

Dipl.-Ing. (FH) Gerhard Stierhof

- Studium der elektrischen Energietechnik mit Diplomarbeit über Steuerungstechnik an der Fachhochschule Nürnberg
- Ausbildung zum Gebäudeenergieberater mit Herausbildung des Themas Feuchte, bis hin zu erhöhten Anforderungen für erdberührte Gebäude im Jahr 2005
- Fortbildung zum Kälte- und Klimatechniker
- Mitglied im Energieberaterverein Franken

Arbeitsschwerpunkte: Entwicklung, Bau und Vertrieb spezieller effizienter Technik und von Feuchteregelsystemen für Gebäude in Deutschland und in Österreich, Beratung von Instituten, Firmen und Anwendern



Adresse: Unternesselbach 41, D-91413 Neustadt a.d. Aisch,
+49 9164 344, stierhof.etechnik@t-online.de,
www.stierhof-etechnik.de

Führen energetische Sanierungen zu einer Verschärfung der Schimmelproblematik?

1. Kurzfassung

Für die Neuentwicklung von Technologien oder die Verbesserung vorhandener Techniken ist es oft erforderlich, sich intensiver mit der Physik oder anderen Wissenschaften zu beschäftigen.

Dämmungen können raumseitig eine gleichmäßigere Wärmeverteilung erreichen und somit kalte Stellen und Schimmelrisiken vermindern. Jedoch schaffen es viele Dämmsysteme nicht, das mit dem Material und der Verarbeitung entstehende Feuchteproblem zu beherrschen, weil sie diffusionsdicht sind. Eine Dämmung, welche die Feuchte einschließt, nicht austreten lässt und/ oder kalt bleibt, kann auch selbst verschimmeln. Die größten Risiken ergeben sich dabei

- in der Dämmung der Außenwände (der größte Anteil)
- in der Einbringung von Materialfeuchte
- in mangelhafter Arbeit wegen fehlender Kenntnisse
- in nicht ausreichender Entfeuchtung (Lüftung)

Viele Dämmungen sind umstritten, weil sie keine solare Erwärmung erlauben, so dass sich die theoretische Energieeinsparung in der Praxis als Null erweisen kann.

Mit oder ohne Sanierungsmaßnahmen ist es erforderlich, die Feuchtebilanz (abtransportierte Feuchte größer oder gleich entstandener Feuchte) im Gebäude und in der Bausubstanz (Außen- und Innenseite) in Ordnung zu halten. Fazit: Durch Regelung der Feuchte ist Schimmel vermeidbar.

2. Grundlagen: Wodurch Schimmel entsteht und wodurch nicht

Die Feuchte entscheidet darüber, ob und wann Schimmel und Feuchteschäden auftreten. Demgegenüber sind für Schimmelwachstum alle anderen Faktoren wie Temperatur, pH-Wert, organische Substanz vernachlässigbar, aber in Gebäuden, Büros und Wohnungen ausreichend vorhanden.

3. Feuchtephysik

Zur Feuchtephysik gibt es viele und komplizierte Formeln. Es nimmt viel Zeit in Anspruch, diese zu erklären. Ihr Verständnis allein reicht jedoch nicht aus. Wichtig ist es, die Prinzipien und Vorgänge zu verstehen, die formal mit Formeln beschrieben werden.

Wodurch wird Feuchte erzeugt oder beeinflusst?

- Materialfeuchte durch Bautätigkeit (Mörtel, Putz, Estrich, Tapete, Farbe usw.).
- Materialfeuchte durch Schäden: Undichtes Dach, Leckage in der Dachrinne, Wasserrohrbruch usw.
- Nutzungsbedingte Feuchteinträge

Die in Häusern gewollt oder ungewollt vorliegende Feuchtemenge reicht scheinbar häufig aus, um Schimmelwachstum zu ermöglichen (wie viele der Leidtragenden berichten können). Luft kann Wasserdampf nur halten, bis sie gesättigt ist. Die Sättigungsgrenze ist 100% relative Feuchte (r.F., relativ = bezogen auf die Sättigungsgrenze). Somit bedeutet 50%, dass die Luft nochmal soviel an Feuchtemenge aufnehmen kann wie sie aktuell hat.

Die relative Feuchte und somit die Kondensation von Wasserdampf aus der Luft ist abhängig von der Temperatur. Wenn die Temperatur in einem geschlossenen Raum erhöht wird, dann steigt das Fassungsvermögen der Luft für die Feuchte an. Wenn das Fassungsvermögen sich z.B. verdoppelt, dann halbiert sich die aktuelle relative Feuchte von beispielsweise 70% auf 35% r. F. Hier kann Heizen helfen, um die Toleranzgrenze (Entstehung von Überschussfeuchte) in günstiger Richtung zu verschieben. Andererseits kann eine hohe Temperatur auch sehr täuschen, weil in warme Luft weit mehr Feuchte passt und somit eine Zunahme nicht so leicht bemerkt wird.

Probleme:

- Temperaturunterschiede zeitlich oder räumlich, also Abkühlen oder kühlere Stellen (wie Ecken und Fenster).
- Kondensation tritt in der Theorie ab 100% r.F. auf, in der Praxis aber schon viel früher (je nach Anwendung und Porentiefe unterschiedlich).
- Bei hohen Temperaturen kann in der Luft relativ viel Feuchte enthalten sein, wie der Graph (Kennlinie) in Abb. 1 zeigt, so dass eine kleine Absenkung der Temperatur genügt, um schnell in die Überschussfeuchte zu geraten bzw. viel Feuchte entstehen zu lassen.

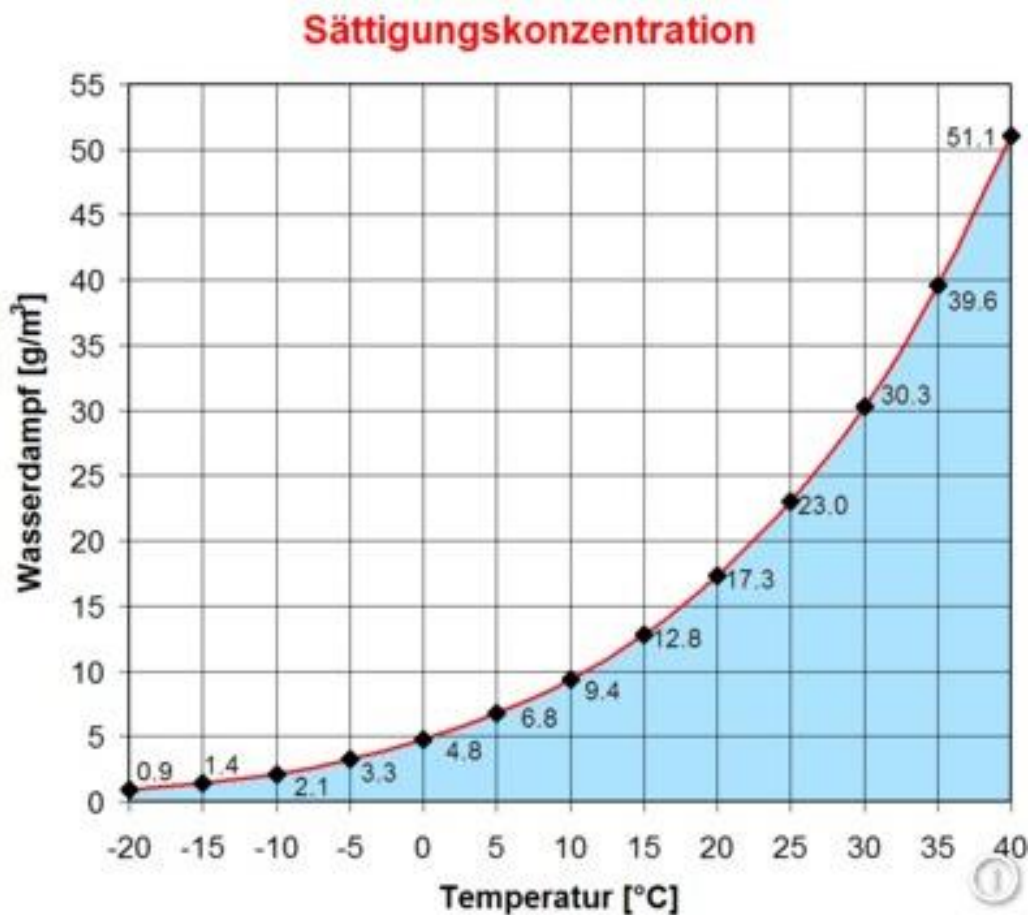


Abb. 1: Der Zusammenhang zwischen Wasserdampf und Temperatur

Die Sättigungskonzentration in Abb. 1 ist die maximale Aufnahmefähigkeit für Wasserdampf in Luft. Bei Erwärmung um 10°C ist beispielsweise beim Anstieg von 20 auf 30°C weit mehr Wasserdampf in Luft aufnehmbar als von 10 auf 20°C. Ebenso wird beim Abkühlen von hohen Temperaturen mehr Wassermenge anfallen als bei niedrigeren Temperaturen.

Diese Zusammenhänge lassen sich mit Versuchen oder Beobachtungen nachvollziehen: Eine der Nachweismethoden ist die Feuchtemenge, die man mit einem Luftfeuchtungsgerät aus der Luft ziehen kann: Bei einem Absenken von 70 auf 60% r.F. macht es einen sehr großen Unterschied, ob dies bei 24°C oder bei 15°C geschieht. In einem Fall ist der 5-Liter Behälter halb voll (2,5 Liter), im anderen Fall sind nur ca. 0,5 Liter darin.

Somit können Temperaturen und gemessene Luftfeuchten täuschen. Wer auf dem Tisch 24°C und 54% r.F. messen kann, hat scheinbar harmlose Werte. Diese können aber durch Abkühlen (Nachtabsenkung) oder an kalten Ecken (Wärmebrücken) eine hohe relative Feuchte ergeben.

Dabei ist folgendes zu berücksichtigen:

- Ein Erwärmen der Luft (Heizen) wird die relative Feuchte (und somit das Schimmelrisiko) senken, solange der Luft keine Feuchte zugeführt wird (z. B. durch Nutzung).
- Warme Luft kann viel Feuchte enthalten, wenn sie Zeit hatte, viel an Feuchtemenge aufzunehmen (wie es bei Sommerluft sehr oft der Fall ist). Eine warme Sommerluft mit 50% r.F. erscheint harmlos, ist aber für jeden kühlen Kellerraum (oder ein abkühlendes, unbeheiztes Gebäude oder eine kalte Fassade) eine große Feuchtequelle.

Zusammenfassend ist die Feuchtebilanz in Luft und Bausubstanz wesentlich:

- Abkühlen oder Nicht-Erwärmen oder Kaltbleiben von Häusern innen oder außen erhöht die relative Feuchte auf den jeweiligen Oberflächen und ist somit ein Schimmelrisiko.
 - Wenn der Luft und der Bausubstanz eines Gebäudes mehr Feuchte zugeführt als abgeführt wird, dann nimmt die Feuchte zu.
 - Wenn mindestens so viel Feuchte abgeführt wie zugeführt wird, dann nimmt die Feuchte nicht zu oder sie nimmt ab.
- Es ist egal, ob die Zuführung der Feuchte von der Nutzung kommt (wie Atmen und Duschen) oder von der Abkühlung der Bausubstanz vom Herbst über den Winter bis zum Frühjahr oder vom Eindringen warmer Sommerluft in einen Keller oder in eine Kirche oder ...

Wenn die relative Feuchte von vornherein niedrig ist (also weit weg vom Kondensat-/Schimmelrisiko), ist eine Abkühlung harmlos. Wenn die Feuchte immer mit der Abkühlung zusammen abgesenkt wird (entfeuchten), dann wird es kein Kondensat geben (Abb. 2). Umgekehrt: Wenn eine Abkühlung schneller geschieht als der Feuchteabtransport (Entfeuchten), kann es Kondensatfeuchte und somit Schimmel geben.

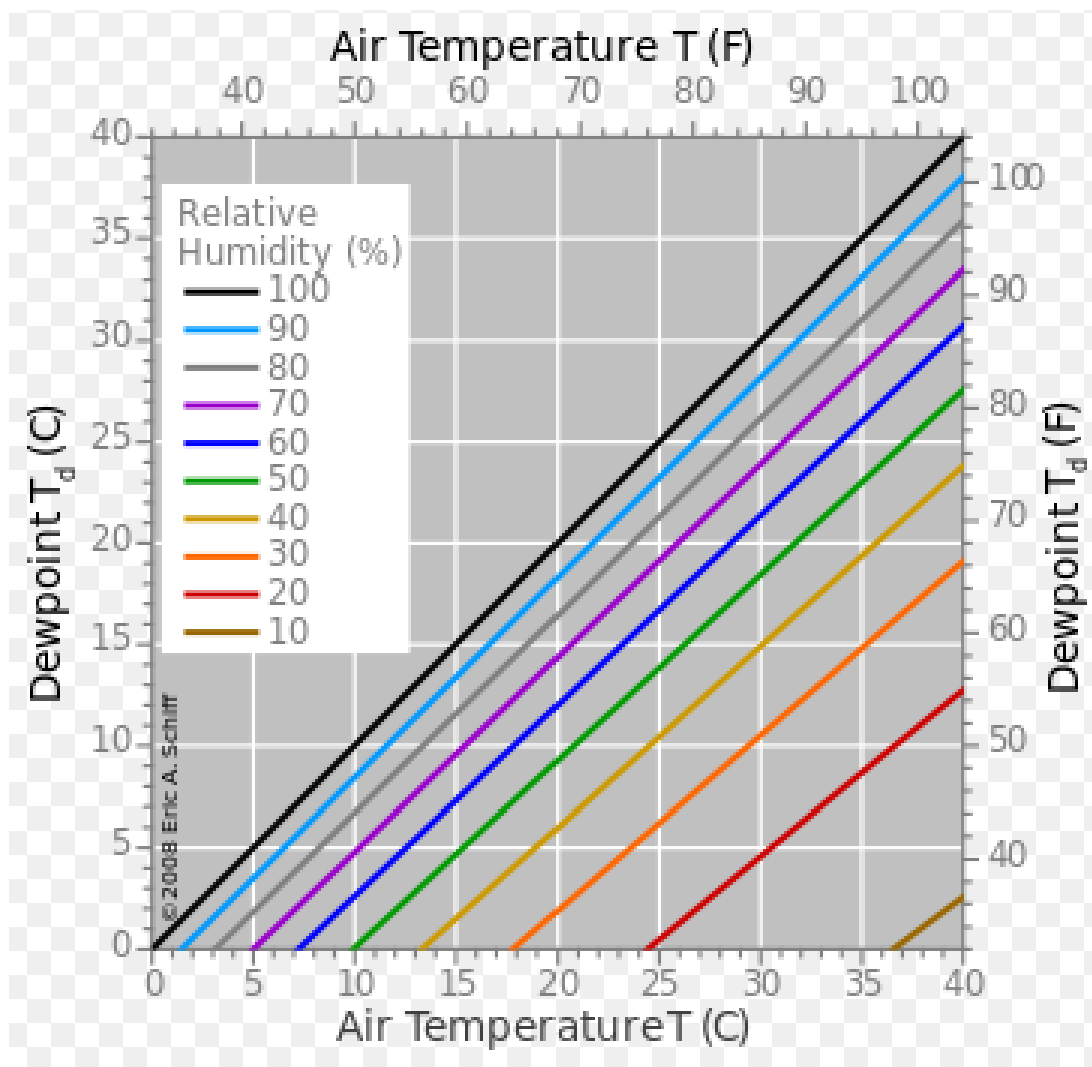


Abb. 2: Der Zusammenhang zwischen Lufttemperatur und Taupunkt in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte

Der „Grenzwert“, ab wann Kondensatfeuchte entsteht, ist nicht konstant. Oft wird davon gesprochen, dass es oberhalb 12,6°C und unterhalb von 65% r.F. keinen Schimmel geben kann. Jederzeit sind in Kirchen und Kellerräumen 8°C und 70% r.F. zu messen, ohne dass es Schimmel gibt, während es bei Wohnungen mit 24°C und 56% r.F. schon Schimmel gab.

Diese 12,6°C und 65% r.F. als angebliche Grenze gilt in Wahrheit nur bei einer bestimmten Außentemperatur, die in den 8.760 Stunden eines Jahres in ca. 3% der Zeit (und nur für das Winterhalbjahr gesehen ca. 6% der Zeit) vorkommt. Hier wurde ein Normwert verallgemeinert, der nur eine bestimmte Situation beschreibt.

Die Veränderlichkeit des „Grenzwertes“ für Kondensatfeuchte ist leicht zu erkennen: Im Sommer geschieht in normalen Wohnungen bei 24°C und 75% r.F. nichts, während im Winterhalbjahr bei 20°C und 55% r.F. das Wasser von den Fensterscheiben laufen kann. Bei hohen Temperaturen kann sich Feuchte in der Luft „verstecken“ und ist am Hygrometer nicht auffällig. Abkühlung bringt ab einem bestimmten Punkt Kondensatfeuchte und somit Schimmel. Kondensatfeuchte gibt es schon deutlich unter 100% r.F. Der „Grenzwert“ zur Überschussfeuchte ist veränderlich und nicht am Hygrometer erkennbar.

Zur Erinnerung und für die weiteren Zusammenhänge wichtig:

- **Schimmel ist auf Feuchte angewiesen.**
- **Feuchte ist von der Temperatur abhängig, die Feuchtemenge wird jedoch im Gebäude erzeugt.**
- **Abkühlen ist ein Risiko. Wenn vor oder mit dem Abkühlen zusammen die Feuchte abtransportiert wird, ist es kein Problem - bei einer Verzögerung allerdings schon.**
- **Erwärmung ist ein Risiko, wenn in der warmen Zeit die Feuchtemenge ansteigt, zunächst in der Wärme nicht erkennbar ist (die relative Feuchte lässt die Feuchtemenge niedrig erscheinen) und bei schneller Temperatursenkung nicht ebenso schnell gesenkt (= abtransportiert) wird.**

4. Risiken bei der energetischen Sanierung

4.1. Dämmung des Daches

Ob Aufdachdämmung oder Dämmung zwischen den Sparren: Beim Dach wird darauf geachtet, dass innen eine Dampfbremse oder Dampfsperre eingebracht ist und die Dämmung nach außen diffusionsoffener wird. Somit kann Feuchte raumseitig nicht unkontrolliert in die Dämmung eintreten (außer bei Mängeln), Feuchte von der Außenluft oder die mitverbaute Feuchte können nach außen abziehen.

Wenn in der Dachdämmung die Dampfbremse nicht funktioniert oder beschädigt wird, dann wird Feuchte aus dem Gebäude unter das Dach (warme Luft steigt nach oben) und in die Dachkonstruktion gelangen. Dort wird sie kondensieren und die Grundlage für Schimmelpilz-/ Bakterienwachstum bilden (Abb. 3 und 4).



Abb. 3 und 4: Mangel im Rahmen einer energetischen Dachsanierung: Mehr Schimmel als gelbe Dämmwolle

4.2. Dämmung der Außenwände

Durch die Dämmung der Außenwände wird der Wärmetransport durch die Wände verringert, es bleibt mehr Wärme im Haus und kalte Ecken sind leichter warm zu bekommen. Dies ist zunächst eine sinnvolle Maßnahme gegen Schimmelbildung, weil es an warmen Oberflächen nicht so leicht zu Kondensat kommt.

Braucht es „atmende Wände“, damit das Haus nicht schimmelt? Wenn mit „atmen“ gemeint ist, dass eindringende Feuchte auch leicht wieder austreten kann (auf derselben Seite wie der Eintritt erfolgte), dann ist dies eine berechtigte Forderung, damit die Wand nicht zu lange feucht bleibt und somit kein Schimmelrisiko darstellt. Dies gilt für die Zunahme der Feuchte sowohl durch die Menge als auch durch Abkühlung.

Die Außenwände werden oft mit Schaumkunststoffen oder künstlichen Mineralfasern gedämmt. Beim Anbringen der Dämmung werden mit eingeschlossen:

- Feuchte, die mit dem Baumaterial geliefert wurde
- Feuchte der Luft zwischen Dämmung und Wand bzw. in der Wand (Poren der Wand)
- Feuchte im Kleber oder Mörtel, mit dem die Dämmung angebracht wird
- Manchmal noch Nässe, die der Regen kurz vorher auf Wand oder Baumaterial abgelagert hat und das manche Bauhandwerker bedenkenlos verbauen.

Nun geschieht dasselbe wie bei einem Neu-/ Rohbau, der zunächst einmal austrocknen sollte. Leider sind die meisten Wanddämmmaterialien diffusionsdicht, und zwar weit dichter als eine Steinwand. Durch eine Außenwanddämmung wird der Temperaturverlauf in der gesamten Wand also ungünstiger. Das Schimmelrisiko ist zwar innen gesunken, aber außen gestiegen (siehe Abb. 5).

In der Abb. 5 ist folgendes gut erkennbar: In der bisherigen Wand ist der Temperaturverlauf weit oben und weit oberhalb der Taupunkttemperatur. In der Dämmebene sinkt die Temperatur unter die Taupunkttemperatur mit der Folge von Tauwasser in der Dämmung. Dies ist ein sehr ungünstiger Zustand.

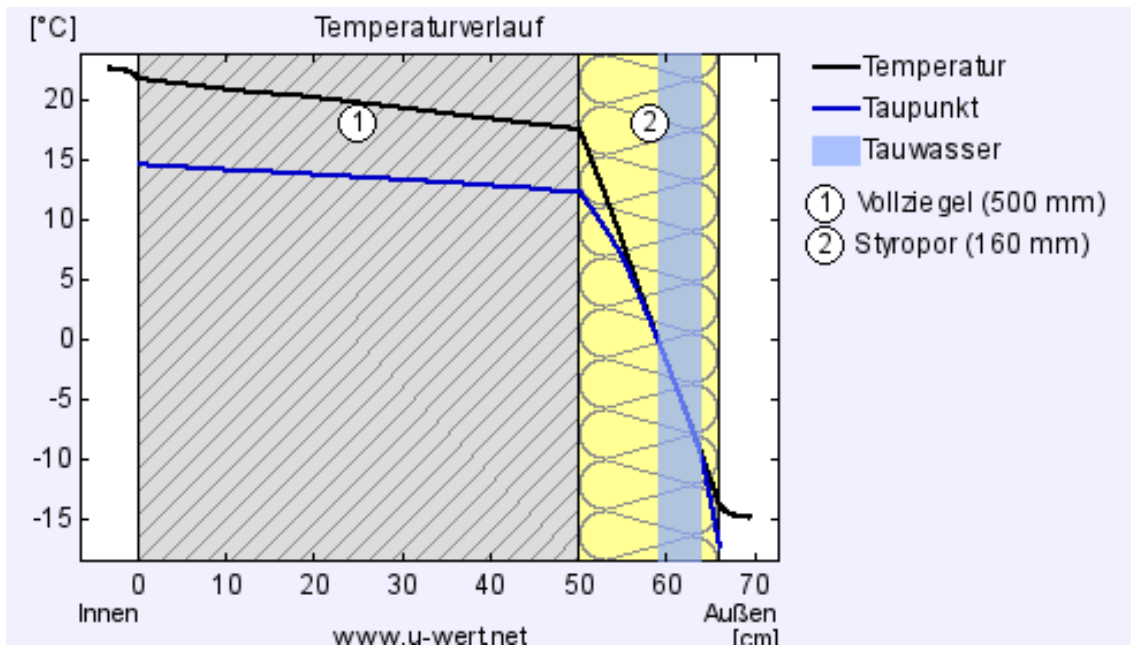


Abb. 5: Temperaturwerte in einem Wandaufbau

Die Sonneneinstrahlung hat auf eine speicherfähige Wand eine mehrfach positive Wirkung, welche durch die Dämmung genommen wird. Die Speicherung wirkt durch die komplette Nacht hindurch (und u.U. länger), was bei einer Thermografie als Wärmeverlust (Wärme angeblich von innen kommend) interpretiert wird und in Wahrheit die nachwirkende Sonneneinstrahlung ist.

Solare Erwärmung ist für eine Außenwand von Vorteil, wenn das Material dazu in der Lage ist (z. B. bei einer Steinwand):

- Trocknen ist möglich (Verdunstung von Feuchte)
- Erwärmung ist möglich (Verschiebung des Taupunkts)
- Speicherung der Sonneneinstrahlungswärme ist möglich (langes Nachwirken, Anhebung der zeitlichen Durchschnittstemperatur)
- Weitergabe nach innen, Senkung der Heizkosten

Bei den meisten Dämmtechniken für Wände ist dies jedoch ausgeschlossen. Die Sonneneinstrahlung und ihre Speicherung werden durch die Wärmedämmung bedauerlicherweise unmöglich.

An dieser Stelle sollte darüber nachgedacht werden, ob ein Aufmauern mit Stein und somit eine größere Dicke und damit bessere Dämmung, eine Erhöhung der Speicherefähigkeit mit stärkerer Nutzung der natürlichen Solarenergie nicht doch besser ist. Auch ist mit einem Aufmauern eine wärmere Innenseite der Wand erreichbar, ebenso eine gleichmäßigere Wärmeverteilung und Vermeidung von kalten Ecken und Wärmebrücken. Anmerkung: Kalte Ecken und Schimmel kommen öfter von einer ungeeigneten Heizung, welche die Wärme nicht gleichmäßig verteilen kann (Konvektionsheizung), was durch Verwendung einer Strahlungsheizung besser behebbar ist (siehe unten).

4.3. Dämmung der Kellerdecke

Die Kellerdecken werden oft mit Schaumkunststoffen oder künstlichen Mineralfasern wie die Außenwände gedämmt. Die Bedingungen sind hier günstiger, denn im Gegensatz zu den Außenwänden fällt hier kein Regen und scheint keine Sonne. Der Wärmetransport verläuft in der meisten Zeit nur in eine Richtung. Es ist nicht mit den Risiken zu rechnen wie bei den Außenwänden. Lediglich die kühlende Wirkung des Kellers im Sommer, die durch die Decke hindurch spürbar sein kann, entfällt.

4.4. Fenster

Alte Fenster waren in früheren Zeiten ohne Dichtung und somit grob undicht. Innerhalb einer Stunde wurde die Innenluft ca. 1- bis 2-mal automatisch getauscht. Heutige Fenster mit Dichtung sind sehr dicht und vermindern den Luftaustausch und somit den Feuchteabtransport. Deshalb muss dafür gesorgt werden, dass mit anderen Mitteln ausreichend entfeuchtet wird.

Der Entfeuchtungsbedarf (und somit Lüftungsbedarf) ist sehr unterschiedlich, er hängt u. a. ab von Anzahl der Personen, Größe der Räume (auch die Höhe geht in das Volumen ein), Tätigkeiten (wie Duschen, Kochen), Tiere und Pflanzen, Art der Bausubstanz (Speicherung der Feuchte), Restundichtigkeit, Außentemperatur.

Immer wenn sich die Außentemperatur ändert, verschiebt sich auch (zeitverzögert) der Entfeuchtungsbedarf. Dies ist daran zu erkennen, dass z. B. um 18:00 Uhr alles in Ordnung ist, während um 22:00 Uhr Wasser an den Fensterscheiben auftaucht, obwohl sich Innentemperatur und Innenfeuchte nicht geändert haben (oft sogar, obwohl zwischendurch gelüftet und kurzzeitig die Innenfeuchte gesenkt wurde).

Warme Sommerluft enthält meistens eine hohe Feuchtemenge, die jedoch bei hoher Temperatur als niedrige relative Feuchte angezeigt wird. So können mehrere Sommerwochen mit 24 bis 32°C Temperatur und 50% r.F. in der Außenluft in einer Wohnung eine hohe Feuchtemenge in die Bausubstanz bringen, die zunächst noch harmlos ist. Eine Abkühlung im Spätsommer/ Herbst führt dann zum Kondensat.

Leerstehende oder schlecht beheizte Häuser sind daran zu erkennen, dass vor allem im Herbst das Wasser an den Innenseiten der Fenster beschlagen steht. Die gespeicherte Feuchte wird bei Abkühlung oder tiefen Außentemperaturen von Bedeutung. Je kälter es außen ist, desto öfter muss gelüftet werden. Messungen in „Schimmelwohnungen“ zeigten, dass zusätzlich zu dem 3x Lüften pro Tag (das die Bewohner gewohnt sind) 2x nachts und 2x tagsüber erforderlich war, um Schimmel die Wachstumsgrundlage zu entziehen. Die Physik nimmt keine Rücksicht auf Schlafenszeiten in der Nacht oder Arbeitszeiten am Tag. Denn die Feuchte ist in den Wänden, in den Möbeln und kommt laufend aus Handtüchern, Siphons, Spülmaschine, ...

Vor diesem Hintergrund gibt es Zeitgenossen, die ein künstliches „Undichtmachen“ der neuen Fenster empfehlen oder ausführen: a) Dichtungen herausnehmen oder b) Fensterfalzlüfter einbauen. Undichte Fenster entsprechen aber nicht mehr den Vorschriften. Vor allem gilt der U-Wert (Dämmwert = Heizkosteneinspareffekt) nur für das unbeschadete Fenster, auch wenn es schon mit einem Fensterfalzlüfter geliefert wird.

Ein Fensterfalzlüfter ist eine kleine Plastikklappe, die leicht geöffnet ist und durch Winddruck (stürmisches Wetter) geschlossen wird. Physikalisch ist es gleichwertig (und billiger), wenn Sie ein Loch in Fensterrahmen oder in das Mauerwerk bohren und einen Lederlappen davorhängen, damit Regen und Wind nicht direkt eindringen können. Hier würde man den Unsinn erkennen. Bei den vorgefertigten Klappen meint man,

es müsse so sein. Aber auch hier sind der U-Wert von Fenster oder Mauerwerk beschädigt.

Neue Fenster sind nur indirekt schuld, wenn es Schimmel oder Feuchteschäden gibt. Sie lassen nur einen Mangel - der bisher durch einen anderen Mangel ausgeglichen wurde - sichtbar werden. Neue Fenster bringen eine Verminderung der Heizkosten, jedoch muss der Feuchteabtransport dann anders als bisher sichergestellt werden. Automatische Lüftung ist sinnvoll, wenn sie a) den veränderlichen Bedarf richtig erkennen kann (sehr wenige Hersteller haben eine geeignete Regelungstechnik) und/ oder b) sich keine Verkeimung in den technischen Anlagen einstellt und sich diese gut reinigen lassen.

4.5. Heizung

Seit ca. 1980 besitzt eine Heizungsanlage normalerweise eine Temperaturregelung, die seit Jahren auch von der EnEV (Energieeinsparverordnung) für jeden Raum vorgeschrieben ist. Dadurch wird die Temperatur auf einen bestimmten Wert gehalten, egal woher die Wärme kommt. Diesbezüglich besteht kein Unterschied in den Heizsystemen. Ein deutlicher Unterschied besteht allerdings in der Wärmeverteilung.

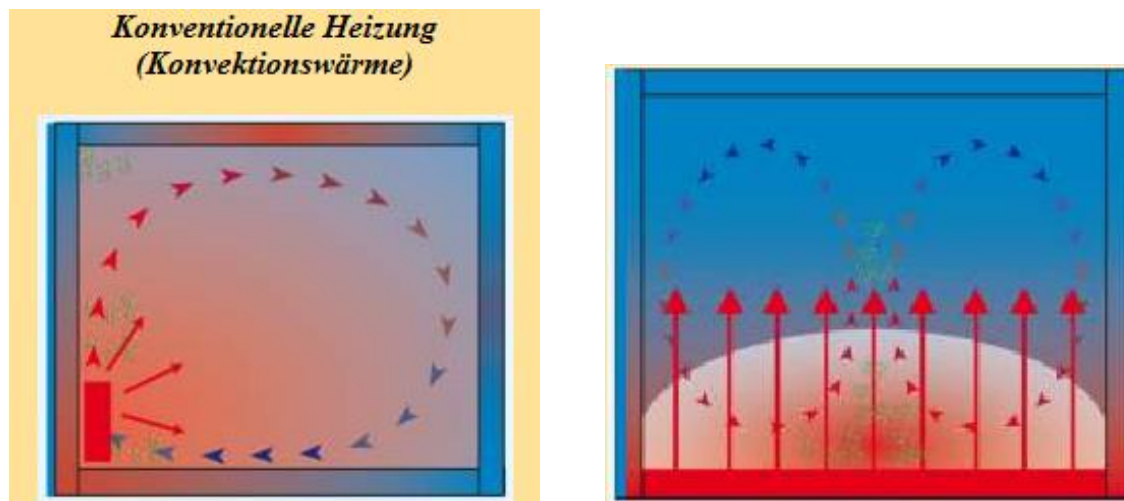


Abb. 6 und 7: Luftbewegung und Strahlungswärme unterschiedlicher Heizsysteme
Eine Konvektionsheizung erwärmt die Luft, welche durch Umwälzung (= Konvektion, warme Luft steigt nach oben) den Raum erwärmt: Nachteil: Es bleiben kühlere Stellen, welche u. U. ein Kondensatrisiko darstellen (je kälter es außen ist, umso mehr). Fußbodenheizung: Die Wärmeverteilung erfolgt gleichmäßiger, allerdings träger.

4.6. Erdberührte Gebäude

Die Erde hält die Temperatur fest. Während die Außenluft sich im Jahresverlauf von ca. -10°C bis $+34^{\circ}\text{C}$ ändern kann, bleibt es in Kellern bei $+8^{\circ}\text{C}$ bis $+12^{\circ}\text{C}$, in Kirchen in Bodennähe bei ca. $+4^{\circ}\text{C}$ bis $+16^{\circ}\text{C}$. Der Temperaturunterschied zur Außentemperatur ist weit größer als in nicht-erdberührten Räumen. Die oben gezeigten physikalischen Gesetzmäßigkeiten (Temperaturänderung zeitlich oder räumlich) sind hier stärker wirksam.

Erdberührte Gebäude haben erhöhte Anforderungen, welche oft eine kombinierte Technik aus Lüftung, Luftentfeuchern und ggf. Heizung (eher mit Abschaltung zur Vermeidung von zu trockener Luft) erforderlich machen. Zu bestimmten Zeiten muss hier die Außenluft, wenn sie effektiv feuchter ist als der Innenraum, als solche erkannt werden und ausgeschlossen bleiben. Hierzu gibt es spezielle Regelungstechnik.

4.7. „Grenzwerte“ für Feuchte

Für bestimmtes Inventar (Möbel usw.) oder eine bestimmte Bausubstanz sind Werte für minimale und maximale Feuchte bekannt. Bei normalen, nicht-erdberührten Räumen sind diese Werte ohne speziellen Aufwand nicht erreichbar. In normalen Wohnungen sind im Sommer Werte von bis zu 75% (teilweise 80%) r.F. möglich, ohne dass Schimmel entsteht.

Im Winter können sich bei kalten Außentemperaturen bei guter Lüftung/ Entfeuchtung Werte im Bereich von 35 bis 40% r.F. einstellen. Oberhalb dieser jeweiligen Werte, die vom Außenklima mitbestimmt werden, spricht man von Überschussfeuchte.

Die Veränderlichkeit des „Grenzwertes“ für Überschussfeuchte ist mit normalen Mitteln wie Hygrometern nicht erkennbar. Hierzu ist eine spezielle Mess- und Regeltechnik erforderlich, die eine vereinfachte Form der Entwicklungen für erdberührte Räume darstellt.

5. Fazit und Empfehlungen

Lassen Sie die Materialfeuchte in den Dämmmaterialien messen und dokumentieren dazu auch die Temperatur.

Lassen Sie sich eine Konstruktion erarbeiten, die auch bei Abkühlung ausreichend Feuchte aus dem Material austreten lässt.

Bringen Sie an kritischen Stellen Sensoren für Temperatur und Feuchte in der Dämmung an, welche mit einer Anzeige und am besten mit einem Aufzeichnungsgerät (Datenlogger) verbunden sind.

Dokumentieren Sie einmal täglich die Werte. So lassen sich Schäden noch in der Garantiezeit erkennen und große finanzielle Verluste vermeiden.

Fazit: Durch Regelung der Feuchte ist Schimmel vermeidbar.