

Innendämmung

Herausforderung und Lösungen

3. überarbeitete Auflage





*Abb. 1: Wohnhaus in St. Antoni,
Planung: Weber Energie und Bauphysik, Bern
Ausführung: Vonlanthen Holzbau AG, Schmitten
Weitere Informationen siehe Faltblatt «Innendämmung –
Optimal gedämmt mit Schweizer Glaswolle».*

Inhaltsverzeichnis

ALLGEMEINES ZUR INNENDÄMMUNG

Vorteile von Innen- und Aussendämmung	5
Hygrothermische Vorgänge	6
Anforderungen an einen funktionstüchtigen Feuchtehaushalt	10
Beurteilung und Nachweise	12
Dämmsysteme im Vergleich	14
Spezialfälle	18

ISOVER-LÖSUNGEN

Die Isover-Lösungen für Innendämmungen	20
Gute Luft dank richtigem Material	21
Die Isover-Lösung für Holzbauer und Schreiner	22
Die Isover-Lösung für Trockenbauer	23
Nachweis der Funktionstüchtigkeit der Isover-Lösungen	24
Beispielhafte Umsetzungen und Messungen von Temperatur und Feuchtigkeit	26



*Abb. 2: Collège de Florimont,
Planung Innendämmung: Estia SA,
Lausanne, weitere Informationen
siehe Faltblatt «Innendämmung –
Optimal gedämmt mit Schweizer
Glaswolle»*

Allgemeines zur Innendämmung


Vorteile von Innen- und Aussendämmung

Die Vorteile gedämmter Bauteile wie Energieeinsparung, verbesserter Komfort durch erhöhte innere Oberflächentemperaturen, verminderte Kondens- und Schimmelrisiken sind hinlänglich bekannt. Nachfolgend die spezifischen Vorteile der beiden Varianten:

Vorteile der Innendämmung

- energetische Sanierung ohne Intervention an der Fassade
 - bei denkmalpflegerisch geschützten Fassaden
 - bei Fassade mit Strukturen, Überständen, Ab- und Versätzen, etc.
 - bei rechtlichen Beschränkungen (Grenzabstand)
- rasches Aufheizen von gelegentlich genutzten Räumen wie Ferien- und Wochenendhäuser, Versammlungsräume, Kirchen
- Sanierung in Etappen möglich
- kein Risiko von Algenwachstum durch die hohen Speichermassen im Bereich der Fassaden
- kostengünstig (kein Gerüst)

Vorteile der Aussendämmung

- höhere energetische Effizienz (keine Wärmebrücken bei Innenwand und Deckenanschlüssen an Aussenwänden)
- keine Reduktion der Wohn- oder Nutzfläche
- keine Reduktion der Raumwärmespeicherfähigkeit (sommerlicher Wärmeschutz) → 
- bauphysikalisch tolerant, Dämm-Massnahme mit grösserer Fehlertoleranz bezüglich Feuchteschutz
- einfacher Nachweis des Feuchteschutzes

Fazit

Vom bauphysikalischen Gesichtspunkt des Wärme- und Feuchteschutzes her gesehen, ist die Aussendämmung der Innendämmung vorzuziehen.

Aber auch Innendämmungen weisen Vorteile auf. Da sie in vielen Fällen die einzige Möglichkeit darstellen, Aussenwände energetisch zu sanieren, müssen die bauphysikalischen Konsequenzen genau untersucht und die Dämmmassnahmen entsprechend konzipiert und umgesetzt werden.

Hygrothermische Vorgänge

Jede Innendämmmassnahme ist bezüglich Feuchteschutz anspruchsvoller und risikobehafteter als eine Aussendämmung. Die nachfolgend beschriebenen Vorgänge, Ursachen und Wirkungen sollen helfen, den Feuchtehaushalt einer innen gedämmten Aussenwand, deren Feuchtetoleranz und damit ihre Sicherheit beurteilen zu können.

Die Innendämmung bewirkt ...

... im Winter einen Temperaturabfall innerhalb der Dämmschicht und damit:

- tiefere Temperaturen in allen Schichten kaltseitig der Dämmung
- erhöhte Feuchtebelastungen in der kritischen Zone, dem Grenzbereich zwischen Dämmung und Bestandeswand
- eine Verschärfung der Situation im Auflagerbereich von Deckenkonstruktionen aus Holz
- unter Umständen verminderte innere Oberflächentemperatur an flankierenden Bauteilen
- erhöhtes Frostschadensrisiko bei Schlagregenbelastung

... eine Reduktion des Austrocknungspotentials von Feuchtigkeit und damit ein höheres Feuchtigkeitsniveau in der Bestandeswand:

- gegen innen bedingt durch die zusätzlichen Schichten
- gegen aussen, weil der Bestandeswand von innen weniger Wärme zugeführt wird

... grössere Temperaturschwankungen in den Schichten kaltseitig der Dämmung und damit:

- verstärktes Risiko für Rissbildungen durch erhöhte thermische Beanspruchung

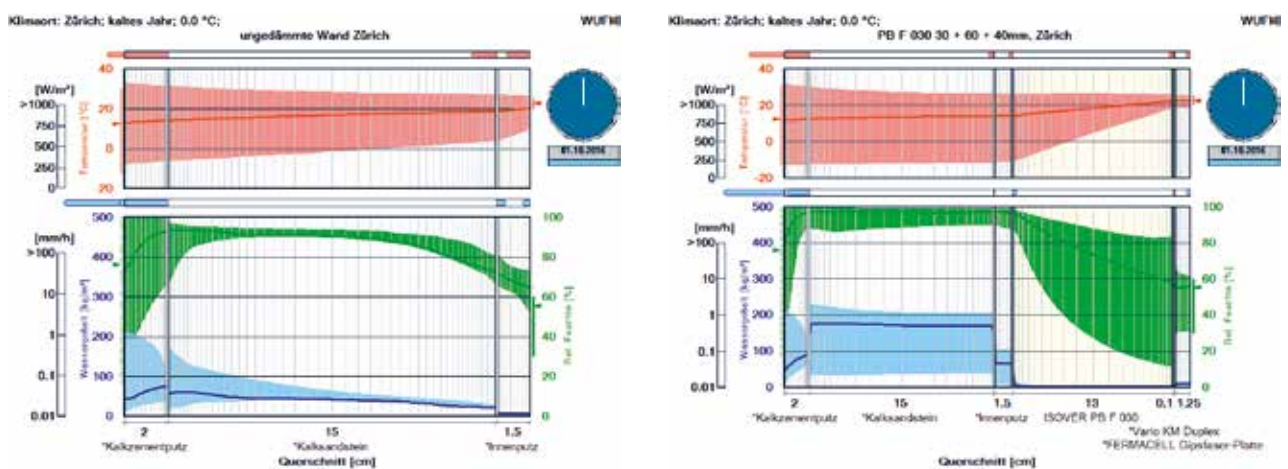


Abb. 3: Temperatur- und Feuchtigkeitsverteilung einer nichtgedämmten und einer gedämmten Aussenwand während mehreren Jahreszyklen, Abbildung aus der Simulationssoftware WUFI®

Temperaturabfall innerhalb der Dämmschicht

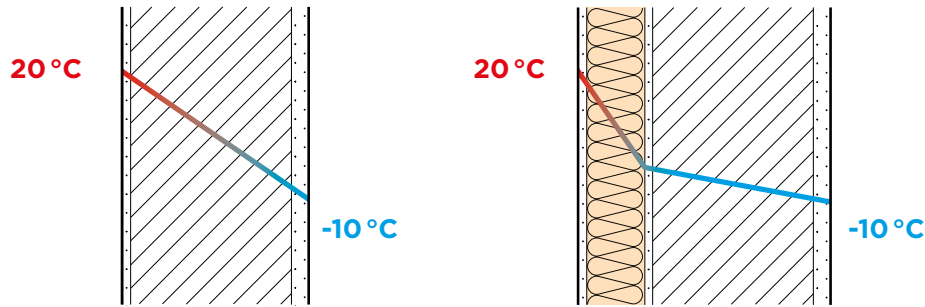


Abb. 4: Temperaturverteilung in einer Aussenwand ohne und mit Innendämmung

Die einleitend festgehaltenen Konsequenzen der tieferen Temperaturen in der Bestandeswand bedingt durch die Innendämmung sind aus der Abbildung 4 ersichtlich. Die kritische Zone, wo bei einer allfälligen Unterschreitung des Taupunktes das Kondenswasser ausfällt, befindet sich an der Innenoberfläche der Bestandeswand. Die Beschaffenheit (Frostempfindlichkeit, Feuchtebeständigkeit und Sorptionsfähigkeit) dieser Schicht – in der Regel ein Innenputz – ist mitentscheidend für die Funktionstüchtigkeit des Konstruktionsaufbaues.

Aus Abbildung 5 kann auch die feuchtetechnisch verschärfte Situation einbindender Balkenköpfe veranschaulicht werden. Es ist sehr gut möglich, dass diese in der ungedämmten Wand in einem Bereich aufliegen, der dank der vorherrschenden Temperaturen und Luftfeuchten unkritisch ist. In der gedämmten Wand befinden sie sich in einem kälteren Bereich, wo entsprechend die Luftfeuchtigkeit erhöht ist und allenfalls sogar Kondensat anfallen kann.

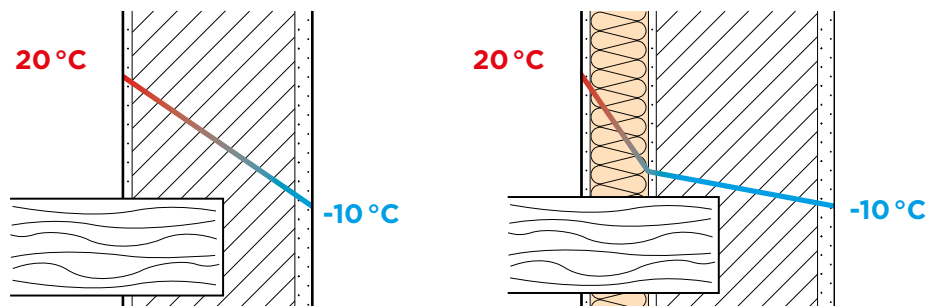


Abb. 5: Balkenköpfe in einer ungedämmten und einer innen gedämmte Aussenwand

Das nachfolgende Beispiel einer Innendämmung zeigt, dass die Temperatur in ungünstigen Fällen an bestimmten Stellen flankierender Bauteile durch die Innendämmung vermindert wird, unter Umständen so, dass sich als Folge davon Schimmel bilden kann:

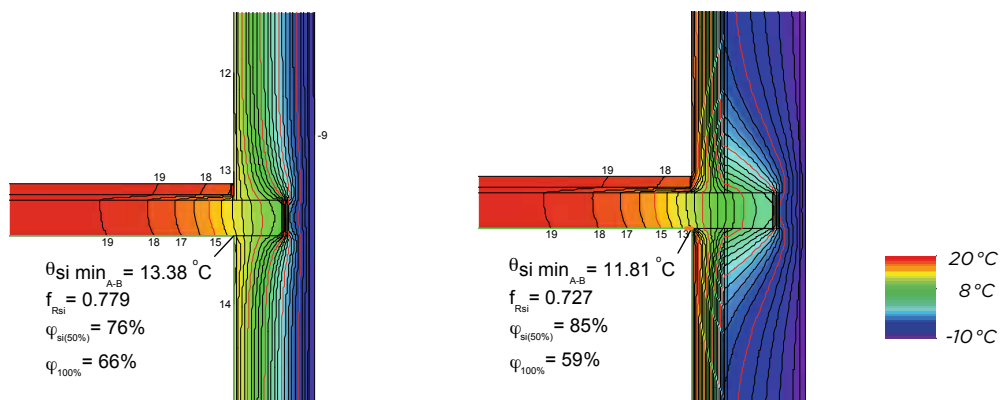
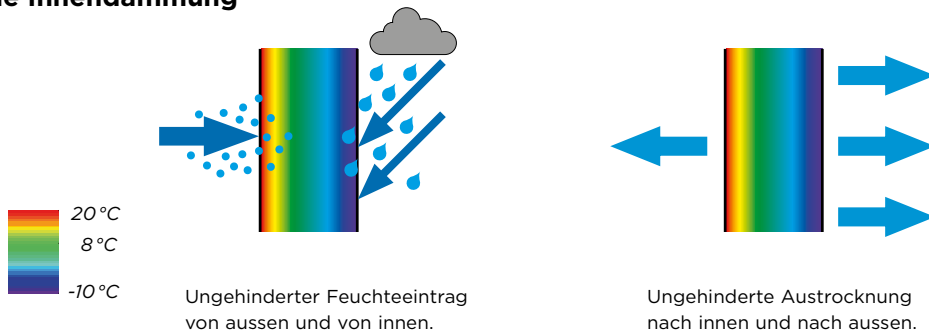


Abb. 6: Verminderte Temperaturen am Deckenschluss bedingt durch die Innendämmung der Aussenwand

Reduktion des Austrocknungspotenzials

... ohne Innendämmung



... mit Innendämmung

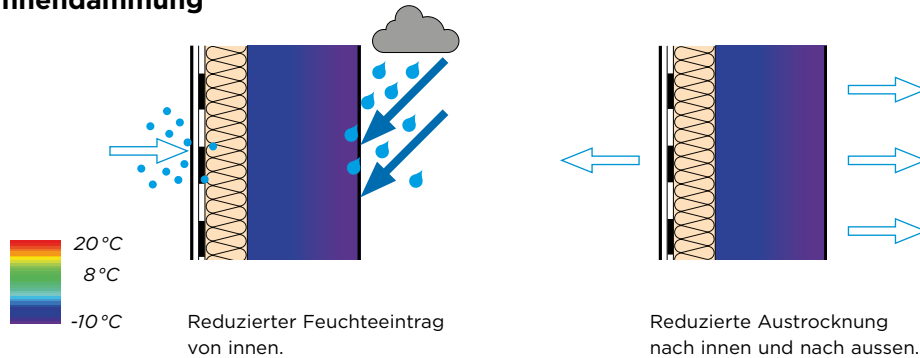
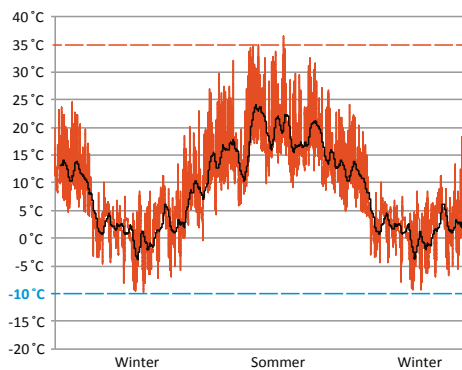


Abb. 7: Feuchteintrag und Austrocknungspotenzial

Das Austrocknungspotenzial einer innen gedämmten Aussenwand ist gegenüber der ungedämmten Wand sowohl gegen innen durch die zusätzlichen Schichten, wie auch gegen aussen durch die tieferen Temperaturen in der Bestandeswand vermindert.

Grössere Temperaturschwankungen kaltseitig der Dämmung

... ohne Innendämmung



... mit Innendämmung

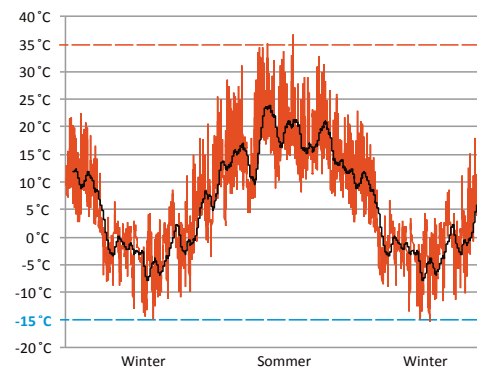


Abb. 8: Durch die Innendämmmassnahme vergrösserte Temperaturschwankungen (hier hinter dem Aussenputz)

Abbildung 8 kann entnommen werden, dass die Temperaturen hinter dem Aussenputz der ungedämmten Wand (links) im Jahresverlauf zwischen -10°C und +35°C und in der gedämmten Wand (rechts) zwischen -15°C und +35°C schwanken.



*Abb. 9: Wohnhaus Ausserberg, Planung und Ausführung
Innendämmung: P+H Parquet+Holzbau AG Bern,
weitere Informationen siehe Faltblatt «Innendämmung –
Optimal gedämmt mit Schweizer Glaswolle»*

Anforderungen an einen funktionstüchtigen Feuchtehaushalt

Die folgenden Punkte gelten für jedes beliebige Innendämmsystem:

Feuchteintrag von aussen

Die Funktionstüchtigkeit von Innendämmungen ist entscheidend von der Feuchtebelastung von aussen abhängig. Deshalb sind Wasserinfiltrationen von aussen über Undichtigkeiten z.B. bei Fensteranschlüssen, Rissbildungen etc. unbedingt zu vermeiden. Auch die Regenwasseraufnahme über den Aussenputz ist – in Abhängigkeit der Exposition und Schlagregenbelastung – auf ein Minimum zu beschränken. Der Aussenputz bei Westfassaden im Schweizer Mittelland und Voralpengebiet sollte einen Wasseraufnahmekoeffizient w von max. $0.5 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{h}^{1/2})$, besser $0.1 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{h}^{1/2})$ aufweisen. Dies ist mit heutigen Putzsystemen inkl. Anstrich bzw. Hydrophobierung in der Regel erreichbar, bedingt aber oft auch eine Sanierung des bestehenden Aussenputzes.

Ein Spezialfall der Feuchtebelastung von aussen stellt kapillar aus dem Erdreich aufsteigende Feuchte im Wandsockelbereich dar. Diese Erscheinung ist vor allem bei alten Mauerwerkswänden aus Naturstein zu beachten. Ohne Gegenmassnahmen – wie Horizontalsperren mittels Injektionen – können Feuchteverlagerungen im Mauerwerk stattfinden, welche zu Feuchteschäden wie unzulässigen Auffeuchtungen in der Innendämmung oder vermehrten Ausblühungen beim Aussenputz führen können. Aufsteigende Feuchte muss daher ausgeschlossen werden können.

Austrocknungspotenzial

Ein Austrocknungspotenzial, welches einen beschränkten unplanmässigen Eintrag von Feuchte auch wieder austrocknen lassen kann muss gegeben sein. Je nach Aussenwandtyp muss das Austrocknungspotenzial fast komplett gegen innen gewährleistet werden, z.B. bei einer Betonwand.

Luftdichtheit

Die Gebäudehülle muss luftdicht sein. Das ist entscheidend für das einwandfreie Funktionieren der Innendämmung, denn sie verhindert den Feuchteintrag durch Konvektion, den Feuchtetransportvorgang mit dem erfahrungsgemäss höchsten Schadenspotenzial. Durchdringungen der Luftdichtheitsschicht sind grundsätzlich zu vermeiden. Ist dies nicht möglich, sind entsprechende Massnahmen zur Verhinderung von Dampfkonvektionserscheinungen (z.B. Abkleben von Elektrorohren, Abdichten der Rohröffnung) notwendig.

Grenzwert Porenluftfeuchtigkeit

Im kritischen Grenzbereich zwischen Innendämmung und Bestandeswand soll der Grenzwert für die relative Porenluftfeuchtigkeit 95 % nicht überschreiten. So kann gewährleistet werden, dass kein Kondensat anfällt und somit auch die Bildung von Eis verhindert wird.

Hohlraumfreie Wärmedämmung

Die Dämmung muss an der Bestandeswand hohlraumfrei anliegen um Luftströmungen zu vermeiden. Wenn warm-feuchte Raumluft an der kalten Aussenwand entlang strömt, kühlt sie sich ab und als Konsequenz kann Kondensat ausfallen.

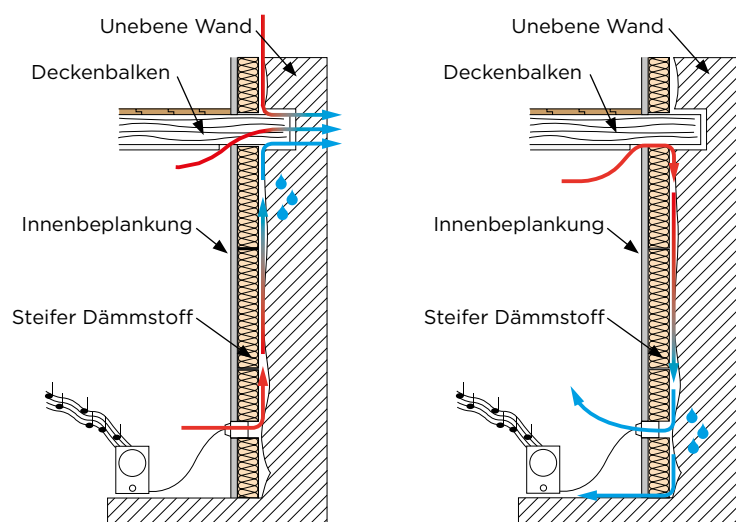


Abb. 10: Durch- und Hinterströmung bei nicht hohlraumfrei anliegender Innendämmung

Durchgehende Wärmedämmung

Die Wärmedämmung soll möglichst durchgehend verlegt, die Gebäudehülle umfassend gedämmt werden. Bei nur partiell gedämmter Gebäudehülle können die Innenoberflächentemperaturen unter Umständen nicht überall in einen unkritischen Bereich angehoben werden, so dass je nach klimatischen Bedingungen mit Schimmel gerechnet werden muss.

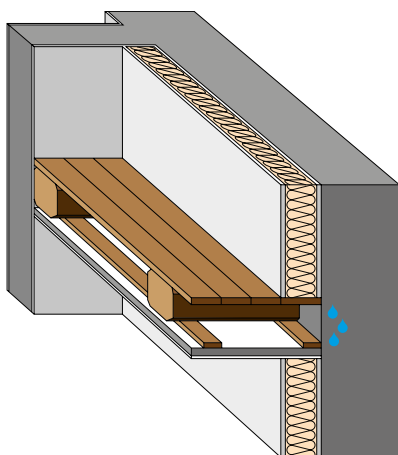
Anschluss Holzbalkendecke

Auch beim Aussenwandanschluss von Holzbalkendecken wird empfohlen, die Dämmung durchgehend zu verlegen, um im Zwischensparrenbereich nicht zu tiefe innere Oberflächentemperaturen zu riskieren (siehe Abbildung 11).

Ohne Dämmung im Zwischensparrenbereich sinkt die Temperatur an der Wandoberfläche je nach Aussenwandtyp bis ca. 8 °C unter das Niveau der ungedämmtem Situation. Ob dies feuchtetechnisch kritisch werden kann, hängt davon ab, wie gross die Dampfdiffusion und gegebenenfalls die Konvektion in den Deckenhohlraum hinein ist. Konsequenterweise muss auch die Dampfbremse möglichst durchgehend angeordnet und luftdicht an die Balken angeschlossen werden.

Das Öffnen der Deckenkonstruktion von oben oder von unten erlaubt eine optische Überprüfung des Zustandes der Situation im Auflagerbereich der Balkenlage.

... Dämmung unterbrochen



... Dämmung durchgehend

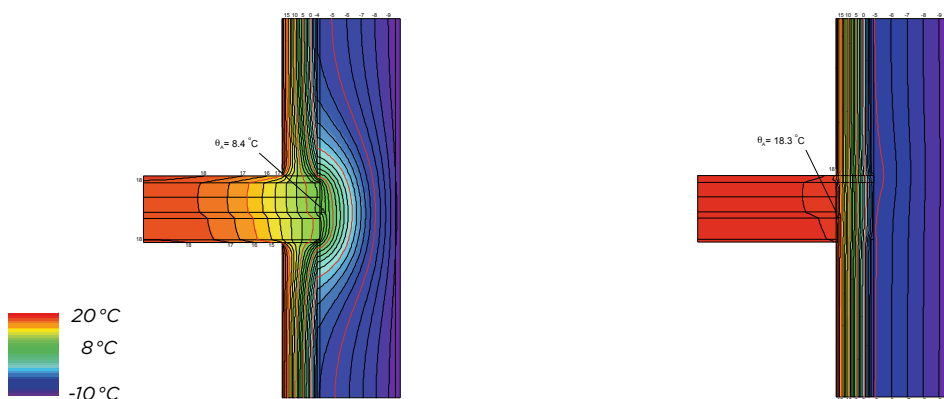
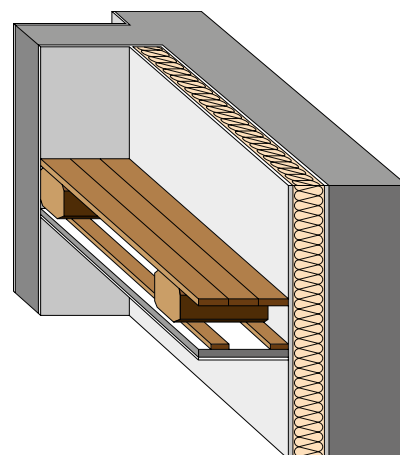


Abb. 11: Risiko von Kondensatanfall oder Schimmel bei nicht durchgehend verlegter Dämmung (links) beim Aussenwandanschluss von Holzbalkendecken

Beurteilung und Nachweise

Folgende Feuchtetransportvorgänge sind für die Feuchteaufnahme, die Feuchtespeicherung und das Austrocknungsverhalten einer Aussenwand mit Innendämmung von Bedeutung:

Konvektion | Kapillarleitung | Diffusion

Abgesehen vom Feuchteeintrag durch Schlagregen in Abhängigkeit des Zustandes der Aussenwand kann per Luftströmung mit Abstand am meisten Feuchtigkeit in eine Konstruktion eingetragen werden. **Die Konvektion birgt das grösste Schadenspotenzial** und die anfallenden Feuchtemengen sind zudem fast nicht berechenbar. Auch der kapillare Wassertransport ist um Grössenordnungen stärker als die Diffusion.

Feuchtehaushalt

Eine Beurteilung des Feuchtehaushaltes rein aufgrund einer Diffusionsberechnung (Glaser-Verfahren) nach SIA 180 reicht also in den meisten Fällen nicht aus und kann zu Fehlinterpretationen führen. Da diese Berechnungsmethode nur Diffusionsvorgänge berücksichtigt, kann mit einer entsprechend diffusionsdichten Dampfbremse der Nachweis jederzeit für jeden Aufbau erbracht werden – das Austrocknungspotenzial gegen innen tendiert aber praktisch gegen Null. **Innendämmungen mit Dampfsperren weisen keine Feuchtetoleranz auf und funktionieren nur, wenn einerseits ein Feuchteeintrag in die Dämmebene ausgeschlossen werden und andererseits der Feuchteeintrag von aussen auch wieder gegen aussen austrocknen kann.**

Hygrothermische Simulationsberechnungen

Realistischere Abbildungen des Feuchtehaushaltes sind mit hygrothermischen Simulationsberechnungen möglich. Im deutschsprachigen Raum ist das Programm WUFI® am weitesten entwickelt und entsprechend validiert. Der Begriff WUFI® bedeutet «Wärme und Feuchte instationär» und bezeichnet ein PC-Programmpaket zur realitätsnahen Berechnung des Wärme- und Feuchtetransports in mehrschichtigen Bauteilen unter natürlichen Klimabedingungen. Es basiert auf den neuesten Erkenntnissen und wurde entwickelt vom Fraunhofer Institut für Bauphysik IBP, Holzkirchen (D).

Mit diesem Programm **kann das Auffeuchtungs- und Austrocknungsverhalten bei Baufeuchte, Niederschlagswasser und Kapillartransport erfasst oder zumindest näherungsweise abgeschätzt werden.** Im Gegensatz zu den stationären Berechnungen nach Glaser werden die Wärme- und Feuchtespeicherung von Baustoffen, Latentwärmeeffekte durch Verdunstung und Kondensation und das parallele Auftreten von Dampfdiffusion und Flüssigtransport berücksichtigt. Die Feuchteverhältnisse können z.B. mit typischen Klimadaten der Stationen Zürich, Davos oder Locarno oder mit effektiv aufgetretenen Klimarandbedingungen simuliert werden. Als klimatische Randbedingungen sind neben Temperatur und relativer Feuchte auch Sonnenstrahlungs- und Niederschlagseinflüsse erfassbar.

In der WUFI-Baustoffdatenbank sind 5 typische Isover-Glaswolleprodukte und die verschiedenen Vario-Dampfbremsen enthalten. Der Nachweis des Feuchteschutzes nach SIA 180 „Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden“ lässt sich somit bequem und präzise erbringen.



Abb. 12: Wohnhaus Le Locle
Planung: Marguet SA, Le Cerneux-Péquignot
Ausführung: Buschini SA, Neuchâtel
Weitere Informationen siehe Faltblatt «Innendämmung -
Optimal gedämmt mit Schweizer Glaswolle».

Dämmsysteme im Vergleich

Untersuchung 1: Fraunhofer Institut

Am Fraunhofer Institut für Bauphysik in Holzkirchen (D) wurde das hygrothermische Verhalten dreier unterschiedlich aufgebauter Innendämmsysteme mittels WUFI®-Simulationen untersucht und verglichen.

Aufbau der untersuchten Varianten:

Variante 1 besteht aus einer Dämmung aus einer Verbundplatte aus expandiertem Polystyrol EPS und einer Gipskartonplatte; Variante 2 aus einer verputzten Dämmplatte aus Kalziumsilikat und Variante 3 aus einer Glaswollendämmung, der feuchteadaptiven Dampfbremse Vario® KM Duplex und einer Verkleidung aus Gipskarton.

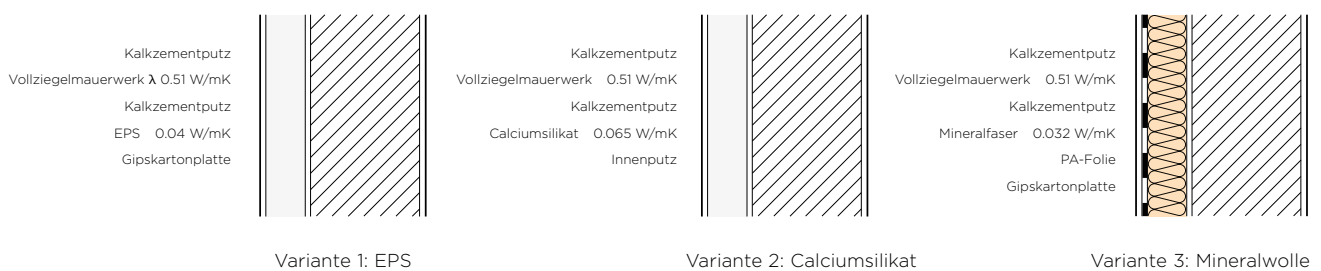


Abb. 13: Aufbau der drei unterschiedlichen Dämmsysteme

Ausgangslage und wichtigste Randbedingungen in dieser Untersuchung:

Bestandeswand: Vollziegelmauerwerk 300 mm mit mineralischem Aussenputz (Wasseraufnahmekoeffizient $w = 0.5 \text{ kg/m}^2\text{h}^{1/2}$)
 Aussenklima: Würzburg, Fassadenausrichtung West
 Innenklima: Normale Feuchtelast (zw. 40 und 60 % relative Luftfeuchtigkeit)

Die Auswertung zeigt, dass nur die Variante mit Glaswolle und Vario® KM Duplex deutlich unter den kritischen 95 % Porenluftfeuchtigkeit im Grenzbereich Innendämmsystem- Bestandeswand bleibt: Diese Variante bietet die höchste Sicherheitsreserve.

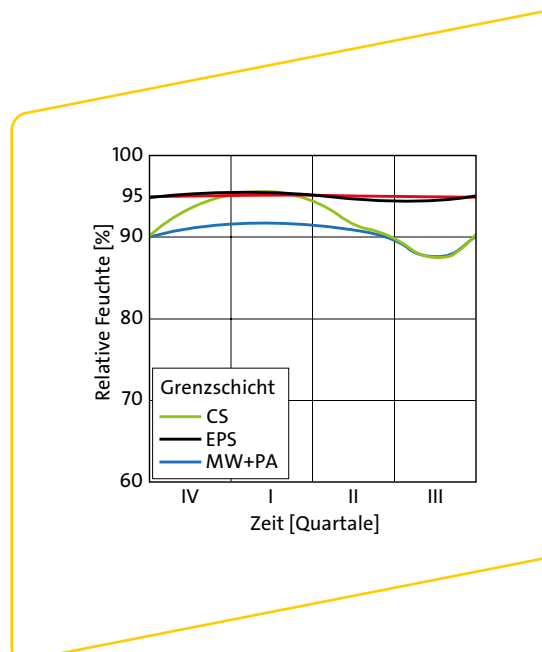


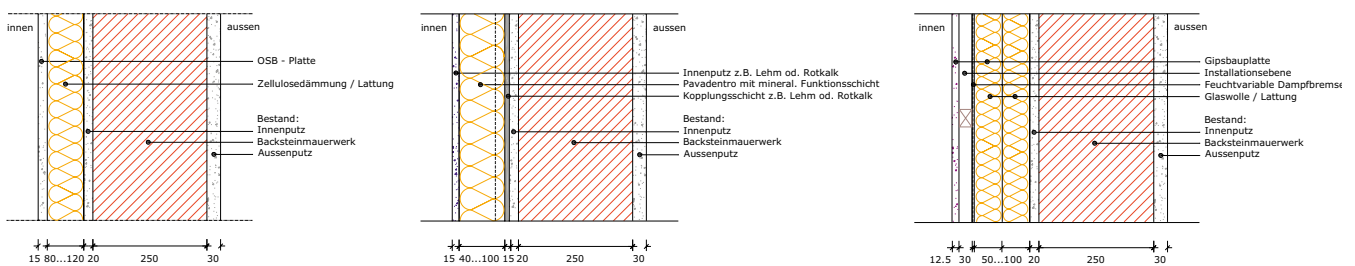
Abb. 14: Jahresverlauf der relativen Feuchte hinter den unterschiedlichen Innendämmsystemen

Untersuchung 2: Berner Fachhochschule

Auch an der Berner Fachhochschule – Architektur, Holz und Bau wurden unterschiedliche innenliegende Wärmedämmungen für die nachhaltige Erneuerung historisch wertvoller Bauten anhand von WUFI®-Simulationen untersucht. Das Projekt wurde vom Bundesamt für Energie (BFE) gefördert, der Bericht zu den Untersuchungen kann per e-Mail an fe.ahb@bfh.ch bezogen werden.

Aufbau der untersuchten Varianten:

Variante 1 besteht aus Zellulosedämmung und einer Verkleidung aus OSB-Platten; Variante 2 aus einer direkt verputzten Holzweichfaserdämmung und Variante 3 aus einer Glaswollendämmung, der feuchtevariablen Dampfbremse Vario® KM Duplex und einer Verkleidung aus Gipsfaser.



Variante 1: Zellulosedämmung

Variante 2: Holzweichfaser

Variante 3: Glaswolle

Abb. 15: Aufbau der drei unterschiedlichen Dämmsysteme

Ausgangslage und wichtigste Randbedingungen in dieser Untersuchung:

Bestandeswand: Backsteinmauerwerk 250 mm mit mineralischem Aussenputz 30 mm
(Wasseraufnahmekoeffizient $w = 0.5 \text{ kg/m}^2\text{h}^{1/2}$)

Aussenklima: Zürich-Fluntern, Fassadenausrichtung West

Innenklima: Normale Feuchtelast (zw. 40 und 60 % relative Luftfeuchtigkeit)

Bei der Auswertung wurden verschiedene Versagenskriterien ausgewertet. Auch hier treffen wir wieder das Kriterium der maximal zulässigen 95 % Porenluftfeuchtigkeit an der Grenzschicht zwischen Innendämmsystem und Bestandeswand an.

Bei Wärmedämmstoffen aus Holz- oder Zellulosefasern muss zusätzlich der Wassergehalt in der Dämmschicht begrenzt werden, damit die Dämmstoffe nicht von holzerstörenden Mikroorganismen angegriffen werden. Dies kann bei Mineralwolle nicht passieren.

Die Auswertung der beiden Varianten mit Zellulose- und Holzfaserdämmung zeigt, dass bei einer Dämmstoffdicke von 100 mm bzw. 120 mm das Risiko einer zu hohen Materialfeuchte in der Dämmung bereits besteht.

Variante 1: Zellulosedämmung

Kenngröße	Bedingung	Dicke Innendämmung in mm				
		40	80	100	120	140
Frostkriterium Backstein	< 50 Frost-Tauwechsel bei einem Wassergehalt von $\geq 100-120 \text{ kg/m}^3$	✓	✓	✓	✓	✓
Vermeidung Kondensat und Schimmelpilz an Innenoberfläche	LIM B I-Kurve darf nicht überschritten werden	✓	✓	✓	✓	✓
Wassergehalt in Dämmschicht	Wassergehalt < 20 M.-%	✓	✓	✗	✗	✗
Rel. Feuchte in Dämmschicht	Relative Feuchte < 95 %	✓	✓	✓	✓	✓
Rel. Feuchte an Grenzschicht IDS und Bestand	Relative Feuchte < 95 %	✓	✓	✓	✓	✓
Wärmeschutz	$U \leq 0.40 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (nach SIA 180:1999)	✗	✗	✓	✓	✓
	$U \leq 0.25 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (nach SIA 380/1:2009) Renovation	✗	✗	✗	✗	✗

Abb. 16: Beurteilung der Versagenskriterien für das Innendämmsystem Zellulosedämmung

Variante 2: Holzfaserdämmung

Kenngröße	Bedingung	Dicke Innendämmung in mm				
		40	80	100	120	140
Frostkriterium Backstein	< 50 Frost-Tauwechsel bei einem Wassergehalt von $\geq 100-120 \text{ kg/m}^3$	✓	✓	✓	✓	✓
Vermeidung Kondensat und Schimmelpilz an Innenoberfläche	LIM B I-Kurve darf nicht überschritten werden	✓	✓	✓	✓	✓
Wassergehalt in Dämmschicht	Wassergehalt < 20 M.-%	✓	✓	✓	✓	✓
Rel. Feuchte in Dämmschicht	Relative Feuchte < 95 %	✓	✓	✓	✓	✓
Rel. Feuchte an Grenzschicht IDS und Bestand	Relative Feuchte < 95 %	✓	✓	✓	✗	✗
Wärmeschutz	$U \leq 0.40 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (nach SIA 180:1999)	✗	✗	✓	✓	✓
	$U \leq 0.25 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (nach SIA 380/1:2009) Renovation	✗	✗	✗	✗	✗

Abb. 17: Beurteilung der Versagenskriterien für das Innendämmsystem Holzweichfaserplatte

Die Auswertung der Variante Glaswolle und Vario® KM Duplex zeigt, dass bezüglich Feuchtigkeit alle Versagenskriterien eingehalten werden. Es kann mit allen untersuchten Dämmschichtdicken bis 160mm gedämmt werden:

Variante 3: Glaswolle

Kenngrösse	Bedingung	Dicke Innendämmung in mm					
		40	80	100	120	140	160
Frostkriterium Backstein	< 50 Frost-Tauwechsel bei einem Wassergehalt von $\geq 100-120 \text{ kg/m}^3$	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Vermeidung Kondensat und Schimmelpilz an Innenoberfläche	LIM B I-Kurve darf nicht überschritten werden	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Rel. Feuchte an Grenzschicht IDS und Bestand	Relative Feuchte < 95%	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Wärmeschutz	$U \leq 0.40 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (nach SIA 180:1999)	✗	✗	✓	✓	✓	✓
	$U \leq 0.25 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (nach SIA 380/1:2009) Renovation	✗	✗	✗	✗	✓	✓

Abb. 18: Beurteilung der Versagenskriterien für das Innendämmsystem Glaswolle/Vario® KM Duplex

Fazit

Beide Untersuchungen zeigen, dass das Innendämmsystem mit Glaswolle in Kombination mit der feuchteadaptiven Dampfbremse Vario® KM Duplex die sicherste Variante mit der grössten Feuchtetoleranz darstellt.

In den kantonalen Energiegesetzen wurden die Anforderungen an den Wärmeschutz der Gebäudehülle in den letzten Jahren stark angehoben. Im Einzelbauteilnachweis beträgt die Anforderung an den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) von Aussenwänden bei Umbauten $0.25 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$. Innendämmsysteme müssen heute auch für solch hohe thermische Anforderungen geeignet sein, einen ausreichenden Feuchteschutz bieten und langfristig funktionstüchtig bleiben.

Spezialfälle

Aussenwände aus Beton, Fachwerk bzw. Riegkonstruktionen und unverputztes Natur- und Bruchsteinmauerwerk sind Spezialfälle und müssen gesondert betrachtet werden.

Spezialfall 1: Sichtbetonwand mit Innendämmung

Die Wärmeleitfähigkeit von Stahlbeton ist gegenüber Mauerwerk rund fünfmal höher. Bei einem Wandaufbau mit Innendämmung beträgt die Temperatur an der kritischen Schicht (Übergang Betonwand – Innendämmung) praktisch Aussenlufttemperaturniveau. Zudem ist Stahlbeton praktisch diffusionsdicht und kaum kapillar leitfähig. In der Neubausituation muss die zusätzliche Feuchtelast des frischen Betons berücksichtigt werden. Der Feuchtehaushalt muss kritischer eingestuft werden als bei einer Innendämmung einer Mauerwerk-aussenwand aus Modul-, Voll-, Leichtbackstein, Kalksand-, Zementblockstein oder Porenbeton.

Empfehlung:

Unterschieden werden muss zwischen Neubau und Sanierung. In der Neubausituation muss der Materialfeuchte des frischen Betons und der relativ langen Austrocknungszeit Rechnung getragen werden.

Um die Innendämmung vor einer übermässigen Feuchtebelastung des trocknenden Betons zu schützen sollte der maximale Feuchtigkeitsgehalt festgelegt und vor dem Einbau der Innendämmung gemessen werden, wie dies analog auch für Wärmedämmverbundsysteme nach SIA 243 «Verputzte Aussenwärmedämmung», gefordert wird (für Beton dürfen 3.5 Massenprozent nicht überschritten werden).



Abb. 19: Sichtbeton eingefärbt, Psychiatrie Yverdon, Ausführung Innendämmung: Sauteur Georges SA, La Tour-de-Trême

Spezialfall 2: Fachwerk, Riegelbauten

Wenn eine Fachwerkwand dem Regen ausgesetzt ist, ist eine zuverlässige Aussage zur Funktionstüchtigkeit des Feuchtehaushaltes schwierig: Das liegt daran, dass Feuchtebelastung und Austrocknungsverhalten durch die Wasseraufnahme über die Fugen zwischen Ausfachung und Fachwerk stark beeinflusst werden.

Empfehlung:

Bei ausgesetzten Fassaden und solchen, die gegen Westen ausgerichtet sind, wird eine hinterlüftete Fassade empfohlen. Innendämmungen sind möglich, wenn die Fachwerkwände z.B. durch grosse Vordächer ausreichend vor Schlagregen geschützt sind.



Abb. 20: Fachwerkbau Buchweg 7 in Bern, Ausführung Innendämmung: Gerber Holzbau Bern AG, Oberbottigen

Spezialfall 3: Sichtmauerwerk, Natur- und Bruchsteinmauerwerk

Bei Natur- und Bruchsteinmauerwerken müssen einige ungünstige Faktoren wie der geringe Wärmedurchlasswiderstand der Bestandeswand, die beschränkte kapillare Wasseraufnahmefähigkeit sowie die schwer quantifizierbaren Einflüsse wie Feuchtebelastung von aussen und Austrocknungsverhalten berücksichtigt werden.

Empfehlung:

Rissfreier, feuchtebeständiger, kapillar leitfähiger Innenputz als Zusatzmassnahme (kein Gipsputz).



Abb. 21: Sichtmauerwerk Wohnhaus in Kägiswil, Planung und Ausführung Innendämmung: Holzbau Bucher AG, Kerns, weitere Informationen siehe Faltblatt «Innendämmung – Optimal gedämmt mit Schweizer Glaswolle»

Die Isover-Lösungen für Innendämmungen

Die aufgeführten Anforderungen an eine Innendämmung, wie:

- keine Hohlräume kaltseitig der Wärmedämmung
- Luftdichtheit
- ausreichendes Austrocknungspotenzial
- maximale Porenluftfeuchtigkeit < 95 %

werden mit Isover-Glaswolle und den feuchteadaptiven Dampfbremsen Vario® KM Duplex oder Vario® Xtra am besten erfüllt

Die weiche Glaswolle schmiegt sich lückenlos auch an unebene Untergründe an, Konvektionsströmungen in der kritischen Zone werden so wirksam unterbunden. Glaswollefäden sind nicht hygroskopisch, das heisst, sie binden keine Feuchtigkeit. Allfällig anfallendes Kondensat kann sich nur in den Luftzwischenräumen ansammeln, läuft durch das beträchtliche Tauwasserrückhaltevermögen der Glaswolle* (bis über 500g/m² für SWISSROLL 030 beispielsweise) nicht ab, wird gegen innen umverteilt und trocknet aus. Diese Eigenschaft begünstigt das schnelle Austrocknen der Dämmung, was speziell auch bei Innendämmungen einen entscheidenden Vorteil darstellt. Glaswolle ist mineralisch, kann daher nicht schimmeln, verfaulen oder verrotten. Die bauphysikalischen und mechanischen Eigenschaften von Glaswolle verändern sich nach der Austrocknung nicht. Vorübergehend mit Feuchtigkeit belastete Dämmung bleibt daher ohne Konsequenzen.

Die feuchteadaptiven Dampfbremsen Vario® KM Duplex oder Vario® Xtra gewährleisten die Luftdichtheit. Dank dem variablen Diffusionswiderstand ist die Austrocknung allfälliger Feuchtigkeit gegen innen möglich. Dieser Vorteil ist entscheidend und bietet Sicherheit und Feuchtetoleranz.



* siehe auch Publikation
«Tauwasserrückhaltevermögen
von Mineralfaser-
dämmstoffen mit und ohne
Hydrophobierung» vom
Fraunhofer-Institut für
Bauphysik IBP.



Abb. 22: Ausbau der Messsonden im Objekt «Brütteln» (siehe Seite 30) nach dem vierten Winter: Es kann kein Schimmel-pilzwachstum festgestellt werden. Die Isover-Glaswolle weist weder in der Form noch optisch Veränderungen auf.

Gute Luft dank richtigem Material

Luftqualität ist Lebensqualität. Eine gesunde Innenluft fördert Gesundheit und Wohlbefinden. Zertifizierte Dämmstoffe sind dafür eine wichtige Grundlage.

Unangenehme Gerüche oder abgestandene Luft stören uns – zu Hause und bei der Arbeit. Gerade die Qualität der Innenluft ist für unser Wohlbefinden und unsere Gesundheit zentral. Schliesslich verbringen wir über 90 % unserer Zeit in Gebäuden. Den grössten Einfluss auf die Luftqualität in Innenräumen hat der Mensch selbst. Durch die Atmung geben wir Feuchtigkeit und Kohlendioxid an die Luft ab. Der Sauerstoffgehalt sinkt. Aber auch Möbel oder Baustoffe können zur schlechten Qualität der Luft beitragen.

Massnahmen schon beim Bau treffen

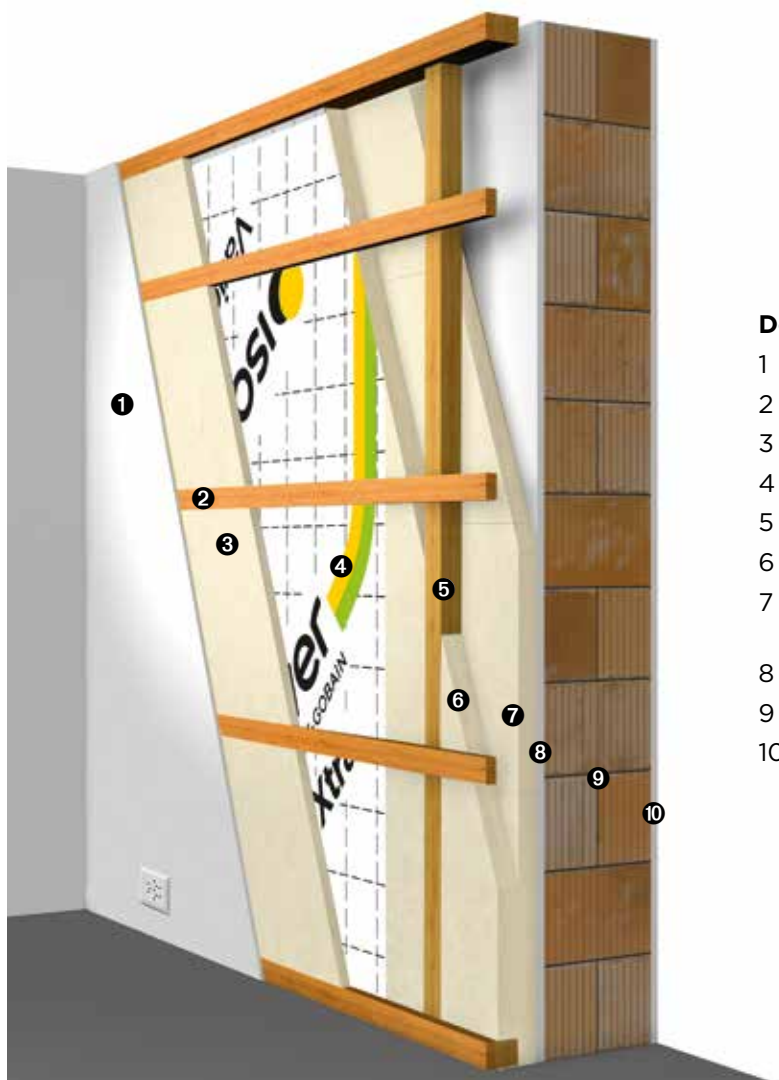
Regelmässiges Lüften verbessert die Luftqualität von Innenräumen. Auch beim Bau eines Gebäudes können Massnahmen getroffen werden. Materialien mit einem Zertifikat wie ecobau 1, eurofins Indoor Air Comfort Gold oder Blauer Engel geben weniger oder keine Schadstoffe an die Luft ab und sorgen von Beginn an für bessere Luftqualität.

Die Produkte für Innendämmungen der Linie *Lanaé* beispielsweise sind dank natürlichen, pflanzlichen Bindemitteln frei von Formaldehyd. Die Dampfbremsen und Membranen des Vario® Systems verhindern Schimmel, blockieren schädliche Gase wie Radon und sorgen so für bessere Luft in Innenräumen. Die dazu gehörenden Klebebänder sind zertifiziert gemäss GEV-EMICODE EC1 plus.



Lanaé

Die Isover-Lösung für Holzbauer und Schreiner.



Der Wandaufbau

- 1 Verkleidung Gipsbauplatte
- 2 Lattung/Installationsebene
- 3 Dämmung Isover PB M 030
- 4 Vario® Xtra
- 5 Vorsatzschale Holzständer
- 6 Dämmung Isover PB M 030
- 7 Dämmung Isover PB M 030 vollflächig
- 8 Innenputz bestehend
- 9 Verbandmauerwerk (320 mm)
- 10 Aussenputz bestehend

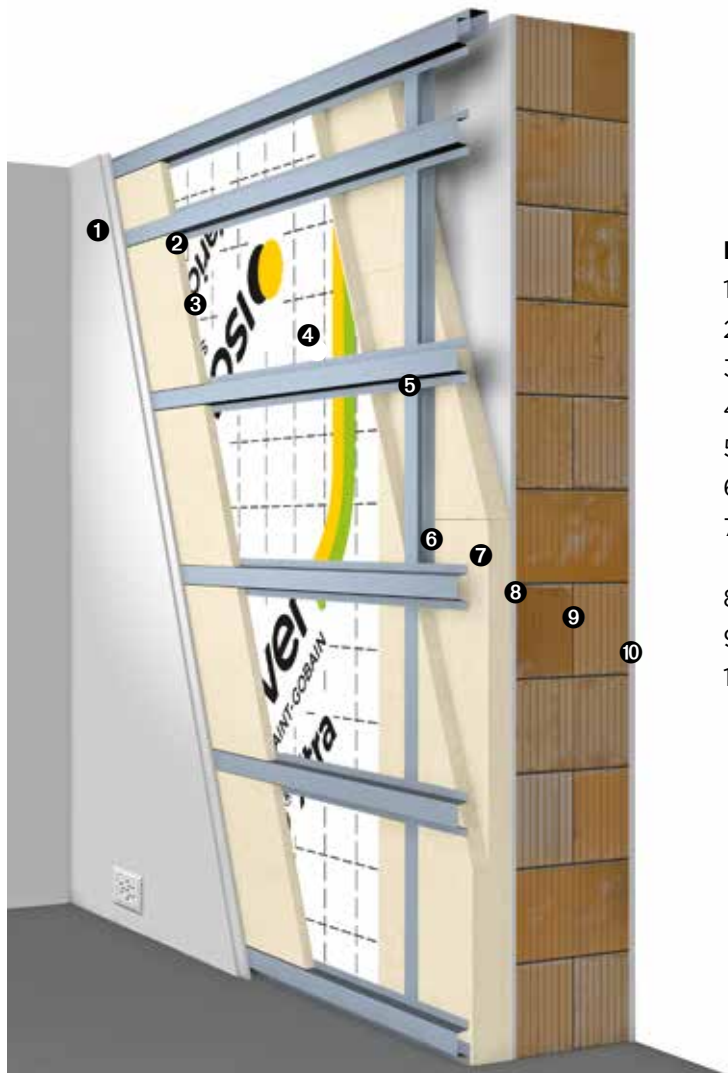
Abb. 23: Aufbau der Innendämmung mit Unterkonstruktion aus Holz

Die Holzunterkonstruktion ist im Warmbereich angeordnet. Simulationsberechnungen zeigen, dass die Holzfeuchte in diesem Aufbau 16% nicht überschreitet. Mit dem beschriebenen Aufbau wird auf einem 320 mm dicken Verbandmauerwerk mit einer totalen Dämmstoffdicke von nur 130 mm (30 mm + 60 mm + 40 mm) schon ein U-Wert von 0.20 W/(m² K) erreicht:

PB M 030 ③	d	mm	30	30	30	30	30	30
PB M 030 ⑥	d	mm	60	60	60	80	80	80
PB M 030 ⑦	d	mm	30	40	50	50	60	80
Wärmeschutz im Winter und Sommer			STANDARD	ADVANCED	ADVANCED	ADVANCED	ADVANCED	PREMIUM
Wärmedurchgangskoeffizient	U	W/(m ² K)	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15

Die Tabelle zeigt die U-Werte unterschiedlicher Dämmstoffdicken des Aufbaus aus Abb. 23. Weitere bauphysikalische und ökologische Kennwerte können dem Bauteildatenblatt 23-210 entnommen werden.

Die Isover-Lösung für Trockenbauer.



Der Wandaufbau

- 1 Verkleidung Gipsbauplatten zweilagig
- 2 Hut- oder CD-Profil/Installationsebene
- 3 Dämmung Isover PB M 030
- 4 Vario® Xtra
- 5 Vorsatzschale UW/CW-Profile
- 6 Dämmung Isover ISOVOX
- 7 Dämmung Isover PB M 030 vollflächig
- 8 Innenputz bestehend
- 9 Verbandmauerwerk (320 mm)
- 10 Aussenputz bestehend

Abb. 24: Aufbau der Innendämmung als Trockenbau-Vorsatzschale

Bei der Trockenbauvariante wird mit einer totalen Dämmstoffdicke von nur 135 mm (30 mm + 45 mm + 60 mm) ein U-Wert von 0.20 W/(m² K) erreicht:

PB M 030 ③	d	mm	30	30	30	30	30	30
ISOVOX ⑥	d	mm	45	45	60	60	60	60
PB M 030 ⑦	d	mm	30	60	40	60	80	100
Wärmeschutz im Winter und Sommer			STANDARD	ADVANCED	STANDARD	ADVANCED	ADVANCED	PREMIUM
Wärmedurchgangskoeffizient	U	W/(m ² K)	0.24	0.20	0.21	0.19	0.16	0.15

Die Tabelle zeigt die U-Werte unterschiedlicher Dämmstoffdicken des Aufbaus aus Abb. 24. Weitere bauphysikalische und ökologische Kennwerte können dem Bauteildatenblatt 23-220 entnommen werden.

Nachweis der Funktionstüchtigkeit der Isover-Lösungen

Die Funktionstüchtigkeit des Feuchtehaushaltes der beiden vorgestellten Innendämmmaßnahmen ist durch Theorie (Simulationsberechnungen, Studien) und Praxis (Messungen und Erfahrungen basierend auf ausgeführten Objekten) vielfach bestätigt.

Beispiel und rechnerischer Nachweis

Wandaufbau der Simulation

Exemplarisch wird nachfolgend anhand einer Simulation mit der Berechnungssoftware WUFI® aufgezeigt, wie sich die Porenluftfeuchtigkeit an der Grenzschicht von Glaswolle zu Innenputz bei folgendem Aufbau verhält:

- Gipsfaserplatte 12.5 mm
- Vario® KM Duplex
- Isover PB M 034 200 mm
- Innenputz 15 mm
- Kalksandstein 150 mm
- Kalkzementputz 20 mm, Wasseraufnahmekoeffizient $w = 0.1 \text{ kg/m}^2\text{h}^{1/2}$

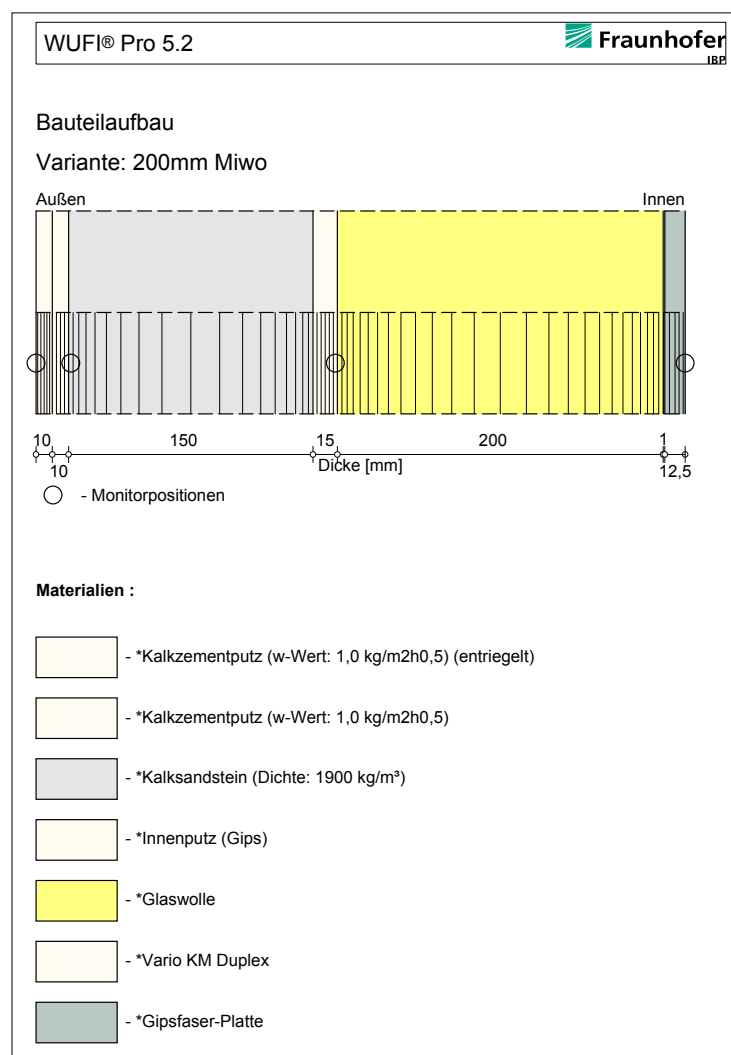


Abb. 25: Erfasster Wandaufbau, Abbildung aus der Simulationssoftware WUFI®

Rahmenbedingungen und Annahmen:

- Die Berechnung wurde für Standorte bis 700 Meter ü. M. und normale Feuchtelast für das Innenraumklima (30-60 % relative Luftfeuchte) durchgeführt.
- Für die Bestandeswand werden die Feuchtigkeiten in eingeschwungenem Zustand gewählt, da von einer Sanierung ausgegangen wird.

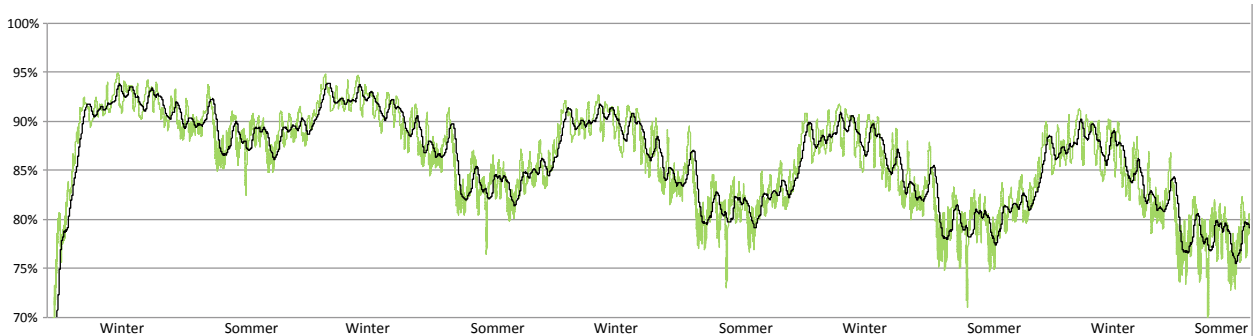


Abb. 26: Feuchtigkeitsverlauf im äussersten Bereich der Glaswolle

Aus der Abbildung 26 ist ersichtlich, dass die Porenluftfeuchte nie 95 % erreicht, im Laufe der Zeit erreichen die Höchstwerte im Winter noch Werte um die 90 %. Es fällt somit kein Kondensat an.

Fazit

Umfangreiche Berechnungen mit dem Programm WUFI® zeigen, dass Konstruktionsaufbauten mit Isover-Glaswollgedämmstoffen bei üblichen Mittelland-Klimastandorten feuchtetechnisch funktionstüchtig sind, wenn ...

- eine feuchtevariable Dampfbremse des Typs Isover Vario® KM Duplex oder Vario® Xtra als Dampfbremse/Luftdichtung verwendet wird.
- keine relevanten Auffeuchtungen von aussen (Schlagregenbelastung) oder von unten (z.B. kapillar aufsteigende Feuchte) stattfinden.
- im Grenzbereich Innendämmung - bestehende Wand ein sorptionsfähiger und kapillarleitender Feuchtespeicher vorhanden ist (in der Regel Innenputz Bestand).
- die Wärmedämmung hohlraumfrei ausgebildet ist.
- kapillarleitende Kontakte zwischen Holztragkonstruktion und bestehendem Innenputz durch eine Hinterdämmung vermieden werden.

Innendämmungen von Aussenwänden aus Backsteinmauerwerk und Kalksandstein weisen eine hohe Feuchtetoleranz auf, bei verputztem Natursteinmauerwerk ist die Feuchtetoleranz kleiner und bei Beton, unverputztem Natursteinmauerwerk und Fachwerkaussenwänden am kleinsten.

Beispielhafte Umsetzungen und Messungen von Temperatur und Feuchtigkeit

Erhebung der Messdaten

Bei den drei im folgenden vorgestellten Objekten wurden Messsonden auf der Bestandeswand eingebaut. So kann die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit in der kritischen Schicht gemessen und die Funktionstüchtigkeit auch durch Messung aufgezeigt werden.

Die Objekte wurden im Jahr 2013 gedämmt. Die Messsonden erfassen seither die klimatischen Bedingungen alle 8 Stunden. Die Abbildungen 28-30 zeigen die Verläufe von Temperaturen und Luftfechtigkeiten über 6 Jahresperioden.

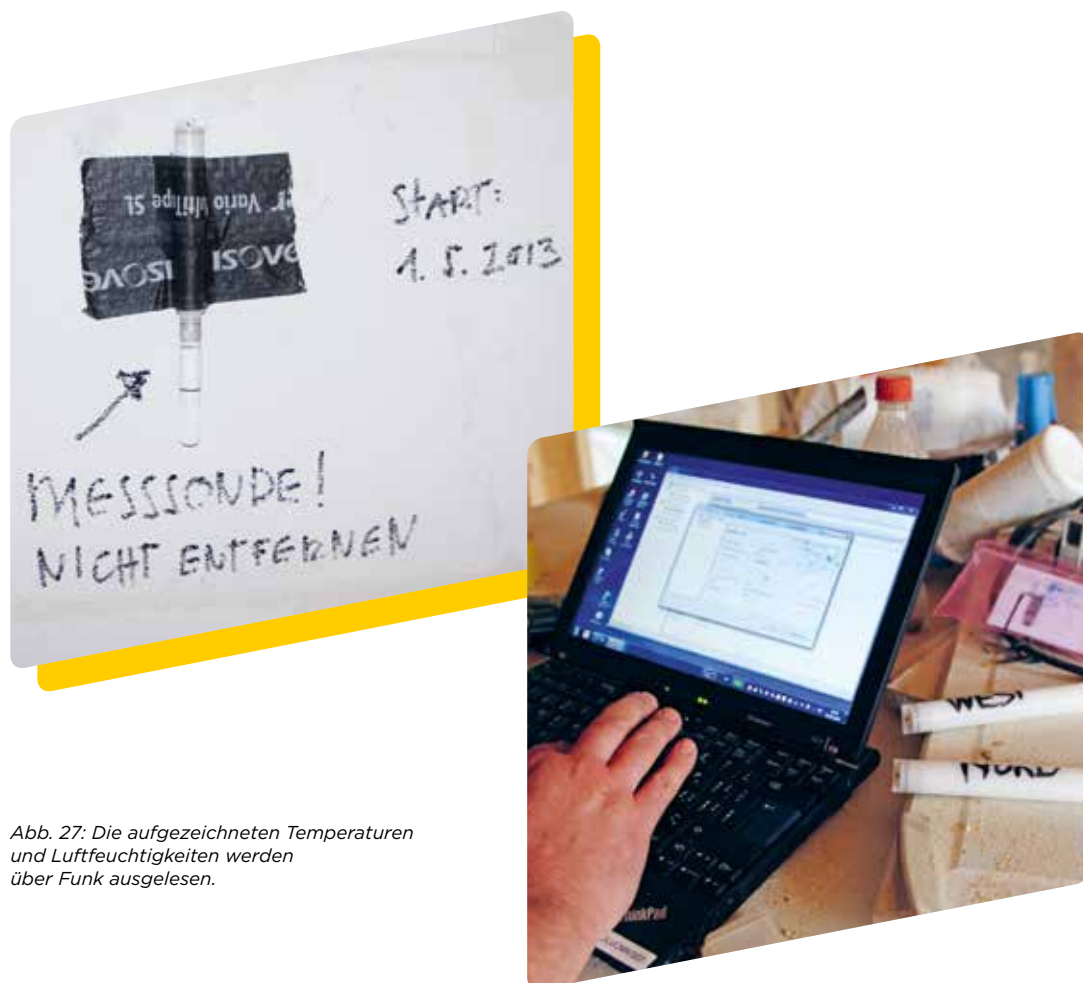


Abb. 27: Die aufgezeichneten Temperaturen und Luftfechtigkeiten werden über Funk ausgelesen.

Institut A. Merkle, Ancienne Clinique Garcia, Fribourg

Die 1904 und 1906 erbauten Gebäude am Chemin des Verdiers 2 und 4 in Fribourg wurden umgenutzt und komplett umgebaut. Zudem wurde ein Erweiterungsbau (Neubau) angefügt. Die beiden bestehenden Bauten weisen eine denkmalpflegerisch geschützte Gebäudehülle auf, die Aussenwände konnten deshalb nur innen gedämmt werden. Die Gebäude wurden nach dem Minergie-Standard saniert.



Architektur: Charrière-Partenaires SA, Granges-Paccot
Gipserarbeiten: Crinimax Clement Peinture SA und Bernasconi SA, Fribourg
Bauphysik: Zeugin Bauberatungen AG, Münsingen

Innendämmung: Isover-Lösung für den Trockenbauer Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert): 0.19-0.22 W/(m² K)

- Gipskartonplatten 2 x 12.5 mm
- Vario® KM Duplex UV
- UW/CW-Profile 100 mm, Dämmung Isover PB M 035 100 mm
- Dämmung Isover PB M 035 60-80 mm
- Innenputz
- Natursteinmauerwerk, teils Riegwerk ausgemauert
- Aussenputz

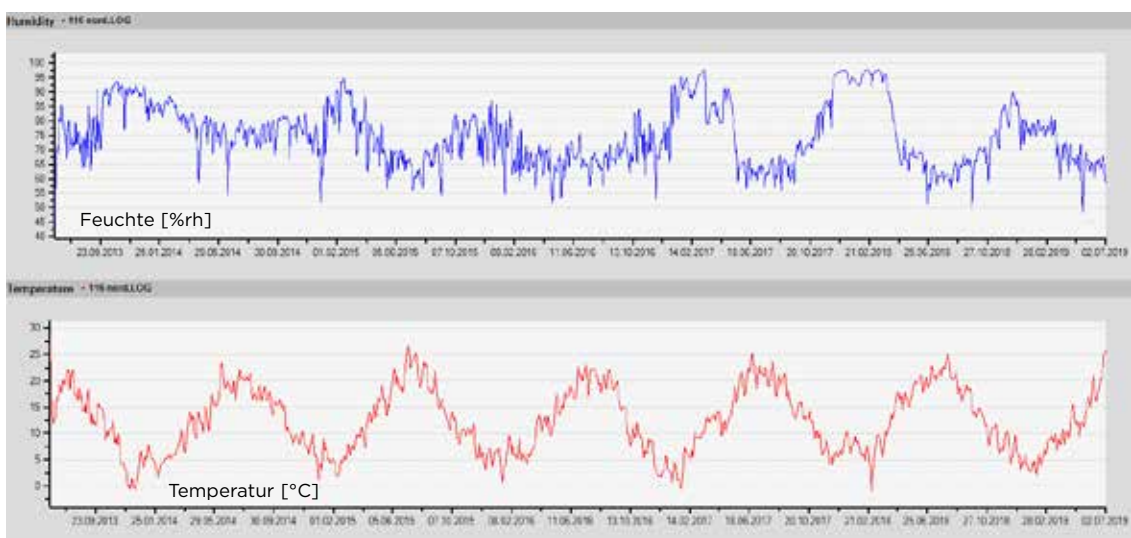


Abb. 28: Messwerte Institut A. Merkle, 1. OG Nord, Juni 2013 bis Juli 2019

Energetische Sanierung Riegbau Fam. Wenker, Lanzenhäusern

Das um 1840 erbaute Rieghaus an der Alten Bernstrasse in Lanzenhäusern (ehemalige Öle) ist als schützenswert eingestuft. Das Gebäude wird heute als Wohnhaus genutzt und wurde 2012/2013 umfassend instand gestellt. Zum Teil und je nach Zustand wurden Riegwerk und Ausfachungen erneuert, als neue Ausfachung kam Porenbeton zum Einsatz.



Planung und Zimmerarbeiten: Remund Holzbau, Schwarzenburg

Innendämmung: Isover-Lösung für den Holzbauer Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert): 0.22 W/(m² K)

- Verkleidung Fermacell 12.5 mm
- Lattung, Installationsebene 30 mm
- Vario® KM Duplex
- Holzunterkonstruktion 60/100, Dämmung Isover PB M 032 100 mm
- Dämmung ISOFIX 035 40 mm vollflächig
- Riegwerk teils ausgemauert mit Tuffstein bestehend, teils neu ausgemauert mit Porenbeton

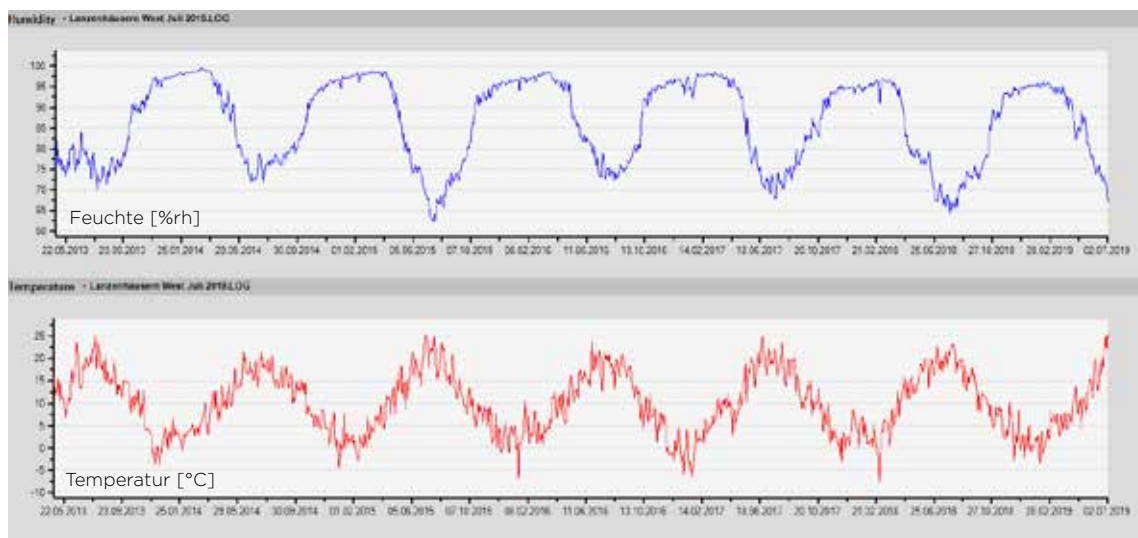


Abb. 29: Messwerte Lanzenhäusern, Eckzimmer West, Mai 2013 bis Juli 2019

Sanierung Schulhaus Niederwangen

Das 1892 erbaute Schulhaus ist im Bauinventar der Gemeinde Köniz als erhaltenswert eingestuft. Das alte Schulhaus erfuhr eine Gesamtsanierung, die Fassade wurde anhand der Vorgaben des Restaurators zum ursprünglichen Farbbild zurückgeführt, die Dämmung erfolgte raumseitig.



Architektur: Johannes Saurer, Architekturbüro, Thun / **Innendämmungen:** Remund Holzbau, Schwarzenburg
Bauphysik: Weber - Energie und Bauphysik, Bern

Innendämmung: Isover-Lösung für den Holzbauer Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert): 0.20 W/(m² K)

- Verkleidung Sperrholzplatte Birke 12 mm
- Lattung, Installationsebene, Dämmung Isover ISOCONFORT 032 60 mm
- Vario® KM Duplex
- Holzunterkonstruktion 60/80, Dämmung Isover ISOCONFORT 032 60 mm
- Dämmung Isover PB M 032 30 mm vollflächig
- Rieg-Mauerwerk bestehend ca. 150 mm, aussen neu gestrichen

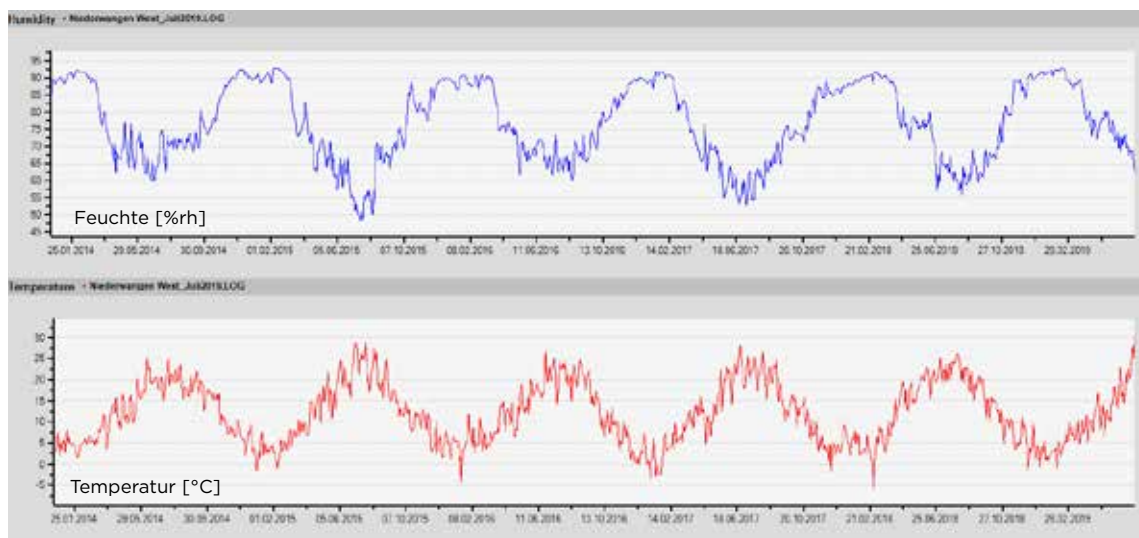


Abb. 30: Messwerte Schulhaus Niederwangen, OG West, Dezember 2013 bis Juli 2019

Monitoring eines innengedämmten, historischen Gebäudes aus Natursteinmauerwerk

Im Rahmen eines Forschungsprojektes der Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau, BFH AHB, wurden mehrjährige Insitu-Messungen der Wärme- und Feuchteströme an verschiedenen Innendämmsystemen unterschiedlicher Messobjekte durchgeführt. Bei einem der Objekte handelt es sich um ein im Jahre 2014 komplett energetisch saniertes Wohnhaus in Brüttelen.



Planung und Holzbauarbeiten: K. Helfer Holzbau AG, Müntschemier

Innendämmung: Isover-Lösung für den Holzbauer Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert): 0.19 W/(m² K)

- Verkleidung Fermacell 15 mm
- Lattung, Installationsebene, Dämmung Isover PB M 035 30 mm
- Vario® KM Duplex
- Holzunterkonstruktion 60/100, Dämmung Isover PB M 035 100 mm
- Dämmung Isover PB F 035 40 mm
- Aussenwand Bruchsteinmauerwerk (Muschelkalkstein) ca. 500 mm
- Zementputz 20 mm mit Silikonharzanstrich; um ca. 2000 erneuert

An diesem Objekt wurden nicht nur Messungen in der kritischen Schicht zwischen Bestandeswand und Dämmung durchgeführt (siehe Abbildung 31) sondern auch innerhalb der Dämmebene und in der massiven Aussenwand. Die Messungen innerhalb der Dämmebene zeigen, dass sich die hohen Feuchten (über 80%) auf die Grenzschicht begrenzen und so nicht zu einem Verlust der Dämmwirkung führen.

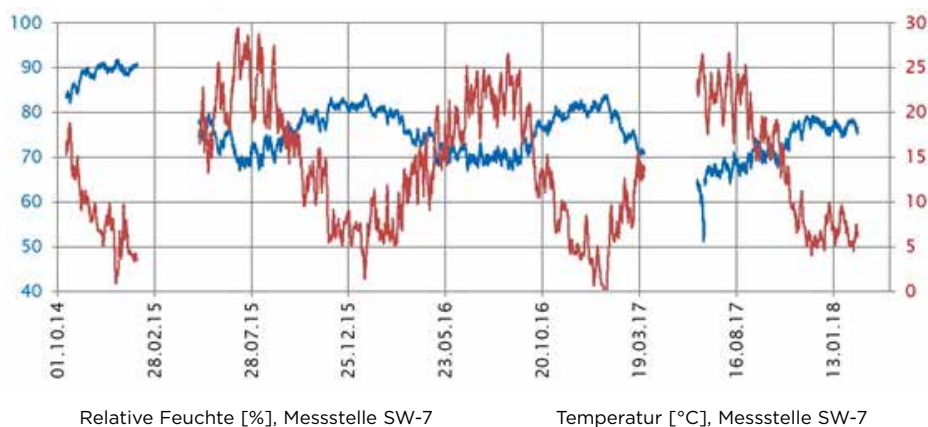


Abb. 31: Messwerte Wohnhaus Brüttelen, EG Süd-West, Oktober 2014 bis Ende Januar 2018

Untersuchungs- und Erfahrungsberichte

Zu den beiden innen gedämmten Referenzobjekten «Institut A. Merkle, Ancienne Clinique Garcia in Fribourg» und «Wohnhaus Brüttelen» liegen Untersuchungs- bzw. Erfahrungsberichte der involvierten Bauphysiker vor. Erhältlich auf Anfrage.

«Aufgrund der kurzen Zeitspanne der extremen Auffeuchtung und der Abtrocknung in den Sommermonaten können die Aussenwände als funktionstauglich bezeichnet werden.»



Roger Blaser Zürcher, Dipl. Arch., Dipl. Baul., Bauphys. M.BP., Inhaber der ingBP Ingenieurgesellschaft für Bauschadenanalytik und Bauphysik mbH, Professor für Bauschadenanalytik und angewandter Bauphysik am Institut Energie am Bau der Fachhochschule Nordwestschweiz in Muttenz.

APPLICA-THEMA

Inhomogene Innenwärmehämmung bei schützenswerten Bauten

Zwei Gebäude von hohem denkmalpflegerischem Wert sollten saniert und erweitert werden sowie den energetischen Anforderungen an den Wärmeschutz entsprechen. Der nachfolgende Beitrag aus dem ISK-Tagungsband 2017 ist in zwei Teile gegliedert: Erfahrungen aus der Bauphase und Auszüge aus einem Monitoring zur Erfassung der Temperatur sowie der relativen Luftfeuchte.

Text: Roger Blaser Zürcher

Aussenansicht des Haupteingangs des Adolphe Merkle Institute der Universität de Fribourg. (Bild: Ramer Sohbank)

«Die untersuchten Wände trocknen über drei Jahre. Insofern erweist sich der Feuchteschutz der sanierten Wände als robust.»



Christoph Geyer, Dr. rer. nat. Dipl.-Physiker, Prof. für Bauphysik an der Berner Fachhochschule Institut für Holzbau, Tragwerke und Architektur in Biel.

B

Barbara Wehle, Prof. Dr. Christoph Geyer
Berner Fachhochschule, Institut für Holzbau, Tragwerke und Architektur
Solothurnstr. 102, Postfach 6096, CH-2500 Biel 6, Schweiz
christoph.geyer@bfh.ch

Monitoring eines innengedämmten, historischen Gebäudes aus Natursteinmauerwerk

In einem als erhaltenswert eingestuftem, historischen Gebäude werden über den Zeitraum von drei Jahren Messungen der Wärme- und Feuchtestrome an zwei innengedämmten Wänden durchgeführt. Die Messwerte werden mit hydrothermischen Bauteilsimulationen der sanierten Natursteinwände verglichen. Ziel der Untersuchungen ist, neue Erkenntnisse über das hydrothermische Verhalten von innengedämmten Wandbauteilen zu erhalten, um so die Prognosemethoden zu verbessern und die Planungssicherheit zu erhöhen.

Einführung

Um die Ziele der Energiestrategie 2050 zu erreichen, ist eine Reduktion des Energieverbrauchs des Schweizer Gebäudebestands unabdingbar. Für die energetische Sanierung denkmalgeschützter historischer Aussenwände stellt der Einbau eines innenliegenden Wärmedämmungssystems oft die einzige denkmalgerechte und wirtschaftliche Sanierungsmöglichkeit dar.

Diese Sanierungsmassnahme verändert aber die Wärme- und Feuchtestrome und folglich die Feuchtegehalte des Bauteils. Gerade bei gut gedämmten Bauteilen mit niedrigen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werten) besteht das Risiko von Feuchteschäden an der Grenzschicht zwischen bestehender Wand und dem Innendämmungssystem.

Zum Überprüfen der Robustheit der Sanierungslösungen werden in der Planungspraxis vermehrt numerische Simulationen der Wärme- und Feuchtestrome der sanierten Bauteile durchgeführt. Allerdings bestehen Unsicherheiten bezüglich der Prognosegenauigkeit.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes der Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau, BPH AHB, wurden zusammen mit vier Wirtschaftspartnern aus der Dämmstoffbranche mehrljährige In-situ-Messungen der Wärme- und Feuchtestrome an drei verschiedenen Innendämmungssystemen an unterschiedlichen Messobjekten durchgeführt. Zusätzlich zu den Messungen in den Wandaufbauten wurden auch Temperatur und relative Feuchte der Raumluft erfasst. Zudem konnte für jeden Gebäudestandort auf Klimamessdaten einer nahegelegenen Wetterstation zugegriffen werden.

Neben Messungen an den Gebäuden wurden auch Labormessungen durchgeführt. So wurden anhand von Materialproben die Materialkennwerte der Wände bestimmt, welche für eine hydrothermische Bauteilsimulation bekannt sein müssen.

Mit den Klimamessungen und den Materialkennwerten konnten realistische numerische Bauteilsimulationen mit der Software WUFI-Pro [1] der sanierten Wände durchgeführt werden. Durch Vergleich mit den gemessenen Temperatur- und Feuchteverläufen der Wandaufbauten wurden die Rechenwerte der Simulationsmodelle validiert.

In vorliegendem Beitrag werden am Beispiel des Messobjekts „Brüttelen“, welches vom Wirtschaftspartner Saint-Gobain ISOVER SA vermittelt und mit einem Innendämmungssystem

Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences Seite 1

Thermik, Akustik, Brandschutz: Rundum gut beraten.



**Thermische
Dämmung**



**Akustische
Dämmung**



Brandschutz



Dächer
Geneigtes Dach
und Flachdach



Decken, Böden
Estrichböden, Unterlagsböden,
Holzbalkendecken, Kellerdecken,
Akustikdecken



Wände
Fassaden, Innenwand,
Leichtbau, Holzbau



**Technische
Dämmungen**
Leitungen, Tanks, Kanäle



**SAINT-GOBAIN
ISOVER AG**
Route de Payerne 1
1522 Lucens
021 906 01 11

Customer Service / Verkauf
021 906 05 70
07:30 - 11:45
13:30 - 17:00
Freitag bis 16:00
sales@isover.ch



isover.ch

gedruckt in der
schweiz