

Krankenhaus

TECHNIK + MANAGEMENT

Die Fachzeitschrift für den HealthCare-Markt

KTM-
Neuheitenreport

Neu!

Management

Zukunftsmodell
Integriertes Notfallzentrum

Unit Dose für mehr
Arzneimittelsicherheit

Technik

Medizinische Druckluft:
Versorgung sichern

Mit guter Raumakustik
Genesung unterstützen

Special

Medizintechnik



Titelstory

Wenn es schnell
gehen muss

Versorgung mit medizinischer Druckluft sicherer und leistungsfähiger machen

Systemkomponenten sind entscheidend

Das gleichmäßige Summen der vier Schraubenkompressoren und das Klacken der Magnetventile sind die einzigen Geräusche im 150 m² großen Maschinenraum im Kellergewölbe des 550 Betten umfassenden Krankenhauses. Nichts weist darauf hin, dass hier in einem der bedeutendsten Bereiche der Krankenhaustechnik ein Medium erzeugt wird, das für viele Patienten überlebenswichtig ist: medizinische Druckluft.

Jeden Tag werden innerhalb von 24 Stunden bis zu 4.000 m³ medizinische Druckluft aufbereitet und über ein kilometerlanges Rohrleitungsnetz auf die über 1.500 Abnahmestellen in den Operationsälen, der Intensivmedizin, der Normalpflege und der Notfallstation verteilt. Die Einhaltung der Qualitätskriterien für die medizinische Druckluft orientiert sich dabei an den internationalen Richtlinien für Medizinprodukte, am Europäischen Arzneimittelbuch (EuAB) und an den Normen ISO 7396-1 und 13485. Zwei Betriebstechniker sind unter Aufsicht des Chefapothekers für die komplexe Anlagentechnik verantwortlich, von der die Funktionsfähigkeit der sensiblen Bereiche des Krankenhauses abhängt. Damit stehen sie an einer Stelle des kostenträchtigen Gesundheits-

systems, an der Wirtschaftlichkeit und Funktionssicherheit kein Gegensatz sein dürfen. Diese fiktive Darstellung eines der wichtigsten Bereiche der Krankenhaustechnik ist auf eine Vielzahl europäischer Kliniken übertragbar. Und für alle gilt: Störungen bei der Erzeugung, Aufbereitung und Verteilung der Druckluft können schwerwiegende Folgen für die Versorgung der Patienten und der technischen Ausrüstung haben. Wenn auch eine komplette Druckluftstation mehr ist als die Summe ihrer Teile, so ist es unter Sicherheitsaspekten, aber auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht interessant, die einzelnen Komponenten einer solchen Anlage zur Erzeugung medizinischer Druckluft zu betrachten.

Redundanter Aufbau für mehr Sicherheit

Es beginnt bei den Kompressoren: Immer zwei der vier ölgeschmierten 11-kW-Schraubenverdichter speisen die auf 8 bar verdichtete Luft wechselseitig im Zwölfstundensrhythmus in das ihnen zugeordnete Aufbereitungssystem ein. Dieser redundante Aufbau bietet die notwendige Sicherheit, dass die Versorgung mit medizinischer Druckluft immer sichergestellt ist – insbesondere auch bei Wartungsmaß-

nahmen. Die Regelung der Kompressorenantriebe passt den erzeugten Volumenstrom dem im Krankenhausbetrieb stark schwankenden Verbrauch an. Diese Bedarfsregelung ist eine der wichtigsten Maßnahmen zur Energieeinsparung und erlaubt eine geringere Druckspeicherkapazität. Die Kosten für die benötigte elektrische Energie überschreiten, über die Lebensdauer gerechnet, die Investitionskosten für die Kompressoren bei weitem. Werden außerdem ölfrei arbeitende Verdichter eingesetzt, sind die Anschaffungskosten noch erheblich höher und außerdem ist der Wirkungsgrad der Druckstufen geringer. Es ist somit eine Frage der Sicherheitsphilosophie, welcher Verdichterbauart der Vorzug gegeben wird. Selbst ältere Kompressoren arbeiten wirtschaftlich, wenn die nachgeschaltete Aufbereitungstechnik den ISO-Normen entspricht und mit umsichtiger Wartung dafür gesorgt wird, dass die Werte für die medizinische Druckluft sicher eingehalten werden (siehe Tabelle). Daraus ergibt sich: Der Aufbau der Druckluftaufbereitung und ihre Komponenten sind entscheidend für die Sicherheit und die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems. Die etwa 40 °C bis 60 °C warme Druckluft, die von den Kompressoren eingespeist wird, enthält alle Verunreinigungen der angesaugten atmosphärischen Luft, die nicht vom Ansaugfilter zurückgehalten werden: Rauchgase, Öl, Dampf, Feststoffteilchen und Mikroorganismen. Je nach Luftzufuhr und klimatischen Bedingungen (Temperatur und Luftfeuchtigkeit) weisen die Stoffe erhebliche Unterschiede in ihrer Konzentration auf. Darauf müssen die Komponenten für das mehrstufige Aufbereitungs-

Druckluftstation des University Hospitals Oslo: Das Bild zeigt beispielhaft die komplexe Anlagentechnik für die Erzeugung medizinischer Druckluft.



Constituent	Ph.Eur. & ISO 7396-1:2016 Limit Values
O ₂ concentration	> 20.4% V/V and < 21.4% V/V
Total Oil Concentration	< 0.1 mg/m ³ (measured at ambient pressure)
CO concentration	≤ 5 ml/m ³ (ppm)
CO ₂ concentration	≤ 500 ml/m ³ (ppm)
Water Vapour content	≤ 67 ml/m ³ (ppm) / -48°C atm. Dew Point
SO ₂ concentration	≤ 1 ml/m ³ (ppm)
NO + NO ₂ concentration	≤ 2 ml/m ³ (ppm)
Particulates *)	Class 2 according to ISO 8573-1:2010

*) Defined for medical air for surgical tools and instruments

Tabelle: Grenzwerte für medizinische Druckluft

Bilder: Donaldson

system für die medizinische Druckluft optimal abgestimmt sein (siehe Abb. 1). Deshalb ergibt sich für die Verantwortlichen von Krankenhäusern in Innenstadtlage mit hoher Feinstaub- und CO₂-Belastung ebenso wie für Standorte in weniger belasteten Regionen, die jedoch zum Beispiel eine hohe Luftfeuchte aufweisen, die Notwendigkeit, die Anlagentechnik anzupassen. Dafür gibt es einige wirksame Stellschrauben.

Technologievorsprung durch neue Filtertechnik

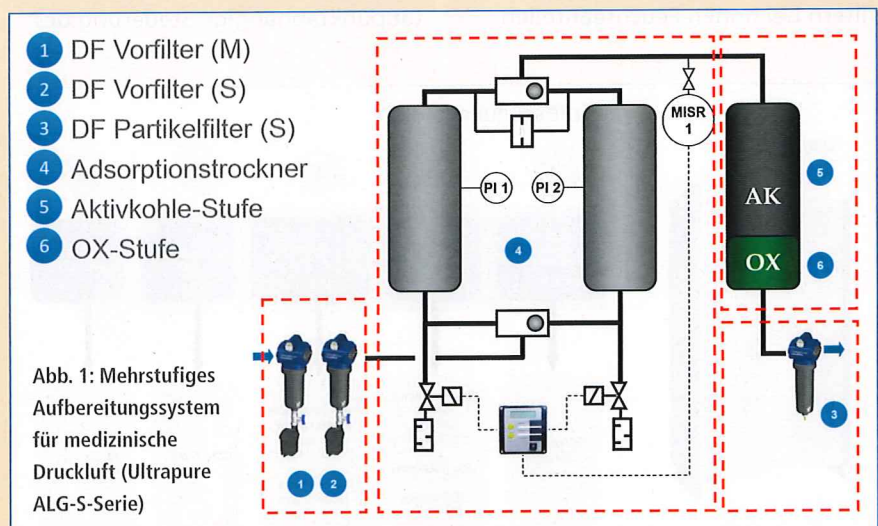
Im ersten Schritt kann die Temperatur der warmen, wasserdampfgesättigten Druckluft über einen wasser- oder luftgekühlten Nachkühler abgesenkt werden, sofern kühles Wasser im Kreislauf oder kalte Luft zur Verfügung stehen. Im Zyklonabscheider wird kondensiertes Wasser abgeschieden, was die nachgeschalteten Koaleszenzfilter wirkungsvoll entlastet. UltraPleat-Koaleszenz-/Partikelfilter werden als Vorfilter mit Economizer und niveaugesteuertem Kondensatableiter eingesetzt. Der Economizer gibt den wirtschaftlichen Zeitpunkt zum Austausch des Filterelementes an. Die Filtrationstechnologie UltraPleat nutzt eine neue Struktur beschichteter Hightechfasern, die zu einem plissierten Filtermedium mit hoher Abscheideleistung von Flüssigpartikeln und großer Aufnahmekapazität für Feststoffpartikel verarbeitet werden.

Der mehrschichtige Aufbau des Filtermediums dieser Druckluftfilter wurde so gestaltet, dass sich strömungstechnisch optimale Verhältnisse ergeben und gleichzeitig eine über 400 Prozent größere Filterfläche im Vergleich zu gewickelten Filtermedien zur Verfügung steht. Für die Abscheidung von Ölaerosolen wird eine Effizienz von ≥ 99,9 Prozent gemäß ISO 12500-1 erzielt. Der Differenzdruck konnte um 50 Prozent im Vergleich zur vorhergehenden Baureihe auf 180 mbar reduziert werden und das bei ebenso guter Filtrationsleistung. Dieser niedrige Wert trägt dazu bei, den Energiebedarf der Kompressoren zu senken. Beim Einsatz mehrerer Filter der Ultrafilter-DF-Baureihe in einer Aufbereitungsanlage für medizinische Druckluft ist dies ein

erheblicher Faktor bei den Bemühungen um mehr Nachhaltigkeit im Krankenhausbetrieb. Dazu eine Beispielrechnung: Wird ein Filter vom Typ Ultra-Filter DF-S 1.100 UltraPleat 8.000 Betriebsstunden lang mit einem Volumenstrom von 1.000 m³/h bei einem Betriebsüberdruck von 7 bar betrieben, ergibt sich eine Reduzierung des Differenzdrucks um 190 auf 180 mbar, gemessen im ölbenetzten Zustand. Das entspricht einer Einsparung an Energiekosten von ca. 1.460 Euro pro Jahr bei einem Strompreis von 8 Cent/kWh.

Entscheidend: Feuchtegehalt medizinischer Druckluft

Wie entscheidend der Feuchtegehalt der komprimierten Luft bei der Aufbereitung medizinischer Druckluft ist, dokumentiert die Anweisung im Aide-memoire 07121401 der ZLG (Zentralstelle der Länder für Gesundheitsschutz bei Arzneimitteln und Medizinprodukten): „Für Luft sind im EuAB anlagenabhängig unterschiedliche Grenzwerte für den Wassergehalt spezifiziert. So kann dieser maximal 870 ppm betragen, wenn das Versorgungssystem für Druckluft einen Druck von maximal 10 bar aufweist und die Rohrleitungen nicht in Bereichen verlegt sind, in denen Temperaturen unterhalb von 5 °C auftreten. Ansonsten sind 67 ppm vorgeschrieben. Hieraus ergibt sich, dass unterschiedliche Konzepte der Trocknung des Gases nach der Kompression möglich sind. Dabei werden derzeit in den Erzeugungsanlagen Kälte- und





University Hospital Oslo: Atemluftgerät der Ultrapure ALG-S-Serie (li.) mit zusätzlichem Aktivkohleadsorber (Mitte) und den nachgeschalteten DF-Ultra-Filter-Partikelfiltern (re.).

Adsorptionstrockner zur Sicherstellung der notwendigen Reduzierung des Wassergehaltes eingesetzt. Im Fall der Trocknung mittels Kältetrocknern (Drucktaupunkt etwa 3 °C) ist nicht immer sichergestellt, dass die Spezifikation des EuAB für den Wassergehalt eingehalten wird. Eine ständige Messung der Feuchte mit entsprechender Alarmierung bei Grenzwertüberschreitung sollte sichergestellt sein. Im Fall der Installation von Adsorptionstrocknern soll durch das Arbeitsprinzip der Trockner und die meist integrierte Taupunktüberwachung ein Feuchtegehalt unterhalb von 67 ppm sichergestellt werden.“

Die Experten von Donaldson empfehlen deshalb den Einsatz zum Beispiel von Buran-Kältedrucklufttrocknern mit integrierten Ultrafiltern bei hohen Feuchteanteilen

vor dem Druckspeicher. Das entlastet die anschließende Adsorptionstrocknung mit den Ultrapure-Atemluftgeräten. Mit dieser Technologie lassen sich Drucktaupunkte von bis zu -70 °C erreichen. Das hat einen positiven Doppeleffekt: „Je niedriger der Taupunkt, desto höher ist auch die CO₂-Abscheiderate“, erklärt Wolfgang Bongartz, Engineering Manager bei Donaldson Filtration Deutschland GmbH in Haan.

Die Ultrapure-Aufbereitungsanlagen zur Erzeugung der Atem- und Instrumentenluft sind in kompakten, zur Wartung gut zugänglichen Einheiten zusammengefasst (siehe Abb. 2). Je nach benötigtem Volumenstrom der medizinischen Druckluft werden die Typen ALG 35 S bis ALG 375 S eingesetzt. In der ersten Stufe wird die Druckluft in einer zweistufigen UltraPleat-Filterkombination von Partikeln und Kondensat befreit, das über niveaugesteuerte Kondensatableiter abgeführt wird. In der folgenden Adsorptionstrocknerstufe erreicht der Wasserdampfgehalt der komprimierten Luft einen Drucktaupunkt von -40 °C. Das entspricht einem Restwassergehalt von 0,11 g/m³. Der CO₂-Gehalt wird auf weit unter 500 ppm, der Gehalt an SO₂ auf unter 1 ppm und NO_x auf unter 2 ppm reduziert. In der AK-Stufe werden Öldämpfe, Kohlenwasserstoffe sowie Geruchs- und Geschmackstoffe bis zu einem Restgehalt von unter 0,003 mg/m³ zurückgehalten. Im nachgeschalteten Partikelfilter wird eventuell anfallender Abrieb der Adsorbentien aus der Druckluft entfernt. Damit ist sichergestellt, dass die Grenzwerte immer deutlich unterschritten werden. Durch die taupunktabhängige Steuerung des

Regenerationsluftbedarfs der Trocknerfunktion werden Energie- und Betriebskosten gespart. Die sichere Funktion ist immer im Blick: Taupunkt und Funktionsstatus sowie Alarm- und Servicemeldungen werden auf einem LCD-Display in Klartext angezeigt.

Neueste Technik nachrüsten

Die wachsenden Anforderungen an die Druckluft für den Einsatz in der Lebensmittel- und Pharmaindustrie fordern Grenzwerte, die oft über die der medizinischen Druckluft hinausgehen. Dies hat Donaldson dazu veranlasst, das kompakte ‚Plug-&-Work‘-Druckluftaufbereitungssystem Ultrapac Smart zu entwickeln. In ihm sind alle Verfahrensschritte vereint: Der integrierte Vorfilter hält Feststoffpartikel und Schwebstoffe sowie Flüssigkeitsaerosole (Öl/Wasser) zurück. Die leise arbeitende Adsorptionstrocknerstufe adsorbiert die Feuchtigkeit in der Druckluft bis zu einem Drucktaupunkt von -70 °C, bei 70 Prozent Nennlast (Standard: -40 °C). Im letzten Schritt werden verbleibende Feststoffpartikel bis zu 0,01 µm im integrierten UltraPleat-Nachfilter zurückgehalten. Entwickelt für den industriellen Einsatz, erreicht Ultrapac Smart zuverlässig die in ISO 8573-1:2010 beschriebenen Druckluftqualitäten. Kombiniert mit einem Aktivkohle-Adsorber im Parallelstrom werden Öldämpfe, Kohlenwasserstoffe, Geruchs- und Geschmackstoffe bis zu einem Restgehalt von unter 0,003 mg/m³ zurückgehalten. Damit ist das neue System als flexibel einsetzbare Trocknerkomponente auch in Anlagen zur Erzeugung medizinischer Druckluft geeignet. Es kann bis zu 100 m³/h aufbereiten und ist somit eine wirtschaftliche Alternative für den kleinen und mittleren Krankenhausbedarf zur Nachrüstung, als Redundanzgerät oder auch als vollwertiger Ersatz für die Trocknerstufe. ■

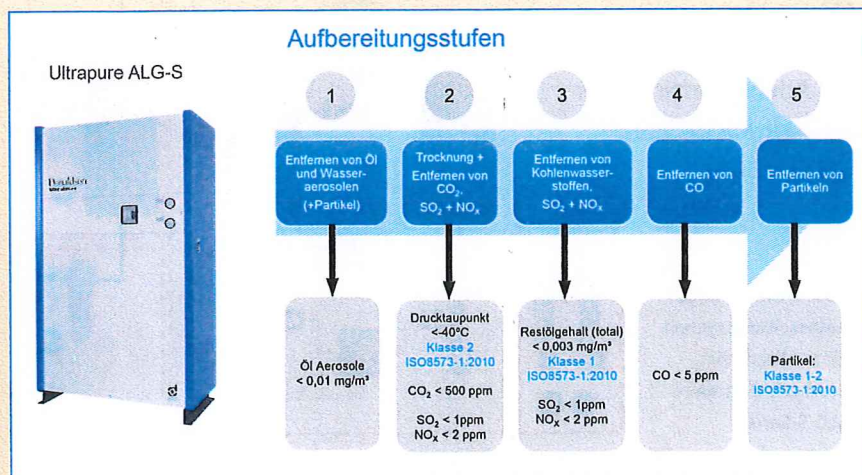


Abb. 2: Ultrapure-Aufbereitungsanlagen zur Erzeugung der Atem- und Instrumentenluft sind in kompakten, zur Wartung gut zugänglichen Einheiten zusammengefasst.

Kontakt

Donaldson Filtration Deutschland GmbH
 Büssingstraße 1
 42781 Haan
 Tel.: +49 2129 569-0
 cap-de@donaldson.com
 www.donaldson.com/de-de