

# AUSWAHLHILFE FÜR MOBILE ENTFEUCHTER

---



**Dantherm**<sup>®</sup>  
CONTROL YOUR CLIMATE





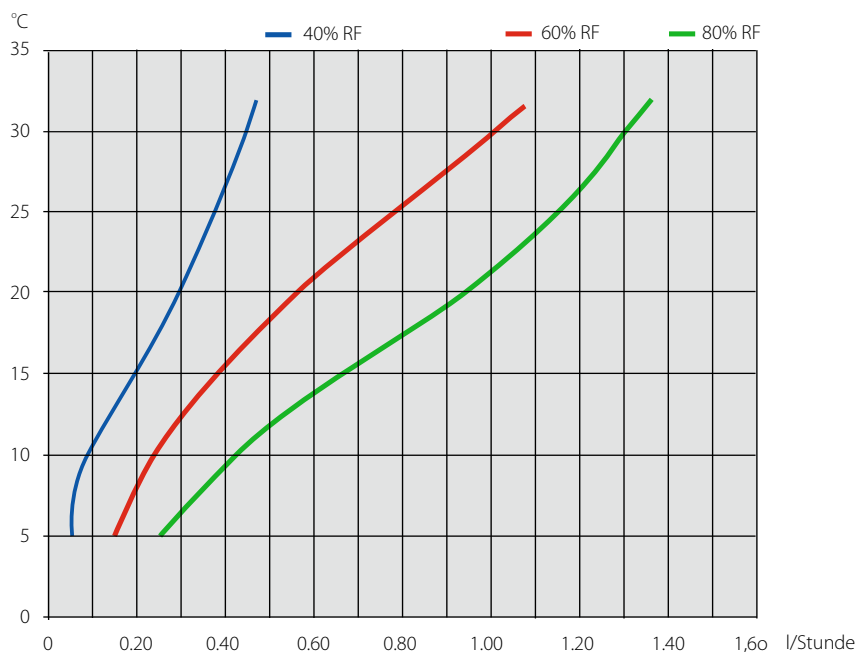
**Dantherm**<sup>®</sup>

CDT 40 S

# Inhalt

	<b>Seite</b>
<b>0. Vorwort</b>	<b>4 - 5</b>
Die drei wichtigen Parameter, um den passenden CDT Entfeuchter auszuwählen	
<b>1. Warum brauchen wir Trocknung?</b>	<b>6 - 7</b>
Gründe für den Einsatz von Trocknungsgeräten	
1.1 Heizen und Lüften	
1.2 Entfeuchtung	
1.3 Vorteile der Kondensationstrocknung	
<b>2. Wie arbeitet ein mobiles Trocknungsgerät?</b>	<b>8 - 13</b>
Die grundlegenden Funktionen eines mobilen Entfeuchters	
2.1 Temperatur und Luftstrom	
2.1.1 Feuchtigkeitsüberwachung	
2.1.2 Temperaturüberwachung	
2.2 Funktionsprinzipien der einzelnen Bauteile	
2.3 Automatische Heißgasabtauung	
<b>3. Theoretische Hintergründe</b>	<b>14 - 19</b>
Einführung in das h-x-Diagramm. Siehe auch Ausklappseite des Umschlags	
3.1 Der Gebrauch des h-x-Diagrammes	
Drei Schritt-für-Schritt Beispiele, die Sie mit der Nutzung dieses ungewöhnlichen Diagrammes vertraut machen	
<b>4. Berechnung des Entfeuchtungsbedarfes</b>	<b>20 - 36</b>
4.1 Quellen und Gründe für erhöhte Luftfeuchte	
4.1.1 Schaffung eines angenehmen Raumklimas mit Rechenbeispiel	
4.1.2 Konservierung und Schutz von Produkten und Materialien mit Rechenbeispiel	
4.1.3 Wasserwerke. Regulierung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit, als Korrosionsschutz für Leitungen, Pumpen und anderes Gerät. Mit Rechenbeispiel	
4.2 Quellen und Gründe für zu hohe Wassergehalte in verschiedenen Materialien	
4.2.1 Gebäudetrocknung in der Bauphase mit Rechenbeispiel	
4.2.2 Grundregeln für den Trocknungsprozess	
4.3 Gebäude und Materialien nach einem Wasserschaden trocknen	
4.3.1 Wasserschäden unter Fußböden trocknen	
<b>5. Die CDT-Reihe von Dantherm</b>	<b>37 - 42</b>
5.1 Anwenderfreundliche Steuerung	
5.2 Nutzerfreundliches Design	
5.3 Energieeffizienz	
5.4 Wahl des passenden Entfeuchters	
<b>Anhang</b>	
<b>Schnellübersicht - Faustregeln</b>	<b>43 - 44</b>
Einfache Faustregeln zu allen Rechenbeispielen aus diesem Heft, gestützt auf empirische Daten	
<b>Notizen</b>	<b>45 - 46</b>

## 0. Vorwort



Die vorliegende zweite Ausgabe des Handbuchs "Auswahlhilfe für mobile Entfeuchter" enthält Informationen über die mobilen Entfeuchter CDT 30, 30S, 40, 40S, 60 und 90 MKII.

Um den passenden mobilen Entfeuchter auszuwählen, müssen Sie drei Parameter kennen: die Lufttemperatur in Grad Celsius, die angestrebte relative Luftfeuchte und wie viele Liter Wasser pro Stunde der Luft entzogen werden müssen, um diesen Wert zu erreichen.

Wenn Sie diese Faktoren kennen, finden Sie anhand der Kapazitätsdiagramme für die CDT Serie (wie das oben gezeigte für den CDT 30) sehr leicht das passende Gerät für Ihren Einsatzbereich. Die Kapazitätsdiagramme für alle Modelle der CDT Serie finden Sie in Kapitel 5 am Ende dieses Handbuchs..

Während Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit recht leicht zu bestimmen sind, stellt die Bestimmung der Wassermenge, die in einer speziellen gegebenen Situation der Luft entzogen werden muss, eine andere Herausforderung dar.



Dieses Handbuch zielt daher darauf ab, Ihnen das angewandte Wissen und den theoretischen Hintergrund über die Funktionsweisen eines Entfeuchtungsgerätes so zu vermitteln, dass Sie in der Lage sind, den Entfeuchtungsbedarf in jeder sich stellenden Situation zu ermitteln.

Schnelle und einfache Entfeuchtung ist entscheidend in Gebäuden, die durch Fluten, Löschwasser, Rohrbrüche o.ä. von Wasserschäden betroffen sind. Das selbe gilt für Baustellen, auf denen eine effektive Trocknung von Stein- oder Betonkonstruktionen erfolgreich die Geschwindigkeit der Fertigstellung des Baus erhöht. Gelegentlicher Bedarf von Entfeuchtung oder Trocknung bei gewerblicher Produktion oder im Bereich Lagerung kann mit der CDT-Serie ebenfalls gut abgedeckt werden.

Obwohl die mobilen Entfeuchter die Kapazität, die Sie benötigen, durchaus aufweisen können, empfehlen wir Ihnen die Dantherm Serien CDF und CDP mit in die Auswahl einzubeziehen, wenn Sie ein Gerät für den dauerhaften Einsatz suchen.

Dantherm Air Handling, September 2012



## 1. Warum brauchen wir Trocknung?

Der Bedarf für effiziente Entfeuchtung beschränkt sich nicht auf Wasserschäden, Baustellen, Schwimmhallen und Wasserwerke oder andere offensichtlich feuchte Gebäude. Wertgegenstände, Menschen und Gebäude in den unterschiedlichsten Klimabedingungen können oft von einer Entfeuchtung in weniger offensichtlichen Situationen ebenso profitieren.

Die Außenluft ist niemals ganz trocken und im Innern von Gebäuden tragen weitere Quellen zur relativen Luftfeuchtigkeit der Innenluft bei: Transpiration von Menschen, Dampf durchs Kochen oder Baden, Feuchtigkeit, die bei Produktionsprozessen freigesetzt wird oder die Lagerung von feuchten Produkten. Sogar Baustoffe und Möbel, die langsam austrocknen, tragen zur Gesamtfeuchte in einem Raum bei.

Gebäude werden heute weit besser isoliert als dies früher der Fall war. Die Isolation hält die Kälte draußen, in der Regel reduziert sie aber auch den Luftaustausch und hält so Feuchtigkeit im Gebäudeinnern gefangen. Ein sicheres Zeichen dafür ist Tau an den Fenstern, der sich leicht in Feuchtigkeit verwandelt, die Holzkonstruktionen oder anderes Material angreift.

Die wichtigsten Gründe und Zeichen, die Entfeuchtung notwendig machen:

- Fäulnis und Pilzbefall
- Metalloberflächen sind nicht mehr bestreichbar
- Störungen bei Elektrogeräten
- Korrosion/Rost
- Feuchtigkeitsschäden an Produkten, Möbeln oder Gebäudeteilen
- Minderung des Wohlbefindens durch ein feuchtes Raumklima

In allen diesen Fällen muß die relative Feuchte reduziert werden. Dies kann mit verschiedenen Methoden erreicht werden.

### **Beispiel 1**

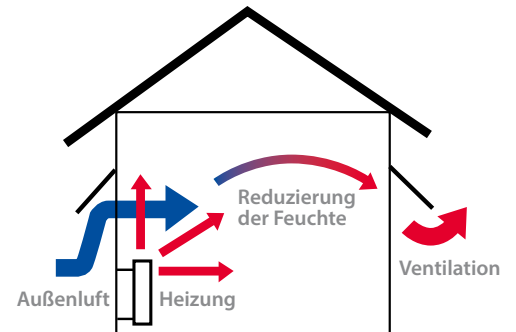
An einem warmen, trockenen Sommertag in Deutschland mit einer Raumtemperatur von 20° C und 60% relativer Feuchte, enthält die Luft ca. 8,5g Wasser je Kilo Luft. In einem Raum mit 80 m<sup>3</sup> addiert sich dies zu fast einem Liter Wasser.

Fällt die Temperatur nun auf 0° C, wird sich mehr als 50% des Wassergehalts in der Luft als Tau niederschlagen. Das entspricht 5g Wasser/kg Luft oder fast einem halben Liter Wasser in dem 80m<sup>3</sup> Raum. Bereits diese Menge kann zu ernsthaften Problemen führen.

### 1.1 Heizen und Lüften

Warme Luft kann mehr Feuchtigkeit halten als kalte und für Jahrhunderte basierten die traditionellen Methoden, um die Luftfeuchtigkeit in Räumen zu senken, auf diesem Prinzip.

Traditionell wird frische Luft in den Raum gelassen und dann aufgeheizt, um sicher zu stellen, dass sie Feuchtigkeit aufnimmt. Dann wird die Luft wieder aus dem Raum geleitet, bzw. es wird gelüftet, um die Feuchtigkeit hinauszubringen. Dieser Prozess wird solange wiederholt, bis die gewünschten Konditionen erreicht sind.

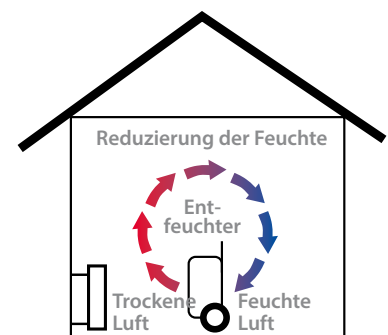


In den letzten Jahrzehnten hat sich diese Methode weitestgehend überholt. Es ist offensichtlich, dass es sich bei dieser Methode um eine unökonomische Lösung handelt, die einen großen Energiebedarf hat, da die Wärme, zum Fenster hinausgeworfen wird. Darüber hinaus enthält die eingeleitete Außenluft ihre eigene relative Feuchte, die abhängig von der Jahreszeit, den Temperaturen und den Wetterverhältnissen den Trocknungsprozess weiter verlängert.

Daher haben die steigenden Energiekosten Entfeuchtung überall auf der Welt zur ökonomischen Lösung für Trocknungsfragen werden lassen.

### 1.2 Entfeuchtung

Das Grundprinzip der Entfeuchtung geht von einem geschlossenen Raum aus. Es sollte keine oder nur sehr wenig Außenluft in den Raum gelangen können. Die Luft zirkuliert kontinuierlich durch den Entfeuchter und die Feuchtigkeit kondensiert nach und nach in einen Wassertank, ohne dass Wärme an die Außenumgebung verloren ginge. Damit stellt diese Methode das Gegenteil zum traditionellen Heizen und Lüften dar.

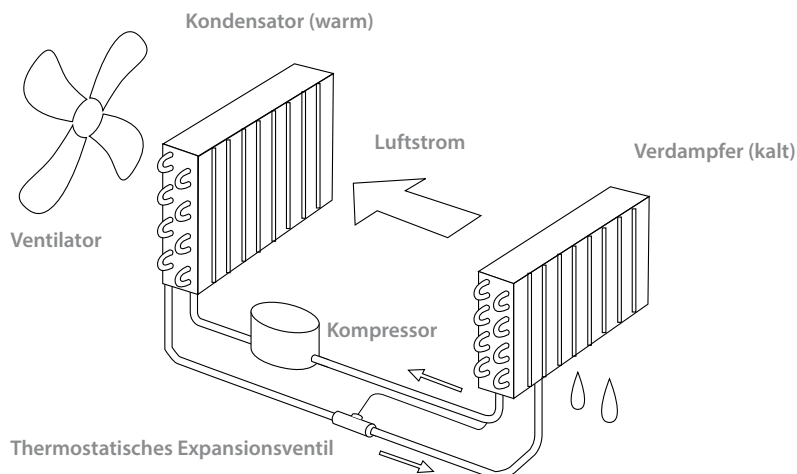


Neben dem offensichtlichen Vorteil des wesentlich geringeren Energiebedarfs lässt sich so der Entfeuchtungsprozess viel leichter kontrollieren und steuern, solange der Raum geschlossen bleibt.

### 1.3 Vorteile der Kondensationsentfeuchtung

- Reduzierter Energieverbrauch  
(ca. 80% Einsparung im Vergleich zu Heizen und Lüften)
- Sehr schonende Trocknung durch moderate Luftfeuchtigkeitswerte
- Kein Energieverlust, da die elektrische Energie für den Kompressor und den Motor des Ventilators in Wärme umgewandelt wird
- Kontrollierbarer Prozess in einem geschlossenen Raum

## 2. Wie arbeitet ein mobiles Trocknungsgerät?



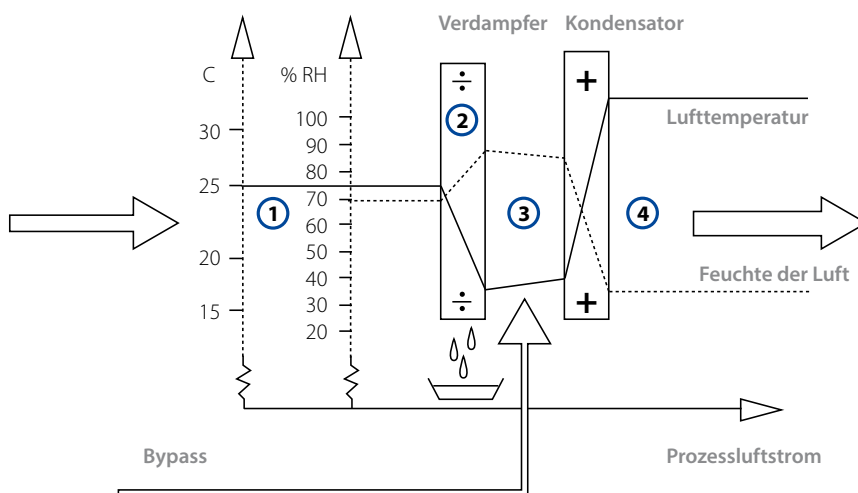
Das grundlegende Funktionsprinzip eines Kondensationstrockners ist einfach. Ein Ventilator saugt die feuchte Luft an und leitet sie durch einen gekühlten Verdampfer. Dabei wird die Luft unter den Taupunkt abgekühlt. Das Wasser kondensiert auf der kalten Oberfläche des Verdampfers und tropft in einen Wasserbehälter oder direkt in einen Abfluss. Die kalte, trockene Luft gelangt durch einen Kondensator, der sie erwärmt und wieder in den Raum entlässt, wo sie erneut Feuchtigkeit aufnimmt. Dieser Prozess wird solange fortgesetzt, bis die gewünschten Bedingungen erreicht sind.

### Beispiel 2

#### Temperatur und relative Feuchte

- |    |      |                             |
|----|------|-----------------------------|
| 1. | 25°C | 70% rF                      |
| 2. | 17°C | 88% rF                      |
| 3. | 18°C | 85% rF gemischter Luftstrom |
| 4. | 33°C | 35% rF                      |

### 2.1 Temperatur und Luftstrom





In dem illustrierten Beispiel wird 25°C warme Luft mit 70% relativer Luftfeuchtigkeit (1) an den Verdampfer geführt. Während des Durchtritts durch den Verdampfer (2) fällt die Temperatur auf 17°C und die relative Luftfeuchtigkeit steigt auf 88%, was zur Kondensation führt. Das Wasser tropft vom Verdampfer in den Tank.

Um auch in relativ trockenen Luftverhältnissen noch Wasser entziehen zu können, ist es wichtig, dass nicht alle Luft vom Verdampfer heruntergekühlt wird, da das Risiko besteht, dass die Verdampfungstemperatur ( $T_0$ ) nicht ganz erreicht werden kann. Daher wird nur ein Teil der Luft durch den Verdampfer geführt und der Rest wird seitlich vorbeigeführt, wie im Schaubild ersichtlich. Dies führt zu einem Luftgemisch im Zwischenraum von Verdampfer zum Kondensator mit 18°C und 85% relativer Feuchte.

Im Endeffekt verlässt die Luft das Trocknungsgerät mit 33°C und 35% relativer Luftfeuchte. Der Temperaturanstieg kommt durch die vom Kompressor zugeführte Energie und die latente Wärme des Kondensationsprozesses zustande.

### 2.1.1 Steuerung der Entfeuchtung

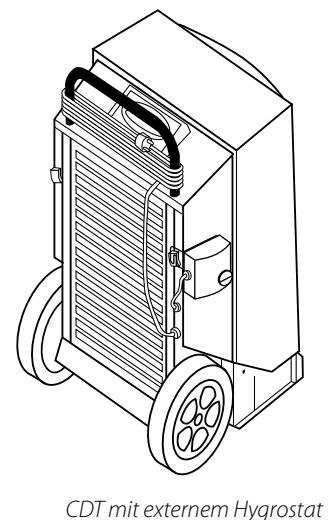
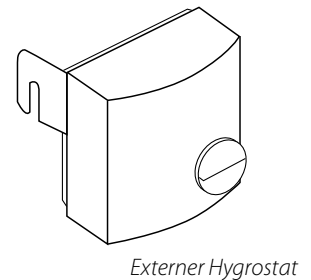
Mit dem eingebauten Hygrostat können Sie genau regulieren, wie weit Sie die relative Luftfeuchte verringern wollen. Stellen Sie die erforderliche relative Luftfeuchte ein, und der Hygrostat unterbricht den Entfeuchtungsvorgang automatisch, sobald der Wert erreicht ist. So laufen Sie nicht Gefahr, Material zu beschädigen, indem es zu trocken wird, und der Entfeuchtungsprozess wird energieeffizienter.

In ältere CDT-Versionen ist kein Hygrostat eingebaut, nötigenfalls kann aber an alle CDT-Geräte ein externer Hygrostat angeschlossen werden.

### 2.1.2 Temperaturüberwachung

Wenn die Raumtemperatur außerhalb des Arbeitsbereiches (3-32°C) liegt, schaltet der Entfeuchter ab. Er schaltet sich automatisch wieder ein, wenn die Raumtemperatur wieder innerhalb des Arbeitsbereiches liegt.

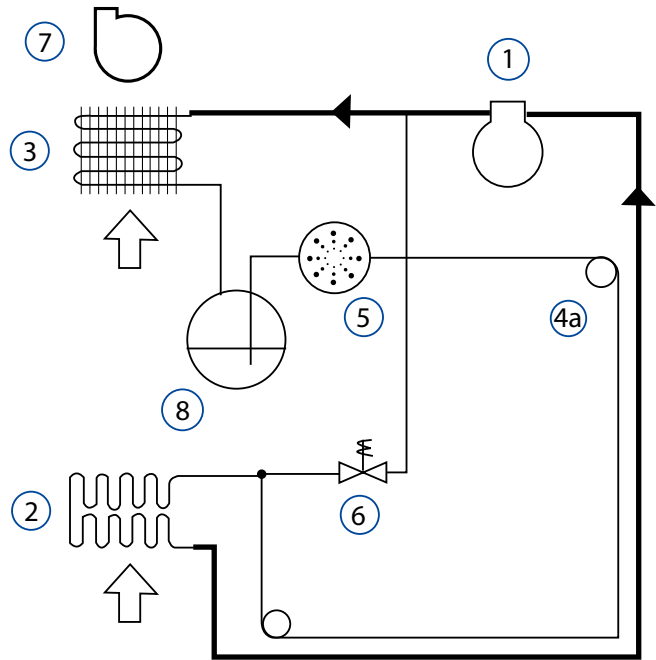
Das heißt, ohne weitere Steuerung läuft der Entfeuchter so lange konstant, wie sich die Raumtemperatur innerhalb des Arbeitsbereiches bewegt und entzieht währenddessen der Luft fortwährend Feuchtigkeit.



### CDT 30 und 30 S

#### Mit Kapillarrohr

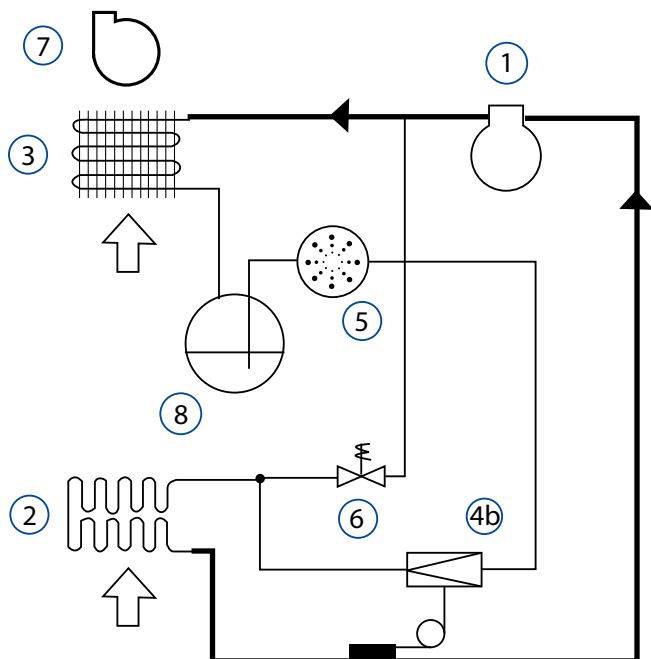
- 1: Kompressor
- 2: Verdampfer
- 3: Kondensator
- 4a: Kapillarrohr
- 5: Trockenfilter
- 6: Magnetventil
- 7: Ventilator
- 8: Sammler



### CDT 40, 40S, 60 und 90

#### Mit Expansionsventil

- 1: Kompressor
- 2: Verdampfer
- 3: Kondensator
- 4b: Expansionsventil
- 5: Trockenfilter
- 6: Magnetventil
- 7: Ventilator
- 8: Sammler



## 2.2 Funktionsprinzipien einzelner Bauteile

Der Kompressor (1) nimmt heißes Gas von der Niederdruck-Seite des Gerätes auf und presst sie in den Kondensator (3). Der Ventilator (7) zieht kalte Luft vom Verdampfer durch den Kondensator (3), wo sie durch das heiße Gas erwärmt wird. In diesem Prozess kühlt sich das Gas ab, verflüssigt sich und fließt in den Sammler (8).

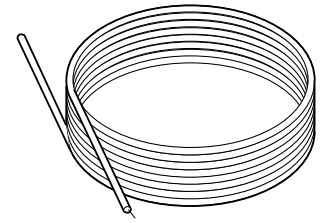
Das nun unter hohem Druck stehende Kältemittel wird durch einen Filtertrockner geführt, um unerwünschte Feuchtigkeit aus dem Kältemittel zu ziehen. Das Kältemittel wird dann durch ein Kapillarrohr oder ein Expansionsventil (4a/4b) geleitet, um den Druck zu reduzieren, bevor es in den Verdampfer (2) einströmt, wo es seinen Siedepunkt erreicht und sich wieder in heißes Gas mit geringem Druck verwandelt.

Das Kapillarrohr bzw. das Expansionsventil übernimmt im Grunde die gleiche Aufgabe, nämlich den hohen Druck zu mindern und den Durchfluss vom Kältemittel durch den Verdampfer zu kontrollieren. Bei niedrigem Druck wandelt die Wärme aus der Luft, die über die Außenfläche des Verdampfers geleitet wird, das Kältemittel vollständig in Gas.

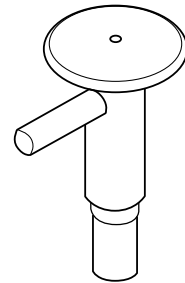
Das Kapillarrohr stellt dabei einen statischen Widerstand dar. Die gesamte Kältemittelmenge muss durch ein langes, dünnes Rohr fließen, um den Druck im Verdampfer zu verringern.

Das thermisch gesteuerte Expansionsventil stellt einen dynamischen Widerstand dar. Das Ventil ist mit einem Sensor verbunden. Wenn der Verdampfer nicht ausreichend Kältemittel erhält, erhöht sich die Temperatur am Sensor und dies führt dazu, dass sich das Ventil etwas weiter öffnet und bei zu viel Kältemittel verläuft der Prozess umgekehrt.

Verglichen mit dem Kapillarrohr kann ein Expansionsventil Unterschiede der Luftfeuchtigkeit und der Lufttemperatur in der Luft, die durch das Gerät strömt, ausgleichen. Dies macht es zur deutlich besseren Lösung in großen Entfeuchtungsgeräten, aber es ist auch das erheblich teurere Verfahren, und beim Einsatz in kleinen Geräten ließen sich keine deutlichen Leistungsverbesserungen erzielen.



*Kapillarrohr*



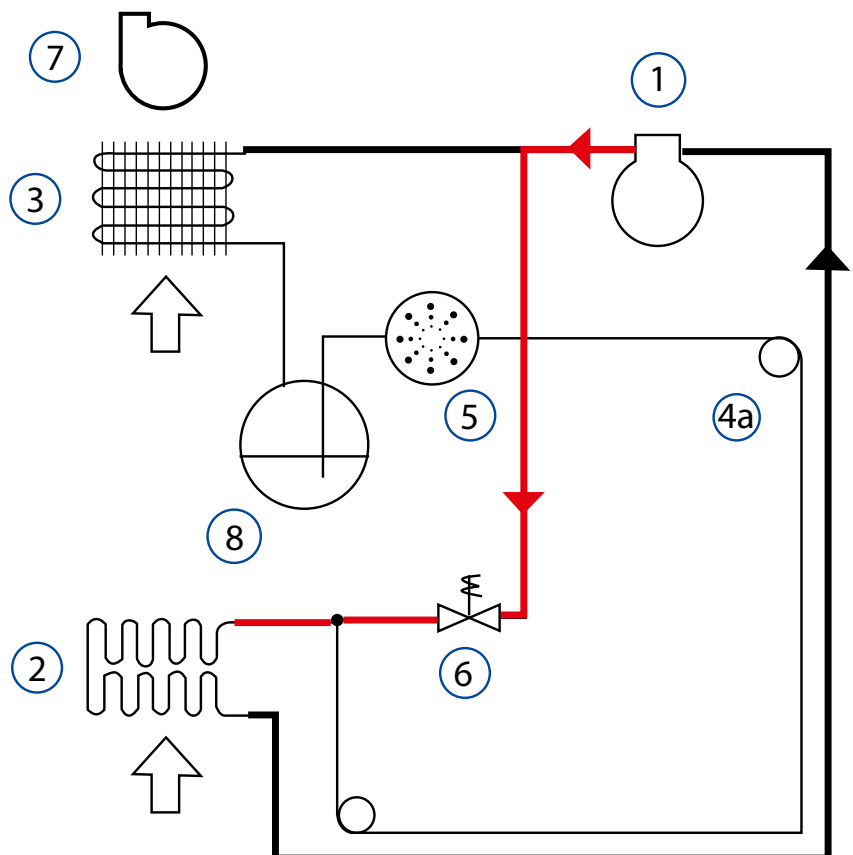
*Expansionsventil*

### 2.3 Automatische Heißgasabtauung

Abhängig von der Raumtemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit kann der Verdampfer sehr kalt werden. Wenn die Lufttemperatur unter 15-20°C (abhängig von der Luftfeuchtigkeit) sinkt, beginnt sich Eis an der Oberfläche des Verdampfers zu bilden.

Wenn das Eis sich auf dem Verdampfer sammelt, beeinträchtigt es bald die Entfeuchtungskapazität des Gerätes. Um dies zu verhindern, wird eine Abtauung mit Hilfe des heißen Gases vom Kompressor durchgeführt.

- 1: Kompressor
- 2: Verdampfer
- 3: Kondensator
- 4a: Kapillarrohr
- 5: Trockenfilter
- 6: Magnetventil
- 7: Ventilator
- 8: Sammler

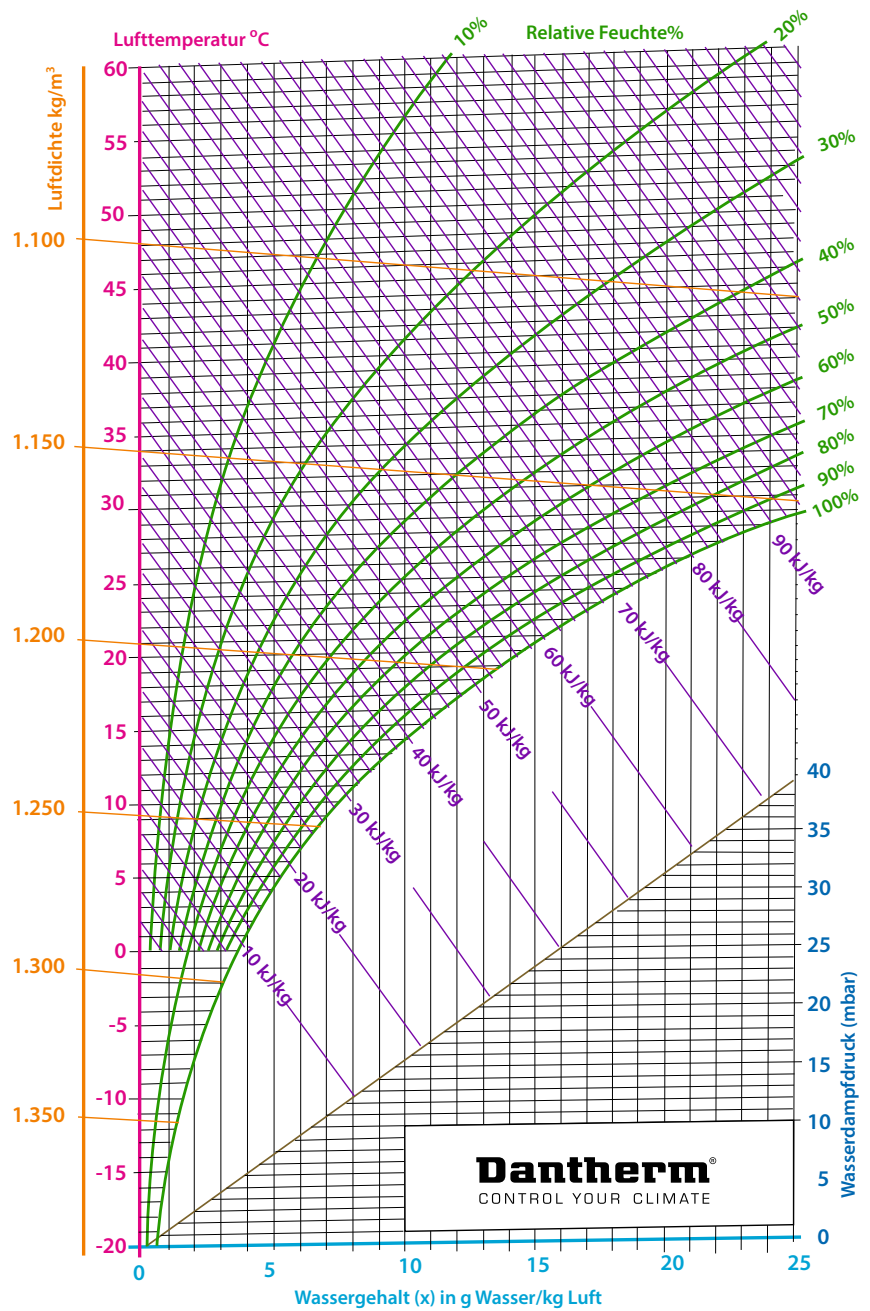


Bei beginnender Vereisung öffnet sich thermostatgesteuert ein Magnetventil (6) und heißes Gas strömt zum Verdampfer, welches sehr effizient das Eis auf der Oberfläche abtaut. Nach vollständiger Abtauung schließt sich das Magnetventil wieder und das System kehrt in den normalen Arbeitsmodus zurück.



### 3. Theoretische Hintergründe

Die grundlegenden Funktionsprinzipien der Entfeuchtung und der Entfeuchtungsgeräte sind einfach und gut verständlich. Die Berechnungen für einen Entfeuchtungsprozess sind allerdings komplex. Mehrere, in Wechselbeziehungen zu einander stehende Parameter müssen dabei berücksichtigt werden.



Das h-x-Diagramm nach Mollier ist eine grafische Darstellung der Wechselbeziehung von Temperatur und relativer Feuchte der Luft. Das Diagramm stellt damit den Schlüssel zu den verschiedenen Werten dar, die für die Berechnung der Entfeuchtungsleistung unter den verschiedensten Gegebenheiten erforderlich sind.

Dies ist eine Einführung in das h-x-Diagramm als grundlegendes Werkzeug. In Kapitel 4 werden Sie einige Beispiele für die Berechnung spezieller Entfeuchtungsleistungen finden, die vom h-x-Diagramm ausgehen und die hier verwendeten Bezeichnungen und Werte aufnehmen.

Die Parameter im h-x-Diagramm nach Mollier	
<b>Luftdichte (<math>\rho</math>)</b>	Die vertikale Achse in <b>orange</b> ganz links. Lesen Sie die Luftdichte ab, indem Sie den abfallenden orangen Linien im Diagramm folgen. Luftdichte ist die spezifische Masse angegeben in $\text{kg/m}^3$ .
<b>Lufttemperatur (<math>t</math>)</b>	Die vertikale Achse in <b>pink</b> links mit den dazugehörigen ganz leicht ansteigenden horizontalen Linien. Temperaturangaben in $^{\circ}\text{C}$ .
<b>Enthalpie (<math>h</math>)</b>	Die <b>violetten</b> Diagonalen. Die Enthalpie ist der Wärmeenergiegehalt der Luft gemessen in $\text{kJ/kg}$ Luft. Die Skala beginnt bei $0^{\circ}\text{C}/0\% \text{ rF} = 0 \text{ kJ/kg}$ .
<b>Relative Feuchte (<math>\text{rF}</math>)</b>	Die <b>grünen</b> Kurven. Die relative Luftfeuchtigkeit ist die Maßeinheit für den Wasserdampfgehalt in der Luft. Sie bezeichnet das Verhältnis von absoluter zu der für die herrschende Temperatur bei Sättigung maximal möglichen Luftfeuchtigkeit in Prozent.
<b>Wassergehalt (<math>x</math>)</b>	Die <b>hellblaue</b> horizontale Achse an der Basis. Der tatsächliche Wassergehalt gemessen in $\text{g Wasser/kg Luft}$ .
<b>Wasserdampfdruck (<math>p</math>)</b>	Die vertikale <b>blaue</b> Achse rechts. Der Wasserdampfdruck in $\text{mbar}$ wird abgelesen, um den partiellen Wasserdampfdruck zu bestimmen (selten angewandt für die Berechnung der Entfeuchtungsleistung). Die <b>braune</b> Diagonale in der unteren Hälfte des Diagrammes ist eine Hilfslinie, um diesen partiellen Wasserdampfdruck zu bestimmen.

**Tabelle 1**

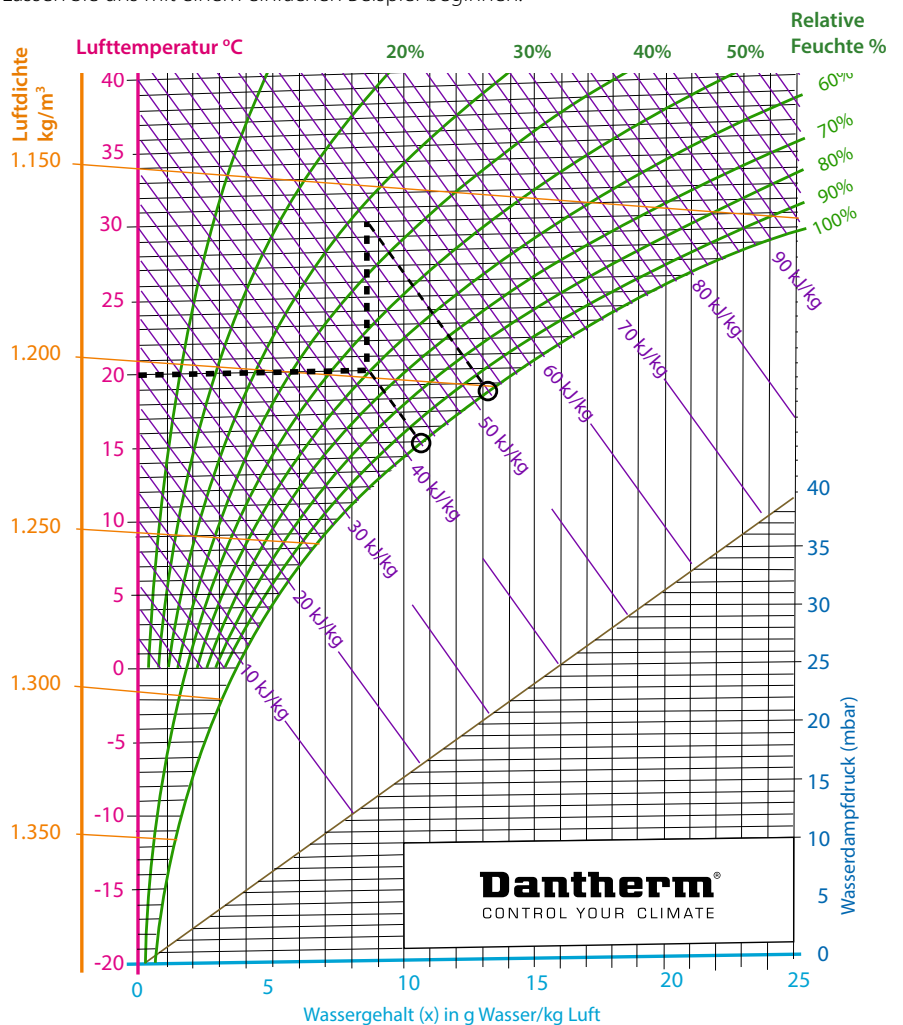
Bitte beachten Sie, dass das hier angegebene und im ganzen Handbuch zugrundegelegte h-x-Diagramm für einen Luftdruck von 1013 mbar exakt ist.

### 3.1 Der Gebrauch des h-x-Diagrammes

Wenn Sie zum ersten Mal das Mollier-Diagramm sehen, kann es Ihnen ziemlich verwirrend und wenig hilfreich mit all den Kurven, Diagonalen und abfallenden Linien vorkommen. Aber es ist ein einfaches und sehr hilfreiches Werkzeug, wenn Sie sich einmal mit der Anwendung vertraut gemacht haben. Sie benötigen lediglich die einfach zu messende Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit im Raum.

Lassen Sie uns mit einem einfachen Beispiel beginnen:

#### Beispiel 3



Wir wollen berechnen, wie viel Enthalpie oder Wärmeenergie benötigt wird, um die Temperatur in einem gegebenen Raum mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60% von 20°C auf 30°C zu erhöhen.

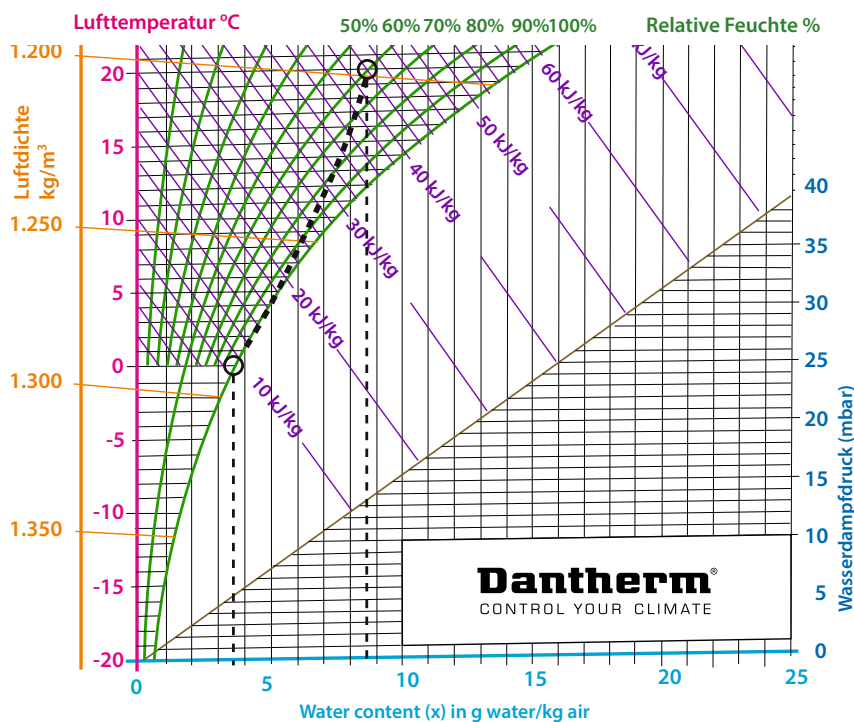
Finden Sie als erstes den 20°C Punkt auf der pinken Achse links. Folgen Sie nun der leicht ansteigenden Linie, bis sie auf die grüne Kurve trifft, die 60% relative Luftfeuchtigkeit repräsentiert. Wenn Sie nun der violetten Diagonale abwärts folgen, bis sie auf die grüne 100% rF-Kurve trifft, sehen Sie, dass die Enthalpie (h) 42kJ/kg beträgt.

Nun gehen Sie zurück zu dem Punkt, der 20°C 60% rF repräsentiert. Folgen Sie der Temperatur nach oben, bis Sie auf die 30°C-Linie stoßen. Sie werden feststellen, dass nun die relative Luftfeuchtigkeit nur noch ca. 32% beträgt. Aber da die Ausgangsfrage war, wie viel Enthalpie benötigt wird, um die Temperatur auf diesen Wert zu erhöhen, sollten Sie auch von diesem Punkt aus die violette Diagonale bis zur 100% rF Kurve verfolgen und finden dort  $h=52\text{kJ/kg}$ .

Der Rest ist einfach:  $h = (52-42) = 10\text{kJ/kg}$  Wärmeenergie muss zugeführt werden, um die Lufttemperatur in dem Raum von 20°C auf 30°C zu erhöhen.

Wir wenden uns noch einmal dem ersten Beispiel aus diesem Handbuch zu (siehe S. 6). Dort sind wir davon ausgegangen, dass an einem warmen Sommertag in Deutschland ein Temperaturunterschied von einer Tagestemperatur von 20°C zu einer Nachttemperatur von 0°C in einem Raum von  $80\text{m}^3$  zu der Kondensation von fast einem halben Liter Wasser führen würde, welches sich an einer kalten Oberfläche niederschlägt.

#### Beispiel 4



Die Kondensation beginnt, sobald die Temperatur den Taupunkt unterschreitet. Um den Taupunkt bei 20°C und 60% rF zu bestimmen, finden Sie die 20°C-Marke auf der pinken Achse. Folgen Sie der Linie, bis sie auf die 60%-Kurve trifft. Gehen Sie gerade nach unten, bis Sie auf die 100% rF-Kurve treffen. An diesem Punkt folgen Sie der horizontalen Linie wieder zur Temperaturachse links und lesen als Taupunkt 12°C ab. Ab dieser Temperatur bis zu 0°C wird der Wassergehalt in der Luft zu Wasser kondensieren.

Nun folgen Sie der vertikalen Linie von dem Punkt, den Sie für 20°C 60% rF ermittelt haben, ganz hinab bis zur hellblauen Achse an der Basis. Dort finden Sie den Wert 8,5g für den Wassergehalt (x) in der Luft. Wenn Sie nun entsprechend von dem Punkt 0°C und 100% rF ausgehen, sollten Sie auf den Wert x=3,5g Wasser je Kilo Luft kommen.

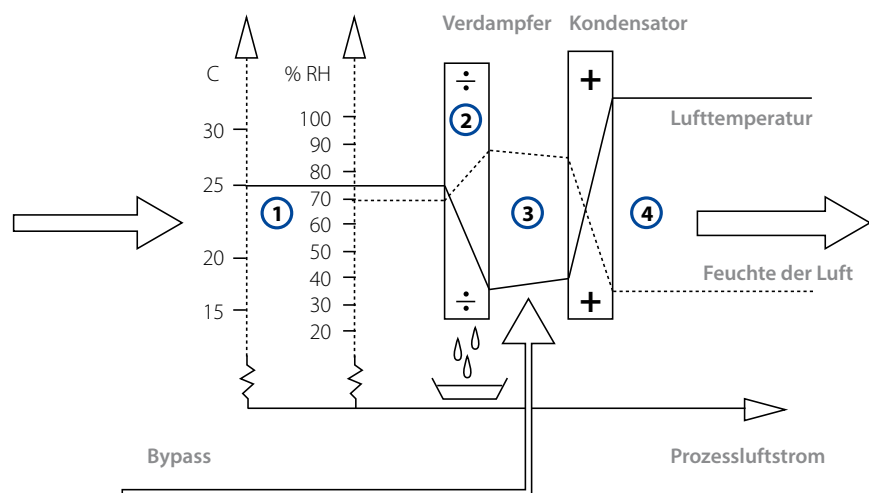
Mit diesen Werten können Sie nun leicht errechnen, dass 5g Wasser/kg Luft kondensieren (8,5 – 3,5). In einem Raum von 80m<sup>3</sup> entspricht dies 0,48 Liter Kondensat (bei einem Durchschnittswert von 1,2kg /m<sup>3</sup> Luft).

Wünschen Sie die Änderungen der Luftkonditionen während des Temperaturabfalls von 20°C bis auf 0°C darzustellen, bekommen Sie eine abgelenkte Kurve, weil die Kondensation auf den am kältesten Punkt im Raum anfängt, wenn die durchschnittliche rF ca. 85% beträgt.

### Beispiel 5

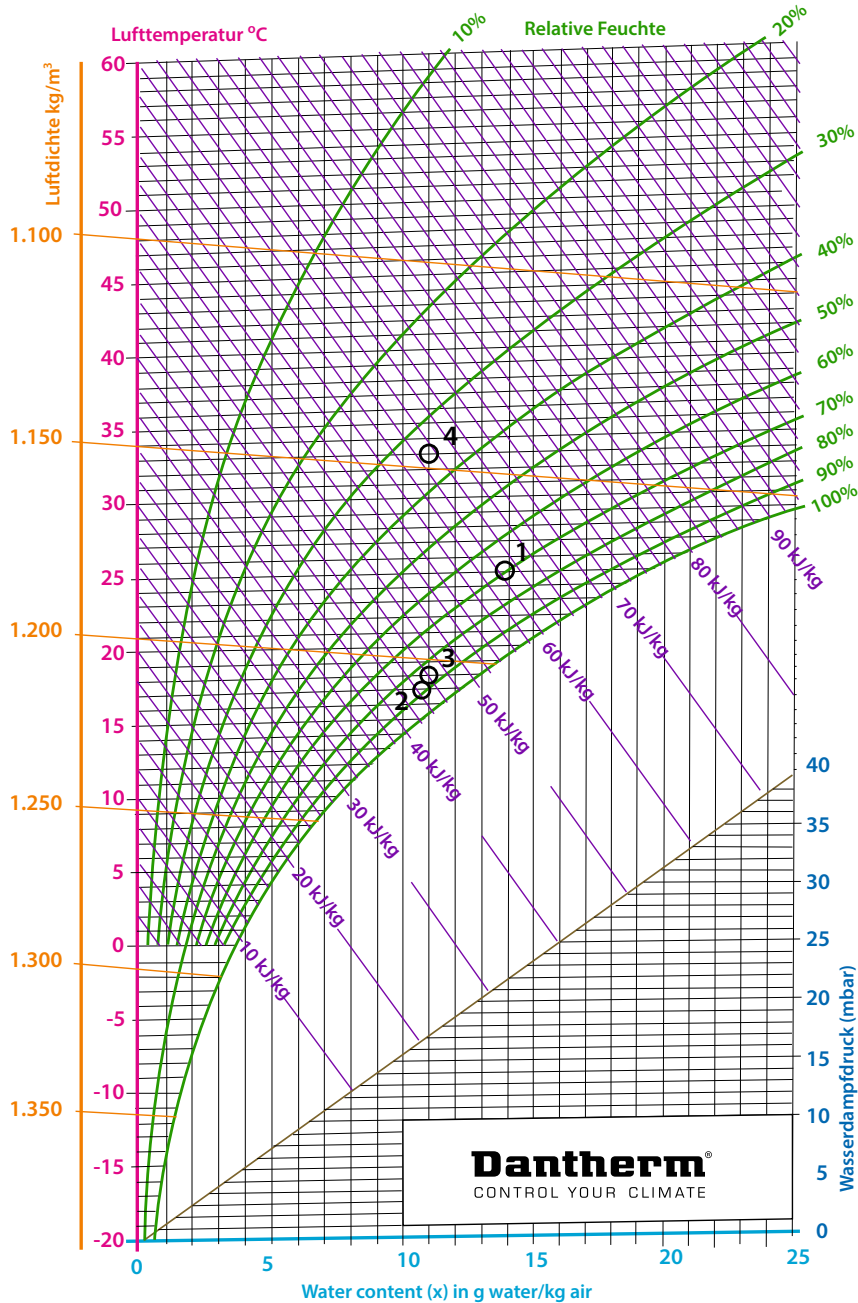
In Beispiel 2 (siehe S. 8) wurden der Luftstrom und die Temperaturveränderungen beim Durchgang durch den Entfeuchter an folgendem Schema dargestellt:

Temperatur und relative Feuchte	
1.	25°C 70% rF
2.	17°C 88% rF
3.	18°C 85% rF gemischter Luftstrom
4.	33°C 35% rF





Wenn Sie die angegebenen Werte in das Diagramm übertragen, erhalten Sie folgende vier Punkte:



Achten Sie besonders auf die Veränderungen beim Taupunkt während des Prozesses.

Diese Beispiele haben Ihnen ein Grundverständnis vermittelt, wie das h-x-Diagramm angewendet werden kann. In Kapitel 4 werden wir es in einer Reihe von Beispielen benutzen, um die Entfeuchtungsleistung unter verschiedenen Bedingungen zu berechnen.

## 4. Berechnung des Entfeuchtungsbedarfes

Nach jedem Beispiel in diesem Kapitel werden wir einen mobilen Entfeuchter aus der Danterm CDT-Serie empfehlen. Diese Empfehlungen stützen sich auf die Kapazitätskurven, die Sie in Kapitel 5 finden.

Probleme mit Feuchtigkeit lassen sich in zwei große Gruppen unterteilen. Die eine Gruppe umfasst Probleme mit einem zu hohen Wassergehalt in der Luft. In diesem Fall ist der Einsatz eines Entfeuchters eine Frage des angenehmen Raumklimas und/oder der sicheren Erhaltung von seltenen Dokumenten, Büchern, Fundstücken, und anderen wertvollen Materialien in Museen oder Archiven oder des Schutzes von Elektronik und anderen Maschinen in Büroräumen oder Fabriken, oder auch des Erhalts der Gebäude selber.

Die zweite Gruppe betrifft Fälle, in denen es um die Trocknung von Materialien geht. Typisch hierfür ist das Trocknen von Baumaterialien bei Neubauten oder Wasserschäden. Mobile Entfeuchter können auch eine Alternative zu kostenintensiveren stationären Geräten für Trocknungsprozesse in der Produktion sein (Holz, Kräuter, Pelze).

Es ist wichtig zwischen diesen beiden Anforderungsgruppen bei der Wahl des passenden mobilen Entfeuchters zu unterscheiden. Tabelle 2 gibt einen Überblick über typische Probleme und wo sie häufig auftreten.

**Tabelle 2**

Problem	Anforderung	Typischer Einsatzort
Zu hoher Wassergehalt in der Luft	Schaffung eines guten Raumklimas	Bürogebäude, Wohnraum, Konferenzräume
	Erhalt und Schutz von Gütern und Material	Museen und Ausstellungshallen, Lagerräume für empfindliche Güter, Wasserwerke
Zu hoher Wassergehalt in Materialien	Trocknung von Gebäuden	Baustellen
	Behebung der Folgen von Wasserschäden	Nach Fluten, Löscheinsätzen oder Wasserrohrbrüchen

#### 4.1 Zu hoher Wassergehalt in der Luft

Die Luftfeuchtigkeit beeinflusst sowohl Menschen, Elektronik, Maschinen wie auch sehr viele weitere Materialien im Raum. Tabelle 3 führt einige Luftfeuchtigkeitswerte auf, ab denen sich bestimmte negative Auswirkungen der Feuchtigkeit in der Luft bemerkbar machen. Bitte beachten Sie, dass es sich bei den Werten um Durchschnittswerte handelt, da es unter bestimmten Umständen auch schon bei geringeren Luftfeuchtigkeitswerten zu Problemen kommen kann. So sollten Sie z.B., wenn Sie es mit großen kalten Oberflächen zu tun haben, die relative Luftfeuchte unter 40% halten.

Aktivität	rF-Wert
Hausstaubmilben vermehren sich stark	45%
Korrosion beginnt, besonders in aggressiver Atmosphäre	45%
Feuchtigkeitsbindende Materialien absorbieren Wasser und Verderb droht (Holz, Papier, Textilien, Lebensmittel)	45-50%
Papier fängt an sich zu wellen	55%
Korrosion beschleunigt sich	60%
Menschen fühlen sich bei höheren Temperaturen unwohl	65%
Menschen schwitzen verstärkt bei höheren Temperaturen	70%
Holzfäule-, Hausschwamm-, und Schimmelpilze beginnen zu wachsen	70%

**Tabelle 3**

In allen Fällen, die eine konstant hohe Luftfeuchtigkeit betreffen, ist es ratsam, nach dem zugrunde liegenden Problem zu suchen – nicht nur die Auswirkungen zu bekämpfen. Oft finden sich Wege das Problem zu mindern oder sogar ganz zu lösen, bevor ein Entfeuchtungsgerät eingesetzt wird.

Wie im vorangegangenen Kapitel gezeigt, ist das Mollier-h-x-Diagramm ein wichtiges Werkzeug, um die gewünschte Temperatur und Luftfeuchtigkeit für einen Raum zu bestimmen. Allerdings müssen Sie mehrere verschiedene Parameter bedenken, bevor Sie die benötigte Entfeuchtungsleistung berechnen und den passenden Entfeuchter auswählen können.

### Meteorological data

Als erstes sollten Sie sich einige allgemeine Wetterdaten für Ihre Region beschaffen. Temperaturen und Luftfeuchtigkeitswerte unterscheiden sich von Region zu Region und ändern sich während des Jahreslaufes erheblich. Statistische Daten sind für fast alle Regionen vorhanden und Sie erhalten diese entweder vor Ort oder über das Internet. (Tabelle 4 zeigt beispielhaft für Dänemark, wie stark die Wetterkonditionen über das Jahr schwanken.) Um sicherzugehen, dass die Entfeuchterleistung immer ausreicht, sollten Sie normalerweise mit den Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten, welche die größte Herausforderung darstellen rechnen (Juli in Dänemark). Bedenken Sie dabei, dass selbst mit hohen relativen Luftfeuchtigkeitswerten bei kaltem Wetter im Winter der absolute Wassergehalt in der Luft gering ist, wohingegen in den warmen Sommermonaten mit einer geringeren relativen Luftfeuchte normalerweise eine höhere Belastung gegeben ist, da warme Luft absolut gesehen mehr Wasser hält als kalte.

**Tabelle 4**

	Durchschnittliche Temperatur °C	Durchschnittliche Feuchte %rF	Wassergehalt (g Wasser/kg Luft)
Januar	0	91	2,1
Februar	0	90	2,0
März	+2	89	3,0
April	+6	85	4,5
Mai	+11	79	6,5
Juni	+15	80	8,7
Juli	+17	83	10,0
August	+16	87	9,5
September	+13	90	8,3
Oktober	+8	91	5,5
November	+4	91	3,7
Dezember	+2	92	3,0

### **Raumgröße**

Die Größe des Raumes oder des Gebäudes hat einen indirekten Einfluss. Das Wesentliche ist die Menge des Wassers in der Luft, von welcher die benötigte Entfeuchtungsleistung abhängt. Allerdings sollten Sie den Rauminhalt in Kubikmetern berechnen, um zu wissen, wie viel Luft der Raum enthält.

### **Luftwechsel**

Der Luftwechsel (n) ist eine wichtige Größe, da die Außenluft zu Luftfeuchtigkeit und Temperatur im Raum beiträgt. In der Forschung hat sich gezeigt, dass häufig bei dauerhaften Schwierigkeiten mit zu hohen Luftfeuchtigkeitswerten diese durch Probleme beim Luftwechsel hervorgerufen werden.

Sie müssen ermitteln oder schätzen, wie oft in der Stunde die Luft im Raum getauscht wird. Diese Ventilation entsteht entweder auf natürliche Weise, wenn der Raum nicht komplett dicht ist, oder sie wird durch mechanische Ventilation sowie durch Türen und Fenster verstärkt, die gelegentlich geöffnet werden.

Der zusätzliche Wassergehalt, der durch den Luftwechsel in einen Raum gelangt, wird in kg Wasser pro Stunde gemessen und nach folgender Formel kalkuliert:

$$W(\text{ventilation}) = \rho * V * n * (x_1 - x_2)$$

W = g Wasser/Stunde

$\rho$  = Luftdichte (kg/m<sup>3</sup>) = der Wert, der meistens angesetzt wird ist 1,2 kg/m<sup>3</sup> bei 15-25°C

V = Raumvolumen (m<sup>3</sup>)

n = Luftwechsel im Raum (Stunde<sup>-1</sup>)

$x_1$  = Wassergehalt in der Außenluft (worst case) (g Wasser/kg Luft)

$x_2$  = Wassergehalt in der Innenraumluft bei der gewünschten relativen Luftfeuchtigkeit (g Wasser/kg Luft)

### **Andere Quellen**

Zusätzlich müssen Sie nun noch die Feuchtigkeit bedenken, die von Menschen, Prozessen, Produkten oder anderen Quellen beigetragen wird.



Dabei spielen nicht in allen Fällen alle Quellen eine Rolle, aber die generelle Formel lautet:

$$W(\text{total}) = W(\text{Menschen}) + W(\text{Prozesse}) + W(\text{Produkte}) + W(\text{Ventilation})$$

- W(Menschen): Wassergehalt, der von Menschen durch Transpiration entsteht (s. Tabelle 5).
- W(Prozess): Wassergehalt, der durch Aktivitäten und Prozesse im Raum zustande kommt, z.B. durch Produktion, Kochen, Waschen und durch offene Wasserflächen in Wasserwerken oder Produktionsstätten. Dieser Beitrag kann sehr unterschiedlich sein und muss für jeden Einzelfall bestimmt werden.
- W(Produkte): Wassergehalt, der durch im Raum trocknende Güter und Produkte entsteht. Oft kann man Informationen darüber vom Lieferanten erhalten.
- W(Ventilation): Wassergehalt, der durch den Luftwechsel durch die Außenluft in den Raum kommt.

**Achtung**

Es ist ökonomisch nicht ratsam die Raumtemperatur zu erhöhen, wenn ein Entfeuchtungsgerät genutzt wird. Da der Entfeuchter die Luft bis zum Taupunkt abkühlen muss, bevor die Kondensation beginnen kann, kann schon eine relativ geringe Temperaturerhöhung zu einer Minderung des Wirkungsgrades führen.

**4.1.1 Schaffung eines angenehmen Raumklimas (mit Rechenbeispiel)**

Das Hauptaugenmerk richtet sich auf einen ausreichenden Luftwechsel, wenn es darum geht, ein angenehmes Raumklima zu schaffen. Im allgemeinen wird ein Luftwechsel von 50% der Raumluft in der Stunde empfohlen, um eine ausreichende Zufuhr von frischer Luft zu gewährleisten. Allerdings kann es in Räumen, die von vielen Menschen genutzt werden, notwendig sein, diese Rate zu erhöhen.

Ein ebenfalls entscheidender Faktor ist die relative Luftfeuchtigkeit im Raum. Viele Menschen reagieren allergisch auf Hausstaubmilben und Schimmelpilzsporen. Diese Mikroorganismen vermehren sich rasch bei hoher Luftfeuchtigkeit, können aber bei relativ trockener Luft nicht überleben. Daher sollte ein rF-Wert von unter 45% eingehalten werden, um ein gesundes Raumklima zu sichern.



**Tabelle 5**

Aktivitätslevel	Transpirationsrate (g Wasser/h für eine Person) bei 20°C
Niedrig	45
Mittel	125
Hoch	200

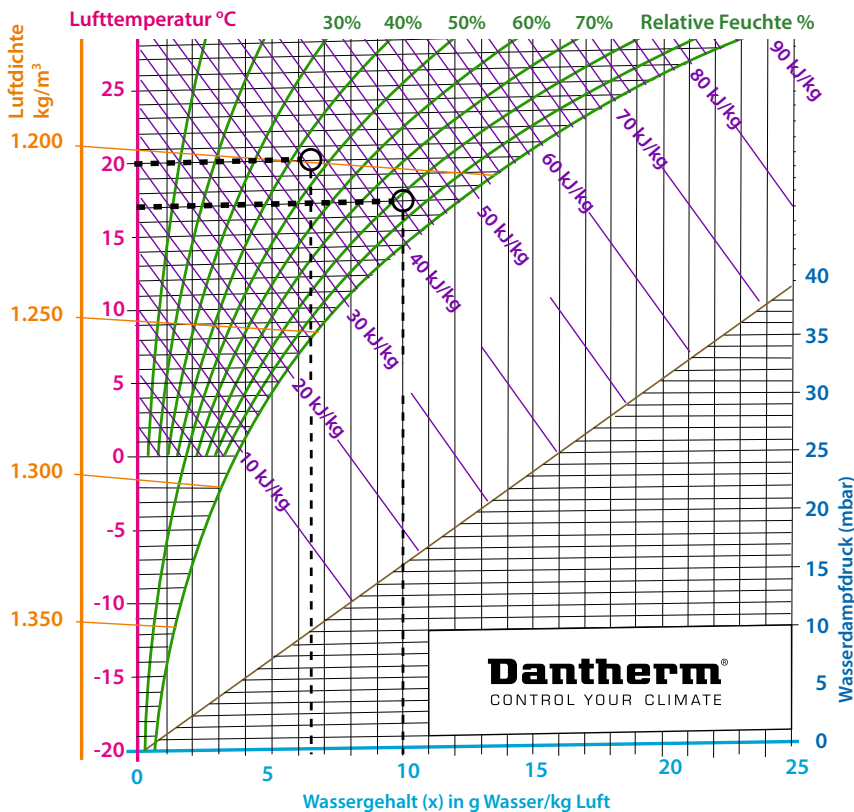
Im allgemeinen sichert ein Luftwechsel von 50% der Raumluft auch eine niedrige Luftfeuchtigkeit, allerdings hängt dies von weiteren Einflussgrößen ab, wie wir bereits gesehen haben.

Im folgenden Beispiel leben 5 Menschen einer normalen Wohnung in Dänemark. Wir wollen die notwendige Entfeuchtungsleistung berechnen, um ein Raumklima mit 20°C und 45%rF sicherzustellen.

### Beispiel 6

#### Die Ausgangsdaten:

Land:	Dänemark
Raum:	Normale Wohnung, durchschnittlich
Volumen des Raumes:	300 m <sup>3</sup>
Luftwechsel:	n = 0,5/Stunde (Siehe Tabelle 6)
Luftdichte:	$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ (Siehe HX-Diagramm)
Menschen:	5
Aktivitätslevel:	mittel = 125 g Wasser/je Stunde/pro Person (s. Tabelle 5)
Größte Belastungssituation:	$x_1 = 10 \text{ g Wasser/kg Luft}$ (s. Tabelle 4)
Gewünschte Konditionen:	$t = 20^\circ\text{C}$ und 45% rF $\rightarrow x_2 = 6,5 \text{ g Wasser/kg Luft}$ ( $x_2$ wird im h-x-Diagramm ermittelt)





### Die Berechnung:

$$W(\text{Ventilation}) = 1,2 * 300 * 0,5 * (10-6,5) = 630 \text{ g Wasser/Stunde}$$

$$W(\text{Menschen}) = 5 * 125 \text{ g} = 625 \text{ g Wasser/Stunde}$$

$$W(\text{total}) = 630 + 625 = 1.255 \text{ g Wasser/Stunde}$$

Mit anderen Worten es müssen 1,25 Liter Wasser pro Stunde aus der Innenluft entfernt werden, um das gewünschte Raumklima zu erhalten.

Empfehlung: Zwei CDT 60, Kapazität 0,7 Liter/Stunde bei jedem Gerät bei 20°C und rF= 45% (siehe Kapazitätskurven Seite 42).

### 4.1.2 Konservierung und Schutz von Produkten und Materialien

Bei Feuchtigkeitsproblemen im Bezug auf die Konservierung und den Schutz von Produkten und Materialien geht es meistens darum sicherzustellen, dass die relative Luftfeuchtigkeit niemals einen vorher bestimmten Wert überschreitet.

Die Voraussetzungen in Lagereinrichtungen sind sehr unterschiedlich. Oft sind sie entweder sehr gut gegenüber der Außenluft abgedichtet oder sie sind insgesamt sehr schlecht isoliert. In beiden Fällen ist der Luftwechsel eine ganz entscheidende Größe. In Tabelle 6 geben wir einen Überblick über die Unterschiede im Luftwechsel in verschiedenen Gebäuden abhängig von der Isolation.

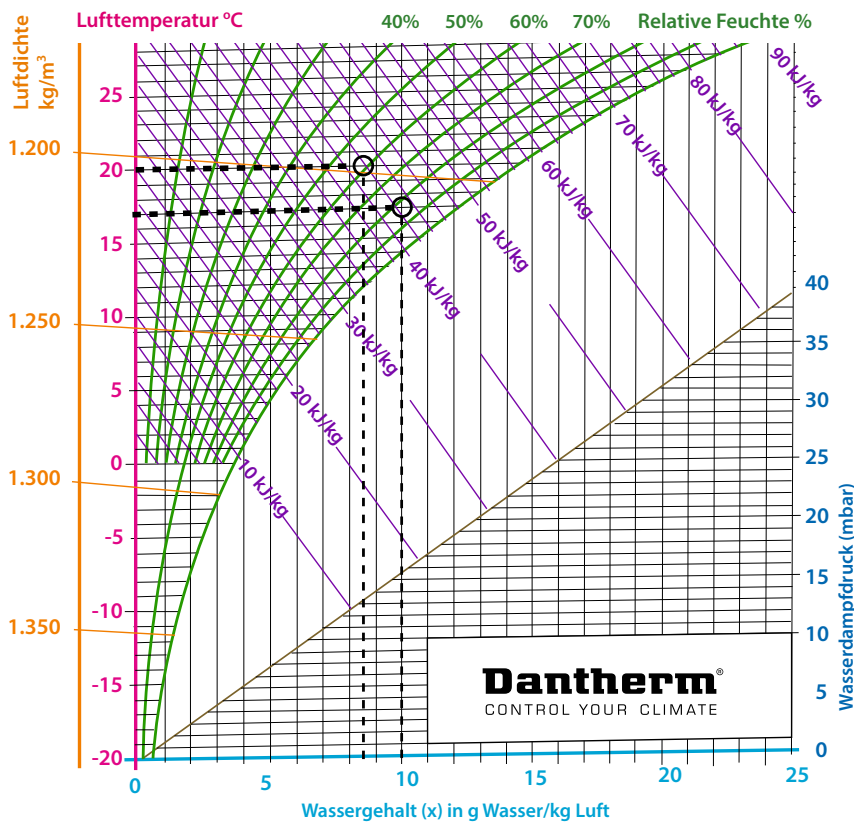
Allerdings ist auch hier der Luftwechsel nicht der einzige Faktor, den es zu bedenken gilt. Auch hier müssen die Beiträge zur Feuchtigkeit von Menschen, Außenluft, den Produkten/Materialien selber und möglicherweise auch Prozessen, die im Lagerraum stattfinden, hinzugenommen werden.

**Tabelle 6**

Raum	Luftwechsel: n (Stunde <sup>-1</sup> )		
	Gut	Durchschnittlich	Schlecht
Isolation			
Lagerraum	0,2	0,4	0,6
Normaler Wohnraum	0,3	0,5	0,8
Großlager	0,1	0,3	0,7

### Beispiel 7

In diesem Beispiel haben wir 100 m<sup>3</sup> trockene Ware in einem 300 m<sup>3</sup> Großlager mit schlechter Isolation eingelagert. Wir wollen sicherstellen, dass die Temperatur 20°C beträgt und die relative Raumfeuchte unter 60% bleibt.



### Die Ausgangsdaten:

Land:	Dänemark
Raum:	Lagerraum, schlecht isoliert
Raumvolumen:	500 m <sup>3</sup>
Warenvolumen:	100 m <sup>3</sup>
Luftwechsel:	n = 0,6/Stunde (Siehe Tabelle 6)
Luftdichte:	$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$
Größte Belastungssituation:	$x_1 = 10 \text{ g Wasser/kg Luft}$ (siehe Tabelle 4, Juli): $t = 17^\circ \text{ C}$ ; $rF = 83\%$
Gewünschte Konditionen:	$t = 20^\circ \text{ C}$ und $rF 60\% > x_2 = 8,5 \text{ g Wasser/kg Luft}$ (siehe h-x-Diagramm)

### Die Berechnung:

$$W(\text{Ventilation}) = 1,2 * (300-100) * 0,6 * (10-8,5) = 432 \text{ g Wasser/Stunde}$$

$$W(\text{total}) = 0,432 \text{ Liter Wasser/Stunde}$$

Empfehlung: CDT 30. Kapazität 0,54 Liter/Stunde bei 20°C und 60% rF  
(siehe Kapazitätsdiagramme Seite 40)



### 4.1.3 Wasserwerke

Feuchtigkeitswerte in Wasserwerken können sehr extrem sein. Entfeuchtung ist hier zum Schutz von Leitungen, Pumpen, anderer Ausrüstung sowie der Gebäudesubstanz selber notwendig.

Wenn die relative Luftfeuchtigkeit zu hoch ist, kommt es zu großen Kondensatmengen auf allen Metalloberflächen. Die Anstriche lösen sich von den Leitungen ab und Korrosion setzt im großen Maßstab ein. Dies erhöht die Unterhaltungskosten und verringert die Lebensdauer von Installationen und vom Gebäude selbst.

Die feuchte Umgebung beschleunigt zudem das Wachstum von Schimmel und anderen Pilzen. Mücken gedeihen in der feuchten Atmosphäre und legen unter Umständen ihre Eier in offene Wasserreservoirs, was zusammengenommen die Einhaltung der notwendigen Hygienestandards sehr erschwert.

In den meisten Fällen liegt die Wassertemperatur zwischen 6 und 9°C. Das bedeutet, dass die Oberflächentemperatur der Leitungen etwa genauso hoch ist. Um Kondensation zu vermeiden, muss der Taupunkt unterhalb der Oberflächentemperatur der Leitungen liegen.

Normalerweise sollte die Lufttemperatur in Wasserwerken mindestens 2°C höher sein als die Wassertemperatur. Gleichzeitig muss man die Luftfeuchtigkeit auf einem relativ geringen Level halten und um dies zu erreichen, braucht man Entfeuchtung. Meistens gibt es eine geregelte Lüftung in Wasserwerken. Ein Luftwechsel von 10% bis 30% der Raumluft in der Stunde wird empfohlen.

Im Regelfall wird die Temperatur in einem Wasserwerk 16-18 °C nicht überschreiten aufgrund der kalten Wasserleitungen und der Tatsache, dass die Gebäude häufig teilweise unterirdisch sind. Das heißt, eine relative Luftfeuchte unter 45% reicht aus, um Kondensation das ganze Jahr über zu vermeiden. Tabelle 7 zeigt die maximalen rF-Werte bei verschiedenen Raumtemperaturen, die notwendig sind, um Korrosion bei einer Wassertemperatur von 7 °C zu vermeiden.

**Tabelle 7**

Raumtemperatur	°C	10	12	14	16	18	20
<b>Max rF-Wert, Wasser = 7 °C</b>		80	70	61	54	48	42

Die gesamte benötigte Entfeuchtungsleistung ist bestimmt durch:

$$W(\text{total}) = W(\text{Wasserreservoir}) + W(\text{Ventilation})$$

$$W(\text{Wasserreservoir}) = c * A * (x_{sa} - x_1)$$

W = g Wasser/Stunde

c = konstanter empirischer Wert 6,25, wenn die Lufttemperatur mindestens 2°C höher als die Wassertemperatur ist

A = Wasseroberfläche (m<sup>2</sup>)

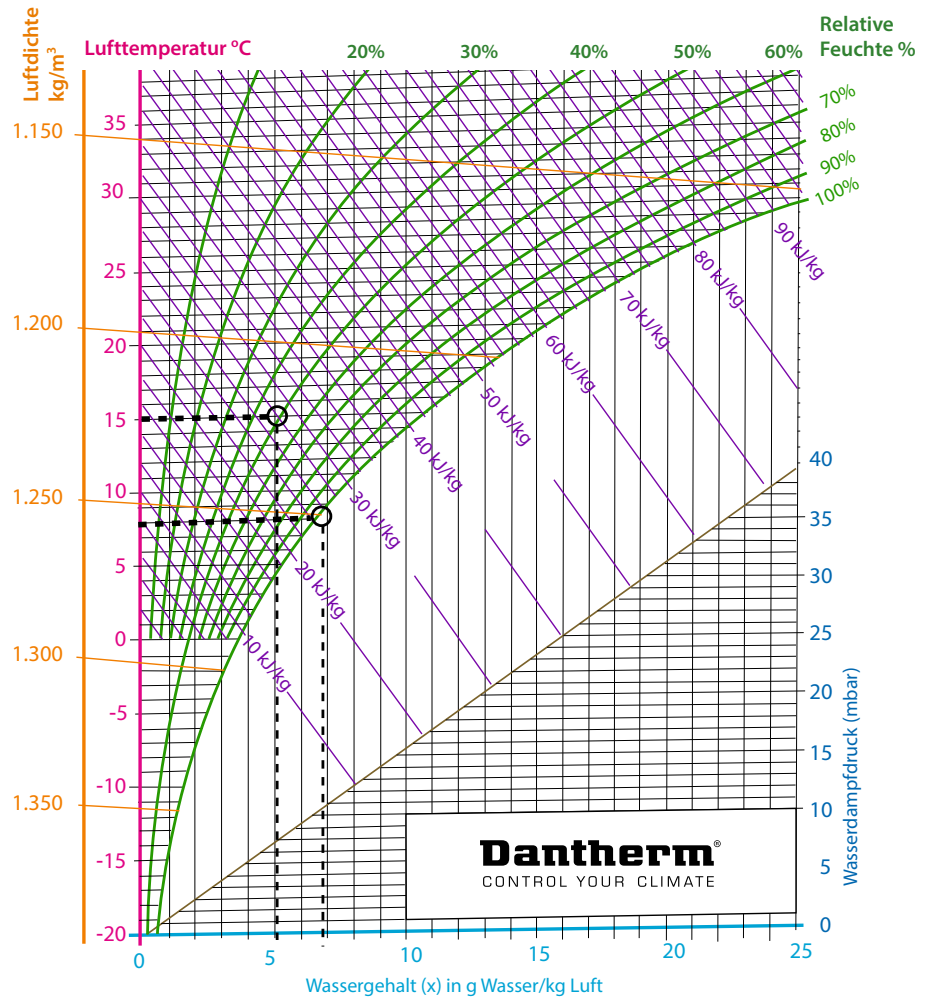
x<sub>sa</sub> = Wassergehalt in der gesättigten Luft bei Wassertemperatur  
(g Wasser/kg Luft bei 100% rF)

x<sub>1</sub> = Wassergehalt in der Luft bei gewünschtem rF-Wert und Temperatur  
(g Wasser/kg Luft)

$$W(\text{Ventilation}) = \rho * V * n * (x_1 - x_2) \text{ (siehe S. 23 für weitere Erläuterungen).}$$

In diesem Beispiel wollen wir die Entfeuchtungsleistung bestimmen, die notwendig ist, um in einem Wasserwerk bei 15°C die gewünschte relative Luftfeuchtigkeit von 50% einzuhalten. Die Größe des Wasserwerks ist 300m<sup>3</sup>, die Wasseroberfläche ist 40m<sup>2</sup> groß und die Wassertemperatur beträgt 8°C.

### Beispiel 8



#### Die Ausgangsdaten:

Raumvolumen:	300 m <sup>3</sup>
Luftwechsel:	0,3/Stunde
Wasserfläche:	40 m <sup>2</sup>
Wassertemperatur:	t = 8°C (und 100% rF)
Wassergehalt in der Luft bei Wassertemperatur:	x <sub>sa</sub> = 7 g Wasser/kg Luft (siehe h-x-Diagramm)
Gewünschte Konditionen:	t = 15°C und rF 50% > x <sub>1</sub> = 5 g Wasser/kg Luft (siehe h-x-Diagramm)

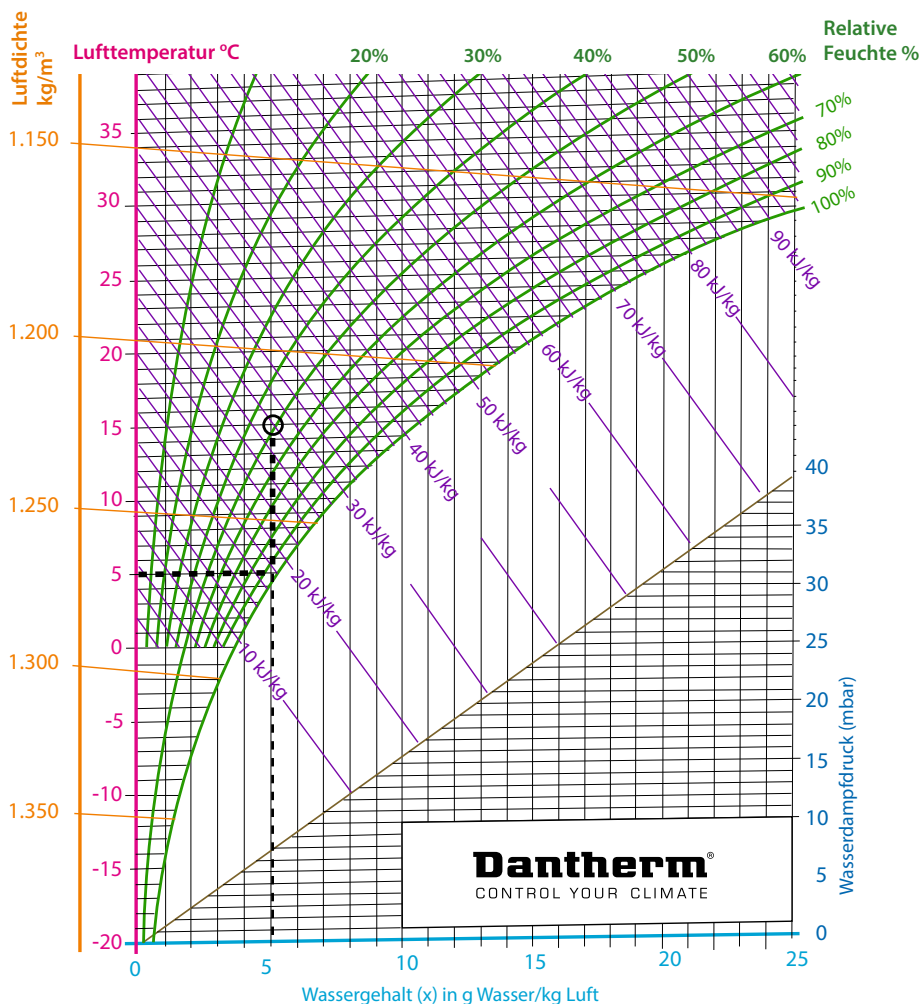
### Die Berechnung:

$$W \text{ (Wasserreservoir)} = 6,25 * 40 * (7-5) = 500 \text{ g Wasser/Stunde}$$

$$W \text{ (Ventilation)} = \rho * V * n * (x_1 - x_2) = 1,2 * 300 * 0,3 * (10-5) = 540 \text{ g Wasser/Stunde}$$

$$W \text{ (total)} = 500 + 540 = 1,04 \text{ Liter/Stunde}$$

Der Taupunkt bei 15°C Raumtemperatur und 50% relativer Luftfeuchte liegt laut h-x-Diagramm bei 5°C. Dies bedeutet, daß die Oberflächentemperatur der Leitungen bis auf 5°C fallen muss, bevor Kondensation stattfindet. Wenn die Wassertemperatur 8°C beträgt, findet keine Kondensation statt, da die Wassertemperatur über dem Taupunkt liegt.



### Empfehlung:

Zwei CDT 60 Geräte. Kapazität 0,6 Liter/Stunde je Gerät bei 15°C und 50% rF.

Wir empfehlen die beiden Geräte jeweils mit einem Hygrostaten auszustatten und diesen auf 55% rF einzustellen.



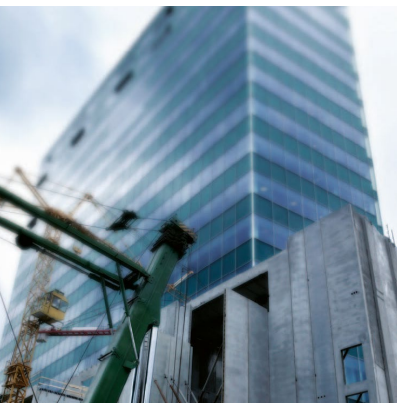
## **4.2 Quellen und Gründe für zu hohe Wassergehalte in verschiedenen Materialien**

Wie Sie bereits der Tabelle 2 entnehmen konnten wird Entfeuchtungstechnik vor allem im Zusammenhang mit Neubauvorhaben oder Wasserschäden eingesetzt, um zu hohe Wassergehalte aus Materialien zu entfernen.

Bei Wasserschäden gilt es grundsätzlich so früh wie möglich Entfeuchter einzusetzen, aber da Art und Ausmaß von Wasserschäden sehr unterschiedlich sind, ist es notwendig die richtige Herangehensweise von Fall zu Fall zu bestimmen.

Ein ganz entscheidender Faktor bei Wasserschäden ist die Zeit, die dem Wasser zur Verfügung stand, um in Mauerwerk, andere Gebäudekonstruktionen oder Einrichtungsgegenstände einzudringen. Dann ist es wichtig den Luftwechsel so gering wie möglich zu halten, um zu verhindern, dass feuchte Luft in den Raum gelangt. Die Faustregeln im Anhang geben Ihnen einige empirische Daten an die Hand, da es bei Wasserschäden oft nahezu unmöglich ist, den Entfeuchtungsbedarf absolut korrekt zu errechnen.

Bei der Trocknung von Neubauten ist es ebenfalls wichtig, den Luftwechsel gering zu halten, ganz entscheidend ist aber, ein möglichst zutreffendes Bild über den Wassergehalt in den verwendeten Materialien zu erhalten. Hinzu kommt, dass es häufig gilt, einen Termin einzuhalten, d.h. die Entfeuchtung muss in einer vorher festgelegten Zeit abgeschlossen sein.



### **4.2.1 Gebäudetrocknung in der Bauphase mit Rechenbeispiel**

Früher zogen sich die Bauarbeiten an einem durchschnittlichen Gebäude über 6-9 Monate hin und die verwendeten Materialien waren durch die natürliche Ventilation getrocknet, bis das Gebäude fertiggestellt wurde. Heute ist allerdings die Bautätigkeit wesentlich effizienter und schneller. Das heißt auch, noch vorhandene überschüssige Feuchtigkeit aus diversen Materialien muss entfernt werden, bevor das Gebäude bezogen werden kann.

Wenn Sie einen Entfeuchter auswählen wollen, um ein Gebäude zu trocknen, müssen Sie bestimmen, wie viel Wasser entfernt werden muss und welcher Zeitraum dafür zur Verfügung steht.

Dies aber ist gar nicht so einfach. In einigen Fällen ist es möglich, den Wassergehalt in Baumaterialien aus Tabellen zu entnehmen. Dabei gilt es aber zu beachten, dass bei Neubauten alles von den tatsächlich verwendeten Baumaterialien und ihren Spezifikationen abhängt. Der Wassergehalt verschiedener Baumaterialien variiert so stark, dass eine einfache Faustregel nicht aufgestellt werden kann. Siehe auch Tabelle 8 und Beispiel 9, Seite 33.

**Tabelle 8**

Wassergehalt verschiedener Baumaterialien (kg/m <sup>3</sup> )				
Materiale	Ausgangs- gehalt	Wasser- chemisch gebunden	Ange- strebter Gehalt	Wasser, das entzogen werden muss
Holz	80	-	40	40
Dachziegel	10	-	10	0
Ziegelwand	80	-	10	70
Leichtbeton	100-200	-	20	80-180
Beton K 15 II	180	42	38	100
Beton K 25 II	180	57	46	77
Beton K 40 II	180	71	51	58

Quelle: Fukthandbok, AB Svensk Byggtjänst, Stockholm

In diesem Beispiel wollen wir die Entfeuchtungsleistung berechnen, die benötigt wird, um ein neu gebautes Gebäude innerhalb von 30 Tagen zu trocknen. Das Gebäude ist 2,4m hoch, 7m breit und 16m lang. Die Wände und die Decke sind aus vorgetrocknetem Holz gefertigt. Der Boden muss allerdings getrocknet werden, da es sich um eine 10cm starke Schicht Beton K 40 II handelt.

**Beispiel 9****Die Daten:**

Zeitraum: 30 Tage  
 Umgebungsverhältnisse:  $t = 20^{\circ}\text{C}$  und 50% rF (gemittelt zwischen einer relativen Feuchte von 60% zu Beginn und 40% am Ende des Trocknungsvorgangs)  
 Volumen des Gebäudes:  $2,4 * 7 * 16 = 268,8 \text{ m}^3$   
 Material: Beton K 40 II, 10 cm (siehe Tabelle 8)

### **Die Berechnung:**

Volumen des Betons:

$$V = 16 * 7 * 0,1 = 11,20 \text{ m}^3$$

Wassergehalt im Betonboden:

$$Q = 11,20 * 58 \text{ kg Wasser/m}^3 = 649,6 \text{ kg Wasser}$$

Es müssen 649,6 Liter Wasser in 30 Tagen entfernt werden:

$$W = 649,6/30 = 21,65 \text{ Liter in 24 Stunden}$$

Empfehlung: CDT 40. Kapazität: 0,7 Liter/Stunde bei 20°C und 50% rF. Ein CDT 40 würde 16,8 Liter in 24 Stunden entfernen. Das heißt, man sollte zwei CDT 40 einsetzen.

Bedenken Sie, dass der Trocknungsprozess zu Beginn am schnellsten verläuft, da der Wassergehalt dann sehr hoch ist. Wenn die rF-Werte sinken, nimmt auch die Entfeuchtungsleistung ab.

### **4.2.2 Grundregeln für den Trocknungsprozess**

Wenn Entfeuchtung genutzt wird, um Gebäude und Materialien zu trocknen, läuft der Entfeuchter kontinuierlich. Die relative Feuchte wird schrittweise gesenkt, was neue Verdunstung aus dem feuchten Material ermöglicht. Die Stärke der Verdunstung hängt von der Raumtemperatur, dem Material und der relativen Feuchte der Luft ab.

Einer der großen Vorteile der Kondensationsentfeuchtung ist, dass sie einen gleichbleibenden und sanften Trocknungsprozess bewirkt. Wenn Zeit nicht der entscheidende Faktor ist, erzielt man den optimalen Entfeuchtungsprozess unter stabilen Bedingungen von 20°C und ungefähr 40% Luftfeuchtigkeit im Raum. Auf diese Weise bleibt eine perfekte Balance zwischen trockener Luft und feuchten Materialien erhalten, die sowohl eine zu schnelle Oberflächentrocknung vermeidet, als auch die Schädigung von vorgetrockneten Materialien, wie z.B. Parkett.

Man kann zusätzlich heizen, falls dies notwendig erscheint, sollte dabei aber bedenken, dass eine forcierte Trocknung schädlich sein kann. Es besteht das Risiko, dass nur die Oberfläche trocknet, wobei ein großer Teil der Feuchtigkeit in der Wand oder Decke verbleibt. Dies verlängert den Trocknungsprozess, da die Feuchtigkeit nicht mehr ohne weiteres durch die trockene Oberfläche nach außen dringt. Oberflächentrocknung kann zudem zu Rissen auf der Oberfläche von Wänden, Decken oder Böden führen.

Es ist wichtig, dass der Raum bzw. das Gebäude so gut wie möglich abgedichtet wird. Auch ist es wichtig darauf zu achten, dass das Gebäude gut gegen Regen und Schnee geschützt ist. Es ist notwendig zu lüften, wenn im Gebäude z.B. Malerarbeiten ausgeführt werden, aber das Gebäude sollte immer wieder dicht verschlossen werden, sobald es leer ist. Auch ist Vorsicht geboten, damit vorgetrocknete Materialien bei offenen Fenstern keine Feuchtigkeit ziehen.

Wenn der Luftwechsel im Raum nicht kontrolliert wird, machen wechselnde Umgebungstemperaturen und Luftfeuchtwerte es wesentlich komplizierter, den Trocknungsvorgang zu kontrollieren. Im Winter enthält die kalte Außenluft in der Regel nur wenig Wasser und die Feuchtigkeit im Raum wird selten dadurch merklich steigen, selbst wenn der Luftaustausch erheblich ist. Der Energieverbrauch steigt allerdings rasant, da die kalte Luft aufgeheizt werden muss. Im Sommer kann der Wassergehalt in der Luft ganz erheblich sein und es notwendig machen, wesentlich mehr Wasser aus der Luft zu entfernen, um das gewünschte Trocknungsziel zu erreichen, wenn der Raum nicht ausreichend abgedichtet ist.

In den meisten Fällen ist die Feuchtigkeit im Keller konzentriert und an Orten, an denen Wasser während des Bauens zum Einsatz kam, z.B. beim Streichen, Betonmischen usw. Es ist sinnvoll gerade an solchen Stellen den Entfeuchter aufzustellen, da er dort die größte Wirksamkeit entfaltet.

#### **4.3 Gebäude und Materialien nach einem Wasserschaden trocknen**

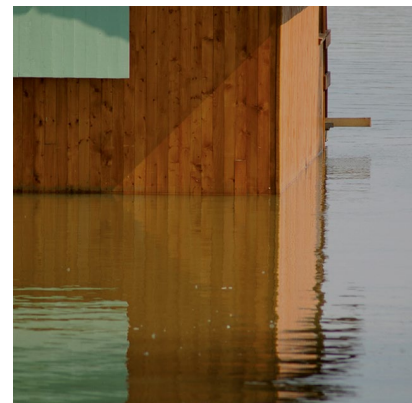
Wie bereits erwähnt ist es schwierig, exakte Regeln für die Behebung eines Wasserschadens aufzustellen, da Art und Ausmaß von Wasserschäden sehr unterschiedlich sein können. Allerdings gibt es einige Punkte, die immer bedacht werden sollten, wenn man es mit einem Wasserschaden zu tun hat.

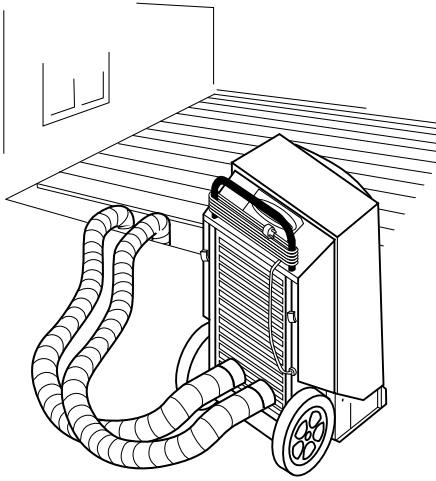
Es ist wichtig den Schaden einzudämmen, in dem man die betroffenen Gebäudeteile so schnell wie möglich abdichtet, um weitere Feuchtigkeit aus der Luft oder anderen Quellen daran zu hindern in die Räumlichkeiten einzudringen.

Genauso wichtig ist es, die Feuchtigkeit möglichst rasch zu entfernen. In vielen Fällen ist es hilfreich den Raum zu heizen, um die Verdunstung zu erhöhen. Dies ist besonders dann richtig, wenn das Wasser keine Zeit hatte tiefer in Möbel, Einrichtungsgegenstände oder Wände, Böden und andere Teile der Gebäudestruktur einzusickern und –zuziehen.

Wenn das Wasser Zeit hatte, um tief einzudringen, braucht man eine wesentlich größere Entfeuchtungsleistung, um schnell Ergebnisse zu erzielen.

Erfahrungswerte sind ganz entscheidend, um die benötigte Entfeuchtungsleistung zu ermitteln. Bitte beachten Sie dazu die Faustregeln im Anhang.





*Trocknung eines  
Wasserschadens un-  
ter einem Fußboden.*

#### **4.3.1 Wasserschäden unter Fußböden trocknen**

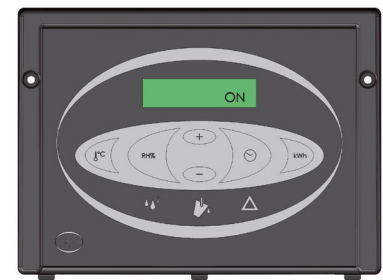
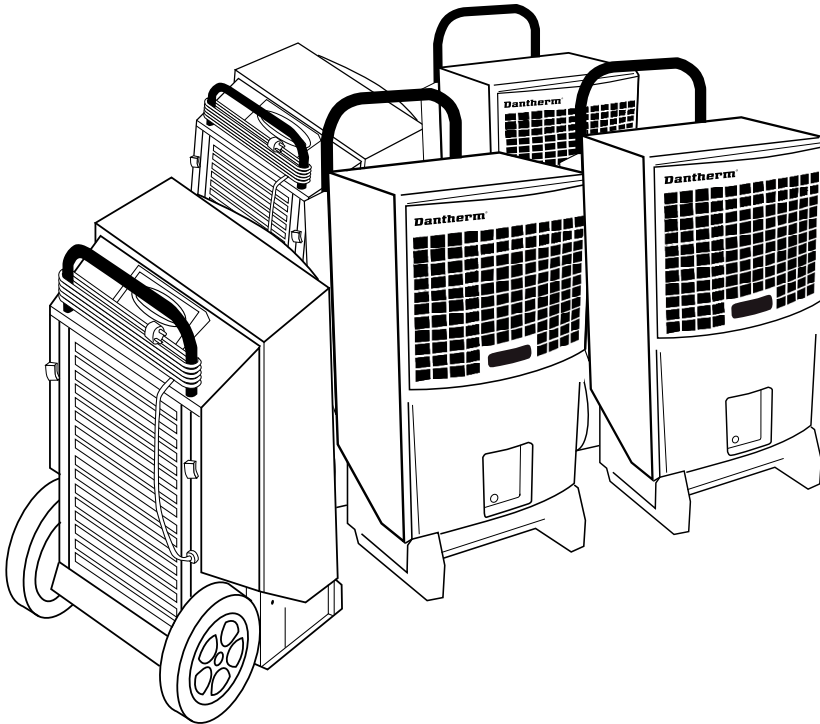
Im Falle eines Wasserschadens unter einem Fußboden ist es oft notwendig, den Fußbodenbelag aufzureißen und die darunter liegende nasse Isolation auszutauschen. Dies ist eine zeitaufwendige Arbeit und oftmals sowohl sehr umständlich als auch kostenintensiv, da der Raum komplett unbenutzbar bleibt, bis die Renovierung abgeschlossen ist.

In einer ganzen Reihe von Fällen kann allerdings ein Entfeuchter, der zusätzliche Wärme in den Trocknungsprozess einspeist, wie der CDT 30 S und der CDT 40 S, es überflüssig machen, den Boden herauszureißen und sein Einsatz damit eine Menge Geld einsparen.

Warme Luft wird von dem 1kW Heizer des Entfeuchters durch Schläuche auf der einen Seite des Raumes unter den Fußboden geführt. Um eine ausreichende Luftmenge sicherzustellen, sollten die Schläuche nicht länger als 5 Meter sein. Am anderen Ende des Raumes steigt die warme Luft durch ein Loch im Fußboden wieder auf. Auf diese Weise verdunstet Wasser aus dem Isolationsmaterial und führt diese Feuchtigkeit mit nach oben. Dies macht es möglich, den Raum während des Trocknungsprozesses zu nutzen.

Die theoretische Berechnung eines solchen Vorgangs ist sehr kompliziert. Wir empfehlen daher die Erfahrungswerte im Anhang zu nutzen.

## 5. Die CDT-Reihe von Dantherm



CDT Display

In den vorangegangenen Kapiteln sind wir auf die Wirkprinzipien der Entfeuchtung eingegangen. Wir haben auch den theoretischen Hintergrund erarbeitet, der nötig ist, um in einer gegebenen Situation den erforderlichen Entfeuchtungsbedarf zu berechnen.

In diesem Kapitel möchten wir Sie mit den Merkmalen und Vorteilen der CDT-Reihe von Dantherm sowie mit den technischen Daten und Diagrammen vertraut machen, die benötigt werden, um den jeweils richtigen Entfeuchter für eine bestimmte Aufgabe auszuwählen.

### 5.1 Anwenderfreundliche Steuerung

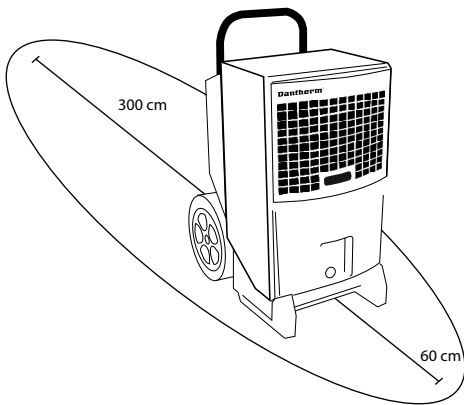
Unsere mobilen CDT-Geräte sind Hochleistungsentfeuchter, deren Steuerung, Handhabung und Transport benutzerfreundlich gestaltet sind.

Das digitale Touch-Display befindet sich zur bequemen Bedienung an der Oberseite des Entfeuchters. So lassen sich die Einstellungen einfach vornehmen, und Angaben während des Betriebs und danach sind gut ablesbar. (Bitte beachten Sie, dass ältere CDT-Geräte von Dantherm keine digitale Anzeige und Steuerung haben, sondern einen Betriebsstundenzähler und Kontrollleuchten für Betriebsbereitschaft, einen vollen Wasserbehälter und Störungsanzeige.)

Auf dem Display können Sie exakt die Raumtemperatur, die relative Luftfeuchte, die Gesamtbetriebsstundenzahl und den Gesamtenergieverbrauch ablesen. Die Angaben der Gesamtbetriebsstundenzahl und der kWh werden durch eine Batterie gespeist, so dass sie auch dann einfach angezeigt werden können, wenn der Strom abgeschaltet ist.

Sie können auch den eingebauten Hygrostat leicht regulieren, um die relative Luftfeuchte einzustellen, die der Entfeuchter erreichen soll.

Schließlich lassen sich am Bedienfeld die Service-Abstände für das CDT-Gerät einstellen. Wenn es an der Zeit ist, erscheint auf dem Display „SERVICE“, um Sie daran zu erinnern, dass Sie für den perfekten Betriebszustand Ihrer CDT-Geräte sorgen sollten. Die digitale Steuerung gestattet auch eine Selbstdiagnose und Fehlererkennung, um sehr häufige Ursachen für Störungen festzustellen.



*Aufstellung des CDT Entfeuchters*

## 5.2 Nutzerfreundliches Design

Besondere Aufmerksamkeit galt den Gestaltungseigenschaften, die das Handling und den Transport erleichtern. Ein mobiler Entfeuchter muss robust genug sein, um ein - wenn auch nicht übermäßig grobes - Zupacken beim Be- und Entladen der Fahrzeuge zu überstehen. Das Schutzgehäuse, das hoher Beanspruchung gerecht wird, und die robuste Bauweise der CDT-Produktpalette sorgt für eine lange Lebensdauer mit harter Arbeit.

Wichtig ist die Aufstellung des CDT. Sie sollten immer für mindestens 60 cm Platz zwischen Luftansaugung und Wand und mindestens 300 cm für den Luftaustritt sorgen. Stellen Sie das Gerät niemals in die Nähe einer Heizungsquelle.

Für eine optimale Positionierung in jeder Situation haben alle CDT-Geräte große Gummiräder und verstellbare Griffe (mit Ausnahme von CDT 90). Sie werden überrascht sein, wie einfach und sicher sich das CDT-Gerät bewegen lässt, sogar treppauf und treppab und über scheinbar unpassierbare Flächen.

Ein geringes Gewicht und eine optimale Gewichtsverteilung machen das Handling und den Transport noch leichter. Zudem sind CDT-Geräte so gestaltet, dass sie gestapelt werden können und so bei Transport und Lagerung möglichst wenig Platz einnehmen.

Während des Betriebs werden Sie den geringen Geräuschpegel und die einfache Handhabung des Wasserbehälters schätzen lernen.

## 5.3 Energieeffizienz

Natürlich geht es Ihnen hauptsächlich um die Leistungsfähigkeit eines mobilen Entfeuchters, doch ist der Energieverbrauch fast ebenso wichtig. Besondere Aufmerksamkeit wurde darauf verwandt, jedes CDT-Gerät so energieeffizient wie möglich auszulegen, um die Gesamtkosten der Entfeuchtung zu verringern.

Tabelle 9 gibt Ihnen einen schnellen Überblick über den spezifischen Energieverbrauch der CDT-Reihe für unterschiedliche Temperaturen und relative Luftfeuchten. SEC =

	Arbeitsbereich - Feuchte		Working range, humidity	Luftleistung	Entfeuchtungskapazität, 20 °C/60% rF	Entfeuchtungskapazität, 30 °C/80% rF	Spezifischer Energieverbrauch 20 °C/60% rF	Spezifischer Energieverbrauch 30 °C/80% rF	Netzanschluss	Leistungsaufnahme, 20 °C/60% rF	Schalldruckpegel in 1 m Abstand	Grösse des Wasserbehälters	Gewicht
Modell	°C	% rF	m <sup>3</sup> /h	LWasser /24 h	LWasser /24 h	kWh/L	kWh/L	V/ 50 Hz	W	dB(A)	L	Kg	
CDT 30	3-32	40-100	250	13	31	0.85	0.47	230	461	56	7	32	
CDT 30 S	3-32	40-100	350/ 300*	13	34	0.86	0.43	230	456	60	7	34	
CDT 40	3-32	40-100	350	22	39	0.66	0.50	230	614	59	14	43	
CDT 40 S	3-32	40-100	560/ 460*	19	42	0.83	0.47	230	664	62	14	46	
CDT 60	3-32	40-100	725	29	62	0.67	0.43	230	800	62	14	47	
CDT 90	3-32	40-100	1000	41	94	0.71	0.42	230	1214	62	-	62	

\* Mit 5 m langen Schläuchen montiert.

**Tabelle 9**

tatsächlicher Stromverbrauch/Leistung in Litern/Stunde, gemessen als kWh/l. Doch für den Alltagsgebrauch ermöglicht Ihnen die Digitalanzeige des Geräts die genaue Ablesung der tatsächlich aufgelaufenen kWh, die für Ihre Entfeuchtungsaufgaben verbraucht wurden.

$$SEC = \frac{kW}{l/h} = \frac{kWh}{l}$$

Bei der Betrachtung des Gesamtenergieverbrauchs beim Einsatz eines Entfeuchters dürfen Sie auch die erhebliche Wärmemenge nicht außer Acht lassen, die der Kondensator während des Vorgangs abstrahlt. Allein hier sparen Sie Energie, da Sie diese Wärme nicht aus anderen Energiequellen zuführen müssen.

Nehmen wir beispielsweise ein CDT 30, das bei 20°C und 60% rF arbeitet. Nach Tabelle 9 werden 461W für das Entfeuchten von 0,54 l/h benötigt (vgl. Leistungsdiagramm, Seite 40). Diese 461W Energie werden in Wärme umgewandelt und heizen die Umgebung.

Die Wärmeenergie aus dem Kondensieren 1 Liters Wasser aus der Luft bei 20°C beträgt etwa 680Wh, somit beträgt die Verdampfungswärme eines CDT 30  $680 * 0,54 = 367W$ . Insgesamt bedeutet das, dass der Entfeuchter  $461 + 367 = 828W$  Wärme an den Raum abgibt. Dieser Wärmeeintrag ist der Grund für den Anstieg der Lufttemperatur, nachdem die Luft den Entfeuchter durchströmt hat.

Beispiel 2 auf Seite 8 zeigt einen Anstieg der Lufttemperatur um 8°C als Ergebnis des Entfeuchtungsvorgangs.

Für weitergehende technische Angaben und optionales Zubehör nutzen Sie bitte die Datenblätter der einzelnen Geräte der CDT-Reihe, die bei Dantherm erhältlich sind.

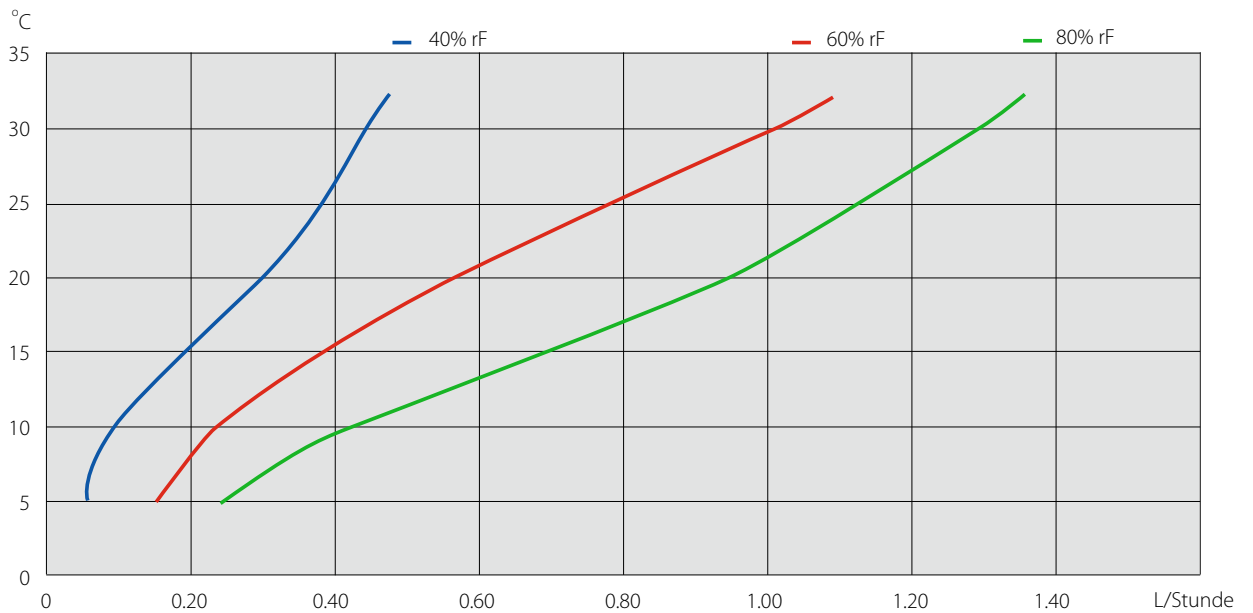


### 5.4 Wahl des passende Entfeuchters

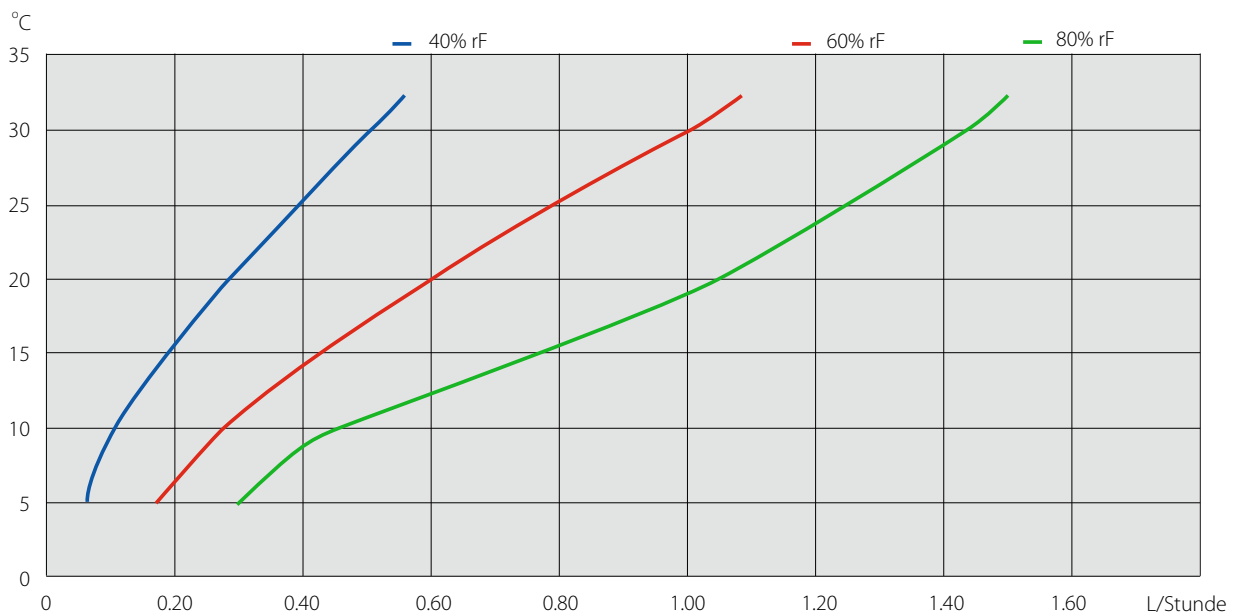
Die Kapazitätsdiagramme in diesem Kapitel sind der Schlüssel zur Wahl des passenden Entfeuchters für eine spezielle Aufgabe. Es sollte immer ein Entfeuchter gewählt werden, dessen Kapazität mindestens dem errechneten Entfeuchtungsbedarf entspricht.

Sie finden hier ein Diagramm für jeden Gerätetyp aus der CDT-Serie. Die drei Kurven im Diagramm zeigen die Kapazität für 40%, 60% und 80% rF. Werte für z.B. 50% oder 70% rF erhalten Sie, wenn Sie zwischen den Kurven interpolieren.

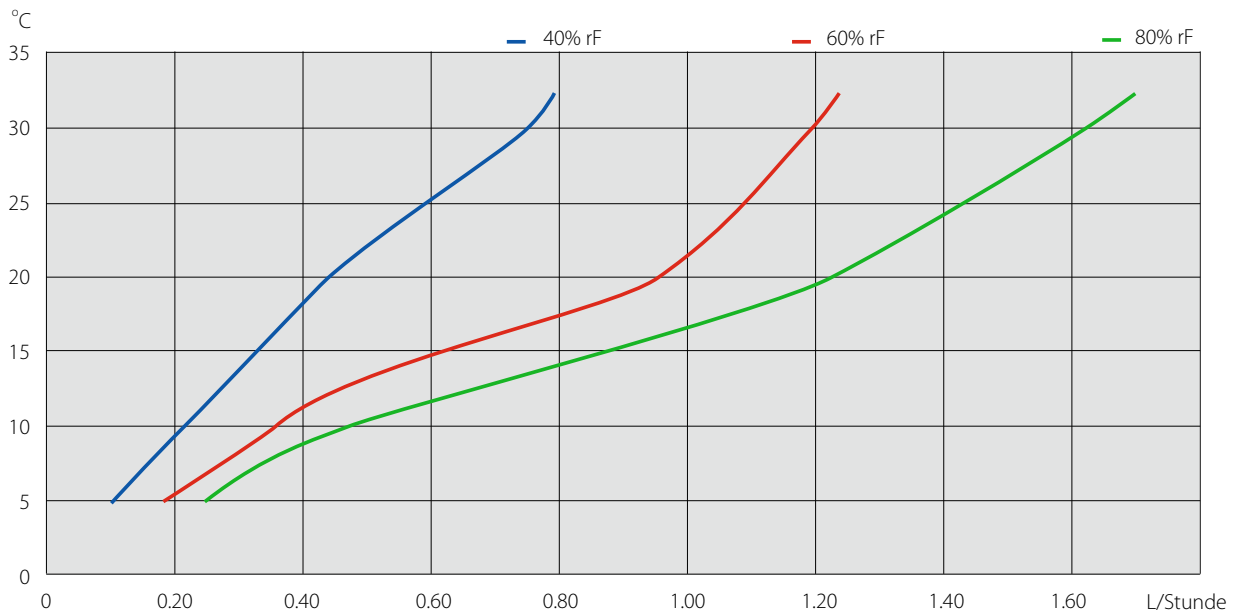
#### CDT 30



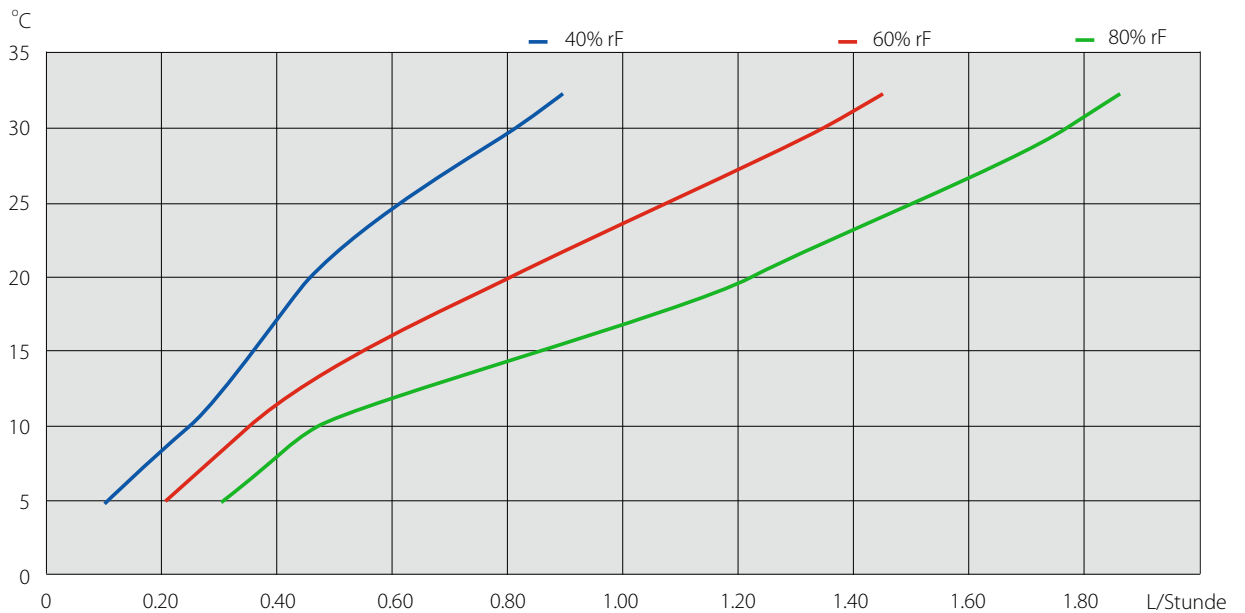
#### CDT 30 S



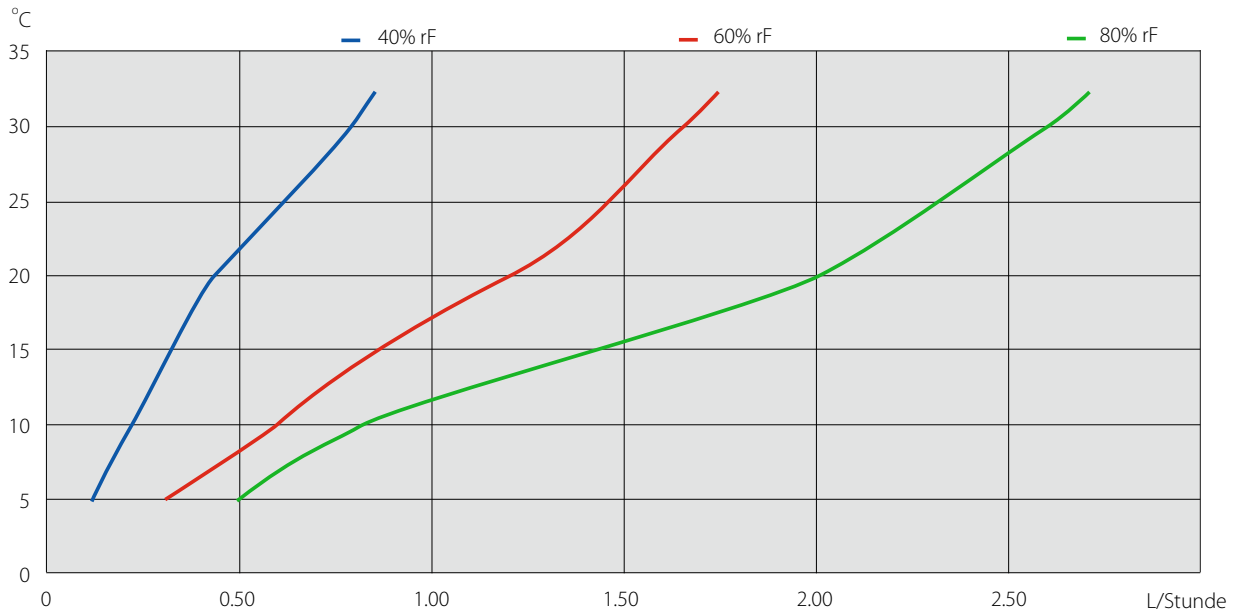
### CDT 40



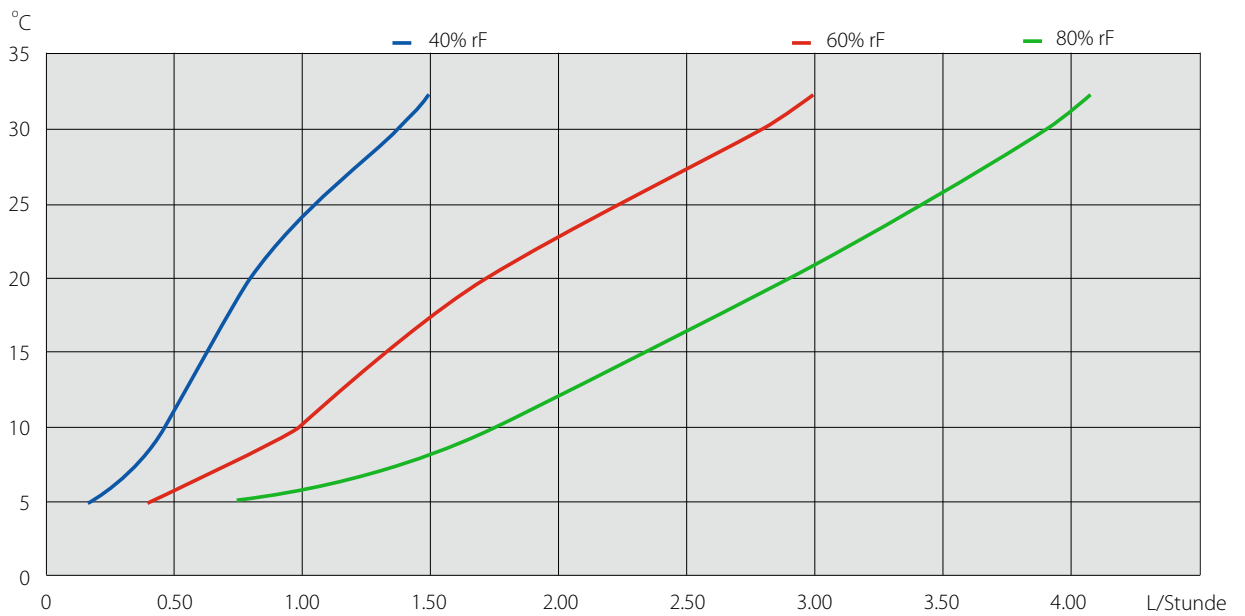
### CDT 40 S



### CDT 60



### CDT 90



## Anhang

### Schnellübersicht – Faustregeln

In vielen Fällen ist es nicht unbedingt nötig alle ausführlichen Berechnungen durchzuführen, die in diesem Handbuch beschrieben sind. Die Erfahrung erlaubt es, einige Abkürzungen zu nehmen, wenn es um die Wahl des passenden mobilen Entfeuchters geht. Diese empirisch ermittelten Daten finden Sie in der unten stehenden Tabelle zusammen mit einigen Faustregeln, die auf die Probleme Bezug nehmen, die in den Beispielen in diesem Handbuch gelöst wurden.

W bezeichnet die Menge Wasser, die der Luft entzogen wird in g/Stunde

V bezeichnet das Raumvolumen in m<sup>3</sup>

Problem	Anforderung	Typische Orte	Angenommener Luftwechsel	Faustregeln
	Gutes Raumklima	Bürogebäude, Wohnungen, Konferenzräume	0,5 je Stunde	$W = V \times 2,0$ (g/Stunde)
Überschüssige Feuchte in der Luft	Erhalt und Schutz von Gütern und Materialien	Museen, Ausstellungen, Lager für empfindliche Güter, Wasserwerke	0,3 je Stunde	$W = V \times 1,2$ (g/Stunde)
Überschüssige Feuchte in Material	Reparatur von Wasserschäden*	Nach Überschwemmungen, Wasserrohrbrüchen usw.	So gering wie möglich	$W = V \times 4,0$ (g/Stunde)

\*Bei einer angesetzten Trocknungszeit von 8-12 Tagen

Bitte beachten Sie, dass bei der Trocknung von Neubauten alles von den verwendeten Materialien abhängt, eine einfache Faustregel ist dabei unbrauchbar. Tabelle 8 und Beispiel 9 geben Hinweise zur korrekten Berechnung.

#### 1. Gutes Raumklima herstellen

Wenn die gewünschte relative Luftfeuchtigkeit bei ungefähr 50% liegt, nutzen Sie folgende Formel:

$$W = V \times 2,0 \quad (\text{g/Stunde})$$

**Beispiel:**  $V = 500\text{m}^3 > W = 2,0 \times 500 = 1.000$  g/Stunde.

**Empfehlung:** Zwei CDT 40 Geräte. Kapazität jeweils: 0,65 Liter/ Stunde bei 20°C und 50% rF.

#### 2. Erhalt und Schutz von Materialien

Wenn die gewünschte Luftfeuchtigkeit um 50% beträgt, nutzen Sie diese Formel:

$$W = V \times 1,2 \quad (\text{g/Stunde})$$

**Beispiel:**  $V = 450\text{ m}^3 > W = 1,2 \times 450 = 540$  g/Stunde

**Empfehlung:** Ein CDT 40. Kapazität: 0,65 Liter/ Stunde bei 20°C und 50% rF.

### 3. Reparatur von Wasserschäden

Bei einer angenommenen Trocknungszeit von 8-12 Tagen und bei durchschnittlichen Konditionen von 20°C Raumtemperatur und 50% rF (zu Beginn 60%, der Prozess endet bei ca. 40%) können Sie folgende Formel nutzen:

$$W = V \times 4,0 \quad (\text{g/Stunde})$$

**Beispiel:**  $V = 280 \text{ m}^3 > W = 4 \times 280 = 1.120 \text{ g/Stunde}$

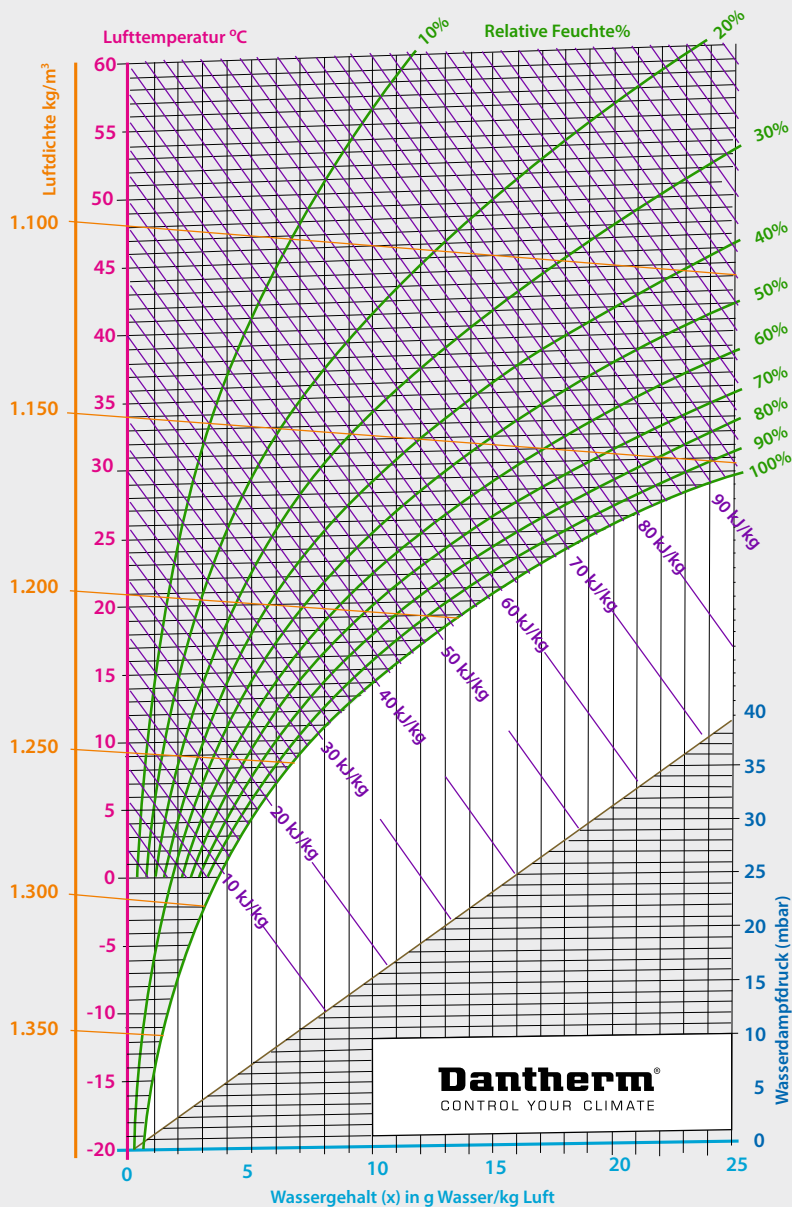
**Empfehlung:** Zwei CDT 40 S Geräte. Kapazität jeweils: 0,60/Liter je Stunde bei 20°C und 50%rF. Wir empfehlen den Einsatz von S-Modellen mit einem größeren Luftvolumen und einem eingebauten 1kW-Heizer, um die Verdunstung aus den Materialien und somit den ganzen Entfeuchtungsprozess zu beschleunigen.

Raumvolumen (V)	CDT 30 (S)	CDT 40 (S)	CDT 60	CDT 90
< 200 m <sup>3</sup>	2 Stck.	1 Stck.	1 Stck.	1 Stck.
200 - 300 m <sup>3</sup>	3 Stck.	2 Stck.	2 Stck.	1 Stck.
300 - 500 m <sup>3</sup>	5 Stck.	3 Stck.	3 Stck.	2 Stck.
500 - 750 m <sup>3</sup>	7 Stck.	4 Stck.	3 Stck.	2 Stck.





# h-x-Diagramm nach Mollier



## Erklärungen

### Luftwechsel n (pro Stunde)

Unter Luftwechsel versteht man den Austausch der Raumluft. Eine Luftwechselrate von 1/Stunde bedeutet, dass das gesamte Luftvolumen des Raumes innerhalb einer Stunde genau einmal ausgetauscht wird.

### Luftdichte p (kg/m³)

Das spezifische Gewicht der Luft. Die Luftdichte sinkt mit steigenden Temperaturen. Als Durchschnittswert wird gewöhnlich 1,2 kg/m³ angewendet. Dies entspricht einer Lufttemperatur von 15-25°C.

### Lufttemperatur

Die durchschnittliche Raumtemperatur. Manchmal ist es sinnvoll, die Lufttemperatur in der Nähe von kalten Oberflächen zu messen, da dies die Punkte sind, wo Kondensation anfängt.

### Kondensation

Die Umwandlung von Wasserdampf in Wasser. Dies geschieht bei Erreichen des Taupunktes (siehe unten).

### Taupunkt

Der Taupunkt bezeichnet die Temperatur, bei der die Feuchtigkeit in der Luft an einem Gegenstand kondensiert. Er wird in °C angegeben. Der konkrete Wert ist im Einzelfall abhängig von der Lufttemperatur, der Temperatur des Gegenstandes und der relativen Luftfeuchtigkeit.

### Enthalpie h (kJ/kg Luft)

Der Energiegehalt der Luft. Die Enthalpie ist definiert mit 0 kJ/kg Luft bei 0°C.

### Verdampfer

Eine kalte Rohr- und / oder Lamellenfläche innerhalb eines Kondensationstrockners, an der die Luft unter den Taupunkt gekühlt wird und dadurch der Wasserdampf zu Wasser kondensiert und abläuft. Die Bezeichnung kommt daher, dass im Verdampfer flüssiges Kältemittel verdampft und dadurch kalt wird.

### Hygrostat

Ein Gerät, das die relative Feuchtigkeit misst und mit den ermittelten Messwerten eine lufttechnische Anlage steuert.

### Mollier, Richard (1863 – 1935)

Professor in Dresden. Entwickelte das h-x-Diagramm (siehe Seite 14).

### Relative Luftfeuchtigkeit (% rF)

Die Maßeinheit für den Wasserdampfgehalt in der Luft. Sie bezeichnet das Verhältnis von absoluter zu der für die herrschende Temperatur bei Sättigung möglichen maximalen Luftfeuchtigkeit, in Prozent. Je höher dieser Wert ist, desto feuchter ist die Luft, d. h. desto mehr Wasser ist in der Luft gebunden. Bei 100 % rF ist die Luft mit Wasser gesättigt und kann keine weitere Feuchtigkeit mehr aufnehmen.

### Spezifischer Energieverbrauch

Leistungsaufnahme/Entfeuchtungsleistung in Litern pro Stunde, gemessen als kWh/L (siehe Seite 38).

### Absolute Luftfeuchtigkeit W (g Wasser/kg Luft)

Der Wassergehalt in der Luft, angegeben in Gramm pro Kilogramm Luft.

**1 kg Wasser entspricht 1 Liter Wasser**

## Die Parameter im h-x-Diagramm nach Mollier

<b>Luftdichte (p)</b>	Die vertikale Achse in <b>orange</b> ganz links. Lesen Sie die Luftdichte ab, indem sie den abfallenden orangen Linien im Diagramm folgen. Luftdichte ist die spezifische Masse angegeben in kg/m³.
<b>Lufttemperatur (t)</b>	Die vertikale Achse in <b>pink</b> links mit den dazugehörigen ganz leicht ansteigenden horizontalen Linien. Temperaturangaben in °C.
<b>Enthalpie (h)</b>	Die <b>violetten</b> Diagonalen. Die Enthalpie ist der Wärmeenergiegehalt der Luft gemessen in kJ/kg Luft. Die Skala beginnt bei 0°C/0% rF = 0 kJ/kg.
<b>Relative Feuchte (rF)</b>	Die <b>grünen</b> Kurven. Die relative Luftfeuchtigkeit ist die Maßeinheit für den Wasserdampfgehalt in der Luft. Sie bezeichnet das Verhältnis von absoluter zu der für die herrschende Temperatur bei Sättigung maximal möglichen Luftfeuchtigkeit in Prozent.
<b>Wassergehalt (x)</b>	Die <b>hellblaue</b> horizontale Achse an der Basis. Der tatsächliche Wassergehalt gemessen in g Wasser/kg Luft.
<b>Wasserdampfdruck (p)</b>	Die vertikale <b>blaue</b> Achse rechts. Der Wasserdampfdruck in mbar wird abgelesen, um den partiellen Wasserdampfdruck zu bestimmen (selten angewandt für die Berechnung der Entfeuchtungsleistung). Die <b>braune</b> Diagonale in der unteren Hälfte des Diagrammes ist eine Hilfslinie, um diesen partiellen Wasserdampfdruck zu bestimmen.



# INFO ZUR DANTHERM GROUP

## Control your climate

Die Dantherm Group gehört zu den führenden Anbietern von Produkten und Lösungen im Bereich Klimatechnik. Die Unternehmen der Dantherm Group verfügen über mehr als 60 Jahre Erfahrung in der Entwicklung und Fertigung hochwertiger und energieeffizienter Produkte in den Marktbereichen Heizung, Kühlung, Trocknung und Lüftung für verschiedenste mobile und fest installierte Anlagen.

Jedes Jahr investiert Dantherm Group intensiv in die Produktentwicklung, um sich auch weiterhin eine führende Position im Wettbewerb zu sichern, und passt die Produkte fortlaufend an Veränderungen bei Marktbedingungen und gesetzlichen Anforderungen an.

Zur Dantherm Group gehören verschiedene starke Marken, die im Bereich mobiler Anlagen, Pools, Gewerbe/Industrie und Wohngebäude hervorragend aufgestellt sind.

Kunden von Dantherm Group profitieren von unserer umfassenden Wissensbasis sowie unseren Erfahrungen und Kenntnissen, die wir dank drei Millionen verkauften Klimatisierungsprodukten und -lösungen gewonnen haben.

## Weltumspannend

Der Hauptsitz der Dantherm Group befindet sich im dänischen Skive; darüber hinaus gibt es Marktpräsenzen in Norwegen, Schweden, Großbritannien/Nordirland, Deutschland, der Schweiz, Italien, Spanien, Polen, Russland, China und in den Vereinigten Arabischen Emiraten.

Im Jahr 2016 wurde die Dantherm Group durch den schwedischen Aktienfonds Procuritas Capital Investors V LP übernommen – einem starken Eigentümer, der sich die Fortsetzung von Entwicklung und Wachstum des Unternehmens zum Ziel gesetzt hat.

**AERIAL**<sup>®</sup>

 **calorex**

**Dantherm**<sup>®</sup>

 **MASTER**<sup>®</sup>  
CLIMATE SOLUTIONS

## Dantherm A/S

Marienlystvej 65 | DK-7800 Skive  
Tel. +45 96 14 37 00 | Fax +45 96 14 38 20  
info@dantherm.com | www.dantherm.com

