

# Vakuum Automation 2.0

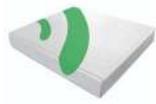
Die Zukunft beginnt mit der richtigen Auswahl der Produkte



## ***Our Mission***

*“The Piab mission is to increase productivity for industrial customers and provide energy saving solutions by promoting our superior technology universally.”*





Piab Vacuum Academy ..... 5



Saugnapfe/Greifer ..... 27



Vakuum Cartridges/Integration ... 263



Vakuumpumpen ..... 307



Kombination Pumpe und Greifer 445



Systemoptimierung ..... 471



Piab Vacuum Academy ..... 6



*Im Jahre 1951 bekam die Firma ihren Namen von Ihrem ersten Produkt, einem innovativen Zirkel, der die Arbeit für Designer und technische Zeichner vereinfachte Pi,  $\pi$  ( $\approx 3.14$ ) AB.*

## Piab wird vorgestellt

*"The Piab mission is to increase productivity for industrial customers and provide energy saving solutions by promoting our superior technology universally."*

### Die bestmögliche Lösung erreichen

Wir teilen unser Wissen und Erfahrungen mit unseren Kunden und bieten die Vakuumlösung an, die am Besten für die individuelle Situation angebracht ist, tragen dazu bei, den Energieverbrauch zu verringern, die Produktivität zu erhöhen und das Arbeitsumfeld zu verbessern.

### Vakuumfachkenntnisse und Industriefähigkeit

Piab's bahnbrechende Arbeit in der Vakuumtechnologie basiert auf der Investition in Forschung & Entwicklung und auf der Erfahrung in einer weltweiten, breiten Vielfalt in der herstellenden Industrie. Die Kombination von Erfahrung mit dem Verständniss von vielen verschiedenen Industrieschauplätzen ermöglicht uns, unsere Kunden mit den besten Vakuumlösungen des Marktes zu versorgen.

### Vergangenheit & Gegenwart

Die Geschichte von Piab beginnt 1951, als die schöpferische Firma gegründet wurde. Das erste Produkt, ein innovativer Zirkel, gab Piab ( $\pi + AB$ ) seinen Namen. 1960 wurde das erste Piab Vakuumprodukt, die "Pneucette" für die elektronische Industrie entwickelt. Die Grundlage für das heutige druckluftbetriebene Vakuumsystem wurde 1972 gelegt, als der erste mehrstufige Ejektor patentiert wurde. Seitdem ist Piab weiterhin Vorreiter in der Entwicklung von Vakuumtechnik.

### Ein starker Geschäftspartner

Piabs Zielsetzung ist, die Wirtschaftlichkeit und Konkurrenzfähigkeit unserer Kunden zu verbessern. Wir streben danach, die Produktivität zu verbessern und den Marktvorteil zu verstärken. Unser Ziel ist auch, zur Energiereduzierung unserer Kunden beizutragen und die Arbeitsbedingungen zu verbessern; dies wiederum hilft bei der Fähigkeit, qualifiziertes Personal anzuziehen und zu halten. Eine Partnerschaft mit Piab bedeutet mehr als nur einen verlässlichen Vakuumlieferanten zu haben.

### Technischer Vorreiter

Wir sind stolz darauf, die Innovatoren der Vakuumtechnik zu sein. Technische Führung bedeutet, Lösungen zu finden und zu entwickeln, die es noch nicht gibt. Unsere Kunden können Vertrauen darin haben, dass sie in einem Verhältniss mit uns immer auf dem neusten Stand sind.

### Lokale Präsenz und globale Kompetenz

Der globale Marktführer zu sein bedeutet entwerfen, bauen und installieren von Vakuumlösungen in jedem Winkel der Erde. Deshalb hat Piab weltweit ein Netz von Filialen und Händlern in mehr als 50 Ländern.

### Unser Beitrag zu einer zukunftsfähigen Welt

Wir sehen es als unsere Pflicht, Verantwortung für unsere gemeinsame Umwelt zu übernehmen, Daher haben wir eine anspruchsvolle Umweltpolitik entwickelt und ein ISO 14001 zertifiziertes Öko Managementsystem mit eingeschlossen. Zusätzlich suchen wir immer nach den umweltfreundlichsten Transportmöglichkeiten für unsere Produkte und ermutigen unsere Lieferanten, Materialien zu erforschen und zu entwickeln, die einwandfreie Herstellung, Funktion und Recycling ermöglichen. Für unsere Kunden sind die Vakuumlösungen selbst ein Mittel, um den Energieverbrauch zu reduzieren und dadurch zu einer verbesserten Umwelt beizutragen. Piab konzentriert sich darauf Systeme zu entwickeln, die sowenig Energie wie möglich konsumieren, minimale Auswirkung auf die Umwelt haben und dadurch die individuelle CO<sub>2</sub> Bilanz der Anwender reduzieren. Leistung wird niemals geopfert, die Produktivität wird laufend maximiert.

"Informationsbereich"

Kontaktieren Sie Piab, um Informationen über die Energiesparinnovationen zu erhalten, die Ihre Produktivität erhöhen.

## COAX® Technologie

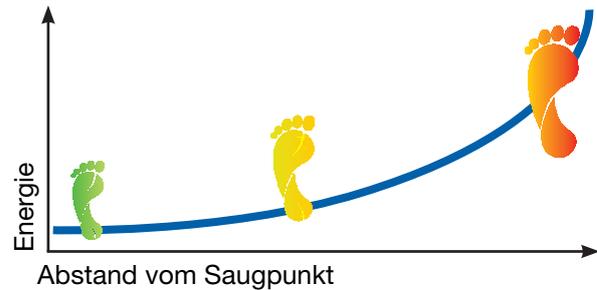
COAX® ist eine fortschrittliche Lösung, um Vakuum mittels Druckluft zu erzeugen. Basierend auf Piabs mehrstufigen Technologie ist die COAX® Cartridge kleiner, effizienter und zuverlässiger als herkömmliche Ejektoren. Dies ermöglicht ein flexibles, modulares und effizientes Vakuumsystem. Ein Vakuumsystem, basierend auf

COAX® Technologie, kann Sie mit dreimal mehr Vakuumfluss versorgen als ein konventionelles System, dies erlaubt Ihnen, die Takt-Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit zu erhöhen während der Energieverbrauch reduziert wird.

## Umwelttechnischer Hinweis

Die Grundlage für einen leistungsstarken, energieeffizienten Produktionsprozess ist eine optimierte Handlings Lösung. Dadurch, dass nie mehr Energie als nötig benutzt wird, können Firmen ihre individuelle CO<sub>2</sub> Bilanz sowie ihre Kosten verringern. Von der Vakuumpumpe selbst bis hin zu jedem Steuerungszubehör kann Piab mit Ihnen daran arbeiten, den geringst möglichen Energieverbrauch zu erreichen.

Ihre Pumpe braucht weniger Druckluft, wenn sie näher am Saugplatz platziert wird, dadurch wird die CO<sub>2</sub> Emission und der Energieverbrauch verringert. Der Graph rechts demonstriert den Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und dem Abstand der Pumpe vom Saugplatz.



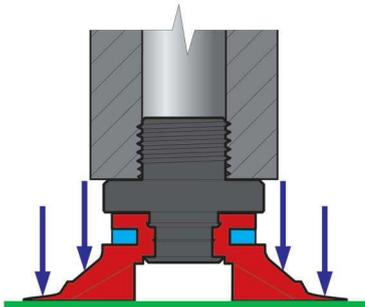
## Vakuumtheorie

### Was ist Vakuum?

Mit "Vakuum", "Unterdruck", usw. bezeichnen wir den Druck, der niedriger als der atmosphärische Druck ist. Der atmosphärische Druck wird vom Gewicht der Luft über uns erzeugt. In Meereshöhe liegt dieser normalerweise bei 1013 mbar = 101.3 kPa. Da 1 Pa 1 N/m<sup>2</sup> entspricht, bedeutet das, daß eine Luftsäule mit einem Querschnitt von 1m<sup>2</sup> mit einer Kraft von ca. 100.000 N auf die Erdoberfläche drückt. Durch eine Senkung des Druckes in einem geschlossenen Behälter wird der atmosphärische Druck zu einer potentiellen Energiequelle umgewandelt.



Ein Staubsauger saugt nicht. Luft und Staub werden vom höheren atmosphärischen Druck der Umgebung in den Staubsauger gepresst.



Ein Saugnapf saugt sich nicht fest - er wird vom höheren Druck der Umgebung angepresst.

### Höhe über dem Meeresspiegel

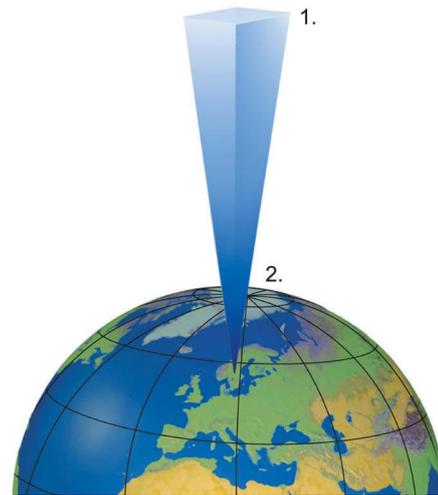
Da der atmosphärische Druck die arbeitende Kraft ausmacht, verändert sich diese folglich mit dem

### Vakuum wird wie folgt definiert:

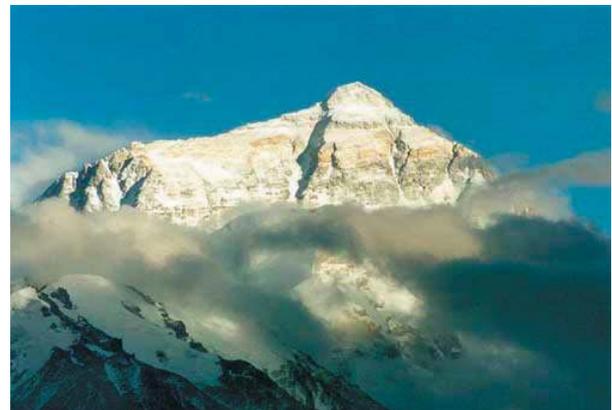
"Raum ohne Materie". Im praktischen Sprachgebrauch: "Luftleerer oder fast luftleerer Raum".

Quelle: Nationalencyklopedin, Bra Böcker, Höganäs, Schweden.

Druck. Deshalb muß man den aktuellen Luftdruck und Höhe über dem Meeresspiegel beachten. Bis zu einer Höhe von 200m reduziert sich der Druck alle 100m um ca. 1%. Eine für 100 kg dimensionierte Hubanlage auf Meereshöhe kann z.B. in 1000m Höhe nur noch 89 kg anheben. Kapitel "Tabellen" zeigt den Einfluss des atmosphärischen Drucks auf das Vakuumniveau.



1. Der atmosphärische Druck ist 0 in 1000 km Höhe
2. 1.013 bar (101.3 kPa) auf Meereshöhe



Auf dem Gipfel des Mount Everest (8848 m) ist der atmosphärische Druck ca. 330 mbar (33 kPa).

## Begriffe und Einheiten

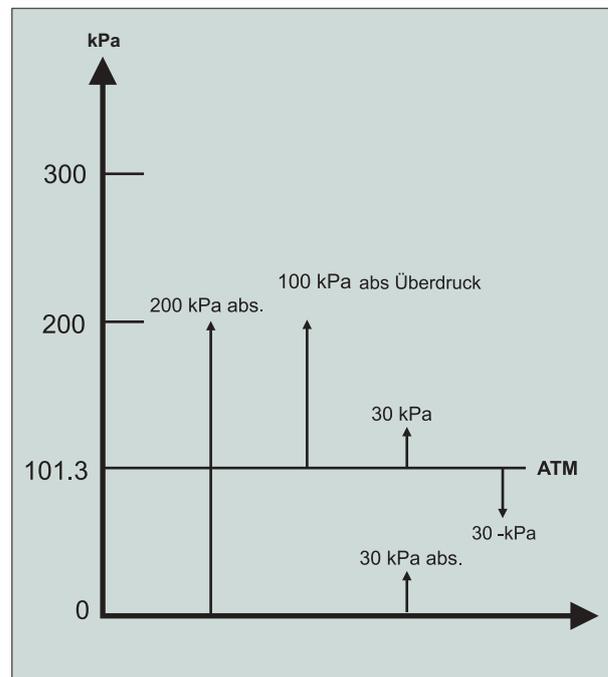
Die Umgangssprache enthält viele unterschiedliche Ausdrücke und Einheiten für den Begriff Vakuum. Es ist daher immer wichtig, die korrekten Begriffe zu verwenden. In nebenstehender Tabelle sind einige gebräuchliche Ausdrücke und Einheiten aufgelistet, die im Bereich der Vakuumtechnik vorkommen. In den Tabellen Nr. 1,2 und 3 können Sie die Umrechnungsfaktoren zwischen den einzelnen Einheiten entnehmen.

Begriffe
Unterdruck
Absoluter Druck
% Vakuum (% des Vakuums)
Negativer Druck

Einheiten	
-kPa	bar
inHg	mm H <sub>2</sub> O
mmHg	torr
hPa	mbar

### Verschiedene Druckbezeichnungen im Verhältnis zum "absoluten Vakuum"

Physikalisch gibt es lediglich eine Art von "Druck" und dieser geht von "0" oder dem absoluten Vakuum aus. Alle Bereiche, die darüber liegen, sind Druck und werden korrekterweise als absoluter Druck bezeichnet. Leider wird üblicherweise der normale atmosphärische Druck (101.3 kPa) als Bezugsgröße verwendet. Hierauf bezieht sich der Ausdruck "Über- bzw. Unterdruck". Früher verwendete man oft den Begriff "%-Vakuum", wobei mit 0% der atmosphärische Druck und mit 100% das absolute Vakuum gemeint war. In der Industrie ist deshalb kPa die übliche Einheit, da diese fast mit "%-Vakuum" übereinstimmt. In der chemischen Industrie und im Hochvakuumbereich wird meistens mbar absolut verwendet. Es ist deshalb äußerst wichtig zu verdeutlichen, welche Einheit und welche Bezugsebene gemeint ist. In diesem Katalog wird generell kPa (wie in der Industrie) verwendet.



Das Diagramm zeigt das Verhältnis zwischen absolutem, negativem und positivem Druck. Es veranschaulicht das Problem, das auftreten kann, wenn der Druck nicht klar spezifiziert wird. 30 kPa können "leichtfertig gesprochen" drei unterschiedliche Werte darstellen.

### Der Einsatz von Vakuum lässt sich im Normalfall in drei Hauptgruppen unterteilen

Gebläsevakuum	0–20 -kPa	Für Ventilation, Kühlung, Staubsauger, usw.
Industrievakuum	20–99 -kPa	Zum Heben, Festhalten, Automatisieren, usw.
Prozessvakuum	99 -kPa –	Tiefvakuum für Labore, bei der Microship-Herstellung, Beschichtung, usw.

## Energiebedarf in verschiedenen Vakuumniveaus

Der für die Erzeugung mit Unterdruck erforderliche Energiebedarf erhöht sich bei Unterdruckerhöhung asymptotisch bis ins Unendliche. Deshalb ist es äußerst wichtig, zwecks optimaler Energieausbeute, den Unterdruck so niedrig wie möglich zu halten. Um den Energiebedarf einfacher zu illustrieren, kann man sich einen Zylinder mit Kolben anschauen (Kolbenpumpe).

Gemäß dem Boyle-Mariotteschen Gesetz ist der Druck (P) eines Gases bei konstanter Temperatur, entgegengesetzt proportional zum Volumen (V):

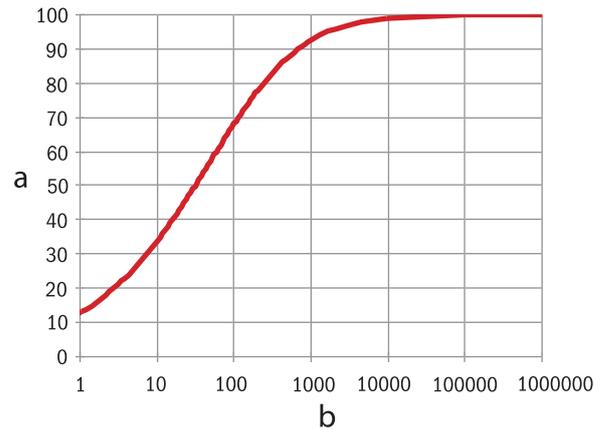
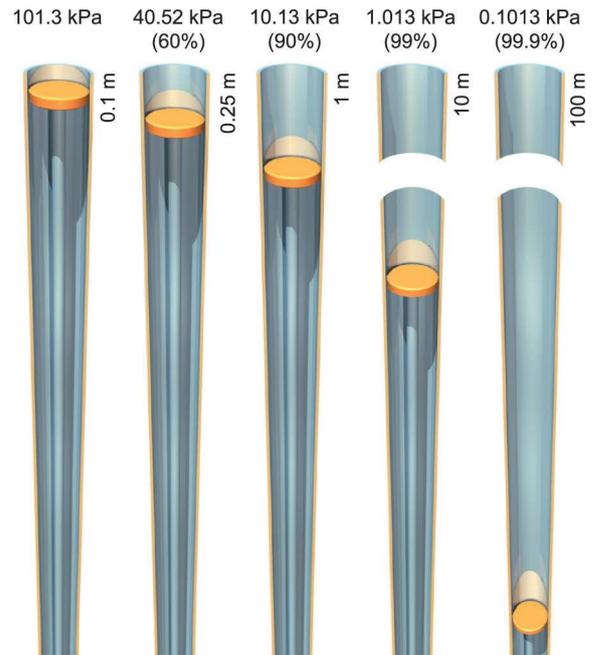
$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

Somit ergibt eine Volumensvergrößerung einen niedrigen Druck.

Wird der Kolben langsam herausgezogen, steigert man das Volumen und der Druck reduziert sich. Der Kolbenweg zeigt den höheren Energiebedarf an. In Wirklichkeit ist die Temperatur nicht konstant, aber bei den für uns aktuellen Vakuumbereichen, ist der Temperatureinfluß nur gering.

## Energiebedarf bei erhöhtem Unterdruck

Nachstehendes Diagramm veranschaulicht den Energiebedarf bei erhöhtem Unterdruck. Wie man sehen kann, steigt der Energiebedarf über 90 -kPa drastisch an und deswegen sollte immer ein Vakuumniveau unter diesem Wert angestrebt werden.



a) Unterdruck -kPa

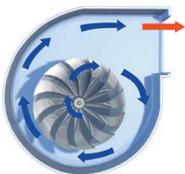
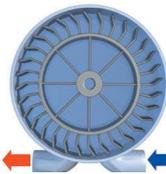
b) Energiefaktor

## Vakuumpumpen

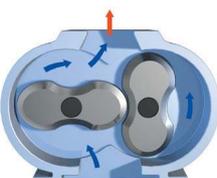
### Mechanische Pumpen

Das Hauptmerkmal aller mechanischen Pumpen ist, daß sie in irgendeiner Weise eine gewisse Menge Luft von der Saugseite (Vakuumseite) zur Auslassseite transportieren und auf diese Weise

einen Unterdruck erzeugen. Mechanische Pumpen verfügen normalerweise über einen Elektromotor als Antriebsquelle. Aber auch Verbrennungsmotoren, hydraulische und druckluftbetriebene Motoren kommen zum Einsatz.

Gebläse		Vorteile	Nachteile
	Zentrifugalgebläse	Wenige bewegliche Teile Große Einsaugmengen Niedriger Energieverbrauch	Niedriges maximales Vakuum Lange Start- und Stopzeiten Hoher Geräuschpegel
	Radialgebläse	Wenige bewegliche Teile Große Einsaugmengen	Niedriges maximales Vakuum Lange Start- und Stopzeiten Hoher Geräuschpegel

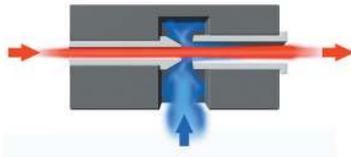
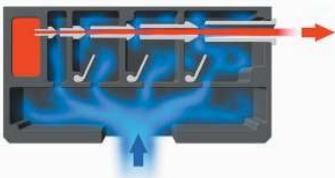
### Verdrängerpumpen

Verdrängerpumpen		Vorteile	Nachteile
	Kolbenpumpe	Relativ niedriger Einkaufspreis	Große Wärmeabgabe Niedriges maximales Vakuum
	Membranpumpe	Wenig bewegliche Teile Kompakt Niedriger Einkaufspreis	Geringe Einsaugmengen
	Flügelzellenpumpe	Hohe Vakuum- und Durchflussmengen Relativ niedriger Geräuschpegel	Schmutzempfindlich Relative hoher Einkaufspreis Großer Wartungsbedarf Große Wärmeabgabe
	Rootspumpen	Hoher Durchfluss Niedriger Wartungsbedarf	Hoher Einkaufspreis Große Wärmeabgabe Hoher Geräuschpegel

## Druckluftbetriebene Ejektorpumpen

Alle Ejektorpumpen werden von Druckgas - normalerweise Druckluft - angetrieben. Die Druckluft wird in die Ejektorpumpe geleitet, wo sie in einer oder mehreren Ejektordüsen expandiert. Hierbei wird die gelagerte Energie (Druck und Wärme) in Bewegungsenergie umgewandelt. Die

Geschwindigkeit des Druckluftstrahles nimmt schnell zu, Druck und Temperatur sinken, wobei dieser Luft mit sich reißt, und Unterdruck auf der Einsaugseite erzeugt. In einigen Fällen können Ejektorpumpen vorzugsweise auch für Blasluft verwendet werden.

Druckluftbetriebene Ejektorpumpen		Vorteile	Nachteile
	Einstufen-Ejektor	Niedriger Einkaufspreis Keine Wärmeabgabe Kompakt	Hoher Geräuschpegel Entweder hoher Durchfluss oder hohes Vakuum
	Mehrstufen- Ejektor	Hoher Wirkungsgrad Relativ niedriger Energieverbrauch Hohe Zuverlässigkeit Geringer Geräuschpegel Keine Wärmeabgabe	
	COAX® Technik	Hoher Wirkungsgrad Niedriger Energieverbrauch Hohe Zuverlässigkeit Niedriger Geräuschpegel Keine Wärmeabgabe Arbeitet auch bei niedrigem Speisedruck Integrierte Funktionen Modulare Bauweise Einfache Installation und einfache Nachrüstung von Funktionen Einfach zu säubern	

## Saugleistung, wie wird sie gemessen?

Um in einem Behälter einen Druck unterhalb des normalen Atmosphärendrucks zu erzeugen, muss ein Teil der Luftmenge mit Hilfe einer Vakuumpumpe abgesaugt werden. Um zum Beispiel ein Vakuumniveau von 50 -kpa zu erreichen, muss die halbe Luftmenge abgesaugt werden. Die von der Vakuumpumpe pro Zeiteinheit abgesaugte Luftmenge wird als Saugleistung bezeichnet und zeigt an wie schnell die Pumpe diese Funktion erfüllen kann.

Bei vielen Herstellern von mechanischen Vakuumpumpen wird die Saugleistung als Saugvolumen der Pumpe bezeichnet. Diesen Strom nennt man "Saugstrom" (Förderstrom, Saugfluss) oder "Volumenstrom". Der Saugstrom entspricht dem Behältervolumen, welches die Anzahl an Drehungen pro Zeiteinheit reguliert. Bei mechanischen Pumpen ist dieser Wert gleich bleibend und es könnte fälschlicherweise angenommen werden, dass die Saugleistung während des ganzen Evakuierungsprozesses unverändert bleibt.

Im Evakuierungsprozess wird die Luft nach jedem Kolbenhub immer dünner und dünner, während die Pumpe das maximale Vakuumniveau erreicht und

die Saugleistung auf null ist. Die Pumpe saugt den gleichen Volumenstrom, die Luftmenge ist aber so dünn im Vergleich zur Luft bei normalem Atmosphärendruck als ob keine Luft vorhanden wäre.

Aufgrund der Veränderung der Luftmenge während des Evakuierungsprozesses wird die Saugleistung in Normliter pro Sekunde (NI/s) angegeben, auch genannt als freier Luftstrom. Dieses Verfahren normalisiert den Strom zu gewöhnlichen atmosphärischen Bedingungen. Da das Vakuum immer tiefer und die Luft immer dünner wird, muss ein höheres gegenwärtiges Volumen versetzt werden um jeden normalen Liter zu evakuieren. Die untenstehende Tabelle zeigt die Leistung einer Pumpe hinsichtlich des Saugstromes (l/s) und dem freien Luftstrom (NI/s). Bei null Vakuum sind die Ströme gleich gross. Das ist, weil die gegenwärtigen Bedingungen eigentlich standardmässige Bedingungen sind. Sobald das Vakuumniveau steigt, weichen die Werte voneinander ab. Bei 50 kpa (50%) Vakuum ist der Saugstrom doppelt so gross wie der freie Luftstrom. Bei tieferem Vakuumniveau ist die Differenz entsprechend grösser.

## Saugstrom kontra freier Luftstrom

Einheiten		Vakuumniveau-kPa									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Saugstrom	l/s	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	m³/h	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
freier Luftstrom	NI/s	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Nm³/h	36	32.4	28.8	25.2	21.6	18	14.4	10.8	7.2	3.6

## Vakuumsysteme

Beim Aufbau von Vakuumsystemen/Hubvorrichtungen stehen mehrere Methoden zur Verfügung, um die Sicherheit und Zuverlässigkeit zu optimieren. Betriebliche und wirtschaftliche Vorteile liegen vor, falls die Anlage einem speziellen Anwendungsbereich zugeschnitten wird. Neben der Wahl von Saugnapfen mit Halterung müssen Ausführung und Größe der Vakuumpumpe wie auch Zubehör, Sicherheitsbereiche und systemart bestimmt werden.

### Dichte Systeme

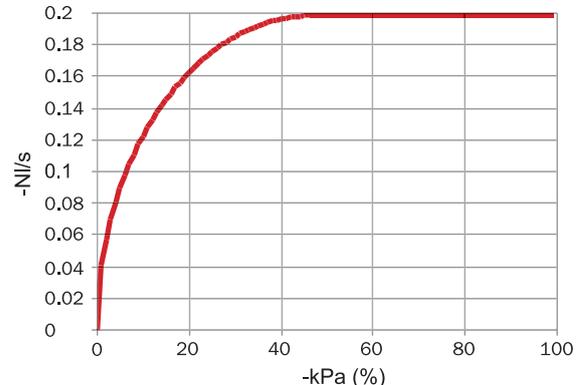
In dichten Systemen (Heben von dichtem Material) ist die Pumpenleistung davon abhängig, wie schnell das System auf ein gewisses Vakuumniveau evakuiert werden soll. Diese Leistung wird als Evakuierungszeit der Pumpe und normalerweise in Sekunden pro Liter (s/l) angegeben. Wird dieser Wert mit dem Volumen des Systems multipliziert, liegt die Evakuierungszeit für das gewünschte Vakuumniveau vor.

### Undichte Systeme

In undichten Systemen (Heben von porösem Material) sehen die Voraussetzungen anders aus. Um das gewünschte Vakuumniveau aufrechtzuerhalten, muss die Pumpe die ständig eintretende Luft abtransportieren können. Die Leckage ist z.B. bedingt durch poröses Material oder erforderliches Anheben über Öffnungen. Durch Bestimmung des Leckflusses kann man anhand der Pumpendiagramme die geeignete Pumpe für die aktuelle Anwendung bestimmen.

Erfolgt die Leckage durch vorhandene Öffnung, kann man die Luftmenge mit Hilfe des nebenstehenden Diagrammwertes bestimmt werden. Das Diagramm enthält Werte des Leckflusses, wenn die Leckagefläche bekannt ist. der Leckfluss gilt für eine Öffnung von 1mm (bei 1013 mbar). Um den Gesamtvolumenstrom zu erhalten, multipliziert man den Wert mit der gesamten Leckagefläche.

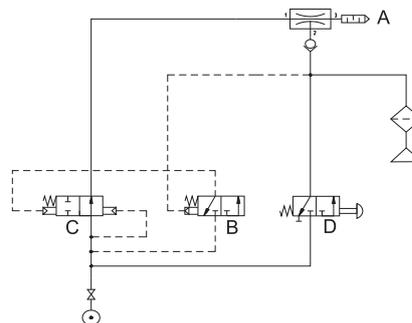
Ist die Porösität unbekannt, kann die Leckluftmenge durch einen Vakuumpumpen-Test festgestellt werden. Die Pumpe wird hierzu an das System angeschlossen und das erreichte Vakuumniveau auf dem Vakuummeter der Pumpe abgelesen (für diese Testmethode sollte das Vakuumniveau mindestens 20 -kPa betragen) aus den Tabellenwerten der Datenblätter der "Auswahlhilfe" ist ersichtlich, welche Luftmenge bei diesem versuch abgesaugt werden, was ungefähr dem Leckfluss entspricht.



Bei 47 -kPa erreicht die Luft Schallgeschwindigkeit. Der Volumenstrom ist folglich konstant.

### Energiesparsysteme

Elektromechanische Vakuumpumpen sind fast immer den ganzen Tag über in Betrieb und der Vakuumbedarf wird von einem Ventil an der Vakuumseite geregelt. In Systemen mit Ejektorpumpen kann oftmals viel Energie gespart werden. Da diese Pumpen über eine schnelle Reaktionszeit verfügen (schnelle start- und Stoppzeiten), kann die Pumpe abgestellt werden, wenn kein Vakuum notwendig ist. Nachstehend zeigen wir das Prinzip eines einfachen Energiesparsystems. Viele Pumpenmodelle können heute mit diesen Energiesparsystemen als Standard geliefert werden.



A = Vakuumpumpe mit Rückschlagventil

B = Vakuumschalter

C = Einlassventil

D = Abblasventil

## Berechnung des Vakuumsystems

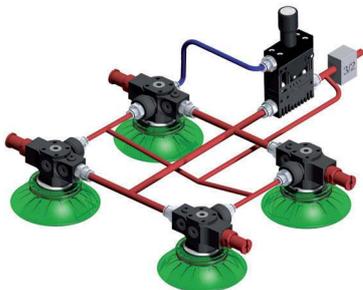
### Allgemeiner Einsatz

Vakuumsysteme für Materialhandhabung können entweder **dezentral** oder **zentral** sein. In einem dezentralisierten Vakuumsystem hat jeder Vakuum-Sauger seine eigene, unabhängige Vakuumquelle. In einem zentralisierten Vakuumsystem werden mehrere Vakuum-Sauger von einer Vakuumquelle versorgt. Die Beispiele für dichte Systeme sind Metallblechhandhabungen, die Beispiele für Anwendungen in porösen Systemen sind Kartonhandhabungen.

### Diese Beispiele wurden mit folgenden Werten kalkuliert:

Erforderliche Saugleistung für die Beispiele des dichten Systems ist 0.7 NI/s pro Saugnapf FC 75P und der entsprechende Wert für das Beispiel im porösen System ist 1.2 NI/s mit dem Vakuum-Sauger BX75P. Für mehr Information über Speisedruck siehe Seiten 20-21. CO<sub>2</sub> Ausstoss, Weltindex 0,019 kg CO<sub>2</sub> pro mproduzierter Druckluft und 0,19 kg CO<sub>2</sub> per kWh. Maschinenlaufzeit in Stunden pro Jahr: 3000.

### Dichtes System/Handling von nicht porösem Material



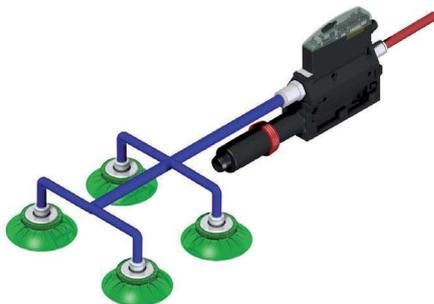
#### Systembeschreibung:

Dezentralisiertes Vakuumsystem mit: Vakuumgreifsystem VGS™3010 mit Vakuum-Sauger FC75P und COAX® Cartridge Xi10 zwei-Stufen Vakuumpumpe mit Rückschlagventil, AQR Schnellbelüftungssystem, und 3/2 on/off Ventil.

**Jährliche Betriebskosten:** 188 €

**Jährlicher CO<sub>2</sub> Ausstoss:** 13 kg

**Energieverbrauch:** 17 kw/h



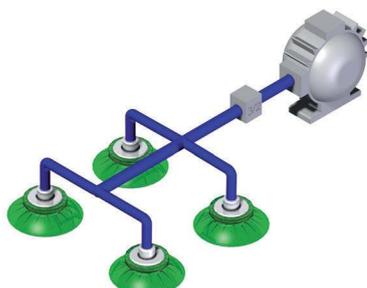
#### Systembeschreibung:

Zentralisiertes Vakuumsystem mit: P5010 mit AVM™ Automatischer energiesparender Funktion, COAX® Cartridge Xi40 drei-Stufen Vakuumpumpe mit Rückschlagventil und Vakuum-Sauger FC75P.

**Jährliche Betriebskosten:** 301 €

**Jährlicher CO<sub>2</sub> Ausstoss:** 171 kg

**Energieverbrauch:** 900 kw/h



#### Systembeschreibung:

Zentralisiertes Vakuumsystem mit: 550 w Elektromechanischer Vakuumpumpe mit Vakuum-Sauger FC75P und Vakuum on/off Ventil:

**Jährliche Betriebskosten:** 722 €

**Jährlicher CO<sub>2</sub> Ausstoss:** 443 kg

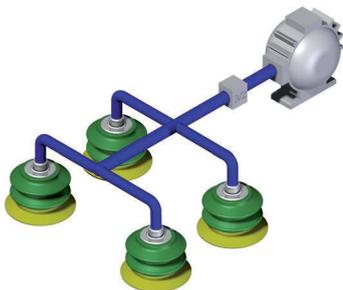
**Energieverbrauch:** 1656 kw/h

- ▶ Elektrische Drehschiebepumpen arbeiten kontinuierlich
- ▶ Energiekosten: 1,5 Euro-Cent per produziertem 1 m<sup>3</sup> Druckluft und 12 Euro-Cent pro KW
- ▶ Jährliche Betriebskosten, inklusiv: Energiekosten, Anschaffungspreis - jährliche Kosten, Wartung und CO<sub>2</sub> Ausstoss Steuern 0,025€ pro kg. Saugnapf ist nicht dabei.
- ▶ Zinsrate: 5%
- ▶ Lebensdauer: 5 Jahre

Rote Rohrleitung = Druckluft

Blaue Rohrleitung = Vakuum

## Undichtiges System/Handling von porösem Material



## Berechnung des CO<sub>2</sub> Ausstosses

Basierend auf der weltweit durchschnittlichen Energieerzeugung bewirkt 1 NI Druckluft 19 mg CO<sub>2</sub> Ausstoss. Um Ihre spezifische CO<sub>2</sub> Emission des relevanten Prozesses auszurechnen, müssen Sie Ihren Luftverbrauch (NI/s) mit 19 multiplizieren. Das Ergebnis ist die CO<sub>2</sub> Emission pro Sekunde für den berechneten Prozess.



### Systembeschreibung:

Dezentralisiertes Vakuumsystem mit: Vakuumbreifsystem VGS™3010 mit Saugnapf BX75P und COAX® Cartridge Si08 drei-Stufen Vakuumpumpe und 3/2 on/off Ventil.

**Jährliche Betriebskosten:** 249 €

**Jährlicher CO<sub>2</sub> Ausstoss:** 145 kg

**Energieverbrauch:** 762 kw/h

### Systembeschreibung:

Zentralisiertes Vakuumsystem mit: P5010 mit COAX® Cartridge Si32 drei-Stufen Vakuumpumpe, Saugnapf BX75P und 3/2 on/off Ventil.

**Jährliche Betriebskosten:** 227 €

**Jährlicher CO<sub>2</sub> Ausstoss:** 203 kg

**Energieverbrauch:** 1067 kw/h

### Systembeschreibung:

Zentrales Vakuumsystem mit 750 W elektromechanischer Vakuumpumpe mit Saugnapf BX75P und Vakuum on/off Ventil.

**Jährliche Betriebskosten:** 808€

**Jährlicher CO<sub>2</sub> Ausstoss:** 429 kg

**Energieverbrauch:** 2258 kw/h

## Optimierte Kontrolle

Ausser die Pumpe dicht an die Saugstelle zu plazieren ist es wichtig, ihr Vakuumsystem mit Steuerungszubehör zu optimieren und zu vervollständigen, welche den Druckluftverbrauch auf die vom System benötigte Menge minimiert. Dadurch haben Sie ein effizientes Vakuumsystem mit minimalem Druckluftverbrauch. Piab hat eine Auswahl an Optimierungskontrolleinheiten und die folgende Aufstellung wird Ihnen helfen, die optimalen Einheiten für Ihr System auszusuchen.

### Regulatoren

Energieeinsparungen können auf vielfältige Weise erreicht werden, aber der einfachste Weg ist, einen Druckregler einzusetzen, der den optimalen Speisedruck der Pumpe kontrolliert.

### AQR - Schnellbelüftungsventil

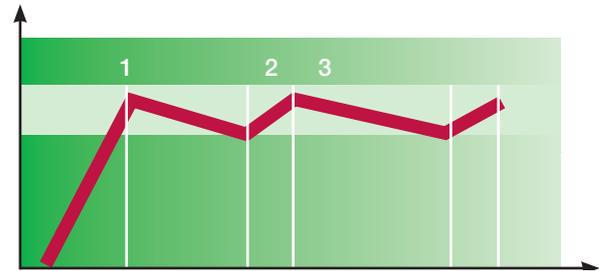
Anstatt Druckluft einzusetzen um Objekte freizusetzen, kann der Einsatz von AQR eine schnelle Freisetzung erreichen. AQR ist ein Ventil, das den Vakuumverschluss, z.B. bei einem Saugnapf, unterbricht, indem es zum Druckausgleich mit der Umgebungsluft führt ohne zusätzliche Druckluft zu verbrauchen.

### PCC - Piab Cruise Control

PPC reguliert automatisch den Speisedruck auf ein vorprogrammiertes Vakuumniveau. Schwankungen im Vakuumdruck, hervorgerufen durch unterschiedliche Produkte oder Wechsel im Zyklus, führt nur dann zum Luftverbrauch, wenn es für die Optimierung des Druckes notwendig ist.

### Vacustat

Wenn dichtes Material gehandhabt wird kann oft die Vakuumpumpe abgeschaltet werden, wenn sie nicht benötigt wird. Der Vacustat ist ein vakuumgesteuertes Ventil, dass die Druckluftzufuhr zur Pumpe unterbricht, sobald das eingestellte Vakuumniveau erreicht wird(1). Bei einer Microleakage im Vakuumsystem sinkt das Vakuumniveau und erreicht nach einiger Zeit das Einschaltniveau des Ventils(2) Dann startet die Pumpe wieder, bis das Ausschaltniveau wieder erreicht ist (3), etc.



### AVM™ - Automatisches Vakuummanagement

So wie der Vacustat schliesst das AVM™ den Zufluss der Druckluft, sobald das vorprogrammierte Vakuumniveau erreicht wird und started wieder , wenn das Einschaltniveau des Ventils erreicht ist. Das AVM™ spart nicht nur Energie, sondern beinhaltet ein umfangreiches Überwachungssystem mit on/off Ventilen und Vakuumschaltern.

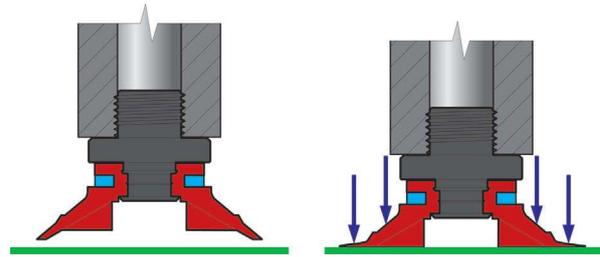
Nehmen Sie mit Piab Kontakt auf um Informationen über unsere Produkte, die Ihre Produktivität erhöhen und Energieeinsparungen möglich machen, zu erhalten.

## Saugnäpfe

### Wie funktioniert ein Saugnapf?

Ein Saugnapf haftet an einer Fläche, da der Umgebungsdruck (atmosphärischer Druck) höher ist als der Druck zwischen Saugnapf und der Fläche. Zur Erzeugung des niedrigen Drucks wird der Saugnapf an eine Vakuumpumpe angeschlossen. Je niedriger der Druck ist (höherer Unterdruck), desto größer ist die auf den Saugnapf einwirkende Kraft.

$$\Delta p = P_{AT} - P_1$$



### Vorteile und Einschränkungen von Saugnapfen

Bei der Materialhandhabung mit Saugnapfen handelt es sich um eine einfache, preiswerte und betriebssichere Technik. Folglich sollte diese Lösung in erster Linie erwägt werden, bevor man komplizierte Methoden wählt. Mit Saugnapfen

kann man unterschiedliche Gegenstände mit einem Gewicht von wenigen Gramm bis zu mehreren Hundert von Kilogramm heben, transportieren und festhalten.

Vorteile	Einschränkungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Einfache Installation</li> <li>Geringer Wartungsbedarf</li> <li>Niedriger Einkaufspreis</li> <li>Beschädigt nicht die Oberfläche des gehandelten Materials</li> <li>Schnelle Montage und Demontage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Begrenzte Haltekräfte (Atmosphärischer Druck)</li> <li>Positioniergenauigkeit</li> </ul>

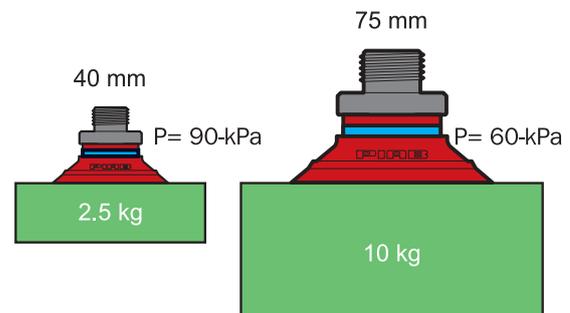
### Dimensionierung von Saugnapfen

Saugnapfe haben unterschiedlichen Kapazitäten abhängig vom Design. Die Werte des jeweiligen Saugnapfes finden Sie in den Tabellen.

heben kann, kann z.B. in 100 m Höhe nur noch 89 kg anheben. Normalerweise ist ein Vakuummeter mit dem atmosphärischen Druck als Referenzwert kalibriert. Das bedeutet, daß das Meßgerät das anliegende Vakuumniveau in verschiedenen Höhen anzeigt.

### Energiebedarf bei unterschiedlichen Vakuumbereichen

Bei einem tiefen Vakuum wird der Saugnapf mehr belastet und der Verschleiß ist höher. Außerdem steigt der Energiebedarf steil an. Bei einer Erhöhung des Vakuumniveaus von 60 -kPa auf 90 -kPa, steigt die Kraft um das 1.5 fache, während sich der Energiebedarf um den Faktor 10 erhöht. Es ist besser, den niedrigen Vakuumwert beizubehalten und den Querschnitt des Saugnapfes zu vergrößern. Als guter Richtungsanzeiger kann das Vakuumniveau von 60 -kPa gelten; der Vakuumaufbau geht relativ schnell und der Energiebedarf ist gering. der Saugnapf sitzt sicher gegen die zu hebende Fläche.



### Wichtig - Die Höhe über dem Meeresspiegel

Der atmosphärische Druck nimmt mit zunehmender Höhe ab. das bedeutet auch, daß sich die zugängliche Kraft im gleichen Maße reduziert. Ein Vakuumhebergerät, das in Meereshöhe 100 kg

### Hubkraft in verschiedenen Richtungen

Saugnapfe können auch eingesetzt werden, falls die Kraft rechtwinklig oder parallel zur Saugfläche hin wirkt. Wirkt sie parallel zur Fläche, wird sie durch die Reibung zwischen Saugnapf und Saugfläche übertragen. In diesem Fall eignet sich ein Saugnapf mit innenliegenden Abstützrippen am Besten, da dieser starr ausgelegt ist und eine hohe Reibung gewährleistet.

## Gewindesysteme

### ISO-Gewinde:

- ▶ Zylindrisches metrisches Gewinde ist mit dem Buchstaben "M" gekennzeichnet, z.B.: M5.
- ▶ Zylindrisches Zollgewinde (auch "vereinheitlichtes Gewinde"): gekennzeichnet mit "UNF", z.B.: 10-32UNF.

### Selbstdichtendes Gewinde (Rohrgewinde nach US-Standard):

Die selbstdichtende Gewindevorrichtung setzt sich aus zylindrischen und konischen Rohrgewinden zusammen. Die Gewinde weisen einen Profilwinkel von 60° auf und sind ohne Packung oder Dichtungsringe angeordnet (bei Verwendung in anderen Gewindesystemkombinationen ist die "Dichtung" nicht anwendbar). Die Dimensionen sind in Zoll angegeben. Im PIAB-Katalog werden die Kennungen NPT und NPSF verwendet:

- ▶ NPT für konische Gewinde (z. B. 1/8" NPT),
- ▶ NPSF für zylindrische Gewinde (z. B. 1/8" NPSF).

### BSB-Gewinde (British Standard Pipe):

- ▶ Die Gewinde weisen einen Profilwinkel von 55° auf, die Dimensionen sind in Zoll angegeben.
- ▶ Zylindrische Gewinde sind mit dem Buchstaben "G" gekennzeichnet, z. B.: G1/8".

### Kompatibilität verschiedener Gewindesysteme

Bitte beachten Sie, dass manche Gewindegrößen nicht in alle Gewindesysteme passen. Vergleichen Sie die nachfolgende Tabelle.

	M5	M5	G1/8"	G1/8"	G1/4"	G1/4"	G3/8"	G3/8"	G1/2"	G1/2"	G3/4"	G3/4"	G1"	G1"	G2"	G2"
	AG*	IG**	AG*	IG**	AG*	IG**	AG*	IG**	AG*	IG**	AG*	IG**	AG*	IG**	AG*	IG**
10-32UNF IG oder AG	+	+++														
NPSF1/8" IG			+++													
NPT1/8" IG oder AG			-	+												
NPSF1/4" IG					+											
NPT1/4" IG oder AG					-	-										
NPSF3/8" IG							-									
NPT3/8" IG oder AG							-	-								
NPSF1/2" IG									+							
NPT1/2" IG oder AG									-	+++						
NPSF3/4" IG											+					
NPT3/4" IG oder AG											-	+++				
NPT1" IG oder AG													-	-		
NPT2" IG oder AG															-	-

+++ passt

+ passt mit kurzem Gewinde

- passt nicht

\* AG=Aussengewinde

\*\*IG=Innengewinde

## Tabellen

Im täglichen Sprachgebrauch werden unterschiedliche Größen und Einheiten für Druck wie auch für Volumenstrom angewandt. Es ist deshalb wichtig, daß man sich über die Definition einig ist.

### Druck

$$P = F/A \text{ (Kraft/Fläche)}$$

SI-Einheit (Système International d'Unités): Pascal (Pa). 1 Pa = 1 N/m<sup>2</sup>.

Gewöhnliche Einheiten für Druck: MPa und kPa.

Pa (N/m <sup>2</sup> )	bar	kp/cm <sup>2</sup>	torr	psi (lb/in <sup>2</sup> )
1	0.00001	10.1972x10	7.50062x10	0.145038x10
100 000	1	1.01972	750.062	14.5038
98 066.5	0.980665	1	735.559	14.2233
133.322	1.33322x10	1.35951x10	1	19.3368x10
6 894.76	68.9476x10	0.145038x10	51.7149	1

Tabelle Nr. 1

1 torr = 1 mm HG bei 0 °C

1 mm Wassersäule = 9.81 Pa

### Überdruck

kPa	bar	psi	kp/cm <sup>2</sup>
1,013	10.13	146.9	10.3
1,000	10	145	10.2
900	9	130.5	9.2
800	8	116	8.2
700	7	101.5	7.1
600	6	87	6.1
500	5	72.5	5.1
400	4	58	4.1
300	3	43.5	3.1
200	2	29	2
100	1	14.5	1
0	0	0	0

Tabelle Nr. 2

### Unterdruck

	kPa	mbar	torr	-kpa	-mmHg	-inHg	% Vakuum
Meeresspiegel	101.3	1,013	760	0	0	0	0
	90	900	675	10	75	3	10
	80	800	600	20	150	6	20
	70	700	525	30	225	9	30
	60	600	450	40	300	12	40
	50	500	375	50	375	15	50
	40	400	300	60	450	18	70
	30	300	225	70	525	21	70
	20	200	150	80	600	24	80
	10	100	75	90	675	27	90
Absolutes Vakuum	0	0	0	101.3	760	30	100

Tabelle Nr. 3

## Veränderung des atmosphärischen Drucks mit der Höhe über dem Meeresspiegel

Ein Vakuummeter wird mit normalen atmosphärischen Druck in Meereshöhe als Referenz kalibriert. - 1013.25 mbar - und vom umgebenden atmosphärischen Druck gemäß folgender Tabelle beeinflusst. Das Vakuummeter zeigt den Differenzdruck zwischen atmosphärischen und absolutem Druck an. Das Messgerät zeigt deshalb das in verschiedenen Höhen anliegende Vakuumniveau an.

### Atmosphärischer Druck

mmHg	mbar	Barometerstand Höhe in m über Meeresspiegel*	Vakuummeter-Wert bei 1013.25 mbar (760 mmHg)				
			60 -kPa	75 -kPa	85 -kPa	90 -kPa	99 -kPa
593	790.6	2,000	37.7	52.7	62.7	67.7	76.7
671	894.6	1,000	48.1	63.1	73.1	78.1	87.1
690	919.9	778	50.7	65.7	75.7	80.7	89.7
700	933.3	655	52.0	67.0	77.0	82.0	91.0
710	946.6	545	53.3	68.3	78.3	83.3	92.3
720	959.9	467	54.7	69.7	79.7	84.7	93.7
730	973.3	275	56.0	71.0	81.0	86.0	95.0
740	986.6	200	57.3	72.3	82.3	87.3	96.3
750	999.9	111	58.7	73.7	83.7	88.7	97.7
760	1,013.25	0	60.0	75.0	85.0	90.0	99.0

Tabell Nr. 4

\*) bei Atmosphärendruck

### Volumenstrom

Durchfluss, Menge pro Zeiteinheit. Größenbezeichnungen: qv: Q/t (Menge/Zeit)

SI-Einheit: Kubikmeter pro Sekunde (m³/s).

Allgemeine Einheiten: l/min, l/s, m³/h

m³/s	m³/h	l/min	l/s	ft/min (cfm) *
1	3,600	60,000	1,000	2,118.9
0.28x10	1	16.6667	0.2778	0.5885
16.67x10	0.06	1	0.0167	0.035
1x10	3.6	60	1	2.1189
0.472x10	1.6992	28.32	0.4720	1

Tabell Nr. 5 \*) 1 ft = 0,305 m

### Leckagen

Untenstehende Tabelle zeigt den Leckfluss bei verschiedenen Vakuumniveaus und bei einer Öffnung von 1 mm².

Vakuumniveau -kPa	Leckfluss l/s und mm
10	0.11
20	0.17
30	0.18
40	0.2 *

Tabell Nr. 6 \*) Ab ca. 47 to 100 -kPa ist der Leckfluss konstant.

### Der Druckabfall in Druckluftleitungen

Bei der Installation von Druckluftleitungen ist zu beachten, daß deren Größe (Durchmesser) und Länge keinen zu großen Druckabfall bewirkt. Die Anschlußgrößen der Piab Vakuumpumpen sind auf empfohlene Schlauchgrößen bei ca. 2 m Schlauchlänge abgestimmt. Falls der Druckabfall kontrolliert werden muss, kann die untenstehende mathematische Formel verwendet werden.

$$\Delta P = \frac{1,6 \times 10^{12} \times qv^{1,85} \times L}{d^5 \times P1}$$

$$\Delta d = \left( \frac{1,6 \times 10^{12} \times qv^{1,85} \times L}{\Delta P \times P1} \right)^{0,2}$$

Δ P = Druckabfall in kPa

qv = Volumenstrom in m/s

d = Innendurchmesser in mm

L = Leitungslänge in m

P1 = Ausgangsdruck absolut in kPa

## Anwendungen und Lösungen



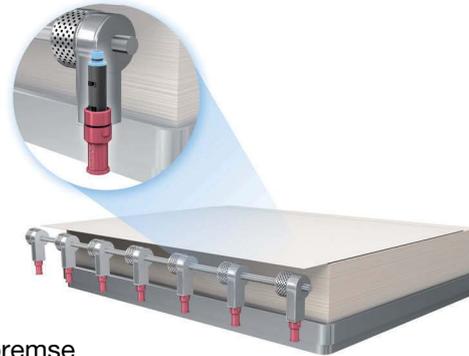
Spritzzgießen



Pick-and-Place



Reifen geformt unter Vakuum



Bogenbremse



Übertragung von Presse zu Presse

