

... EIN SAUGHEBER?



Was haben Pömpel und
Vakuumhalter gemeinsam?

Pömpel und Kollegen

Die Verwandtschaft eines Pömpels zu einem Saugheber kann man rein optisch schon irgendwie erkennen. Schwieriger ist diese Verwandtschaft zu entdecken bei Vakuumhebern aus der Industrie oder den Fixierhilfen einer Kernbohrmaschine. Doch das Prinzip ist dasselbe und wird in diesem Bericht ausführlich erklärt.

Der Pömpel ist zu einem nicht besonders ästhetischen aber charakteristischen Erkennungszeichen der Installateure geworden. Weltweit verbindet man das Bild eines Handwerkers im Blaumann, der gleichzeitig einen Pömpel in der Hand hält, mit dem Beruf des Installateurs. Der Pömpel, eigentlich ja die Saugglocke, ist ein einfaches Werkzeug, um mittels Saug- und Druckeinwirkung eine leichte Verstopfung in WC und Waschtisch zu beheben. Spezifischer wird die Wirkweise eines hier beschriebenen Phänomens beim Einsatz eines Vakuumhebers, um beispielsweise eine bodenebene Dusche zu positionieren. Und spektakulär wird es, wenn eine Kernbohrmaschine durch die Kraft eines angesaugten Tellers an der Wand fixiert werden kann. Da wird dann Beton zermalmt und ein Abscheren der Maschine wird durch eine Wirkweise erreicht, die auch mit einem Pömpel nachgestellt werden kann. Also, was geht da ab?



Bild: Sopro

Um eine Duschtasse in diesen engen Platzverhältnissen sicher zu positionieren, bietet sich ein Vakuumhalter an

AUSGANGSLAGE UND TEST

In unseren Breiten und vor allem Höhenlagen liegt der Luftdruck bei ca. 100 000 Pascal. Schwankungen des Luftdrucks verursachen Wetterumschwünge und man spricht von Hoch- und Tiefdruckgebieten.

Ein alter Kindertrick führt Sie nun an das erste Gedankenexperiment heran. Jeder hat sicherlich schon mal an einem Trinkglas gesaugt und diesen Saugeffekt genutzt, um dieses Glas gewissermaßen am Mund kleben zu lassen und es so anheben zu können, ohne es festzuhalten. Dabei verringert sich also durch das Saugen der Druck im Glas. Der Umgebungsdruck beträgt während des Saugvorgangs weiterhin 100 000 Pascal und im Glas kann man den Druck locker auf 90 000 Pascal senken.

Außerhalb des Glases herrscht also ein höherer Druck als innerhalb. Das Glas wird daher förmlich auf das Gesicht gedrückt. Man empfindet allerdings subjektiv einen Saugeffekt, meint also, dass die Lippen ins Glas gezogen werden. Nach dem gleichen Schema kann man ein Blatt Papier ansaugen und anheben. Auch wenn man ein Papier per Saugeffekt anhebt, gilt, dass im Mund ein geringerer Druck herrscht als in der Umgebung. Beim Ansaugen eines Blattes kann man aber einen weiteren Effekt erspüren. Spitzt man nämlich die Lippen, so verringert sich die Haltekraft auf das Papier. Reißt man den Mund während des Saugvorganges weit auf, so erhöht sich die Haltekraft erheblich. Probieren Sie es ruhig praktisch aus, es dient doch der Wissenschaft und Ihrer Erleuchtung.

ERKENNTNISSE

Die Haltekraft für einen Gegenstand, der durch den hier skizzierten Effekt gehalten wird, ergibt sich also aus dem tatsächlich erzeugten Unterdruck und der wirksamen Fläche, auf der dieser Unterdruck erzeugt wird. Die Bezeichnung Unterdruck ist eigentlich falsch, beschreibt aber das, was wir darunter verstehen, am besten. Eigentlich ist Unterdruck ein negativer Überdruck. Ein echter Unterdruck lässt sich nicht einmal theoretisch herstellen. Würde man einen Raum komplett evakuieren, also sämtliche Teilchen daraus entfernen, würde der Druck den Wert 0 Pascal erreichen. Unter 0 Pascal ginge es aber nicht, nicht mal bei Star Trek.

Zurück zu den Erkenntnissen und der Entstehung einer entsprechenden Formel, die ausdrückt, wie hoch die Haltekraft eines Pömpels, Saugers, Vakuumhebers oder ähnlichen Konstruktionen werden kann.

FORMESENTWICKLUNG

Es gilt als erstes, dass eine Kraft sich ergibt aus einem Druck multipliziert mit einer Fläche:

$$F = p \times A$$

wobei

F = Kraft in Newton [N]

p = Druck in Pascal [Pa]

A = Fläche in Quadratmeter [m²]

Wirkt beispielsweise ein Druck von 10 000 Pa auf einen Deckel mit 1 m² Fläche, so wird dieser Deckel mit einer Kraft von

$$F = 10000 \text{ Pa} \times 1 \text{ m}^2$$

$$F = 10000 \text{ N}$$

belastet

Dieses Gesetz wird natürlich nicht außer Kraft gesetzt, wenn man ein Papier mit dem Mund ansaugt. Das Papier erfährt einerseits von außen den Luftdruck von 100 000 Pa und in der Mundhöhle einen Druck von vielleicht nur 90 000 Pa. Die Fläche, mit der der Mund das Blatt abschirmt, ergibt die zweite Größe. Nehmen wir an, der Mund forme eine annähernd quadratische Fläche mit einer Kantenlänge von 5 cm, also $0,0025 \text{ m}^2$, dann ergibt sich bereits ein Maß für die Kraft, mit der das Blatt Papier gehalten wird.

$$F = (100000 \text{ Pa} - 90000 \text{ Pa}) \times 0,0025 \text{ m}^2$$

$$F = 10000 \text{ Pa} \times 0,0025 \text{ m}^2$$

$$F = 25 \text{ N}$$

Man könnte also ein Gewicht von rund 2,5 kg an dem Papier befestigen und der Unterdruck des Mundes würde dieses Gewicht halten.

Formel:

$$m = F / a$$

$$m = \text{Masse in Kilogramm [kg]}$$

$$F = \text{Kraft in Newton [N]}$$

$$a = \text{Beschleunigung [m/s}^2\text{]}$$

Die Beschleunigung, mit der ein Gewicht zum Erdmittelpunkt gezogen wird, wird für gewöhnlich mit $9,81 \text{ m/s}^2$ angenommen.

$$m = 25 \text{ N} / 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$m = 2,548 \text{ kg} \approx 2,5 \text{ kg}$$

ÜBERTRAGUNG AUF ANDERE HALTEKONZEPTE

Wenn man Sie also bitten würde, einen Haltegriff zu bauen, der zum Einsatz kommen soll, um Duschtassen in Position zu bringen, können sie erstmal wählen zwischen großer Saugfläche und einem geringem Unterdruck oder eben kleiner Saugfläche und großem Unterdruck. Gibt man Ihnen die Tellergröße des Saughebers vor, so bleibt der notwendige Unterdruck als Größe über.

Beispiel:

Sie sollen einen Vakuumhalter bauen, der es erlaubt, eine emaillierte Stahlwanne von bis zu 15 kg Masse anzuheben. Der Teller des kreisrunden Halters soll einen Durchmesser von 10 cm haben. Sie wollen natürlich auf Nummer sicher gehen und verlangen zweifache Sicherheit. Wie hoch müsste der Unterdruck sein, damit die Konstruktion funktioniert?

Berechnungen:

Fläche des Saugtellers:

$$A = d^2 \times 0,785$$

$$A = (0,10 \text{ m})^2 \times 0,785$$

$$A = 0,00785 \text{ m}^2$$

Angenommene Gewichtskraft bei zweifacher Sicherheit:

$$F = m \times a$$

$$F = 2 \times 15 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 294,3 \text{ N}$$

Errechnung des notwendigen Unterdrucks:

$$F = p \times A$$

daraus folgt

$$p = F / A$$

$$p = 294,3 \text{ N} / 0,00785 \text{ m}^2$$

$$p = 37490 \text{ Pa} \approx 37500 \text{ Pa}$$

Antwort auf die Frage:

Bei einem Umgebungsdruck von 100 000 Pa dürfte zwischen Saugnapf und Duschwanne ein Druck von 62 500 Pa herrschen. Damit wäre der Unterdruck 37 500 Pa hoch.

Ein solcher Unterdruck wie im durchgerechneten Beispiel lässt sich mit den verfügbaren Vakuumhaltern herstellen und zumindest vorübergehend halten. Je nach Glattheit der Oberfläche und Anschließbarkeit der Dichtfläche entweicht der Unterdruck aber mit der Zeit. Ein angelegter Halter verliert also langsam seine Tragkraft.

Die Unterseite der Vakuumplatte einer Kernbohrmaschine. Gut zu sehen: die umlaufende Dichtung





Auch sehr schwere Gegenstände lassen sich mittels Vakuumtechnik anheben und einfach transportieren



Halterungen für Navi und Handy im Auto basieren ebenso wie der Pömpel auf Vakuumtechnik

SONDERFÄLLE

Will man ein solches Halterungsprinzip für andere Zwecke nutzen, sind zum Teil andere Strategien gefragt. Eine extreme Belastung erfahren beispielsweise die Halterungen von Kernbohrmaschinen. Werden deren Stativfüße als Vakuumplatten ausgeführt, so können sich diese auf glattem Untergrund festsaugen. Dazu reicht dann aber nicht das Umlegen eines Hebels zur Verkleinerung des Luftraumes innerhalb einer Glocke. Mit dem Halter und seiner Vakuumplatte einer solchen Kernbohrmaschine wird in der Regel eine entsprechend leistungsfähige Vakuumpumpe verbunden. Diese hält dann fortlaufend während des Bohrbetriebs den Unterdruck. Ein Manometer zeigt dann den Betriebszustand während einer Bohrung an. Ist der Druck in der Vakuumkammer entsprechend niedrig, so reichen die Haltekräfte aus.

So lassen sich Kernbohrmaschinen an senkrechten Wänden fixieren und betreiben und Kernbohrungen bis 200 mm Durchmesser ausführen. Die Funktionalität solcher Systeme hängt von entsprechenden Dichtungen zwischen Vakuumkammer und der jeweiligen Oberfläche ab sowie der Leistungsfähigkeit der jeweiligen Vakuumpumpe. Aber natürlich setzt auch die Rauigkeit und Porosität der Oberfläche, an der angedockt werden soll, entsprechende Grenzen.

WEITERE TRICKS UND SICHERUNGEN

Für den Einsatz im Bereich der Sanitärtechnik sollte man auf entsprechende Sauberkeit der zu verbindenden Oberflächen achten. Eine verkrümelte Email-Oberfläche einer Duschtasse bietet eine denkbar schlechte Dichtfläche für einen Vakuumheber.

Es sollte darauf geachtet werden, dass die Haltefunktion senkrecht vom Teller weg am höchsten ist. Ein Verschieben parallel zur Tellerebene, also eine Scherbelastung, wird deutlich schlechter verkraftet und führt daher eher zum Abrutschen des Gegenstandes. Bei Einsatz von Kernbohrmaschinen mit entsprechender Vakuum-Haltertechnik sind unbedingt die Vorschriften der Hersteller einzuhalten.

Die Technik zum Heben per Saugtechnik wird auch für schwere Lasten angewandt. Hier werden dann aber sinnvolle weitere Sicherheitsmechanismen zusätzlich verbaut, um bei einem Versagen der Vakuumhalter, beispielsweise bei einem plötzlichen Verlust des Unterdrucks, entsprechend gewappnet zu sein. ■



FILM ZUM THEMA



Auf unserer Webseite können Sie unseren Klassiker „Magic Pömpel“ direkt anwählen. Dann können wir Ihnen noch zeigen, wie sich eine Kernbohrmaschine per Vakuum fixiert.

www.sbz-monteur.de → Das Heft → Lehrfilme zum Heft