

Dämmen im System isofloc – bauphysikalische Phänomene einfach dargestellt Feuchtigkeitsschutz - Luftdichtheit

Dämmkonstruktionen sollen wirksam und dauerhaft sein. Dabei hängt die Wirksamkeit von der gesamten Konstruktion und natürlich von der Wirksamkeit des Dämmstoffes, der lückenlos in das Dämmvolumen eingepasst sein muss, ab

Wirksamkeit des Dämmstoffes

Bedingungen für Wirksamkeit

Ein offener, faseriger Dämmstoff wie z.B. isofloc L, dämmt, weil er ein Gespinnst aufbaut, in dem er die darin befindliche Luft „einfängt“ und sie an Bewegung hindert. Der Feststoff im Dämmstoff soll ein schlechter Wärmeleiter sein. Das entscheidende dämmende Medium im offeneren Faserdämmstoff ist 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 Dämmstoff

nicht an der Oberfläche von Luft „angeblasen“ , wenn er
nicht mit Luft „durchblasen“ wird, wenn der Dämmstoff eine zulässige Feuchtigkeit
nicht überschreitet und

wenn der Dämmstoff einen hohen Luftdurchtrittswiderstand besitzt (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).

Gewährleistung der Wirksamkeit

Oberflächen von offeneren Dämmschichten werden mit Hilfe von sogenannten Dämmschutzschichten vor bewegter Luft geschützt. Das ist z.B. erreichbar, indem man auf eine Belüftung von Dämmschichtoberflächen verzichtet. Als Beispiel ist zu nennen, dass das nicht belüftete Dach, so wie es im System isofloc ausschließlich realisiert wird, auch bei windigem und kaltem Wetter seine Wirksamkeit beibehält während das belüftete Dach, ausgeführt mit leichtem Mineralfaserdämmstoff, bei windigem und kaltem Wetter etwa 1/3 schlechter dämmt.

„Durchblasen“ des Dämmstoffes wird verhindert, indem man eine Luftdichtung auf der warmen Seite der Konstruktion vorsieht, die in der Regel gleichzeitig als Dampfbremse fungiert und die Dämmkonstruktion vor zu viel Feuchtigkeit schützt.

Dauerhaftigkeit der Dämmkonstruktion - Feuchtigkeitsursachen

Der Dämmstoff und die gesamte Dämmkonstruktion dürfen zulässige Gehalte an Wasser, d.h. Feuchtigkeit, nicht überschreiten. Es gibt verschiedene Ursachen, die für den Eintrag von Wasser in eine Dämmkonstruktion verantwortlich sind.

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 bekommen, wenn von der Raumseite warme feuchte Luft in die Konstruktion eindringt, die sich dann auf langem Wege in der Konstruktion ausbreitet und abkühlt und die dann bei der Abkühlung immense 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 Dämmkonstruktionen eine sehr berechnete Forderung.

Feuchtigkeitsursache – Wasserdampfdiffusion

Unter den weiter unten folgenden Überschriften werden interessante Zusammenhänge zum Thema Wasserdampfdiffusion noch behandelt.

Der Feuchteeintrag in eine Konstruktion durch Wasserdampfdiffusion kann planmäßig und unplanmäßig sein. Planmäßiger Eintrag 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 Planung vorgegeben hat. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Planungsvorgaben den Vorschriften entsprechen.

Unplanmäßiger Feuchteeintrag 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 resultierend aus hoher allgemeiner Baufeuchte das Raumklima über lange Zeit von den bei der Planung angenommenen Klimadaten abweicht.

Grundlegende Zusammenhänge zum Thema Wasserdampfdiffusion

Kommt es zu Gesprächen z.B. zwischen dem Planer und dem interessierten Bauherren, dann ist es oft nicht einfach, dem Bauherren, die Zusammenhänge zu erläutern. Aus diesem Grunde sollen unter den folgenden Überschriften Antworten auf einige immer wieder gestellte Fragen gegeben werden. Solche Fragen sind z.B.: Was ist Wasserdampf?, wann ist eine Konstruktion tauwasserfrei?, was bewirken hygroskopische Bauteilschichten in einer Dämmkonstruktion?, wann ist eine Konstruktion tauwasserbehaftet und wie kommt Wasserdampfdiffusion überhaupt in Gang?, sind dampfbremsende Wirkung und luftdichtende Wirkung von nur einem Baumaterial leistbar?

Was ist Wasserdampf – wie viel Wasserdampf kann Luft „tragen“?

Wasserdampf ist der gasförmige Aggregatzustand des Wassers. Wasserdampf ist ein trockenes Gas wie z.B. Sauerstoff oder Stickstoff. Man muss somit Wasserdampf sachlich und vom „Gefühl“ her strikt von Wasser trennen. Wasserdampf ist immer ein Bestandteil der Luft egal wie warm oder wie kalt die Luft ist.

Warme Luft kann viel Wasserdampf „tragen“. Kalte Luft ist schwächer und kann nur weniger Wasserdampf „tragen“. Luft, die noch mehr Wasserdampf „tragen“ könnte als sie gerade hat, bezeichnet man als mit Wasserdampf ungesättigt. Luft, die gerade soviel Wasserdampf hat, wie sie „tragen“ kann, ist mit Wasserdampf gesättigt. Bekommt gesättigte Luft weiteren Wasserdampf angeboten, dann nimmt sie ihn nicht mehr auf, sondern lässt ihn als Wasser „fallen“ oder lässt ihn, wenn man es fachlich exakt ausgedrückt, als Kondensat oder Tauwasser austauen. Kühlt man mit Wasserdampf gesättigte Luft ab, dann scheidet sie ebenfalls einen Teil des trockenen Gases Wasserdampf als Kondensat oder Tauwasser aus.

Bei Dämmkonstruktionen mit Faserdämmstoffen ist Luft mit einem Gehalt an mehr oder weniger Wasserdampf in den Dämmstoffporen enthalten. Diese Luft hat über den Bauteilquerschnitt betrachtet unterschiedliche Temperaturen. Auf der Innenseite der Konstruktion ist sie beim beheizten Raum wärmer und auf der Außenseite ist sie kälter. Bekommt nun diese Luft durch die Wasserdampfdiffusion zusätzlichen Wasserdampf geliefert, dann kann sie diesen nur bis zu einer gewissen Menge aufnehmen und „tragen“, bis sie gesättigt ist. Wird über das mögliche Maß, nämlich die Sättigung, hinausgehend Wasserdampf angeboten, dann kann ihn die Luft nicht mehr „tragen“ und dieser überschüssige Wasserdampf taut wie schon gesagt als Kondensat oder Tauwasser aus.

Wie kommt Wasserdampfdiffusion überhaupt in Gang?

Der überwiegende Anteil der Gase, die sich in Luft befinden, sind Stickstoff, Sauerstoff und Wasserdampf. Ein einzelnes Gas übt abhängig von der Anzahl der Moleküle, die sich im Luftgasgemisch befinden, einen Teil des Gesamtluftdruckes aus. Die Summe der Teildrücke der Gase ergibt den Gesamtdruck. Ein Teildruck wird in der Fachsprache als Partialdruck, z.B. Wasserdampfpartialdruck, bezeichnet [1].

Wasserdampfdiffusion unter winterlichen und sommerlichen Bedingungen

Zwischen einem in der Winterzeit beheizten Raum und der Außenluft existiert ein Wasserdampf-

Partialdruckgefälle. Im Raum sind pro Volumeneinheit mehr Wasserdampfmoleküle als im Außenbereich. Daraus resultiert das Partialdruckgefälle von innen nach außen. 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. Diese Rückdiffusion ist z.B. der Grund für die Funktionstüchtigkeit von Dämmkonstruktionen, die außen diffusionsdicht sind (Dächer mit Schalung und Dachabdichtung), die aus diesem Grunde immer tauwasserbehaftet sind und die durch diese Rückdiffusion austrocknen können, wenn auf der Innenseite der Konstruktion nur gering dampfbremsende Bauteilschichten angeordnet sind.

Wann ist eine Konstruktion tauwasserfrei?

Baut man eine Konstruktion so auf, dass der in die Konstruktion eindiffundierende Wasserdampf die gleiche Menge hat wie der aus der Konstruktion auf der gegenüberliegenden Seite ausdiffundierende Wasserdampf, dann ist die Konstruktion „tauwasserfrei“. Der Wasserdampf trifft auf seinem Weg durch die Dämmkonstruktion an keiner Stelle auf ein Hindernis, das ihm den Weg versperren könnte. Der Wasserdampf geht oder besser gesagt diffundiert, „trocken“ durch die Konstruktion hindurch. Die Bauteilschichten bleiben trocken.

Was bewirken hygroskopische Bauteilschichten in einer Dämmkonstruktion?

Bezüglich „Bauteilschichten bleiben trocken“ bilden die hygroskopischen Baustoffe, z.B. Holz oder der Zellulosedämmstoff, eine gewisse Ausnahme. Hygroskopische Baustoffe im Schichtaufbau der Konstruktion können sich vom hindurchdiffundierenden Wasserdampf etwas „wegnehmen“ und einspeichern. Sie sind in der Lage, an ihrer Oberfläche trockenen Wasserdampf in Wasser umzuwandeln und zu binden. Sie tun das, um ihre Gleichgewichtsfeuchte der Umgebung anzupassen. Dabei saugen sie sich aber nicht unendlich mit Wasser voll, sondern regulieren immer nur die richtige Gleichgewichtsfeuchte ein.

Wir kennen das z.B. vom Holz und allen Werkstoffen auf der Basis von Holz. Zellulosedämmstoff verhält sich diesbezüglich, da sein Ursprung das Holz ist, wie das Holz. Zellulosedämmstoff kann in einer Dämmkonstruktion durch seine Feuchtespeicherwirkung, auch „Feuchtepufferwirkung“ genannt, gefährdete Bauteile vor zuviel Feuchtigkeit bewahren 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 (siehe nächste Überschrift). Dächer dieser Art sind immer tauwasserbehaftet. In diesen Dächern muss man dafür Sorge tragen, dass die Holzschalung nicht feuchter als zulässig wird. Baut man bei der Dämmung dieser Dächer Zellulosedämmstoff ein, dann nimmt der Dämmstoff einen Teil der Feuchtelast, hervorgerufen durch Wasserdampfdiffusion, bei Beibehaltung des vollen Dämmvermögens in sich auf und entlastet damit die Holzschalung. Hat man die Wahl, in eine Konstruktion beschriebener Art Mineralwolle oder Zellulosedämmstoff einzubauen, dann ist allein aus feuchtigkeitstechnischer Sicht der Zellulosedämmstoff die bessere Wahl.

Wann ist eine Konstruktion tauwasserbehaftet?

Ist bei einer Dämmkonstruktion die aus der Konstruktion ausdiffundierende Wasserdampfmenge geringer als die eindiffundierende Wasserdampfmenge, dann ist die Konstruktion tauwasserbehaftet. Bei Konstruktionen dieser Art bleibt ein Teil des Wasserdampfes als Tauwasser in der Konstruktion. Die Luft in der Konstruktion war nicht in der Lage, die gesamte angebotene Wasserdampfmenge zu „tragen“. Die Tauwassermenge kann man begrenzen, indem man verhindert, dass in die Konstruktion zuviel Wasserdampf eindiffundiert. Das geschieht mit Hilfe der sogenannten Dampfbremsen, die auf der „eindiffundierenden Seite“ angebracht werden.

Dampfbremse oder Dampfsperre?

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

Erste Grundregel: „Konstruktionen, die eine planmäßige oder auch unplanmäßige Auffeuchtung erfahren können, müssen die Chance haben, dass die Feuchtigkeit schnell wieder die Konstruktion verlassen kann.“

Zweite Grundregel: „In tauwasserbehafteten Konstruktionen sind wenn möglich Dampfbremsen mit einem sd-Wert im einstelligen Meterbereich einzusetzen. Dämmkonstruktionen sind nur so diffusionsdicht wie notwendig aber so diffusionsoffen wie möglich zu realisieren.“

Im System isofloc wird seit 23 Jahren eine Dampfbremse eingesetzt, die einen sd-Wert von im Mittel 2,3m besitzt. Mit ihr ist eine bis zur Schalung gedämmte und damit nicht belüftete Dachkonstruktion realisierbar, die auf der Außenseite mit Schalung, einer bituminösen Abdichtung oder einer Blecheindeckung als diffusionsdicht zu bezeichnen ist. Die Tauwassermenge beträgt nur rund 50% der zulässigen Menge und das zeigt, dass Dampfbremsen mit sd-Werten im einstelligen Meterbereich sehr wirksame Dampfbremsen sind!

Die Verdunstungsmenge ist doppelt so groß im Vergleich zur Tauwassermenge. 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 Verdunstungsmenge minus Tauwassermenge groß ist.

Mit einer Dampfsperre mit einem sd-Wert von z.B. 100m könnte man diese Konstruktion auch ausführen und würde baurechtlich sauber sein. Man würde aber die Dämmschicht zwischen zwei Dampfsperren „einsperren“. Der Einbau einer Dampfsperre mit hohem sd-Wert erfordert dann aber, dass die Konstruktion von Baubeginn an trocken sein muss und sie darf in der Nutzungsphase keine unplanmäßige Feuchtigkeit, z.B. durch anfängliche Baufeuchte, konvektiven Eintrag oder durch Undichtheiten in der Dachhaut bekommen, weil ein Austrocknen der Konstruktion nicht möglich ist. Das Sicherheitspotenzial einer solchen Konstruktion ist gering.

Deswegen:

Man realisiert bei tauwasserbehafteten Dämmkonstruktionen wann immer es möglich ist auf der Innenseite ein Maximum an Diffusionsoffenheit. So gestaltete Dämmkonstruktionen sind in der Lage, die Tauwassermenge auf ein zulässiges Maß zu begrenzen, sie haben ein hohes Austrocknungspotenzial und haben damit eine hohe Nutzungssicherheit. Sie sind, was Konstruktionen mit Dampfsperre nicht können, in der Lage, unplanmäßige Feuchtigkeit (z.B. Einbau von zu feuchtem Holz!) austrocknen zu lassen.

Dampfbremsende Wirkung einer Bauteilschicht – luftdichtende Wirkung einer Bauteilschicht

Jede Bauteilschicht ist eine Dampfbremse, die die Diffusion stärker oder schwächer bremst. Bauteilschichten, die man extra für das Bremsen der Wasserdampfdiffusion produziert und einsetzt, werden im allgemeinen Sprachgebrauch als Dampfbremsen bezeichnet. Eine Bauteilschicht in Form einer Platte, einer Putzschicht o.ä. ist ebenfalls dampfbremsend auch wenn sie von vorn herein nicht als Dampfbremse bezeichnet wird.

Ist die Gitterstruktur einer Bauteilschicht so eng, dass Luftmoleküle nicht hindurchpassen, dann sind diese Bauteilschichten auch luftdichtend. Bei den marktüblichen dampfbremsenden Materialien ist es in der Regel so. Da die Wasserdampfmoleküle wesentlich kleiner sind als die Luftmoleküle, diffundieren die Wasserdampfmoleküle durch die Dampfbremse aber die Luftmoleküle werden überhaupt nicht durchgelassen. Für sie sind die vorhandenen Öffnungen der Dampfbrems- / Luftdichtungsebene zu klein.

[1] Christian, W.

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