



Kontrolle über das Wachstum von Mikroorganismen in Druckluft

Ein Whitepaper von Mark White

Compressed Air Treatment Applications Manager



ENGINEERING YOUR SUCCESS.

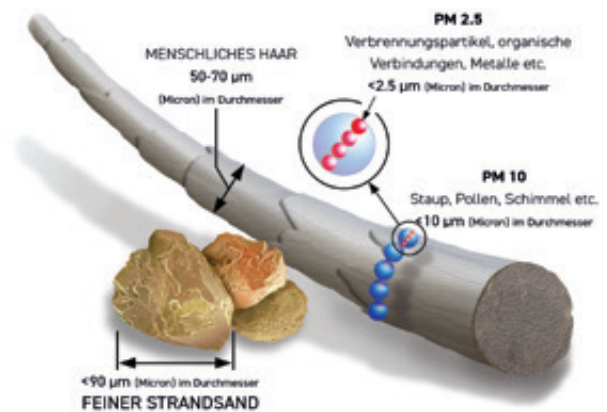
www.parker.com/gsf

Mikroorganismen in Druckluft

Unbehandelte Druckluft enthält beim Eintritt in einen Feuchtluftbehälter oder ein Verteilerleitungssystem zahlreiche Verunreinigungen, darunter flüssiges Wasser und Wasseraerosole, und ist zu 100 % mit Wasserdampf gesättigt. Wasser ist die problematischste aller Verunreinigungen in Druckluft. Es führt nicht nur zu Schäden durch Korrosion, sondern fördert auch das Wachstum von Mikroorganismen, die in der Nähe von Druckluftanlagen tätiges Personal schädigen sowie Produkte und Prozesse kontaminieren können.

Mit der Umgebungsluft fängt alles an

Feststoffpartikel (Schmutz) befinden sich überall um uns herum in der Luft, die wir atmen, jedoch können wir sie nicht immer sehen. In einer städtischen Umgebung enthält ein Kubikmeter Luft in der Regel 140 bis 150 Millionen Schmutzpartikel, von denen jedoch 80 % kleiner als $2\ \mu\text{m}$ und damit für das menschliche Auge nicht sichtbar sind. Die kleinsten Partikel, die ein Mensch mit bloßem Auge sehen kann, sind ca. 40 bis $50\ \mu\text{m}$ groß, was in etwa der Spitze eines menschlichen Haares entspricht.



Ein Mikrometer ist wie folgt definiert: „

Eine Längeneinheit, die einem Millionstel Meter entspricht“; Zeichen: μ , mu.

Die Feststoffpartikel, die in der Umgebungsluft enthalten sind, umfassen lebensfähige und nicht lebensfähige Partikel.

- Ein lebensfähiges Partikel ist ein Partikel, das einen oder mehrere lebende Mikroorganismen enthält.
- Ein nicht lebensfähiges Partikel enthält keine lebenden Mikroorganismen, dient jedoch als Transportmittel für lebensfähige Partikel.

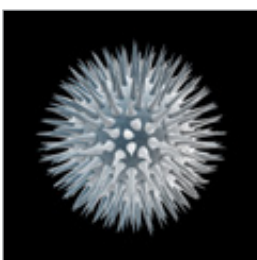
Von den 140 bis 150 Millionen Partikeln in der Umgebungsluft können bis zu 100 Millionen Mikroorganismen sein.

Ein Mikroorganismus ist wie folgt definiert: „Ein lebender Organismus, der zu klein ist, um ihn mit bloßem Auge sehen zu können, jedoch unter einem Mikroskop sichtbar wird.“ Einfach ausgedrückt, handelt es sich um ein lebendes Schmutzpartikel.

Beispiele für Mikroorganismen in der Umgebungsluft und ihre typische Größe in μm

Viren

0,02 μm bis 0,2 μm



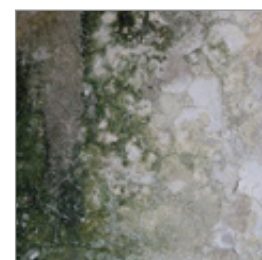
Pathogene Bakterien

0,3 μm bis 5 μm

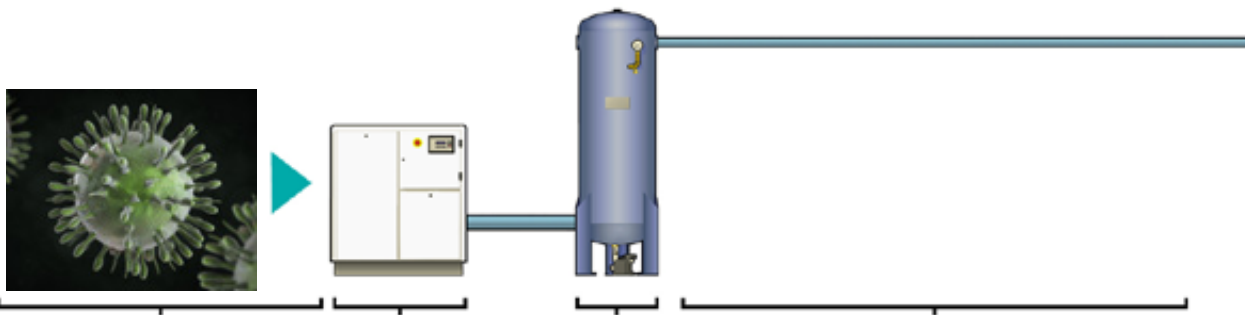


Pilze (Schimmelpilze/Hefen)

3 μm bis 10 μm



Wie Mikroorganismen in das Druckluftsystem gelangen



Umgebungsluft kann bis zu 100 Millionen Mikroorganismen pro Kubikmeter enthalten.

Durch die Verdichtung von Luft werden Mikroorganismen konzentriert.

Fakt: Die bei der Verdichtung entstehende Wärme reicht nicht aus, um Mikroorganismen abzutöten oder die Druckluft zu sterilisieren

Mikroorganismen wachsen im feuchten Druckluftsystem weiter. Sie befinden sich sowohl in der Druckluft als auch im flüssigen Kondensat.

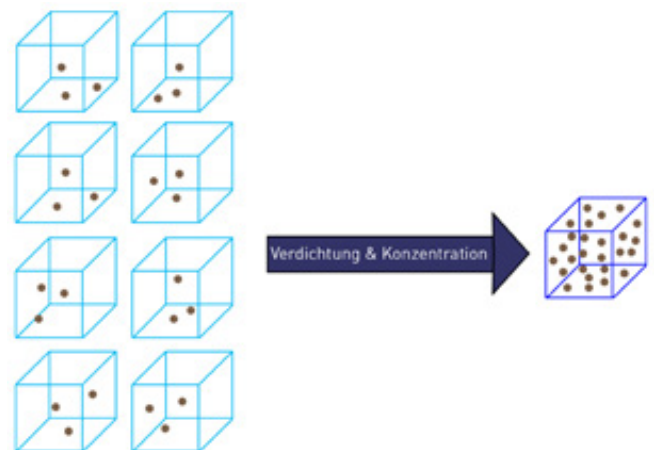
Druckluft, die in Fertigungsprozessen mit direktem und indirektem Kontakt eingesetzt wird, kontaminiert das Produkt. Der Fertigungsbereich, die Produktionsanlage und die Umgebungsluft können ebenfalls mit Mikroorganismen kontaminiert werden.

Wie Mikroorganismen in das Druckluftsystem gelangen

Wenn der Kompressor läuft, werden große Mengen an Umgebungsluft in den Kompressoreinlass eingesaugt. Partikel mit der Größe von Mikroorganismen sind zu klein, um von den Sieb- und Ansaugfiltern moderner Kompressoren aufgefangen zu werden, sodass sie ungehindert in das Druckluftsystem gelangen.

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.



Mythos

Während der Verdichtung steigt die Temperatur der Luft schnell an (typischerweise im Bereich von 80 °C bis 120 °C bei ölgeschmierten Kompressoren und 180 °C bis 200 °C bei ölfreien Kompressoren). Es wird oft geglaubt, dass dieser Temperaturanstieg ausreicht, um Mikroorganismen abzutöten und die Druckluft zu sterilisieren.

Fakt

Wärme kann bestimmte Mikroorganismen abtöten (z. B. Viren), es muss jedoch auch die Dauer der Temperatureinwirkung berücksichtigt werden. Nachdem die Umgebungsluft verdichtet wurde, wird sie durch einen Nachkühler geleitet, um ihre Temperatur auf ca. 10 °C über der Umgebungstemperatur zu reduzieren. Mikroorganismen sind anpassungsfähig und die schnelle Erwärmung und Abkühlung kann dazu führen, dass Bakterien und Pilze ihren Zustand ändern, um sich zu schützen (d. h. Sporen bilden). Sporen können lange Zeit inaktiv bleiben, bis sich günstige Bedingungen für Wachstum bieten. Die Kühlung der Druckluft hat die Wirkung, Wasserdampf zu flüssigem Wasser zu kondensieren, was zur Erzeugung von Wasseraerosolen und vollständigen Sättigung der Druckluft mit Wasserdampf führt. Wenn die Druckluft in das Speicher- und Verteilungssystem gelangt, bietet dies eine ideale Umgebung für das weitere Wachstum von Mikroorganismen.

Mikrobielles Wachstum im Druckluftsystem

Die warm-feuchte Luft in Systemen mit nicht oder unzureichend aufbereiteter Druckluft bietet eine ideale Umgebung für das Wachstum von Mikroorganismen. Sie breiten sich im Luftbehälter und in den Rohrleitungen immer weiter aus.

Viele kritische Anwendungen erfordern Sterilität oder ein Mindestmaß an Kontrolle über das Wachstum von Mikroorganismen.

Wenn Druckluft direkt oder indirekt in Kontakt mit Produkten, Verpackungen, Instrumenten oder Produktionsmaschinen kommt, ist eine Kontamination wahrscheinlich.

Die mikrobiologische Kontamination durch Druckluft kann schwerwiegende Folgen haben:

- Potenzielle Schädigung des Verbrauchers
- Minderung der Produktqualität, sodass ein Produkt unbrauchbar wird
- Produktrückrufe
- Juristische Schritte gegen ein Unternehmen
- Schädigung des Markenrufs des Herstellers



Nicht nur kritische Anwendungen sind betroffen

Mikroorganismen verursachen nicht nur bei kritischen Anwendungen oder sterilen Prozessen Probleme. Druckluft kommt in der allgemeinen Industrie breitflächig zum Einsatz und unbehandelte Druckluft, die aus pneumatischen Werkzeugen, Ventilen, Zylindern oder Maschinen austritt, enthält ebenfalls Mikroorganismen. Wenn die ausgestoßene Luft von Mitarbeitern eingeatmet wird, die in der Nähe arbeiten oder Werkzeuge und Maschinen verwenden, kann sie zu hohen Krankheitsraten beim Personal führen.



Druckluftkondensat

Bei der Handhabung von Druckluftkondensat ist persönliche Schutzausrüstung (PSA) zu tragen, da es ebenfalls Mikroorganismen enthält. Besondere Aufmerksamkeit ist bei Kondensatentladungen geboten, insbesondere, wenn zeitgesteuerte Magnetventilableiter oder manuelle Ablässe verwendet werden, da diese das Kondensat aerosolieren (sodass es Mikroorganismen enthält) und leicht eingeatmet werden können.



Prüfung von Druckluft auf Mikroorganismen nach ISO 8573-7

Die ISO 8573-7 ist die internationale Norm zur Prüfung von Druckluft auf Mikroorganismen. Sie wird zusammen mit der ISO 8573-4 (Feststoffpartikel) verwendet.

Die Luft wird zuerst gemäß ISO 8573-4 auf Feststoffpartikel geprüft. Die nächsten Proben werden mit einem Slit-Sampler genommen, da ein Partikelanalysator nicht zwischen Partikeln und Mikroorganismen unterscheiden kann.

Der Slit-Sampler leitet Druckluft über eine Agarplatte. Die Platte wird dann ein Labor gesendet, inkubiert und auf Wachstum geprüft.

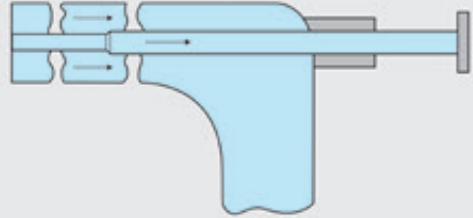
Der Zweck des Tests ist es, zu ermitteln, ob die Luft steril oder nicht-steril ist und bei Bedarf eine Zählung von koloniebildenden Einheiten (Colony Forming Units, CFU) zu liefern.

Teildurchfluss – erforderliche Prüfausrüstung:

1. Probennahmeverrichtung (einschließlich Durchflussmesser)
2. Isokinetische Probennahmesonden/ Rohrleitungen
3. Probennahmeverrichtung
4. Slit-Sampler und Agarplatten
5. Inkubator (oder Zugang zu einem Labor)



Es ist eine isokinetische Prüfmethode wie in der ISO 8573-4 angegeben zu verwenden.



Slit-Sampler



Ausrüstung für Durchfluss-, Druck- und Temperaturmessungen

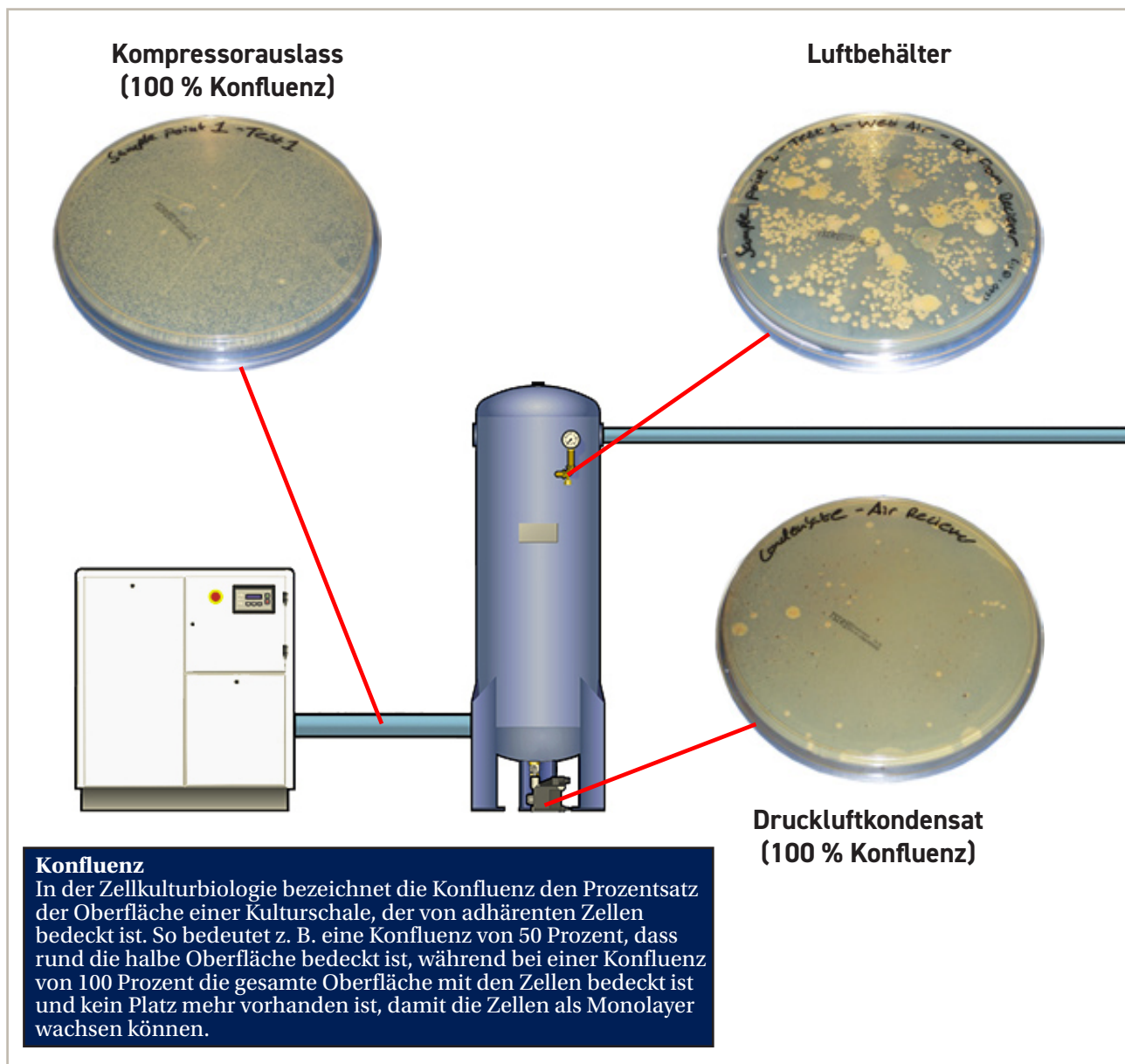


Agarplatte mit mikrobiologischem Wachstum aus Druckluftprobe



Beispiele für mikrobielles Wachstum in einem Druckluftsystem

Die folgenden Proben, die direkt am Auslass eines typischen industriellen Luftkompressors und am Manometeranschluss eines Luftbehälters genommen wurden, zeigen klar das Vorhandensein von Mikroorganismen in unbehandelter Druckluft. Zusätzlich sind in den Proben aus dem Druckluftkondensat Mikroorganismen auch in den flüssigen Rückständen aus dem Druckluftsystem enthalten.



Auf die Kontrolle kommt es an

Die Anzahl von Mikroorganismen in der Druckluft kann kontrolliert werden – bis zu dem Punkt, dass die mikrobielle Belastung deutlich geringer als in der Umgebungsluft ist (ideal für Anwendungen in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie). Und für kritische Anwendungen kann auch sterile Druckluft erzeugt werden (ideal für Produkte, die unter sterilen Bedingungen hergestellt werden, wie z. B. pharmazeutische Produkte).



Mikrobielles Wachstum wird mit einer Kombination aus sehr trockener Druckluft **und** einer hoch effizienten Filtration kontrolliert.

Zuerst müssen alle Spuren von flüssigem Wasser und Wasseraerosolen aus der Druckluft entfernt werden.

Als nächstes muss der Taupunkt (die Trockenheit) der Druckluft auf ein Maß reduziert werden, welches das Wachstum der Mikroorganismen hemmt (stoppt).

Definition:

- Als Taupunkt wird die Temperatur bezeichnet, bei der es zur Kondensation kommt. Obwohl er als Temperaturwert ausgedrückt wird, entspricht der Taupunkt nicht der tatsächlichen Lufttemperatur.
- Der atmosphärische Taupunkt wird bei atmosphärischem Druck gemessen, während der Drucktaupunkt (abgekürzt DTP) sich auf eine Taupunktmessung der Druckluft beim Betriebsdruck des Systems bezieht.



TAUPUNKT-HYGROMETER

Der richtige Taupunkt für die Druckluft hemmt (stoppt) das Wachstum von Mikroorganismen, reicht jedoch alleine nicht aus. Auch wenn das Wachstum der vorhandenen Mikroorganismen weitestgehend gehemmt wird, können sie in einem Zustand überleben, in dem sie wieder wachsen können, wenn sie in eine günstige Umgebung (Feuchtigkeit) gelangen.

Durch die Kombination des richtigen Taupunkts mit hocheffizienten Trockenpartikelfiltern (Partikelreduzierung bis zu 0,01 µm bei einer Filtrationsleistung von 99,9999 %) an der Verwendungsstelle kann die mikrobielle Konzentration erheblich reduziert und auf ein akzeptables Maß unterhalb der Konzentration in der Umgebungsluft gesenkt werden.

Sollte zu 100 % sterile Druckluft erforderlich sein, können zusätzlich sterile Luftfilter mit absoluter Rückhaltung verwendet werden, die eine 100%ige Entfernung von Mikroorganismen und Partikeln ermöglichen.

Welche Taupunktspezifikation sollte ich wählen, um das Wachstum von Mikroorganismen zu kontrollieren?

Es wurde festgestellt, dass ein konstanter Drucktaupunkt von unter $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ das Wachstum von Mikroorganismen hemmt. Je niedriger der Drucktaupunkt, desto effektiver die Kontrolle.



Auf diesem Grund empfiehlt die British Compressed Air Society (BCAS) in ihrer „Food and Beverage Grade Compressed Air – Best Practice Guideline 102“ für Anwendungen mit direktem Lebensmittelkontakt einen Taupunkt nach ISO 8573-1, Klasse 2 für den Wasserdampfgehalt, was einem konstanten Drucktaupunkt von $\leq -40\text{ }^{\circ}\text{C}$ entspricht.



Der dänische Wissenschaftler Finn Djurhus war als Abteilungsleiter beim DTI Industri (Danish Technological Institute) in Aarhus tätig, als er mithilfe von mikrobiellen Tests erstmals Mikroorganismen in Druckluft und Druckluftkondensat nachweisen konnte. Zusätzlich fand er heraus, dass in Druckluft ab einem Taupunkt von $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ das mikrobielle Wachstum gehemmt wird. Finn fungierte auch als technischer Berater für die erste Ausgabe des „BCAS Food & Beverage Grade Compressed Air Code Of Practice“ (jetzt BCAS Best Practice Guideline 102, siehe oben).

Welche Trocknungstechnologie bietet den erforderlichen Ausgangstaupunkt, um das Wachstum von Mikroorganismen zu hemmen?

Es gibt heute zahlreiche Trocknungstechnologien, doch nicht alle erzeugen den erforderlichen Ausgangstaupunkt, um das Wachstum von Mikroorganismen zu hemmen.

Die Leitlinie „Best Practice Guideline 104 - The Filtration & Drying of Compressed Air“ der British Compressed Air Society bietet einen ausgezeichneten Überblick über die zahlreichen verfügbaren Trocknungstechnologien.

- **Kältetrockner** (mit 4 gängigen Kühlmethoden)
- **Adsorptionstrockner** (mit 6 gängigen Regenerationsmethoden)
- **Membrantrockner** (Taupunktunterdrückung)
- **Kompressionswärmetrockner (HOC)** (Taupunktunterdrückung mit 3 gängigen Designs)

Die meisten Hersteller von Druckluftaufbereitungs-lösungen, die diese Trocknungstechnologien weltweit entwickeln, verwenden sie zur Erzeugung eines Ausgangstaupunkts, der einer der sechs Taupunkt-klassen in der ISO 8573-1:2010 (der internationalen Norm für Druckluftqualität) entspricht.

Die Taupunkt-klassen sind zusammen mit der typischen Trocknertechnologie, die zum Erreichen des jeweiligen Taupunkts verwendet wird, in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Klassifizierung nach ISO 8573-1:2010	°C DTP	Taupunkt-bereich	Trocknertechnologie
Klasse 1	DTP ≤ -70 °C	-80 °C bis -70 °C	Adsorption/Hybrid*
Klasse 2	DTP ≤ -40 °C	-69 °C bis -40 °C	Adsorption/Hybrid*
Klasse 3	DTP ≤ -20 °C	-39 °C bis -20 °C	Adsorption/Hybrid*
Klasse 4	DTP ≤ +3 °C	-19 °C bis +3 °C	Adsorption/Hybrid*/Kälte**
Klasse 5	DTP ≤ +7 °C	+4 °C bis +7 °C	Kältetechnik
Klasse 6	DTP ≤ +10 °C	+8 °C bis +10 °C	Kältetechnik

Wichtige Hinweise:

- * Für die Klassen 1 bis 4 kann ein Hybrid-trockner spezifiziert werden. Diese Technologie verwendet jedoch eine Energiesparfunktion, bei der im Sommer der Adsorptionstrockner umgangen und abgeschaltet werden kann.
- Dies führt zu einem Drucktaupunkt, der das Wachstum von Mikroorganismen nicht hemmt.
- ** Einige, aber nicht alle Kältetrockner sind für die Taupunkt-klasse 4 klassifiziert (der entscheidende Faktor ist jedoch das Kühlen von kondensiertem Wasser auf unter 0 °C; die gängigen Adsorptions- oder Hybrid-trockner erreichen Taupunkte von 2 °C bis -19 °C.)
- Kältetrockner sind in der Regel nach ISO 8573-1 in die Klasse 5 oder Klasse 6 eingestuft.
- Wenn eine Kontrolle über das Wachstum von Mikroorganismen erforderlich ist, wird ein Adsorptionstrockner empfohlen, der einen Taupunkt nach ISO 8573-1 Klasse 2 (oder Klasse 1) erzeugen kann.

Auswahl einer Trocknertechnologie

Wenn Druckluft für kritische Anwendungen genutzt wird, in denen eine Reduzierung des Wasserdampfs und Kontrolle des Wachstums von Mikroorganismen äußerst wichtig sind, werden immer ein Trockner mit einem Taupunkt, der das Wachstum von Mikroorganismen hemmen kann ($DTP \leq -40 \text{ °C}$), und ein konstanter Taupunkt benötigt.

Trocknungstechnologie	Trocknertyp	Kann einen Taupunkt erzeugen, der das mikrobielle Wachstum hemmt	Konstanter Ausgangstaupunkt	Taupunktunterdrückung
Kälte	Direktexpansion	✗	✓	✗
	Zyklisch (thermische Masse)	✗	✗	✓
	Variable Drehzahl	✗	✓	✗
	Regenerativ	✗	✓	✗
Adsorption	Kaltregeneriert	✓	✓	✗
	Kaltregeneriert mit Vakuumunterstützung	✓	✓	✗
	Intern beheizt mit Spüladsorption	✓	✓	✗
	Extern beheizt mit Spüladsorption	✓	✓	✗
	Extern beheizt mit Gebläse	✓ *	✓ *	✗ *
	Extern beheizt mit Vakuum	✓	✓	✗
Hybrid	Tandemtechnologie	✓ **	✓	✗
Kompressionswärme (HOC)	HOC-Zweikammer-Trockner, voller Durchfluss	✗	✗	✓
	HOC-Zweikammer-Trockner, geteilter Durchfluss	✗	✗	✓
	HOC-Trommel	✗	✗	✓
Separation	Membran	✗	✗	✓

* Nicht alle Varianten erzeugen einen konstanten Ausgangstaupunkt, manche sind Trockner mit Taupunktunterdrückung.

** Nicht geeignet, wenn der Adsorptionstrockner in den Sommermonaten abgeschaltet werden kann.

Aus der Tabelle ist klar ersichtlich, dass nicht alle derzeit erhältlichen Trockner sich für kritische Anwendungen eignen, die eine Kontrolle der Menge und des Wachstums von Mikroorganismen erfordern. Der von einem Kältetrockner erzeugte Taupunkt ist nicht niedrig genug, um das Wachstum von Mikroorganismen zu hemmen (zu stoppen). Trockner mit Taupunktunterdrückung (die weiter unten in diesem Artikel näher besprochen werden) wie Membran- und Kompressionswärmetrockner

(HOC) können entweder keinen ausreichend niedrigen Taupunkt liefern, um das Wachstum von Mikroorganismen zu hemmen, oder ihr Taupunkt variiert zu stark und kann nicht garantiert werden (d. h. er liegt nicht konstant unter dem Mindesttaupunkt zur Kontrolle von mikrobiellem Wachstum).

Für Anwendungen, die eine Kontrolle der Menge und des Wachstums von Mikroorganismen erfordern, werden daher Adsorptionstrockner empfohlen.

Kältetrockner und Mikroorganismen

Nicht selten werden Kältetrockner in Anwendungen in der Lebensmittel- und Getränkeproduktion und in der pharmazeutischen Industrie verwendet, in denen die Kontrolle über Mikroorganismen wichtig ist. Oft wird sich für diesen Trocknertyp entschieden, weil ein vorhandener Trockner durch ein gleichwertiges Modell, ein kostengünstigeres Gerät oder beides ersetzt werden soll. Oft wird dabei die Beziehung zwischen Taupunkt und mikrobiellem Wachstum übersehen.

Wenn die Druckluft direkt oder indirekt während der Herstellung von Lebensmitteln, Getränken oder pharmazeutischen Produkten genutzt werden soll und hohe Konzentrationen von Mikroorganismen unerwünscht sind, wird die Verwendung eines Kältetrockners nicht empfohlen.

Kältetrockner werden oft dafür vermarktet, die Anforderungen der Klasse 4, 5 oder 6 für Wasserdampf nach ISO 8573-1 zu erfüllen.

Die Norm ISO 8573-1:2010 gibt für Wasserdampf folgende Werte an:

Klassifizierung nach ISO 8573-1:2010	°C DTP	Taupunktbereich
Klasse 4	DTP $\leq +3$ °C	-19 °C bis +3 °C
Klasse 5	DTP $\leq +7$ °C	+4 °C bis +7 °C
Klasse 6	DTP $\leq +10$ °C	+8 °C bis +10 °C

Die am häufigsten verwendete Klassifizierung der drei ist Klasse 4.

Bei der Auswahl eines Trockners, der einen Drucktaupunkt der Klasse 4 nach ISO 8573-1:2010 erreichen soll, ist Vorsicht geboten. Kältetrockner können in der Regel keinen konstanten Ausgangstaupunkt von $\leq +3$ °C garantieren.

Im Betrieb kühlen Sie die Druckluft auf eine Temperatur von 3 °C ab, um Kondensation zu erzeugen. Dann verwenden sie einen Wasserabscheider zur Reduzierung des Flüssigkeitsgehalts.

Leider sind Wasserabscheider jedoch nicht in der Lage, 100 % der kondensierten Flüssigkeit abzuscheiden (bei einigen Abscheiderdesigns kann die Effizienz der Reduzierung des Flüssigkeitsgehalts deutlich unter 100 % des Nenndurchflusses fallen). Sie können außerdem keine Aerosole abscheiden, die im Trockner möglicherweise erzeugt werden (was sowohl für Querstrom- als auch für Plattenwärmetauscher gilt). Daher verdampfen die verbleibende Flüssigkeit und die Aerosole beim Austritt aus dem Trockner, was den Ausgangstaupunkt anhebt.

Die Leistung eines Kältetrockners kann auch durch folgende Faktoren beeinträchtigt werden:

- Hohe Umgebungstemperatur und relative Luftfeuchtigkeit
- Hohe Temperaturen im Kompressorraum
- Schlechte Belüftung
- Sauberkeit des Kondensators (luft- und wassergekühlt)



Auch der Typ eines Kältetrockners wirkt sich auf den erzeugten Taupunkt aus

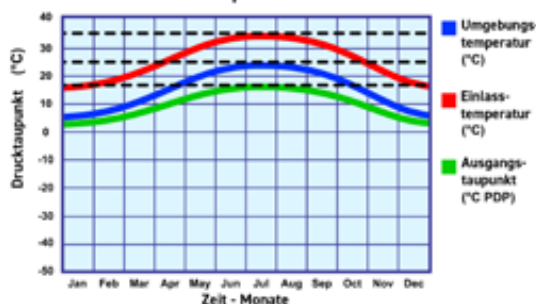
Kältetrockner sind mit 3 verschiedenen Trocknertechnologien erhältlich:

- Direct expansion
- Zyklisch (thermische Masse)
- Variable Drehzahl

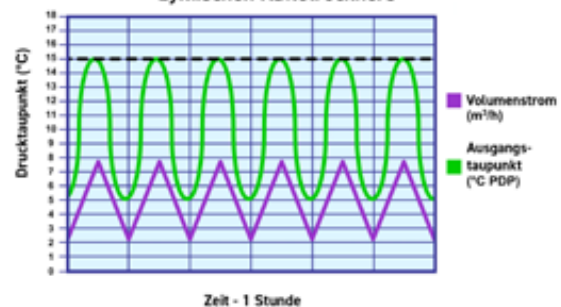
Das Funktionsprinzip jeder dieser Technologien kann ebenfalls den Taupunkt beeinflussen. Zyklische Trockner kühlen eine Masse und schalten dann

den Kältekompressor ein und aus, um Energie zu sparen. Dies wirkt sich direkt auf den erzeugten Ausgangstaupunkt aus.

Einfluss von Umgebungstemperatur, Einlasstemperatur und variablem Durchfluss auf den Ausgangstaupunkt eines Direktexpansions-Kältetrockners



Einfluss von Durchflussänderungen auf den Auslasstaupunkt eines zyklischen Kältetrockners



Taupunktanzeige von Kältetrocknern

Bei einem Kältetrockner zeigt die Taupunktanzeige oder digitale Anzeige den tatsächlichen Ausgangstaupunkt nicht auf dieselbe Weise wie ein Trockenmittelrockner an.

Adsorptionstrockner (mit Trockenmittel) verwenden zur Messung des Taupunkts ein Hygrometer. Kältetrockner zeigen jedoch nicht den tatsächlichen Taupunkt an und verfügen nicht über einen Hygrometersensor. Sie sind stattdessen lediglich mit einem Temperaturfühler ausgestattet, der meist die Temperatur der Druckluft und manchmal die Temperatur des Kältemittels angibt.

Zur Anzeige des tatsächlichen Drucktaupunkts muss ein Hygrometer verwendet werden. Dies entspricht den Anforderungen der ISO 8573-3, der internationalen Norm zur Prüfung von Drucklufttrocknern.



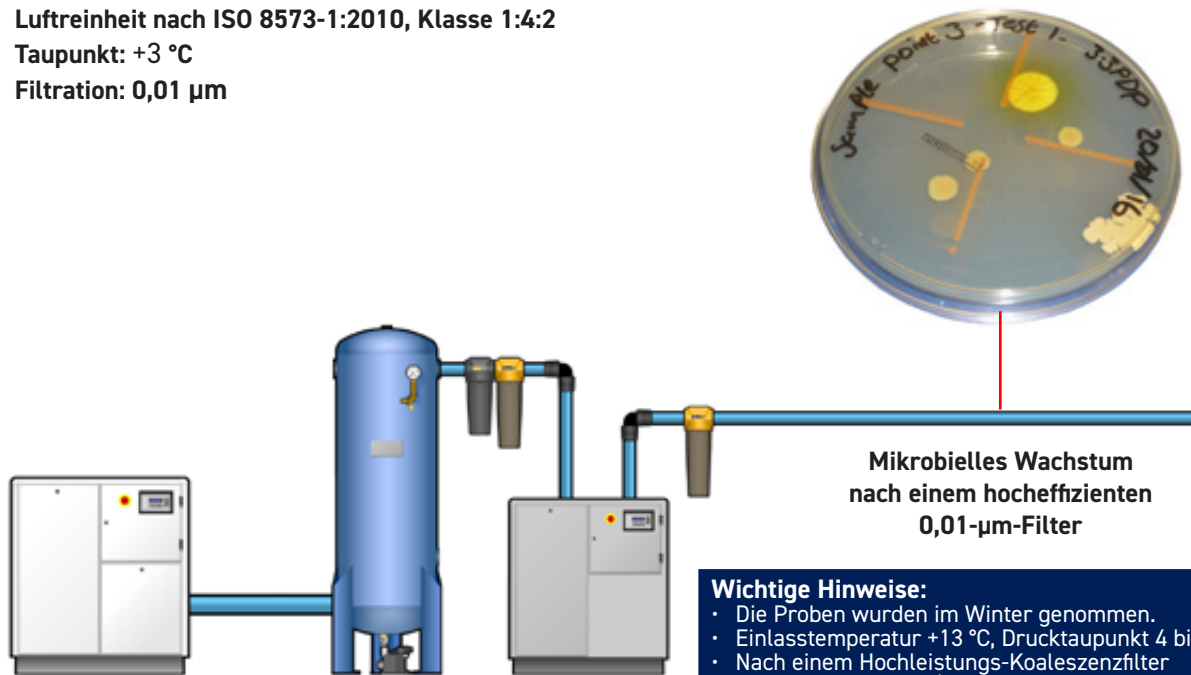
Wichtige Hinweise:

- Wie zuvor dargelegt, hemmt ein Drucktaupunkt unter -26 °C das mikrobiologische Wachstum.
- Da der Taupunkt eines Kältetrockners das Wachstum von Mikroorganismen NICHT hemmt, können diese im Druckluftsystem weiter frei wachsen, und ohne Aufbereitung der Druckluft wird die hohe Konzentration von Mikroorganismen durch Filtration nicht effektiv reduziert.
- Die mikrobielle Probenahme in einem Druckluftsystem zeigt auf, warum Kältetrockner nicht empfohlen werden.

Mikrobielle Probennahme nach einem Direktexpansions-Kältetrockner

Die folgende Agarplatte ist eine Probe, die in den Leitungen nach einem Direktexpansions-Kältetrockner entnommen wurde, der einen Ausgangstaupunkt von etwa +3 °C erzeugt.

Mikrobielle Probennahme
Luftreinheit nach ISO 8573-1:2010, Klasse 1:4:2
Taupunkt: +3 °C
Filtration: 0,01 µm



Mikrobielles Wachstum nach einem hocheffizienten 0,01-µm-Filter

Wichtige Hinweise:

- Die Proben wurden im Winter genommen.
- Einlasstemperatur +13 °C, Drucktaupunkt 4 bis 5 °C
- Nach einem Hochleistungs-Koaleszenzfilter
- Kältetrockner mit 1/3 der maximalen Kapazität.
- Sommerliche Temperaturen und 100 % Last erhöhen die Mikrobenzahl deutlich.

Eine typische Kältetrocknerinstallation umfasst einen Wasserabscheider zur Behandlung von Flüssigkeiten. Dazu wird ein Universal-Koaleszenzfilter verwendet, um den Trockner vor Flüssigkeiten und Partikeln zu schützen. Der Kältetrockner reduziert

den Wasserdampf (jedoch nicht so sehr wie ein Adsorptionstrockner). Am Auslass des Trockners ist ein Hochleistungs-Koaleszenzfilter installiert, um Flüssigkeiten und Aerosole zurückzuhalten, die vom Trockner mitgeschleppt wurden.

Wichtige Hinweise:

- Wie zuvor dargelegt, ist ein Drucktaupunkt unter -26 °C erforderlich, um das mikrobiologische Wachstum zu hemmen.
- Ein Kältetrockner kann keinen Taupunkt erzeugen, der das Wachstum von Mikroorganismen hemmt.
- Kältetrockner können in der Regel keinen konstanten Ausgangstaupunkt erzeugen.
- Mikroorganismen können daher im nachgeschalteten Leitungssystem ungehindert wachsen.
- Die hohe Konzentration an Mikroorganismen wird durch die Filtration an der Verwendungsstelle (falls vorhanden) nicht effektiv reduziert.
- **Kältetrockner sollten daher nicht verwendet werden, um das Wachstum von Mikroorganismen zu kontrollieren.**

Adsorptionstrockner und Ausgangstaupunkt

Während viele Hersteller behaupten, dass ihre Adsorptionstrockner (oder Trockenmittelrockner) einen Taupunkt erzeugen können, der das Wachstum von Mikroorganismen hemmt, unterscheiden sie sich je nach Ausführung im Hinblick auf die Konstanz des erzeugten Ausgangstaupunkts. Adsorptionstrockner werden so ausgelegt, dass sie entweder einen konstanten Ausgangstaupunkt (mit geringer Variation) oder eine Taupunktunterdrückung (mit großen Taupunktschwankungen) bieten.

Konstanter Ausgangstaupunkt

Ein konstanter Ausgangstaupunkt wird zunächst auf die ungünstigsten Einlass- und Umgebungsbedingungen am Standort des Anwenders ausgelegt. Damit wird gewährleistet, dass die Trocknungskapazität (in der Regel die Menge an Adsorptionsmittel) groß genug ist, um die maximale Wasserdampfbelastung des Systems aufzunehmen und gleichzeitig einen gleichbleibenden Taupunkt sicherzustellen.

Ein Trockner mit einem konstanten Ausgangstaupunkt weist geringe Schwankungen auf, erzeugt jedoch immer den minimalen Drucktaupunkt, für den er ausgelegt wurde.

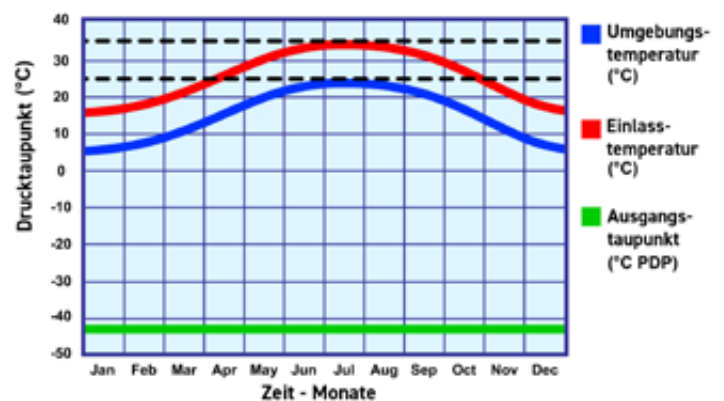
Wenn ein Adsorptionstrockner z. B. einen Drucktaupunkt von ≤ -40 °C erzeugen soll, ist der Drucktaupunkt von -40 °C der schlechtestmögliche Taupunkt. Typischerweise schwankt der Ausgangstaupunkt zwischen -50 °C und -40 °C, was dem Funktionsprinzip des Adsorptionstrockners geschuldet ist.

Taupunktunterdrückung

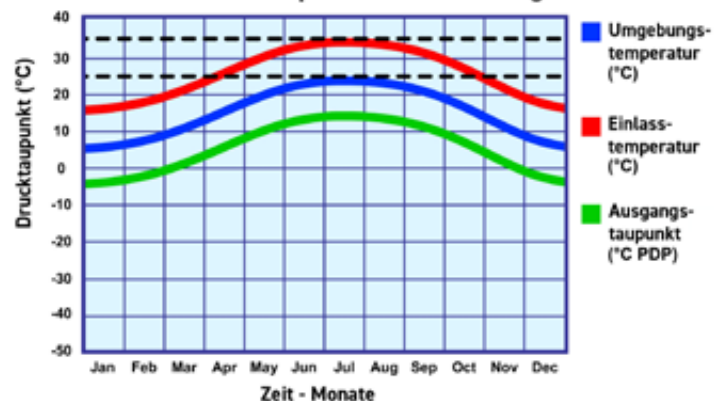
Für eine Taupunktunterdrückung ausgelegte Trockner werden in der Regel nicht nach Umgebungsbedingungen bemessen. Dies führt dazu, dass eine geringere Menge Adsorptionsmittel für die Trocknung verfügbar ist. Der Nachteil ist, dass der Ausgangstaupunkt eines Trockners mit Taupunktunterdrückung erheblich variieren kann.

Trockner mit Taupunktunterdrückung werden durch Veränderungen der Temperatur der Umgebungsluft und Einlasstemperatur beeinflusst. Wenn ein Trockner für eine Taupunktunterdrückung von -20 °C ausgelegt ist, reduziert er den Taupunkt auf 20 Grad unterhalb der Drucklufttemperatur (dieser Wert von -20 °C ist nicht als konstanter Ausgangstaupunkt zu verstehen, was jedoch oft getan wird).

Einfluss von Umgebungstemperatur, Einlasstemperatur und variablem Durchfluss auf den Ausgangstaupunkt eines -40 °C DTP Adsorptionstrockners



Einfluss von Umgebungs- und Einlasstemperatur auf den Ausgangstaupunkt eines Trockners mit 20 °C Taupunktunterdrückung



Taupunktunterdrückung – Kompressionswärme (HOC)-Adsorptionstrockner

Eine Variante des Trockners mit Taupunktunterdrückung, der Kompressionswärme (HOC)-Trockner, ist ein Adsorptionstrockner, der die durch einen ölfreien Schraubenkompressor erzeugten hohen Temperaturen nutzt (die Wärme wird in der Regel verwendet, um das Adsorptionsmittel zu regenerieren).

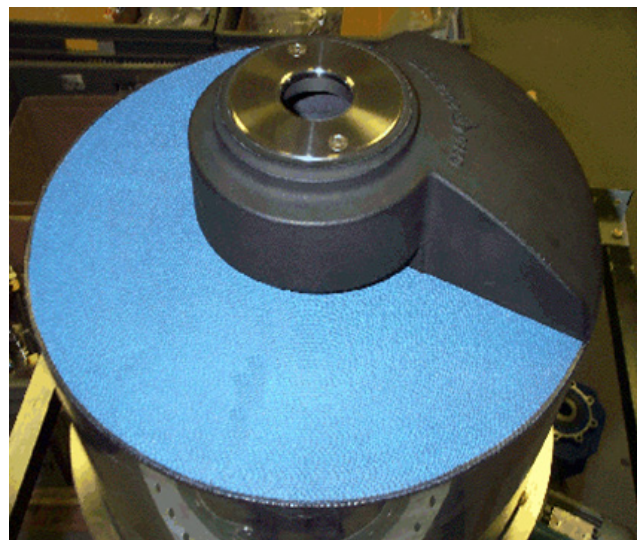
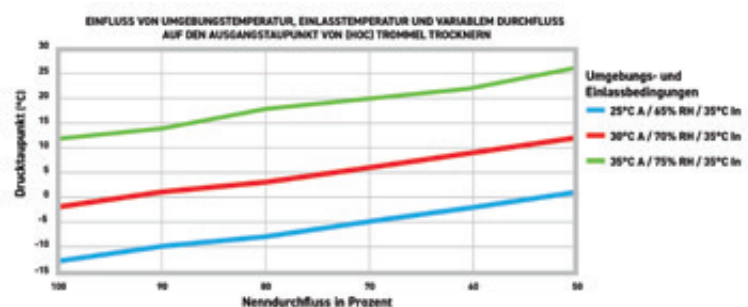
HOC-Trockner sind in der Regel nicht für Umgebungsbedingungen bemessen. Ihre Adsorptionsbetten sind deutlich kleiner als bei einem Trockner mit konstantem Taupunkt (meist lediglich 5 bis 10 % der Größe des Betts eines Trockners mit konstantem Ausgangstaupunkt).

Ein kleines Adsorptionsbett wirkt sich direkt auf den Ausgangstaupunkt (und die Lebensdauer des Adsorptionsmittels) aus, insbesondere, da die Wasserdampfbelastung im Sommer zunimmt.

HOC-Trockner werden als energiesparende Lufttrockner verkauft und sind sehr beliebt; der Kompressor muss jedoch mit maximaler Leistung arbeiten, um eine optimale Regeneration sicherzustellen.

Die Kompressorlast variiert kontinuierlich (insbesondere bei drehzahlregulierten Kompressoren), und ohne die maximale Wärme für die Regeneration wird das Adsorptionsmittel während der Regeneration nicht vollständig getrocknet. Wenn das Adsorptionsmittel nicht vollständig regeneriert wird, leidet darunter der Ausgangstaupunkt.

Veränderungen der Umgebungstemperatur wirken sich ebenfalls auf die Fähigkeit aus, das Adsorptionsmittel zu kühlen. Heißes Adsorptionsmittel trocknet die Druckluft nicht effizient, was erneut zu Veränderungen des Taupunkts führt.



Wichtiger Hinweis:

- Die Kombination aus einem kleinen Adsorptionsbett, einer konstant schwankenden Kompressorlast und ineffizienter Kühlung bedeutet, dass sich der Ausgangstaupunkt eines HOC-Trockners kontinuierlich verändert und somit nur eine Taupunktunterdrückung bietet, aber keinen konstanten Taupunkt.

So erkennen Sie, ob ein Adsorptionstrockner einen konstanten Taupunkt oder eine Taupunktunterdrückung bietet

Hersteller geben oft nicht an, ob es sich bei ihrem Produkt um Trockner mit konstantem Taupunkt oder mit Taupunktunterdrückung handelt. Es wird oft davon ausgegangen, dass der von einem Hersteller angegebene Taupunkt im Betrieb des Trockners durchgängig erreicht wird, dies ist jedoch leider

nicht immer der Fall. Eine der Möglichkeiten, um zu ermitteln, ob der Trockner einen konstanten Taupunkt erzeugt, ist zu prüfen, ob der Trocknerhersteller eine Taupunktklassifizierung gemäß der Norm ISO 8573-1 für Wasser angibt.

Die ISO 8573-1:2010 ist die internationale Norm für Druckluftreinheit und umfasst 6 Taupunktklassifizierungen in Bereichen von -70 °C bis +10 °C.

Um die Anforderungen für eine Klassifizierung nach ISO 8573-1:2010 zu erfüllen, muss der ein Trockner den Taupunkt innerhalb des Bereichs einer Klassifizierung konstant erzeugen.

Klassifizierung nach ISO 8573-1:2010	°C DTP	Taupunktbereich
Klasse 1	DTP ≤ -70 °C	-80 °C bis -70 °C
Klasse 2	DTP ≤ -40 °C	-69 °C bis -40 °C
Klasse 3	DTP ≤ -20 °C	-39 °C bis -20 °C
Klasse 4	DTP ≤ +3 °C	-19 °C bis +3 °C
Klasse 5	DTP ≤ +7 °C	+4 °C bis +7 °C
Klasse 6	DTP ≤ +10 °C	+8 °C bis +10 °C

Für einen Trockner mit konstantem Ausgangstaupunkt wird in der Regel eine Klassifizierung nach ISO 8573-1:2010 angegeben, weil der Taupunkt klar in einen definierten Bereich fallen kann. Bei einem Trockner mit Taupunktunterdrückung wie einem HOC-Adsorptionstrockner oder Membrantrockner kann hingegen meist keine Klassifizierung nach ISO 8573-1:2010 angegeben werden, da der Ausgangstaupunkt zu stark variiert und in zwei oder mehr Bereiche fällt.

Um zu überprüfen, ob ein Trockner den vereinbarten Ausgangstaupunkt bietet, können Anwender zusätzlich einen Trockner mit einem Taupunkthygrometer installieren oder ein dem Trockner nachgeschaltetes separates Hygrometer verwenden.



Empfohlene Trocknertechnologien

Während Adsorptionstrockner mit konstantem Taupunkt einen Taupunkt erzeugen können, der das Wachstum von Mikroorganismen hemmt, sind bestimmte Technologien möglicherweise nicht die bevorzugte Lösung für eine Anwendung. Zwei der extern beheizten Trockner in der folgenden Tabelle verwenden für die Regeneration des Trocknungs-

mittels unbehandelte Umgebungsluft. Anwender, die diese Technologien zur Kontrolle des Wachstums von Mikroorganismen in Erwägung ziehen, sollten daher eine Gefährdungsanalyse für die Trocknertechnologie durchführen, um potenzielle Risiken für ihren Ferti-gungsprozess zu identifizieren, bevor sie sich für diese Art von Trocknertechnologie entscheiden.

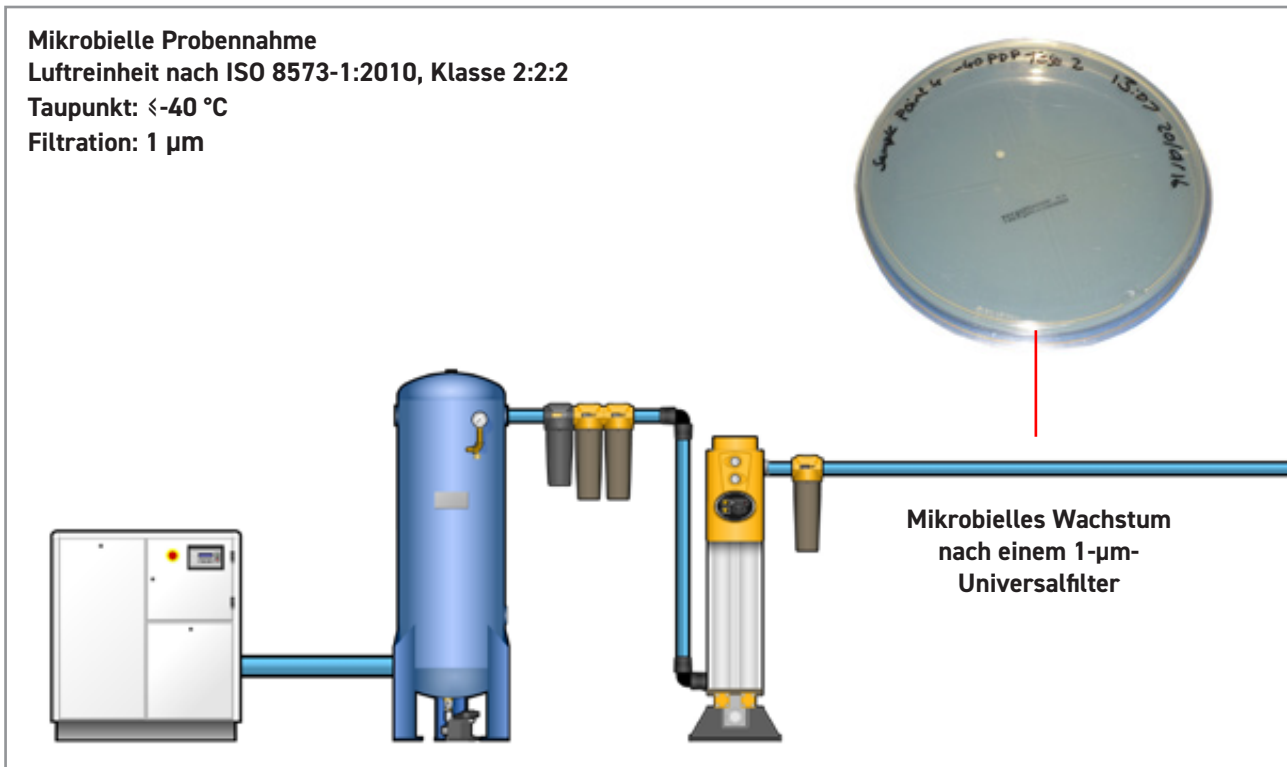
Trocknungstechnologie	Trocknertyp	Kann einen Taupunkt erzeugen, der das mikrobielle Wachstum hemmt	Konstanter Ausgangstaupunkt	Verwendet unbehandelte Umgebungsluft für die Regeneration
Adsorption	Kaltregeneriert	✓	✓	✗
	Kaltregeneriert mit Vakuumunterstützung	✓	✓	✗
	Intern beheizt mit SpüladSORPTION	✓	✓	✗
	Extern beheizt mit SpüladSORPTION	✓	✓	✗
	Extern beheizt mit Gebläse	✓*	✓*	✓
	Extern beheizt mit Vakuum	✓	✓	✓
Hybrid	Tandemtechnologie	✓**	✓	✗

* Nicht alle Varianten erzeugen einen konstanten Ausgangstaupunkt, manche sind Trockner mit Taupunktunterdrückung.

** Nicht geeignet, wenn der Adsorptionstrockner in den Sommermonaten abgeschaltet werden kann.

Mikrobielle Probennahme nach einem Adsorptionstrockner mit konstantem Taupunkt

Die folgende Agarplatte ist eine Probe, die in den Leitungen nach einem Adsorptionstrockner (oder Trockenmitteltrockner) entnommen wurde, der einen konstanten Ausgangstaupunkt von $\leq -40\text{ °C}$ erzeugt.



Eine typische Adsorptionstrockner- oder Trockenmitteltrockner-Installation umfasst einen Wasserabscheider zur Behandlung von Flüssigkeiten. Zudem ist ein Paar Koaleszenzfilter zur Reduzierung von Wasseraerosolen (und atmosphärischen Partikeln, Rost, Abrieb, Mikroorganismen und Ölaerosolen) installiert. Koaleszenzfilter werden paarweise installiert, wobei der erste Filter als Universalfilter dient, der den feineren hoch-

effizienten Filter vor größerer Verschmutzung schützt. Der Adsorptionstrockner (oder Trockenmitteltrockner) reduziert den Wasserdampfgehalt, seine Leistung wird als Ausgangstaupunkt angegeben. Da das bei dieser Art von Lufttrocknern verwendete Adsorptionstrocknungsmittel Partikel erzeugen kann, wird typischerweise im Kompressorraum ein Universal-Trockenpartikelfilter installiert.

Wichtige Hinweise:

- Die Koaleszenzfilter vor dem Trockner beginnen, die Anzahl von Mikroorganismen zu reduzieren. Wenn die Luft an diesem Punkt jedoch noch mit Wasserdampf gesättigt ist, kommt es hinter dem Filter dennoch zu mikrobiellem Wachstum.
- Der 1-µm-Filter am Trocknerauslass ist typischerweise für eine Installation im Kompressorraum vorgesehen. Diese Filtrationsklasse ist jedoch nicht fein genug, um Partikel in der Größe von Mikroorganismen zurückzuhalten.
- HochleistungsfILTER (0,01 µm bei 99,9999 % Wirkungsgrad) werden an jeder Verwendungsstelle empfohlen.
- **Dies ist die empfohlene Konfiguration, um das Wachstum und die Anzahl von Mikroorganismen in einem Druckluftsystem zu kontrollieren.**

Druckluftnormen/Normen für Atem- und medizinische Luft/Best Practice-Leitlinien

Weltweit werden eine Reihe von Dokumenten verwendet, um die Qualität von Druckluft zu spezifizieren. Einige davon ermöglichen es Anwendern, die benötigte Luftqualität anzugeben, während andere Mindestspezifikationen für eine bestimmte Anwendung festlegen (teilweise gesetzlich vorgeschrieben). Im Folgenden werden diese Dokumente und ihre Anwendbarkeit für Mikroorganismen und/oder die Kontrolle des Wachstums von Mikroorganismen besprochen.

Internationale Druckluftnormen

Während Teil 1 der Normenreihe ISO 8573 Luftreinheitsklassen für gängige Verunreinigungen angibt (Feststoffpartikel/Wasser/Gesamtölgehalt), enthält er keine spezifische Klassifizierung für die Anzahl von Mikroorganismen oder KbE (koloniebildende Einheiten). Er gibt jedoch an, dass Mikroorganismen in Druckluft als Feststoffpartikel (mithilfe der Methoden und Ausrüstung in der ISO 8573-4) erkannt werden können und enthält auch eine spezifische Norm (ISO 8573-7) für die Detektion und Zählung von Mikroorganismen in Druckluft.



Normen für industrielle Atemluft

Globale Normen für industrielle Atemluft bezüglich Druckluft wie die EN 12021, OSHA 29 CFR 1910.134 Grade D und CSA Z180.1 sind hauptsächlich auf die Reduzierung von gefährlichen gasförmigen Verunreinigungen ausgelegt. Sie erwähnen weder spezifisch das Vorhandensein oder die Kontrolle von Mikroorganismen noch enthalten sie Spezifikationen für KbE (koloniebildende Einheiten).

Die Normen EN 12021 und CSA Z180.1 enthalten Grenzwerte für Wasser, die jedoch nicht ausreichend sind, um das Wachstum von Mikroorganismen zu hemmen. Die Spezifikation OSHA 29 CFR 1910.134 Grade D enthält keine Mindestgehalte für Wasser.

Normen für medizinische Luft

Das Europäische Arzneibuch, das in Krankenhäusern innerhalb der Europäischen Union verwendet wird, gibt einen Wasserdampfgehalt von 67 ppm vor, der einem atmosphärischen Taupunkt von -45 °C entspricht. Bei 7 bar g (typischer Betriebsdruck) ergibt dies einen Drucktaupunkt von -26 °C, der als mindestens zu erreichender Taupunkt angesehen werden sollte (ein Drucktaupunkt von ≤ -40 °C wird empfohlen).

Normen für Lebensmittel und Getränke

Es gibt weltweit keine gesetzlichen Regelungen für den Einsatz von Druckluft in der Lebensmittel-, Getränke- und pharmazeutischen Industrie. Diese Branchen müssen jedoch lokale Hygienegesetze einhalten: So müssen Hersteller zum Beispiel in Europa kraft Gesetzes die Anforderungen der EN 852/2004 erfüllen. Die Hygienegesetzgebung legt keine Standards fest und bezieht sich nicht ausdrücklich auf Druckluft, verlangt jedoch von Herstellern in der Regel, bei der Auslegung ihres Lebensmittelsicherheit-Managementsystems die HACCP-Grundsätze (Hazard Analysis and Critical Control Point) zu befolgen.

Druckluft ist eine bekannte Quelle für Verunreinigungen (einschließlich Mikroorganismen) und kann direkt oder indirekt mit Inhaltsstoffen, Fertigungsanlagen, Zubereitungsflächen, Lebensmitteln und Verpackungsmaterialien in Kontakt kommen. Wenn die Druckluft Mikroorganismen enthält, kann es zur Kontamination kommen. Das Druckluftsystem sollte daher in die HACCP-Gefährdungsanalyse einbezogen werden (weitere Informationen finden Sie in Parkers Whitepaper „Hochwertige Druckluft für die Lebensmittel- und Getränkeindustrie“).

Viele Hersteller entscheiden sich, anerkannte Normen für die Lebensmittelsicherheit zu befolgen und werden gemäß der gewählten Norm geprüft, um die Einhaltung der Hygienegesetzgebung nachzuweisen.

Eine Auswertung der gängigen Lebensmittelsicherheitsnormen hat ergeben, dass die meisten zwar Druckluft erwähnen, jedoch sehr allgemein gehalten sind und in der Regel keine brauchbare Spezifikation für Druckluft bieten, z. B.: FDA Code of Federal Regulations Title 21CFR

„Druckluft oder andere Gase, die mechanisch Lebensmitteln zugeführt oder zur Reinigung von Oberflächen oder Anlagen mit Lebensmittelkontakt verwendet werden, sind so zu behandeln, dass die Lebensmittel nicht durch unzulässige indirekte Lebensmittelzusätze kontaminiert werden.“

Best Practice-Leitlinien

Die bereits erwähnte Leitlinie „Food and Beverage Grade Compressed Air – Best Practice Guideline 102“ der British Compressed Air Society (BCAS) enthält spezifische Verweise auf Mikroorganismen sowie die HACCP-Gefährdungsanalyse und bietet eine Spezifikation für die Hemmung und Kontrolle des Wachstums von Mikroorganismen.

Empfohlene Spezifikation zur Kontrolle des Wachstums von Mikroorganismen

Wie weiter oben erläutert, beträgt der empfohlene Drucktaupunkt für die Kontrolle von Mikroorganismen ≤-40 °C, was der ISO 8573-1:2010-Klasse 2 für Wasser entspricht. Dieser Taupunkt hemmt (stoppt) das Wachstum von Mikroorganismen im Druckluft-Verteilersystem und verhindert, dass die Hochleistungs-Trockenpartikelfiltration überlastet wird. Die empfohlene Spezifikation für die Trockenpartikelfiltration ist die Verwendung eines Hochleistungs-Trockenpartikelfilters für Partikel bis zu 0,01 µm mit einer Abscheidungseffizienz von 99,9999 % gemäß Klasse 1 für Feststoffpartikel der Klassifizierung nach ISO 8573-1:2010. Druckluftspezifikationen nach ISO 8573 enthalten in

der Regel eine Empfehlung für den Gesamtölgehalt. Die Mindestempfehlung für den Gesamtölgehalt für beliebige industrielle Anwendungen wäre Klasse 2. Aufgrund der Bedeutung der Kontrolle von mikrobiellem Wachstum für kritische Anwendungen in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie sowie in der pharmazeutischen und kosmetischen Industrie (und für Atem- und medizinische Luft) erfordern diese Anwendungen jedoch in der Regel „technisch ölfreie“ Druckluft. Daher wird für diese Anwendungen die Klasse 1 oder Klasse 0 für den Gesamtölgehalt nach der ISO 8573-1:2010 empfohlen. Daraus ergibt sich eine empfohlene Spezifikation von ISO 8573-1:2010, Klasse 1:2:1 oder ISO 8573-1:2010, Klasse 1:2:0

Empfohlene Luftqualität	Parker Druckluftaufbereitungsprodukte zur Behandlung von:		
	Feststoffpartikel	Wasser (Dampf)	Gesamtöl (Aerosol + Nebel)
ISO 8573-1:2010, Klasse 1.2.1 ISO 8573-1:2010, Klasse 1:2:0	Kompressorraum OIL-X Koaleszenzfilter Klasse AO + AA	Adsorptionstrockner DTP ≤-40 °C	OIL-X Koaleszenz- und Ölnebel-Abscheidefilter Klassen AO + AA + OVR oder OFAS / FBP Oil Free Air Systems
	Verwendungsstelle OIL-X Trockenpartikelfilter Klasse AO (M) + AA (M)		

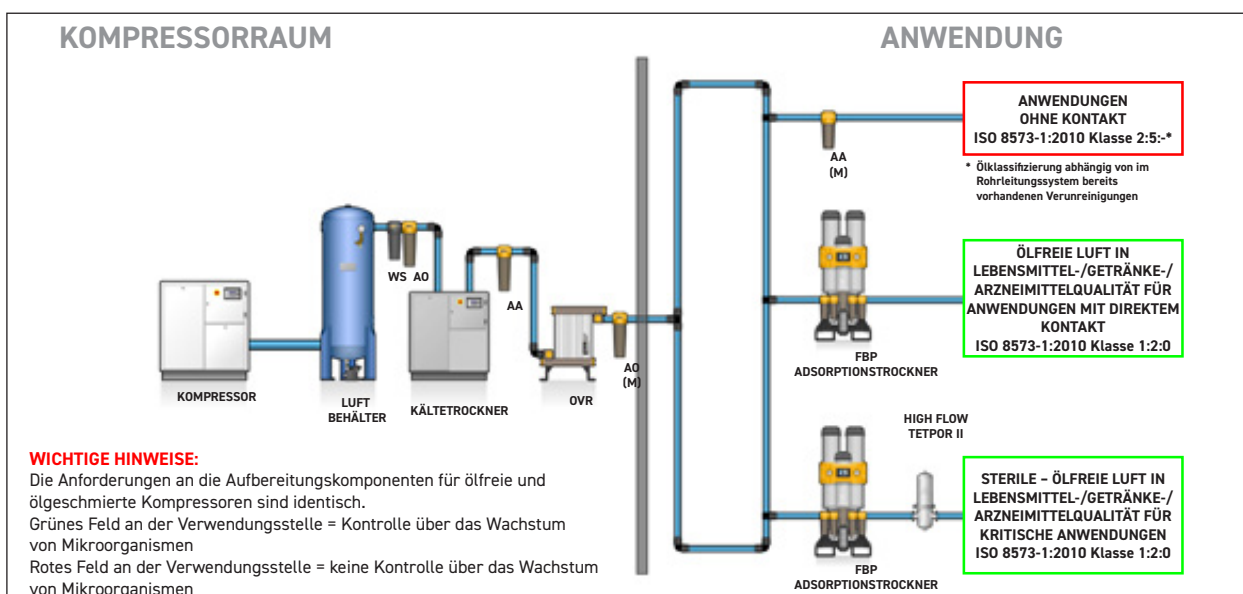
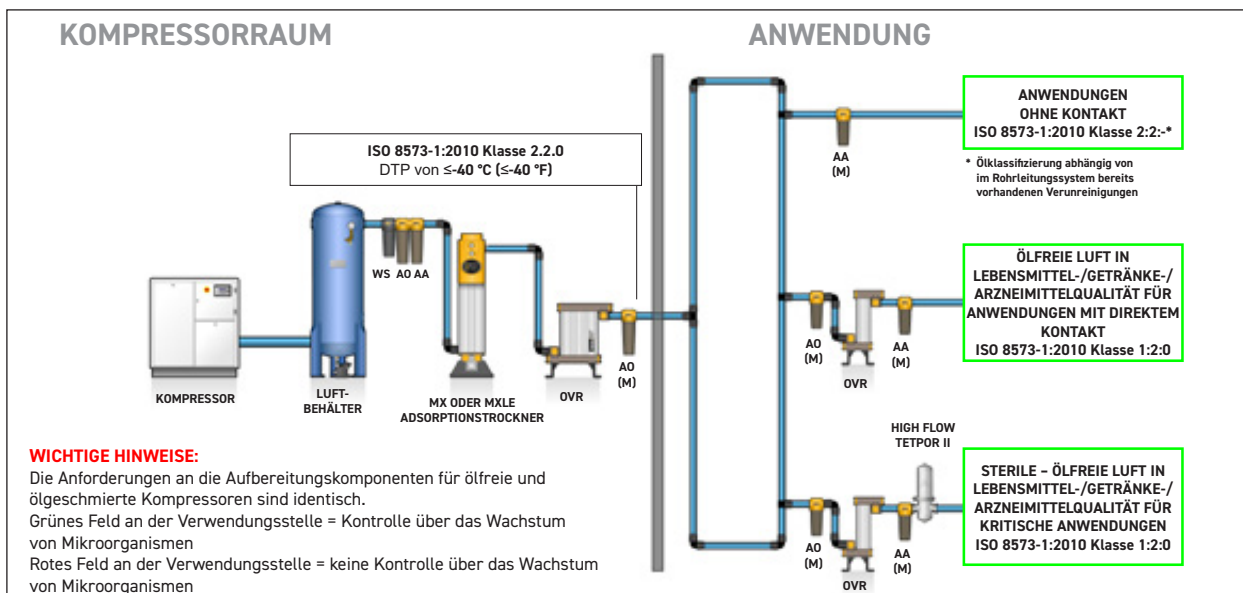
Kostengünstige Systemauslegung

Um die strengen Luftqualitätsanforderungen für moderne Produktionsstätten erfüllen zu können, ist ein umsichtiger Ansatz für die Systemauslegung, Inbetriebnahme und den Betrieb erforderlich.

Die Aufbereitung an nur einem Punkt ist nicht ausreichend. Es wird nachdrücklich empfohlen, die Druckluft im Kompressorraum so weit aufzubereiten, dass sowohl die Luftversorgung des Standorts für allgemeine Zwecke als auch der Schutz der Verteilerleitungen gewährleistet ist. Eine Reinigung an der Verwendungsstelle sollte ebenfalls durchgeführt werden.

Damit sollen einerseits verbleibende Schmutzstoffe im Verteilungssystem entfernt und andererseits die für die einzelnen Anwendungen erforderliche Luftqualität gewährleistet werden. Mit diesem Ansatz zur Systemauslegung wird eine „Überaufbereitung“ der Luft vermieden. Gleichzeitig stellt dies die kostengünstigste Lösung zur Erzeugung hochwertiger Druckluft dar.

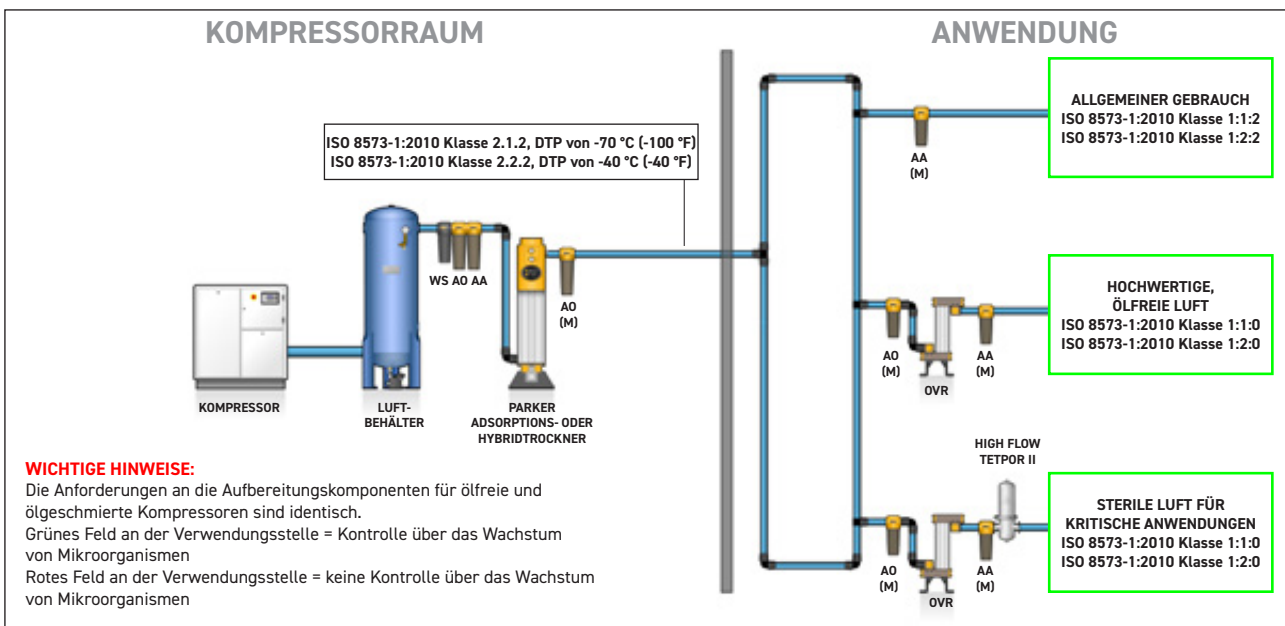
LEBENSMITTEL/GETRÄNKE/PHARMAINDUSTRIE - ANWENDUNGEN MIT DIREKTEM KONTAKT



Typische Anwendungen

Anwendungen mit direktem Kontakt/indirektem Kontakt in der Lebensmittel- und Getränkeherstellung/Getränkeabfüllung/Arzneimittelherstellung/Molkereien/Brauereien/Winzereien/Destillieren (gemäß „British Compressed Air Society (BCAS) Best Practice Guideline 102 Food & Beverage Grade Compressed Air“).

HOCHWERTIGE, TECHNISCH ÖLFREIE LUFT



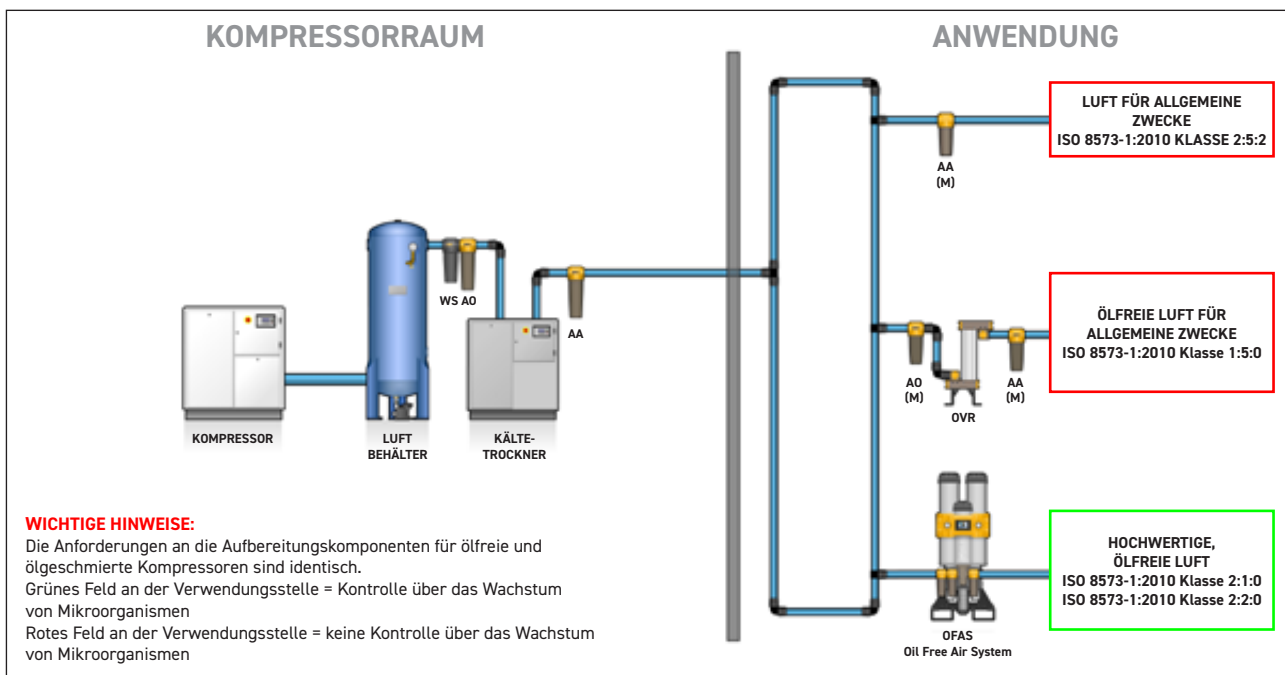
Typische ölfreie Luftanwendungen

Blasformen von Kunststoffen, z. B. PET- Flaschen
Elektronikfertigung
CDA-Systeme (Clean Dry Air, saubere Trockenluft) für die Herstellung von Elektronikbauteilen
Filmverarbeitung
Kritische Instrumente und Geräte
Hochentwickelte Pneumatik
Druckluftschalter

Dekompressionskammern
Herstellung von Kosmetikprodukten
Luft für medizinische Anwendungen
Luft für zahnmedizinische Anwendungen
Laser und Optik
Robotertechnik
Spritzlackieren

Luftlager
Rohrleitungsspülen
Messgeräte
Auffüllung mit Schutzgas
Abfüllung/Verpackung mit veränderter Atmosphäre
Vorbehandlung für Gaserzeugung vor Ort

ÖLFREIE LUFT FÜR ALLGEMEINE ZWECKE FÜR KRITISCHE ANWENDUNGEN



Typische allgemeine Anwendungen

Allgemeiner Ringleitungsschutz
Vorfiltration für Adsorptionslufttrockner an der Verwendungsstelle
Fabrikautomatisierung
Luftlogistik
Pneumatikwerkzeuge
Allgemeine Instrumente und Geräte

Metallstanzen
Schmieden
Allgemeine Industriemontage (ohne externe Rohrleitungen)
Pneumatischer Transport (keine Lebensmittel)
Druckluftmotoren

Werkstatt (Werkzeuge)
Autowerkstatt (Reifenbefüllung)
Temperaturregelsysteme
Ausblaspistolen
Kalibriergeräte
Mischen von Rohstoffen
Sand-/Perlenstrahlen

Hochwertige Druckluft – garantiert

Um eine maximale Leistung und Zuverlässigkeit zu gewährleisten, schützen die Druckluftaufbereitungsprodukte von Parker Ihr gesamtes Druckluftnetz, sodass Sie stets über Druckluft in der benötigten Qualität verfügen – genau dort, wo sie benötigt wird.

Empfohlene Filtrationsprodukte



OIL-X Wasserabscheider
Koaleszenzfilter und Trockenpartikelfilter



OIL-X OVR Ölnebel-Abscheidungsfilter

Empfohlene Trocknungsprodukte



CDAS
Clean Dry Air System



OFAS
Oil Free Air System



FBP
Lebensmittel/Getränke/
Pharmaindustrie
Oil Free Air System

Die Druckluftqualität der OIL-X Filter und modularen Trocknerbaureihen von Parker erfüllt oder übertrifft die Anforderungen sämtlicher Fassungen der internationalen Norm ISO 8573-1 für Druckluftqualität sowie der BCAS Food and Beverage Grade Compressed Air – Best Practice Guideline 102.

Die Leistung unserer Filtrationslösungen und Trockner wurde von Lloyds Register unabhängig verifiziert.

OIL-X Wasserabscheider

Die Leistung der Wasserabscheider wurde gemäß ISO 12500-4 und ISO 8573-9 geprüft.

OIL-X Koaleszenzfilter

Die Leistung der Koaleszenzfilter wurde gemäß den Normen ISO 12500-1, ISO 8573-2 und ISO 8573-4 geprüft.

OIL-X Trockenpartikelfilter

Die Leistung der Trockenpartikelfilter wurde gemäß der Norm ISO 8573-4 geprüft.

OIL-X Ölnebel-Abscheidefilter

Die Leistung der Ölnebel-Abscheidefilter wurde gemäß der Norm ISO 8573-5 geprüft.

Adsorptionstrockner-Baureihen

Die Leistung der CDAS, OFAS, FBP, CDAS ATEX, MX, MX ATEX und MXLE Trockner wurde gemäß ISO 7183 geprüft.

Zusätzlich zur Leistungsvalidierung eignen sich die Konstruktionswerkstoffe der unten empfohlenen Produktreihen für den Einsatz in der Lebensmittel- und Getränkeproduktion. Sie erfüllen die Anforderungen nach FDA Title 21 und sind von der EC 1935-2004 ausgenommen. Zertifikate auf Anfrage erhältlich.



MX
Kaltregenerierte
Adsorptionstrockner



MXLE
Kaltregenerierte Adsorptionstrockner mit
niedrigem Energieverbrauch

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