zirkulationsleitung liegt etwas unter derjenigen der Warmwasserleitung. Da die Zirkulationsleitung den gleichen Anforderungen bezüglich der Wärmedämmung unterliegt wie die der Warmwasserleitung, folgen daraus geringere Wärmeverluste und geringere Abkühlungen in den Zirkulationsleitungen. Damit kommt man auch ohne Berechnungen zu dem Er-

gebnis, daß wenn eine Abkühlung von z. B. 2,5 K in der zirkulierenden Warmwasserleitung zugrunde gelegt wird, die Abkühlung im Kreislauf unter 5 K bleibt. Das gilt für untere und obere Verteilung und je nach Ausführung auch für das System Tichelmann. Damit ist jedoch nicht gesagt, daß es falsch ist, die Wärmeverluste der Zirkulationsleitung in die Berechnung mit einzubeziehen. Das ist durchaus möglich und die Ergebnisse sind einwandfrei. Allerdings ist es nicht notwendig. Denn durch die Einbeziehung der Wärmeverluste in die Berechnung wird diese unnötig kompliziert und aufwendig, ohne einen Nutzen zu erbringen, oder gar eine größere Genauigkeit zu erzielen. Beide Berechnungsverfahren, die sich durch die Einbeziehung bzw. Nicht-einbeziehung der Wärmeverluste der Zirkulationsleitung unterscheiden, gehen von unterschiedlichen Voraussetzungen aus. Die eine von einer Abkühlung von z. B. 4 oder 5 K im Kreislauf, die andere von einer Abkühlung von z. B. 2 K in der zirkulierenden Warmwasserleitung. Deshalb müssen die Ergebnisse unterschiedlich ausfallen. Aber es ist völlig verfehlt, eine der beiden Methoden für genauer zu halten. Es bleibt jedem selber überlassen, welche Methode er für sinnvoll hält.

Innendurchmesser Zirk.-Leitung	Längensumme Warm-W-Leitung	Fließwege Zirk.-Leitung
mindestens	höchstens	höchstens
mm	m	m
10	30	20
13 <sup>1)</sup>	50	30

<sup>1)</sup> Für Zirk.-Einzelanschlußleitungen genügt der Innendurchmesser 10 mm, falls der Fließweg das 0,6fache des längsten Fließweges nicht überschreitet

**Bild 4 Kurzverfahren für Zirkulationsleitungen. Rohrweiten und Leitungslängen**

- Die Längensumme ist die Summe aller Teilstreckenlängen der zirkulierenden Warmwasserleitung.
- Der Fließweg ist die Länge der Zirkulationsleitung vom Abzweig in der WW-Leitung bis zur Einmündung in den Wassererwärmer. Die Fließwege der Zirkulationsstränge sind in der Regel unterschiedlich lang. Die Bilder 5 bis 8 zeigen einige Anwendungen, die sich alle auf den Mindest-Innendurchmesser 13 mm beziehen. Alle Zirkulations-Teilstrecken in den vier Beispielen erhalten die Innenrohrweite 13 mm. Für die Zirkulations-Teilstrecken 8Z bis 11Z (Bild 7) und die Teilstrecke 12 (Bild 8) genügt aber auch die Innenrohrweite 10 mm. Das Kurzverfahren wurde nur soweit in das Arbeitsblatt W 553 aufgenommen, wie es sich auf die Mindestrohrweite 10 mm bezieht. Dazu ist festzustellen, daß das Originalkurzverfahren sich auf die lichte Rohrweite 13 mm bezieht, und das Verfahren für die lichte Rohrweite 10 mm hiervon abgeleitet wurde.

## Grundlagen für vereinfachtes und differenziertes Verfahren

- Die Zirkulationsströme werden aus den Wärmeverlusten der zirkulierenden Warmwasserleitungen ermittelt.
- Der Berechnung der Zirkulations-Ströme wird eine Abkühlung von 2 K in der zirkulierenden Warmwasserleitung zugrunde gelegt. Die Wärmedurchgangskoeffizienten  $K_R$  werden nach folgender Gleichung (1) berechnet:

$$K_R = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda} \cdot \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{a_a \cdot D}} \quad (1)$$

Legende:

- $K_R$  = Wärmedurchgangskoeffizient in W/mK
- $\lambda$  = Wärmeleitfähigkeit der Dämmung in W/mK
- $D$  = Außendurchmesser gedämmtes Rohr in m
- $d$  = Außendurchmesser ungedämmtes Rohr in m
- $a_a$  = äußerer Wärmeübergangskoeffizient  $10 \text{ W/m}^2 \times \text{K}$

Aus den Anforderungen des Bildes 2 errechnen sich nach Gleichung (1) die nach der Heizungsanlagenverordnung höchstzulässigen Wärmedurchgangskoeffizienten für Kupferrohre (Bild 9). Die Koeffizienten unterscheiden sich, mit Ausnahme der Rohrweiten unter DN 20, die für Warmwasserverteilungsleitungen weniger in Frage kommen, nur geringfügig von 0,2. Man kann daher in Übereinstimmung mit dem Arbeitsblatt W 553 mit dem Wärmeübergangskoeffizienten 0,2 W/mK für alle Rohre und Rohrweiten rechnen. Die Wärmeverluste einer Rohrstrecke werden nach Gleichung (2) berechnet.

$$Q_R = K_R \cdot L \cdot (D_W - D_U) \quad (2)$$

Legende:

- $Q_R$  = Wärmeverlust einer Rohrstrecke in W

–  $L$  = Länge in m

–  $D_W$  = (mittlere) Wassertemperatur in °C

–  $D_U$  = Umgebungstemperatur in °C

Der Gesamtwärmeverlust ist die Summe der Wärmeverluste aller Teilstrecken der zirkulierenden Warmwasserleitung.

Der Gesamt-Zirkulationsstrom wird nach Gleichung (3) berechnet.

$$\dot{V}_G = \frac{Q_G}{1,16 \cdot \Delta D} \quad (3)$$

Legende:

–  $\dot{V}_G$  = Gesamt-Zirk.-Strom in l/h

–  $Q_G$  = Gesamt-Wärmeverluste in W

–  $\Delta D$  = Abkühlung in der zirkulierenden WW-Leitung: hier 2 K

In den Abzweigpunkten der zirkulierenden Warmwasserleitung verzweigt sich der Zirkulations-Strom in Teilströme. Diese werden berechnet nach den Gleichungen (4–6).

$$\dot{V}_a = \dot{V}_z \cdot \frac{Q_a}{Q_a + Q_d} \quad (4)$$

$$\dot{V}_d = \dot{V}_z \cdot \frac{Q_d}{Q_d + Q_a} \quad (5)$$

$$\dot{V}_d = \dot{V}_z - \dot{V}_a \quad (6)$$

Legende:

–  $\dot{V}_z$  = zufließender Zirk.-Strom in l/h

–  $\dot{V}_a$  = abzweigender Zirk.-Strom in l/h

–  $\dot{V}_d$  = durchgehender Zirk.-Strom in l/h

–  $Q_a$  = Wärmeverlustsumme der abzweigenden Teilstrecke in W

–  $Q_d$  = Wärmeverlustsumme der durchgehenden Teilstrecke in W

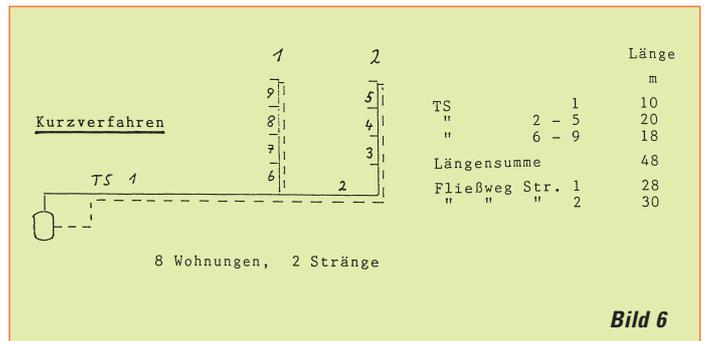
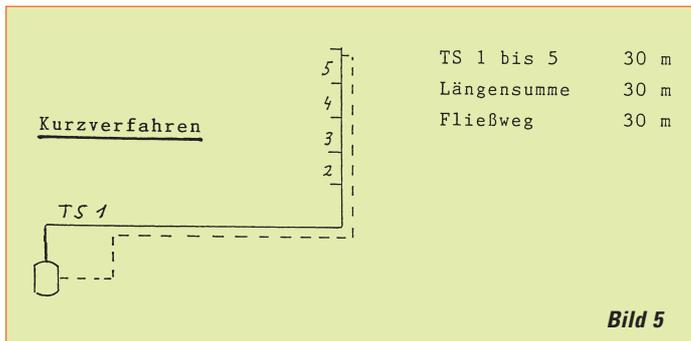
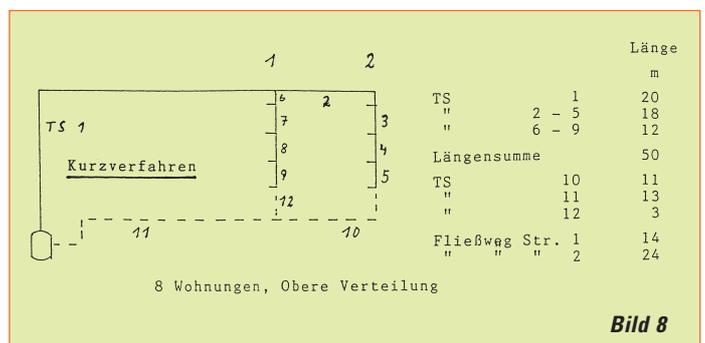
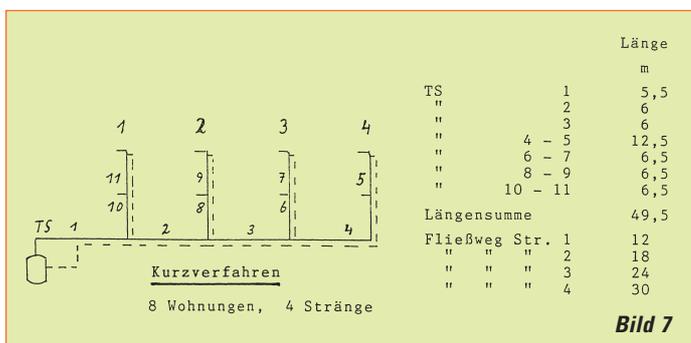


Bild 5–8 Anwendungen zum Kurzverfahren, die sich alle auf den Mindestinnendurchmesser 13 mm beziehen



Die Wärmeverlustsumme bezieht sich auf die Teilstrecke und alle nachfolgenden Warmwasserteilstrecken. Es spielt keine Rolle, welche Teilstrecke als abzweigend oder durchgehend betrachtet wird.

Nach W 553 beträgt für Zirkulationsleitungen, egal welchen Werkstoffes, die maximale Fließgeschwindigkeit 1 m/s und der Mindest-Innendurchmesser 10 mm. Die Rohrweiten sollten jedoch vorwiegend nach Fließgeschwindigkeiten von ca 0,2 bis ca 0,5 m/s gewählt werden.

Letztlich entscheidet die Druckverlustberechnung und die Übereinstimmung mit der Pumpenförderhöhe über Rohrweiten und Fließgeschwindigkeiten. Die NW der Zirkulations-Pumpe sollte möglichst mit der größten Rohrweite der Zirkulationsleitung übereinstimmen.

Der Abgleich wird erleichtert, wenn im längsten Fließweg der Zirkulationsleitung in Pumpennähe höhere und am Rohrnetzende geringere Fließgeschwindigkeiten gewählt werden. Das geschieht am einfachsten, in dem die Rohrweite im längsten Fließweg der Zirkulationsleitung vom Wassererwärmer bis zum letzten Zirkulations-Strang möglichst wenig oder überhaupt nicht reduziert wird. Zum Beispiel können

nach diesem Prinzip alle Teilstrecken der Zirkulations-Sammelleitung und auch der letzte Zirkulations-Strang der Anlage Bild 1 (Zirk.-Ströme nach W 553) in der Rohrweite 22 x 1 mm ausgeführt werden. Selbstverständlich ersetzt dieses Prinzip nicht die Druckverlustberechnung. Vielmehr entscheidet auch hier die Berechnung über die Rohrweiten.

Ein Rückflußverhinderer zwischen Zirkulations-Pumpe und Wassererwärmer ist nicht vorgeschrieben. Er verhindert aber eine eventuelle Umkehr der Fließrichtung in der Leitung während der Entnahme von warmem Wasser. Die Druckverluste von Rückflußverhinderern sind den Herstellerdiagrammen zu entnehmen. Sie können nicht durch Verlustbeiwerte berechnet werden. Das gleiche gilt für Abgleicharmaturen und Apparate. Hinweis: Es wurden Rückflußverhinderer mit geringen Druckverlusten entwickelt, die besonders für Zirkulationsleitungen geeignet sind.

### Das vereinfachte Verfahren

Die Wärmeverluste werden beim vereinfachten Verfahren entweder mit 11 W/m im Keller oder mit 7 W/m im Rohrschacht angesetzt. Diese Werte errechnen sich mittels Gleichung (2) folgendermaßen:

- Wärmedurchgangskoeffizient 0,2 W/m x K
- Warmwassertemperatur 60 °C
- Kellertemperatur 5 °C
- Rohrschachttemperatur 25 °C

Wärmeverlust im Keller  $0,2 \times (60-5) = 11 \text{ W/m}$   
 • Wärmeverlust im Rohrschacht  $0,2 \times (60-25) = 7 \text{ W/m}$

Druckverluste: Berechnet werden nur die Reibungsdruckverluste in der Zirkulationsleitung, vor allem im ungünstigsten (längsten) Fließweg. Die Druckverluste durch Einzelwiderstände in der Zirkulationsleitung sowie durch Reibung und Einzelwiderstände in der Warmwasserleitung werden durch einen Zuschlag berücksichtigt. Nach W 553 beträgt er 20 bis 40 %. Zu empfehlen sind 50 %. Falls Rückflußverhinderer eingesetzt werden, sind ihre Druckverluste zusätzlich zu berücksichtigen.

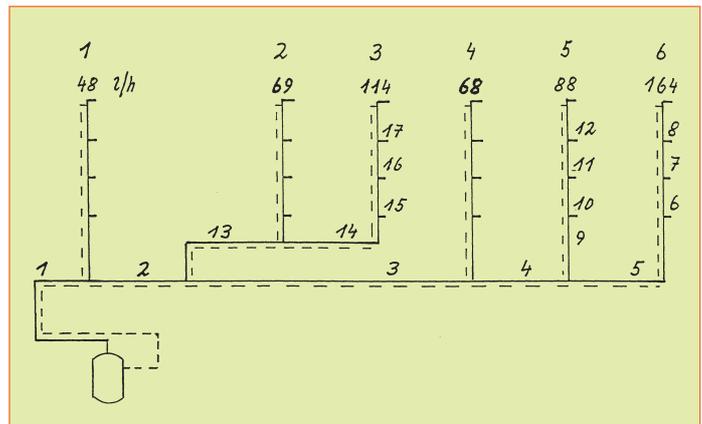
### Das differenzierte Verfahren

Mit dem differenzierten Verfahren können Besonderheiten oder Abweichungen genauer berücksichtigt werden, wie z. B. bei anderen Dämmwerten Gleichung (1) oder anderen Wasser- und Umgebungstemperaturen Gleichung (2). Aber auch hier genügt es, übereinstimmend mit W 553 mit dem einheitlichen Wärmedurchgangskoeffizienten 0,2 W/m x K oder noch einfacher mit 11 W/m (Keller) und 7 W/m (Rohrschacht)

Kupferrohre mm	12	15	18	22	28	35	42	54
Wärmedurchgangszahl $K' \text{ W/m} \cdot \text{K}$	0,137	0,154	0,170	0,193	0,180	0,205	0,196	0,201
Kupferrohre mm	64x2	76,1x2	88,9x2	108x2,5				
$K' \text{ W/m} \cdot \text{K}$	0,194	0,213	0,208	0,205				

**Bild 9** Nach Heizungsanlagenverordnung zulässige Wärmedurchgangskoeffizienten

**Bild 10** Anhand des vereinfachten Strangschemas wird der Berechnungsverlauf gezeigt



zu rechnen. Dagegen sollen nach W 553 alle Druckverluste durch Reibung und Einzelwiderstände im längsten Fließweg in der Zirkulationsleitung und auch in der Warmwasserleitung berechnet werden. Da dies einen großen Aufwand erfordert, ist hier die computergestützte Berechnung zu empfehlen. Anhand des stark vereinfachten Strangschemas (Bild 10) wird der Berechnungsverlauf gezeigt. Das vereinfachte und das differenzierte Verfahren werden nach demselben Schema berechnet.

Demnach lassen sich am einfachsten und mit dem geringsten Aufwand alle erforderlichen Wärmeverluste und Zirkulationsströme ermitteln, wenn man dem Schema von Bild 11 folgt. Es wird hier nicht nur mit Teilstrecken gerechnet, sondern teilweise auch mit ganzen Strängen, da in der Regel einige Stränge gleich sind und sich somit nicht in den maßgebenden Größen wie Leitungslänge und Umgebungstemperatur unterscheiden. Diese Gleichheit bedeutet gleiche Wärmeverluste für diese Stränge, aber nicht gleiche Zirkulationsströme. Im dargestellten Beispiel sind die Stränge 1, 2, 4 und 5 gleich. Es genügt deshalb, die Wärmeverluste von nur einem dieser Stränge zu ermitteln. Dagegen sind die Zirkulationsströme für jeden Strang gesondert zu ermitteln. Ferner werden die Wärmeverluste mit 11 W/m im Keller und mit 7 W/m im Rohrschacht eingesetzt. Zunächst trägt man die Teilstreckennummern ein. Die Strangnummern werden später im Berechnungsverlauf nachgetragen.

– Der Eintrag beginnt mit den Teilstreckennummern der Teilstrecken 1 bis 4.

– Die Teilstrecken 5 bis 8 bilden zusammen Strang 6, wobei die im Keller verlaufende Anschlußstrecke als Bestandteil des Stranges betrachtet wird.

– Die Teilstrecken 5 bis 8 werden zusammengefaßt, da ihnen gemeinsam nur eine Teilstrecke der Zirkulationsleitung gegenüber steht, und der Zirkulationsstrom in ihnen sich nicht verändert.

– Die Teilstrecke 5 wird aber in die im Keller verlaufende Teilstrecke 5a und in die im Rohrschacht verlaufende Teilstrecke 5b unterteilt.

– Nach dem gleichen Muster werden die Teilstrecken 9 und 14 unterteilt sowie die Teilstrecken 9–12 (Strang 5) und die Teilstrecken 14–17 (Strang 3) zusammengefaßt.

– Die Multiplikation der Spalten 3 und 4 ergibt die Teilstrecken-Wärmeverluste in Spalte 5 (Bild 11).

– Die aus unterschiedlichen Umgebungstemperaturen resultierenden Wärmeverlustanteile der Stränge, im Beispiel der Stränge 6, 5 und 3, werden in der Spalte 6 summiert.

– Für die Stränge 1, 2 und 4 genügt es, den Wärmeverlust von Strang 5 mit 103 W einzusetzen.

– Für diejenigen Teilstrecken (TS), die nicht Bestandteil eines Stranges sind, im Beispiel sind das die TS 1 bis 4 und 13, werden in Spalte 6 die Wärmeverlustsummen der TS und aller nachfolgenden zirkulierenden Warmwasser-TS eingetragen.

– Aus dem Strangschemata liest man ab, daß z. B. für die TS 3 die Wärmeverluste der TS 3 und 4 sowie der Stränge 4 bis 6 zu summieren sind:

Wärmeverlustsumme der TS 3 = 143 + 88 + 103 + 103 + 191 = 628 W.

– Zweckmäßigerweise wird die Spalte 6 von unten nach oben bzw. vom Rohrnetzende aus in Richtung Wassererwärmer ausgefüllt.

– Der Gesamtwärmeverlust beträgt 1278 W. Die Spalte 6 wird vollständig ausgefüllt bevor die Zirkulationsströme ermittelt werden. Der Gesamtzirkulationsstrom wird nach Gleichung (3) berechnet:

$$\text{Gesamt-Zirk.-Strom} = \frac{1278}{1,16 \cdot 2} = 551 \text{ l/h}$$

Die Teil-Zirkulationsströme werden nach den Gleichungen (4) bzw. (5) oder, falls möglich, nach Gleichung (6) ermittelt:

Der Zirkulationsstrom der TS 3 errechnet sich nach der Gleichung (4) zu

$$503 \cdot \frac{628}{628 + 360} = 320 \text{ l/h}$$

Die Zirkulationsströme der TS 13 sowie der Stränge 1, 2, 4 und 5 können wahlweise nach den Gleichung (4) oder (6) ermittelt werden, in dem Bild 11 nach Gleichung (6). – Aus dem Strangschemata liest man ab:

Zirkulationsstrom

$$\text{TS 13} = 503 (\text{TS 13}) - 320 (\text{TS 2}) = 183 \text{ l/h.}$$

– Ob es sich um das vereinfachte oder das differenzierte Verfahren handelt, das Berechnungsschema ist das gleiche.

## Tips für die Praxis

Entgegen allen widersprüchlichen Ansichten und Meinungen, beruht die Berechnungsmethode nach DIN 1988 nicht auf physikalischen Grundlagen, und entspricht auch nicht dem gegenwärtigen Erkenntnisstand. Wer nach diesem überholten Berechnungsverfahren die Zirkulationsleitungen größerer Anlagen plant und ausführt, geht ein hohes Risiko ein. Das Arbeitsblatt W 553 hingegen enthält alle maßgebenden

Strang	TS	Wärmeverluste				Berechnung	V̇ l/h	Gleichung Nr.
		1 m	pro m W	TS W	gesamt W			
1	2	3	4	5	6	7	8	
6	1	9	11	99	1278	$1278 / (1,16 \cdot 2)$	551	3
	2	8	11	88	1076	$551 \cdot 1076 / (1076 + 103)$	503	4
	3	13	11	143	628	$503 \cdot 628 / (628 + 360)$	320	4
	4	8	11	88	382	$320 \cdot 382 / (382 + 103)$	252	4
	5a	11	11	121	} 191	$252 \cdot 191 / (191 + 103)$	164	4
	5b-8	10	7	70				
5	9a	3	11	33	} 103	252 - 164	88	6
	9b-12	10	7	70				
4	Wie Strang 5				103	320 - 252	68	6
3	13	8	11	88	360	503 - 320	183	6
	14a	9	11	99	} 169	$183 \cdot 169 / (169 + 103)$	114	4
	14b-17	10	7	70				
2	Wie Strang 5				103	183 - 114	69	6
1	Wie Strang 5				103	551 - 503	48	6

**Bild 11 Berechnungsbeispiel zum Bild 10, Wärmeverluste und Zirkulationsströme**

Gleichungen für die Berechnungen. Zusammenfassend läßt sich feststellen:

- Eine Zirkulationsberechnung auf der Grundlage der Kreislaufwärmeverluste ist einwandfrei, kommt allerdings nur für jemanden in Frage, der ohne dafür ein Äquivalent zu erhalten, komplizierte und umfangreiche Berechnungen akzeptiert.

- Das Kurzverfahren kommt nahezu ohne Berechnungen aus, ist aber dennoch einwandfrei. Die große Mehrheit aller Zirkulationsanlagen kann nach dem Kurzverfahren in der oben vorgestellten Form dimensioniert und ausgeführt werden.

- Das vereinfachte Verfahren ist vor allem geeignet für größere Anlagen. Ohne Umwege erhält man alle erforderlichen Wärmeverluste und Zirkulationsströme.

- Das differenzierte Verfahren nach W 553 ist vor allem geeignet für ausgedehnte und umfangreiche Rohrnetze sowie für Anlagen mit abweichenden oder besonderen Bedingungen. Da diese Berechnungsmethode einen großen Aufwand erfordert, ist hier die computergestützte Berechnung zu empfehlen.

- Da das Arbeitsblatt W 553 nicht den Berechnungsverlauf in allen Einzelheiten vorschreibt, bleibt es dem Planer überlassen, wie er den Verlauf gestaltet. Das zuvor aufgezeigte Berechnungsbeispiel entsprechend (Bild 11) ist eines von verschiedenen Möglichkeiten. Hierbei beruht der Berechnungsweg auf der Tatsache, daß gleiche Warmwasserstränge zu gleichen Wärmeverlusten führen, aber nicht zu gleichen Zirkulationsströmen. Wer nach diesem Schema eine oder zwei Anlagen berechnet, wird feststellen, daß diese Methode recht einfach ist, und auf dem kürzesten Wege zu einem Ergebnis führt. □