

## 2.4. Strömungsgeschwindigkeit und Druckverlust

Die Strömung durch einen gewellten Metallschlauch verhält sich grundsätzlich anders als eine solche durch ein glattes Rohr. Schon frühzeitig wurde beobachtet, daß gewellte Metallschläuche bei Überschreitung einer bestimmten Strömungsgeschwindigkeit ein „singendes“ Geräusch ertönen ließen. Gelegentlich fielen solche Metallschläuche im Betrieb vorzeitig durch Bruch des Wellrohrs aus.

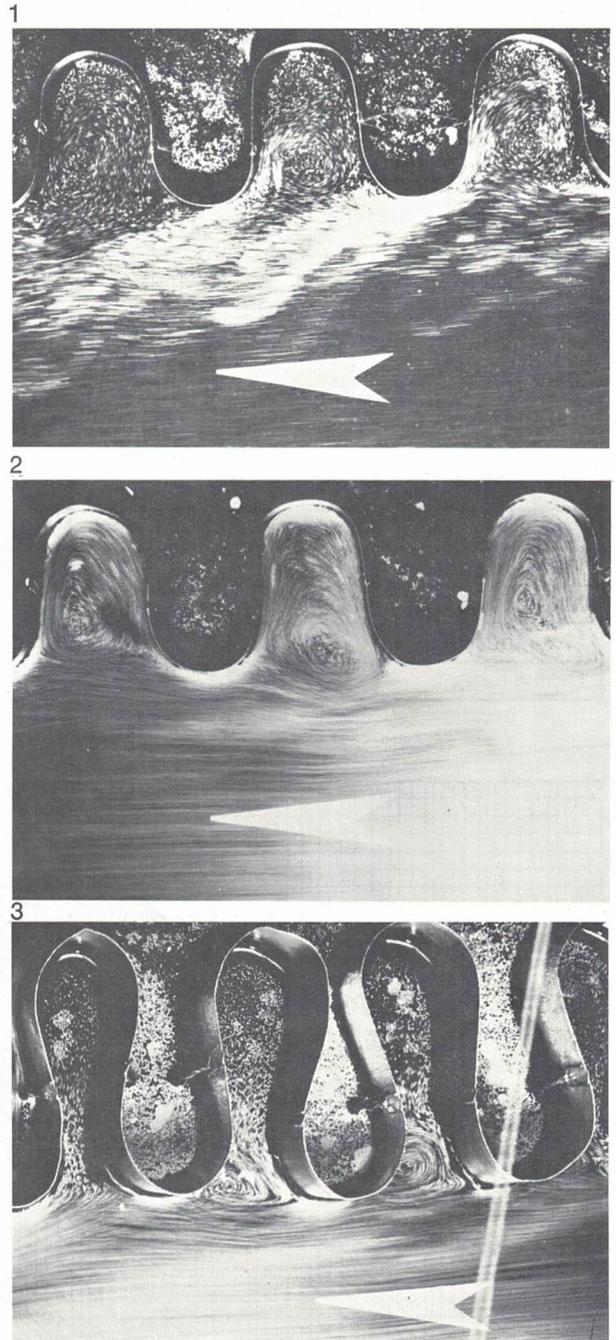
Bereits im Jahre 1960 haben wir eine umfangreiche Untersuchung zur Erforschung dieses Phänomens durchgeführt, die zu seiner Erklärung führte. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden dazu benutzt, einen Metallschlauch zu entwickeln, der in den meisten praktisch vorkommenden Bereichen der Strömungsgeschwindigkeit diese Erscheinungen vermeidet.

Die Reynolds'sche Zahl, eine Modellkonstante, die von Strömungsgeschwindigkeit, Durchmesser und Zähigkeit der Strömung abhängig ist, gestattet es, Strömungen ganz verschiedener Abmessungen miteinander zu vergleichen. Damit ist diese Zahl auch kennzeichnende Größe für die Strömung durch Metallschläuche und man kann alle Meßgrößen auf sie beziehen.

Bei Durchströmung des gewellten Metallschlauchs tritt folgender Vorgang auf: Im Wellringraum wird ein Wirbelring erzeugt, der die Energie zu seiner Erhaltung aus der Strömung aufnimmt (Bild Nr. 1). Bei kleineren Reynolds'schen Zahlen nach dem Übergang von Laminar- in den Turbulenzbereich bleibt dieser Wirbel stabil. Nach Überschreiten einer Reynolds'schen Zahl von etwa  $5 \times 10^5$  beginnt eine periodische Ablösung, d. h. Wirbelringe wandern in die und dann mit der Strömung (Bild Nr. 2). Hierdurch entstehen periodische impulsartige Druckänderungen im Wellungsraum, die dessen Wandungen zum Pulsieren bringen. Dieser Vorgang wird in Form der anfangs geschilderten Geräuschbildung hörbar. Der Effekt tritt bei umso größeren Reynoldszahlen auf, je kleiner der Wellungsabstand ist (Bild Nr. 3).

Diese zusätzliche Beanspruchung der Wellungsflanken kann nun zur vorzeitigen Ermüdung des Werkstoffs und damit dem Auftreten eines Bruches führen, zudem tritt eine Relativbewegung zwischen Umflechtung und Wellrohr auf, die zur mechanischen Beschädigung des letzteren führen kann. Durch eine besondere Profilierung des Wellrohrs und die völlige Neugestaltung der Konstruktion der Drahtumflechtung ist es uns gelungen, den Eintritt von Schäden in ein Gebiet hoher Reynoldszahlen hinauf zu verlegen, das meist in der Praxis nicht erreicht wird. Bei Betrieb im kritischen Grenzbereich dient ein uns patentierter

„Gleitschutz“, eine Zwischenlage, die die Reibung zwischen Geflecht und Metallschlauch vermindert, dazu, auch hier vorzeitige Ermüdungsbrüche zu vermeiden.



**KLAUS SIEPMANN**  
Schlauchfabrikation  
Industrieschlauchtechnik  
Postfach 290120 · 45318 Essen  
Faßbinderweg 21-25 · 45327 Essen

### Zulässige Strömungsgeschwindigkeit

Die größte für einen Metallschlauch zulässige Strömungsgeschwindigkeit folgt aus der Reynolds'schen Zahl der Strömung, da sie abhängig von der Zähigkeit des Mediums ist. Die Berechnung kann entweder nach den angegebenen Formeln oder nach dem Diagramm durchgeführt werden, was für die Praxis völlig ausreicht. Wird der zulässige Höchstwert der Reynolds'schen Zahl überschritten, so ist entweder eine größere Nennweite

oder Verwendung von zwei oder mehr Metallschläuchen vorzusehen. Es stehen daneben Sonderausführungen für Betrieb bei hohen Reynoldszahlen zur Verfügung.

Beim Betrieb von „Elasteflex“-Metallschläuchen in Standardausführung sollen folgende Grenzwerte nicht überschritten werden:

Wellungsart	eng	normal	weit
Reynolds'sche Zahl Re	$\leq 8 \times 10^5$	$\leq 5 \times 10^5$	$\leq 3 \times 10^5$

Formeln:

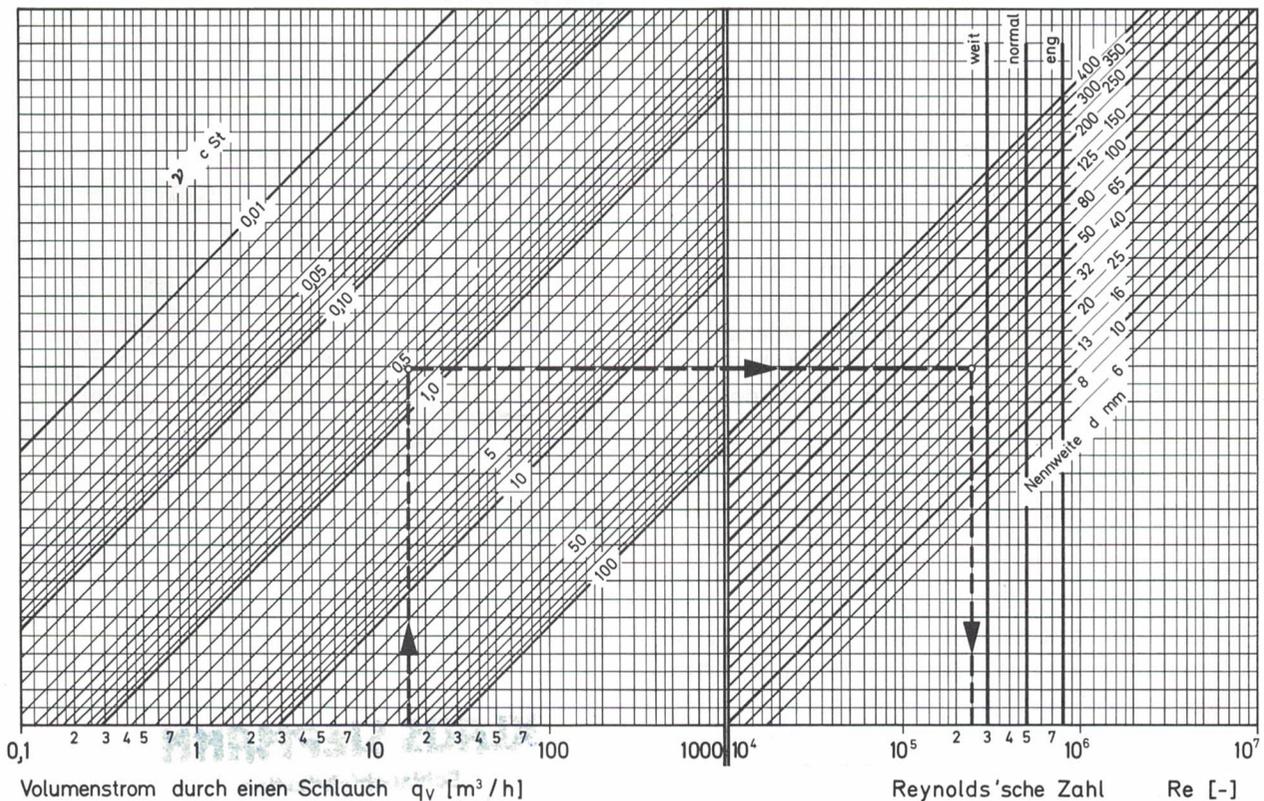
$$Re = 3,537 \cdot 10^5 \cdot \frac{q_v}{\nu \cdot d} \quad [-]$$

$q_v$  [m<sup>3</sup>/h]      $\nu$  [cSt]      $1 \text{ cSt} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$       $c = 353,7 \cdot \frac{q_v}{d^2}$  [m/s]

$d$  [mm]      $d$  [mm]

Kinematische Zähigkeit  $\nu$  [c St] einiger gebräuchlicher Heizmedien

Temperatur °C	20	50	100	150	200	220	240	260	280	300
Wasser	1,01	0,55	0,29	0,20	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10
Wasserdampf	—	—	21,3	27,9	35,3	38,6	41,9	45,5	49,2	52,8
Mobiltherm 600	230	28	5,5	2,1	1,15	0,93	0,80	0,68	0,60	0,52
Mobiltherm Light	8,3	3,7	1,5	0,9	0,65	0,59	0,52	0,48	0,43	0,41
Diphyl	4,0	2,1	1,1	0,63	0,43	0,37	0,33	0,29	0,27	0,24



Beispiel: Mobiltherm Light, NW 40, 220° C, 16 m<sup>3</sup>/h →  $\nu = 0,59 \text{ cSt}$ ,  $Re = 2,4 \cdot 10^5$

## Druckverlust

Der Druckverlust der Strömung in „Elasteflex“-Metallschläuchen ist abhängig von deren Durchmesser und Wellungsart sowie der Dichte und Geschwindigkeit des durchfließenden Mediums. Er kann nach den angegebenen Formeln, einfacher jedoch aus dem Diagramm bestimmt werden.

Das Diagramm ist für eine Dichte von  $10^3 \text{ kg/m}^3$  (Wasser bei Raumtemperatur) aufgestellt. Die Um-

rechnung des hierfür ermittelten Druckverlustes für die wirklich vorhandene Dichte wird in einfacher Weise nach der angegebenen Formel ausgeführt.

Für besondere Anwendungen stehen Ausführungen mit vermindertem Strömungswiderstand zur Verfügung, die jedoch teurer als die Standardausführung sind.

Formeln:

$$\Delta p_{sp} = 6,25 \cdot 10^5 \cdot \lambda \cdot \frac{q_v^2}{d^5} \left[ \frac{\text{bar}}{\text{m}} \right]$$

$$\lambda [-] \quad q_v [\text{m}^3/\text{h}] \quad d [\text{mm}]$$

Strömungsgeschwindigkeit

$$C = 354 \cdot \frac{q_v}{d^2} \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Umrechnung für andere Dichten

$$\Delta p'_{sp} = \frac{\rho'}{1000} \cdot \Delta p_{sp} \left[ \frac{\text{bar}}{\text{m}} \right]$$

$$\rho' [\text{kg/m}^3]$$

Widerstandsbeiwert $\lambda$ für ELASTEFLEX-Metallschläuche, im 180°-Bogen eingebaut							
Re-Zahl	$\leq 5 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^4$	$10^5$	$3 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^5$	$\leq 10^6$	
Wellung	weit	0,075	0,079	0,083	0,096	0,107	0,112
	normal	0,073	0,076	0,080	0,092	0,103	0,108
	eng	0,070	0,073	0,077	0,089	0,099	0,104

Dichte $\rho' \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$ einiger gebräuchlicher Heizmedien										
Temperatur °C	20	50	100	150	200	220	240	260	280	300
Wasser	998	988	959	917	857	836	808	779	748	715
Wasserdampf (bei Sättigung)	0,017	0,083	0,598	2,55	7,86	11,61	16,75	23,74	33,22	46,24
Mobiltherm 600	965	945	914	883	851	839	826	814	802	788
Mobiltherm Light	981	963	932	899	868	856	844	832	819	—
Diphyl	1062	1038	996	954	911	894	877	860	842	823

Beispiel: NW 50, Wellung eng,  $q_v = 13 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

$$\text{Wasser } 200^\circ\text{C, } Re \approx 6 \cdot 10^5 \longrightarrow \lambda \approx 0,097, \Delta p_{sp} = 0,033$$

$$\Delta p'_{sp} = \frac{857}{1000} \cdot 0,033 = 0,0283$$

# Druckverlust

