



Molekularfiltration schützt Kunstwerke

Camfil Farr Segmentbroschüre

Museen, Galerien, Archive

Camfil Farr – clean air solutions



Die Kunst, Kunst zu erhalten



Die Hauptaufgabe von Museen, Kunstgalerien, Bibliotheken und Archiven ist, Kunstwerke für künftige Generationen zu erhalten. Kunstwerke müssen nicht alt sein; dabei kann es sich auch um vergleichsweise neue, dabei aber doch empfindliche Objekte wie Urkunden, Zeitungen und Mikrofilme handeln.

Erhalten heißt oft nachbessern (Reparatur entstandener Schädigungen), jedoch ist es langfristig deutlich wünschenswerter und kostengünstiger, Schädigungen gänzlich zu verhindern. Dieser Ansatz wird als "Präventive Konservierung" bezeichnet. Molekularfiltration kann bei der präventiven Konservierung eine wichtige Rolle übernehmen.

Ausstellungs- und Lagerungsbedingungen in Museums-, Galerie- und Archivreinbauten

Schlechte Raumluftbedingungen können an empfindlichen Kunstwerken irreparable Schädigungen verursachen. Schädigungen verursachen. Kritische Parameter sind hierbei: die Temperatur, die relative Feuchte, die Beleuchtung, feste Schadstoffe (Staub), molekulare (gasförmige) Schadstoffe und Schädlinge. Dabei kommt es auch auf die Stabilität der Temperatur und der Feuchte an. In einigen Fällen sind schnelle Änderungen abträglicher als ein zwar nicht idealer, aber stabiler Zustand. Bekanntlich besteht auch eine Synergiebeziehung zwischen höherer Temperatur, höherer Feuchte, molekularen Schadstoffen und der Schädigungsrate. Für die verschiedenen Kategorien von Kunstwerken, z. B. Papiere, Gemälde, Metalle und Holz, gelten jeweils ganz spezifische Lagerungsbedingungen.

Sehr hohe Sorgfalt und Erfahrung sind bei der Planung und der Errichtung von Gebäuden für die Lagerung und Präsentation von Kunstwerken erforderlich. Dabei stellen die Sammlungen meist nur einen

kleinen Teil ihrer Kunstwerke aus und verwahren den Rest im Depot. Um Kunstwerke verschiedener Klassen auszustellen, werden im Gebäude normalerweise Vitrinen oder Spezialbereiche eingerichtet, in denen unterschiedliche Mikroklimata hergestellt werden können. Alle Gebäude müssen in gewissem Umfang belüftet werden. Da gute Atemluft vorhanden sein muss, steigen die Belüftungsdurchsätze typischerweise mit der Besucherstärke an.



Mechanische oder natürliche Belüftung leitet Außenluft oder „Frischluft“ in das Gebäude ein, mit allen darin enthaltenen festen oder molekularen Schadstoffen. Externe Schadstoffe können auch über „zufällige“ Wege wie offene Fenster, Liefertore und Gebäudeöffnungen eindringen. Neben den externen Quellen gibt es auch erhebliche interne Quellen von Schadstoffen, die Kunstwerke schädigen können.

Am Menschen lösen sich zahlreiche Partikel von der Haut und aus der Kleidung. Es ist bekannt, dass die Partikelkonzentration tagsüber im Innenbereich höher liegen kann als im Freien. Molekulare Luftbelastungen können aus der Konstruktion und dem Innenausbau eines Gebäudes, aus Einrichtungssgegenständen und, vielleicht überraschend, sogar aus den Kunstwerken selbst stammen.

Das Problem: molekulare Schadstoffe

Luftgetragene molekulare Schadstoffe können zwar auch aus natürlichen Quellen wie Heißwasserquellen und Vulkanen stammen, sind aber überwiegend durch den Menschen selbst, wie z.B. durch Energieerzeugung, hervorgerufen. Sie ergeben sich normalerweise aus hoher Bevölkerungsdichte, z. B. in Städten. Bezüglich der Schädigung von Kunstwerken fallen molekulare Schadstoffe in zwei allgemeine Kategorien:

- **Schadstoffe mit saurer Wirkung**
- **Schadstoffe mit oxidierender Wirkung**

Die wichtigsten sauren Gase sind Schwefeldioxid und Stickstoffdioxid. Diese können zusammen mit der atmosphärischen Feuchtigkeit die stärkeren Schwefel- und schweflige Säure sowie Salpeter- und salpetrige Säure bilden. Säuren verursachen Schädigungen durch Korrosion von Werkstoffen wie Metallen und Marmor. Sie können auch Materialien wie Leder, Wolle, Seide, Papier und Photographien schädigen.

Die wichtigsten oxidierenden Gase sind Ozon, Salpetersäure und andere Sauerstoff- bzw. Stickstoffverbindungen. Diese Gase verursachen Schädigungen vor allem in organischen Materialien mit einer Wirkung ähnlich vorzeitiger Alterung. In einigen Fällen lässt Ozon das organische Material unter Bildung von Carboxylsäuren zerfallen. Diese Säuren können dann die Zersetzung im betroffenen Kunstwerk und in anderen Kunstwerken in der unmittelbaren Umgebung beschleunigen.

Typische sichtbare Veränderungen durch Oxidation sind Vergilben, Verspröden, Ausbleichen und Anlaufen von Metallen. Molekulare Schadstoffe werden durch die Konzentration der einzelnen Chemikalien oder Verbindungsgruppen spezifiziert. Normale Konzen-

trationseinheiten sind Mikrogramm pro Kubikmeter (Mg/m³) und parts per billion (ppb, „Teile pro Milliarde“). Typische Konzentrationen dieser Gase in Städten können von den entsprechenden Websites abgerufen werden. Schadgase wirken einzeln, und bei einer Konzentration von 10 ppb (sehr niedrig für Umgebungsluft) enthält ein Kubikmeter Luft noch 25.000.000.000.000.000 (25 Billionen) Moleküle, die jeweils Schädigungen verursachen können. Tabelle 1 enthält eine Übersicht über die Molekularschadstoffe und deren Wirkungen.

Feste Schadstoffe

Feste Schadstoffe ergeben sich aus zahlreichen Quellen wie Verbrennungsprozessen (Industrie, Energieerzeugung, Fahrzeugabgase, Zigarettenrauch), Abrieb von Fahrzeugreifen, Bautätigkeit und sogar Menschen selbst. Schwere Partikel mit Metallinhalt wirken scheu-

ernd und können sich auf Oberflächen absetzen und Kratzer verursachen. Kleinere Partikel können als Schwebstoffe in der Luft in die entferntesten Ecken von Räumen und Vitrinen getragen werden. Hier führen Ablagerungen zu Verschmutzung oder Verfärbung. Viele Partikel, vor allem aus Verbrennungsprozessen, sind ölig oder rußig und wirken sauer. Diese Partikel bewirken besonders schwere Schädigungen, weil sie sehr klebrig sind und an vielen Materialien Korrosion verursachen können.

Partikel aus Bautätigkeit (Beton) wirken sowohl alkalisch wie scheuernd und sind besonders schädlich für Kunstwerke wie Gemälde und Textilfasern. Die Partikel werden nach ihrer Größe und ihrer Häufigkeit spezifiziert, also nach ihrer Anzahl pro Volumeneinheit (pro Kubikmeter). Bei hoher Verschmutzung durch Feststoffe kann es zweckmäßig sein, ihre Menge als Massendichte zu spezifizieren (in mg/m³).

Gas	Summenformel	Quelle	Empfindliche Kunstwerke	Typ der Schädigung
Schwefeldioxid	(SO ₂)	Extern, Verkehrsabgase, Energieerzeugung	Metalle, Marmor/Kalkstein, Papier	Saure Korrosion
			Alte Gemälde, vor allem natürliche Pigmente (anorganisch und organisch)	Nachdunkelung durch Sulfidbildung
Stickoxide, vor allem Stickstoffdioxid	(NO _x), NO ₂	Extern, Verkehrsabgase	Metalle, Marmor/Kalkstein	Saure Korrosion
Ozon	(O ₃)	Extern, Atmosphäre	Papier, Gewebe	Oxidation (Alterung)
Schwefelwasserstoff	H ₂ S	Extern – Industrie, Abwasseraufbereitung Intern – Lederartikel	Alte Gemälde, vor allem natürliche Pigmente (anorganisch und organisch)	Nachdunkelung durch Sulfidbildung
Organische Säuren – Ameisensäure (Methansäure), Essigsäure (Ethansäure)	HCOOH CH ₃ COOH	Intern – hölzernes Inventar, Kunstwerke aus Holz und Papier	Metalle und Materialien auf organischer Basis	
Organische Verbindungen, z. B. Phenol, Formaldehyd	C ₆ H ₅ OH	Intern, Baustoffe und Innenausbau	Verschiedene	Alterung

Tabelle 1. Gasförmige Schadstoffe, deren Quellen und Wirkungen.

1



Camcarb Metall

Eliminiert Gerüche (z.B. Kerosin), die mit vielen Adsorbentien befüllt werden kann. Das Produkt ermöglicht lange Kontaktzeiten, hohe Lebensdauer und einen sehr hohen Wirkungsgrad. Die zylindrischen Edelstahlzylinder können nach Neubefüllung wieder verwendet werden. Camcarb eignet sich besonders gut zur Frischluftaufbereitung.

2



Camcarb Green

Im Gegensatz zu Camcarb Metall Ausführung sind die Camcarb Green Zylinder korrosionsbeständig und vollständig veraschbar und somit leicht zu entsorgen. Während der Montage wird gleichzeitig die richtige Ausrichtung und Anpressung der Doppel-TPE Dichtung gewährleistet.

3



Camsure

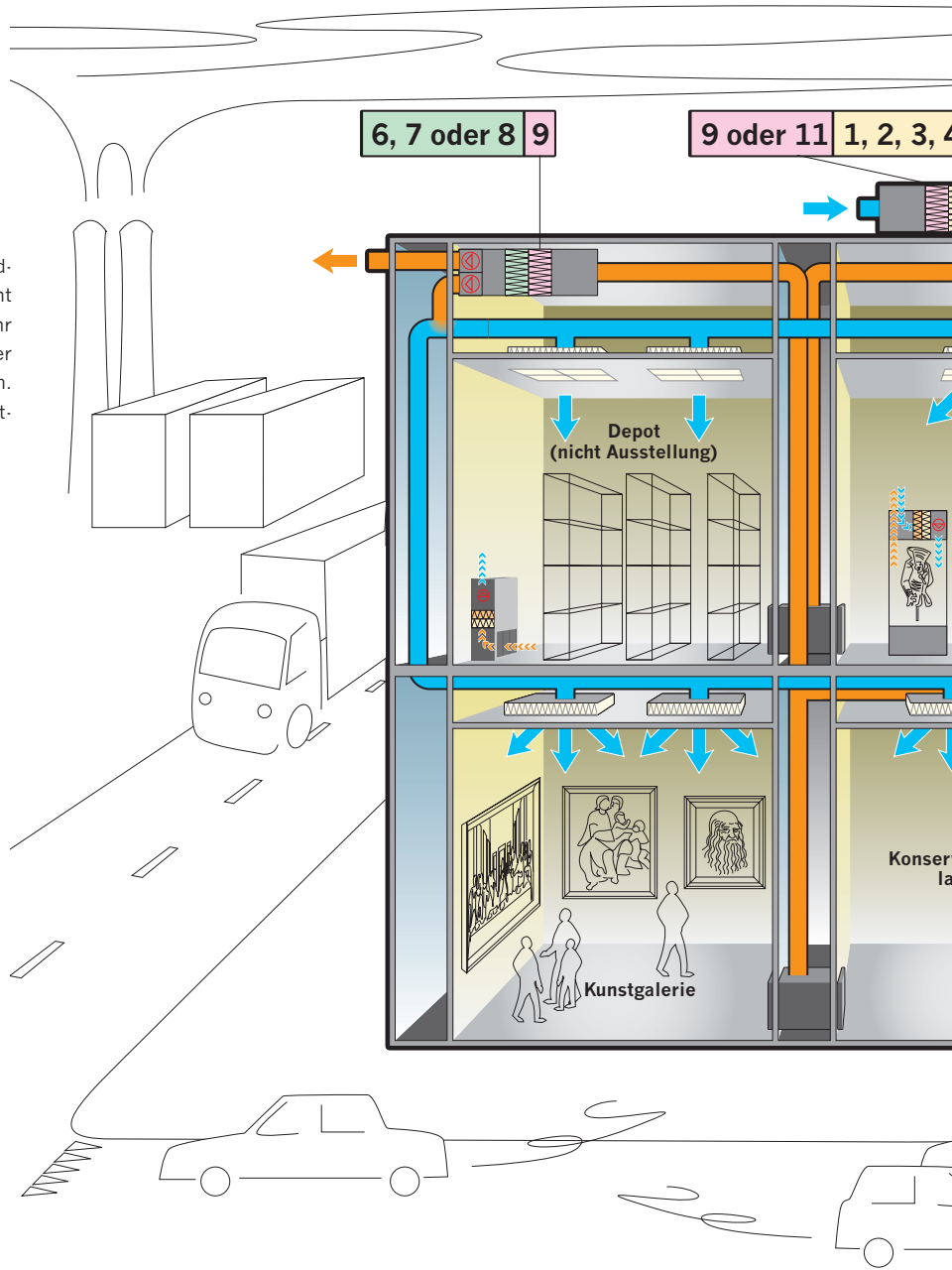
Eine robuste Gehäuselösung, die mit vielen Adsorbentien eingesetzt werden kann. Das Produkt ermöglicht lange Kontaktzeiten, hohe Lebensdauer und sehr hohen Wirkungsgrad.

4



GDM 300

Eine saubere Lösung für den Einsatz mit Campure-Filtermedien.



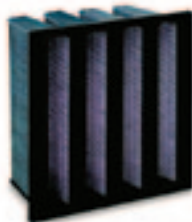
5



GDM 440

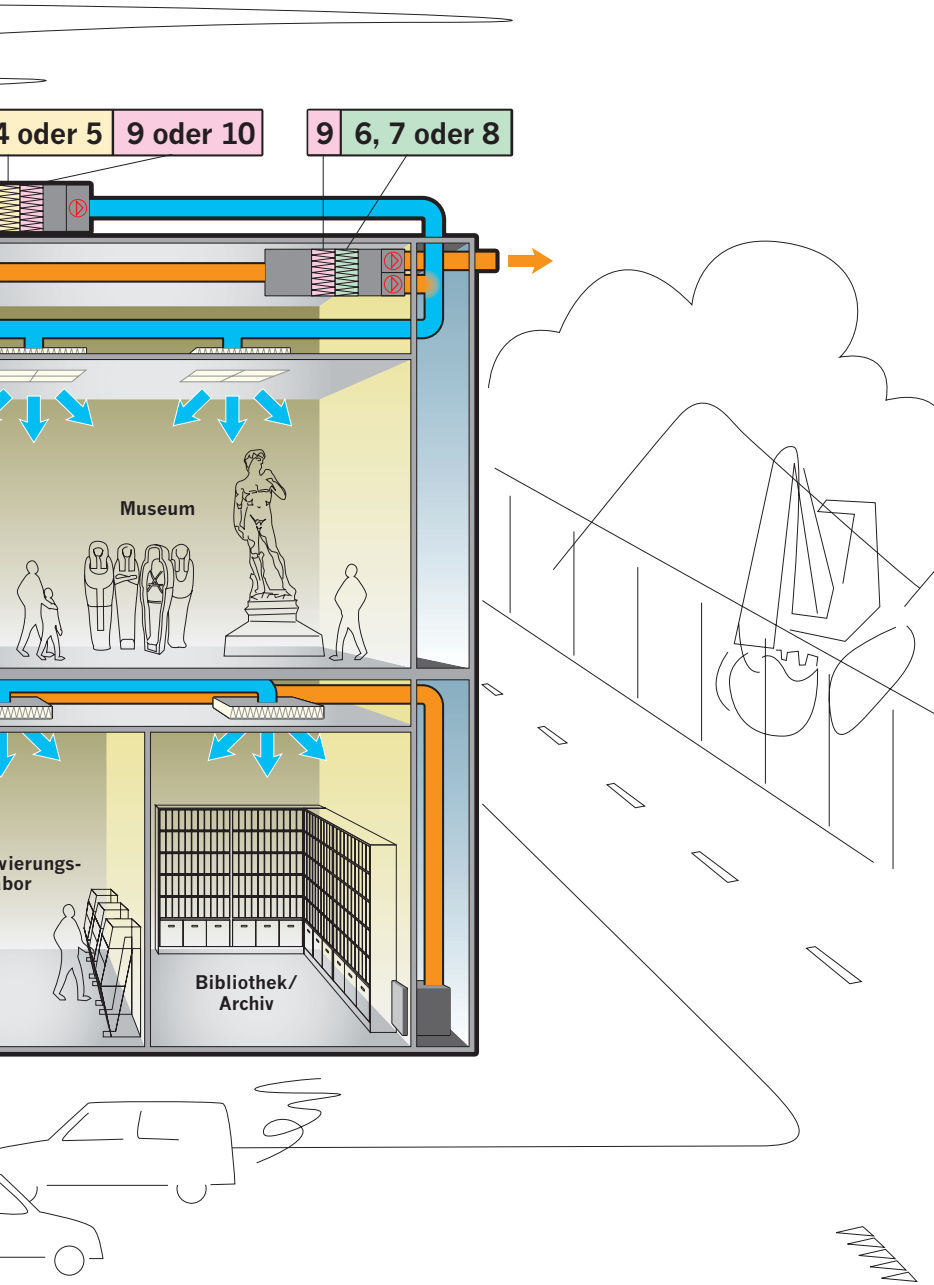
Eine saubere Lösung für geringen Druckverlust in Verbindung mit Campure-Filtermedien.

6



Citysorb

Eine sehr kompakte und praktische Lösung bei niedrigen Konzentrationen (zum Einsatz überwiegend in Umluftsystemen). Citysorb enthält ein sehr hochwertige Aktivkohle und wirkt mittels Rapid Adsorption Dynamics (RAD-Schnelladsorptionsdynamik). In zwei Versionen erhältlich, mit sehr hochwertigem Breitband-Adsorbens oder mit imprägnierter Aktivkohle zur Abscheidung saurer Gase.



Feste Schadstoffe (Partikelfiltration)

Um wirksam konserviert zu werden, müssen Kunstwerke gegen kleine aggressive Partikel geschützt werden. Solche Partikel, die oft auch sauer wirken, stammen aus Verbrennungsprozessen und haben Größen von unter 1 µm. Dann sind Molekularfilter in Verbindung mit Hochleistungs-Partikelfiltern ("HEPA") zu verwenden. Die europäische Norm EN 779:2002 fordert Endstufenfilter der Klasse F9. Außerdem muss sichergestellt sein, dass der Filter einen hohen Wirkungsgrad zu Beginn und während der gesamten Lebensdauer besitzt. Siehe unter „discharged efficiency“ („Wirkungsgrad drucklos“) in den Protokollen der EN 779:2002. Dabei ist die Penetration der Schwebstoffe durch einen Filter der Klasse F9 weniger als halb so groß wie durch einen Filter der Klasse F7!

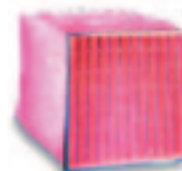
Um Mikrowachstum zu verhindern, soll das Belüftungssystem so ausgelegt sein, dass die relative Luftfeuchte (R.F.) immer unter 90 % und im Mittel über 3 Tage in allen Teilen des Systems, auch in den Filtern, unter 80 % liegt. Falls diese Anforderungen nur schwer eingehalten werden können, wird empfohlen, die Filter häufiger zu wechseln.

Camfil Farr, mit mehr als 50-jähriger Erfahrung in der Filtration von Raumluft, empfiehlt dringend die folgenden Partikel-Luftfilter zur Abscheidung von Partikeln in Museen.

9

Hi-Flo

Hochleistungs-Taschenfilter der Filterklassen F5 bis F9. Durch optimierten Filteraufbau und die Verwendung hochwertiger Werkstoffe sind sie die ideale Wahl bei sehr hohen Ansprüchen an die Raumluftqualität (IAQ, indoor air quality). Hi-Flo-Filter sind die idealen Filter der ersten Stufe für optimiert geringen Druckverlust und hohen Schutz für Filter der zweiten Stufe.



10

Opakfil Green

Die beste Lösung in der zweiten Filterstufe, wenn die Einbautiefe begrenzt ist. Ihre Lüftungsanlagen bleiben sauber und dadurch deutlich weniger Reinigungs- und Wartungskosten. Garant für höchste Hygiene im Luftkanal.



11

Ecopleat Green

Diese neue Generation kompakter Partikelfilter ist die ideale Filterlösung für Anwendungen, wenn die Einbautiefe begrenzt ist. Durch den stabilen Kunststoffrahmen voll veraschbar.



8

Cityflo

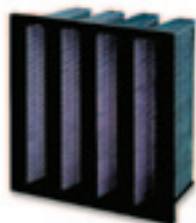
Aus der Taschenfilterfamilie Hi-Flo mit einer Lage sehr hochwertiger Breitband-Aktivkohle.



7

Citycarb

Ein Produkt ähnlich Citysorb, mit einem zusätzlich integrierten F7-Partikelfiltermedium. In zwei Versionen erhältlich, mit sehr hochwertigem Breitband-Adsorbens oder mit imprägnierter Aktivkohle zur Abscheidung saurer Gase.



Unbedenkliche Konzentrationen molekularer Schadstoffe



Wenn jedes einzelne Molekül Veränderungen oder Schädigungen an Kunstwerken verursachen kann, dann könnte man sagen, dass molekulare Schadstoffe nur in der Konzentration Null unbedenklich sind. Dies ist jedoch nicht realistisch. Auch bei beliebig hohem Budget wird die optimale Kombination aller Kontrollfaktoren kaum das gewünschte Ergebnis liefern. Schädigungen an Kunstwerken hängen jeweils von der Dosis ab.

Es kommt nicht nur auf die Konzentration an, sondern auch auf die Einwirkdauer. Präventive Konservierung

will erreichen, dass die Sammlungen über angemessen lange Zeiträume (hunderte bis tausende Jahre) stabil bleiben. Es gibt keine absolute Definition annehmbarer Konzentrationen molekularer Schadstoffe, weil die verschiedenen Kunstwerke unterschiedlich empfindlich sind und weil die Schädigungswirkung auch von anderen Faktoren wie der Temperatur und der Luftfeuchte abhängt. Trotzdem gibt es Richtlinien für kritische Gaskonzentrationen, die für eine langfristige Lagerung annehmbare Umgebungsbedingungen ergeben; siehe Tabelle 2.

Molekulare Schadstoffe	Annehmbare Konzentration	Empfohlenes Kontrollverfahren	Quelle
Schwefeldioxid	<10 µg/m ³	Aktivkohle oder Campure	British Standard BS5454 2000
Stickoxide	<10 µg/m ³	Aktivkohle oder Campure	British Standard BS5454 2000
Ozon	< 2 µg/m ³	Aktivkohle	International Centre for the Study for Preservation and Restoration of Cultural Property (ICCROM)

Tabelle 2

Die Lösung für molekulare Schadstoffe

Molekularfiltration ermöglicht eine kostengünstige Lösung zur Eindämmung von Schadstoffen und sorgt so für unbedenkliche Lagerungs- und Ausstellungsbedingungen. Hier bieten sich verschiedene Möglichkeiten an, entsprechend den Typen und Konzentrationen der gasförmigen Schadstoffe, den Arten der zu schützenden Kunstwerke und der Form des Belüftungssystems.

Molekularfiltration kann in Frischluftaufbereitungs- oder in Umluftsystemen eingesetzt werden. Lösungen für die Frischluftaufbereitung müssen den hohen Schadstoffkonzentrationen und der einmaligen Durchströmung entsprechen. Lösungen für Umluftanlagen entsprechen den niedrigeren Konzentrationen in der Raumluft bei mehrfacher Aufbereitung.

Adsorbentien

Für die Eindämmung sämtlicher schädlicher Gase sind verschiedene Adsorbentien verfügbar. Die Adsorbentien arbeiten entweder „breitbandig“ und wirken dann auf sehr viele Gase (vor allem auf Schwefeldioxid und organische Dämpfe) oder nutzen die chemische Adsorption eines spezifischen Gases oder einer Gruppe von Gasen, z. B. von Säuren oder von Formaldehyd.

Trägermaterial	Materialtyp	Feinheit	Abscheidemechanismus	Zielgase
	Aktivkohle aus Steinkohle imprägniert mit Kaliumcarbonat	CEX003/A6	Chemische Adsorption	Saure Gase (hohe Kapazität)
Aluminiumoxid imprägniert	Aluminiumoxid mit Kaliumcarbonat	Campure 8	Chemische Adsorption Formaldehyd	Saure Gase
	Mischung von Aktivkohle und Aluminiumoxid imprägniert mit Kaliumpermanganat	Campure 8 / CEX003	Chemische Adsorption / Breitbandige physikalische Adsorption	Saure Gase Formaldehyd organische Säuren

Supportleistungen und F&E



Camfil Farr bietet eine umfassende Palette an Dienstleistungen an, damit die Anwender einen möglichst großen Nutzen aus ihren Filteranlagen haben. Dabei ist vor allem wichtig, auf die Luftqualität im betreffenden geschlossenen Raum vertrauen und das Ende der nutzbaren Lebensdauer absehen zu können.

Die passiven Luftprobennehmer Gigacheck und Campure Coupon ermöglichen ein bequemes und wirtschaftliches Verfahren zur Bestimmung der Schadgasbelastung in Belüftungssystemen und in geschlossenen Räumen.

Mit dem ISA Check lassen sich komplexere Messungen kontinuierlich in Echtzeit aufnehmen. Mit der Gigamonitor-Technik lässt sich aus Proben gebrauchter Molekularfilter die Menge der adsorbierten Gase ermitteln. Durch Analysenreihen in geeigneten Zeitabständen kann die restliche Lebensdauer überwacht und ein Austausch rechtzeitig vor einem Ausfall eingeplant werden. Dies ist ein wesentlicher Teil einer Konservierungsstrategie für ein Kunstwerk.

Camfil Farr betreibt eine einzigartige Prüfanlage für Molekularfilter, in der die Produkte in Originalgröße bei unterschiedlichen Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbereichen getestet werden können, um so reale Einsatzbedingungen nachzubilden. Die Prüffilter können mit zahlreichen Gasen und Dämpfen beaufschlagt werden. Mit hochsensiblen Meßsystemen vor und hinter den Filtern kann der Anfangswirkungsgrad gemessen sowie der sich zeitlich veränderte Effizienzverlauf aufgenommen werden.



Gigacheck



Campure Coupon



ISA Check

Camfil Farr ist das...

...weltweit führende Unternehmen für Luftreinigungstechnologie und energieeffiziente Filterlösungen mit Produktentwicklung, F&E sowie lokalen Niederlassungen in Amerika, Europa und im asiatisch-pazifischen Raum.

Wir bieten qualitativ hochwertige Produkte und Services mit dem Ziel, unseren Kunden mehr Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und Produktivität zu liefern.

Unsere eigene Vision von Nachhaltigkeit besteht aus einem globalen Ansatz, der die Menschen, den Umweltschutz und die Unternehmensleistung berücksichtigt.

Camfil Farr ist darüber hinaus Mitglied des Globalen Pakts der Vereinten Nationen und befolgt die Nachhaltigkeitsberichterstattungsrichtlinien der Global Reporting Initiative (GRI).

www.camfilfarr.de

**WEITERE INFORMATIONEN ERHALTEN SIE VON EINER CAMFIL FARR NIEDERLASSUNG IN IHRER NÄHE.
DIE ADRESSEN FINDEN SIE AUF UNSERER WEBSITE.**