

Dämmen im System isofloc - bauphysikalische Phänomene einfach dargestellt

Wirksamkeit des Dämmstoffes - Feuchtigkeitsschutz - Luftdichtheit

Wirksamkeit eines offenporigen bzw. faserigen Dämmstoffes

Ein offenporiger bzw. faseriger Dämmstoff wie z.B. isofloc L dämmt, weil er ein Gespinst aufbaut, in dem er die darin befindliche Luft „einfängt“ und sie daran hindert, sich zu bewegen. Der Feststoff im Dämmstoff soll ein schlechter Wärmeleiter sein. Das entscheidende dämmende Medium im offenporigen Faserdämmstoff ist aber die Luft mit ihrem sehr guten Dämmvermögen. Bleibt Luft im Dämmstoff unbeweglich, dann ist das Dämmvermögen ideal. Diesem „Ideal“ kann man sich nähern, wenn der offenporige Dämmstoff

nicht an der Oberfläche von Kaltluft „angeblasen“ wird, wenn er
nicht mit Luft „durchblasen“ wird, wenn der Dämmstoff eine zulässige Feuchtigkeit
nicht überschreitet und wenn der Dämmstoff einen
hohen Luftdurchtrittswiderstand besitzt.

Gewährleistung der Wirksamkeit des offenporigen bzw. faserigen Dämmstoffes

„Anblasen“ des Dämmstoffes verhindern:

Man verhindert das „Anblasen“ der Dämmschichtoberfläche indem man die äußere Dämmschichtoberfläche mit einer Windschutzschicht schützt. Beim Einblasen von Zellulosedämmstoff in Hohlräume in Dach, Wand und Decke wird dies praktiziert.

„Durchblasen“ des Dämmstoffes verhindern:

„Durchblasen“ des Dämmstoffes mit Luft der Umgebung wird verhindert, indem man eine Luftdichtungsebene (Folien, Papiere, Platten) auf der Raumseite der Konstruktion vorsieht. Der Luftdurchtrittswiderstand von Zellulosedämmstoff isofloc L ist 10x bis 15x höher als der von leichten Mineralfaserdämmstoffen, die wie isofloc L in Dach, Wand und Decke eingebaut werden. Zellulosedämmstoff isofloc L hilft deswegen wirksam bei der Herstellung einer guten Luftdichtheit einer Dämmkonstruktion

Gewährleistung der Dauerhaftigkeit der Dämmkonstruktion

Der Dämmstoff und die gesamte Dämmkonstruktion dürfen eine zulässige Feuchtigkeit, d.h. Gehalt an Wasser, nicht überschreiten. Es gibt verschiedene Ursachen, die für den Eintrag von Wasser in eine Dämmkonstruktion verantwortlich sind. Neben einer undichten Dachhaut, die zu reparieren ist, können dies sein:

Feuchtigkeitsursache - Baufeuchte

Baufeuchte wird bei der Verwendung von unzulässig feuchten Baumaterialien in die Konstruktion eingebaut. Diese unzulässige Feuchtigkeit muss nicht unbedingt zu einem Schaden führen, wenn die Dämmkonstruktion insgesamt ein hohes Austrocknungspotenzial besitzt, das eine schnelle Rücktrocknung ermöglicht.

Feuchtigkeitsursache - Konvektiver Eintrag von Feuchtigkeit in die Dämmkonstruktion

Zuviel Feuchtigkeit kann eine Konstruktion eingetragen werden, wenn von der Raumseite warme feuchte Luft in die Konstruktion eindringt, die sich dann auf langem Wege durch die Konstruktion ausbreitet, sich dabei abkühlt und die dann bei der Abkühlung große Mengen an Feuchtigkeit als Tauwasser hinterlässt. Dieser sogenannte konvektive Feuchtigkeitseintrag in eine Konstruktion ist eine große Gefahr für die Dauerhaftigkeit der Konstruktion. Aus diesem Grund ist auch die Forderung nach luftdichter Gestaltung von mehrschichtigen Dämmkonstruktionen eine sehr berechtigte Forderung.

Feuchtigkeitsursache – Wasserdampfdiffusion

Der Feuchteeintrag in eine Konstruktion durch Wasserdampfdiffusion kann planmäßig oder nichtplanmäßig sein. Planmäßiger Feuchteeintrag erfolgt dann, wenn die in der Planung angenommenen klimatischen Randbedingungen in der Nutzung tatsächlich so eintreten und wenn die Konstruktion auf der Baustelle so aufgebaut wird, wie es die vorschriftsmäßige Planung vorgegeben hat.

Nichtplanmäßiger Feuchteintrag in eine Dämmkonstruktion erfolgt dann, wenn die Dampfbremse falsch bemessen wurde, wenn die Dampfbremse nicht flächendeckend verlegt wurde, wenn die Dampfbremse nicht luftdicht verlegt wurde oder wenn hervorgerufen durch Baufeuchte die Luftfeuchtigkeit im Wohnraum über lange Zeit von der bei der Planung vorgegebenen Luftfeuchtigkeit abweicht.

Bauphysik einfach beschrieben

Kommt es zu Gesprächen zwischen dem Planer und dem interessierten Bauherren, dann ist es oft nicht einfach, dem Bauherren bauphysikalische Zusammenhänge zu den Themen Wasserdampf und Wasserdampfdiffusion zu erläutern. Aus diesem Grunde sollen auf einige immer wieder gestellte Fragen Antworten gegeben werden. Solche Fragen sind:

Was ist Wasserdampf ?

Wasserdampf besteht aus Wasserdampfmolekülen und ist der gasförmige Aggregatzustand des Wassers. Sauerstoffmoleküle, Stickstoffmoleküle und Wasserdampfmoleküle sind trockene Gase und sind die Hauptbestandteile der Luft. Bitte nie vergessen - Wasserdampf ist nicht nass! Egal wie warm oder wie kalt Luft ist, in ihr sind immer Wasserdampfmoleküle vorhanden, also in ihr ist immer Wasserdampf enthalten.

Wie viel Wasserdampfmoleküle kann Luft „tragen“?

Warme Luft kann viele Wasserdampfmoleküle „tragen“. Kalte Luft ist schwächer und kann nur wenige Wasserdampfmoleküle „tragen“. Luft, die noch mehr Wasserdampfmoleküle „tragen“ könnte als sie gerade trägt, bezeichnet man als mit Wasserdampf ungesättigt. Ungesättigte Luft kann bei gegebener Temperatur noch eine gewisse Anzahl Wasserdampfmoleküle aufnehmen, nämlich bis zu der Anzahl, bei der die Luft mit Wasserdampfmolekülen gesättigt ist und dann zusätzliche Wasserdampfmoleküle nicht „tragen“ kann. Bekommt also mit Wasserdampfmolekülen gesättigte Luft weitere Wasserdampfmoleküle angeboten, dann nimmt sie sie nicht mehr gasförmig auf, sondern lässt sie als Wasser „fallen“ oder lässt sie, wenn man es fachlich exakt ausgedrückt, als Kondensat oder Tauwasser austauen. Beim Austauen wird das trockene Gas Wasserdampf zu flüssigem Wasser.

Wie kommt Wasserdampfdiffusion überhaupt in Gang?

Ein einzelnes Gas der Luft ist für einen Teil des Gesamtdruckes verantwortlich. Die Summe der Teildrücke der Gase eines Gasgemisches, hier Luft, ergibt den Gesamtdruck. Ein Teildruck wird in der Fachsprache als Partialdruck bezeichnet. Der Anteil, den Wasserdampf am Gesamtdruck der Luft hat, wird als Wasserdampfpartialdruck bezeichnet [1].

Wasserdampfdiffusion unter winterlichen und sommerlichen Bedingungen

Zwischen einem in der Winterzeit beheizten Raum und der Außenluft existiert ein Wasserdampf-Partialdruckgefälle, weil im Raum mehr Wasserdampfmoleküle in der Luft sind als im Außenbereich. Partialdruckunterschiede haben das physikalisch begründete Bestreben, sich auszugleichen. Dabei kommt es zu einer Wanderung von Wasserdampfmolekülen von der Seite hohen Partialdrucks zur Seite niedrigen Partialdrucks, also im Winter vom Rauminnen nach draußen.

In der Sommerzeit kehrt sich das Partialdruckgefälle um. Es herrscht bei Räumen mit normaler Wohnraumnutzung dann in den äußeren Schichten der Dämmkonstruktion ein höherer Wasserdampfpartialdruck als im Wohnraum und es kommt zur sogenannten Rückdiffusion. Die Rückdiffusion ist die Voraussetzung für die Funktionstüchtigkeit von Dämmkonstruktionen, die außen diffusionsdicht sind (Dächer mit Schalung und Dachabdichtung).

Wann ist eine mehrschichtige Dämmkonstruktion tauwasserfrei?

Eine mehrschichtige Konstruktion ist tauwasserfrei, wenn auf der einen Seite der Konstruktion eine Anzahl Wasserdampfmoleküle eindiffundieren und die gleiche Anzahl auf der anderen Seite ausdiffundieren. Man kann sich das vereinfacht so vorstellen: Die Wasserdampfmoleküle treffen auf ihrem Weg durch die Dämmkonstruktion auf keine Bauteilschicht, die stärker dampfbremsend ist als die Dampfbremse. Alle Wasserdampfmoleküle diffundieren „trocken“ durch die Konstruktion hindurch. Die Bauteilschichten bleiben trocken.

Wann ist eine Konstruktion tauwasserbehaftet?

Ist bei einer Dämmkonstruktion die Anzahl der auf der einen Seite in eine Konstruktion eindiffundierenden Wasserdampfmoleküle größer als die auf der anderen Seite ausdiffundierenden, dann verbleiben Wasserdampfmoleküle, die als Tauwasser ausgetaut sind, in der Konstruktion. Man kann sich das vereinfacht so vorstellen: Die Wasserdampfmoleküle treffen auf ihrem Weg durch die Dämmkonstruktion auf eine oder mehrere Bauteilschichten im Inneren der Konstruktion, die stärker dampfbremsend sind als die Dampfbremse. Nur ein Teil der eindiffundierten Wasserdampfmoleküle können die Dämmkonstruktion passieren.

Was bewirken hygroskopische Bauteilschichten in einer Dämmkonstruktion?

Hygroskopische Baustoffe im Schichtaufbau von Dämmkonstruktionen können sich vom hindurchdiffundierenden Wasserdampf etwas „wegnehmen“. Sie sind in der Lage, an ihrer Oberfläche trockenen Wasserdampf in Wasser umzuwandeln, ihn „festzuhalten“, zu speichern. Sie tun das, um ihre Gleichgewichtsfeuchte der Feuchtigkeit der umgebenden Luft anzupassen. Dabei saugen sie sich aber nicht unendlich mit Wasser voll, sondern regulieren immer nur die Gleichgewichtsfeuchte ein.

Alle Bau- oder Dämmstoffe auf Basis Holz wie z.B. Zellulosedämmstoff, haben die hygroskopische Eigenschaft. Zellulosedämmstoff kann in einer Dämmkonstruktion durch seine Feuchtespeicherwirkung, auch „Feuchtepufferwirkung“ genannt, gefährdete Bauteile vor zuviel Tauwasser bewahren, weil er einen Teil der Wasserdampfmoleküle an sich bindet ohne selbst wärmetechnisch oder feuchtigkeitstechnisch zu leiden. Das ist ein sehr wertvoller Sicherheitsfaktor.

Ein konkretes Beispiel dafür ist das schräge oder flache Dach mit Schalung, Bitumenvordeckung oder Bitumenabdichtung. Dächer dieser Art sind immer tauwasserbehaftet. Bei diesen Dächern muss man darauf achten, dass die Holzschalung nicht feuchter als zulässig wird. Baut man bei der Dämmung dieser Dächer Zellulosedämmstoff ein, dann bindet (oder „puffert“) der Zellulosedämmstoff einen Teil der diffundierenden Wasserdampfmoleküle. Die Holzschalung bekommt entsprechend weniger Tauwasser. Hat man die Wahl, in eine Konstruktion beschriebener Art Mineralwolle oder Zellulosedämmstoff einzubauen, dann ist allein aus feuchtigkeitstechnischer Sicht wegen seiner „Pufferwirkung“ der Zellulosedämmstoff die bessere Wahl.

Dampfbremse oder Dampfsperre?

Will man mehrschichtige Dämmkonstruktionen feuchtigkeitstechnisch sicher gestalten, dann gibt es einfache Grundregeln.

Erste Grundregel:

Konstruktionen, die eine planmäßige oder auch nichtplanmäßige Auffeuchtung durch Wasser (Tauwasser oder Baufeuchte) erfahren können, müssen die Chance haben, dass die Feuchtigkeit die Konstruktion schnell wieder verlassen kann oder anders ausgedrückt, dass die Konstruktion schnell wieder austrocknen kann. Mehrschichtige Dämmkonstruktionen sind nur so diffusionsdicht wie notwendig aber so diffusionsoffen wie möglich zu realisieren.

Zweite Grundregel:

In tauwasserbehafteten Dämmkonstruktionen sind wenn möglich Dampfbremsen mit einem sd-Wert im einstelligen Meterbereich einzusetzen. Sie begrenzen die Tauwassermenge vorschriftsmäßig und lassen gleichzeitig ein hohes Austrocknungspotenzial bei Rückdiffusion zu. Im System isofloc wird seit 25 Jahren u.a. eine Dampfbremse eingesetzt, die einen Rechenwert des sd-Wertes von 2,3m besitzt.

Dritte Grundregel:

Wenn möglich sollten feuchtevariable Dampfbremsen zum Einsatz kommen. Das Dampfbremsverhalten feuchtevariabler Dampfbremsen ist unter sommerlichen und winterlichen Bedingungen unterschiedlich. Die Luftfeuchtigkeit in der direkten Umgebung der Dampfbremse ist im Winter geringer als im Sommer. Die feuchtevariable Dampfbremse reagiert darauf mit einer Änderung ihrer Struktur. Die Struktur ist im Winter dichter und im Sommer lockerer. Das hat zur Folge, dass die Dampfbremswirkung im Winter hoch ist und im Sommer gering.

Genau das brauchen wir für eine sichere Konstruktion. Im Winter, in der Heizperiode, dringt wenig Feuchtigkeit in die Konstruktion ein und im Sommer wird das Austrocknen der Dämmkonstruktion während der Rückdiffusion begünstigt.

Bedingung für diese vorteilhafte Funktionsweise ist normale Wohnraumnutzung. Normale Wohnraumnutzung

bedeutet auch, in der Küche darf gekocht werden und im Bad darf gebadet werden! Bei extremem Raumklima, z.B. im Schwimmbad, in dem ständig hohe Raumlufthtemperaturen und hohe Raumlufthfeuchtigkeit herrschen, ist eine feuchtevariable Dampfbremse nicht geeignet!

Die feuchtevariable Dampfbremse, soll sie ihre Variabilität behalten, darf nicht mit dampfdichten Beplankungen nach innen, also in Richtung Raum, überdeckt werden. Beplankung, die das berücksichtigen, sind, da sie diffusionsoffen sind, z.B. Gipsbauplatten, dünne Holzverschalungen, HWL-Platten, Lehmbauplatten. Zu diffusionsdicht sind z.B. OSB-Platten.

Flachdach oder Satteldach mit Holzschalung auf den Sparren als Beispiel:

Auf der Außenseite der Holzschalung befindet sich eine bituminöse Abdichtung oder einer Blecheindeckung, das Dach ist somit außen diffusionsdicht. Es wird mit Zelluloseeinblasdämmung zwischen Dampfbremse und Schalung ausgeblasen und es wird auf diese Weise eine nicht belüftete Dachkonstruktion hergestellt. Auf der Raumseite wird mit Gipskartonplatten beplankt.

Die Räume unter diesem Dach sollen einer normalen Wohnraumnutzung zugeführt werden. Die Tauwassermenge beträgt mit Dampfbremse mit sd -Wert=2,3m nur rund 50% der zulässigen Tauwassermenge. Das zeigt, dass eine Dampfbremse mit einem sd -Werten im einstelligen Meterbereich eine sehr wirksame Dampfbremse ist! Errechnet man die Verdunstungsmenge (ermöglicht durch Rückdiffusion!) dieser Dachkonstruktion, dann stellt man fest, dass sie 2x größer als die Tauwassermenge ist. Hat diese Dampfbremse noch zusätzlich feuchtevariable Eigenschaften wie weiter oben beschrieben, dann ist die Tauwassermenge noch geringer und die Verdunstungsmenge noch größer, also die feuchtigkeitstechnische Sicherheit steigt weiter.

Man sieht, dass Dampfbremsen im einstelligen Meterbereich die Tauwassermenge auf ein zulässiges Maß begrenzen und gleichzeitig eine große Verdunstungsmenge zulassen! Das Sicherheitspotenzial einer solchen Konstruktion ist hoch, weil die Differenz aus Verdunstungsmenge minus zulässiger Tauwassermenge groß ist. Das ist auch der Grund dafür, dass Dämmkonstruktionen dieser Art in der Lage sind, nichtplanmäßige Feuchtigkeit, z.B. Einbau von zu feuchtem Holz bei Neubau oder Sanierung, austrocknen zu lassen.

Mit einer Dampfsperre mit einem sd -Wert von z.B. 100m könnte man diese Dachkonstruktion auch ausführen und würde baurechtlich richtig vorgehen. Man würde aber die Dämmschicht zwischen zwei Dampfsperren „einsperren“.

Der Einbau einer Dampfsperre mit hohem sd -Wert erfordert, dass die Dämmkonstruktion von Baubeginn an trocken sein muss und sie darf in der Nutzungsphase keine nichtplanmäßige Feuchtigkeit, z.B. durch anfängliche Baufeuchte, konvektiven Feuchteintrag oder durch Undichtheiten in der Dachhaut bekommen, weil ein Austrocknen einer solchen Dämmkonstruktion nicht möglich ist. Das Sicherheitspotenzial einer solchen Dämmkonstruktion ist gering und sie ist aus diesem Grunde nicht empfehlenswert.

Dampfbremsende und luftdichtende Wirkung einer Bauteilschicht

Ist die Struktur einer Bauteilschicht so eng, dass Luftmoleküle nicht hindurchpassen, dann ist sie luftdicht. Wasserdampfmoleküle sind wesentlich kleiner als Luftmoleküle und können in Abhängigkeit vom Diffusionswiderstand dieser luftdichten Bauteilschicht in kleinerer oder größerer Anzahl durch sie hindurch diffundieren.

In der Regel werden Luftdichtung und Dampfbremse mit einer einzigen Bauteilschicht hergestellt. Aus diesem Grunde muss diese Bauteilschicht immer luftdicht verlegt werden, muss luftdicht an angrenzende Bauteile angeschlossen werden.

[1] Christian, W.

„Einführung in die technische Thermodynamik“, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1973, S. 270 ff.