

## Druckluftherzeugung für Industrie, Handwerk und Gewerbe

### Welche Kompressorbaarten gibt es?

In der Praxis findet man vorwiegend Kolben-, Schrauben-, und Turbokompressoren. Darüber hinaus gibt es Membran-, Vielzellen-, Spiral-, Drehzahn- und Drehkolbenkompressoren.

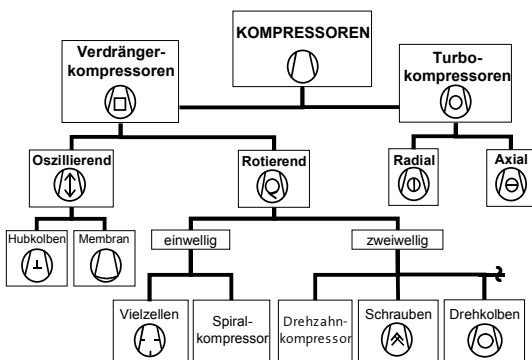


Abb. 1: Verdichterbaarten

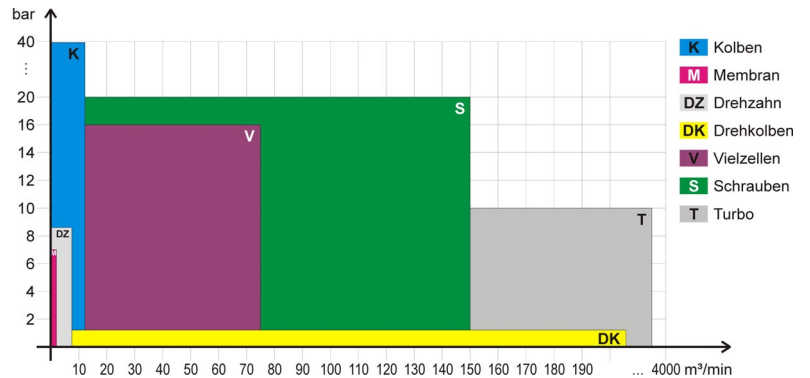


Abb. 2: Leistungspotenziale von Verdichterbaarten

### Verdichtungsprinzip

#### Kolbenkompressoren

Hubkolbenkompressoren arbeiten nach dem Verdrängungsprinzip. Der Kolben saugt während des Abwärtshubes Luft aus der Atmosphäre über das Saugventil an. Zu Beginn des Aufwärtshubes schließt das Saugventil. Die Luft wird über das Druckventil



# Druckluft

# Fakten

ausgestoßen. Kolbenkompressoren sind mehrzylindrig (hohe Liefermengen) oder mehrstufig (hohe Drücke).

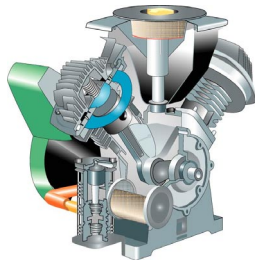
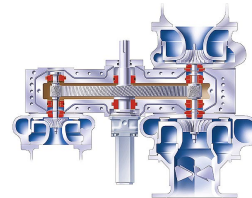


Abb. 3: Kolbenkompressor



Turbolaufrad



dreistufiger Zentrifugal-kompressor

Abb. 5: Turbolaufrad und Zentrifugalkompressor

## Schraubenkompressoren

Schraubenkompressoren arbeiten nach dem Verdrängungsprinzip. Zwei parallele, mit unterschiedlichem Profil versehene Drehkolben, arbeiten gegenläufig in einem Gehäuse. Schraubenkompressoren gibt es bis zu Antriebsleistungen von 1000 kW. Der Antrieb erfolgt über Getriebe, Keilriemen oder direkt.

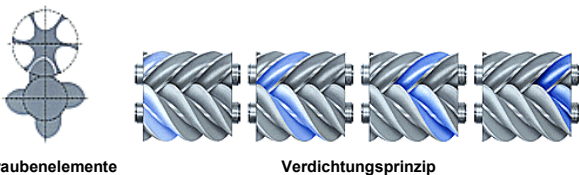


Abb. 4: Schraubenelemente und Verdichtungsprinzip

Einspritzgekühlte Schraubenkompressoren verdichten einstufig bis auf 15 bar und zweistufig bis auf 20 bar Höchstdruck. Ölfrei verdichtende Schraubenkompressoren arbeiten einstufig bis 3 bar und zweistufig mit Zwischenkühlung bis 10,5 bar. Damit bei ölfrei verdichtenden Schraubenkompressoren Haupt- und Nebenläufer sich nicht berühren, werden beide über ein Synchrongetriebe angetrieben.

## Turbokompressoren

Turbokompressoren sind dynamische Verdichter, bei denen mit Schaufeln versehene Laufräder das zu verdichtende Gas beschleunigen.

Feststehende Leitapparate an den Schaufeln wandeln Geschwindigkeitsenergie in Druckenergie um. Turbokompressoren verdichten ölfrei meist bei großen Fördermengen. Sie verdichten einstufig bis 2 bar, zweistufig bis 7 bar. Die Verdichtung ist bis zu 20 Stufen möglich.

## Druckbereiche von Schraubenkompressoren

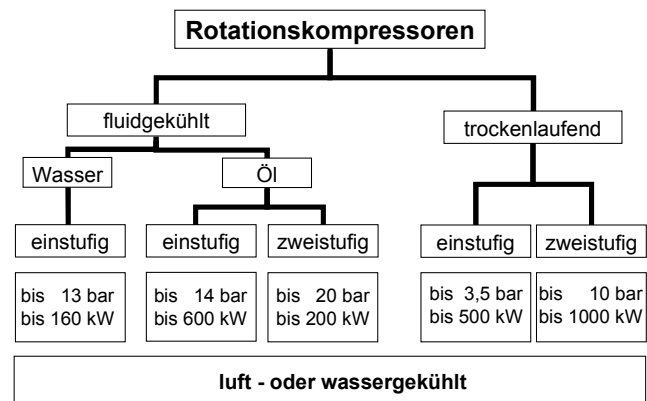


Abb. 6: Druckbereiche von Schraubenkompressoren

## Leistungsmessung ISO 1217 Anhang C

Leistungsmessungen für Schraubenkompressoren werden nach ISO 1217 Anhang A beschrieben. Anhang B beschreibt die Leistungsmessungen der Verdichterstufen, während Anhang C für die kompletten Schraubenkompressor-Anlagen anzuwenden ist.

## Volumenstrom

Der Volumenstrom (Liefermenge) der Kompressoren wird nach der vorgegebenen Messmethode bei Höchstdruck am Druckluftaustritt der Gesamtanlage gemessen und auf die Ansaugbedingungen zurückgerechnet.

Ansaugbedingungen:

Ansaugtemperatur	+20 °C
Ansaugdruck	1 bar
Relative Luftfeuchtigkeit	0 %
Kühlwassertemperatur	+20 °C

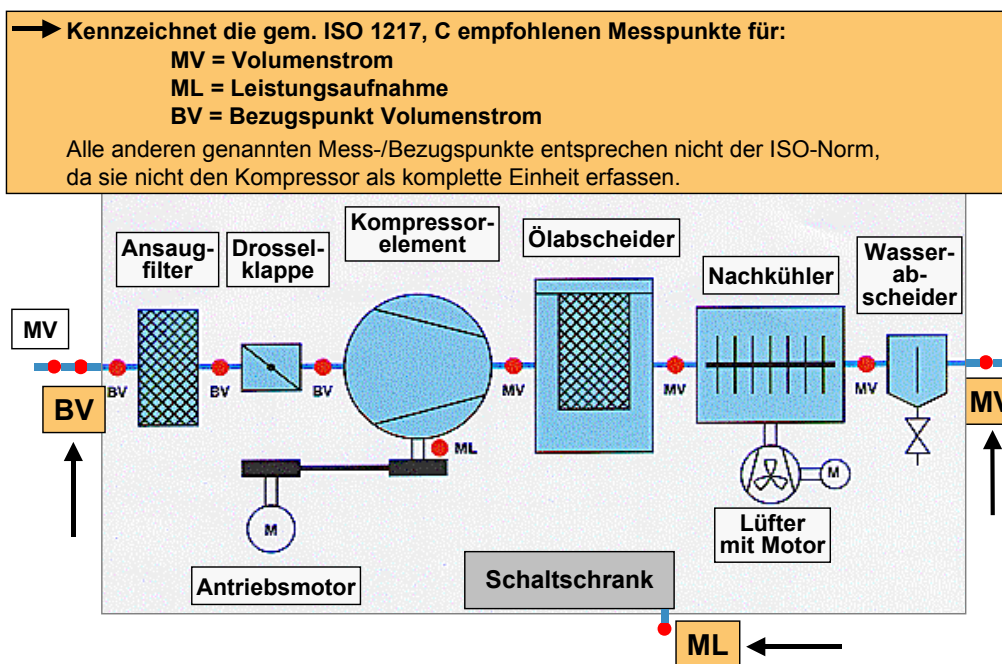


Abb. 7: Leistungsmessung nach ISO 1217

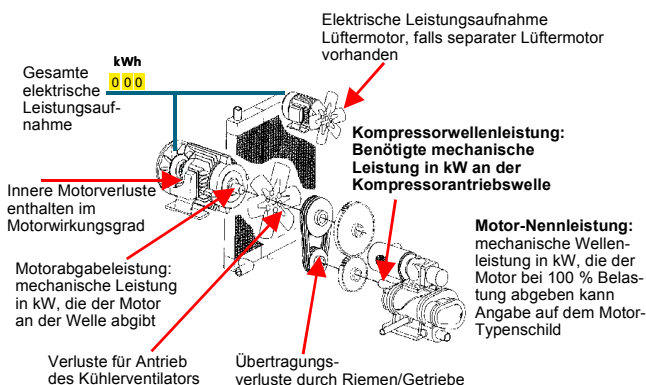


Abb. 8: Kraft- und Leistungsfluss bei Kompressoren

### Leistungsaufnahme

Unter der elektrischen Leistungsaufnahme ist die gesamte Leistungsaufnahme aller Motoren (Antriebs- und Lüftermotor) aus dem elektrischen Leitungsnetz zu verstehen.

### Spezifischer Leistungsbedarf

Bei den Normen zur Leistungsmessung ist festgehalten, welche Toleranzen der spezifische Leistungsbedarf (elektrische Leistungsaufnahme dividiert durch Liefermenge) haben darf.

ISO 1217: 1996 (PN2 CPT)			
Volumenstrom bei angegebenen Bedingungen	Volumenstrom	Spezifische Leistungsaufnahme	Leistungsaufnahme im Leerlauf*)
unter 0,5 m <sup>3</sup> /min	+/- 7 %	+/- 8 %	+/- 20 %
0,5 – 1,5 m <sup>3</sup> /min	+/- 6 %	+/- 7 %	+/- 20 %
1,5 – 15 m <sup>3</sup> /min	+/- 5 %	+/- 6 %	+/- 20 %
über 15 m <sup>3</sup> /min	+/- 4 %	+/- 5 %	+/- 20 %

Die o. g. Toleranzen enthalten die Herstellungstoleranzen des Kompressors inkl. der Messtoleranzen für die bei der Abnahme gemessenen Werte.  
 \*) falls vom Hersteller angegeben

Tab. 1: Spezifischer Leistungsbedarf nach ISO 1217

### Kompressorräume und Kompressor-aufstellung (VDMA 4363)

Die beim Verdichten erzeugte Wärme – und das ist fast alle Energie, die dem Kompressor aus dem elektrischen Leitungsnetz zugeführt wird – muss wieder abgeführt werden. Die zulässigen Temperaturen im Kompressorraum sind im VDMA-Einheitsblatt 4363 festgehalten. Sie liegen zwischen +5 °C und +40 °C. Ist die Temperatur zu niedrig, dann besteht die Gefahr des Einfrierens der Kompressor-Sicherheitsorgane. Ist die Temperatur zu hoch, dann kann es zu Problemen bei der Überlastung von Bauteilen kommen.

Abhängig von den örtlichen Gegebenheiten können Kompressoren bis ca. 250 kW Antriebsleistung in luftgekühlter Ausführung eingesetzt werden. Besteht

keine Möglichkeit der Wärmeabfuhr durch zu hohe Kühlluftmengen, dann ist die Wärme durch Kühlwasser abzuführen. Die Betriebskosten der wassergekühlten Kompressoren liegen ca. 30 % über denen der luftgekühlten.

## Belüftung von Kompressorräumen

### Unterstützte Konvektion (mit Ventilator, ohne Kanäle)

- geringe Investitionskosten
- geringer technischer Aufwand
- automatische Raumluft erwärmung im Winter

#### Zu beachten:

- nur bei kleinen/mittleren Kompressorleistungen anwendbar
- Raumwärmerhöhung um  $\Delta t = 5-10$  K, daher erhöhte Ventilationsluftmenge erforderlich
- Gefahr bei warmer Ansaugluft.

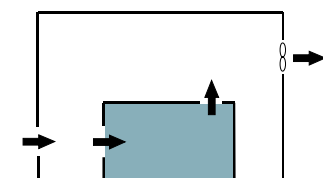


Abb. 9: Natürliche Be- und Entlüftung bei kleinen Antriebsleistungen

### Entlüftung über Abluftkanal

- mittlerer Investitionsaufwand
- mittlerer technischer Aufwand
- Kühllufterwärmung um  $\Delta t = 25$  K, daher geringe Ventilationsluftmenge erforderlich
- nur geringe Erwärmung des Kompressorraums
- Umluftklappe ermöglicht Heizen
- Schallreduzierung.

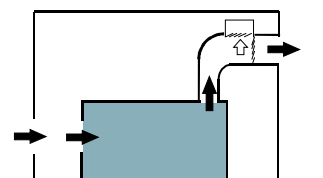


Abb. 10: Kanalisierte Ablufführung bei größeren Kompressoren

## Luftkühlung

Die einfachste Art der Wärmeabfuhr geschieht mittels Kühlluft. Nun muss die kalte Kühlluft dem Kompressor zu- und die erwärmte Kühlluft vom Kompressor wieder abgeführt werden. Dazu ist die ausreichende Menge vom Anwender zur Verfügung zu stellen. Die Kühlluft kann jeweils durch freie Öffnungen zugeführt und wieder abgeführt werden. Reicht diese natürliche Be- und Entlüftung, die vorwiegend bei kleinen Kompressoren Anwendung findet, nicht aus, dann muss entweder die Zu- oder die Ablufführung durch einen Ventilator unterstützt werden. Reicht das auch noch nicht aus, dann sind Zu- und/oder Abluft über einen Kanal zu führen. Bei langen Kanälen ist zur Überbrückung von Druckverlusten im Kanal ein Zusatzventilator anzubringen. Besondere Steuerungen lassen im Winter einen Mischluftbetrieb zu. Über eine Jalousieklappe wird dabei aus dem Kompressorraum warme Luft mit der von außen angesaugten kalten Luft vermischt. Das Zuführen von Kühlluft über Kanäle von außen ist auch dann zu bevorzugen, wenn im

Kompressorraum selbst keine saubere Kühlluft zur Verfügung steht.

## Wasserkühlung

Bei großen abzuführenden Wärmemengen, das heißt bei großen Kompressoren oder bei der Aufstellung mehrerer Kompressoren in einem Raum, ist die erforderliche Kühlluftmenge oft nicht problemlos bereitzustellen. Dann müssen die Maschinen mit Wasser gekühlt werden. Voraussetzung ist natürlich, dass beim Betreiber Kühlwasser vorhanden ist. Frischwasser scheidet von vorn herein wegen der hohen Kosten aus. An offene oder geschlossene Kühlwasserkreisläufe können Kompressoren problemlos angeschlossen werden. Vor der Entscheidung für die Wasserkühlung muss sicher gestellt sein, dass der Kühler der Kompressoren auch für die Qualität des Kühlwassers ausgelegt ist. Aggressives Kühlwasser benötigt Kühler mit resistenten Materialien.

Ein weiterer Punkt wird gern vergessen: Trotz Wasserkühlung muss die im Kompressor von einzelnen Bauteilen abgestrahlte Wärme auch noch abgeführt werden. Dafür wird eine, wenn auch relativ kleine, Kühlluftmenge benötigt.

## Wärmerückgewinnung

### Raumheizung

Die wirtschaftlichste Art der Wärmerückgewinnung ist die Ausnutzung der Verdichterwärme für die Raumheizung. Voraussetzung hierfür ist ein luftgekühlter Kompressor, über den die Kühlluft gezielt hinweggeführt wird. Wirtschaftlich ist diese Art der Wärmerückgewinnung deshalb, weil alle Wärme, auch die abgestrahlte Wärme im Kompressor, ausgenutzt wird. Die erwärmte Kühlluft muss über ein Kanalsystem weitergeführt werden. Dabei ist zu beachten, dass möglichst kurze Wege eingehalten werden. Denn erstens bedeuten lange Wege Druckverluste im Kanal, die wiederum nur durch einen Zusatzventilator zu kompensieren sind und zweitens treten bei langer Verweilzeit der Kühlluft im Kanal Wärmeverluste auf. Eine Alternative wären isolierte Kanäle, die aber auch höhere Investitionskosten bedeuten.

Zu beachten ist, dass bei der Amortisationszeit der Wärmerückgewinnung durch Raumheizung natürlich nur die Wintermonate herangezogen werden können. Im Sommer wird die Abwärme über eine Weiche im Kanal nach außen geführt.

### Heizungswassererwärmung

Bei Schraubenkompressoren mit Öleinspritzung führt das Öl ca. 72 % der zugeführten elektrischen Energie ab. Diese Energie kann zurückgewonnen werden.

Dabei spielt es keine Rolle, ob der Schraubenkompressor luft- oder wassergekühlt ist. Zur Wärmerückgewinnung wird das Öl über einen Wärmeaustauscher geführt, der Heizungswasser um 50 K bis zu 70 °C erwärmen kann. Der Wärmeaustauscher ist in der Regel ein Plattenwärmeaustauscher, der eine sehr hohe Wärmeausnutzung zulässt, platzsparend untergebracht werden kann und eben diese hohen Wassertemperaturen ermöglicht.

Zu beachten ist hierbei, dass natürlich nur dann Heizungswasser erwärmt wird, wenn der Kompressor im Lastbetrieb arbeitet. Da nicht immer Lastbetrieb ansteht und somit auch nicht immer warmes Wasser abgegeben wird, kann die Heizungswassererwärmung durch Wärmerückgewinnung nur zur Unterstützung des Heizungskreislaufs dienen. Die Amortisation der Wärmerückgewinnung bei diesem Einsatzfall ist deshalb nur in den Wintermonaten möglich.

### Brauchwassererwärmung

Bei den Plattenwärmeaustauschern der Heizungswassererwärmung kann es bei schadhafte Platten zu einem Durchbruch kommen, so dass sich Wasser und Öl vermischen. Damit nun kein mit Öl verschmutztes Wasser in den Abfluss gelangen kann, wird bei der Brauchwassererwärmung ein Sicherheitswärmeaustauscher eingesetzt. Zwischen der Öl- und der Wasserseite ist eine Trägerflüssigkeit, deren

Druck sich bei einem Öldurchbruch ändert. Über einen Druckschalter wird ein Signal zum Ausschalten des Systems gegeben. Bei diesem System kann Brauchwasser um ca. 35 K auf ca. 55 °C erwärmt werden. Im Gegensatz zur Erwärmung von Heizungswasser ist eine Amortisation uneingeschränkt über das ganze Jahr möglich.

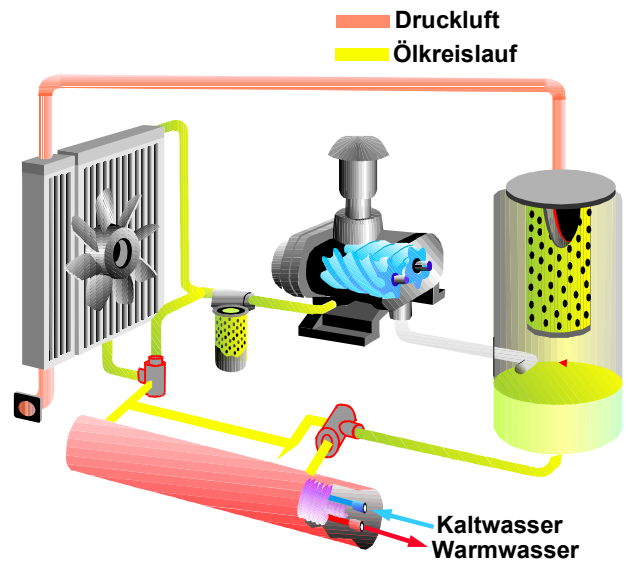


Abb. 12: Brauchwassererwärmung eines öleinspritzgekühlten Kompressors



Die Kampagne „Druckluft effizient“ hat zum Ziel, die Betreiber von Druckluftanlagen zur Optimierung ihrer Systeme zu motivieren und dabei erhebliche Kosten einzusparen. Sie wird von der **Deutschen Energie-Agentur (dena)**, dem **Fraunhofer-Institut Systemtechnik und Innovationsforschung** (Fraunhofer ISI, Gesamtprojektleitung) und dem **Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA)** mit Unterstützung des Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) und den folgenden Industrieunternehmen durchgeführt.

- |                     |                           |                              |
|---------------------|---------------------------|------------------------------|
| Atlas-Copco         | BEKO Technologies         | BOGE Kompressoren            |
| domnick-hunter      | Energieagentur NRW        | Gardner Denver Wittig        |
| GASEX               | Gebr. Becker              | Ingersoll-Rand               |
| Kaesar Kompressoren | Legris – TRANSAIR         | METAPIPE                     |
| Schneider Druckluft | systemplan, Karlsruhe     | Thyssen Schulte – MULTIPLAST |
| ultra air           | ultrafilter International | ZANDER Aufbereitungstechnik  |

Weitere Informationen finden Sie unter [www.druckluft-effizient.de](http://www.druckluft-effizient.de)