

Leitfaden Druckluft



www.agre.at

GRUNDLAGEN DER DRUCKLUFTTECHNIK

DIE DRUCKLUFT
FÜR IMMER.
SEIT 1919.



Ein Unternehmen der Atlas Copco Gruppe.



Einleitung

Leitfaden Druckluft

Der Leitfaden Druckluft soll für ein besseres Verständnis des Themas Luft sorgen. Für unsere Branche ist mit Luft namentlich Druckluft gemeint. Im Leitfaden Druckluft finden Sie alles, was Sie über Druckluft und die meisten ihrer Einsatzbereiche wissen müssen. Das kann vom Entwurf eines Systems bis zur Suche nach Informationen über die Arbeitsweise eines Kompressors reichen.

Der Leitfaden Druckluft ist so gestaltet, dass Sie sich als Kunde bei Ihrem Kauf sicher sein können und alle notwendigen Informationen zum Optimieren Ihres Systems finden. Ferner kann der Leitfaden Druckluft auch als Lehrmaterial dienen. Der Leitfaden Druckluft ist in lehrreicher und unterhaltender Form verfasst und richtet sich an Firmeninhaber, Vertriebsteam sowie Teams für unterstützende Funktionen und Wartung – er bietet für jeden etwas.

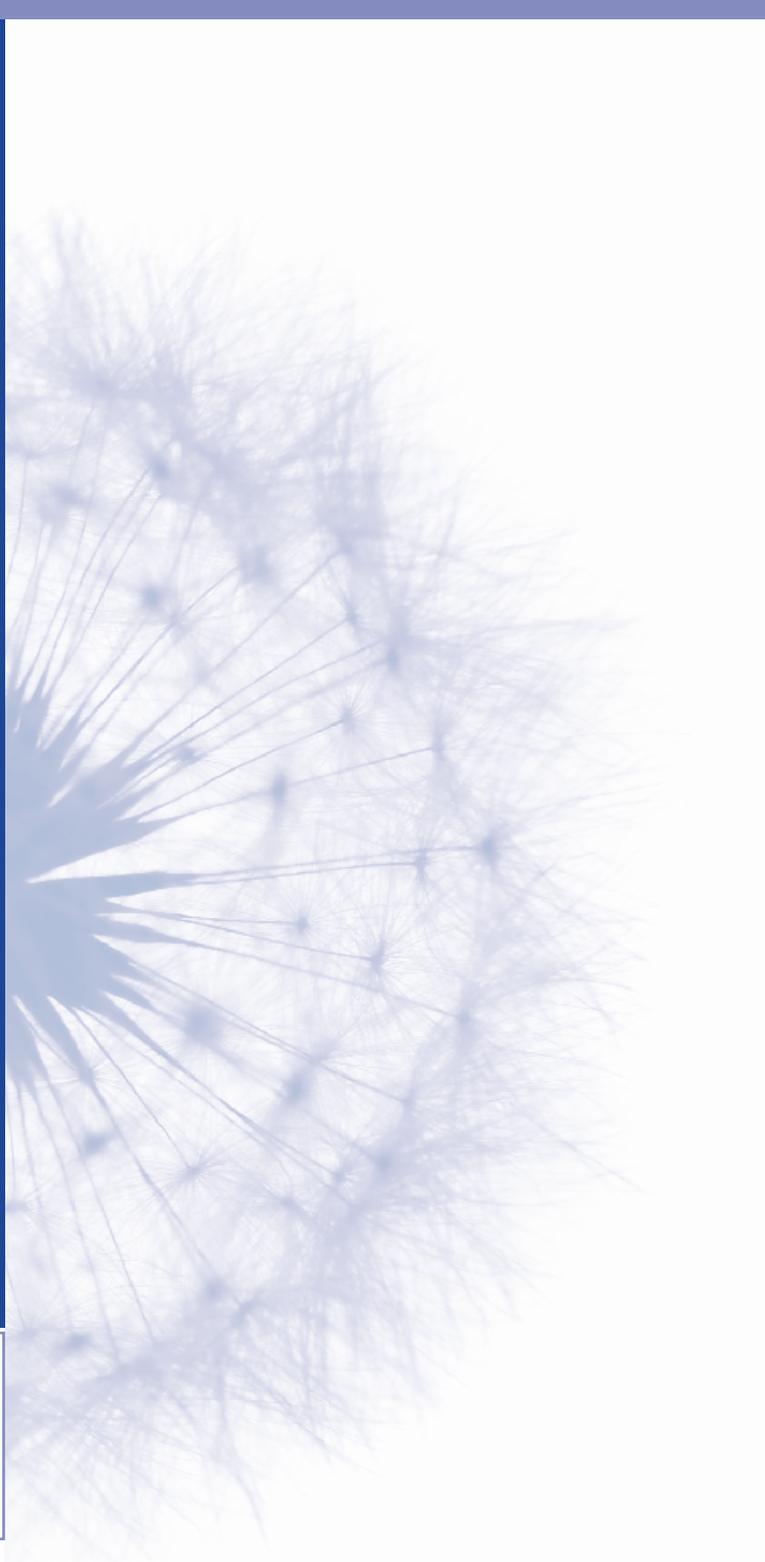
Viel Spaß mit dem Leitfaden Druckluft!

**DIE DRUCKLUFT
FÜR IMMER.
SEIT 1919.**

Ein Unternehmen der Atlas Copco Gruppe.



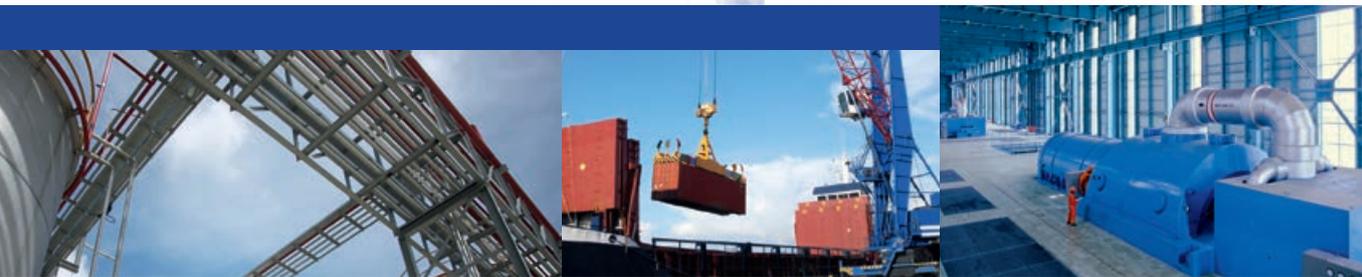
kompressoren



Inhalt

1 Verdichten von Luft	4	5 Trocknen von Druckluft	20
Über Luft	5	Drucklufttrockner	21
Über Druckluft	5		
Woraus besteht Druckluft?	6	6 Filtern von Druckluft	22
Maßeinheiten	6	Druckluftfilter	23
Was passiert, wenn Luft verdichtet wird?	7		
Druckluft als Energieträger	7	7 Technische Informationen	24
2 Auswahl des Systems	8	Druckluftbudget	25
Kompressorsystem	9	Beispiele für Druckluftverbrauch	27
Wahl des Kompressorsystems	10	gängiger Maschinen	27
Empfehlungen - die Wahl des Kompressorsystems	11	Wie viel Kondensat produziert das	28
		Kompressorsystem?	28
3 Kolbenkompressor	12	Klassifizierung der Druckluftqualität	28
Der Kolbenkompressor	13	Luftfeuchtigkeit	29
		Druckluftstrom durch Leitungen und Düsen	29
4 Schraubenkompressoren	14	Belüftungsbedarf / Wärmerückgewinnung	31
Der Schraubenkompressor	15	Elektromotoren, allgemeine Informationen	32
Frequenzgesteuerte Kompressoren	16	Umrechnungsfaktoren	34
Beispiele für mögliche Einsparungen	17	Häufig gestellte Fragen: Kolbenkompressoren	35
Einsparungen im Überblick	18	Häufig gestellte Fragen: Schraubenkompressoren	36
Wärmerückgewinnungssystem	18	Häufig gestellte Fragen: Qualitätsdruckluftlösungen	38
Rückgewinnung von Wärme aus der Abluft	19		

1 Verdichten von Luft

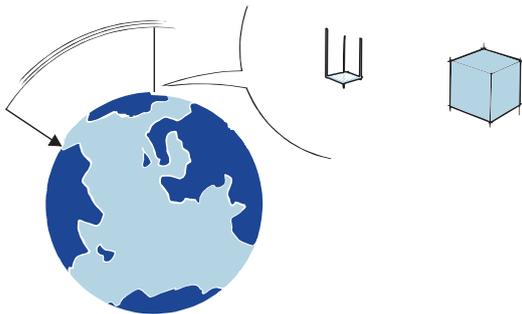
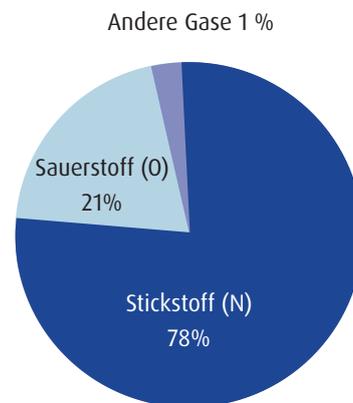


Was passiert im Einzelnen, wenn wir Luft verdichten? Wie funktioniert ein Kompressor? Welchen Kompressortyp brauche ich? Der Leitfaden Druckluft gibt Antworten auf solche Fragen. Er erklärt auch Begriffe und Ausdrücke, die im Zusammenhang mit dem Verdichten von Luft vorkommen. Zudem erhalten Sie einen Einblick in das Zusammenspiel der verschiedenen Teile eines Kompressorsystems, das Ihre Maschinen und Werkzeuge mit Druckluft versorgt.

Über Luft

Das Leben auf der Erde ist auf die Gashülle angewiesen, die unseren Erdball als Atmosphäre umgibt. Diese schützende Hülle erstreckt sich ca. 1.000 km weit in den Weltraum. Was wir gemeinhin Luft nennen, ist ein Gasgemisch, das vor allem aus Stickstoff, Sauerstoff und einer größeren oder kleineren Menge Wasserdampf besteht. Die Luft enthält außerdem geringe Mengen an Edelgasen und leider auch eine Menge Verunreinigungen in Form von Kohlenwasserstoffen, die der Mensch produziert.

Die Zusammensetzung der Luft bleibt bis in rund drei Kilometer Höhe im Großen und Ganzen unverändert.



Über atmosphärischen Druck

An der Erdoberfläche hat die Luft ein Gewicht von ca. $1,2 \text{ kg/m}^3$. Das bedeutet: Auf die Erdoberfläche und alle Gegenstände auf ihr wirkt ein Druck, den man als Luftdruck oder atmosphärischen Druck bezeichnet.

Dieser Druck entspricht dem Gewicht einer Luftsäule mit einer Grundfläche von 1 cm^2 und 1.000 km Höhe, d. h. von der Erdoberfläche bis zum oberen Bereich der Atmosphäre.

Der Luftdruck nimmt mit zunehmender Höhe ab. Er halbiert sich ungefähr alle 5 km, deshalb sagt man auch, dass „die Luft dünner wird“.

Über Druckluft

Anders als Flüssigkeiten lässt sich Luft verdichten, d. h. eine gegebene Luftmenge kann zusammengepresst werden. Das Ergebnis ist ein erhöhter Druck im neuen Volumen.

Die Verdichtung findet in einer Maschine mit einer Energiequelle (einem Kompressor) statt. In seiner einfachsten Form kann ein Kompressor eine Fußballpumpe mit einer Person als „Energiequelle“ sein.

Luft wird in die Pumpe gesaugt und auf etwa ein Viertel ihres ursprünglichen Volumens verdichtet. Der Luftdruck im Fußball steigt dadurch bis auf das Vierfache des atmosphärischen Drucks an. Wir haben den Ball mit Luft gefüllt.



Der absolute atmosphärische Druck beträgt ca. 100 kPa.

Der Luftdruck in einem Fußball kann auf unterschiedliche Weise angegeben werden:

- als das Vierfache des absoluten atmosphärischen Drucks, 400 kPa(a),
- als Überdruck, 300 kPa(ü) oder
- als 300 kPa (zu verstehen als Überdruck).

(Siehe den Kasten unten)

Maßeinheit

Atmosphärischer Druck

Im internationalen Einheitensystem ist Pa (Pascal) die Grundeinheit für Druck.

Da 1 Pascal in Bezug auf Druckluft ein sehr niedriger Druckwert ist, verwenden wir normalerweise die Einheit:

kPa (1 Kilopascal = 1000 Pa)

oder

MPa (1 Megapascal = 1000 kPa)

Der allgemeine Luftdruck an der Erdoberfläche kann in unterschiedlicher Weise mit mehr oder weniger derselben Bedeutung angegeben werden:

1 atm (atmosphär.) = 1 kp/cm² (Kilopond/cm²)

100 kPa (Kilopascal) = 1 bar

Druckluft

Der Druck von Druckluft wird normalerweise als Überdruck angegeben, d. h. als Druck über dem normalen atmosphärischen Druck. Meist wird dies implizit vorausgesetzt, manchmal wird aber aus Gründen der Klarheit (e), kPa(e) bzw. (ü), kPa(ü) angegeben.

Der Betriebsdruck eines Kompressors wird generell als Überdruck angegeben.

Die Kapazität des Kompressors

Die Kapazität eines Kompressors, d. h. die Menge an Druckluft, die pro Zeiteinheit geliefert werden kann, angegeben in:

l/min (Liter/min), l/s (Liter/Sekunde) oder m³/min (Kubikmeter/Minute).

Kapazität bezieht sich auf Luft, die auf den atmosphärischen Druck ausgedehnt ist.

Ein (N) vor dem Gerät (z. B. (N) l/s) steht für „normal“ und bedeutet, dass die Volumenangabe für einen bestimmten Umgebungsdruck und eine bestimmte Temperatur gilt. In der Praxis entspricht (N) l/s meist l/s.



Woraus besteht Druckluft?

Die vom Kompressor erzeugte Druckluft enthält natürlich dieselben Bestandteile wie die angesaugte Umgebungsluft. Auch der Wasserdampf in der Luft wird verdichtet, deshalb ist die Druckluft feucht.

Druckluft aus einem ölgeschmierten Kompressor enthält geringe Ölmengen aus dem Schmiersystem des Kompressors.

Welche Verunreinigung zulässig ist, hängt vom Einsatzbereich der Druckluft ab. Oft muss die Qualität der Druckluft durch Trocknen (Senken der Feuchtigkeit) und Filtern (Entfernen von Öl und Partikeln) verbessert werden.

Die Qualität von Druckluft kann nach einem internationalen System in verschiedenen Klassen definiert werden (siehe die technischen Informationen auf Seite 28).

Was passiert, wenn Luft verdichtet wird?

Wärme

Die dem Kompressor zugeführte Energie wird beim Verdichtungsprozess unabhängig vom Kompressortyp vollständig in Wärme umgewandelt. Die insgesamt erzeugte Wärme ist somit immer gleich der Eingangsleistung.

Ein vergleichsweise kleiner Kompressor mit 3 kW Motorleistung erzeugt folglich so viel Wärme wie eine Sauna! Zum Verbessern der Wirtschaftlichkeit eines Kompressorsystems kann diese Wärme durch lokale Beheizung zurückgewonnen werden.

Damit es nicht zu einer Überhitzung kommt, muss die Kühlung des Kompressors korrekt ausgelegt werden. Zur Kühlung wird meistens Luft und in bestimmten Fällen Wasser verwendet.

Wasserdampf

Nach dem Verdichten und einer gewissen Abkühlung ist die Druckluft mit Wasserdampf gesättigt und hat eine relative Feuchtigkeit von 100 %. Wenn die Druckluft durch die Kühlung des Druckluftsystems strömt, kondensiert dieser Dampf zu Wasser. Die Temperatur, bei der dies geschieht, wird als Taupunkt bezeichnet.

Dann finden wir Kondensat in den Luftbehältern, Wassertanks und Leitungen. Die Kondensatmenge hängt von vier Faktoren ab:

- 1) der Menge an Wasserdampf in der Umgebungsluft
- 2) der Menge an verdichteter Luft
- 3) dem Temperaturabfall der Druckluft nach dem Verdichten und
- 4) dem Druck der Druckluft.

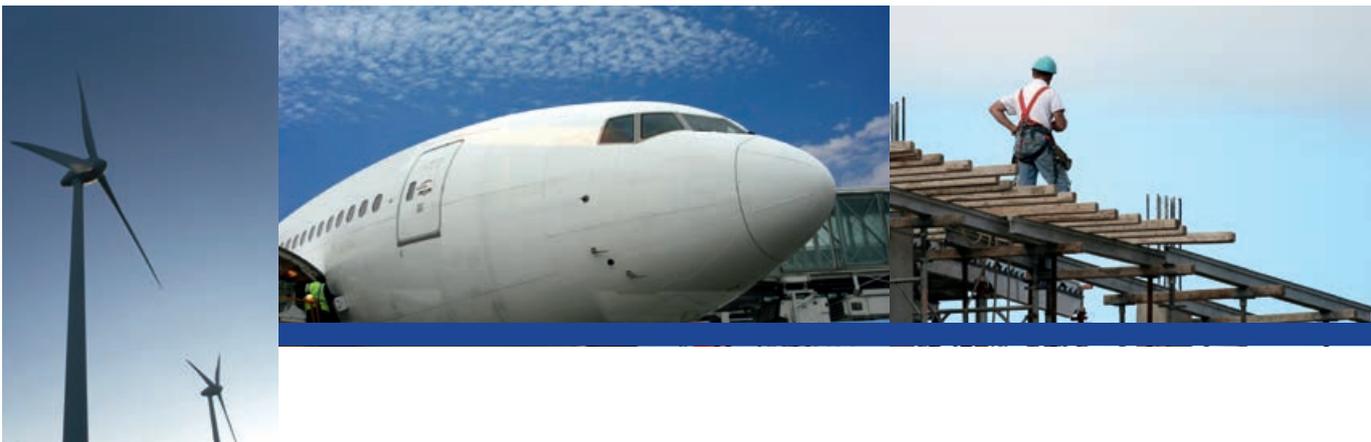
Druckluft als Energieträger

Das Gewinnen von Energie aus Druckluft ist in vielerlei Hinsicht vorteilhaft. Zum einen ist Druckluft als Energiequelle sauber und unschädlich, zum anderen ist sie für vielfältige Aufgaben einsetzbar, etwa zum Antrieb von Werkzeugen, für Kolben zum Bewegen von Material, oder zum Kühlen.

Zum Betrieb eines Kompressors wird ein externer Antrieb benötigt, normalerweise ein Elektro- oder Verbrennungsmotor. Welche Leistung zum Verdichten von Luft auf ein bestimmtes Volumen und einen bestimmten Druck theoretisch erforderlich ist, steht physikalisch fest und kann nicht geändert werden.

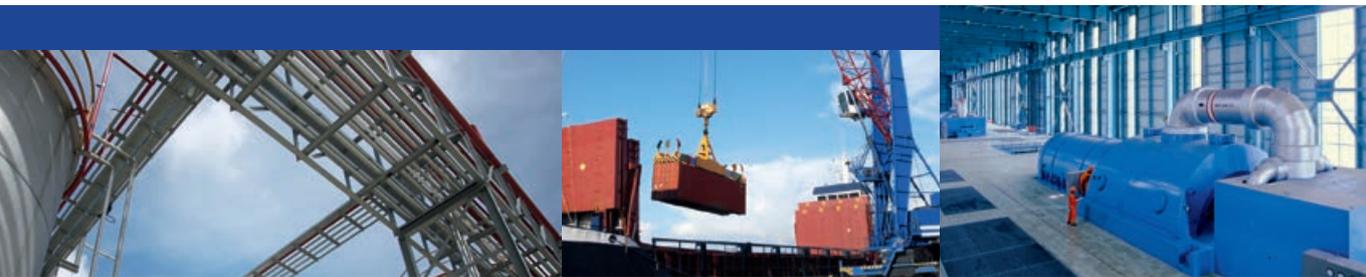
Beim Verdichten kommt es zu einem gewissen Leistungsverlust, der einen Einfluss auf den Leistungsbedarf des Systems hat. Zur Sprache kommt deshalb der spezifische Leistungsbedarf eines Kompressors, d. h. die tatsächlich erforderliche Leistung zum Verdichten eines gegebenen Luftvolumens auf einen bestimmten Druck plus Leistungsverlust im Kompressor.

Zum Verdichten auf 700 kPa in einem modernen Industriekompressor ist normalerweise eine Leistung von ungefähr $6,5 \text{ kW/m}^3/\text{min}$ erforderlich. Eine Zu- oder Abnahme des Drucks um 1 bar entspricht einem ca. 7 % niedrigeren Leistungsbedarf.





2 Auswahl des Systems

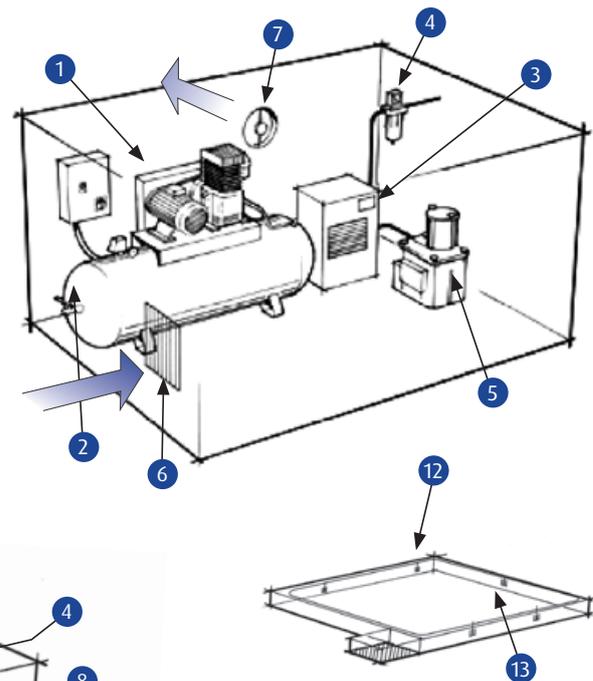


In diesem Leitfaden Druckluft werden zwei Haupttypen von Kompressoren unterschieden: Kolbenkompressoren und Schraubenkompressoren. Ein vollständiges Druckluftsystem, das heutigen Anforderungen an Wirtschaftlichkeit, Zugänglichkeit und Umweltschutz genügt, besteht aus den folgenden Elementen.

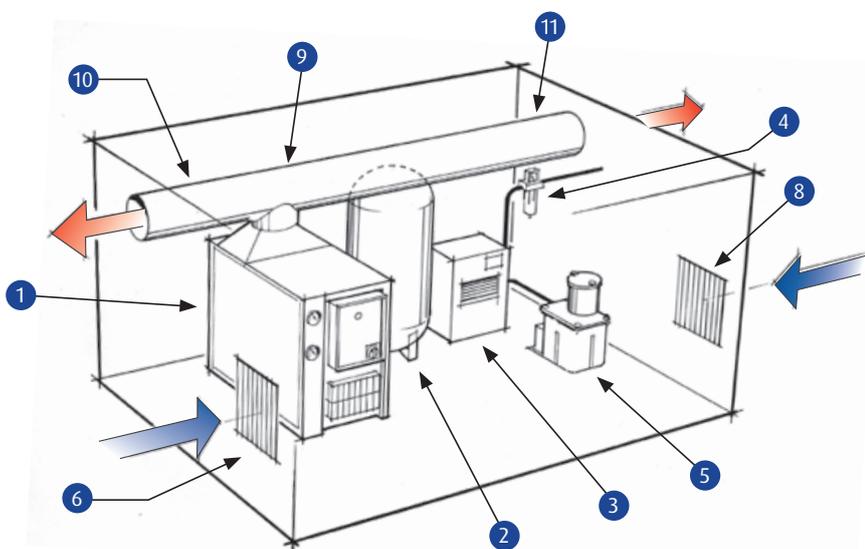
Kompressorsystem

- 1 **KOMPRESSOR:** mit mindestens 0,5 m Freiraum rundum aufgestellt. Vor der Schalttafel muss ein Freiraum von mindestens 1 m vorhanden sein.
- 2 **DRUCKLUFTBEHÄLTER:** mit Armaturen und automatischem Entwässerungsventil. In der Regel muss ein Luftbehälter nach dem Gesetz von einer autorisierten Stelle geprüft werden, bevor er verwendet werden kann.
- 3 **KÄLTE-/ADSORPTIONSTROCKNER:** kondensationsfreie Luft zum Einsatz in Innenräumen. Zur einfachen Wartung mit einem Absperrventil und einer Bypassleitung angeschlossen.
- 4 **ÖLABSCHEIDEFILTER:** sorgt durch Entfernen von Restöl aus der Druckluft für technisch ölfreie Druckluft.
- 5 **KONDENSATAUFBEREITUNGSSYSTEM:** schützt die Umwelt vor Ölkondensat aus dem Kompressor, Luftbehälter, Kältetrockner und Filter.
- 6 **KÜHLLUFT-EINLASS:** Luftventil zur Verdichtungskammer.
- 7 **LUFTAUSLASS:** der Abluftventilator, der mit einem Thermostaten in Abhängigkeit von der Temperatur im Kompressorraum gesteuert wird.
- 8 **KÜHLLUFT-EINLASS:** Luftventil zur Verdichtungskammer.
- 9 **ANSCHLUSS:** die Abluft des Kompressors.
- 10 **ABLUFTKAMMER:** mit Dämpfer zur Belüftung im Sommer.
- 11 **ABLUFTKAMMER:** mit Dämpfer zur Wärmerückgewinnung. Wenn die Trommellänge größer als 3 m ist, wird ein Hilfsventilator benötigt.
- 12 **UMLAUFENDE LEITUNGEN:** Druckluftverteilung im Raum.
- 13 **FILTERREGLER/SCHMIERER (FRL-SYSTEM):** entfernt Partikel aus der Luft, hält den Druck konstant und erzeugt saubere Druckluft mit Nebelschmierung für das Druckluftwerkzeug.

System mit Kolbenkompressor



System mit Schraubenkompressor



Wahl des Kompressorsystems

Zur Auswahl des richtigen Kompressortyps und der zugehörigen Anlagenelemente müssen wir bestimmte Dinge wissen oder herausfinden. Eine genaue Beurteilung der tatsächlichen Anforderungen gewährleistet, dass das gewählte System mit Blick auf Kapazität und Budget optimal genutzt wird.

Grundlegende Anforderungen

Folgende Faktoren sind beim Entwurf eines Kompressorsystems entscheidend:

- Welche Menge an Druckluft wird für die Aufgabe benötigt?
- In welchem Betriebszyklus wird die Druckluft verwendet?
- Welche Wasserqualität, welcher Öl- und Partikelgehalt der Druckluft ist für die Hilfssysteme erforderlich?
- Welchen Betriebsdruck brauchen die Maschinen?

Menge

Der Druckluftverbrauch lässt sich anhand von Erfahrungen aus der Vergangenheit abschätzen. Diese Methode ist unsicher und verlangt viel Erfahrung auf Seiten des Beurteilenden.

Eine weitere Möglichkeit ist das Messen der Leistungsaufnahme der vorhandenen Kompressoren. Diese Vorgehensweise eignet sich gut für die Erweiterung eines bestehenden Systems.

Eine dritte Methode ist das Messen des Druckluftverbrauchs der angeschlossenen Maschinen und Werkzeuge. Für ein genaues Ergebnis sollte die Betriebsdauer und der Arbeitszyklus beim Verbrauch in der Beurteilung berücksichtigt werden.

Betriebsdruck

Der Kompressor wird auf das Gerät abgestimmt, das den höchsten Betriebsdruck braucht. Druckluftwerkzeuge in der Industrie sind oft für einen Betriebsdruck von 600 kPa ausgelegt.

Der Kompressor erzeugt normalerweise einen etwas höheren Druck, um den Druckabfall in Drucklufttrocknern, -filtern und -leitungen auszugleichen.

Im Beispiel oben wäre 7 bar ein geeigneter Betriebsdruck für den Kompressor.

Betriebszyklus

Wird rund um die Uhr ständig Druckluft gebraucht? Schwankt der Verbrauch im Laufe des Arbeitstags? Brauchen spezielle Geräte kurzzeitig einen starken Ausstoß von Druckluft?

Qualität

Der Verwendungszweck der Druckluft entscheidet, welche Mengen an Partikeln, Ölrückständen und Wasser zulässig sind.



Empfehlungen - die Wahl des Kompressorsystems

Druckluftbedarf

Diskontinuierlicher Betrieb: (eine Schicht, max. 4 Stunden/Tag)

Druckluftmenge 50-800 l/min
 Betriebsdruck 100-800 kPa
 Betriebsdruck 700-3.000 kPa



Kompressor

Einstufiger Kolbenkompressor (mit Luftbehältern)

Mehrstufiger Kolbenkompressor (mit Luftbehältern)

(Einschichtbetrieb)

Druckluftmenge 100 l/min, elektrisch mehr
 Betriebsdruck 500-1.300 kPa



Schraubenkompressor mit Druckluftbehältern

Dauerbetrieb:

Kapazität 100 l/min und mehr
 Betriebsdruck 500-1.300 kPa

Qualitätsanforderungen

Betriebsluft für Pneumatikwerkzeuge in beheizten Räumen.

Sonderausstattung



Kältetrockner

Arbeitsluft in unbeheizten Räumen oder Leitungen im Freien. Betriebsluft für Feinmechanik und Elektronik: Taupunkt bis -70 °C



Adsorptionstrockner

Bei Einsatz des Trockners als Nachfilter. Bei Einsatz eines Adsorptionstrockners und Einsatz von Vorfiltern. Für Spritzlackierung, Strahlbehandlung und Reinigung.



Ölabscheidfilter

Atemluft (mit Kälte- oder Adsorptionstrocknern). Laborluft.

Druckluftleitungsfilter (Partikelfilter + Aktivkohlefilter)

Betriebsluft für Feinmechanik und Elektronik.

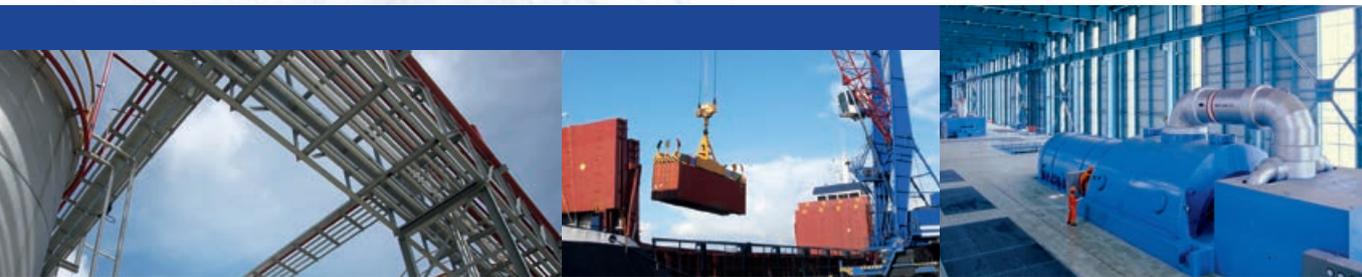


Kondensataufbereitungssystem

Öliges Kondensat darf nicht in die Kanalisation abgelassen werden.

Für einen sauberen Kompressor und eine gesunde Umwelt.

3 Kolbenkompressoren



Ein Kolbenkompressor besteht aus einem oder mehreren Zylindern mit Kolben, angetrieben von einem Motor. Die Luft wird in den Zylinder gesaugt und in einem oder mehreren Schritten auf den Betriebsdruck verdichtet. Nach dem Verdichten strömt die Druckluft durch den Nachkühler zum Druckluftbehälter.

4 Schraubenkompressoren



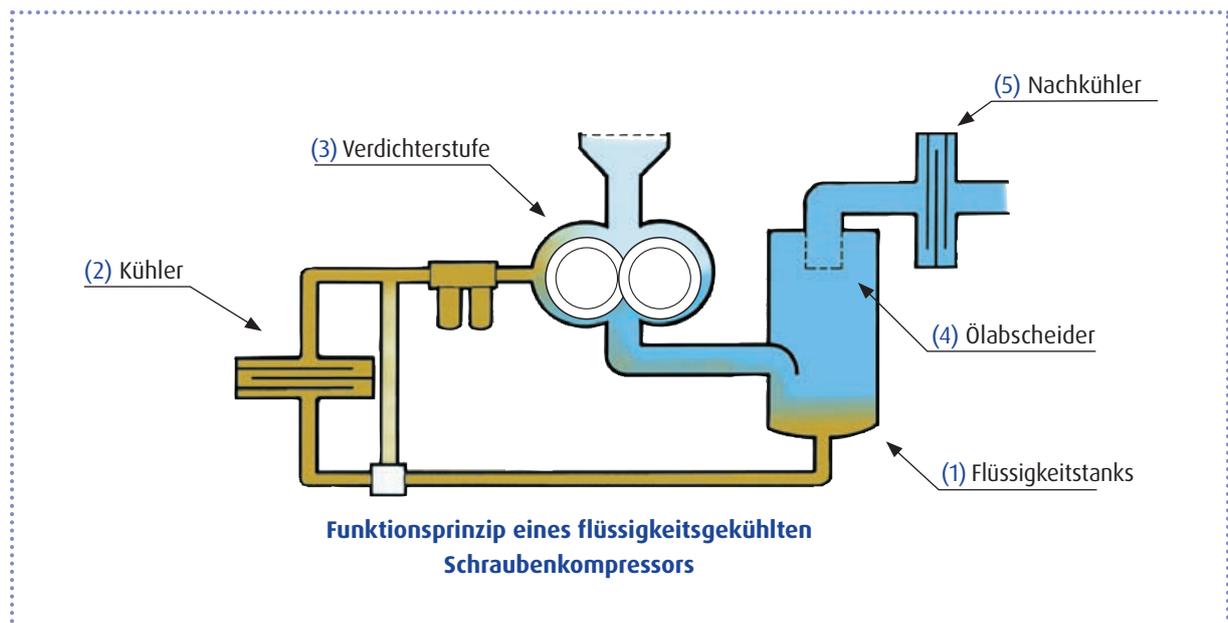
Der Schraubenkompressor verdichtet die Luft zwischen zwei rotierenden Schrauben, die einander gegenüberliegend angeordnet sind. Diese Schrauben bilden zusammen mit dem umgebenden Kompressorgehäuse den Schraubenantrieb. Ein Schraubenkompressor arbeitet meist nach zwei Prinzipien: Flüssigkeitskühlung oder Trocknung. Beide Ausführungen gibt es als ein- und zweistufige Modelle.

Der Schraubenkompressor

Flüssigkeitsgekühlte Schraubenkompressoren

In einem Schraubenkompressor mit Flüssigkeitskühlung wird die Druckluft mit einer Kühlflüssigkeit in der Verdichtungskammer zwischen den Schrauben gekühlt. Das Kühlmittel (meist Öl) zirkuliert in einem geschlossenen Kreislauf zwischen (1) Flüssigkeitstanks, (2) Nachkühler und (3) Verdichterstufe gemischt mit Luft vor dem Verdichten. Die Betriebstemperatur des Kompressors wird deshalb unabhängig von Last und Druck auf rund 80 °C gehalten.

Unmittelbar nach dem Verdichten wird das Kühlmittel zunächst im (1) Flüssigkeitstank und (4) Ölabscheider von der Druckluft getrennt. Die Druckluft strömt dann durch einen (5) Nachkühler und anschließend zum Druckluftbehälter.



Einsatzbereiche

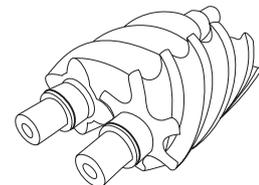
Der Schraubenkompressor ist für Intervall- und Dauerbetrieb geeignet. Die Wirtschaftlichkeit ist im Dauerbetrieb mit hoher Last (bis 100 %) optimal. Mit moderner Technik (z. B. Drehzahlregelung) kann der Energieverbrauch des Schraubenkompressors bei geringem oder schwankendem Luftbedarf im Vergleich zu früheren Methoden deutlich gesenkt werden.

Flüssigkeitsgekühlte Schraubenkompressoren in einstufiger Ausführung dominieren heute die Industrie, wenn Betriebsdrücke bis 1300 kPa und Kapazitäten bis ca. 30 m³/min erforderlich sind.

Trocken laufende Schraubenkompressoren

Der trockene oder „ölfrei verdichtende“ Schraubenkompressor verdichtet Luft ohne Kühlung der Verdichtungskammer. Die Betriebstemperatur des Kompressors steigt deshalb auf ca. 200 °C, sogar bei einem Betriebsdruck von 3 bar.

Für einen normalen industriellen Luftdruck (rund 7 bar) muss der trocken laufende Schraubenkompressor deshalb die Luft in zwei Stufen verdichten und die Druckluft zwischen den Verdichtungsstufen kühlen.



Frequenzgesteuerte Kompressoren

Das Sparwunder für Ihr Portemonnaie und die Umwelt

Der Kauf eines neuen Kompressors ist für große wie kleine Unternehmen eine erhebliche Investition. Tatsächlich ist der Investitionsaufwand für einen Kompressor jedoch sehr niedrig, zieht man die Lebensdauer eines Kompressors in Betracht. Rund 75 % der Gesamtkosten sind Strom- bzw. Energiekosten. Wenn Sie eine Investition in einen neuen Kompressor beabsichtigen, versuchen wir, diese Kosten zu minimieren.

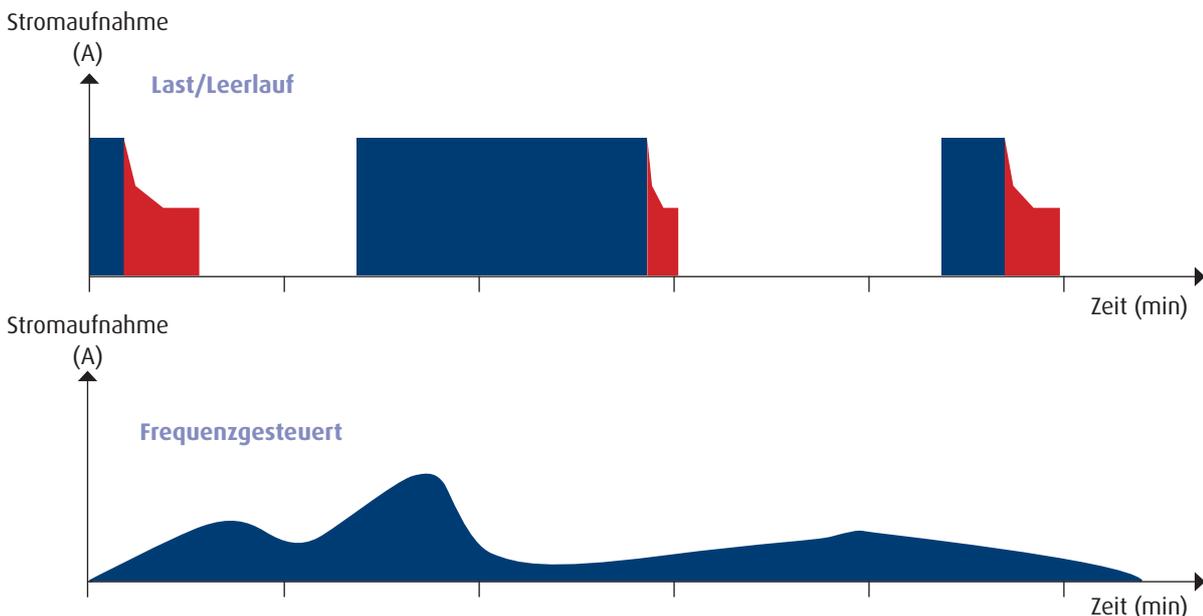
Dieses Kapitel beschreibt, wie sich durch Minimieren des Stromverbrauchs intelligent Geld sparen lässt. Ein einfacher erster Schritt ist die Wahl der richtigen Maschine für die jeweilige Aufgabe. Vielfach entscheiden Unternehmen sich für einen zu großen Kompressor – weil der tatsächliche Druckluftbedarf unklar ist – oder für die falsche Technik – aus Unkenntnis, welche Ausführung für die jeweilige Aufgabe am effizientesten ist.

Zur Auswahl des richtigen Kompressormodells gibt es mehrere Vorgehensweisen. Eine Möglichkeit ist eine echte Messung. Dazu messen Sie den tatsächlichen Verbrauch und ermitteln daraus das Einsparpotenzial. Dafür können ausgeklügelte betriebswirtschaftliche Tools zum Einsatz kommen, oder es können einfach Erfahrungswerte verwendet werden. Wenn Sie eine Messung und anschließend eine korrekte Simulation des bisherigen Kompressors ausgeführt haben, finden Sie nicht selten ein erhebliches Einsparpotenzial, falls Sie den Kompressor mit herkömmlicher Last-/Leerlauf-Steuerung durch ein frequenzgesteuertes Modell ersetzen. Sehen wir uns die folgende Abbildung an. Das rot-blaue Feld zeigt die Arbeitsweise eines Last-/Leerlauf-Kompressors. Im belasteten Zustand arbeitet

der Kompressor mit 100 % Leistung, und der Druck steigt, bis der maximale Druck erreicht ist. Danach geht der Kompressor in den unbelasteten Zustand, bevor er nach einer vorgegebenen Zeit abschaltet, bis der Druck auf den Mindestdruck absinkt. Nun beginnt der Vorgang von neuem.

Für den Leerlauf des Schraubenkompressors wird Energie benötigt, ohne dass Druckluft erzeugt wird.

Ein frequenzgesteuerter Kompressor arbeitet – wie das folgende Beispiel zeigt – nach einem anderen Muster: mit niedrigeren Spitzen und einem gleichmäßigeren Luftprofil. Für einen frequenzgesteuerten Kompressor sieht die Kurve anders aus, weil der Kompressor sich an den Luftbedarf anpasst und genau die momentan benötigte Menge erzeugt. Das geschieht mit einem Drucksensor, der der Steuerung den Druck meldet. Die Steuerung sendet ein Signal über die aktuelle Situation an den Frequenzrichter. Der Frequenzrichter passt die Motordrehzahl je nach dem eingestellten Druck an. Diese Technik ist ein wahres Sparwunder – für die Umwelt und für Ihre Stromrechnung.



Beispiele für mögliche Einsparungen

Ein frequenzgesteuerter Kompressor spart im Schnitt 25 bis 35 % an Stromkosten im Vergleich zum Last-/Leerlauf-Kompressor. Das hört sich womöglich nicht nach einer großen Einsparung an, aber das folgende Beispiel zeigt, wie viel Geld Sie mit einem frequenzgesteuerten Kompressor sparen können.

Und vergessen Sie nicht: Es kommt nicht auf den niedrigsten Preis an, sondern auf die niedrigsten Kosten. Die Entscheidung für einen frequenzgesteuerten Kompressor liegt somit auf der Hand. Das folgende Beispiel verdeutlicht dies.

Grundbegriffe:

- Betrieb unter Last: die Zeit, in der ein Kompressor läuft, während er Luft liefert.
- Betrieb im Leerlauf: Die Zeit, in der der Kompressormotor läuft, aber keine Druckluft erzeugt wird.
- Nachlaufzeit: Wird der Kompressor innerhalb einer gewissen Zeit im Leerlauf-Betrieb nicht wieder benötigt, schaltet sich der Kompressor aus. Diese Zeit wollen wir minimieren.

Kompressor 1 ist ein typischer herkömmlicher Kompressor, der mit Last-/Leerlauf-Steuerung in einem rhythmischen Muster arbeitet. Als Antrieb dient ein Elektromotor mit 22 kW. Unter Last nimmt der Kompressor 22 kW auf. Im Leerlauf verbraucht er 12 kW. Die Betriebszeit pro Jahr ist 6.000 Stunden. In diesen 6.000 Stunden arbeitet der Kompressor 3.000 Stunden ohne Last, das heißt, der Motor ist in Betrieb, erzeugt aber keine Druckluft. Solche Zahlen sind typisch für sehr viele kleine wie große Unternehmen.

Betriebskosten/Jahr, belastet

Kompressor	Betriebszeit mit Last	Belastet (kW)	kWh/Jahr	kWh (€)	Betriebskosten/Jahr
Last	3000	22	66000	0,1	€ 6.600

Betriebskosten/Jahr, geliefert

Kompressor	Betriebszeit mit Last	Belastet (kW)	kWh/Jahr	kWh (€)	Betriebskosten/Jahr
Unbelastet	3000	12	36000	0,1	€ 3.600

Kompressor 2 ist ein frequenzgesteuerter Kompressor mit einem 22-kW-Motor als Antrieb. Ein solcher Kompressor passt sich selbsttätig an den Luftbedarf in der Produktion an und nutzt im Schnitt 65 bis 70 % seiner maximalen Leistung, sofern der Kompressor richtig bemessen ist. Das entspricht einer durchschnittlichen Leistung von ca. 15,5 kW.

Hier unterscheiden sich die Betriebszeiten jedoch ein wenig. Für die 3.000 Stunden, in denen der oben genannte Kompressor Strom verbraucht, muss der frequenzgesteuerte Kompressor rund 4.500 Stunden laufen, um demselben Luftbedarf bei 70 % Last gerecht zu werden. Der entscheidende Unterschied ist aber: ein frequenzgesteuerter Kompressor schaltet in den restlichen 1.500 Stunden ab. Wird keine Luft gebraucht, läuft der frequenzgesteuerte Kompressor noch eine gewisse Zeit mit Mindestgeschwindigkeit und schaltet dann ab. Das spart 1.500 h Strom im lastfreien Betrieb und wirkt sich sehr positiv auf Ihre Stromrechnung aus.

Betriebskosten/Jahr

Kompressor	Betriebszeit mit Last	Belastet (kW)	kWh/Jahr	kWh (€)	Betriebskosten/Jahr
Frequenzgesteuert	4500	15,5	69750	0,1	€ 6.975

Einsparpotenziale im Überblick

Übersicht

Die Energiekosten von Kompressor 1 betragen insgesamt 10.200 €/Jahr.

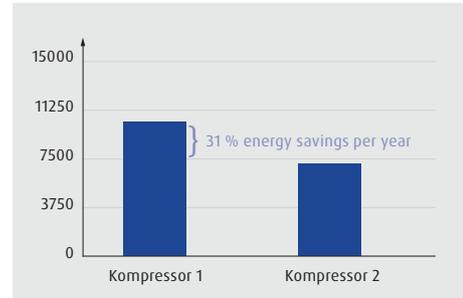
Die Energiekosten von Kompressor 2 betragen insgesamt 6.975 €/Jahr.

Der Unterschied ist:

$10.200 \text{ €} - 6.975 \text{ €} = 3.225 \text{ €/Jahr}$

bzw. eine Ersparnis von $3.225 \text{ €}/10.200 \text{ €} = 31 \text{ % pro Jahr}$.

Bei Wahl eines frequenzgesteuerten Kompressors können Sie damit rechnen, dass Sie die etwas höheren Investitionskosten in ein bis zwei Jahren wieder herausgeholt haben. Denken Sie auch daran, wie viel Kohlendioxid wir mit der Entscheidung für Drehzahlregelung sparen. Wird die Größe des Kompressors auf rund 75 kW erhöht, sind die Einsparungen erheblich.



Wärmerückgewinnungssystem

Energierückgewinnung von wassergekühlten Schraubenkompressoren

Ein Kompressor ist zum Versorgen bestimmter Produktionssysteme mit Energie in Form von Druckluft vorgesehen. Beim Verdichten der Luft im Kompressor entsteht auch Energie in Form von Wärme. Diese Energie ist gleich der Energie, die dem Kompressormotor zugeführt wird. Eine geringe Menge Wärmeenergie verbleibt in der Druckluft. Das ist spürbar, denn die abgegebene Luft hat eine etwas höhere Temperatur als die Umgebungsluft, die der Kompressor ansaugt. Einen geringen Teil der Wärme gibt der Kompressor in Form von Wärmestrahlung an seine Umgebung ab. Der Rest, rund 90 % der zugeführten Energie, besteht aus Wärmeenergie, die in den meisten Fällen dem Kompressor entzogen werden kann, wodurch die Wirtschaftlichkeit der Druckluftherzeugung deutlich verbessert wird.

Wärmerückgewinnungssystem

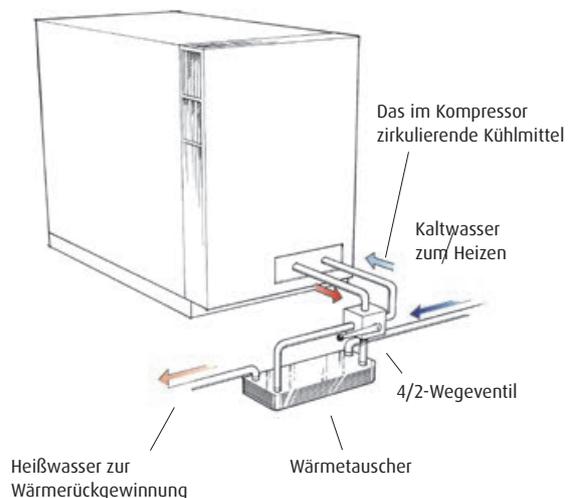
Die hier behandelten Schraubenkompressoren mit Wasserkühlung sind mit zwei Wärmetauschern ausgestattet, die der Luft die entstehende Wärmeenergie entziehen. Ein Wärmetauscher zum Kühlen der abgegebenen warmen Druckluft muss der Luft durch Abkühlen ungefähr 10 % der zugeführten Energie entziehen. Ein Wärmetauscher entzieht dem Kühlmittel, das im Schraubenkompressor zirkuliert, die verbleibende Wärmeenergie und kühlt es um ca. 80 % ab. Das als Wärmeträger verwendete Kühlmittel kann Luft oder Wasser sein.

Wärmerückgewinnung im Wasserkreislauf

Diese Option kann interessant sein, wenn die Möglichkeit zum Vorerhitzen des Rücklaufwassers in einem Heizungssystem, Nacherhitzen des Wassers in einem Heizungssystem oder zum Erwärmen des Prozesswassers besteht.

Ein Kühlmittel/Wasser-Wärmetauscher ist mit dem luftgekühlten Kompressor mit dem normalen Kühlmittel/Luft-Wärmetauscher in Serie angeordnet und fungiert in diesem Fall als Reserve- oder Restkühler. Die Kühlung findet vor allem im Kühlmittel/Wasser des Wärmetauschers statt, wo das Wasser Temperaturen bis ca. 70 °C erreichen kann.

Rund 80 % der Energie, die dem Kompressor zugeführt wird, können als Temperaturanstieg an das Wasser übertragen und folglich auf diesem Weg zurückgewonnen werden.



Luftgekühlter Kompressor mit Rückgewinnungssystem auf Wasserbasis

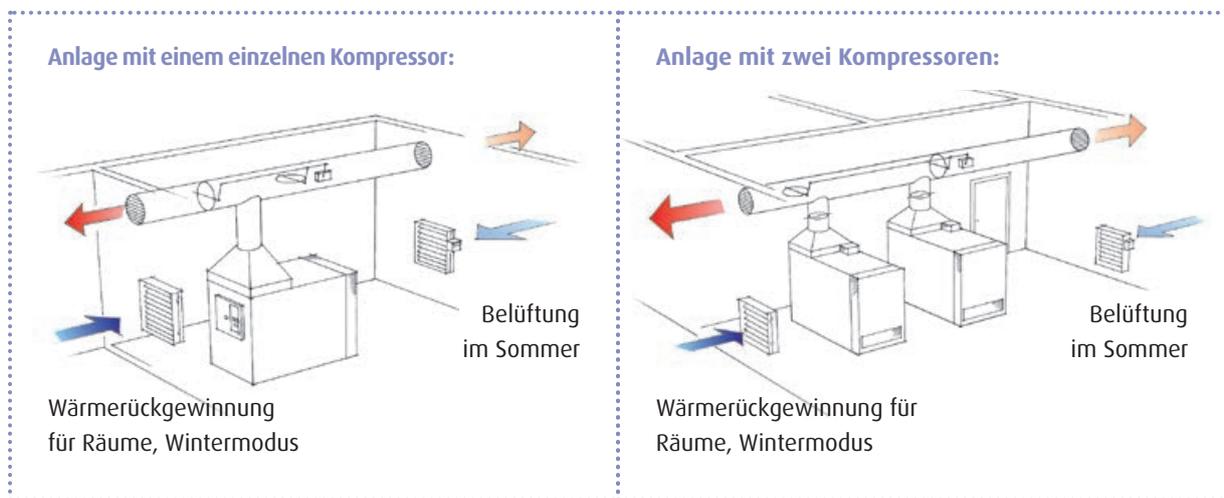
Rückgewinnung von Wärme aus der Abluft

Eine einfache und kostengünstige Methode, mit der sich der Investitionsaufwand in den meisten Fällen rasch bezahlt macht.

Im Winter wird die Warmluft vom Druckluftauslass des Kompressors durch einen Kanal in die benachbarte Kammer geleitet. Aus diesem Raum strömt die Luft durch eine Jalousie zurück in den Kompressorraum.

Im Sommer wird Kühlluft von außen durch eine Jalousie zugeführt und wieder nach außen durch den Kanal geleitet, der zur Wärmerückgewinnung gegenüber einem benachbarten Raum abgeschlossen ist.

In verbundenen Systemen zur Wärmerückgewinnung aus doppelten Kompressoren ist an jedem Kompressor ein Ventil montiert, das mit dem Kompressormotor synchronisiert ist. Das Ventil verhindert, dass heiße Luft zurück in einen ruhenden Kompressor geleitet wird.



Beispiele für Wasserfluss durch Wärmetauscher für verschiedene Temperaturbereiche zum Rückgewinnen von Energie aus Wasser.

Dem Kompressor zugeführte Leistung

kW	30	45	75	110	160
-----------	----	----	----	-----	-----

Rückgewonnene Leistung, kW

kW	24	36	60	88	128
-----------	----	----	----	----	-----

Wasserfluss l/h bei Wassertemperatur in °C

°C ein/°C aus	l/h				
10/70	340	520	860	1 260	1830
40/70	690	1 030	1 720	2 520	3670
55/70	1 380	2 060	4 130	5 050	7340

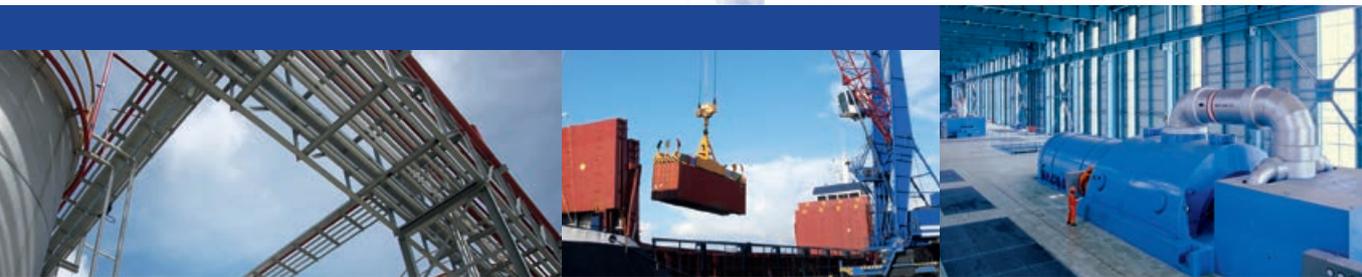


5 Trocknen von Druckluft



Der Trocknungsvorgang entzieht der Druckluft Feuchtigkeit. Trockene Druckluft verringert die Gefahr von Korrosionsschäden am Druckluftsystem und verbessert die Wirtschaftlichkeit angeschlossener Maschinen und Werkzeuge. Zur Trocknung kommen hauptsächlich zwei Verfahren zur Anwendung: Kältetrocknung und Adsorptionstrocknung.

6 Filtern von Druckluft



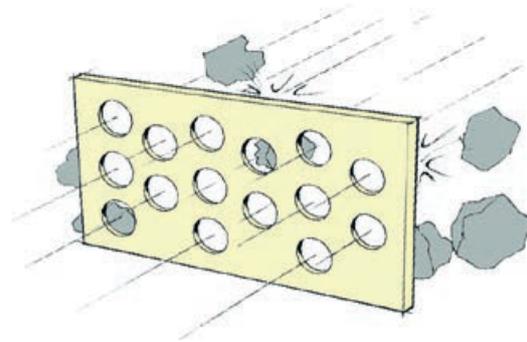
Durch Installation von Filtern im Druckluftsystem kann die Verunreinigung der Druckluft auf ein vertretbares Maß gesenkt oder bei Bedarf vollständig beseitigt werden. Zum Filtern von Druckluft und Gasen verwenden wir im Wesentlichen drei Verfahren: Oberflächenfiltration, Tiefenfiltration und Filtration mit Aktivkohle.

Gefilterte Druckluft

Oberflächenfiltration

Ein Oberflächenfilter wirkt wie ein Sieb. Partikel, die größer als die Öffnungen im Filterelement sind, bleiben an der Oberfläche hängen, kleinere Partikel hingegen passieren das Filter. Durch Anpassen der Öffnungen im Filtermaterial kann die Fähigkeit des Filters, Partikel bis zu einer bestimmten Größe auszufiltern, festgelegt werden.

Wenn die Filteröffnungen verstopft sind, fällt der Druck ab, und das Filterelement muss gereinigt oder ausgewechselt werden. Mögliche Materialien für Oberflächenfilter sind Zellstofffasern, Polyethylen oder Sintermetall.



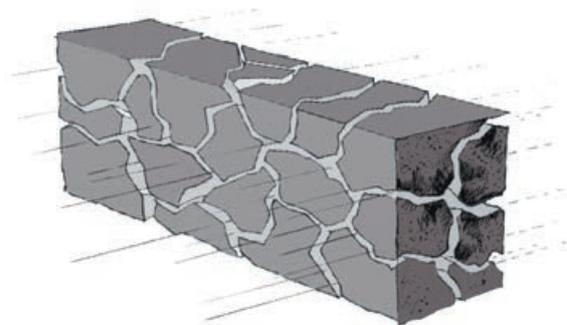
Oberflächenfiltration scheidet Partikel ab

Filterung mit Aktivkohle

Beim Filtern durch ein Bett aus Aktivkohle werden Öldämpfe und bestimmte Gase absorbiert. Die Druckluft ist folglich geruch- und geschmacklos.

Normalerweise kann Aktivkohle in einem Filterelement eine Ölmenge absorbieren, die ca. 15 % des Kohlenstoffgewichts entspricht, bevor die Aktivkohle gesättigt ist. Wenn die Kohle gesättigt ist, wird das Filterelement ausgewechselt.

Vor einem derartigen Filter sollte sich immer ein Tiefenfilter befinden, das ggf. vorhandene Öltröpfchen abscheidet. Die Druckluft sollte vor dem Filtern mit Aktivkohle ferner mit einem Lufttrockner getrocknet werden.



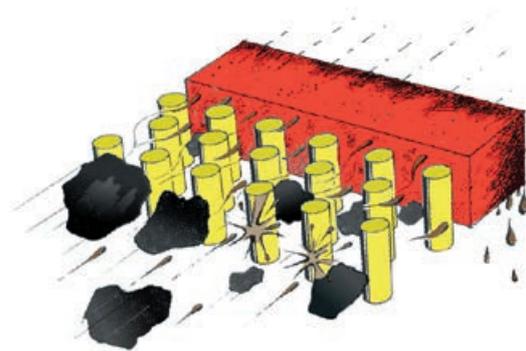
Kohlenstofffilter entfernen Öldampf und Gase

Tiefenfiltration

Tiefenfiltration scheidet Öl und Partikel mit einem Filter aus Glasfasern aus der Druckluft ab. Öltröpfchen bleiben in den Fasern hängen, das Öl wird durch die Fasern gepresst und dann über ein Ablassventil unten am Filtergehäuse abgeleitet.

Feststoffpartikel bleiben zwischen den Fasern hängen.

Wenn das Filtermaterial mit Verunreinigungen gesättigt ist, fällt der Druck am Filter ab. Das Filterelement muss dann ausgetauscht werden. Der Filter scheidet das Öl am effizientesten ab, wenn die Druckluft eine niedrige Temperatur (+20 °C oder weniger) hat und mit der richtigen Geschwindigkeit durch den Filter strömt.



Tiefenfilter entfernen Öl und Partikel



7 Technische Informationen



Druckluftbudgets

Der korrekte Druck ist wichtig

Industrielle Druckluftwerkzeuge sind im Allgemeinen für einen Betriebsdruck von 6 bar ausgelegt. Der Betriebsdruck des Kompressors sollte zum Ausgleich für Druckverluste bis zum Werkzeug geringfügig höher liegen.

Ein sinkender Druck beeinträchtigt die Werkzeugleistung deutlich. Wenn der Druck, mit dem zum Beispiel eine Bohrmaschine betrieben wird, von 600 auf 500 kPa sinkt, sinkt die Ausgangsleistung um rund 25 %. Dadurch verlangsamt sich natürlich die Arbeit mit der Bohrmaschine.

Aber auch der Betrieb mit zu hohem Druck ist nicht gut für das Werkzeug. Bei einem Druckanstieg von 600 auf 900 kPa hat zwar ein Kraftschrauber 50 Prozent mehr Kraft, aber er wird auch um 50 Prozent überlastet. Überlastung führt zu Schäden am Werkzeug und verkürzt dessen Lebensdauer.

Ein höherer Betriebsdruck geht auch mit einem höheren Druckluftverbrauch und folglich höheren Energiekosten einher.

Trockene Druckluft ist wirtschaftliche Druckluft!

Eine Kompressoranlage ohne Drucklufttrockner versorgt die Rohrleitung mit Druckluft mit einer relativen Feuchtigkeit von 100 %. Folglich ist der Taupunkt der Druckluft gleich ihrer Temperatur.

Bei jedem Temperaturabfall im Leitungssystem schlägt sich Kondenswasser nieder und verursacht Korrosion an Leitungen, Werkzeugen und Maschinen.

Bei Wasser im Leitungssystem ist ferner eine ständige Wartung des Wasserabscheiders und der Filter erforderlich. Zudem nimmt der Verschleiß an Druckluftwerkzeugen zu.

Ein Lufttrockner für den Kompressor im System schließt solche Probleme und die damit verbundenen Mehrkosten aus.

Der Standort des Kompressors

Im Allgemeinen wird der Kompressor möglichst nahe am Arbeitsplatz aufgestellt.

Druckluftverbrauch

Der Druckluftverbrauch einer Druckluftmaschine nimmt mit steigendem Druck wie im Folgenden dargestellt zu.

Betriebsdruck kPa	Korrekturfaktor
500	0,8
600	1
700	1,2
800	1,4
900	1,6
1 000	1,8

Beispiel:

Eine Schleifmaschine mit einem Verbrauch von 700 l/min bei 600 kPa nach Herstellerangaben verbraucht $700 \times 1,6 = 1120$ l/min bei 900 kPa.

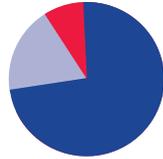
Für größere Anlagen ist ein zentrales Kompressorsystem vorteilhafter als einzelne Kompressoren in jeder Arbeitsgruppe. Die Vorteile sind vielfältig:

- Die Kapazität des Kompressorsystems ist einfacher zu optimieren, sodass sich niedrigere Energie- und Investitionskosten ergeben.
- Die Verbindung mehrerer Kompressoren ist wirtschaftlicher.
- Einfachere Überwachung führt zu niedrigeren Wartungskosten
- Die Belüftung und Wärmerückgewinnung können effizienter gestaltet werden, wodurch die Energiekosten sinken.

Die Kosten von Druckluft

Über die technische Lebensdauer eines Kompressors (10 Jahre) verteilen sich die Kosten von Druckluft in etwa wie folgt:

- **Energiekosten** → 73 %
- **Kapitalkosten** → 18 %
- **Wartungskosten** → 9 %



Zuerst sehen wir uns deshalb die gesamten Energiekosten an.

Jedes Gerät im Druckluftsystem verbraucht Energie – entweder direkt oder indirekt durch den Verlust von Druck. Das muss durch einen höheren Kompressordruck ausgeglichen werden, der zu einer höheren Leistungsaufnahme führt. Für jeden Anstieg des Kompressordrucks um 10 kPa (0,1 bar) steigt der Leistungsbedarf um rund 0,7 %.

Für einen möglichst niedrigen Energieverbrauch ist Folgendes zu beachten:

- Wählen Sie den Luftbehälter so groß wie möglich. Das Regelungssystem des Kompressors kann dann optimal für einen möglichst niedrigen Energieverbrauch arbeiten.
- Stellen Sie den Betriebsdruck des Kompressors möglichst niedrig ein.
- Bemessen Sie die Hilfssysteme – z. B. Drucklufttrockner und -filter – für einen geringen Druckabfall.
- Bemessen Sie die Druckluftleitungen für niedrigen Druckabfall (siehe Seite 30-31).

- Wechseln Sie Filter regelmäßig, um Druckverluste zu minimieren.
- Prüfen Sie das Druckluftsystem regelmäßig auf Undichtigkeiten. Reparieren Sie undichte Leitungen, Schläuche und Armaturen sofort.
- Nutzen Sie die Möglichkeit der Wärmerückgewinnung beim Kompressor (siehe Kapitel über Energierückgewinnung).
- Investieren Sie in moderne Automatisierungstechnik, die den Arbeitszyklus des Kompressors an den schwankenden Druckluftbedarf anpasst.
- Reduzieren Sie den Druckluftverbrauch durch Installation einer Sparautomatik am Adsorptionstrockner, sofern es einen im System gibt.

Anforderungen an zu verdichtende Luft

Die Ansaugluft des Kompressors muss frei von Partikeln und gasförmigen Verunreinigungen sein.

Beachten Sie, dass in der Umgebungsluft Kohlenwasserstoffe (z. B. Fahrzeugabgase) vorkommen können. Werden diese Stoffe mit der Luft im Kompressor verdichtet, kann die Konzentration giftiger Gase tödlich sein, wenn die Druckluft als Atemluft verwendet wird.

Deshalb ist darauf zu achten, den Lufteinlass der Kompressorkammer dort zu positionieren, wo saubere Luft zur Verfügung steht, und ihn mit einem Staubfilter auszustatten!

Die Ansaugluft für den Kompressor und seinen Betrieb muss so kalt wie möglich sein.

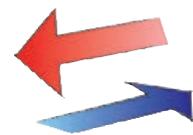
Wärmerückgewinnung

Grundsätzlich werden 100 % der dem Kompressormotor zugeführten Energie in Form von Wärme zurückgewonnen.

Die Wärme eines luftgekühlten Kompressors wird in Form erwärmter Kühlluft zum Beheizen von Räumen zurückgewonnen.

Ein wassergekühlter Kompressor liefert vor allem erwärmtes Kühlwasser, das direkt oder indirekt als Prozess- oder Brauchwasser nutzbar ist. Thermische Energie im Kühlwasser kann in einem so genannten Aerotemper (Temperaturregelung) in Warmluft zur Raumheizung umgewandelt werden.

Die Anpassung des Kompressors zur Wärmerückgewinnung ist recht unkompliziert und macht sich in vielen Fällen schnell bezahlt.



Beispiele für den Druckluftverbrauch gängiger Maschinen

Gerät	Druckluftverbrauch l/min	Auslastungsfaktor* im Unternehmen	
		Fertigungsindustrie	Wartungcenter
Bohrmaschine 10 mm	500	0,2	0,1
Winkelschleifer 5"	900	0,2	0,2
Winkelschleifer 7"	1 600	0,1	0,1
Poliermaschine	900	0,1	0,2
Schlagschrauber 1/2"	450	0,2	0,1
Schlagschrauber 1"	800	0,2	0,1
Meißelhammer	400	0,1	0,05
Lackiermaschine	500	0,2	0,3
Druckreiniger	350	0,05	0,05
Spritzpistole	300	0,6	0,1
Kleiner Druckreiniger	300	0,1	0,2
Blasstrahlgerät, 6 mm	2 000	0,6	0,1
Blasstrahlgerät, 8 mm	3 500	0,6	0,1
Atemschutzmaske, leichte Arbeit	50	0,6	0,2
Atemschutzmaske, schwere Arbeit	200	0,6	0,2

*) Der Auslastungsfaktor kann je nach Aufgabe erheblich variieren. Der genannte Wert ist lediglich ein Anhaltspunkt.

Beispiel für die Berechnung des durchschnittlichen Druckluftbedarfs einer Kfz-Werkstatt:

2 Bohrer	$2 \times 500 \times 0,1$	= 100
2 Schlagschrauber 1/2"	$2 \times 450 \times 0,1$	= 90
1 Poliermaschine	$900 \times 0,2$	= 180
1 Poliermaschine	$500 \times 0,3$	= 150
1 Spritzpistole	$300 \times 0,1$	= 30
3 Druckreiniger	$3 \times 350 \times 0,05$	= 53
Verbrauch:		<u>603 l/min</u>
Zugabe für 10 % Verlust:		60
Reserve für zukünftigen Bedarf 30 %:		<u>180</u>
Grundlage für Wahl des Kompressors:		843 l/min

Bei Auswahl des Kompressors muss der Auslastungsgrad des Kompressors in Betracht gezogen werden. Für Schraubenkompressoren kann eine Auslastung von 70 % gewählt werden. In diesem Fall entspricht das einer geeigneten Kompressorkapazität von rund 1.200 l/min.

In der Berechnung muss auch berücksichtigt werden, wie viele Maschinen gleichzeitig im Betrieb sind. Mit folgender Formel lässt sich der Druckluftverbrauch eines Pneumatikzylinders grob abschätzen:

$$x \times S \times P \times A \times F = L \quad \frac{D \times D \times 3,14}{4}$$

S = Hublänge in dm

D = Kolbendurchmesser in dm

P = Betriebsdruck in bar

A = Verhalten: doppelt wirkend = 2, einfach wirkend = 1

F = Frequenz, Anzahl Hubbewegungen/min

L = Luftverbrauch in l/min

Die Formel berücksichtigt das Volumen des Kolbens nicht, sodass ein etwas höherer Wert als nach der theoretischen Betrachtung erreicht werden kann. In einer praktischen Berechnung kann dieser Punkt aber zu vernachlässigen sein.

Wie viel Kondensat produziert das Kompressorsystem?

Voraussetzungen für die Tabelle:

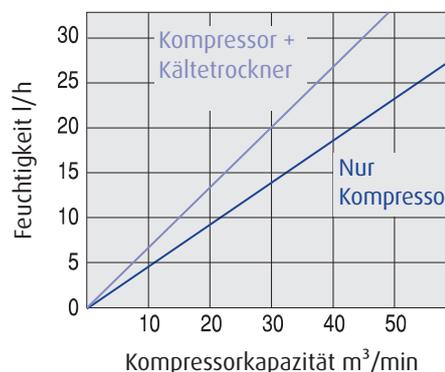
Die Kondensatmenge ist für 20 °C Lufttemperatur bei Eintritt in den Kompressor, 70 % relative Luftfeuchtigkeit und 800 kPa Betriebsdruck berechnet.

Beispiel:

Kompressorkapazität: 20 m³/min (mit anschließender Kältetrocknung)

Produktionszeit: 10 Stunden/Tag, 20 Tage/Monat

Produzierte Kondensatmenge: 13,5 l/h, das heißt 135 Liter/Tag bzw. 2.700 l/Monat.



Klassifizierung der Druckluftqualität

Norm ISO 8573.1 für die Klassifizierung der Druckluftqualität

PNEUROP, der europäische Herstellerverband für den Bereich Drucklufttechnik, hat eine ISO-Norm für die Klassifizierung von Druckluft in Bezug auf den Gehalt an Feststoffpartikeln, Wasser und Öl ausgearbeitet.

Qualitätsklasse	Feststoffgehalt		Wassergehalt		Ölgehalt
	Max. Größe µm	Max. Menge mg/m ³	Taupunkt °C	Menge g/m ³	Max. Menge mg/m ³
1	0,1	0,1	- 70	0,003	0,01
2	1	1	- 40	0,11	0,1
3	5	5	- 20	0,88	1,0
4	40	10	+ 3	6,0	5
5	-	-	+ 7	7,8	25
6	-	-	+ 10	9,4	-

Typische Anforderungen für Druckluftqualitätsklassen nach ISO 8573.1

Einsatzbereiche	Qualitätsklasse		
	Feststoffgehalt	Wassergehalt	Ölgehalt
Rühren mit Druckluft	3	6	3
Druckluftmotoren, groß	4	5-2	5
Druckluftmotoren, klein	3	4-2	3
Luftturbinen	2	3	3
Transport von Granulaten	3	5	3
Transport von Pulver	2	4	2
Fluidistoren	2	3-2	2
Gießereimaschinen	4	5	5
Kontakt mit Lebensmitteln	2	4	1
Druckluftwerkzeuge, industriell	4	6-5	4
Bergbaumaschinen	4	6	5
Verpackungsmaschinen	4	4	3
Textilmaschinen	4	4	3
Pneumatikzylinder	3	4	5
Folienverarbeitung	1	2	1
Präzisionsregler	3	3	3
Prozessinstrumente	2	3	3
Sandstrahlen	-	4	3
Sprühlackieren	3	4-3	3
Schweißmaschinen	4	5	5
Klimatisierung von Arbeitsräumen, allgemein	5	4	5

Der Wassergehalt der Luft bei verschiedenen Taupunkten

Taupunkt °C	g/m ³						
+ 100	588,208	58	118,199	16	13,531	-26	0,51
98	550,375	56	108,2	14	11,987	-28	0,41
96	514,401	54	98,883	12	10,611	-30	0,33
94	480,394	52	90,247	10	9,356	-32	0,271
92	448,308	50	82,257	8	8,243	-34	0,219
90	417,935	48	74,871	6	7,246	-36	0,178
88	389,225	46	68,056	4	6,356	-38	0,144
86	362,124	44	61,772	2	5,571	-40	0,117
84	336,661	42	55,989	±0	4,868	-42	0,093
82	311,616	40	50,672	-2	4,135	-44	0,075
80	290,017	38	45,593	-4	3,513	-46	0,061
78	268,806	36	41,322	-8	2,984	-48	0,048
76	248,841	34	37,229	-12	2,156	-52	0,031
72	212,648	30	30,078	-14	1,81	-54	0,024
70	196,213	28	26,97	-16	1,51	-56	0,019
68	180,855	26	24,143	-18	1,27	-58	0,015
66	166,507	24	21,587	-19	1,05	-60	0,011
64	153,103	22	19,252	-20	0,88	-70	0,0033
62	140,659	20	17,148	-22	0,73	-80	0,0006
60	129,02	18	15,246	-24	0,61	-90	0,0001



Druckluftströme durch Leitungen und Düsen

Empfohlener maximaler Druckluftstrom durch Leitungen (Strom gemessen in l/s)

Druck		Nenn-Innendurchmesser der Leitung										
bar	kPa	6 mm	8 mm	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm	32 mm	40 mm	50 mm	65 mm	80 mm
0,4	40	0,3	0,6	1,4	2,6	4	7	15	25	45	69	120
0,6	60	0,4	0,9	1,9	3,5	5	10	20	30	60	90	160
1,0	100	0,5	1,2	2,8	4,9	7	14	28	45	80	130	230
1,6	160	0,8	1,7	3,8	7,1	11	20	40	60	120	185	330
2,5	250	1,1	2,5	5,5	10,2	15	28	57	85	170	265	470
4,0	400	1,7	3,7	8,3	15,4	23	44	89	135	260	410	725
6,3	630	2,5	5,7	12,6	23,4	35	65	133	200	390	620	1 085
8,0	800	3,1	7,1	15,8	29,3	44	83	168	255	490	780	1 375
10,0	1 000	3,9	8,8	19,5	36,2	54	102	208	315	605	965	1 695
12,5	1 250	4,8	10,9	24,1	44,8	67	127	258	390	755	1 195	2 110
16,0	1 600	6,1	13,8	30,6	56,8	85	160	327	495	955	1 515	2 665
20,0	2 000	7,6	17,1	38	70,6	105	199	406	615	1 185	1 880	3 315

Anmerkungen

Der Strömungswert wird mit folgendem Druckabfall berechnet: 10 % des Anfangsdrucks pro 30 m Leitung mit 6 bis 15 mm Durchmesser, 5 % des Anfangsdrucks pro 30 m Leitung mit 20 bis 80 mm Durchmesser.

Kleinster empfohlener Innendurchmesser für Originalleitungen in mm (bei 700 kPa und 10 kPa Druckabfall)

Luftstrom l/s	Leitungslänge in Metern								
	25	50	75	100	150	200	300	400	500
10	16	18	20	21					
20	21	24	26	27	30				
30	24	28	30	32	34	36	39		
50	29	33	38	41	44	47	51		
75	33	39	42	44	48	51	55	58	61
100	37	43	46	49	53	56	61	65	68
125	41	47	50	53	58	61	67	70	74
150	43	50	54	62	66	71	75	79	83
200	48	55	60	64	69	73	79	84	88
300	56	64	70	74	80	85	92	97	102
400	62	71	77	82	89	94	102	108	113
500	68	78	83	89	97	102	111	117	123
600	72	83	90	95	103	109	119	126	131

Wählen Sie anstelle des in der Tabelle genannten Werts die jeweils nächstgrößere Standard-Leitungsgröße.

Luftstrom durch die Düse bei verschiedenen Druckwerten und Ausdehnung auf atmosphärischen Druck an der Düse. (Tabellenwerte in l/min bei +15 °C Lufttemperatur)

Düse Durchmesser mm	Druck kPa						
	200	300	500	700	900	1 200	1 500
1,0	17	26	44	61	79	105	132
1,5	39	59	99	138	178	238	297
2,0	70	105	176	246	317	423	529
3	158	238	396	555	714	952	1 190
4	282	423	705	987	1 270	1 694	2 116
5	441	661	1 100	1 543	1 984	2 646	3 308
6	634	952	1 588	2 223	2 857	3 810	4 763
8	1 129	1 693	2 822	3 951	5 080	6 771	8 464

Die Werte laut Tabelle beziehen sich auf einen Luftstrom durch eine korrekt ausgeführte Düse mit abgerundeter Einlasskante. Für Düsen mit scharfen Einlasskanten sind die Werte mit 0,9 zu multiplizieren.

Hinweis! Die Werte sind Näherungswerte, da der Luftstrom stark durch die Düsenbauform beeinflusst wird.



Belüftungsbedarf/Wärmerückgewinnung

Belüftungsbedarf für den Kompressorraum mit luftgekühlten Kompressoren und freier Ableitung der Kühlluft des Kompressors in den Raum

Leistung des Kompressormotors - kW	Notwendige Ventilatorkapazität * m ³ /s	Passende Größe des Lufteinlasses ** B x H mm
3	0,30	300 x 300
4	0,40	300 x 300
5,5	0,55	400 x 400
7,5	0,75	500 x 500
11,0	1,10	500 x 500
15,0	1,50	600 x 600
18,5	1,85	700 x 700
22	2,20	800 x 800
30	3,0	900 x 900
37	3,7	1.000 x 1.000
45	4,5	1.100 x 1.100
55	5,5	1.200 x 1.200
75	7,5	1.400 x 1.400
90	9,0	1.500 x 1.500

*) Im Fall eines Temperaturanstiegs der Belüftungsluft um 80 °C. Der Ventilator sollte thermostatisch durch die Temperatur im Kompressorraum gesteuert sein.

***) Entspricht einer Strömungsgeschwindigkeit von ca. 4 m/s durch den Lufteinlass.

Belüftungsbedarf für den Kompressorraum mit luftgekühlten Schraubenkompressoren und Anschluss des Kompressors an einen Abluftkanal

Leistung des Kompressormotors - kW	Erforderliche Luftzufuhr * m ³ /s	Passende Größe des Lufteinlasses ** B x H mm
4	0,22	300 x 300
5,5	0,32	400 x 400
7,5	0,45	400 x 400
11,0	0,53	500 x 500
15,0	0,70	500 x 500
18,5	0,75	600 x 600
22	0,80	600 x 600
30	1,34	700 x 700
37	1,40	700 x 700
45	1,80	800 x 800
75	2,80	1.000 x 1.000
90	3,40	1.100 x 1.100
75	7,5	1.400 x 1.400
90	9,0	1.500 x 1.500

*) Maximal zulässiger Druckabfall in der Auslassleitung des Kompressors: 30 Pa. Falls die Gefahr eines starken Druckabfalls besteht, muss ein Ventilator installiert werden.

***) Entspricht einer Strömungsgeschwindigkeit von ca. 3 m/s. Der Temperaturanstieg der Kühlluft am Abluftanschluss des Kompressors beträgt ungefähr 20 °C.

Nützliche Formeln und Faustregeln zum Berechnen der Wärmerückgewinnung

Wasserheizung: $\frac{\text{Leistung in kW} \times 860}{\text{Wasserfluss in l/h}} = \text{Temperaturanstieg in } ^\circ\text{C}$

Luftheizung: $\frac{\text{Leistung in kW}}{1,25 \times \text{Luftstrom in m}^3/\text{s}} = \text{Temperaturanstieg in } ^\circ\text{C}$

Energiebedarf zum Beheizen eines Arbeitsraums mit normaler Wärmedämmung: ca. 1 kW/Tag/m³ (Luftvolumen im Raum).
Der Wärmegehalt des Heizöls bei normalem Wirkungsgrad im Lufterhitzer: ca. 8 kW/l Öl.

Elektromotoren, allgemeine Informationen

Popup-Tabelle

Daten des Elektromotors		Mindest- Kabelquer- schnitt nach SIND-FS Artikel 21 A-extension Cu cable	Empfohlene träge Sicherung beim Anlaufen	
Leistung	Nennstrom bei 400 V		Direkt	Stern-Delta
kW	A	mm ²	A	A
0,37	1,1	1,5	4	
0,55	1,7	1,5	6	
0,75	2,1	1,5	10	
1,1	2,7	1,5	10	
1,5	3,7	1,5	10	
2,2	5,3	1,5	10	
3,0	7,1	2,5	16	
4,0	9,5	2,5	20	16
5,5	12	2,5		25
7,5	16	6		25
11	22	6		35
15	30	10		50
18,5	36	10		50
22	44	10		63
30	60	16		80
37	72	25		100
45	85	35		100
55	106	50		125
75	145	70		200
90	175	95		200
110	210	150		250
132	255	185		315
160	290	240		355

Die Angaben in der Tabelle sind Richtwerte für komplett gekapselte zweipolige Drehstrom-Standardmotoren. Die Tabelle ist nur eine Empfehlung. Für ausführliche Informationen im Einzelfall wenden Sie sich bitte an Ihren Elektroinstallateur.

Nennstrom

ist der Strom, den ein Elektromotor bei 100 % Last und einer gegebenen Spannung aus dem Netz aufnimmt.

Motorschutz

Empfohlener Schutz für einen Drehstrommotor.

Hauptsicherung

Für Kompressoren wird eine herkömmliche Hauptsicherung mit mindestens dem 1,5-fachen Motornennstrom empfohlen. So genannte Leistungsschalter werden nicht empfohlen. Falls dieser Sicherungstyp verwendet wird, muss die Sicherungskategorie C sein. Aber sogar dies kann für den Anlaufstrom des Motors zu wenig sein.

Der Anlaufstrom

ist die Stromaufnahme eines Elektromotors beim Anlaufen. Der Anlaufstrom ist proportional zum Nennstrom des Elektromotors. In der Regel beträgt der Anlaufstrom bei Direktanlauf schätzungsweise das Siebenfache des Nennstroms.

Bei einer Stern-Dreieck-Schaltung liegt der Startstrom schätzungsweise beim 2,5-fachen des Nennstroms. Der maximale Anlaufstrom wird nur für den Bruchteil einer Sekunde aufgenommen. Mit zunehmender Motordrehzahl fällt der Strom dann auf den Nennstrom ab.

Leerlaufstrom

beträgt als Faustregel ca. 40 % des Nennstroms. Das heißt: Der Wirkungsgrad des Motors fällt deutlich ab, wenn der Motor nicht mit seiner vollen Leistung arbeitet.

Wärmeklasse

beschreibt die Beständigkeit des Elektromotors gegen steigende Temperaturen in den Wicklungen. Die gebräuchlichsten Wärmeklassen sind B und F.

B ist beständig gegen eine Temperatur von +130 °C in den Wicklungen, F ist beständig gegen +155 °C.

B und F sind für +40 °C Umgebungstemperatur ausgelegt.

Schutzarten

für Elektromotoren oder elektrische Geräte werden mit den Buchstaben IP gefolgt von zwei Ziffern angegeben. Gängige Schutzarten für Motoren und elektrische Anlagen sind IP23, IP54, IP55 und IP65. Die erste Ziffer gibt die Beständigkeit gegen Fremdkörper an, die zweite Ziffer die Beständigkeit gegen Wasser.

Schutzart 1: eine Ziffer:

- 2. Schutz vor Fremdkörpern größer als 12 mm,
- 5. staubgeschützt,
- 6. staubgeschützt.

Schutzart 2: eine Ziffer:

- 3. spritzwassergeschützt
- 4. sprühwassergeschützt,
- 5. strahlwassergeschützt.

Umrechnungsfaktoren

Länge		1 Zoll = 0,0254 m		39,3701 Zoll
SI-Einheit	m	1 Fuß = 0,3048 m	1 m	3,28084 Fuß
		1 Yard = 0,9144 m		1,09361 Yard
		1 Meile = 1.609,344 m		0,000621371 Meile
Fläche		1 Zoll ² = 645,16 mm ²		1550 in ²
SI-Einheit	m²	1 Fuß ² = 0,092903 m ²	1 m²	10,7639 Fuß ²
		1 Yard ² = 0,836127 m ²		1,19599 Yard ²
		1 Acre = 4.046,86 m ²		0,247105 x 10 ⁻³ Acre
Volumen		1 Zoll ³ = 16,3871 ml		61,0237 Zoll ³
SI-Einheit	m³	1 Fuß ³ = 28,3168 l	1 l	35,3147 x 10 ⁻³ Fuß ³
		1 Yard ³ = 0,764555 m ³		1,30795 x 10 ⁻³ Yard ³
		1 UK Gallone = 4,54609 l		0,219969 UK Gallone
		1 US Gallone = 3,78541 l		0,264172 US Gallone
Gewicht		1 Pfund = 0,453592 kg		2,20462 Pfund
SI-Einheit	kg	1 Unze = 28,3495 g	1 kg	35,274 Unzen
		Tonne UK = 1016,5 kg		0,984207 x 10 ⁻³ Tonnen UK
		Tonne US = 907,185 kg		1,10231 x 10 ⁻³ Tonnen US
Leistung		1 kp = 9,80665 N		0,101972 kp
SI-Einheit	N	1 lbf = 4,44822 N	1 N	0,224809 lbf
Drehmoment		1 kpm = 9,80665 Nm		0,101972 kpm
SI-Einheit	Nm	1 lbf ft = 1,35582 Nm	1 Nm	0,737562 lbf ft
Druck		1 bar = 100 kPa		0,01 bar
SI-Einheit	Pa	1 kp/cm ² (at) = 98,0665 kPa	1 kPa	0,0101972 kp/cm ² (at)
		1 psi = 6,89476 kPa		0,145038 psi
Energie		1 kWh = 3,6 MJ		0,277778 x 10 ⁻³ kWh
SI-Einheit	J	1 kpm = 9,80665 J	1 kJ	101,972 kpm
		1 kcal = 4,1868		0,238846 kcal
		1 PSh = 2,6478 MJ		0,377673 x 10 ⁻³ PSh
Leistung		1 kpm/s = 9,80665		101,972 kpm/s
SI-Einheit	B	1 kcal/s = 4,1868 kW	1 kW	0,238846 kcal/s
		1 kcal/h = 1,163 W		859,845 kcal/h
		1 PS = 735,499 W		1,35962 PS
		1 PS = 745,7 W		1,34102 PS
Volumenstrom		1 m ³ /min = 16,6667 l/s		60 m ³ /min
SI-Einheit	m³/s	1 cfm = 0,471947 l/s	1 m³/s	2118,88 cfm
Weitere Einheiten	l/s	1 m ³ /h = 0,277778 l/s		3600 m ³ /h
Dichte		1 Pfund/Fuß ³ = 16,0185 kg/m ³		0,0624278 Pfund/Fuß ³
SI-Einheit	kg/m³	1 Pfund/Zoll ³ = 27,6799 kg/m ³	1 kg/m³	36,127 x 10 ⁻⁶ Pfund/Zoll ³
Energieangaben		1 PSmin/m ³ = 44,1299 J/l		22,6604 x 10 ⁻³ PSmin/m ³
SI-Einheit	J/m³	1 kWh/m ³ = 3600 J/l		0,277778 x 10 ⁻³ kWh/m ³
Weitere Einheiten	J/l	1 PS/cfm = 1.580,05 J/l	1 J/l	0,632891 x 10 ⁻³ PS/cfm
		1 kWh/Fuß ³ = 127133 J/l		7,86578 x 10 ⁻⁶ kWh/Fuß ³
Temperatur				
SI-Einheit	K	1 °C = 1 K	1 K	1 °C
Weitere Einheiten	°C	1 °F = 0,555556 K		1,8 °F
Absoluter Nullpunkt		0 K		
		-273,15 °C		
		-459,67 °F		
Schmelzpunkt von Eis		273,15 K		
		0 °C		
		32 °F		
Rohrverbindungen		Anschluss 6 = 1/8"		Anschluss 25 = 1"
		Anschluss 8 = 1/4"		Anschluss 32 = 1 1/4"
		Anschluss 10 = 3/8"		Anschluss 40 = 1 1/2"
		Anschluss 15 = 1/2"		Anschluss 50 = 2"
		Anschluss 20 = 3/4"		Anschluss 65 = 2 1/2"

Häufig gestellte Fragen: Kolbenkompressoren

F Sind Servicekits für alle Kolbenkompressoren erhältlich?

A Ja, ab diesem Jahr sind Kits für die meisten Modelle erhältlich. Das Kit besteht aus einem Spezialöl für Kolbenkompressoren, einem Luftansaugfilter, einem Ölfilter und Dichtungen. Zum Bestellen notieren Sie bitte die Seriennummer des Kolbenkompressors und suchen im MBP-Portal nach dem passenden Kit, oder wenden Sie sich an den Ersatzteilsachbearbeiter in Ihrem Kundencenter.

F Wie steht es um die Lieferbarkeit (Lieferzeit)?

A Das ist je nach Ihrer geografischen Region unterschiedlich. Gewöhnlich halten unsere Kundencenter die gängigsten Kompressoren vorrätig, aber manche Kundencenter tun dies nicht. Zur Sicherheit Ihrer Umsätze empfehlen wir, mehrere Kolbenkompressoren vorrätig zu halten, damit Sie schnell liefern können. Oft erwarten Kunden sogar, dass Sie Kolbenkompressoren vorrätig halten.

F Wo finde ich technische Datenblätter und Wartungsanleitungen?

A Alle verfügbaren Unterlagen finden sich im MBP-Portal unter: Marketing > Kolbenkompressoren > Modell > Anleitungen. Hier finden Sie auch eine Fülle an Vertriebs- und Marketingmaterialien zum Steigern Ihrer Umsätze.

F Ist ein Ausgleichsbehälter für Kolbenkompressoren erforderlich?

A Für die meisten Aufgaben wird ein Ausgleichsbehälter benötigt. Der Grund ist ein ruhigerer Luftstrom zur Endanwendung, das heißt weniger Starts und Stopps für den Kolbenkompressor. Das bedeutet wiederum: weniger Verschleiß am Kompressor und weniger Wartungsaufwand.

F Ist es möglich, einen automatischen Ablass unter einem Druckbehälter vorzusehen? Ist das eine Option bei Kolbenkompressoren?

A Wir empfehlen es. Damit der Ausgleichsbehälter und Ihr Kompressorsystem jederzeit effizient arbeiten, müssen Sie nach jedem Gebrauch Wasser aus dem Ausgleichsbehälter ablassen. Dies kann immer von Hand geschehen, aber auch mit einem automatischen Ablass, der gesondert bestellt werden kann.

F Sind Filter hinter einem Kolbenkompressor mit einer normalerweise geringen Luftfördermenge notwendig? Der Filterbroschüre zufolge bieten wir außerdem nur Filter ab 1000 l/min an?

A Es stimmt, 1000 l/min ist die kleinste Maximalkapazität bei Filtern. Es spielt keine Rolle, ob der Luftstrom 300, 500 oder 700 Liter pro Minute beträgt, die einzige Regel ist die maximale Kapazität von

1000 l/min. Aber es ist ebenso wichtig bei Filtern an einem Kolbenkompressor wie bei einem Schraubenkompressor. In jedem Fall müssen Sie:

- Schmutzpartikel aus Druckluft entfernen, die Werkzeuge/Geräte beschädigen können
- in der Druckluft vorhandenes Öl entfernen, das das endgültige Produkt beschädigen kann.

F Was ist der Unterschied zwischen dem Hubvolumen und dem tatsächlich abgegebenen Luftstrom? (technische Daten im Prospekt)

A In Katalogen aller Marken wird das Hubvolumen des Kolbens angegeben. Diese Luftmenge saugt der Kompressor vor dem Verdichten an. Wenn die Luft unter Druck steht, ergibt sich das Luftfördevolumen. Dieses Volumen ist immer auf einen bestimmten Druck bezogen.

F Manchmal sehe ich die Begriffe „gewerbliche“ und „industrielle“ Kolbenkompressoren. Wo liegt der Unterschied?

A Die gewerblichen Baureihen sind Kolbenkompressoren mit Direkt- oder Riemenantrieb für Aufgaben, in denen nur diskontinuierlicher Betrieb erforderlich ist. Die industriellen Baureihen sind eher für industrielle Aufgaben vorgesehen, wo Kompressoren im Dauerbetrieb arbeiten müssen.

F Wann sollte ich einen Kolbenkompressor verkaufen, und wann einen Schraubenkompressor? Gibt es eine allgemeine Regel?

A Eine allgemeine Regel gibt es nicht. Es kommt ganz auf den Einzelfall an. Aber als Händler können Sie sich für ein passendes Angebot an einige Grundregeln halten. Zum Beispiel:

- Läuft der Kompressor ständig oder nur hin und wieder? Sofern Sie keinen industriellen Kolbenkompressor bestellen, sollte ein Kolbenkompressor nicht mehr als 70 % ausgelastet sein. Ein Schraubenkompressor kann hingegen zu 100 % ausgelastet werden.
- Wird ein Druck von über 13 bar benötigt, ist der Kolbenkompressor ein beliebtes Produkt.
- Minimaler Wartungsaufwand
- Zuverlässige und bewährte Technik

F Welches ist die allgemeine Vertriebsstrategie für Kolbenkompressoren im Unternehmen?

A Unsere Strategie ist, der Beste in jedem Segment zu sein – vom kleinsten direkt angetriebenen Kolbenkompressor bis zu Industriekompressoren komplett aus Gusseisen. Es spielt keine Rolle, ob der Kunde den Kolbenkompressor 5 Stunden pro Woche oder 5 Stunden am Tag nutzt. Wir können immer das beste Angebot in dieser Klasse machen.

Häufig gestellte Fragen: Kolbenkompressoren

F Wie steht es um die Lieferbarkeit (Lieferzeit)?

A Das hängt von Ihrem Kundencenter ab. Manche Kundencenter halten die gängigsten Kompressoren vorrätig, andere nicht. Wir empfehlen Ihnen, ein paar Kompressoren selbst vorrätig zu halten, damit Sie Kunden schnell beliefern können.

F Wie groß ist der Unterschied in den Betriebskosten zwischen Riemen- und Direktantrieb bei einem Schraubenkompressor?

A Die beiden Technologien unterscheiden sich in ihren laufenden Kosten. Der Kompressor mit Riemenantrieb ist eine günstigere Investition, verbraucht aber im Schnitt 3 % mehr Energie. Aber auch die Wartung ist etwas zeitaufwendiger, da beispielsweise der Riemen nachgespannt werden muss. Welche Technik am besten geeignet ist, hängt vom Kundenbedarf ab.

F Braucht ein Schraubenkompressor mit integriertem Trockner eine eigene Stromversorgung?

A Das hängt vom Modell ab. Für die jetzige Baureihe von 30 bis 110 kW kann der Transformator als Option bestellt werden => mit dieser Option ist keine gesonderte Stromversorgung erforderlich. Bei künftigen Baureihen wird es höchstwahrscheinlich eine Standardoption sein.

F Kann das Leadair-Regelungssystem mit zwei oder mehr drehzahlgeregelten Kompressoren arbeiten?

A Ja, mit einem Leadair-Steuerungssystem lassen sich zwei oder mehr Kompressoren mit variabler Geschwindigkeit steuern.

F Kann ein Schraubenkompressor ohne Regelung (nur elektropneumatische Regelung) mit einem Leadair-Regelungssystem (als Slave-System) verbunden werden?

A Ja, der Anschluss an einen Kompressor ist ohne ein kompliziertes Steuerungssystem möglich. Der Leadair-Druckgeber signalisiert den Kompressoren einfach, ob sie starten oder anhalten müssen.

F Nach welcher Zeit sollte das Schraubenelement überholt werden?

A Unsere dringende Empfehlung ist: nach jeweils 24.000 Betriebsstunden. Bei Überschreitung dieser Grenze besteht die große Gefahr, dass die Maschine ausfällt. Die Folge sind höhere Wartungskosten, oder es kann ein neuer Kompressor notwendig werden.

F Ich habe gerade einen Schraubenkompressor mit integrierter Energierückgewinnung gekauft. Wie entscheide ich, welcher Durchfluss im Wasserkreis zur Energierückgewinnung richtig ist?

A Das hängt von den Bedingungen am Einsatzort und der gewünschten Temperatur ab. Als Orientierungshilfe kann das Diagramm unten verwendet werden. Es gilt für einen Kompressor mit 30 kW bzw. 37 kW. Diese Daten finden Sie im MBP-Portal unter Marketing > Baureihe > Ölgekühlte Schraubenkompressoren > Ihr Modell.

Enthärtetes Wasser für 30 kW			
T. Einlass	T. Auslass	Strom (l/min)	ΔP bar
0	60,0	7,2	0,005
5	58,0	8,0	0,006
10	56,0	9,4	0,007
15	54,0	11,0	0,010
20	52,0	13,5	0,015
25	50,0	17,4	0,025
30	46,5	26,0	0,055
35	44,0	48,0	0,170
40	45,0	90,0	0,566

Enthärtetes Wasser 37 kW			
T. Einlass	T. Auslass	Fluss l/min)	ΔP bar
0	59,0	9,0	0,007
5	57,5	10,0	0,009
10	55,0	12,0	0,012
15	53,0	14,0	0,017
20	50,0	17,7	0,026
25	47,0	24,0	0,045
30	44,0	39,0	0,117
35	41,0	87,0	0,540

F Welche Zertifizierungen liefern Sie mit dem Kompressor ab Werk?

A Zu den mitgelieferten Unterlagen gehören die am Ort geltenden Bescheinigungen: in Europa zum Beispiel die CE-Dokumentation, für Nordamerika UL/CUL und ASME. Falls Ihre Bescheinigung bei der Lieferung fehlt, können Sie sie herunterladen unter: MBP > Aftermarket > Service Connect. Tragen Sie dann die Seriennummer des Geräts in das leere Feld ein und drücken Sie auf „Suchen“.

F Haben Sie NEMA4 als Option?

A NEMA4 ist eine Schutzart für Gehäuse, wie IP55 für Motoren. Ab 2012 ist dies bei unseren Schraubenkompressoren keine Option mehr.

F Haben Sie ölfrei verdichtende Modelle in der Baureihe mit Schraubenkompressoren?

A Für bestimmte Marken in der Multibrand-Organisation (Multibrand ist ein gemeinsamer Name für die von der Atlas Copco Gruppe übernommenen Marken) sind Schraubenkompressoren mit Wasserkühlung erhältlich. Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an Ihr Kundencenter.

F Welche Absicherung (A) ist erforderlich?

A Faustregeln

Bei 575 Volt hat ein Drehstrommotor eine Stromaufnahme von 1 A pro PS.

Bei 460 Volt hat ein Drehstrommotor eine Stromaufnahme von 1,27 A pro PS.

Bei 400 Volt hat ein Drehstrommotor eine Stromaufnahme von 1,5 A pro PS.

Bei 230 Volt hat ein Drehstrommotor eine Stromaufnahme von 2,5 A pro PS.

Bei 230 Volt hat ein Einphasenmotor eine Stromaufnahme von 5 A pro PS.

Bei 115 Volt hat ein Einphasenmotor eine Stromaufnahme von 10 A pro PS.

In den oben genannten Werten ist kein Sicherheitsspielraum enthalten. Zum Beispiel beträgt für einen 10-PS-Kompressor (= 15 A) die normale Absicherung 16 A. Zur Sicherheit für Lastspitzen empfehlen wir eine Absicherung mit 20 A. Bitte ziehen Sie einen qualifizierten Elektroinstallateur hinzu.

F Wie schnell macht sich ein Kompressor mit Frequenzumrichter normalerweise bezahlt?

A Bei normalen Bedingungen und 4.000 Betriebsstunden pro Jahr rentiert sich die Investition in einem bis zwei Jahren. Nicht selten zahlt sich die Investition innerhalb eines Jahres aus.

F Wie funktioniert ein Kompressor mit Frequenzumrichter?

A Er hat fast dieselben Komponenten wie ein herkömmlicher Kompressor, aber natürlich gibt es einige wichtige Unterschiede. Ein frequenzgesteuerter Kompressor hat einen integrierten Frequenzumrichter, oft auch ein komplizierteres Steuerungssystem. Mit dem Frequenzumrichter wird die Motorgeschwindigkeit an den tatsächlichen Druckluftbedarf angepasst. Dazu dient ein Sensor, der den Systemdruck misst und der Steuerung des Kompressors meldet. Die Steuerung registriert den Druck und sendet ein entsprechendes

Signal an den Frequenzumrichter. Damit regelt sie die Luftmenge, die der Kompressor erzeugen muss, um den vorgegebenen Druck aufrecht zu erhalten.

F Warum spart ein Kompressor mit Frequenzumrichter Energie?

A Weil ein frequenzgesteuerter Kompressor mit Frequenzumrichter nicht mehr Luft erzeugt, als notwendig ist. Ein herkömmlicher Kompressor arbeitet in einem Druckband. Wenn der höhere Druck erreicht ist, schaltet die Maschine auf unbelasteten Betrieb (der Motor läuft, aber es wird keine Druckluft erzeugt). Wenn der untere Druckwert erreicht wird, baut der Kompressor wieder Druck auf, bis er wieder den Entlastungsdruck erreicht. Ein Frequenzumrichter/frequenzgesteuerter Kompressor arbeitet weniger Zeit im Leerlauf und hat einen vorgegebenen Druckwert. Dadurch spart ein Kompressor mit Frequenzumrichter im Allgemeinen 30 % Energie gegenüber einem herkömmlichen Kompressor mit Last/Leerlauf-Regelung.

F Warum ist ein interner Wasserabscheider notwendig?

A Zuerst: Ein interner Wasserabscheider (im Kompressor) ist NICHT notwendig.

Aber er kann in zwei Fällen vorteilhaft sein:

- 1) Schraubenkompressor ohne integrierten Trockner: Mit einem Wasserabscheider entfernen wir einen Teil des Wassers aus der Druckluft, bevor sie mit einem geringeren Wassergehalt der endgültigen Verwendung zugeführt wird.
- 2) Schraubenkompressor mit integriertem Trockner: Bei Einsatz vor dem Trockner wird das Wasser zum Teil vor dem Trockner entfernt. Das ermöglicht die Auswahl eines kleineren Trockners.

F Welche Empfehlungen gibt es für die Belüftung eines Kompressorraums?

A Alle Kompressorräume müssen belüftet werden. Der Mindestbelüftungsbedarf des Raums berechnet sich aus der Formel:

$$Q_v = 1,06 N/T \text{ für Pack-Kompressor}$$

$$Q_v = (1,06 N + 1,3)/T \text{ für Kompressor mit Trockner}$$

$$Q_v = \text{erforderlicher Kühlluftstrom (m}^3/\text{s)}$$

$$N = \text{Eingangsleistung des Kompressors (kW)}$$

$$T = \text{Temperaturanstieg im Kompressorraum. (gewöhnlich 7 °C)}$$

Wenn der Kompressor mit einem Abluftkanal verbunden ist, ist die erforderliche Belüftung gleich der Ventilatorkapazität des Kompressors. Details können Sie der Betriebsanleitung entnehmen.

Häufig gestellte Fragen: Qualitätsdruckluftlösungen

F Was ist die maximale Umgebungs- und Einlasstemperatur für die Trockner?

A Die maximale Umgebungstemperatur ist 45 °C, die maximale Betriebstemperatur ist 55 °C. Siehe Tabelle A und B auf Seite 39 für Empfehlungen zum Bemessen des Trockners je nach den Bedingungen am Einsatzort.

F Welche Anschlussgröße hat die Auslassleitung?

A Vermutlich meinen Sie den Kondensatablass? Bei allen industriellen Trocknern ist dieser Anschluss 10 mm groß. Der größte Trockner mit diesem Anschluss hat eine max. Kapazität von 700 m³/h.

F Manchmal bekomme ich Mails von meinem Kundencenter über Trockner und sehe dort die Bezeichnungen A3, A11 usw. Was bedeutet diese Bezeichnung?

A Es ist ein interner Code, den der Hersteller verwendet. Aus Sicht des Kunden besteht keine Notwendigkeit, diese Codes zu kennen. Als Händler können Sie aber gelegentlich auf diese Begriffe stoßen. Deshalb ist es gut zu wissen, was sie in etwa bedeuten. Diese „interne Bezeichnung“ ist auch auf dem Typenschild an der Rückseite des Trockners angegeben.

F Was ist der „Drucktaupunkt“?

A Drucktaupunkt: Für einen gegebenen Druck die Temperatur, bei der Wasserdampf anfängt, zu flüssigem Wasser zu kondensieren.

F Wo werden die Kältetrockner hergestellt?

A Die meisten Trockner werden in Norditalien (Brendola) produziert. Norditalien hat eine lange Tradition in der Drucklufttechnik, und die Region verfügt über sehr kompetente und hochqualifizierte Arbeitskräfte.

F Wo sollte ich den Trockner aufstellen? Vor oder hinter dem Druckluftbehälter? Und wo soll ich die Filter anbringen?

A Die optimale Lösung für einen ruhigen und stabilen Luftstrom durch den Trockner ist es, den Druckluftbehälter vor dem Trockner anzuordnen. Der Filter sollte sich vor dem Trockner befinden, aber hinter dem Druckluftbehälter. Ein sauberer Luftstrom zum Trockner verlängert die Lebensdauer des Trockners und verbessert die Luftqualität. Fragen Sie den Kunden nach dem Einsatzbereich, zum Beispiel Instrumentenluft, klassifiziert nach ISO-Zertifizierung. Falls Ihnen der Aufbau der ISO-Klassifizierung unklar ist, wenden Sie sich bitte an Ihren Ansprechpartner im Vertrieb oder lesen Sie die Filterbroschüre.

F Wann und warum ist ein Trockner notwendig?

A Für fast alle Aufgaben und Einsatzbereiche wird ein Trockner benötigt. Für einige sehr spezielle Aufgaben kommen Sie ohne Trockner aus, etwa wenn die Luft direkt mit Wasser in Berührung kommt. Wasser kann Maschinen aller Art direkt beschädigen. Zum Schutz der Produktion empfehlen wir dringend, dem Endkunden immer einen Trockner anzubieten und ihm zu erklären, welche Gefahren bestehen, wenn die Luft nicht trocken und sauber ist.

F Was ist der Unterschied zwischen einem Kälte- und Adsorptionstrockner?

A Kältetrockner kühlen die Druckluft mit einem gasförmigen Kältemittel und entfernen das kondensierende Wasser aus der Druckluft. Mit dieser Technik erreichen wir einen Drucktaupunkt von max. 3 °C. Ein Adsorptionstrockner entfernt (adsorbiert) mit einem als Trockenmittel bezeichneten Adsorptionsmaterial die Feuchtigkeit aus der Druckluft. Auf diesem Weg erreichen wir einen Drucktaupunkt < 3 °C. (-40 °C oder -70 °C). Je nachdem, welchen Trockner und welche Option der Kunde wählt.

Ein Adsorptionstrockner ist notwendig, wenn die Umgebungstemperatur unter 0 °C sinkt, da sich sonst Eis in Leitungen und Anlagenteilen bildet.

F Welche Vorteile hat ein integrierter Trockner?

A Der Platzbedarf ist deutlich kleiner. Zudem ist die Installation kostengünstiger, da weniger Leitungen und Kupplungen erforderlich sind. Ein möglicher Nachteil ist, dass die Integration in den Kompressor den Zugang für Wartungsarbeiten erschwert.

F Ist für Kältetrockner ein Steuerungs- oder Überwachungssystem lieferbar?

A Die Trockner haben NUR eine Drucktaupunkt-Anzeige, die angibt, ob der Drucktaupunkt im zulässigen Bereich (grüne Zone) liegt. Ein- und Ausgangssignale stehen NICHT zur Verfügung.

F Ist Taupunktregelung als Option für die Trockner erhältlich?

A Für Kältetrockner gibt eine solche Option nicht. Für Adsorptionstrockner ist diese Option ab der mittleren Baureihe und ab einer max. Referenzkapazität von 115 m³/h erhältlich. Bei der größeren Baureihe ab 648 m³/h ist Taupunktregelung serienmäßig vorhanden.

F Mit welchen Argumenten kann ich als Händler für meine Trockner werben?

A Der Hersteller produziert mehr als 12.000 Trockner pro Jahr. Ein guter Preis bei hoher Qualität und niedrigen Wartungskosten – so lauten drei der wichtigsten Argumente. Weitere überzeugende Argumente sind die kompakte Bauform und die breite Produktpalette. Die Einfachheit und die durchdachte Positionierung der Ersatzteile gewährleistet eine schnelle und unkomplizierte Wartung.

F Wie muss ich den Trockner bemessen? Muss sie gleich der Maximalkapazität des Kompressors sein?

A Eine eindeutige Regel gibt es nicht. Wichtige Punkte sind aber:

- Notwendiger Drucktaupunkt (DTP)
- Volumen der Druckluft (l/min)
- Maximale Einlasstemperatur des Drucklufttrockners (°C)
- Maximale Umgebungstemperatur (°C)
- Maximaler Arbeitsluftdruck (bar)
- Maximal zulässiger Druckabfall am Trockner (bar)

Der in Broschüren veröffentlichte FAD-Wert bezieht sich aber auf folgende REFERENZBEDINGUNGEN:

- Betriebsdruck 7 bar
- Betriebstemperatur 35 °C
- Umgebungstemp. 25 °C.
- Wenn der Trockner unter anderen Referenzbedingungen arbeitet, müssen wir den neuen FAD-Wert mit folgenden Korrekturfaktoren berechnen:

Korrekturfaktor für Bedingungen, die vom Projekt abweichen $k = A \times B \times C$

A	Raumtemperatur (°C)				
	25	30	35	40	45
0,4 - 7,7 m³/m	1,00	0,92	0,84	0,80	0,74
10 - 70 m³/m	1,00	0,91	0,81	0,72	0,62

B	Betriebstemperatur (°C)					
	30	35	40	45	50	55
0,4 - 7,7 m³/m	1,24	1,00	0,82	0,69	0,58	0,45
10 - 70 m³/m	1,00	1,00	0,82	0,69	0,58	0,49

C	Betriebsdruck (bar)											
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0,4 - 7,7 m³/m	0,90	0,96	1,00	1,03	1,06	1,08	1,10	1,12	1,13	1,15	1,16	1,17
10 - 70 m³/m	0,90	0,97	1,00	1,03	1,05	1,07	1,09	1,11	1,12			



Ihr autorisierter Fachhändler

5/2012

Produktion: www.diesorger.at

AGRE KOMPRESSOREN GMBH

Im Stadtgut A2

A-4407 Steyr

www.agre.at · office@agre.at

Tel. +43 (0) 7252 52341 0

Fax +43 (0) 7252 52133

DIE DRUCKLUFT
FÜR IMMER.
SEIT 1919.

Ein Unternehmen der Atlas Copco Gruppe.

