



LUFTFEUCHTE IN MUSEEN

Planungsleitfaden für TGA
und Fachplaner

Luftbefeuchtung
Luftentfeuchtung
Verdunstungskühlung

 **condair**



	Vorwort	Seite 3
1	Wann muss in Museen die Luft be- oder entfeuchtet werden?	4
1.1	Die Raumluftsituation im Sommer	4
1.2	Die Raumluftsituation im Winter	6
2	Konservatorische Aspekte und die Behaglichkeit der Besucher	
2.1	Die Notwendigkeit der exakten Luftkonditionierung in Museen	8
2.2	Die Behaglichkeit der Museumsgäste	11
2.3	Spezielle Anforderungen an das Raumklima zum Schutz verschiedener Exponate und Materialien	13
2.4	Empfohlene relative Feuchte nach Werkstoffen	14
3	Die Betriebssicherheit und die Redundanz von Klimasystemen	16
4	Fallbeispiel: Museum Hamm	18



Verfasser:
Dipl.-Ing. (FH) Christian Bremer
Geschäftsführer, Condaair GmbH

Planungsleitfaden für die Luftfeuchte in Museen

Museen haben die Aufgabe, Schätze der Menschheit und der Kunst zu bewahren. Ohne Museen wären unzählige Kostbarkeiten längst verfallen, zerstört oder beschädigt. Allerdings gibt es bei den Arten von Museen große Unterschiede: Nahezu jede Stadt dokumentiert in einem meist kleineren Museum ihre Historie. Auf der anderen Seite stehen riesige Museen wie der Louvre in Paris, das Metropolitan Museum of Arts in New York und das British Museum in London, die jährlich von fünf bis zehn Millionen Gästen besucht werden. Die unzähligen hier ausgestellten, oft einzigartigen und unersetzlichen Exponate haben Werte von vielen Milliarden Euro und müssen daher dauerhaft vor jeglichen möglichen Beschädigungen, besonders auch vor Umwelteinflüssen, geschützt werden. Verschiedene Arten von Ausstellungsstücken, die in vielen Museen gleichzeitig - oft aber in verschiedenen Räumen - den Besuchern präsentiert werden, benötigen aufgrund ihrer Materialien für einen dauerhaften Schutz rund um die Uhr ein

eigenes, spezielles Klima mit entsprechenden Temperaturen und Luftfeuchten. Dabei spielt das Beherrschen von oft starken Lasten durch Museumsbesucher, die Wärme, Feuchtigkeit sowie Partikel und Schadstoffe an die Raumluft abgeben, eine besondere Rolle. Um diese Herausforderungen zu bewältigen und einzuhalten, werden heute in den meisten Museen aufwendige Klimaanlage betrieben, oft sogar mehrere für verschiedene Anforderungen in verschiedenen Bereichen. Denn nur durch den Betrieb dieser Anlagen ist es dauerhaft möglich, sowohl den konservatorischen Anforderungen zum Schutz der Kunstwerke zu genügen als auch ein für die Besucher behagliches, angenehmes Umfeld und eine gute Luftqualität zu sichern. Um solche Klimaanlage und besonders den dabei sehr wichtigen Aspekt der Feuchtekontrolle in der Museumsluft geht es in dieser Broschüre. Je empfindlicher und bedeutsamer das Exponat, desto wichtiger ist dessen Schutz durch die Klimatechnik.

1 Wann muss in Museen die Luft be- und entfeuchtet werden?

In vielen Museen wird recht pauschal eine seit vielen Jahren bewährte Regel umgesetzt: Für die meisten Exponate liegt im Jahresgang eine Raumtemperatur von etwa 21 bis 24 °C und eine Raumluftfeuchte im Bereich von 50 bis 60 % nahe am konservatorischen Optimum.

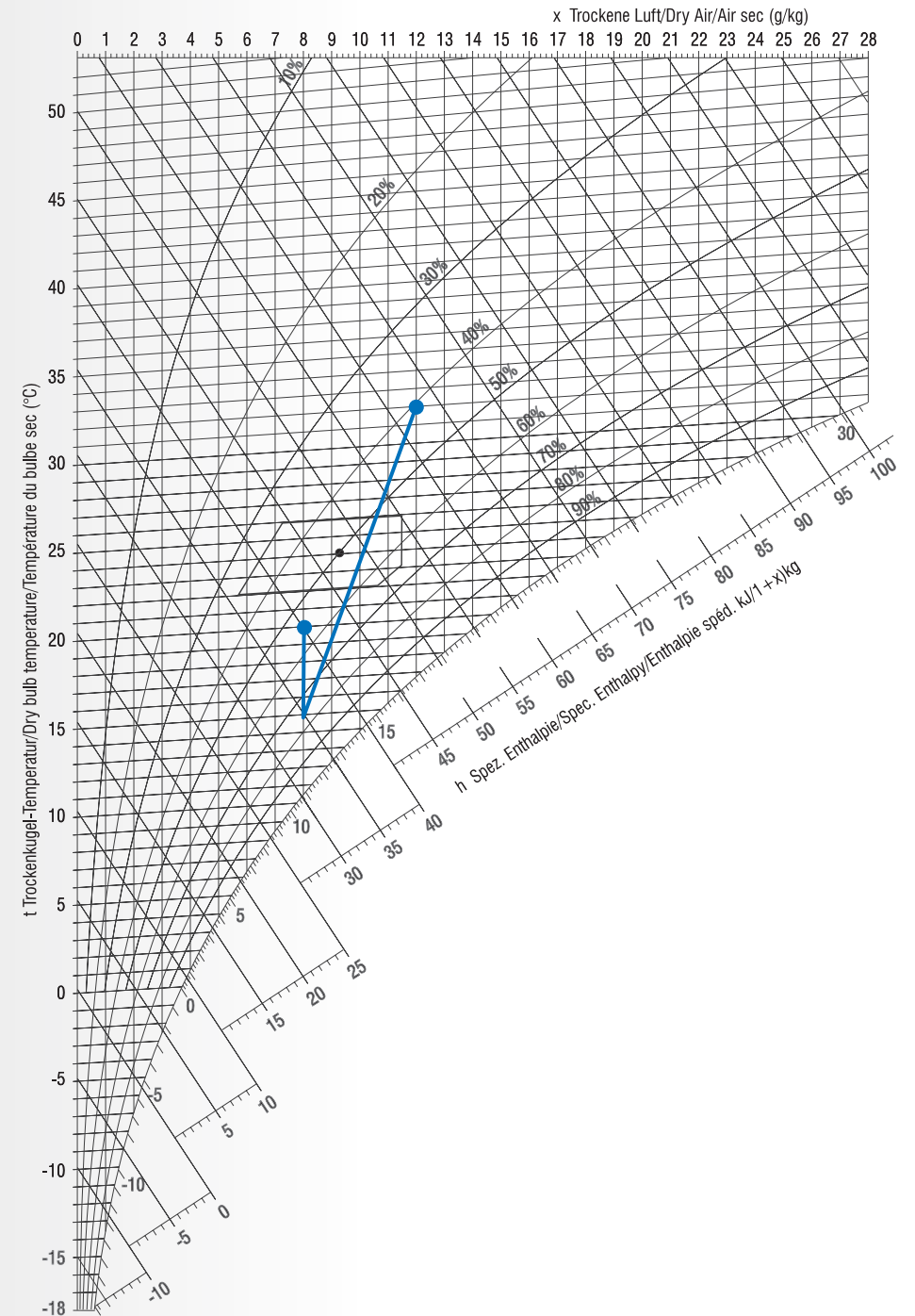
Diese Bedingungen sind dann rund um die Uhr das gesamte Jahr über, auch unabhängig von den Besuchszeiten, einzuhalten. Doch welche klimatechnischen Maßnahmen sind nötig, um diese Sollwerte zu gewährleisten?

1.1 Die Raumluftsituation im Sommer

Im Sommer gibt es mittlerweile immer häufiger lang anhaltende Außenluftzu-

stände mit Temperaturen weit über 32 °C und Feuchten von mehr als 40 %. Diese Außenluft muss in Abhängigkeit von den in den Planungen angesetzten thermischen Lasten in der Klimaanlage des Museums auf eine festgelegte Zulufttemperatur von beispielsweise 20 °C heruntergekühlt und gleichzeitig auch entfeuchtet werden, um die Vorgaben in den Räumen einzuhalten.

Um die Außenluft (32 °C, 11,9 g/kg absolute Feuchte) auf den Soll-Zuluftzustand von 20 °C und 8 g/kg Feuchte zu konditionieren, muss diese nach der Entfeuchtung in der Klimaanlage und der dabei erfolgten Abkühlung auf rund 15 °C nacherwärmt werden.



1.2 Die Raumluftsituation im Winter

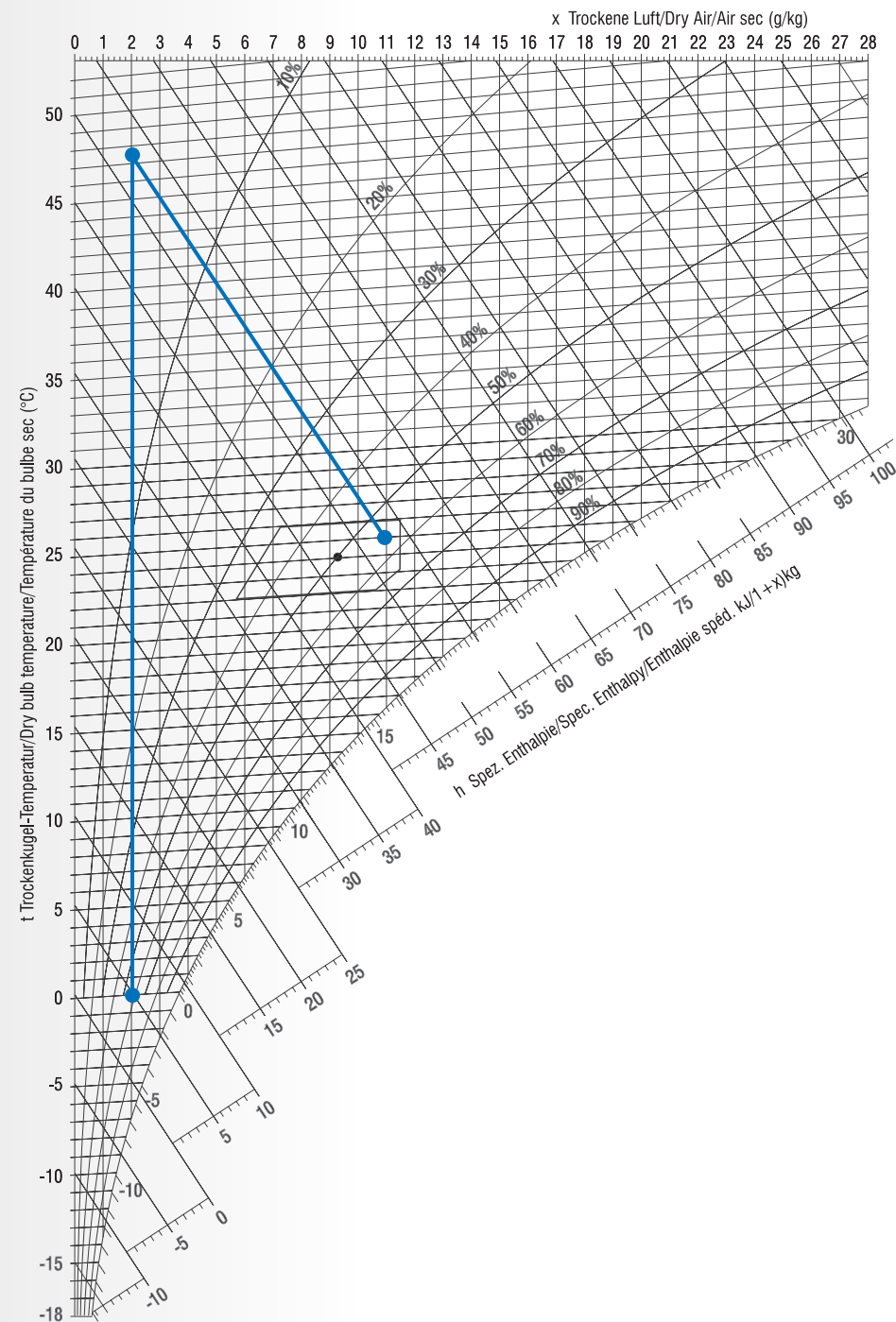
Gegenüber dem Sommer ist die Außenluft in den Wintermonaten sowohl kühl als auch sehr trocken. Wenn zum Beispiel die Außenluft mit einer Temperatur von 0°C und einer Absolutfeuchte von 2 g/kg in der Klimaanlage auf eine Zulufttemperatur von 25°C erwärmt wird, sinkt die relative Feuchte auf 10% . Eine solche Zuluft wäre viel zu trocken und würde fast zwangsläufig zu Schäden an den Exponaten führen. Daher muss die Luft in der Klimaanlage gezielt befeuchtet werden, um in den Räumen des Museums die geforderte Mindestfeuchte für die Exponate sicherzustellen. Diese Befeuchtung kann durch die Zugabe von Wasser oder Wasserdampf erfolgen.

Ein Beispiel für die Konditionierung der Außenluft mit einer adiabaten Befeuchtung durch die Zugabe von Wasser auf eine relative Zuluftfeuchte von 55% . ($x = 12,3\text{ g/kg}$)

Um Außenluft (0°C , 2 g/kg) auf den Zuluftzustand (25°C , 55% r.F.) befeuchten zu können, muss diese zunächst auf etwa $47,5^{\circ}\text{C}$ erwärmt werden. Durch den adiabaten Befeuchtungsprozess auf $10,9\text{ g/kg}$ kühlt die Luft auf die gewünschte Zulufttemperatur von 25°C bei 55% r.F. ab.



$$2\text{ g/kg} + 8,9\text{ g/kg} = 10,9\text{ g/kg}$$



2.1 Die Notwendigkeit der exakten Luftkonditionierung in Museen

Die Klimatisierung von Museen und Ausstellungsräumen zählt zu den anspruchsvollsten Aufgaben der Lüftungstechnik. Während in der Komfortklimatisierung für Personen behagliche Temperaturen, eine gesunde Luftfeuchte und eine gute Raumluftqualität sicherzustellen sind, hat in Museen der Schutz wertvoller Kulturgüter vor äußeren Einflüssen höchste Priorität. Zu geringe Raumluftfeuchten, zu hohe Temperaturen und besonders zu starke Schwankungen von Temperatur und Feuchte können zum Beispiel bei Malereien, Drucken und Fotografien, Skulpturen und Metallen erhebliche bis irreparable Schäden hervorrufen.

Daher fordern Museumsbetreiber in Abhängigkeit von der Art der Kunstwerke für ihre Ausstellungen meist ein eng begrenztes, möglichst konstantes Raumklima, das mit nur geringen zeitlichen Schwankungen einzuhalten ist. Je nach der Art der Exponate liegen typische Temperaturen zwischen etwa 21 °C (Heizperiode) und 24 °C (Kühlperiode) und die relativen Raumluftfeuchten bei etwa 50 bis 60 %. Dies gilt auch für die zunehmende Zahl

an attraktiven Wechsel- und Wanderausstellungen: Sie werden heute nur noch an Museen vergeben, die strenge Vorgaben an Raumkonditionen erfüllen können.

Das Erfüllen dieser Aufgaben wäre für eine moderne Klimaanlage kein Problem, wenn es nicht starke Einflussgrößen gäbe, die die geforderte Konstanz des Raumklimas erheblich beeinträchtigen. Diese sind zum Beispiel die Sonneneinstrahlung durch Fenster und Oberlichter, die Beleuchtung und besonders die Besucher des Museums. Diese geben bei ihren Gängen durch die Museumshallen pro Person etwa 100 W Wärme und rund 60 g Feuchte pro Stunde an die Raumluft ab. Hinzu kommen Partikel und Stäube von der Kleidung sowie weitere Schadstoffe (z.B. CO₂). Die Herausforderung für die Klimatechnik besteht nun darin, die durch die Besucher im Tages- und Jahresbetrieb sehr unterschiedlichen, oft nur schwer abzuschätzenden Feuchte-, Wärme- und Stofflasten so zu beherrschen und zu kompensieren, dass die Sollanforderungen in den Räumen sicher eingehalten werden.



Unabhängig von spezifischen Vorgaben des Museums liegen solche Vorgaben auf Basis von aktuellen technischen Regeln¹⁾, nach denen die Leistungen der Klimaanlage zur projektieren sind, bei etwa folgenden Werten:



Mindestaußenluftstrom:

rund 25 bis 30 m³/h pro Person

Zuluft in besuchsfreien Zeiten:

etwa 2 m³/h pro m² Fläche



Temperatur:

21 bis 24 °C



relative Feuchte:

50 bis 60 %

Auf solche, ständig wechselnden Einflüsse und Lasten muss eine Museumsklimaanlage zur Sicherstellung der geforderten Raumzustände sehr rasch reagieren können.

Dies geschieht durch das bedarfsorientierte Erhöhen oder Verringern des Zuluftvolumenstroms, durch eine mögliche Zumischung von Umluft zur Außenluft (bei geringem Besucheraufkommen oder in besuchsfreien Zeiten) und durch die Konditionierung der Außenluft (heizen, kühlen, be- und entfeuchten) im zentralen Klimagerät.

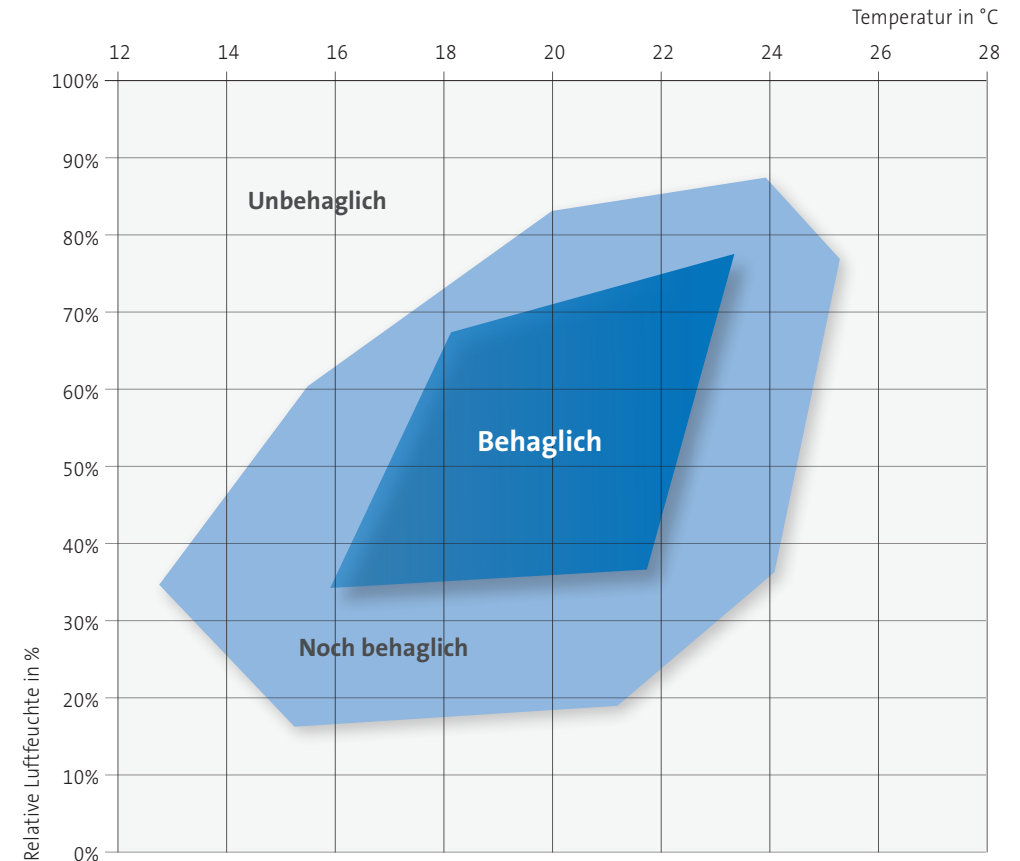
Dass die angesaugte Außenluft im Klimagerät durch eine aufwendige, meist zweistufige Filterung von Stäuben, Partikeln und sonstigen Schadstoffen befreit wird, versteht sich von selbst. Besonders bei neuen Museen wird die Zuluft meist als Quellluft in die Räume eingebracht. Die sehr impulsarme Quelllüftung sorgt für eine sehr gering turbulente Raumströmung und eine nur geringe Durchmischung, sodass Stäube und Partikel wenig im Raum verwirbelt werden.

¹⁾ DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“, Teil 10 „Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten“ (Nutzungsprofil Museen); DIN EN 16798 Teil 3 „Lüftung von Nichtwohngebäuden“; DIN EN 15251 „Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden - Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik“; DIN EN 15757 „Erhaltung des kulturellen Erbes – Festlegungen für Temperatur und relative Luftfeuchte zur Begrenzung klimabedingter mechanischer Beschädigungen an organischen hygroskopischen Materialien“

2.2 Die Behaglichkeit der Museumsgäste

Übrigens entspricht das Museumsklima mit einer Temperatur von etwa 21 bis 24 °C und einer relativen Luftfeuchte im

Bereich von 50 bis 60 % nahezu perfekt auch den idealen Behaglichkeitskriterien der Besucher.





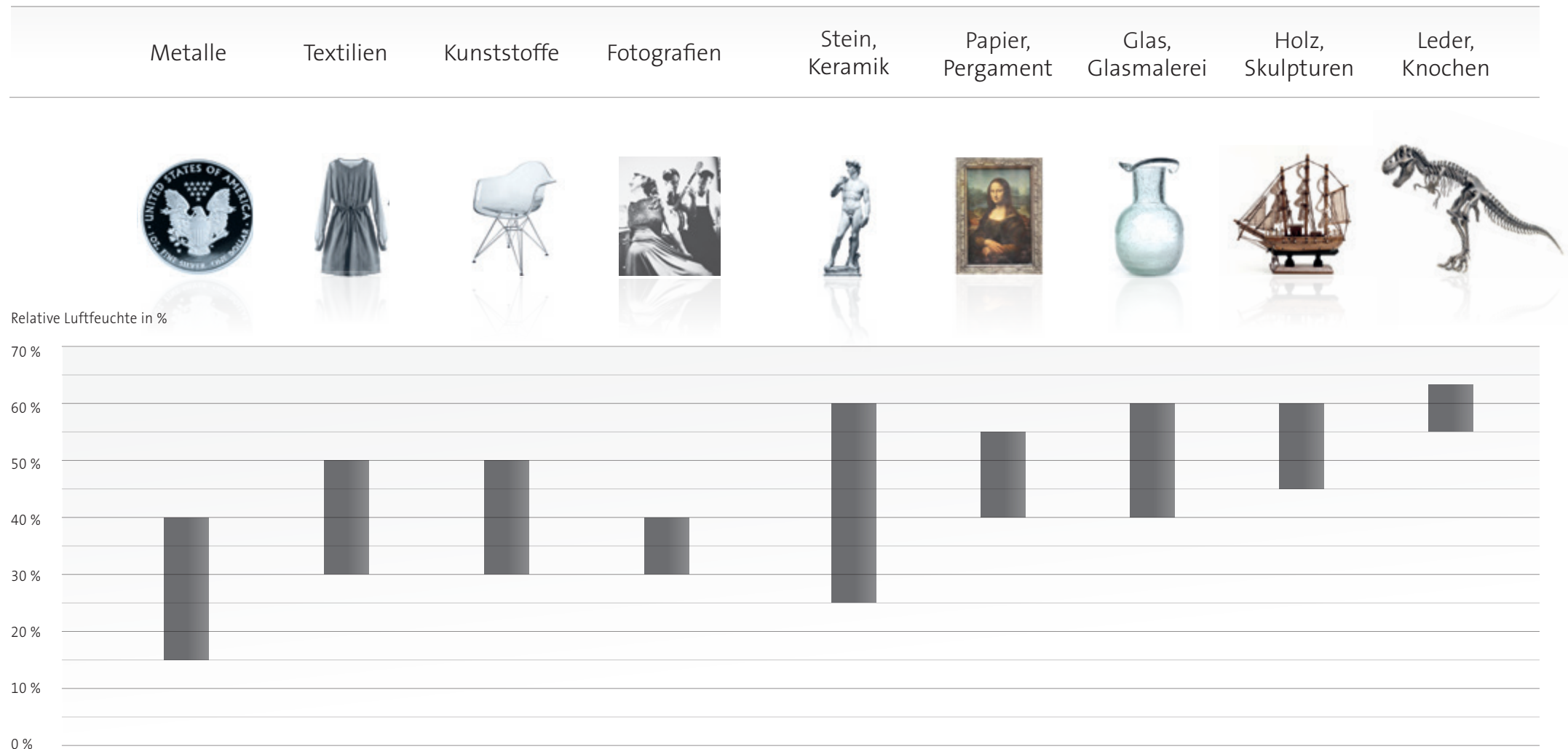
2.3 Die Spezielle Anforderungen an das Raumklima zum Schutz verschiedener Exponate und Materialien

Für das Idealklima eines Museums ist nicht nur der absolute Wert der Temperatur und der Luftfeuchte entscheidend. Was vielen Kunstwerken überhaupt nicht bekommt, sind kurzfristige Schwankungen von Temperatur und Feuchte. Dabei ist die relative Luftfeuchte, konservatorisch gesehen, der erheblich einflussreichere Aspekt. Dazu schreibt die DIN EN 15757 „Erhaltung des kulturellen Erbes – Festlegungen für Temperatur und relative Luftfeuchte zur Begrenzung klimabedingter mechanischer Beschädigungen an organischen hygroskopischen Materialien“ wie folgt: „In der Regel erfordern organische hygroskopische Materialien einen mittleren Bereich der relativen Luftfeuchte, um Extreme (d.h. hohe oder niedrige Bereiche der relativen Luftfeuchte) zu vermeiden, da selbst geringfügige Änderungen der relativen Luftfeuchte den Gleichgewichtsfeuchtegehalt beeinflussen, was zu strukturellen Schäden, Verformung und Rissbildung führen kann“. Das bedeutet: Organische Materialien wie Leder, Pergament, Papier, Textilien oder Holz sind hygroskopisch, sie stehen also in einer engen Wechselwirkung mit der Luftfeuchte. Trockene Luft entzieht ihnen Feuchtigkeit, sie verlieren an Gewicht und schrumpfen. Bei feuchter Luft ist es umgekehrt. Klimaschwankungen, insbesondere schnell stattfindende Schwankungen von Temperatur und Feuchte, führen bei den Objekten zu einer ständigen Bewegung, und früher oder später reißt das Lein-

wandgemälde oder platzt die Farbfassung von einer barocken Skulptur ab. Bei einem konstanten Klima müssen die sensiblen Materialien der Exponate weniger „arbeiten“, sich also weniger ausdehnen oder zusammenziehen. Aber auch Objekte aus weniger sensiblen, anorganischen Materialien, wie Metall oder Keramik, können bei ungünstiger oder schwankender Umgebungfeuchte Schaden nehmen: Metall rostet, wenn die Luft zu feucht wird, Leder reißt bei zu geringer Feuchte.

Bei Gemälden beispielsweise bedeutet jede Veränderung von Temperatur und Feuchte, dass das Trägermaterial, die Farben und der Rahmen auf diese Veränderungen reagieren. Aufgrund von solchen Materialspannungen kann es zu irreversiblen Haarrissen kommen, wie man sie von den alten Meistern kennt. Hier kamen Forscher der Smithsonian Institution, dem mit 19 Museen und Galerien sowie 142 Millionen Objekten der größte Museumskomplex der Welt, bereits in den 1990er-Jahren zu dem Ergebnis, dass bei Leinwandgemälden Schwankungen der Luftfeuchte im Bereich von $50\% \pm 15\%$ keine dauerhaften Schäden erzeugen dürften. Heute hat sich aus Vorsichtsgründen ein Wert der relativen Feuchte von $50\% \pm 5\%$ international etabliert. Fallweise werden auch sehr geringe Feuchtetoleranzen bis zu $\pm 1\%$ vorgesehen, welche mit speziellen Luftbefeuchtern auch erreichbar sind.

2.4 Die empfohlene relative Feuchte nach Werkstoffen



Eine generell optimale Luftfeuchte für alle Materialien von Exponaten gibt es nicht. Je nachdem, welches Material im Mittelpunkt einer Ausstellung steht, ist eine andere Luftfeuchte ideal.

Bei den besonders sensiblen Malereien, wie Holz und Keramik, ist eine relative Feuchte von etwa 50 % ein guter Mittelwert. Besonders in größeren Museen sind Exponate aus verschiedenen Materialien

in verschiedenen Räumen untergebracht, die von jeweils eigenständigen Klimaanlage mit speziell dafür konditionierter Zuluft versorgt werden.

Hier ist eine raumspezifische Anpassung der Luftkondition einfach zu realisieren und auch zu empfehlen.

3 Die Betriebssicherheit und Redundanz von Klimaanlage

Wie aus den bisherigen Aussagen deutlich hervorgeht, darf ein Ausfall der Klimatechnik, zum Beispiel aufgrund von Wartungsarbeiten oder von defekten Komponenten, in einem Museum mit sehr wertvollen Exponaten unter keinen Umständen eintreten. Daraus ergeben sich an die Planung und an den Betrieb von Klimaanlage mehrere wichtige Vorgaben:

Alle zentralen Bauteile, wie Ventilatoren, Wärmeübertrager (Kühler, Be- und Entfeuchter) sind stets redundant zu planen und auszuführen, um eine möglicherweise längere Unterbrechung der Klimatisierung zu vermeiden. Eine solche Unterbrechung könnte nämlich, wie zuvor erläutert, zu einer (zu) schnellen Abkühlung oder Erwärmung oder zu einer ungenügenden Luftfeuchte führen, wodurch für die Kunstwerke erhebliche Schäden drohen.

Es ist für die Klimaanlage stets eine ausreichende Anzahl an Ersatzluftfiltern vorzuhalten, um diese bei einer erkennbaren stärkeren Verschmutzung sofort

wechseln zu können. Alle Lüftungs- und klimatechnischen Anlagen und deren Komponenten sind im Hinblick auf deren Funktion und Zustand regelmäßig zu kontrollieren, zu inspizieren und zu warten. Hierzu empfiehlt sich als Grundlage für solche Tätigkeiten die VDI-Richtlinie 6022 Blatt 1 „Hygieneanforderungen an raumlufttechnische Anlagen und Geräte“, die dazu sehr viele Vorgaben, Checklisten und Terminempfehlungen enthält.

Zur kontinuierlichen Überwachung der Anlagen (Funktion) und aller Raumparameter (Temperaturen, Feuchten) sollte bestenfalls eine Gebäudeleittechnik und darüber hinaus ein Monitoring mit Störmeldungen betrieben werden.





4 Fallbeispiel: Gustav-Lübcke-Museum in Hamm

Wohlfühlklima für Mumien

Bei einer umfangreichen Modernisierung erhielt das Gustav-Lübcke-Museum in Hamm insgesamt elf RLT- und Klimazentralgeräte mit einer Gesamtluftleistung von 90.000 m³/h.

„Die neuen Klimaanlage mit den konstanten Klima- und Luftfeuchtwerten in den Ausstellungsräumen sind die Voraussetzung dafür, dass wir in Zukunft wettbewerbsfähig bleiben und attraktive Ausstellungen und wertvolle Leihgaben nach Hamm holen können.“

Diese Aussage der Leitung des Gustav-Lübcke-Museums unterstreicht die enorme Bedeutung einer modernen Klimatechnik für den Betrieb von Museen. Die Anlagen mit mehreren Befeuchtungs-

lösungen wurden bei einer groß angelegten Modernisierung des Museums installiert.

Das Gustav-Lübcke-Museum im westfälischen Hamm wurde 1993 eröffnet. Namensgeber ist der Düsseldorfer Kunsthändler Gustav Lübcke, der 1917 seine Kunstsammlung an seine Heimatstadt Hamm übergeben hat und so zum Gründungsvater des Museums wurde. Heute umfasst das Museum eine Fläche von rund 4.000 m² für Dauer- und Wechselausstellungen. Dazu gehören die Themenbereiche ägyptische Kunst, eine Antikensammlung aus der griechischen und römischen Zeit, Exponate der Stadt- und Regio-

nalgeschichte, angewandte Kunst, Malerei des 20. Jahrhunderts, eine Sammlung mit 30.000 Münzen aus allen Epochen sowie ein Kinder- und Jugendmuseum. Ein Höhepunkt ist die seit Dezember 2017 laufende Sonderausstellung „Mumien - Der Traum vom ewigen Leben“ mit mehr als 100 Objekten (Menschen und Tiere). Jährlich besuchen etwa 40.000 Gäste das Museum.

Temperieren und Befeuchten zum Schutz der Kunst

Die Klimatisierung von Museen und Ausstellungsräumen ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Im Vordergrund steht primär der Schutz wertvoller Kulturgüter und Ausstellungsgegenstände vor äußeren Einflüssen und möglichen Schäden, von dem auch der Komfort und die Behaglichkeit für Personal und Besucher besonders profitieren. Daher bestehen Museumsbetreiber in Abhängigkeit von der Art der Kunstwerke in ihren Ausstellungen auf ein eng begrenztes Raumklima, das mit nur geringen zeitlichen Schwankungen ganzjährig einzuhalten ist. Typische Temperaturen in Museen betragen etwa 20 °C (Heizperiode) bis 24 °C (Kühlperiode) bei relativen Raumluftfeuchten von circa 50 bis 60 % - unabhängig von aktuellen Außenluftbedingungen (heiß, kalt, feucht, trocken) und der aktuellen Besucherzahl. Auf diese Einflüsse und Lasten muss eine Museumsklimaanlage rasch reagieren und die geforderten Raumzustände sicherstellen können. Dies erfolgt durch eine an den aktuellen Bedarf angepasste Erhöhung oder

Verringerung des Zuluftvolumenstroms, eine hochwertige Filterung der Außenluft und deren präzise Konditionierung (heizen, kühlen, be- und entfeuchten) im zentralen Klimagerät.

Besonders kritisch können die Raumluftzustände im Museum in den Wintermonaten werden. Wenn die kalte und trockene Außenluft in der Klimaanlage von einer Temperatur von zum Beispiel 0 °C auf eine gewünschte Zulufttemperatur von 24 °C erwärmt wird, hat diese nur noch eine relative Feuchte von etwa 12 %. Eine so trockene Luft würde zu irreparablen Schäden an den Exponaten führen und bei den Besuchern des Museums trockene Schleimhäute in Nase und Rachen sowie trockene Augen hervorrufen. Daher ist es besonders in kühlen Jahreszeiten in Museen zwingend, die trockene Außenluft in der Klimaanlage auf mindestens etwa 50 bis 55 % zu befeuchten.

Zur sicheren, energieeffizienten und hygienischen Luftbefeuchtung in den Lüftungsgeräten wählten der Fachplaner und die Verantwortlichen des Museums mehrere Systeme der Condair GmbH. Durch die optimal ausgewählten Technologien lassen sich die Betriebskosten der Klimatisierung signifikant senken. Zum Einsatz kamen sieben nach dem adiabatischen Prinzip arbeitenden Hybrid-Luftbefeuchter der Baureihe Condair DL mit einer Gesamtleistung von über 700 kg pro Stunde und zwei gasbeheizte Dampfluftbefeuchter des Typs GS-OC mit einer Befeuchtungsleistung von insgesamt 160 kg pro Stunde. Eine unverzichtbare Komponente für die Hygiene und die

Betriebssicherheit der Luftbefeuchtung ist eine entsprechende Vorbehandlung des Befeuchterwassers.

Eine zentrale Wasseraufbereitung mit einer Umkehrosmoseeinheit Condair AT2 (Effizienzausführung EFF1 mit vorgeschalteter Doppelenthärtung) erzeugt für alle Luftbefeuchtungssysteme bis zu 1.000 Liter aufbereitetes Befeuchtungswasser pro Stunde. Eine speziell für diesen Einsatz entwickelte und patentierte Membranspültechnologie in Verbindung mit einer frequenzgesteuerten Pumpe garantiert deutliche Wasser- und Energieeinsparungen gegenüber Standard-Osmoseanlagen. Das System ist speziell auf die Condair-Luftbefeuchtungssysteme abgestimmt und ermöglicht in Verbindung mit diesen einen optimalen und energieeffizienten Befeuchtungsbetrieb.

Die Klimatisierung des Gustav-Lübcke-Museums

Zwei Vollklimaanlagen (Heizen, Kühlen, Be- und Entfeuchten, Wärmerückgewinnung), die auf dem Dach aufgestellt wurden, versorgen mit einer Luftleistung von je 7.500 m³/h den Bereich der Wechselausstellung und den Oberlichtsaal mit konditionierter Zuluft. Hier erfolgt die Anpassung der Luftfeuchte durch die gasbeheizten Dampfluftbefeuchter mit einer Dampfleistung bis je 80 kg/h. Der Dampf wird über das kompakte Mehrfach-Verteilungssystem OptiSorp gleichmäßig im Klimagesamt verteilt, wodurch die effektive Befeuch-

tungsstrecke im Gegensatz zu normalen Dampfverteilern um etwa 70 % verkürzt werden kann. Dadurch kann im Winter trockene Außenluft von etwa 2 g/kg auf bis zu knapp 11 g/kg befeuchtet werden. Das zur Befeuchtung notwendige reine Wasser wird in der zentralen Umkehrosmoseanlage aufbereitet. Die Kühlung und Entfeuchtung der im Sommer warmen Außenluft geschieht in den RLT-Geräten in Wärmeübertragern, die das kalte Wasser von einem ebenfalls neu installierten Wasserkühlsatz bekommen.

Weitere neun RLT-Geräte mit Luftleistungen zwischen 800 und 22.000 m³/h befinden sich im Untergeschoss des Museums. Sieben dieser Anlagen haben die thermodynamischen Funktionen Heizen und Befeuchten und versorgen die weiteren Ausstellungsbereiche und Sammlungen sowie das Forum und das Foyer.

Zur Luftbefeuchtung kommen in den Geräten die Hybridsysteme von Condair zum Einsatz.

Eine Besonderheit bei diesen RLT-Geräten ist deren lufttechnische Schaltung. Die Abluft aus allen Geräten wird in einer gemeinsamen Luftleitung gesammelt und durchströmt vor dem Ausblasen in die Fortluft den Abluftwärmeüberträger eines hocheffizienten Kreislaufverbundsystems (KVS). Dieser Abluftwärmetauscher ist über eine Wärmeträgerflüssigkeit mit einem Wärmeüberträger auf der Zuluftseite gekoppelt, der den gesamten Außenluftvolumenstrom mit der Abluftwärme im Winter vorwärmt oder im Sommer vorkühlt. Erst nach dieser zentralen Vortemperierung wird die Außenluft auf



die einzelnen RLT-Geräte verteilt. Als eine weitere Effizienzmaßnahme wird auf der Abluftseite im Sommer ein System der indirekten Verdunstungskühlung betrieben. Dabei wird die Abluft annähernd auf das maximal mögliche Niveau befeuchtet (> 90 % r.F.) und kühlt dadurch um etwa 5 bis 8 K ab. Somit steht über die KVS-Wärmerückgewinnung nun ein deutlich größeres Kältepotenzial zur Kühlung der Außenluft zur Verfügung. Auch die Verdunstungskühlung wird mit Osmosewasser aus der zentralen Wasseraufbereitung versorgt.

Die Nachkonditionierung der Zuluft aus den RLT-Geräten erfolgt raumweise in

wassergekühlten Deckeninduktionsgeräten. Dabei induziert die Zuluft (Außenluft, Primärluft) etwa drei bis vier Teile Raumluft (Sekundärluft), die beim Einströmen in das Gerät in einem Wasserwärmeüberträger gekühlt wird. Das für den Betrieb der Dachklimageräte und für die Induktionsgeräte benötigte Kaltwasser kommt von zwei Kältemaschinen mit einer Kälteleistung von je 105 kW.

Zur Erwärmung der Museumsräume wird eine Fußbodenheizung betrieben, deren Heizwärme von einem Fernwärmeanschluss kommt.

Die im Gustav-Lübcke-Museum eingesetzten Befeuchtersysteme

Die Hybrid-Luftbefeuchter Condair DL bestehen aus einer Zerstäubereinheit mit auf einem Trägergitter einzeln justierbaren Molekular-Zerstäuberdüsen und einer nachgeschalteten patentierten Verdunstungseinheit aus Keramikplatten. Für einen hygienischen Betrieb wird das zuvor aufbereitete Osmosewasser zusätzlich im patentierten HygienePlus-System mit Silberionen nachbehandelt. Ein Teil des aus den Zerstäuberdüsen bei Niederdruck eingesprühten Wassers verdunstet direkt im Luftstrom, der Rest trifft auf die Keramikplatten und verdunstet dort nahezu vollständig. Dank der auf die Nachverdunstereinheit abgestimmte Wassertropfchengröße lassen sich diese vollständig abscheiden und somit kann die von der VDI 6022 geforderte Aerosolfreiheit der befeuchteten Luft sichergestellt werden. Durch dieses Hybridverfahren wird eine höchstmögliche Ausnutzung des eingesprühten Wassers sowie eine hygienisch einwandfreie Zuluft erreicht.

Weitere Eigenschaften des Condair DL sind eine sehr kurze Baulänge von lediglich 600 bis 900 mm, ein geringer Druckverlust von etwa 40 bis 60 Pa, eine individuelle

Ansteuerung der einzelnen Sprühkreise, eine automatische, stufenlose Regelung der Befeuchtungsleistung in Abhängigkeit vom aktuellen Bedarf und der vorgegebenen Soll-Luftfeuchte sowie die Einbindung in übergeordnete Leit- und Automationsysteme.

Die Baureihe Condair DL wurde von der Berufsgenossenschaft für ihre optimale Hygiene und Gerätesicherheit mit der DGUV-Test-Prüfbescheinigung ausgezeichnet.

Die beiden gasbetriebenen Luftbefeuchter der Baureihe „GS 80 OC“ sind für die direkte Aufstellung im Freien konzipiert und erzeugen maximal 80 kg Dampf pro Stunde (stufenlos regelbar ab 10 kg/h). Das Verbrennungssystem basiert auf einem modulierenden vollvormischenden Gasgebläsebrenner mit 360°-Full-Circle-Technologie und einem stetig arbeitenden Gasdruckregelventil. Durch den Betrieb mit dem günstigeren Energieträger Erdgas lassen sich beträchtliche Kosteneinsparungen (mehr als 60 %) gegenüber elektrisch betriebener Dampfbefeuchter erzielen.

Regionalcenter Süd

Parkring 3

D-85748 Garching

Tel. +49 (0) 89 / 20 70 08-0

Fax +49 (0) 89 / 20 70 08-140

Regionalcenter Südwest

Zettachring 6

D-70567 Stuttgart

Tel. +49 (0) 711 / 25 29 70-0

Fax: +49 (0) 711 / 25 29 70-40

Regionalcenter Mitte

Nordendstraße 2

D-64546 Mörfelden-Walldorf

Tel. +49 (0) 61 05 / 963 88-0

Fax +49 (0) 61 05 / 963 88-40

Regionalcenter West

Werftstraße 25

D-40549 Düsseldorf

Tel. +49 (0) 211 / 54 20 35-0

Fax +49 (0) 211 / 54 20 35-60

Regionalcenter Nord

Lüneburger Straße 4

D-30880 Laatzen - Rethen

Tel. +49 (0) 5102 / 79 59 8-0

Fax +49 (0) 5102 / 79 59 8-40

Regionalcenter Ost

Chausseestraße 88

D-10115 Berlin

Tel. +49 (0) 30 / 921 03 44 -0

Fax +49 (0) 30 / 921 03 44-40

Condair Österreich

Perfektastraße 45

A-1230 Wien

Tel. +43 (0) 1 / 60 33 111-0

Fax +43 (0) 1 / 60 33 111 399

12,95[D/A] € 14,95 [CH]

ISBN: 978-3-98176183-2



Condair GmbH

Parkring 3, 85748 Garching

Tel. (0) 89 207 008 -0, Fax (0) 89 207 008 140, www.condair.de

