

Einleitung

Umgebindehäuser sind Kleinode und prägen unsere Region.

Es ist bewundernswert, mit welchem Einsatz sich ein Großteil der Besitzer um eine denkmalgerechte Erhaltung oder Sanierung der Häuser bemüht. Dabei stößt jeder Bauherr früher oder später auf Fragen oder Probleme, für welche sich Beratungs- oder Planungsbedarf ergibt.

An der Hochschule Zittau/Görlitz, Fakultät Wirtschaftswissenschaften und Wirtschaftsingenieurwesen ist das Informationszentrum Umgebindehaus etabliert (umgebindehaus.hszg.de). Dessen Mitarbeiter stehen für Fragen rund um das Umgebindehaus (Konstruktion, Holzschutz, Energetische Sanierung ...) zur Verfügung. In öffentlichen Vorträgen werden Themen aufgegriffen, die in den Beratungsgesprächen häufig diskutiert werden.

Zum Themenkomplex „Dämmung am Umgebindehaus – Fluch oder Segen?“ fand am 23. Mai 2018 im Informationszentrum Umgebindehaus eine Veranstaltung statt, die folgende Vorträge beinhaltete:

1. **"Motivationen und Ausführungsmöglichkeiten der Dämmung von Bauteilen am Umgebindehaus"**
Dr.-Ing. Liane Vogel (Informationszentrum Umgebindehaus an der HS Zittau/Görlitz)
2. **"Umgebindehaussanierung aus der Praxis eines Planers"**
Dipl.-Ing. (FH) Matthias Illner (Bauplanungsbüro Illner)
3. **"Fördermöglichkeiten für die Sanierung von Umgebindehäusern"**
Dipl.-Ök. Ralf Felgenträger (Sparkasse Zittau)

Der erste Vortrag beinhaltete grundlegende Informationen zur Dämmung der Bauteile an Umgebindehäusern. Ausgehend von Motivationen zur Verbesserung des Wärmeschutzes wurden unterschiedliche Lösungen, jedoch auch Risiken bei unsachgemäßer Wahl des Dämmstoffs oder der Schichtenfolge aufgezeigt. An dieser Stelle wird die Textfassung des Vortrags "Motivationen und Ausführungsmöglichkeiten der Dämmung von Bauteilen am Umgebindehaus" zur Verfügung gestellt.

Im zweiten Vortrag wurden an Hand zweier sanierter Gebäude praktisch ausgeführte Dämmmaßnahmen sowie deren Wirkung auf den Energiebedarf erläutert. Die Darstellung der einzelnen Arbeitsschritte von der Planung und Ausführung bis zum sanierten Gebäude zeigten eindrücklich die durchaus vorhandenen Möglichkeiten der Dämmung von Bauteilen am Umgebindehaus.



Primärenergiebedarf (EnEV 2009) nach der Sanierung: ca. 40 kWh/(m²a)

Fotos und Berechnung des Energiebedarfs: Dipl.-Ing. (FH) Matthias Illner

Der für Bauherrn sehr interessante Aspekt der Fördermöglichkeiten von Sanierungsmaßnahmen wurde im dritten Vortrag dargelegt. Es wurde betont, dass eine Reihe von Fördermittelgebern existieren (EU, staatliche Institutionen, Kommunen, Verbände/Vereine, Stiftungen). Bei der richtigen Auswahl und Vorgehensweise bei der Beantragung von Fördermitteln sollten Bauherrn fachkundige Beratung (Banken/Sparkassen) in Anspruch nehmen.

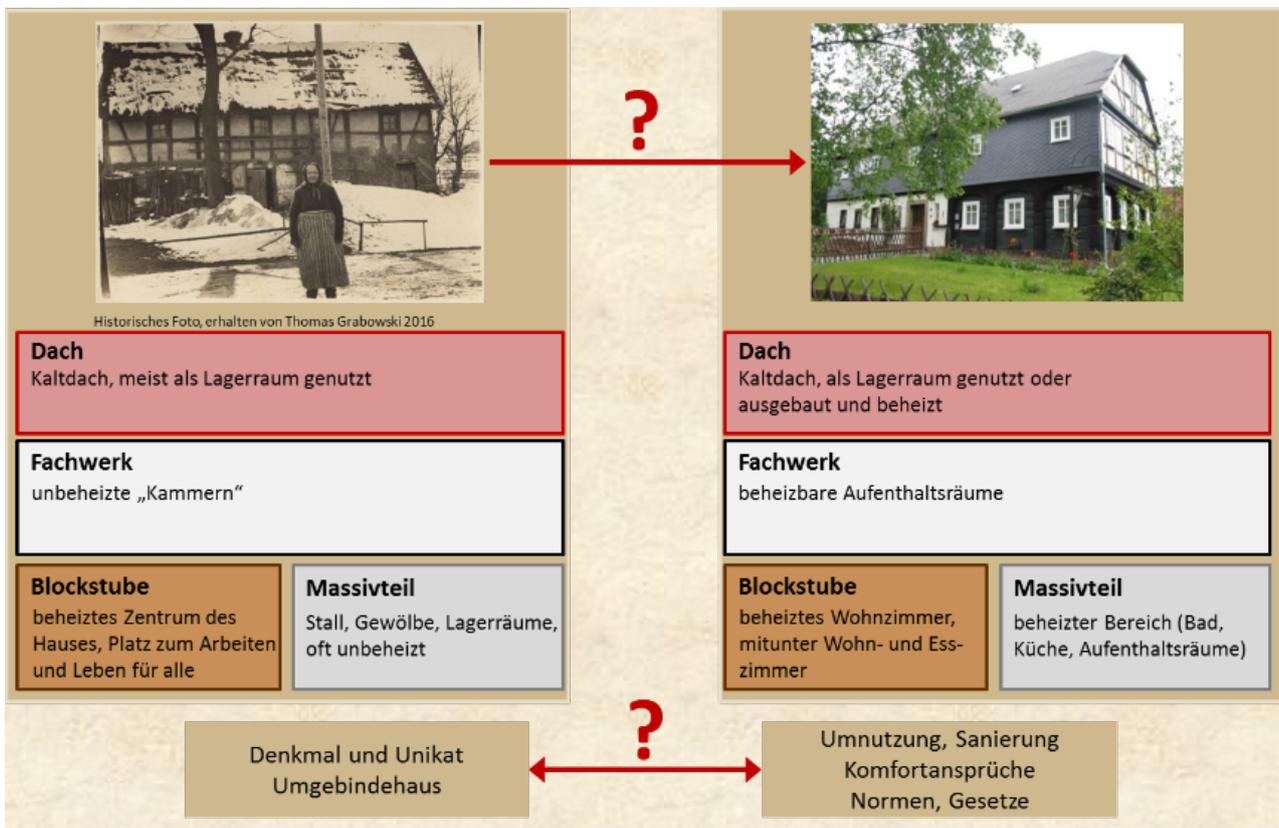
Das Ziel der Veranstaltung bestand darin, die Bauherrn zu Dämmmaßnahmen an Umgebindehäusern zu ermutigen, die dem Gebäude zuträglich sind und keine Schäden an den Bauteilen nach sich ziehen. Gleichzeitig wurde hervorgehoben, dass bestehende Risiken durch fachkundige Planung und Ausführung vermieden werden können.

Motivationen und Ausführungsmöglichkeiten der Dämmung von Bauteilen am Umgebindehaus

Dr.-Ing. Liane Vogel

1 Motivationen zur Verbesserung des Wärmeschutzes am Umgebindehaus

Umgebindehäuser sind oft 200 bis 300 Jahre alt. Im Laufe ihrer langen Nutzungszeiten veränderten sich die Ansprüche der Bewohner gravierend. War man früher mit einem einzigen beheizten Wohn- und Lebensraum und einigen unbeheizten „Kammern“ sowie ausreichend Lagerraum oder Raum für die Tiere zufrieden, soll gegenwärtig meist das gesamte Haus beheizt und die Wohnfläche optimal ausgenutzt werden.



Dazu ist mitunter eine wärmetechnische Ertüchtigung der Bauteile erforderlich, die jedoch im Einklang mit dem denkmalgeschützten Unikat Umgebindehaus stehen muss und die historische Substanz des Gebäudes nicht gefährden darf.

1.1 Begriffe zu Grundlagen des Wärmetransports

Der **Wärmedurchgangswiderstand** R_{tot} eines Bauteiles wird aus der Summe der **Wärmedurchlasswiderstände** von Bauteilschichten $\sum R$ und der beidseitigen Wärmeübergangswiderstände R_{si} (raumseitig) und R_{se} (außen) ermittelt:

$$R_{\text{tot}} = R_{\text{si}} + \sum_{i=1}^n R + R_{\text{se}} \quad (1)$$

Für die Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes einer Baustoffschicht gilt:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (2)$$

Besteht das Bauteil aus mehreren Schichten, die in Richtung des Wärmestromes hintereinander liegen, werden die Einzelwiderstände addiert:

$$\sum_{i=1}^n R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} \quad (3)$$

Dabei bedeuten: d Dicke der Baustoffschicht in m
 λ Wärmeleitfähigkeit in $W/(m \cdot K)$

Die Wärmeübergangswiderstände R_{si} und R_{se} sind in [8] enthalten. Der Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes R_{tot} wird als **Wärmedurchgangskoeffizient** U bezeichnet:

$$U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_{\text{si}} + \sum R + R_{\text{se}}} \quad (4)$$

Die **innere Oberflächentemperatur** θ_{si} von Außenbauteilen ist für bauklimatische Untersuchungen eine wichtige Größe. Vereinfachend werden für die Berechnung stationäre Zustände angenommen, so dass gilt:

$$\theta_{\text{si}} = \theta_i - \frac{R_{\text{si}} \cdot (\theta_i - \theta_e)}{R_{\text{si}} + \sum R + R_{\text{se}}} \quad (5)$$

1.2 Bauhygienischer Mindestwärmeschutz

Um behagliche Zustände für den Nutzer zu garantieren („Funktionssicherung“) sind u.a. ausreichende innere Oberflächentemperaturen der Bauteile erforderlich. Genaue Untersuchungen zur thermischen Behaglichkeit sind in [2] enthalten. Zur Vorbemessung werden Mindestwärmedurchlasswiderstände verwendet. Diese werden nicht von allen Bauteilen am Umgebendehaus erreicht.

Ziel: ausreichende („behagliche“) Oberflächentemperaturen →		Mindestwerte für den Wärmedurchlasswiderstand:	
- Räume mit einer Außenwand:	$\theta_i - \theta_{\text{si min}} = 6 \text{ K}$	→	$R_{\text{min AW}} = 0,59 \text{ (m}^2\text{K)/W}$
- Räume mit zwei Außenwänden (für die zweite Außenwand):	$\theta_i - \theta_{\text{si min}} = 4 \text{ K}$	→	$R_{\text{min AW}} = 0,97 \text{ (m}^2\text{K)/W}$
- Decke zu unbeheizten Dachräumen und Kellerdecken:	$\theta_i - \theta_{\text{si min}} = 3 \text{ K}$	→	$R_{\text{min Decke}} = 0,97 \text{ (m}^2\text{K)/W}$

Ausfuchung	Massive Außenwand	Blockstube	Decke zum unbeheizten Dachraum
$R = 0,23 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} < 0,59$	$R = 0,5 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} < 0,59$	$R = 1,1 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} > 0,97$	$R = 1,0 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} > 0,97$

Die Anforderungen des bauhygienischen Mindestwärmeschutzes werden nicht erfüllt.	Die Anforderungen des bauhygienischen Mindestwärmeschutzes werden erfüllt.
--	--

1.3 Schutz vor Schimmelbildung an inneren Oberflächen von Außenbauteilen

Schimmelpilzsporen sind immer in der Umgebung vorhanden (200 Arten im Baubereich). Schimmelpilzbildung auf Bauteiloberflächen ist möglich bei

- ausreichender Nahrung (Tapete, Schmutzpartikel...),
- ausreichender Temperatur (0°C bis 40°C, Optimum bei 25°C),
- ausreichender Feuchte auf den Oberflächen (ca. 80% bei 20°C).

Die Vermeidungsmöglichkeiten beschränken sich auf die Begrenzung der Feuchte. Dazu muss der Wärmeschutz der Bauteile ausreichend hoch und die Raumluffteuchte ausreichend gering sein.

Ziel: ausreichende Oberflächentemperaturen → **Mindestwerte für den Wärmedurchlasswiderstand:**

- Vermeidung von Tauwasserbildung: $\theta_{si \min} = 9,3^\circ\text{C}$ (für $\theta = 20^\circ\text{C}/\varphi = 50\%$) → $R_{\min \text{ AW}} = 0,35 \text{ (m}^2\text{*K)/W}$

- Vermeidung von Schimmelbildung: $\theta_{si \min} = 12,6^\circ\text{C}$ (für $\theta = 20^\circ\text{C}/\varphi = 50\%$) → $R_{\min \text{ AW}} = 0,55 \text{ (m}^2\text{*K)/W}$

Ausfachung

$R = 0,23 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} < 0,55$

Massive Außenwand

$R = 0,5 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} < 0,55$

Blockstube

$R = 1,1 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} > 0,55$

Decke zum unbeheizten Dachraum

$R = 1,0 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} > 0,55$

Die Anforderungen des Schutzes vor Schimmelbildung werden nicht erfüllt.

Die Anforderungen des Schutzes vor Schimmelbildung werden erfüllt.

Anmerkungen:

- Wärmebrückenwirkung verstärkt Gefahr der Schimmelbildung → tabellierte Mindestwerte in DIN 4108-2 höher

- Lüftungsverhalten/Luftdichtheit verändern die Randbedingungen (relative Raumluffteuchte!)

In frei gelüfteten Wohnräumen muss der Wärmedurchlasswiderstand zur Vermeidung von Schimmelbildung mindestens $0,55 \text{ (m}^2\text{*K)/W}$ betragen, um eine innere Oberflächentemperatur von mindestens $12,6^\circ\text{C}$ zu erreichen. [3] Diese Bedingung wird nicht von allen Bauteilen am Umgebendehaus erfüllt.

1.4 Energieökologisch motivierter Wärmeschutz

Der Gesetzgeber ist bestrebt, die Ressourcen an fossilen Energieträgern möglichst lange zu erhalten und die Emission von Kohlendioxid in die Atmosphäre zu begrenzen. Dabei spielt der Energiebedarf der neu zu errichtenden Gebäude und des Gebäudebestandes eine wichtige Rolle.

Die **Energieeinsparverordnung** [1] gilt für neu zu errichtende, jedoch auch für bestehende Gebäude. Für die unter Denkmalschutz stehenden Umgebendehäuser entfällt bei Verkauf oder Vermietung die Pflicht zur Energieausweiserstellung. Die Anforderungen der Energieeinsparverordnung müssen jedoch geprüft werden, sobald Änderungen an Bauteilen nach [1, Anlage 3] am Gebäude vorgenommen werden.

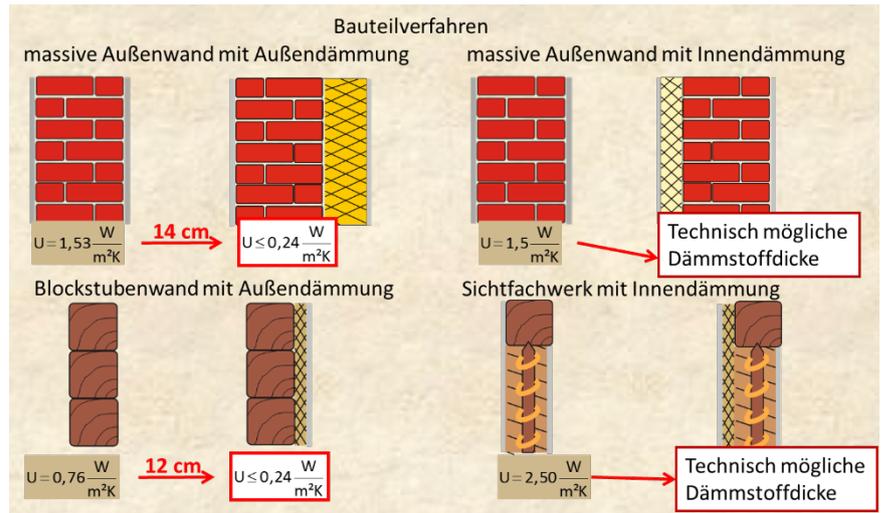
- Die **Energieeinsparverordnung** gilt für neu zu errichtende und bestehende Gebäude (auch Umgebendehäuser).
- Für neue und für **bestehende Gebäude**, die **vermietet** oder **verkauft** werden, ist durch berechnete Personen ein **Energiepass** zu erstellen (**Ausnahme: Denkmalschutz**). Darin sind die energierelevanten Eigenschaften der Gebäudehülle und der Anlagen enthalten. Der Energiebedarf des Gebäudes und das Niveau des Wärmeschutzes werden mit zulässigen Werten verglichen.
- Für die **Sanierung** von bestehenden Gebäuden ist das **Bilanzverfahren** oder das **Bauteilverfahren** anwendbar.

Nachweis nach: EnEV 2016 V1 WP + Holzkamin Wohngebäude	
Endenergiebedarf dieses Gebäudes 157,9 kWh/(m²a)	
Primärenergiebedarf dieses Gebäudes 90,1 kWh/(m²a)	
Die Berechnung wurde gemäß EnEV 2016 durchgeführt.	
Nachweis des maximal zulässigen Primärenergiebedarfs	
Gebäude	90,1 kWh/(m²a); EnEV 2016 Anforderungswert
Der Nachweis ist erfüllt	151,9 kWh/(m²a)
Differenz zu EnEV Neubau	-17,0 %
Nachweis des maximal zulässigen spezifischen Transmissionswärmeverlusts	
Gebäude	0,506 W/(m²K)
EnEV 2016 Anforderungswert	0,500 W/(m²K); EnEV 2016 Referenzgebäude
Der Nachweis ist nicht erfüllt	0,349 W/(m²K)
Differenz zu EnEV Neubau	48,8 % (Differenz zu Referenzgebäude) 76,5 %

Um einen ausreichenden Wärmeschutz nach der Sanierung nachzuweisen, ist die **Bilanzierung der Energieströme** und das Ausstellen eines Energieausweises möglich. Darin sind die energierelevanten Eigenschaften der Gebäudehülle und der Anlagen enthalten. Der Energiebedarf des Gebäudes und das Niveau des Wärmeschutzes werden mit zulässigen Werten verglichen.

Alternativ kann mittels des **Bauteilverfahrens** nachgewiesen werden, dass der Wärmedurchgangskoeffizient U der sanierten Bauteile einen maximal zulässigen Wert nicht überschreitet.

Um Schäden an der Konstruktion zu vermeiden müssen die Dämmmöglichkeiten sorgfältig geprüft werden.



EnEV § 24 Ausnahmen

„Soweit bei Baudenkmälern oder sonstiger besonders erhaltenswerter Bausubstanz die Erfüllung der Anforderungen dieser Verordnung die Substanz oder das Erscheinungsbild beeinträchtigen und andere Maßnahmen zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand führen würden, kann von den Anforderungen dieser Verordnung abgewichen werden...“

EnEV Anlage 3:

„... die nach anerkannten Regeln der Technik höchstmögliche Dämmschichtdicke bei $\lambda = 0,035 \frac{W}{mK}$...“

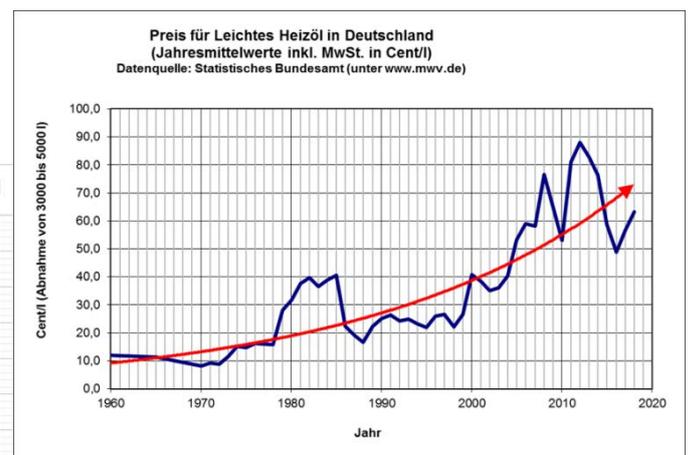
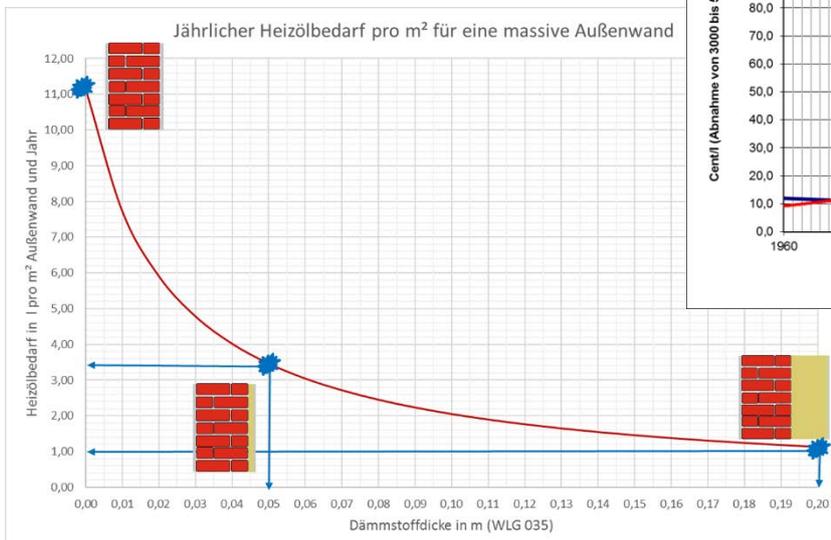
Die in der EnEV geforderten Werte sind an Bestandsgebäuden auch wegen konstruktiver Gegebenheiten oder aus Gründen des Denkmalschutzes oft nicht erfüllbar. Deshalb sind mitunter Ausnahmen notwendig.

1.5 Energieökologisch motivierter Wärmeschutz

Angesichts steigender Energiepreise erhöht sich das Interesse der Bauherrn an Energieeinsparung stetig.

Am Beispiel der massiven Außenwand sind die Möglichkeiten der Reduzierung des Endenergiebedarfs (dargestellt in l Öl pro m² Außenwandfläche und Jahr) deutlich erkennbar. Ökonomisch optimal ist die Dämmschichtdicke, bei der die Gesamtkosten (Abschreibung für Investitionen für den Dämmstoff und Heizkosten) minimal sind.

Dies ist für Bestandsgebäude aus technischen Gründen nicht immer erreichbar. Hier wird jedoch mit relativ geringer Dämmschichtdicke (3 bis 5 cm) ein sehr großer Effekt erzielt.

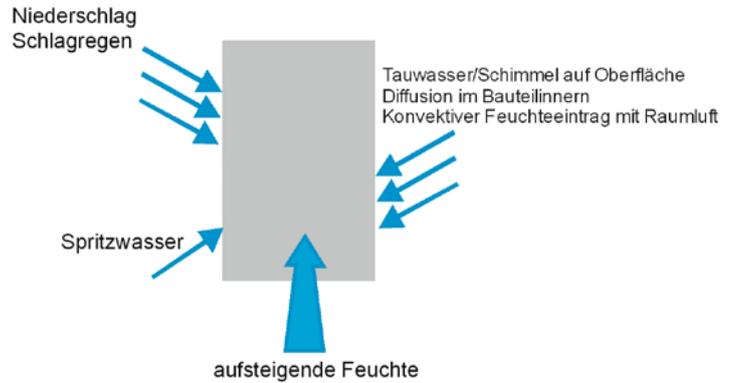


2 Risiken bei unsachgemäßen Dämmmaßnahmen

2.1 Veränderung des Feuchtehaushalts

Bauteile sind Feuchteinflüssen auf der Außenseite (Niederschläge, Schlagregen) und auf der Innenseite (Tauwasser, Diffusion, Feuchteintrag durch Konvektion) sowie aufsteigender Feuchte aus dem Erdreich ausgesetzt.

Durch Dämmmaßnahmen wird der Feuchtehaushalt in den Bauteilen verändert.



2.1.1 Schlagregen

Schlagregen:

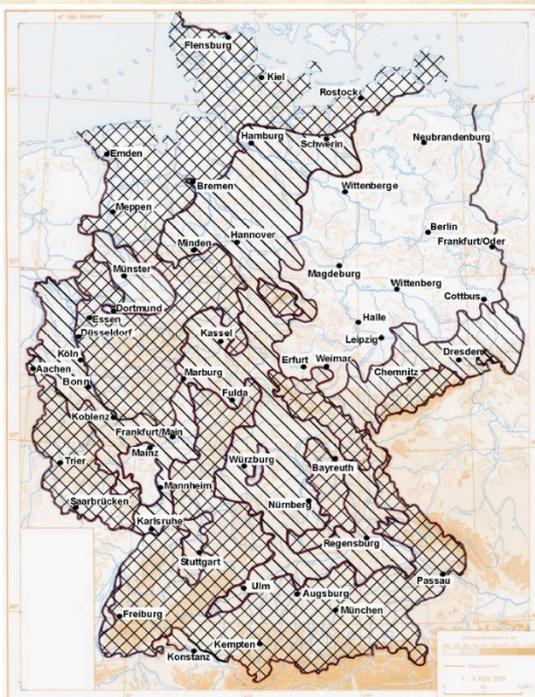
Auftreffendes Regenwasser gelangt

- * durch kapillare Saugwirkung der Oberfläche in die Wand und
- * infolge des Staudrucks über Risse und Spalten in die Konstruktion.

Die Wasseraufnahme muss begrenzt werden. Das eingedrungene Wasser muss wieder verdunsten können.

DIN 4108 – 3 : Aus **Schlagregenbeanspruchungsgruppen** (I, II oder III) werden verwendete **Wandbauarten** abgeleitet.

Als **Schlagregen** wird Regen bezeichnet, der vom Wind aus seiner lotrechten Fallrichtung gebracht wird. Dadurch können die Regentropfen auch auf senkrechten Flächen auftreffen.



Beanspruchungsgruppe I Beanspruchungsgruppe II Beanspruchungsgruppe III

Auszug aus DIN 4108-3 [4]:

Schlagregenbeanspruchungsgruppen und Wandbauarten

Tabelle 5 — Beispiele für die Zuordnung von Wandbauarten und Beanspruchungsgruppen

Zeile	Beanspruchungsgruppe I	Beanspruchungsgruppe II	Beanspruchungsgruppe III
	geringe Schlagregenbeanspruchung	mittlere Schlagregenbeanspruchung	starke Schlagregenbeanspruchung
1	Außenputz ohne besondere Anforderungen an den Schlagregenschutz auf	Wasserabweisender Außenputz nach Tabelle 4 auf	
2	Einschaliges Sichtmauerwerk mit einer Dicke von 31 cm (mit Innenputz)	Einschaliges Sichtmauerwerk mit einer Dicke von 37,5 cm (mit Innenputz)	Zweischaliges Verblendmauerwerk mit Luftschicht und Wärmedämmung oder mit Kerndämmung (mit Innenputz)
3	Außenwände mit im Dickbett oder Dünnbett angemörtelten Fliesen oder Platten		Außenwände mit im Dickbett oder Dünnbett angemörtelten Fliesen oder Platten nach DIN 18515-1 mit wasserabweisendem Ansetzmörtel
4	Außenwände mit gefügedichter Betonaußenschicht		
5	Wände mit hinterlüfteten Außenwandbekleidungen ^a		
6	Wände mit Außendämmung durch ein Wärmedämmputzsystem oder durch ein bauaufsichtlich zugelassenes Wärmedämmverbundsystem		
7	Außenwände in Holzbauart mit Wetterschutz nach DIN 68800-2		

^a Offene Fugen zwischen den Bekleidungsplatten beeinträchtigen den Regenschutz nicht.

Für die sehr schlagregenempfindlichen Fachwerkwände wird im **WTA-Merkblatt 8-1** [5] formuliert:

- Schutzmaßnahmen fassadenbezogen festlegen, da Schlagregen über Risse und Spalten zwischen Fachwerk und Ausfachung eindringen kann,
- erste Einordnung in Schlagregenbeanspruchungsgruppen nach DIN 4108-3 [4], weitere standortspezifische Prüfung,
- Festlegung der Wetterseiten und frei vom Wind anströmbarer Fassaden,
- Hinweise für die Ausführung von Fachwerk unter dem Gesichtspunkt des Schlagregenschutzes aus [5]:

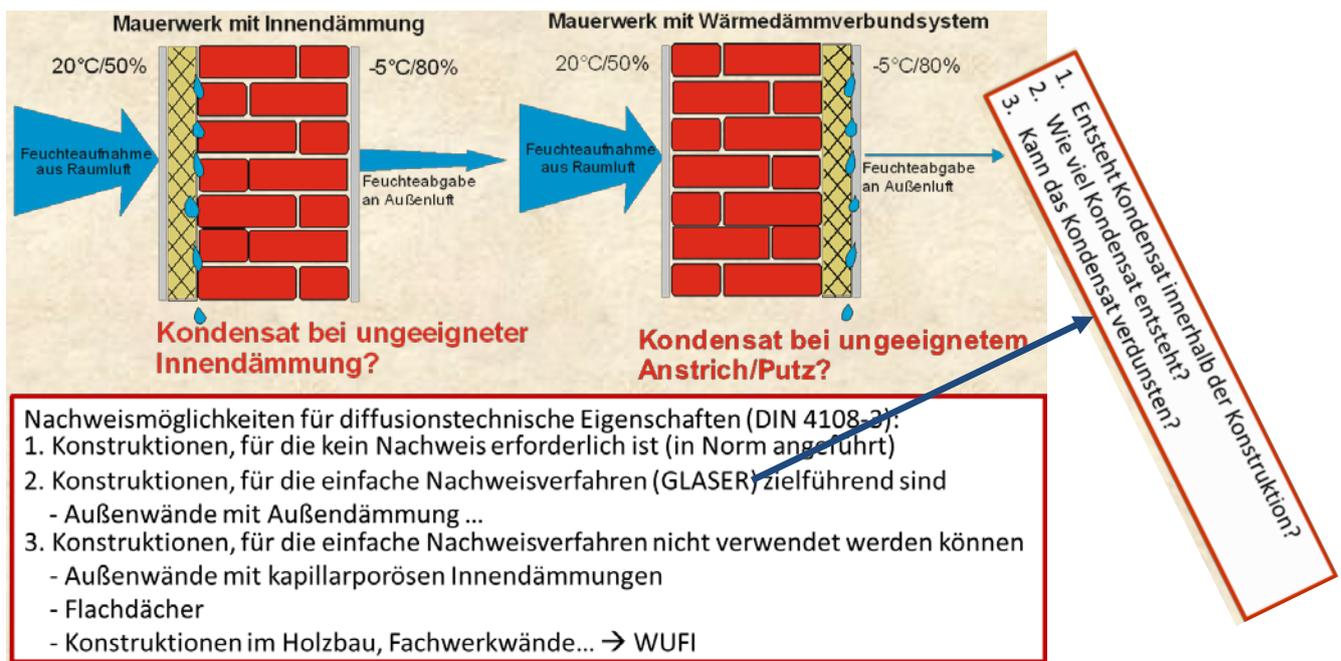
Regenbeanspruchung	Beanspruchungsgruppe nach DIN 4108-3	Ausführung Schlagregenschutz
Wetterabgewandte oder geschützte Fassaden	I	Fachwerksichtig möglich, keine zusätzlichen Anforderungen an die Bau- und Dämmstoffe
	II	
	III	
Freistehende oder direkt angeströmte Fassaden	I	Fachwerksichtig möglich, beidseitige Trocknung muss gegeben sein, kapillarwirksame Baustoffe
	II	In der Regel konstruktiver Regenschutz (z.B. Dachüberstand) oder Bekleidung erforderlich

2.1.2 Diffusion

Dämmmaßnahmen wirken sehr stark auf die **diffusionstechnischen Eigenschaften** der Bauteile.

Wasserdampf aus der Raumluft diffundiert in der kalten Jahreszeit von der warmen zur kalten Seite durch die Außenbauteile. Wird auf diesem Weg der Sättigungsdampfdruck erreicht (z.B. an der Außenseite von Dämmschichten), entsteht Kondensat im Bauteil.

Während eine Außendämmung bei geeigneter Auswahl der Einzelkomponenten (im Herstellersystem bleiben!) diffusionstechnisch vorteilhaft ist, muss eine Innendämmung sorgfältig geplant werden.



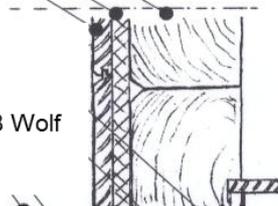
An Hand geeigneter Nachweismöglichkeiten ist zu prüfen, wie viel Kondensat im Bauteilinnern entsteht und ob diese Menge in der warmen Jahreszeit wieder verdunsten kann.

Bauteile am Umgebendehaus sind meist nicht mit einfachen Nachweismethoden zu untersuchen, da kapillarporöse Innendämmungen favorisiert werden und Fachwerk- und Blockstubenwände auf Grund ihrer Holzanteile sensibel auf Feuchteinträge reagieren.

Hierfür werden Simulationsprogramme (z.B. WUFI) verwendet, die stündliche Berechnungen über einen wählbaren Zeitraum mit allen relevanten Einflussgrößen (Schlagregen!) erlauben.

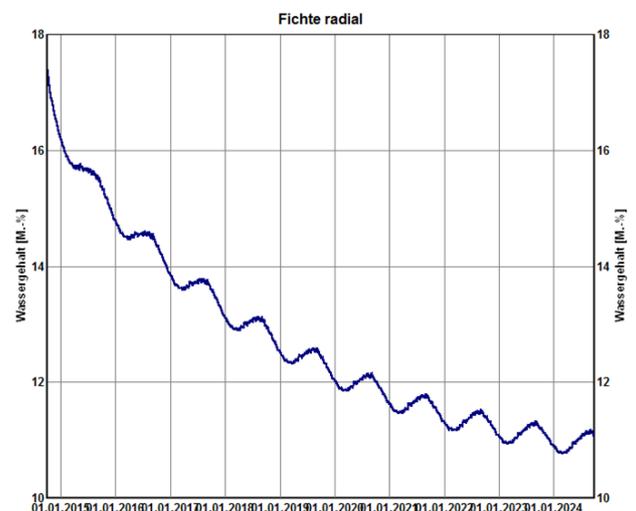
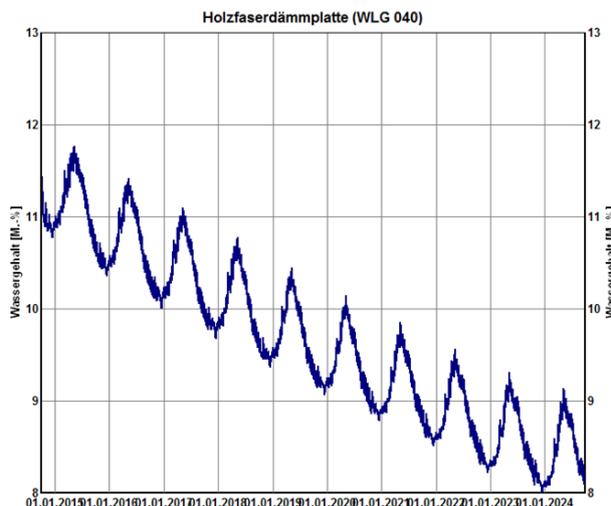
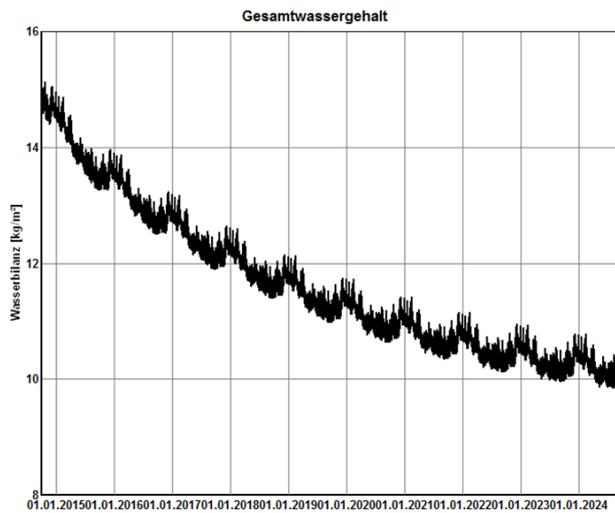
- WUFI – wärme- und feuchtetechnische Berechnungen instationär**
- stündliche Berechnung über wählbaren Zeitraum
 - Wetterdaten für ausgewählten Standort (Temperatur, relative Feuchte, Regen, Wind, Strahlung) → **Schlagregen** wird berücksichtigt
 - Innenklima nach DIN EN 15026
 - Materialdaten: Wärmeleitfähigkeit, Diffusion, Wasseraufnahme, Wassertransport in Kapillaren, Feuchtespeicherung, Dichte, Wärmekapazität in Abhängigkeit von Temperatur und Feuchte
 - Berücksichtigung von gekoppeltem Wärme- und Feuchtetransport

160 mm Blockstube, Fichte λ 0,13 W/mK
30 mm Holzfaserdämmplatte, λ 0,04
28 mm Holzverschalung, Fichte λ 0,13

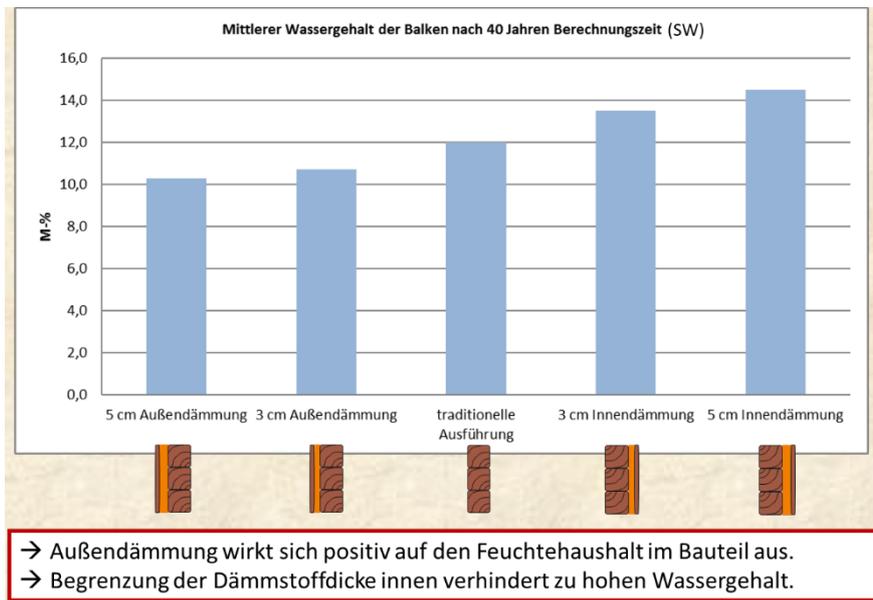


Quelle:
Ausschnitt aus Zeichnung von AB Wolf
vom 15.02.2006

Im Ergebnis der Simulationsrechnungen ist der zeitliche Verlauf des Gesamtwassergehalts sowie des Wassergehalts in den einzelnen Bauteilschichten über die Berechnungsdauer ersichtlich. Damit können Rückschlüsse auf die diffusionstechnischen Eigenschaften des Bauteils (z.B. für eine Blockstubenwand mit Außendämmung) gezogen werden.



Die geprüfte Konstruktion erfüllt die diffusionstechnischen Anforderungen.



Simulationsrechnungen mit WUFI für eine Blockstube- wand (Ausrichtung: Südwest) belegen, dass sich Außendämmung positiv auf den Feuchtehaushalt des Bauteils auswirkt. Der mittlere Wassergehalt im Jahr wird gegenüber der ungedämmten Wand geringer. Durch Innendämmung erhöht sich der Wassergehalt im Bauteil. Das Austrocknen eingedrungener Feuchtigkeit (Schlagregen, Diffusion) wird erschwert. Deshalb wird die Dämmstoffdicke begrenzt [6].

Die Berechnungsergebnisse sind stark abhängig von der Exposition des Bauteils. Der Einfluss von Schlagregenereignissen ist größer als der Einfluss der Dämmstoffdicke.

2.1.3 Konvektiver Feuchteeintrag

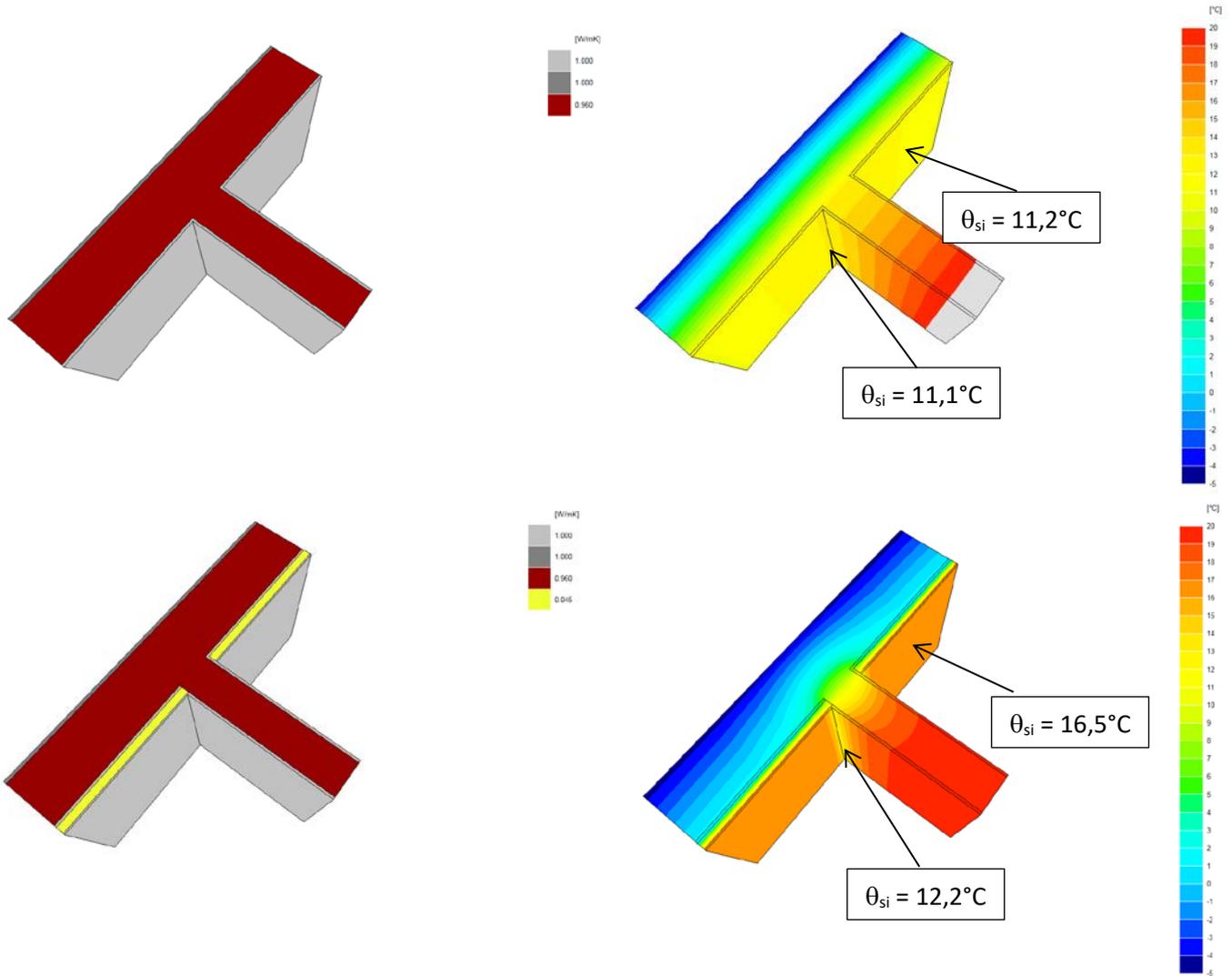
Der Feuchtehaushalt der Gebäudehülle kann durch Undichtheiten negativ beeinflusst werden. Warme, feuchte Raumluft kann in die Konstruktion eindringen und in kalten Bereichen kondensieren. Dies führt zu Fäulnis und Schimmelbildung.

2.2 Veränderung von Wärmebrückenwirkungen

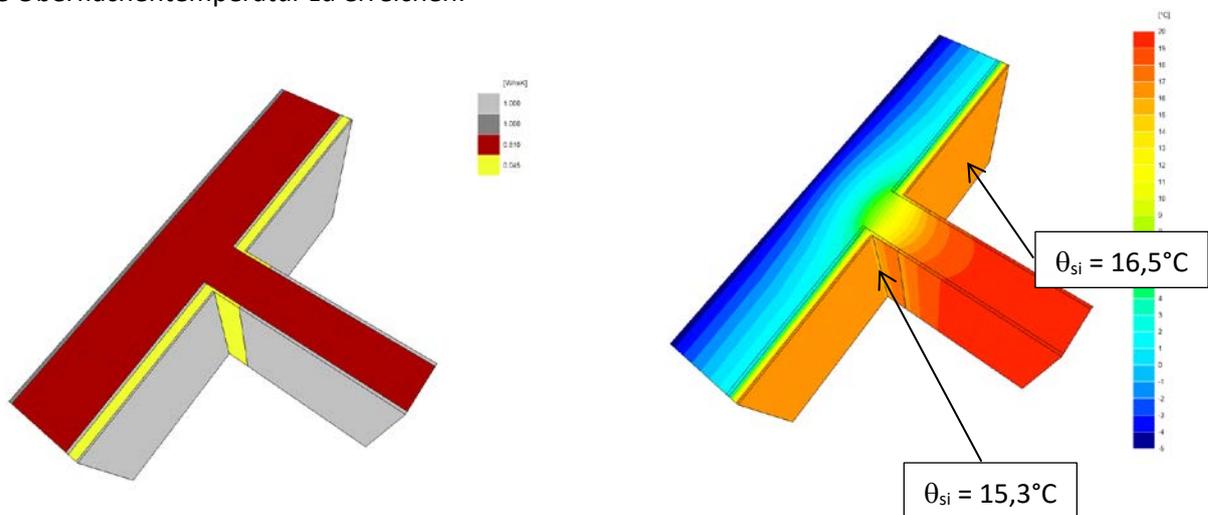
Wärmebrücken (geometrisch oder stofflich bedingt) sind örtlich begrenzte „Schwachstellen“, die an jedem Bauwerk unvermeidbar sind. Ihre Auswirkungen (geringere Oberflächentemperatur als in „ungestörten Bauteilbereichen“ und zusätzliche Transmissionswärmeverluste) müssen in einem vertretbaren Rahmen gehalten werden. Außendämmung verringert Wärmebrückenwirkungen, durch Innendämmung werden diese verstärkt.

Wird durch Wärmebrückenwirkung die innere Oberflächentemperatur zu gering, bildet sich Schimmel auf diesen Oberflächenbereichen. Bei Raumluftzuständen von 20°C/50% [3] muss die innere Oberflächentemperatur auf Außenbauteilen mindestens 12,6°C betragen, um Schimmelbildung sicher zu vermeiden.

Die innere Oberfläche einer 365 mm dicken beidseitig verputzten Außenwand aus Ziegelmauerwerk mit großer Dichte oder aus Naturstein ist ohne Dämmung nicht ausreichend vor Schimmelbildung geschützt. Die innere Oberflächentemperatur im ungestörten Bauteilbereich ist geringer als 12,6°C. Im Bereich des Innenwandanschlusses als geometrische Wärmebrücke ist die innere Oberflächentemperatur auf Grund der Wärmebrückenwirkung noch etwas geringer:



Bei der Ausführung einer Innendämmung müssen deshalb begleitende Maßnahmen ergriffen werden (Dämmung von Fenster- und Türleibungen, Dämmkeile an den Anschlüssen von Fußboden, Decke und Innenwänden), um die Wärmebrückenwirkung zu reduzieren und in den Anschlussbereichen eine ausreichende Oberflächentemperatur zu erreichen:



3 Möglichkeiten zur Bauteildämmung

3.1 Massivteil

Außendämmung mit Wärmedämmverbundsystem	Innendämmung	
<p>Mögliche Dämmstoffe: - Holzweichfaserplatten - Mineralfaser - Polystyrol ... Dämmstoffdicke durch konstruktive oder denkmalpflegerische Aspekte festgelegt</p>	<p>nicht kapillar saugfähige Dämmung + Dampfbremse</p>	<p>kapillar saugfähige Dämmung</p>
	<p>Mögliche Dämmstoffe: - Mineralfaser + DB + GK - Polystyrol + DB + GK - Schaumglas (Foamglas), ...</p>	<p>Mögliche Dämmstoffe: - Kalziumsilikatplatten - Holzweichfaserplatten - Dämmlehm, - Dämmputz ...</p>
<p>Verwendung von passenden Komponenten eines Systems → unproblematisch aus bauklimatischer Sicht</p>	<p>Keine Raumlufte in Konstruktion! → konvektiven Feuchteintrag verhindern, DB feuchteadaptiv → Austrocknung nach innen</p> <p>Vollflächiges Ankleben der Dämmung! → Kapillarwirkung sichern</p>	
	<p>- Dämmstoffdicke aus diffusionstechnischer Sicht beschränkt → WTA-Merkblätter 6 u. 8 beachten ($R_{Dä} \leq 0,8 \text{ m}^2\text{K/W}$, Balkenaufleger!), u.U. WUFI - Erhöhte Wärmebrückenwirkung beachten</p>	

Besteht die Möglichkeit, eine **Außendämmung** aufzubringen, wird der Feuchtehaushalt des Bauteils positiv beeinflusst. Es sollten jedoch immer passende Komponenten eines Systems verwendet werden.

Muss aus konstruktiven, ästhetischen oder denkmalpflegerischen Gründen eine **Innendämmung** verwendet werden, ist eine feuchtetechnische Analyse unerlässlich.

Bei der Verwendung **nicht kapillarporöser Dämmstoffe** (z.B. Mineralfaser, Polystyrol) in Verbindung mit einer **Dampfbremse** auf der warmen Seite des Dämmstoffs ist unbedingt darauf zu achten, dass die Konstruktion luftdicht ist. Es darf keine warme, feuchte Raumlufte zwischen die Innendämmung und das Mauerwerk gelangen. Dies kann zur Bildung von Kondensat in diesem Bereich führen, dessen Menge weit größer als bei Diffusionsvorgängen ist. Bei Verwendung des nicht kapillarporösen Materials **Schaumglas** zur Innendämmung ist keine Dampfbremse erforderlich, da dieser Dämmstoff dampfdicht ist. Wichtig ist die vollflächige Verbindung zwischen Schaumglas und Mauerwerk, um keinen konvektiven Feuchteintrag in diesen Bereich zu ermöglichen.

Da die luftdichte Ausführung der Dampfbremse in den Anschlussbereichen in Umgebendehäusern sehr kompliziert, mitunter sogar unmöglich ist, wird eine Innendämmung mit **kapillarporösen Materialien** favorisiert. Eine Dampfbremse ist in diesem Fall nicht einzubringen. Entsteht an der kalten Seite der Dämmung Kondensat, wird es durch die Kapillarwirkung nach innen transportiert und das Bauteil kann nach innen austrocknen. Dies funktioniert jedoch nur, wenn die kapillarporöse Dämmung vollflächig mit dem Mauerwerk verbunden ist. Der ausreichende Kapillartransport wird durch Simulation mit geeigneter Software nachgewiesen (z.B. WUFI). Die Dämmstoffdicke ist zu begrenzen, damit die auf der Außenwand aufliegenden Balkenköpfe der Deckenbalken nicht zu stark abkühlen. Dies erschwert das Austrocknen und kann zu Fäulnis führen. Der Wärmedurchlasswiderstand der Dämmung soll $R_{Dä} = 0,8 \text{ (m}^2\text{K)/W}$ nicht überschreiten (z.B. $d_{Dä} = 5 \text{ cm}$ Kalziumsilikat mit $\lambda = 0,065 \text{ W/(m}^*\text{K)}$).

3.2 Blockstube

Außendämmung	Innendämmung	
Mögliche Dämmstoffe: - Holzweichfaserplatten (System!) - Schilfrohr + Lehm- o. Kalkputz - ... Dämmstoffdicke durch konstruktive oder denkmalpflegerische Aspekte festgelegt	nicht kapillar saugfähige Dämmung + Dampfbremse	kapillar saugfähige Dämmung
	Mögliche Dämmstoffe: - Mineralfaser + DB + GK - ...	Mögliche Dämmstoffe: - Holzweichfaserplatten - Dämmlehm, Dämmputz - Schilfrohr - Kalziumsilikat
	Keine Raumluft in Konstruktion! → konvektiven Feuchteintrag verhindern, DB feuchteadaptiv → Austrocknung nach innen	Vollflächiges Ankleben der Dämmung! → Kapillarwirkung sichern
Verwendung von passenden Komponenten eines Systems → unproblematisch aus bauklimatischer Sicht	- Dämmstoffdicke aus diffusionstechnischer Sicht beschränkt → WTA-Merkblätter 6 und 8 beachten ($R_{Dä} \leq 0,8 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$), u.U. mit WUFI rechnen, erhöhte WB-Wirkung beachten	
Blockstubendämmung nicht zwingend erforderlich, Problembereich Sockel beachten!		

Der Wärmeschutz der Blockstubenwand ist höher als im massiven Bereich oder im Bereich der Fachwerkwände, die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes werden erfüllt. Eine Dämmung ist deshalb nicht unbedingt erforderlich.

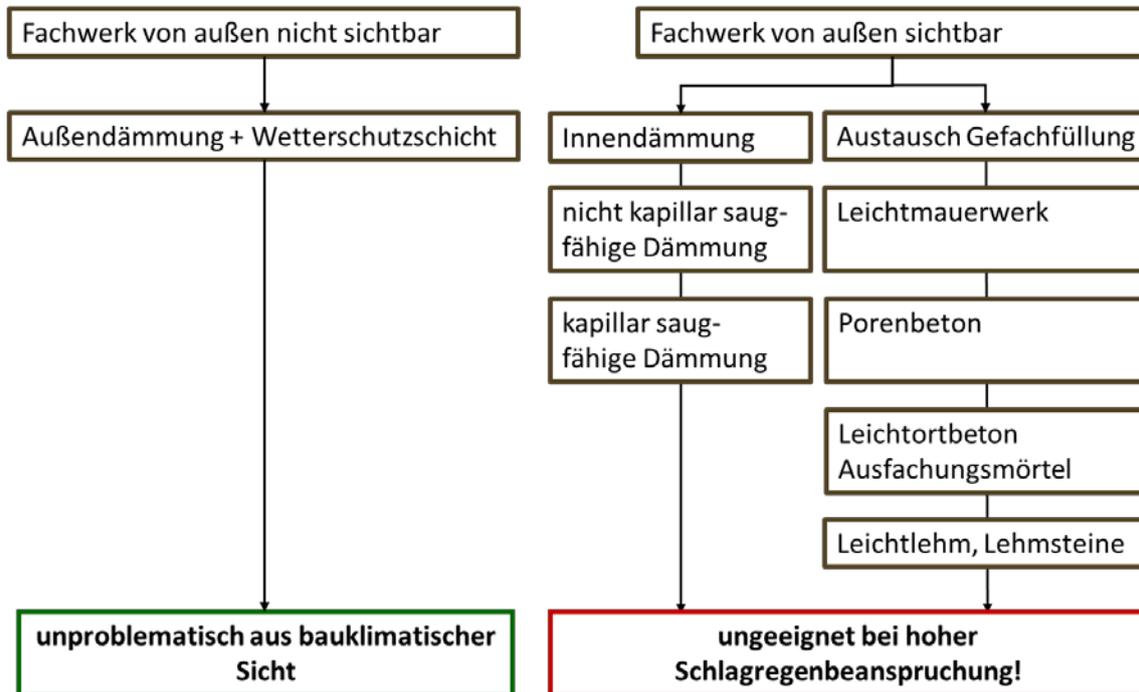
Durch Anbringen einer **Außendämmung** (z.B. Holzweichfaserplatten oder Schilfrohrmatten) wird der Feuchtehaushalt im Bauteil positiv beeinflusst. Es ist darauf zu achten, passende Komponenten eines Systems zu verwenden.

Für eine Innendämmung ist die Kombination aus **nicht kapillarporösen** Dämmstoffen (z.B. Mineralfaser) und **Dampfbremse** grundsätzlich ausführbar, jedoch wegen des möglichen konvektiven Feuchteintrags nicht empfehlenswert. Das luftdichte Anbringen der Dampfbremse in den Anschlussbereichen ist kompliziert, u.U. nicht realisierbar.

Es werden kapillar saugfähige Materialien für die Innendämmung favorisiert (z.B. Dämmlehm, Dämmputz, Schilfrohrdämmmatten, Holzweichfaserplatten, Kalziumsilikat). Die Wirkung des kapillaren Feuchte-transportes muss durch vollflächiges Anbringen der Dämmung realisiert werden.

Der ausreichende Kapillartransport wird durch Simulation mit geeigneter Software nachgewiesen (z.B. WUFI). Die Dämmstoffdicke ist zu begrenzen, damit die Balken der Blockstubenwand nicht zu stark abkühlen. Dies erschwert das Austrocknen und kann zu Fäulnis führen. Der Wärmedurchlasswiderstand der Dämmung soll $R_{Dä} = 0,8 \text{ (m}^2\text{K)/W}$ nicht überschreiten (z.B. $d_{Dä} = 3 \text{ cm}$ Holzfaserdämmstoff mit $\lambda = 0,040 \text{ W/(m}^*\text{K)}$).

3.3 Fachwerk



Der Gefachbereich der Fachwerkwände weist bei traditioneller Ausfachung mit Strohlehm auf Holzstaken einen sehr geringen Wärmeschutz auf. Die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes werden nicht erfüllt, Schimmelbildung auf der inneren Oberfläche ist bei einem normalen Innenraumklima von 20°C/50% möglich. Sollen die Räume als Wohnräume genutzt und anforderungsgemäß beheizt werden, ist eine Dämmung notwendig.

Besteht die Möglichkeit, unter einer Wetterschutzschicht (Schiefer, Verbretterung) eine Außendämmung zu realisieren, ist dies aus bauklimatischer Sicht unproblematisch. Der Feuchtehaushalt wird positiv verändert, der Eintritt von Schlagregen in die Konstruktion wird durch die Wetterschutzschicht verhindert.

Das Fachwerk ist in diesem Fall von außen nicht sichtbar und die Konstruktion auch für große Schlagregenbeanspruchung geeignet.

Ein von außen sichtbares Fachwerk ist bei hoher Schlagregenbeanspruchung ungeeignet. Das Wasser dringt durch Staudruck in Risse und Spalten vor (Fuge zwischen Fachwerk und Ausfachung!) und gelangt durch Kapillarleitung in das Bauteilinnere. Eine Innendämmung verschärft die Situation, die Austrocknung des Bauteils wird erschwert, da die Bauteilschichten auf der Außenseite der Dämmung kälter sind als im ungedämmten Zustand.

Ist die Schlagregenbeanspruchung gering, ist Innendämmung möglich. Die Innendämmung mit **nicht kapillar saugfähigen** Materialien und **Dampfbremse** erfordert eine sorgfältige Ausführung der Dampfbremse in allen Anschlussbereichen. Da dies u.U. nicht realisierbar ist, sind konvektive Feuchteinträge aus der Raumluft oder von außen eindringende Niederschläge zu erwarten, die kaum austrocknen können. Dadurch kann das Schwellenholz geschädigt werden.

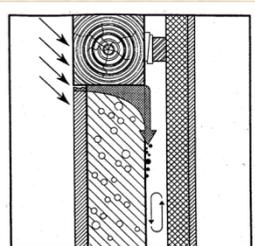
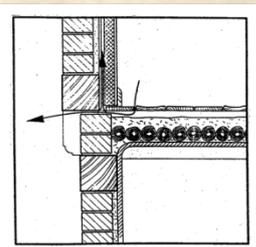
Fachwerk von außen sichtbar

nicht kapillar saugfähige Innendämmung Mineralfaser oder Hartschaumplatten	+	Dampfbremse Folie (feuchteadaptiv, schimmelbeständig!)
---	---	--

Vorteile: geringe Kosten (hoher Eigenleistungsanteil), Ausgleich von Unebenheiten

Probleme:
- Konstruktion kann von außen eindringende Feuchte nicht speichern und wieder abgeben
→ sammelt sich am Schwellenholz

Luft Raum zw. Gefach und Innendämmung
→ Gefahr der Konvektion von Raumluft in diesen Bereich → Kondensation möglich
→ **sorgfältige Verlegung d. Dampfsperre!!!**

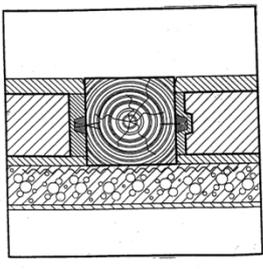



Quelle: Lamers, Rosenzweig, Abel:
Bewährung innen wärmegeämter
Fachwerkbauten, Fraunhofer IRB-Verlag,
Stuttgart 2000

Fachwerk von außen sichtbar

kapillar saugfähige Innendämmung

z.B. Dämmlehm, Kalzium-Silikat-Platten, Holzfaserdämmstoff, Wärmedämmputz



Vorteile:

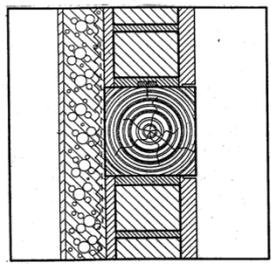
- eindringende Feuchtigkeit (Niederschlagswasser oder Diffusionskondensat) wird aufgenommen, verteilt und wieder abgegeben
- Austrocknung nach innen und außen möglich
- keine Dampfbremse notwendig

Quelle: Lamers, Rosenzweig, Abel: Bewährung innen wärmedämmter Fachwerkbauten, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart 2000

Vorteilhaft ist eine kapillar saugfähige Innendämmung (z.B. Dämmlehm, Holzfaserplatten, Dämmputz). Durch die Kapillaren kann eindringende Feuchtigkeit (Niederschlag, konvektive Feuchteinträge, Diffusionskondensat) aufgenommen und verteilt werden. So ist eine Austrocknung nach innen und außen möglich. Eine Dampfbremse darf nicht eingebracht werden.

Achtung: Dämmstoffdicke begrenzen!

- Diffusion
- zu große Auskühlung des Fachwerks → Feuchte kann nicht austrocknen → Fäulnis (Literatur: WTA-Merkblatt 8)



Der ausreichende Kapillartransport wird durch Simulation mit geeigneter Software nachgewiesen (z.B. WUFI). Die Dämmstoffdicke ist zu begrenzen, damit die Balken des Fachwerks nicht zu stark abkühlen. Dies erschwert das Austrocknen und kann zu Fäulnis führen. Der Wärmedurchlasswiderstand der Dämmung soll $R_{D\ddot{a}} = 0,8 \text{ (m}^2\text{K)/W}$ nicht überschreiten (z.B. $d_{D\ddot{a}} = 3 \text{ cm}$ Holzfaserdämmstoff mit $\lambda = 0,040 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$).

Falls ein **Austausch der historischen Ausfachung** unumgänglich ist, können unterschiedliche Materialien eingesetzt werden.

Porenbeton ist leicht zu bearbeiten, jedoch nicht frostbeständig. Sobald Putzrisse vorhanden sind, kann eindringendes Wasser zu Frostabplatzungen führen. Bei einer Ausfachung mit **Leichtortbeton** sind zwar kleinste Bereiche des stark gegliederten Fachwerks erreichbar. Es wird jedoch viel Feuchte eingetragen, was zur Schädigung des Fachwerks führen kann.

Fachwerk von außen sichtbar

Austausch der Gefachfüllung

Porenbeton

Vorteil:
leicht zu bearbeiten

Problem:
Porenbeton bei Wassersättigung nicht frostbeständig → in Putzrisse eindringendes Wasser führt zu Frostabplatzungen

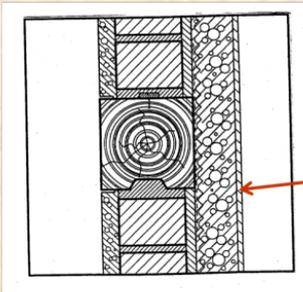
Leichtortbeton

Vorteil:
Anwendung günstig für die im Fachwerkbau stark gegliederten Flächen (spitze Winkel...)

Probleme:
hoher Feuchteeintrag während der Bauzeit, Rissbildung durch Bewegung des Fachwerkholzes

Leichtmauerwerk

Achtung: Dämmstoffdicke begrenzen!

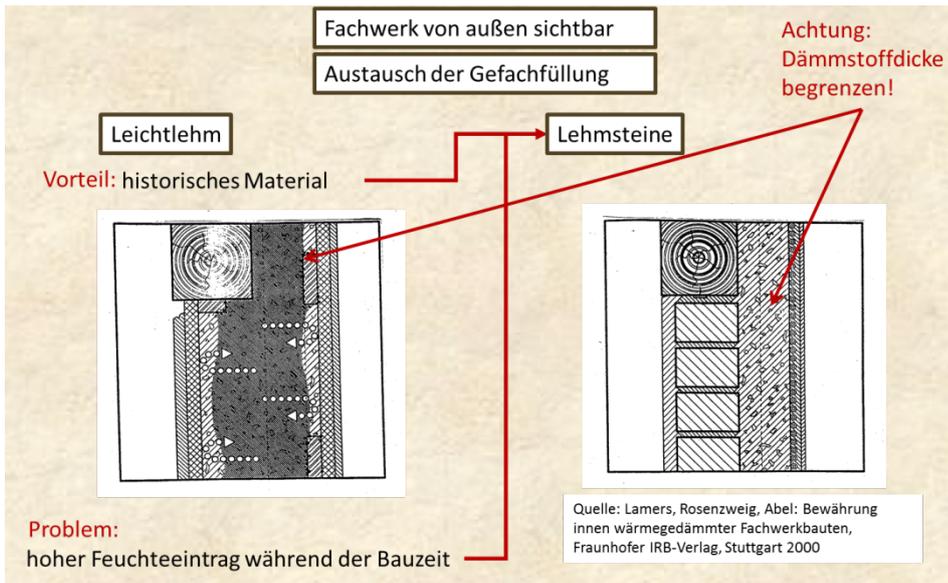


Quelle: Lamers, Rosenzweig, Abel: Bewährung innen wärmedämmter Fachwerkbauten, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart 2000

Problem:
hoher Lochanteil führt bei Verbindung mit Holz zu Wasseransammlung → kleinformatische Steine mit geringem Lochanteil verwenden

Wird die Ausfachung durch **Leichtmauerwerk** hergestellt, kann ein großer Lochanteil zu großen Wasseransammlungen führen, wodurch das Holz geschädigt wird. Bei kleinformatischen Steinen ist diese Gefahr geringer.

Wird zusätzlich zum Austausch der Gefachfüllung eine Innendämmung angebracht, ist deren Dicke zu begrenzen, damit die Balken des Fachwerks nicht zu stark abkühlen. Dies erschwert das Austrocknen und kann zu Fäulnis führen. Der Wärmedurchlasswiderstand der Dämmung soll $R_{D\ddot{a}} = 0,8 \text{ (m}^2\text{K)/W}$ nicht überschreiten (z.B. $d_{D\ddot{a}} = 3 \text{ cm}$ Holzfaserdämmstoff mit $\lambda = 0,040 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$).



Vorteilhaft ist die Erneuerung der Ausfachung mit dem historischen Material Lehm. Da jedoch beim Einbringen von **Leichtlehm** ein hoher Feuchteintrag erfolgt, können die Fachwerkhölzer geschädigt werden. Favorisiert werden deshalb **Leichtlehmsteine**.

Der Wärmedurchlasswiderstand der Schichten zwischen Fachwerkbalken und Innenraum soll $R_{Dä} = 0,8 \text{ (m}^2\text{K)/W}$ nicht überschreiten (z.B. $d_{Dä} = 5 \text{ cm}$ Dämmlehm mit $\lambda = 0,068 \text{ W/(m}^2\text{K)}$), damit die Balken des Fachwerks nicht zu stark abkühlen. Dies erschwert das Austrocknen und kann zu Fäulnis führen.

4 Zusammenfassung

Auf Grund von Nutzungsänderungen, gestiegenen Komfortansprüchen sowie der aktuellen Normung und Gesetzgebung kann eine Dämmung an Bauteilen des Umgebäudehauses erforderlich sein.

Motivationen zur Verbesserung des Wärmeschutzes

Mindestwärmeschutz

bauhygienischer Mindestwärmeschutz

Die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes werden nicht erfüllt.

Schutz vor Schimmelbildung

Die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes werden erfüllt.

energieökologisch motivierter Wärmeschutz

14 cm

12 cm

\$24

Technisch mögliche Dämmstoffdicke?!

energieökonomisch motivierter Wärmeschutz

- Die Anforderungen des **Mindestwärmeschutzes** sind kompromisslos zu erfüllen.
- Bei einer Sanierung sind die Anforderungen der **EnEV** (Bauteilverfahren oder Bilanzverfahren) zu prüfen. → Technisch mögliche Dämmstoffdicke
- Über Dämmmaßnahmen zur **Einsparung von Heizenergiekosten** entscheidet der Bauherr.



Die Dämmung von Bauteilen verändert deren Wärme- und Feuchtehaushalt entscheidend. Deshalb ist dieser Schritt sorgfältig zu planen. Außendämmung ist aus bauklimatischer Sicht gefahrlos realisierbar, jedoch aus konstruktiven, ästhetischen oder denkmalpflegerischen Aspekten am Umgebäudehaus selten möglich. Das Anbringen von Innendämmungen birgt bei falscher Planung und Ausführung **Risiken**:

- Diffusionskondensat, das nicht verdunsten kann,
- konvektive Feuchteinträge, die sich im Bauteil anreichern,
- Eindringen von Schlagregen in die Konstruktion ohne ausreichende Austrocknungsmöglichkeit,
- Erhöhung der Wärmebrückenwirkung, Schimmelbildung auf inneren Bauteiloberflächen.

Risiken

Veränderung des **Feuchtehaushalts** (Diffusion, Schlagregen, konvektiver Feuchteeintrag)
Erhöhung der **Wärmebrückenwirkung** → Schimmel auf inneren Oberflächen im Bereich der Wärmebrücke muss ausgeschlossen werden

Es existiert eine Reihe unterschiedlicher Möglichkeiten, den Wärmeschutz der Bauteile am Umgebäudehaus zu erhöhen, ohne die Konstruktion zu schädigen. Dies erfordert eine gute Planung (mitunter Simulation mit geeigneter Software) und exakte Ausführung. Dabei sind Details (Sockelbereich, Fensterlaibungen, Innenwand- und Deckenanschlüsse, Traufbereich...) sehr sorgfältig zu betrachten, was jedoch nicht Gegenstand dieses Vortrags ist.

Möglichkeiten zur Dämmung am Umgebäudehaus

Außendämmung von Wänden:

- Unproblematisch aus bauklimatischer Sicht (im „System“ bleiben!)
- Oft aus denkmalpflegerischen, baukonstruktiven oder ästhetischen Gründen nicht anwendbar

Innendämmung von Wänden:

- Negativer Einfluss auf Feuchtehaushalt und Wärmebrückenwirkung, jedoch gefahrlos möglich bei guter Planung (mitunter Berechnung), im „System“ bleiben!
- Kapillarporöse Dämmstoffe ohne Einsatz einer Dampfbremse bevorzugen (Austrocknung nach innen ermöglichen, konvektiven Feuchteeintrag verhindern)

Dachdämmung bei Ausbau:

- Statik beachten, übliche Regelaufbauten (Dachdecker)

Dämmung des erdanliegenden Fußbodens:

- Perimeterdämmung (Schaumglasschotter, Schaumglas o. extrudiertes Polystyrol) vorteilhaft

ACHTUNG: Anschlussbereiche der Bauteile genau betrachten/planen!

(z.B. Sockelbereich, insbesondere in der Blockstube!)

Fazit:

Bei richtiger Planung und Ausführung ist die Dämmung von Bauteilen am Umgebäudehaus ein Segen für den Bauherrn und das Gebäude.



Literatur:

- [1] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV November 2013)
- [2] DIN EN ISO 7730: Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit, Mai 2006
- [3] DIN 4108-2: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz, Februar 2013
- [4] DIN 4108-3: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung, Januar 2012
- [5] WTA-Merkblatt 8-1: Fachwerkinstandsetzung nach WTA I: Bauphysikalische Anforderungen an Fachwerkgebäude
- [6] WTA-Merkblatt 8-5: Fachwerkinstandsetzung nach WTA V: Innendämmungen
- [7] WTA-Merkblatt 8-3: : Fachwerkinstandsetzung nach WTA III: Ausfachungen von Sichtfachwerk
- [7] WTA-Merkblatt 6-4: Innendämmung nach WTA I: Planungsleitfaden
- [8] DIN EN ISO 6946: Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient, April 2008
- [9] DIN EN ISO 10211: Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen, Teil 1: Allgemeine Berechnungsverfahren, April 2008
- [10] Lamers, Rosenzweig, Abel: Bewährung innen wärmegeämmter Fachwerkbauten, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart 2000
- [11] Klopfer, H.: Schimmel an Außenbauteilen – Ursachen u. Abhilfemöglichkeiten, ARCONIS 3/01, S. 33