

ZETA-WERTE IN DER ROHR-NENNWEITENERMITTLUNG

Wie Formteile Druck vernichten

Das normale Fußvolk denkt bei Zeta meistens sofort an Catherine Zeta Jones, die schöne Waliserin. Nur Eingeweihte wissen jedoch, dass der Zeta-Wert nicht etwa das Maß dafür ist, wie weit das Aussehen einer Frau von Catherines Attraktivität abweicht. Vielmehr wird damit dimensionslos eine Angabe über den zu erwartenden Druckverlust eines Formteils gemacht.



Eine enge Kehre zwingt zur „Vernichtung“ von Energie,
in der Formel 1 wie auch in der SHK-Technik

Die besagten Formteile können beispielsweise Winkel oder Bogen sein. Auch ein T-Stück oder eine Wandscheibe besitzt einen Zeta-Wert, auch Widerstandsbeiwert genannt. Die meisten Menschen können glücklich leben ohne einen weiteren Hintergrund zu kennen, sie würden diesen Bericht daher spätestens jetzt zur Seite legen. Nicht so die SHK-Branche. Immer wenn das Medium Wasser, irgendeine andere Flüssigkeit oder ein Gas durch ein Rohr gejagt wird, spielen die soeben aufgezählten Formstücke für den Druckverlust eine wichtige Rolle.

DRUCKVERLUST ALS RESULTAT

Es macht natürlich wenig Sinn einen Wert nur zu kennen. Wichtig ist, was damit beeinflusst werden kann und soll. In der Bauphase eines Hauses hat der zuständige Anlagenmechaniker den berühmten Bogen und den berühmten Winkel zur Auswahl in der Hand. Der Meister empfiehlt ihm den Einbau des Bogens, wenn es darum geht geringe Druckverluste zu erzeugen. Der Bogen hat dabei also einen geringeren Zeta-Wert als der Winkel. Die Richtungsänderung beim Bogen fällt eben nicht so abrupt aus, sondern lässt sich etwas mehr Zeit. Aber warum sollten überhaupt nur geringe Druckverluste hervorgerufen werden? Diese Frage sollte doch gestattet sein. Dazu bezieht sich die folgende Ausführung auf eine Heizungs- beziehungsweise auf eine Trinkwasserinstallation. In der Heizungsanlage bedeutet ein geringer Druckverlust eines Bauteils, dass die Umwälzpumpe weniger Druck aufbauen muss. Dieses Quäntchen weniger an Druck spart elektrische Energie. Und das nicht nur an zwei Stunden des Tages, sondern an gut 6000 Stunden pro Jahr und für meistens länger als 30 Jahre. Das wäre schon Grund genug, nicht alles dem Zeta-Zufall zu überlassen.

ZETA ALS SCHÄTZWERT

Gravierender wird die Untersuchung von Zeta-Werten, betrachtet man eine Trinkwasserinstallation. Der Trend zu immer schlankeren Rohrnetzen ist seit Jahren zu beobachten und setzt sich weiter fort. Grund dafür ist die geforderte Hygiene. Dabei wurde, was die realen Zeta-Werte der Fittings angeht, bei den Berechnungen bisher eher geschludert. Es geistern immer noch Schätzwerte aus den 1980er Jahren durch die Bücher und Computerprogramme. Nur, nichts Genaues weiß man nicht! Dabei ist folgende Regel recht einfach nachvollziehbar. Was nicht als Druckverlust in Formteilen



Fittings in unterschiedlichen Formen und Dimensionen unterscheiden sich auch im Zeta-Wert

„aufgebraucht“ wird, kann getrost in noch schlankeren Rohrdimensionen verbraten werden. Umgekehrt bedeutet es aber auch: Was bereits in Formteilen durch einen hohen Zeta-Wert verbraucht worden ist, kann nur durch dickere Rohrleitungen wieder wettgemacht werden. Sehr schlanke und damit hygienische Rohrnetze lassen sich also nur mit Kenntnis von realen Zeta-Werten sicher auslegen. Ansonsten droht eine Unterversorgung beispielsweise während des Duschens bei gleichzeitigem Zapfen am Waschtisch. Also, Anforderungen an Wirtschaftlichkeit, Komfort und Hygiene können mit Kenntnis von Zeta-Werten deutlich besser umgesetzt werden.

EINFACH DIMENSIONSLOS?

Der Zeta-Wert selbst ist eine dimensionslose Größe. Nicht einmal Kilogramm verunziert die schlichte Gestalt, fast wie bei Catherine. Dabei ist es doch so schön, zwischen all den SI-gerechten Einheiten hin und her rechnen zu können. Aber man wird im Verlaufe des Berichts noch erkennen, dass es abschließend wiederum geordnet zugeht. Um den Zeta-Wert eines Bogens zu ermitteln, könnte man diesen mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit von beispielsweise zwei Metern pro Sekunde durchströmen lassen. In Fließrichtung vor dem Bogen ist der Druck um einige Pascal höher als hinter dem Bogen, soviel ahnt man schon. Denn eins ist klar, so ohne weiteres lässt sich der Wasserstrahl nicht um die Ecke bewegen.

Teil	Darstellung	Widerstandsbeiwert ζ_u
Bogen 90° glatt $r/d = 0,5$ 1,0 2,0 3,0		1,0 0,35 0,20 0,15
Knie $\beta = 90^\circ$ 60° 45°		1,3 0,8 0,4
Erweiterung, rund stetig $\beta = 10^\circ$ (in einem langen Rohr) 20° 30° 40°		$A_1/A_2 = 0,5$ 0,25 $\zeta_2 =$ 0,12 0,24 0,17 0,37 0,21 0,46 0,27 0,60
plötzlich (Borda-Carnot)		$\zeta_1 = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$
Ausströmung		$\zeta_1 = 1,0$
Verengung, stetig $\beta = 20 \dots 90^\circ$		$A_1/A_2 = 0,2$ 0,08 0,4 0,08 0,6 0,06 0,8 0,02
plötzlich		$\zeta_2 = \frac{(1/\alpha - 1)^2}{(1 - A_2/A_1)}$
Einströmung		$\zeta_2 = (1/\alpha - 1)^2$

Die aktuelle Fachliteratur macht detaillierte Angaben über Zeta-Werte von Formstücken

Da entsteht Reibung, da bilden sich Wirbel, da lösen sich Wasserteilchen von den Rohrwandungen und andere pressen sich wieder an. Es passiert also was an solch einer Biegung. Zwei Druckmanometer, eines vor, das andere hinter dem Bogen, werden den Faktor des Druckes fein anzeigen. Das strömende Medium soll schlichtes Wasser sein. Im Versuchsaufbau des Gedankenmodells soll die Dichte genau 1000 Kilogramm pro Kubikmeter betragen. Nehmen wir weiterhin an, das Manometer vor dem Bogen zeigt einen Druck von 100 000 Pascal und jenes in Fließrichtung hinter dem Bogen zeigt nur noch 96 000 Pascal. Die Druckdifferenz würde also 4000 Pascal betragen, alleine hervorgerufen durch diesen Bogen.



DICTIONARY

Dichte	=	density
Druck	=	pressure
Durchflussmenge	=	flow rate
Formstück	=	fitting
Rohr	=	pipe

Dann würde gelten:

- Die Druckdifferenz ist „ Δp “ (sprich Delta P) und beträgt 4000 Pascal (Pa)
- Die Geschwindigkeit ist „ v “ (also klein Vau) und beträgt zwei Meter pro Sekunde (m/s)
- Die Dichte des Wassers ist „ ρ “ (sprich Roh) und beträgt 1000 Kilogramm pro Kubikmeter (kg/m³)

Und um nun den Wert Zeta (ζ) zu bestimmen gilt die Formel:

$$\zeta = \frac{\Delta p}{\rho/2 \cdot v^2}$$

Das Einsetzen der Werte ergibt dann:

$$\zeta = \frac{4000 \text{ Pa}}{1000 \text{ kg/m}^3 / 2 \cdot (2 \text{ m/s})^2}$$

Zwischenergebnis:

$$\zeta = \frac{4000 \text{ Pa}}{500 \text{ kg/m}^3 \cdot 4 \text{ (m/s)}^2}$$

weiteres Zwischenergebnis:

$$\zeta = \frac{4000 \text{ Pa}}{2000 \text{ kg/(m} \cdot \text{s}^2 \text{)}}$$

und das Ergebnis ist:

$$\zeta = 2$$

Wer möchte, kann auch die Tatsache überprüfen, dass der Zeta-Wert letztlich einheitenlos ist. Der Zeta-Wert des überprüften Bogens beträgt also „2“, in Worten zwei.

REALER EINSATZ

Dieser Bogen kann nun verpackt werden und geht in Serie auf den SHK-Markt. Klar ist, dass dieser Bogen nicht ins Regal kommt für Krümmungen die mit zwei Metern pro Sekunde durchströmt werden und dabei 4000 Pascal Druckverlust hervorrufen. Jede halbwegs vernünftige Geschwindigkeit in einem Rohrnetz kommt für diesen Bogen in Frage. Wie groß ist aber der Druckabfall im Bogen, wenn dieser schneller oder langsamer durchströmt wird? Dazu wird die gleiche Formel kurzerhand umgestellt und ergibt dann eine Prognose für den Druckverlust bei anderen Strömungsgeschwindigkeiten. Die Formel lautet dann:

$$\Delta p = \rho/2 \cdot v^2 \cdot \zeta$$

Das eben überprüfte Fitting wird nun mit doppelter Geschwindigkeit als im Test und ebenfalls mit Wasser durchströmt. Es soll vorausgesagt werden welcher Druckverlust dadurch entsteht.

Gegeben:

$$v = 4 \text{ m/s}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\zeta = 2$$

$$\Delta p = 1000 \text{ kg/m}^3 / 2 \cdot (4 \text{ m/s})^2 \cdot 2$$

$$\Delta p = 500 \text{ kg/m}^3 \cdot 16 (\text{m/s})^2 \cdot 2$$

$$\Delta p = 16000 \text{ Pa}$$

Das auffällige Resultat zeigt, dass bei einer Verdoppelung der Geschwindigkeit, der Druckverlust sich vervierfacht. Klar, werden die Mathematiker unter den Lesern sagen, die Geschwindigkeit geht quadratisch in die Berechnung ein und Verdoppelung bedeutet mal zwei und zwei zum Quadrat ist vier. Umgekehrt kann man natürlich ebenso verfahren; wen wundert es? Eine Halbierung der Geschwindigkeit führt zu einer Viertelung des Druckverlustes.

Gegeben:

$$v = 1 \text{ m/s}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\zeta = 2$$

$$\Delta p = 1000 \text{ kg/m}^3 / 2 \cdot (1 \text{ m/s})^2 \cdot 2$$

$$\Delta p = 500 \text{ kg/m}^3 \cdot 1 (\text{m/s})^2 \cdot 2$$

$$\Delta p = 1000 \text{ Pa}$$

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Druckverlust eines Formteils durch den dimensionslosen Zeta-Wert beschrieben werden kann. Abhängig von der Geschwindigkeit und der Dichte des durchströmenden Mediums, ist der reale Druckverlust rechnerisch ermittelbar.

FOLGEN FÜR DIE PRAXIS

Die Hersteller von Rohrsystemen für den SHK-Markt werden zukünftig nicht nur die Druckverluste der ausgelieferten Rohre angeben, sondern zusätzlich die Zeta-Werte der entsprechenden Formteile genauer benennen. Dies wird die Planung von Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung deutlich konkreter und hoffentlich realistischer erscheinen lassen. Für den Praktiker auf der Baustelle bedeutet die Kenntnis über die Zusammenhänge, dass man sogar durch das eigene Geschick bei der Verlegung von Rohrleitungen langfristig Energie sparen beziehungsweise den Komfort erhöhen kann. Nicht immer ist ein Fitting das Maß aller Dinge. Eine 45- oder 90-Grad Biegung kann häufig auch gut durch eine handwerklich gefertigte Biegung erzeugt werden. Diese ist dann meistens strömungsgünstiger und schafft so Druckreserven, die bei dem höheren Zeta-Wert des fertigen Fittings so nicht



Damit es in schlanken Installationen nicht nur tröpfelt, könnten Zeta-Werte deutlich genauer berücksichtigt werden

zum Tragen kämen. Für die Planung, insbesondere von hygienischen Trinkwasserinstallationen, bedeutet die Berücksichtigung von Zeta-Werten wahrscheinlich eine differenzierte Berechnung. Differenziert meint in diesem Zusammenhang, dass die Druckverluste durch Formteile nicht mehr pauschal eingehen, sondern einzeln und für jedes Formteil gesondert berechnet werden. Dann wird es auch interessant zu sehen, welcher der Rohrhersteller denn die strömungsgünstigeren Fittings fertigt und dadurch vielleicht die eine oder andere kleinere Dimension bei den Rohrquerschnitten zulässt.

Auch wenn es auf den ersten Blick aussieht wie Erbsenzählerei ist der Einfluss natürlich vorhanden und kann deshalb sicherlich berücksichtigt werden. Es wird also nie richtig langweilig in der SHK-Branche. Und Catherine bleibt uns ja auch hoffentlich noch recht lange erhalten. ■