

Fluidtechnik

Einführung

Hydraulische Systeme und Anlagen

Hydraulik in der Industrie

Einführung und Grundbegriffe

- ▶ Das Wort Hydraulik stammt aus dem Griechischen und kann hergeleitet werden aus der Zusammensetzung der beiden Wörter hýdor „das Wasser“ und aulós „das Rohr“.
- ▶ Die Lehre der Hydraulik ist die Lehre vom Strömungsverhalten der Flüssigkeiten. In der Technik und im Maschinenbau geht es bei der Hydraulik um die Übertragung von Kräften, Energie und Signalen sowie zur Schmierung.
- ▶ Es geht um Druck und es geht um Volumen, um Geschwindigkeit und Reibung, um Kinetik und Statik, und um potentielle und kinetische Energie. Hydraulik ist vielseitig und vielfältig einzusetzen.

Geschichte der Hydraulik

- ▶ Als einer der „Väter der Hydraulik gilt in der Antike *Archimedes*. Die Geschichte der Prüfung einer goldenen Krone und seinem Geistesblitz in der Badewanne ist eine bis heute viel erzählte Geschichte. Der Auftrieb eines Körpers in einer Flüssigkeit soll die Geburtsstunde der Hydraulik sein, Heureka ich habe es hat er gerufen!
- ▶ Das *Pascalsches* Gesetz
- ▶ Die Wirkung einer Kraft (F) auf eine ruhende Flüssigkeit erzeugt in dieser einen Druck (p), der sich in alle Richtungen gleichmäßig fortpflanzt und stets senkrecht auf die Begrenzungsflächen der Flüssigkeit wirkt

Leitsätze der Hydraulik

- ▶ Eine Pumpe erzeugt einen Volumenstrom (l/min)
- ▶ Widerstand im hydraulischen System erzeugt Druck (bar)
- ▶ Der Druck entsteht durch Widerstand - Widerstand in Form einer Kraft (F) die z.B. nötig ist damit ein Zylinder ausfährt.
- ▶ Druck nimmt immer den Weg des geringsten Widerstands.
- ▶ Viskosität beschreibt die innere Reibung der Flüssigkeit - je höher die Viskosität desto „zähflüssiger“ ist eine Flüssigkeit.
- ▶ Schmierfähigkeit beschreibt die äußere Reibung einer Flüssigkeit.
- ▶ Kompressibilität beschreibt den Vorgang der Flüssigkeit, das Volumen unter äußeren Druck zu reduzieren.
- ▶ Geschwindigkeit beschreibt das Tempo einer Flüssigkeit in einem hydraulischen System (Rohre). Die Geschwindigkeit ist abhängig von der Viskosität und der Schmierfähigkeit (äußere Reibung im System).

Grundlagen der Hydraulik

- ▶ Die **kinetische Energie** ist die Kraft, die sich in einer fließenden, sich bewegenden, Flüssigkeit befindet. Das Energiepotenzial hängt von der Geschwindigkeit und dem Volumenstrom ab. Bei Richtungsänderungen des Förderstroms wird die Wirkung der kinetischen Energie sichtbar und messbar. Schläuche „zappeln“ hin und her, Bauteile welche die Richtung des Förderstroms oder die Geschwindigkeit beeinflussen unterliegen als erstes der kinetischen Kräfte und werden warm.
- ▶ Die **potentielle Energie** ist die Kraft, die durch eine unter Druck stehende statische Flüssigkeit vorgehalten wird. Die potentielle Energie wird von außen durch eine Pumpe erzeugt die den Förderstrom komprimiert oder durch z.B. einen Höhenunterschied zweier Punkte in einem Hydrauliksystem, dem statischen Druck.

Grundlegende Formeln zur Berechnung

- ▶ **Druck** breitet sich in geschlossenen Systemen nach allen Seiten gleich aus. Flüssigkeiten sind frei formbar und nehmen die Gestalt des Behälters an.
- ▶ Die **Kraft**, die ein hydraulischer Zylinder erzeugen kann, ist gleich dem hydraulischen **Druck** multipliziert mit der “wirksamen **Kolbenfläche**” des Zylinders. $F = p \times A$
- ▶ Die Größe der **wirksamen Kolbenfläche** bestimmt durch den **Druck** die **Kraft** eines Zylinders.
- ▶ Die **Leistung** der Hydraulikpumpe setzt sich aus den Größen $P = p \times q_v$ zusammen. P = Leistung in Watt. p = **Druck** in bar und q_v = **Volumenstrom**: Sekunde.
- ▶ Nach dem Gesetz von Pascal breitet sich eine auf eine ruhende Flüssigkeit wirkende Kraft nach allen Richtungen gleich aus. Deshalb ist die Form eines Behälters oder Tank nicht von Bedeutung.

Strömung in hydraulischen Anlagen

- ▶ Mit der Geschwindigkeit und der Kompressibilität von Flüssigkeiten kommen weitere Einflussgrößen hinzu.
- ▶ Die Strömung von Hydrauliköl hat entscheidenden Einfluss auf z.B. den Energieverlust einer Hydraulikanlage.
- ▶ Wir unterscheiden zwei Strömungsarten.
 - Laminare Strömung
 - Turbulente Strömung
- ▶ Die Reynoldssche Zahl Re hilft bei der groben Berechnung von Strömungsarten.

Strömung

- ▶ Durch **turbulente Strömung** kommt es zu **Druckunterschieden** einer **Flüssigkeit** zwischen **zwei Punkten** im **Hydrauliksystem**.
- ▶ Es macht dabei keinen Unterschied ob sich die Punkte zwischen dem Einlass und dem Auslass eines Ventils oder auf zwei weit entfernten Punkten im Rohrleitungssystem befinden.
- ▶ Dieser **Druckunterschied** sorgt für einen **Druckabfall** durch z.B. Querschnittsverengung, Änderung der Strömungsrichtung, eigentlich durch alles was den **Förderstrom beeinflussen kann**.

Druckstöße in hydraulischen Systemen

- ▶ Diese Einflüsse sorgen dafür, dass ein Hydrauliksystem die sogenannten Druckstöße hervorbringt.
- ▶ Die Stöße sind Vibrationen im Hydrauliksystem, die von der Flüssigkeit ausgelöst werden, weil die Flüssigkeit versucht zurückzuströmen bzw. die Richtung ändert.
- ▶ Die zwischen zwei Punkten eingeschlossene Flüssigkeit ist Stoßwellen mit sehr hohen Geschwindigkeiten ausgesetzt.
- ▶ Diese Stoßwellen erzeugen dabei einen Druckanstieg der um ein Vielfaches höher als der Betriebsdruck ist.

Druckstöße in hydraulischen Systemen

- ▶ Diese **Druckspitzen** führen immer wieder zu Schäden an hydraulischen Bauteilen, Rohren und Schläuche, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Druckes in Flüssigkeiten entspricht rund der dreifachen Schallgeschwindigkeit Die kinetische Energie einer Druckflüssigkeit darf bei den Berechnungen nicht vernachlässigt werden.
- ▶ Kehrt die Flüssigkeit in den ruhenden Zustand zurück sind keine Druckspitzen mehr wahrzunehmen.
- ▶ Ein Mittel um Druckspitzen vorzubeugen sind Druckspeicher im System zu installieren.

Kavitation in hydraulischen Systemen

- ▶ Druckabfall, Druckstöße, Turbulenzen und Druckspitzen sorgen für einen Energieverlust in hydraulischen Systemen.
- ▶ Durch diese Faktoren kommt es an Bauteilen zur **Kavitation**, Material wird **ausgewaschen**. Durch **Druck**, **Geschwindigkeit**, **Reibung** und den damit verbundenen negativen Einflüssen wird an Kanälen und Rohren **strahlartig Material abgetragen** infolge einer **konzentrierten Strömungsturbulenz** gegen das entsprechende Bauteil.
- ▶ Die **Kavitation** entsteht durch Lufteinschlüsse in der Flüssigkeit, Hydrauliköl kann bis zu **9%** aufnehmen. **Turbulenzen** im strömender Flüssigkeit sorgen für die Bildung von **Dampfblasen** und es bilden sich Hohlräume. Kavitation tritt in verschiedenen Formen auf.
- ▶ In der Fluidtechnik finden wir die Strömungskavitation am häufigsten vor. Bedingt durch Umlenkung des Volumenstroms und **Querschnittsänderungen** kommt es zum abreißen des Förderstroms und es entstehen Verwirbelungen. In diesen **Wirbeln** ist die **Geschwindigkeit** so hoch das dort Dampfblasen entstehen können.
- ▶ Strömungskavitation - Sidekavitation - Schwingungskavitation

- ▶ All das kann den **optimalen Betrieb** einer Hydraulikanlage **negativ beeinflussen** und führt irgendwann zum **Ausfall von Bauteilen**.
- ▶ Die **Energie wird in Wärme umgewandelt**, das sorgt für einen Temperaturanstieg der Hydraulikflüssigkeit und der Baugruppen.

Hydraulikaggregat Aufbau

- ▶ Eine Hydraulikanlage besteht in der Regel aus dem **Vorratsbehälter** mit **Pumpe** und **Antriebsmotor**.
- ▶ Ein **Druckbegrenzungsventil** sorgt für den nötigen Betriebsdruck des Aggregats. Ein **Manometer** zeigt den **eingestellten Betriebsdruck** an. Über **Rohre** und **Schlauchleitungen** wird der **Förderstrom** zu den hydraulischen **Steuerventilen** gefördert.
- ▶ Diese lenken den **Förderstrom** an die **Arbeitsglieder** (Zylinder) weiter um die entsprechende Arbeit zu verrichten.
- ▶ Mechanische Energie wird erst in hydraulische Energie umgewandelt, transportiert und dann wieder in mechanische Energie zurück umgewandelt.

Hydraulikpumpen

▶ Hydraulikpumpen

- ▶ Hydraulikpumpen haben die Aufgabe, mechanische Energie (Drehmoment) in hydraulische Energie (Druck-Förderstrom) umzuwandeln.
- ▶ Hydraulikpumpen arbeiten nach dem Prinzip der Verdrängung. Und eines haben die meisten Pumpen gemeinsam, die Ansaugseite ist im Querschnitt immer größer als die Druckseite.
- ▶ Einige Pumpen fördern einen konstanten Volumenstrom andere können auch einen variablen Volumenstrom erzeugen. Unterscheidungen gibt es in der Ausführung, den Baugrößen und den Anforderungen seitens der Anwender an die Pumpe.
- ▶ Zahnradpumpen, innen oder außen verzahnt Schneckenpumpen, Schraubspindelprinzip, Archimedische Schrauben Flügelzellenpumpen, Einhub oder Doppelhub Radialkolbenpumpen, außen oder innen abgestützt Axialkolbenpumpen, Schrägscheibenpumpe Schrägachsenpumpe

Sperrventile

- ▶ Mit den Sperrventilen lässt sich der Volumenstrom in eine oder mehrere Richtungen absperren.
- ▶ Das wohl bekannteste Sperrventil ist das Rückschlagventil.
- ▶ Sperrventile werden als Sitzventile hergestellt. Sie lassen sich kostengünstig herstellen und bieten auch technisch den größten Nutzen in der Anwendung.
- ▶ Beim durchströmen des Rückschlagventils in die freie Richtung von 1 nach 2 wird das Ventil geöffnet und gibt dem Volumenstrom freien Durchlass.
- ▶ In die Gegenrichtung von 2 nach 1 drücken die Feder und der Druck des Volumenstroms den Kegel in den Ventilsitz und sperren die Verbindung.

Druckventile

- ▶ Druckventile sind die Ventile die den Betriebsdruck und Systemdruck an Teilen einer Anlage regeln und steuern und einen sicheren Betrieb gewährleisten.
- ▶ Druckventile haben in der Regel zwei Schaltstellungen. Eine Änderung der Schaltstellung erfolgt schlagartig (geschaltet) oder stetig (geregelt) durch den Einfluss von Druck auf die Fläche eines Kolbens und gegen die Kraft einer Feder. Druckventile werden als Schieber oder als Sitzventil hergestellt. Es gibt sie für den Rohrleitungseinbau, als Einschraubventil, als Einbauventil und für die Plattenmontage.
- ▶ Es wird zwischen Druckregelventilen und Druckschaltventilen unterschieden.
- ▶ Druckregelventile: Druckbegrenzungsventil, Druckreduzierventil, Druckdifferenzierungsventil.
- ▶ Druckschaltventile: Druckabschaltventile, Druckzuschaltventile, Speicherladeventil.

Wegeventile

- ▶ Mit Wegeventilen sind alle Ventile zusammengefasst mit denen sich eine Änderung des Volumenstroms steuern lassen.
- ▶ Wegeventile werden nach der Anzahl ihrer Anschlüsse und der Anzahl der Schaltstellungen bezeichnet. Ein Ventil mit 4 Anschlüssen und 3 Schaltstellungen wird als 4/3 Wegeventil bezeichnet.
- ▶ Wegeventile werden als Sitzventile oder als Schieberventile verwendet.
- ▶ Wegeventile werden direkt gesteuert oder über eine Vorsteuerung geschaltet.
- ▶ Betätigungsarten der Direktsteuerung, manuell betätigt, mechanische betätigt, hydraulisch betätigt, elektrisch betätigt.
- ▶ Betätigungsarten der Vorsteuerung, hydraulisch betätigt, elektrisch betätigt.

Wegeventile

- ▶ Es gibt drei Arten von Wegeventilen die sich in ihrer Art und Bauform unterscheiden.
- ▶ Wegesitzventile
- ▶ Wegeschieberventile
- ▶ Drehschieberventile
- ▶ Das Wegeschieberventil ist die am häufigsten verwendete Bauart.
- ▶ Geringe Betätigungskräfte nötig
- ▶ Hohe Schaltleistung
- ▶ Einfache, günstige Herstellung
- ▶ Kaum Energieverlust
- ▶ Verschiedene Steuerfunktionen möglich

Stromventile

- ▶ Mit Stromventilen werden die Bewegungsgeschwindigkeit von Zylindern durch Querschnittsveränderung, und somit Beeinflussung der Geschwindigkeit des Volumenstroms, geregelt.
- ▶ Mit Stromregelventilen wird der Volumenstrom geregelt und Stromteilerventile versorgen zwei oder mehr Verbraucher aus einem zufließenden Förderstrom.
- ▶ Man unterscheidet die Drosselventile und die Stromregelventile.