

**LUFTENT-
FEUCHTUNG**

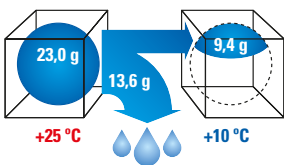
**ALLES, WAS SIE
WISSEN MÜSSEN!**

LUFT- FEUCHTE - ABSOLUT RELATIV



LUFTENTFEUCHTUNG

PRAXISINFORMATIONEN ZU DEN VERSCHIEDENEN SYSTEMEN UND IHREN EINSATZMÖGLICHKEITEN



Wasserdampfgehalt der Luft:

Bei 25 °C Lufttemperatur kann ein Kubikmeter Luft max. 23 g Wasser aufnehmen, dies entspräche 100 % Luftfeuchtigkeit.

Kühlt diese Luft durch Kontakt mit kalten Oberflächen auf 10 °C ab, kann sie nur noch 9,4 g aufnehmen.

Die überschüssige Feuchtigkeit kondensiert dann auf kühleren Oberflächen zu Wasser.

Optimales Raumklima ist nicht nur die Grundlage für Behaglichkeit, sondern auch zum Wertehalt von feuchtesensiblen Mobiliar und zum Schutz vor Feuchteschäden, Schimmelbildung oder Korrosion.

Zwei Faktoren sind für diese Klimakonditionen entscheidend: die Raumtemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit.

Wie auf Seite 3 im oben dargestellten Behaglichkeitsdiagramm illustriert, fühlen wir uns innerhalb eines Klimakorridors von 20 bis 22 °C bei 40 bis 60 % relativer Luftfeuchtigkeit am wohlsten. Klimaverhältnisse außerhalb dieser Werte werden von den meisten Menschen als unangenehm empfunden.

Darüber hinaus können durch zu hohe Luftfeuchtigkeit vielfältigste Schäden entstehen. Erste erkennbare Alarmzeichen sind meist klamme Kleidungsstücke, modriger Geruch und fleckige Wände (Stockflecken) oder keimende Kartoffeln in Kellerräumen.

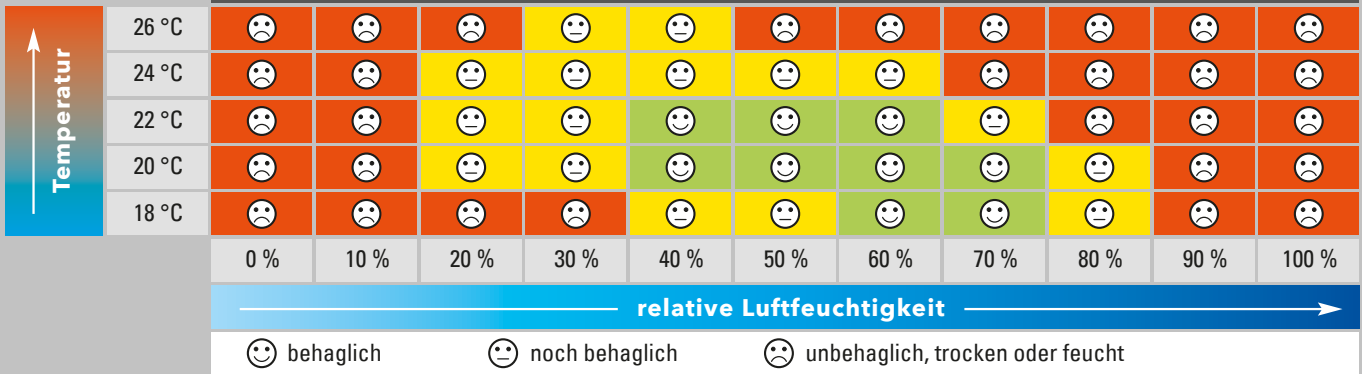
Wussten Sie beispielsweise, dass sich Schimmelpilz schon ab 70 % Luftfeuchtigkeit bildet - und Rost bereits ab 60 %?

Ohne Regulierung kann die Luftfeuchtigkeit in Innenräumen stark schwanken und selten von allein Optimalwerte erreichen - auch abhängig von der Jahreszeit und den klimatischen Verhältnissen im Außenbereich.

Einfluss der Raumtemperatur auf die Wasseraufnahmekapazität der Raumluft

Raumtemperatur		25 °C	20 °C	15 °C	10 °C	5 °C
BEISPIEL 1 rel. Luftfeuchte konstant	Relative Luftfeuchtigkeit	80 %	80 %	80 %	80 %	80 %
	Wassergehalt der Raumluft	18,4 g/m ³	13,8 g/m ³	10,2 g/m ³	7,5 g/m ³	5,4 g/m ³
BEISPIEL 2 Wassergehalt konstant	Wassergehalt der Raumluft	5,4 g/m ³	5,4 g/m ³	5,4 g/m ³	5,4 g/m ³	5,4 g/m ³
	Relative Luftfeuchtigkeit	23,5 %	31,3 %	42,1 %	57,5 %	80 %

BEHAGLICHKEITSDIAGRAMM (nach Leusden und Freymark)



VOR DER TAT DIE THEORIE

Um Ihre Räume optimal trocken halten zu können, ist ein Grundverständnis zur Luftfeuchte-Thematik hilfreich. Die Luft kann nicht unbegrenzt Wasser aufnehmen - es gibt eine Sättigungsgrenze, also eine maximale Menge an Wasserdampf, die von der Luft absolut aufgenommen werden kann - dies ist die absolute Luftfeuchtigkeit, angegeben in Gramm Wasser je Kubikmeter Luft.

Davon ausgehend bezeichnet man den Wasserdampfanteil, der tatsächlich in der Luft gelöst ist, im Verhältnis zu der Wasserdampfmenge, welche die Luft bei der vorherrschenden Temperatur absolut maximal aufnehmen könnte, als „relative Luftfeuchtigkeit“ (r.F.).

Wenn also die Raumluft beispielsweise eine relative Luftfeuchtigkeit von 50 % hat, dann ist in ihr genau die Hälfte der für die aktuelle Temperatur maximal möglichen Wassermenge gelöst.

Alles eine Frage der Temperatur

Die Wasseraufnahmekapazität der Luft ist also immer abhängig von der vorherrschenden Lufttemperatur. Je kälter die Luft, desto weniger Wasser kann sie aufnehmen. Dies veranschaulicht die Tabelle auf Seite 2 an fünf Temperaturwerten.

Im Beispiel 1 beträgt die relative Luftfeuchtigkeit immer konstant 80 %, wogegen der entsprechende absolute Wassergehalt in der Luft temperaturabhängig deutlich schwankt.

Im Beispiel 2 ist die absolut in der Luft enthaltene Wassermenge immer gleich, weshalb sich

bei sinkender Temperatur die relative Luftfeuchtigkeit zunehmend erhöht.

Zugegeben, eine komplexe Materie - und es wird sogar noch komplizierter, wenn man bedenkt, dass Korrosion, Fäulnis oder Schimmelpilzbildung ausschließlich von der **relativen** Luftfeuchtigkeit begünstigt werden, niemals vom **absoluten** Wassergehalt in der Luft.

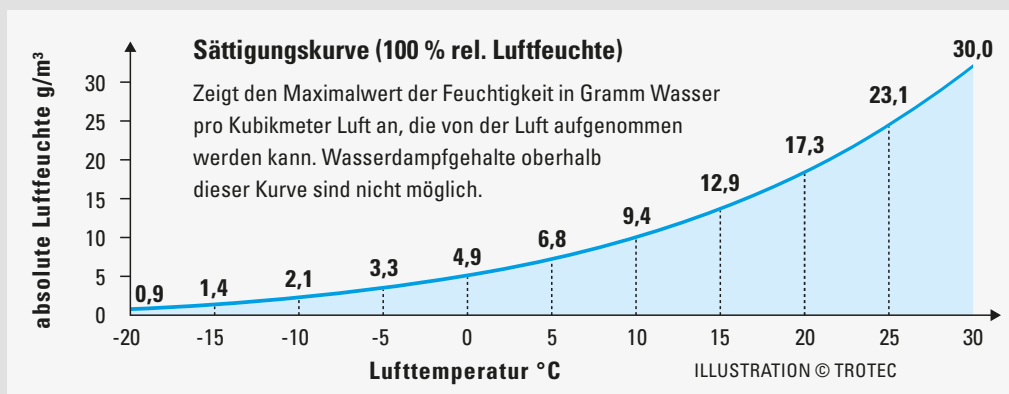
Nur relativ ist absolut relevant

Während also im Beispiel 2 bei 5 °C Raumtemperatur und einem Wassergehalt von 5,4 g/m³ schimmelgefährliche 80 % relative Luftfeuchtigkeit herrschen, bei der auch Metall korrodiert, würde der gleiche Wassergehalt bei 25 °C Raumtemperatur nur noch 23,5 % relative Luftfeuchtigkeit repräsentieren und damit ein viel zu trockenes Raumklima darstellen, welches die Atemwege reizt.

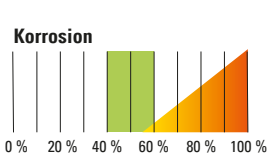
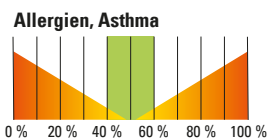
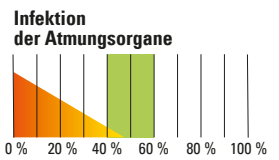
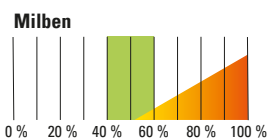
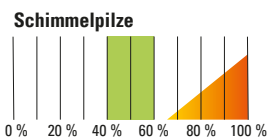
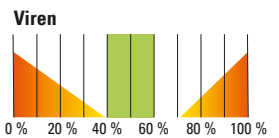
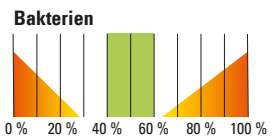
Schimmelpilz und Rost hätten bei diesem Klima wiederum keine Chance, obwohl immer noch der gleiche Wassergehalt von 5,4 g/m³ in der Raumluft enthalten ist.

Wichtig ist also immer ausschließlich die kontrollierte Regelung der relativen Luftfeuchtigkeit. Es spielt keine Rolle, wie viel Feuchtigkeit absolut aus der Luft gezogen wird, sondern nur, welche relative Luftfeuchtigkeit vorherrscht!

Ein grundsätzliches Verständnis dieser physikalischen Zusammenhänge ist mitentscheidend zur Umsetzung einer effektiven Luftentfeuchtungslösung für Ihre Aufgabenstellung.




Einfluss der relativen Luftfeuchtigkeit auf menschlich-biologische Wechselwirkungen:



- Gesunde und angenehme Raumluftfeuchte
- Entwicklung biologischer Organismen und Wechselwirkungen mit Mensch oder Umgebung

Darstellungen nach Scofield-Sterling-Diagramm

TAUPUNKT VERSUS HYGROSKOPIE



Die Abbildung oben zeigt den Inhalt eines typischen Nachfüllbeutels zur passiven Luftentfeuchtung per Granulat. Diese Einwegbeutel enthalten meistens stark hygroskopische Salze wie Calciumchlorid als Trocknungsmittel, welche der Raumluft durch Adsorption Feuchtigkeit entziehen können.

Das Kosten-Nutzen-Verhältnis solcher Lösungen ist im direkten Vergleich zu elektrischen Entfeuchtungsgeräten mit Warmluftregeneration extrem schlecht.



Trockenmittelbeutel werden hauptsächlich als temporärer Transportschutz vor Feuchtigkeitsschäden genutzt, etwa für Schuhe, Elektronik, Koffer, Taschen oder auch Arzneimittel.

LUFTENTFEUCHTUNGSVERFAHREN

ZWEI TECHNIKEN - EIN ZIEL: KONTROLLIERTE REDUZIERUNG ZU HOHER LUFTFEUCHTIGKEIT

Bevor wir Ihnen die beiden Verfahren zur Luftentfeuchtung näher bringen, müssen wir zunächst mit einem Mythos aufräumen:

Heizen macht wärmer, nicht trockener

Heizen zählt definitiv nicht zu den Luftentfeuchtungsverfahren! Wärmere Luft kann zwar mehr Wasser aufnehmen, als kältere. So würde durch Aufheizen der Raumtemperatur bei gleichem Wassergehalt zunächst tatsächlich die relative Luftfeuchtigkeit dieser Warmluft gesenkt.

Aber je wärmer die Luft, desto mehr ist sie auch von kälteren Oberflächen umgeben, an denen die Feuchte wieder kondensiert. Denn durch die Lufterwärmung allein verschwindet ja keine Feuchtigkeit - der Wassergehalt der Luft bleibt gleich.

Um also der Raumluft die enthaltene Feuchtigkeit dauerhaft wirksam entziehen zu können, kommt als technische Lösung nur Luftentfeuchtung durch Kondensation oder Adsorption in Frage.

Kondensation versus Adsorption

Alle auf dem Markt angebotenen Geräte, die als Kältetrockner, Kondenstrockner, Kondensationsluftentfeuchter, Elektro- oder auch Peltier-Entfeuchter angeboten werden, basieren auf dem Kondensationsprinzip.

Demgegenüber stehen Techniken mittels Adsorptionstrocknung. Hierzu zählt auch das immer noch vielerorts angepriesene Granulat. Aber eine wirklich wirksame, dauerhafte Luftentfeuchtung erreicht man bei diesem Verfahren nur durch elektrische Geräte mit Warmluftregeneration, besser bekannt als Adsorptionsluftentfeuchter.

Alles eine Frage der Technik

Auch wenn viele Gerätebezeichnungen auf dem Markt hier variieren sollten, handelt es sich in der Regel stets um eine dieser beiden Gerätgruppen, deren Name bereits Aufschluss über die verbaute Luftentfeuchtungstechnik gibt.

Bis auf das Granulat ist bei allen elektrisch betriebenen Geräten die Vorgehensweise gleich, Umgebungsluft zur Entfeuchtung zunächst per Ventilator anzusaugen, um dieser dann im Gerät Feuchtigkeit zu entziehen, sodass trockene Luft wieder in den Raum abgegeben wird, die sich fortlaufend mit der feuchteren Raumluft mischt, bis das gewünschte Luftfeuchtigkeitsniveau erreicht wird.

Die Entfeuchtungsverfahren, Einsatzbereiche und -grenzen beider Gerätgruppen unterscheiden sich jedoch erheblich.

KONDENSATION

Wie in der Sättigungskurve auf Seite 3 bereits dargestellt, ist die Wasseraufnahmekapazität der Luft ausschließlich abhängig von ihrer Temperatur. Je niedriger die Temperatur, desto weniger Wasser kann die Luft binden.

Was aber passiert, wenn die mit Wasser angereicherte Luft schlagartig abkühlt, indem sie zum Beispiel auf eine kältere Oberfläche trifft?

In diesem Fall wird die Sättigungsgrenze von 100 % relativer Luftfeuchtigkeit überschritten, die Luft kann die überschüssige Feuchtigkeit nicht mehr binden, welche infolgedessen auf der kalten Oberfläche zu Wasser kondensiert.

Auch Luft muss mal Dampf ablassen

Weil der Wasserdampf bei dieser Temperaturgrenze zu Wasser kondensiert, bezeichnet man sie als Taupunkt. Dieses Phänomen ist Ihnen sicher bekannt von kalten Glasflaschen im Sommer, auf denen sich Kondensat bildet, oder von beschlagenen Fensterscheiben im Winter sowie Badezimmerspiegeln während des Duschens. Auch der nebelige Morgentau ist ein sichtbares Zeichen feuchtegesättigter Kaltluft.

Wenn Luft also abkühlt, dann kann sie weniger Wasserdampf aufnehmen und die überschüssige Feuchtigkeit kondensiert an den kühleren Oberflächen.

Nach diesem physikalischen Prinzip arbeiten Kondensationstrockner - daher auch Kältetrockner genannt, indem sie die durchströmende Luft unter ihren Taupunkt kühlen und die darin enthaltene Feuchtigkeit dann durch Kondensation auf einer kalten Oberfläche entziehen.

Das Marktangebot bei Kältetrocknern reicht hier von leistungsstarken Kondensatstrocknern mit Kompressortechnik - sogenannte Kältekompressionstrockner - bis hin zu äußerst kompakten Elektro- bzw. Peltier-Luftentfeuchtern mit wenig absolutem Energiebedarf, jedoch auch deutlich geringerer Wirkleistung und wesentlich schlechterer Energiebilanz.

Vereinfacht gesagt benötigen Elektroentfeuchter viermal mehr Energie als Kompressorgeräte, um einen Liter Wasser aus der Luft zu holen.

ADSORPTION

Während Kondensationstrockner taupunktbasiert entfeuchten, nutzen Adsorptionsluftentfeuchter das Prinzip der Sorption. Hierbei wird das Dampfdruckgefälle zwischen der feuchten Luft und einem hygroskopischen Sorptionsmittel zum Wasserentzug aus der Luft genutzt.

Auch Entfeuchtungsgranulate zählen zu dieser Kategorie, obwohl sie im besten Falle nur zur Trockenhaltung kleinster geschlossener Behälterinnenräume geeignet sind.

Granulat - als Permanentlösung eher fad

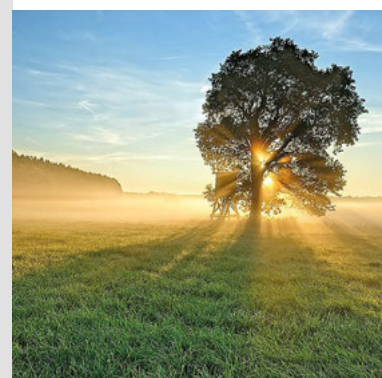
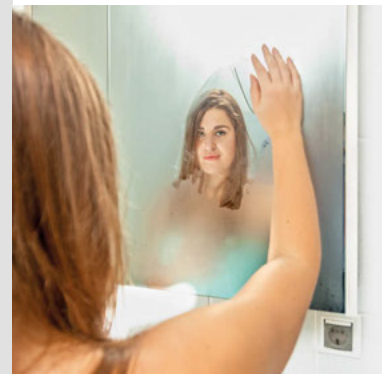
Der ursprüngliche und hauptsächliche Verwendungszweck dieser Beutel liegt im temporären Schutz feuchtesensibler Waren bei Transport und Lagerung. Jeder kennt die kleinen Beutel als Versandbeilage für Taschen, Elektronik, Arzneimittel oder auch Bekleidung.

Als echte Alternative zu Luftentfeuchtern taugen Granulate daher nicht. Zudem sind sie eine unökonomische Einweglösung, die den regelmäßigen Nachkauf frischer Granulatbeutel für den Aufnahmebehälter erfordert, weil das Granulat hier nicht regeneriert wird. Ähnlich einem Schwamm saugt das Trockenmittel permanent Wasser aus der Luft auf und muss ersetzt werden, sobald es komplett vollgesogen ist - auf lange Sicht ist dies ein äußerst kostenintensives und umweltbelastendes Verfahren.

Anders verhält es sich bei elektrischen Geräten mit Warmluftregeneration. In diesen dreht sich ein Trockenrad, das mit stark hygroskopischen Stoffen wie Silikagel oder Lithiumchlorid beschichtet ist, welche der angesaugten und durch das Trockenrad strömenden Luft die Wassermoleküle entziehen.

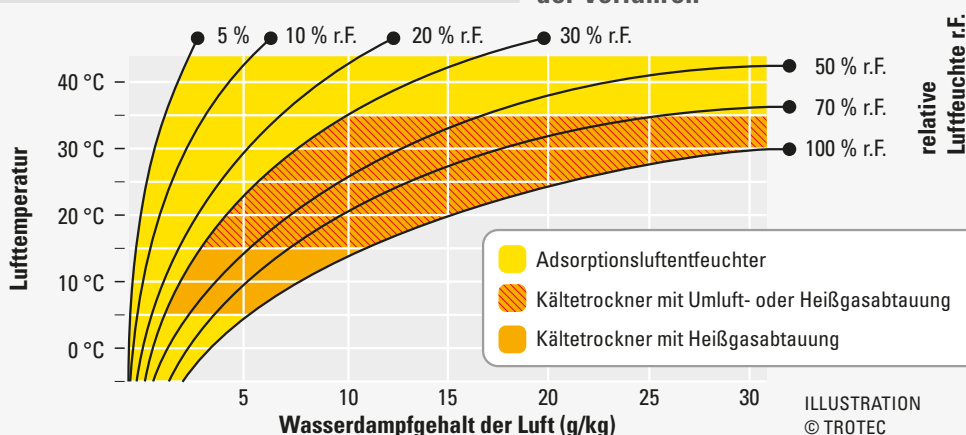
Damit das Trockenrad kontinuierlich Feuchtigkeit aufnehmen kann, muss diese an anderer Stelle wieder abgegeben werden, was per Warmluftregeneration geschieht: Durch einen Regenerationsbereich des Trockenrades wird Heißluft geführt, welche mithilfe von Wärmeenergie den vorher im Rotor gebundenen Wasserdampf aus dem Silikagel wieder austreibt.

Ob heiße Dusche, Morgentau oder kalte Getränke, Kondensation ist im Alltag allgegenwärtig. Feuchte Luft trifft auf kältere Umgebung oder Oberfläche und kondensiert - das Funktionsprinzip von Kältetrocknern.



Auch Katzenstreu funktioniert nach dem Prinzip der Adsorption. Das extrem hygroskopische Material saugt jede Art von Feuchtigkeit auf und muss regelmäßig gewechselt werden.

Raumklimatische Einsatzgrenzen der Verfahren





Kältetrocknung live:

Am kalten Verdampfer des Luftentfeuchters wird die durchgeführte Raumluft unter ihren Taupunkt abgekühlt und Wasser kondensiert an Lamellen und Kältemittelleitung.

TECHNISCHE UNTERSCHIEDE UND FUNKTIONSWEISE

KONDENSTROCKNER MIT KOMPRESSORTECHNIK

Da die meisten Luftentfeuchtungsanwendungen im häuslichen Umfeld innerhalb einer Temperaturspanne von 12 bis 25 °C erfolgen, zählt der Kältetrockner aufgrund seines hervorragenden Verhältnisses von Preis, Leistung, Wirkungsgrad und Energieeffizienz zu den meistverwendeten Luftentfeuchtern im Privatbereich und Baugewerbe.

Kompressorbetriebene Kondenstrockner funktionieren nach dem Kühlschrankprinzip. Im Inneren arbeitet eine Kompressionskälteanlage, welche ein Kältemittel durch zwei Wärmeübertrager befördert – Verflüssiger und Verdampfer.

Abrupter Kälteschock macht's möglich

Mittels Kompressor und Expansionsventil setzt man das Kältemittel in diesem geschlossenen Kreislauf wechselnden Drücken aus, wodurch sich das Gas bei Verdichtung auf der Verflüssigerseite aufheizt und bei Entspannung auf der Verdampferseite abrupt sehr weit unter die Raumtemperatur abkühlt.

Am Verdampfer findet praktisch eine „Temperatur-Vollbremsung“ statt – die Luft wird abrupt unter ihre Taupunkttemperatur heruntergekühlt, weshalb die in der Luft gebundene Feuchtigkeit dort zu Wassertropfen kondensiert, welche dann in einen Auffangbehälter abtropfen.

Die kalte, trockene Luft wird nun durch den heißen Verflüssiger geleitet, nimmt dort dessen Wärme auf und strömt abschließend als trockene Warmluft wieder in den Raum, wo sie sich erneut mit Feuchtigkeit anreichert.

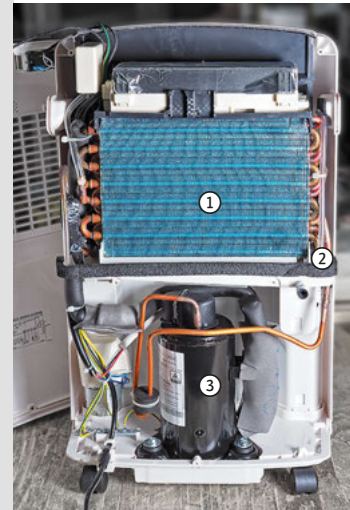
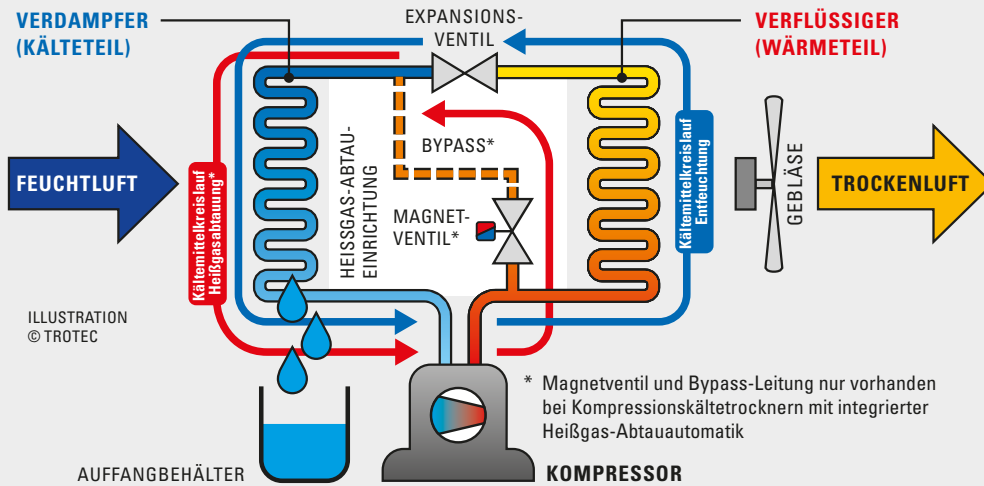
Der Eiszeit keine Chance

Abhängig von Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit kann der Verdampfer sehr kalt werden und sich bei Raumtemperaturen unterhalb 15 °C Eis an seiner Oberfläche bilden.

Eine zunehmende Eisbildung „verstopft“ gewissermaßen die Lamellen (Vereisung) und senkt so die Entfeuchtungskapazität des Gerätes.

Deshalb verfügen alle kompressorbetriebenen Kondensationsluftentfeuchter über Vorrichtungen zur regelmäßigen Enteisung des Verdampfers – meistens per Umluft oder Heißgas, siehe Abtaarten auf Seite 7. Würde dieser Enteisungsprozess per Umluft- oder Heißgasabtauung nicht stattfinden, dann fröre der Verdampfer (Kälteteil) mit der Zeit komplett zu, bis dann eine regelrechte „Eiswand“ jegliche Luftdurchströmung unmöglich machte.

Funktionsprinzip Kompressionskältetrockner



ABTAUARTEN VON KOMPRESSIONSKÄLTETROCKNERN

UMLUFTABTAUUNG

Bei diesem Verfahren erfolgt die Abtauung typischerweise elektronisch zeit- oder sensorgesteuert per Umluftbetrieb, daher oft auch elektronische oder elektrische Abtauung genannt:

Bei fortschreitender Eisbildung am Verdampfer schaltet der Kompressor ab und leitet so den Abtauvorgang ein, währenddessen das Gebläse meist weiterläuft und den Verdampfer zur Eisabtauung mit warmer Raumluft umströmt.

Dieses Verfahren ist bewährt und funktioniert in beheizten Umgebungen oberhalb von ca. 15 °C in der Regel gut.

Setzt man solche Trockner jedoch in kühleren Umgebungen ein - unterhalb 15 °C, liegt die Oberflächentemperatur des Verdampfers unter 0 °C, was eine starke Eisbildung an seiner Oberfläche zur Folge hat, die dann bei Umluftabtauern aufgrund der wesentlich längeren Abtaudauer praktisch ständig abgetaut werden muss.

Mit umluftabgetauten Luftentfeuchern kann in solch kühlen Umgebungen also ein regulärer Entfeuchtungsbetrieb so gut wie gar nicht mehr stattfinden, weil das Gerät fast permanent mit seiner eigenen Abtauung beschäftigt ist!

Deshalb sind Kältetrockner mit Umluftabtauung für alle Einsatzumgebungen mit moderaten Lufttemperaturen oberhalb 15 °C in warmen Räumen aus ökonomischer Sicht fast immer eine gute Lösung.

HEISSGASABTAUUNG

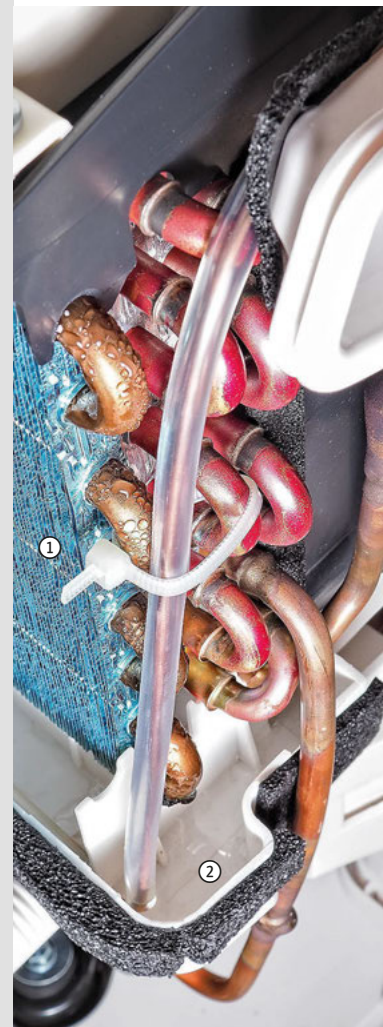
Luftentfeuchter für den Einsatz auch in kühleren Räumen sind im Gegensatz zur Umluftabtauung mit einem Heißgas-Abtausystem im Bypassverfahren ausgestattet.

Hier wird aktiv das heiße Kältemittelgas des Kompressionskreislaufs zur schnellen und effektiven Abtauung genutzt. Bei beginnender Vereisung öffnet sich automatisch ein spezielles Magnetventil und leitet das heiße Gas aus dem Kompressor jetzt statt zum Verflüssiger direkt per Bypass zum Verdampfer um und schließt sich nach dessen Abtauung wieder zur Fortführung des regulären Kältemittelkreislaufs für den Luftentfeuchtungsbetrieb.

Im Gegensatz zur Umluftabtauung ermöglicht die Heißgas-Abtauautomatik dramatisch kürzere Abtauphasen von nur wenigen Minuten, was für eine effektive Luftentfeuchtung in Niedrigtemperaturbereichen wie unbeheizten Räumen zwingende Voraussetzung ist. Schließlich erfolgt die eigentliche Luftentfeuchtung ausschließlich in den Nichtabtauphasen der Trocknungsgeräte!

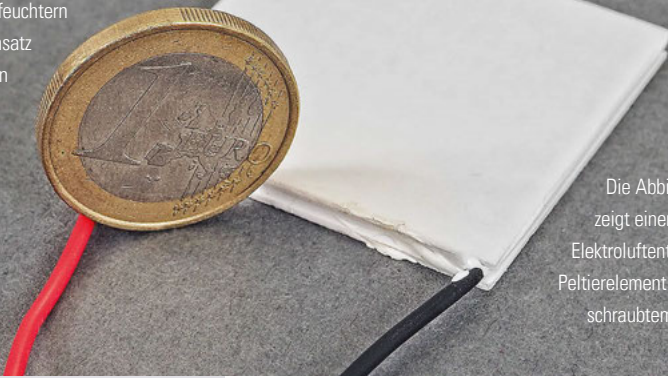
Für die Entfeuchtung unbeheizter Räume mit Temperaturen, die auch mal unter 15 °C liegen, sind daher Luftentfeuchter mit Heißgas-Automatik im Vergleich zu Umluftabtau-Geräten gleicher Kompressorleistung immer besser geeignet und effektiver nutzbar. Bei Umgebungstemperaturen über 15 °C gleicht sich die Leistung von Entfeuchtern mit Heißgas- und Abtauautomatik dagegen immer mehr an, bis sie bei Temperaturen oberhalb ca. 18 °C im Prinzip identisch ist.

Ein zu Servicezwecken geöffneter Kältekompressionstrockner zeigt den oben im Gerät integrierten Wärmetauscher mit vorderem Verdampfer (1), an dessen kalter Oberfläche die Luft kondensiert, und der darunter liegender Rinne (2) zur Ableitung des aufgefangenen Kondensats in den Wasserauffangbehälter. Unten im Gerät ist der Kompressor (3) zur Verdichtung des Kältemittels verbaut.

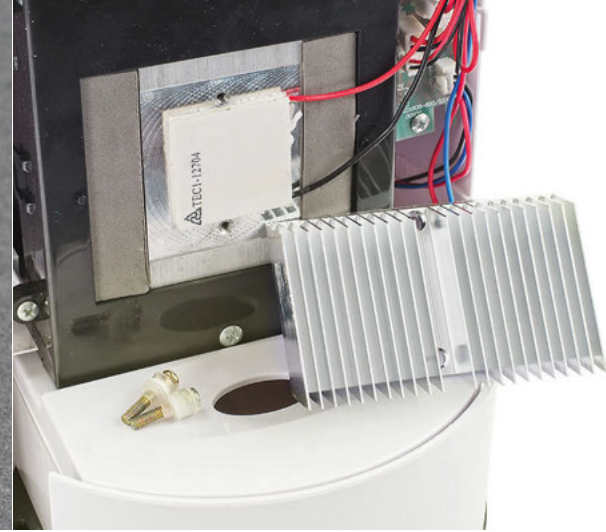


Fazit: Kältetrockner mit Heißgasabtauung sind flexibel einsetzbare Allrounder, weil ihr Abtausystem eine Verwendung in Umgebungstemperaturbereichen von 5 °C bis 35 °C ermöglicht. Somit sind diese Geräte variabel in warmen wie kalten Räumen einsetzbar - Sommer wie Winter. Umluftabgetaute Geräte können dagegen verfahrensbedingt ökonomisch und energetisch sinnvoll nur in Temperaturumgebungen von 15 °C bis 35 °C eingesetzt werden.

Exemplarischer Größenvergleich eines typischen Peltier-Elementes, wie es auch in den kleinen Elektro-Luftentfeuchtern zum Einsatz kommen kann.



Die Abbildung rechts zeigt einen geöffneten Elektroluftentfeuchter mit Peltierelement hinter abgeschraubtem Kühlkörper.



KONDENSTROCKNER MIT PELTIERTECHNIK ALIAS ELEKTRISCHE- ODER HALBLEITER-LUFTENTFEUCHTER

Ebenso wie bei kompressorbetriebenen Kondenstrocknern muss auch bei diesem Entfeuchtertyp eine derart kalte Oberfläche im Geräteinneren erzeugt werden, dass deren Temperatur unter dem Taupunkt der Luft liegt und Wasser daran kondensieren kann.

Jedoch nutzen Peltier-Luftentfeuchter zur Entfeuchtung der Raumluft keine Kompressionskältemaschine, sondern ein integriertes Peltier-Element – manchmal auch TEC genannt (thermo-electric cooler).

Diese kompakten thermoelektrischen Wandler basieren auf dem namensgebendem Peltier-Effekt, welcher bei Stromdurchfluss zwischen beiden Plattenhälften des Elementes bewirkt, dass eine Elementseite sehr heiß und die andere Seite sehr kalt wird – mit bis zu 70 °C Temperaturunterschied zwischen kalter und heißer Seite.

Peltier-Elemente sind ultrakompakt und kommen beispielsweise in Mini-Kühlschränken, mobilen Camping-Kühlboxen oder etwa zur Kühlung von PC-Elementen zum Einsatz.

Bei Peltier-Kondenstrocknern saugt ein im Gerät verbautes Gebläse die Raumluft an und führt sie an der kalten Elementseite vorbei, wo sie unter ihren Taupunkt abkühlt, an der Oberfläche kondensiert und in einen Auffangbehälter abtropft.

Die trockene Luft wird abschließend an der heißen Elementseite vorbeigeführt, nimmt dort

dessen Wärme auf und strömt dann als warme Trockenluft wieder in den Raum.

Verfahrensbedingt benötigen Kondenstrockner mit Peltiertechnik keine Abtaueinrichtung, weshalb sich äußerst kompakte und aufgrund fehlender Kompressorgeräusche auch sehr leise Geräte realisieren lassen.

Allerdings verfügen diese Luftentfeuchter nur über einen relativ kleinen Aktionsradius und geringen Wirkungsgrad, der nur etwa maximal 25 % des Kompressor-Wirkungsgrades beträgt, sodass die Thermoelektrik gegenüber der verbreiteten Kältekompressionstechnik keine Alternative darstellt. Vor allem auch deshalb, weil sich die Leistung von einzelnen Peltier-Elementen nach oben nicht beliebig skalieren lässt.

Daher sind vergleichende Effizienzwerte – etwa Liter je kWh, wie sie mitunter bei Wettbewerbsgeräten zu finden sind, mit Vorsicht zu genießen. Hier werden schnell Äpfel mit Birnen verglichen, weil Peltier-Luftentfeuchter nicht skalierbar sind und niemals annähernd große Entfeuchtungsleistungen wie Kältetrockner erreichen können. Mehr als ein kleines Wasserglas (0,1 - 0,2 l) innerhalb 24 Stunden wird in der Praxis nicht erreicht.

Luftentfeuchter mit Peltier- und Kompressortechnik sind nur eingeschränkt vergleichbar, da verfahrensbedingt für verschiedene Anwendungsbereiche konzipiert.

Als langjähriger Marktführer in der mobilen Luftentfeuchtung sind wir der Meinung, dass sich Peltier-Geräte ausschließlich zum Einsatz in geschlossenen Räumen mit sehr geringer Dimension (2 - 10 m³) und ohne jeglichen Feuchteintrag eignen, beispielsweise Kleider- und Schuhchränke, Lebensmittel-Vorratskammern oder kleine fensterlose Toilettenräume.

Zur dauerhaften Luftentfeuchtung ganzer Räume lassen sich Peltier-Geräte dagegen nicht einsetzen, auch wenn manche Werbung dies suggerieren mag.

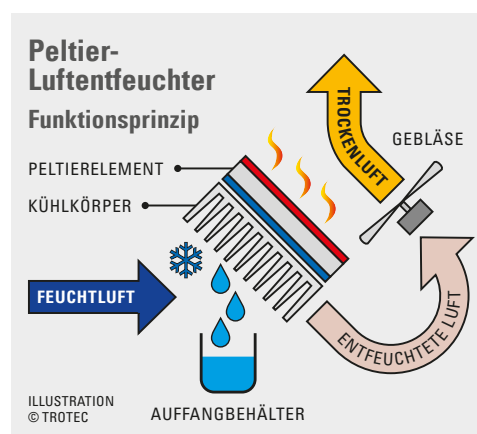


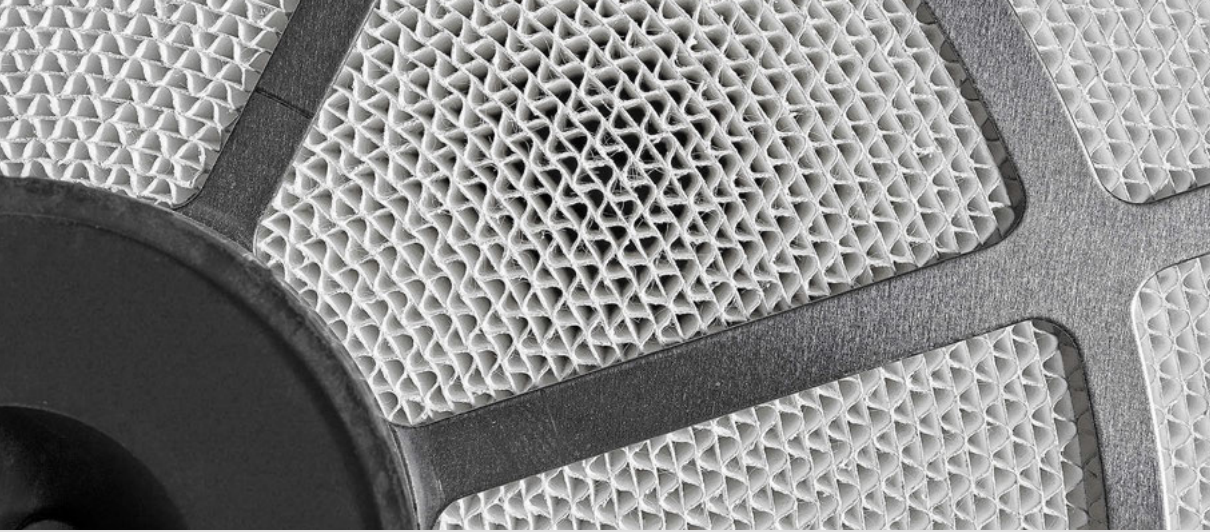
Ultrakompakter Peltier-Luftentfeuchter TTP 2 E von Trotec – gerade einmal so groß wie ein DIN-A5-Blatt und fast geräuschlos.

Randnotiz:

Um einen Peltiertrockner derart „aufzupeppen“, dass er über die gleiche Leistung eines Kältetrockners verfügt, müssten dafür je nach anvisierter Entfeuchtungskapazität – zum Beispiel 10 oder 20 Liter je 24 Stunden – 40 bzw. 80 Peltier-elemente parallel in einem einzigen Gerät verbaut werden!

Das wiederum würde nicht nur die Entfeuchtermaße kolossal vergrößern, sondern auch den Energieverbrauch. Alternativ könnte man natürlich auch 40 bzw. 80 einzelne Peltiergeräte über den Raum verteilt aufstellen. Auf jeden Fall ein Blickfang ☺.





Detailansicht auf das Trockenrad des Komfort-Adsorptionsluftentfeuchters TTR 57 E. Der Rotor ist mit Silicagel beschichtet, einem Trockenmittel mit sehr großer hygroskopischer Oberfläche. In professionellen Adsorptionstrocknungsaggregaten verfügt ein Gramm dieses Trockenmittels über eine Oberfläche von mehr als 700 Quadratmetern. Weniger als 10 Gramm haben damit eine ebenso große Oberfläche, wie ein komplettes Fußballfeld.

ADSORPTIONSLUFTENTFEUCHTER

INDUSTRIEGERÄTE MIT FEUCHTLUFTABFUHR

Professionelle Adsorptionsluftentfeuchter kommen meist im Gewerbebereich und industrieller Umgebung zum Einsatz, wo auch bei niedrigen Temperaturen sehr große Mengen teils extrem trockener Luft benötigt werden. Dies lässt sich wirtschaftlich und technisch nur mit Adsorptionsluftentfeuchtern erreichen.

Gewerbliche Adsorptionstrockner verfügen gegenüber Lösungen für Privatanwender dementsprechend über weniger Komfortausstattungen und sind stattdessen auf Robustheit, Langlebigkeit, hohe Standzeiten und Trockenluftleistung ausgelegt. Nicht zuletzt aufgrund des großen Luftdurchsatzes wird die Feuchtluft bei solchen Geräten nicht mehr im Gerät kondensiert, sondern in Form von heißem Wasserdampf direkt ausgeblasen und per Schlauch- oder Kanalverbindung nach außen abgeführt – so wie Sie es zum Beispiel von Ihrem Wäschetrockner zu Hause kennen.

Achten Sie daher bei der Geräteauswahl darauf, für private Anwendungen kein Industriegerät zu erwerben, da diese nicht über integrierte Wasserauffangbehälter verfügen.

KOMFORTGERÄTE MIT KONDENSATOR

Diese für Privatanwendungen konzipierten Geräte funktionieren nach dem gleichem Prinzip wie Adsorptionsluftentfeuchter für gewerbliche Einsätze.

Die angesaugte Raumluft wird durch den Entfeuchtungssektor eines rotierenden Trockenrades geführt, das mit einem hygroskopischen Sorptionsmittel beschichtet ist, an welchem sich die Feuchte aus der Luft anlagert. Die so entfeuchtete Trockenluft wird dann abschließend wieder in den Raum geblasen.

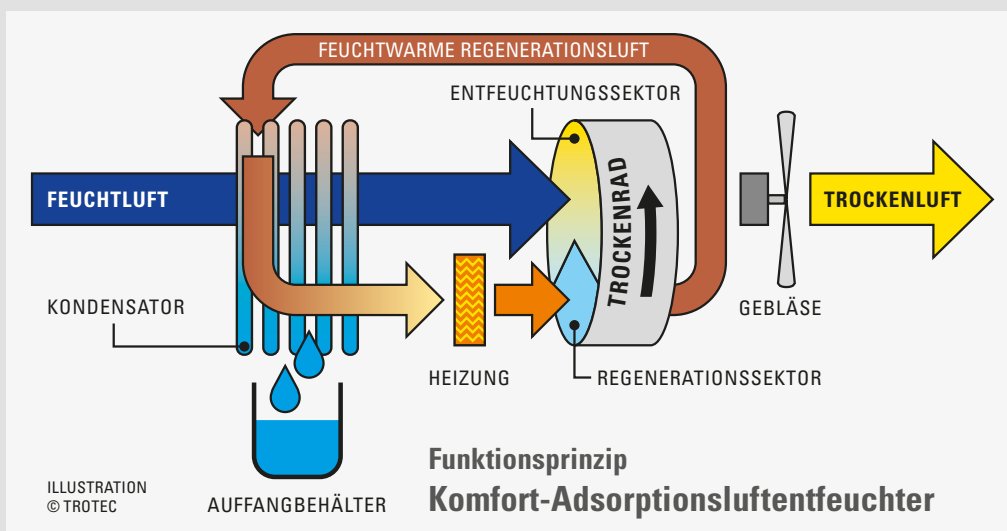
Damit das feuchtebeaufschlagte Trockenrad zur erneuten Aufnahme wieder vom Wasser befreit wird, strömt durch einen separaten Regenerationssektor des Trockenrades in einem Dauerkreislauf per Heizelement erwärmte Luft, welche die Feuchtigkeit vom Trockenrad temperaturbedingt aufnehmen kann und durch ein Kondensatorelement leitet.

Dieses wird zugleich außen von der kühleren Ansaugluft umströmt, weshalb das Wasser innerhalb des Kondensatorelementes kondensiert und in einem Wasserbehälter aufgefangen wird. Die Regenerationsluft wird dann in einem steten Kreislauf zur erneuten Feuchtigkeitsaufnahme wieder dem Heizelement zugeführt.



Die Abbildung oben zeigt das Innenleben mit Trocknungsrad des TTR 300 von Trotec. Dieser Industrie-Adsorptionsluftentfeuchter ist zwar sehr kompakt, aber ohne Wasserauffangbehälter dennoch nicht für typische Heimanwendungen geeignet.

Hierfür wurden spezielle Komfort-Adsorptionsluftentfeuchter wie zum Beispiel der TTR 57 E mit integriertem Wasserauffangbehälter und waschbarem Luftfilter konzipiert:



LUFTENTFEUCHTER-AUSWAHL - WELCHES VERFAHREN FÜR WELCHEN ZWECK?

AUSWAHLFAKTOR RAUMTEMPERATUR

Die durchschnittliche Lufttemperatur im trocken zu haltenden Raum ist das wichtigste Entscheidungskriterium zur Auswahl des geeigneten Luftentfeuchters.

Die Macht unter 8

In unbeheizten Kellern, Wochenendhäusern oder kühleren Räumen während der Winterzeit mit einer durchschnittlichen Raumtemperatur unterhalb 8 °C empfiehlt sich der Einsatz von Adsorptionsluftentfeuchtern. Deren Funktionsprinzip ist in der Lage, auch Niedrigtemperaturumgebungen dauerhaft und effektiv trocken zu halten.

Auch bei gelegentlich höheren Temperaturen bis 12 °C arbeiten diese Geräte noch zufriedenstellend, über 12 °C verschlechtert sich jedoch die Energiebilanz dieser Geräte zu sehr für einen ökonomisch sinnvollen Entfeuchtungseinsatz.

Alleskönner von 5 bis 35 °C

Ab 8 °C durchschnittlicher Raumtemperatur eignen sich grundsätzlich auch Kältetrockner zur Luftentfeuchtung.

Wenn die Temperaturen während der Wintermonate dauerhaft unter 15 °C sinken, muss hier auf jeden Fall ein Gerät mit Heißgasabtauung verwendet werden.

Diese Alleskönner sind variabel über einen sehr großen Temperaturbereich hinweg einsetzbar, während umluftabgetaute Kältetrockner erst bei durchschnittlichen Temperaturen oberhalb 15 °C sinnvoll zur Luftentfeuchtung verwendet werden sollten - siehe auch Grafik auf Seite 5.

AUSWAHLFAKTOR BETRIEBSKOSTEN

In puncto Kosten-Nutzen-Effekt und Entfeuchtungsleistung im Verhältnis zum Energieverbrauch kann der kompressionsbetriebene Kondensatrockner in so gut wie allen Einsatzbereichen ganz klar den Sieg für sich beanspruchen.

Peltier-Kondensatrockner sind dagegen zwar günstiger in der Anschaffung und auf den ersten Blick stromsparender, aber auch durch deutlich geringere Entfeuchtungsleistung und zugleich ca. 400 % höheren Energieverbrauch je Liter entfeuchtetem Kondensat gekennzeichnet.

Für Adsorptions-Luftentfeuchter kann der Energieverbrauch bei gleicher Entfeuchtungsleistung im Direktvergleich zu Kompressorkältetrocknern bis zu 100 % höher liegen. Allerdings rücken die Betriebskosten bei der Entscheidung für einen Adsorptionsluftentfeuchter eher in den Hintergrund, da es Einsatzanforderungen gibt (niedrige Raumtemperatur), die sich nur mithilfe eines Adsorptionsluftentfeuchters umsetzen lassen.

AUSWAHLFAKTOR WIRKRADIUS

Kompressorkältetrockner - großartig für alle Raumgrößen

Je größer der trocken zu haltene Raum ist, desto vorteilhafter wird der Einsatz eines Kompressorkältetrockners. Nur diese Gerätegruppe verfügt für Privatanwender über die größte Bandbreite verschieden leistungsstarker Gebläse-Kondensator-Kombinationen.

Zur Trockenhaltung großer Räume müssen dem Entfeuchter ebenso große Feuchtluftmengen zugeführt werden können, was ein starkes Gebläse bedingt. Und zur effektiven Entfeuchtung dieser Luftmengen muss der Kondensator des Gerätes ebenso leistungstark ausgelegt sein.

Achten Sie daher bei der Geräteauswahl nicht nur auf die herstellereitigen RaumgröÙeneignungen, sondern prüfen diese anhand der Luftleistungs-, Stromverbrauchs- und Entfeuchtungsangaben auf Plausibilität. Einfache Merkregel: Viel Liter für wenig Watt gibt es nicht, auch wenn es viele Anbieter so suggerieren ☺.

Peltier-Luftentfeuchter - Spezialisten für Kleinstvolumen

Peltiergeräte sind keine klassischen Raumluftentfeuchter, denn sie wurden nicht zur Entfeuchtung ganzer Räume, sondern zur Trockenhaltung spezieller Bereiche konzipiert. Ihre kompakte Bauart und der geräuscharme Betrieb prädestiniert diese Geräteklasse vor allem zum Einsatz in Kleider- und Schuhschränken, Lebensmittel-Vorratskammern oder bedingt auch für kleine fensterlose Sanitärräume ohne großen Feuchtigkeitseintrag (keine Dusche), da sich Peltier-Entfeuchter prinzipiell nur für Umgebungen ohne zusätzlichen externen Feuchteintrag eignen (siehe „Infiltration“ auf Seite 11).

Granulat

Solche Trockenmittel werden hauptsächlich zum Transport- und Lagerschutz feuchtesensibler Waren eingesetzt. Jeder kennt die kleinen beigelegten Beutel in Warensendungen mit Elektronikartikeln, Taschen, Koffern, Schuhen oder auch Arzneimitteln. Zur Trockenhaltung dieser Güter in eng begrenzten Behälterinnenräumen eignen sich Granulatbeutel sehr gut.

Allerdings werden davon ausgehend auch größere Beutel inklusive Aufnahmebox als „Luftentfeuchter“ auf dem Markt angeboten. Für diesen Einsatzzweck sind Granulate jedoch aus mehreren Gründen ungeeignet.

Zum einen ist ihre Wirkung lediglich auf wenige Kubikmeter Umgebungsluft begrenzt und nur in Bereichen ohne jeglichen zusätzlichen Feuchteintrag von außen feststellbar (siehe „Infiltration“ auf Seite 11).

Des Weiteren ist eine Luftentfeuchtung mittels Granulat wenig ressourcenschonend und alles andere als nachhaltig. Zudem sind Granulat-Entfeuchter im Verhältnis zu ihrer Trocknungsleistung sehr teuer, weil sie als Einwegsystem den regelmäßigen Nachkauf neuer Granulatbeutel erfordern. Außerdem bleibt Granulat bei Wassersättigung stumm und beendet einfach seinen Dienst. Keine Vorwarnung, keine „Tank voll“-Mitteilung, keine Trocknung mehr ☺.

Adsorptionsluftentfeuchter - Profitechnik für kleine, kühle Räume

Vor allem in kühlen Kellern, unbeheizten oder lediglich temporär beheizten Innenräumen ist diese Geräteklasse praktisch alternativlos.

Leistungsstarke Kompressorkältetrockner können zwar ebenfalls in Umgebungen mit wenigstens 12 °C noch einigermaßen effektiv eingesetzt werden, aber bei durchschnittlich dauerhaft unter 8 °C liegenden Raumtemperaturen erreichen Adsorptionsluftentfeuchter die zur Trockenhaltung erforderliche Entfeuchtungsleistung auf effizienterem Niveau.

Schnellübersicht Einsatzmöglichkeiten nach Entfeuchter-Typ

	Kondensation			Adsorption	
	Peltier (elektrisch)	Kompressor		Granulat	Trockenrad
		Umluft	Heißgas		
Trockenhaltung sehr kleiner geschlossener Areale (< 10 m³) ohne Infiltration (Feuchteeintrag)	■	□	□	■	□
Trockenhaltung von Räumen mit Temperaturen von 0 bis 8 °C	–	–	–	–	■
Trockenhaltung von Räumen mit Temperaturen von 5 bis 35 °C	–	–	■	–	□
Trockenhaltung von Räumen mit Temperaturen von 15 bis 35 °C	–	■	■	–	□
Bautrocknung	–	*	*	–	*
Wasserschadensanierung	–	–	*	–	*

– nicht möglich; □ möglich; ■ empfehlenswert; * nur Gewerbe-Ausführungen, keine Eignung für Komfort-Luftentfeuchter

NICHT ZU VERGESSEN: INFILTRATION

Was wie ein Begriff aus einem Spionageroman klingt, thematisiert hier nicht etwa das Einschleusen feindlicher Subjekte, sondern feuchter Außenluft. Denn mit „Infiltration“ wird bei der Kapazitätsberechnung von Luftentfeuchtern die Außenzufuhr zusätzlicher Feuchte in den zu entfeuchtenden Raum bezeichnet.

Deshalb ist der Infiltrationsfaktor eine wichtige Größe bei der Kapazitätsberechnung des geeigneten Entfeuchters. Schließlich enthält nicht nur die Luft im Raum Feuchtigkeit. Auch von außen dringt weitere Feuchtigkeit ein, zum Beispiel aufgrund des Zustandes der Gebäudeisolation, durch Türschlitze oder das Öffnen von Türen, Fenstern etc.

Wenn Sie einen 20 °C warmen Raum zum Beispiel von 80 % relativer Luftfeuchte auf 60 % herunterentfeuchten möchten, dann muss der Wassergehalt dementsprechend von 13,8 g/m³ (80 % r.F.) auf 10,4 g/m³ (60 % r.F.) reduziert werden, also um 3,4 g je Kubikmeter Luft.

Macht bei einem Raum mit 100 Kubikmetern Volumen also 340 g bzw. ml, richtig? Nein. Denn zu berücksichtigen ist auch die von außen eingebrachte Feuchtigkeit.

Bei einem angenommenen Außenklima von 25 °C bei 70 % r.F. beträgt der Wassergehalt der Außenluft 16,2 g/m³, also 5,8 g mehr als innen. Salopp gesagt würde sich auch diese Feuchtigkeit gerne der Innenraumluft beimischen, was jedoch nur zum Teil geschehen kann, da der Raum geschlossen und gut gedämmt ist. Hier kommt der Infiltrationsfaktor ins Spiel, welcher zum Beispiel für gut isolierte Räume bei 0,3 liegt.

Von außen zusätzlich eingebracht würden daher stündlich $5,8 \text{ g/m}^3 \times 100 \text{ m}^3 \times \text{Infiltrationsfaktor } 0,3 \text{ l/h} = 174 \text{ g/h}$ (0,174 l), was dann einer täglich zu entfeuchtenden Wassermenge von 4,176 Litern je 24 Stunden entspräche (0,174 l x 24).

„Feuchtefabrik Mensch“

Aber auch von innen wird weitere Feuchtigkeit eingebracht. Wie bei der Infiltration ist dies ebenfalls eine zusätzliche Feuchtelast. Schon eine einzige Topfpflanze fügt der Raumluft täglich ca. 150 ml extra Feuchtigkeit zu. Dies ist schon mehr, als ein typisches Peltiergerät im Durchschnitt innerhalb von 24 Stunden entfeuchten kann. Aber richtig wichtig wird der Faktor Feuchtelast, wenn Personen anwesend sind.

Jeder Mensch produziert pro Stunde bereits im Schlaf ca. 50 ml Feuchtigkeit nur durch Abgabe über die Haut in die Raumluft. Bei leichter sitzender Tätigkeit werden daraus schon 70 ml und bei Hausarbeiten



über 100 ml. Deshalb müssen Sie diesen Feuchteeintrag bei Ihrer Luftentfeuchter-Auswahl unbedingt berücksichtigen.

Es leuchtet ein, dass man im Schlafzimmer kein Peltier-Gerät zur Trockenhaltung einsetzen kann, wenn schon alleine zwei schlafende Personen zusammen innerhalb einer achtstündigen Nacht 800 ml Feuchtigkeit zusätzlich in die Raumluft einbringen, wohingegen der Peltier-Entfeuchter in der Praxis beispielsweise lediglich eine Entfeuchtkapazität von maximal 300 ml innerhalb 24 Stunden hat. Am Morgen wäre die Luft feuchter als tags zuvor.

Wenn man dazu noch bedenkt, dass zum Beispiel je Kochvorgang bis zu 2 Liter und pro Duschgang sogar satte 2,5 Liter Wasser in die Umgebungsluft abgegeben werden, dann wird schnell klar, dass alle Anwendungsfälle mit zusätzlicher Feuchtelast für Peltier-Geräte oder Granulat ein hoffnungsloses Unterfangen sind!

Rechnen Sie bei Ihrer Bedarfsplanung also stets Leistungsreserven für die zusätzliche Feuchtelast ein.

Am einfachsten geht das mit den Trotec-Einsatzempfehlungen für das jeweilige Gerät, da sind alle typischen Verwendungsparameter schon berücksichtigt.



Mit dem weltweit größten Luftentfeuchter-Sortiment kann Trotec Ihnen für jeden Bedarf den optimalen Komfort-Luftentfeuchter anbieten. Stellvertretend für die Vielzahl unserer Geräte zeigt der exemplarische Größenvergleich von links nach rechts den Kondenstrockner TTK 100 E, der beispielsweise die gesamte Tagesleistung eines Peltier-Entfeuchters bereits in 10 Minuten schafft, den ultrakompakten TTP 2 E mit Peltiertechnik und den den Adsorptions-Luftentfeuchter TTR 57 E für kühle, unbeheizte Räume.

Trotec GmbH

Grebbener Straße 7
52525 Heinsberg
Deutschland

Tel. +49 2452 962-400
Fax +49 2452 962-200

info@trotec.de
www.trotec.de

Praxiswissen Luftentfeuchter

Kondenstrockner oder Adsorptionsluftentfeuchter, Kältekompression oder Peltier-Technik, Umluft- oder Heißgasabtauung? Wer nach dem idealen Gerät für optimales Raumklima mit idealen Luftfeuchtwerten sucht, kann angesichts der vielfältigen Optionen und unterschiedlichsten Verfahren leicht den Überblick verlieren.

Profitieren Sie von einer umfassenden Übersicht zu Geräteunterschieden, Funktionsweisen und Einsatzmöglichkeiten, die wir Ihnen mit der vorliegenden Broschüre vermitteln möchten.

Schließlich zählt die Trotec Group bei professionellen Gesamtlösungen rund um die Klimaregulierung und bauwerksdiagnostische Messtechnik international zu einer der ersten Adressen. Für Industriekunden ebenso, wie für private Heimanwender.

Wir bieten Ihnen langjähriges Branchen-Know-how, hochwertige Produkte und umfassenden Service - alles aus einer Hand!

Sie haben noch Fragen? Gerne beraten wir Sie ausführlich persönlich und freuen uns auf Ihren Anruf oder Ihre E-Mail-Anfrage.

