



Foto/Photo: IHA GmbH

# ES KOMMT DOCH AUF DIE GRÖSSE AN

## DIMENSIONIERUNG VON HYDRAULIK-SCHLAUCH UND -ROHRLEITUNGEN IN HYDRAULIKSYSTEMEN

In Zeiten kleiner werdender Einbau Räume bei gleichzeitiger Leistungssteigerung der Systeme bleiben Konstrukteuren nur wenige Mittel, um alle benötigten Bauteile im zur Verfügung stehenden Raum unterzubringen. Eines davon ist, die Komponenten- und Ventiltchnik, Verschraubungen und Kupplungen sowie die Hydraulikschlauch- und -rohrleitungen so klein, wie eben noch vertretbar, zu dimensionieren. Doch oft ist es ein Fehler, bis an die Leistungsgrenze der Hydraulikkomponenten zu gehen! Bevorzugt sollte schon in der Konstruktionsphase auf eine anforderungsgerechte Auswahl und Auslegung der hydraulischen Leitungsbauteile geachtet werden.

**A**uch der Endanwender oder Instandhalter begeht, durch Unwissenheit oder Zeitdruck, Fehler. In Ermangelung des richtigen Ersatzteiles werden z. B. im Innendurchmesser „zu kleine“ Hydraulikschlauchleitungen mit Adaptern verbaut, um einen Defekt schnell zu beheben. An einem Gerät oder einer Maschine, die konstruktiv schon an der unteren Grenze des

nötigen Leitungsquerschnittes gebaut ist, ist das eine Entscheidung mit fatalen Folgen.

Nicht selten wird durch diese Umstände der Grundstein für erhöhten Verschleiß und einen vorzeitigen Ausfall der Anlage oder von Anlagenteilen gelegt. Was bedeutet denn „zu klein“ bei der Frage nach dem richtigen Leitungsquerschnitt? In der Strö-

mungslehre gibt es die laminare sowie die turbulente Strömung. Die bevorzugte Strömungsart ist die laminare. → vgl. *Abbildung 1 und 2*

Ist die Strömungsgeschwindigkeit in einem Leitungssystem so hoch, dass die Strömung von laminar in turbulent übergeht, kann davon ausgegangen werden, dass in diesem Fall „zu klein“ dimensioniert

wurde. Zur Beurteilung der Strömungsgeschwindigkeit in Hydraulikleitungssystemen wird die 6-3-1-Regel herangezogen. Sie gibt Richtwerte vor, die Erfahrungswerten aus der Praxis entsprechen. 6 m/s in Druckleitungen, 3 m/s in Rücklaufleitungen und 1 m/s in Saugleitungen.

Was passiert, wenn der Querschnitt der Hydraulikschlauch- oder -rohrleitung schon bei der Konstruktion oder im Falle einer nicht anforderungsgerechten Instandsetzung zu klein gewählt wird? Dieselbe Menge Hydraulikflüssigkeit muss durch einen kleineren Rohr- oder Schlauchquerschnitt fließen. Als Beispiel: Ein Volumenstrom  $Q$  von 40 l/min bewegt sich bei 200 bar durch eine Hydraulikleitung mit einem Innendurchmesser von 13 mm mit einer Geschwindigkeit von ca. 5 m/s. Durch einen Sprung nach unten auf einen Innendurchmesser von 10 mm erhöht sich die Strömungsgeschwindigkeit auf ca. 8,5 m/s, was einem Anstieg um 70 % entspricht! Der 6-3-1-Regel nach ist die Strömungsgeschwindigkeit in dieser Leitung deutlich zu hoch.

Welche Folgen ergeben sich aus einer Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit?

- ▶ Die innere Reibung des Mediums wie auch die Reibung im Leitungssystem steigen, was zu erhöhter Wärmeentwicklung führt. Hydraulikschlauchleitungen härten durch die höhere Temperatur schneller aus. (Nachvulkanisation)
- ▶ Die erhöhte Reibung durch die höhere Strömungsgeschwindigkeit führt zu Druckverlusten

im Hydrauliksystem. Die Effizienz der Maschine verschlechtert sich!

- ▶ Die Geräuschentwicklung nimmt zu.
- ▶ Der Reibverschleiß (Sandstrahleffekt) verstärkt sich. Der Anstieg der Strömungsgeschwindigkeit lässt Feststoffpartikel, bei nicht anforderungsgerechter Verlegung der Hydraulikleitungen, mit erhöhter Geschwindigkeit auf Metalle und/oder Elastomere prallen, sodass weitere Partikel gelöst werden, die das Fluid und die Komponenten verunreinigen.  
→ vgl. *Abbildung 3 und 4*

All diese Faktoren begünstigen die vorzeitige Alterung der Hydraulikflüssigkeit und des Leitungssystems. Zusätzlich bewirken sie eine Schädigung von Ventilen und anderen Komponenten im Hydrauliksystem.

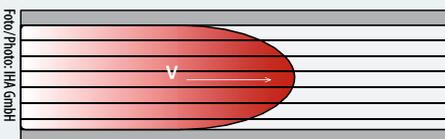
Wie können Konstrukteure, Endanwender oder Instandhalter der unzureichenden Querschnittsdimensionierung begegnen? Viele Maschinenbauer können auf Software gestützte Berechnungsprogramme bauen. Die wenigsten tippen heute noch die Formel zur Berechnung des richtigen Leitungsquerschnittes in einen Taschenrechner ein.  
→ vgl. *Abbildung 5*

Dem Instandhalter oder dem Endanwender stehen diese Möglichkeiten selten zur Verfügung. Fraglich ist auch, ob ihm die Konsequenzen, die aus einer Verringerung des Leitungsquerschnittes resultieren,

klar sind und ob sie ihn interessieren, wenn die Maschine laufen muss? Unabhängig davon gibt es ein Instrument, mit dem jeder „auf die Schnelle“ überprüfen kann, ob der Querschnitt seines Leitungssystems oder seiner Ersatz-Hydraulikschlauchleitung ausreichend dimensioniert ist. Mithilfe eines Nomogramms lässt sich, ohne rechnen zu müssen, feststellen, ob ein Leitungsinwendurchmesser ausreichend dimensioniert ist. → vgl. *Abbildung 6*

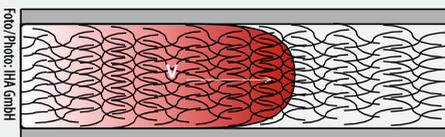
Da die Richtwerte für die Strömungsgeschwindigkeiten auf dem Nomogramm angegeben sind, reicht eine weitere Information, wie Volumenstrom oder der Querschnitt der Hydraulikrohr- oder -schlauchleitung, aus, um den fehlenden Wert ablesen zu können. Soll beispielsweise der Innendurchmesser einer Hydraulikrohr- oder -schlauchleitung ermittelt werden, in der die Strömungsgeschwindigkeit 4 m/s beträgt bei einem maximalen Volumenstrom der Pumpe von 60 l/min, müssen nur die beiden Werte im Nomogramm mit einem Lineal o. Ä. verbunden werden. Der gesuchte Wert kann dann einfach abgelesen werden. ■

Autor: Ralf Wiegmann,  
Internationale Hydraulik Akademie, Dresden,  
Trainer Leitungstechnik und Hydrauliköle



» Abb. 1: Laminare Strömung

» Fig. 1: Laminar flow



» Abb. 2: Turbulente Strömung

» Fig. 2: Turbulent flow



» Abb. 3: Nicht anforderungsgerechte Verlegung

» Fig. 3: Installation not in accordance with requirements



» Abb. 4: Folge: Auswaschungen und Durchschüsse

» Fig. 4: Consequences: leaching and line damage

# IT'S ALL A MATTER OF SIZE

## CALCULATING THE DIMENSIONS OF HYDRAULIC HOSES AND PIPELINES IN HYDRAULIC SYSTEMS

In times of smaller installation spaces with simultaneously greater performance by the relevant systems, design engineers have only a few ways of accommodating all the required components in the available space. One of them is to reduce to a minimum the size of the component and valve technology, fittings and couplings as well as the hydraulic hoses and pipelines. But it's often a mistake to push hydraulic components to the limit of their performance! As early as the design phase, preference should be given to selecting and designing the hydraulic line components to meet the specific requirements.

**E**nd users or maintenance personnel also make mistakes due to ignorance or time pressure. In the absence of the correct spare part, hydraulic hose lines with an inner diameter which is "too small" are installed with adapters in order to remedy a defect as quickly as possible. This can have fatal consequences for a device or machine that is already constructed at the lower limit of the required line cross-section.

These circumstances often lay the foundation for increased wear and the premature failure of the system or its components. What does "too small" mean when it comes to the question of the correct line cross-section? In fluid mechanics there are laminar and turbulent flows. The preferred type of flow is laminar. (see Fig. 1 and 2)

If the flow velocity in a pipe system is so high that the flow changes from laminar to turbulent, it can be assumed that in this case the dimensioning was indeed "too small". The 6 - 3 - 1 rule is used to assess the flow velocity in hydraulic line systems. It provides guide values that correspond to empirical values from practical application: 6 m/s in pressure lines, 3 m/s in return lines and 1 m/s in suction lines.

What happens if the cross-section of the hydraulic hose or pipe is calculated too small during the design phase or in the event of a repair that falls short of requirements? The same amount of hydraulic fluid has to flow through a smaller pipe or hose cross-section. As an example: A volume flow Q of 40 l/min moves at 200 bar through a hydraulic line with an inner diameter of 13 mm at a speed of approx. 5 m/s. A downward adjustment to an inner diameter of 10 mm increases the flow velocity to approx. 8.5 m/s, which corresponds to an increase of 70%! According to the 6 - 3 - 1 rule, the flow velocity in this line is clearly too high.

What are the consequences of such an increase in flow velocity?

- ▶ The internal friction of the medium and the friction in the pipe system both rise, resulting in increased heat generation. Hydraulic hose lines harden faster due to the higher temperature (post-vulcanisation).
- ▶ The increased friction due to the higher flow velocity leads to pressure losses in the hydraulic system. The efficiency of the machine deteriorates!
- ▶ Noise generation increases.
- ▶ The friction wear (sandblasting effect) increases. If the hydraulic lines are not installed according to requirements, the increase in flow velocity causes solid particles to collide with metals and/or elastomers at an increased speed, thus loosening further particles which contaminate the fluid and the components. (see Fig. 3 and 4)

All these factors promote premature ageing of the hydraulic fluid and the piping system. They also damage valves and other components in the hydraulic system.

How can design engineers, end users or maintenance engineers meet the requirements of correct cross-sectional dimensioning? Many mechanical engineers can rely on software-based calculation programmes. Today very few people type the formula for calculating the correct wire cross-section into a pocket calculator. (see Fig. 5)

These options are rarely available to the maintenance technician or the end user. It is also questionable whether they are aware of the consequences of a reduction in line cross-section or whether they even care, as long as the machine is in operation. Regardless of this, there is an instrument with which anyone can check whether the cross-section of their

line system or their replacement hydraulic hose line is calculated correctly. A nomogram can be used to determine whether the internal diameter of a line is large enough without having to do any calculations. (see Fig. 6)

Since the reference values for the flow velocities are indicated on the nomogram, further information such as volume flow or the cross-section of the hydraulic pipe or hose line is sufficient to read the missing value. If, for example, the inside diameter of a hydraulic pipe or hose line is to be determined in which the flow speed is 4 m/s with a maximum pump volume flow of 60 l/min, the two values on the nomogram only need to be connected with a ruler or the like and the required value can be read. ■

Author: Ralf Wiegmann,  
International Hydraulics Academy, Dresden  
Trainer: Line technology and hydraulic oils

$$D_i = 4,61 \cdot \sqrt{\frac{Q}{v}}$$

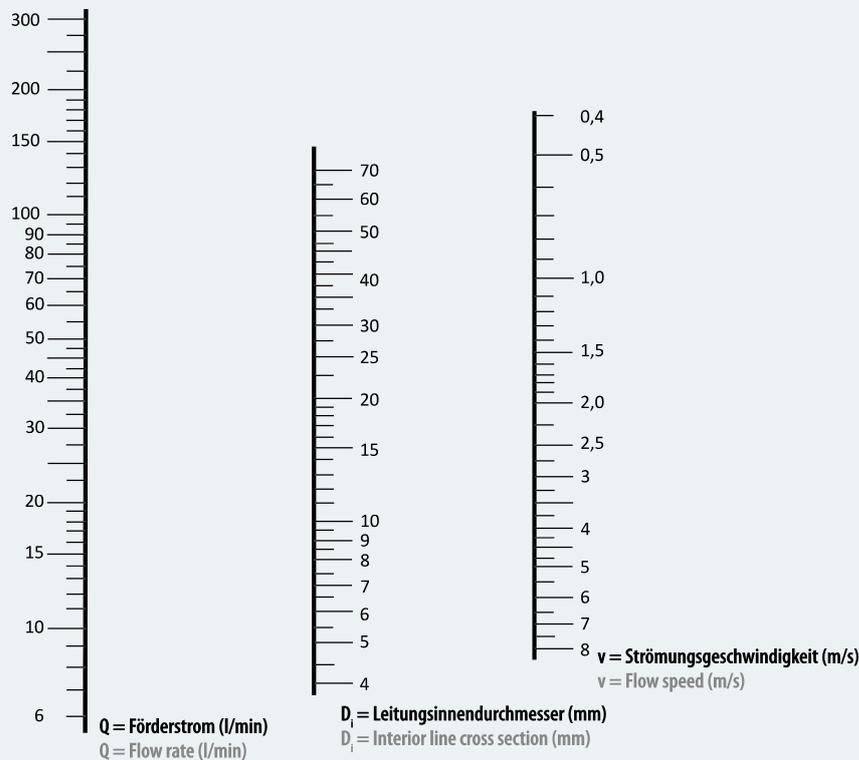
» Abb. 5:

$D_i$  = Leitungsinne Durchmesser in mm  
 $Q$  = Durchflussmenge in l/min  
 $v$  = Strömungsgeschwindigkeit m/s

» Fig. 5:

$D_i$  = Interior line cross-section in mm  
 $Q$  = flow rate in l/min  
 $v$  = flow speed in m/s

**NOMOGRAMM ZUR BESTIMMUNG DES LEITUNGSINNENDURCHMESSERS**  
**NOMOGRAM FOR DETERMINING THE INTERNAL DIAMETER OF THE LINE**



**Richtwerte für maximale Strömungsgeschwindigkeiten:**  
**Druckleitungen:** max. 6,0 m/s  
**Rücklaufleitungen:** max. 3,0 m/s  
**Saugleitungen:** max. 1,0 m/s

Reference values for maximum flow speeds:  
 Pressure lines: max. 6.0 m/s  
 Return lines: max. 3.0 m/s  
 Suction lines: max. 1.0 m/s

» Abb. 6: Nomogramm  
 » Fig. 6: Nomogram

**SCHULUNGSTERMINE** Juni 2019 – September 2019



**Juni 2019**

|                         |   |            |
|-------------------------|---|------------|
| 04.06.2019              | Hydraulik-Kupplungen - Die Basics   | Geisenfeld |
| 05.06.2019              | Sicherheit bei der Hydraulik-Instandhaltung - DGUV Information 209-070 (BGI 5100)               | Dresden    |
| 03.06.2019 - 07.06.2019 | Hydraulik I - Die Basics  | Dresden    |
| 03.06.2019 - 07.06.2019 | Hydraulik – Wartung & Instandhaltung  | Dresden    |
| 12.06.2019              | Wiederkehrende Unterweisung Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten nach DGUV Vorschrift 1 | Dresden    |
| 17.06.2019 - 21.06.2019 | Hydraulik II - Aufbauseminar  | Dresden    |
| 25.06.2019 - 27.06.2019 | Projektieren wie ein Hydraulik-Profi  | Dresden    |
| 24.06.2019 - 27.06.2019 | Hydraulik II - Aufbauseminar  | Linz       |
| 24.06.2019 - 28.06.2019 | Hydraulik I - Die Basics  | Dresden    |
| 25.06.2019 - 27.06.2019 | Mobilhydraulik III - Der geschlossene Kreis   | Dresden    |

**Juli 2019**

|                         |   |            |
|-------------------------|---|------------|
| 01.07.2019 - 05.07.2019 | Hydraulics I - The Basics (English-language)  | Dresden    |
| 09.07.2019 - 10.07.2019 | Vermittlung der Sachkunde der zur Prüfung befähigten Person der hydraulischen Leitungstechnik | Bielefeld  |
| 08.07.2019 - 11.07.2019 | Mobilhydraulik II – Das Load-Sensing-System   | Linz       |
| 15.07.2019 - 16.07.2019 | Vermittlung der Fachkunde der zur Prüfung befähigten Person der hydraulischen Leitungstechnik | Geisenfeld |

**August 2019**

|                         |  |         |
|-------------------------|--|---------|
| 26.08.2019 - 28.08.2019 | Druckspeicher in hydraulischen Anlagen | Dresden |
| 26.08.2019 - 30.08.2019 | Hydraulik I - Die Basics               | Dresden |

**September 2019**

|                         |   |         |
|-------------------------|---|---------|
| 11.09.2019              | Sicherheit bei der Hydraulik-Instandhaltung - DGUV Information 209-070 (BGI 5100)                             | Dresden |
| 09.09.2019 - 12.09.2019 | Hydraulik I - Die Basics  | Linz    |
| 09.09.2019 - 13.09.2019 | Hydraulik II - Aufbauseminar  | Dresden |
| 17.09.2019 - 18.09.2019 | Vermittlung der Fachkunde der zur Prüfung befähigten Person der hydraulischen Leitungstechnik                 | Dresden |
| 17.09.2019 - 18.09.2019 | Vermittlung der Fachkenntnisse für Fachkundige Personen der hydraulischen Leitungstechnik gem. AM-VO §2 Abs.3 | Linz    |
| 25.09.2019 - 26.09.2019 | Hydraulik-Öle in der Praxis   | Dresden |
| 23.09.2019 - 27.09.2019 | Hydraulik I - Die Basics  | Dresden |
| 16.09.2019 - 13.05.2020 | Fortbildung zur Hydraulik-Fachkraft HWK 01/19   | Dresden |