

Was ist Feuchteschutz?

Unter Feuchteschutz versteht man alle Maßnahmen, welche dem Schutz von Bauteilen vor Feuchtigkeit dienen. Hierbei spielt es keine Rolle, ob die Feuchtigkeit in Form von Niederschlag, Wasserdampf oder Grundwasser auftritt.

Der **konstruktive Feuchteschutz** soll das Bauteil vor flüssigem Wasser und kritischer Luftströmung schützen. Er stellt grundsätzlich die sicherste Art des Feuchteschutzes dar und sollte daher bevorzugt angewendet werden. Beispiele hierfür sind: trockene Baustoffe, ausreichende Dachüberstände, Betonsockel zur Lagerung von Holzbauteilen, die zweite wasserführende Ebene im Steildach oder die luftdichte Ebene im Bauteil. Die Möglichkeiten des konstruktiven Feuchteschutzes sind stets maximal auszuschöpfen und zu bevorzugen.

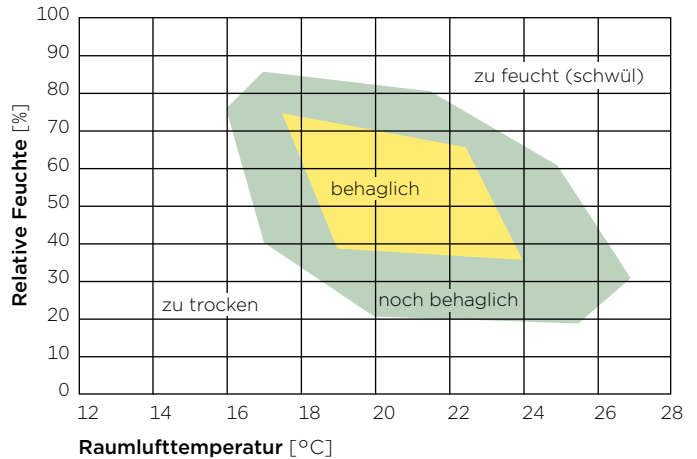
Der **physikalische Feuchteschutz** soll das Bauteil vor der Feuchtigkeit schützen, welche trotz korrektem, konstruktivem Feuchteschutz in das Bauteil gelangt. Ziel ist nicht die generelle Vermeidung von Feuchtigkeit im Bauteil, was physikalisch ohnehin nicht möglich ist, sondern die Vermeidung von schädlichen Feuchtemengen. Der physikalische Feuchteschutz ist in bewohnten Gebäuden unerlässlich und Feuchtemanagement ein Kerngebiet der Bauphysik.

Warum brauchen wir Feuchteschutz?

Seit jeher war und ist die Einwirkung von Feuchtigkeit auf Gebäude und Konstruktionen ein Problem beim Bau aber auch bei der Nutzung von Gebäuden. „Bauliche Anlagen sowie andere Anlagen und Einrichtungen [...] müssen so angeordnet, beschaffen und gebrauchstauglich sein, dass durch Wasser, Feuchtigkeit, [...] Gefahren oder unzumutbare Belästigungen nicht entstehen“ (MBO §16). Werden Bauteile nicht vor Feuchtigkeit geschützt, so kann es zu einer Feuchteakkumulation in den eingesetzten Materialien kommen, die dort z. B. zunächst zu einer Schimmelpilzbildung führen können und insbesondere bei Holzkonstruktionen im ungünstigsten Fall auch einen Befall mit holzerstörenden Pilzen nach sich ziehen kann. Des Weiteren ist der Feuchteschutz zur Sicherstellung von hygienisch einwandfreien Wohnbedingungen von großer Bedeutung, denn mangelnder Feuchteschutz reduziert den Wärmeschutz. Andersherum führt ein schlechter Wärmeschutz zu Feuchteschäden. Die Beachtung dieser Wechselwirkung ist für das Erreichen eines behaglichen Raumklimas, welches das Wohlbefinden, die Gesundheit und auch die Leistungsfähigkeit der Bewohner stark beeinflusst unabdingbar.

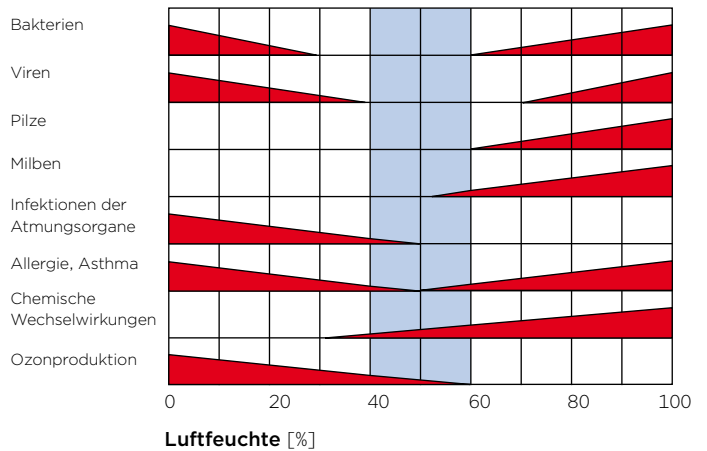
Behaglichkeitsfeld

Raumluftfeuchte - Raumtemperatur



Nach Frank W. (1975), Berichte aus der Bauforschung - Raumklima und Thermische Behaglichkeit. Berlin-München-Düsseldorf: Ernst & Sohn KG.

Raumlufthfeuchte und menschlich-biologische Wechselwirkungen



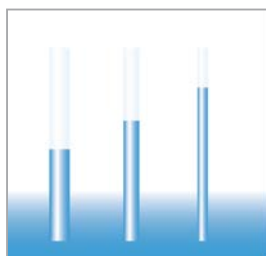
Entwicklung biologischer Organismen und Wechselwirkungen mit menschlichen Organen und der Umgebung (Schofield u. Sterling ASHRAE Journal 34)

Wie funktioniert Feuchteschutz?

Durch einen fachgerechten Feuchteschutz sollen Bauteile vor dem Eindringen schädlicher Mengen an Feuchtigkeit geschützt werden. Dazu gilt es, die verschiedenen Mechanismen des Feuchtetransports zu verstehen: **Rinnen und Tropfen, kapillares Saugen, Diffusion, Konvektion.**

Beim Feuchtetransport durch **Rinnen oder Tropfen** handelt es sich um einen Flüssigwassertransport. Kommt es z. B. aufgrund einer Leckage in der wasserführenden Schicht in der Dachabdichtung zu einem Flüssigwassereintritt, so muss das Bauteil zumeist mit hohem Aufwand saniert werden. Flüssigwassereintritte können teils gravierende Bauschäden verursachen. Die eingedrungenen Feuchtemengen sind zumeist zu groß, um auf natürliche Weise in ausreichender Menge aus dem Bauteil abtransportiert zu werden. Ein Flüssigwassereintritt durch Rinnen oder Tropfen muss durch geeignete Konstruktionen und Materialien deshalb unbedingt vermieden werden.

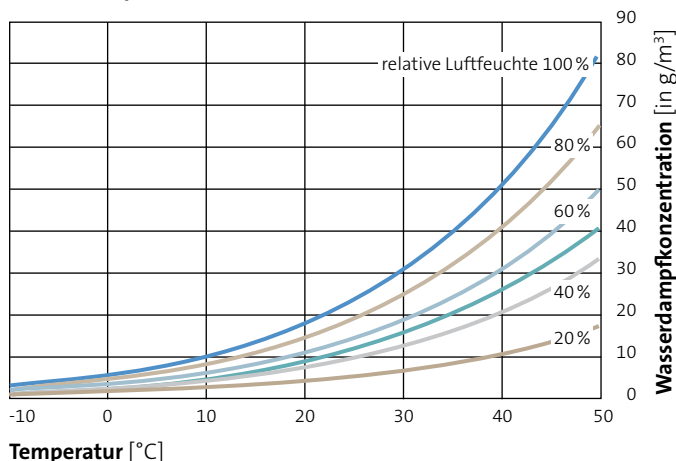
Beim Feuchtetransport durch **kapillares Saugen** handelt es sich ebenfalls um einen Flüssigwassertransport. Durch kapillares Saugen können je nach Material erhebliche Mengen an Flüssigkeit transportiert werden. Je enger hierbei die Kapillare, desto stärker ist die Saugkraft und desto weiter kann Wasser transportiert werden. Der Feuchteeintrag durch kapillares Saugen kann problematisch sein und muss durch die Wahl geeigneter Konstruktionen und Materialien gering gehalten oder ganz verhindert werden, z. B. durch hydrophobierten Außenputz oder kapillar brechende Schichten im Mauerwerk, insbesondere im Sockelbereich.



Beim Feuchtetransport durch **Diffusion** wird Wasser gasförmig ohne äußere Einwirkungen transportiert. Bei der Wasserdampfdiffusion kommt es, ähnlich wie beim Wärmetransport, zu einem Diffusionsstrom vom Bereich mit höherer Wasserdampfkonzentration hin zum Bereich mit geringerer Wasserdampfkonzentration.

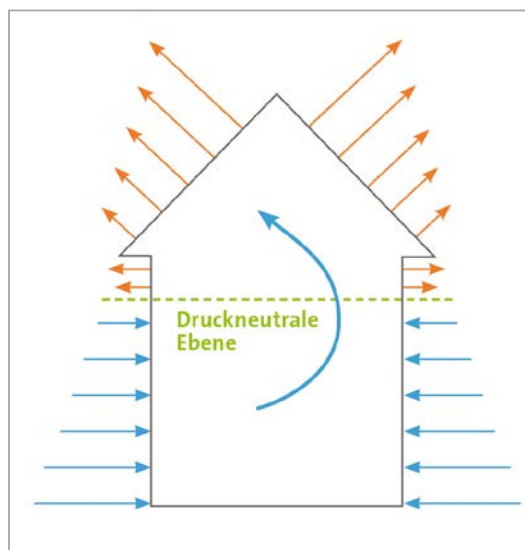
Die absolute Luftfeuchtigkeit (Wasserdampfkonzentration) beschreibt dabei die Wassermasse, welche sich als Dampf in der Luft befindet. Die Abbildung unten zeigt die Abhängigkeit der relativen Luftfeuchtigkeit von Wasserdampfkonzentration und der Temperatur. Je wärmer es ist, desto mehr Wassermoleküle können sich in gasförmigem Zustand in der Luft anreichern. Wird jedoch der maximal mögliche Wassergehalt in der Luft erreicht, d. h. eine relative Luftfeuchte von 100%, so kondensiert das Wasser an

Wasserdampfkonzentration



kälteren Oberflächen. Der Diffusionsstrom ist im Winter im Allgemeinen vom Innenraum nach außen gerichtet. Durch die geringen winterlichen Lufttemperaturen ist der Wasserdampfpartialdruck auf der Außenseite des Bauteils (-10 °C / 80% rF) üblicherweise geringer als im Innenraum (23 °C / 50% rF). Während der Sommermonate kann sich die Diffusionsrichtung jedoch umkehren, da sich das Bauteil infolge der Sonneneinstrahlung aufheizt. Dieser Prozess der Umkehrdiffusion ist wichtig, um die Tauglichkeit bestimmter Bauteile zu gewährleisten.

Beim Feuchtetransport durch **Konvektion** wird Wasserdampf in der strömenden Luft mittransportiert, wobei die Luftbewegung durch eine Luftdruckdifferenz hervorgerufen wird. Die Luft strömt dabei vom Bereich mit höherem Luftdruck in den Bereich mit geringerem Luftdruck. In einem beheizten Gebäude stellt sich aufgrund des thermischen Auftriebs (Kamineffekt) in höheren Positionen ein Überdruck und an niedrigeren Positionen ein Unterdruck im Vergleich zum Außenluftdruck ein. Die Abbildung unten verdeutlicht dies anhand eines zweistöckigen Gebäudes. Der winterliche Überdruck liegt in Wohngebäuden je nach Gebäudehöhe und Temperaturdifferenz bei etwa 5 Pa. Konvektive Feuchteinträge in Baukonstruktionen können durch eine durchgehende Luftdichtheitsschicht auf der Innenseite unterbunden werden. Mögliche Leckagen in der Luftdichtheitsschicht im oberen Gebäudebereich können aufgrund des Überdruckes zu einem stetigen konvektiven Feuchtestrom in das Bauteil führen. Die Feuchtemenge, welche durch Konvektion transportiert wird, kann jene durch Diffusion um ein Vielfaches übersteigen.



Luftdruckverhältnisse zwischen Innen- und Außenbereich eines Gebäudes aufgrund des thermischen Auftriebs

Bei allen Feuchtetransportmechanismen, bei denen gasförmiges Wasser in der Luft transportiert wird, bedingt eine Abkühlung der Luft oder das Auftreffen auf eine kältere Oberfläche eine Kondensation des Wasserdampfes zu flüssigem Wasser. Diese Tauwasserbildung im inneren von Bauteilen kann zu denselben Schäden führen, die von außen eindringendes Wasser verursacht. Allerdings geschieht dies zumeist langsam und zunächst unsichtbar, weshalb die Tauwasserfreiheit von Bauteilen von enormer Wichtigkeit ist.

Bei allen Feuchtetransportmechanismen, bei denen gasförmiges Wasser in der Luft transportiert wird, bedingt eine Abkühlung der Luft oder das Auftreffen auf eine kältere Oberfläche eine Kondensation des Wasserdampfes zu flüssigem Wasser, sofern die Luft die maximal aufnehmbare Wasserdampfmenge (Sättigungsmenge) erreicht hat. Diese Tauwasserbildung im inneren von Bauteilen kann zu denselben Schäden führen, die von außen eindringendes Wasser verursacht. Allerdings geschieht dies zumeist langsam und zunächst unsichtbar, weshalb die Begrenzung der Tauwassermenge in Bauteilen auf ein Minimum von enormer Wichtigkeit ist.

Was muss Feuchteschutz können?

Die Planung eines funktionstüchtigen Feuchteschutzes von Bauteilen ist eine grundlegende Voraussetzung, ein dauerhaftes Gebäude mit gesundem Raumklima zu erreichen, weshalb die zuvor genannten Feuchtetransportmechanismen in die Bauteile hinein verhindert bzw. bestmöglich zu reduzieren sind. Die nachfolgenden grundlegenden Regeln zur korrekten bauphysikalischen Planung des Feuchteschutzes setzen ein gegen Rinnen oder Tropfen abgedichtetes Bauteil dabei voraus.

Diffusionsgefälle von innen nach außen

Eine grundlegende Regel zur feuchtetechnisch korrekten Planung von Bauteilen stellt der Leitspruch „innen dichter als außen“ dar. Hiermit sind die Diffusionswiderstände der Materialschichten auf der warmen und kalten Seite der Wärmedämmschicht gemeint. D. h. die höheren Diffusionswiderstände gehören immer auf die warme Seite der Wärmedämmung (innen), wobei die einzelnen s_d -Werte der verschiedenen Materialien aufaddiert werden müssen, z. B. Dampfbremse mit Rigips-Platte (innen) oder ein WDVS inkl. Putz (außen). Durch diese grundsätzliche Regelung wird sichergestellt, dass mehr Feuchtigkeit aus der Konstruktion über die Außenoberfläche heraus, als vom Innenraum in die Konstruktion hinein diffundieren kann. Eine Auffeuchtung des Bauteils durch Diffusion wird dadurch verhindert. Um eine ausreichende Austrocknung zu ermöglichen, sollte der Diffusionswiderstand auf der Außenseite möglichst gering sein. Durch die Wahl der richtigen Materialien und sorgfältige Ausführung können so feuchtetechnisch sichere Konstruktionen errichtet werden.

Innen luftdicht

Durch Luftströmung kann eine deutlich größere Menge Wasserdampf transportiert werden als durch Diffusion. Das ist auch der Grund, weshalb eine Luftleckage an der Innenseite des Bauteils die Dauerhaftigkeit der Konstruktion beeinträchtigen kann. Gelangt z. B. im Winter Luft vom Innenraum in die Konstruktion, so kann diese an der außenseitigen Bekleidung unter den Taupunkt abkühlen, so dass es dort zur Tauwasserbildung kommt. Es besteht die Gefahr einer starken Auffeuchtung, die zu enormen Schäden führen kann. Aufgrund des hohen Schadenpotentials von innenseitigen Luftleckagen ist auf der warmen Seite der Dämmung eine maximal luftdichte Ebene herzustellen.

Trocknungspotential sicherstellen

Bauteile vollständig luftdicht zu errichten ist praktisch nicht möglich. Auch bei gewissenhafter Ausführung der Luftdichtheitsebene, können kleine Undichtigkeiten an Verklebungen, Elektroinstalltionen, Klammerdurchdringungen oder bei Elementstößen nicht ausgeschlossen werden. Bauteile sollten deshalb eine gewisse Robustheit gegen solche Imperfektionen aufweisen. Da jedoch in der Theorie eine 100 % luftdichte Konstruktionen planbar ist, wird häufig die Meinung vertreten, dass bei einer quasi dampfdichten Ausführung der innenseitigen Luftdichtheitsebene gar keine Feuchtigkeit aus dem Innenraum in die Konstruktion gelangen kann. Diese Einschätzung kann jedoch zu gravierenden Bauschäden führen, denn vor allem Bauteile mit hohen außenseitigen Diffusionswiderständen sind wenig bis gar nicht fehlertolerant. Um dennoch schadensfrei

Konstruktionen bauen zu können, wurden die feuchteadaptiven Dampfbremsen entwickelt, die vereinfacht gesagt, im Winter dicht und im Sommer durchlässig sind.

Feuchteadaptive Dampfbremse verwenden

Mit Hilfe einer Dampfbremse kann der Diffusionsstrom in und aus dem Bauteil geregelt werden. Im Allgemeinen weisen Dampfbremsen einen konstanten s_d -Wert auf, d. h. ihr Diffusionswiderstand ist bei allen baupraktisch relevanten Klimabedingungen nährungsweise gleich. Die sich ändernden Klimabedingungen im Laufe eines Jahres wirken sich jedoch auch auf die feuchtetechnischen Belastungen eines Bauteils aus. Gleichbleibende Materialeigenschaften stehen der optimalen Ausführung von bauphysikalisch anspruchsvollen Konstruktionen mit dynamischen Anforderungen entgegen.

Bewährte, feuchteadaptive Dampfbremsen verändern ihren s_d -Wert in Abhängigkeit von den vorhandenen Klimabedingungen. Im Winter weisen sie einen hohen s_d -Wert auf, wodurch der winterliche Feuchteeintrag durch Diffusion in die Konstruktion stark reduziert wird. Im Sommer sinkt der s_d -Wert auf einen Bruchteil des Winterzustandes ab, wodurch sichergestellt wird, dass im Sommer deutlich mehr Feuchtigkeit aus der Konstruktion rücktrocknen kann, als im Winter durch Diffusion in das Bauteil gelangt. Auch geringe konvektive Feuchteinträge bleiben aufgrund des deutlich höheren Rücktrocknungspotentials üblicherweise schadensfrei.

Schlagregenschutz

Starker Regen in Kombination mit Windeinwirkung führt zu Schlagregen. Der Wind ist dabei sogar in der Lage das Wasser in den Putz oder das Mauerwerk hineinzudrücken. Durch Schlagregen können Schäden an Putz und Mauerwerk entstehen (insbesondere in Kombination mit Frosteinwirkungen) und gerade bei Innendämmungen kann Schlagregen auf nicht ausreichend geschützten Fassadenflächen zu hohen Feuchttakkumulationen hinter der Dämmebene führen. Schutz vor Schlagregen ist durch konstruktive Maßnahmen oder durch wasserabweisende Beschichtungen oder Putze zu erreichen. Welche Schlagregenbelastung für ein Bauteil zu erwarten ist, hängt dabei z. B. vom Ort, der Lage, der Orientierung, der Windbelastung und der Jahresniederschlagsmenge ab.

Raumluftfeuchte/Nutzerverhalten

Das Nutzerverhalten hat maßgebenden Einfluss auf die klimatischen Bedingungen in Innenräumen. Die Eigenschaften der Raumluft hängen dabei neben den wärmetechnischen und konstruktiven Bedingungen sowie der relativen Luftfeuchte deutlich von den Lebensgewohnheiten, dem Heizungs- und Lüftungsverhalten aber auch von Einrichtungsgegenständen ab. Um einen Schimmelpilzbefall durch Feuchteschäden zu vermeiden, sollten Feuchtelasten in der Raumluft ständig abgeführt werden (z. B. durch regelmäßiges Stoßlüften / kompletter Luftwechsel). Hinweise zum richtigen Lüften finden sich z. B. auf der Internetpräsenz des Umweltbundesamtes (umweltbundesamt.de) sowie im „Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen“ des Umweltbundesamtes.

Typische Feuchtequellen in Wohnungen

Feuchtequellen		Feuchteabgabe	
Mensch	überwiegend nicht aktiv oder leichte Aktivität, je Person	50 g/h	1.200 g/d ¹⁾
Pflanzen	repräsentativer Mittelwert für verschiedene Zimmerpflanzen (Mix von verschiedenen Zimmerpflanzen), je Stück	2 g/h ⁶⁾	50 g/d ⁶⁾
Küche	• Kochvorgänge	700 g/h – 1.000 g/h	
	• Geschirrspüler (Geschirr abgekühlt)	100 g/Spülvorgang	
	• Spülen unter fließendem Wasser (50 °C)	300 g/h	
	• Spülen im Spülbecken (50 °C)	140 g/h	
Bad	• Wannenbad	etwa 700 g/h	etwa 300 g/Bad ²⁾
	• Duschen	etwa 2.600 g/h	etwa 300 g/Dusche ²⁾
	• Abtrocknen	70 g/Vorgang	
Wäschetrocknen ⁵⁾	5 kg geschleudert	2.500 g/Waschmaschine	
Haustiere	• Aquarium (90% abgedeckt, 26 °C)	6 g/(h·m ²) ⁴⁾	150 g/(d·m ²) ⁴⁾
	• Katze	10 g/h	250 g/d ¹⁾
	• Hund (mittelgroß, 20 kg)	40 g/h	950 g/d ¹⁾

¹⁾ Anwesenheit 24 h/d

²⁾ 20 min Wannenbad

³⁾ 5 min Dusche und Abtrocknen

⁴⁾ Bezogen auf die Grundfläche des Aquariums

⁵⁾ Trocknen der Wäsche im Raum

⁶⁾ Es handelt sich um repräsentative Mittelwerte für verschiedene typische Zimmerpflanzen. Messungen haben eine Feuchtefreisetzung im Bereich von 0,6 g/h bis 4,4 g/h je Zimmerpflanze ergeben. Die Feuchtefreisetzung von Zimmerpflanzen korrespondiert in sehr guter Näherung mit der Gießwassermenge.

Quelle: Tabelle 1 nach DIN-Fachbericht 4108-8:2010-09

μ-Wert (mü-Wert)

Die Wasserdampfdiffusionswiderstand (kurz: Diffusionswiderstand) ist ein Richtwert für eine Stoffeigenschaft die durch den μ-Wert (mü-Wert) dargestellt wird. Als einheitsloser Wert wird er als Stoffeigenschaft des Widerstandes gegen Wasserdampfdiffusion benötigt. Ruhende Luft wird hierbei als Referenzmaterial herangezogen, weshalb ihr ein μ-Wert von 1 zugeschrieben wird. Die μ-Werte aller anderen Materialien geben somit an, um welchen Faktor diese dichter gegen Wasserdampfdiffusion sind als ruhende Luft (Mineralwolle μ = 1, Holz μ = 50, Beton μ = 100, Bitumendachbahn μ = 20.000).

s_d-Wert

Neben den Materialeigenschaften hat auch die Materialdicke einen Einfluss auf den Diffusionswiderstand der Materialschicht. Um dies zu berücksichtigen, wird die wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke verwendet und durch den s_d-Wert ausgedrückt. Der s_d-Wert einer Materialschicht wird durch Multiplikation des μ-Wertes mit der Schichtdicke ermittelt.

$$s_d = \mu \cdot d$$

Maßeinheit: m

Er gibt somit an, wie dick eine ruhende Luftschicht sein muss, damit diese denselben Diffusionswiderstand wie die eigentliche Materialschicht aufweist. Je höher der s_d-Wert bzw. der μ-Wert der Materialschicht, desto weniger Wasserdampf kann hindurch diffundieren. So gilt ein s_d-Wert ≤ 0,5 m als diffusionsoffen, zwischen 0,5 – 1.500 m als diffusions hemmend und > 1.500 m als diffusionsdicht.