



# GESUNDE LUFTFEUCHTE

Bedeutung der Luftfeuchtigkeit in Krankenhäuser  
und medizinischem Bereich

Luftbefeuchtung, Entfeuchtung  
und Verdunstungskühlung

 **condair**

# Notwendigkeit von Luftbefeuchtung in Krankenhäusern

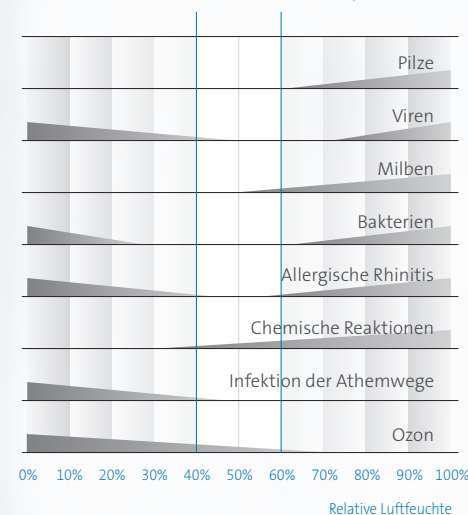
Der Weg in ein Krankenhaus ist in der Regel ein Schritt, der erfolgt, wenn bereits eine gravierende gesundheitliche Störung vorliegt. Umso wichtiger ist es, dass Patienten auf eine Umgebung treffen, die optimal auf ihre Genesung eingestellt ist. Für jeden Notfall, jede Krankenversorgung, Operation, die Intensivpflege oder Reha-Maßnahmen müssen die Umgebungsbedingungen in einem Krankenhaus bestmöglich sein. Äußere Umstände dürfen eine vollständige Genesung nicht behindern, oder gar zur Ansteckung anderer Patienten führen. Dazu trägt in hohem Maße die gute Qualität der Raumluft bei.

## Gesunde, hygienische Raumluft

Im Freien ist das Ansteckungsrisiko für virale oder bakterielle Erkrankungen äußerst gering, da Erreger in der unendlichen Luftmenge rasch verdünnt werden. Anders in geschlossenen Räumen. Dort sind wir einer beschränkten Zuluft ausgesetzt und teilen diese Atemluft miteinander. In Krankenhäusern herrscht in vielen Bereichen ein erhöhtes Risiko für eine sogenannte nosokomiale Infektion, also eine Ansteckung mit Keimen, die der Patient nicht mitbringt, sondern mit denen er sich erst im Krankenhaus infiziert.

Um diese Ansteckungsgefahr gering zu halten ist eine Behandlung der Raumluft erforderlich. Die Raumluft muss so konditioniert sein, dass Erreger praktisch keine Überlebenschancen haben. Dafür maßgeblich sind die Temperatur und die Einstellung der relativen Feuchte auf Werte zwischen 40 und 60 Prozent. Abhängig von der Jahreszeit muss angesaugte Außenluft in einer Zentralklimaanlage dafür be- oder entfeuchtet werden. Denn vor allem eine trockene Raumluft begünstigt das Überleben von Viren oder Bakterien und schwächt unser Immunsystem, greift die Schleimhäute an, sorgt für trockene Haut und Augen.

40 – 60% RH Optimale Luftfeuchte für den Menschen



Wir besitzen heute genügend Fachwissen und auch praktische Erfahrungen darin, ein Gebäude so zu klimatisieren, dass dessen Substanz und Ausstattung ebenso pfleglich behandelt wird, wie die darin befindlichen Menschen.

Bibliotheken, Archive und Museen auf der ganzen Welt sind der Beweis dafür. Für eine verträgliche Raumluft sorgt in den meisten Fällen eine Vollklimaanlage mit kontrollierter Befeuchtung und Entfeuchtung der Zuluft. Ziel sind konstante Werte zwischen 40 und 60 Prozent relativer Feuchte zu erreichen.

Warum behandeln wir also nicht alle Menschen in Krankenhäusern ebenfalls wie Gemälde? Sind Menschen etwa weniger wertvoll als Kunstwerke?

Worauf es bei einer optimal konditionierten Umgebung ankommt, was es zu beachten gilt und welche Lösungen es gibt, darüber informiert diese Broschüre. Sie informiert über gesunde Luftfeuchte und deren Bedeutung in Krankenhäusern und medizinischen Bereichen.



# Hygiene-Sicherheit

Hygiene hat zum Ziel, die Leistungsfähigkeit und das Wohlbefinden des Einzelnen und der Gesellschaft zu erhalten oder zu verbessern.

Ein Hauptaugenmerk liegt auf der Verhütung von Infektionskrankheiten. Dabei stellen sich der Hygiene immer neue Herausforderungen durch immer resistenter werdende Bakterien.

Die Krankenhaushygiene beschäftigt sich mit der Erforschung, Prävention und Bekämpfung von Infektionskrankheiten, welche in Krankenhäusern, Kliniken oder ähnlichen Einrichtungen erworben werden. Dabei dient sie gleichermaßen dem Schutz der Patienten als auch dem des Personals, hat daher auch Überschneidungen mit dem Arbeitsschutz. Die Verhinderung von (krankenhausspezifischen) Nosokomialinfektionen steht daher im Mittelpunkt der Krankenhaushygiene.

Gerade in OP- bzw. Reinräumen, auf Isolierstationen und vor allem in Intensiv- und Entbindungszimmern ist eine hygienisch einwandfreie Versorgung mit Raumluft unerlässlich.

Denn wenn der Körper geschwächt ist, ist das Immunsystem besonders anfällig für Krankheitserreger. Der Patient kommt über seine Haut sowie über die unerlässliche Atmung in direkten Kontakt mit der Raumluft. Deren Hygiene ist also von größter Bedeutung für den Erhalt, die Förderung und Festigung der Gesundheit eines Patienten.

Dafür muss ständig eine mechanische Luftaufbereitung mittels RLT-Anlage erfolgen, muss Außenluft also erhitzt, gekühlt, gefiltert und be- oder entfeuchtet und die Zuluft vor Eintritt in den Raum ständig überwacht werden.



# Keimgefahr durch Aerosole

Wasser-Aerosole wie Nebeltröpfchen oder Dampf sind kleinste schwebefähige Partikel. Ihre Größe bestimmt, wie viele Mikroorganismen sie tragen können. Sie gelangen über unsere Atemwege in den Körper. Dabei kennen wir die Abhängigkeit von Größe und Eindringtiefe in unseren Organismus:

## Einatembar (0,5 bis 18,5 µm)

|                  |             |
|------------------|-------------|
| Nasen-Rachenraum | 10 bis 5 µm |
| Lufttröhre       | 5 bis 3 µm  |

## Thorale Aerosole, die über den Kehlkopf hinaus in die Bronchien gelangen

|             |            |
|-------------|------------|
| Bronchien   | 3 bis 2 µm |
| Bronchiolen | 2 bis 1 µm |

## Alveolengänge Aerosole, die bis in die Lungenbläschen gelangen

|          |              |
|----------|--------------|
| Alveolen | 1 bis 0,1 µm |
|----------|--------------|

Krankheitserreger wie Grippeviren können über solche Tröpfchen mit dem Speichel oder Schleim beim Husten und Niesen mit Geschwindigkeiten bis 20 m/s regelrecht in einen Raum geschossen und durch Einatmen, an andere Personen übertragen werden. Für die Überlebensfähigkeit und das Schweberhalten kleinster Aerosolpartikel spielt die Raumluftfeuchte eine entscheidende Rolle. Aber woran liegt das genau?

## Keime lieben trockene Luft

Trockene Raumluft mit einem relativen Feuchteanteil von unter 20%, lässt winzige Tröpfchen, die mit Grippe- oder Erkältungsviren belastet sind, eintrocknen. Sie schrumpfen dann auf Größen bis 0,5 µm. Gleichzeitig erhöht sich deren Salzkonzentration so stark, dass sich in der trockenen Atmosphäre eine regelrechte Kruste um den Tröpfchenwinzling bildet.

So werden die Überlebensfähigkeit der Keime im Inneren und die Schwebefähigkeit des Tröpfchen maximiert. Sie können bis 41 Stunden „überleben“. Wer also erkältet ist und in einem zu trockenen Raum hustet, erzeugt eine Kontaminationsatmosphäre, die annähernd 2 Tage überdauern kann.

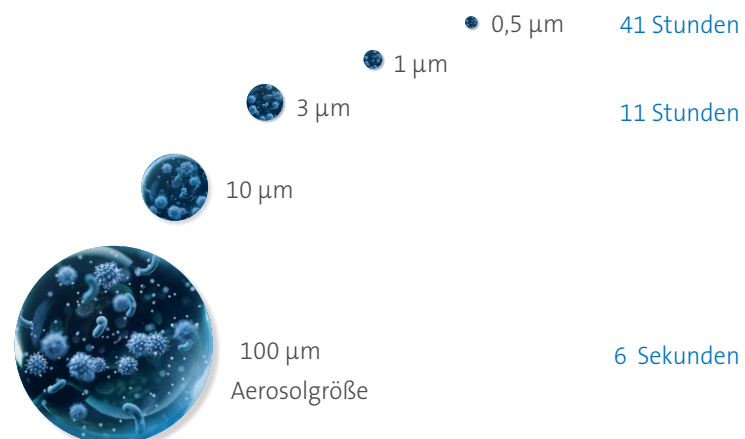
Das sorgt also mit hoher Wahrscheinlichkeit dafür, dass andere Anwesende oder den Raum betretende Menschen diese Partikel einatmen werden. Dann hängt es einzig von deren körpereigener Abwehr und von der Funktion ihres Immunsystems ab, ob eine Ansteckung erfolgt, oder nicht.

## Feuchte Luft erledigt Viren

Eine konstante relative Luftfeuchtigkeit zwischen 40 und 60 Prozent hingegen verhindert, dass Tröpfchen eintrocknen und eine Salzhülle bilden. Viren und Keime werden damit die Überlebensgrundlage entzogen, sie werden in der hochkonzentrierten Salzlösung ohne Schutz innerhalb weniger Minuten inaktiv.

Außerdem bleiben Tröpfchen mit Durchmessern bis 100 µm vergleichsweise groß. Ihre Schwebefähigkeit ist damit stark eingeschränkt. Sie sinken langsam zu Boden und können dann nicht mehr eingeatmet werden. Die Größe verhindert außerdem das Eindringen in unseren Organismus.

## Schwebedauer in der Luft



# Es gibt einen Serienkiller in unseren Krankenhäusern?

Stephanie Taylor, MD, MArch, FRSPH(UK)  
CEO of Taylor Healthcare Consulting



Wissenschaftliche Literatur und Patientenerfahrungen machen deutlich, dass sich trotz der aktuellen Praktiken der Infektionsbekämpfung mindestens 5 von jeweils 100 stationären Patienten eine neue Infektion oder eine Krankenhausinfektion (HAI) zuziehen. Diese schweren und weitgehend vermeidbaren HAIs, die die Heilung von Patienten und ihr Überleben im höchsten Maße gefährden, töten weltweit mehr Menschen als AIDS, Brustkrebs und Autounfälle zusammen. Dies ist eine schreckliche Situation! Der Chirurg und Experte zum Thema Patientensicherheit, Dr. Atul Gawande, bezeichnet die Opfer von HAIs als „die 100 000 Leben, die wir am einfachsten retten können“, weil kein neues Heilmittel notwendig ist. Stattdessen benötigen Krankenhäuser Systeme, die dazu beitragen, dieses kostspielige und vermeidbare Problem zu lösen.

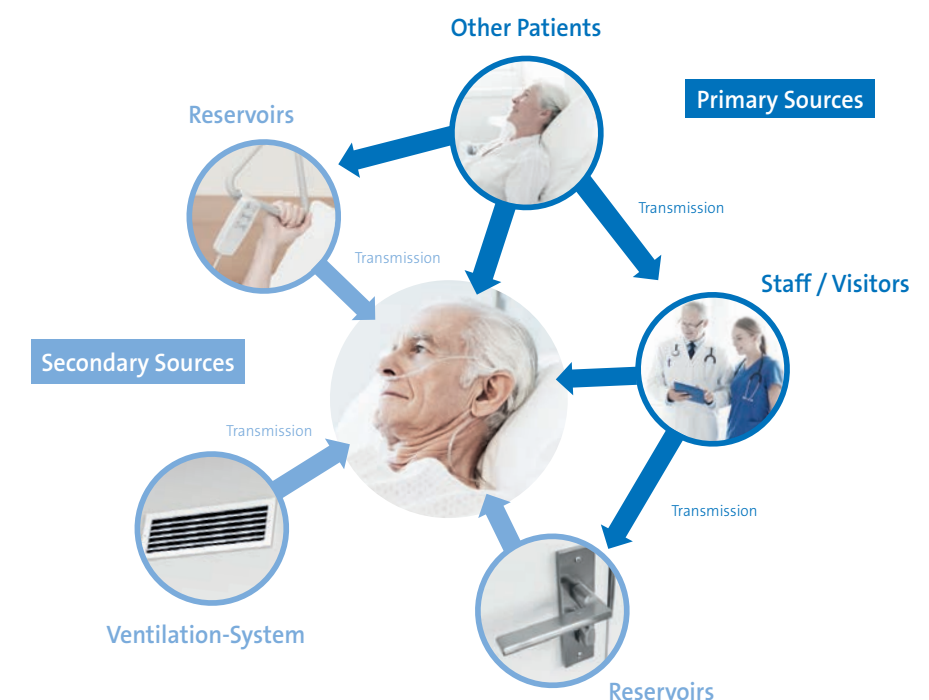
Da Gesundheitsfachleute bemüht sind, die Budgets der Krankenhäuser auszugleichen, und Patienten von HAIs belastet sind, müssen wir uns fragen, ob es Einrichtungs-Management-Strategien gibt, die uns fehlen, also die, die beide dieser Krisen im Gesundheitswesen entschärfen würde. Ein besseres Verständnis dafür, wie Raumbedingungen sowohl die Infektiosität von Mikroben als auch die Fähigkeit von Patienten, gegen Infektionen anzukämpfen, beeinflussen, trägt dazu bei, die besten Methoden zur Minderung von HAIs zu erkennen. Stationäre Patienten sind infektiösen HAI-Mikroben durch zwei Hauptquellen ausgesetzt: andere Menschen und die Bildung von Erregerreservoirs. Eine Vielzahl von Erregern, die durch kranke Patienten, Besucher und Personal in das Krankenhaus eingeschleppt werden, verteilen sich durch normale Verhaltensweisen, wie z. B. Sprechen, Husten, Erbrechen, Kratzen der Haut sowie Spülen der Toilette, im Gebäude. Alleine Niesen verteilt ca. 40 000 infektiöse Aerosole in die Raumluft, so dass es unzweifelhaft zu einer enormen mikrobiologischen Belastung kommen kann.

Anfällige Patienten sind virulenten Mikroben ausgesetzt, die den starken Selektionsdruck durch antimikrobielle Mittel, Desinfektionsmittel im Haushalt und das Raumklima überlebt haben. Diese infektiösen Mikroben, die oft gegen Antibiotika und andere antimikrobielle Mittel resistent sind, vermehren sich rasant und verbreiten sich über Übertragungswege, die sich der Raumumgebung ideal angepasst haben. So kommt es im Krankenhaus zur Besiedlung mit mikrobiellen Gemeinschaften von Erregern. Es ist somit nicht überraschend, dass Krankenhäuser unabsichtlich zu Erregerreservoirs und Überträgern allgegenwärtiger HAI-Erreger werden.

Die heutige Praktiken der Infektionsbekämpfung in Krankenhäusern konzentrieren sich weitgehend auf Hand-, Instrumenten- und Oberflächenhygiene sowie auf Mund- und Gesichtsschutz. Während diese Vorgehensweisen darauf abzielen, die Übertragung durch Kontakt und Verteilung von Sprühtröpfchen aus kurzer Distanz zu stoppen, töten sie nicht die feinen, aerosolisierten Tröpfchen ab,

die infektiöse Mikroorganismen über beachtliche Distanzen und längere Zeiträume an die Luft abgeben können.

Während über das Ausmaß der Tröpfchenübertragung über die Luft weiterhin große Unstimmigkeiten herrschen, stimmen Epidemiologen darin überein, dass trotz der strengen Oberflächenhygienemaßnahmen zur Kontrolle der HAIs die Anzahl der verzeichneten Fälle in den letzten 20 Jahren um 36 % gestiegen ist und jedes Jahr weiter wächst. Bis vor kurzem hat sich die Umweltüberwachung für Infektionsbekämpfung auf Zellkulturtests verlassen, die nur Mikroben feststellen, welche zum Zeitpunkt des Sammelns scheinbar lebendig sind. Doch das ist irreführend! Während infektiöse Mikroben als feine Aerosole durch die Luft schweben, sind sie oft im „Verbreitungsmodus“. Wenn sie während der Luftprobenahme gesammelt werden, erscheinen sie dann jedoch tot und nicht infektiös.





Sobald sie aber beim nächsten Patienten auf physiologischen Bedingungen treffen, rehydrieren viele dieser Mikroben und werden hoch-infektiös. Die Luftprobenahme, die irrtümlicherweise ruhende Infektionserreger in feinen Aerosolen ausschließt, und deshalb die ansteckende Wirkung der Raumluft unterschätzt, trägt dazu bei, dass bei der Infektionsprävention das Verhalten der Klinikmitarbeiter und die Kontaktübertragung im Mittelpunkt stehen. Das verkennet die Wichtigkeit der Luftübertragung von Aerosolen. Autoren aktueller, umfassender Rezensionsartikel schließen daraus, dass sich 10 % bis 33 % aller HAI-Erreger durch die Luft an einem bestimmten Punkt zwischen dem Ur-

sprung, dem Reservoir und dem zweiten Patienten bewegen.

Bis die Übertragung infektiöser Aerosole durch die Luft kontrolliert werden kann, wird selbst nicht die strikte Einhaltung bestehender Kontakthygienevorschriften die HAI-Epidemie einschränken.

**Das Mikrobiom-Projekt im Krankenhaus**  
Zum besseren Verständnis der Beziehung zwischen Raumluftparametern in Patientenzimmern und dem Auftreten von HAIs wurde kürzlich eine Studie in einem neu gebauten Universitätskrankenhaus mit ca. 250 Betten in der nördlichen Mitte der USA durchgeführt. Über einen Zeitraum von 13 Monaten wurden in zehn Patien-

tenzimmern stündlich Raumtemperatur, absolute und relative Luftfeuchtigkeit, Beleuchtungsstärke (Lux), Raumluftänderungen, Teile der Außenbelüftung, Kohlendioxidgehalt und Raumfrequenz gemessen. Während des gleichen Zeitraums wurden elektronische Akten von Patienten, die diesen Zimmern zugewiesen waren, in Bezug auf das Vorhandensein von HAIs analysiert. Anschließend wurde für diese Daten eine multivariable statistische Analyse durchgeführt, um zu ermitteln, ob irgendwelche Raumbedingungen unabhängig voneinander mit diesen Patienteninfektionen korrelierten. Beim Vergleich aller aufgezeichneten und mit Patientenergebnissen korrelierten Umgebungsmessungen wurde festgestellt, dass die relative Luftfeuchtigkeit (RH) im Raum der entscheidende Faktor in Bezug auf die HAI-Raten ist. Diese überraschenden Ergebnisse zeigen deutlich, dass die RH im Patientenzimmer umgekehrt proportional zu HAIs ( $p < 0,02$ ) war – mit anderen Worten: Wenn die RH im Raum anstieg, sank die HAI-Rate bei Patienten! Diese Ergebnisse untermauern die Notwendigkeit, Lüfthydratation oder Luftbefeuchtung im Raum zu verstehen, zu überwachen und zu verwalten, um HAIs bei Patienten zu verringern. Folglich bewegen sich Erreger weniger in gut befeuchteter Luft, die Menschen sind viel gesünder! Welche Gründe gibt es dafür? Die Lungenphysiologie des Menschen erfordert eine Versorgung mit 100 Prozent gesättigter Luft, erwärmt auf 37 Grad

Celsius (98,6 Grad Fahrenheit), für ihre wesentliche Funktion: den Gasaustausch. In den Lungen wird inhalierter Sauerstoff über feine, einzellige Membranen der Alveolen (Lungenbläschen) mit dem metabolischen Abfallprodukt Kohlendioxid ausgetauscht. Tief im Lungengewebe befinden sich fragile Alveolarsäcke in unmittelbarer Nähe zu den Blutgefäßen. Damit sich keine infektiösen Partikel in den Alveolen einnisten, was leicht zu Lungenentzündung oder systemischen Blutinfektionen führen kann, sind physiologische Barrieren in den oberen Bereichen der Atemwege besonders wichtig.

Die Luftfeuchtigkeit der Umgebung ist für das optimale Funktionieren dieses Abwehrmechanismus notwendig. Die Schleimhaut der Atemwege von der Nase bis zu den kleinen Bronchien befeuchtet und erwärmt inhalede Luft, bevor diese die Alveole erreicht. Wenn die Umgebungsluft bei einer RH von 20 % liegt, verlieren Patienten 60 bis 80 Gramm Wasser pro Stunde (1½ bis 2 Liter pro Tag). Der Wasserverlust allein durch die Atemwege beträgt täglich 300 bis 500 Milliliter. Neben dem Austrocknen der Schleimhaut der oberen Atemwege und der sinkenden Abwehrkraft gegenüber infektiösen Tröpf-

chen steht der Patient zudem vor der Aufgabe, für ausreichende Hydratation zu sorgen, die für die Funktion von Immunzellen und Wundheilung notwendig ist. Dies muss umformuliert werden – das ist kein vollständiger Satz.

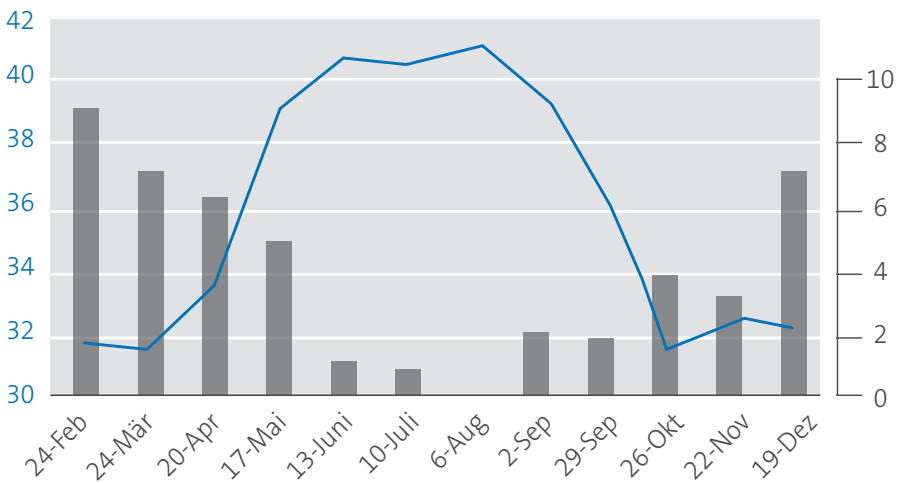
Schlussfolgerungen

Die physikalische Umgebung des Krankenhauses hat einen wesentlichen Einfluss auf die Gesundheit der Patienten. Leider kommen zu viele Patienten zu Schaden und die Krankenhäuser verschwenden Geld für vermeidbare HAIs. Die trockene Luft in den meisten Krankenhäusern schafft Lebensräume für Mikroorganismen, die so in der Natur nicht vorkommen, und hat unabsehbare Folgen für die Auswahl und Übertragung von Erregern. Wenn die RH bei der Patientenversorgung zwischen 40 und 60 % bleibt, wird die Übertragung und Infektiosität von Erregern durch die Luft verringert, und Oberflächenhygiene wird aufgrund von reduzierter Resuspension und Ablagerung von Erregern wirksamer.

Zusätzlich zum Erzeugen einer weniger infektiösen Umgebung unterstützt Raumluftbefeuchtung die physiologischen Abwehrmechanismen der Haut

und der Atemwege, die Funktion von Immunzellen, Wundheilung und den gesamten Flüssigkeitshaushalt im Körper – alles natürliche Abwehrmechanismen gegen HAIs. Aktuelle Raumlufttrichtlinien für Krankenhäuser geben keine Untergrenze für RH bei der Patientenversorgung an und setzen sich sogar für die Verringerung des minimalen, akzeptablen RH-Niveaus in OP-Sälen von aktuell 35 % auf 20 % ein. Das ist ein Fehler! Das Management von Gesundheitseinrichtungen muss sich auf die oberste Priorität konzentrieren – die Heilung von Patienten. Um die Gesundheit des Patienten am besten zu schützen, klinische Ergebnisse zu optimieren und übermäßige Kosten im Gesundheitswesen zu senken, müssen wir eine RH im Raum von 40 bis 60 % aufrechterhalten. Diese spannenden neuen Daten zum Einfluss von Raumluft in Krankenhäusern auf Krankenhausinfektionen und folglich auf die Behandlungsergebnisse versorgen Krankenhaus-Techniker und Gebäudeverwalter mit neuen Erkenntnissen, um die bestmöglichen Ergebnisse bei der Patientenheilung sicherzustellen.

Relative Luftfeuchte „Healthcare-associated Infections“ [HAI] in 10 überwachten Patientenräumen



Prognostizierte finanzielle Auswirkungen einer Raumluftbefeuchtung für ein Krankenhaus mit 250 Betten. Kostensenkungsanalyse für den Fall, dass Krankenhausinfektionen um 20 % verringert werden

|                             |                                                                   | Q1        | Q2        | Q3        | Q4        |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| VORTEILE - IM ERSTEN JAHR   |                                                                   |           |           |           |           |
| Umsatzerhöhung              | Bett-Wert pro Tag durch Senkung der Verweildauer (LOS) maximieren | 1.310.126 | 1.310.126 | 1.310.126 | 1.310.126 |
|                             | Nicht erstattungsfähige HAI-Kosten senken                         | 764.890   | 764.890   | 764.890   | 764.890   |
| Kostenvermeidung            | 3% CMS-Strafgebühr für Wiederauftreten von HAI                    | 91.787    | 91.787    | 91.787    | 91.787    |
|                             | CMS-Qualitätsindexstrafe                                          | TBD       |           |           |           |
|                             | JCA Befunde und Krankenhausschließung                             | TBD       |           |           |           |
|                             | Fehlzeiten von Personal                                           | TBD       |           |           |           |
|                             | Quartals-Summe                                                    | 2.166.803 | 2.166.803 | 2.166.803 | 2.166.803 |
|                             | Kumulierter Wert                                                  | 2.166.803 | 4.333.606 | 6.500.409 | 8.667.212 |
| INVESTITIONEN               |                                                                   |           |           |           |           |
|                             | Gas-befuerter Luftbefeuchter                                      |           |           |           |           |
|                             | Installation                                                      | 1.198.500 |           |           |           |
|                             | Wartung                                                           | 23.850    | 23.850    | 23.850    | 23.850    |
|                             | Betriebskosten                                                    | 34.573    | 34.573    | 34.573    | 34.573    |
|                             | Ausfallzeit (Operationsraum oder Patientenzimmer)                 | (10.000)  | -         | -         | -         |
|                             | Quartals-Summe                                                    | 1.266.923 | 58.423    | 58.423    | 58.423    |
|                             | Kumulierter Wert                                                  | 1.266.923 | 1.325.347 | 1.383.770 | 1.442.194 |
| NETTOWERT                   |                                                                   |           |           |           |           |
|                             | Quartals-Summe                                                    | 899.880   |           |           |           |
|                             | Kumulierter Gesamtwert                                            | 899.880   |           |           |           |
|                             |                                                                   |           |           |           |           |
| Nettorendite im ersten Jahr |                                                                   | 7.225.018 |           |           |           |
| Gewinnschwelle              |                                                                   | 1.Quartal |           |           |           |
| ROI (1.Jahr)                |                                                                   | 500.97%   |           |           |           |

## Der menschliche Körper besteht zu **75%** aus Wasser

Der menschliche Körper besteht zum größten Teil aus Wasser. Bei unserer Geburt beträgt der Wassergehalt 80 Prozent. Er nimmt im Laufe eines Lebens ab, liegt bei Erwachsenen bei rund 70 Prozent und sinkt bis zum 85. Lebensjahr auf nur noch 55 Prozent.

Der überwiegende Anteil davon befindet sich in unseren Körperzellen, ungefähr ein Drittel im sogenannten Extrazellulärraum, dem Raum außerhalb der Zellen, der mit Flüssigkeit gefüllt ist und im Blut. Wasser regelt die Herzkreislauffunktion und die Verdauung, ist Lösungsmittel für Salze, Mineralstoffe und ist Transportmittel für Nährstoffe und Abbauprodukte. Damit also unser Stoffwechsel funktioniert, muss dem Körper immer genügend Wasser zur Verfügung stehen.

Auch unser Gehirn benötigt ständig Wasser zum Denken. Im wohl wichtigsten Körperorgan macht Wasser 85 bis 90 Prozent der Hirnmasse aus.

Eine weitere wichtige Aufgabe erfüllt das Wasser bei der Wärmeregulierung. So gehen durch Schwitzen, Atmen und unsere Ausscheidungen täglich zwei bis drei Liter Wasser verloren. Liegt bei kranken Menschen dieser Wert höher, muss der Wasserhaushalt ärztlich überwacht und notfalls Flüssigkeit intravenös zugeführt werden, um ein Dehydrieren zu vermeiden. Ein Mangel an Wasser kann zu lebensbedrohlichen Zuständen führen.

Da wir lebensnotwendiges Wasser nicht wie ein Kamel in der Wüste über längere Zeit bevorraten können, muss jeder Wasserverlust täglich über Nahrung und Getränke ausgeglichen werden. Bei Krankheiten geschieht dies notfalls durch Infusionen. Ansonsten reagiert unser Körper mit empfindlichen Störungen. Denn bereits ab einem Flüssigkeitsverlust von 0,5 Prozent bekommen wir Durst. Bei 2 Prozent vermindert sich die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit. Ab 5 Prozent steigt unsere Körpertemperatur an und bei einem Wasserlust von 10 Prozent unseres Körpergewichts treten schwere Krankheitserscheinungen wie Bluteindickung, Verwirrung oder Kreislaufversagen auf. Ein Defizit über 20 Prozent führt durch Nieren- und Kreislaufversagen unweigerlich zum Tod.

Merke: Wir können ohne Nahrung je nach Fettreserven etwa vier Wochen überleben - aber ohne Wasser nur wenige Tage. Ein Wüstenklima beschleunigt diesen Vorgang wesentlich. Dauerhaft zu trockene Raumluft ist damit vergleichbar!





Massive Keimverbreitung durch trockene Luft in der Keime länger überleben und aufgrund geringen Aerosolgröße eine lange Schwebedauer haben.



Eindämmung der Keimverbreitung durch optimal befeuchteter Luft (40-60% r.F.)

## Die Auswirkungen von trockener Luft

### Verbreitung von Viren in trockener Luft

Es gibt drei Wege, sich mit Viren zu infizieren: Der Austausch von Körperflüssigkeit, die Schmierinfektion oder die Tröpfcheninfektion. Die Tröpfcheninfektion geschieht über die Luft, beispielsweise beim Atmen, Sprechen, Niesen oder Husten eines kranken Menschen. Dabei werden ständig tausende kleiner Tröpfchen in die Umgebungsluft abgegeben. Innerhalb von Sekundenbruchteilen schrumpfen diese um 90 Prozent ihres Volumens und passen sich den Umgebungsbedingungen an. Jetzt ist es wichtig, dass die Raumluftfeuchte stimmt, damit es zu keiner Übersättigung der Salzlösung und Auskristallisierung kommt, damit das Tröpfchen flüssig bleibt und Krankheitserreger darin in kurzer Zeit inaktiv werden. Ansonsten würde sich ein winzig kleines, schwebefähiges und mit einer Salzkruste ummanteltes Tröpfchen bilden. Die Salzlösung in dessen Inneren wäre ein überlebensfähiges Milieu für Viren oder Bakterien. Diese Gebilde sind so leicht, dass sie wie unsichtbare Raumschiffe umherschweben, auf der Suche nach einem anderen Wirt, um in dessen Zellen einzudringen. Und das geschieht zuhause, im Büro in der Arztpraxis oder in einem Krankenhaus. Wenn gesunde Menschen infizierte Raumluft einatmen oder direkt auf ansteckende Personen treffen, ist höchste Alarmstufe geboten. Denn wer diese kontaminierten Aerosol-Tröpfchen über seine befeuchteten Atemwege einatmet, löst durch seine eigene Körperflüssigkeit die Salzkruste sofort auf. Das bietet Viren die Chance, in Körperzellen einzudringen und eine Infektion auszulösen. Man weiß heute aber, dass vor allem Viren, die gerade im Winter eine Vielzahl von Infektionen auslösen, mäßig feuchter Luft von 40 bis 60 Prozent relativer Feuchte nicht Stand halten und innerhalb weniger Minuten keine Gefahr mehr darstellen. Wenn man bedenkt, dass wir uns die allermeiste Lebenszeit in

Gebäuden aufhalten, dann wird bewusst, dass wir uns auch die Atemluft mit allen Anwesenden am selben Ort teilen. So gilt die Feststellung, dass die Atemluft unser bedeutendstes Kontaktmedium ist, ohne dass wir wissen, was sich gerade darin befindet.

### Lebensdauer von Viren

Viren sind unsere ständigen Begleiter. Täglich kommen wir mit ihnen in Kontakt, ohne davon krank zu werden. Sie kleben an Gegenständen, können über unsere Hände in den Körper gelangen. In den meisten Fällen wird ein gesundes Immunsystem damit fertig. Meist sogar ohne dass wir etwas davon bemerken. Viren sind im Gegensatz zu Bakterien keine Lebewesen. Es handelt sich vereinfacht gesagt um Erbgut in einer Hülle. Sie können sich nicht selbst vermehren. Aus diesem Grund brauchen sie eine Wirtszelle, in die sie ihre Erbinformationen einschleusen, diese umprogrammieren und sich dann vermehren können. Die gesunde Zelle wird dabei zerstört. Ist unser Immunsystem geschwächt, werden wir krank. Außerhalb ihres Wirts behalten Viren ihre Wirksamkeit in der Regel nur wenige Stunden. Es hängt stark von den Temperaturen und der Luftfeuchtigkeit ab. Wärmere Bedingungen oberhalb 20°C mögen sie ebenso wenig, wie eine relative Luftfeuchtigkeit zwischen 40 und 60 Prozent. Hingegen sind tiefe Temperaturen und vor allem eine geringe Luftfeuchtigkeit ideale Umgebungsbedingungen für die Viren selbst oder für von Viren besetzte Aerosole, um mehrere Tage aktiv zu bleiben.

### Gehirn

Unser Groß- und Kleinhirn machen nur 2 Prozent des Körpers aus. Für eine ausreichende Sauerstoffversorgung brauchen wir dennoch alleine 20 Prozent

unseres Blutes. Gehirnzellen bestehen zu 85 Prozent aus Wasser. Dort wird der überwiegende Teil der ‚zum Denken‘ benötigten Energie hydroelektrisch erzeugt. Darum führt Wassermangel des Körpers im Gehirn nach gewisser Zeit dazu, dass uns zu wenig Energie zu Verfügung steht. Dadurch werden viele lebenswichtige Funktionen unterdrückt. Mit einem niedrigeren Energiepegel ist es wiederum kaum möglich, dauerhaft den körperlichen und psychischen Aufgaben gerecht zu werden.

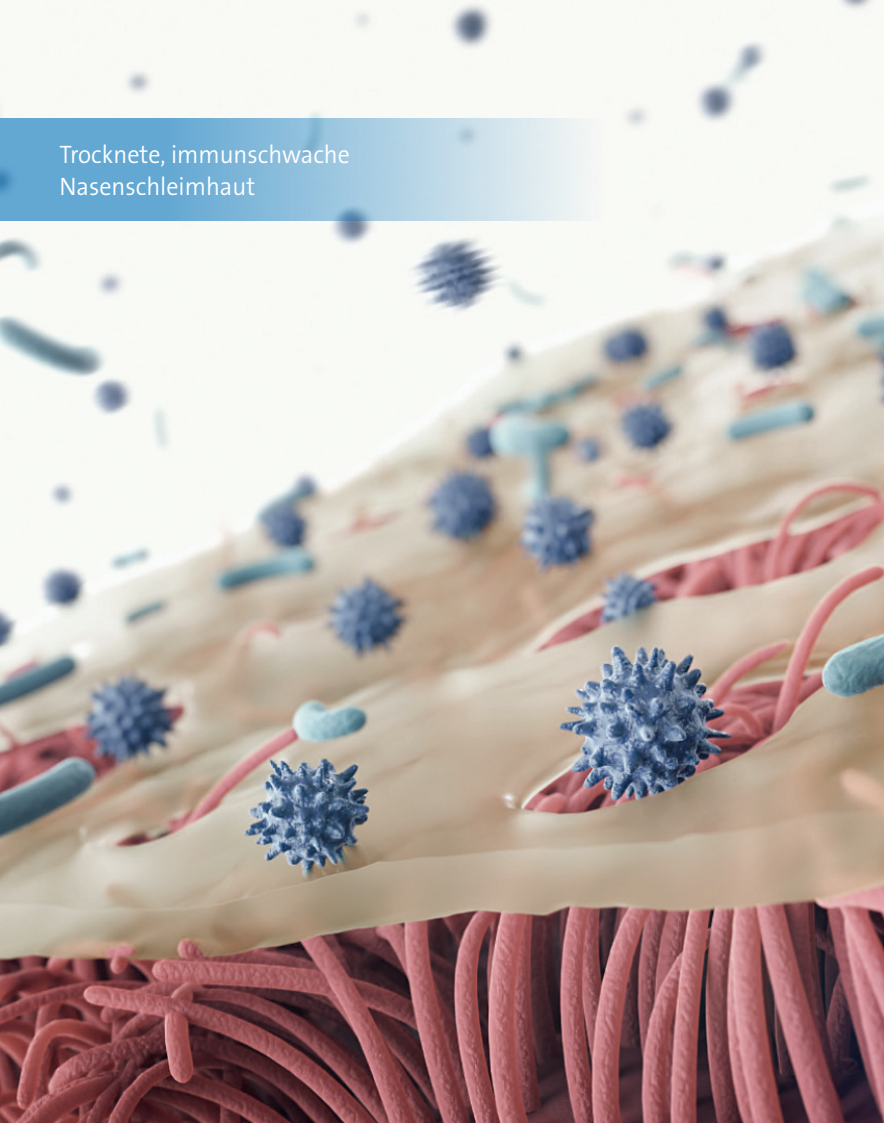
### Augen

Über den Tränenfilm wird unser Auge mit Nährstoffen und Sauerstoff versorgt. Außerdem werden desinfizierende Körpersubstanzen zur Bekämpfung von Viren oder Bakterien herbeitransportiert oder Fremdkörper weggespült. Dafür wischen unsere Lider alle vier bis sechs Sekunden über das Auge, noch bevor der vorhandene Flüssigkeitsfilm zusammenbricht. Kommt es allerdings zur Beeinträchtigung der Bildung von Tränenflüssigkeit, oder stimmt deren Zusammensetzung nicht mehr, reißt der Tränenfilm trotz Lidschlag ab. Es kommt zu trockenen Stellen im Auge, was zu Reizungen oder auch Infektionen führt. Augentropfen sorgen dann nur kurzzeitig für Linderung, sind also keine dauerhafte Lösung.

### Immunabwehr

Unsere Immunabwehr ist ein wahres Wunderwerk. Sie schützt einen gesunden Körper auf natürliche Weise vor dem Eindringen von Viren, Bakterien oder anderen unerwünschten Partikeln oder Keimen. Vor allem unsere Nase ist dann gefragt. Denn Atmung geschieht überwiegend durch unser Riechorgan. Wir atmen meistens nasal ein und insbesondere wenn wir sprechen durch den Mund aus. Unsere Umgebungsluft streicht dabei über die Atemwege bis in die Lungenflügel und in die feinsten Endorgane, die Alveolen. Der gesamte Weg dorthin ist mit Schleimhäuten ausgekleidet, die ständig eine Flüssigkeit absondern. Ein Teil davon hat haarige Fortsätze. Diese Flimmerhaare bilden zusammen mit den Schleimhäuten das Flimmerepithel. Es ist ständig in Bewegung und wird gerne mit einem wogenden Kornfeld verglichen. Diese Unruhe sorgt dafür, dass mit der Atemluft aufgenommene Verunreinigungen und Krankheitserreger mit Schleim vermischt und dann abtransportiert werden, ehe eine Ansteckung erfolgt. Wie eine Klimaanlage reinigt unsere Nase die Luft, erwärmt sie auf 37°C und sorgt für eine 100prozentige Befeuchtung bzw. Wasserdampfsättigung. Nur so darf die Luft in unseren Lungenbläschen ankommen, ansonsten wäre eine Sauerstoffaufnahme unmöglich.

Zu trockene Atemluft beeinträchtigt das Flimmerepithel in seiner Funktion. Der Schleim erhält nicht mehr genügend Wasser und Feuchtigkeit, dickt sich ein, fließt nicht mehr ab und bricht auf. Der Selbstreinigungseffekt funktioniert nur noch ungenügend. Für Viren und Bakterien werden damit Tür und Tor geöffnet. Unsere Immunabwehr braucht also optimale Feuchtbedingungen, damit wir gesund bleiben.



Trocknete, immunschwache Nasenschleimhaut



Viskose, funktionsfähige Nasenschleimhaut

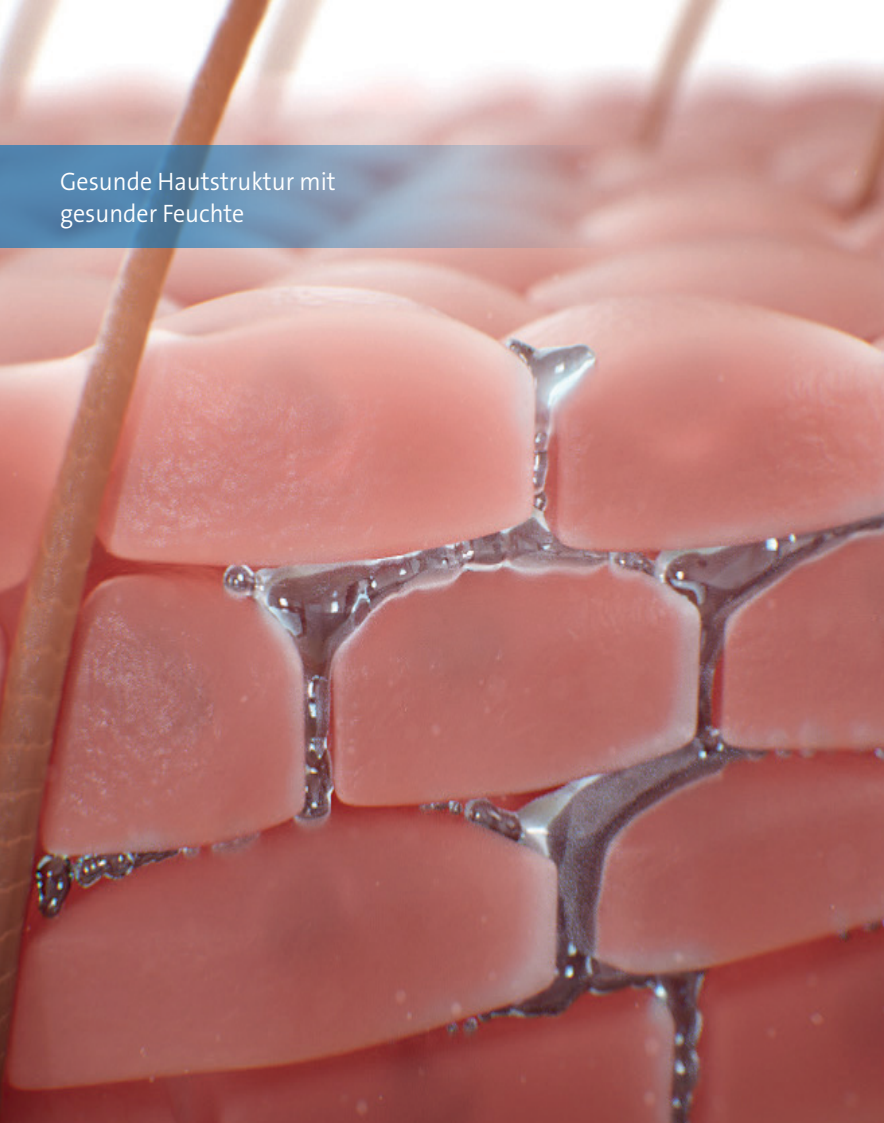
### Haut

Mit einer Oberfläche von rund 2m² ist die Haut unser größtes Organ. Sie schützt vor Kälte, Hitze oder Strahlung, bietet Widerstand gegen Druck oder Stöße, hält mit einem leicht sauren pH-Wert von 5,7 Keime und Mikroorganismen fern und ist unser erstes Kleidungsstück zum Wärmeschutz. Unter dem Mikroskop erkennt man ihren Aufbau. Es gibt drei Schichten: Die Oberhaut mit Hornschicht, die Lederhaut und die Unterhaut. Die Haut ist außerdem unser größtes Sinnesorgan, unterstützt die Atmung und ist Kühlung, wenn wir schwitzen. Alles in allem ist die Haut multifunktionsfähig, bindet Wasser und Fettstoffe und bildet eine Barriere nach außen. Wenn die Umgebungsbedingungen stimmen bleibt sie dabei elastisch.

Diese Barriere bröckelt aber, wenn die Haut, Feuchtigkeit und Fette verliert. Eine trockene Raumluft kann diesen Vorgang begünstigen, wenn der Körper selbst nicht mehr für genügend Ausgleich von innen sorgen kann. Gerade bei kranken oder älteren Menschen kann dies der Fall sein. Ebenso bei Säuglingen, da deren Haut noch nicht vollends ausgebildet ist. Dann wird die Hornschicht zunehmend durchlässiger und verliert immer mehr ihre Schutzfunktion. Gleichzeitig können schädliche Substanzen leichter eindringen, was zu Hautirritationen und Entzündungsreaktionen führt.



Trockene, rissige Hautstruktur



Gesunde Hautstruktur mit gesunder Feuchte



## Luftbefeuchtung mit Dampf

Hygiene ist in Krankenhäusern oberstes Gebot. Darum kommt dort bei allen verfügbaren Lösungen nur die Luftbefeuchtung mit Dampf in Frage.

Elektrische Dampfluftbefeuchter erzeugen eine absolut keimfreie Raumluftfeuchte, da das verwendete Wasser auf Temperaturen von 100°C erhitzt wird, dem kein Keim oder Krankheitserreger Stand hält. Aus diesem Grund kann mineralfreies oder herkömmliches Leitungswasser verwendet werden, eine besondere Aufbereitung ist nicht notwendig. Ein weiterer Aspekt, der für die Luftbefeuchtung mit Dampf spricht, sind die in Krankenhäusern bereits vorhandenen Dampfverteilnetze, die zur Sterilisierung oder zu Reinigungszwecken benötigt werden.

Dampfluftbefeuchter können in jede bestehende Zentralklimaanlage integriert oder in den meisten Fällen auch nachgerüstet werden. Sie sind gut zu reinigen und zu warten. Für die gleichmäßige Einbringung und Verteilung des Dampfes in den Luftstrom ist es besonders wichtig, die Befeuchtungsstrecke richtig auszu-

führen. Sie setzt sich zusammen aus der Nebelzone und der anschließenden Expansions- und Vermischungszone. Bei richtiger Bemessung sind Kondensationserscheinungen innerhalb der Luftleitungen ausgeschlossen. Außerdem erreichen dann keine Wasseraerosole das Filter. Und auch für die richtige Feuchteregelung ist die Befeuchtungsstrecke wichtig, da die Platzierung der Regelfühler erst dort erfolgen soll, wo ausgeglichene Feuchtwerte vorliegen. Wegen der schnellen und homogenen Durchmischung mit der Anlagenzuluft werden bei großflächiger Dampfeinbringung übrigens erhebliche Reduzierungen der Befeuchtungsstrecke erreicht.



## Senkung der Betriebskosten mit indirekter Verdunstungskühlung

Die indirekte Verdunstungskühlung – auch adiabate Kühlung genannt – ist ein Verfahren, bei dem latente und sensible Verdunstungswärme von Wasser zur Kühlung der Zuluft in einer RLT-Anlage eines Krankenhauses genutzt werden kann. Dazu erfolgt zunächst die Verdunstung von Wasser auf der Abluftseite eines RLT-Gerätes mit einem Verdunstungskühler. Der Abluft wird dabei Wärmeenergie entzogen, sie kühlt ab. Dann wird die Abluft im Kreuzstrom an der warmen Außenluft vorbeigeführt, ohne damit in Berührung zu kommen. Aus hygienischer Sicht ist diese Lösung absolut unbedenklich, was für Krankenhäuser oder andere medizinische Bereiche sehr wichtig ist. Durch Wärmerückgewinnung aus der Außenluft verflüssigt die zugegebene Feuchtigkeit in der Abluft dann wieder, erwärmt also die Fortluft und kühlt gleichzeitig die Zuluft ab.

Neben der Luftgeschwindigkeit, mit welcher der Verdunstungskühler durchströmt wird, hängt die verdunstete Wassermenge und somit die erreichte Abkühlung vom Luftzustand ab, mit der die Abluft in den Verdunstungskühler eintritt. Die theoretische Grenze der Verdunstungskühlung ist bei kompletter Sättigung der Abluft mit Wasser erreicht – also bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 100 Prozent. In RLT-Anlagen sind mit

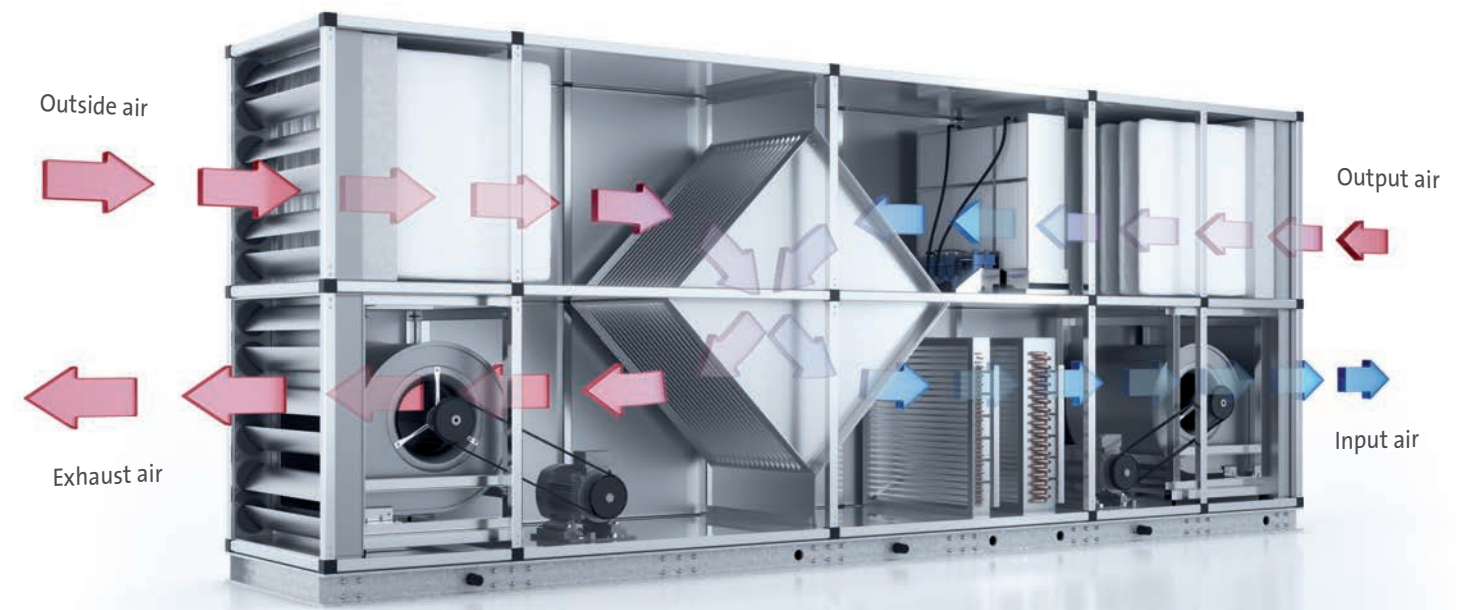
wirtschaftlich vertretbarem Aufwand Feuchteerhöhungen auf Werte von 92 bis 95 Prozent je nach Bauart des verwendeten Verdunstungskühlers realistisch. Wie gesagt eignet sich die indirekte Verdunstungskühlung für die sensible Kühlung der Zuluft. Sollte standortbedingt an besonders heißen Tagen, oder aus Redundanzgründen darüber hinausgehende Kälteenergie benötigt werden, ist weiterhin eine mechanische Kälteanlage im Einsatz – die aber erheblich kleiner dimensioniert werden kann. Bei geeigneter Anlagenkonzeption wird so durch die indirekte Verdunstungskühlung deutlich mehr elektrische Antriebsenergie für eine Kälteanlage eingespart, als für die Überwindung des zusätzlichen luftseitigen Druckverlustes durch den Abluftventilator am Verdunstungskühler benötigt wird.

### Die Frage nach der Wirtschaftlichkeit

Die größte Hürde beim Einsatz erneuerbarer Energien stellt in der Praxis die Wirtschaftlichkeit dar. Effizienzmaßnahmen wie die indirekte Verdunstungskühlung müssen sich „rechnen“, entstehende Mehrkosten bei den Investitionen durch

die erzielten Einsparungen beim Betrieb wieder eingeholt werden.

Eine verlässliche Anlagensimulation macht dafür die Zusammenhänge transparent und ermöglicht den realistischen Vergleich mit konventionellen Maßnahmen zur Gebäudekühlung. Da RLT-Anlagen in Krankenhäusern für die Luftkonditionierung ganzjährig in Betrieb sind und aus Gründen der Hygiene und des Erhalts der Gesundheit höchst möglichen Standards entsprechen müssen, ist in vielen Fällen damit zu rechnen, dass sich eine Amortisation im akzeptablen Zeitrahmen einstellen wird. Aus Betriebskostensicht ist die Wirtschaftlichkeit dann sogar vom ersten Tag an gegeben.



# Luftbefeuchter Technologien

## Verdunstungskühler ME

Verdunstungskühlung ermöglicht eine signifikante Senkung der Betriebskosten für die Gebäudekühlung. Denn durch eine energieeffiziente Verdunstungskühlung kann das mechanisches Kühlregister kleiner dimensioniert oder gegebenenfalls sogar entfallen.

## Dampfverteiler Optisorp

Das Mehrfachdampfverteilsystem Optisorp sorgt für eine homogene, gleichmäßige Dampfverteilung und damit für eine optimale, hygienische Sorption des Dampfes in der Luft

## Druckdampf Verteiler ESCO

Häufig ist in Krankenhäusern ein Druckdampfnetz für verschiedenen Anwendungen im Labor oder Sterilbereich notwendig und bereits vorhanden. Mit einem ESCO Druckdampf-Verteiler kann dieser Dampf für die Luftbefeuchtung verfügbar gemacht werden und ein separater Dampferzeuger an der RLTanlage eingespart werden.

## Dampf-Luftbefeuchter GS

Condair GS-Geräte ermöglichen hocheffiziente Luftbefeuchtung mit Gas. Das Abgas kann direkt über die RLT-Abluft abgeführt werden. Die Abgaswärme wird durch die Wärmerückgewinnung im RLT-Gerät weitgehend zurückgewonnen. Zudem lassen sie sich flexibel in vorhandene Anlagen einfügen.

## Dampf-Luftbefeuchter EL

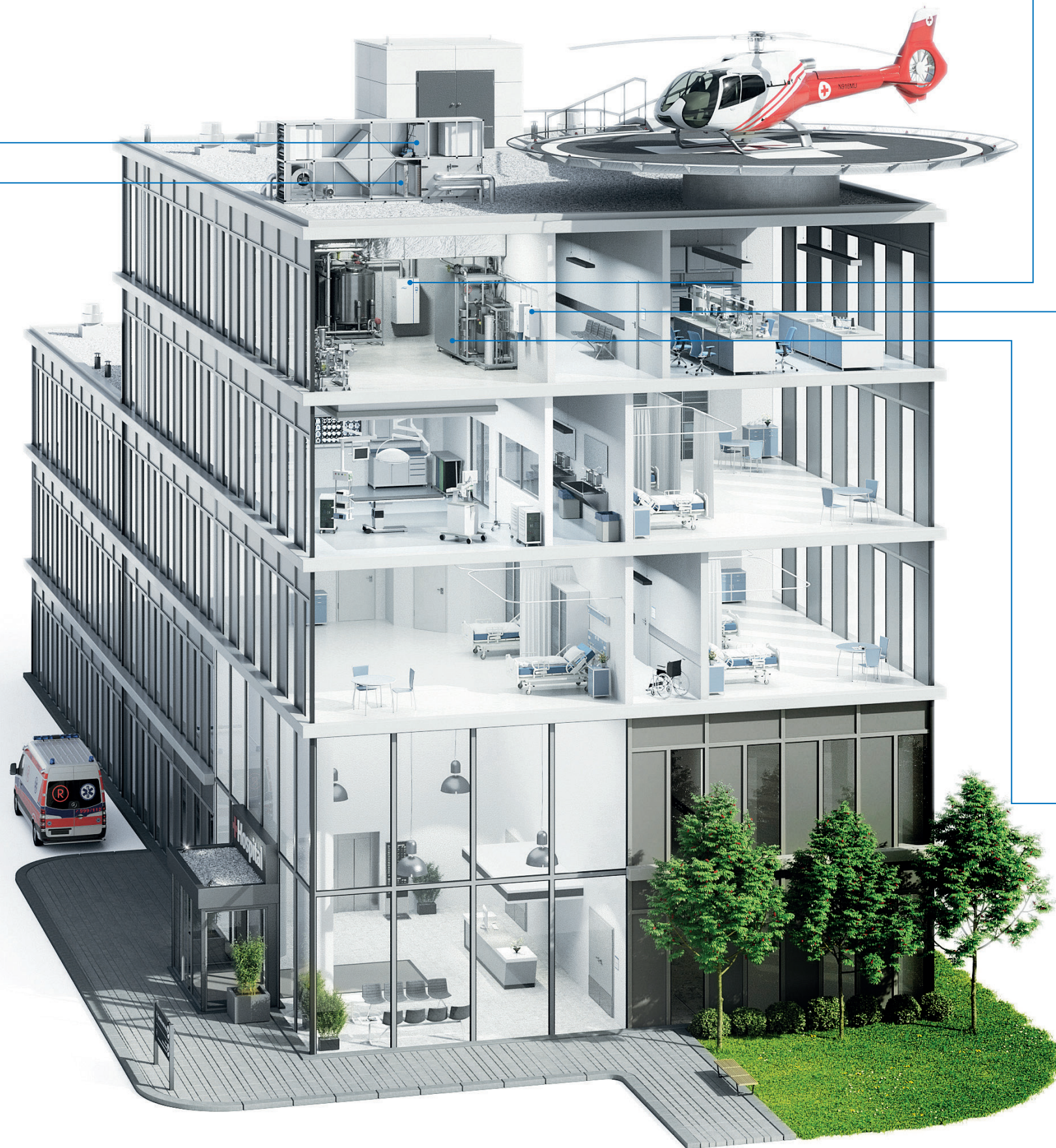
Überall dort, wo es auf verlässliche Dampf-Luftbefeuchtung ohne große Umstände ankommt, sind sie die erste Wahl. Anlagenutzer fordern einfache und übersichtliche Bedienmöglichkeiten sowie gesunde und hygienisch befeuchtete Atemluft. Zudem bietet der Condair EL eine hohe Betriebssicherheit und präzise Regelgüte.

## Dampf-Luftbefeuchter RS

Wie der Condair EL verfügt auch der Condair RS über konstruktive Detaillösungen die eine einzigartige Betriebssicherheit und präzise Regelgenauigkeit ermöglichen. Zudem verfügt der RS über ein patentiertes Kalk-Management, welches verhindert, dass sich Kalk an den Heizstäben dauerhaft festsetzen kann. Eine lange Lebensdauer, sowie äußerst kurze Wartungszeiten werden damit garantiert.

## Druckdampf-Erzeuger RAV

Die Serie Condair RAV entspricht der Druckgeräterichtlinie DGRL 97 /23 EG vom 29.05.2002 und ist somit überwachungs- und genehmigungsfrei. Immer dann, wenn Dampf schnell und mit hoher Präzision zur Verfügung stehen soll, sind die Schneldampferzeuger Condair RAV stets die richtige Wahl.



**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