

# Adsorptions- Luftentfeuchtung

*Warum?*

*Wie?*



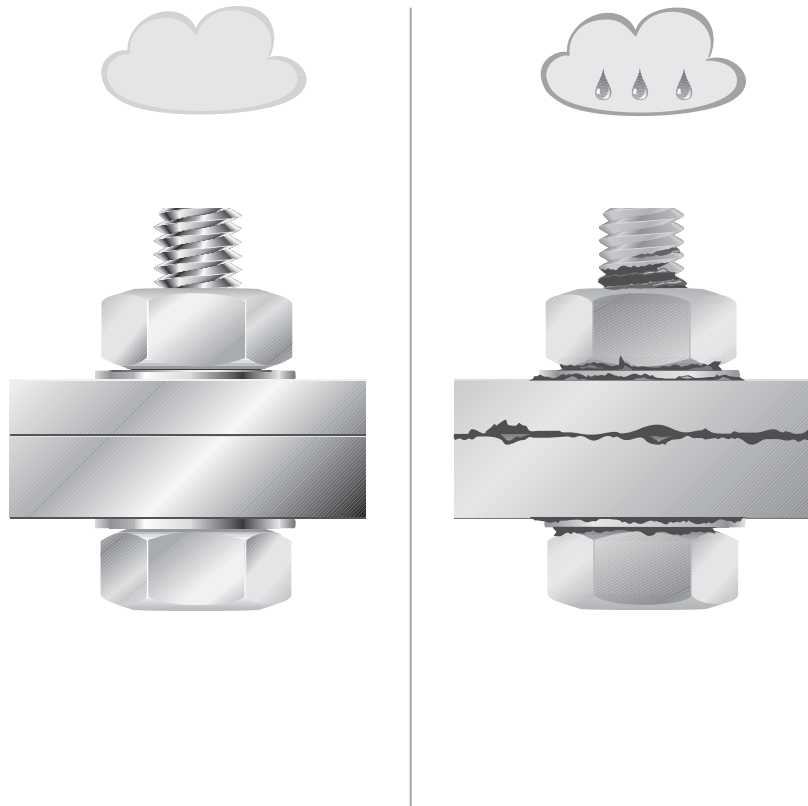
# INHALT

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| Weshalb?                                       | 4  |
| Korrosion                                      | 4  |
| Kondensation                                   | 4  |
| Eisbildung                                     | 5  |
| Umgang mit hygroskopischen Stoffen             | 5  |
| Austrocknen von Gebäuden                       | 6  |
| Produkt Trocknung                              | 6  |
| Schimmel                                       | 6  |
| Elektronik                                     | 7  |
| Bakterien                                      | 7  |
| Gerüche                                        | 7  |
| Wieviel?                                       | 8  |
| Ermitteln, welches Klima benötigt wird         | 8  |
| Feuchtigkeitsbelastung durch Lüftung           | 8  |
| Feuchtigkeitsbelastung durch Menschen          | 8  |
| Feuchtigkeitsbelastung durch Wasseroberflächen | 8  |
| Aus Produkten austretende Feuchtigkeit         | 8  |
| Feuchtigkeitsbelastung durch Diffusion         | 8  |
| Auswahl eines Entfeuchters                     | 9  |
| Feuchtigkeitsbelastung                         | 9  |
| Prozesslufteintrittsklima                      | 9  |
| Regenerationslufteintrittsklima                | 9  |
| Der Prozess der Adsorptionstrocknung           | 10 |
| Recusorb R                                     | 10 |
| Recusorb DR                                    | 11 |
| Consorb                                        | 11 |
| Frigosorb                                      | 11 |
| Econosorb                                      | 11 |
| Rotor                                          | 12 |
| Struktur                                       | 12 |
| Trockenmittel                                  | 12 |
| Staub vom Rotor                                | 13 |
| Abwaschbarer Rotor                             | 13 |
| Bakterienbildung                               | 13 |
| Installationshinweise                          | 14 |
| Raumtrocknung                                  | 14 |
| Trocknung von Objekten                         | 14 |
| Entfeuchter im Lüftungssystem                  | 16 |
| Taupunkte der Welt                             | 17 |
| Europa                                         | 17 |
| Asien                                          | 18 |
| Australien                                     | 20 |
| Afrika                                         | 20 |
| Nordamerika                                    | 20 |
| Südamerika                                     | 21 |
| Tabelle der Dampfdrücke und absoluten Feuchten | 22 |
| h,x-Diagramm                                   | 25 |

# Weshalb?

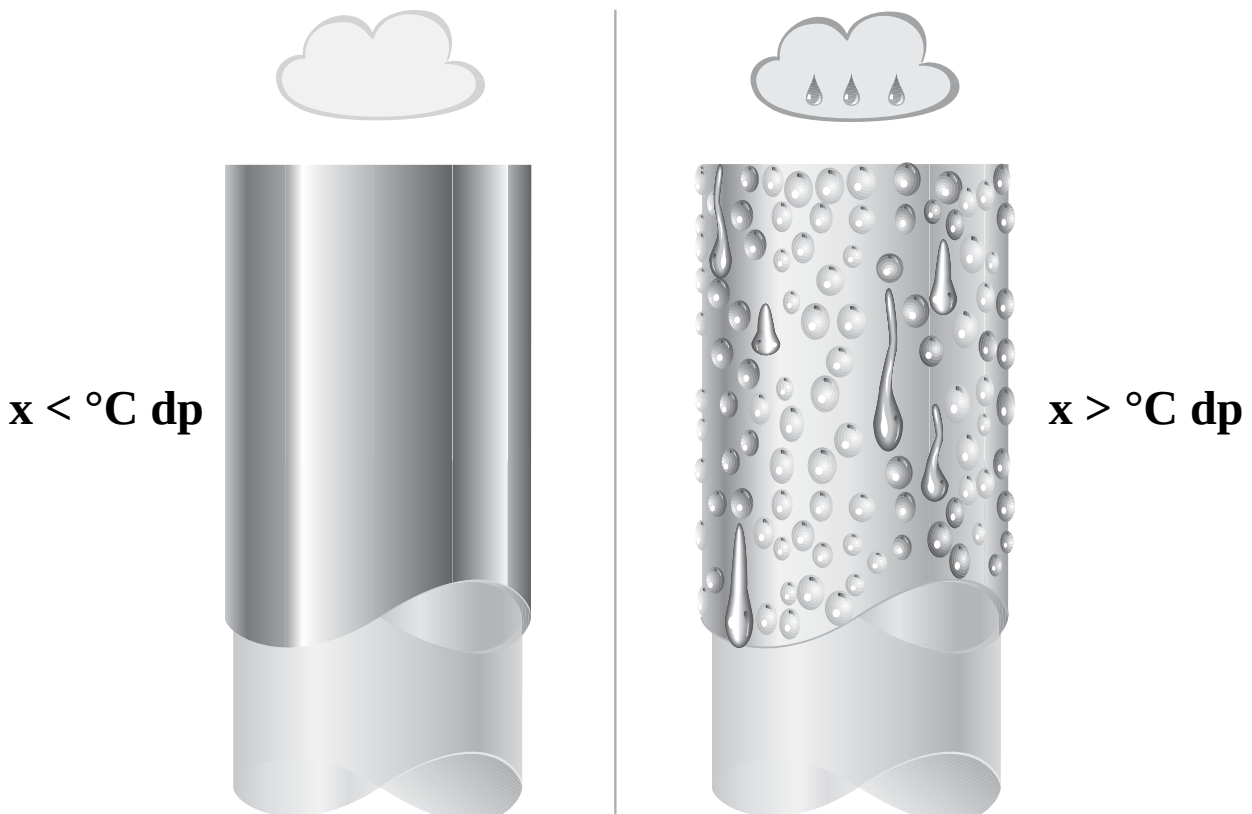
## Korrosion

Eisen und Stahl rosten nicht, wenn die Luft über der Oberfläche eine relative Feuchtigkeit von unter 50 % aufweist.



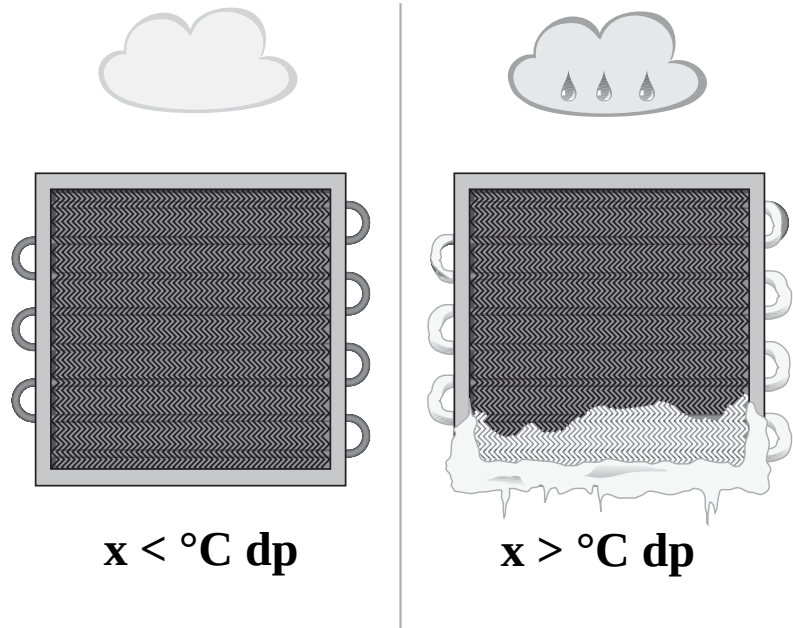
## Kondensation

Auf einer Oberfläche entsteht keine Kondensation, wenn die mit ihr in Kontakt stehende Luft einen Taupunkt hat, der unter der Oberflächentemperatur liegt.



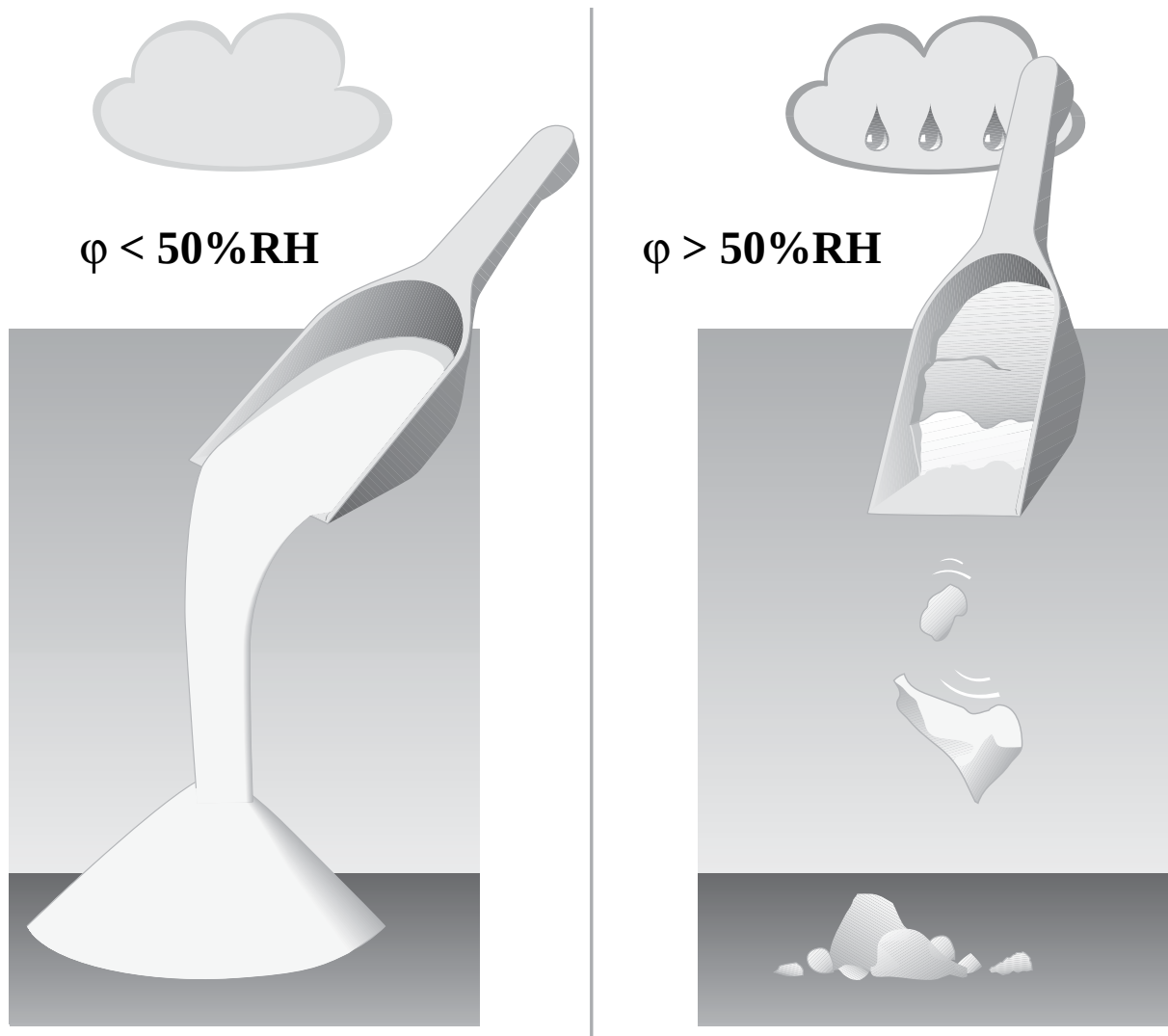
## Eisbildung

Auf einer Oberfläche bildet sich kein Eis, wenn die mit ihr in Kontakt stehende Luft einen Taupunkt aufweist, der unter der Oberflächentemperatur liegt.



## Umgang mit hygroskopischen Stoffen

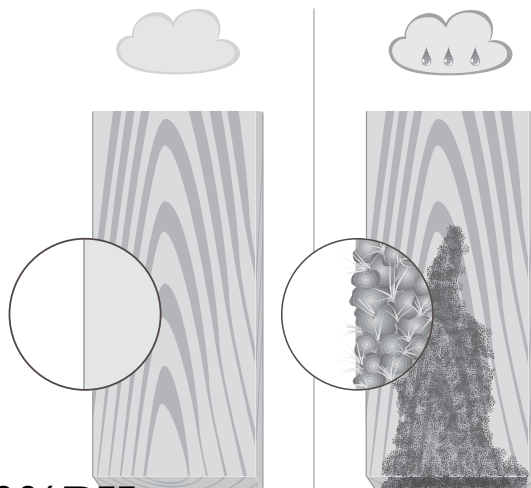
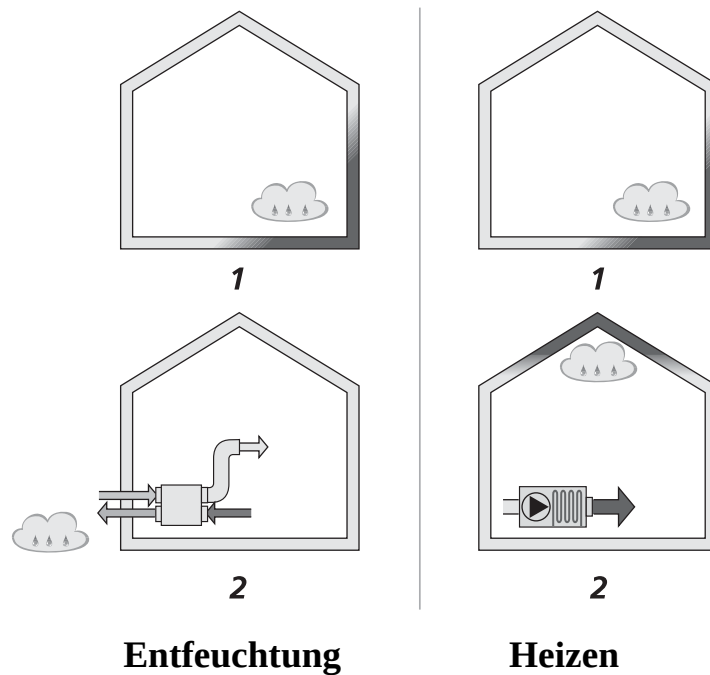
Die Qualität von Trockenarzneimitteln, trockenen Nahrungsmitteln, Hartsüßwaren und anderen hygroskopischen Materialien kann von der Produktion bis zum Kunden nur dann aufrecht-erhalten werden, wenn diese Produkte nur mit Luft einer geringen relativen Feuchte in Kontakt treten. Die meisten hygroskopischen Stoffe sind bei einer relativen Feuchtigkeit von unter 50% „komfortabel“. Es gibt jedoch auch Materialien wie z. B. Instantpulver für Getränke, die eine Luftfeuchtigkeit von unter 15% benötigen.



## Austrocknen von Gebäuden

Beim Beseitigen der Feuchtigkeit aus Gebäuden, Neubauten oder Gebäuden mit Wasserschaden ist es am effektivsten, auf das Trocknungsverfahren zurück-zugreifen. Durch Heizen wird die Feuchtigkeit nur zu anderen Gebäudeteilen bewegt; Heizen in Verbindung mit Außenlüftung erzeugt hohe Energiekosten.

Mit einem Adsorptionsentfeuchter kann die Feuchtigkeit in sehr energieeffektiver



$\phi < 70\%RH$

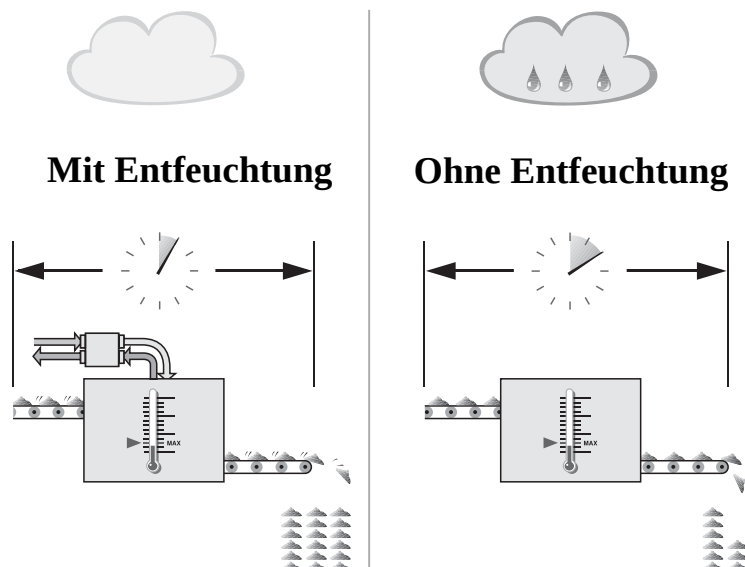
$\phi > 70\%RH$

## Schimmel

Schimmelpilz- oder Pilzbefall wird verhindert, wenn die Umgebungsluft auf unter 70 % relativer Feuchtigkeit gehalten wird.

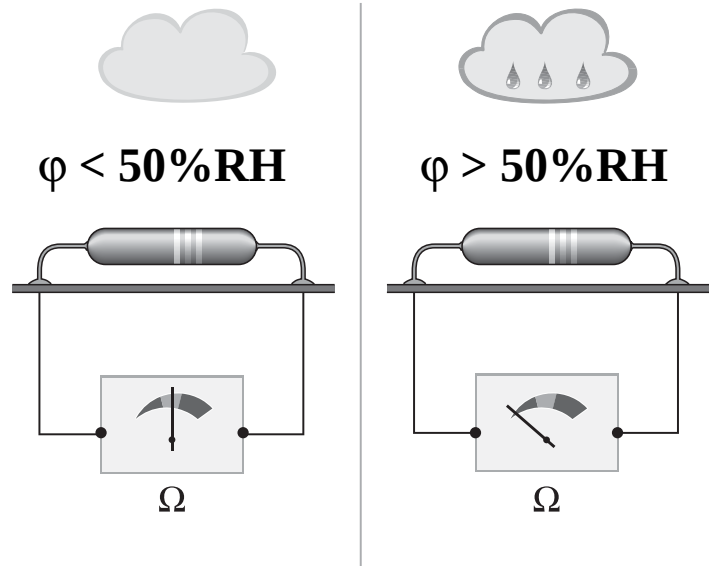
## Produkttrocknung

Beim Trocknen von Produkten bei niedriger relativer Feuchtigkeit, muss rasch gehandelt werden. Wenn die zu trocknenden Produkte Empfindlichkeit gegenüber hohen Temperaturen aufweisen, kann die niedrige relative Feuchte nur mittels Entfeuchtung erreicht werden.



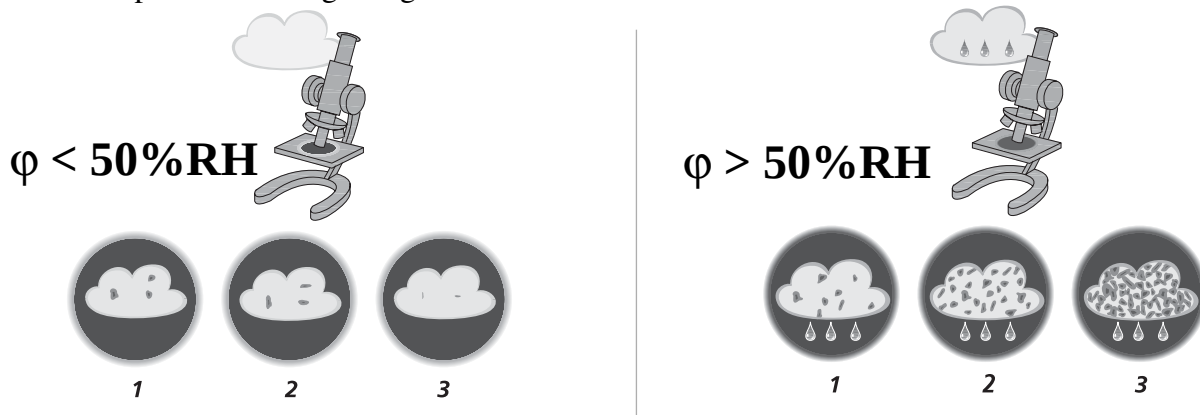
## Elektronik

Die Eigenschaften elektronischer Erzeugnisse ändern sich bei hoher relativer Feuchte.



## Bakterien

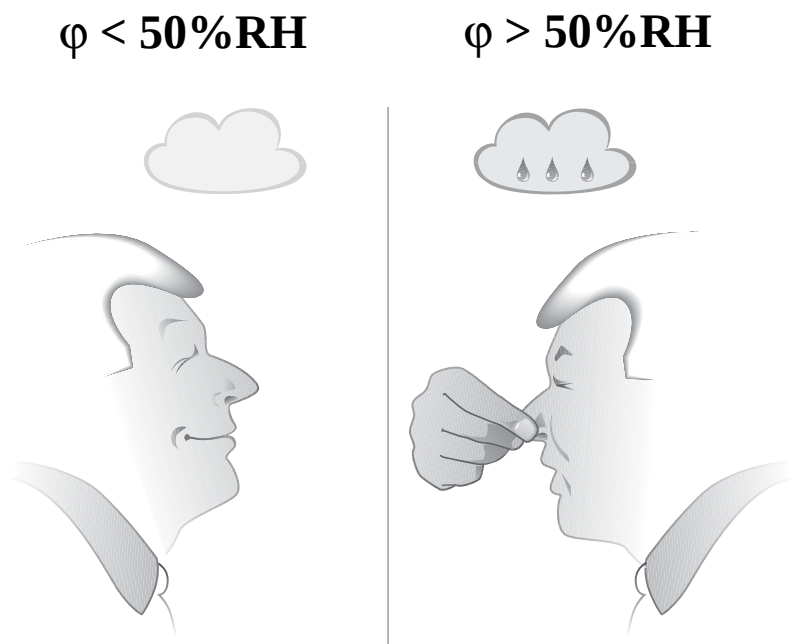
Bakterien benötigen zum Überleben und zum Wachstum Feuchtigkeit. Oft findet sich die von Bakterien zum Wachstum benötigte Feuchtigkeit auf hygroskopischem Material. Wird die relative Feuchtigkeit der Umgebungsluft unter 50 % gehalten, fehlt den Bakterien zur Vermehrung die entsprechende Umgebung.



## Gerüche

Schlechte Gerüche werden drastisch reduziert, wenn die relative Feuchte unter 50 % gehalten wird.

Entfeuchtung Heizen Mit  
Entfeuchtung Ohne Ent-  
feuchtung



# <sup>8</sup>Wieviel?

## Ermitteln, welches Klima benötigt wird.

Wie verursacht Feuchtigkeit Probleme? Handelt es sich dabei um die relative oder die absolute Feuchtigkeit? Auch die Temperatur muss bekannt sein, um die Größe des Entfeuchters zu berechnen.

## Feuchtigkeitsbelastung durch Lüftung

Beim Entfeuchten eines Raumes sollte möglichst nicht gelüftet werden. Normalerweise gibt es eine gewisse Lüftung im Raum, wenn die Türen geöffnet werden, oder die notwendige Lüftung für die sich im Raum befindlichen Menschen. Ein dichter Raum kann nur 0,1 Luftwechsel pro Stunde aufweisen, ein nicht so dichter Raum, zum Beispiel mit häufig öffnenden Türen kann 0,3 Luftwechsel pro Stunde aufweisen. Normalerweise handelt es sich bei der Lüftungsluft um Außenluft, deren Auslegungsfeuchtigkeitsgehalt ermittelt werden muss, normale Auslegungsbedingungen siehe Anhang.

$$m_v = 1,2 \cdot V \cdot (x_1 - x_2) / 1000$$

wobei

$m_v$  = Feuchtigkeitsbelastung durch Lüftung [kg/h]

$V$  = Gesamtlüftung [m³/h]

$x_1$  = Wassergehalt für die Lüftungsluft, in den meisten Fällen Außenluft [g/kg]

$x_2$  = Wassergehalt für die Raumlufte [g/kg]

## Feuchtigkeitsbelastung durch Menschen

Menschen geben beim Atmen und auch durch Transpirieren Feuchtigkeit an den Raum ab. Ruhende Menschen geben etwa 0,05 kg/h, arbeitende dagegen etwa 0,3 kg/h ab.

## Feuchtigkeitsbelastung durch Wasseroberflächen

Je wärmer das Wasser ist, desto mehr Feuchtigkeit gelangt in die Luft. Auch trockene Luft und Luftturbulenzen über der Wasseroberfläche erzeugen eine hohe Verdunstungsrate,

$$m_w = \sigma \cdot A \cdot (\xi_1 - \xi_2) / 1000$$

wobei

$m_w$  = Feuchtigkeitsbelastung durch die Wasseroberfläche [kg/h]

$\sigma$  = Verdampfungsbeiwert, normalerweise 25 [kg/m²h]

$A$  = offene Wasserfläche [m²]

$x_1$  = Wassergehalt für die gesättigte Luft bei der Wassertemperatur, siehe Tabelle

Seite 21 [g/kg]

$x_2$  = Wassergehalt für die Raumlufte [g/kg]

## Aus Produkten austretende Feuchtigkeit

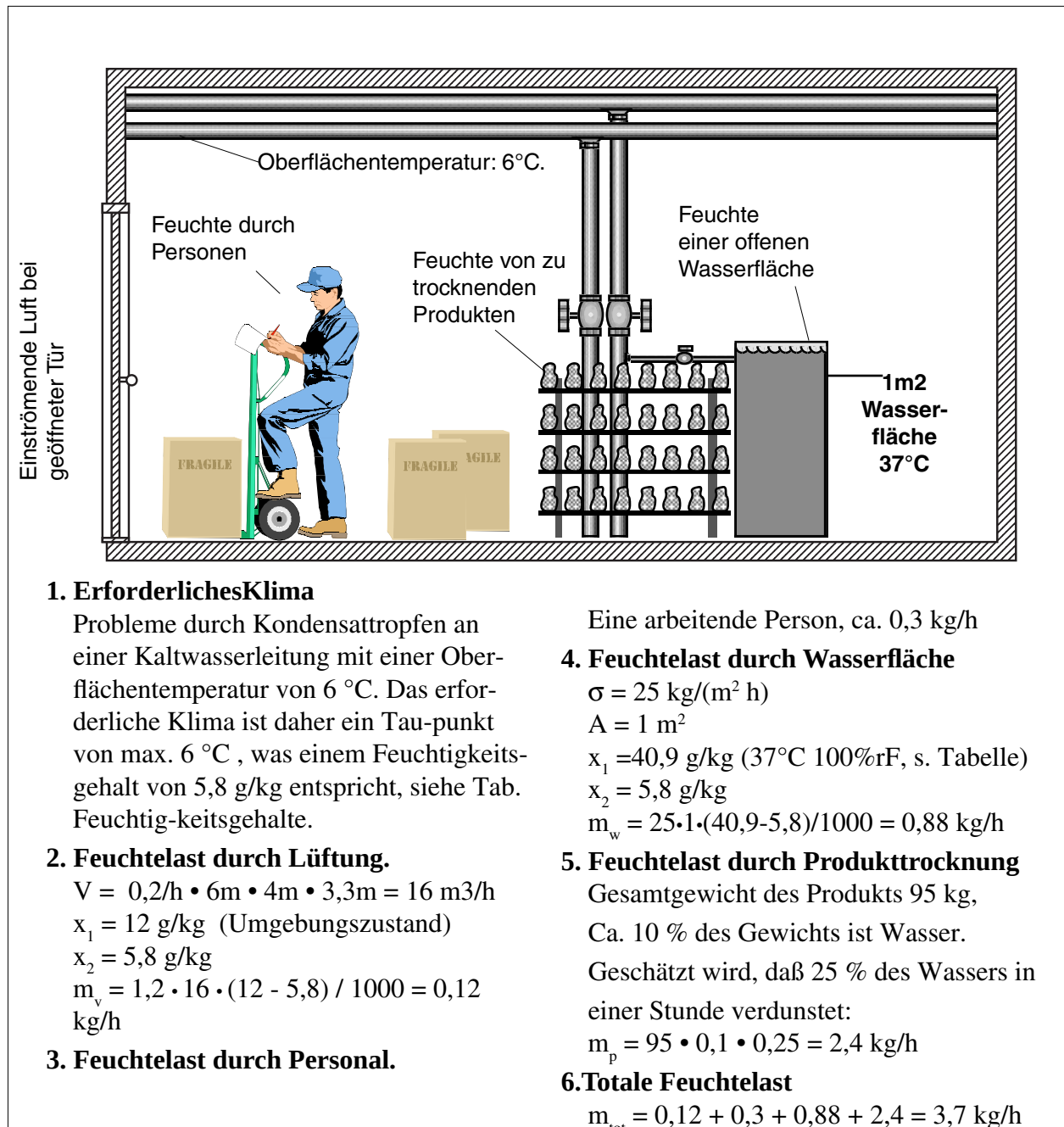
Es ist sehr schwer, die Feuchtigkeitsbelastung aus Produkten zu berechnen, da eine Vielzahl von Variablen beteiligt ist. Von Fall zu Fall ist eine grobe Schätzung vorzunehmen, dann sollte empirisch vorgegangen werden.

## Feuchtigkeitsbelastung durch Diffusion

Eine gewisse Feuchtigkeitsbelastung entsteht durch Diffusion durch die Gebäudehaut. Im Vergleich zu den anderen Feuchtigkeitsbelastungen kann diese aber normalerweise negiert werden.



## Beispiel:



## Auswahl eines Entfeuchters

Vor der Auswahl eines Entfeuchters sind folgende Informationen einzuholen:

### Feuchtigkeitsbelastung

Addition der obigen Feuchtigkeitsbelastungen.

### Prozesslufteintrittsklima

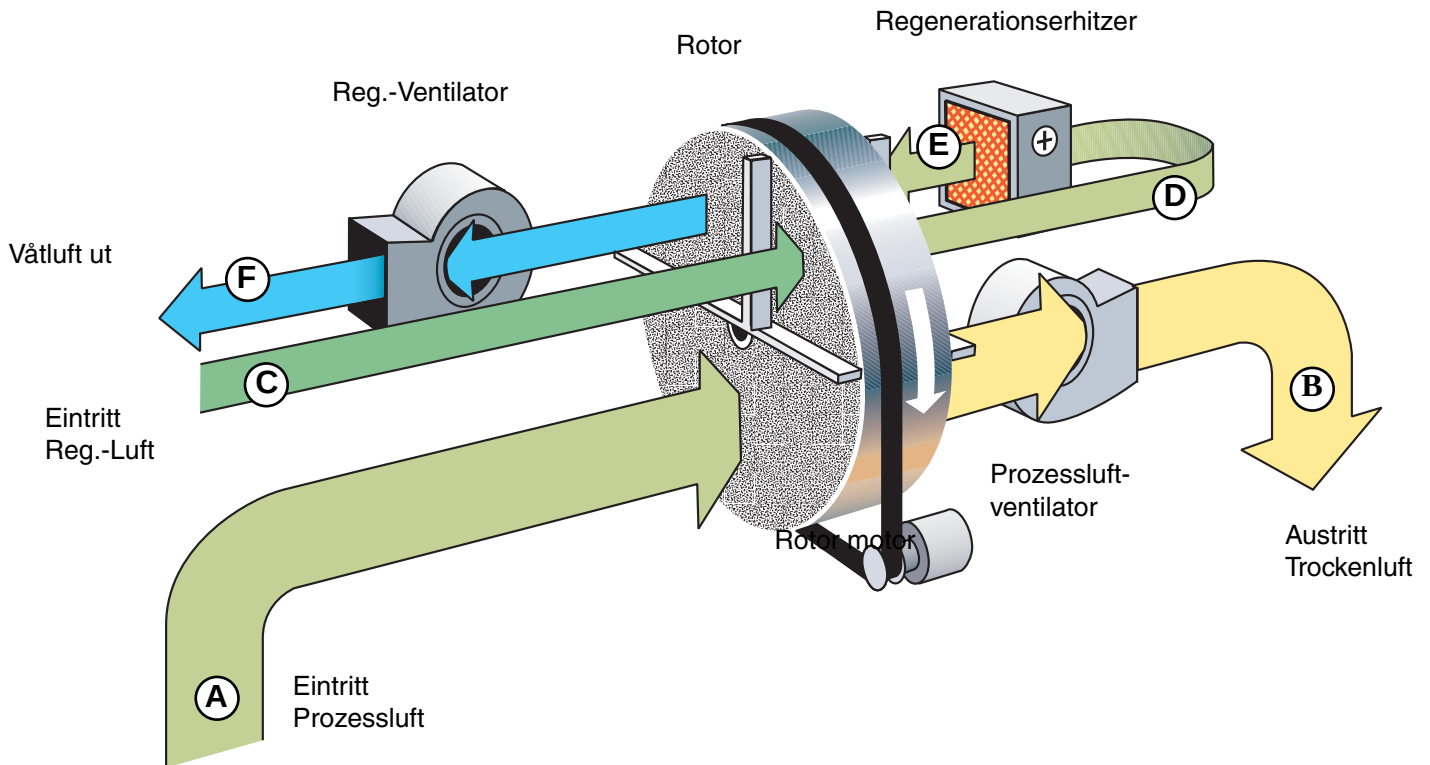
Normalerweise sollte sich die Raumluft mit einer gewissen Menge an Umgebungsluftmenge mischen (um im Raum einen positiven Druck zu erzeugen und/oder Lüftung für die Menschen zu bewirken), ehe sie durch den Entfeuchter getrocknet wird. Die Temperatur  $T_{p1}$  und der Feuchtigkeitsgehalt  $x_{p1}$  am Mischpunkt müssen bekannt sein.

### Regenerationslufteintrittsklima

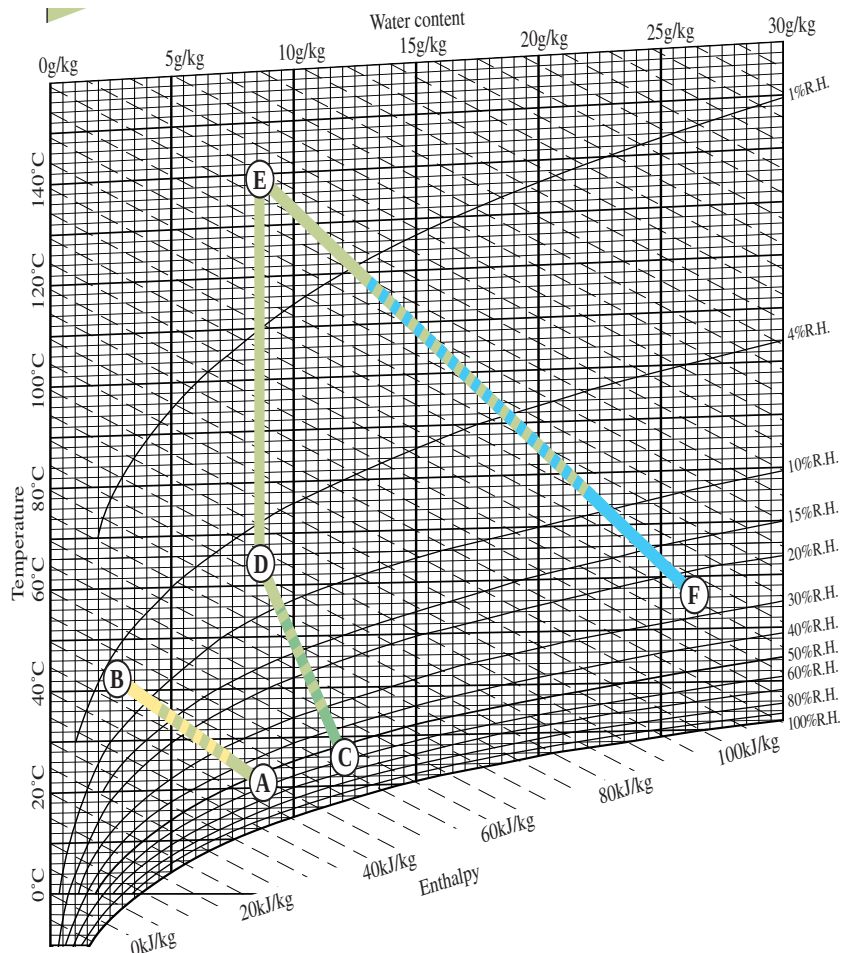
Die Temperatur  $T_{p1}$  und der Feuchtigkeitsgehalt  $x_{p1}$  am Regenerationseintritt müssen bekannt sein. Der Auslegungspunkt liegt beim höchsten Feuchtigkeitsgehalt der Umgebungsluft bei der höchsten relativen Feuchte (niedrigste Temperatur).

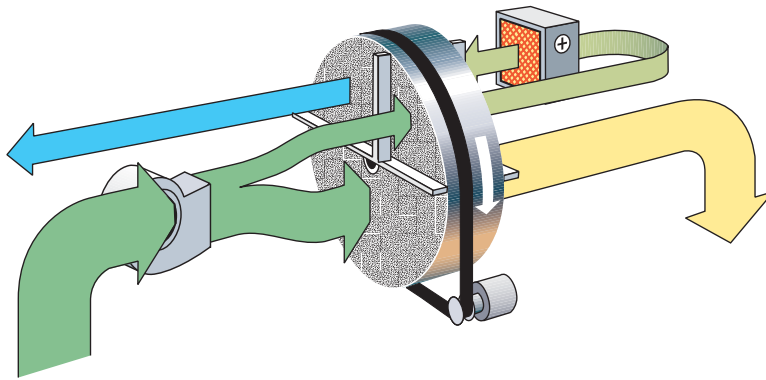
# Der Prozess der Adsorptionstrocknung

Recusorb R



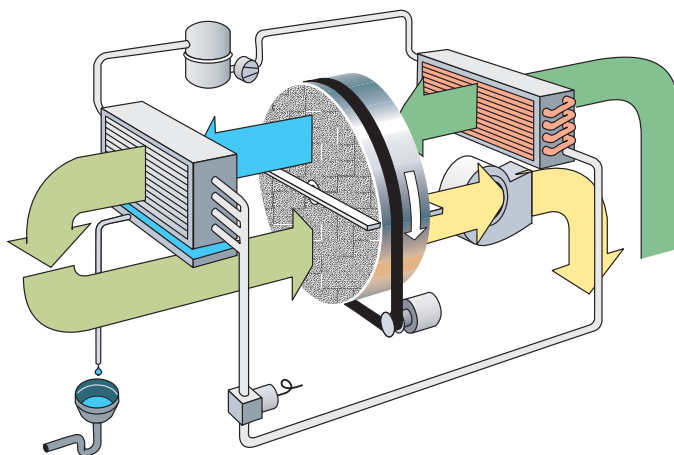
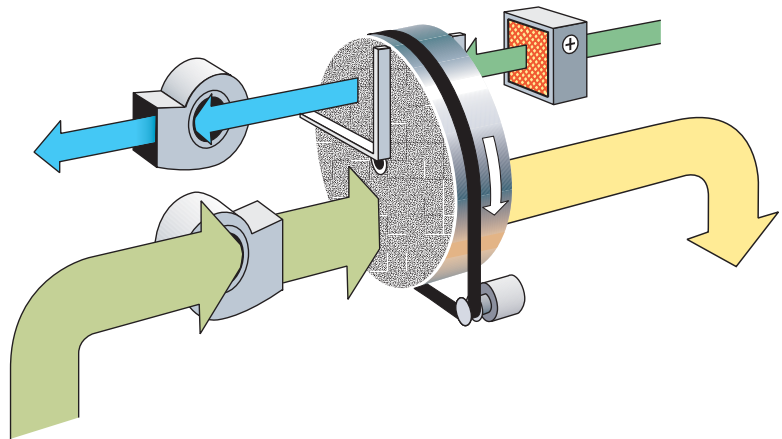
**RECUSORB** ist ein kontinuierlicher Luftentfeuchter mit interner Energierückgewinnung, der sehr niedrige Taupunkte erreichen kann. Bei der Regenerierung wird die fühlbare Wärme durch das Rotormaterial gespeichert. Diese Wärme gelangt in einen Spülluftsektor, in dem die ankommende Regenerationsluft vorgewärmt und ihr Feuchtigkeitsgehalt reduziert wird. Während weniger Wärme benötigt wird, um die Regenerationsendtemperatur zu erreichen, weist auch die Luft eine viel geringere Restfeuchte auf. Dadurch ist der Trockenluftaustritt sowohl kühler als auch trockener als der mit anderen Sorptionsystemen erreichbare.





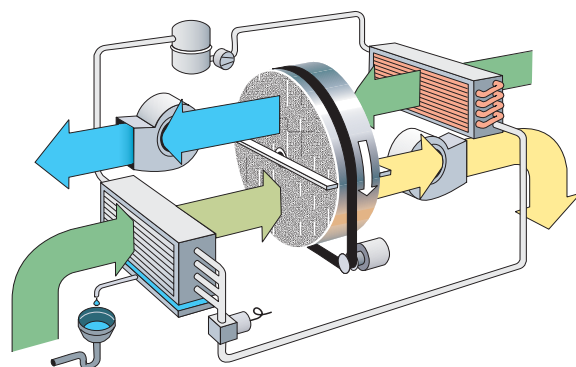
**RECUSORB DR** ist mit einem Gebläse sowohl für die Trocken- als auch Feuchtluft ausgestattet. Dadurch ergibt sich eine leichtere Installation, um den entfeuchteten Raum unter Überdruck zu setzen.

**CONSORB** eignet sich für Anwendungsfälle, bei denen niedrige Energiekosten die interne Wärmerückgewinnung des Recusorb unnötig machen. Normalerweise wird dieses System mit niedrigen Re-generationstemperaturen eingesetzt.

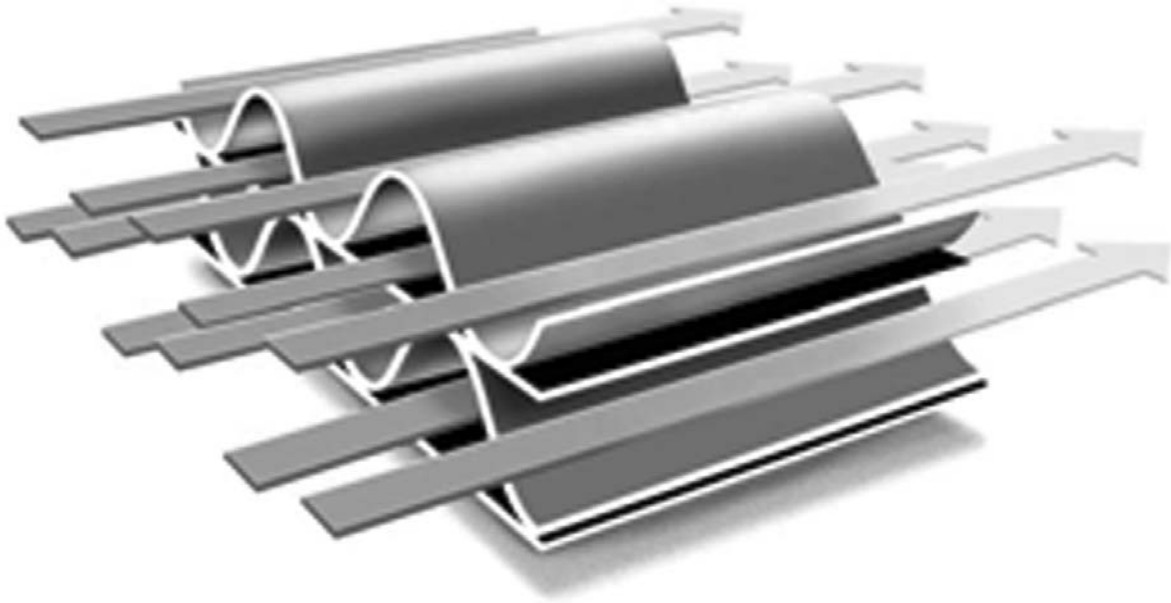


**FRIGOSORB** eignet sich für Anwendungsfälle, bei denen es problematisch ist, die feuchte Luft aus dem entfeuchteten Bereich abzuführen. Aufgrund der Wärmepumpe ist das FRIGOSORB-Prinzip sehr energieeffizient.

**ECONOSORB** ist die energieeffektivste Art und Weise zur Entfeuchtung von Luft. Aufgrund der eingebauten Kühlung weist die Trockenluft die gleiche oder eine niedrigere Temperatur als am Prozess-lufteintritt auf.



# Der Rotor

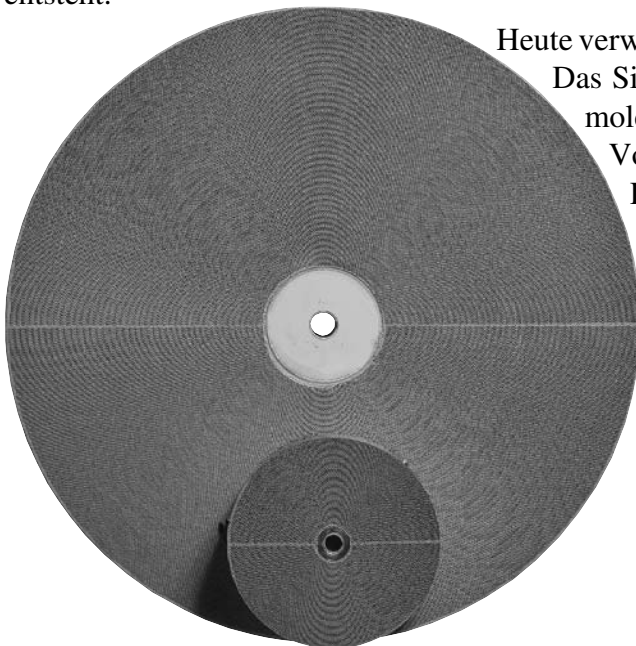


## Struktur

Die Rotormatrix wird aus abwechselnden Lagen aus flachen und gewellten Schichten gefertigt. Sie bildet eine große Anzahl an axialen Luftkanälen, die parallel durch die Struktur verlaufen.

## Trockenmittel

In den fünfziger Jahren, als der Sorptionsrotor-Luftentfeuchter erfunden wurde, wurde als Trockenmittel Lithiumchloridsalz eingesetzt. Lithiumchlorid absorbiert die Feuchtigkeit durch chemische Reaktion. Der Nachteil beim salzimprägnierten Rotor besteht darin, dass er kein Widerstandsvormögen gegen hohe Feuchtigkeit aufweist. Durch die gesättigte Luft wird das Salz veranlasst, den Rotor teilweise zu verlassen, wodurch die Kapazität gemindert wird und Korrosion am Entfeuchter entsteht.



Heute verwenden immer mehr Entfeuchter Silicagelrotoren. Das Silicagel adsorbiert die Feuchtigkeit; die Wassermoleküle haften an der Oberfläche des Silicagels. Der Vorteil besteht darin, daß das Silicagel gesättigter Luft widerstehen kann und dass der Rotor eine sehr lange Lebensdauer besitzt, da das Silicagel chemisch an das Trägermaterial des Rotors gebunden ist.



## **Staub vom Rotor**

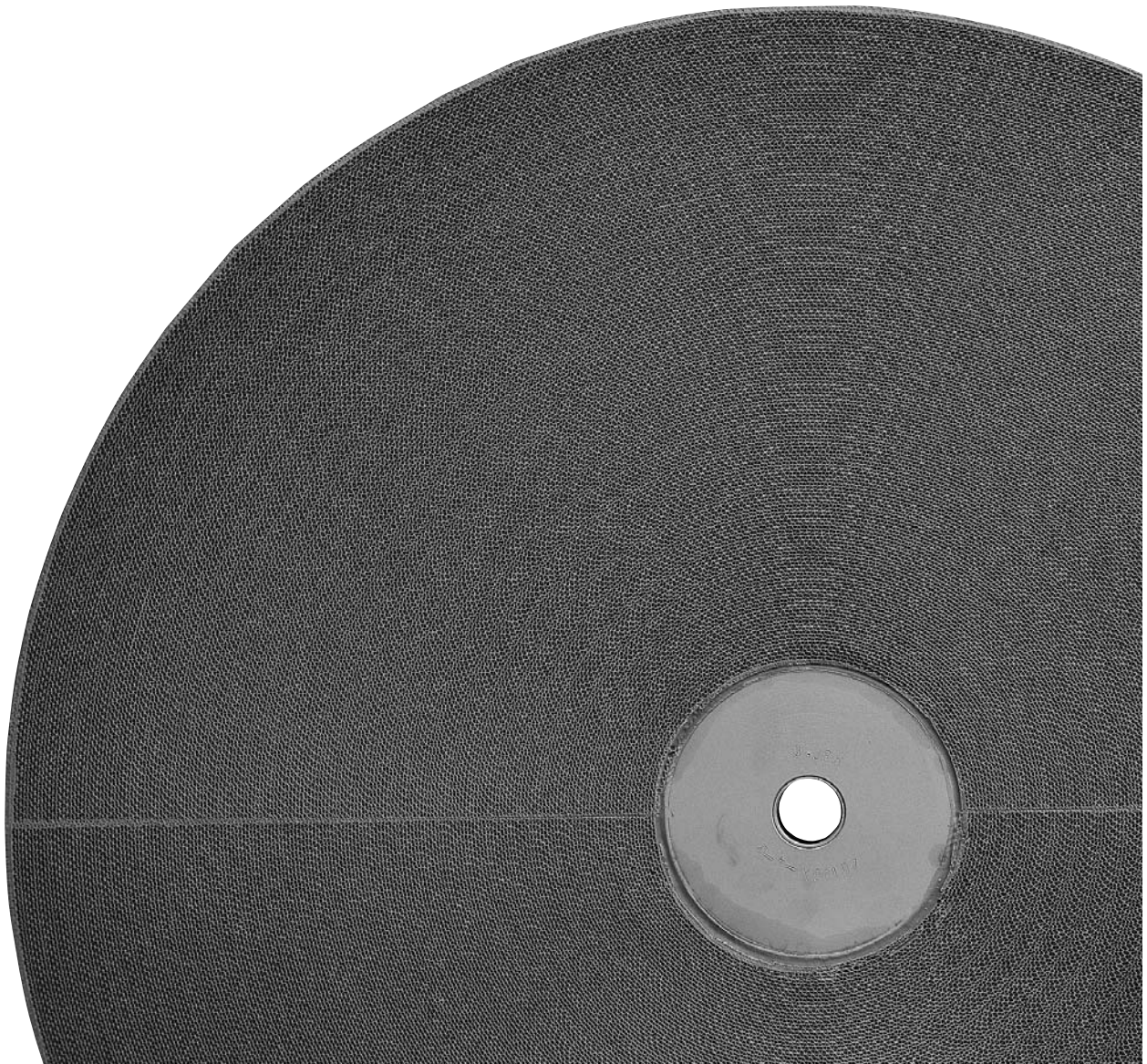
Sowohl Lithiumchlorid- als auch Silicagelrotoren, die loses Trockenmittel enthalten, erzeugen einen gewissen Staub, der den Rotor mit der Trockenluft verlässt. Neben möglichen Schäden an den getrockneten Materialien vermindert er die Leistung des Rotors. Nur bei Rotoren mit chemisch gebundenem Silicagel wird mit der Trockenluft kein Trockenmittel ausgetragen.

## **Waschbarer Rotor**

Sollte der Rotor zufällig oder bei Einsatz in verunreinigter Luft verschmutzt werden, z. B. mit Ölnebel, so ist der Rotor ohne Notwendigkeit einer Nachbehandlung auswaschbar.

## **Bakterienbildung**

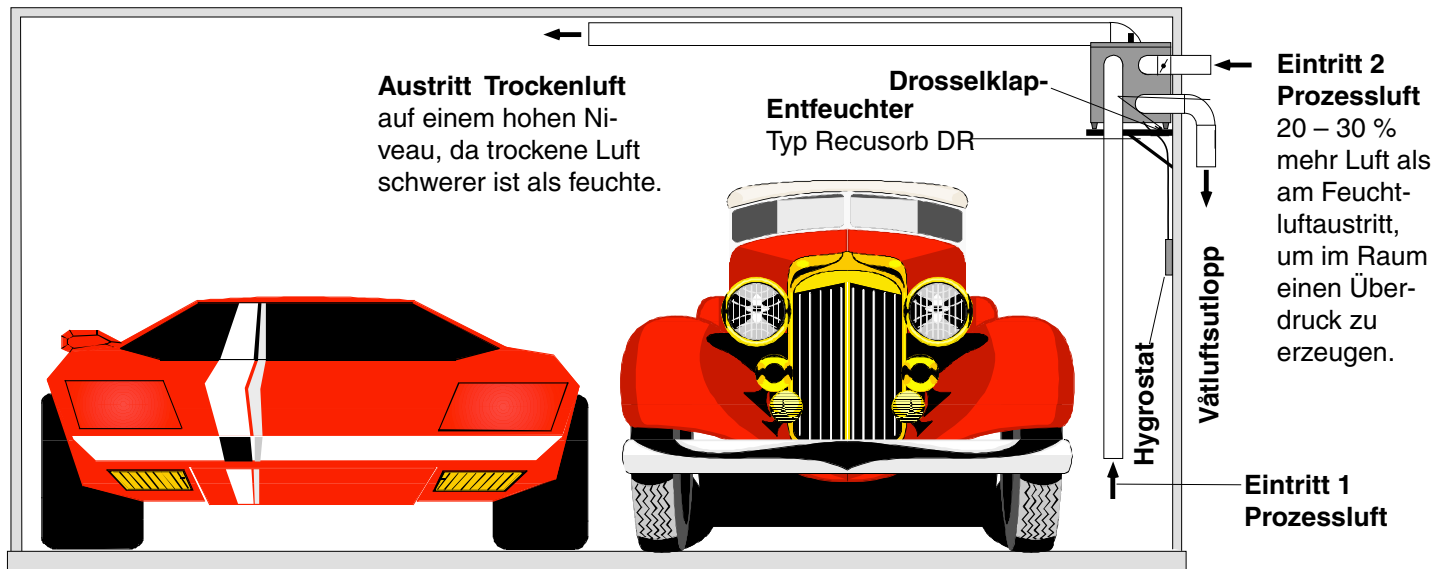
Bei Versuchen an einem Silicagelrotor, der in einer Abwasseraufbereitungsanlage eingesetzt war, wurde kein Bakterienwachstum auf der Rotoroberfläche nachgewiesen. Der Grund dafür ist die hohe Regenerationstemperatur (über 120 °C) des Rotors und die niedrige relative Feuchtigkeit der Trockenluft.



# Installationshinweise

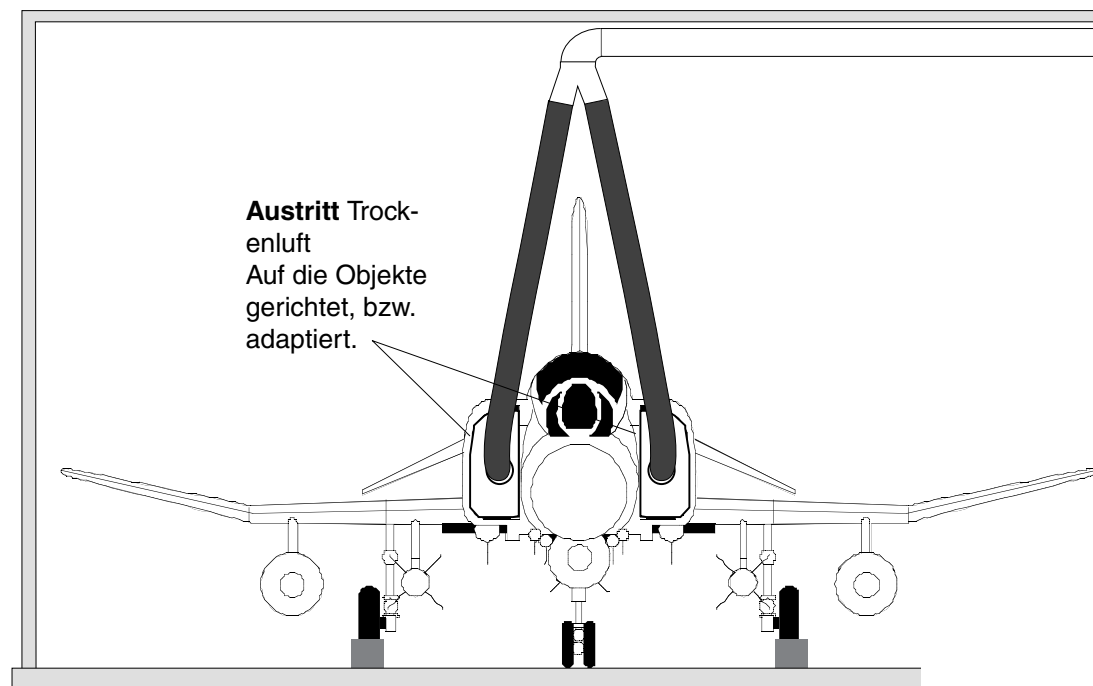
## Raumtrocknung

Ein Raum, in dem ein oder mehrere Gegenstände aufbewahrt werden, wird trocken gehalten. Die Trockenluft wird oben im Raum verteilt. Normalerweise ist ein Teil des Prozesslufteintritts in den Entfeuchter Umluft aus dem Raum. Ein Raum mit geringfügiger Leckage ist für ein gutes Entfeuchtungsergebnis erforderlich. Die Vorteile bestehen darin, dass keine zusätzlichen Arbeiten beim Einsatz der eingelagerten Gegenstände notwendig sind und in der Möglichkeit, niedrige Feuchtigkeitsgehalte ohne Vorkühlung erreichen zu können. Frostprobleme beim Einsatz bei Temperaturen unter 0 °C treten nicht auf. Der Nachteil besteht darin, dass große Luftmengen zu entfeuchten sind. ocknung von Objekten Die Trockenluft aus dem Entfeuchter wird in oder über den zu entfeuchtenden Gegenstand/die Gegenstände geführt. Dabei ist keine Rückluft zum Entfeuchter erforderlich.



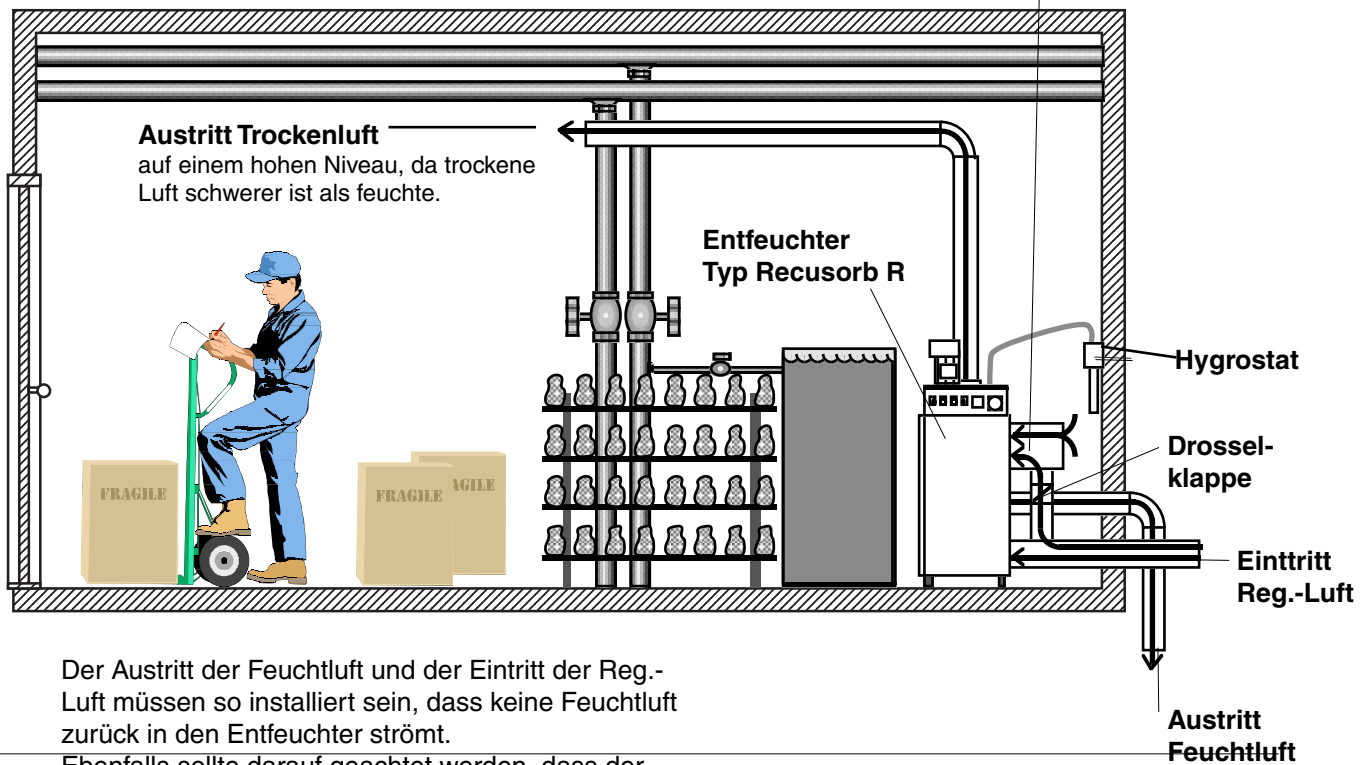
Vorteile sind die einfache Installation, da der gesamte Raum nicht abgedichtet werden muss, und die geringen Luftmengen zur Entfeuchtung. Der Nachteil besteht darin, dass mehr Arbeitsaufwand notwendig ist, wenn die Gegenstände zum Einsatz kommen.

Der sich in Kontakt mit den Gegenständen befindliche Feuchtigkeitsgehalt wird durch die Umgebungsluft und dem Delta-x des Entfeuchters bestimmt.

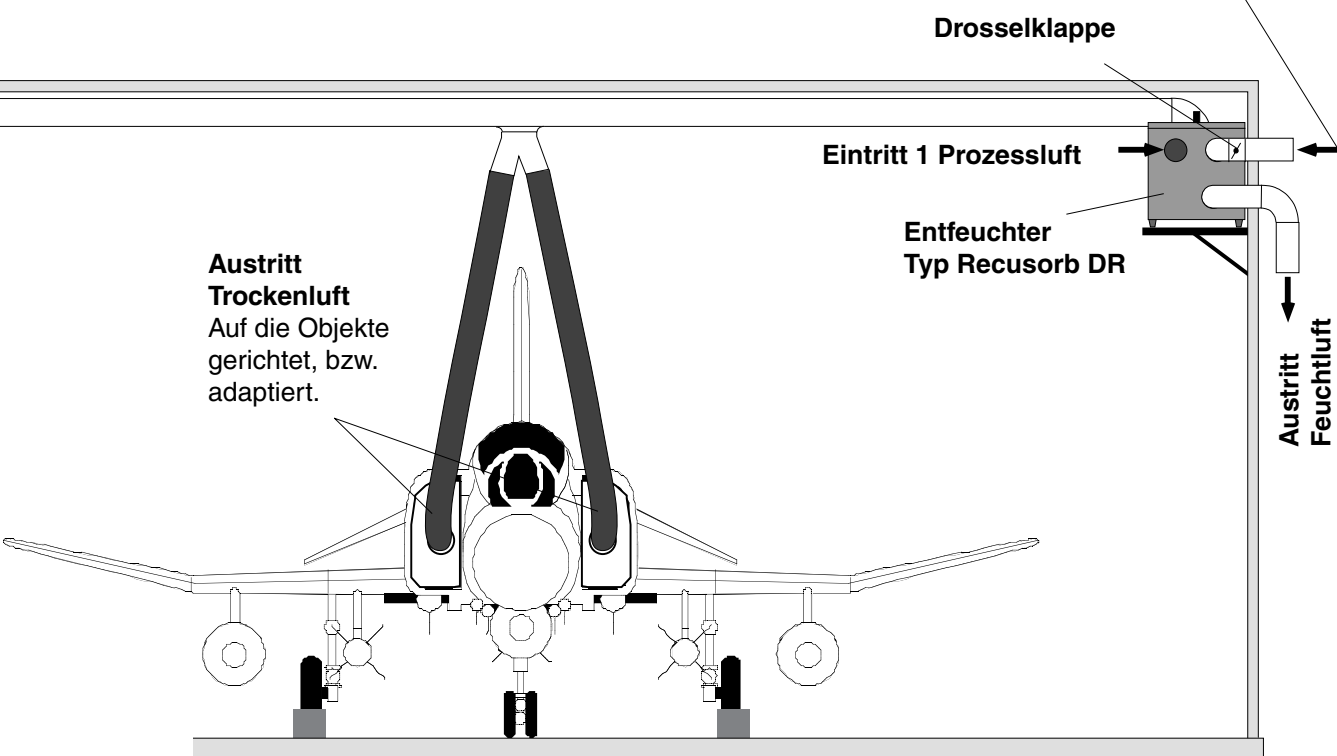


### Eintritt Prozessluft

5-10% der Prozessluft sollte Frischluft sein, um einen Überdruck im Raum erzeugen zu können.



### Eintritt 2 Prozessluft Luftmenge entspricht der Feuchtluftmenge



## Entfeuchter im Lüftungssystem

Luftentfeuchter werden oft in Verbindung mit anderen Luftaufbereitungsanlagen eingesetzt. Um beste Ergebnisse mit dem Entfeuchter zu erzielen, sollten folgende Punkte beachtet werden:

Der niedrigste Punkt der Feuchtluftleitung muss einen Abfluss aufweisen, da sich in der Leitung Kondensat ausbilden kann.

Vorgekühlte Luft ist dann erforderlich, wenn der gewünschte Wassergehalt sehr gering ist. ( $< 1,0 \text{ g/kg}$ ).

**Eintritt Reg.-Luft**

**Eintritt Prozessluft**

Wasser zum Ablauf

**Austritt Feuchtluft**

Der Feuchtluftkanal muss korrosionsgeschützt sein.

Da die Trockenluft eine höhere Temperatur als die Prozessluft aufweist, ist teilweise ein Nachkühler erforderlich.

Zusätzliche Prozesswärme sollte nach der Entfeuchtung zugeführt werden.

**Avfuktare**  
Av typ Recusorb R

Um Kondensation auf den Außenseiten der Luftkanäle zu verhindern, sollten diese isoliert werden.

Führt man diesen allerdings als Vorkühler aus, so kann dadurch eine höhere Effizienz des Entfeuchters erreicht werden.

**Austritt Trockenluft**

Im übrigen sollte folgendes beachtet werden:

- Je geringer der Feuchtigkeitsgehalt im Regenerationslufteintritt ist, desto besser ist die Entfeuchtung. Wenn die Möglichkeit besteht, dass Umluft aus dem entfeuchteten Bereich verwendet werden kann, kann die Leistung des Entfeuchters verbessert werden.
- Soll die Entfeuchtungsleistung durch einen Feuchtesensor und einen Regler geregelt werden, so werden genauere Ergebnisse erzielt, wenn Feuchtemessung im zu entfeuchtenden Raum gemessen wird und nicht am Trockenluftaustritt der Anlage.
- Der Trockenluftaustritt sollte im entfeuchteten Raum an einer höheren Stelle erfolgen, da trockene Luft schwerer als feuchte Luft ist.



# Die Taupunkte der Welt

°F TP = Taupunkt in Grad Fahrenheit

°C TP = Taupunkt in Grad Celcius

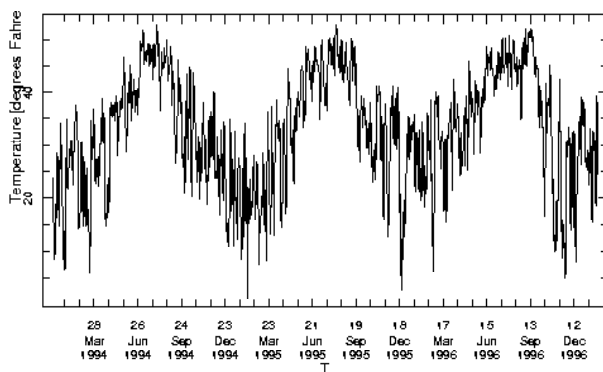
x = absolute Feuchte in g/kg

| °F dp | °C dp | x    | °F dp | °C dp | x    | °F dp | °C dp | x    | °F dp | °C dp | x    | °F dp | °C dp | x    |
|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| 0     | -17,8 | 0,78 | 64    | 17,8  | 12,7 | 73    | 22,8  | 17,4 | 82    | 27,8  | 23,8 | 91    | 32,8  | 32,1 |
| 20    | -6,7  | 2,1  | 65    | 18,3  | 13,1 | 74    | 23,3  | 18,0 | 83    | 28,3  | 24,5 | 92    | 33,3  | 33,2 |
| 40    | 4,4   | 5,2  | 66    | 18,9  | 13,6 | 75    | 23,9  | 18,7 | 84    | 28,9  | 25,4 | 93    | 33,9  | 34,2 |
| 50    | 10,0  | 7,6  | 67    | 19,4  | 14,1 | 76    | 24,4  | 19,3 | 85    | 29,4  | 26,2 | 94    | 34,4  | 35,4 |
| 55    | 12,8  | 9,2  | 68    | 20,0  | 14,6 | 77    | 25,0  | 20,0 | 86    | 30,0  | 27,1 | 95    | 35,0  | 36,4 |
| 60    | 15,6  | 11,0 | 69    | 20,6  | 15,2 | 78    | 25,6  | 20,8 | 87    | 30,6  | 28,0 | 96    | 35,6  | 37,7 |
| 61    | 16,1  | 11,5 | 70    | 21,1  | 15,7 | 79    | 26,1  | 21,4 | 88    | 31,1  | 29,0 | 97    | 36,1  | 38,8 |
| 62    | 16,7  | 11,9 | 71    | 21,7  | 16,3 | 80    | 26,7  | 22,2 | 89    | 31,7  | 30,0 | 98    | 36,7  | 40,2 |
| 63    | 17,2  | 12,3 | 72    | 22,2  | 16,8 | 81    | 27,2  | 22,8 | 90    | 32,2  | 30,8 | 99    | 37,2  | 41,4 |

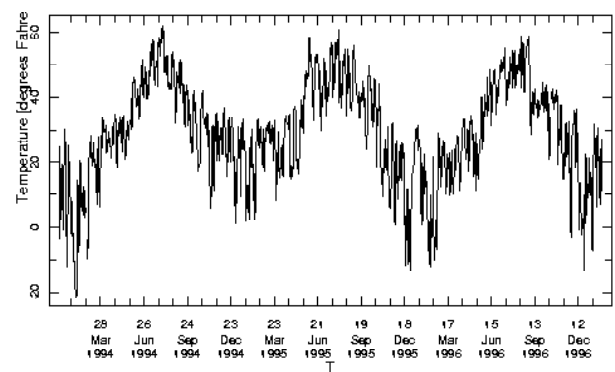
Nachfolgende Daten wurden von WMO Wetterdaten zusammengestellt (siehe <http://ingrid.ldgo.columbia.edu>.) Die Kurven zeigen Tagesmittelwerte der Taupunkte in °F.

## Europa

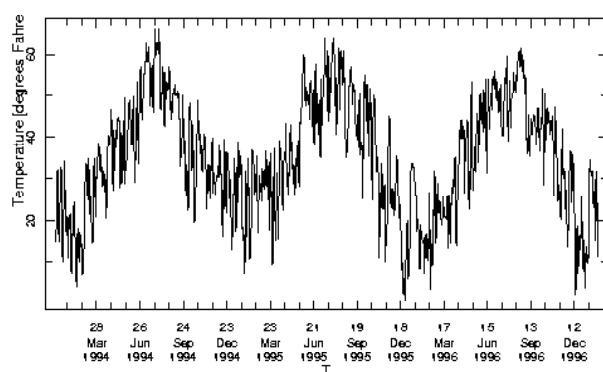
### Reykjavik, Island



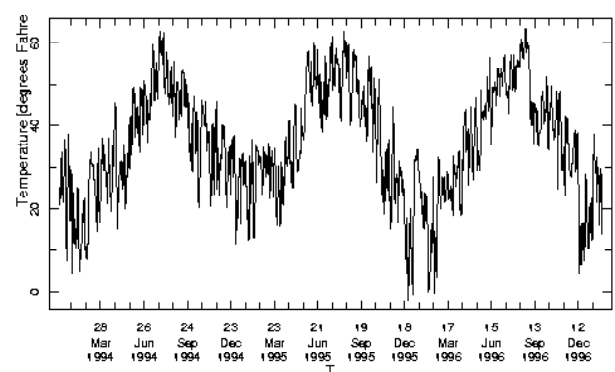
### Umeå, Schweden



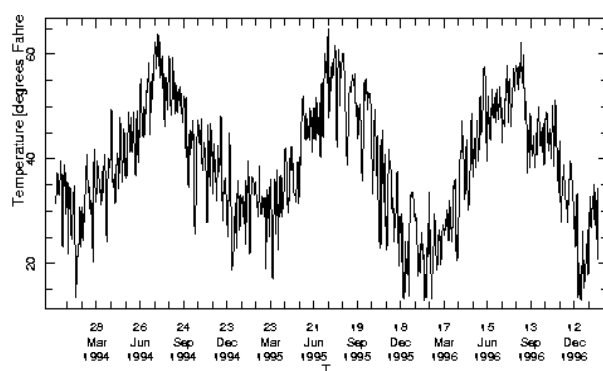
### Oslo, Norwegen



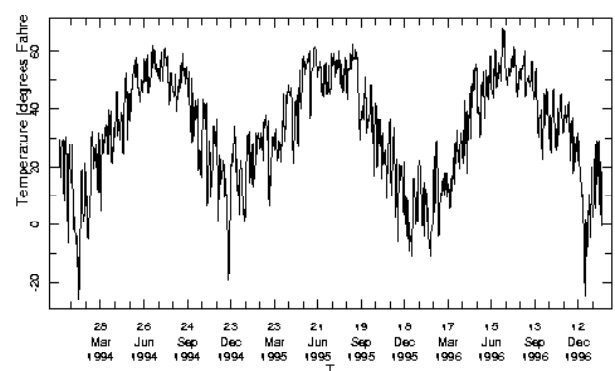
### Stockholm, Schweden



### Kopenhagen, Dänemark

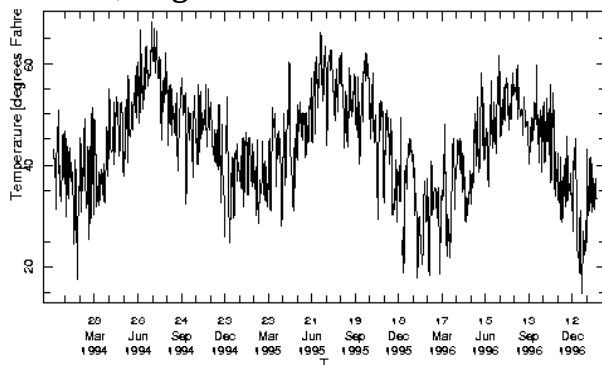


### Moskau, Russland

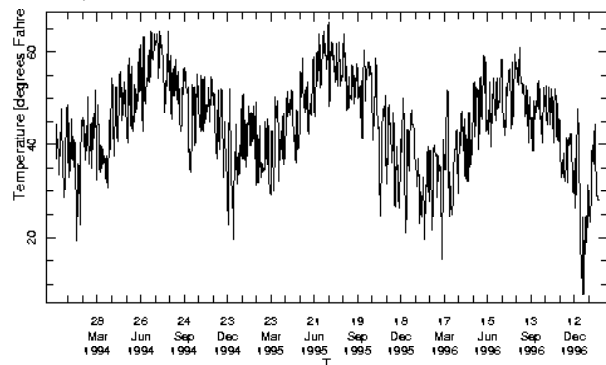


## Fortsetzung Europa

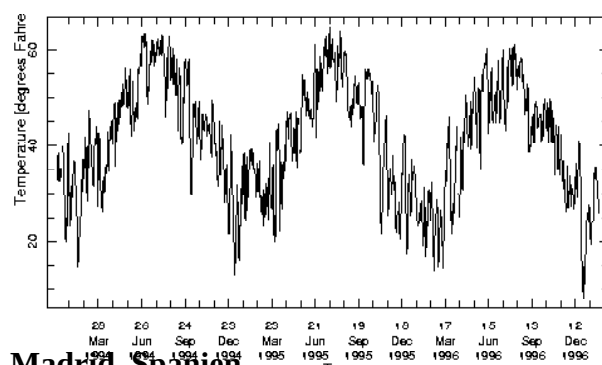
### London, England



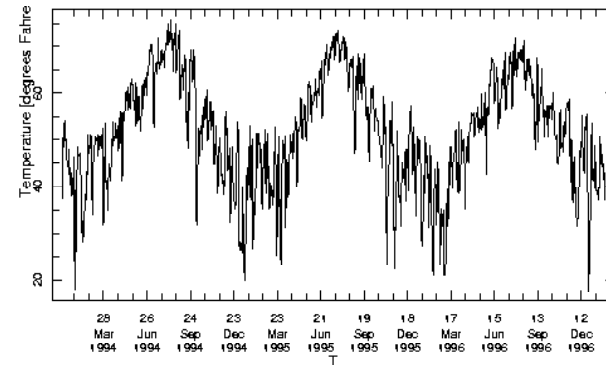
### Paris, Frankreich



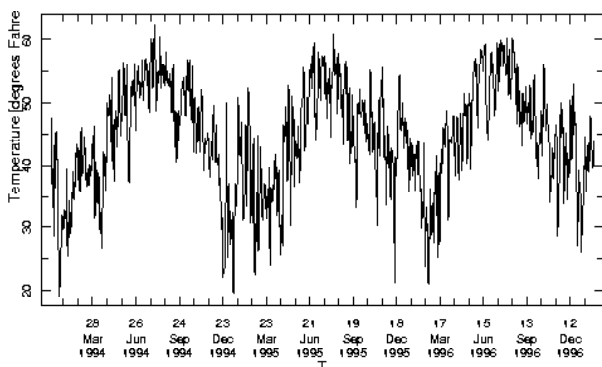
### Zürich, Schweiz



### Rom, Italien

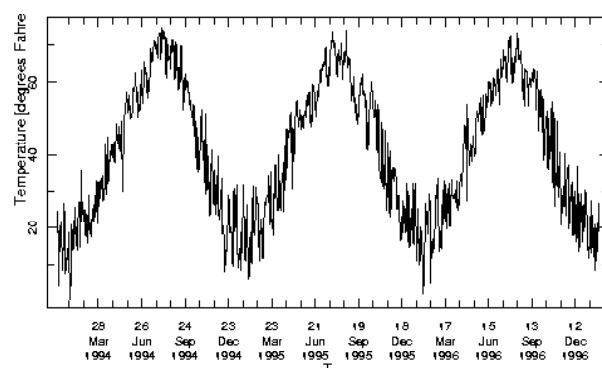


### Madrid, Spanien

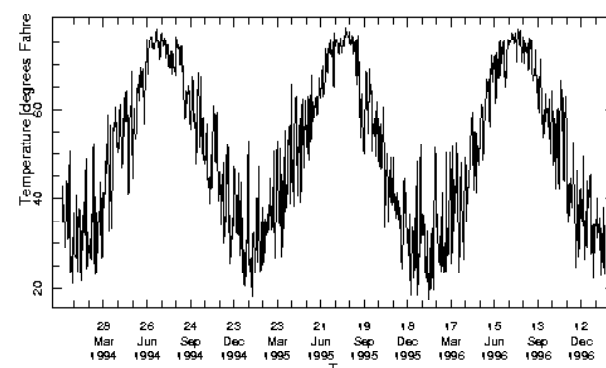


## Asien

### Sapporo, Japan

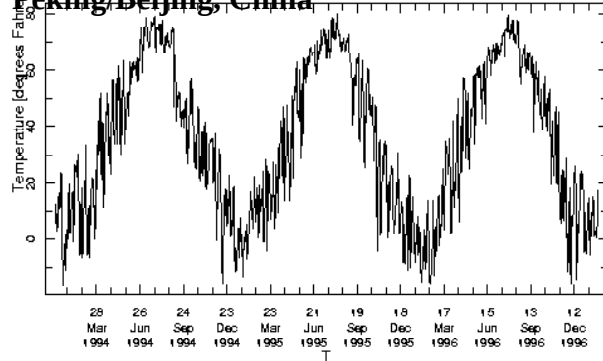


### Fukuoka, Japan

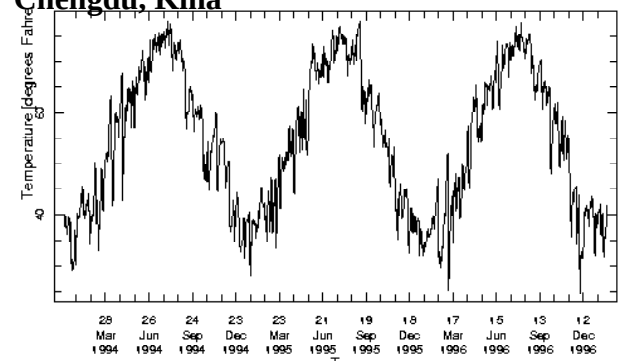


## Fortsetzung Asien

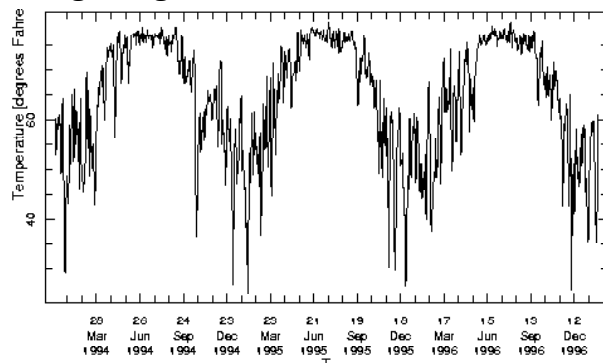
**Peking/Beijing, China**



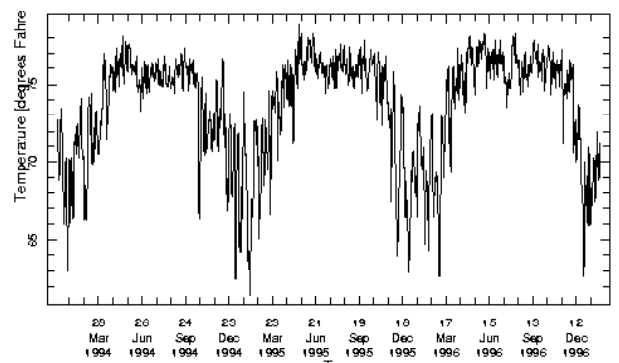
**Chengdu, Kina**



**Hong Kong, China**

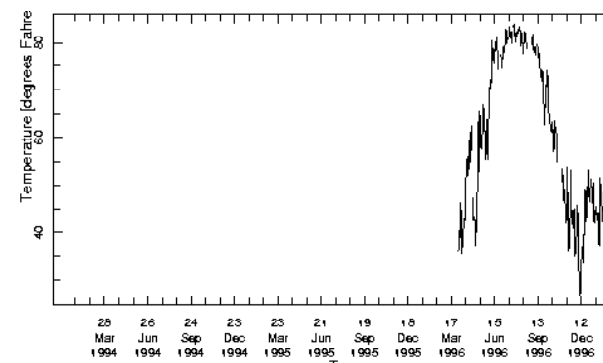


**Ho Chi Minh, Vietnam**

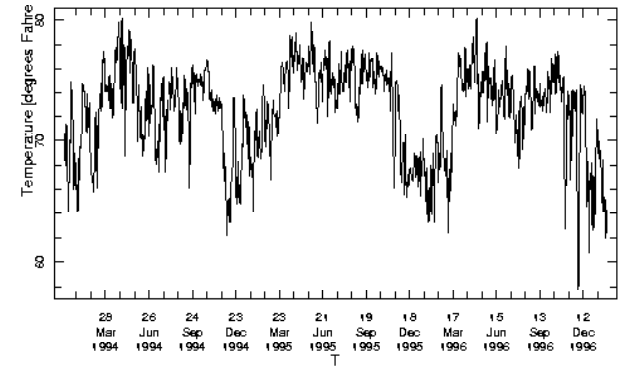


**Delhi, Indien**

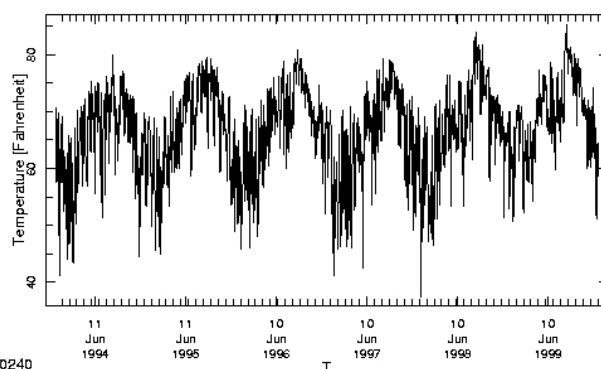
25,4 g/kg,  
maximalt i  
dessa dia-  
gram



**Madras, Indien**

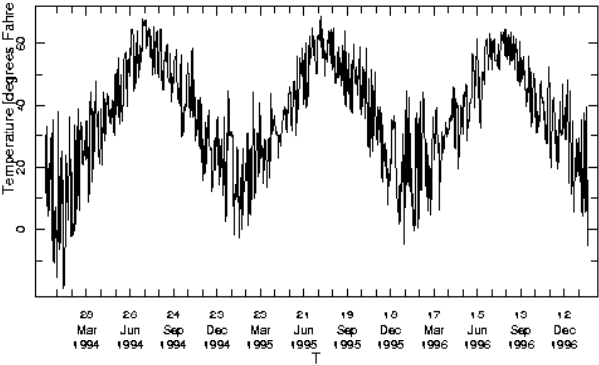


**Jerusalem, Israel**



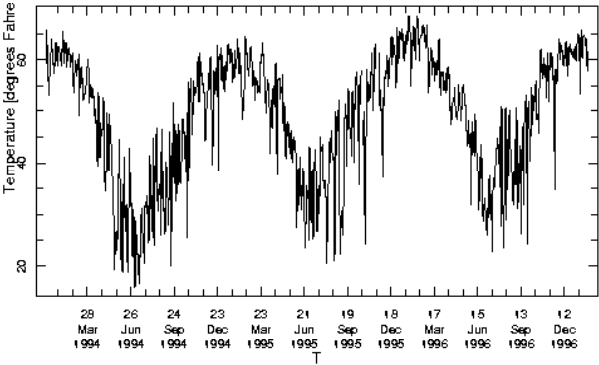
# Australien

## Sydney

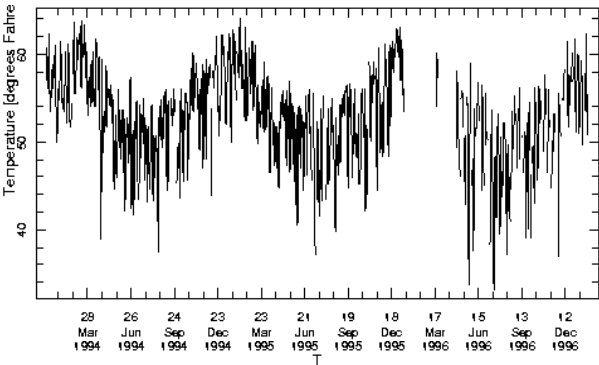


# Afrika

## Pretoria, Sydafrika

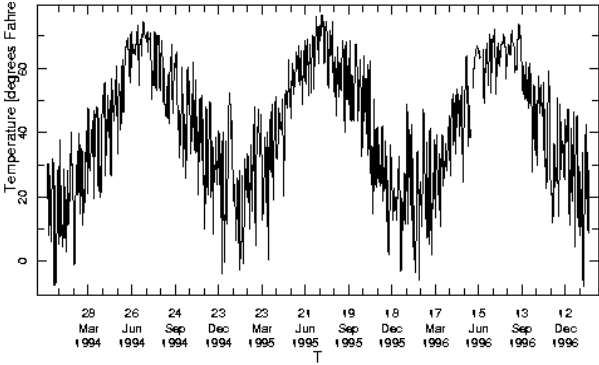


## Cape Columbine, Sydafrika

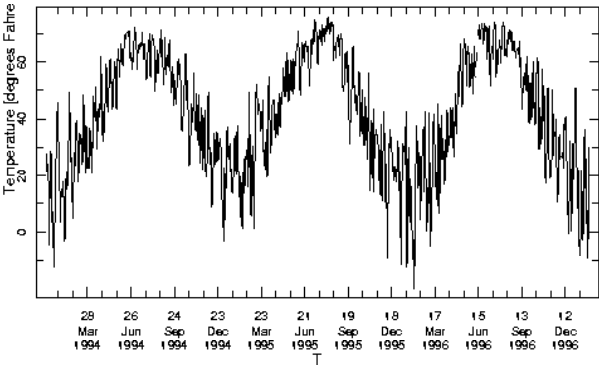


# Nordamerika

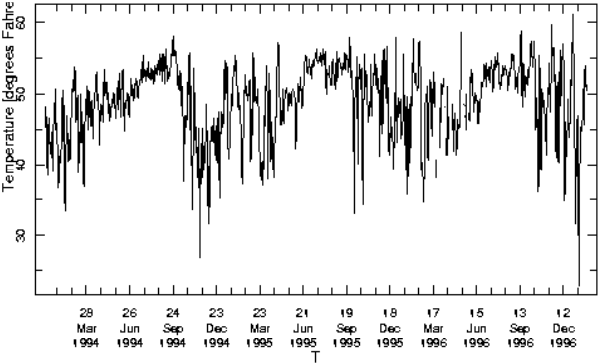
## New York, USA



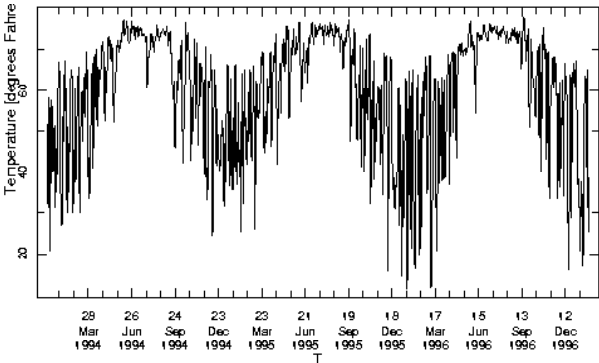
## Kansas City, USA



## San Francisco, USA

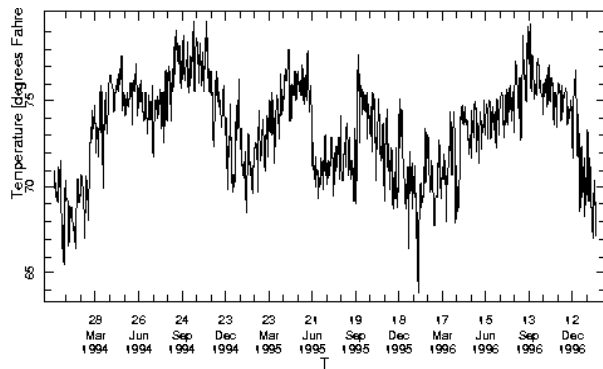


## Houston, USA

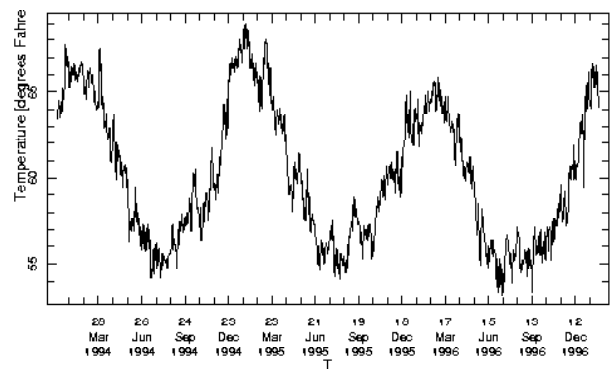


# Süd Amerika

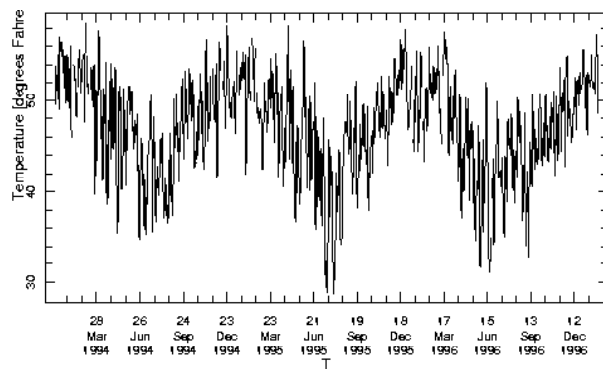
## Caracas, Venezuela



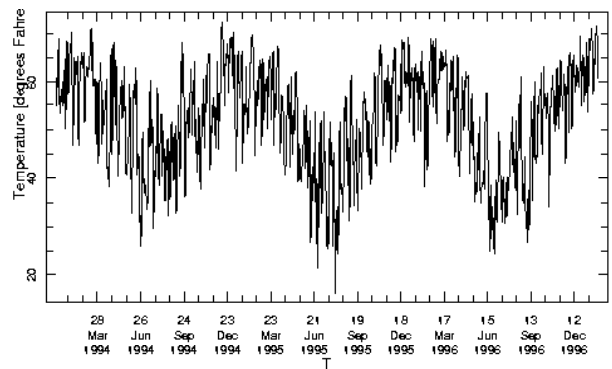
## Lima, Peru



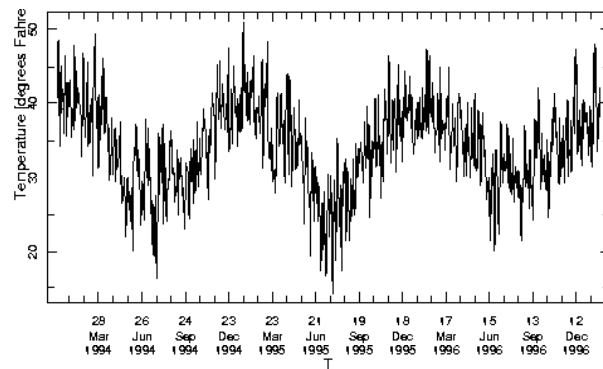
## Curico, Chile



## Buenos Aires, Argentinien



## Cape Horn, Argentinien



# Dampfdrücke und absolute Feuchte

| Werte unter 0°C sind über Eis gemessene Werte. |                                        |                      |        |                       |        |                       |        |                       |        | a.s.l.= über Meeresspiegel |        |                       |        |      |       |      |        |  |  |
|------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------|--------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|----------------------------|--------|-----------------------|--------|------|-------|------|--------|--|--|
| Luft-<br>temp.<br>°C                           | Sättigungsdruck<br>Wasserdampf<br>mbar | 0m a.s.l.= 1014 mbar |        | 100m a.s.l.=1001 mbar |        | 300m a.s.l.= 976 mbar |        | 1000m a.s.l.=895 mbar |        | 2000m a.s.l.= 791 mbar     |        | 3000m a.s.l.=699 mbar |        |      |       |      |        |  |  |
|                                                |                                        | g/kg                 | 50%RH  | g/kg                  | 100%RH | g/kg                  | 50%RH  | g/kg                  | 100%RH | g/kg                       | 50%RH  | g/kg                  | 100%RH | g/kg | 50%RH | g/kg | 100%RH |  |  |
| -60                                            | 0,009                                  | 0,0028               | 0,0055 | 0,0028                | 0,0056 | 0,0029                | 0,0057 | 0,0031                | 0,0062 | 0,0035                     | 0,0071 | 0,0040                | 0,0080 |      |       |      |        |  |  |
| -59                                            | 0,011                                  | 0,0034               | 0,0067 | 0,0034                | 0,0068 | 0,0035                | 0,0070 | 0,0038                | 0,0076 | 0,0043                     | 0,0086 | 0,0049                | 0,0098 |      |       |      |        |  |  |
| -58                                            | 0,013                                  | 0,0040               | 0,0080 | 0,0040                | 0,0081 | 0,0041                | 0,0083 | 0,0045                | 0,0090 | 0,0051                     | 0,0102 | 0,0058                | 0,0116 |      |       |      |        |  |  |
| -57                                            | 0,015                                  | 0,0046               | 0,0092 | 0,0046                | 0,0093 | 0,0048                | 0,0095 | 0,0052                | 0,0104 | 0,0059                     | 0,0118 | 0,0067                | 0,0133 |      |       |      |        |  |  |
| -56                                            | 0,017                                  | 0,0052               | 0,0104 | 0,0053                | 0,0105 | 0,0054                | 0,0108 | 0,0059                | 0,0118 | 0,0067                     | 0,0133 | 0,0076                | 0,0151 |      |       |      |        |  |  |
| -55                                            | 0,020                                  | 0,0061               | 0,0122 | 0,0062                | 0,0124 | 0,0064                | 0,0127 | 0,0069                | 0,0139 | 0,0079                     | 0,0157 | 0,0089                | 0,0178 |      |       |      |        |  |  |
| -54                                            | 0,023                                  | 0,0070               | 0,0141 | 0,0071                | 0,0143 | 0,0073                | 0,0146 | 0,0080                | 0,0160 | 0,0090                     | 0,0181 | 0,0102                | 0,0204 |      |       |      |        |  |  |
| -53                                            | 0,026                                  | 0,0080               | 0,0159 | 0,0081                | 0,0161 | 0,0083                | 0,0165 | 0,0090                | 0,0180 | 0,0102                     | 0,0204 | 0,0116                | 0,0231 |      |       |      |        |  |  |
| -52                                            | 0,029                                  | 0,0089               | 0,0178 | 0,0090                | 0,0180 | 0,0092                | 0,0184 | 0,0101                | 0,0201 | 0,0114                     | 0,0228 | 0,0129                | 0,0258 |      |       |      |        |  |  |
| -51                                            | 0,033                                  | 0,010                | 0,020  | 0,010                 | 0,020  | 0,010                 | 0,021  | 0,011                 | 0,023  | 0,013                      | 0,026  | 0,015                 | 0,029  |      |       |      |        |  |  |
| -50                                            | 0,039                                  | 0,012                | 0,024  | 0,012                 | 0,024  | 0,012                 | 0,025  | 0,014                 | 0,027  | 0,015                      | 0,031  | 0,017                 | 0,035  |      |       |      |        |  |  |
| -49                                            | 0,044                                  | 0,013                | 0,027  | 0,014                 | 0,027  | 0,014                 | 0,028  | 0,015                 | 0,031  | 0,017                      | 0,035  | 0,020                 | 0,039  |      |       |      |        |  |  |
| -48                                            | 0,049                                  | 0,015                | 0,030  | 0,015                 | 0,030  | 0,016                 | 0,031  | 0,017                 | 0,034  | 0,019                      | 0,038  | 0,022                 | 0,044  |      |       |      |        |  |  |
| -47                                            | 0,056                                  | 0,017                | 0,034  | 0,017                 | 0,035  | 0,018                 | 0,036  | 0,019                 | 0,039  | 0,022                      | 0,044  | 0,025                 | 0,050  |      |       |      |        |  |  |
| -46                                            | 0,063                                  | 0,019                | 0,039  | 0,020                 | 0,039  | 0,020                 | 0,040  | 0,022                 | 0,044  | 0,025                      | 0,049  | 0,028                 | 0,056  |      |       |      |        |  |  |
| -45                                            | 0,070                                  | 0,021                | 0,043  | 0,022                 | 0,043  | 0,022                 | 0,045  | 0,024                 | 0,049  | 0,027                      | 0,055  | 0,031                 | 0,062  |      |       |      |        |  |  |
| -44                                            | 0,077                                  | 0,024                | 0,047  | 0,024                 | 0,048  | 0,024                 | 0,049  | 0,027                 | 0,053  | 0,030                      | 0,060  | 0,034                 | 0,068  |      |       |      |        |  |  |
| -43                                            | 0,088                                  | 0,027                | 0,054  | 0,027                 | 0,055  | 0,028                 | 0,056  | 0,031                 | 0,061  | 0,035                      | 0,069  | 0,039                 | 0,078  |      |       |      |        |  |  |
| -42                                            | 0,099                                  | 0,030                | 0,061  | 0,031                 | 0,061  | 0,031                 | 0,063  | 0,034                 | 0,069  | 0,039                      | 0,078  | 0,044                 | 0,088  |      |       |      |        |  |  |
| -41                                            | 0,111                                  | 0,034                | 0,068  | 0,034                 | 0,069  | 0,035                 | 0,071  | 0,039                 | 0,077  | 0,044                      | 0,087  | 0,049                 | 0,099  |      |       |      |        |  |  |
| -40                                            | 0,124                                  | 0,038                | 0,076  | 0,038                 | 0,077  | 0,039                 | 0,079  | 0,043                 | 0,086  | 0,049                      | 0,097  | 0,055                 | 0,110  |      |       |      |        |  |  |
| -39                                            | 0,140                                  | 0,043                | 0,086  | 0,043                 | 0,087  | 0,045                 | 0,089  | 0,049                 | 0,097  | 0,055                      | 0,110  | 0,062                 | 0,124  |      |       |      |        |  |  |
| -38                                            | 0,159                                  | 0,049                | 0,097  | 0,049                 | 0,099  | 0,051                 | 0,101  | 0,055                 | 0,110  | 0,062                      | 0,125  | 0,071                 | 0,141  |      |       |      |        |  |  |
| -37                                            | 0,179                                  | 0,055                | 0,110  | 0,055                 | 0,111  | 0,057                 | 0,114  | 0,062                 | 0,124  | 0,070                      | 0,141  | 0,080                 | 0,159  |      |       |      |        |  |  |
| -36                                            | 0,200                                  | 0,061                | 0,122  | 0,062                 | 0,124  | 0,064                 | 0,127  | 0,069                 | 0,139  | 0,079                      | 0,157  | 0,089                 | 0,178  |      |       |      |        |  |  |
| -35                                            | 0,223                                  | 0,068                | 0,137  | 0,069                 | 0,138  | 0,071                 | 0,142  | 0,077                 | 0,155  | 0,088                      | 0,175  | 0,099                 | 0,198  |      |       |      |        |  |  |
| -34                                            | 0,247                                  | 0,076                | 0,151  | 0,077                 | 0,153  | 0,079                 | 0,157  | 0,086                 | 0,171  | 0,097                      | 0,194  | 0,110                 | 0,220  |      |       |      |        |  |  |
| -33                                            | 0,274                                  | 0,084                | 0,168  | 0,085                 | 0,170  | 0,087                 | 0,174  | 0,095                 | 0,190  | 0,108                      | 0,215  | 0,122                 | 0,244  |      |       |      |        |  |  |
| -32                                            | 0,303                                  | 0,093                | 0,186  | 0,094                 | 0,188  | 0,096                 | 0,193  | 0,105                 | 0,210  | 0,119                      | 0,238  | 0,135                 | 0,269  |      |       |      |        |  |  |
| -31                                            | 0,336                                  | 0,10                 | 0,21   | 0,10                  | 0,21   | 0,11                  | 0,21   | 0,12                  | 0,23   | 0,13                       | 0,26   | 0,15                  | 0,30   |      |       |      |        |  |  |



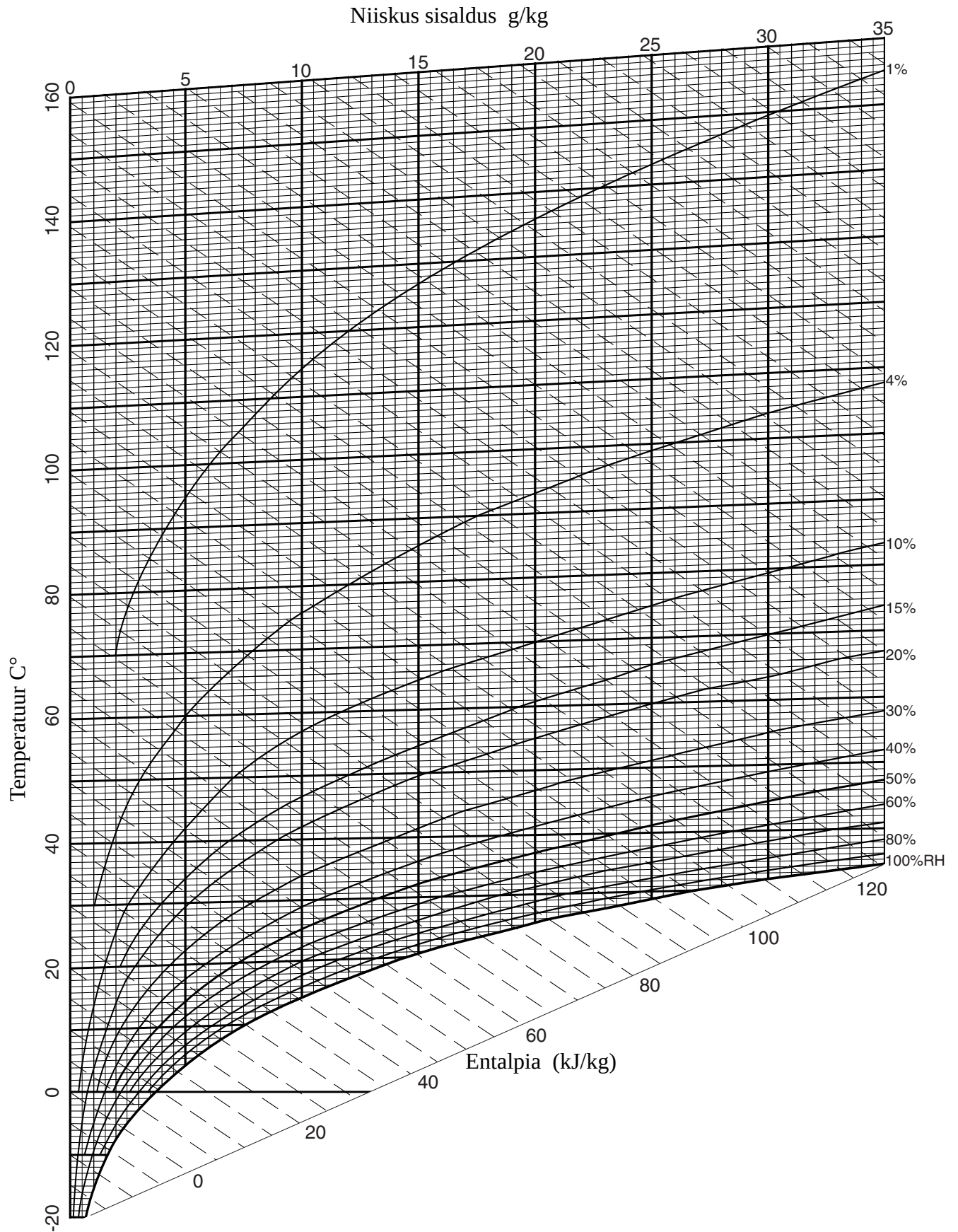
Werte unter 0°C sind über Eis gemessene Werte.

a.s.l.= über Meeresspiegel

| Luft-<br>temp. | Sättigungsdruck<br>Wasserdampf | 0m a.s.l.= 1014 mbar |        |        | 100m a.s.l.=1001 mbar |        |        | 300m a.s.l.=976 mbar |        |        | 1000m a.s.l.=895 mbar |        |        | 2000m a.s.l.=791 mbar |        |        | 3000m a.s.l.=699 mbar |        |        |
|----------------|--------------------------------|----------------------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|----------------------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|
|                |                                | 50%RH                | 100%RH | 100%RH | 50%RH                 | 100%RH | 100%RH | 50%RH                | 100%RH | 100%RH | 50%RH                 | 100%RH | 100%RH | 50%RH                 | 100%RH | 100%RH | 50%RH                 | 100%RH | 100%RH |
| °C             | mbar                           | g/kg                 | g/kg   | g/kg   | g/kg                  | g/kg   | g/kg   | g/kg                 | g/kg   | g/kg   | g/kg                  | g/kg   | g/kg   | g/kg                  | g/kg   | g/kg   | g/kg                  | g/kg   | g/kg   |
| +6             | 9,35                           | 2,9                  | 5,8    | 2,9    | 5,9                   | 3,0    | 6,0    | 3,3                  | 6,6    | 3,7    | 7,4                   | 3,7    | 7,4    | 4,2                   | 8,4    | 4,2    | 8,4                   | 4,2    | 8,4    |
| +7             | 10,0                           | 3,1                  | 6,2    | 3,1    | 6,3                   | 3,2    | 6,4    | 3,5                  | 7,0    | 4,0    | 8,0                   | 4,0    | 8,0    | 4,5                   | 9,0    | 4,5    | 9,0                   | 4,5    | 9,0    |
| +8             | 10,7                           | 3,3                  | 6,6    | 3,3    | 6,7                   | 3,4    | 6,9    | 3,7                  | 7,5    | 4,2    | 8,5                   | 4,2    | 8,5    | 4,8                   | 9,7    | 4,8    | 9,7                   | 4,8    | 9,7    |
| +9             | 11,5                           | 3,5                  | 7,1    | 3,5    | 7,2                   | 3,7    | 7,4    | 4,0                  | 8,1    | 4,5    | 9,1                   | 4,5    | 9,1    | 5,1                   | 10,4   | 5,1    | 10,4                  | 5,1    | 10,4   |
| +10            | 12,3                           | 3,8                  | 7,6    | 3,8    | 7,7                   | 3,9    | 7,9    | 4,3                  | 8,6    | 4,9    | 9,8                   | 4,9    | 9,8    | 5,5                   | 11,1   | 5,5    | 11,1                  | 5,5    | 11,1   |
| +11            | 13,1                           | 4,0                  | 8,1    | 4,1    | 8,2                   | 4,2    | 8,5    | 4,6                  | 9,2    | 5,2    | 10,5                  | 5,2    | 10,5   | 5,9                   | 11,9   | 5,9    | 11,9                  | 5,9    | 11,9   |
| +12            | 14,0                           | 4,3                  | 8,7    | 4,4    | 8,8                   | 4,5    | 9,0    | 4,9                  | 9,9    | 5,6    | 11,2                  | 5,6    | 11,2   | 6,3                   | 12,7   | 6,3    | 12,7                  | 6,3    | 12,7   |
| +13            | 15,0                           | 4,6                  | 9,3    | 4,7    | 9,4                   | 4,8    | 9,7    | 5,2                  | 10,6   | 5,9    | 12,0                  | 5,9    | 12,0   | 6,7                   | 13,6   | 6,7    | 13,6                  | 6,7    | 13,6   |
| +14            | 16,0                           | 4,9                  | 9,9    | 5,0    | 10,1                  | 5,1    | 10,3   | 5,6                  | 11,3   | 6,3    | 12,8                  | 6,3    | 12,8   | 7,2                   | 14,5   | 7,2    | 14,5                  | 7,2    | 14,5   |
| +15            | 17,0                           | 5,3                  | 10,6   | 5,3    | 10,7                  | 5,5    | 11,0   | 6,0                  | 12,1   | 6,8    | 13,7                  | 6,8    | 13,7   | 7,7                   | 15,5   | 7,7    | 15,5                  | 7,7    | 15,5   |
| +16            | 18,2                           | 5,6                  | 11,3   | 5,7    | 11,5                  | 5,8    | 11,8   | 6,4                  | 12,9   | 7,2    | 14,6                  | 7,2    | 14,6   | 8,2                   | 16,6   | 8,2    | 16,6                  | 8,2    | 16,6   |
| +17            | 19,4                           | 6,0                  | 12,1   | 6,1    | 12,2                  | 6,2    | 12,6   | 6,8                  | 13,7   | 7,7    | 15,6                  | 7,7    | 15,6   | 8,7                   | 17,7   | 8,7    | 17,7                  | 8,7    | 17,7   |
| +18            | 20,6                           | 6,4                  | 12,9   | 6,5    | 13,1                  | 6,6    | 13,4   | 7,2                  | 14,7   | 8,2    | 16,6                  | 8,2    | 16,6   | 9,3                   | 18,9   | 9,3    | 18,9                  | 9,3    | 18,9   |
| +19            | 22,0                           | 6,8                  | 13,7   | 6,9    | 13,9                  | 7,1    | 14,3   | 7,7                  | 15,6   | 8,7    | 17,7                  | 8,7    | 17,7   | 9,9                   | 20,1   | 9,9    | 20,1                  | 9,9    | 20,1   |
| +20            | 23,4                           | 7,2                  | 14,6   | 7,3    | 14,8                  | 7,5    | 15,2   | 8,2                  | 16,6   | 9,3    | 18,9                  | 9,3    | 18,9   | 10,6                  | 21,5   | 10,6   | 21,5                  | 10,6   | 21,5   |
| +21            | 24,9                           | 7,7                  | 15,6   | 7,8    | 15,8                  | 8,0    | 16,2   | 8,7                  | 17,7   | 9,9    | 20,2                  | 9,9    | 20,2   | 11,2                  | 22,9   | 11,2   | 22,9                  | 11,2   | 22,9   |
| +22            | 26,4                           | 8,2                  | 16,6   | 8,3    | 16,8                  | 8,5    | 17,3   | 9,3                  | 18,9   | 10,5   | 21,5                  | 10,5   | 21,5   | 12,0                  | 24,4   | 12,0   | 24,4                  | 12,0   | 24,4   |
| +23            | 28,1                           | 8,7                  | 17,7   | 8,8    | 17,9                  | 9,1    | 18,4   | 9,9                  | 20,1   | 11,2   | 22,9                  | 11,2   | 22,9   | 12,7                  | 26,0   | 12,7   | 26,0                  | 12,7   | 26,0   |
| +24            | 29,8                           | 9,3                  | 18,8   | 9,4    | 19,1                  | 9,6    | 19,6   | 10,5                 | 21,4   | 11,9   | 24,3                  | 11,9   | 24,3   | 13,5                  | 27,7   | 13,5   | 27,7                  | 13,5   | 27,7   |
| +25            | 31,7                           | 9,8                  | 20,0   | 10,0   | 20,3                  | 10,2   | 20,8   | 11,2                 | 22,8   | 12,7   | 25,9                  | 12,7   | 25,9   | 14,4                  | 29,5   | 14,4   | 29,5                  | 14,4   | 29,5   |
| +26            | 33,6                           | 10,5                 | 21,3   | 10,6   | 21,6                  | 10,9   | 22,1   | 11,9                 | 24,2   | 13,5   | 27,5                  | 13,5   | 27,5   | 15,3                  | 31,4   | 15,3   | 31,4                  | 15,3   | 31,4   |
| +27            | 35,6                           | 11,1                 | 22,6   | 11,2   | 22,9                  | 11,5   | 23,5   | 12,6                 | 25,8   | 14,3   | 29,3                  | 14,3   | 29,3   | 16,2                  | 33,4   | 16,2   | 33,4                  | 16,2   | 33,4   |
| +28            | 37,8                           | 11,8                 | 24,0   | 11,9   | 24,3                  | 12,3   | 25,0   | 13,4                 | 27,4   | 15,2   | 31,2                  | 15,2   | 31,2   | 17,3                  | 35,5   | 17,3   | 35,5                  | 17,3   | 35,5   |
| +29            | 40,0                           | 12,5                 | 25,5   | 12,7   | 25,9                  | 13,0   | 26,6   | 14,2                 | 29,1   | 16,1   | 33,1                  | 16,1   | 33,1   | 18,3                  | 37,7   | 18,3   | 37,7                  | 18,3   | 37,7   |
| +30            | 42,4                           | 13,3                 | 27,1   | 13,4   | 27,5                  | 13,8   | 28,2   | 15,1                 | 30,9   | 17,1   | 35,2                  | 17,1   | 35,2   | 19,4                  | 40,1   | 19,4   | 40,1                  | 19,4   | 40,1   |
| +31            | 44,9                           | 14,1                 | 28,8   | 14,2   | 29,1                  | 14,6   | 29,9   | 16,0                 | 32,8   | 18,1   | 37,4                  | 18,1   | 37,4   | 20,6                  | 42,6   | 20,6   | 42,6                  | 20,6   | 42,6   |
| +32            | 47,5                           | 14,9                 | 30,5   | 15,1   | 30,9                  | 15,5   | 31,8   | 16,9                 | 34,8   | 19,2   | 39,7                  | 19,2   | 39,7   | 21,9                  | 45,3   | 21,9   | 45,3                  | 21,9   | 45,3   |
| +33            | 50,3                           | 15,8                 | 32,4   | 16,0   | 32,8                  | 16,4   | 33,7   | 18,0                 | 37,0   | 20,4   | 42,2                  | 20,4   | 42,2   | 23,2                  | 48,2   | 23,2   | 48,2                  | 23,2   | 48,2   |
| +34            | 53,2                           | 16,7                 | 34,4   | 16,9   | 34,8                  | 17,4   | 35,8   | 19,0                 | 39,2   | 21,6   | 44,8                  | 21,6   | 44,8   | 24,6                  | 51,1   | 24,6   | 51,1                  | 24,6   | 51,1   |
| +35            | 56,2                           | 17,7                 | 36,4   | 17,9   | 36,9                  | 18,4   | 37,9   | 20,1                 | 41,6   | 22,9   | 47,5                  | 22,9   | 47,5   | 26,0                  | 54,3   | 26,0   | 54,3                  | 26,0   | 54,3   |
| +36            | 59,4                           | 18,7                 | 38,6   | 19,0   | 39,1                  | 19,5   | 40,2   | 21,3                 | 44,1   | 24,2   | 50,4                  | 24,2   | 50,4   | 27,6                  | 57,7   | 27,6   | 57,7                  | 27,6   | 57,7   |
| +37            | 62,7                           | 19,8                 | 40,9   | 20,1   | 41,5                  | 20,6   | 42,6   | 22,6                 | 46,8   | 25,6   | 53,5                  | 25,6   | 53,5   | 29,2                  | 61,2   | 29,2   | 61,2                  | 29,2   | 61,2   |
| +38            | 66,2                           | 21,0                 | 43,4   | 21,2   | 44,0                  | 21,8   | 45,2   | 23,9                 | 49,6   | 27,1   | 56,8                  | 27,1   | 56,8   | 30,9                  | 65,0   | 30,9   | 65,0                  | 30,9   | 65,0   |
| +39            | 69,9                           | 22,2                 | 46,0   | 22,5   | 46,6                  | 23,1   | 47,9   | 25,2                 | 52,6   | 28,7   | 60,2                  | 28,7   | 60,2   | 32,7                  | 69,0   | 32,7   | 69,0                  | 32,7   | 69,0   |
| +40            | 73,8                           | 23,4                 | 48,7   | 23,7   | 49,4                  | 24,4   | 50,7   | 26,7                 | 55,8   | 30,4   | 63,9                  | 30,4   | 63,9   | 34,6                  | 73,3   | 34,6   | 73,3                  | 34,6   | 73,3   |



# ***$h,x$ -Diagramm***







**Seibu Giken DST AB**

Avestagatan 33

163 53 Spånga

Sweden

[www,dst-sg.com](http://www.dst-sg.com)

E-mail:[info@dst-sg.com](mailto:info@dst-sg.com)

Subsiding to:

**Seibu Giken Co, Ltd**

3108-3, Aoyagi, Koga-machi,

Kasuya-Gun, Fukuoka 811-3

Japan