

JADE HOCHSCHULE
Wilhelmshaven Oldenburg Elsfleth



Fraunhofer IRB ■ Verlag

NACHTRÄGLICHE
HOHLRAUM-
DÄMMUNG

Wachsendes Umweltbewusstsein und steigende Energiepreise lassen Eigenheimbesitzer verstrkrt über Energieeinsparmaßnahmen nachdenken. Im norddeutschen Raum ist das zweischalige Außenmauerwerk mit dazwischen liegender Luftsicht die übliche Bauweise. Eine schnelle und kostengünstige Möglichkeit der energetischen Sanierung bietet die nachträgliche Hohlraumdämmung des zweischaligen Außenmauerwerks, indem die Luftsicht vollständig mit Dämmstoff verfllt wird.

Die Funktion der Luftsicht – das Belüften und Entfeuchten der Mauerwerkskonstruktion – wird durch diese Maßnahme aufgehoben. Darin könnte ein Schadenspotenzial (Feuchte) des Verfahrens gesehen werden.

Um die Auswirkungen und die möglichen Risiken der nachträglichen Hohlraumdämmung zu untersuchen, wurde an der Jade Hochschule in Oldenburg im Fachgebiet Baustofftechnologie und Bauwerks-erhaltung über einen Zeitraum von zwei Jahren ein Forschungsvorhaben mit dem Thema „Nachträgliche Hohlraumdämmung – Anwendung und Dauerhaftigkeit“ durchgeführt. Die genaue Festlegung bzw. die Überprüfung der Randbedingungen, bei denen eine nachträgliche Hohlraumdämmung unter bauphysikalischen Gesichtspunkten möglich ist, stellte den Schwerpunkt dieses Vorhabens dar. In diesem Zusammenhang wurden Materialdaten der Dämm- und Baustoffe im Labor ermittelt und anhand dieser Parameter numerische Simulationen zum Feuchte- und Wärmeverhalten des gedämmten Mauerwerks durchgeführt. Außerdem wurde in einem Feldver-

such die Wasseraufnahme und das Setzungsverhalten der Dämmstoffe überprüft. Zudem erfolgten Untersuchungen an Gebäuden vor und nach dem Einbringen einer Hohlraumdämmung. Die Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens werden im vorliegenden Leitfaden zusammengefasst.

Ziel dieses Leitfadens ist es, eine Übersicht über die Möglichkeiten und Grenzen einer nachträglichen Hohlraumdämmung des Außenmauerwerks zu geben. Dies beinhaltet Anweisungen und Empfehlungen zu Voruntersuchungen am Gebäude sowie vorbereitende Maßnahmen bei der Durchführung und der anschließenden Qualitätskontrolle der Dämmmaßnahme.

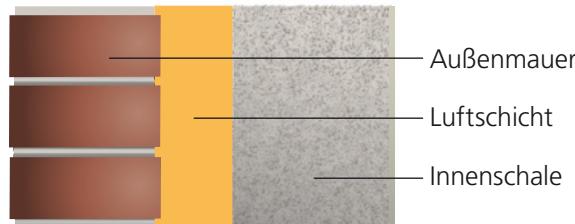
Aufgrund der starken Nachfrage der Erstauflage (2010) liegt nun die zweite, überarbeitete Auflage vor. Neben einigen kleineren Überarbeitungen wurde diese Auflage um eine Auflistung derzeit zugelassener Dämmstoffe erweitert (Stand Juli 2012). Der Leitfaden soll Arbeitsgrundlage für Energieberater, Architekten, Ingenieure, ausführende Firmen sowie Eigenheimbesitzer sein.

Das Projektteam



Inhaltsverzeichnis

Vorteile	
Hohlräumdämmung spart Energie ...	2
... und steigert den Wohnkomfort	3
Dämmstoffe	
Dämmstoffgruppen	5
Anforderungen an die Dämmstoffe	7
Bestandsuntersuchungen	
Warum Bestandsuntersuchungen	10
Zustand der Vormauerschale	11
Zustand der Luftsicht und der Mauerwerksanker	12
Undichtigkeiten an den Mauerschalen	12
Weitere Besonderheiten am Gebäude	12
Ergänzende Untersuchungen	
Wärmebrücken	13
Feuchteverhalten der Wand	14
Ausführung	
Abdichten der Hohlschicht	15
Dämmen über das Dach	15
Anordnung der Einblasöffnungen	16
Dämmen über das Kleinlochverfahren	16
Dämmen über das Großlochverfahren	16
Qualitätskontrolle	17
Dämmstoffe und ihre Eigenschaften	18
Impressum	19
Checkliste	20



Wandaufbau eines ungedämmten zweischaligen Mauerwerks

Hohlraumdämmung spart Energie ...

Nach Angaben des Institutes für Bauforschung e.V. Hannover (Oktober 2007) sind nur 10 % des heutigen Gebäudebestandes nach der Energiekrise der 1970er Jahre errichtet worden. Dadurch erfüllen lediglich 10 % der Gebäude annähernd die Anforderungen der 2. Wärmeschutzverordnung von 1982. Seitdem sind die Anforderungen jedoch weiter gestiegen, mit dem Ziel, den Energieverbrauch zu senken. Das lässt sich allerdings nur durch einen hohen bautechnischen Aufwand realisieren.

Zwischen 1900 und 1970 gebaute Häuser wurden in Norddeutschland in der Regel mit zweischichtigem Mauerwerk errichtet: Das innere Mauerwerk bildet

Die Vorteile auf einen Blick:

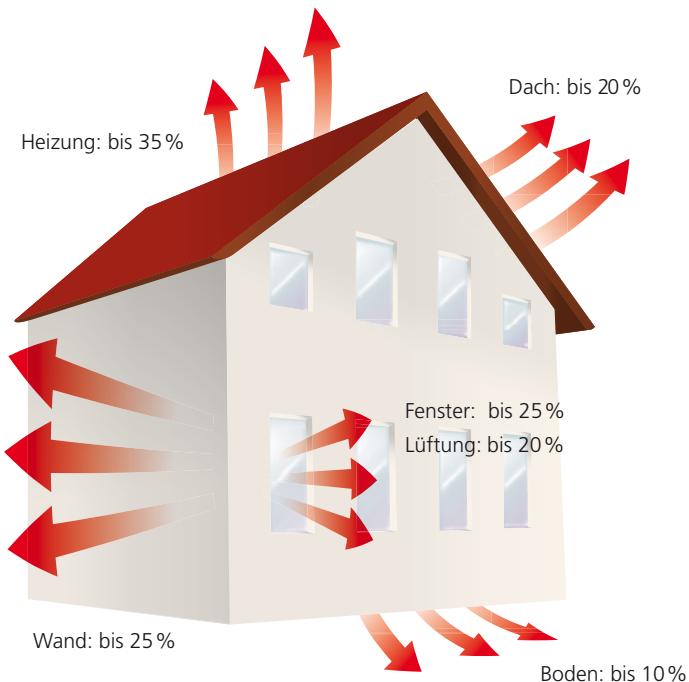
Nachträgliche Hohlraumdämmung

- spart Energie
- verbessert das Wohnraumklima
- ist ein Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz
- steigert den Wert des Gebäudes

das tragende Gerüst des Hauses, das äußere Mauerwerk den Witterungsschutz, dazwischen befindet sich eine Luftschicht von 4 bis 9 Zentimetern.

Da bei einem ungedämmten Einfamilienhaus bis zu 25 % des Heizenergieverbrauches über die Außenwand „verloren gehen“, ist die nachträgliche Dämmung der Außenwände von Altbauten eine energetisch sinnvolle Maßnahme. Dadurch können bis zu 15 % des gesamten Heizenergieverbrauchs eines Einfamilienhauses eingespart werden.

Die nachträgliche Hohlraumdämmung bietet, bezogen auf die Investitionskosten, hohe Einsparpotenziale. Die Maßnahme amortisiert sich bereits nach wenigen Jahren.



Energieverluste eines ungedämmten Einfamilienhauses

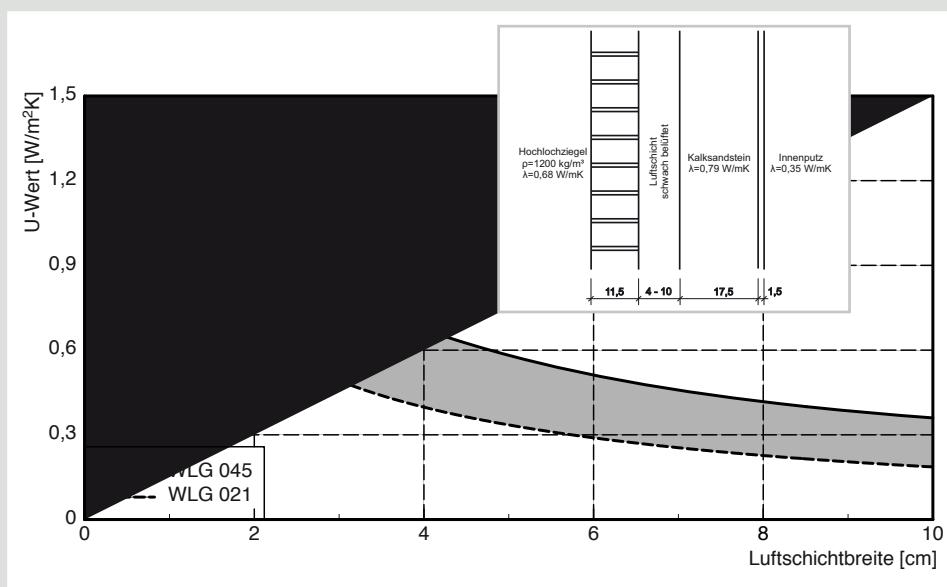
... und steigert den Wohnkomfort

Bei einer ungedämmten Außenwand mit Luftsicht liegt der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) bei ca. 1,5 W/m²K. Durch die Dämmung einer 6 cm breiten Luftsicht (WLG 045) reduziert sich der U-Wert auf 0,5 W/m²K. Dies entspricht einer Verringerung des U-Wertes um ca. 66 %. Aus der Verringerung des Wärmedurchgangs resultiert eine Temperaturerhöhung der Innenoberfläche, wodurch der Wohnkomfort sowie die Behaglichkeit im Innenraum verbessert und die Schimmelpilzgefahr verringert wird.

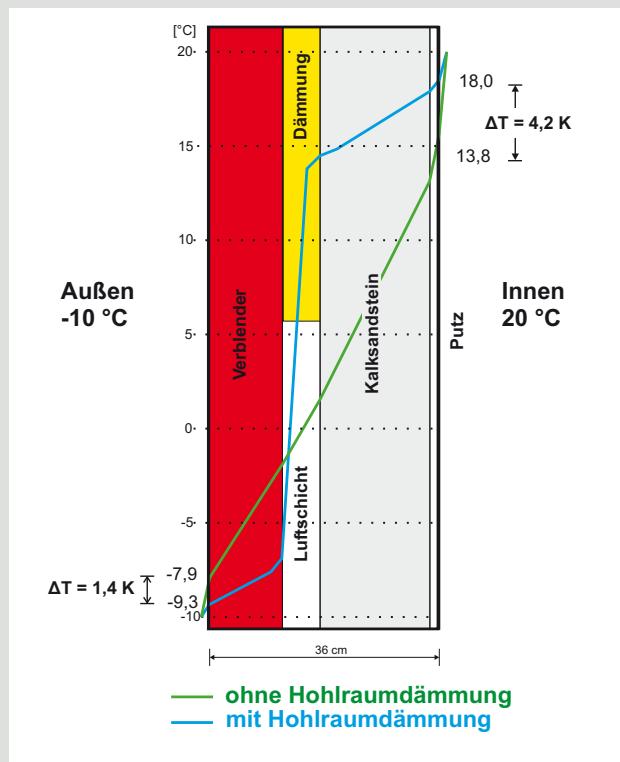
Der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) ist ein Maß für den Wärmestromdurchgang durch ein Bauteil. Er setzt sich aus den Schichtdicken sowie der jeweiligen Wärmeleitfähigkeit der Baustoffe zusammen. Je geringer der U-Wert einer Konstruktion, desto besser ist die Dämmwirkung.

Die Wärmeleitgruppe (WLG) eines Baustoffes macht eine Aussage über dessen Wärmeleitfähigkeit λ . Ein Material der WLG 045 hat die Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045$ W/mK. Dies ist ein Maß für den Wärmestrom durch einen Baustoff von 1m Dicke, wenn die Temperaturdifferenz der Oberflächen ein Kelvin (1°C) beträgt. Je geringer die WLG des Baustoffes, desto besser ist die Dämmwirkung.

Verringerung des U-Wertes durch das Einbringen von Dämmstoffen mit unterschiedlichen Wärmeleitgruppen für den oben dargestellten Wandaufbau mit zunehmender Luftschichtbreite



Beispielhafte Darstellung des Temperaturverlaufes über einen Wandquerschnitt vor und nach einer Dämmaßnahme. Die Temperaturerhöhung der Innenoberfläche beträgt in diesem Fall 4,2 K





Mineralwolle (MW)



Mineralwolle (MW) in der Hohlschicht



Polystrol (EPS)



Polystrol (EPS) in der Hohlschicht

Dämmstoffgruppen

Mineralwolle (MW)

Mineralfaserdämmstoffe sind anorganische Dämmstoffe, die aus Glas- oder Steinmaterialien hergestellt werden. Glaswolle besteht zu ca. 60 % aus Altglas sowie aus Quarzsand und Kalkstein. Steinwolle wird aus Gesteinen, wie zum Beispiel Diabas, Dolomit und Kalkstein hergestellt. Mineralwolle hat einen Faseranteil von mindestens 90 % und kann außerdem Kunstharze als Bindemittel und Öle zur Staubminde rung enthalten. Bei der Herstellung werden die Rohstoffe bei ca. 1400 – 1500 °C geschmolzen, um anschließend die Schmelze zu zerfasern. Dies kann je nach Herstellungsmethode im Schleuder-, Blas- oder Ziehverfahren erfolgen.

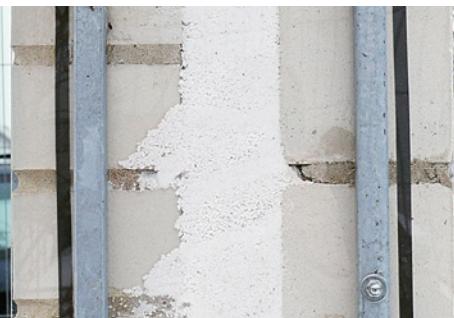
Expandierter Polystyrolschaum (EPS) und Extrudierter Polystyrolschaum (XPS)

Sowohl EPS als auch XPS bestehen aus Polystyrol und Flammenschutzmittel. Bei der Herstellung von Poly styrol-Partikelschaum (EPS) wird durch Polymerisation aus dem Ausgangsstoff Styrol, unter Zugabe des Treibmittels Pentan, Polystyrolgranulat. Das Granulat bläht sich bei der nachfolgenden Behandlung mit Wasserdampf auf das 20 bis 50-fache auf. Diese expandierten Polystyrol-Kügelchen werden zur Kern dämmung verwendet.

Die Herstellung von XPS findet in dem so genannten Extruder statt. Dort wird Polystyrolgranulat geschmolzen und nach Zugabe vom Treibmittel (meist CO₂) auf ein Fließband ausgetragen. Das geschmolzene Material bläht dabei stark auf, behält jedoch eine zu 98 % geschlossenzzellige Struktur. XPS-Granulat wird aus den recycelten XPS-Platten hergestellt.



Blähperlite



Blähperlite in der Hohlschicht



Harnstoff-Formaldehydharz-Ortschaum (UF)



UF in der Hohlschicht

Blähperlite

Perlite ist ein glasartiges Gestein aus der Lava unterseeischer Vulkane. Dieses Vulkangestein wird zu kleinen Perlite-körnern zermahlen und anschließend schockartig auf über 1.000 °C erhitzt. Dadurch entweicht das chemisch gebundene Kristallwasser aus dem sandkorn-großen Gestein. Dies führt zu einem Aufblähen auf das 20-fache seines Ausgangsvolumens.

Polyurethan-Hartschaum und -Ortschaum (PUR)

Polyurethan besteht aus Polyol und Poly-Isocyanat. Als Treibmittel werden meist Pentan, CO₂-Pantan-Mischungen oder HFKW verwendet, weiterhin werden Flammschutzmittel zugegeben. PUR-Granulat wird aus recycelten Produktionsreststücken aus Polyurethan hergestellt. Bei der Herstellung des Ortschaums hingegen werden die zwei Hauptkomponenten erst auf der Bau-stelle mit mobilen Hochdruckgeräten, mittels beheizter Schläuche, zu einer Spritzpistole gepumpt und dort auch vermischt.

Harnstoff-Formaldehydharz-Ortschaum (UF)

Harnstoff-Formaldehydharz-Ortschaum ist ein offenzelliger Schaum, der aus den Systemkomponenten Schaum und Kunstharsz besteht. Die Gebinde mit den Ausgangsstoffen werden im Werk hergestellt. Beim Einbringen werden die Systemkomponenten vor Ort mithilfe einer speziellen Technik mit Luft ver-

mischt und in die Hohlräume einge-schäumt.

Blähglas

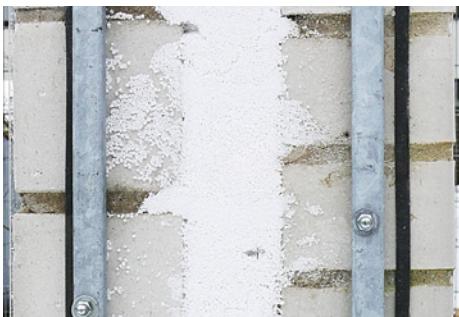
Als Rohstoff für Blähglas dient Altglas. Das gebrochene Altglas wird zu feinem Glasmehl zermahlen und nach Zugabe von Wasser, Bindemittel und Blähmittel auf ca. 900 °C erhitzt. Beim anschlie-ßenden Abkühlen wird das Material entweder zu rundem Blähglasgranulat oder zu grobem Schotter verarbeitet.

Aerogel

Aerogel wird hauptsächlich aus Silika-ten, aber auch aus Metalloxiden oder Polymeren hergestellt. Bei der Herstel-lung gelieren diese Stoffe unter Zugabe eines Katalysators in einer Flüssigkeit. Anschließend wird das entstandene Gel unter extremen Bedingungen ge-trocknet.



Blähglas



Blähglas in der Hohlschicht



Aerogel



Aerogel in der Hohlschicht

Anforderungen an die Dämmstoffe

Für die nachträgliche Hohlraumdämmung werden Granulate oder Schäume eingesetzt, die über kleine Öffnungen in die Hohlschicht eingebracht werden. Für eine erfolgreiche Maßnahme sollten folgende Anforderungen an die Dämmstoffe beachtet werden:

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Grundsätzlich dürfen für die nachträgliche Dämmung des Außenmauerwerks nur Materialien verwendet werden, die vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) für diese Maßnahme zugelassen sind. In der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ) werden sowohl die Eigenschaften des Materials als auch wichtige Bestimmungen für die Ausführung aufgeführt.

Wärmeschutz

Entscheidend für den Wärmeschutz ist die Wärmeleitgruppe des Dämmstoffes. Diese sollte möglichst niedrig sein, um eine hohe Dämmwirkung zu erzielen. Bei den im Forschungsvorhaben untersuchten Dämmstoffen liegt die Wärmeleitgruppe zwischen 0,05 W/mK und 0,021 W/mK.

Brandschutz

Ein weiteres Kriterium für die Wahl des Dämmstoffes ist die Brandschutzklasse des Materials. Diese wird entweder nach DIN 4102-1 (8-1998) oder nach EN 13501-1 (1-2010) angegeben. Für die Auswahl der Brandschutzklasse gelten die jeweiligen Landesbauordnungen.

Bauaufsichtliche Benennungen	Brandschutzklasse nach EN 13501-1 (1-2010)	Brandschutzklasse nach DIN 4102-1 (8-1998)
Nicht brennbar	A1, A2	A1, A2
Schwer entflammbar	B,C	B1
Normal entflammbar	D, E	B2
Leicht entflammbar	F	B3

Das Deutsche Institut für Bau-technik (DIBt) erteilt als deutsche Zulassungsstelle allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (abZ) für Bauprodukte und Bauarten sowie europäische technische Zulassungen (ETZ) für Bauprodukte und Bausätze. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen werden für solche Bauprodukte und Bauarten im Anwendungsbereich der Landesbauordnungen erteilt, für die es allgemein anerkannte Regeln der Technik und insbesondere DIN-Normen, nicht gibt oder die von diesen wesentlich abweichen. Sie sind zuverlässige Verwendbarkeitsnachweise von Bauprodukten bzw. Anwendbarkeitsnachweise von Bauarten im Hinblick auf bautechnische Anforderungen an Bauwerke.

Der Wasserdampfdiffusionswiderstand μ gibt an, um welchen Faktor das betreffende Material gegenüber Wasserdampf dichter ist als eine gleich dicke, ruhende Luftsicht. Je größer der μ -Wert, desto dampfdichter ist ein Baustoff. Je kleiner der μ -Wert, desto besser kann der Wasserdampf von warmer zu kalter Seite diffundieren.

Feuchteschutz

Um zu verhindern, dass durch die Außenschale eindringendes Wasser über die Dämmschicht bis zur Innenschale weitergeleitet und die Dämmwirkung durch Aufnahme von Wasser verringert wird, ist nach DIN 1053-1 (11-1996) nur der Einsatz von hydrophobierten (wasserabweisenden) Materialien erlaubt. Außerdem sollte das Material einen möglichst geringen Wasserdampfdiffusionswiderstand (μ -Wert) aufweisen. Der Wasserdampfdiffusionswiderstand der derzeitig zugelassenen Dämmstoffe liegt zwischen 1 und 5 und ist daher für die Auswahl des Dämmstoffs nicht entscheidend.

Setzungs- und Schrumpfverhalten

Durch Setzungen und/oder Schrumpfungen des Dämmmaterials entstehen Freiräume in der Dämmschicht, die Wärmebrücken darstellen und bei einer Qualitätskontrolle sichtbar werden. Diese Bereiche sollten nachverfüllt werden, um Bauschäden zu vermeiden. Eine Angabe bezüglich des Setzmaßes im Hohlraum (Angabe in %) ist nur teilweise in den abZ der Dämmstoffe angegeben.

Verarbeitung

Beim Einfüllen des Dämmstoffes ist dessen Staubentwicklung zu berücksichtigen, da diese unangenehm für die ausführenden Personen ist (siehe Sicherheitsdatenblatt des Dämmstoffes) und zu Verschmutzungen im Innenraum führen kann.

Das Fließverhalten des Materials ist besonders bei späteren Sanierungsmaßnahmen am Mauerwerk (z.B. beim Austausch der Fenster) relevant. Ist ein Dämmstoff fließfähig, besteht die Möglichkeit, dass er bei solchen Maßnahmen durch entstehende Öffnungen aus der Hohlschicht rieselt. Jedoch sind die Verarbeiter in der Lage, die Dämmstoffe nachträglich zu „verkleben“.

Feuchteaufnahme (Labor- und Feldversuch)

Die Feuchteaufnahme wird über die wasserabweisende Wirkung der Dämmstoffe ermittelt und ist eine wichtige Eigenschaft, die für den Feuchteschutz des Innenmauerwerks maßgeblich ist. In den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen (abZ) der Dämmstoffe werden daher Grenzwerte für die zulässige Wasseraufnahme angegeben. Die in den abZ genannten Prüfungen zur wasserabweisenden Wirkung der Dämmstoffe wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens durchgeführt, um das Einhalten der Grenzwerte zu kontrollieren. Um die Anforderungen zu vergleichen, wurden diese in Volumenprozent (V.-%) umgerechnet. Die Grenzwerte für die verschiedenen Dämmstoffe sind teilweise sehr unterschiedlich, wurden im Laborversuch jedoch eingehalten.

Zudem wurden in einem Feldversuch Probekörper der freien Bewitterung ausgesetzt. Bei den Probekörpern handelte es sich um Wände aus zweischaligem Mauerwerk, dessen Luftsicht mit verschiedenen Dämmstoffen gefüllt wurde. Jede Wand bestand aus zwei Bereichen. Auf der einen Seite waren Lüftungsöffnungen im unteren Bereich angeordnet, auf der anderen blieben diese geschlossen. In beiden Bereichen konnte die Feuchtigkeit in der Dämmebene an zwei Stellen mithilfe eines GANN-Gerätes (Feuchtemessgerät) ermittelt werden.

Im Feldversuch konnte die Funktion der Lüftungsöffnungen als Entwässerungsöffnungen nur für einen der untersuchten Dämmstoffe ermittelt werden. Bei den anderen Dämmstoffen war keine eindeutige Auswirkung festzustellen.

Weiterhin wurde im Feldversuch das Setzungs- und Schrumpfverhalten der Dämmstoffe beobachtet. Die Setzungen der Granulate entsprachen den Angaben der abZ.



Übersicht der Probekörper im Feldversuch



Feuchtigkeitsmessung an einem Probekörper (GANN-Gerät)



Salzausblühungen/Algen unterhalb des Fensters



Bestimmung der Wasseraufnahme der Vormauerziegel (nach Karsten)



Riss (0,5 mm) in der Außenfassade

Warum Bestandsuntersuchungen

Kein Gebäude gleicht dem anderen – gerade deshalb ist vor jeder Sanierungsmaßnahme eine individuelle Betrachtung des jeweiligen Bauwerkes und der Luftsicht unbedingt erforderlich. Bei umfangreichen Sanierungsmaßnahmen oder außergewöhnlichen Gebäuden sollte zusätzlich zu den ausführenden Fachfirmen ein Planer oder Energieberater hinzugezogen werden.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden Voruntersuchungen an ungewärmten Gebäuden durchgeführt, um folgende Fragestellungen zu betrachten:

- Welche Untersuchungen sind im Rahmen einer nachträglichen Dämmung der Hohlschicht bereits im Vorfeld (vor dem Einbringen der Dämmung) erforderlich und empfehlenswert, um gegebenenfalls daraus resultierende Bauschäden zu verhindern?
- Wie sollten die entsprechenden Voruntersuchungen aussehen, und welche Schwierigkeiten könnten sich aufgrund der unterschiedlichen Materialparameter ergeben?

Zustand der Vormauerschale

Wird im Vorfeld der Dämmmaßnahme der Zustand der Vormauerschale genau untersucht, können ggf. Probleme durch eindringende und aufsteigende Feuchtigkeit verhindert bzw. berücksichtigt werden. Dazu wird das Außenmauerwerk oder die Putzfassade auf Schwachstellen wie Risse oder Abplatzungen untersucht. Sind Salzausblühungen an der Oberfläche vorhanden, deuten diese auf erhöhte Feuchtigkeit im Mauerwerk hin. Unter Umständen ist es erforderlich, bei den Voruntersuchungen die Wasseraufnahme der Vormauerziegel und des Mörtels zu bestimmen. Ist die Fassade mit einem Putz und / oder einem Anstrich versehen, ist eine Ermittlung des Wasserdampfdiffusionswiderstandes erforderlich.

Die Untersuchung der Vormauerschale wird für einige Dämmstoffe bereits in der abZ gefordert und ist in jedem Fall zu empfehlen bzw. erforderlich.



diffusionsdichter Anstrich

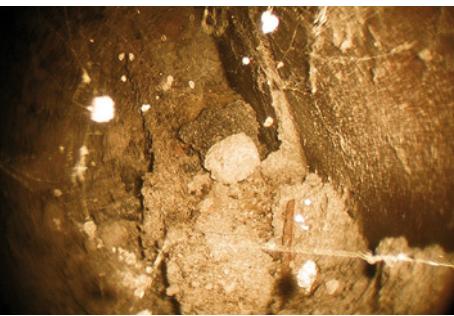


Diffusionsuntersuchungen einer Putzmörtelprobe

Wasserdampf diffundiert aufgrund von unterschiedlichen Wasserdampfteildrücken durch Baustoffe und Bauteile. Je dichter ein Baustoff ist, desto geringer ist die Wasserdampfdiffusion. Eine dampfdichte Schicht an der Außenseite der Wand behindert daher die Wasserdampfdiffusion vom Innenraum nach außen. Durch die Ermittlung des Wasserdampfdiffusionswiderstandes kann das Ausmaß dieser Behinderung überprüft werden.



Endoskopieaufnahme eines Hohlraumes mit Mauerwerksanker



Mörtelreste/Bauschutt im Hohlraum



Undichtigkeit im oberen Anschlussbereich des Fensters



Undichtigkeiten im Bereich des Rolladenkastens

Zustand der Luftsicht und der Mauerwerksanker

Vor der Durchführung einer Dämmmaßnahme ist es notwendig, den Zustand der Luftsicht zu überprüfen. Dazu wird der Hohlraum zwischen dem zweischaligen Mauerwerk mithilfe eines Endoskopiegerätes visuell untersucht. Je nach Ausführung des Mauerwerks ist es möglich, dass sich in der Luftsicht Mörtelreste und/oder Bauschutt befinden. Diese bilden nach der Verfüllung eine Wärmebrücke, die zu Schäden am Bauwerk führen kann. Zusätzlich muss bei Gebäuden nach abZ die Anzahl und die Funktionsfähigkeit der Mauerwerksanker (Drahtanker) überprüft werden, damit die Standsicherheit der Vormauerschale gewährleistet ist. Durch die Untersuchungen der Luftsicht können gegebenenfalls weitere erforderliche Maßnahmen (Entfernung von Mörtelresten/Bauschutt, zusätzliche Verankerung der Vormauerschale) im Vorfeld berücksichtigt werden.

Undichtigkeiten an den Mauerschalen

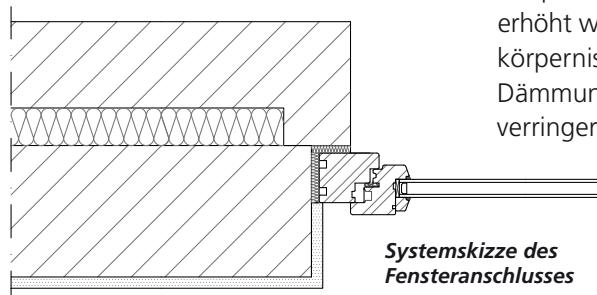
Unmittelbar vor dem Einfüllen der Wärmedämmung sollten die Mauerwerkschalen (innen und außen) auf Dichtigkeit überprüft werden, um ein „Ausrieseln“ der Dämmstoffe zu verhindern. Dies kann mithilfe von synthetischem Nebel geschehen, welcher über die Einfüllöffnungen in die Luftsicht eingeblasen wird. Tritt in einem Bereich Rauch aus, kann diese Stelle direkt abgedichtet werden. Typische Schwachstellen befinden sich in Anschlussbereichen, z. B. bei Fenstern und Rollladenkästen.

Weitere Besonderheiten am Gebäude

Auch die Bewohner des Gebäudes können hilfreiche Informationen geben, die im Rahmen einer nachträglichen Dämmung des Hohlraumes berücksichtigt werden sollten. Gibt es Feuchtigkeitsprobleme im Sockelbereich? Ist eine Innenverkleidung vorhanden und kann dadurch das Innenmauerwerk nicht untersucht werden? Unabhängig davon sollte ein Vor-Ort-Gespräch mit der ausführenden Firma erfolgen.

Wärmebrücken

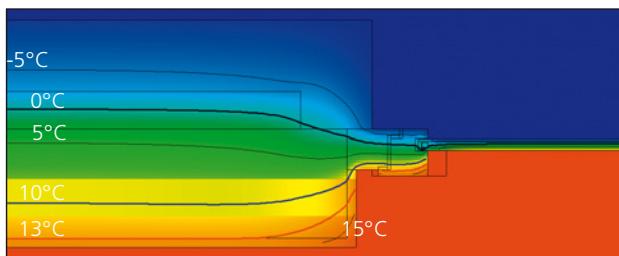
Durch das Einbringen der Hohlraumdämmung erhöht sich die Oberflächentemperatur an der Innenseite der Wand, wodurch die Gefahr von Tauwasserbildung in der Fläche verringert wird. Jedoch gibt es Bereiche wie zum Beispiel Fensteröffnungen, Heizkörpernischen und durchgemauerte Ecken, in denen die nachträgliche Hohlraumdämmung nicht eingebracht werden kann. Dort bilden sich in der Regel schon beim ungedämmten Gebäude Wärmebrücken. Werden im Rahmen der energetischen Sanierung in diesen Bereichen keine zusätzlichen Maßnahmen ergriffen, kann sich der Einfluss der Wärmebrücke erhöhen und es kann zu Schimmelpilzbildung und/oder zu Tauwasserausfall kommen.



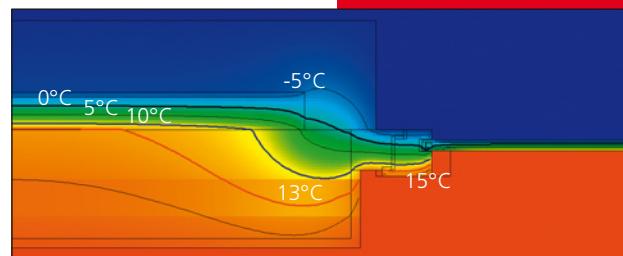
Systemskizze des Fensteranschlusses

Von besonderer Bedeutung ist der Bereich der Fensterlaibungen. Wird die Luftsicht nachträglich gedämmt, verschiebt sich der Temperaturverlauf. Im Vergleich zur Wandfläche ist die Oberflächentemperatur an der Fensterlaibung gering und es besteht die Gefahr von Tauwasser- und Schimmelpilzbildung. Diese kann durch eine weitere Dämmung der Fensterlaibungen zum Beispiel mit Kalziumsilikatplatten minimiert werden.

Im Bereich der Heizungsnische ist es je nach Ausführung ähnlich. Auch hier kann es zu einem Tauwasserausfall kommen. Dies wird in der Regel jedoch durch den Betrieb des Heizkörpers im Winter verhindert, da so die Oberflächentemperatur in der Heizkörpernische erhöht wird. Durch Ausmauern der Heizkörpernische und/oder zusätzliche Dämmung kann die Gefahr noch weiter verringert werden.

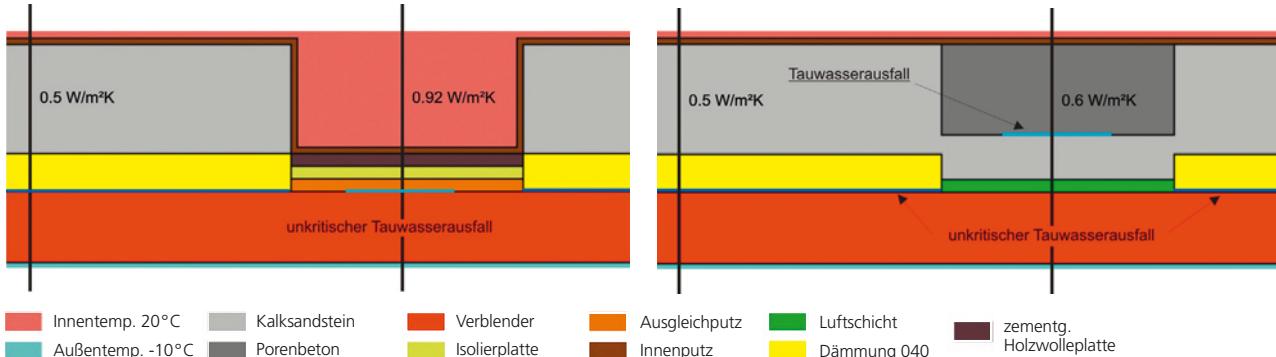


Temperaturverlauf ohne Dämmung der Luftsicht



Temperaturverlauf mit Dämmung der Luftsicht.

Als geometrische Wärmebrücke bezeichnet man einzelne, örtlich begrenzte Bereiche einer Baukonstruktion, durch die mehr Wärme fließen kann als durch die umgebenden Flächen. Eine Wärmebrücke bewirkt an einzelnen Stellen niedrigere Oberflächentemperaturen, dadurch entsteht die Gefahr von Schimmelpilzbildung und Tauwasserschäden. Weiterhin verursachen die Wärmebrücken einen erhöhten Wärmeverlust und dadurch einen höheren Heizenergiebedarf.



Heizkörper-nischen stellen immer eine Wärme-brücke dar. In diesem Bereich ergeben sich unterschiedliche Möglichkeiten der energetischen Sanierung. Die Gefahr der Tauwas-serbildung ist zu berück-sichtigen.

Außerdem wurden die Auswirkungen von Bindersteinen im Mauerwerk berücksichtigt. Im Rahmen der Untersuchung konnte keine Gefahr der Schimmelpilzbildung durch die Wärmebrücke Binderstein ermittelt werden, da der Einfluss dieser Bereiche zu gering ist und sich die Oberflächentemperaturen durch die Dämmung erhöhen.

Feuchteverhalten der Wand

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden Simulationsberechnungen zum thermisch-hygrischen Verhalten (Temperatur und Feuchte) von zweischaligen Außenwänden unter Annahme verschiedener Randbedingungen mit dem Simulationsprogramm Delphin® durchgeführt.

Aus diesen Berechnungen ergab sich, dass ein Mauerwerk auch nach einer Dämmung des zweischaligen Außenmauerwerks wieder austrocknet. Wird das Innenmauerwerk zu Beginn der Berechnung feucht angenommen, so ist die Trocknungszeit bei einem Wandaufbau mit Dämmschicht etwa dreimal so lang wie bei

einem Wandaufbau mit belüfteter Luftsicht. Die Trocknung erfolgt zur Innenseite der Wand. Bei normalen Bedingungen im Innenraum (20 °C, 50 % relative Luftfeuchte) werden alle Anforderungen an den Feuchteschutz erfüllt, solange ein Austrocknen nach innen möglich ist. Kann die Raumluft an der Innenseite jedoch nicht genügend Feuchtigkeit aufnehmen (niedrige Temperatur, hohe relative Luftfeuchte) oder ist eine Abdichtung an der Innenseite der Wand vorhanden, kann die Trocknung so stark eingeschränkt werden, dass Feuchtigkeitsprobleme auftreten können.

Die Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben stellen eine Möglichkeit zur Einschätzung des thermisch-hygrischen Verhaltens von Außenwänden unter bestimmten Randbedingungen dar. Es ist jedoch zu empfehlen, mithilfe der Ergebnisse aus den Voruntersuchungen auf das jeweilige Objekt abgestimmte Simulationen durchzuführen. Dies ist besonders dann erforderlich, wenn die Randbedingungen Besonderheiten aufweisen, wie zum Beispiel:

- geringe Temperaturen im Innenraum (< 20 °C)
- hohe Luftfeuchten im Innenraum (> 50 % relative Luftfeuchte)
- Behinderung der Dampfdiffusion an der Außen- und / oder Innenseite der Wand (z. B. Anstrich, Fliesen).



Abdichten der Hohlschicht am Giebel



Einfüllen des Dämmmaterials über das Dach

Abdichten der Hohlschicht

Vor dem Einbringen des Dämmstoffes ist zu prüfen, ob die Hohlschicht am Giebel oder an der Traufe offen ist. Dazu werden die Dachpfannen in diesem Bereich entfernt und die ggf. vorhandene Folie gesäubert und angeschnitten. Ist die Hohlschicht darunter nicht mit Bindersteinen, aufgelegten Platten o. ä. verschlossen, könnte das eingefüllte Dämmmaterial am „Kopf“ der Hohlschicht wieder austreten. Daher sollte die Hohlschicht in diesem Fall mit einem entsprechenden Material abgedichtet werden. Im Anschluss wird die Dachfolie mit einem geeigneten Klebeband verschlossen und die Dachpfannen werden wieder aufgelegt.

Dämmen über das Dach

Ist ein Abdichten der Hohlschicht am Kopfpunkt erforderlich, so ist sie in diesem Bereich leicht zugänglich, da die Dachpfannen entfernt sind und die Folie zerschnitten ist. In diesem Fall bietet es sich an, die Hohlschicht vom Dach aus zu dämmen, um die Fassade zu schonen. Jedoch sind auch bei diesem Verfahren im Bereich von Problemstellen, wie engen Mauerabschnitten oder unter Fenstern, zusätzliche Einblasöffnungen im Mauerwerk erforderlich.

Die Ausführung sollte nur von einem Fachbetrieb vorgenommen werden.



**Unterhalb von Fenstern kann eine Trichterbildung des Dämmmaterials entstehen.
Daher ist hier mindestens ein zusätzliches Bohrloch anzudordnen.**



Beim Kleinlochverfahren werden die Bohrlöcher in der Schnittstelle von Lager- und Stoßfuge eingebracht.



Einfüllen des Dämmmaterials mit dem Kleinlochverfahren



Für das Großlochverfahren werden ganze Steine aus der Fassade entnommen.

Anordnung der Einblasöffnungen

Das Dämmmaterial wird über Öffnungen in die Hohlschicht eingebracht, wobei Anzahl und Lage der Einblasöffnungen von der Auswahl des Dämmstoffes und den örtlichen Gegebenheiten abhängen. Bei der Anordnung müssen Problemstellen wie Fenster und Türen oder enge Mauerabschnitte berücksichtigt werden, da sich hier unverfüllte Bereiche bilden können, die dann als Wärmebrücke wirken.

Dämmen über das Kleinlochverfahren

Ist eine Abdichtung der Hohlschicht am Kopfpunkt bereits vorhanden, so wird in der Regel das Kleinlochverfahren angewandt. Bei diesem Verfahren wird der Dämmstoff über Bohrlöcher mit einem Durchmesser von 20 – 30 mm in der Schnittstelle von Lager- und Stoßfuge der Vormauerschale eingebracht. Nach dem Verfüllen werden die Öffnungen wieder fachgerecht und farblich angepasst verfugt. Wird im Innenraum eine Sanierung durchgeführt, so ist es auch möglich, den Dämmstoff von innen einzubringen.

Dämmen über das Großlochverfahren

Sind die Fugen der Vormauerschale zu klein oder ist das Dämmmaterial nicht für das Kleinlochverfahren geeignet, so müssen ganze Steine entfernt werden, um das Dämmmaterial einzufüllen. Nach dem Verfüllen werden diese wieder fachgerecht eingesetzt und farblich passend verfugt.

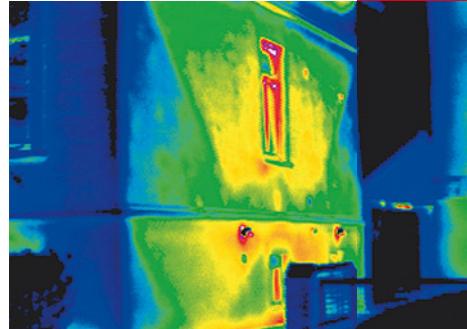
Qualitätskontrolle

Das Forschungsvorhaben hat gezeigt, dass eine Qualitätskontrolle der Dämmmaßnahme in jedem Fall zu empfehlen ist. An 17 Gebäuden erfolgte nach einer Dämmung eine Kontrolle durch Thermografieaufnahmen. Nach Auswertung wurden an 7 von 17 untersuchten Gebäuden Auffälligkeiten des Dämmmaterials vermutet. Aufgrund dieser Vermutung wurden die auf den Bildern sichtbaren „Fehlstellen“ mithilfe von Endoskopieaufnahmen überprüft. Auf diese Weise konnte bestätigt werden, dass sich in den vermuteten Bereichen kein Dämmmaterial befand. Derartige Auffälligkeiten entstehen zum Beispiel durch falsche Anordnung der Bohrungen beim Verfüllen oder durch Setzungen des Dämmmaterials. Sie wirken als Wärmebrücken, an denen Schimmelbildung möglich ist. In diesen Bereichen sollte nachverfüllt werden.

Mithilfe der Endoskopieuntersuchung konnte die Thermografie als eine empfehlenswerte Maßnahme zur Qualitätskontrolle, um Fehlstellen zuverlässig aufzudecken, bestätigt werden. Als Voraussetzung für eine aussagefähige Thermografie sollten folgende Randbedingungen eingehalten werden:

- Temperaturunterschied von ca. 15 Kelvin zwischen dem Innen- und dem Außenklima
- stabile Temperaturdifferenz
- keine Sonneneinstrahlung auf die zu untersuchenden Bauteile
- Abstrahlungen berücksichtigen (Nachbargebäude etc.)
- trockene Fassadenoberfläche (kein Niederschlag)
- Windstärke < 3 m/s.

Außerdem treten einige Auffälligkeiten erst nach einer gewissen Zeit auf, da sie durch Setzungen des Materials entstehen. Es wird daher empfohlen, die Thermografieaufnahmen nicht direkt nach der Dämmung durchzuführen, sondern bis zur nächsten Heizperiode zu warten.



Thermografieaufnahme mit sichtbaren Schwach-/Fehlstellen (qualitativ)



Endoskopieaufnahme → im Bereich der vermuteten Fehlstelle ist tatsächlich keine Dämmung vorhanden!

Dämmstoffe und ihre Eigenschaften (Stand Juli 2012)

Die Tabelle zeigt eine Auflistung aller derzeit zugelassenen Dämmstoffe für die nachträgliche Hohlräumdämmung und ihre Eigenschaften (nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassungen).

Dämmstoffeigenschaften nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung		Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Baustoffklasse (Brandverhalten)		fließfähig	Schüttdichte [kg/m³]		Setzmaß im Hohlräum [%]	Körnung [mm]		
			DIN 4102-1	EN 13501-1		lose	verdichtet				
Mineralwolle (MW)	ASTRATHERM Steinwolle-Granulat	0,039	A1	A1	Nein	75 - 130		—	—		
	ECOFIBRE KD	0,040	A1	A1	Nein	65 - 85					
	FILLROCK KD	0,040	A1	A1	Nein	80 - 150					
	Indi-Flock/Teko-Flock	0,038	A1	A1	Nein	80 - 100					
	Isomat Steinwolle granulat ISG	0,040	A1	A1	Nein	65 - 85					
	Paroc-lose Wolle BLT 7	0,040	A1	A1	Nein	65 - 85					
	Supafil	0,035	A1	A1	Nein	30 - 40					
Polystyrol	Partikelschaum- Granulat (EPS)	DämmPerl 035	0,035	B2	E	Ja	16 - 20		< 7	< 8	
		DuroPerl Plus	0,033	B2	E	Ja	18 - 22		—	< 6,3	
		Easy-Fill 034	0,034	B2	E	Ja	11 - 14		< 3	< 4	
		Easy-Fill 033	0,033	B2	E	Ja	19 - 24	20 - 24	< 2	< 4	
		GRANUBLOW 035	0,035	B2	D / E	Ja	16 - 20		< 3	< 6	
		GRANUBLOW 033	0,033	B2	D / E	Ja	18 - 22		< 3	< 6	
		H2 Wall/ isofloc H2 Wall	0,033	B2	E	Ja	16 - 18	18 - 20	—	4 - 7	
		JomaPerl	0,033	B2	E	Ja	20 - 25		< 5	< 6	
		RigiBead 035*	0,035	B2	D / E	Ja	16 - 20		< 3	< 6	
		RigiBead Premium 033	0,033	B2	D / E	Ja	18 - 22		< 3	< 6	
	Extruderschaum- Granulat (XPS)	Styrodämm	0,033	B2	E	Ja	16 - 20	18 - 22	< 2	4 - 6	
		Bodiflock XPS-Einblas granulat	0,040	B2	D / E	Ja	85 - 105		< 2	< 6	
Blähperlite	Perli-Fill	0,045	A1	A1	Ja	65 - 78		< 10	< 4		
	Perli-Fill F	0,040	A1	A1	Ja	40 - 50		< 10	< 1,5		
Polyurethan- Hartschaum	Granulat (PUR)	RATHIPUR Dämmgranulat KD	0,036	B2	D / E	Ja	30 - 40		< 6	—	
	Ortschaum (PUR)	DuroNova	0,027	B2	D / E	Nein	—		—	—	
Harnstoff- Formaldehyd-Harz-Ortschaum (UF)	Aminotherm	0,035	B2	D / E	Nein	—		—	—		
	Copa Therm	0,035	B2	D / E	Nein						
	Durolan*	0,035	B2	D / E	Nein						
	Eco-Schaum	0,040	B2	D / E	Nein						
	Plastoschaum	0,035	B2	D / E	Ja						
Blähglas	SLS 20*	0,035	0,040	A1	A1	Ja	18 - 30		< 10	0 - 2	
Aerogel	Nanogel Aerogel*	0,021		B1	B / C	Ja	75 - 80		< 10	< 4	

*Dämmstoffe, die im Rahmen des Forschungsvorhabens (nachträgliche Hohlräumdämmung) untersucht wurden.

Impressum

Herausgeber Jade Hochschule
Wilhelmshaven/**Oldenburg**/Elsfleth
Ofener Straße 16/19
26121 Oldenburg

Autoren Prof. Dr.-Ing. Heinrich Wigger
Dipl.-Ing. (FH) Kerstin Stölken
Dipl.-Ing. Britta Schreiber

Projektpartner Ingenieurbüro Reimers & Meyer
Bauplanung und Energieberatung

Monumentendienst
Info- und Wartungsdienst für historische Gebäude
Monumentendienst ist eine Initiative der gemeinnützigen Stiftung Kulturschatz
Bauernhof

EWE Aktiengesellschaft

Stadt Oldenburg
Amt für Umweltschutz und Bauordnung

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
CENTOS (Oldenburg Center for Sustainability Economics and Management)

Layout und Gestaltung mensch und umwelt
Büro für Gestaltung, Oldenburg

Druck Fraunhofer IRB Mediendienstleistungen

ISBN (Print): 978-3-8167-8714-3
(E-Book): 978-3-8167-8715-0

gefördert durch:



EUROPAISCHE UNION
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung



Arbeitsgruppe + Geschäftsstelle
Innovative Projekte
der angewandten Hochschulforschung
beim Ministerium für Wissenschaft
und Kultur
des Landes Niedersachsen
an der Fachhochschule Hannover



Niedersächsisches Ministerium
für Wissenschaft und Kultur



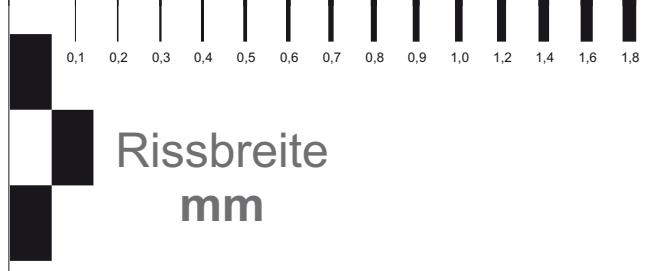
Institut für Materialprüfung

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.
Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürfen. Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

© by Fraunhofer IRB Verlag, 2012, Fraunhofer-Informationszentrum, Raum und Bau IRB, Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart,
Telefon (0711) 9 70-25 00, Telefax (0711) 9 70-25 08, E-Mail: irb@irb.fraunhofer.de, <http://www.baufachinformation.de>

Dieser Leitfaden wurde nach
bestem Wissen erarbeitet.
Rechtliche Ansprüche können aus dem
Inhalt nicht abgeleitet werden.
Änderungen vorbehalten.
Stand Juli 2012

*Unser Tipp:
Lassen Sie sich bei
einer Sanierungs-
maßnahme
von Fachplanern
beraten!*



Rissbreitenmaßstab

Die folgende Checkliste soll eine Hilfestellung im Rahmen einer nachträglichen Hohlräumdämmung bieten.
Nutzen Sie diese, um eine Dämmmaßnahme zu planen und die Ausführung Schritt für Schritt zu begleiten.

Erste Schritte		
Haben Sie einen qualifizierten Energieberater hinzugezogen?		<input type="checkbox"/>
Haben Sie sich über bundesweite und regionale Fördermöglichkeiten informiert?		<input type="checkbox"/>
Ist Ihr Gebäude denkmalgeschützt? Welchen Denkmalstatus hat das Gebäude?		
Kein Denkmal <input type="checkbox"/>	Einzeldenkmal <input type="checkbox"/>	Ensembleschutz <input type="checkbox"/>
	Haben Sie die Denkmalschutzbehörde mit einbezogen?	
	Einschränkungen:	
Dämmstoffe		
Sind weitere Umbaumaßnahmen geplant?		Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>
Soll es möglich sein, die Dämmung wieder zu entfernen?		Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>
Wahl des Dämmstoffes (nur Dämmstoffe mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung verwenden):		

Notwendige Bestandsaufnahme der ausführenden Firmen		
Haben Sie bei unterschiedlichen ausführenden Firmen angefragt?		<input type="checkbox"/>
Wurde der Zustand der Fassade kontrolliert?		<input type="checkbox"/>
Risse > 0,15 mm (ab dieser Rissbreite ist eine Sanierung erforderlich)		
Nicht vorhanden <input type="checkbox"/>	Vorhanden <input type="checkbox"/>	Saniert <input type="checkbox"/>
Sonstige Fehlstellen		
Nicht vorhanden <input type="checkbox"/>	Vorhanden <input type="checkbox"/>	Saniert <input type="checkbox"/>
Außenanstrich		
Nicht vorhanden <input type="checkbox"/>	Nicht berücksichtigt <input type="checkbox"/>	Berücksichtigt <input type="checkbox"/>
Diffusionswert der Außenfassade (Anstrich) bekannt?		<input type="checkbox"/>
Wurde eine Endoskopie der Hohlschicht (an allen Fassadenseiten) durchgeführt?		<input type="checkbox"/>
Breite der Hohlschicht:		_____ mm
Mörtelreste / Bauschutt		
Nicht vorhanden <input type="checkbox"/>	Vorhanden <input type="checkbox"/>	Entfernt <input type="checkbox"/>
Verankerung der Mauerschalen überprüft? (Siehe abZ der Dämmstoffe)		
Ausreichend, guter Zustand <input type="checkbox"/>	Unzureichend (korrodiert) <input type="checkbox"/>	Wurde verstärkt <input type="checkbox"/>
Horizontalsperre vorhanden?		
Nicht vorhanden <input type="checkbox"/>	Vorhanden <input type="checkbox"/>	Nicht untersucht <input type="checkbox"/>
Innenverkleidungen vorhanden? (Kontrolle des Innenmauerwerks nicht möglich)		
Nicht vorhanden <input type="checkbox"/>	Vorhanden <input type="checkbox"/>	Nicht untersucht <input type="checkbox"/>
Weitere Auffälligkeiten am Gebäude (Feuchtigkeiten, Salzausblühungen etc.)		
Nicht vorhanden <input type="checkbox"/>	Vorhanden <input type="checkbox"/>	Nicht untersucht <input type="checkbox"/>
Wurden konstruktive Einschränkungen berücksichtigt (z. B. Heizungsnischen, Verjüngung der Hohlschicht, Fensteranschlüsse)?		
Wurden Anschlussbereiche berücksichtigt (z. B. Ortgang, Flachdach)?		
Ist eine zusätzliche Dämmung der Fensterlaibungen erforderlich/möglich?		
Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	Nicht untersucht <input type="checkbox"/>
Wurden ergänzende Untersuchungen (Wärmebrücken, Diffusion) durchgeführt?		
(Erforderlich z. B. bei besonderen Randbedingungen)		
Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	Nicht erforderlich <input type="checkbox"/>
Qualitätskontrolle der Dämmmaßnahme		
Wurde eine Thermografieaufnahme als Qualitätskontrolle durchgeführt?		
Wurden dabei Auffälligkeiten gefunden?		Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>
Wenn Ja: Wurden diese mit Endoskopie überprüft?		<input type="checkbox"/>
Wenn Ja: Wurden die Auffälligkeiten ausgebessert?		<input type="checkbox"/>



Ofener Straße 16/19
26121 Oldenburg

ISBN 978-3-8167-8714-3



9 783816 787143

WWW.JADE-HS.DE