

## Mit 1.000 bar

### Gummi unter Höchstdruck

An einer Maschine soll eine Druckkraft wirksam werden. Der Greifer eines Baggers soll geschlossen werden, eine Blechpresse kräftig zgedrückt, eine Lastenplattform angehoben. Die Druckkraft wird von einer Pumpe erzeugt, die aber nicht „vor Ort“ sitzt, sondern mehr oder weniger weit entfernt. Wie überträgt man nun den Druck zur eigentlichen Wirkungsstelle?

### Hydraulik

Da bedient sich der Konstrukteur in den meisten Fällen einer „Hydraulik“, also eines hydraulischen Kraftübertragungssystems. Die Pumpe gibt ihre Druckkraft in eine flüssigkeitsgefüllte Leitung hinein und die Flüssigkeit überträgt den Druck um alle Ecken herum über eine fast beliebig große Entfernung dorthin, wo man ihn eben am Ende haben möchte - zu den Baggergreifern, zu der Blechpresse, zum Hebekolben der Lastenplattform.

Das Elementarwissen über die physikalischen Vorgänge hierbei verdanken wir Herrn **Blaise Pascal**. Dieser französische Philosoph, Physiker und Mathematiker (er lebte von 1623 bis 1662) hat ein interessantes Naturgesetz entdeckt.

Wird an einer beliebigen Stelle eines flüssigkeitsgefüllten Leitungssystems ein Druck ausgeübt, so pflanzt sich dieser Druck gleichmäßig durch alle Leitungsstränge hin fort. Ein Beispiel: Treten wir bei abgedrehter Wasserzufuhr irgendwo auf den am Boden liegenden Gartenschlauch, so spritzt vorn, weit von unserem Fuß entfernt, ein Schwall Wasser heraus. Also hier der Druck, dort Wirkung! Ein anderes Beispiel: Drückt der Autofahrer aufs Bremspedal, so werden durch Fortleitung dieses Drucks in flüssigkeitsgefüllten Leitungen an allen vier Rädern die Bremsbacken oder -klötze gegen die Trommeln bzw. Scheiben gepresst und zwar alle vier mit gleichem Druck.

Solche hydraulische Kraftübertragung hat, im Vergleich etwa zu einer Übertragung durch Gestänge, viele Vorteile. Sie kann relativ große Entfernungen überbrücken, kann beliebig „um die Ecke gehen“, kann ohne weiteres Bewegungen der angetriebenen Maschine folgen, kann sich auch nach verschiedenen Arbeitsrichtungen hin verzweigen (siehe die hydraulische Autobremse) und es lassen sich auf diese Weise sehr hohe Druckkräfte übertragen.

Wenn auch die Bezeichnung „Hydraulik“ von dem griechischen Wort hydro = Wasser kommt, so sind die Leitungen einer Hydraulik doch nur in speziellen Fällen (z. B. im Bergbau und beim Brückenbau) mit Wasser gefüllt. Ansonsten nimmt man Flüssigkeiten auf der Basis von Alkoholen oder von Mineralölen, die eine hohe Viskosität besitzen, also eine starke Tendenz zu innerem Zusammenhalt und die auch eine Schmierwirkung und einen gewissen Korrosionsschutz mitbringen.

Von ganz besonderer Bedeutung für das Funktionieren einer Hydraulik aber ist das Schlauchmaterial. Einerseits soll es gut beweglich sein, andererseits muß es hohe und vielleicht sogar höchste Drücke aushalten.

Hier haben wir ein geradezu ideales Arbeitsfeld für den Werkstoff Gummi. Als Rohstoffe empfehlen sich mit speziellen Eigenschaften für diesen Anwendungsbereich ausgestattete Synthesekautschuke, vor allem Chloropren- und Nitrilkautschuk. Der große Vorteil der Kautschuksynthese ist ja die Möglichkeit, ganz bestimmte Eigenschaftskombinationen regelrecht zu „züchten“.

Selbstverständlich muss ein Gummischlauch für hohe Innendrucke eine Armierung bekommen, eine Festigkeitsstütze, ein Korsett sozusagen. Denn Gummi ist zwar ein dichtes, aber doch ein mehr oder weniger nachgiebiges Material. Und da haben nun die Ingenieure zwei Hauptgruppen von Hydraulikschläuchen entwickelt: **Hochdruckschläuche** mit Textilgeflechten als Korsett und **Höchstdruckschläuche** mit Stahldrahtgeflechten oder spiralisiert eingearbeiteten Stahldrahtlagen, die gegenläufig paarweise angeordnet sind.

### Schicht für Schicht

Das klingt simpler, als es ist. Denn das Stützgeflecht wird nicht einfach als Außenhaut herumgewickelt. Vielmehr haben schon einfache **Hochdruckschläuche** bis zu drei Schichten: der Gummi-Innenschlauch, die Seele sozusagen, also die eigentliche Flüssigkeitsleitung, dann die Textilumflechtung (Baumwolle, Reyon oder Chemiefasergarn) und darauf dann wieder eine Gummischicht, eine Außenhaut, die den Schlauch gegen mechanische Beschädigungen durch Stoßen, Quetschen, Schürfen usw. und gegen chemische Angriffe durch Wasser, Öl, Ozon und ähnliches schützt. Kräftigere Hochdruckschläuche haben zwischen den beiden Gummilagen sogar zwei Textileinlagen, so dass der Schlauch aus insgesamt vier Schichten besteht.

Nun aber die **Höchstdruckschläuche**. Da gibt es solche mit nur einem Drahtgeflecht zwischen zwei Gummischichten oder mit zwei Geflechten (innen Gummi, darüber Geflecht, dann Gummi, danach Geflecht und schließlich noch einmal Gummi als Außenschutz) und schließlich, für höchste Drücke, eine Sorte mit insgesamt neun Lagen, nämlich fünf Gummischichten und vier Stahldrahtwicklungen, immer abwechselnd Gummi und Stahldrahteinlage.

Interessant ist die Fertigung eines solchen Hydraulikschlauchs. Die Sache beginnt mit dem innersten Teil, der so genannten Seele, der eigentlichen Leitung. Nicht, dass man da einfach einen fertig angelieferten Gummischlauch „von der Rolle abschneidet“. Die Fabrikation beginnt hier ganz von vorn mit den Rohstoffen, und das sind: Synthesekautschuk, Schwefel, Vulkanisationsbeschleuniger und verschiedene Zuschläge. Diese Materialien werden sorgfältig vermischt und dann von einer Extrusionsmaschine in Schlauchform gebracht.

So ein Extruder arbeitet im Prinzip wie ein Fleischwolf. Eine Förderschnecke drückt den erhitzten und damit plastisch gemachten Rohstoff durch ein Werkzeug, das so bemessen (kalibriert) ist, dass beim Erkalten ein Schlauch mit der gewünschten Wanddicke und dem richtigen Querschnitt entsteht.

Diesen noch unelastischen Schlauchrohling, auf die gewünschte Länge geschnitten, schiebt man über einen Dorn. Und jetzt beginnt die Umflechtung mit Stahldraht. Das geschieht auf einer Flechtmaschine. Dabei muss der Draht bzw. das Drahtbündel mit ganz bestimmter Zugkraft und nach einem ganz bestimmten System etwa wie beim

Zopf- oder Klöppelflechten aufgebracht werden. Damit sich der Draht sowohl mit der inneren wie auch mit der späteren Gummilage gut verbindet, läuft er während des Flechtvorganges durch eine Gummilösung, die für innigen Kontakt zwischen Draht und Gummi sorgt.

Nun die Außenschicht. Auch sie besteht aus einer Kautschuk-Schwefel-Zuschläge-Mischung, die mit einem Extruder aufgebracht wird.

Und dann kommt das ganze Drei-Schichten-Gebilde mit einer Bandage versehen in einen Heizkessel, wo der Kautschuk unter der Einwirkung von Druck und Hitze vulkanisiert. Unter „Vulkanisation“ versteht man die Vernetzung der fadenförmigen Kautschukmoleküle durch Schwefelatome. Aus dem plastischen Kautschuk wird elastischer Gummi.

Von dem so entstandenen Gummischlauch muss man nur noch die Bandage wieder abwickeln, ihn vom Dorn abziehen und 3 Min. lang dem vorgeschriebenen Prüfdruck aussetzen.

## **Drücke**

Wie steht es eigentlich mit der Belastbarkeit von solchen Hydraulikschläuchen?

Es gibt immer drei Zahlenwerte: den Betriebsdruck, den Prüfdruck und den Berstdruck.

Der **Betriebsdruck** ist jener Druck, dem der Schlauch im praktischen Alltagsbetrieb ausgesetzt werden darf, wobei der Fachmann noch zwischen einem statischen und einem dynamischen Betriebsdruck unterscheidet.

Der **Prüfdruck** ist jene Belastung, die jedes einzelne Stück bei der Prüfung nach der Fabrikation aushalten muss, ohne Fehler zu zeigen.

Der **Berstdruck** ist der Druck, bei dem der Schlauch reißt oder platzt. Dabei gilt die Regel: je geringer der Schlauchdurchmesser bei gleichem Festigkeitsträger, umso größer die zulässigen Drücke.

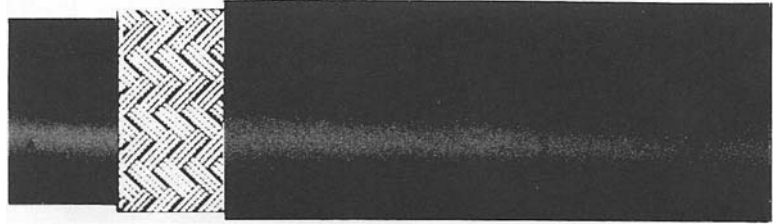
Hochdruckschläuche von beispielsweise 10 mm Innendurchmesser können für statische Betriebsdrücke bis 180 bar geeignet sein, wobei sie aber auf 270 bar geprüft werden und erst bei 440 bar platzen. Anders bei einem Hochdruckschlauch mit 25 mm Innendurchmesser: Da lauten die Zahlen 90 / 135 / 220 bar.

Dagegen nun die Leistungsfähigkeit von Höchstdruckschläuchen, also solchen mit Stahldrahteinlagen: Der 10-mm-Schlauch bietet hier maximal die Werte 715 / 1070 / 1780 bar, der 25-mm-Schlauch kommt immerhin noch auf 520 / 780 / 1300 bar.

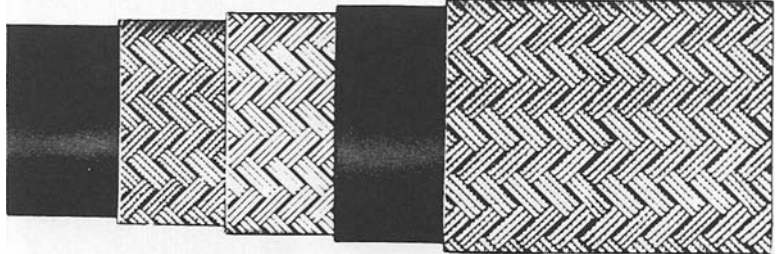
Hunderte und sogar tausend bar, bzw. Atmosphärenüberdruck, das sind gewiss enorme Drücke. Wer hätte gedacht, dass da ausgerechnet Gummi im Spiel sein kann!

## Aufbau von Hydraulikschläuchen

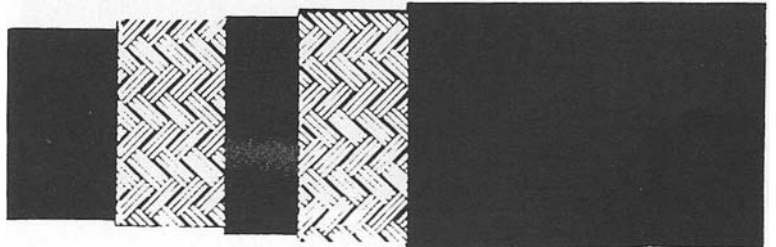
Hochdruckschlauch  
1 Textilgeflecht



Höchstdruckschlauch  
1 Stahldraht-,  
2 Textilgeflechte



Höchstdruckschlauch  
2 Stahldrahtgeflechte



Schlauchfertigung  
Foto: Veritas AG