

## 2.3 Pneumatik

Das Wort „Pneuma“ stammt aus dem Griechischen und kennzeichnet das Wehen des Windes, den Hauch oder den Atem. Die Pneumatik befaßt sich ausschließlich mit der Druckluft. Sie hat aber ihre Basis in der Lehre von der Mechanik der gasförmigen Körper. Luft ist ein Gasgemisch. In der Druckweiterverarbeitung wird mit Luft geringen Überdrucks gekühlt, erwärmt und getrocknet. Mittels Luft werden Papierbogen getrennt und angesaugt. Papierstapel gleiten auf Luftkissen. Diese Lufttechnik spielt in der Druckweiterverarbeitung eine so wichtige Rolle, daß wir uns auch mit ihr und nicht nur mit dem Druckluft-Spezialgebiet Pneumatik befassen wollen. Die in der Lufttechnik auftretenden Naturgesetze gelten auch in der Pneumatik.

In den Maschinen der Druckweiterverarbeitung spielt die Pneumatik zur Zeit eine geringere Rolle als die Hydraulik. Das kann sich jedoch bald ändern. Die Pneumatik ist eine junge Wissenschaft. Eine systematische Forschung in der Druckluftmechanik gibt es erst seit etwa fünfundzwanzig Jahren. Es gibt aber bereits Druckluftvorrichtungen, die wirtschaftlicher und besser arbeiten als hydraulische. Luft steht überall auf der Erde unbegrenzt zur Verfügung. Druckluft muß nicht zurückgeführt werden. Man kann sie ins Freie ablassen. Druckluft ist umweltfreundlich, sauber, schnell und explosions sicher.

Allerdings hat die heutige Pneumatik gegenüber der Hydraulik noch Nachteile. In den Druckzylindern sind noch keine gleichmäßigen und konstanten Kolbengeschwindigkeiten erreichbar. Der Druck der Luft darf nicht sehr hoch sein, weil sonst teure Abdichtungen erforderlich werden.

### 2.3.1 Luft ist ein Gasgemisch

Luft ist ein Gemisch aus Gasen, das zu 78% aus Stickstoff und zu 21% aus Sauerstoff besteht. Den Rest bilden Edelgase, Kohlendioxyd, Wasserdampf, Staub und Schwefelverbindungen. Luft ist beinahe tausendmal leichter als Wasser. Ein Liter Luft hat im Normalzustand, also nicht zusammengedrückt, in Meereshöhe und bei Null Grad Celsius eine Gewichtskraft von 1,293 Gramm. Schon vor Jahrtausenden merkte der Mensch, daß mittels Luft Feuer entfacht und unterhalten werden kann. Er nutzte schon frühzeitig den Wind. Die alten Ägypter und Phönizier rüsteten ihre Schiffe mit Segeln aus. Die Perser trieben ihre Mühlen mit Windrädern an.

### 2.3.2 Luft läßt sich zusammendrücken

Im Gegensatz zu den festen und flüssigen Körpern läßt sich Luft auf einen erheblich kleineren Raum zusammendrücken. Luft nimmt bei einer Verdoppelung des Drucks nur noch den halben Rauminhalt ein. Wasser kann dagegen wie alle Flüssigkeiten nur um einige Tausendstel seines Rauminhalts zusammengedrückt werden.

Luft ist elastisch. Wenn der Druck zurückgeht, dehnt sich die Luft von selbst wieder aus. Wie jedes Gas hat Luft das Bestreben, den Raum auszufüllen. Nach den Erkenntnissen der Wissenschaft müssen wir uns vorstellen, daß die Teilchen der Luft sich mit der Geschwindigkeit von etwa 500 Meter je Sekunde im Raum bewegen. Befindet sich Luft in einem geschlossenen Zylinder, dann prallen die Luftmoleküle auch gegen die Innenwände des Zylinders und üben dadurch Druck auf diese Wände aus. Wenn man den Rauminhalt dieses Zylinders verkleinert – zum Beispiel durch Hineindrücken eines Kolbens –, dann erhöht die Luft ihre nach außen wirkende Kraft. Die Luftmoleküle treffen nämlich auf eine kleinere Fläche. Auch hier gilt:

**Merke**

$$\text{Druck} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Fläche}}$$

Je kleiner bei gleichbleibender Kraft die Fläche wird, um so mehr verstärkt sich der Druck. Wenn für eine gleichbleibende Temperatur der Luft gesorgt wird, gilt das von dem Engländer Boyle und dem Franzosen Mariotte entdeckte Boyle-Mariottesche Gesetz: „Beim Zusammendrücken eines Gases oder Gasgemisches verhalten sich die Rauminhalte zueinander umgekehrt wie die Drücke.“

**Merke**

$$V_1:V_2 = p_2:p_1$$

In der Verhältnisgleichung bedeutet  $V_1$  das Volumen (den Rauminhalt) des Gases im Anfangszustand,  $V_2$  im Endzustand, also im zusammengedrückten Zustand. Mit  $p_1$  ist der Druck im Anfangszustand, mit  $p_2$  im zusammengedrückten Zustand des Gases gemeint.

Eine einfache Frage soll uns den Sachverhalt verständlicher machen: Um das Wievielfache erhöht sich der Druck, wenn Luft auf ein Fünftel ihres Rauminhalts zusammengedrückt wird?

Antwort: Die Antwort läßt sich erraten. Da sich der Rauminhalt auf ein Fünftel verkleinert, erhöht sich der Druck der Luft auf das Fünffache. Die Zahlen sind in der Praxis jedoch selten so übersichtlich.

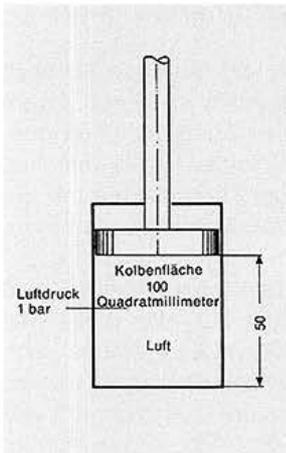


Abb. 2.3-1:  
Kolben oben:  
Ausgangsstellung

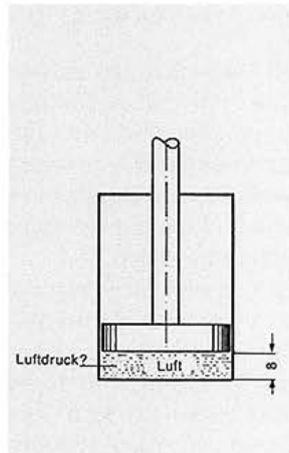


Abb. 2.3-2:  
Kolben unten: Wie hoch ist  
jetzt der Luftdruck?

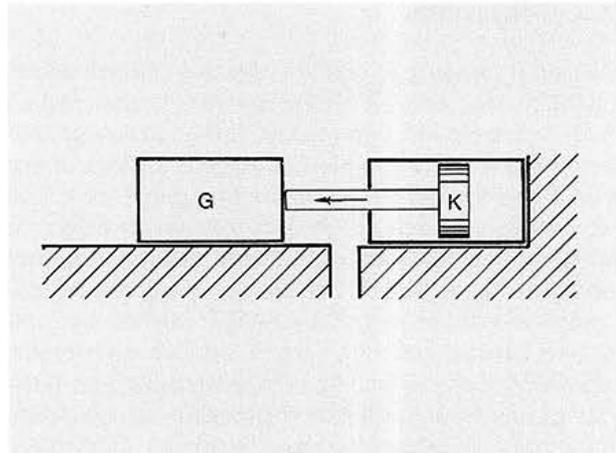


Abb. 2.3-3: K Pneumatikkolben, G Gleitkörper

### 2.3.3 Luftdruck verteilt sich gleichmäßig

Das Pascalsche Gesetz von der gleichmäßigen Verteilung des Drucks gilt nicht nur für Flüssigkeiten, sondern sinngemäß auch für Gase und Gasgemische: „Wird gegen eine allseitig abgeschlossene Luftmenge ein Druck ausgeübt, dann pflanzt sich dieser Druck in der Luft nach allen Seiten gleichmäßig fort.“

Die Maßeinheit für den Druck, das Pascal, haben wir im Abschnitt 2.1.2 behandelt. Das Pascal ist eine sehr kleine Einheit. Da sich dadurch auf manchen Gebieten der Technik große, unhandliche Zahlen ergeben, verwendet man häufig das Bar (Einheitszeichen bar) und das Millibar (Einheitszeichen mbar).

**Merke**  
 $100 \text{ Pa} = 1 \text{ mbar}$   
 $100\,000 \text{ Pa} = 1 \text{ bar}$

Der Druck von einem Bar entspricht dem Normalluftdruck auf Meereshöhe. Nicht mehr angewendet werden sollen für den Druck die Einheiten at und atü.

Nach DIN 1314 gelten heute die Grundbegriffe Absolutdruck, Differenzdruck und Überdruck. Der Absolutdruck ist der Druck gegenüber dem Druck Null im leeren Raum. Der Differenzdruck gibt die Differenz zwischen zwei Drücken an. Der Überdruck ist der Druckunterschied zwischen einem absoluten Druck und dem jeweiligen Atmosphärendruck. Der Überdruck wird auch atmosphärische Druckdifferenz genannt. Der Ausdruck „Unterdruck“ ist als Maßeinheit zu vermeiden.

Der Überdruck nimmt positive Werte an, wenn der absolute Druck größer ist als der Atmosphärendruck. Das ist zum Beispiel in den luftgefüllten Reifen des

Kraftfahrzeugs der Fall. Der Überdruck nimmt negative Werte an, wenn der absolute Druck kleiner als der Atmosphärendruck ist. Ein negativer Überdruck herrscht zum Beispiel im Saugrohr des Staubsaugers.

In Wortzusammensetzungen mit „Überdruck“ darf das Wortteil „Über“ entfallen, wenn die zugehörige Größe eindeutig als Überdruck erkennbar ist. Unter „Reifendruck“ ist somit „Reifenüberdruck“ zu verstehen.

Die Verordnung für die Einführung der neuen Einheiten gilt seit dem Jahr 1970. Sie räumte eine Übergangsfrist bis zum Jahr 1977 ein. Heute sind die alten Einheiten noch immer anzutreffen. Eine Ursache liegt darin, daß ältere Meßgeräte noch auf die alten Werte eingestellt sind und ihre Skalen die alten Bezeichnungen tragen. Allerdings ist der Unterschied zwischen bar und at so gering, daß er zuweilen vernachlässigt und an die Stelle der Aufschrift „at“ die Aufschrift „bar“ gesetzt wird.

Für Umrechnungen gelten die nachstehenden Vergleichszahlen:

$1 \text{ at} = 98\,066,5 \text{ Pa} = 0,980665 \text{ bar}$   
 $1 \text{ bar} = 100\,000,0 \text{ Pa} = 1,019716 \text{ at}$

**Übung**

Luftdruck in Pumpenzylindern berechnen bei Angabe des Anfangsdrucks, des Kolbendurchmessers und der Hubhöhe.

Rechenbeispiel: Abb. 2.3-1 stellt einen pneumatischen Zylinder dar, dessen Kolben vom Zylinderboden 50 Millimeter entfernt ist. In Abb. 2.3-2 ist der

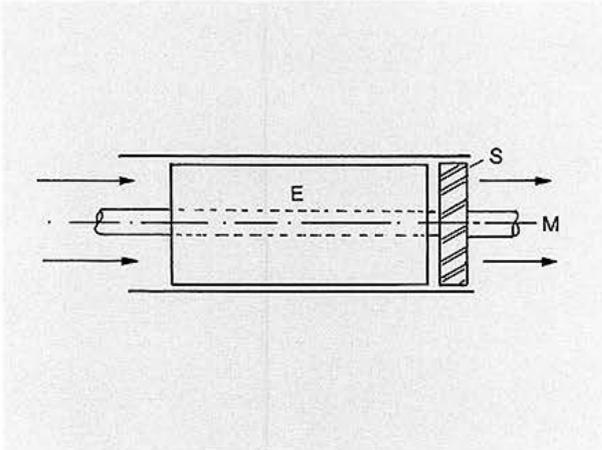


Abb. 2.3-4: Axial-Lüfter: Die Luft strömt in Richtung der Achse des Schauflrades, E Elektromotor, S Schauflrad, M Achse des Schauflrades

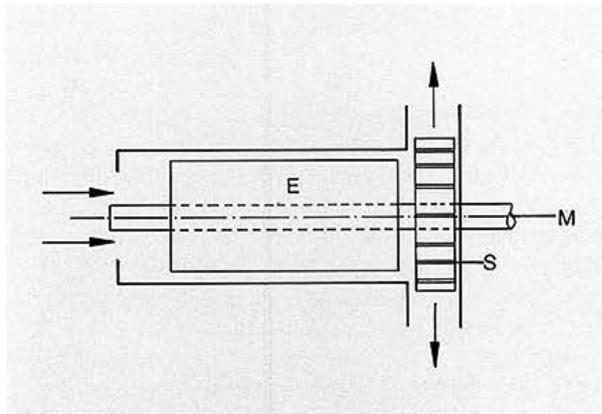


Abb. 2.3-5: Radial-Lüfter: Die Luft wird nach den Seiten geschleudert, E Elektromotor, S Schauflrad, M Achse des Schauflrades

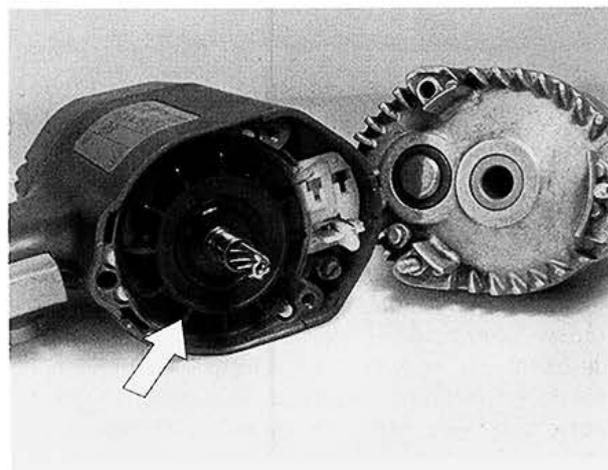


Abb. 2.3-6: Handbohrmaschine mit Radiallüfter

Kolben nach unten gegangen und hat dabei die Luft zusammengepreßt. Sein Abstand zum Zylinderboden beträgt nur noch 8 Millimeter. Wie hoch ist nun der Luftdruck, wenn der Anfangsdruck 1 bar betrug? Die Kolbenfläche mißt 100 Quadratmillimeter.

Lösung: Im Abschnitt 2.3.2 haben wir erfahren, daß sich die Drücke zueinander umgekehrt verhalten wie die Rauminhalte. Je kleiner der Raum, um so höher der Druck.

Wenn wir den Anfangsdruck mit  $p_1$ , den Enddruck mit  $p_2$ , den Anfangsrauminhalt mit  $V_1$  und den Endrauminhalt mit  $V_2$  bezeichnen, gilt:

$$p_2 = \frac{V_1 \cdot p_1}{V_2} = \frac{(100 \cdot 50) \cdot 1}{100 \cdot 8} = 6,25$$

Der Druck hat sich von 1 bar auf 6,25 bar erhöht.

Weiteres Rechenbeispiel: In Abb. 2.3-3 ist rechts ein ortsfester pneumatischer Zylinder angedeutet, dessen Kolben mittels Druckluft nach links bewegt werden soll, um den Gleitkörper G zu verschieben. Die dazu notwendige Kraft beträgt 900 Newton.

Der Kolben hat 20 Quadratzentimeter drückende Fläche. Wie groß muß der Überdruck sein?

Lösung:

$$\text{Druck} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Fläche}} = \frac{900 \text{ N}}{0,002 \text{ m}^2} = 450\,000 \text{ Pa} = 4,5 \text{ bar}$$

Wir haben hier die Kraftverluste nicht berücksichtigt, die durch die Reibung des Kolbens an den Zylinderwänden entstehen. Außerdem bringt auch die Wärme Verluste, die beim Zusammenpressen von Luft entsteht und nach außen abgestrahlt wird. Für die Lösung dieser Aufgabe nehmen wir an, daß wegen der Kraftverluste das Ergebnis um 15 Prozent erhöht werden muß. Für das Verschieben des Gleitkörpers wird somit ein Druck von rund 5,2 bar benötigt.

**Übung**  
 Luftdruck in Pumpenzylindern berechnen bei Angabe des Anfangsdrucks, des Kolbendurchmessers und der Hubhöhe.

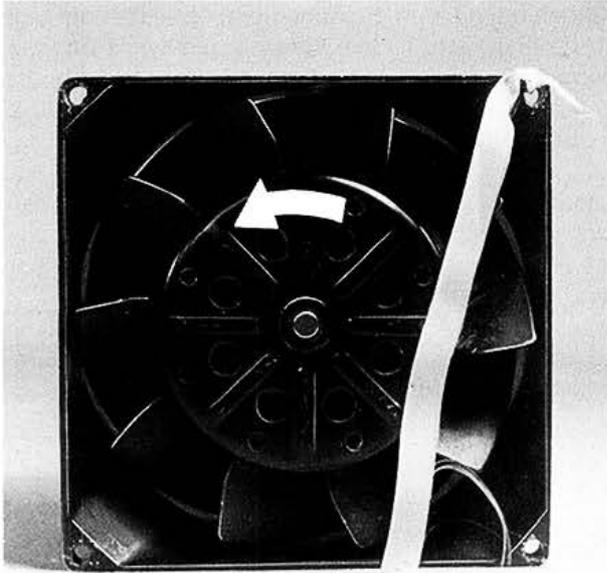


Abb. 2.3-7: Axial-Lüfter mit Außenläufermotor, im Stillstand

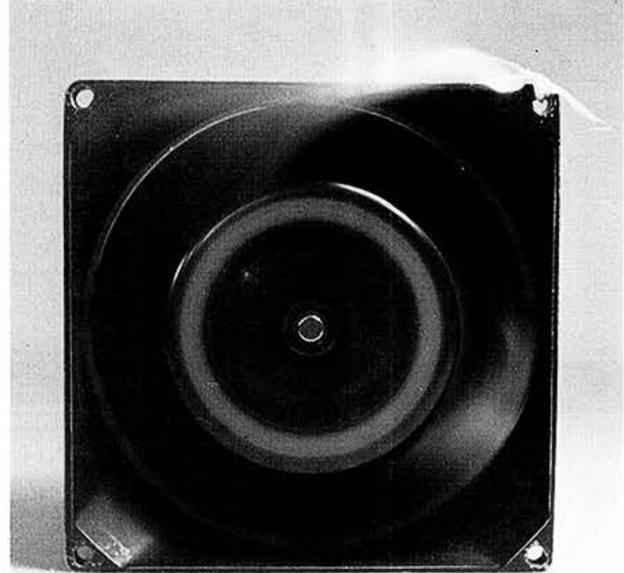


Abb. 2.3-8: Axial-Lüfter in der Bewegung



Abb. 2.3-9: Flügelzellenpumpe

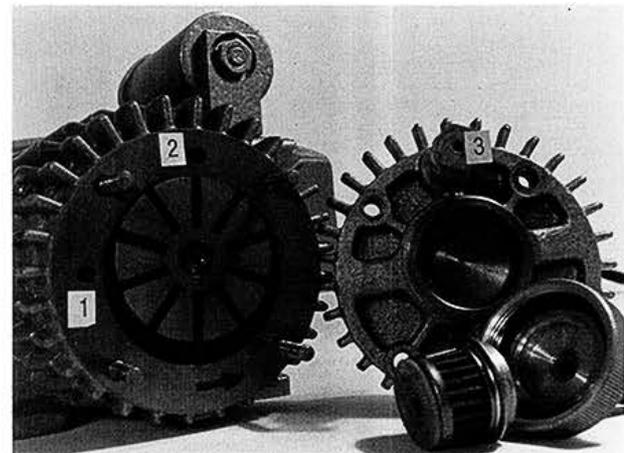


Abb. 2.3-10: Auseinandergenommene Flügelzellenpumpe

### 2.3.4 Verdichter

Verdichter sind Vorrichtungen, die Gase und Gasgemische bewegen oder verdichten. Luft ist ein Gasgemisch.

Drei Arten von Verdichtern sind zu unterscheiden: Lüfter, Gebläse und Kompressoren. Die Leistung der Lüfter und Gebläse liegt vorwiegend in der Luftmenge, die sie bewegen. Sie wird in Kubikmeter je Minute angegeben. Die Steigerung des Luftdrucks reicht beim Lüfter bis zu 10 Prozent, beim Gebläse bis zu 30 Prozent. Die Kompressoren dagegen leisten bis zu 1 000 Prozent Drucksteigerung, also zum Beispiel von 1 bar auf 10 bar.

Lüfter kühlen Motoren, Maschinen und Werkzeuge. Es gibt Radial-Lüfter und Axial-Lüfter. Der Radial-Lüfter schleudert die Luft mit dem Schaufelrad seitwärts, also in die Verlängerungsrichtung des Schaufelradradius. Der Axial-Lüfter befördert den Luftstrom parallel zur Drehachse des Schaufelrades. Abb. 2.3-4 deutet den Aufbau eines Axial-Lüfters an, Abb. 2.3-5 den Aufbau eines Radial-Lüfters.

Radial-Lüfter kühlen Elektromotoren. Ein Beispiel dafür bietet die in Abb. 2.3-6 dargestellte elektrische Handbohrmaschine. Während des Bohrens wird der Motor heiß. Wenn er nicht laufend gekühlt wird, verschmoren die Isolierschichten der Spulendrähte. Kurzschlüsse sind die Folge. Sie zerstören den Elek-

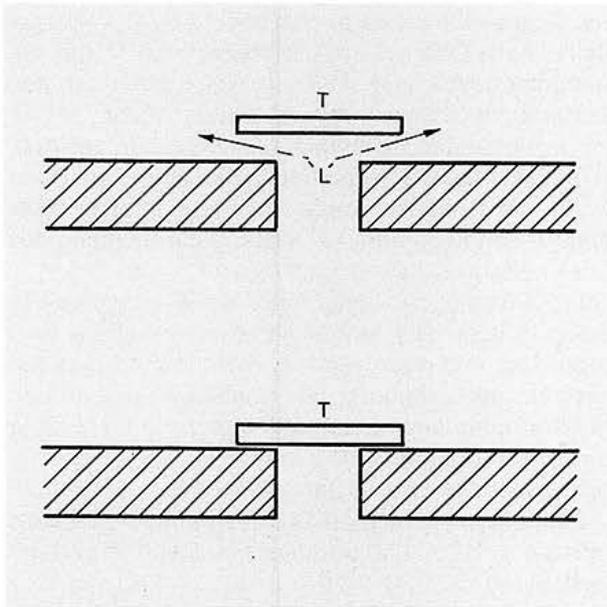


Abb. 2.3-11: Tellerventil, oben geöffnet, unten geschlossen:  
T Ventilteller, L Luftströme

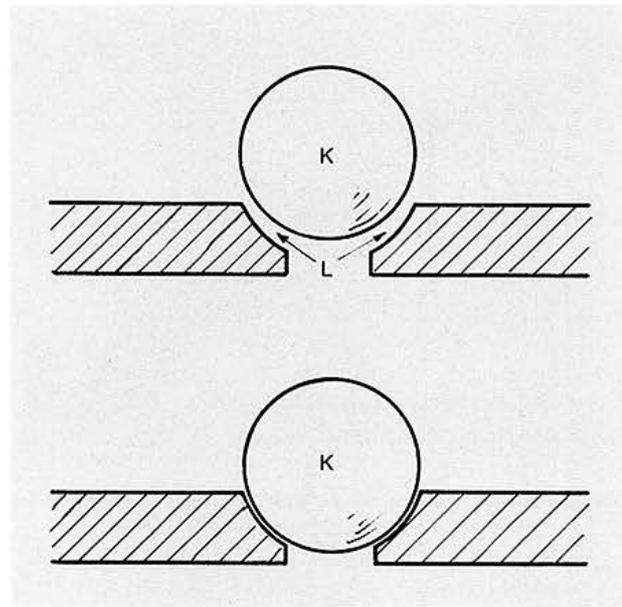


Abb. 2.3-12: Kugelventil, oben geöffnet, unten geschlossen:  
K Ventilkugel, L Luftströme

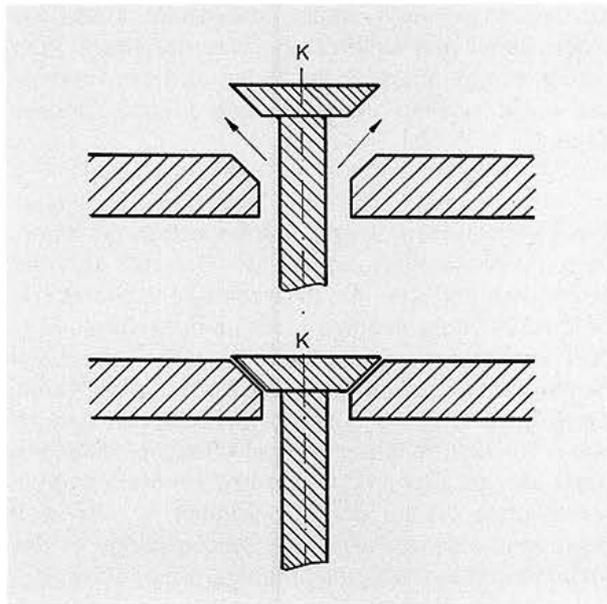


Abb. 2.3-13: Kegelventil, oben geöffnet, unten geschlossen:  
K Ventilkegel

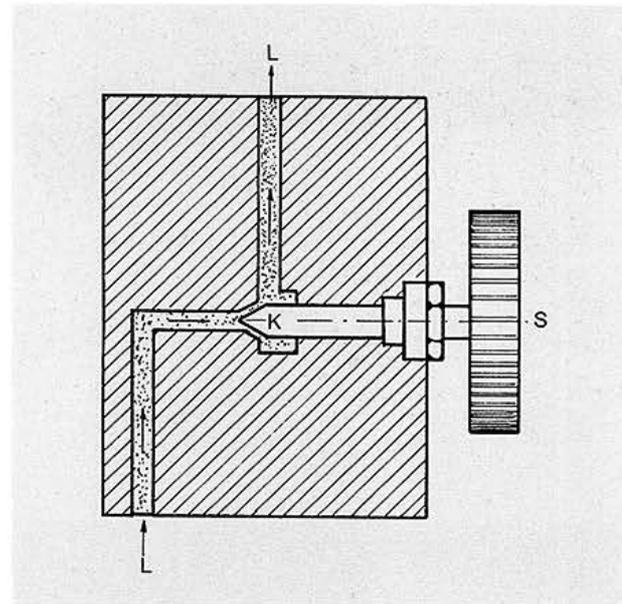


Abb. 2.3-14: Drosselventil: S Stellschraube, K Stellkegel

tromotor. Um das zu verhüten, ist die Bohrmaschine mit dem Schaufelrad ausgerüstet. Wir erkennen im Vordergrund das fest auf der Motorwelle sitzende Schaufelrad. Seine Schaufeln schleudern die Luft während der Drehung nach den Seiten aus dem Gehäuse hinaus. Dadurch entsteht hinter dem Schaufelrad ein luftverdünnter Raum, ein Sog.

Luft wird von außen durch die hinteren Öffnungen in das Gehäuse hineingesaugt. Sie durchströmt den rotierenden Motor, nimmt ihm die Wärme ab und wird dann vom Schaufelrad hinausgeschleudert. Beim Bohren soll die Bohrmaschine so gehalten werden, daß die Hände nicht die Abluftkanäle bedecken. Dem Motor fehlt sonst die Kühlung.

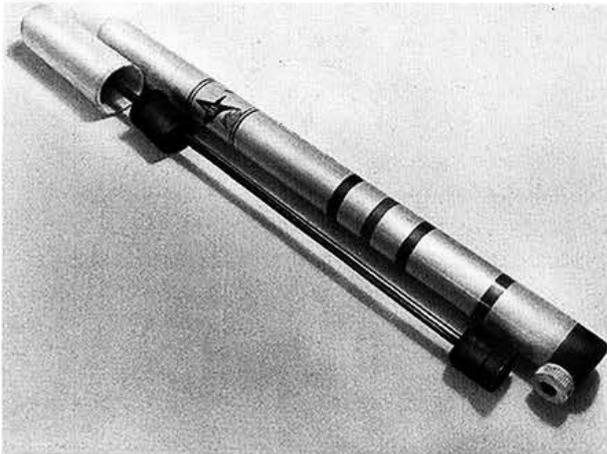


Abb. 2.3-15: Die Fahrradpumpe ist ein Kolbenverdichter

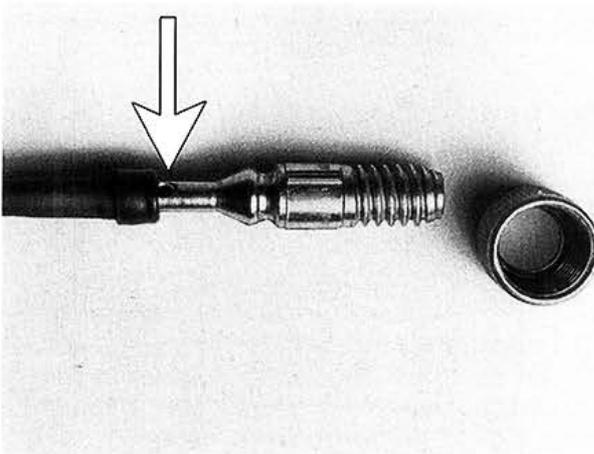


Abb. 2.3-16: Das Fahrradventil ist ein Rückschlagventil

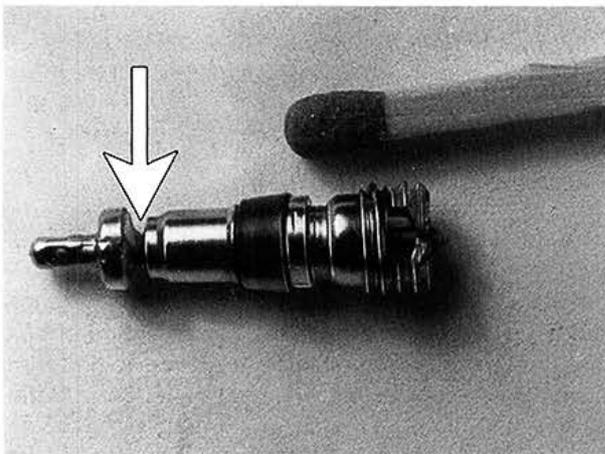


Abb. 2.3-17: Geöffnetes Autoschlauchventil

Schräggestellte Schaufeln hat der in Abb. 2.3-7 dargestellte Axial-Lüfter. Der Antriebsmotor wird als Außenläufer bezeichnet, weil sein Rotor außen um den feststehenden Stator rotiert. Dieser Rotor ist mit schräggestellten Schaufeln ausgerüstet. In der Abb. deutet ein Pfeil die Drehrichtung des Rotors an. Oben rechts am Gehäuse wurde ein Papierstreifen befestigt. Er soll nach dem Einschalten die Richtung des entstehenden Luftstroms anzeigen.

Abb. 2.3-8 zeigt den Lüfter nach dem Einschalten des Elektromotors. Die Luft hinter dem Ventilator wird angesaugt und nach vorn, in Richtung auf den Betrachter, geschleudert. Der Luftstrom drückt den Papierstreifen nach oben und versetzt ihn in heftige Flatterbewegungen.

Abb. 2.3-9 zeigt eine als Saugpumpe dienende Flügelzellenpumpe. Im rechten Teil des Pumpengehäuses befindet sich der Elektromotor, im linken die Pumpvorrichtung.

Abb. 2.3-10 zeigt das Innere der Flügelzellenpumpe. Links auf der Welle des Elektromotors sitzt der Drehkörper. Die Flügel sind in ihren Schlitzen frei beweglich. Die Fliehkraft drückt sie während der Drehung nach außen gegen die Innenwand des Gehäuses. Sie bilden dabei abgeteilte Zellen. Da der Drehkörper exzentrisch gelagert ist, verändert sich der Rauminhalt dieser Zellen zwischen den Flügelschiebern ständig.

Die Ziffern kennzeichnen die Luftkanäle, bei 1 liegt der Ansaugkanal, durch 2 und 3 führt der Abluftkanal. Wenn wir den Weg des bei 1 anliegenden Schiebers nach unten verfolgen, stellen wir fest, daß sich der Rauminhalt der über ihm liegenden Zelle zuerst vergrößert. Er saugt deshalb Luft aus dem Kanal 1 an. Dann verkleinert sich die Zelle. Die Luft wird zusammengepreßt und strömt dann bei 2 in den Abluftkanal. Die anderen Flügel und Zellen wirken auf die gleiche Weise. Die Motorwelle rotiert mit 1 360 Umdrehungen in der Minute. Das sind knapp 22,7 Umdrehungen in der Sekunde. Da bei jeder Umdrehung 10 Zellen Luft ansaugen, ergeben sich 227 Saugvorgänge in der Sekunde und ein fast gleichmäßiger Saugluftstrom.

### 2.3.5 Ventile

Pneumatikventile sperren und öffnen die Luftwege. So vielfältig, wie die Anwendungsarten der Pneumatik sind, so vielfältig sind auch die Arten ihrer Ventile. Nach dem im Ventil beweglichen Verschlusskörper unterscheidet man Teller-, Kugel- und Kegelventile. Abb. 2.3-11 deutet ein Tellerventil, Abb. 2.3-12 ein Kugelventil und Abb. 2.3-13 ein Kegelventil schematisch an.

Nach ihrer Wirkungsweise werden die Ventile in Wege-, Rückschlag- und Druckventile eingeteilt. Die

Wegeventile sperren oder öffnen den Luftströmen einen oder mehrere Durchflußwege. Es gibt Wegeventile, die sich öffnen, wenn der Einlaßdruck höher ist als der Auslaßdruck, bei anderen ist es umgekehrt. Das Rückschlagventil gestattet den Durchfluß nur in einer Richtung. Das Druckventil regelt den Druck. Es öffnet sich, wenn der Druck eine vorgegebene Grenze übersteigt. Es schließt sich, wenn der Druck zu stark abfällt.

Das Drosselventil verringert die Menge des Luftstroms. Von dieser Menge hängt die Geschwindigkeit der Kolbenbewegung in den Pneumatikzylindern ab. In den Anlegeapparaten der Falzmaschinen stellt man mit dem Drosselventil die Stärke der Blas- und Saugluft ein. Abb. 2.3-14 deutet den Aufbau eines Drosselventils schematisch an.

**Übung**  
Ventile am Fahrrad, am Auto, an einer Maschine suchen. Die Aufgaben der jeweiligen Ventile angeben.

### 2.3.6 Kolbenverdichter

Hohe Drücke lassen sich mit Kolbenverdichtern erreichen. In einem Zylinder ist ein abgedichteter Kolben verschiebbar gelagert. Der einfachste Kolbenverdichter ist die Fahrradluftpumpe. Abb. 2.3-15 zeigt die beiden Teile einer solchen Pumpe. Vorne liegt die Kolbenstange mit dem Kolben, der Verschlusskappe und dem Handgriff. Der Kolben besteht aus Gummi

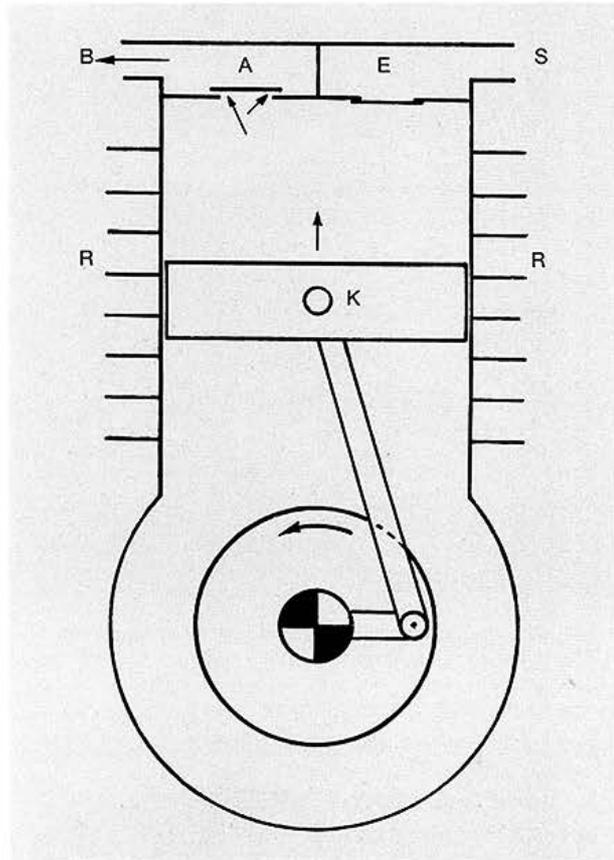


Abb. 2.3-18: Kompressor schematisch:  
K Kolben, E Einlaßventil,  
A Auslaßventil, S Saugluftkanal,  
B Blasluftkanal, R Kühlrippen

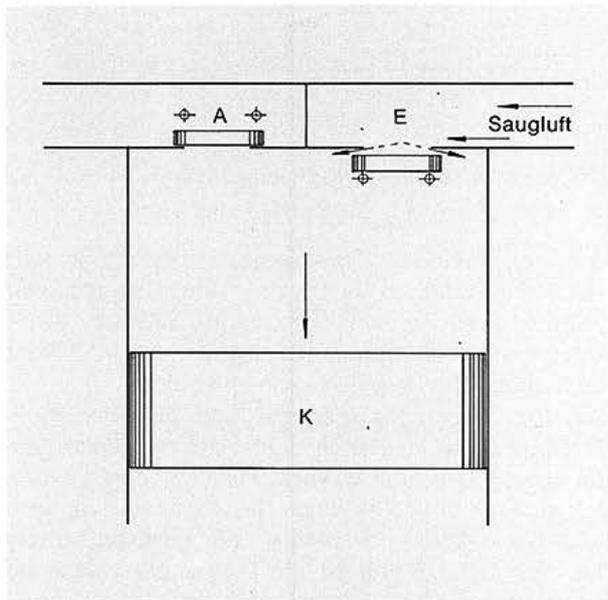


Abb. 2.3-19: Ansaugvorgang

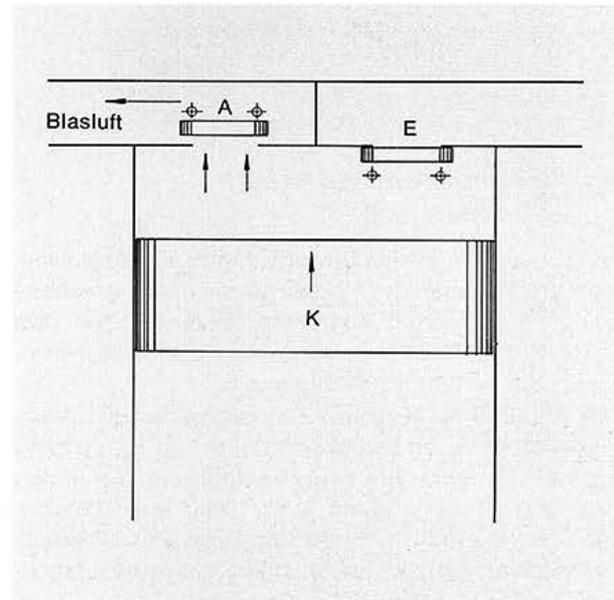


Abb. 2.3-20: Der aufwärtsgehende Kolben preßt die Luft in die Blasluftleitung

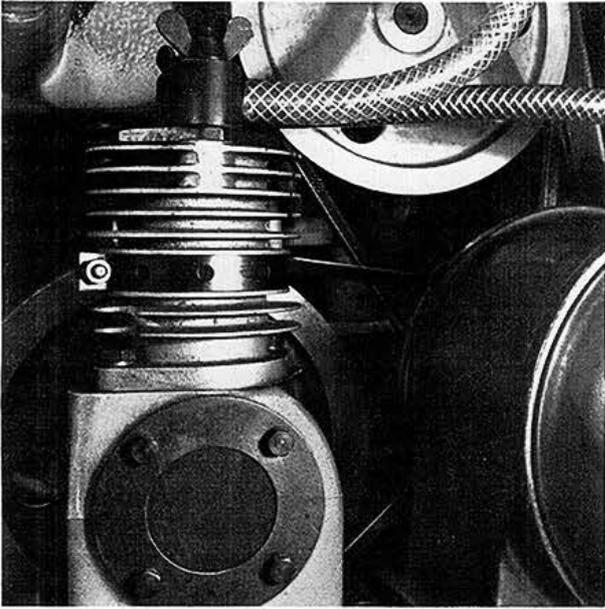


Abb. 2.3-21: Kompressor im Grundgestell einer Maschine

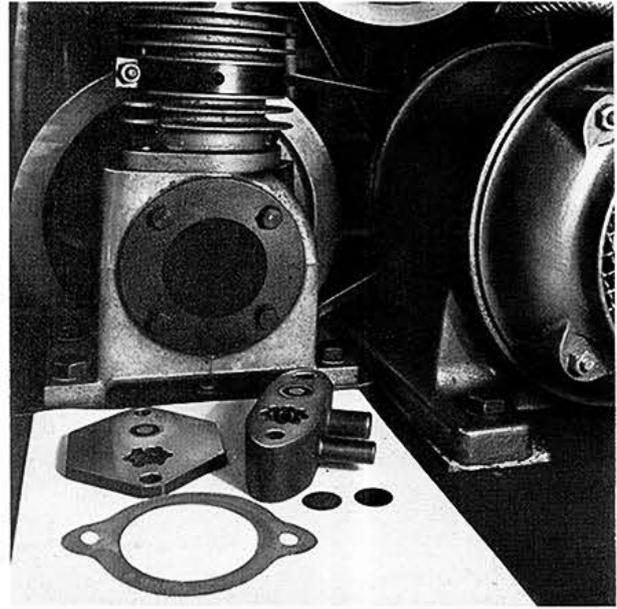


Abb. 2.3-22: Zylinderkopf abgenommen

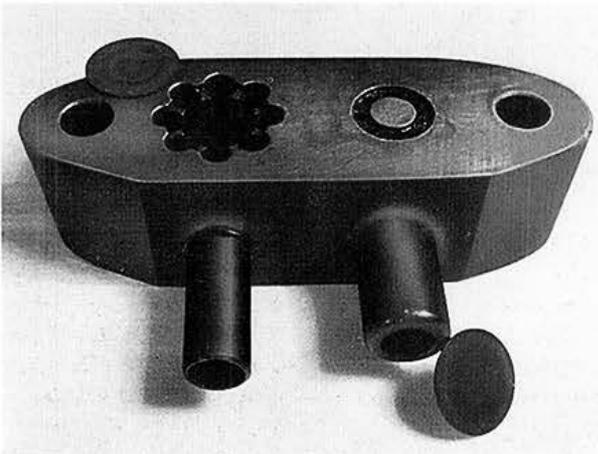


Abb. 2.3-23: Der Ventilkopf aus der Nähe

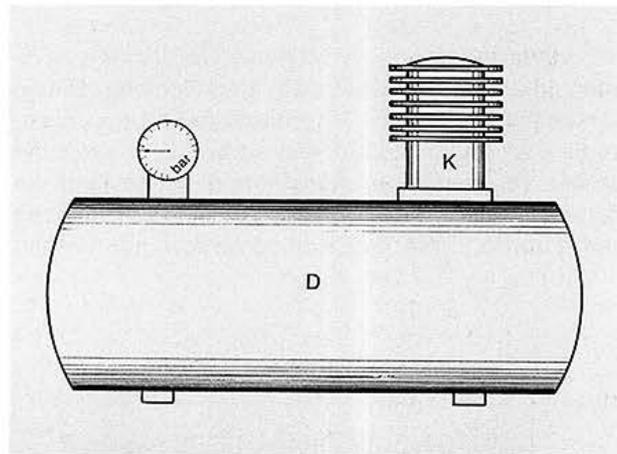


Abb. 2.3-24: K Kompressor, D Druckluftspeicher

oder Leder. Er hat eine bewegliche Lippe, die sich bei Vorwärtsschieben des Kolben gegen die Innenwände des Zylinders preßt. Hinter der Kolbenstange liegt der Zylinder, an dessen vorderen Ende die mit einer Ringdichtung versehene Düse sitzt.

Die Abb. 2.3-16 zeigt ein Fahrradventil. Wir haben den Ventilschlauch zurückgeschoben, um die Öffnung freizulegen, durch die beim Pumpen die Luft in den Schlauch hineingedrückt wird. Der Ventilschlauch verwehrt der Druckluft den Rückweg. Der Luftdruck im Reifen drückt das Ventilgummi gegen die Einlaßöffnung und verschließt sie.

Ein Rückschlagventil finden wir auch im Autoschlauch. Es schließt sich durch den Druck einer win-

zigen Wendelfeder. Der herausragende Kopf wird durch die Feder im Innern des Ventils nach außen gedrückt und die Ventildichtung geschlossen. Beim Aufpumpen preßt das Anschlußstück den Ventilkopf nach unten. Die Druckluft kann einströmen.

Abb. 2.3-17 zeigt das geöffnete Autoschlauchventil in Großaufnahme. Der Pfeil deutet auf die Stelle, von der aus die Druckluft in den Schlauch strömt. Es handelt sich um ein Tellerventil. Der Ventilteller ist nach links gerückt. Er gibt dadurch die Einströmöffnung frei. Der helle Belag ist die Dichtungsscheibe. Im Innern des zylindrischen Schafts sitzt die Wendelfeder, die den Ventilteller heranzieht und dadurch das Ventil schließt. Um die Wirkung dieser Feder aufzu-

heben, mußten wir den Ventilkopf abkneifen. Der konische schwarze Ring in der Ventilmitte dichtet das in den Schlauch eingeschraubte Ventil ab.

### 2.3.7 Kompressor

Besonders hohe Drücke werden mit dem Kompressor erreicht, der als Kolbenpumpe arbeitet. Abb. 2.3-18 zeigt das Schema eines Kompressors. Die Kurbel im Grundgestell wird von außen durch einen Elektromotor angetrieben. Dadurch bewegt sich der Kolben im Zylinder wechselweise nach oben und nach unten. Während seiner Abwärtsbewegung saugt er Luft an. Im Zuge seiner Aufwärtsbewegung preßt er die Luft zusammen und dann aus dem Zylinder heraus.

Die Abb. 2.3-19 und 2.3-20 zeigen die Wirkungsweise der beiden Ventile. In Abb. 2.3-19 geht der Kolben nach unten. Das Einlaßventil ist geöffnet, das Auslaßventil geschlossen. Durch das geöffnete Einlaßventil wird Luft angesaugt. Im Saugluftkanal entsteht ein Sog.

In Abb. 2.3-20 bewegt sich der Kolben nach oben. Das Einlaßventil ist geschlossen. Die Luft wird zusammengepreßt. Das Auslaßventil öffnet sich. Die Luft wird in den Blasluftkanal gepreßt.

Ansaug- und Ausstoßvorgang wiederholen sich wechselweise schnell hintereinander. Sie erzeugen einen pulsierenden Saugluft- und einen Blasluftstrom. Bogenanlegeapparate benötigen die Blasluft für das Auflockern und Trennen der Bogen. Mittels der Saugluft werden die Bogen dem Anlegetisch zugeführt.

Abb. 2.3-21 zeigt einen Kompressor, der einem Anlegeapparat einer Maschine die Blasluft und die Saugluft liefert. Der würfelförmige Unterbau des Kompressors enthält das Kurbelgetriebe. Im Hintergrund ist die Antriebsriemenscheibe erkennbar, die durch einen Keilriemen mit dem rechts montierten Elektromotor verbunden ist.

In Abb. 2.3-22 ist der Zylinderkopf des Kompressors abgeschraubt. Im Vordergrund befindet sich die Kopfdichtung, dahinter die Ventilplatte und rechts der Ventilkopf mit den Anschlußstutzen für die Schläuche.

Die beiden kleinen Kreise vor dem Ventilkopf sind die Ventilplatten. Sie bestehen aus Kunststoff, haben die Größe eines Pfennigstückes, sind einen halben Millimeter dick. Diese Ventilplatten sind die einzigen bewegten Teile der Ventile. Beim Zusammenbau gehören sie in die sternförmigen Vertiefungen der Kopfplatte und des Ventilkopfes.

Das Einlaßventil E kann sich nur nach unten, das Auslaßventil A nur nach oben öffnen. Die Einlaß-Ventilplatte wird nach unten gesaugt, läßt dann die Luft in den Zylinder hinein. Die Auslaß-Ventilplatte wird beim Aufwärtsgehen des Kolbens von der Luft nach

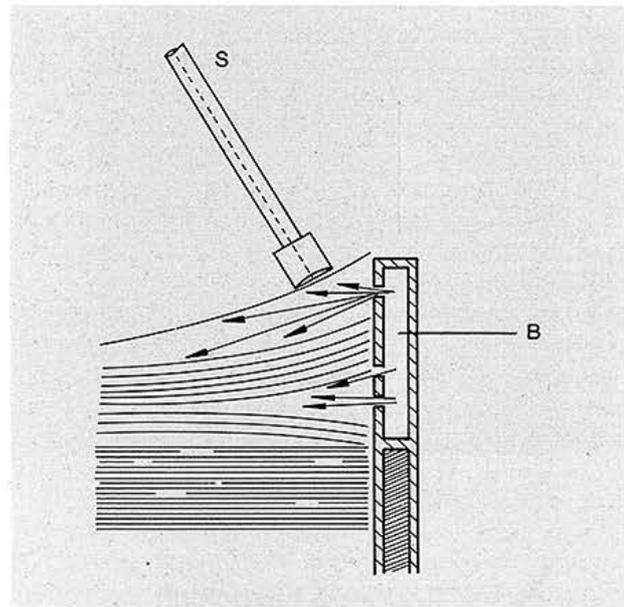


Abb. 2.3-25: Bogentrennung mittels Blas- und Saugluft

oben gedrückt und gibt dadurch der Blasluft den Weg frei. In den Zwischenzeiten sperrt jede der beiden Platten selbsttätig ihren Luftkanal. Zusätzliche Ventil-Steuervorrichtungen sind nicht erforderlich.

Abb. 2.3-23 zeigt den Ventilkopf aus der Nähe. Die sternförmige Vertiefung gehört zum Blasluftkanal. Oben links liegt die hineingehörige Ventilplatte. Die Blasluft kann durch die halbkreisförmigen Durchlässe seitlich an der Ventilplatte vorbeiströmen. Die Platte für den Saugluftkanal ist unten rechts an den Saugluftstutzen angelehnt. Sie gehört oben auf den ringförmigen Saugluftkanal und schließt ihn dort völlig ab.

Das Gegenstück zum Ventilkopf ist die in Abb. 2.3-22 erkennbare Ventilplatte. In ihr sind die Kanalöffnungen so angeordnet, daß die sternförmige Vertiefung auf den Saugluftkanal gelangt. Die Luft kann deshalb beim Saugvorgang an der Ventilplatte vorbei in den Zylinder hineinströmen.

Um einen gleichmäßigen Druckluftstrom zu gewinnen, leitet man die vom Kompressor kommenden pulsierenden Luftstöße in einen Druckluftbehälter. Er glättet die Stöße, stabilisiert die Druckluftversorgung und bildet die Druckluftreserve. Abb. 2.3-24 deutet einen Druckluftbehälter an, auf dem der Kompressor montiert ist. Der Kompressor ist durch ein Druckventil mit dem Behälter verbunden. Sobald der Luftdruck im Behälter den eingestellten oberen Grenzwert erreicht hat, schaltet ein Regler den Kompressor ab. Sobald der Luftdruck den unteren Grenzwert unterschreitet, tritt der Kompressor automatisch wieder in Tätigkeit.

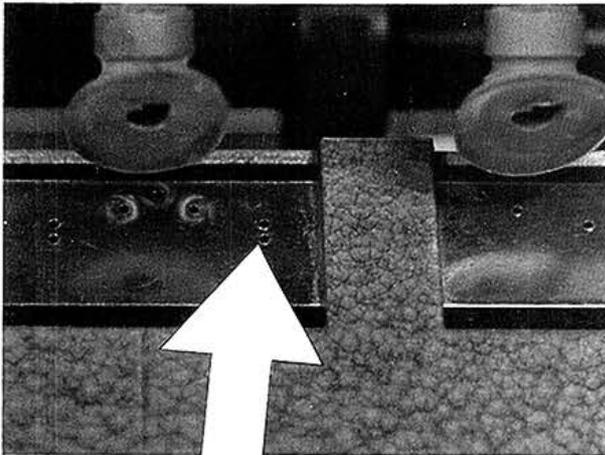


Abb. 2.3-26: Blick unter die Sauger eines Anlegeapparates

### 2.3.8 Blas-, Saug- und Druckluft in der Druckweiterverarbeitung

Mittels Blas- und Saugluft trennt der Bogenanlegeapparat die einzelnen Bogen vom Papierstapel. Abb. 2.3-25 deutet die Wirkungsweise einer solchen Trennvorrichtung an. Oben auf der Stapelwand der Maschine sitzt der Blasluftkanal B mit den Blasluftdüsen. Diese richten ihre Luftströme gegen die oberen Papierlagen des Stapels. Die beiden unteren Düsen lockern und trennen die Bogen so voneinander, daß ihre Vorderkanten den Saugern entgegenspringen. Die oberste Düse richtet ihren Luftstrahl gegen die Unterseite des angesaugten Bogens und verhindert damit das Zurückfallen des angesaugten Bogens.

Abb. 2.3-26 zeigt einen Ausschnitt aus einem Bogenanleger. Wir blicken schräg nach oben unter die beiden mit Gummikappen ausgerüsteten Saugern. Unten ist die Blasluftleiste mit den Düsenlöchern zu erkennen. Der weiße Pfeil zeigt auf zwei Blasdüsen für die Bogentrennung.

#### 2.3.8.1 Richtiges Einstellen des Anlegers

Für das einwandfreie Arbeiten des Anlegers ist es notwendig, vier Vorgänge zu beachten: Blasluft, Saugluft, Kippung und Stapeltransport. Die Stärke der Blasluft hängt ebenso wie die Saugluft von der Dicke und dem Gewicht des jeweils zu verarbeitenden Papiers ab. Die Blasluft soll die Bogen zwar gut auflockern, sie aber nicht über die oberste Düsenreihe hinwegdrücken. Die Saugluft muß die Bogen zwar sicher ansaugen und festhalten, sie darf aber nicht so stark sein, daß sie zwei oder noch mehr Bogen heranzieht und dadurch Stopper verursacht.

Kippung und Stapeltransport: Die Kippung ist jene Kippbewegung, die von den Saugern nach dem

Ansaugen des Bogens ausgeführt wird. Die vordere Bogenkante wird angehoben, damit die Blasluft gut unter den Bogen gelangt. Der Stapeltransport bringt den Stapeltisch schrittweise so nach oben, daß die Stapeloberfläche immer das Niveau behält, das für die Bogentrennung und Bogenübernahme nötig ist. Viel Sorgfalt und technisches Können sind notwendig, um alle vier Vorgänge richtig aufeinander abzustimmen.

#### Übung

An einer laufenden Maschine Versuche durchführen. Beobachten, wie sich Änderungen in der Einstellung von Blasluft, Kippung, Saugluft und Stapeltransport auswirken.

#### 2.3.8.2 Luftkissen schützen vor Beschädigungen

Heute werden häufig leichte und dünne Papiere verarbeitet. Daraus ergeben sich hohe Anforderungen an die Druckweiterverarbeitung. Eine ausgereifte Lufttechnik und zuverlässige Einstellung der Luftströme bewirkt die sichere Führung des Papiers. Wenn ein Papierbogen die Bedruck- oder Lackierzone einer Maschine durchlaufen hat, ist die aufgetragene Schicht sehr berührungsempfindlich. In solchen Fällen haben sich Luftpolster bewährt, die durch Luftströme gebildet werden, die die Oberfläche vor Beschädigungen schützen.

Abb. 2.3-27 zeigt schematisch die Wirkungsweise einer Luftkissentrommel. Die aus ihr heraustretenden Pfeile deuten Luftströme an, die aus der rotierenden Trommel heraustreten. Der bedruckte oder lackierte Papierbogen kommt von oben links. Die Greifer der Luftkissentrommel haben ihn erfaßt und führen ihn im Kreisbogen nach links unten weiter. Die empfindliche Schicht befindet sich auf der Bogenunterseite. Der Bogen schwebt auf dem Luftkissen und wird so vor Beschädigung geschützt.

#### 2.3.8.3 Luft macht schwere Papierstapel leicht

Schwere Papier- und Kartonstapel lassen sich auf Lufttischen mühelos bewegen. Der Lufttisch der Schneidemaschine erleichtert erheblich die Handhabung der Stapel. In Abb. 2.3-28 blicken wir auf den Tisch einer Schneidemaschine. Die kleinen dunklen Kreise sind die Köpfe der Kugelventile. Ihre Kugeln markieren sich in Kreismitte als helle Punkte.

Die schematischen Querschnitte 2.3-29 und 2.3-30 sollen die Wirkungsweise der Kugelventile veranschaulichen. Abb. 2.3-29 zeigt die Kugel K, die von einer Wendelfeder nach oben gedrückt wird. Sie verschließt die Ventilöffnung und ragt geringfügig über die Tischenebene hinaus.

Wenn dann – wie in Abb. 2.3-30 – ein Papierstapel auf den Lufttisch gelangt, drückt er mit seinem Ge-

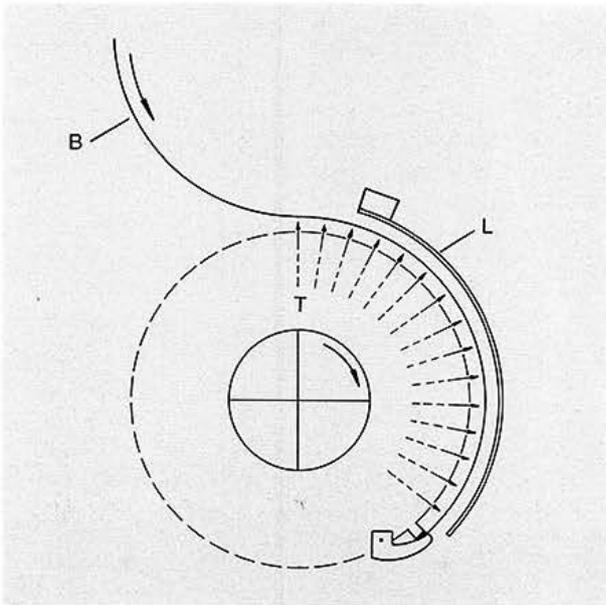


Abb. 2.3-27: Bogentransport auf einem Luftkissen: T Trommel mit Blasluftdüsen, B Bogen, L Leitblech

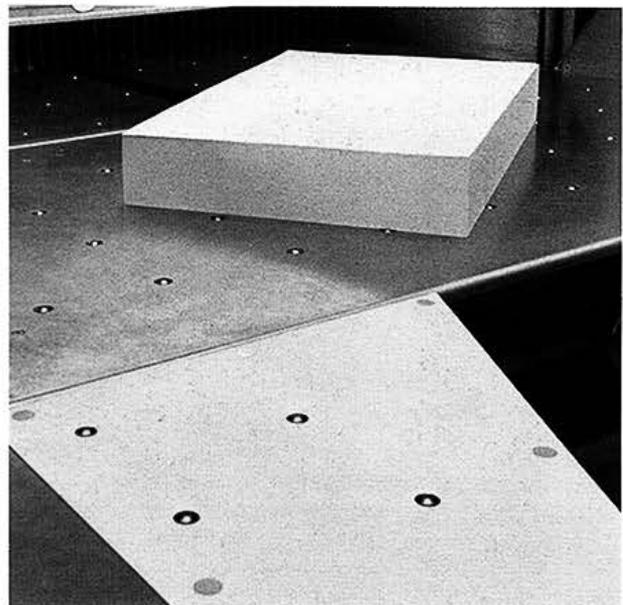


Abb. 2.3-28: Blick auf die Lufttische an einer Schneidemaschine. Der Papierstapel „schwimmt“ auf einem Luftkissen.

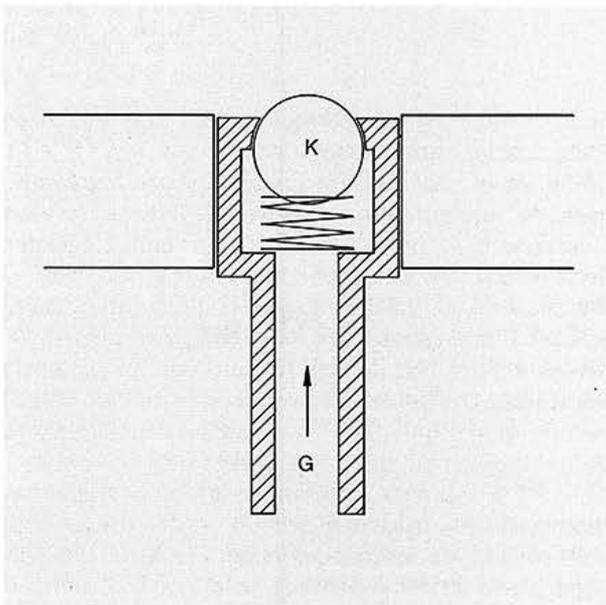


Abb. 2.3-29: Kugelventil des Lufttisches geschlossen: K Kugel, G Blasluft, vom Gebläse kommend

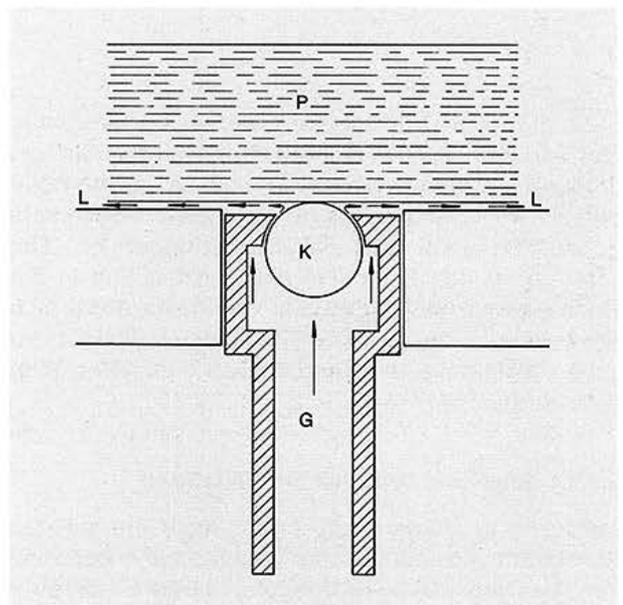


Abb. 2.3-30: Der Papierstapel öffnet durch sein Gewicht das Kugelventil: P Papierstapel, K Kugel, G Gebläseluft, L Luftkissen

wicht die Kugel nach unten. Dadurch wird der Weg für die Gebläseluft frei. Diese strömt an der Kugel vorbei nach oben unter den Papierstapel. Sie bildet dort zusammen mit den anderen Kugelventilen ein Luftkissen, auf dem der Papierstapel schwimmt.

Abb. 2.3-31 zeigt ein Lufttisch-Kugelventil. Sein Fuß steckt in einem Kunststoffschlauch, der ihm die Blasluft zuführt. Derartige Schläuche bilden unter der gesamten Oberfläche des Tisches ein Versorgungsnetz für alle Kugelventile.

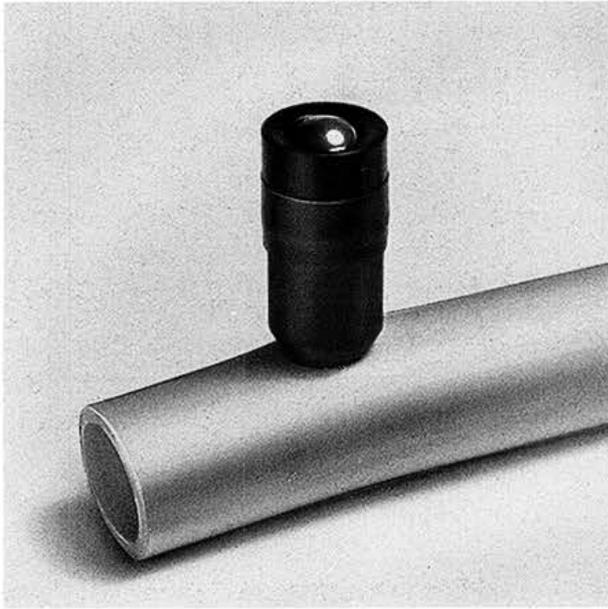


Abb. 2.3-31: Lufttisch-Kugelventil

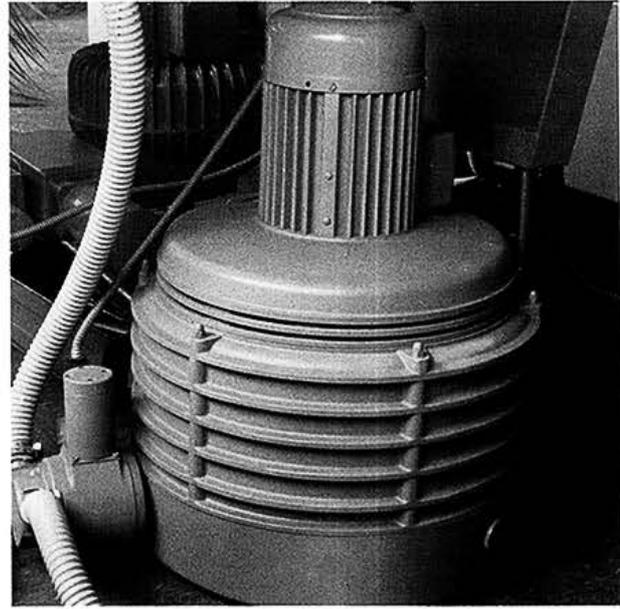


Abb. 2.3-32: Blick unter eine Schneidemaschine auf das sechsstufige Gebläse

Erzeugt wird die Blasluft durch mehrstufig arbeitende Gebläse. Abb. 2.3-32 zeigt das Gebläse einer Schneidemaschine. Oben sitzt der Elektromotor. Seine Welle versetzt sechs unter ihm gelagerte horizontale Schaufelräder in schnelle Drehbewegungen. Die schräggestellten Schaufeln drücken die Luft in die Gehäusemitte. Im Boden des Gehäuses bildet sich der Luftstrom. Unten links ist das Luftaustrittsstück zu sehen. Von ihm aus leiten Schläuche die Blasluft in die Lufttische.

#### 2.3.8.4 Blas- und Druckluft am Rütteltisch

Lufttische erleichtern die Arbeit nicht nur an den Schneidemaschinen, sondern auch an anderen Plätzen der Druckweiterverarbeitung. Lange Förderstraßen lassen sich nach dem Baukastenprinzip mit Lufttischen bilden und kombinieren. Außerdem werden auch Rütteltische mit Blaslufttischen und Blasluftseitenanschlüssen ausgerüstet.

Die Abb. 2.3-33 bis 2.3-36 zeigen einen Rütteltisch, der nicht nur mit Blasluft, sondern auch mit Preßluft arbeitet. In Abb. 2.3-33 hat der Tisch die Rüttelarbeit beendet. Er ist aus der Schräglage in die horizontale Lage zurückgekehrt. Im Innern des Papierstapels befindet sich noch viel Luft. Die Bogen liegen deshalb noch locker übereinander. Sie würden sich bei der weiteren Handhabung des Stapels leicht verschie-

ben. Es ist deshalb notwendig, die Luft aus dem Papierstapel herauszudrücken.

Diese Arbeit erledigt ein pneumatischer Mechanismus. Wir erkennen in der Abb. 2.3-33 einen langen Querbalken, an dem zwei Filzwalzen hängen. Hinter den beiden Filzwalzen befinden sich zwei rechteckige Platten. In Abb. 2.3-34 haben sich die beiden rechteckigen Platten nach unten auf den Stapel abgesenkt. Sie halten ihn fest und verhindern das Verschieben der Bogen. Die beiden Filzwalzen sind auf den Stapel heruntergegangen und rollen nun auf ihm nach vorn. Dabei drücken sie die Luft aus dem Stapel heraus.

Abb. 2.3-35 zeigt die Druckluftzentrale der Rüttelmaschine. Rechts erkennen wir die Verteilerleitungen, links die Luftaufbereitungseinheit. Diese hat die Aufgabe, die Luft für die Steuervorgänge zu reinigen und vom Kondensat zu befreien. Luft hat nämlich die Neigung, Wasser in Form von Wasserdampf aufzunehmen. Je wärmer die Luft wird, um so mehr Wasser nimmt sie auf. Wenn sich die Luft dann abkühlt, scheidet sie Wassertropfen aus. Sie kondensiert. Dadurch gelangt Wasser in die Druckleitungen. Sie kann dort Störungen verursachen und muß deshalb entfernt werden. Diese Aufgabe erledigt ein Filter mit Wasserabscheider. Es befindet sich links in dem langen Glasbehälter unterhalb des Handrades.

Das Handrad gehört zum Druckregelventil, mit dem der jeweils benötigte Druck der Luft eingestellt wird.

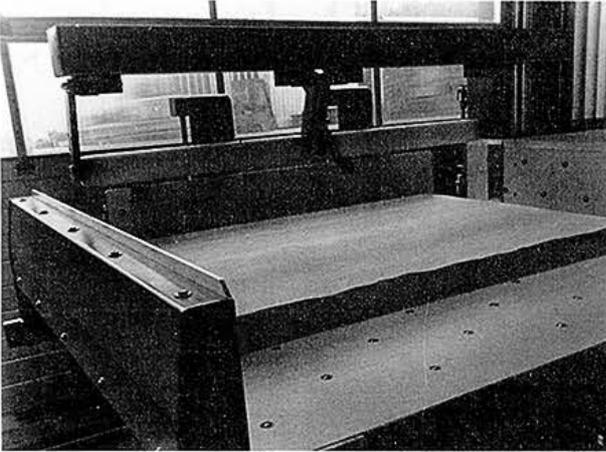


Abb. 2.3-33: Rütteltisch: Luft-Ausstreichvorrichtung in angehobener Stellung



Abb. 2.3-34: Zwei Filzwalzen rollen auf dem Stapel nach vorn und drücken die Luft aus dem Stapel heraus

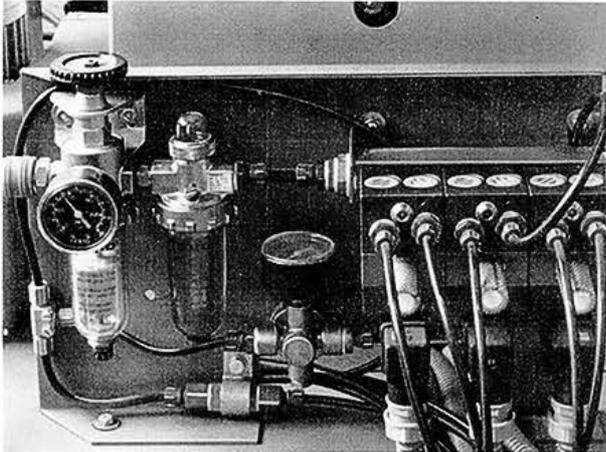


Abb. 2.3-35: Druckluftzentrale des Rütteltisches

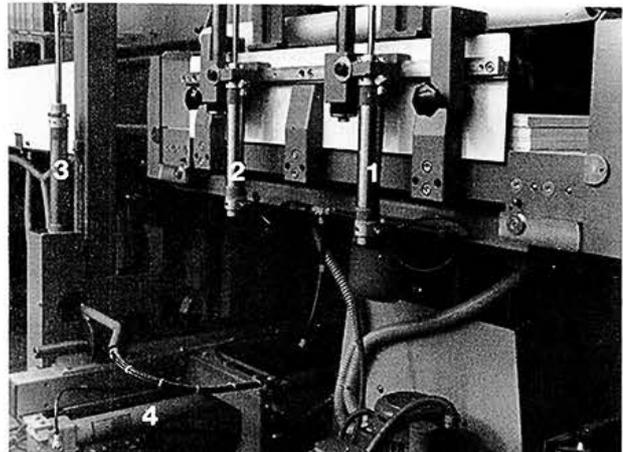


Abb. 2.3-36: Rückseite des Rütteltisches

Der Zeiger des Manometers zeigt einen Druck von 6 bar an. Der Glasbehälter rechts neben dem Wasserabscheider ist der Öler. Er reichert die Druckluft mit einem feinen Ölnebel an. Dieses Öl hält die beweglichen Teile der gesamten Anlage gleitfähig.

Erzeugt wird die Druckluft durch einen Kompressor. Sie gelangt zuerst zum Filter und Wasserabscheider, passiert dann das Druckregelventil und anschließend den Öler. Von dort aus strömt die Druckluft in die Verteilerzentrale mit den Wegeventilen. Die Schläuche leiten die Druckluft zu den verschiedenen Arbeitszylindern.

Abb. 2.3-36 zeigt die Rückseite des Rütteltisches. Rechts unten die Druckluftzentrale. 1 und 2 kennzeichnen die Druckluftzylinder, mit denen die Festhalteplatten auf den Stapel gedrückt werden. Zylinder 3 bewegt die Filzwalzen, Zylinder 4 den Filzwalzenwagen. ■