

## Zu hohe Luftfeuchtigkeit ist eine teure Sache

Feuchtigkeitsschäden in Gebäuden Ursachen und Beseitigung / Ing. Peter Iselt



# Feuchtigkeitsschäden in Gebäuden

## Ursachen und Beseitigung

Bei Feuchtigkeitsschäden an Mauerwerken im Inneren des Hauses ist die Frage der Ursache, sowie die Beseitigung der Schäden ein immer wiederkehrender Diskussionspunkt zwischen Architekten, Bauherren und Bewohnern.

Sind es Fehler bei der Planung des Gebäudes, sind es Mängel in der Bauausführung oder sind es Nutzungsprobleme auf die Feuchtigkeitsschäden im Hausinneren zurückzuführen sind ?

Fragen über Fragen, die auf alle Beteiligten zukommen. Einige Antworten mögen Sie diesem Bericht entnehmen.

Würde man heute bekanntgewordene Fälle von Feuchtigkeitsschäden in Gebäuden statistisch erfassen, so würde erst einmal bewußt, wie häufig diese auftreten.

Beschäftigen wir uns zunächst einmal mit der Frage der Entstehung von Feuchtigkeit an Wänden und Fenstern (Schwitzwasser).

Die Luft ist ein Gasgemisch, welches in Abhängigkeit zur Temperatur eine bestimmte Menge Wasserdampf aufnehmen kann. Jedem Betriebszustand der Luft ist, entsprechend den physikalischen Gesetzen, ein Punkt im h-x-Diagramm zugeordnet, der angibt, wieviel Wasserdampf die Luft bei dem gegebenen Zustand aufnehmen kann.

Oder anders ausgedrückt: Wo liegt die Temperatur, bei der die Aufnahmefähigkeit der Luft erreicht ist und sie keinen weiteren Wasserdampf mehr aufnehmen kann bzw. das überschüssige Wasser ausscheiden muß ?

Abbildung 1 zeigt die Begriffe im h-x-Diagramm für feuchte Luft und ein Beispiel: Dem Raumzustand von Raumtemperatur  $t_1 = 25^\circ\text{C}$  und der relativen Feuchte von 60% ist ein Wassergehalt von  $x_1 = 12,1\text{g}$  Wasserdampf kg trockene Luft und ein Taupunkt von  $t_2 = 16,8^\circ\text{C}$  zugeordnet.

Sinkt die Temperatur unter  $16,8^\circ\text{C}$  ab, kann die Luft die Wasserdampfmenge nicht mehr halten und überschüssiger Wasserdampf wird als Kondensat ausgeschieden.

Bei Abkühlung der Luft auf  $15^\circ\text{C}$  sinkt der maximal mögliche Wassergehalt auf  $10,8\text{g} / \text{kg}$ .

Das heißt: Es werden  $12,1 - 10,8 = 1,3\text{g}$  Wasser pro kg Luft ausgeschieden. Ein Raum mit einem Volumen von z. B.  $50\text{m}^3$  enthält  $60\text{kg}$  Luft. Demzufolge würden  $60\text{kg} \times 1,3\text{g} / \text{kg} = 78\text{g}$  Dampf zu flüssigem Wasser auskondensieren.

Zu diesem genannten physikalischen Grund der Entstehung kommt ein weiterer bauphysikalischer hinzu. Je geringer die Luftströmung innerhalb des Raumes ist, desto eher kann sich die stehende Luft an der Wand abkühlen. Durch die energetisch notwendigen Maßnahmen der vergangenen Jahre wurden unsere Fenster immer dichter, sodaß ein normaler Luftaustausch kaum mehr möglich ist. Der Raum ist geschlossen, die Luft kann nicht mehr zirkulieren.

Die Luft steht still, sie wird die niedrige Temperatur im Bereich der Wand schnell annehmen und Feuchtigkeit an der Wand ausscheiden ( kondensieren ).

Erschwerend für die wichtige Luftzirkulation kommt hinzu, daß Möbel und Einrichtungsgegenstände die Luftbewegung behindern.

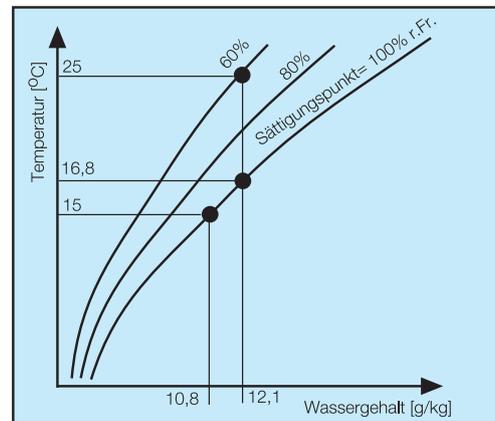


Abb. 1: h-x-Diagramm für feuchte Luft

# Die Kondensatentfeuchtung und die Adsorptionstrocknung

Schwitzwasserbildung führt zur Entstehung von Modergeruch und Schimmel, der das Bauwerk zerstört und auch die Gesundheit beeinträchtigt.

Ein weiterer, oft unterschätzter Faktor, je nach Jahreszeit, ist die Reduzierung der Raumtemperatur. Besonders nachts kommt es dann zur Bildung von Feuchtigkeit.

Das nachstehende Diagramm verdeutlicht den Verlauf einer zu tiefen Nachtabenkung und deren Folgen.

Punkt 1: Raumtemperatur = 22° C, Raumfeuchte = 45%;

Punkt 2: Nachtabenkung auf 16° C, ergibt bei geschlossenen Fenstern eine Raumfeuchte von 65%;

Punkt 3: Wandtemperatur = 10°C, Luftfeuchtigkeit im Wandbereich = 100%.

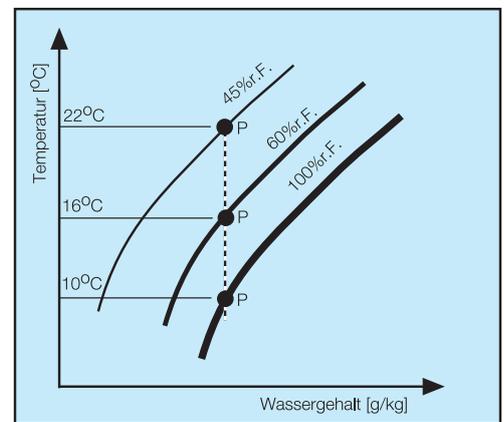
Wissenschaftliche Untersuchungen kommen zunächst zu dem Ergebnis, daß Lüftheizungsanlagen durch einen geregelten, temperierten Luftaustausch die erste Maßnahme sein sollten. Diese Kombination ist aber, je nach Außenlufttemperaturen und Außenfeuchten, auf das ganze Jahr gesehen, nicht in der Lage, das Problem allein zu lösen.

Um besonders der Feuchtigkeitsschäden in der feuchteren, warmen Jahreszeit Herr zu werden, setzt man Raumtrocknungsgeräte, auch Raumluftentfeuchter genannt, ein.

Welche Möglichkeiten zur Luftentfeuchtung existieren?

Die Kondensationsentfeuchtung wird durch eine Kälteanlage erreicht, die die zu trocknende Luft unter ihre Taupunkttemperatur kühlt und ihr so Wasser entzieht. Die so entfeuchtete, kalte Luft wird anschließend wieder erwärmt.

Die Adsorptionstrocknung wird vorrangig dann eingesetzt, wenn es darauf ankommt, besonders trockene Luft zu erhalten (Prozeßtrocknung), oder wenn bei sehr kalter Luft eine hohe Entfeuchtungsleistung gefordert wird. Dieses Spezialgebiet soll hier nicht näher behandelt werden.



## Kaut-Raumtrockner arbeiten nach dem Kondensationsprinzip

Dies gewährleistet Wirtschaftlichkeit bei hohen Entfeuchtungsleistungen.

Die Raumluft wird auf der Rückseite des Raumtrockners angesaugt, passiert den Verdampfer (Kühler), den Kondensator (Erhitzer) und wird durch einen Ventilator über ein Gitter auf der Vorderseite dem Raum wieder zugeführt.

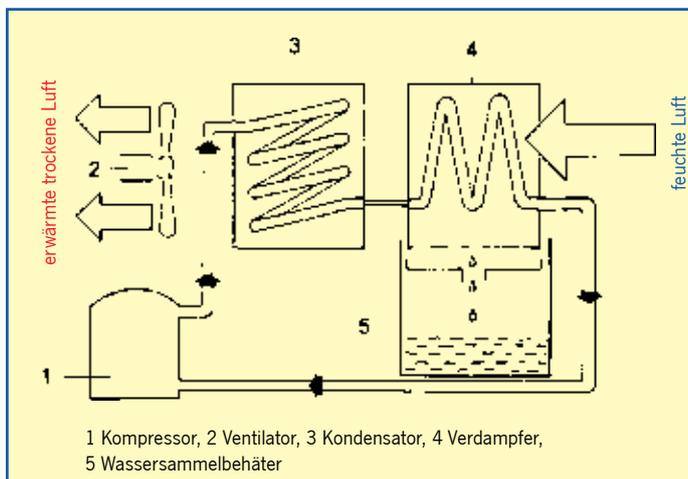
Durch den Verdampfer wird die Luft unter Taupunkttemperatur abgekühlt, wodurch sich ein Teil des in der Luft enthaltenen Wassers als Kondensat an den Rohrschlangen des Verdampfers niederschlägt und abtropft. Die Luft wird durch den Kondensator erwärmt und dem Raum mit geringerer Feuchtigkeit und höherer Temperatur wieder zugeführt.

Die im Kondensator an die Luft übertragene Energie setzt sich zusammen aus:

- der zuvor im Verdampfer entzogenen sensiblen Wärmemenge
- der elektrischen Antriebsenergie
- der durch Verflüssigung des Wasserdampfes freigewordenen Kondensationswärme

Diese Raumtrockner arbeiten nach dem Wärmepumpenprinzip.

Diese Abbildung zeigt den Aufbau eines solchen Gerätes.



Die Geräte arbeiten sehr geräuscharm und werden über einen Hygrostaten automatisch geregelt. Ein eingebauter Schwimmer schaltet das Gerät ab, sobald der Wasserbehälter voll ist. Dieser Betriebszustand wird optisch angezeigt. Die Möglichkeit zur direkten Kondensatableitung ist mittels Schlauchanschluß gegeben.

## Zusammenfassung

Auch eine gute Wärmedämmung kann, je nach Außen- und Innenluftzuständen, eine Unterschreitung des Taupunktes der Luft nicht verhindern.

Einige Feuchtigkeitsquellen im Haus erhöhen die Feuchtigkeit noch zusätzlich. Bei der Betrachtung müssen berücksichtigt werden:

- 1) die Anzahl und Tätigkeit der Personen
- 2) Pflanzen und Tiere
- 3) Haushaltsgeräte, wie Kochgeräte oder Wäschetrockner
- 4) Dusch- und Wannenbäder
- 5) offene, wasserverdunstende Oberflächen von Schwimmbädern, Whirl-Pools, Zierbrunnen und Aquarien.

Je nach Intensität der vorgenannten Faktoren werden Liter von Wasserdampf an die Luft abgegeben.

Aufgrund der Temperaturunterschiede wirken die Innenwände wie ein Schwamm, der die Feuchtigkeit anzieht.

Es ist offensichtlich, daß Lüften und/oder Heizen allein nicht ausreicht, eine zu hohe Luftfeuchtigkeit zu senken.

Abgesehen von der Ineffizienz solcher Vorgehensweisen wird teure Energie buchstäblich zum Fenster hinausgeblasen.

Um Feuchtigkeitsschäden vorzubeugen oder zu beseitigen, ist es vorteilhaft, die Luftentfeuchtung mittels Raumtrocknern durchzuführen.

Raumtrockner sichern Ihnen über Jahre hinaus den Erhalt Ihrer Bausubstanz und erhalten Ihre Werte.

**Zu hohe Luftfeuchtigkeit ist eine teure Sache !**

## Wohn- und Komfortbereich

Die Geräte für dieses Einsatzgebiet sind besonders geräuscharm und kompakt. Ein Wassersammelbehälter mit integriertem Schwimmerschalter schaltet das Gerät aus, wenn der Behälter gefüllt ist. Es besteht auch die Möglichkeit, einen direkten Wasserablauf anzuschließen.

Einsatzgebiete:

- Wohnräume
- Kellerräume
- Hobbyräume
- Ferienwohnungen- und Häuser
- Badezimmer
- Umkleieräume
- Büroräume
- Bibliotheken
- Fotolabore



## Gewerblicher Bereich

Die Geräte für diesen Einsatzbereich sind besonders robust und teilweise fahrbar. Sie werden über eine Elektronik gesteuert, die die gesamten Betriebsvorgänge überwacht und Störungen im Betriebsablauf sofort anzeigt. Einige der Geräte sind außerdem mit einem Betriebsstundenzähler ausgestattet, der eine genaue Überwachung der Gerätelaufzeit ermöglicht.

Das anfallende Kondenswasser kann entweder in einen Sammelbehälter mit Schwimmerschalter geleitet werden oder über einen Schlauchanschluß direkt abgeleitet werden.

Einsatzgebiete:

- Bautrocknung
- Wäschereien
- Werkstätten
- Fitness-Studios
- Museen
- Archive und Lagerräume
- Prozeßtrocknung
- Pumpstationen
- Hochbehälter
- Wasserwerke



## Bausanierung Wasserwerke

Die Geräte für diesen Einsatzbereich sind besonders robust, kompakt, leistungsstark und fahrbar, sodaß sie mühelos an den jeweiligen Einsatzort gebracht werden können. Sie werden über eine Elektronik gesteuert, die die gesamten Betriebsvorgänge überwacht und Störungen im Betriebsablauf sofort anzeigt. Einige der Geräte sind mit einem Betriebsstundenzähler ausgestattet, der eine genaue Überwachung der Gerätelaufzeit ermöglicht. Verschiedene Geräte verfügen über einen Sammelbehälter mit Schwimmerschalter, der das Gerät automatisch ausschaltet, wenn der Behälter gefüllt ist. Zusätzlich haben einige Geräte eine integrierte Elektroheizung, die eine Beheizung der Räumlichkeiten ermöglicht.

Einsatzgebiete:

- Wasserschäden
- Bauaustrocknung
- Wasserwerke
- Feuerlöschschäden
- Putztrocknung

Empfehlenswert für Wasserwerke sind Raumlufentfeuchter der Kategorie "Gewerbliche Nutzung", da dort verschiedene, schwerwiegende Feuchtigkeitsprobleme auftreten.

Einerseits durch Wasserrohre, die mit einer Temperatur von 8°-10° C durch fast alle Räume führen, andererseits durch offene Wasserbecken, z.B. in Filterkammern. Verstärkt werden die Probleme oftmals durch undichte Absperrventile oder Pumpen.

Wasserwerke brauchen also sowohl stationäre Luftentfeuchter, als auch transportable, die schnell an den jeweiligen Schadensorten eingesetzt werden können.



# Schwimmbadentfeuchtung

Die alte Methode der Schwimmhallen-Entfeuchtung ist eine teure Sache. Bei diesen „Energieschleudern“ wird kalte Außenluft auf Raumtemperatur erwärmt und dann einfach ins Freie geblasen.

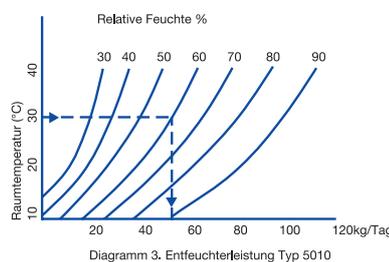
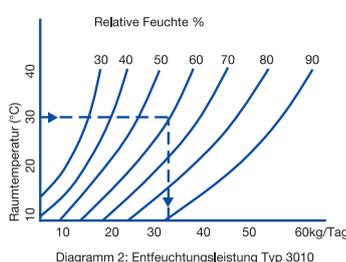
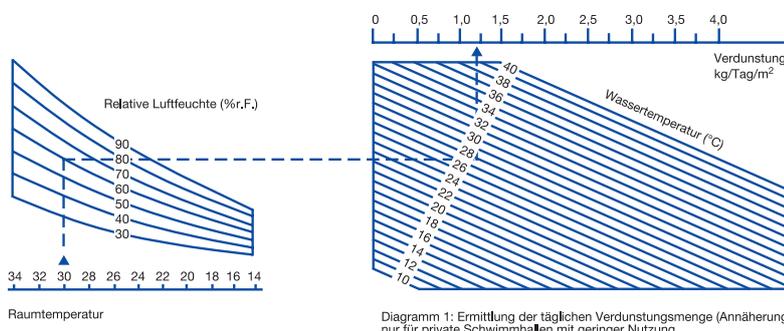
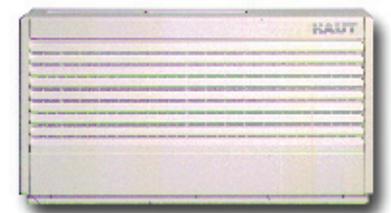
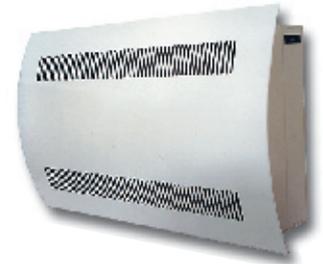
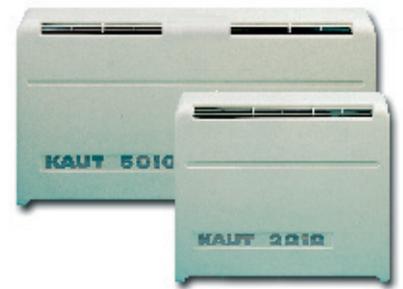
Es geht auch anders: Kaut-Luftentfeuchter entziehen der Hallenluft die Feuchtigkeit durch Kondensation des überschüssigen Wasserdampfes. Hierbei wird Energie frei (Kondensationswärme), so daß die Wärmeabgabe der Luftentfeuchter ca. dreimal so hoch ist wie die elektrische Leistungsaufnahme. Die Geräte sind anschlussfertig mit eingebautem Hygrostaten problemlos auch nachträglich zu installieren

Einsatzgebiete:

- öffentliche und private Schwimmbäder
- Whirlpools
- Duschräume

## Geräteauswahl für privatgenutzte Schwimmhallen

In Abhängigkeit von der Raumtemperatur, der gewünschten rel. Feuchte und der Beckenwassertemperatur wird im Diagramm 1 die tägliche Verdunstungsmenge pro m<sup>2</sup> Wasseroberfläche bestimmt. Dieser Wert ist mit der Beckengröße (m<sup>2</sup>) zu multiplizieren, um die nötige Entfeuchtungsleistung zu erhalten. In den Diagrammen 2 und 3 wird die tatsächliche Entfeuchtungsleistung der Luftentfeuchter 3010 und 5010 ermittelt. Es ist die Gerätegröße zu wählen, bei der die tatsächliche Leistung größer ist als die Verdunstungsmenge.



Beispiel

Raumtemperatur: 30° C  
 Wassertemperatur: 27° C  
 Luftfeuchtigkeit: 60% r.F.  
 Beckengröße: 32m<sup>2</sup>

ergibt:

Verdunstungsmenge: 1,2 kg / Tag / m<sup>2</sup>  
 nötige Entfeuchtungsleistung: 1,2 kg / Tag / m<sup>2</sup> x 32 m<sup>2</sup> = 38,4 kg / Tag

daraus folgt:

Typ 3010 ist mit 32 kg / Tag nicht ausreichend.  
 Es ist der Typ 5010 zu wählen (58 kg / Tag).

# Pilze - Freund und Feind des Menschen

Pilze kennt jeder, denn die wenigsten wachsen verborgen im Körper des Menschen. So will der Bäcker die Backhefe nicht missen, Biertrinker in Bayern mögen mit Hefeweizen nicht geizen, auch bei der Käseherstellung leisten Pilze gute Dienste. Doch diese zahmen Pilze haben unfreundliche Verwandte, die zu Plagegeistern für den Menschen werden können.

Experten schätzen, daß etwa 100 Pilzarten im menschlichen Organismus wachsen und ihm schaden können. Ein Pilz gilt dann als schädlich, wenn er in der Lage ist, im menschlichen Körper dauerhaft zu überleben und sich von ihm zu ernähren. Mediziner nennen krankmachende Pilze „Patogen“.

## Schimmelpilze

Bei Schimmelpilzen gibt es neben unschädlichen Arten wie dem Edelschimmel im Käse andere die krank machen. Zu ihnen gehört beispielsweise der *Aspergillus niger* - der sogenannte „schwarze Schimmelpilz“. Er wächst gerne an feuchten Stellen und Mauerwerken und hinterläßt dort charakteristisch schwarze Flecken. Der schwarze Schimmel produziert zur Fortpflanzung reichlich Sporen, die auch unter ungünstigen Bedingungen überdauern. Auch nach vielen Jahren wächst aus ihm wiederum ein neuer Pilz.

Schwirren viele Schimmelpilzsporen durch die Luft, geraten sie beim Einatmen in die Lunge. Eine solche Infektion ruft schwere Krankheiten hervor. Eines der bekanntesten Beispiele ist der sogenannte „Fluch des Pharao“. Bei der Entdeckung seines Grabes im Jahre 1922 starben 27 Menschen, die die Pyramide betraten, an einer geheimnisvollen Lungenkrankheit.

Heute weiß man, daß sich die Forscher beim betreten der Grabkammer mit immensen Sporen des Schimmelpilzes infiziert haben, der sich in der Lunge einnistete und diese zerstörte. Für so gefährliche Pilzinfektionen der Atemwege kommen neben dem *Aspergillus niger* auch andere Schimmelpilze, wie beispielsweise der *Aspergillus fumigatus* in Frage.

## Infektionsquellen

Vor Pilzen ist man nirgends sicher. Zwar gilt für die meisten Pilzkrankungen: man bekommt sie nicht, man holt sie sich, aber dies ist schnell geschehen. Schimmelpilzsporen beispielsweise schwirren in vielen Büros, in Wohnungen ebenso durch die Luft wie im Wald oder auf Wiesen. Entscheidend ist die Konzentration der Pilzsporen, ob sie für eine Infektion ausreichen oder nicht.

## Die Atemwege

Auch die Schimmelpilze attackieren nicht nur Joghurt, Obst und Brot sondern wachsen auf und im Menschen. Ihr bevorzugter Standort sind die Atemwege, weil sie Sauerstoff zum Leben brauchen. Besonders gerne, beziehen sie die Bronchien mit ihrem Pilzgeflecht und rufen dann asthmaartige Beschwerden hervor. Auch hier hilft sich der Körper oft selbst. Ein wachsender Schimmelpilz reizt die Hautoberfläche der Bronchien so stark, daß der Infizierte nach einiger Zeit heftig Husten muß. Dabei werden die Pilze mit der ausgehusteten Luft nach außen geschleudert. Ist die Schleimhaut jedoch vorgeschädigt, etwa durch eine chronische Atemwegserkrankung, kann sich der Pilz auch dauerhaft festsetzen, weil dieser Mechanismus nicht mehr funktioniert.

## Wichtig:

Egal ob Hefen oder Schimmelpilze. Sie alle sind äußerst flexibel, was ihren Standort anbelangt. Sie können sich über das Blut ausbreiten wie etwa die Hefe, aber auch über andere Wege. Eine Pilzkrankung bleibt deshalb selten auf nur eine Körperstelle begrenzt.

## Atemwegsallergien

Nicht nur im Darm, auch in den Atemwegen können, wie bereits erwähnt, Schimmelpilze oder Hefen sitzen. Vor allem Asthmatiker oder Menschen mit chronischer Bronchitis leiden oft unter Pilzen in den Atemwegen, ohne es zu wissen. Ihre Atemwege sind geschädigt, die Immunabwehr in der Lunge ist geschwächt. Müssen sie noch zusätzlich Kortisonspray verwenden, vergünstigt das das Pilzwachstum zusätzlich. Angegriffene Atemwege sind nicht nur ein Risikofaktor für eine Pilzinfektion. Oft reagieren Menschen mit dieser Krankheit allergisch auf Pilzsporen, die sich in der Luft befinden. Eine solche Allergie ruft ebenfalls asthmaartige Anfälle oder einen starken Hustenreiz hervor. Dies wiederum schwächt die Abwehrkraft der Atemwege, so werden eine Pilzallergie und eine Pilzinfektion der Atemwege zu einem Teufelskreis.

## Das Immunsystem

Ist unser Körper abwehrfit, haben Pilze keine Chance. Jeden Tag versuchen Tausende von Bakterien, Viren und auch Pilzen in den Körper einzudringen. Doch sie treffen auf keinen Wehrlosen. Das menschliche Immunsystem ist ein exzellenter Abwehrmechanismus, der die meisten Eindringlinge aus dem Verkehr zieht, bevor sie größeren Schaden anrichten. An der Abwehr von krankmachenden Keimen, von etwa Pilzen, wirken eine ganze Reihe von spezialisierten Zellen und Botenstoffen mit. Jeder Teil des Systems spielt dabei eine klar umrissene Rolle. Pilze bekommen nicht nur schwer Kranke, auch Menschen mit einem nur leicht geschädigten Immunsystem können sich infizieren.

Dazu reicht schon eine leichte Grippe. Fehlen dem Abwehrsystem Vitamine und Mineralstoffe, funktioniert es nicht mehr optimal. Ein solcher Mangel tritt manchmal sogar bei ausgewogener Ernährung auf. Patogene Pilze sind also auch für augenscheinlich Gesunde eine Gefahr, nicht zuletzt, weil sie in der Lage sind, das Immunsystem aktiv zu schwächen.

## Zusammenfassend:

Pilze können zu Krankmachern werden, wenn sie auf ein geschwächtes Abwehrsystem treffen. Schlimmstenfalls begünstigt schon eine Grippe die Infektion mit Pilzen. Menschen, deren Immunsystem dauerhaft nicht richtig funktioniert sind besonders pilzgefährdet. Einige Forscher vermuten sogar, daß manche chronische Krankheiten mit einer Pilzinfektion direkt in Zusammenhang steht.

**Zu hohe relative Luftfeuchtigkeit (über 60%) begünstigen das Ausbreiten von Schimmelpilzen in Räumen.**