

Funktionsmodell – Druckluft erfahren

Stefan Falk

Thema

Druckluft mit einer selbstgebauten Pumpe herstellen und ihre Wirkungsweise in einem Pneumatik-Zylinder kennenlernen. Steuerung eines Pneumatik-Zylinders durch ein Ventil.

Lernziel

- Druckluft lässt einen Pneumatik-Zylinder aus- bzw. einfahren.
- Das Blockieren der Abluft verhindert das aber, die muss also auf der anderen Seite des Zylinders herausströmen können.
- Rückschlagventile lassen Druckluft nur in eine Richtung durch und können u. a. für den Bau einer Druckluft-Pumpe genutzt werden.
- Ventile steuern den Zu- und Abfluss von Druckluft und können so Zylinder steuern.

Zeitaufwand

45 min.

Bezug Curriculum

Land	Stufe/Fächer	Bezüge
BW	SEK1	GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.1 Energie in Natur und Technik (3), S.15; GYM 7/8 PH-3.2.3 Energie, S.14; SEK1 GYM 7/8 PH-3.2.7 Mechanik: Dynamik, S.17
BY	SEK1	RS-KL.9 Physik 9 (I)-1 Mechanik von Flüssigkeiten und Gasen, S.821
BE	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
BB	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
HB	SEK1	GYM 7/8 Physik-Kräfte und Bewegung S.50
HH	SEK1	Stadtteil 8/9 PHYSIK-3.1.1 Bewegung und Kraft S. 22
HE	SEK1	GYMG8 8 PHYSIK-8G.3 Von Druck und Auftrieb, S.15
MV	SEK1	IGS/RegS 5/6 NaWi-5.3.2 Eigenschaften Luft, S.19
NI	SEK1	IGS 7/8 NaWi-Themenfeld 1 - Energieumwandlungen und Energieflüsse in unserer Umwelt, S.27

Pneumatik

NW	SEK1	GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (8) Bewegungen und ihre Ursachen S.106
RP	SEK1	IGS 7 NaWi-PHYSIK 5.4.1 Dynamische Phänomene, S.192
SL	SEK1	GYM 8PHYSIK (8) -Druck S.39; SEK1 GS 9 Physik (9) -1 Mechanik, S.17
SN	SEK1	OS RS/8 PHYSIK-LB2 Druck und seine Wirkungen, S.30; SEK1 GYM 8 PHYSIK-LB1 Mechanik der Flüssigkeiten und Gase S.19
ST	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 12
SH	SEK1	GYM 8PHYSIK- Thema 2: Dichte, Druckdifferenz als Antrieb, S. 88
TH	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 13

Aufgaben Vorversuche

Konstruktionsaufgabe

Baue vom Funktionsmodell zunächst nur die Handpumpe auf. Sie besteht aus einem Pneumatik-Zylinder und einem Rückschlagventil. (Das Rückschlagventil lässt die Luft nur in eine Richtung durch, aber nicht zurück. In weiteren Modellen werden wir dieses Bauteil näher kennenlernen.)

Achtung! Pneumatik-Zylinder dürfen nur auf Druck oder Zug beansprucht werden, nicht aber auf Biegung oder Scherung! Verbiege also bitte den blauen oder roten Kolben des Zylinders nicht! Das könnte den Zylinder undicht und damit unbrauchbar machen.

Thematische Aufgabe

Führe folgende Versuche durch:

1. Stecke einen Schlauch auf den spitzenförmigen Ausgang des Rückschlagventils. Betätige die Pumpe und fühle mit der Hand, wie Luft aus dem Schlauch strömt, wenn der Zylinder niedergedrückt wird.
2. Halte das Schlauchende mit einem Finger zu. Spüre, wie die Pumpbewegung schwergängiger wird. Warum genau ist das so?
3. Wiederhole Versuch 2 mit Abknicken des Schlauches anstatt Zuhalten. Du hast damit ein einfaches Ventil hergestellt! Es lässt Druckluft entweder durch (Schlauch frei) oder sperrt sie ab (Schlauch abgeknickt).

Experimentieraufgabe

Stecke das freie Ende des Schlauchs abwechselnd in einen der beiden Anschlüsse eines „doppeltwirkenden“ Pneumatik-Zylinders (mit blauer Kolbenstange, ohne eingebaute Rückstellfeder). „Doppeltwirkend“ wird der Zylinder genannt, weil er über seine Anschlüsse an beiden Seiten mit Druckluft beaufschlagt werden und dadurch die Kolbenstange sowohl aus- als auch wieder einfahren kann.

Halte den Zylinder an beiden Enden (Boden und Ende der Kolbenstange) frei in der Hand. Führe folgende Experimente durch:

1. Pumpe und lasse den Zylinder ausfahren. Spüre die Größe der so erreichbaren Kraft.
2. Stecke den Schlauch um, pumpe und lasse den Zylinder wieder einfahren.
3. Wiederhole diese Versuche und halte den jeweils offenen Anschluss des Zylinders mit der Hand zu. Was beobachtest Du? Was ist der Grund dafür?

Aufgaben

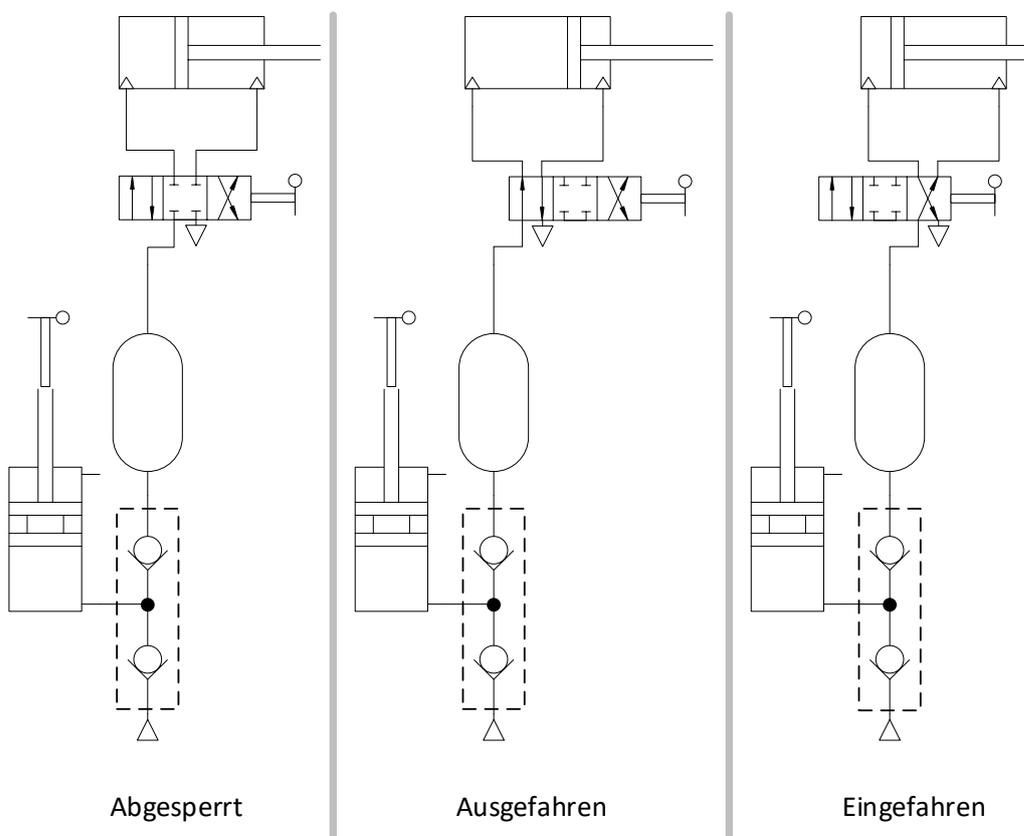
Steuerung eines Zylinders mit einem Ventil

Konstruktionsaufgabe

Baue das Funktionsmodell nun vollständig auf. Die Elemente sind:

1. Die bereits aufgebaute **Handpumpe**.
2. Ein **Tank** für Druckluft. Er bildet einen Speicher für Druckluft (ähnlich wie ein Kondensator oder Akku für elektrischen Strom).
3. Ein **Pneumatik-Handventil**. Die Druckluft kommt an seinem oberen Anschluss an und wird je nach Stellung des blauen Drehschiebers auf den linken oder rechten Ausgang geleitet.
4. Ein **doppeltwirkender Zylinder** (mit blauer Kolbenstange), der mit seinen beiden Anschlüssen über je einen Schlauch mit dem linken und rechten Anschluss des Handventils verbunden wird.

„Verschlauche“ (wie „verkabele“) das Modell laut Bauanleitung. Wie in der Elektrik gibt es auch in der Pneumatik Schaltzeichen für die einzelnen pneumatischen Bauelemente und Schaltbilder für den gesamten Aufbau:



Die drei Schaltbilder entsprechen den Zuständen des Modells je nach Stellung des Handventils. Wir erklären die Schaltzeichen anhand der links dargestellten Zeichnung namens „Abgesperrt“:

- a) Der linke Zylinder ist der der Handpumpe. Die manuelle Betätigung ist durch das Hebel-Symbol oben am Zylinderkolben dargestellt. Der untere Anschluss des Zylinders geht an das fischertechnik-Rückschlagventil.
- b) Das Rückschlagventil ist im gestrichelten Kasten dargestellt. In diesem einen fischertechnik-Bauteil befinden sich tatsächlich zwei wirksame Rückschlagventile: Das untere lässt Luft nur von außen (durch das kleine Loch im Boden) hinein (in den Zylinder nämlich), aber nicht hinaus. Das obere lässt die vom Zylinder komprimierte Luft nur in Richtung der Anlage hinaus, aber nicht zurück. Der Zuluft-Zugang wird durch das kleine Dreieck im Schaltbild dargestellt.

Rückschlagventile sind oft tatsächlich so aufgebaut, wie es das Schaltzeichen andeutet: Eine Kugel wird (durch Federkraft) in eine Aufnahme gedrückt und dichtet diese somit ab. Luft kann nur in der Richtung durch das Ventil strömen, in der die Kugel (gegen die Federkraft) von der Aufnahme weggedrückt wird. In der anderen Richtung wird sie den Durchgang versperren. Missverstehe das Schaltzeichen also nicht als „Pfeil“, in dessen Richtung die Luft strömen kann – sie kann nämlich nur in genau entgegengesetzter Richtung hindurch.

Die Tatsache, dass dieses Ventil mit der Hand betätigt wird, wird durch das Hebel-Symbol dargestellt. (Es gibt auch Ventile mit automatischer Rückstellung mittels einer Feder, mit Betätigung des „Hebels“ durch ein sich bewegendes Bauteil einer Maschine oder mit Betätigung durch Druckluft von anderen Ventilen für den Aufbau größerer Pneumatik-Schaltungen.)

- c) Die Druckluft wird durch den Schlauch zum Drucktank geführt, der sie speichern und puffern kann.
- d) Von dort führt sie zum Pneumatik-Handventil. Dieses Ventil hat tatsächlich drei Stellungen: In der Mittelstellung sind alle Anschlüsse blockiert. Dreht man den blauen Hebel nach links oder rechts, wird die Druckluft (von seinem oben mittig befindlichen Schlauchanschluss) zu einem der beiden (seitlichen) Ausgänge geführt. Wie wir gelernt haben, muss aber auch die „Abluft“ wieder ins Freie zurückkönnen (ähnlich wie elektrischer Strom ja auch über eine zweite Leitung zurückgeführt werden muss). Wichtig ist also: Der jeweils andere Anschluss wird mit dem Abluftausgang verbunden (das ist beim fischertechnik-Handventil der untere, bisher unbeschaltete Ausgang). Das Schaltzeichen des Ventils behandeln wir gleich noch ausführlich.
- e) Die beiden Ausgänge des Ventils sind mit den beiden Anschlüssen des Arbeitszylinders verbunden. Solange wir also Druckluft pumpen, können wir durch Verdrehen des Ventils den Zylinder nach Belieben aus- und einfahren oder ihn auch in einer beliebigen Stellung festsetzen.

Das Schaltbild des Ventils entspricht anschaulich seiner Wirkungsweise. Das Handventil besitzt vier Anschlüsse oder „Wege“ (für die Zuluft, die beiden Ausgänge und – unverzichtbar! – den Abluftausgang). Es kann drei Schaltstellungen einnehmen (links, rechts, und die alle Anschlüsse verschließende Mittelstellung). Es handelt sich deshalb um ein „4/3-Wegeventil“ – vier Anschlüsse, drei Schaltstellungen.

Jede Schaltstellung wird einfach in einem Kästchen dargestellt, in dem Pfeile oder Linien zeigen, welche Anschlüsse in der jeweiligen Schaltstellung verbunden oder (hier in der Mittelstellung) abgeschlossen sind. Die drei Kästchen – eines für jede Schaltstellung – stellen also dar, welche Schaltmöglichkeiten das Ventil bietet. In den drei Schaltplänen „Abgesperrt“, „Eingefahren“ und „Ausgefahren“ sind die jeweilige Schaltstellung und auch die zugehörige Stellung des Arbeitszylinders als die aktiven dargestellt. Man zeichnet die verbundenen Anschlüsse des Ventils also an dasjenige Kästchen des Schaltzeichens, das der Standardstellung (z. B. dem Ruhezustand einer Maschine) entspricht.

Dass der Abluftausgang des Ventils in dieser Schaltung mit der freien Umgebungsluft verbunden ist, wird wieder durch das kleine Dreieck im Schaltbild dargestellt.

Thematische Aufgabe

1. Experimentiere mit dem Modell. Pumpe, drehe das Pneumatik-Ventil und beobachte, wie der Zylinder arbeitet.
2. Stelle das Ventil so ein, dass der Zylinder eingefahren wird. Pumpe, ohne das Ventil zu betätigen. Höre dann auf zu pumpen und betätige nur noch das Ventil. Wie viele „Hübe“ des Zylinders kannst Du mit der im Tank gespeicherten Druckluft erreichen, ohne nachzupumpen?
3. Verfolge den Druckluft-Verlauf von der Pumpe durch den Tank, das Ventil und durch den Zylinder, sowie den Weg der „Abluft“ des Zylinders durchs Ventil ins Freie. Vollziehe das für die Schaltbilder in allen drei Schaltstellungen des Ventils nach.
4. Ein simples Stückchen Schlauch kannst Du offenlassen oder durch Abknicken oder Zudrücken versperren. Ein Schlauch ist also schon ein Ventil: Es hat zwei Anschlüsse (die beiden Enden des Schlauchs) und zwei Schaltstellungen (durchgängig und versperrt). Es ist also ein 2/2-Wegeventil. Zeichne das Schaltbild eines solchen Ventils!

Experimentieraufgabe

1. Wie verhält sich das Modell, wenn Du einen Schlauch durch Abknicken undurchlässig machst?
 - a) Den Schlauch zwischen Pumpe und Tank.
 - b) Den Schlauch zwischen Tank und Ventil.
 - c) Einen der beiden Schläuche vom Ventil zum Zylinder, in Kombination mit den Schaltstellungen des Ventils (drei Stellungen des Ventils und zwei Schläuche ergeben also $3 \cdot 2 = 6$ Versuchskombinationen).

Experimentiere ausgiebig damit und notiere systematisch Deine Beobachtungen.

2. Wie verhält sich das Modell, wenn Du die Schläuche stark, aber nicht vollständig abknickst? (Auf dieses Thema, die „Drosselung“ von Druckluft, kommen wir in weiteren Aufgaben und Modellen noch ausführlich zu sprechen.)

Lösungsblatt
Vorversuche

Lösungsbeispiel Thematische Aufgabe

Thematische Aufgabe 2: Das Pumpen wird immer schwerer, weil immer mehr Luft in den Schlauch gepumpt wird. Dabei wird die Luft verdichtet (komprimiert); das Ergebnis ist „Druckluft“. Das Volumen des Schlauchs wirkt als kleiner Druckluft-Speicher (die unter Druck strömende Luft erhöht den Druck im Schlauch auf dieselbe Weise, wie strömende elektrische Ladung die Spannung in einem Kondensator erhöht). Je mehr Druck aufgebaut wird, desto größer wird die Kraft, die den Pumpzylinder zurück nach oben drückt. Denn der Luftdruck und damit die Druckkraft, die von innen auf den Kolben wirkt, bewegt den Kolben so weit, bis der innere Druck dem von außen wirkenden Luftdruck entspricht (oder der Kolben einen mechanischen Anschlag erreicht).

Auswertung Experimentieraufgabe

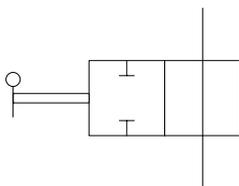
Experimentieraufgabe 3: Wenn Sie die Luft in der nicht „mit Druckluft beaufschlagten“ (bepumpten) Seite des Zylinders daran hindern, aus dem Zylinder zu entweichen, können Sie den Zylinder nicht mehr bis zum Ende verfahren. Die Luft im abgeschlossenen Teil wird mehr und mehr komprimiert und baut so Gegendruck auf. Zwischen dem Druck aus der Pumpe und dem der abgeschlossenen Zylinderhälfte wird die Kolbendichtung des Zylinders in der Position eingespannt, in der sich die resultierenden Kräfte gegenseitig aufheben. **Wichtige Erkenntnis:** Um den Zylinder zu bewegen, muss die „Abluft“ auf der nicht mit Druckluft beaufschlagten Seite aus dem Zylinder herauskönnen. **Es genügt also nicht, nur Luft in einen Zylinder hinein zu pumpen – sie muss auf der Gegenseite auch wieder hinaus!**

Lösungsblatt

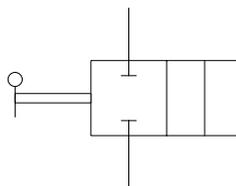
Steuerung eines Zylinders mit einem Ventil

Lösungsbeispiel Thematische Aufgabe

Thematische Aufgabe, 4.: Ein Stückchen Schlauch als 2/2-Wegeventil hat zwei Schaltstellungen. Wir benötigen für das Schaltzeichen also zwei Kästchen. Jedes Kästchen muss zwei Anschlüsse darstellen. Eine Schaltstellung muss beide Anschlüsse versperren, eine muss sie miteinander verbinden.



Durchgängig



Verschlossen

Auf die Pfeile im Kästchen für die verbundene Schaltstellung wurde verzichtet, weil ohne den Kontext eines ganzen Schaltbildes nicht definiert ist, in welche Richtung die Luft durch das Ventil strömen wird, und weil der Schlauch diesbezüglich auch keine konstruktiven Einschränkungen hat (die Luft kann einfach in beide Richtungen hindurch).

Auswertung Experimentieraufgabe

Experimentieraufgabe 1: a) und b) führen zum Stillstand der Anlage, weil die Druckluftversorgung verhindert wird. Wenn in c) die Druckluft zum Zylinder versperert wird, wird er sich nicht bewegen. Wenn in c) die Abluft des Zylinders versperert wird, kann er sich nur so weit bewegen, bis der aufgebaute Gegendruck gleich stark wie der Druck der Zuluft wird.

Experimentieraufgabe 2: Die „Drosselung“ führt allgemein dazu, dass die Anlage langsamer arbeitet – der Zylinder bewegt sich langsamer als ohne Drosselung. Man kann aber zwei Fälle unterscheiden – in weiteren Aufgaben wird aber das noch ausführlich behandelt:

- a) Drosselt man die *Zuluft* stark, wird sich der Zylinder *ruckweise* bewegen. Das kommt daher, dass der Luftdruck zunächst die Haftreibung des Zylinderkolbens überwinden muss. Ist das erreicht, bewegt sich der Zylinderkolben. Gleichzeitig vergrößert er dadurch aber das zur Verfügung stehende Volumen. Bei gleicher Luftmenge verringert sich also der Druck – soweit, bis der Zylinder weniger Kraft aufbringt als die seiner Gleitreibung. Dadurch bleibt er wieder stehen. Dieses Spiel wiederholt sich, bis der Zylinder an einem seiner Anschläge (Enden) angekommen ist.

- b) Drosselt man hingegen die *Abluft*, wird der Zylinder auf beiden Seiten von Druck „eingespannt“ und bewegt sich viel gleichmäßiger.

Erweitertes Funktionsmodell - Kompressor, Manometer, Abluftdrosselung

Stefan Falk

Thema

Wir erzeugen Druckluft mittels eines elektrisch betriebenen Kompressors, messen den Luftdruck mit einem Manometer und befassen uns ausführlicher mit der Drosselung von Druckluft.

Lernziel

- Kompressoren erzeugen Druckluft im Dauerbetrieb.
- Ein Manometer ist ein Messgerät für den Druck von Luft (oder allgemein Gasen). Es gibt wertvolle Einblicke in die Wirkungsweise pneumatischer Aufbauten.
- Um Zylinder langsam zu verfahren, wird ihre Abluft gedrosselt. Die Drosselung der Zuluft ist unzweckmäßig.

Zeitaufwand

Zwei Aufgabenblätter, jeweils 45 min.

Bezug Curriculum

Land	Stufe/Fächer	Bezüge
BW	SEK1	GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.1 Energie in Natur und Technik (3), S.15; GYM 7/8 PH-3.2.3 Energie, S.14; SEK1 GYM 7/8 PH-3.2.7 Mechanik: Dynamik, S.17
BY	SEK1	Ph8 (3) Mechanik (3.2) Kräfte und Ihre Wirkungen, S. 5; RS-KL.9 Physik 9 (I)-1 Mechanik von Flüssigkeiten und Gasen, S.821
BE	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
BB	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
HB	SEK1	GYM 7/8 Physik-Kräfte und Bewegung S.50; SEK1 BGYM 11 Rahmenplan Technik-2.2 (E1) 1.5 Pneumatik, S.15
HH	SEK1	Stadtteil 8/9 PHYSIK-3.1.1 Bewegung und Kraft S. 22
HE	SEK1	GYMG8 8 PHYSIK-8G.3 Von Druck und Auftrieb, S.15
MV	SEK1	IGS/RegS 5/6 NaWi-5.3.2 Eigenschaften Luft, S.19

NI	SEK1	IGS 7/8 NaWi-Themenfeld 1 - Energieumwandlungen und Energieflüsse in unserer Umwelt, S.27; RS 5-8 T-3.3 HB2 Energie und Technik, S.18
NW	SEK1	GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (8) Bewegungen und ihre Ursachen S.106
RP	SEK1	IGS 7 NaWi-PHYSIK 5.4.1 Dynamische Phänomene, S.192
SL	SEK1	GYM 8PHYSIK (8) -Druck S.39; SEK1 GS 9 Physik (9) -1 Mechanik, S.17
SN	SEK1	OS RS/8 PHYSIK-LB2 Druck und seine Wirkungen, S.30; SEK1 GYM 8 PHYSIK-LB1 Mechanik der Flüssigkeiten und Gase S.19; SEK1 GYM 7 PHYSIK-LB1 Kräfte, S.15
ST	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 12
SH	SEK1	GYM 8PHYSIK- Thema 2: Dichte, Druckdifferenz als Antrieb, S. 88
TH	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 13

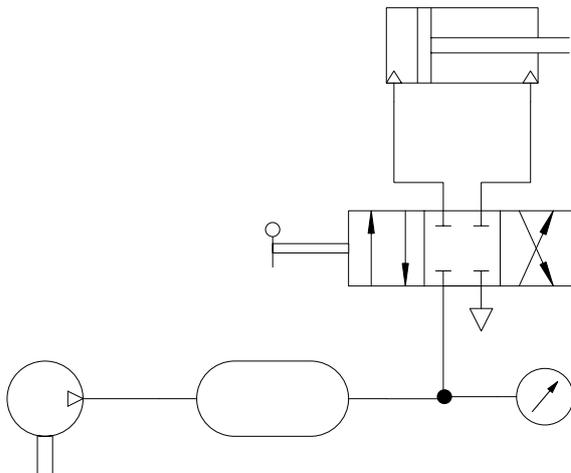
Pneumatik

Aufgaben

Erzeugen von Druckluft und Messen des Drucks

Konstruktionsaufgabe

Baue das Modell Erweitertes Funktionsmodell. Lass die Drossel (das kleine schwarze Teil mit dem blauen Drehknopf) zunächst weg. Lass also den Abluft-Ausgang des Ventils vorläufig noch direkt ins Freie führen. Verschlauche also nach folgendem Schaltbild:



Das linke Element steht für den Kompressor. Seine Stromversorgung ist nicht extra dargestellt. Ebenfalls neu ist das Schaltzeichen für das Manometer rechts neben dem Lufttank.

Pneumatik

Thematische Aufgabe

Der Kompressor erzeugt Druckluft ähnlich wie unsere selbstgebaute Handpumpe. Er verfügt aber über einen elektrischen Antrieb und übertrifft die Handpumpe in mehrerer Hinsicht:

- Er liefert Druckluft konstant, solange er mit der Stromversorgung verbunden ist (es ist beim fischertechnik-Kompressor egal, wie herum gepolt er an die 9-V-Gleichspannung angeschlossen wird).
- Er kann einen Luftdruck bis ca. 0,8 bar aufbauen.
- Er pumpt mehr Luftvolumen pro Zeit als die Handpumpe es könnte. Der „Durchsatz“ eines Kompressors wird meist in Litern Luft pro Minute (L/min) angegeben.

Das Manometer ist ein Messgerät für den Luftdruck; genauer: Für den Druckunterschied zwischen seinem Anschluss und der Umgebungsluft. Die Umgebungsluft hat auf der Erdoberfläche nämlich einen Druck von ca. 1 bar; der Kompressor erzeugt demgegenüber einen um 0,8 bar höheren Druck.

Druck ist das Verhältnis von Kraft zu Fläche. In den standardisierten SI-Einheiten wäre das also die Kraft in *Newton* (N) im Verhältnis zur Fläche in m². Die so gebildete SI-Druckeinheit ist das *Pascal*:

$$1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Bar ist eine andere, ebenfalls gebräuchliche Einheit und hat eine einfache Beziehung zu *Pascal*:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 100.000 \text{ Pa} = 100.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 100.000 \frac{\text{N}}{100 \text{ cm} \cdot 100 \text{ cm}} = 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

Da 10 N ungefähr die Kraft ist (genauer sind es 9,81 N), die 1 kg Masse auf der Erdoberfläche wiegt, entspricht ein *Bar* etwa der Gewichtskraft von 1 kg pro cm².

Führe die folgenden Aufgaben durch:

1. Stelle das Pneumatikventil in die Mittelstellung (alle Anschlüsse verschlossen). Schalte den Kompressor ein. Wieviel Druck zeigt das Manometer an?
2. Schalte den Kompressor aus. Wie verläuft danach der gemessene Druck? Warum ist das so?
3. Schalte den Kompressor wieder ein. Fahre den Zylinder durch Betätigen des Handventils aus und ein. Vergleiche die Kraft, die der Zylinder aufbringt, subjektiv (eine präzise Messung ist nicht notwendig) mit der, die mit der Handpumpe erreicht werden konnte.
4. Fahre den Zylinder wiederholt aus und ein. Vergleiche subjektiv, wie schnell der Zylinder durch die Verwendung des Kompressors anstelle der Handpumpe ein- und ausfahren kann. Wie verhält sich der gemessene Luftdruck während des Experiments?
5. Fahre den Zylinder ein und lass den Kompressor pumpen, bis sich der vom Manometer angezeigte Druck nicht mehr erhöht. Schalte den Kompressor dann aus und verfare den Zylinder mehrfach aus und ein. Wie viele Hübe kannst Du so erreichen (vergleiche das Ergebnis mit der entsprechenden Aufgabe bei der Handpumpe)?

Experimentieraufgabe

1. Wir können die Dichtigkeit des Gesamtsystems auch systematisch prüfen. Führe für jede Ventilstellung
 - a) Mittelstellung (abgesperrt),
 - b) Stellung für ausgefahrenen Zylinder (sind Undichtigkeiten der Scheibe im Zylinder relevant?) und
 - c) Stellung für eingefahrenen Zylinder (sind Undichtigkeiten an der Scheibe und am Kolbenausgang relevant?)

die folgende Prozedur durch: Schalte den Kompressor ein und lass ihn pumpen, bis sich der Druck nicht mehr erhöht. Notiere diesen Druck für den Startzeitpunkt = 0 Sekunden. Lies in konstanten Intervallen (z. B. alle zehn Sekunden) nach dem Abschalten des Kompressors den Druck am Manometer ab und halte ihn in einer Tabelle fest.

2. Stelle alle drei Messungen in einem einzigen Druck/Zeit-Diagramm dar (Zeit auf der x-Achse, Druck auf der y-Achse). Wo treten die größten Druckverluste auf, wo die geringsten?

Pneumatik

Lösungsblatt

Erzeugen von Druckluft und Messen des Drucks

Lösungsbeispiel Thematische Aufgabe

Thematische Aufgabe 1: Der Kompressor kann ca. 0,8 – 1,0 bar Druck aufbauen. Sollte es deutlich weniger sein, liegt vermutlich eine Undichtigkeit vor. Prüfen Sie dann:

- Stecken alle Schläuche korrekt?
- Sitzt das T-Stück fest im Manometer-Anschluss?
- Ist das T-Stück fest mit einem P-Stopfen verschlossen?
- Ist evtl. ein Ventil oder ein Zylinder undicht?
- Funktioniert ein anderer Kompressor?

Die Fehlersuche kann erleichtert werden, wenn Sie Teile des Aufbaus vom Druck ausschließen, in dem Sie einfach den betreffenden Schlauch fest abklemmen.

Thematische Aufgabe 4: Der Zylinder muss deutlich häufiger pro Zeiteinheit ein- und ausfahren können als bei der Handpumpe.

Zu beobachten sollte sein, dass der vom Manometer gemessene Druck immer kurz abfällt, wenn eine Zylinderbewegung erfolgt, weil bei hinreichendem Druck die Luft schneller in den Zylinder strömt, als der Kompressor sie nachliefern kann. Sobald der Zylinder in seiner Endlage angekommen ist, wird der normale Druck wieder aufgebaut.

Auswertung Experimentieraufgabe

Experimentieraufgabe 1 und 2: Durch produktionsbedingte Streuungen der Dichtigkeit der Pneumatik-Komponenten können hier unterschiedliche Ergebnisse herauskommen. Typischerweise hält der Druck bei verschlossenem Ventil (Mittelstellung) am längsten, beim ausfahrenden Zylinder nicht so lange und beim einfahrenden Zylinder durch die zusätzliche Leckage am Kolbenausgang am kürzesten. Verschiedene Zylinder können verschieden dicht sein.

Pneumatik

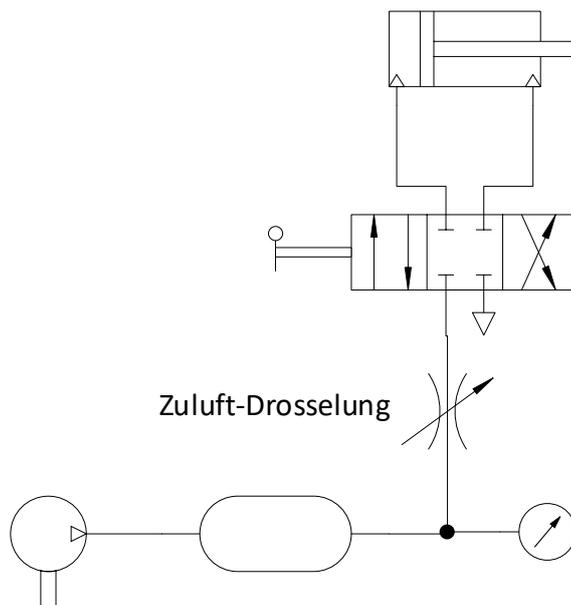
Aufgaben

Zylinder langsam verfahren lassen

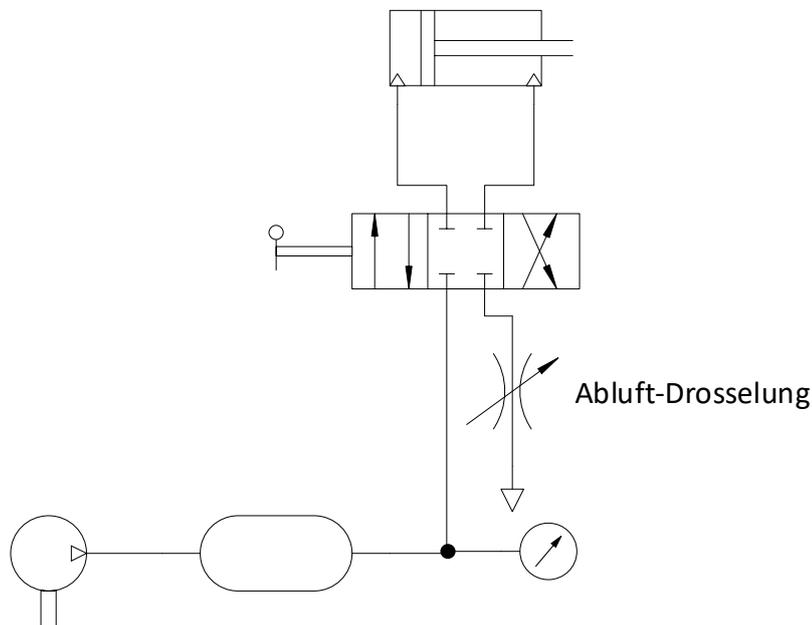
Konstruktionsaufgabe

Industriell eingesetzte Pneumatik wird meistens mit Drucken zwischen 6 und 8 bar betrieben. Damit können Pneumatikzylinder bei Bedarf sehr kräftig ausfahren – und sehr schnell. Oft wird zwar eine kräftige, aber langsame und kontrollierte Bewegung benötigt. Eine zu schnelle Bewegung könnte Maschinenteile, zu handhabende Werkstücke oder auch Menschen gefährden. Das erreichen wir durch *Drosselung* der Druckluft – wir lassen weniger Luft pro Zeit durch einen Schlauch oder eine Leitung strömen, indem wir einfach den Querschnitt der Leitung verengen. Nun gibt es zwei Stellen, an denen wir die Druckluft bei einem Zylinder drosseln können:

- a) Nahliegend erscheint vielleicht, die *Zuluft* zu drosseln: Wir lassen Druckluft langsamer in den Zylinder hineinströmen (das Schaltzeichen für die variabel einstellbare Drossel entspricht wieder sehr anschaulich der Art und Weise, wie Drosseln tatsächlich konstruiert sind, wenngleich in der industriellen Pneumatik dafür keine gequetschten Schläuche verwendet werden):



- b) Wir können aber auch die *Abluft* drosseln: Wir lassen die Zuluft ungedrosselt in den Zylinder, hindern aber die Abluft auf der anderen Zylinderseite per Drosselung daran, schnell aus dem Zylinder heraus zu strömen.



Probieren wir es aus! Ergänze das erweiterte Funktionsmodell um die Drossel. Sie ist einfach zu benutzen: Stecke einen Schlauch durch sie hindurch, dann kannst Du durch Verdrehen des blauen Griffs eine Schraube eindrehen. Die drückt auf den Schlauch, und so kannst Du den „übrigbleibenden“ Querschnitt des zusammengedrückten Schlauches sehr fein einstellen. Wir werden damit sowohl die Zuluft- als auch die Abluft-Drosselung testen.

Thematische Aufgabe

1. **Zuluft-Drosselung:** Baue die Drossel in den Schlauch vom Tank zum Ventil ein, also in den Zuluft-Eingang des Ventils (die Drossel kann auch ohne weitere Befestigung einfach so auf den Schlauch aufgeschoben werden). Drossele, um den Effekt gut zu sehen, sehr stark. Lass den Zylinder ein- oder ausfahren und schau genau hin! Was beobachtest Du? Was ändert sich, wenn Du etwas Schweres vor den eingefahrenen Zylinder auf die Bauplatte stellst und es bei starker Drosselung durch den ausfahrenden Zylinder wegschieben lässt?
2. **Abluft-Drosselung:** Entferne die Drossel vom Zuluft-Schlauch. Schließe stattdessen einen Schlauch an den bisher unbenutzten vierten Anschluss des Handventils an (den Abluft-Ausgang) und führe diesen durch die Drossel. Drossele zur Maximierung des Effekts wieder stark. Wie verhält sich der Zylinder jetzt? Wiederhole damit auch den Versuch mit der schweren zu schiebenden Last.
3. Was ist die **Erkenntnis** aus den beiden Versuchsvarianten?

Experimentieraufgabe

1. Wie langsam kannst Du den Zylinder verfahren lassen, ohne dass er stehen bleibt?
2. Was lässt sich beobachten, wenn man die Abluft extrem stark drosselt?

Pneumatik

Lösungsblatt

Zylinder langsam verfahren lassen

Lösungsbeispiel Thematische Aufgabe

Thematische Aufgabe 1: Die Drosselung der Zuluft führt dazu, dass der Zylinder in kleinen Schritten stoßweise verfährt. Das kommt daher, dass der Luftdruck zunächst die Haftreibung des Zylinderkolbens überwinden muss. Ist das erreicht, bewegt sich der Zylinderkolben. Gleichzeitig vergrößert er dadurch aber das zur Verfügung stehende Volumen. Bei gleicher Luftmenge verringert sich also der Druck – so weit, bis der Zylinder weniger Kraft aufbringt als die seiner Gleitreibung. Dadurch bleibt er wieder stehen. Dieses Spiel wiederholt sich, bis der Zylinder an einem seiner Anschläge (Enden) angekommen ist. Dieser Effekt verschlimmert sich noch, wenn größere Kräfte aufzubringen sind. **Die Zuluft-Drosselung ist deshalb meist ungeeignet.**

Thematische Aufgabe 2: Bei Drosselung der Abluft bleibt die entlüftende Zylinderhälfte unter Druck. Das bewirkt ein „Einspannen“ der Zylinderscheibe zwischen zwei unter Druck stehenden Volumen. Das führt zu einer viel feineren und weniger ruckartigen Bewegung. Sie wird auch durch äußere Kräfte weniger gestört, weil der Zylinderkolben mit relativ großer Kraft festgehalten wird. **Die Abluft-Drosselung führt zu einer gleichmäßigeren Zylinderbewegung.**

Thematische Aufgabe 3: Die Erkenntnis ist: **Richtiges Drosseln ist Abluft-Drosseln!**

Auswertung Experimentieraufgabe

Experimentieraufgabe 1: Der Zylinder kann durch Abluft-Drosselung so langsam verfahren werden, dass er mehrere 10 Sekunden für einen kompletten Hub benötigt. Mit Feingefühl kann man sogar in den Minutenbereich kommen.

Experimentieraufgabe 2: Bei Drosselung nahe der Undurchlässigkeit wird der Effekt sichtbar, dass es eine Weile dauert, bis hinreichend viel Abluft entweichen kann und so der Gegendruck hinreichend klein wird, dass der Zylinder seine Haftreibung überwinden kann. Der Zylinder bleibt nach Umschalten des Ventils noch einen Moment stehen, bevor er beginnt, sich zu bewegen.

Schranke mit einfachwirkendem Zylinder - Einfachwirkender Zylinder, Magnetventil

Stefan Falk

Das Modell der Schranke dieses Aufgabenblattes wird auch in späteren Aufgabenblättern noch verwendet. Es empfiehlt sich, es nach Möglichkeit aufgebaut zu lassen.

Thema

Wir setzen Pneumatik in einem echten Modell ein – einer selbstgebauten Schranke. Dabei lernen wir den „einfachwirkenden“ Zylinder und das elektromagnetische Ventil kennen. In weiteren Aufgaben werden wir die Schranke noch verändern – das Modell sollte also idealerweise aufgebaut bleiben.

Lernziel

- Wirkungsweise und Einsatzgebiete eines einfachwirkenden Zylinders kennenlernen
- Die Verbindung von Elektrik und Pneumatik über Taster und Magnetventil herstellen

Zeitaufwand

45 min, je nach Aufbaugeschwindigkeit und Experimentierfreude auch mehr.

Bezug Curriculum

Land	Stufe/Fächer	Bezüge
BW	SEK1	GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.1 Energie in Natur und Technik (3), S.15; GYM 7/8 PH-3.2.3 Energie, S.14; SEK1 GYM 7/8 PH-3.2.7 Mechanik: Dynamik, S.17
BY	SEK1	Ph8 (3) Mechanik (3.2) Kräfte und Ihre Wirkungen, S. 5; RS-KL.9 Physik 9 (I)-1 Mechanik von Flüssigkeiten und Gasen, S.821
BE	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
BB	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
HB	SEK1	GYM 7/8 Physik-Kräfte und Bewegung S.50; SEK1 BGYM 11 Rahmenplan Technik-2.2 (E2) 2.2 Elektropneumatik, S.15
HH	SEK1, SEK2	Stadtteil 8/9 PHYSIK-3.1.1 Bewegung und Kraft S. 22;

		BGY-T 3.2.12 Anforderungen und Inhalte Maschinenbautechnik 3, S.22
HE	SEK1	GYMG8 8 PHYSIK-8G.3 Von Druck und Auftrieb, S.15
MV	SEK1	IGS/RegS 5/6 NaWi-5.3.2 Eigenschaften Luft, S.19
NI	SEK1	IGS 7/8 NaWi-Themenfeld 1 - Energieumwandlungen und Energieflüsse in unserer Umwelt, S.27; RS 5-8 T-3.3 HB2 Energie und Technik, S.18
NW	SEK1	GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (8) Bewegungen und ihre Ursachen S.106
RP	SEK1	IGS 7 NaWi-PHYSIK 5.4.1 Dynamische Phänomene, S.192
SL	SEK1	GYM 8PHYSIK (8) -Druck S.39; SEK1 GS 9 Physik (9) -1 Mechanik, S.17
SN	SEK1, SEK2	OS RS/8 PHYSIK-LB2 Druck und seine Wirkungen, S.30; SEK1 GYM 8 PHYSIK-LB1 Mechanik der Flüssigkeiten und Gase S.19; SEK1 GYM 7 PHYSIK-LB1 Kräfte, S.15; BGY-T 13 Lernbereich 1A: Steuerungstechnik, S.44
ST	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 12
SH	SEK1	GYM 8PHYSIK- Thema 2: Dichte, Druckdifferenz als Antrieb, S. 88
TH	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 13

Pneumatik

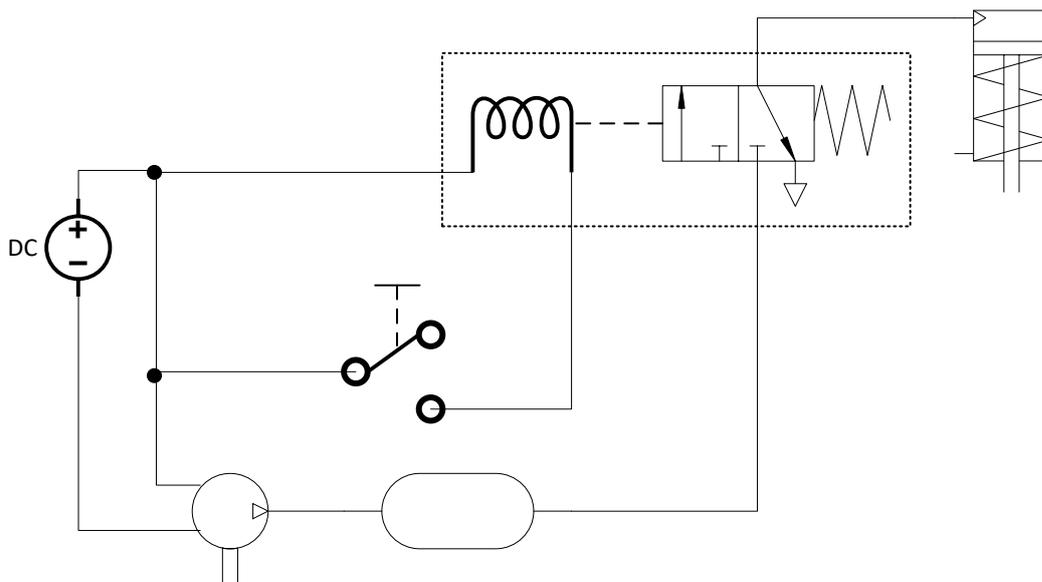
Aufgaben

Elektropneumatische Schranke mit einfachwirkendem Zylinder

Konstruktionsaufgabe

Baue die Schranke nach der Bauanleitung auf. Verwende als Zylinder den „einfachwirkenden“ Zylinder (mit rotem Kolben und eingebauter Rückstellfeder). Achte beim Aufbau auf folgende Punkte:

- Die Schranke muss leichtgängig funktionieren. Baue die beiden Achslager, die die Drehachse der Schranke tragen, nicht zu eng (stramm sitzend), sondern lass hinreichend Spiel, sodass die Schranke sich leichtgängig bewegen kann. Die Achse muss „fluchten“ – die drei Lagerbausteine, durch die sie durchgeht, müssen sauber in einer Linie liegen.
- Achte beim Einbau des Zylinders darauf, dass Du ihn möglichst nicht in Querrichtung belastest und verbiegst. Achte darauf, in welche Richtung die Nut des unteren Gelenksteins zeigt. Stecke den Zylinder gleichzeitig auf die obere Achse und den Gelenkstein, oder stecke ihn erst in den Gelenkstein und führe dann die Achse durch den Zylinder und das obere Achslager.
- Damit der fischertechnik-Taster den Kontakt herstellt, wenn man ihn drückt, musst Du seine beiden oberen Anschlüsse verwenden.
- Der obere Anschluss des Magnetventils ist der für die Druckluftzufuhr, der seitliche ist der Ausgang, der je nach Schaltstellung des Ventils entweder mit der Druckluft oder mit der Abluft verbunden ist.
- Die Polung der elektrischen Anschlüsse des Magnetventils ist unerheblich; es funktioniert wie der fischertechnik-Kompressor in beiden Stromrichtungen gleich.



Pneumatik

Die Stromversorgung (ganz links im Schaltbild) ist hier mit eingezeichnet, denn sie wird für die Verbindungen zum Taster und zum Magnetventil benötigt.

Das Magnetventil (im Schaltbild im gepunkteten Rahmen) ist ein 3/2-Wegeventil: 3 Wege (Zuluft, Ausgang und Abluft) mit zwei Schaltstellungen. Es wird aber von einem Elektromagneten betätigt. Sobald der Magnet Strom bekommt, „zieht das Ventil an“ und schaltet auf Durchgang zwischen Ein- und Ausgang. Ist es stromlos, sperrt es die Zuluft ab und verbindet den Ausgang stattdessen mit der Abluft (diese automatische Rückstellung wird durch die Feder im Schaltbild symbolisiert). Die Abluft hat bei unserem Magnetventil keinen eigenen Anschluss, aber natürlich ist der Abluftausgang vorhanden – ohne ihn würde es nicht funktionieren.

Der einfachwirkende Zylinder braucht nur einen Drucklufteingang, um zu funktionieren. Er kann mit Druckluft ausgefahren werden, fährt aber bei Entlüftung durch die eingebaute Rückstellfeder selbsttätig in die Ausgangsposition zurück (allerdings nur mit der Kraft der Feder). Man kann ihn überall verwenden, wo nur in Ausfahr-Richtung größere Kraft benötigt wird, und braucht dazu nur einen Drucklufteingang zu steuern.

Das ist bei Verwendung des Magnetventils vorteilhaft, denn das ist nur ein einzelnes 3/2-Wegeventil. Um einen doppelwirkenden Zylinder mit diesen Magnetventilen anzusteuern, bräuchte man zwei – pro Zylindereingang eines.

Thematische Aufgabe

1. Erprobe das Modell ausgiebig. Was funktioniert gut? Was gefällt Dir nicht?
2. Beschreibe, warum der Zylinder in diesem Modell an beiden Enden gelenkig angebracht sein muss.

Experimentieraufgabe

1. Baue eine Drossel in den Schlauch zwischen dem Magnetventil und dem Zylinder ein. Was kannst Du damit einstellen?
2. Baue die Drossel stattdessen in den Schlauch zwischen Tank und Magnetventil ein. Was kannst Du nun damit einstellen?
3. Verschließe den zweiten Ausgang des Zylinders (auf der Seite mit der Feder) mit einem P-Stopfen. Was ändert sich?
4. Verwende anstatt der beiden oberen die beiden unteren Anschlüsse des Tasters. Was ändert sich?

Pneumatik

Lösungsblatt

Einfachwirkender Zylinder, Magnetventil

Lösungsbeispiel Thematische Aufgabe

Thematische Aufgabe 1: Die Schranke öffnet und schließt sich zuverlässig, sofern alles korrekt und leichtgängig gebaut wurde. Bei unbetätigtem Taster ist sie geschlossen, auf Tastendruck kann man sie öffnen. Sobald man den Taster loslässt, schließt sich die Schranke wieder.

Unschön ist aber, dass die Schrankenbewegung unnatürlich schnell und „schlagend“ erfolgt.

Thematische Aufgabe 2: Der Mittelpunkt des Gelenks am unteren Ende des Zylinders beschreibt beim Bewegen der Schranke eine Kreisbewegung um die Drehachse der Schranke. Der Zylinderkolben wird also nicht nur in Längsrichtung des Zylinders bewegt, sondern auch quer dazu ausgelenkt. Damit er sich nicht verbiegt und das Modell funktioniert, sind die Gelenke an beiden Enden notwendig (unten der Gelenkbaustein, oben die Lagerung des Zylinders in einer Achse).

Auswertung Experimentieraufgabe

Experimentieraufgabe 1: Damit drosseln wir sowohl die Zuluft als auch die Abluft des Zylinders. Die Schranke bewegt sich langsamer. Die Drosselwirkung kann in beiden Bewegungsrichtungen unterschiedlich ausfallen, weil das Rückstellen nur mit der Kraft der Feder erfolgt.

Experimentieraufgabe 2: Nun wirkt die Drossel nur, wenn der Zylinder mit der (gedrosselten) Zuluft verbunden ist. Die Abluft hingegen kann ungehindert aus dem Zylinder durch das Ventil ins Freie strömen. Nur die Aufwärtsbewegung der Schranke wird also langsamer, das Schließen erfolgt unverändert schnell gegenüber der Variante ohne Drossel.

Experimentieraufgabe 3: Der Stopfen zeigt keine oder fast keine Wirkung. Erkenntnis: Der Kolbenausgang des einfachwirkenden Zylinders ist absichtlich nicht ganz dicht.

Dadurch wird eine höhere Leichtgängigkeit des Zylinders erreicht, damit die Kraft der Rückstellfeder ausreicht, um den Zylinder zurückzufahren. An diesem Anschluss des Zylinders ist aber keine Abluftdämpfung möglich. Der vordere Schlauchanschluss des einfachwirkenden Zylinders ist nicht sinnvoll nutzbar, sondern nur produktionsbedingt.

Experimentieraufgabe 4: Dadurch kehren wir das Signal des Tasters um – wir „invertieren“ es. Das Magnetventil bekommt nun genau dann Strom, wenn der Taster *nicht* gedrückt ist. In diesem Fall ist die Schranke also normalerweise offen, und nur wenn und solange der Taster gedrückt ist, wird sie sich (durch die Rückstellfeder) schließen.

Schranke mit doppelwirkendem Zylinder - Drosselung eines doppelwirkenden Zylinders in nur einer Richtung

Stefan Falk

Für diese Aufgabe wird das Modell „Schranke“ nochmal verwendet, das für die vorherige Aufgabe bereits gebaut wurde.

Thema

Wir stellen dar, wie man die Bewegung eines doppelwirkenden Zylinders nur in eine Richtung drosseln kann, oder in beiden Richtungen unterschiedlich stark.

Lernziel

- Durch Parallelschalten einer Drossel und eines Rückschlagventils kann erreicht werden, dass die Drossel nur in einer Richtung relevant ist und in der anderen durch das Rückschlagventil einfach umgangen wird.
- Dadurch lässt sich Druckluft in nur einer Flussrichtung drosseln, während sie in der anderen praktisch frei strömt.
- Auf diese Weise können wir die Abluft einer Zylinderseite drosseln, deren Zuluft aber ungedrosselt in den Zylinder lassen. Wir erhalten eine richtungsabhängige Drosselung.

Zeitaufwand

45 min, wenn die Schranke der vorherigen Aufgabe noch aufgebaut war.

Bezug Curriculum

Land	Stufe/Fächer	Bezüge
BW	SEK1	GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.1 Energie in Natur und Technik (3), S.15; GYM 7/8 PH-3.2.3 Energie, S.14; SEK1 GYM 7/8 PH-3.2.7 Mechanik: Dynamik, S.17
BY	SEK1	Ph8 (3) Mechanik (3.2) Kräfte und Ihre Wirkungen, S. 5; RS-KL.9 Physik 9 (I)-1 Mechanik von Flüssigkeiten und Gasen, S.821
BE	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
BB	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
HB	SEK1	GYM 7/8 Physik-Kräfte und Bewegung S.50; SEK1 BGYM 11 Rahmenplan Technik-2.2 (E1) 1.5 Pneumatik, S.15
HH	SEK1, SEK2	Stadtteil 8/9 PHYSIK-3.1.1 Bewegung und Kraft S. 22; BGY-T 3.2.12 Anforderungen und Inhalte Maschinenbautechnik 3, S.22

HE	SEK1	GYMG8 8 PHYSIK-8G.3 Von Druck und Auftrieb, S.15
MV	SEK1	IGS/RegS 5/6 NaWi-5.3.2 Eigenschaften Luft, S.19
NI	SEK1	IGS 7/8 NaWi-Themenfeld 1 - Energieumwandlungen und Energieflüsse in unserer Umwelt, S.27; RS 5-8 T-3.3 HB2 Energie und Technik, S.18
NW	SEK1	GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (8) Bewegungen und ihre Ursachen S.106
RP	SEK1	IGS 7 NaWi-PHYSIK 5.4.1 Dynamische Phänomene, S.192
SL	SEK1	GYM 8PHYSIK (8) -Druck S.39; SEK1 GS 9 Physik (9) -1 Mechanik, S.17
SN	SEK1, SEK2	OS RS/8 PHYSIK-LB2 Druck und seine Wirkungen, S.30; SEK1 GYM 8 PHYSIK-LB1 Mechanik der Flüssigkeiten und Gase S.19; SEK1 GYM 7 PHYSIK-LB1 Kräfte, S.15; BGY-T 13 Lernbereich 1A: Steuerungstechnik, S.44
ST	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 12
SH	SEK1	GYM 8PHYSIK- Thema 2: Dichte, Druckdifferenz als Antrieb, S. 88
TH	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 13

Pneumatik

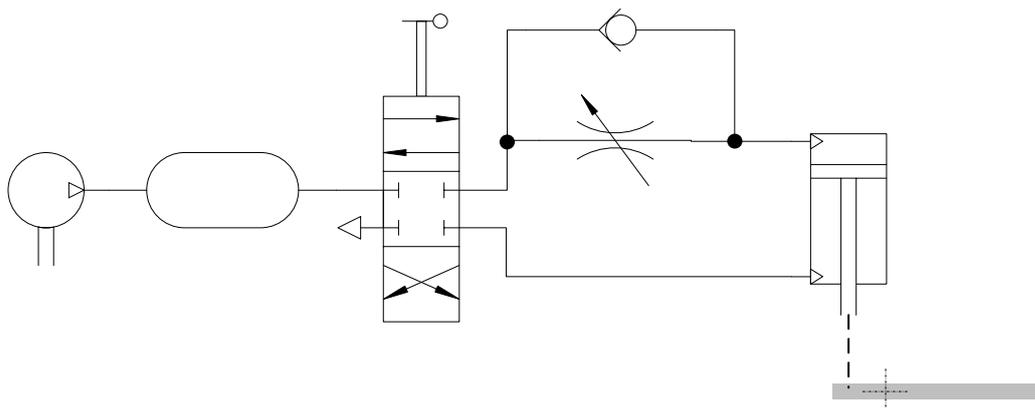
Aufgaben

Drosselung eines doppelwirkenden Zylinders in nur einer Richtung

Konstruktionsaufgabe

Verwende als Grundmodell die bereits in der vorherigen Aufgabe gebaute Schranke, oder baue sie nach Bauanleitung neu auf. Verwende diesmal aber einen doppelwirkenden Zylinder (mit blauem Kolben, ohne Rückstellfeder) und das Handventil anstelle des Magnetventils. Wir müssen beide Seiten des Zylinders ansteuern, und ein einziges Magnetventil würde nur für eine genügen.

Wir wollen in dieser Aufgabe erreichen, dass sich die Schranke langsam schließt (damit niemand, der darunter steht, erschlagen wird), aber schnell öffnet. Wie wir schon gelernt haben, ist die Drosselung der Abluft der richtige Weg. Verschlauche wie folgt:



Wir verwenden also eine Drossel im Schlauch zwischen Ventil und dem oberen Ende des Schranken-Zylinders. Beim Schließen der Schranke fährt der Zylinder ein, und die Abluft an seinem oberen Anschluss im Schrankenmodell muss gedrosselt werden.

Das Problem: Die Zuluft soll ungedrosselt in den Zylinder strömen können, damit sich die Schranke schnell heben kann. Das lösen wir durch das schon von der Handpumpe bekannte Rückschlagventil. Es lässt Druckluft in einer Richtung (ungedrosselt) durch und versperrt den Weg in der anderen Richtung ganz – gerade wie eine Diode den elektrischen Strom nur in eine Richtung durchlässt.

Das Rückschlagventil schalten wir parallel zur Drossel. Nochmal der Hinweis, dass das kleine Dreieck im Schaltbild nicht als Pfeil missverstanden werden darf, der die Durchflussrichtung anzeigt. Das Gegenteil ist der Fall: Im Schaltbild kann die Luft vom Ventil zum Zylinder durch das Rückschlagventil strömen, aber in Gegenrichtung – wenn die Abluft beim Einfahren aus dem Zylinder strömt – wird der Weg versperrt. Die Abluft muss also langsam durch die Drossel hindurch, während die Zuluft schnell zum Zylinder gelangt.

Pneumatik

Thematische Aufgabe

1. Experimentiere mit dem Modell. Stelle verschiedene Drosselstärken ein und beobachte, wie dennoch immer nur die Abwärtsbewegung der Schranke verlangsamt wird, nicht aber das Öffnen der Schranke.
2. Was passiert, wenn man das Rückschlagventil verkehrt herum (aber immer noch parallel zur Drossel) einbaut?

Experimentieraufgabe

1. Was müsste man ergänzen, wenn man mit einer zweiten Drossel und einem zweiten Rückschlagventil auch das Öffnen der Schranke drosseln möchte, aber unabhängig von der Drosselstärke der Schließbewegung?
2. Wenn wir zwar keine zwei Rückschlagventile besitzen, aber wenigstens zwei Drosseln, können wir die zweite Drossel auch wie schon gelernt an den Abluftausgang des Handventils anschließen (alternativ kann das durch Zusammenknicken des Schlauches simuliert werden). Ergänze das Schaltbild dementsprechend und beschreibe, wie die beiden Drosseln nun wirken.

Lösungsblatt

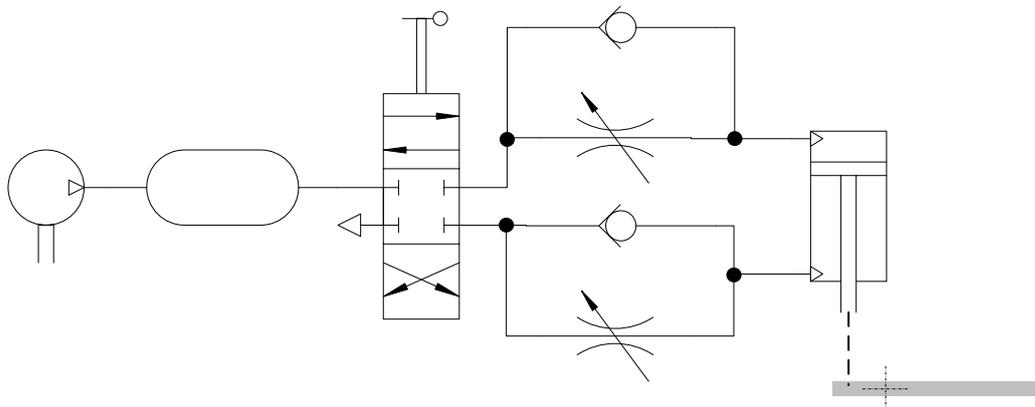
Schranke mit doppelwirkendem Zylinder - Drosselung eines doppelwirkenden Zylinders in nur einer Richtung

Lösungsbeispiel Thematische Aufgabe

Thematische Aufgabe 2: Dadurch würde die Zuluft beim Öffnen der Schranke gedrosselt, aber die Abluft nicht mehr. Der Effekt wäre, dass die Schranke sich zwar langsam, aber ruckelnd öffnet (weil die Zu- und nicht die Abluft gedrosselt wird). Sie würde sich aber schnell schließen. Wie schon gelernt ist die Abluft-Drosselung die zweckmäßige Variante.

Auswertung Experimentieraufgabe

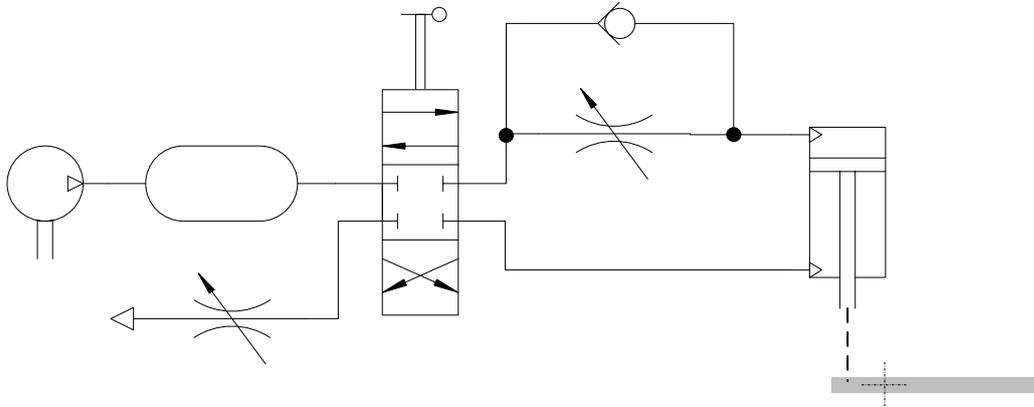
Experimentieraufgabe 1: Man müsste auch an den anderen Zylinderanschluss eine Parallelschaltung von Drossel und Rückschlagventil wie folgt einbauen:



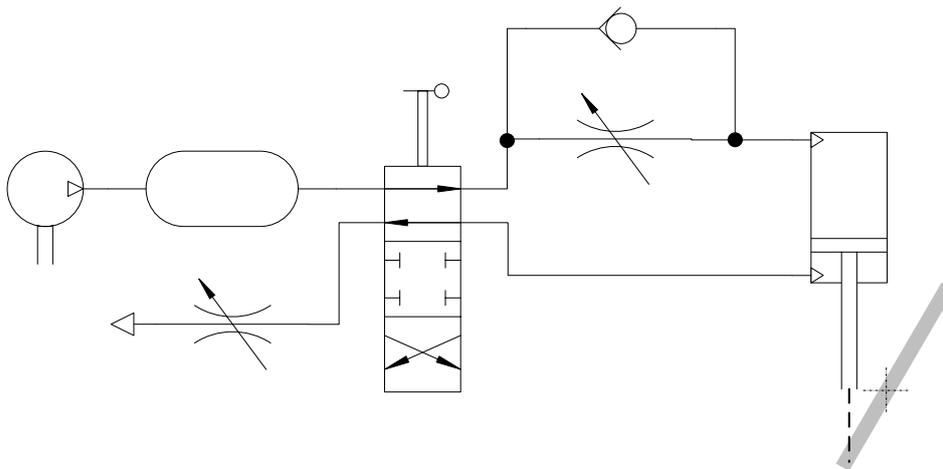
Die Rückschlagventile müssen beide so eingebaut werden, dass sie die jeweilige Abluft, nicht aber die Zuluft drosseln.

Experimentieraufgabe 2: Die zweite Drossel wäre so eingebaut:

Pneumatik

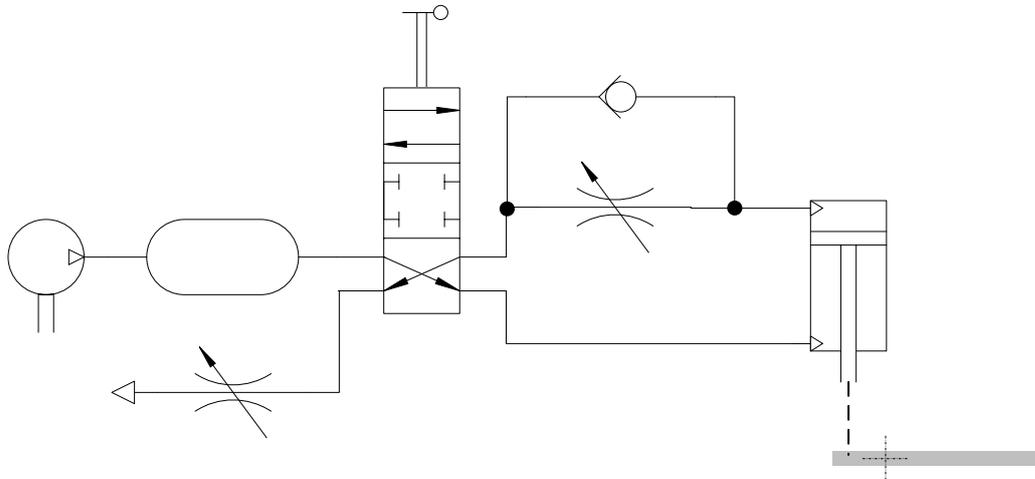


Bei Öffnen der Schranke, also dem Ausfahren des Zylinders nach unten, wäre die Zuluft am Zylinder wegen des Rückschlagventils nicht gedrosselt, sehr wohl aber die Abluft am unteren Anschluss – siehe die folgende Ventilstellung:



Beim Schließen der Schranke wirken beide Drosseln in Reihe geschaltet:

Pneumatik



Im Wesentlichen wirkt hierbei aber nur die Drossel, die stärker drosselt. Man kann mit dieser Schaltung das Schließen der Schranke also stärker drosseln als das Öffnen, nicht aber umgekehrt. Wünscht man das, müsste die Drossel/Rückschlagventil-Kombination an den anderen Zylinderanschluss angeschlossen sein.

Unterdruckgreifer - Erzeugen und Arbeiten mit Unterdruck

Stefan Falk

Bei Zeitmangel kann in diesem Modell anstelle von Taster und Magnetventil auch einfach das Pneumatik-Handventil verwendet werden.

Thema

Wir erzeugen Luftdruck, der *kleiner* ist als der der Umgebungsluft, und wenden das in einem Saug-Greifer an.

Lernziel

- Ein wie bei der selbstgebauten Handpumpe mechanisch betätigter Zylinder kann nicht nur Über- sondern am anderen Anschluss auch Unterdruck erzeugen.
- Damit und mit einem geeigneten flexiblen Saugnapf lassen sich leichte Teile mit glatter Oberfläche festhalten, anheben und bewegen.

Diese Technik wird industriell z. B. beim Verpacken von Kleinteilen angewendet: Teile werden, z. B. aus einem Magazin stammend oder auf einem Förderband ankommend, mit einem Sauggreifer aufgenommen und in einer Packung abgelegt. Das kann mit hoher Taktzahl realisiert werden, sodass viele Teile pro Zeit gehandhabt werden können.

Zeitaufwand

45 min. für Konstruktion und thematische Aufgaben. Weitere 45 min, je nach Aufwand der gewünschten Konstruktionen auch mehr, für die optionalen konstruktiven Experimentieraufgaben.

Bezug Curriculum

Land	Stufe/Fächer	Bezüge
BW	SEK1	GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.1 Energie in Natur und Technik (3), S.15; GYM 7/8 PH-3.2.3 Energie, S.14; SEK1 GYM 7/8 PH-3.2.7 Mechanik: Dynamik, S.17
BY	SEK1	Ph8 (3) Mechanik (3.2) Kräfte und Ihre Wirkungen, S. 5; RS-KL.9 Physik 9 (I)-1 Mechanik von Flüssigkeiten und Gasen, S.821
BE	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
BB	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33

Pneumatik

HB	SEK1	GYM 7/8 Physik-Kräfte und Bewegung S.50; SEK1 BGYM 11 Rahmenplan Technik-2.2 (E1) 1.5 Pneumatik , S.15
HH	SEK1	Stadtteil 8/9 PHYSIK-3.1.1 Bewegung und Kraft S. 22;
HE	SEK1	GYMG8 8 PHYSIK-8G.3 Von Druck und Auftrieb, S.15
MV	SEK1	IGS/RegS 5/6 NaWi-5.3.2 Eigenschaften Luft, S.19
NI	SEK1	IGS 7/8 NaWi-Themenfeld 1 - Energieumwandlungen und Energieflüsse in unserer Umwelt, S.27; RS 5-8 T-3.3 HB2 Energie und Technik, S.18
NW	SEK1	GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (8) Bewegungen und ihre Ursachen S.106
RP	SEK1	IGS 7 NaWi-PHYSIK 5.4.1 Dynamische Phänomene, S.192
SL	SEK1	GYM 8PHYSIK (8) -Druck S.39; SEK1 GS 9 Physik (9) -1 Mechanik, S.17
SN	SEK1	OS RS/8 PHYSIK-LB2 Druck und seine Wirkungen, S.30; SEK1 GYM 8 PHYSIK-LB1 Mechanik der Flüssigkeiten und Gase S.19; SEK1 GYM 7 PHYSIK-LB1 Kräfte, S.15;
ST	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 12
SH	SEK1	GYM 8PHYSIK- Thema 2: Dichte, Druckdifferenz als Antrieb, S. 88
TH	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 13

Pneumatik

Lösungsblatt

Erzeugen und Arbeiten mit Unterdruck

Lösungsbeispiel Thematische Aufgabe

Thematische Aufgabe 1: Einige Sekunden sollten erreicht werden können, sofern das anzuhebende Teil nicht zu schwer ist und keine raue Oberfläche hat.

Thematische Aufgabe 2: Mindestens die mitgelieferten Holzscheiben, aber auch z. B. ein fischertechnik-Bauteil mit glatter Oberfläche sind greifbar.

Auswertung Experimentieraufgabe

Für die Einführung der Bewegung des Saugnapfes gibt es unüberschaubar viele Möglichkeiten. Die Kreativität der Schüler kann zu unterschiedlichen, grundsätzlich funktionierenden Lösungen führen.

Elektropneumatischer Druckluftmotor

Stefan Falk

Thema

Wir konstruieren einen Druckluftmotor, der ähnlich wie eine Dampfmaschine funktioniert.

Lernziel

- Im Funktionsmodell des Druckluftmotors führt die Kombination mehrerer Disziplinen zum Erfolg: Pneumatik, Elektrik und Mechanik/Kinematik.
- Erst das korrekte Zusammenspiel aller Teilgebiete führt zur Lösung.

Zeitaufwand

45 min.

Bezug Curriculum

Land	Stufe/Fächer	Bezüge
BW	SEK1	GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.1 Energie in Natur und Technik (3), S.15; GYM 7/8 PH-3.2.3 Energie, S.14; SEK1 GYM 7/8 PH-3.2.7 Mechanik: Dynamik, S.17; GYM 9/10 PH-3.3.3 Wärmelehre, S. 21; GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.3 Bewegung und Fortbewegung (2), S.18
BY	SEK1	GYM 7NT-7 (1.1) physikalische Spielregeln, S. 2; Ph8 (3) Mechanik (3.2) Kräfte und Ihre Wirkungen, S. 5; RS-KL.9 Physik 9 (I)-1 Mechanik von Flüssigkeiten und Gasen, S.821
BE	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
BB	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
HB	SEK1	GYM 7/8 Physik-Kräfte und Bewegung S.50; SEK1 BGYM 11 Rahmenplan Technik-2.2 (E2) 2.2 Elektropneumatik , S.15
HH	SEK1	Stadtteil 8/9 PHYSIK-3.1.1 Bewegung und Kraft S. 22;
HE	SEK1	GYMG8 8 PHYSIK-8G.3 Von Druck und Auftrieb, S.15
MV	SEK1	IGS/RegS 5/6 NaWi-5.3.2 Eigenschaften Luft, S.19; SEK1 IGS/RegS 7/8 PHYSIK-5.2 Wärmelehre, S.23

NI	SEK1	IGS 7/8 NaWi-Themenfeld 1 - Energieumwandlungen und Energieflüsse in unserer Umwelt, S.27; RS 5-8 T-3.3 HB2 Energie und Technik, S.18
NW	SEK1	GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (8) Bewegungen und ihre Ursachen S.106 SEK1 RS 7-10 PHYSIK-2.2 (10) Bewegungen und ihre Ursachen S.37
RP	SEK1	IGS 7 NaWi-PHYSIK 5.4.1 Dynamische Phänomene, S.192
SL	SEK1	GYM 8PHYSIK (8) -Druck S.39; SEK1 GS 9 Physik (9) -1 Mechanik, S.17
SN	SEK1	SEK1 GYM 5/6 TC-LB2 Konstruieren technischer Objekte, S.6; OS RS/8 PHYSIK-LB2 Druck und seine Wirkungen, S.30; SEK1 OS RS/8 PHYSIK-LB3 Wärme und Wärmekraftmaschinen, S.31; SEK1 GYM 8 PHYSIK-LB1 Mechanik der Flüssigkeiten und Gase S.19; SEK1 GYM 7 PHYSIK-LB1 Kräfte, S.15;
ST	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 12
SH	SEK1	GYM 8PHYSIK- Thema 2: Dichte, Druckdifferenz als Antrieb, S. 88
TH	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 13

Pneumatik

Aufgaben

Elektropneumatischer Druckluftmotor

Konstruktionsaufgabe

Konstruiere das Modell Druckluftmotor nach Bauanleitung. Hinweise dazu:

- Wie beim Modell der Schranke muss der Zylinder auch in diesem Modell an beiden Enden gelenkig gelagert werden. Oben erfüllt die kleine Achse diese Funktion. Unten ist der Gelenkbaustein wichtig. Montiere den Zylinder nicht ohne Gelenk fest auf die Bauplatte.
- Für eine gute Funktion müssen die schwingenden Teile recht steif aufgebaut werden. Vergiss die Strebe auf dem Schwingbalken nicht, und führe den senkrecht stehenden Pleuel aus zwei miteinander verbundenen fischertechnik-Streben aus.
- Die Achse der drehenden Teile muss leichtgängig gelagert sein. Dazu ist es notwendig, dass die drei Achslager (die roten Bausteine 15 mit Bohrung) „fluchten“, also genau in einer Linie und nicht verkantet angeordnet werden. Dazu hilft es, die Nuten der darunterliegenden Bausteine in Achsrichtung zu haben, weil dann der Achslager-Baustein quer zur Achse garantiert präzise sitzt.
- Wichtige zu justierende Elemente sind die Position der Schaltscheibe und des Tasters. Der Taster muss von der Schaltscheibe beim Drehen zuverlässig betätigt werden, und die Scheibe muss auch in Drehrichtung richtig angebracht werden, damit der Zylinder im richtigen Moment mit Druckluft beaufschlagt bzw. entlüftet wird.

Thematische Aufgabe

1. Experimentiere mit unterschiedlichen Drehwinkeln, in denen die Schaltscheibe sitzen kann. Finde die Position, in der der Motor am besten läuft.
2. Zähle, wie viele Umdrehungen der Motor im Leerlauf pro Minute absolviert.
3. Warum wird das Schwungrad benötigt?
4. Bremse den Motor bei der Rastkupplung am Ende der Abtriebsachse mit den Fingern so weit ab, so dass der Motor gerade noch funktioniert. Mit wie vielen Umdrehungen pro Minute läuft er jetzt noch?

Lösungsbeispiel Thematische Aufgabe

Thematische Aufgabe 3: Ohne die Schwungscheibe kann es passieren, dass der Motor nicht über die „Totpunkte“ der Bewegung des Exzenters gelangt. Das sind die Punkte, in der sich die Pleuel ganz oben oder ganz unten befindet. In diesen Lagen können der Zylinder und die Mechanik kein Drehmoment abgeben, weil die dazu notwendige Kraft quer zum Pleuel verlaufen müsste. Das Schwungrad sorgt dafür, dass der Motor diese Totpunkte überwindet, bis wieder Kraft und Drehmoment übertragen werden können. Das Schwungrad ist also ein „mechanischer Energiespeicher“, der beim Anlaufen des Motors Bewegungsenergie (Rotationsenergie) absorbiert und im „Totpunkt“ wieder einspeist. Dabei kommt es vor allem auf das Gewicht am äußersten Rand des Schwungrads an: Je höher das Gewicht, desto größer die „Speicherkapazität“ des Energiespeichers.

Scherenhubtisch - Pneumatische Hebebühne

Stefan Falk

Dieses Modell ist konstruktiv relativ aufwändig. Planen Sie je nach vorhandener fischertechnik-Erfahrung hinreichend Zeit ein. Zusätzlich werden geeignete Gegenstände als Gewicht sowie ein Lineal oder Metermaß benötigt, um alle Aufgaben ausführen zu können.

Thema

Wir konstruieren eine Hebebühne – einen sogenannten „Scherenhub“ – und lassen sie pneumatisch antreiben. Zwei Weiterentwicklungen bieten mit wenig Umbauaufwand entweder mehr Hebekraft oder eine größere Hub-Höhe.

Lernziele

- Die Mechanik des Scherenhubs und die notwendige Sorgfalt bei der präzisen Konstruktion,
- die Vergrößerung der erreichbaren Kraft durch parallele Paarung zweier Pneumatikzylinder,
- die Vergrößerung des erreichbaren Schiebewegs durch Aneinanderreihung zweier Pneumatikzylinder,
- das Verständnis der mechanischen Zusammenhänge bei einem ungleichförmig übersetzenden Getriebe.

Zeitaufwand

90 min.

Bezug Curriculum

Land	Stufe/Fächer	Bezüge
BW	SEK1	GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.1 Energie in Natur und Technik (3), S.15; GYM 7/8 PH-3.2.3 Energie, S.14; SEK1 GYM 7/8 PH-3.2.7 Mechanik: Dynamik, S.17; GYM 9/10 PH-3.3.3 Wärmelehre, S. 21; SEK1 GS 8/9 NWT-3.2.2.2 Bewegung und Fortbewegung (2), S.18; GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.3 Bewegung und Fortbewegung (2), S.18; SEK1 7/8/9 T-3.2.3.4 Mobilität (1), S.30
BY	SEK1	GYM 7NT-7 (1.1) physikalische Spielregeln, S. 2; Ph8 (3) Mechanik (3.2) Kräfte und Ihre Wirkungen, S. 5; RS-KL.9 Physik 9 (I)-1 Mechanik von Flüssigkeiten und Gasen, S.821
BE	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33; ISS1-7/8 WAT-Entwicklung, Planung, Fertigung und Bewertung mehrteiliger Produkte, S. 37

Pneumatik

BB	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
HB	SEK1	GYM 7/8 Physik-Kräfte und Bewegung S.50
HH	SEK1	SEK1 Stadtteil 7/8 NWT-3.2.2 Das Fahrrad S. 36; SEK1 Stadtteil 8/9 PHYSIK-3.1.1 Bewegung und Kraft S. 22; SEK1 GYM 7/8 PHYSIK-3.1 Bewegung und Kraft, S.20
HE	SEK1	GYMG8 8 PHYSIK-8G.1 Mechanik 1, S. 13; GYMG8 8 PHYSIK-8G.3 Von Druck und Auftrieb, S.15; GYMG8 9 PHYSIK-9G.1 Arbeit und Energie, S. 18
MV	SEK1	IGS/RegS 5/6 NaWi-5.3.2 Eigenschaften Luft, S.19; SEK1 IGS/RegS 7/8 PHYSIK-5.2 Wärmelehre, S.23
NI	SEK1	GYM 7/8 NaWi-Physik 2.3.2 Mechanik, S.28; IGS 7/8 NaWi-Themenfeld 1 - Energieumwandlungen und Energieflüsse in unserer Umwelt, S.27; RS 5-8 T-3.3 HB2 Energie und Technik, S.18
NW	SEK1	GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (8) Bewegungen und ihre Ursachen S.106 SEK1 RS 7-10 PHYSIK-2.2 (10) Bewegungen und ihre Ursachen S.37
RP	SEK1	IGS 7 NaWi-PHYSIK 5.4.1 Dynamische Phänomene, S.192; IGS 8 TF 8: Wärmetransporte und ihre Beeinflussung, S.114
SL	SEK1	GYM 8PHYSIK (8) -Druck S.39; SEK1 GS 9 Physik (9) -1 Mechanik, S.17
SN	SEK1	SEK1 GYM 5/6 TC-LB2 Konstruieren technischer Objekte, S.6; SEK1 OS RS/7 PHYSIK-WB2 Einfache Maschinen, S.28; OS RS/8 PHYSIK-LB2 Druck und seine Wirkungen, S.30; SEK1 OS RS/8 PHYSIK-LB3 Wärme und Wärmekraftmaschinen, S.31; SEK1 GYM 8 PHYSIK-LB1 Mechanik der Flüssigkeiten und Gase S.19; SEK1 GYM 7 PHYSIK-LB1 Kräfte, S.15;
ST	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 12; GYM 7/8 PHYSIK-5.2.3 Thema: Energie in Natur und Technik, S. 42
SH	SEK1	GYM 8PHYSIK- Thema 2: Dichte, Druckdifferenz als Antrieb, S. 88; SEK1 5-10 FA PHYSIK- Mechanik, S. 30
TH	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 13

Pneumatik

Aufgaben

Pneumatische Hebebühne

Konstruktionsaufgabe

Baue das Modell Scherenhubtisch laut Bauanleitung auf. Achte darauf, dass die gesamte Mechanik stabil, aber leichtgängig gebaut wird. Alle Achsen sollen sauber „fluchten“; nichts soll verkantet sein.

Verwende zunächst nur einen einzigen Pneumatikzylinder. In den Experimenten werden wir einen zweiten Zylinder auf verschiedene Weisen ergänzen.

Thematische Aufgabe

1. Was ist das größte Gewicht, das die Hebebühne mit nur einem Zylinder noch anheben kann? Verwende der Einfachheit halber verschiedene gerade verfügbare Gegenstände und lege sie auf die Hebebühne.
2. Wie groß ist dabei der „Hub“, also die Differenz der Höhen zwischen der untersten und obersten Position? Verwende ein Lineal oder Metermaß zur Messung.
3. Baue zur Erhöhung der Kraft zwei Zylinder nebeneinander ein, sodass sie beide parallel Kraft ausüben.
 - a) Um welchen Faktor hat sich damit die Kraft erhöht, mit der die Hebebühne angetrieben wird?
 - b) Was ist nun das größte noch anzuhebende Gewicht?
 - c) Wie wirkt sich diese Konstruktionsänderung auf die Höhe des Hubs aus?
4. Baue zur Erhöhung der Verfahrestrecke und damit des Hubs zwei Zylinder hintereinander ein.
 - a) Wie wirkt sich das auf die verfügbare Kraft aus?
 - b) Wie groß ist nun der Hub?
 - c) Warum ist der Hub nicht doppelt so groß wie mit einem Zylinder?
5. Warum kann bei einer solchen Hebebühne die Abluftdrosselung wichtig sein?

Experimentieraufgabe

Versetze das waagerechte Schiebeelement mit der Hand in definierten Schritten (z. B. immer um 5 mm weiter) und miss den damit erreichbaren Hub (mit Nullpunkt in der untersten Position der Hebebühne). Erstelle daraus ein Diagramm mit dem Verfahrweg auf der x-Achse und dem Hub auf der y-Achse.

Lösungsbeispiel Thematische Aufgabe

Thematische Aufgabe 3. a): Die Kräfte der beiden Zylinder addieren sich, die Gesamtkraft ist genau doppelt so groß wie bei einem Zylinder. Der Druck definiert sich als Kraft pro Fläche:

$$p = \frac{F}{A}$$

Dabei ist F die Kraft und A die wirksame Fläche der Zylinderscheibe. Die Kraft ist also das Produkt aus Druck und Fläche:

$$F = p \cdot A$$

Wenn wir also beim selben Druck die Fläche durch das Parallelschalten der zwei Zylinder verdoppeln, verdoppelt sich auch die Kraft:

$$p \cdot 2A = 2 \cdot F$$

b) Der Hub bleibt dabei unverändert, da die Verfahrlänge der Zylinder dieselbe ist wie mit einem Zylinder.

Thematische Aufgabe 4. a): Die Kraft ist nun unverändert, da sich die wirksame Fläche der Zylinder nicht geändert hat. Die Anordnung hat diesbezüglich dieselbe Wirkung wie die Verwendung eines längeren Zylinders.

b) Der Verfahrenweg ist doppelt so groß. Der Hub ist zwar größer geworden, aber weniger als verdoppelt.

c) In der unteren Position der Hebebühne bewirkt ein kleines Stück Verfahrenweg noch eine große Hubänderung. In der oberen Position bewirkt ein gleich großer Verfahrenweg aber nur noch eine geringe Hubänderung (dafür aber eine größere Hubkraft).

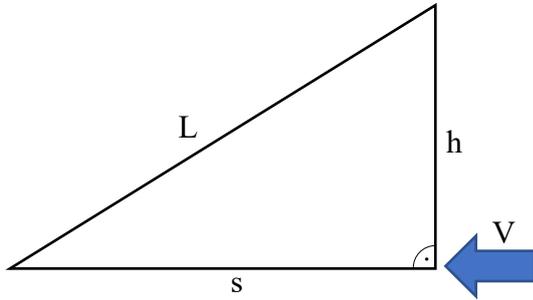
Thematische Aufgabe 5: Die Hebebühne, so wie wir sie gebaut haben, bleibt abrupt stehen, wenn die Zylinder ihren Anschlag erreicht haben. Wenn auf der Hebebühne Material oder Menschen stehen, könnten die verrutschen oder herabfallen (deshalb würde auch ein geeignetes Gelände o. ä. auf der Hebefläche sinnvoll sein). Die Drosselung resultiert in kleinerer Geschwindigkeit bei Beibehalten der Kraft, die die Hebebühne aufbringen kann.

Eine Weiterentwicklung wäre die *Endlagendämpfung*. Das ist eine Dämpfung, die erst kurz vor Erreichen des Anschlags wirksam wird. Damit kann man hohe Geschwindigkeit mit sanfterem Bewegungsende kombinieren. Siehe dazu die Verweise auf weiterführende Informationen [2].

Pneumatik

Auswertung Experimentieraufgabe

Der Zusammenhang zwischen Verfahrweg und Hub kann so berechnet werden:



L ist die Länge des Balkens, der dessen unteres Ende von den Zylindern entfernt ist. s ist die Länge der Projektion von L auf die Ebene. h ist der Hub (hier gemessen von der Ebene aus). L, s und h bilden ein rechtwinkliges Dreieck.

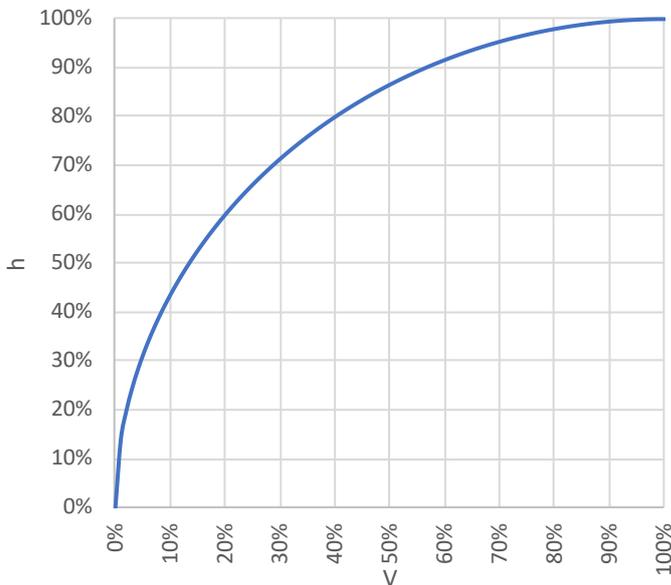
V ist der Verschiebeweg der Zylinder, als Nullpunkt ausgehend von einer (durch mechanische Beschränkungen aber nicht wirklich erreichbaren) Position, in der der Balken flach auf der Ebene liegt. Damit haben wir:

$$s = L - V$$

$$L^2 = s^2 + h^2$$

$$h = \sqrt{L^2 - s^2} = \sqrt{L^2 - (L - V)^2} = \sqrt{L^2 - (L^2 - 2LV + V^2)} = \sqrt{2LV - V^2}$$

Das ergibt qualitativ folgenden Verlauf:



Projektmodell - Unterdruck-Ablegespiel

Stefan Falk

Dieses Modell ist konstruktiv relativ aufwändig. Planen Sie je nach vorhandener fischertechnik-Erfahrung hinreichend Zeit ein.

Thema

Dieses Modell stellt die Pneumatik im Rahmen eines etwas komplexeren Modells dar – einer pneumatischen Positioniereinheit, die auch als Spiel verwendet werden kann.

Lernziel

- Konstruktionstechniken aus dem Maschinenbau
- Umsetzung einer linearen in eine Drehbewegung
- Geeignete Zuführung von Druckluft auf ein drehbares Maschinenteil

Zeitaufwand

Dieses Modell ist konstruktiv aufwändig und wird mehrere Einheiten von z. B. 45 min benötigen.

Bezug Curriculum

Kein direkter Bezug, zusätzliche Projektaufgabe.

Pneumatik

Aufgaben

Unterdruck-Ablegespiel

Konstruktionsaufgabe

Baue das Projektmodell laut Bauanleitung auf. Achte darauf, dass die gesamte Mechanik stabil, aber leichtgängig gebaut wird. Beachte insbesondere folgende konstruktiven Details:

1. Der zum Drehen verwendete Pneumatik-Zylinder ist an beiden (!) Enden gelenkig gelagert. Wäre er an einem Ende starr befestigt, würde er sich verkanten. Die Kolbenstange wäre starken Biegekräften unterworfen und könnte sich verbiegen oder brechen. Die Dichtungen des Zylinders könnten beschädigt werden. Die Maschine würde nicht funktionieren. Merke: *Pneumatik-Zylinder sollen nur auf Zug und Druck, niemals aber auf „Scherung“, also auf eine Kraft quer zum Verfahrweg, belastet werden!*
2. Es ist schlau, die Schläuche zum Hebezyylinder in der *Mitte* des Drehkranzes hindurch zu führen. So werden sie zwar etwas verdreht, aber bei einer Zuführung „von außen“ müsste viel mehr Schlauch und Platz reserviert werden, damit die Schläuche der Bewegung folgen können. Allerdings: Ohne spezielle Elemente kann man so das zu verdrehende Teil nicht beliebig lang in eine Richtung drehen. Für die Maschine hier findet die Drehbewegung aber nur um einen mäßig großen Winkel statt, sodass kein Problem auftritt.
3. Damit der Hebe-Zylinder leichtgängig arbeiten kann, darf er zwischen den beiden seitlichen Trägern nicht zu eng „eingespannt“ werden. Das kann man durch feines Verschieben der Träger in der Nut der Drehscheibe gut justieren.

Thematische Aufgabe

1. Lass die Anlage zunächst nur zwischen den beiden Endlagen des Pneumatikzylinders pendeln.
 - a) Wie würde man die Aufgabe, ein Maschinenteil präzise zu zwei Endlagen zu bewegen, mit einem Elektromotor-Antrieb umsetzen?
 - b) Worauf kann man demgegenüber beim Antrieb über einen Pneumatikzylinder verzichten, und was ist hier also ein Vorteil der pneumatischen Steuerung?
2. Betrachte nun auch die Mittelstellung, in der der Greifer über der mittleren Ablagefläche steht.
 - a) Was ist hierbei das Problem bei der Verwendung eines Pneumatikzylinders?
 - b) Mit welchem konstruktiven Mittel, das wir in vorhergehenden Aufgaben schon kennengelernt hatten, könnte man die Mittelstellung präzise erreichen?

Experimentieraufgabe

1. Versuche, die Mittelstellung möglichst präzise zu erreichen.
 - a) Was kannst Du verstellen, um das zu erleichtern?
 - b) Womit „erkaufst“ Du diese Verbesserung?
2. Spiele „Die Türme von Hanoi“ mit der Maschine. Dabei liegen auf der ersten Ablage drei Scheiben übereinander, und zwar immer die nächstkleinere auf der

Pneumatik

nächstgrößeren (die größte also unten, die kleinste oben). Die Aufgabe ist, nur durch Versetzen einer Scheibe nach der anderen den kompletten Scheibenstapel auf die dritte Ablage zu bringen, und zwar so, dass während der ganzen Operation niemals eine größere Scheibe auf einer kleineren zu liegen kommt. Die mittlere Ablage kann als Zwischenlager verwendet werden. Im Bauteilbestand finden sich zwar keine drei verschieden große Scheiben, aber drei verschiedenfarbige „Werkstücke“. Die haben – anders als z. B. Münzen – eine glatte Oberfläche und sind deshalb für unseren Unterdruck-Greifer geeignet. Definiert also eine „korrekte“ Reihenfolge, z. B. so, dass nie ein dunkleres Werkstück auf einem helleren liegen darf, oder indem Du die Werkstücke einfach mit „1“, „2“ und „3“ beschriftest.

- a) In welcher Reihenfolge müssen Werkstücke von und nach wo transportiert werden, um die Aufgabe zu lösen?
- b) Könnte das auch mit einem der Größe nach sortierten Stapel mit 4, 5, ... Werkstücken gelingen?

Pneumatik

Lösungsblatt

Unterdruck-Ablegespiel

Lösungsbeispiel Konstruktionsaufgabe

Hier wird eine beispielhafte Konstruktion zur Lösung der Aufgabe vorgestellt. Diese Lösung sollte mit möglichst wenig und ausschließlich aktuellen fischertechnik-Bauteilen auskommen. Bitte Fotos ergänzen. Zum Lösungsvorschlag wird abschließend eine Designer-Datei erstellt und beigefügt (ggf. abschließend durch den Koordinator) und daraus eine Bauteilliste erzeugt (Anlage).

Lösungsbeispiel Thematische Aufgabe

Thematische Aufgabe 1:

- a) Bei einem elektrischen Antrieb müsste eine Endlagen-Abschaltung eingebaut werden (z. B. mit je einem Taster an jeder Endlage).
- b) Die Endlagen-Abschaltung ist beim Pneumatik-Zylinder nicht notwendig; sie ist sozusagen „eingebaut“: Der Zylinder hat ja natürliche Anschläge in beiden Endlagen. Auf den erhöhten Schaltungsaufwand und die Unterbringung von Endlagentastern kann also verzichtet werden. Der Vorteil ist die einfachere Konstruktion und der geringere Materialaufwand (sofern der Kompressor schon vorhanden ist).

Thematische Aufgabe 2:

- a) Ein Pneumatikzylinder kann ohne weitere Maßnahmen eine Mittelstellung nur ungefähr ansteuern.
- b) Eine Möglichkeit wären *Mehrstellungszylinder*, wie wir sie beim Modell „Scherenhubtisch“ kennenlernten. Man könnte also zwei Pneumatikzylinder hintereinander anbringen, sodass eine Mittelstellung reproduzierbar genau erreicht wird, wenn nur einer davon ausgefahren wird.

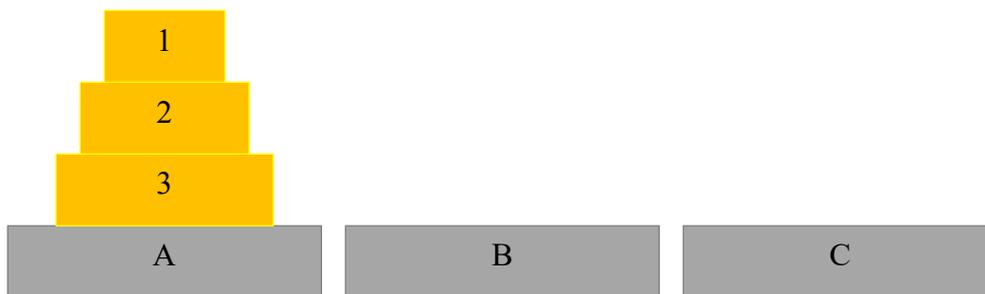
Auswertung Experimentieraufgabe

Experimentieraufgabe 1:

- a) Du kannst die Abluft des Zylinders für die Drehbewegung stärker drosseln. Dadurch verfährt er langsamer, und Du kannst die gewünschte Position genauer erreichen.
- b) Der Nachteil ist, dass die Bewegung dann insgesamt langsamer vor sich geht. Das kann in Produktionsmaschinen zu einem geringeren Durchsatz (etwa „bearbeitete Teile pro Zeit“) führen.

Experimentieraufgabe 2:

- a) Benennen wir die Ablageplätze mit A, B und C sowie die Werkstücke der Helligkeit nach sortiert mit 1, 2 und 3 (Du kannst die Werkstücke der Einfachheit halber auch mit einer Ziffer beschriften). Die Ausgangsposition sieht damit so aus:



Dann müssen die Scheiben wie folgt verlegt werden: 1 → C, 2 → B, 1 → B, 3 → C, 1 → A, 2 → C, 1 → C.

b) Tatsächlich geht das für *beliebig viele* Scheiben mit nur drei Ablageplätzen! Der Algorithmus zur Lösung kann so beschrieben werden:

1. Verlege den ganzen Stapel von Scheiben bis auf die unterste ins Zwischenlager.
2. Verlege die so frei gewordene „größte“ Scheibe ins Ziel.
3. Verlege den ganzen Stapel von Scheiben des Zwischenlagers ins Ziel (auf die dort liegende Scheibe drauf).

Solange der „ganze Stapel von Scheiben“ mehr als eine Scheibe umfasst, wende genau denselben Weg („rekursiv“) auf diesen an und verwende das im vorherigen Schritt geräumte Lager als Zwischenlager.

Für eine beliebige Anzahl n von Scheiben auf dem Stapel benötigt man insgesamt

$$2^n - 1$$

Schritte zur vollständigen Lösung der Aufgabe. Bei drei Scheiben benötigen wir also

$$2^3 - 1 = 8 - 1 = 7$$

sieben Schritte.