



# Ölfreie Druckluft aus einem ölfreien Kompressor

Ein Whitepaper von Mark White –  
Compressed Air Treatment Applications Manager



ENGINEERING YOUR SUCCESS.

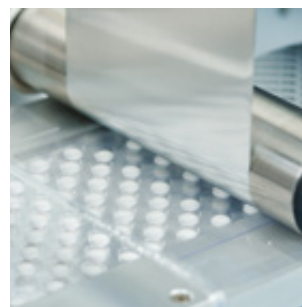
[www.parker.com/gsf](http://www.parker.com/gsf)

# Ölfreie Druckluft

In diesem Whitepaper erläutert Mark White, Compressed Air Treatment Applications Manager von Parker Hannifin, die typischen Missverständnisse bei der Installation von ölfreien Kompressoren, die mit ölfreien Kompressoren verbundenen Kontaminationsrisiken und wie Sie diese Risiken durch Installation der richtigen Aufbereitungskomponenten zur Erzeugung von sauberer, „technisch ölfreier Druckluft“ minimieren können.

In modernen Produktionsanlagen ist der Einsatz von Druckluft häufig von entscheidender Bedeutung für die Produktionsverfahren. Um eine effiziente und kostengünstige Produktion zu gewährleisten, ist die zuverlässige Versorgung mit sauberer und trockener Druckluft ausschlaggebend, und zwar unabhängig davon, ob Druckluft in direkten Kontakt mit dem Produkt kommt, im Rahmen der Prozessautomatisierung, zur Erzeugung von Antriebskraft oder zur Verpackung von Produkten eingesetzt wird oder sogar für die Produktion anderer Gase vor Ort sorgt.

Es sind heute zahlreiche verschiedene Kompressortypen erhältlich, und die meisten Technologien sind inzwischen als ölfreie Varianten verfügbar.



Dank seiner Effizienz und Zuverlässigkeit hat sich der Schraubenkompressor als Technologie der Wahl für zahlreiche Branchen und Anwendungen durchgesetzt.

Werbebotschaften zur Förderung des Absatzes von ölfreien Kompressoren richten sich oft spezifisch an Branchen wie die Lebensmittel-, Getränke-, Pharma- und Elektronikindustrie und spielen mit der Angst, dass Öl die größte Kontaminierungsbedrohung in Verbindung mit Druckluft darstellt. Eine Bedrohung, die sich einfach durch die Installation eines ölfreien Kompressors ausräumen lässt.

Leider wird bei der Auswahl, Anschaffung und Installation von ölfreien Kompressoren das nachgeschaltete Luftaufbereitungssystem oft vernachlässigt oder vollständig ignoriert. Aus diesem Grund sind viele Anwender enttäuscht, wenn sie nach der Installation ihres neuen Kompressors feststellen, dass in der Druckluft weiterhin Ölverunreinigungen und Wasser vorhanden sind.

**Dieses Whitepaper wurde verfasst, um den Leser zu informieren, woher Öl und andere Verunreinigungen in einem Kompressorsystem stammen und wie sich saubere, ölfreie Druckluft für kritische Anwendungen erzeugen lässt.**

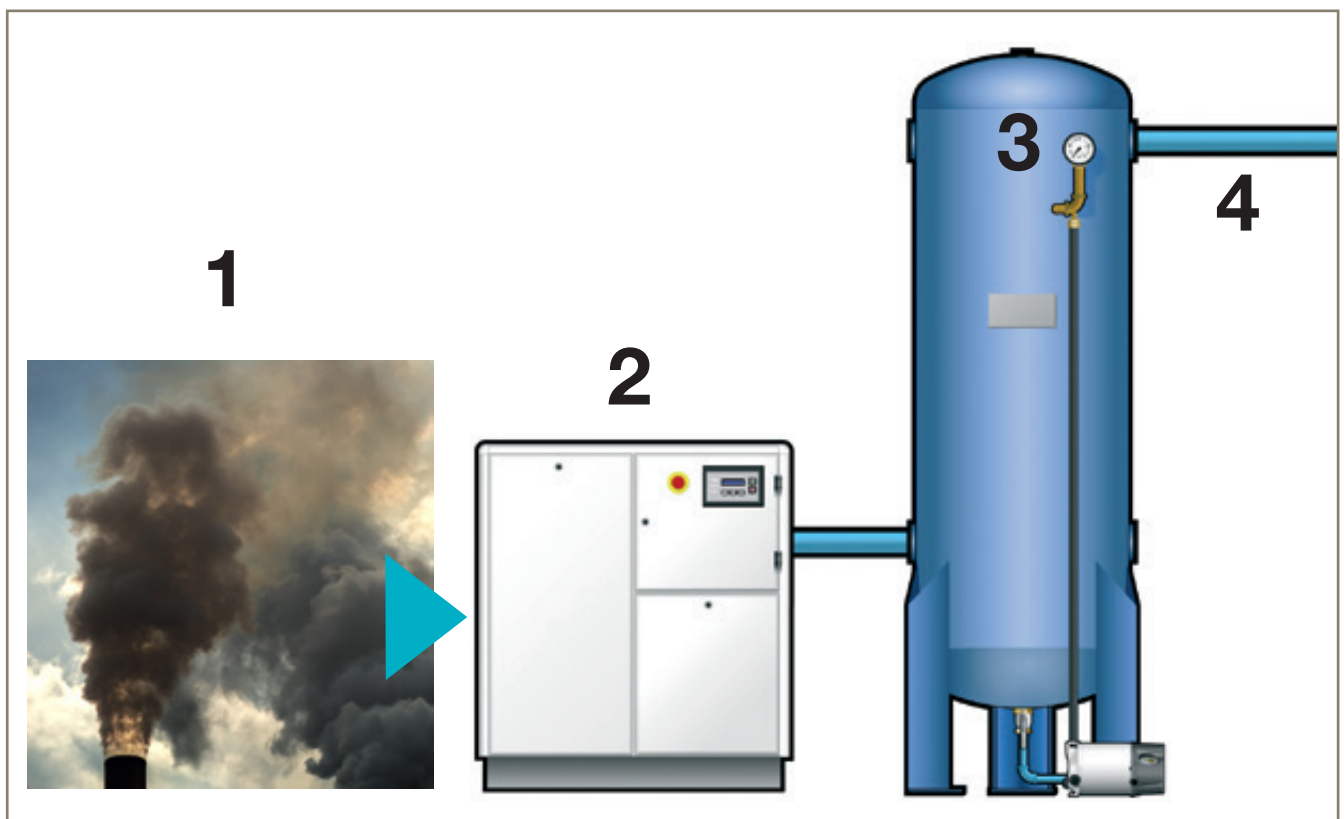
# Woher stammt das Öl in einem Druckluftsystem?

Das Öl in einem Druckluftsystem stammt aus zwei Hauptquellen:

- **Verunreinigungsquelle Nr. 1: die Umgebungsluft (Ölnebel)**
- **Verunreinigungsquelle Nr. 2: der Kompressor (flüssiges Öl/Ölaerosole/Ölnebel)**

Ohne Aufbereitung verunreinigt Öl in einer oder mehreren der 3 Phasen den Luftbehälter und die Verteilerleitungen. Der Luftbehälter und die Leitungen sind somit indirekt zusätzliche Quellen für Verunreinigungen durch Öl (3 & 4).

- **Quelle Nr. 3: der Luftbehälter**
- **Quelle Nr. 4: die Verteilerleitungen**



# Verunreinigungsquelle Nr. 1: die Umgebungsluft

Umgebungsluft enthält Öl in gasförmigem Zustand (Ölnebel). Der Ölnebel in Umgebungsluft ist eine Kombination aus Kohlenwasserstoffen und flüchtigen

organischen Verbindungen (FOV), die aus natürlichen Quellen sowie aus Fahrzeugabgasen und ineffizienten industriellen Prozessen stammen.



## Wie viel „Ölnebel“ ist in der Umgebungsluft?

Typische Werte für die Kontaminierung durch Ölnebel geben an, dass 1 Kubikmeter Umgebungsluft in der Regel zwischen 0,05 mg/m<sup>3</sup> und 0,5 mg/m<sup>3</sup> Ölnebel enthält.

In dicht bebauten, städtischen oder industriellen Umgebungen sowie neben Parkplätzen und verkehrsreichen Straßen kann der Gehalt jedoch höher sein.

Ölnebelgehalte lassen sich schwer messen, da kein einzelner Test für „Öl“ in Luft verfügbar ist (zumindest kein sehr genauer). Bei Drucklufttests müssen daher die Umgebungsluft auf die verschiedenen Verbindungen geprüft und die Testergebnisse kombiniert werden.

Weltweite Zielsetzungen zur Verbesserung der Luftqualität haben zur Einrichtung zahlreicher Luftgütemessstationen geführt. Diese messen in der Regel die Verbindungen, die für Menschen am gesundheitsschädlichsten sind (NOX, SOX, CO, CO<sub>2</sub> und Ozon).



Viele dieser Stationen messen jedoch auch weitere Verbindungen, insbesondere FOV. Diese Daten können genutzt werden, um das Vorhandensein von „Ölnebel“ in der Umgebungsluft zu prüfen.

# Unabhängige Testdaten

In Großbritannien publiziert das DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs) kostenlos Daten, die von den Messstationen in Großbritannien erfasst wurden. Die meisten dieser Stationen (30+) verwenden manuelle Probennahme- und Testmethoden, um nach bestimmten Schadstoffen zu suchen, während vier Stationen (zwei außer-

und zwei innerstädtische) Stationen ein komplexes automatisierte thermisches Desorptionsverfahren mit vor Ort installierten Gaschromatographie- und FID-Nachweisgeräten einsetzen. In diesen Stationen werden automatisch stündliche Messungen von 29 verschiedenen Verbindungen durchgeführt.

Summen für die 29 interessierenden Verbindungen	Maximale stündliche Konzentration – 2012			
	Auchencorth Moss	Harwell	Eltham	Marylebone Rd
Gesamtwerte (mg/m <sup>3</sup> )	0,37	0,16	0,44	0,86
Summen für die 29 interessierenden Verbindungen	Maximale stündliche Konzentration – 2013			
	Auchencorth Moss	Harwell	Eltham	Marylebone Rd
Gesamtwerte (mg/m <sup>3</sup> )	0,34	0,12	0,44	0,57
Summen für die 29 interessierenden Verbindungen	Maximale stündliche Konzentration – 2014			
	Auchencorth Moss	Harwell	Eltham	Marylebone Rd
Gesamtwerte (mg/m <sup>3</sup> )	0,26	0,20	0,64	0,74
Summen für die 29 interessierenden Verbindungen	Maximale stündliche Konzentration – 2015			
	Auchencorth Moss	Harwell	Eltham	Marylebone Rd
Gesamtwerte (mg/m <sup>3</sup> )	0,16	0,08	0,40	0,51

Wie in den folgenden Tabellen zu sehen ist, entsprechen die kombinierten aufgezeichneten Daten für alle 29 Verbindungen den typischen Werten, die in der Industrie für Öl (Kohlenwasserstoffe) in der Umgebungsluft verwendet werden: 0,05 mg/m<sup>3</sup> bis 0,5 mg/m<sup>3</sup>.

## Wichtige Hinweise zu den Ergebnissen der DEFRA:

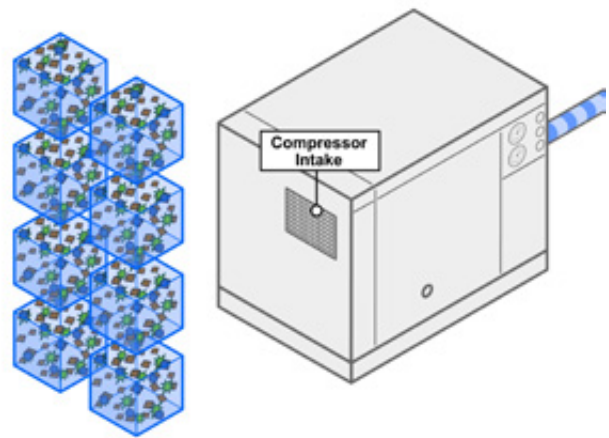
- Weltweite und EU-Berichte berücksichtigen nur problematische und für Menschen gesundheitsschädliche Stoffe.
- Sie erfassen nicht notwendigerweise Verbindungen, die für Prozesse schädlich sein können (z. B. die den Geschmack eines Produkts beeinträchtigen, das während der Herstellung in direkten Kontakt mit Druckluft gerät).
- Zahlreiche Stoffe (Verbindungen), die für die menschliche Gesundheit weniger (oder nicht) schädlich sind, fallen durch das Erfassungsnetz, da der Chemiker/Analytiker nicht nach ihnen sucht und sich nicht für sie interessiert.
- Diese Chemikalien sind jedoch in der Umgebungsluft vorhanden und ihr Beitrag zum „echten“ Gesamt-FOV-Gehalt geht verloren (muss jedoch immer berücksichtigt werden).
- Die gemeldeten FOV-Gehalte sind daher deutlich geringer als in Wirklichkeit.
- In den Übersichtstabellen können wir sehen, dass die Werte an einigen Standorten innerhalb des typischen Bereichs von 0,05 mg/m<sup>3</sup> bis 0,5 mg/m<sup>3</sup> liegen, für andere Stationen jedoch höher.
- Da die von der DEFRA und in diesem Berichten genannten Messstationen nicht auf alle FOV prüfen, sondern nur auf die interessierenden, sollten die Werte in den Übersichtstabellen als „günstigster Fall“ betrachtet werden.

# Wie verunreinigt der Ölnebel aus der Umgebungsluft die Druckluft?

Wenn der Kompressor läuft, werden große Mengen an Umgebungsluft in den Kompressoreinlass eingesaugt. Diese Umgebungsluft kann sauber aussehen, ist es jedoch nicht, da gasförmige Verunreinigungen oft unsichtbar sind.

Der unsichtbare Ölnebel in der Umgebungsluft wird zusammen mit anderen Verunreinigungen in den Kompressor eingesaugt.

Im Druckluft-Verteilungssystem kann der Ölnebel abkühlen und zu flüssigem Öl kondensieren.



## Bei der Verdichtung von Druckluft nimmt das Problem zu

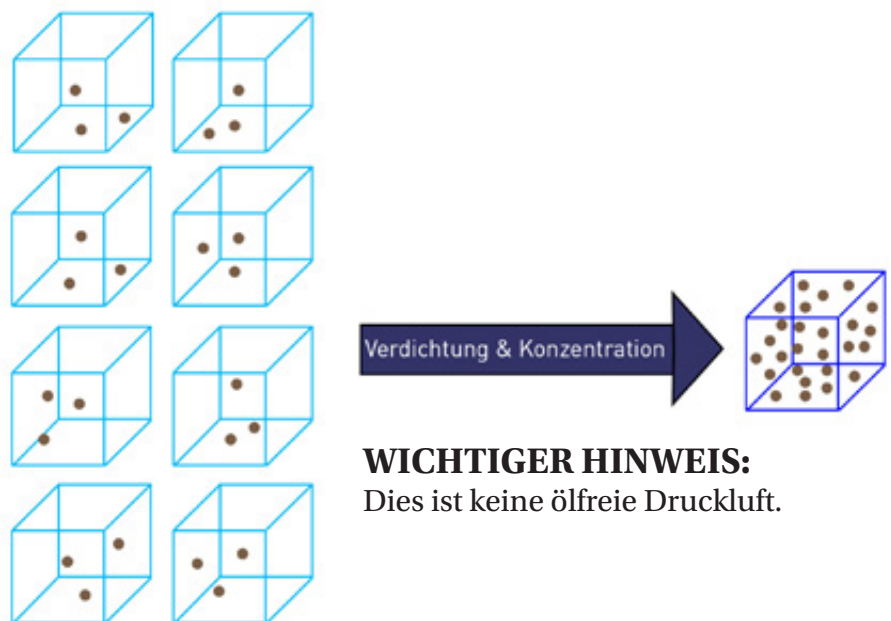
Vielen mögen die Umgebungsluftgehalte an Ölnebel als vernachlässigbar erscheinen. Wenn wir jedoch über Ölnebel in Druckluft reden, müssen wir auch die Auswirkungen der Verdichtung der Luft auf die Umgebungskontamination, die Menge an Luft, die in das Druckluftsystem strömt, und die Betriebsdauer des Kompressors berücksichtigen.

## Verdichtung = Konzentration

Bei der Verdichtung wird die Umgebungsluft in ein kleineres Volumen gepresst. Dies gilt jedoch leider nicht für die Verunreinigungen in der Umgebungsluft, die stattdessen konzentriert werden. Je höher der Druck, auf den die Luft verdichtet wird, desto höher ist die Konzentration der Verunreinigungen.

**Typische von der Druckluftindustrie genannte Werte für Ölnebel in der Umgebungsluft reichen von 0,05 mg/m<sup>3</sup> bis 0,5 mg/m<sup>3</sup>**

**Die aufgezeichneten Werte bestätigen oder übersteigen diese Werte.**



**WICHTIGER HINWEIS:**  
Dies ist keine ölfreie Druckluft.

## Konzentrationsbeispiele

Um die Auswirkungen der Konzentration hervorzuheben, enthält die folgende Tabelle die maximalen Ölnebelkonzentrationswerte pro Stunde von Seite 5 (Mittelwerte aus den über 4 Jahre aufgezeichneten Werten).

### Aufgezeichnete Verunreinigungsgrade in 1 Kubikmeter Umgebungsluft vor der Verdichtung

Druck	Werte aus der Industrie		Aufgezeichnete Umgebungswerte (Mittelwerte über 4 Jahre)			
	Min.	Max.	Auchencorth Moss	Harwell	Eltham	Marylebone Rd
0 bar ü	0,05	0,5	0,29	0,14	0,48	0,67

Die folgende Tabelle zeigt die erhöhten „Ölnebel“-Kontaminationswerte in 1 Kubikmeter *Druckluft* (bei industrietytischen Betriebsdrücken).

### Ölnebel-Kontaminationswerte in 1 Kubikmeter Druckluft

Druck	Werte aus der Industrie		Auswirkungen der Verdichtung bei aufgezeichneten Umgebungswerten			
	Min.	Max.	Auchencorth Moss	Harwell	Eltham	Marylebone Rd
7 bar ü	0,40	4,00	2,32	1,12	3,84	5,36
10 bar ü	0,55	5,50	3,19	1,54	5,28	7,37
13 bar ü	0,70	7,00	4,06	1,96	6,72	9,38
40 bar ü	2,00	20,0	11,6	5,6	19,2	26,8
Alle Konzentrationswerte in mg/m <sup>3</sup>						

### Vernachlässigbare Werte

Gehalte, die in der Umgebungsluft als vernachlässigbar erscheinen mögen, können nach Berücksichtigung der Konzentrationswirkung der Verdichtung nicht mehr ignoriert werden.

### Volumenstrom und Zeit

Ein weiterer wichtiger Faktor ist der Volumenstrom des Luftkompressors. Die meisten betrachten nur die Gehalte pro Kubikmeter Umgebungsluft, vergessen jedoch einzuberechnen, wie viele Kubikmeter pro Stunde der Luftkompressor dem Verteilersystem zuführt. Luftkompressoren arbeiten im Dauerbetrieb und saugen die verunreinigte Luft kontinuierlich an, was die Konzentration der Verunreinigungen fortlaufend erhöht.

### Position des Lufteinlasses des Kompressors

Neben dem Gehalt an Ölnebel in der Umgebungsluft gibt es einen weiteren Faktor zu berücksichtigen: die Nähe des Lufteinlasses des Kompressors zu Parkplätzen und Straßen. Luftkompressoren sind oft nahe an Parkplätzen, Warenumsschlagplätzen oder großen Straßen und Autobahnen aufgestellt. Die Auswirkungen von Fahrzeugverkehr in der Nähe des Lufteinlasses des Kompressors erhöhen die mit schädlichen FOV verbundenen Risiken erheblich, insbesondere, wenn ein Fahrzeug direkt neben dem Lufteinlass parkt oder mit laufendem Motor wartet.



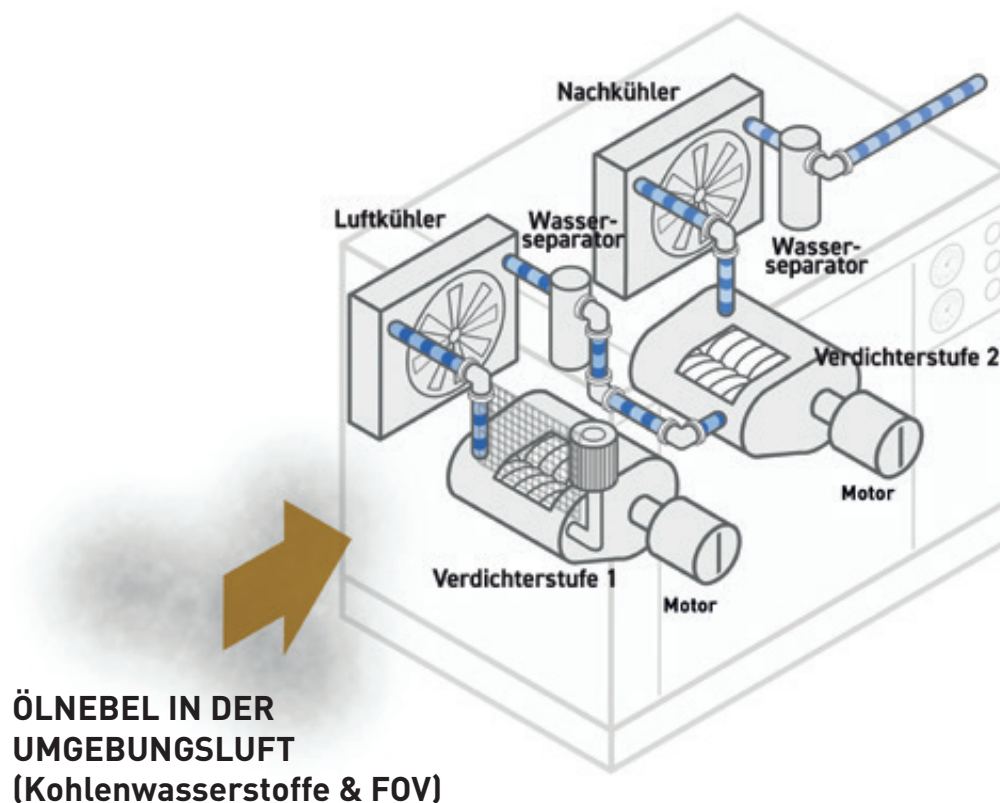
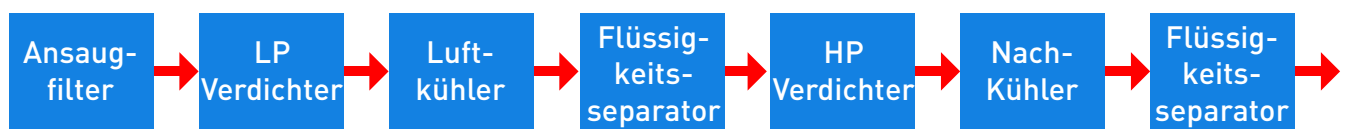
# Verunreinigungsquelle Nr. 2: der Kompressor

## Überblick über die Funktionsweise eines Schraubenkompressors

ölfrei

Der offensichtliche Gedanke ist, dass der Begriff „ölfreier Kompressor“ einen Kompressor bezeichnet, der keinerlei Öl enthält. Leider ist dies bei den meisten ölfreien Kompressoren nicht der Fall. Als ölfreie Kompressoren werden Kompressoren bezeichnet, die in der Verdichterstufe kein Öl verwenden.

### Grundlegende Funktionsweise – ölfreier Schraubenkompressor



### Antrieb

ölfreie Schraubenkompressoren sind in der Regel mehrstufige Kompressoren, die von einem einzelnen Motor angetrieben werden. Dieser Motor treibt ein Getriebe an, das die Kraft an jede Verdichterstufe überträgt. Aktuell sind einige ölfreie Kompressoren erhältlich, bei denen jede Verdichterstufe von einem spezifischen Motor angetrieben wird.

## Verdichtung

Im Gegensatz zu Schraubenkompressoren mit Öleinspritzung, bei denen Öl zur Abdichtung von Freiräumen zwischen den Rotoren und zur Verdichtung verwendet wird, verdichten die ölfreien Varianten die Luft mit anderen Mitteln.

Die Rotorelemente werden als Paare mit extrem geringen Toleranzen gefertigt, um den Abstand zwischen den Rotoren zu minimieren. Im Betrieb drehen sich die Rotoren mit deutlich höheren Geschwindigkeiten als bei einem entsprechenden Kompressor mit Öleinspritzung. Die Rotoren werden oft mit speziellen Beschichtungen versehen, die für einen gewissen Schutz gegen Wasser und Wärme sorgen, der bei Varianten mit Öleinspritzung durch das Öl erzeugt wird.

Die Rotoren laufen in äußerst geringem Abstand zueinander. In der Verdichterstufe befindet sich jedoch kein Öl, das den Kontakt zwischen den Rotoren verhindert; der Abstand zwischen den Rotoren wird durch ein zusätzliches Getriebe aufrechterhalten.

## Kühlung

Da die Verdichtungskammer kein Öl enthält, das für eine direkte Kühlung sorgt, kommt eine indirekte Kühlung zum Einsatz. Die Verdichterstufengehäuse von ölfreien Verdichterstufen enthalten in der Regel Kanäle, in denen Kühlwasser (bei wassergekühlten Maschinen) oder Öl (bei luftgekühlten Maschinen) zirkulieren kann. Dieser Prozess ist nicht so effizient wie die direkte Kühlung, da er nur das Gehäuse und nicht die Druckluft oder die Rotoren kühlt.

Durch das Fehlen der direkten Kühlung erreichen die Druckluft und die Rotoren in einem ölfreien Kompressor deutlich höhere Temperaturen. Bei ölfreien Kompressoren wird der Endförderdruck daher in mehreren Stufen erzeugt (im Gegensatz zu Maschinen mit Öleinspritzung, die in der Regel nur eine Stufe verwenden). Zwischen den Stufen wird die Druckluft von einem Zwischenkühler gekühlt. Auf diese Weise werden die Temperaturen in den Verdichterstufen in der Regel zwischen 180 °C und 200 °C gehalten.

*Nehmen wir als Beispiel einen typischen ölfreien Schraubenkompressor mit zwei Verdichterstufen, einem Zwischenkühler und einem Nachkühler. Die 1. Stufe verdichtet die Luft typischerweise auf einen Druck von etwa 3,5 bar ü, die 2. Stufe auf den Förderdruck von 7 bar ü.*

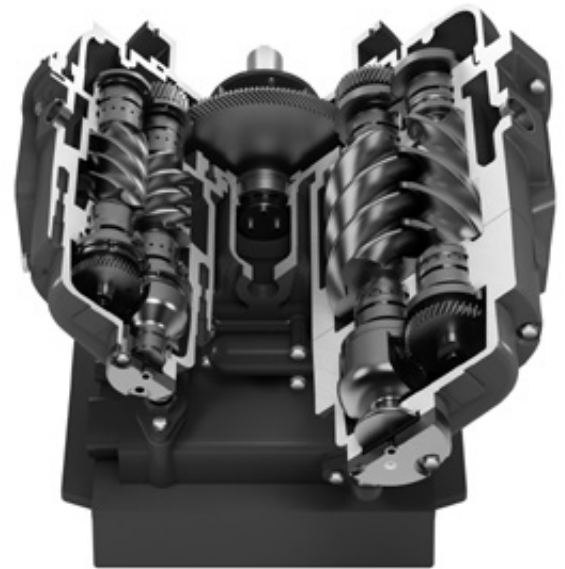
## Schmierung

Bei einem ölfreien Schraubenkompressor ist es nicht nur wichtig, dass die einzelnen Rotoren in jeder Verdichterstufe mithilfe von Zahnrädern synchronisiert werden. Mit nur einem Antriebsmotor ist ein zusätzliches Getriebe erforderlich, um die verschiedenen Verdichterstufen anzutreiben. Alle Zahnräder und Lager müssen geschmiert werden.

Obwohl die Bezeichnung nahelegt, dass ein ölfreier Kompressor kein Öl enthält, ist dies bei den meisten ölfreien Kompressoren auf dem Markt nicht der Fall. In den Verdichterstufen wird zwar kein Öl verwendet, zur Schmierung und Kühlung anderer Komponenten wird dennoch Öl benötigt. Dieses Öl wird um den Kompressor herumgepumpt und bildet ein geschlossenes System, das Lager und Zahnräder schmiert sowie gefiltert, gekühlt und umgewälzt wird.

## Ölrückgewinnung (Luft/Öl-Abscheider)

Da in der Verdichterstufe kein Öl zum Einsatz kommt, wird bei einem ölfreien Kompressor kein Luft/Öl-Abscheider benötigt.



# Überblick über die Funktionsweise eines Schraubenkompressors

## Ölfrei

### Ölverschleppung (aus der Umgebungsluft)

Es wird oft angenommen, dass ein ölfreier Kompressor ölfreie Druckluft erzeugt (da er zur Verdichtung der Luft kein Öl verwendet). Leider trifft dies nicht zu.

Ölnebel in der Umgebungsluft werden in den Kompressoreinlass eingesaugt, verdichtet und konzentriert. Der konzentrierte Ölnebel gelangt dann in das Druckluft-Verteilungssystem, wo er abkühlen und kondensieren kann. Dies führt zum Vorhandensein von Ölverunreinigungen (in einer Flüssig-, Aerosol- und Dampfphase).

Der Ölgehalt in der Druckluft in den nachgeordneten Komponenten eines ölfreien Kompressors hängt primär von der Qualität der Umgebungsluft ab.

Die Tabelle auf der rechten Seite zeigt die erhöhten „Ölnebel“-Kontaminationswerte in 1 Kubikmeter Druckluft (bei industrietypischen Betriebsdrücken).

Zusätzlich befinden sich Kompressoreinlässe oft in Industriegebieten und/oder in der Nähe von Parkplätzen und Straßen, in denen die Kontaminationswerte deutlich höher sein können. Das Ergebnis sind höhere Konzentrationen nach der Verdichtung.



Druck	Werte aus der Industrie	
	Min.	Max.
Umgebung	0,05	0,50
7 bar ü	0,40	4,00
10 bar ü	0,55	5,50
13 bar ü	0,70	7,00
40 bar ü	2,00	20,0

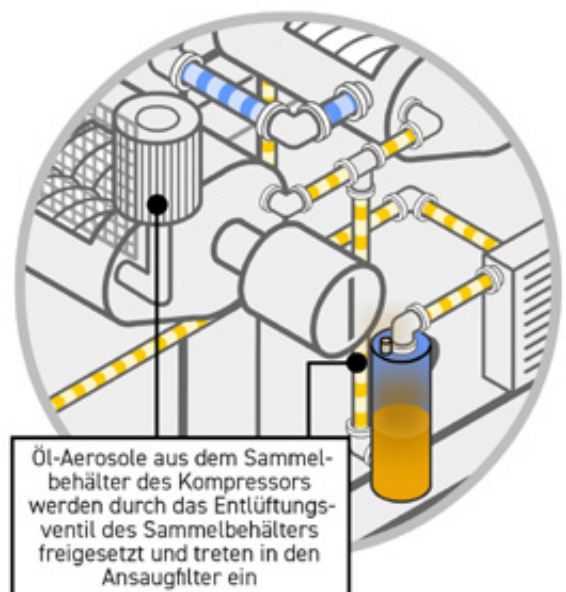
Alle Konzentrationswerte in mg/m<sup>3</sup>

### Ölverschleppung (durch den Kompressor)

Das im geschlossenen System des ölfreien Kompressors zur Kühlung und Schmierung der Lager und Zahnräder verwendete Öl erwärmt sich und verdampft im Betrieb.

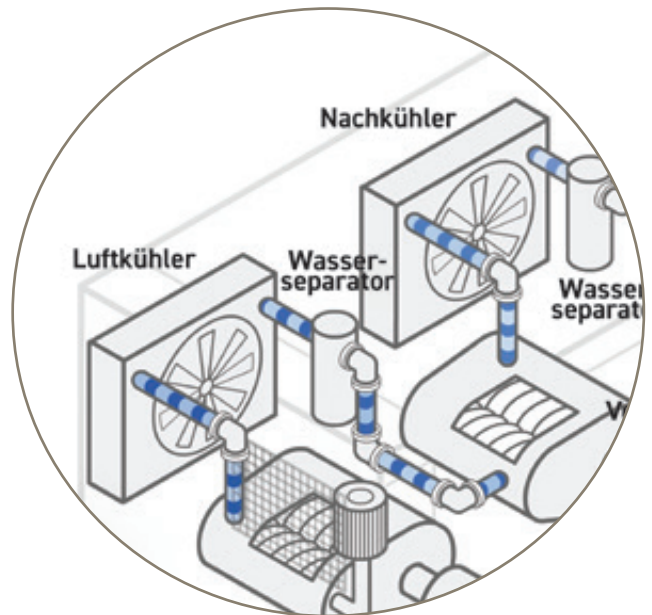
Der Kompressor ist mit einem einfachen „EntlüftungsfILTER“ versehen, um einen Überdruck im Ölkreislauf zu vermeiden.

Dieser EntlüftungsfILTER ermöglicht den Austritt von Aerosolen und Dämpfen in das Gehäuse, sodass sie in den Kompressoreinlass eingesaugt werden. Dies erhöht wiederum den Gehalt an Ölverunreinigungen im nachgeschalteten System.



## Zwischenkühlung/Nachkühlung

Da die direkte Kühlung durch Öl entfällt, verwenden ölfreie Kompressoren in der Regel zwei Verdichterstufen. Zwischen den beiden Stufen befindet sich ein Zwischenkühler, der die Luft abkühlt. Die Luft tritt dann in die zweite Verdichterstufe ein, wo sie sich infolge der Verdichtung erneut erwärmt. Vor dem Austritt aus dem Kompressor wird die Luft durch einen Nachkühler geleitet, um auf gebrauchsfähige Temperaturen abgekühlt zu werden.

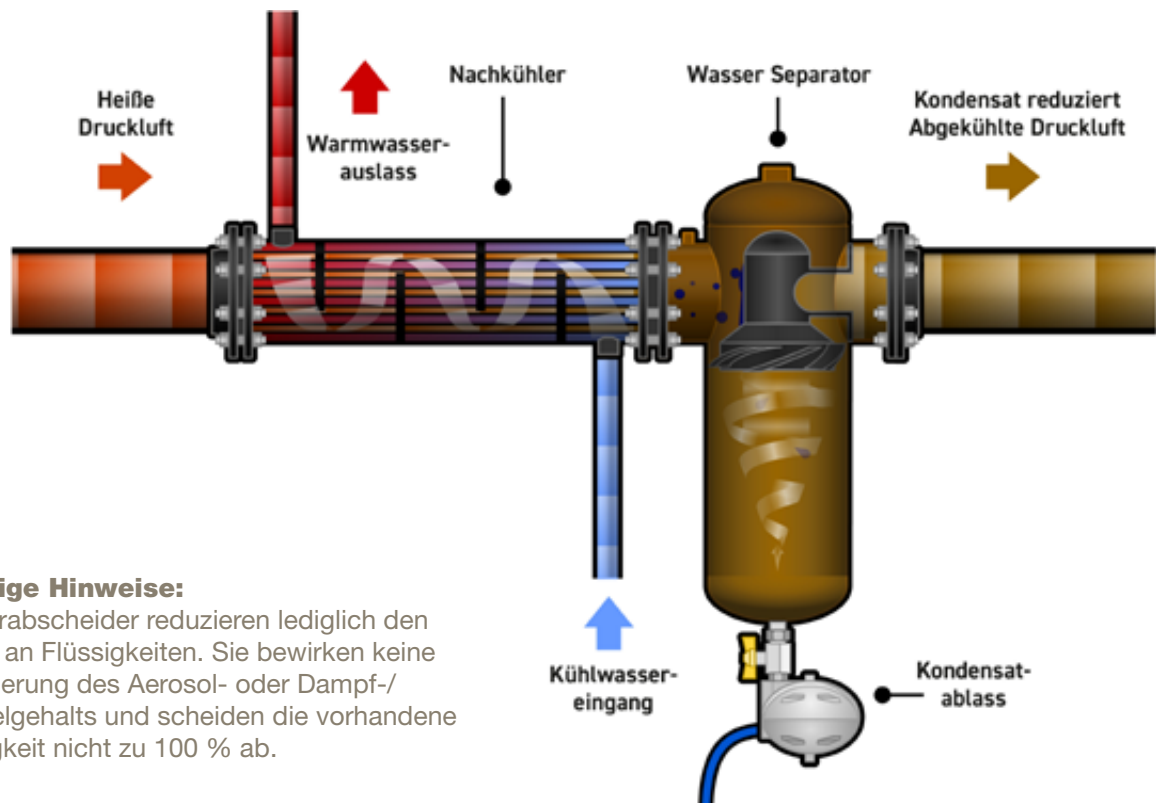


## Einleitung von Flüssigkeiten und Aerosolen

Während der Zwischenkühler und der Nachkühler die Druckluft kühlen, reduzieren sie die Fähigkeit der Luft, Wasserdampf und Ölnebel zu binden. Durch die Kühlung kondensiert der Dampf zu flüssigem Wasser und der Nebel zu flüssigem Öl, die in der Luft mit hoher Geschwindigkeit mitgeschleppt werden. Raue Oberflächen im Inneren der Rohrleitungen, Biegungen, Bögen, Verschraubungen usw. stören den Strom der kondensierten Flüssigkeiten. Diese Störungen führen zum „Scheren“ oder Zerstäuben der kondensierten Flüssigkeiten und erzeugen feine Wasser- und Öltröpfchen oder -aerosole.

## Reduzierung des Flüssigkeitsgehalts

Viele Luftkompressoren verfügen am Zwischenkühler und am Auslass des Nachkühlers über einen integrierten Wasserabscheider, um den Flüssigkeitsgehalt der Luft zu reduzieren. Manche Kompressorausführungen verwenden zur Reduzierung des Flüssigkeitsgehalts einen externen Wasserabscheider oder einen Luftbehälter für feuchte Luft.



## Wichtige Hinweise:

Wasserabscheider reduzieren lediglich den Gehalt an Flüssigkeiten. Sie bewirken keine Reduzierung des Aerosol- oder Dampf-/Ölnebelgehalts und scheiden die vorhandene Flüssigkeit nicht zu 100 % ab.

# Anwendung internationaler Normen zur Spezifikation von ölfreier Druckluft

## ISO 8573-Reihe

Die Normen der ISO 8573-Reihe sind die gängigsten Normen für Druckluft. Die Normenreihe besteht aus neun Teilen: Teil 1 bezieht sich auf die Luftreinheit (Qualität), während die Teile 2 bis 9 Angaben zur Ausrüstung und Methodik für die Messung der verschiedenen Verunreinigungen in einem Druckluftsystem (und zur Erfüllung der Luftreinheitsklassifizierungen in Teil 1) enthalten.

## ISO 8573-1 – internationale Norm für die Reinheit von Druckluft

Die Norm ISO 8573-1 bietet dem Anwender ein Verfahren zur Festlegung der erforderlichen Luftreinheit (Qualität) für das gesamte Druckluftsystem oder einzelne Einsatzstellen (basierend auf den Anforderungen für die Anwendung). Sie ermöglicht es Geräteherstellern außerdem, die Produktleistung anzugeben und Aufbereitungssysteme zur Erfüllung der Luftreinheitspezifikation von Endanwendern zu spezifizieren.

In der Norm ISO 8573-1 sind Verunreinigungen in Druckluft als Feststoffpartikel, Wasser und Gesamtölgehalt klassifiziert (Teil 2 bis 9 der ISO 8573 betrachten Prüfverfahren nach Phasen, d. h. Wasser als Flüssigkeit oder Dampf sowie Öl als Flüssigkeit, Aerosol oder Dampf). Verschiedene Verunreinigungsgrade werden dann „Reinheitsklassen“ zugeordnet. Bei Anwendung der Norm ISO 8573-1 zur Festlegung der erforderlichen Luftqualität an der Verwendungsstelle ist die Spezifikation wie folgt anzugeben:

Zuerst ist die Norm (ISO 8573-1) und dann das Jahr (die Fassung) zu nennen, danach sind die Reinheitsklassen (durch einen Doppelpunkt getrennt) anzugeben, z. B. ISO 8573-1:2010 [A:B:C]

Hierbei gilt:

A ist die Reinheitsklasse für Feststoffpartikel

B ist die Reinheitsklasse für Feuchtigkeit (Dampf) und flüssiges Wasser

C ist die Reinheitsklasse für den Gesamtölgehalt (Aerosol, flüssig und Nebel)

## Druckluft-Reinheitsklassen

ISO 8573-1:2010 KLASSE	Feststoffpartikel			Massekonzentration mg/m <sup>3</sup>	Wasser		Öl Gesamtölgehalt (Aerosol, flüssig und Nebel) mg/m <sup>3</sup>
	Maximale Partikelanzahl pro m <sup>3</sup>				Drucktaupunkt Dampf	Flüssigkeit in g/m <sup>3</sup>	
	0,1 bis 0,5 µm	0,5 bis 1 µm	1 bis 5 µm				
0	Gemäß Festlegung durch den Gerätenutzer, strengere Anforderungen als Klasse 1						
1	≤ 20.000	≤ 400	≤ 10	–	≤ -70 °C	–	0,01
2	≤ 400.000	≤ 6000	≤ 100	–	≤ -40 °C	–	0,1
3	–	≤ 90.000	≤ 1000	–	≤ -20 °C	–	1
4	–	–	≤ 10.000	–	≤ +3 °C	–	5
5	–	–	≤ 100.000	–	≤ +7 °C	–	–
6	–	–	–	≤ 5	≤ +10 °C	–	–
7	–	–	–	5–10	–	≤ 0,5	–
8	–	–	–	–	–	0,5–5	–
9	–	–	–	–	–	5–10	–
X	–	–	–	> 10	–	>10	>10

# Klasse Null/Klasse 0

## Was bedeutet das?

Nahezu alle ölfreien Schraubenkompressoren werden unter der Bezeichnung „Klasse 0“ vertrieben. Doch was bedeutet das?

Klasse 0 (oder Klasse Null) ist ein Verweis auf die Luftreinheitsklassifizierung nach der Norm ISO 8573-1, obwohl dies nicht immer ausdrücklich angegeben wird. Sie wird auch oft als Klassifizierung für die Kontamination mit „Öl“ verwendet, kann jedoch faktisch auch auf Feststoffpartikel und Wasser angewendet werden.

In der ursprünglichen Fassung der ISO 8573-1 war jeder Verunreinigungsart (Feststoffpartikel/Wasser/Gesamtölgehalt) ein Wert zugeordnet. Im Jahr 2001 wurde die Norm jedoch aktualisiert und die Klasse 0 wurde für alle 3 Verunreinigungsarten übernommen (was bis zur Aktualisierung in 2010 beibehalten wurde). Sie wurde als „anpassbare“ Spezifikation für Anwender und Hersteller für den Fall eingeführt, dass die erforderliche Luftreinheit (Anwender) oder gelieferte Luftqualität (für Gerätehersteller) strenger (sauberer) als Klasse 1 sein sollte.

ISO 8573-1:2010 KLASSE	Feststoffpartikel			Wasser		Öl	
	Maximale Partikelanzahl pro m <sup>3</sup>			Massenkonzentration mg/m <sup>3</sup>	Drucktaupunkt Dampf	Flüssigkeit in g/m <sup>3</sup>	Gesamtölgehalt (Aerosol, flüssig und Nebel)
	0,1 bis 0,5 µm	0,5 bis 1 µm	1 bis 5 µm				mg/m <sup>3</sup>
0	Gemäß Festlegung durch den Gerätenutzer, strengere Anforderungen als Klasse 1						
1	≤ 20.000	≤ 400	≤ 10	–	≤ -70 °C	–	0,01
2	≤ 400.000	≤ 6000	≤ 100	–	≤ -40 °C	–	0,1

Leider wird die Klassifizierung ISO 8573-1 Klasse 0 oft missverstanden und/oder auf Luftkompressoren und Aufbereitungsprodukte falsch angewendet. Es ist wichtig, Folgendes zu berücksichtigen:

- Klasse 0 bedeutet nicht, dass keinerlei Verunreinigungen zulässig sind.
- Klasse 0 bedeutet nicht, dass die Luft ölfrei ist.
- Klasse 0 bezieht sich nicht ausschließlich auf Ölverunreinigungen.
- Eine Spezifikation der Klasse 0 muss „sauberer“ als die Spezifikation der Klasse 1 für die ausgewählte Verunreinigungsart sein.
- Die für eine Spezifikation der Klasse 0 angegebenen Verunreinigungsgrade müssen außerdem innerhalb des Messbereichs der in der Norm ISO 8573 Teil 2 bis 9 angegebenen Prüfmittel und -verfahren liegen.
- Die Spezifikation für die Klasse 0 muss eindeutig angeben, auf welche Verunreinigung sie sich bezieht.
  - z. B. „Feststoffpartikel“, „Wasser“ oder „Gesamtölgehalt (in Aerosolform, flüssig oder als Nebel)“
- Bei Klasse 0 muss der Anwender oder der Gerätehersteller im Rahmen einer schriftlichen Spezifikation einen Verunreinigungsgrad angeben.

### Beispiel einer ordnungsgemäß verfassten Spezifikation für die Klasse 0

*„Bei Vorschaltung von OIL-X Universal-Koaleszenzfiltern Grad AO und Hochleistungs-Koaleszenzfiltern Grad AA liefern OIL-X Adsorptionsfilter Grad OVR eine Luftqualität gemäß ISO 8573-1:2010 Klasse 0 (≤ 0,003 mg/m<sup>3</sup>) für den Gesamtölgehalt (Ölaerosol und Ölnebel).“*

- Die vereinbarte Spezifikation der Klasse 0 muss normkonform schriftlich auf allen Dokumenten vermerkt werden.
- Die Angabe der Klasse 0 ohne die begleitende Spezifikation der Verunreinigung ist gegenstandslos und entspricht nicht den Anforderungen der Norm.

# „Ölfreie“ Druckluft

Was bedeutet „ölfrei“ und wie lässt sich das erreichen?

## „Ölfreie“ Druckluft

Der Begriff „ölfrei“ impliziert „Druckluft ohne jegliches Öl“ oder „Druckluft ohne Spuren von Öl“. Es ist ein irreführender Begriff, der in der Praxis schwer belegt oder gewährleistet werden kann.

## Präzise Messung von Öl in Druckluft

Es ist schlichtweg nicht möglich, das vollständige Nichtvorhandensein von Öl in Druckluft zu messen und anzugeben, dass Druckluft „ölfrei“ ist. Dies wird durch eine Betrachtung der einschlägigen ISO 8573-Normen bestätigt. Die Messung des „Gesamtölgehalts“ in Druckluft erfordert, dass der Anwender eine Prüfung auf Ölaerosol und Ölnebel gemäß der Methodik und mit den Prüfmitteln durchführt, die in den Normen ISO 8573-2 bzw. ISO 8573-5 aufgeführt sind, und die Ergebnisse kombiniert. Die Genauigkeitsgrenze für die Messung des „Gesamtölgehalts“ beträgt  $0,003 \text{ mg/m}^3$ .



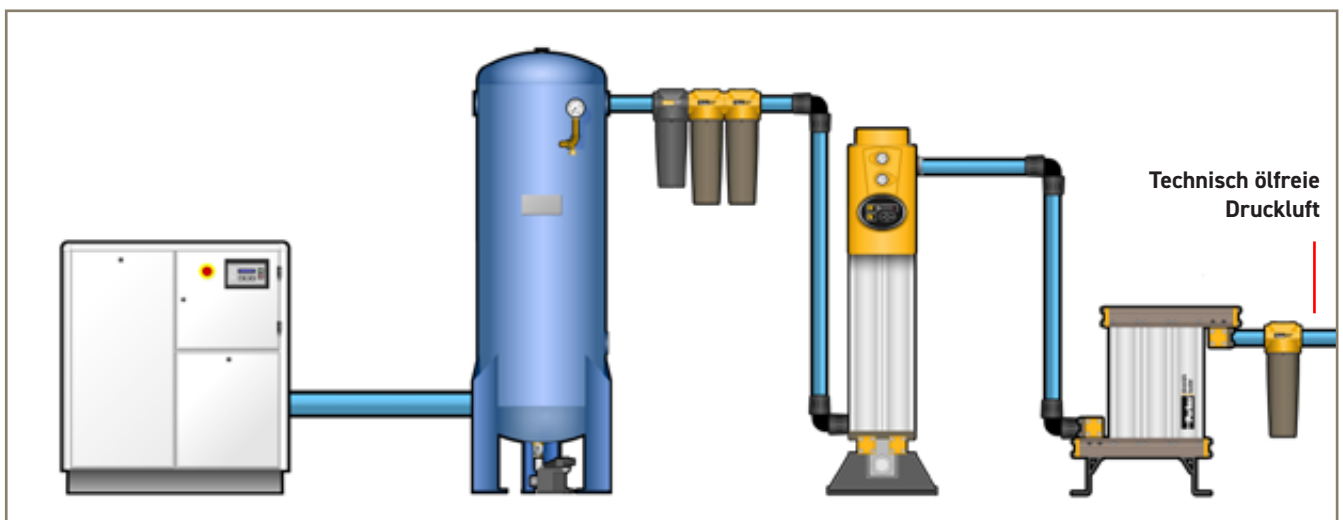
# „Technisch ölfreie Druckluft“

## Was ist „Technisch ölfreie Druckluft“?

„Technisch ölfreie Druckluft“ ist der Begriff, der für Druckluft verwendet wird, die zur Reduzierung des Gehalts an flüssigem Öl, Ölaerosol und Ölnebel auf extrem niedrige (jedoch messbare) Werte aufbereitet wurde.

Er wird manchmal verwendet, um eine mindere Qualität von Druckluft im Vergleich zur sogenannten „ölfreien“ Druckluft zu implizieren, die von einem ölfreien Kompressor erzeugt wird. Tatsächlich bietet aufbereitete Luft jedoch eine höhere Qualität.

Technisch ölfreie Druckluft kommt ölfreier Druckluft so nahe wie möglich: Es lassen sich Gesamtölgehalte von lediglich  $0,003 \text{ mg/m}^3$  erzielen.

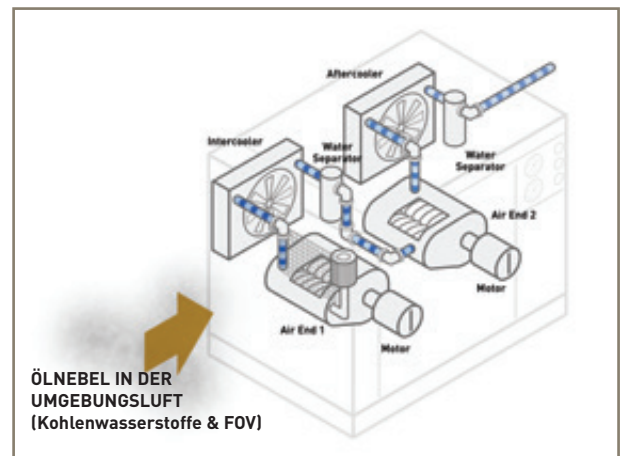


# Können ölfreie Kompressoren ohne Aufbereitungssystem ölfreie Druckluft gewährleisten?

Eindeutig nicht. Sehen wir uns die Fakten bezüglich Öl in Druckluftsystemen an.

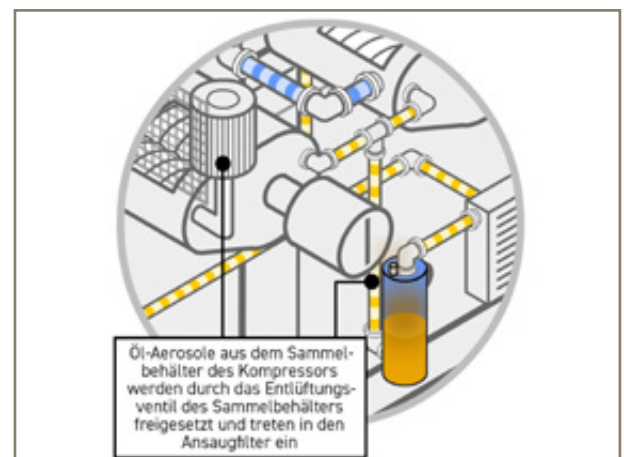
## Kontamination der Umgebungsluft:

Luftkompressoren saugen kontinuierlich große Mengen Umgebungsluft an und verdichten sie. Die Umgebungsluft enthält unter anderem Verunreinigungen in Form von Öl in einer Dampfphase (Kohlenwasserstoffe und FOV). Die Luft wird verdichtet, die Verunreinigungen jedoch nicht, sodass sie konzentriert werden. Auch wenn der Ölnebelgehalt in der Druckluft niedrig war, ist die Konzentration in der Druckluft höher. Ohne Aufbereitung kann sich der Ölnebel im Druckluftsystem und an der Verwendungsstelle abkühlen und kondensieren, sodass in der Anwendung Öl in einer flüssigen, Aerosol- und Dampfphase entsteht.



## Kontamination durch den ölfreien Kompressor:

Die meisten ölfreien Kompressoren sind mitnichten „ölfrei“, sondern verwenden Öl zur Schmierung von Getrieben und Lagern. Obwohl das Öl nicht in den Verdichterstufen verwendet wird, kann es in die Druckluft gelangen. Ölsysteme müssen entlüftet werden und der Entlüftungsfiter des Kurbelgehäuses kann nicht verhindern, dass Öl in einer Dampfphase in den Kompressoreinlass gelangt. Der Kompressor ist außerdem mit Lagerdichtungen versehen. Wenn Dichtungen altern oder verschleifen, kann das Öl austreten und in den Druckluftstrom gelangen.



## Im Verteilerleitungssystem bereits enthaltene Verunreinigungen:

Auch wenn wir annehmen, dass die aus dem Kompressor ausgestoßene Druckluft vollständig ölfrei ist (was nicht der Fall ist), kann nicht garantiert werden, dass dies auch an der Verwendungsstelle der Fall ist. In Leitungssystemen sammeln sich Schmutzstoffe einschließlich von Öl an und selbst nach der Installation eines neuen Kompressors und Aufbereitungssystems können in Anwendungen Verunreinigungen vorhanden sein, wenn die Druckluft nicht an der Verwendungsstelle aufbereitet wird. Wenn für eine Anwendung Druckluft der ISO 8573-1 Klasse 1 oder Klasse 0 für den Gesamtölgehalt benötigt wird, ist es sinnvoller (und oft kostengünstiger), diese an der Verwendungsstelle anstatt im Kompressorraum bereitzustellen.



# ölfreier Kompressor oder technisch ölfreie Druckluft?

Was sollte ich spezifizieren, um meine Produkte und Prozesse sowie den Ruf meiner Marke zu schützen?

Es gibt zahlreiche Produktionsstätten, in denen Druckluft direkt oder indirekt mit Produktionsanlagen, Produkten oder Verpackungsmaterialien in Berührung kommt (insbesondere in der Lebensmittel-, Getränke-,

Pharma- und Elektronikindustrie). In diesen Fällen können Verunreinigungen aus nicht aufbereiteter Druckluft erhebliche Folgen für die Produktqualität, die Verbrauchersicherheit und den Markenruf haben.

## Häufige Fehler im Zusammenhang mit Spezifikationen

Nicht selten bestehen Hersteller und Prüfer in diesen Branchen darauf, dass ein „ölfreier“ Kompressor oder ein Kompressor der „Klasse 0“ installiert wird. Dies geschieht oft in der irrigen Annahme, dass ein ölfreier Kompressor ölfreie oder verunreinigungsfreie Druckluft gewährleistet.

## Verlagerung von Kosten

Bei diesen Spezifikationen werden außerdem oft die Anforderungen an die Filtration der Druckluft gesenkt (oder es wird ganz darauf verzichtet), da man glaubt, dass die vom ölfreien Kompressor erzeugte Druckluft weniger oder gar keine Verunreinigungen enthält. Dies erfolgt auch häufig, um die zusätzlichen Kosten für den ölfreien Kompressor auszugleichen.

Die Umstellung eines Prozesses auf einen ölfreien Kompressor kann zu hohen, oft zunächst verdeckten Kosten führen. Und die vor allem selbstauferlegt sind: Es gibt keine Gesetze oder Normen für jegliche Branche, die vorgeben, dass nur ölfreie Kompressoren installiert werden dürfen.

## Richtig spezifizieren

Was spezifiziert werden sollte, ist „technisch ölfreie Druckluft“, d. h. ISO 8573-1:2010 Klasse 1 für den Gesamtölgehalt oder ISO 8573-1:2010 Klasse 0 (0,003 mg/m<sup>3</sup>) für den Gesamtölgehalt.

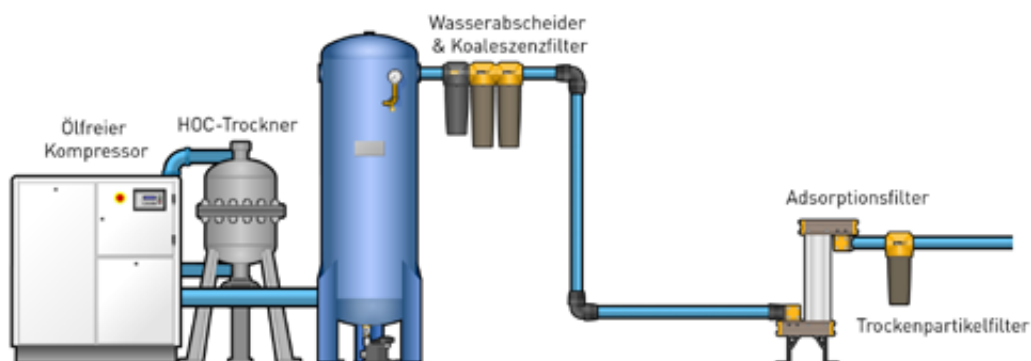
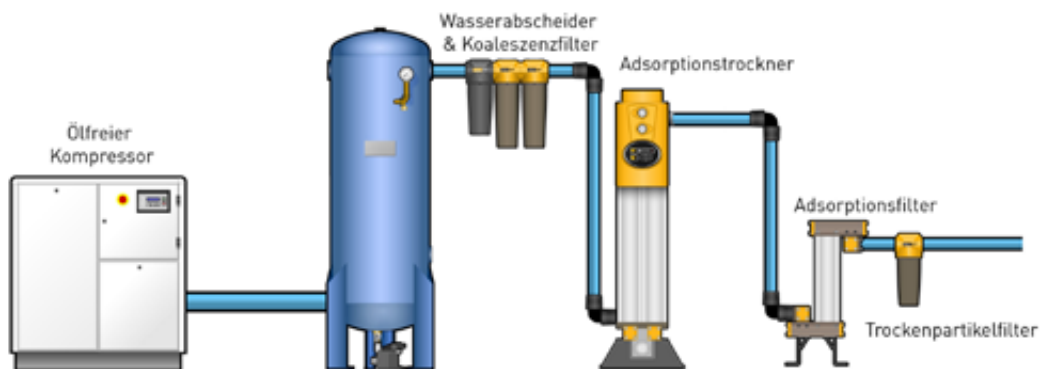


# Wie erzeugt man „technisch ölfrei“ Druckluft?

Wenn Anwender bei Verwendung eines ölfreien Kompressors dieselbe „technisch ölfrei“ Druckluft gemäß ISO 8573-1:2001 oder ISO 8673-1:2010, Klasse 0 oder Klasse 1 für den Gesamtölgehalt erreichen möchten, müssen dem Kompressor Aufbereitungskomponenten nachgeschaltet werden.

Die Installation von Aufbereitungskomponenten wie Flüssigkeitsabscheider, Koaleszenzfilter und Adsorptionsfilter stellt die Abscheidung des vom Kompressor angesaugten Ölnebels sicher (einschließlich des Ölnebels, der zu flüssigem Öl und Ölaerosolen kondensiert).

Zusätzlich entfernen sie weitere Verunreinigungen aus der Druckluft.

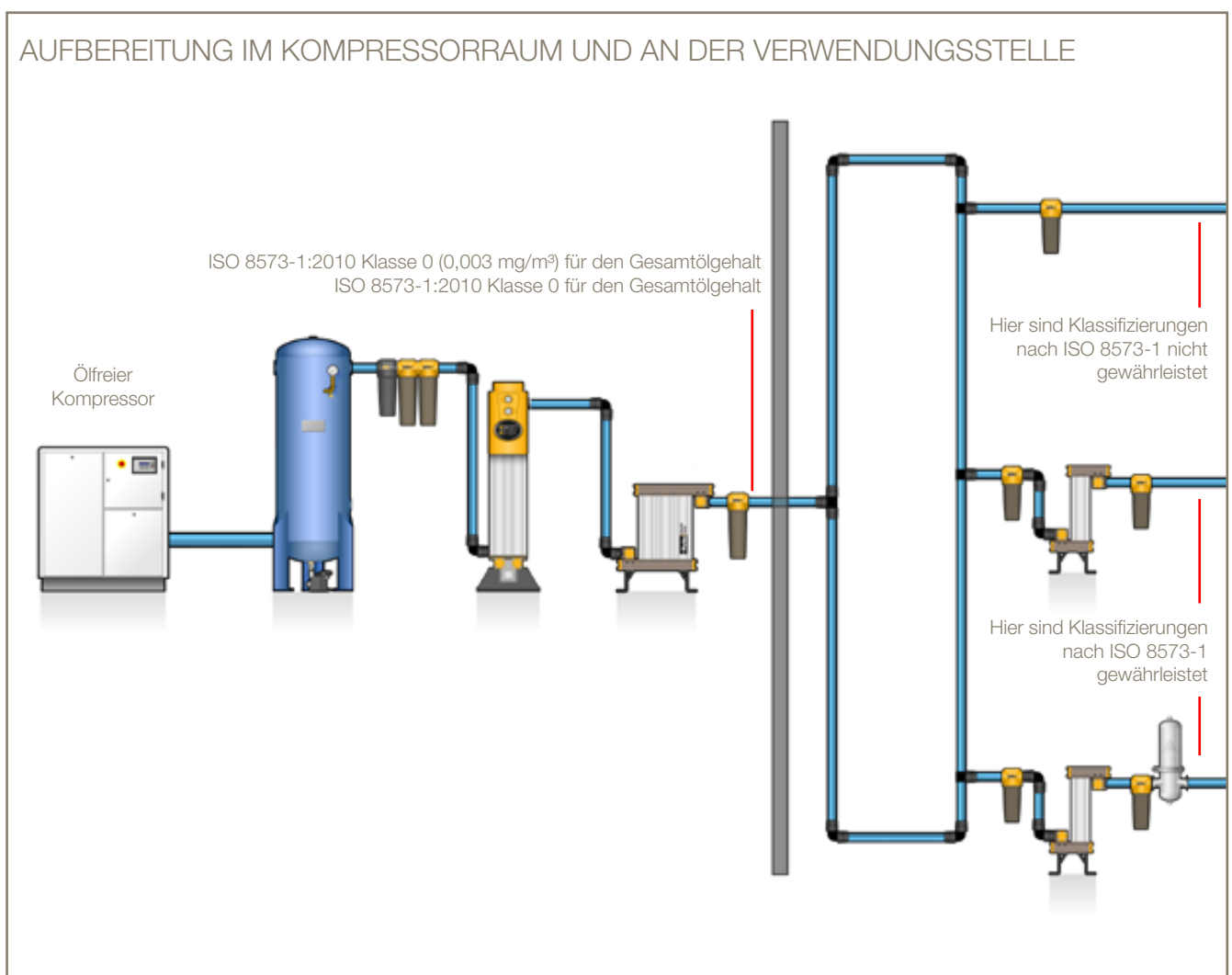


# Wo „technisch ölfreie“ Druckluft spezifiziert werden sollte

Wo sollte ich meine höchsten Anforderungen an die Luftqualität spezifizieren, im Kompressorraum oder an der Verwendungsstelle?

Die Erzeugung „technisch ölfreier Druckluft“ erfordert einen sorgfältigen Ansatz für die Auslegung des Systems. Spezifikationen für die Luftqualität sollten darauf abzielen, die Luft im Kompressorraum aufzubereiten (auf eine Qualität,

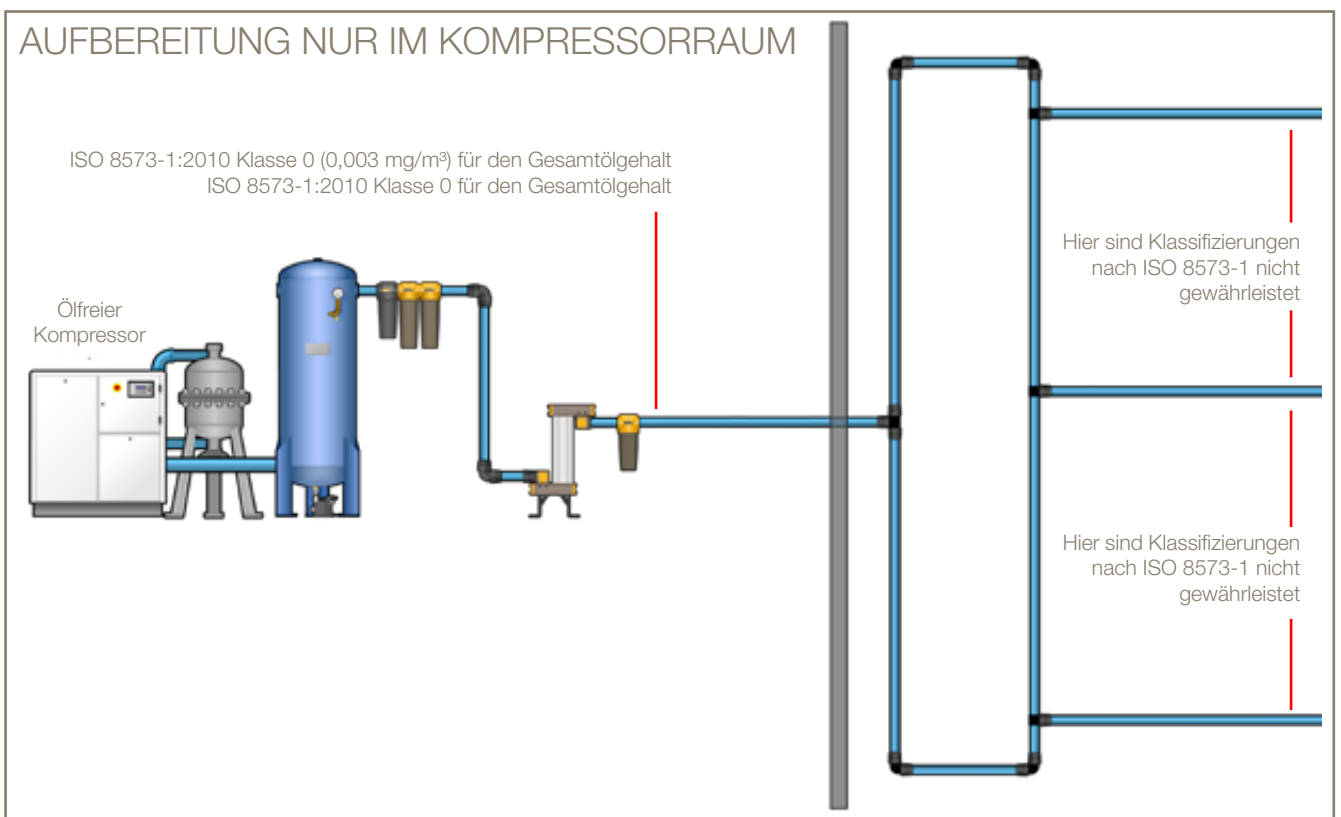
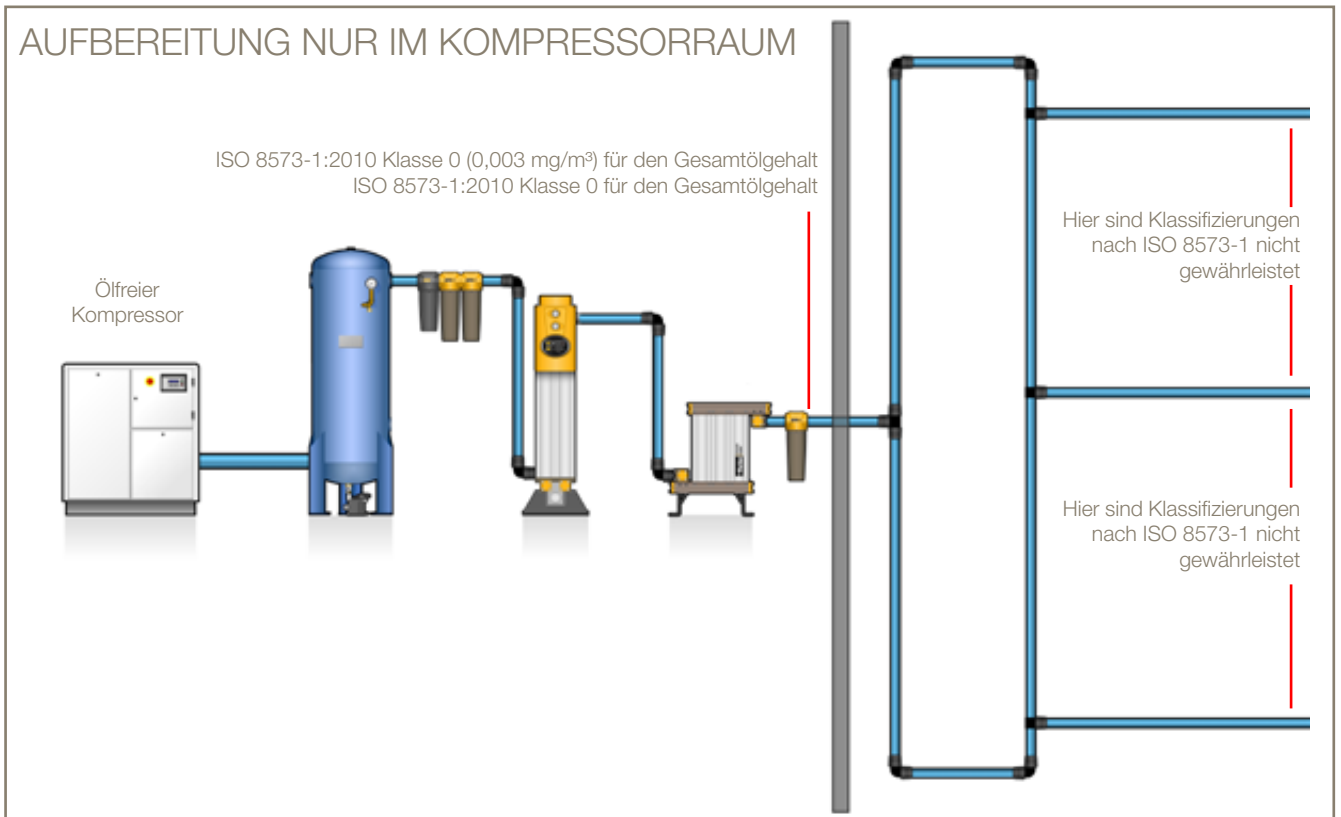
die die Prozessleitungen vor Kontamination schützt und die Erzeugung von Luft für allgemeine Zwecke ermöglicht) sowie eine zusätzliche Aufbereitung an jeder Verwendungsstelle vorsehen (um kritische Anwendungen zu schützen).



Wichtiger Hinweis: Die Luftreinheit im Kompressorraum kann der gewünschten Luftreinheit an der Verwendungsstelle entsprechen (wie oben gezeigt) oder geringer spezifiziert werden und mittels Aufbereitungsanlagen an der Verwendungsstelle auf die gewünschte Spezifikation gebracht werden.

Bei einer Aufbereitung ausschließlich im Kompressorraum kann die Druckluft Verunreinigungen im Leitungssystem aufnehmen (einschließlich Öl, Partikel

und Mikroorganismen). Die spezifizierte ISO-Luftqualität bezieht sich in diesem Fall lediglich auf den letzten Filter und nicht auf die Verwendungsstelle.



# Es geht nicht um Öl

Öl in einem Druckluftsystem ist für den Anwender nicht das größte Problem. Druckluftsysteme enthalten mindestens 10 Verunreinigungen, die eine Behandlung erfordern und aus verschiedenen Quellen stammen (nicht nur aus dem Kompressor).

## Arten und Quellen von Verunreinigungen in einem Druckluftsystem

### Atmosphärische Verunreinigungen, die in den Kompressor gelangen

- Mikroorganismen
- Wasserdampf
- Atmosphärische Partikel
- Ölnebel (Kohlenwasserstoffe & FOV)
- Sonstige gasförmige Verunreinigungen



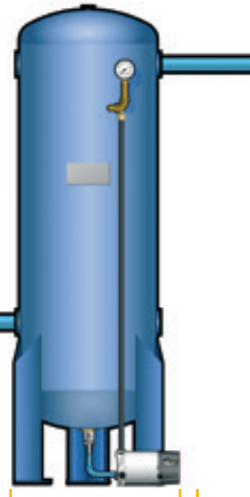
Verunreinigungsquelle  
Nr. 1  
Umgebungsluft

### Durch den Kompressor verursachte Verunreinigungen

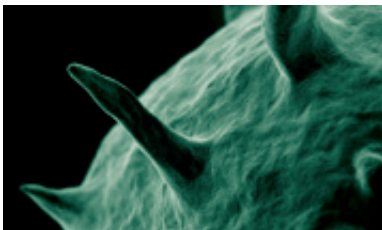
- Wasseraerosole
- Kondensiertes flüssiges Wasser
- Flüssiges Öl und Ölaerosole
- Ölnebel



Verunreinigungsquelle  
Nr. 2  
Der Kompressor



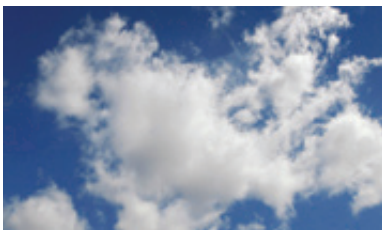
Verunreinigungsquelle  
Nr. 3  
Der Luftbehälter



### Mikroorganismen

Die Umgebungsluft kann bis zu 100 Millionen Mikroorganismen pro Kubikmeter enthalten. Aufgrund ihrer geringen Größe gelangen Bakterien, Viren, Pilze und Sporen durch die Ansaugfilter und in das Druckluftsystem. Die warme, feuchte Umgebung innerhalb des Luftbehälters und der

Verteilungsleitungen bietet eine ideale Umgebung für deren schnelles Wachstum. Mikroorganismen können sich in Kompressorkondensat stark vermehren, sodass bei der Ableitung von Kondensat Vorsicht geboten ist.



### Wasserdampf

Wasser gelangt in Form von Dampf (oder Gas) in das Druckluftsystem. Die Fähigkeit der Luft, Wasserdampf zu binden, variiert je nach Druck und Temperatur. Je höher die Temperatur, desto mehr Wasserdampf kann die Luft binden; je höher der Druck, desto größer die Wasserdampfmenge.

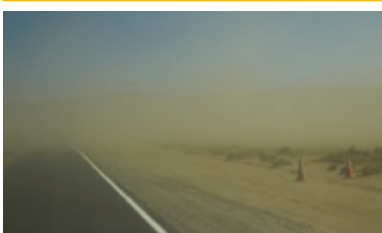
Wenn Umgebungsluft verdichtet wird, steigt die Temperatur der Luft an, die nun mehr Wasserdampf halten kann.



### Ölnebel

Fahrzeugabgase und ineffiziente industrielle Prozesse führen zur Verunreinigung der Umgebungsluft mit Ölnebel. Die typischen Konzentrationen in der Umgebungsluft mögen gering erscheinen (0,05 bis 0,5 mg pro Kubikmeter). Die in Druckluft gemessenen Werte fallen jedoch nach der Verdichtung, bei der die Verunreinigungen kon-

zentriert werden, deutlich höher aus. In einem Druckluftsystem kann Ölnebel Inhaltsstoffe verunreinigen sowie einen öligen Geruch auf fertigen Produkten und Verpackungen hinterlassen. Durch die Kühlung kann Ölnebel außerdem zu flüssigem Öl kondensieren und Ölaerosole bilden.



### Atmosphärische Partikel

Die Umgebungsluft in industriellen und städtischen Umgebungen enthält in der Regel 140 bis 150 Millionen Schmutzpartikel pro Kubikmeter. 80 % dieser Partikel sind kleiner als 2 µm und

damit zu klein, um vom Luftansaugfilter des Kompressors aufgefangen zu werden, sodass sie ungehindert in das Druckluftsystem gelangen.

Umgebungsluft enthält zahlreiche unsichtbare Verunreinigungen, die ebenfalls in den Lufteinlass des Kompressors eingesaugt werden. Sobald sie sich im Druckluftsystem befinden, verändern viele der Schadstoffe aus der Umgebungsluft ihre Phase, was zur Bildung von weiteren Verunreinigungen führt.

#### Verunreinigungen, die durch den Druckluftbehälter und die Verteilerleitungen eingeleitet werden

- Rost
- Abrieb

#### Summe der Verunreinigungen, die in das Druckluft-Verteilersystem gelangen

- Mikroorganismen
- Wasserdampf
- Atmosphärische Partikel
- Ölnebel (Kohlenwasserstoffe & FOV)
- Wasseraerosole
- Kondensiertes flüssiges Wasser
- Flüssiges Öl
- Ölaerosole
- Rost
- Abrieb

#### Verunreinigungsquelle Nr. 4 Die Verteilerleitungen



#### Flüssiges Wasser und Wasseraerosole

Nach der Verdichtungsphase wird die Luft durch einen Nachkühler auf eine nutzbare Temperatur abgekühlt. Diese Abkühlung verringert die Fähigkeit der Luft, Wasserdampf zu binden, sodass ein Teil des Wasserdampfs zu flüssigem Wasser kondensiert. Das Vorhandensein von Flüssigkeit führt auch zur Bildung von Aerosolen.

Nachkühler umfassen in der Regel einen Wasserabscheider, um die Menge an Flüssigkeit, die in das System gelangt, zu reduzieren (sie scheiden die kondensierte Flüssigkeit nicht zu 100 % ab und wirken sich nicht auf Aerosole aus).

Die Luft, die den Nachkühler verlässt und in der Druckluftsystem gelangt, ist nun zu 100 % mit Wasserdampf gesättigt. Jede weitere Kühlung der Druckluft führt dazu, dass mehr Wasserdampf zu flüssigem Wasser kondensiert und mehr Aerosole entstehen.

Kondensation tritt in verschiedenen Phasen im ganzen System auf, während die Luft durch den Luftbehälter, die Verteilerleitungen und die Ausdehnung der Luft in Ventilen, Zylindern und Produktionsanlagen weiter gekühlt wird.



#### Flüssiges Öl und Ölnebel

Wie Wasser wird mit der Umgebungsluft angesaugter Ölnebel im Nachkühler abgekühlt und kondensiert, was zur Bildung von Öl und Ölaerosolen führt (auch bei ölfreien Kompressoren), die in das nachgeschaltete System mitgeschleppt werden.

Bei den meisten Luftkompressoren wird in der Verdichtungsphase Öl zum Abdichten, Schmieren und Kühlen eingesetzt.

Obwohl das Öl während der Verdichtung in direktem Kontakt mit der Luft ist, gelangt dank der Effizienz moderner, in den Kompressor integrierter Luft-/Ölabscheider nur ein geringfügiger Teil des Schmieröls als Flüssigkeit, als Aerosol (bei einem gut gewarteten Schraubenverdichter typischerweise maximal  $5 \text{ mg/m}^3$ ) oder als Ölnebel in das Druckluftsystem.



#### Rost und Abrieb

Rost und Abrieb stehen in direktem Zusammenhang mit Wasser im Druckluftsystem und finden sich in der Regel in Luftbehältern und Verteilerleitungen. Mit der Zeit lösen sich Rost und Abrieb und verursachen Schäden oder eine Blockierung von Produktionsanlagen, wodurch auch das End-

produkt und Prozesse verschmutzt werden können. Rost und Abrieb treten oft verstärkt nach der Installation von Trocknern in älteren Leitungssystemen auf, die zuvor mit unzureichenden oder ohne Aufbereitungsanlagen betrieben wurden.

# Reduzierung von Verunreinigungen

Um ein Druckluftsystem sicher und kosteneffektiv zu betreiben, müssen Verunreinigungen entfernt oder auf einen akzeptablen Umfang reduziert werden.

Minderwertige Druckluftqualität und die unzureichende Kontrolle von Verunreinigungen können für ein Unternehmen zu zahlreichen Problemen führen, von denen viele nicht sofort mit verunreinigter Druckluft in Verbindung gebracht werden.

## Produkt

- Kontaminierte Rohstoffe
- Kontaminierte Produkte
- Kontaminierte Verpackung
- Produktausschuss

## Endverbraucher

- Potenzielles Unwohlsein/schwere Erkrankungen von Verbrauchern
- Unzufriedene Kunden

## Hersteller

- Schädigung der Marke
- Klagen
- Finanzielle Verluste
- Potenzielle Haftstrafen (in bestimmten Branchen)

## Herstellungsprozesse

- Ineffiziente Produktionsprozesse
- Verringerte Produktionseffizienz
- Höhere Produktionskosten
- Nichtbestehen von Qualitätsaudits (in bestimmten Branchen)

## Druckluftsystem

- Wachstum, Einnistung und Verteilung von mikrobiologischen Verunreinigungen
- Korrosion in Speicherbehältern und im Verteilersystem
- Kontaminierte/beschädigte Produktionsanlagen
- Blockierte oder eingefrorene Ventile und Zylinder
- Frühzeitiger ungeplanter Wechsel des Trockenmittels bei Adsorptionstrocknern
- Hohe Betriebs- und Wartungskosten

## Verunreinigungskontrolle

Die Gewährleistung einer wirksamen Kontrolle von Druckluftverunreinigungen erfordert eine Reihe von Aufbereitungstechnologien. Viele Druckluftanwender zeigen sich von der Feststellung überrascht, dass es in einem Druckluftsystem zehn Hauptarten von Verunreinigungen gibt. Es wird oft davon ausgegangen, dass nur drei Verunreinigungen vorhanden sind (Schmutz/Wasser/Öl).

Da diese Verunreinigungen jedoch in verschiedenen Phasen auftreten können, erfordern sie zur effizienten Reduzierung spezifische Aufbereitungstechnologien.

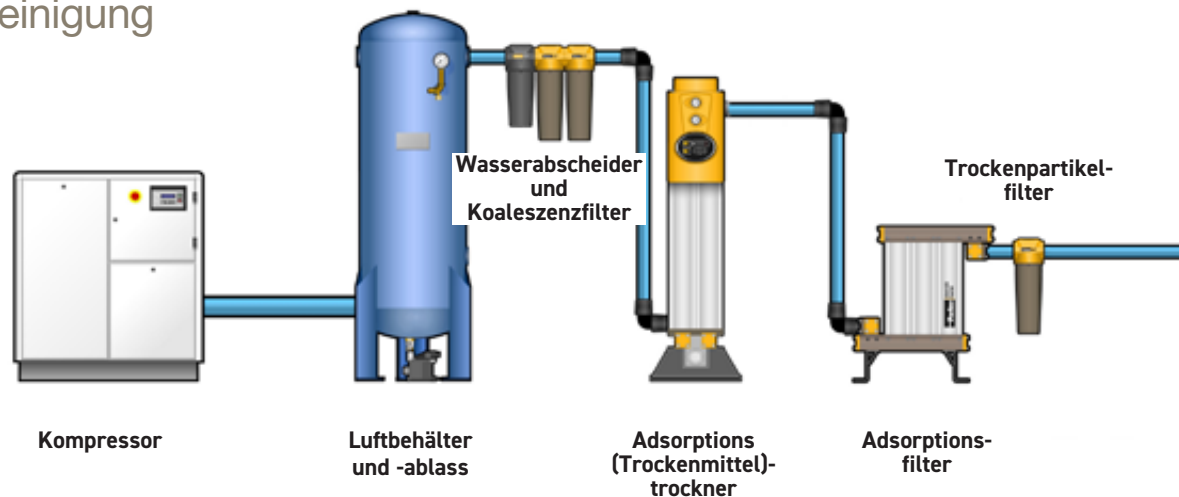
In der folgenden Tabelle sind Filtrations- und Trocknungstechnologien nach Aufbereitungssystemen und den Verunreinigungen aufgeführt, die sie reduzieren.

Aufbereitungstechnologien	Verunreinigungen								
	Atmosphärische Partikel	Rost und Abrieb	Mikroorganismen	Flüssiges Wasser	Wasser aerosol	Wasserdampf	Flüssiges Öl	Öl aerosol	Öl Dampf
Wasserabscheider				•			•		
Koaleszenzfilter	•	•	•		•			•	
Adsorptionsfilter									•
Trockner						•			
Trockenpartikelfilter	•	•	•						
Sterilfilter*			•						



Eine Lösung für jede Verunreinigung

## Kompressorraum



### Wasserabscheider

Obwohl sie als Wasserabscheider bezeichnet werden, reduzieren Sie den Gehalt an allen Flüssigkeiten am Installationspunkt. Flüssigkeit in einem Druckluftsystem ist in der Regel eine Mischung aus Öl und Wasser (auch bei Verwendung eines ölfreien Kompressors).

Wasserabscheider sind in der Regel die erste Aufbereitungskomponente nach einem Nachkühler oder Luftbehälter für feuchte Luft und sollten verwendet werden, um Koaleszenzfilter vor Kontamination durch Flüssigkeiten zu schützen. Sie reduzieren nur den Gehalt an Flüssigkeiten und wirken sich nicht auf Wasser oder Öl in einer Aerosol- oder Dampf-/Nebelfase aus.

### Koaleszenzfilter

Bei der Konzeption von Aufbereitungsanlagen sind Koaleszenzfilter für den kosteneffektiven Betrieb eines Druckluftsystems unabhängig vom installierten Kompressortyp unverzichtbar.

Ein Aufbereitungssystem besteht in der Regel aus zwei nacheinander installierten Koaleszenzfiltern zur Abscheidung von Wasser- und Ölaerosolen, atmosphärischen Partikeln, Mikroorganismen, Rost und Abrieb.

### Drucklufttrockner

Bei Wasserdampf handelt es sich um Wasser in gasförmigem Zustand, das Wasserabscheider und Koaleszenzfilter genauso einfach wie die Druckluft durchströmt.

Wasserdampf wird daher mithilfe eines Trockners aus der Druckluft entfernt. Der Wirkungsgrad bei der Dampfabscheidung eines Trockners (seine Leistung) wird als Drucktaupunkt oder DTP bezeichnet.

- Als Taupunkt wird die Temperatur bezeichnet, bei der es zur Kondensation kommt.
- Als Drucktaupunkt oder DTP wird der Taupunkt von Luft über atmosphärischem Druck bezeichnet.
- Der Taupunkt wird als Temperaturwert ausgedrückt (entspricht jedoch nicht der tatsächlichen Lufttemperatur).
- Druckluft mit einem Drucktaupunkt von  $-20\text{ °C}$  müsste auf eine Temperatur unter  $-20\text{ °C}$  fallen, damit der enthaltene Wasserdampf zu einer Flüssigkeit kondensiert.
- Ein Drucktaupunkt von  $-40\text{ °C}$  wird für alle Lebensmittel-, Getränke- und pharmazeutischen Anwendungen empfohlen, bei denen Luft in direkten oder indirekten Kontakt mit Produktionsanlagen, Inhaltsstoffen, Verpackungen oder fertigen Produkten kommt, da ein Drucktaupunkt unter  $-26\text{ °C}$  nicht nur die Korrosion stoppt, sondern auch das Wachstum von Mikroorganismen hemmt.

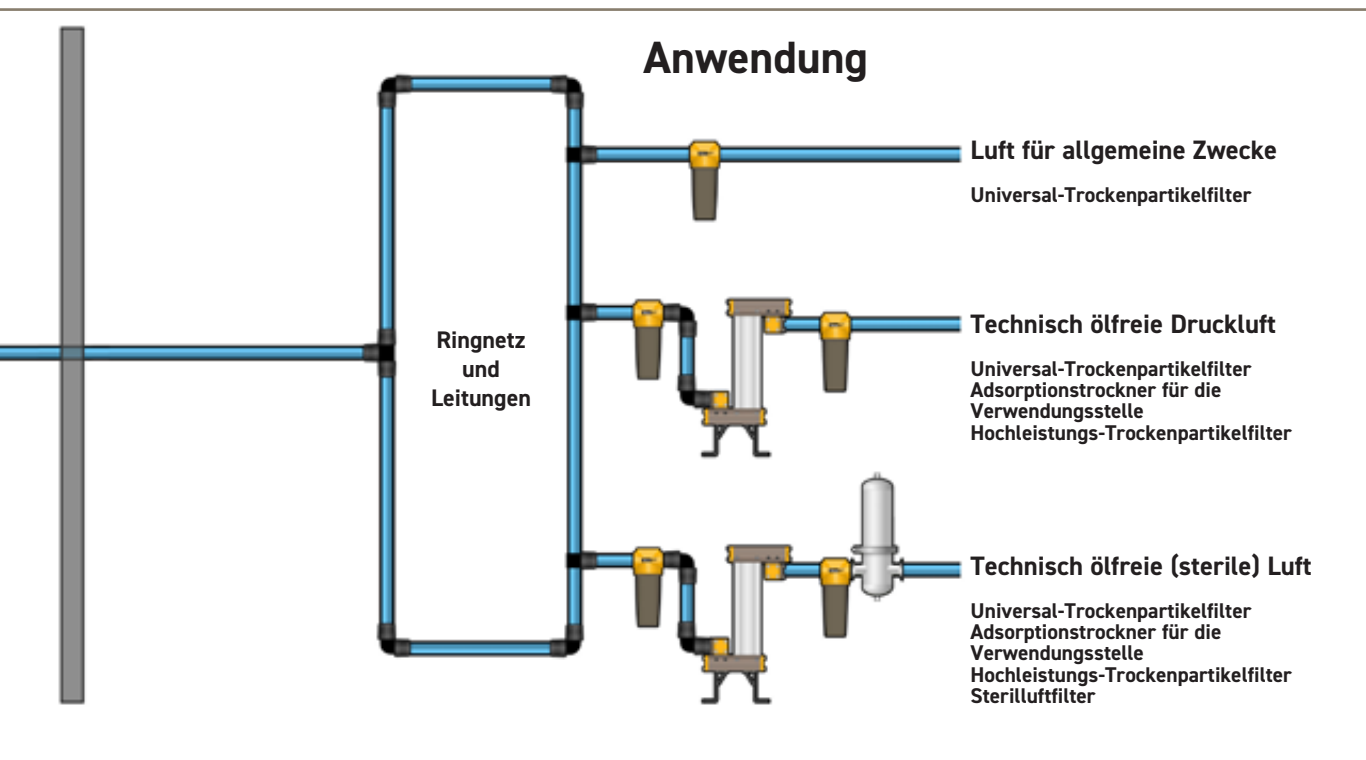
### Adsorptionstrockner

Adsorptionstrockner entfernen Wasserdampf in Druckluft, indem die Luft über ein regeneratives Trockenmittel geführt

wird, das die Feuchtigkeit aus der Luft zieht. Diese Trocknungsmethode ist äußerst effizient. Der typische Drucktaupunkt bei Adsorptionstrocknern beträgt  $-40\text{ °C}$  und beugt nicht nur Korrosion vor, sondern hemmt vor allem auch das Wachstum von Mikroorganismen. Es gibt viele Arten von Adsorptionstrocknern und obwohl sie alle dasselbe Prinzip zur Entfernung von Feuchtigkeit aus Druckluft verwenden, kommen eine Reihe verschiedener Methoden zur Regeneration des feuchten Adsorptionmittels zum Einsatz. Für Lebensmittel- und Getränkeanwendungen ist bei der Auswahl eines Adsorptionstrockners sorgsam vorzugehen, da manche Regenerationsmethoden sich auf den Verunreinigungsgrad der Druckluft auswirken.

### Kältetrockner (nicht abgebildet)

Kältetrockner kühlen die Druckluft weiter ab und kondensieren den Wasserdampf zu Flüssigkeit, die durch einen Wasserabscheider abgetrennt werden kann. Kältetrockner sind auf Drucktaupunkte über  $0\text{ Grad}$  beschränkt, um ein Gefrieren der kondensierten Flüssigkeit zu vermeiden. Sie kommen meist in allgemeinen industriellen Anwendungen ohne Leitungen im Innenraum zum Einsatz. Sie sollten nicht in Anlagen verwendet werden, in denen Leitungen in Bereichen mit Umgebungstemperaturen verlegt sind, z. B. Systeme mit externen Luftbehältern oder Rohren.



### Adsorptionsfilter

Um „technisch ölfreie Druckluft“ sicherzustellen, kommen Adsorptionsfilter zum Einsatz, die über ein großes Aktivkohlebett zur effektiven Abscheidung von Önebel verfügen.

Die Kombination aus Koaleszenzfiltern und Adsorptionsfiltern liefert Druckluft gemäß den höchsten Luftqualitätsklassen der ISO 8573-1, der internationalen Norm für Druckluftqualität.

### Trockenpartikelfilter

Trockenpartikelfilter bieten eine ebenso wirksame Partikelabscheidung wie entsprechende Koaleszenzfilter. Hochleistungs-Trockenpartikelfilter beruhen auf mechanischer Filtrationstechnik und können Partikel bis zu einer Größe von 0,01 µm bei einer Abscheidungseffizienz von bis zu 99,9999 % entfernen. In Verbindung mit einem Drucktaupunkt von -40 °C zur Hemmung und Kontrolle des Wachstums von Mikroorganismen können sie für eine deutliche Reduzierung von mikrobiologischen Verunreinigungen sorgen.

### Sterilfilter

Durch einen Siebabscheidungs- oder Membranfilter werden Feststoffpartikel und Mikroorganismen vollständig (zu 100 %) entfernt. Sie werden oft als Sterilluftfilter bezeichnet, da sie sterilisierte Druckluft produzieren. Die Filtergehäuse werden aus Edelstahl hergestellt, um eine Dampfsterilisation des Filtergehäuses und -elements vor Ort zu ermöglichen. Es ist zu beachten, dass die Rohrleitung zwischen dem Sterilfilter und der Anwendung ebenfalls regelmäßig gereinigt und sterilisiert werden muss.

### Wichtige Hinweise:

Da Adsorptionstrockner und Kältetrockner nur für die Reduzierung von Wasserdampf und nicht von Wasser in flüssiger oder Aerosolform vorgesehen sind, muss für eine effiziente Funktion zusätzlich ein Koaleszenzfilter eingesetzt werden.

Lieferanten von ölfreien Kompressoren behaupten oft, dass es sich bei einem der Koaleszenzfilter um einen Partikelfilter und bei dem anderen um einen Ölabscheidefilter handelt, sodass der zweite Filter bei Anlagen mit ölfreien Kompressoren nicht benötigt wird. Das trifft jedoch nicht zu.

In Wirklichkeit entfernen beide Filter exakt dieselben Verunreinigungen. Der erste dient als „Universalfilter“, der den zweiten „Hochleistungsfilter“ vor größerer Verschmutzung schützt.

Einen der Filter in dem Glauben wegzulassen, dass es sich um einen Ölabscheidefilter handelt, führt zu unzureichender Druckluftqualität durch Mitreißen von Verunreinigungen, hohen Betriebskosten infolge von Druckverlusten im Filter und häufigeren Wechseln des Filterelements.

Vor allem erlöschen durch den Wegfall eines Filters die Leistungsgarantien.

Die Doppelkoaleszenzfilter-Technik stellt die unterbrechungsfreie Versorgung mit hochwertiger Druckluft sicher und bietet im Vergleich mit einem einzelnen Hochleistungsfilter als zusätzliche Vorteile geringe Betriebskosten und minimalen Instandhaltungsaufwand.

Kältetrockner werden für Lebensmittel- und Getränkeanwendungen, in denen Druckluft in direkten (oder indirekten) Kontakt mit Inhaltsstoffen, Produktionsanlagen, Fertigprodukten oder Verpackungen kommt, nicht empfohlen, da die erzeugten Druckpunkte nicht ausreichen, um mikrobiologisches Wachstum zu hemmen.

Kältetrockner sind in der Regel mit angegebenen Taupunkten von +3 °C, +7 °C oder +10 °C erhältlich. Bei der Auswahl dieses Trocknertyps ist jedoch Vorsicht geboten, da der angegebene Taupunkt anders als bei Adsorptionstrocknern nicht konstant eingehalten wird. Integrierte Taupunktmessgeräte sind meist einfache Temperaturmessgeräte und geben keinen echten Drucktaupunkt an, der oft im Bereich von 8 °C bis 15 °C liegt.

# Sonstige zu berücksichtigende gasförmige Verunreinigungen

## Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)

Schwefeldioxid entsteht als Nebenprodukt bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe und ist ebenfalls in der Umgebungsluft vorhanden, die in den Kompressor eingesaugt wird. Das Öl in einem ölgeschmierten Kompressor bietet den zusätzlichen Vorteil, dass es durch den Lufteinlass des Kompressors angesaugtes Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) neutralisieren kann.

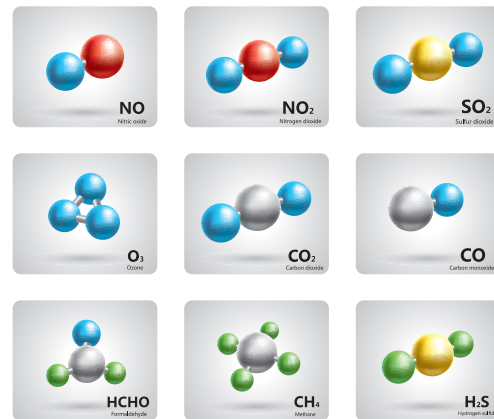
In einem ölfreien Kompressor gibt es kein Öl, um schädliche Dämpfe wie SO<sub>2</sub> zu neutralisieren. Da der Zwischenkühler und der Nachkühler in einem ölfreien Kompressor Wasserdampf zu flüssigem Wasser kondensieren, reagiert das SO<sub>2</sub> in der Luft mit dem kondensierten Wasserdampf zu Schwefelsäure (wie saurer Regen). Messungen in Druckluftsystemen zeigen, dass das resultierende Kondensat einen pH-Wert zwischen 3 und 6 hat, der nachgeschaltete Luftbehälter, Leitungen und Aufbereitungskomponenten aggressiver als Kondensat aus einem ölgeschmierten Kompressor angreift.

## Ozon

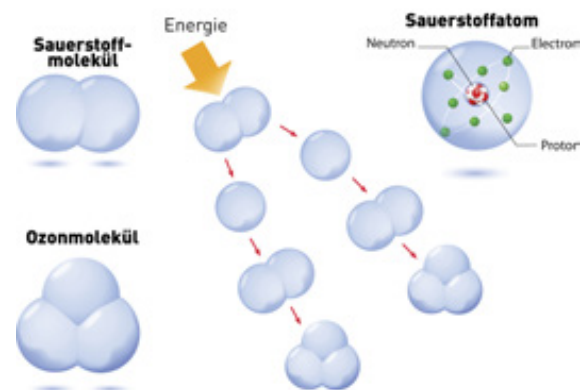
Ein weiterer Faktor, der berücksichtigt werden muss, ist Ozon. Ölfreie Schraubenkompressoren verwenden Öl zur Schmierung von Lagern und Getrieben, spritzen jedoch kein Öl zur Kühlung in die Verdichterstufe ein. Das bedeutet, dass die Temperatur während der Verdichtung extrem hoch wird (und über die sichere Betriebstemperatur vieler Materialien ansteigt). Daher erfolgt die Verdichtung anders als bei einem ölgeschmierten Kompressor, der sie in einer Stufe durchführt, in zwei Stufen. Zwischen der ersten und der zweiten Verdichterstufe wird ein Zwischenkühler platziert, um zur Reduzierung der Temperatur beizutragen, wobei die Temperatur der Druckluft dennoch im Bereich von 180 °C bis 200 °C liegen kann (bei ölgeschmierten Schraubenkompressoren beträgt die Temperatur der Druckluft in der Regel um die 80 °C).

Der Verdichtungsprozess und die damit verbundenen hohen Temperaturen, Sauerstoff und die vorhandenen FOV können zur Bildung von Ozon führen, das vorzugsweise und selbstverzehrend bestimmte organische funktionelle Gruppen angreift. Ohne Öl im Gasstrom, wie bei dem ölfreien Kompressor, kann das Ozon nur schwer reagieren und seine Konzentration verringern. Daher können die Ozongehalte in der Druckluft, die von einem ölfreien Kompressor abgegeben wird, deut-

## Luftschadstoffe



## Bildung von Ozon



lich höher als in einem ölgeschmierten System bleiben. Das Ozon gelangt daher in die nachgeschalteten Leitungen des Kompressors, wo es oft Dichtungen, Ventile und Aufbereitungskomponenten beschädigt.

Die zur Reduzierung des Ölnebels verwendeten Aktivkohle-Adsorptionsfilter mit großem Adsorptionsbett haben den Vorteil, nicht nur den Ölnebelgehalt in der Druckluft zu reduzieren, sondern auch den Ozongehalt.

# Zusammenfassung

- Umgebungsluft kann sauber aussehen, ohne es zu sein
- Umgebungsluft ist nicht „ölfrei“
- Zusätzlich zu Wasserdampf enthält Umgebungsluft Kohlenwasserstoffe, flüchtige organische Verbindungen und andere gasförmige Verunreinigungen wie  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ , CO und  $\text{CO}_2$ .  
(weitere Informationen zu Verunreinigungen und deren Quellen siehe Anhang 3)
- Umgebungsluft enthält Ölnebel mit typischen Gehalten von  $0,05 \text{ g/m}^3$  bis  $0,5 \text{ mg/m}^3$  (können je nach Standort höher sein)
- Dies entspricht den Luftqualitätsberichten der DEFRA und weiteren weltweiten Messungen
- Diese Verbindungen werden in den Kompressor eingesaugt
- Wenn die Umgebungsluft verdichtet wird, werden die Kohlenwasserstoffe, FOV und sonstigen Verunreinigungen konzentriert
- Da die Umgebungsluft nicht „ölfrei“ ist, können ölfreie Kompressoren ohne zusätzliche nachgeschaltete Filtration zur Reduzierung von flüssigem Öl, Ölaerosolen und Ölnebel keine „ölfreie“ Luft liefern
- Viele ölfreie Kompressoren verwenden dennoch Öl für die Schmierung von Lagern und Getrieben
- Dieses Öl kann durch beschädigte Dichtungen und Dämpfe, die im Betrieb aus der Kurbelgehäuse-Entlüftung austreten, ebenfalls in den Druckluftstrom gelangen
- In dem Glauben, dass ein ölfreier Kompressor ölfreie Druckluft liefert, auf Filtration zu verzichten, ist ein Fehler
- Einem ölfreien Kompressor müssen dieselben Aufbereitungskomponenten wie einem ölgeschmierten Kompressor nachgeschaltet werden
- Um präzise Prüfungen auf Öl in einem Druckluftsystem durchzuführen, sollten die Methodik und die Ausrüstung gemäß ISO 8573 Teil 2 (Ölaerosol) und Teil 5 (Ölnebel) verwendet werden

# Parker weltweit

## Europa, Naher Osten, Afrika

**AE – Vereinigte Arabische  
Emirate, Dubai**  
Tel: +971 4 8127100  
parker.me@parker.com

**AT – Österreich, St. Florian**  
Tel: +43 (0)7224 66201  
parker.austria@parker.com

**AZ – Aserbajdschan, Baku**  
Tel: +994 50 2233 458  
parker.azerbaijan@parker.com

**BE/NL/LU – Benelux,  
Hendrik Ido Ambacht**  
Tel: +31 (0)541 585 000  
parker.nl@parker.com

**BG – Bulgarien, Sofia**  
Tel: +359 2 980 1344  
parker.bulgaria@parker.com

**BY – Weißrussland, Minsk**  
Tel: +48 (0)22 573 24 00  
parker.poland@parker.com

**CH – Schweiz, Etoy,**  
Tel: +41 (0)21 821 87 00  
parker.switzerland@parker.com

**CZ – Tschechische Republik,  
Klecany**  
Tel: +420 284 083 111  
parker.czechrepublic@parker.com

**DE – Deutschland, Kaarst**  
Tel: +49 (0)2131 4016 0  
parker.germany@parker.com

**DK – Dänemark, Ballerup**  
Tel: +45 43 56 04 00  
parker.denmark@parker.com

**ES – Spanien, Madrid**  
Tel: +34 902 330 001  
parker.spain@parker.com

**FI – Finnland, Vantaa**  
Tel: +358 (0)20 753 2500  
parker.finland@parker.com

**FR – Frankreich, Contamine s/Arve**  
Tel: +33 (0)4 50 25 80 25  
parker.france@parker.com

**GR – Griechenland, Piraeus**  
Tel: +30 210 933 6450  
parker.greece@parker.com

**HU – Ungarn, Budaörs**  
Tel: +36 23 885 470  
parker.hungary@parker.com

**IE – Irland, Dublin**  
Tel: +353 (0)1 466 6370  
parker.ireland@parker.com

**IL – Israëli**  
Tel: +39 02 45 19 21  
parker.israel@parker.com

**IT – Italien, Corsico (MI)**  
Tel: +39 02 45 19 21  
parker.italy@parker.com

**KZ – Kasachstan, Almaty**  
Tel: +7 7273 561 000  
parker.easteurope@parker.com

**NO – Norwegen, Asker**  
Tel: +47 66 75 34 00  
parker.norway@parker.com

**PL – Polen, Warschau**  
Tel: +48 (0)22 573 24 00  
parker.poland@parker.com

**PT – Portugal**  
Tel: +351 22 999 7360  
parker.portugal@parker.com

**RO – Rumänien, Bukarest**  
Tel: +40 21 252 1382  
parker.romania@parker.com

**RU – Russland, Moskau**  
Tel: +7 495 645-2156  
parker.russia@parker.com

**SE – Schweden, Spånga**  
Tel: +46 (0)8 59 79 50 00  
parker.sweden@parker.com

**SK – Slowakei, Banská Bystrica**  
Tel: +421 484 162 252  
parker.slovakia@parker.com

**SL – Slowenien, Novo Mesto**  
Tel: +386 7 337 6650  
parker.slovenia@parker.com

**TR – Türkei, Istanbul**  
Tel: +90 216 4997081  
parker.turkey@parker.com

**UA – Ukraine, Kiew**  
Tel: +48 (0)22 573 24 00  
parker.poland@parker.com

**UK – Großbritannien, Warwick**  
Tel: +44 (0)1926 317 878  
parker.uk@parker.com

**ZA – Republik Südafrika,  
Kempton Park**  
Tel: +27 (0)11 961 0700  
parker.southafrica@parker.com

## Nordamerika

**CA – Kanada, Milton, Ontario**  
Tel: +1 905 693 3000

**US – USA, Cleveland**  
Tel: +1 216 896 3000

## Asien-Pazifik

**AU – Australien, Castle Hill**  
Tel: +61 (0)2-9634 7777

**CN – China, Schanghai**  
Tel: +86 21 2899 5000

**HK – Hong Kong**  
Tel: +852 2428 8008

**IN – Indien, Mumbai**  
Tel: +91 22 6513 7081-85

**JP – Japan, Tokyo**  
Tel: +81 (0)3 6408 3901

**KR – Korea, Seoul**  
Tel: +82 2 559 0400

**MY – Malaysia, Shah Alam**  
Tel: +60 3 7849 0800

**NZ – Neuseeland, Mt Wellington**  
Tel: +64 9 574 1744

**SG – Singapur**  
Tel: +65 6887 6300

**TH – Thailand, Bangkok**  
Tel: +662 186 7000

**TW – Taiwan, Taipei**  
Tel: +886 2 2298 8987

## Südamerika

**AR – Argentinien, Buenos Aires**  
Tel: +54 3327 44 4129

**BR – Brasilien, Sao Jose dos Campos**  
Tel: +55 800 727 5374

**CL – Chile, Santiago**  
Tel: +56 2 623 1216

**MX – Mexico, Toluca**  
Tel: +52 72 2275 4200

Europäisches Produktinformationszentrum  
Kostenlose Rufnummer: 00 800 27 27 5374  
(von AT, BE, CH, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,  
IE, IL, IS, IT, LU, MT, NL, NO, PL, PT, RU, SE,  
SK, UK, ZA)



## Parker Hannifin GmbH

Pat-Parker-Platz 1  
41564 Kaarst  
Tel.: +49 (0)2131 4016 0  
Fax: +49 (0)2131 4016 9199  
parker.germany@parker.com  
www.parker.com/gsf