

Unnötige Druckverluste vermeiden

Effizienz von Rohrleitungssystemen auf dem Prüfstand

Nachdem mit der Einführung der EnEV für heizungstechnische Komponenten wie Wärmeerzeuger, Speicher, Pumpen und Dämm-Materialien die Energieeffizienz und die Lebenszyklus-Kosten eine immer wichtigere Rolle spielen, gerät nun auch ein bislang wenig beachteter Teil der Heizungsanlage in den Fokus: die Rohrleitung. Unterschiedliche Materialien wie Kupfer- oder Mehrschichtverbund weisen stark abweichende Druckverluste auf und verursachen dementsprechend unterschiedliche Betriebskosten, wie ein Laborversuch an der Handwerkskammer Arnsberg gezeigt hat.

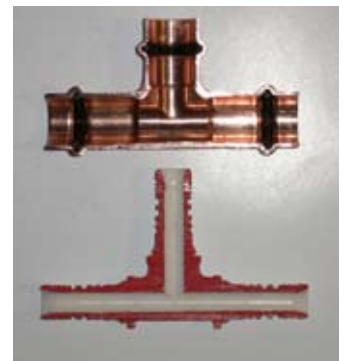
Als die Heizungs- und Sanitär-Meisterschüler aus Arnsberg durch die erste ihrer drei Versuchsinstallationen Wasser pumpen, trauten die jungen Männer ihren Augen nicht. Gerade mal 150 l/h drückte die Umwälzpumpe durch eines der S-förmigen Rohrnetze, die da vor ihnen auf dem Boden lagen. Zwanzig Meter Rohr, zwanzig Bögen und zwei Übergänge, das Ganze einmal in Kupfer (15 x 1 mm) und einmal in Mehrschichtverbundrohr (16 x 2 mm) hatten die Installateure im Januar 2007 im Auftrag des Kupferrohrherstellers Outokumpu zu einem Versuchsaufbau zusammengesetzt.

Nun schien sich für die Techniker zu bewahrheiten, was die Kupferindustrie bereits seit Jahren vermutete. Rohrinstallationen aus Kupfer und Mehrschichtverbund-Material, so stellten die Arnsberger Tester zusammen mit ihrem Fachbereichsleiter Hans-Stefan Albers fest, weisen erhebliche Unterschiede im Druckverlust und damit bei der benötigten Pumpenleistung für die Umwälzung des Heizmediums auf.

Querschnittsverengung bei Kunststoff-Fittings

So ließ die Kupferrohrinstallation bei gleicher Pum-

penleistung einen Volumenstrom von 500 l/h zu. Für einen Förderstrom von 150 l/h zeigte das Differenzdruck-Manometer im Kupfersystem eine Förderhöhe von 1,1 m an, während im Verbundrohrnetz die Anzeige bei gleichem Volumenstrom auf 5,4 m, also fast 5-mal so hoch anstieg. Die für ein Einfamilienhaus ausgelegte Heizkreispumpe benötigte 40,4 W mehr elektrische Leistung, um den Volumen-



■ Stein des Anstoßes - Der Querschnittsvergleich der Fittings zeigt über 50 % Flächenreduzierung bei den Verbundrohr-Formstücken.

strom aufrechtzuerhalten. In zwei weiteren Versuchen überprüften die Handwerksmeister ihre Testergebnisse aus dem ersten Experiment, wobei sie die Rohrdimensionen variierten. Auch hier zeigten sich ähnliche Abweichungen beim

■ **Tabelle 1: Versuchsaufbau 1 im Überblick - Der Druckverlust im Rohrsystem war beim Verbundrohr etwa 5-mal so hoch wie bei der vergleichbaren Kupferrohrschlange.**

Versuchsaufbau 1, Handwerkskammer Arnsberg			
Druckverlustvergleich			
Umwälzpumpe: Wilo Stratos 25/1-6			
Kupferrohr 15 x 1 mm			
Verbundrohr 16 x 2 mm			
Bögen 90°, 2 Muffen			
Übergänge außen 15 (16) x 3/4"			
	je 20 Meter		
	je 20 Stück		
	je 2 Stück		
	MV-Rohr 16 X 2	CU-Rohr 15 X 1	Ergebnis
150 l/h			
Leistungsaufnahme	48,5 Watt	8,1 Watt	diff. 40,4 W
Druckdifferenz	5,4 m	1,1 m	
500 l/h			
Leistungsaufnahme	Durchfluss > 150 l/h	52,5 Watt	
Druckdifferenz	Nicht möglich	5,2 m	



■ In den Schulungsräumen der Handwerkskammer Arnsberg testeten die Handwerksmeister die Druckverluste in Verbund- und Kupferrohrsystemen.

■ **Tabelle 2: Fallbeispiel für ein Zweifamilienhaus: Im Vollkostenvergleich werden die möglichen Einsparungen deutlich.**

	Kupfer	Verbundrohr	Differenz im Jahr	Differenz in 10 Jahren
Benötigte Pumpe	Wilo Star RS 25/4 ClassicStar	Wilo Star RS 25/6 ClassicStar		
Energieeffizienz Klasse	B	C		
Anschaffungspreis	138 Euro	167 Euro	29 Euro einmalig	
Leistungsaufnahme P1	45,78 Watt	78,9 Watt		
Strombedarf pro Jahr	228 kWh	416 kWh	188 kWh	1880 kWh
Stromkosten pro Jahr*	43,29 Euro	79,04 Euro	35,75 Euro	357,50 Euro
CO₂-Ausstoß pro Jahr**	141 kg	258 kg	117 kg	1170 kg
Gesamtkosten in 10 Jahren	570 Euro	957 Euro	387 Euro	

* Bezieht sich auf eine Betriebszeit von 5600 h/a, davon 6% Volllastbetrieb, 15% Teillastbetrieb, 44% Schwachlastbetrieb, 35% Nachtabsenkung und einen Strompreistarif von 0,19 Euro/kWh.

** CO₂-Ausstoß gerechnet aus Kraftwerks-Mix mit 0,62 kg/kWh.

Differenzdruck. Konkret benötigte die Pumpe in der Mehrschichtverbundrohr-Installation etwa dreieinhalb Mal so viel Energie, um das Wasser allen Strömungswiderständen zum Trotz fließen zu lassen.

Auf solche Details bei der Ressourcenschonung hatte bislang niemand so recht sein Augenmerk gelegt. Energieeinsparung steht für die meisten Haustechniker vor allem mit den Schlagworten „Wärmeerzeugung“ und „Wärmedämmung“ in Zu-

Vergleichstest. Damals montierten die angehenden Meister in zwei Meter hohen und breiten Installationsboxen ganze Sanitäreinheiten, um zu ermitteln, welches Rohr-



■ Die Deformation des abgebildeten Kupferrohres entspricht der Querschnittsverengung im gezeigten Verbundrohrfitting.

material sich schneller installieren lässt*.

Ganz nebenbei stellten die Installateure und Outokumpu-Techniker dabei fest, dass die Formstücke der Kunststoffrohre wesentlich kleinere Innendurchmesser aufweisen, als die Wettbewerbsprodukte aus Kupfer. „Als wir einen Fitting aus Kunststoff aufschnitten“, erinnert sich Frank Wortmann, Anwendungstechniker bei Outokumpu, „sahen wir, dass dessen innere Fläche um mehr als 50% geringer war,

*) Ausführlicher Bericht: „Installationssysteme im Kostenvergleich“, IKZ-FACHPLANNER Heft 5/2007, Seiten 10 ff.

als die vergleichbare Fittingvariante aus Kupfer.“

Druckverluste in Rohrleitungssystemen entstehen grundsätzlich durch Reibung an den Innenwänden der Rohre, Formstücke, Armaturen oder anderen Einbauteilen. Verringert sich der Rohrbzw. Fitting-Querschnitt, so steigt der Widerstand im Sy-

stem. Die Pumpe benötigt mehr Energie, um den Wassertransport zur Wärmeübergabe (Heizkörper, Fußbodenheizung etc.) sicherzustellen.

Zeta-Werte bleiben oft unberücksichtigt

Die Techniker von Outokumpu wollten es nach den Arnberger Versuchen nun genau wissen. Am Computer ermittelten Sie mit einem gängigen Dimensionierungsprogramm die Druckverluste für das Heizungssystem eines Zweifamilienhauses, ausgerüstet mit zehn Heizkörpern und einem Vier-Wege-Mischer.

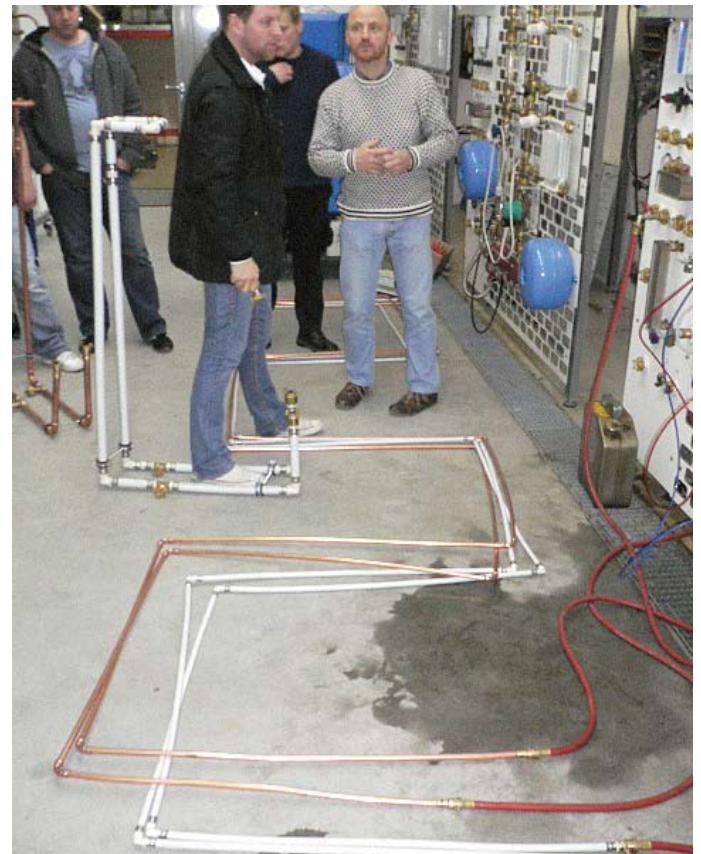
Druckverluste durch Reibung an den Rohrwänden werden durch das Reibungsdruckgefälle R in Pa/m und der Fließgeschwindigkeit v in m/s ermittelt. Die Strömungswiderstände von Einbauteilen wie Fittings und Armaturen beschreibt der sogenannte Zeta-Wert ζ . Die-



■ Der Messaufbau ermöglichte die Überprüfung des Differenzdruckes, der Durchflüsse sowie der Stromaufnahme der eingesetzten Pumpe.

sammenhang. Nicht aber mit der Wärmeverteilung.

Der Kupferrohrhersteller Outokumpu nutzte schon einmal die Schulungsräume der Handwerkskammer Arnberg für einen ähnlichen



■ Im Verlauf der Untersuchung wurden von den Handwerksmeistern „Prüflinge“ in verschiedenen Dimensionen gefertigt und getestet.

Nachgefragt

IKZ-HAUSTECHNIK: Die von Ihnen durchgeführte Studie vergleicht Druckverluste in Kupfer und Mehrschicht-Verbundrohrleitungen. Wie groß ist dabei der Anteil von Fittings wie T-Stücke, Bögen und Übergangsstücke am Gesamtdruckverlust in dem beschriebenen Zweifamilienhaus?

Frank Wortmann: Generell ist der Anteil der Fittings natürlich von der Charakteristik des Gebäudes und der Verlegeart abhängig. Auf die An-



■ Über die Ergebnisse einer Studie zum Vergleich von Druckverlusten verschiedener Rohrsysteme in der Heizungstechnik sprach die IKZ-HAUSTECHNIK-Redaktion mit dem Anwendungstechniker Frank Wortmann...

zahl der T-Stücke und Übergänge hat man in der Regel keinen großen Einfluss. Für Fittings in der gewählten Kupferrohrinstallation ergab sich ein Anteil von 27% und bei der Installation in Verbundrohr von 56% des Gesamtdruckverlustes. Generell ist bei Verbundrohren die Erfassung der Druckverluste durch Einzelwiderstände wie Übergangsstücke z. B. am Mischer oder am Heizkörperventil ein Problem, da mithilfe der gängigen Berechnungsprogramme eine Berechnung dieser Einzelwiderstände für Verbundrohrsysteme überhaupt nicht, oder nur durch manuelle Eingabe der exakten Zeta-Werte aus technischen Unterlagen möglich ist.

IKZ-HAUSTECHNIK: Je größer der Druckverlust eines Heizungsrohrnetzes, desto größer müsste zur Erzielung

einer entsprechenden Ventilautorität auch der Differenzdruck von Regeleinrichtungen, wie etwa des Mixers oder der Thermostatventile sein. Wurde dies in Ihren Berechnungen berücksichtigt und wie wirkt sich das aus?

Frank Wortmann: Der Druckverlustanteil des Mixers sollte einen Wert von mindestens 10% erreichen. Die Regelgüte des Mixers wurde bei unserem Beispiel aber nicht berücksichtigt, da eine Auslegung nach dieser Regel einen Dimensionssprung beim Mischer verursacht hätte, der den Gesamtdruckverlust des Verbundrohrnetzes weiter erhöht hätte. Uns war daran gelegen, den Gesamtdruckverlust der beiden Rohrsysteme möglichst exakt zu vergleichen.

IKZ-HAUSTECHNIK: Bei der Verwendung von unregelmäßig geformten Heizungs-Umwälzpumpen nimmt die Leistungsaufnahme auch in Teillastzuständen – also abgedrosselten Heizkörperventilen – kaum ab. Aber rückt der Druckverlust nicht angesichts des vermehrten Einsatzes von differenzdruckgeregelten Pumpen, die den Strombedarf bei Drosselung stark absenken, in den Hintergrund? Welche Einsparungen sind bei Ver-

wendung von Hocheffizienzpumpen noch möglich?

Frank Wortmann: Die Stromkosten werden durch den Einbau einer Hocheffizienz-Pumpe in dem von uns geplanten Rohrnetz um etwa 70% gesenkt. Generell sind laut Herstellerangaben Einsparungen von bis zu 80% möglich.



■ ... und dem Deutschland-Geschäftsführer Reinhard Vinkmann, Outokumpu Copper BCZ GmbH.

Reinhard Vinkmann: Ein Unterschied der jährlichen Stromkosten von 34% zugunsten der Kupferinstallation besteht dennoch. Auch eine Hocheffizienz-Pumpe ist nicht in der Lage, den deutlich höheren Druckverlust im Verbundrohrnetz auf das Niveau einer Kupferrohrinstallation zu bringen.

» Wer richtig rechnet sieht, dass Kupfer trotz hoher Notierungen preislich wettbewerbsfähig ist. «

se dimensionslose Kennzahl wird aber nicht von allen Herstellern gleichermaßen durchgängig angegeben. „In den einschlägigen Berechnungsprogrammen“, so der Outokumpu-Techniker Wortmann, „muss der Zeta-Wert eines jeden Bogens oder T-Stücks einzeln eingegeben werden. Für Querschnittsverengungen an Übergangsstücken, wie sie am Mischer- oder an Kesselanschlüssen sowie am Heiz-

körper auftreten, können die Druckverluste sogar nur per Hand errechnet werden“.

Ohne Berücksichtigung dieser Übergangsstücke aber würde man einen Druckverlust von 3938 Pa (entspricht etwa 0,4m Pumpen-Förderhöhe) unterschlagen“, erklärt Wortmann. Die Berechnungsergebnisse für das Zweifamilienhaus bestätigten dann erneut, was die Meister der südwestfälischen Handwerkskammer zu Beginn des Jahres bereits veranschaulicht hatten. „Die

Druckverlustunterschiede in Rohrinstallationen aus Kupfer- oder Mehrschichtverbundrohr sind enorm. Rund 40% mehr elektrische Energie benötigt eine Heizkreis-Pumpe in einem Zweifamilienhaus, wenn der Hausbesitzer die Heizkörper über ein Mehrschichtverbund-Rohrnetz beschicken lässt“, fasst Reinhard Vinkmann, Deutschland-Geschäftsführer der Outokumpu Copper BCZ GmbH, die Ergebnisse der eigenen Unter-

suchungen zusammen. 40% mehr Energie, das entspricht im Berechnungsbeispiel einer Zusatzleistung von 188 kWh pro Jahr.

Einsparpotenzial aufgedeckt

Das ist auf den ersten Blick nicht sehr viel. Geht man aber von einer Lebensdauer der Installation von jeweils 30 Jahren aus, so ergeben sich unter Berücksichtigung der Preissteigerung für elektrische

IKZ-HAUSTECHNIK: In wie weit wirken sich die unterschiedlichen Druckverluste auf die Dimensionierung beispielsweise von Trinkwasserinstallationen aus?

Frank Wortmann: Bei der Dimensionierung kann unter Umständen für eine Einzelanschlussleitung, durch den kleineren Anteil der Druckverluste durch Einzelwiderstände bei der Installation in Kupfer, auf eine kleinere Dimension wie z. B. 12 mm Kupferrohr im Vergleich zum Verbundrohr 16 x 2 mm zurückgegriffen werden. Gerade im Renovierungsbereich werden viele Formstücke eingesetzt, sodass sich in der Installation für Kupfer weitere preisliche Vorteile ergeben.

IKZ-HAUSTECHNIK: In der Vergangenheit war Kupfer der meistverwendete Werkstoff für Rohrleitungen im Heizungsbereich. In der letzten Zeit zeichnet sich jedoch ein Trend hin zum Kunststoffrohr ab. Wie stellt sich der Markt der Rohrleitungssysteme für Heizungs- und Sanitär Anwendungen in Zahlen derzeit dar?

Reinhard Vinkmann: Man muss die Verwendung differenziert betrachten. Vermutlich liegt der Marktanteil von Kupfer in der Heizung

bei über 65%, während wir in der Trinkwasserinstallation von ca. 45% ausgehen. Die überaus negative Nachfrageentwicklung in der Heizungsinstallation wirkt sich deshalb auf die absoluten Liefermengen drastischer aus, als dies vielleicht bei alternativen Werkstoffen der Fall ist. Hinzu kommt, dass durch den enormen Wettbewerbsdruck selbst der schon tot geglaubte Werkstoff Stahl eine Renaissance erlebt und damit zusätzlich am Kupferanteil knabbert. Wer genau nachrechnet und unter Umständen auch noch „tube THERM“ in seine Berechnungen einbezieht, wird feststellen, dass Kupfer im Preis selbst bei den augenblicklich hohen Kupfer-Notierungen wettbewerbsfähig ist. Eine richtige Rohrdimensionierung ist dabei natürlich vorausgesetzt.

Ferner hat der Trend zur Flächenheizung bei dem traditionell geringen Marktanteil von Kupfer dem Absatzvolumen nicht gerade geholfen. Dagegen wirkt die steigende Anzahl von Solar- und Gasinstallationen sowie von Regenwassernutzungsanlagen positiv auf die Kupferrohrnachfrage. ■



■ Reinhard Vinkmann, Geschäftsführer der Outokumpu Copper BCZ GmbH, zeigt mit der vorliegenden Studie, dass druckverlustoptimierte Rohrnetze in Kupfer zu mehr Energieeffizienz beitragen.

Energie beträchtliche Einsparungen. So könnten in diesem Zeitraum etwa 2700 Euro eingespart werden. Hochgerechnet auf etwa 250 000 Ein- und Zweifamilienhäuser, die in Deutschland in 2005 erbaut wurden, ergibt sich innerhalb der Lebensdauer ein CO₂-Einsparpotenzial in Höhe von etwa 800 000 t.

In Deutschland benötigen die privaten Haushalte rund 30% des Gesamtenergiebedarfes. Die Heizungsanlage verbraucht davon knapp 75%. Ungeregelte Heizungsanlagen gelten nach Angaben des Pumpenherstellers Wilo hinter dem Elektroherd als zweitgrößter Stromverbraucher innerhalb der hei-

mischen vier Wände. Darüber hinaus sind etwa 90% aller Pumpen, die in Deutschland installiert werden, entweder falsch eingestellt oder zu groß ausgelegt. „Es wird Zeit, dass auf dieses Problem hingewiesen wird“, so Vinkmann. So komme man mit druckverlustoptimierten Rohrnetzen, wie sie beim Kupferrohr vorliegen, hin zu kleiner dimensionierten Pumpen und damit zu höherer Effizienz in der Wärmeverteilung. ■

Bilder: Outokumpu Copper BCZ GmbH

© Internetinformationen:
www.tube.com