

**FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR FERTIGUNGSTECHNIK UND
ANGEWANDTE MATERIALFORSCHUNG IFAM**

NACHDÄMMUNG („AUFDOPELUNG“) ALTER WÄRMEDÄMMVERBUNDSYSTEME AN WOHNGEBÄUDEN

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert (Aktenzeichen SWD – 10.08.18.7-14.05) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt beim Autor.

Projektleiter: Architekt Dr.-Ing. Klaus-Dieter Clausnitzer

Bearbeiter:

Architekt Dr.-Ing. Klaus-Dieter Clausnitzer

Dipl.-Ing. Max Fette

Karen Janßen M.A.

Dr.-Ing. Stefan Lösch

JULI 2016

NACHDÄMMUNG („AUFDOPPELUNG“) ALTER WÄRMEDÄMMVERBUNDSYSTEME AN WOHNGEBÄUDEN

Autoren:

Dr.-Ing. Klaus-Dieter Clausnitzer, Dipl.-Ing. Max Fette, Karen Janßen M.A., Dr.-Ing. Stefan Lösch

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative „Zukunft Bau“ des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Aktenzeichen: SWD – 10.08.18.7 – 14.05) sowie der Unternehmen bzw. Geschäftreiche Brillux GmbH & Co. KG, DAW SE GB alsecco, DAW SE GB CAPAROL und Sto SE & Co KGaA gefördert.

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM
Abtlg. Energiesystemanalyse
Wiener Straße 12 | 28359 Bremen | Germany
Telefon + 49 421 2246-7021
klaus-dieter.clausnitzer@ifam.fraunhofer.de

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 10 |
| 1.1 | Kontext der Studie | 10 |
| 1.2 | Ziele und Aufgaben..... | 10 |
| 1.3 | Methoden | 10 |
| 1.4 | Danksagung | 11 |
| 2 | Anforderungen an die Aufdoppelung von Wärmedämmverbundsystemen | 12 |
| 2.1 | Bauaufsichtliche Zulassung | 12 |
| 2.2 | Brandschutz..... | 14 |
| 2.3 | Tragfähigkeit | 18 |
| 2.4 | Energieeinsparung und Wärmeschutz..... | 21 |
| 2.5 | Klimabedingter Feuchteschutz..... | 26 |
| 2.6 | Ausführung und Anschlüsse an andere Bauteile | 28 |
| 2.7 | Schallschutz..... | 31 |
| 3 | Erfahrungen mit der Aufdoppelung von älteren Wärmedämmverbundsystemen..... | 33 |
| 3.1 | Methodik..... | 33 |
| 3.2 | Ergebnisse | 33 |
| 3.3 | Kosten und Finanzierung..... | 39 |
| 3.4 | Beurteilung der Aufdoppelung | 39 |
| 4 | Markt und Potentiale | 41 |
| 4.1 | Eingrenzung | 41 |
| 4.2 | Welche Dämmqualität ist ausreichend bzw. unzureichend? | 41 |
| 4.3 | Methodik..... | 43 |
| 4.4 | Ergebnisse | 43 |
| 5 | Wirtschaftlichkeit..... | 53 |
| 5.1 | Modellrechnungen zur Energieeinsparung | 53 |
| 5.2 | Wirtschaftlichkeit | 55 |
| 6 | Nachhaltigkeit und Gestaltung | 64 |
| 6.1 | Nachhaltigkeit..... | 64 |
| 6.2 | Gestaltung..... | 70 |
| 7 | Kurzfassung..... | 77 |

| | |
|------------------------|-----------|
| Literatur | 84 |
|------------------------|-----------|

Anlagen

| | |
|----------|---|
| Anlage 1 | Fragebogen der Befragung zu Erfahrungen mit Aufdoppelung |
| Anlage 2 | Detaillierte Ergebnisse einer Befragung von Hauseigentümern zu ihren Erfahrungen mit der Aufdoppelung alter Wärmedämmverbundsysteme |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|---------------------|--|----|
| Abbildung 1 | Anforderungen an die Lage von Brandriegeln bei schwerentflammbaren WDVS mit EPS-Dämmstoff mit Dicken bis maximal 300 mm | 18 |
| Abbildung 2 | Montage von Accessoires an WDVS | 20 |
| Abbildung 3 | Anforderungen der EnEV an die Änderung von Außenwänden .. | 23 |
| Abbildung 4 | Verlegung | 28 |
| Abbildung 5 | Dübelung | 29 |
| Abbildung 6 | Aufdoppelung WDVS im Bereich Fenstersturz | 30 |
| Abbildung 7 | Abschlussleiste/Sockelprofil als unterer WDVS Abschluss | 31 |
| Abbildung 8 | Siedlungsform des Standorts von Gebäuden, bei denen ein Alt-WDVS aufgedoppelt wurde | 34 |
| Abbildung 9 | Gründe für die Aufdoppelung | 35 |
| Abbildung 10 | U-Werte vor und nach der Aufdoppelung | 37 |
| Abbildung 11 | Dämmschichtdicken im Überblick | 38 |
| Abbildung 12 | Akzeptanz im Überblick | 40 |
| Abbildung 13 | Mit WDVS gedämmte Wandfläche in Deutschland | 44 |
| Abbildung 14 | WDVS-gedämmte Wandflächen nach zusammengefassten Zeiträumen der Herstellung der WDV-Systeme | 44 |
| Abbildung 15 | Durchschnittliche Dämmstoffdicke von WDVS | 45 |
| Abbildung 16 | Dämmschichtdicken der Außenwanddämmung von Wohngebäuden mit Dämmschicht an der Außenwand in Prozent im Jahr 2009 | 46 |
| Abbildung 17 | Zeitlicher Verlauf der Erschließung der Potenziale einer Aufdoppelung alter WDVS an Wohngebäuden in Deutschland .. | 52 |

| | | |
|---------------------|--|----|
| Abbildung 18 | Entwicklung der Kapitalwerte aus Mietersicht in Abhängigkeit von der Modernisierungsumlage | 61 |
| Abbildung 19 | Grundsätze des nachhaltigen Bauens | 65 |
| Abbildung 20 | Primärenergieeinsatz bei der Herstellung im Vergleich zur Primärenergieeinsparung während einer angenommenen Nutzungsdauer der Aufdoppelung von 40 Jahren | 67 |
| Abbildung 21 | Gestaltung durch unterschiedliche Putzstrukturen (hier: Kammputz, Rollputz/Walzenoptik) | 71 |
| Abbildung 22 | Farbliche Akzentuierung: Alte Kaserne in Ebern | 71 |
| Abbildung 23 | Neugestaltung eines Plattenbaus in Berlin-Henningsdorf | 72 |
| Abbildung 24 | Aufdoppelung mit farblicher Neugestaltung: Geislingen | 73 |
| Abbildung 25 | Aufdoppelung mit farblicher Neugestaltung: Neumarkt | 74 |
| Abbildung 26 | Fassadenrelief an einem Gebäude in München | 75 |
| Abbildung 27 | Gestaltung mit Klinkerbelag | 75 |
| Abbildung 28 | WDVS-gedämmte Wandflächen nach Errichtungsjahr | 79 |
| Abbildung 29 | Gründe für die Aufdoppelung | 82 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-------------------|--|----|
| Tabelle 1 | Brandklassifizierung des Gesamtsystems aus Alt-WDVS und Aufdoppelung | 15 |
| Tabelle 2 | Gesamtgewicht der Putzbekleidungen von Alt- und Neusystemen | 21 |
| Tabelle 3 | Energiesparrechtliche Anforderungen für Außenwände von Wohngebäuden nach 1983 | 24 |
| Tabelle 4 | Auf Probleme beim klimabedingten Feuchteschutz untersuchte Varianten der Aufdoppelung von WDVS | 27 |
| Tabelle 5 | Typische U-Werte von Außenwänden mit WDV-Systemen | 42 |
| Tabelle 6 | Wohngebäude mit WDVS | 47 |
| Tabelle 7 | Potenzial an End-, Primärenergie und CO_{2e}-Einsparung im Jahr 2030 gegenüber 2015 bei Aufdoppelung alter, unzureichender WDVS bei Wohngebäuden in Deutschland | 50 |
| Tabelle 8 | Endenergieeinsparung im Zeitverlauf bei Erschließung der realistischen Potentiale von Aufdoppelungen in der Systematik des NAPE | 51 |
| Tabelle 9 | Randbedingungen der Berechnung der Energieeinsparung durch Aufdoppelung an Modellgebäuden | 53 |
| Tabelle 10 | Ergebnisse der Berechnung der Energieeinsparung durch Aufdoppelung an Modellgebäuden, Bezug Gebäudenutzfläche | 54 |
| Tabelle 11 | Ergebnisse der Berechnung der Energieeinsparung durch Aufdoppelung an Modellgebäuden, Bezug Bauteilfläche Außenwand | 55 |
| Tabelle 12 | Modernisierungsumlage | 57 |
| Tabelle 13 | Mehreinnahmen (Summe und Kapitalwerte) aus Vermietersicht | 58 |
| Tabelle 14 | Einsparungen und Mehrausgaben (Summe und Kapitalwerte) aus Mietersicht | 59 |

| | | |
|-------------------|--|-----------|
| Tabelle 15 | Einsparungen und Mehrausgaben (Summe und Kapitalwerte) aus volkswirtschaftlicher Sicht..... | 60 |
| Tabelle 16 | Kapitalwerte mit unterschiedlichen Modernisierungsanteilen ... | 61 |
| Tabelle 17 | Kapitalwerte aus Mietersicht mit größeren Energiepreis-Steigerungsraten | 62 |
| Tabelle 18 | Potenzial an End-, Primärenergie und CO_{2e}-Einsparung im Jahr 2030 gegenüber 2015 bei Aufdoppelung alter, unzureichender WDVS bei Wohngebäuden in Deutschland | 80 |
| Tabelle 19 | Endenergieeinsparung im Zeitverlauf bei Erschließung der realistischen Potentiale von Aufdoppelungen in der Systematik des NAPE | 81 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---------------|--|
| AV-Verhältnis | Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis |
| EEPS | elastifiziertes expandiertes Polystyrol |
| EnEV | Energieeinsparverordnung |
| EPS | expandiertes Polystyrol |
| ETAG | European Technical Approval Guidelines |
| HBCD | Hexabromcyclododecan |
| HWL | Holzwohle-Leichtbauplatte |
| k-Wert | Wärmedurchgangskoeffizient ($W/m^2 \cdot K$) (veraltete Bezeichnung) |
| λ | Wärmeleitfähigkeit ($W/m \cdot K$) |
| NAPE | Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz 2014 der Bundesregierung |
| MW | Mineralwolle |
| POP | persistent organic pollutant (langlebige organische Schadstoffe) |
| s_d | diffusionsäquivalente Luftschichtdicke |
| U-Wert | Wärmedurchgangskoeffizient ($W/m^2 \cdot K$) (aktuelle Bezeichnung) |
| WDVS | Wärmedämmverbundsystem |

1 Einleitung

1.1 Kontext der Studie

Um die Klimaschutzziele der Bundesregierung zu erreichen, müssen Millionen von Hauseigentümern Entscheidungen treffen, ob und wie sie ihre Gebäude fit für die Zukunft machen. Wichtige Voraussetzungen für diese Entscheidungen sind unabhängige und verlässliche Informationen zu in Frage kommenden Maßnahmen, zu Randbedingungen (z.B. baurechtliche und bauphysikalische), zu Wirkungen (z.B. zur Energieeinsparung) und zur Wirtschaftlichkeit. Für die Energiepolitik auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene ist ferner wichtig, welchen Beitrag einzelne Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele leisten könnten. Nur mit diesem Wissen kann die Politik die richtigen Rahmenbedingungen setzen (z.B. durch Förderung und Ordnungsrecht), damit die Entscheidungen der Hauseigentümer adäquat unterstützt werden können.

Im Bereich der Heizung ist es mittlerweile selbstverständlich, Heiztechnik der dritten Generation¹ durch die vierte Generation (Brennwertkessel und Wärmepumpen) zu ersetzen. Im Bereich des Wärmeschutzes besteht hier ein Rückstand: Zwar sind seit den 1980er Jahren bereits zahlreiche ungedämmte Außenwandflächen (erste Generation) nachträglich wärmedämmend geworden (zweite Generation), viele davon jedoch in aus heutiger Sicht unzureichender Dämmstärke und -qualität. Im Verlauf der Standzeit eines Gebäudes ergeben sich jedoch Gelegenheiten für eine erneute Verstärkung des Wärmeschutzes der Außenwände, z.B. dann, wenn ein neuer Anstrich vorgenommen werden muss.

1.2 Ziele und Aufgaben

Die vorliegende Studie setzt am oben geschilderten Kontext an. Ziele und Aufgaben waren vor allem

- die Beschreibung der Randbedingungen (rechtliche, bauphysikalische und technische),
- die Erforschung der Potenziale der Aufdoppelung älterer Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) an Wohngebäuden auf der Zeitachse bis 2030 (Flächen, Energie-sparwirkung, CO₂-Reduktion),
- die Erforschung der Erfahrungen mit WDVS-Aufdoppelung,
- die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von WDVS-Aufdoppelung,
- die Verbreitung der Ergebnisse in der (Fach-)Öffentlichkeit.

1.3 Methoden

Alle Methoden kamen für diese Studie zum Einsatz: die Literaturrecherche und Dokumentenanalyse, Experteninterviews, ingenieurwissenschaftliche Berechnungen, ökonomische Berechnungen und die Erhebung von Daten durch eine standardisierte schriftliche Befragung.

¹ erste Generation: Öfen, zweite Generation: Standardkessel, dritte Generation: Niedertemperaturkessel

1.4 Danksagung

Diese Studie wurde durch eine Förderung im Rahmen des Programms „Zukunft Bau“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit ermöglicht. Herzlicher Dank gebührt insbesondere Herrn Hans-Dieter Hegner (ehemals Leiter des Referats B I 5) insbesondere für seine Weitsicht, das Thema „Aufdoppelung“ bereits jetzt auf die Tagesordnung zu setzen.

Das Programm „Zukunft Bau“ wird durch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) betreut. Von hier erfuhren wir Unterstützung bei der Antragstellung und der Abwicklung des Projekts. Dank gebührt hier insbesondere Helga Kühnhenrich, Guido Hagel, Kurt Speelmans, Inken Pfrengle und – als vom BBSR beauftragten externen Betreuer – Steffen Kisseler.

Durch das Programm „Zukunft Bau“ werden max. 70 % der Projektkosten gefördert. Die übrigen mindestens 30 % müssen durch Partner beigesteuert werden. Besonderer Dank gebührt in diesem Zusammenhang Wolfgang Setzler (ehemals Geschäftsführer des Fachverbands Wärmedämmverbundsysteme), der zum einen die Kontakte zu vier einschlägigen WDV-Systemherstellern vermittelte und zum anderen das Projekt tatkräftig mit Lieferung von Informationen unterstützte. Seine Arbeit wird seit Mitte 2015 fortgeführt durch Ralf Pasker, dem wir ebenfalls eine Vielzahl von „Insiderinformationen“ verdanken und der durch seinen kritischen Blick nicht unerheblich zur Verbesserung dieser Studie beitrug.

Besonderer Dank gebührt vier (drei) Herstellern² von Wärmedämmverbundsystemen, nämlich den Firmen (in alphabetischer Reihenfolge) mit ihren Repräsentanten für dieses Projekt

- Brillux GmbH & Co. KG, Mark-Otto Grünefeldt,
- DAW SE Geschäftsbereich alsecco, Matthias Brox,
- DAW SE Geschäftsbereich CAPAROL, Oliver Berg,
- Sto SE & Co. KGaA, Markus Kammerer.

Erst diese Unternehmen ermöglichten durch finanzielle Beiträge, den Einsatz von Personal- und Sachkosten und sehr viele Informationen stellvertretend für die ganze WDVS-Branche diese Studie! Herzlichsten Dank dafür!

Ebenfalls besonderer Dank gebührt Ingrid Vogler vom GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen. Sie hat durch ihre Mitwirkung im „Begleitenden Arbeitskreis“ ebenfalls sehr unterstützend gewirkt und viele Informationen beigesteuert.

Last but not least sind wir den Unternehmen zu Dank verpflichtet, die im Rahmen unserer Befragung von Aufdoppelern mitgewirkt haben: Sei es als ausführender Betrieb, der die Befragungsunterlagen weitergeleitet hat, oder als Endkunde (meist Wohnungsunternehmen), der den Fragebogen letztendlich ausfüllte: Noch einmal herzlicher Dank!

Und allen, die auch noch mitwirkten - z.B. FhG-intern und bei den Industriepartnern: ebenfalls herzlicher Dank!

² im Verlauf der Studie wurden die ehemals eigenständigen Firmen CAPAROL und alsecco unter einem Dach zusammengeführt

2 Anforderungen an die Aufdoppelung von Wärmedämmverbundsystemen

Bei der Aufdoppelung alter Wärmedämmverbundsysteme sind Anforderungen aus unterschiedlichen Disziplinen zu beachten. Auf die folgenden wird in den Unterkapiteln eingegangen:

1. Bauaufsichtliche Zulassung,
2. Brandschutz,
3. Standsicherheit und Tragfähigkeit,
4. Energieeinsparung und Wärmeschutz,
5. Klimabedingter Feuchteschutz,
6. Ausführung und Anschluss an andere Bauteile,
7. Schallschutz.

2.1 Bauaufsichtliche Zulassung

2.1.1 Einleitung

In der Musterbauordnung [Bauministerkonferenz, 2012] ist geregelt, dass Bauprodukte, für die die technischen Regeln in der Bauregelliste A nach Absatz 2 [DIBt, 2015d] bekannt gemacht worden sind und die von diesen wesentlich abweichen oder für die es technische Baubestimmungen oder allgemein anerkannte Regeln der Technik nicht gibt (nicht geregelte Bauprodukte),

- eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (§ 18),
- ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (§ 19) oder
- eine Zustimmung im Einzelfall (§ 20).

haben müssen. Ausgenommen sind nach [Bauministerkonferenz, 2012] Bauprodukte, die nur eine untergeordnete Bedeutung haben und die das Deutsche Institut für Bautechnik im Einvernehmen mit der obersten Bauaufsichtsbehörde in einer Liste C [DIBt, 2015d] öffentlich bekannt gemacht hat.

Wärmedämmverbundsysteme zählen zu den Bauprodukten, für die kein bauaufsichtliches Prüfzeugnis vorgesehen ist, da sie von den technischen Regeln der Bauregellisten abweichen [DIBt, 2015d]. Für diese Produkte kann eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erteilt werden. Zurzeit gibt es 12 bauaufsichtliche Zulassungen zur Aufdoppelung von WDVS, wobei die Verbandszulassung des Fachverbands WDV-Systeme [DiBt, 2014b] die Verwendung von 39 zugelassenen WDVS für den Anwendungsfall der Aufdoppelung regelt.

Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung dient einerseits dem Hersteller als Nachweis, dass sein Bauprodukt bzw. seine Bauart in Deutschland entsprechend der jeweiligen Landesbauordnung verwendet bzw. angewandt werden darf. Sie dient andererseits dem Planer bzw. Anwender, Klarheit über die Zulässigkeit der Anwendung eines bestimmten Bauprodukts zu erhalten.

Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung von WDVS zur Aufdoppelung kann nur vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) erfolgen. Der Geltungsbereich für Aufdoppelungssysteme ist Deutschland. Die Gültigkeit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung ist in der Regel auf 5 Jahre begrenzt. Es kann aber ein Antrag auf Verlängerung gestellt werden [DIBt, 2014d].

Nach [DIBt, 2014b] wird „die allgemeine baurechtliche Zulassung (...) unbeschadet der Rechte Dritter erteilt und ersetzt nicht die für die Durchführung von Bauvorhaben gesetzlich vorgeschriebenen Genehmigungen, Zustimmungen und Bescheinigungen“. Wichtig ist zudem, dass die bauaufsichtliche Zulassung widerruflich erteilt wird und, dass sie nachträglich ergänzt und geändert werden kann, insbesondere wenn neue technische Erkenntnisse dies erfordern [DIBt, 2014b].

Vor Erteilung einer allgemeinen baurechtlichen Zulassung für ein Bauprodukt oder einer Bauart werden folgende Aspekte geprüft [DIBt, 2016]:

- Schutz gegen schädliche Einflüsse,
- Gesundheitsschutz und Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen,
- Brandschutz,
- Wärme-, Schall- und Erschütterungsschutz,
- Verkehrssicherheit.

2.1.2 Bauaufsichtliche Zulassung zur Aufdoppelung von Wärmedämm-Verbundsystemen

Die Aufdoppelung eines bestehenden WDVS darf nur mit zugelassenen Produkten durchgeführt werden. Solche zugelassenen Bauprodukte bzw. Bauarten gibt es:

Das DIBt hat mit allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen unter den Zulassungsnummern Z-33.49-xxx (sowie Änderungs- und Ergänzungsbescheiden aus dem Herbst 2015) Wärmedämm-Verbundsysteme zur Aufdoppelung auf bestehende Wärmedämmverbundsysteme oder Holzwohle-Leichtbauplatten allgemein bauaufsichtlich zugelassen, die nach den Bestimmungen dieser Zulassungen verwendet bzw. angewendet werden. Für einzelne Systeme gab es Zulassungen schon vor 2014.

Diese Aufdoppelungs-Zulassungen gelten jeweils nur in Verbindung mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung mit der Nummer Z-33.43-xxx „Wärmedämm-Verbundsysteme mit angedübeltem und angeklebtem Wärmedämmstoff“ oder Z-33.84-xxx „Wärmedämm-Verbundsystem nach ETA-“. Diese Zulassungen sowie die jeweiligen Bescheide über die Änderung und Ergänzung selbiger (z.B. [DIBt, 2015e]) beschreiben sämtliche vom Systemhalter vorgesehenen und im Gesamtsystem geprüften Komponenten (Kleber, Dübel, Dämmung, Armierungsschicht, Außenputz) sowie z. B. die brandschutzrelevanten Eigenschaften und die ggf. einzubauenden Schutzmaßnahmen.

Auf die brandschutztechnischen Bestimmungen wird im Kapitel 2.2 näher eingegangen.

Die folgenden Punkte führen ausgewählte Bestimmungen der [DIBt, 2014b] auf, die teilweise auch für die Anwendung nicht aufgedoppelter WDVS gelten:

- Das bestehende Altsystem muss auf Mauerwerk oder Beton mit oder ohne Putz angeklebt oder angeklebt und durch Dübel zusätzlich befestigt sein.

- Die Art und der Zustand des vorhandenen Wandaufbaus, einschließlich Altsystem bzw. HWL-Platten, dessen Standsicherheit sowie Tragfähigkeit und die Tauglichkeit für eine Aufdoppelung, sind in jedem Fall rechtzeitig vorher durch einen Sachkundigen feststellen zu lassen. Dabei sind das Eigengewicht des Altsystems, insbesondere der Putzbekleidung, sowie die vorhandene Dämmstoffdicke bzw. Holzwolle-Leichtbauplattendicken zu ermitteln.
- Für die Mindestanzahl der erforderlichen Dübel sowie die Anordnung der Dübel gilt die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des zur Anwendung kommenden Neusystems.
- Die Wand unter dem WDVS (Altsystem) bzw. den HWL-Platten muss eine ausreichende Tragfähigkeit für den Einsatz von Dübeln besitzen. Bei einem Untergrund aus Mauerwerk nach DIN 1053 ohne Putz oder Beton nach DIN 1045 ohne Putz kann eine ausreichende Festigkeit in der Regel ohne weitere Nachweise vorausgesetzt werden (zum Thema Tragfähigkeit siehe Kapitel 2.3).
- Die zulässige Gebäudehöhe ergibt sich aus dem Standsicherheitsnachweis, sofern sich aus den jeweils geltenden Brandschutzvorschriften der Länder nicht geringere Gebäudehöhen ergeben.
- Mehrfache Aufdoppelungen sowie Aufdoppelungen von WDVS mit Schienenbefestigung sind nicht zulässig.
- Die Gesamtdicke des Dämmstoffs (Gesamtsystem) darf 200 mm grundsätzlich nicht überschreiten. Ausgenommen davon sind Gesamtsysteme mit Dämmstoff nur aus EPS-Platten (Alt- und Neusystem) und Neusysteme mit EPS-Platten aufgedoppelt auf HWL-Platten, für die eine maximale Gesamtdämmstoffdicke von 400 mm zulässig ist.
- Dehnungsfugen zwischen Gebäudeteilen müssen mit Dehnungsprofilen im WDVS berücksichtigt werden.
- Für Anforderungen an den Schallschutz gilt DIN 4109 (Schallschutz im Hochbau).
- Die Dämmplatten sind durch geeignete Maßnahmen vor Feuchtigkeitsaufnahme zu schützen, insbesondere bei Lagerung auf der Baustelle und vor dem Aufbringen der Putzbekleidung.
- Die Oberfläche des Untergrundes (Putzbekleidung des Altsystems bzw. HWL-Platte mit oder ohne Putz) muss eben, trocken, fett- und staubfrei sein.

Aufgrund eines EugH-Urteils bzgl. des Nachregelns von Bauprodukten, die ein CE-Zeichen tragen, durch das DiBt wird es ab Herbst 2016 Veränderungen beim bauordnungsrechtlichen Rahmen geben, u.a. durch Änderung der Landesbauordnungen. Für die meisten WDVS wird nach derzeitigem Kenntnisstand die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung weiterhin gelten. [Pasker, 2016]

2.2 Brandschutz

Wird ein WDVS aufgedoppelt, müssen selbstverständlich geltende Brandschutzanforderungen eingehalten werden. Diese sind jedoch nicht für alle Gebäude einheitlich: Zum Beispiel bestehen bei Mehrfamilienhäusern andere Anforderungen als bei Wohngebäuden, deren oberster Fußboden maximal sieben Meter über dem Erdboden liegt. Auch müssen beispielsweise bei Mehrfamilienhäusern bis 22 m Höhe die Außenwandbekleidungen mindestens schwerentflammbar ausgebildet werden.

Für WDVS-Aufdoppelungen sind allgemeine Anforderungen und Einstufungen in [DIBt, 2014b] niedergelegt. Aus der Tabelle 1 ist ersichtlich, dass sich die Brandklassifizierung aufgedoppelter Systeme nach dem schwächsten Glied richtet: ein normalentflammbares Alt-System kann durch eine Aufdoppelung mit einem nichtbrennbaren System nicht zu einem schwerentflammbaren System gemacht werden.

Tabelle 1 Brandklassifizierung des Gesamtsystems aus Alt-WDVS und Aufdoppelung

| Brandklassifizierung des Altsystems /HWL-Platte | Brandklassifizierung des Neusystems | Brandklassifizierung des Gesamtsystems |
|---|-------------------------------------|--|
| normalentflammbar | normalentflammbar | normalentflammbar |
| | schwerentflammbar | |
| | nichtbrennbar | |
| schwerentflammbar | normalentflammbar | normalentflammbar |
| | schwerentflammbar | schwerentflammbar |
| | nichtbrennbar | |
| nichtbrennbar | normalentflammbar | normalentflammbar |
| | schwerentflammbar | schwerentflammbar |
| | nichtbrennbar | nichtbrennbar |

Quelle: [DIBt, 2014b]

Nichtbrennbar sind i.d.R. WDV-Systeme mit Mineralwolle-Dämmplatten.

Zusätzlich zu den Einstufungen nach Tabelle 1 gelten nach [DIBt, 2014b] weitere Bestimmungen:

- Wird das Gesamtsystem mit einer Gesamtdämmstoffdicke > 300 mm ausgeführt, so ist es normalentflammbar.
- Die Schwerentflammbarkeit des Gesamtsystems, bestehend aus einem Alt- und/oder Neusystem mit EPS-Platten (Gesamtdämmstoffdicke über 100 mm bis 300 mm) oder HWL-Platten und einem Neusystem mit EPS-Platten (Gesamtdämmstoffdicke über 100 mm bis 300 mm) ist nur dann nachgewiesen, wenn die Ausführung des WDVS entsprechend der in [DIBt, 2014b, Abschnitt 4.6.2] bestimmten Maßnahmen erfolgt, andernfalls wird es als normalentflammbar eingestuft.

Abweichend von den Bestimmungen in [DIBt, 2014b] kann es für einzelne Systeme andere, in ihren jeweiligen bauaufsichtlichen Zulassungen festgelegte, Bedingungen geben.

Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) hat ergänzend im Mai 2015 nachstehende Regeln aufgestellt, um WDVS noch widerstandsfähiger gegenüber einer außerhalb des Gebäudes und in unmittelbarer Nähe zur Fassade wirkende Brandbeanspruchung zu machen [DIBt, 2015c]. Diese Regeln gelten für Systeme mit dem Dämmstoff EPS. Im Folgenden werden nur die Anforderungen an Aufdoppelungs-Systeme wiedergegeben.³ Die dargestellten Regelungen wurden mit Wirkung vom 1.1.2016 durch Änderungs- und Ergänzungsbescheide in alle relevanten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen eingeführt und sind somit bindend.

³ hier folgen bis inklusive Abbildung 1 Zitate aus [DIBt, 2015c] oder Textpassagen, die sich an [DIBt, 2015c] anlehnen. Einzelne Worte wurden verändert, manche Sätze etwas umgestellt und z.T. Kurzzeichen verwendet.

WDVS mit angeklebtem und zusätzlich angedübeltem EPS-Dämmstoff mit Putzschicht auf bestehenden WDVS mit EPS- oder Mineralwolle-Dämmstoff oder auf Holzwolle-Leichtbauplatten

Zu den bisher in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen vorgeschriebenen Brandschutzmaßnahmen müssen zusätzlich gebäudeumlaufende Brandriegel als Schutzmaßnahme gegen eine Brandeinwirkung von außerhalb des Gebäudes wie folgt angeordnet werden:

1. Erster Brandriegel an der Unterkante des WDVS bzw. maximal 90 cm über Geländeoberkante oder genutzten angrenzenden horizontalen Gebäudeteilen.
2. Zweiter Brandriegel ist in Höhe der Decke des 1. Geschosses (Erdgeschossdecke) über Geländeoberkante oder angrenzenden horizontalen Gebäudeteilen nach Nr. 1, jedoch zu dem darunter angeordneten Brandriegel mit einem Achsabstand von nicht mehr als 3 m, einzubauen. Bei größeren Abständen sind zusätzliche Brandriegel einzubauen.
3. Weiterer Brandriegel in Höhe der Decke des 3. Geschosses über Geländeoberkante oder angrenzender horizontaler Gebäudeteile nach Nr. 1, jedoch zu dem darunter angeordneten Brandriegel mit einem Achsabstand von nicht mehr als 8 m. Bei größeren Abständen sind zusätzliche Brandriegel einzubauen.
4. Weitere Brandriegel an Übergängen der Außenwand zu horizontalen Flächen (z. B. Durchgängen, -fahrten, Arkaden), soweit diese in dem durch einen Brand von außen beanspruchten Bereich des 1. bis 3. Geschosses liegen.

Die Brandriegel müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- Höhe ≥ 200 mm,
- nichtbrennbare Mineralwolle-Lamellenstreifen, Klassen A1, A2 nach DIN 4102-1 oder A1, A2-s1, d0 nach DIN EN 13501-1 nicht glimmend, aus Steinfasern mit einem Schmelzpunkt ≥ 1.000 °C mit einer Rohdichte zwischen 60 und 100 kg/m³ (alternativ nach [DiBt, 2016b]: nichtbrennbare Mineralwolle-Platten, Baustoffklassen A1 oder A2 nach DIN 4102-1 bzw. Klasse A1 oder A2-s1, d0 nach DIN EN 13501-1, nicht glimmend, hergestellt aus Steinfasern mit einem Schmelzpunkt von mindestens 1.000 °C, mit einer Rohdichte von ≥ 90 kg/m³ und einer Quersugssteifigkeit von ≥ 5 kPa als Mittelwert),
- mit mineralischem Klebemörtel (Bindemittel Kalk und/oder Zement) vollflächig angeklebt und
- zusätzlich mit WDVS-Dübeln angedübelt sein,
- Verdübelung mit zugelassenen WDVS-Dübeln bestehend aus Dübelteller und Hülse aus Kunststoff sowie Spreizelement aus Stahl, Durchmesser des Dübeltellers ≥ 60 mm, Rand- und Zwischenabstände der Dübel > 10 cm nach oben und unten, ≤ 15 cm zu den seitlichen Rändern eines Brandriegel-Streifenelements sowie ≤ 45 cm zum benachbarten Dübel.

Weiterhin ist ein Brandriegel (wie vorstehend beschrieben) maximal 1,0 m unterhalb von angrenzenden brennbaren Bauprodukten (z.B. am oberen Abschluss des WDVS unterhalb eines Daches) in der Dämmebene des WDVS anzuordnen. Dieser Brandriegel ist mit einem Klebemörtel vollflächig anzukleben; eine zusätzliche Verdübelung mit zugelassenen WDVS-Dübeln ist nur auszuführen, wenn sie zur Aufnahme der Lasten aus Winddruck (Windsog) benötigt wird.

Das applizierte WDVS muss von der Unterkante des WDVS bis mindestens zur Höhe des Brandriegels nach Nr. 3 folgende Anforderungen erfüllen:

- Mindestdicke des Putzsystems (Oberputz + Unterputz) von 4 mm, bei Ausführung vorgefertigter, klinkerartiger Putzteile („Flachverblender“) Dicke des Unterputzes ≥ 4 mm,
- an Gebäudeinnenecken sind in den bewehrten Unterputz Eckwinkel aus Glasfasergewebe, Flächengewicht 280 g/m^2 und Reißfestigkeit $> 2,3 \text{ kN/5 cm}$ (im Anlieferungszustand) einzuarbeiten,
- Verwendung von EPS mit einer Rohdichte max. 25 kg/m^3 und
- Verwendung eines Armierungsgewebes mit einem Flächengewicht von $\geq 150 \text{ g/m}^2$.

Bei Ausführung mit einer Gesamtdämmstoffdicke bis 300 mm müssen die Dämmstoffe des Alt-WDVS bzw. die HWL-Platten im Bereich der Brandriegel komplett ausgefräst und die Brandriegel unmittelbar auf der tragenden massiv mineralischen Wand befestigt werden.

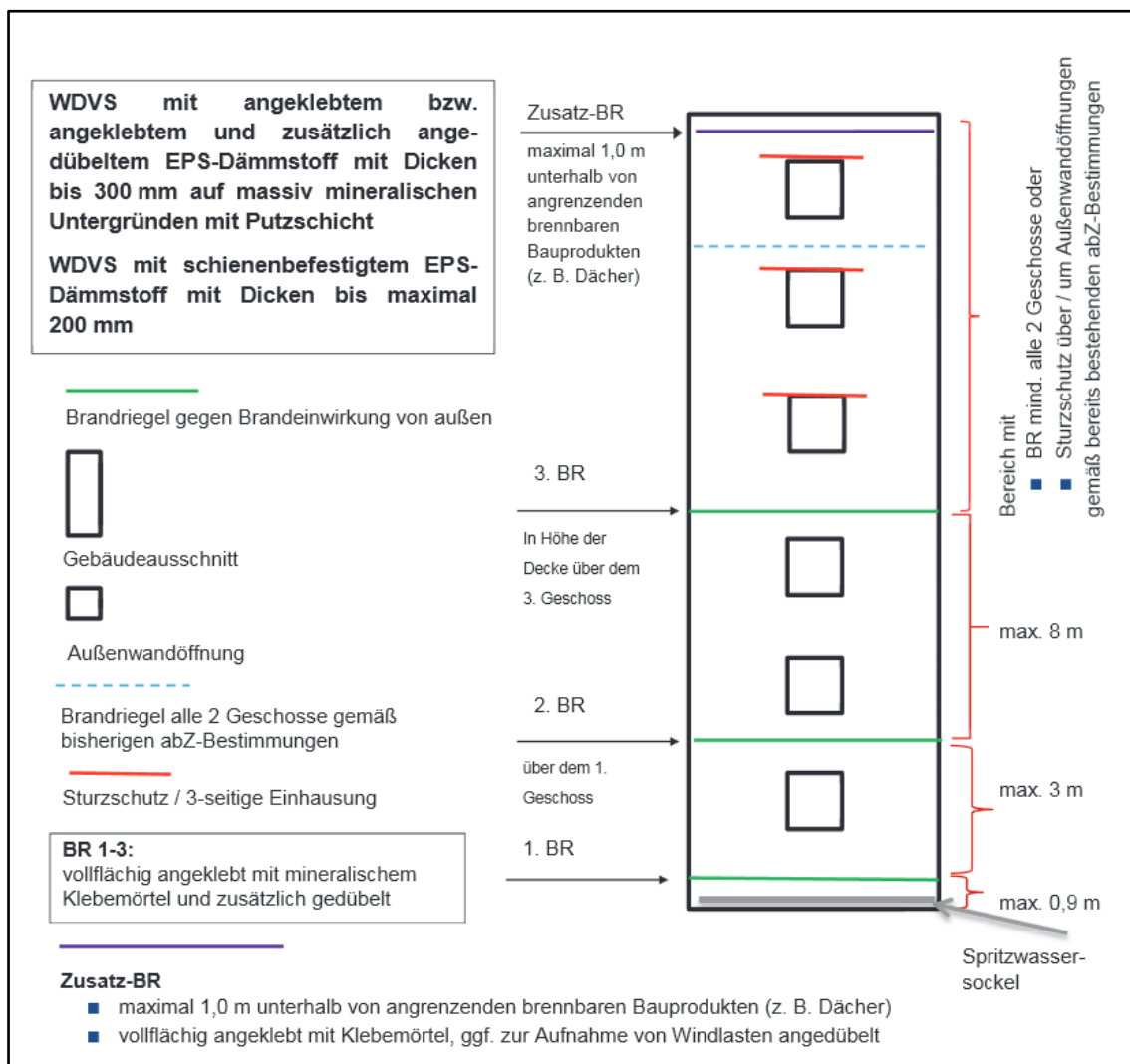
Sofern eine Dämmstoffdicke von mehr als 300 mm ausgeführt wird, gelten spezielle Vorschriften, siehe [DIBt, 2015c, Abschnitt G].

Einen Überblick über die Anforderungen an schwerentflammbare WDVS mit EPS-Dämmstoff mit Dicken bis maximal 300 mm gibt Abbildung 1.

Das DIBt empfiehlt weiterhin, einen Mindestabstand von drei Metern zwischen Fassade und der Lagerung von brennbaren Materialien einzuhalten. Direkt am Gebäude stehende Müllcontainer oder Mülltonnen aus Kunststoff sollten in geschlossenen, nichtbrennbaren Einhausungen untergebracht werden [DIBt, 2015b].

Durch die neuen Anforderungen bezüglich konstruktiver Brandschutzmaßnahmen bei WDVS mit EPS-Dämmstoffen erfolgt im Zuge der Aufdoppelung i.d.R. eine Verbesserung des Schutzniveaus.

Abbildung 1 Anforderungen an die Lage von Brandriegeln bei schwerentflammbareren WDVS mit EPS-Dämmstoff mit Dicken bis maximal 300 mm



Quelle: [DIBt, 2015c]

Weitergehende Informationen

Eine sehr gute Übersicht zum Thema WDVS und Brandschutz gibt die Informationsbroschüre [FV WDVS, 2014b].⁴ Darüber hinaus informieren die einschlägigen Hersteller ausführlich über den Brandschutz.

2.3 Tragfähigkeit

Wird ein WDVS aufgedoppelt, so muss das alte WDVS in einem dafür geeigneten tragfähigen Zustand sein.

Deshalb ist das alte WDVS auf folgende Schäden hin zu untersuchen:

⁴ Ab Mitte Juli 2016 soll sie in einer überarbeiteten Form als „Technische Systeminformation WDVS und Brandschutz“ vorliegen. Diese Neuauflage konnte für die vorliegende Studie leider nicht mehr berücksichtigt werden.

- a. putz- und untergrundbedingte Risse, sich abzeichnende Dübel und/oder Dämmplatten, defekte Anschlüsse an Fenster und Türen, Wärmebrücken;
- b. Verschmutzungen/Mikroorganismen, Abplatzungen, mechanische Beschädigungen [Sto, 2009].

Ist die Putzoberfläche des alten WDVS eben, trocken, ausreichend fest (Haftzugprüfungen), staub- und fettfrei und sind keine, insbesondere wie oben beschriebene Schäden erkennbar, wird das alte WDVS an diversen Stellen geöffnet, um den „inneren“ Zustand festzustellen. Hierbei wird geprüft, ob die Verklebung zwischen dem alten WDVS mit dem Untergrund (z.B. Mauerwerk) intakt ist (Überprüfung der Standsicherheit und Tragfähigkeit). Sind keine Schäden, die die Standsicherheit und Tragfähigkeit reduzieren, ersichtlich, werden die neuen WDVS-Dämmplatten mit Klebemörtel großflächig benetzt und direkt auf das bestehende WDVS aufgebracht. Nach ausreichender Standzeit werden die neuen Dämmplatten am tragenden Untergrund durch bauaufsichtlich zugelassene Dübel kraftschlüssig gesichert. Eine Verklebung der Dämmplatten des Neusystems mit Klebeschäum ist nicht zulässig [DIBt, 2014b]. Es ist darauf zu achten, dass eine dauerhafte Verträglichkeit eventuell vorhandener Beschichtungen des Alt-Systems mit dem Klebemörtel gegeben ist, dass die Tragfähigkeit der Dübel in der Wand gewährleistet ist und dass ein Fugenversatz zum alten WDVS eingehalten wird. Anschließend folgt die Bewehrung der neuen Dämmplatten mit Unterputz und eingearbeitetem Glasfasergewebe. Der bewehrte Unterputz bildet die Grundlage für den Oberputz.

Eine Frage besteht dazu, wie hoch die Lebensdauer des Klebers des alten WDVS ist. Es wäre nicht wirtschaftlich sinnvoll, ein altes, nur geklebtes WDVS aufzudoppeln, wenn nach 10 Jahren die Klebverbindung des alten WDVS nachgibt (Hinterlüftung).

Die europäische Zulassungsleitlinie ETAG 004 [ETAG, 2010] gibt an, dass für die Ableitung der beschriebenen Prüfmethode von einer Nutzungsdauer von WDVS von mindestens 25 Jahren ausgegangen wurde. Die ETAG 004 betont jedoch, dass dies keinen Rückschluss auf die tatsächliche Lebenserwartung zulasse. Diese sei bei fachgerechter Montage des WDVS weitaus länger.

Langzeituntersuchungen des Fraunhofer IBP an alten WDVS haben gezeigt, dass Nutzungsdauern von mehr als 30 Jahren problemlos möglich sind [IBP, 1997]. Dies lässt darauf schließen, dass auch die Verklebung grundsätzlich über diesen Zeitraum hinweg funktioniert. Vorzeitiges Kleberversagen tritt bei nicht fachgerechter Planung und Ausführung auf und führt in der Regel bereits frühzeitig zu Sanierungsmaßnahmen. In einer neuern Untersuchung [IBP, 2015] wurden WDVS überprüft, die zwischen 29 und 45 Jahren alt waren. Danach sei das Altersverhalten und der Wartungsaufwand bei Fassaden mit WDVS nicht anders zu bewerten als bei konventionell verputzten Außenwänden.

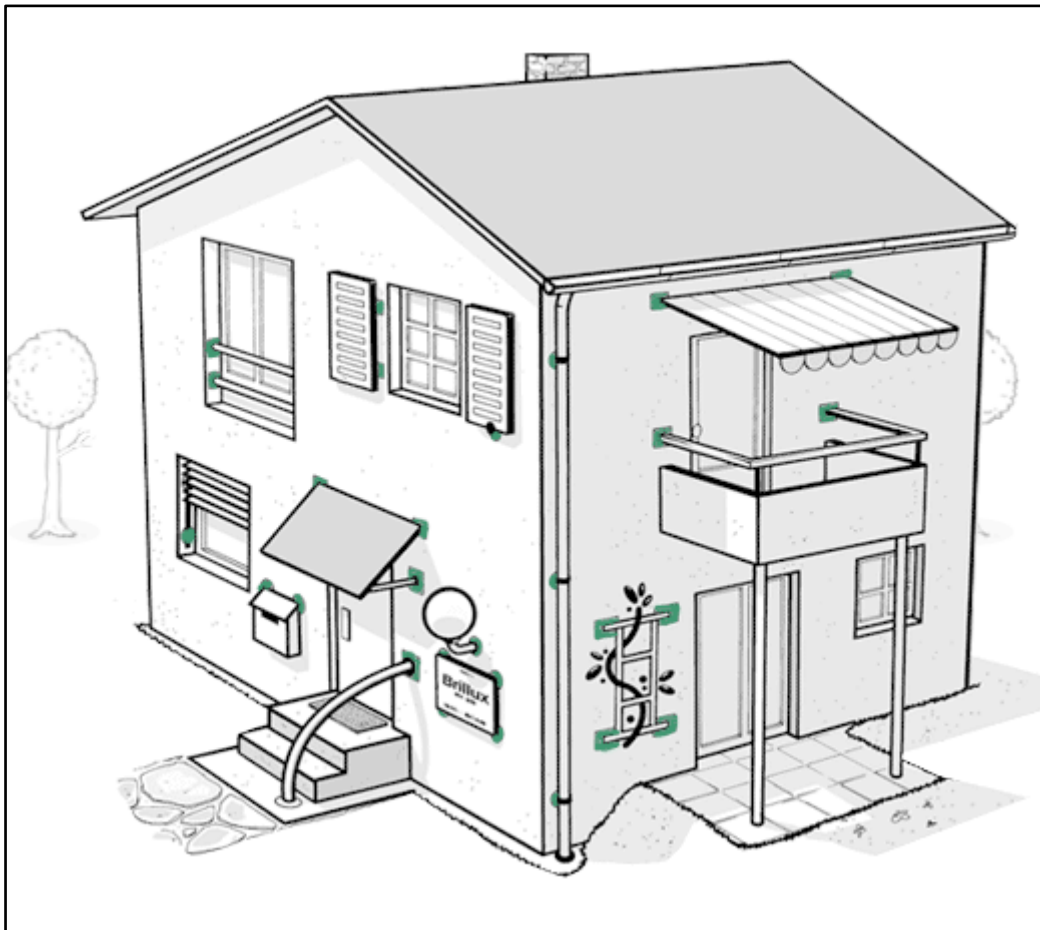
Das aufgedoppelte WDVS ist mit Dübeln mit dem tragenden Mauerwerk kraftschlüssig zu verbinden. Aufgrund ihres geringen Schrauben- oder Nageldurchmessers sind die Dübel nicht zur Aufnahme der Eigenlast des Systems ausgelegt. Sie dienen ausschließlich der Abtragung von Windsogbelastungen. Die Eigenlast des Systems (Alt- und Neusystem, Erhöhung der Last infolge von Durchfeuchtung, Fremdkörper) wird dagegen über den Klebemörtel auf den Wandbildner übertragen. Folglich wird die erforderliche Dübelanzahl für das neu aufzubringende WDVS entsprechend der auftretenden Windsoglasten bestimmt. Für die Mindestanzahl der erforderlichen Dübel sowie die Anordnung der Dübel gelten die

Bestimmungen der bauaufsichtlichen Zulassung des jeweils zur Anwendung kommenden Neusystems [DIBt, 2014b].

Dübel mit Stahlschrauben bieten eine zusätzliche Sicherheit bezüglich der Tragfähigkeit des „Gesamt-WDVS-Aufbaus“, da der Anpressdruck auf die alte und neue Klebung ausgeübt und das komplette System somit fixiert wird.

Werden Accessoires wie Hausnummern, Klingelschilder, Briefkästen, Markisen, Markisen, Außenleuchten oder andere Gegenstände auf einem aufgedoppelten WDVS angebracht (siehe Abbildung 2), so muss anhand der auftretenden Lasten entschieden werden, ob eine kraftschlüssige Sicherung des Fremdkörpers mit dem tragenden Mauerwerk hergestellt werden muss. Andernfalls kann – wie bei klassischen WDVS auch ein aufgedoppeltes System Schaden nehmen.

Abbildung 2 Montage von Accessoires an WDVS



Quelle: [Brillux, 2015]

Andernfalls kann das aufgedoppelte WDVS (wie bei konventionellen WDVS) Schaden nehmen, da Teile aufgrund der wirkenden Lasten herausgerissen werden können. Die Zulieferindustrie bietet ein Sortiment für fast alle Belastungen an. Für viele Arten von Accessoires sind in Abhängigkeit der Nutzung bzw. der auftretenden Lasten geeignete Montageeinheiten erhältlich. Diese Montageeinheiten sind so konzipiert, dass Wärmebrücken weitestgehend vermieden werden.

Um das Tragverhalten des aufgedoppelten WDVS gewährleisten zu können, müssen Gesamtgewichte (trocken) der Putzbelegungen von Alt- und Neusystem (Unterputz und Oberputz bzw. klinkerartig vorgefertigte Putzteile) eingehalten werden. Diese sind in Tabelle 2 aufgeführt. Das Gewicht von Dämmstoffen und Klebemörtel bleibt dabei unberücksichtigt.

Tabelle 2 Gesamtgewicht der Putzbelegungen von Alt- und Neusystemen

| Wärmedämmstoff Altsystem | Wärmedämmstoff Neusystem | max. Dämmstoffdicke (alt + neu) [mm] | max. Gewicht der Putzbelegungen (alt + neu) [kg/m ²] |
|---|---|--|---|
| EPS/HWL-Platten | EPS | 400 | 50 |
| EPS/HWL-Platten | Mineralwolle-Platten Mineralwolle-Lamellen | 200 | 50 |
| EPS/HWL-Platten | Mineralwolle-Platten | 200 | 30 |
| Mineralwolle-Platten Mineralwolle-Lamellen | Mineralwolle-Platten Mineralwolle-Lamellen | 200 | 30 |
| Mineralwolle-Platten Mineralwolle-Lamellen | EPS | 200 | 30 |

Quelle: [DIBT, 2014b]

2.4 Energieeinsparung und Wärmeschutz

2.4.1 Bestehende Gebäude, die nicht geändert werden

An den Wärmeschutz von Gebäuden, die nicht verändert werden, werden durch die Energieeinsparverordnung 2013 [EnEV₂₀₁₃] keine Anforderungen gestellt. Es besteht also keine Pflicht zur Aufdoppelung.

2.4.2 Bestehende Gebäude, die geändert werden

In der [EnEV₂₀₁₃] werden in § 9 und in § 11 Anforderungen an die Änderung bestehender Gebäude sowie an die Aufrechterhaltung ihrer energetischen Qualität gestellt.

In Bezug auf die Aufdoppelung alter WDV-Systeme an Wohngebäuden sind folgende Anforderungen relevant:

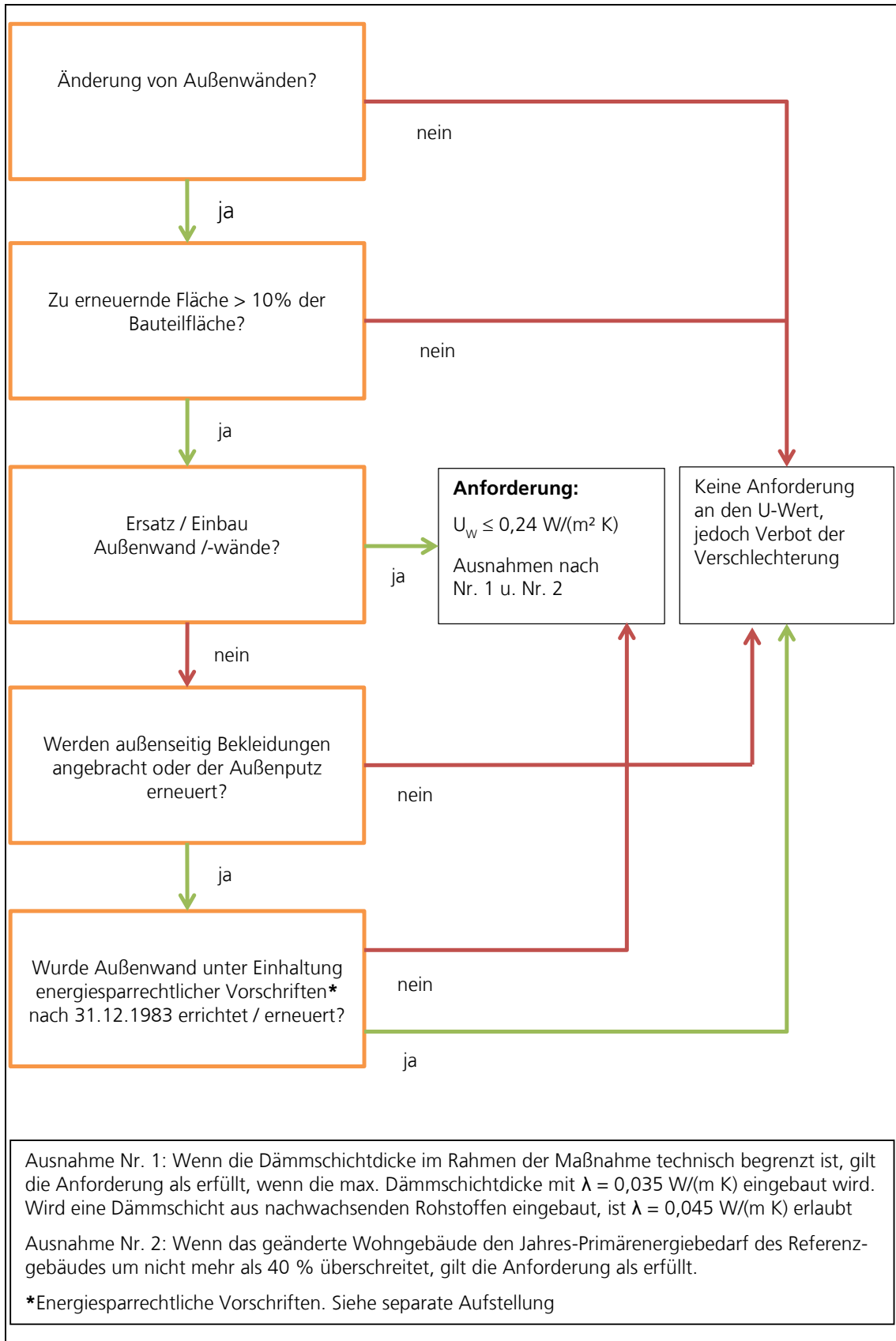
1. Wenn die Fläche der geänderten Bauteile nicht mehr als zehn vom Hundert der gesamten Bauteilfläche betrifft, werden keine Anforderungen an ihre Wärmedurchgangskoeffizienten gestellt, vgl. [EnEV₂₀₁₃] § 9 Abs. 3.
2. Soweit bei beheizten oder gekühlten Räumen von Gebäuden Änderungen im Sinne der [EnEV₂₀₁₃] Anlage 3 Nr. 1 ausgeführt werden (s.u.), sind diese so auszuführen, dass die Wärmedurchgangskoeffizienten der betroffenen Flächen den in [EnEV₂₀₁₃ Anlage 3] festgelegten Höchstwert des Wärmedurchgangskoeffizienten nicht überschreiten.
3. Die Anforderung gilt auch als erfüllt, wenn das geänderte Wohngebäude insgesamt den Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzhauses nach [EnEV₂₀₁₃] § 3 Absatz 1 und den Höchstwert des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfas-

sungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach [EnEV₂₀₁₃] Anlage 1 Tabelle 1 um nicht mehr als 40 % überschreitet.

4. Als Änderungen von Außenwänden gelten nach [EnEV₂₀₁₃] Anlage 3 Nr. 1
 - der Ersatz von Außenwänden beheizter oder gekühlter Räume,
 - die Anbringung von Bekleidungen in Form von Platten, plattenartigen Bauteilen oder Verschalungen sowie Mauerwerks-Vorsatzschalen auf der Außenseite,
 - die Erneuerung des Außenputzes.
5. Bei solchen Änderungen darf ein Wärmedurchgangskoeffizient von $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ unter Berücksichtigung der neuen und der vorhandenen Außenwandschichten nicht überschritten werden [EnEV₂₀₁₃], Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1 und Fußnote 1.
6. Keine Anforderung an Änderungen gibt es für den Fall, dass die vorhandenen Außenwände erst nach dem 31.12.1983 errichtet oder erneuert worden sind, wenn dabei die damaligen energiesparrechtlichen Vorschriften eingehalten wurden [EnEV₂₀₁₃], Anlage 3, Nr. 1].
7. Ist bei einer Änderung die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gelten die Anforderungen als erfüllt, wenn die nach anerkannten Regeln der Technik höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) eingebaut wird.
8. Falls bei einer Änderung von Außenwänden die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt ist, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $0,045 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ einzuhalten, soweit Dämmmaterialien in Hohlräume eingeblasen werden oder Dämmmaterialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden.
9. [EnEV₂₀₁₃] § 11, Absatz 1: „Außenbauteile dürfen nicht in einer Weise verändert werden, dass die energetische Qualität des Gebäudes verschlechtert wird.“ Hier gibt es jedoch eine Ausnahmeregelung, die besagt, dass diese Anforderung nicht einzuhalten ist, wenn die Fläche der geänderten Bauteile nicht mehr als 10 % der gesamten Fläche des Bauteils des Gebäudes betrifft.

Die Abbildung 3 fasst die Anforderungen der EnEV an die Aufdoppelung von Außenwänden zusammen.

Abbildung 3 Anforderungen der EnEV an die Änderung von Außenwänden



Quelle: eigene Darstellung

Eine besondere Herausforderung ergibt sich aus der Frage, ob bei Gebäuden, die nach dem 31.12.1983 errichtet oder erneuert worden sind, die damaligen energiesparrechtlichen Vorschriften eingehalten wurden.

In der Wärmeschutzverordnung [WSVO₁₉₈₂], die in Teilen zum 1.3.1982, in weiteren Teilen am 1.1.1984 in Kraft trat, ist in Anlage 1 vor dem Abschnitt 1 festgelegt, dass bei neu errichteten Wohngebäuden die Begrenzung der Transmissionswärmeverluste entweder nach Nr. 1 oder nach Nr. 2 nachzuweisen sind. Nach Nr. 1 galten mittlere maximale Wärmedurchgangskoeffizienten in Abhängigkeit vom A/V-Verhältnis in Höhe von 0,60 bis 1,20 W/(m²*K). Alternativ war nach Abschnitt 2 ein maximaler Wärmedurchgangskoeffizient nur für das Bauteil „Außenwände einschl. Fenster und Fenstertüren“ mit $k_{m, w+F} \leq 1,20 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$ definiert worden, nicht jedoch allein für das Bauteil Wand ohne Berücksichtigung von Fenster und Fenstertüren.

Für am 1.1.1984 bereits bestehende Gebäude, bei denen Außenwände erstmalig eingebaut, ersetzt oder erneuert wurden, galt vom 1.1.1984 bis 31.12.1994 die Anforderung, dass der Wärmedurchgang auf 0,60 W/(m²*K) zu begrenzen ist [WSVO₁₉₈₂], Anlage 1, Abschnitt 9. Diese Anforderung galt als erfüllt, wenn eine Dämmschichtdicke von mindestens 50 mm in Bezug mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,040 W/(m*K) vorhanden war oder eingebaut wurde.

Die Tabelle 3 erläutert energiesparrechtliche Anforderungen, die nach 1983 bis Anfang der 2000er Jahre an Außenwände gestellt wurden. Bei Gebäuden mit einem späteren Baujahr kommt die Aufdoppelung selten in Betracht.

Tabelle 3 Energiesparrechtliche Anforderungen für Außenwände von Wohngebäuden nach 1983

| Errichtet im Zeitraum | Energiesparrechtliche Anforderungen an den Wärmeschutz von Außenwänden von Wohngebäuden |
|-----------------------|---|
| 1.1.84-31.12.94 | <p>Gebiet alte Bundesländer: WSVO 1982/84</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Neu errichtete Gebäude: $k_{m, \max} = 0,6$ bis $1,2 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$ je nach A/V-Verhältnis [WSVO₁₉₈₂], Anlage 1, Tabelle 1. ▪ Neu errichtete Gebäude mit max. Seitenlänge von 15 m: Obige Anforderung gilt als erfüllt bei Gebäuden, deren Grundriss ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 15 m nicht umschreibt, wenn diese einen $k_{m, w+F} \leq 1,2 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$ erreichen. Bei Gebäuden, deren Grundriss ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 15 m umschreibt, gilt die Anforderung als erfüllt, wenn $k_{m, w+F} \leq 1,50 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$ [WSVO₁₉₈₂], Anlage 1, Tabelle 2. ▪ Bestandsgebäude, erstmaliger Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden: $k_{w, \max, erf.} = 0,6 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$ bzw. Minstdämmstoffdicke von 50 mm bei $\lambda \leq 0,04 \text{ W/(m*K)}$. <p>Gebiet neue Bundesländer bis 3.10.1990</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hier galten Technische Normen, Gütevorschriften und Lieferbedingungen (TGL). Diese waren wie die WSVO und die EnEV energiesparrechtliche Vorschriften. Die TGL 27520/01 vom Juli 1979 und die TGL 26760/07 vom August 1983 setzen Vorschriften auf der Ebene des Energieverbrauchs (vgl. [GdW 2014b], dort S. 45). |

| Errichtet im Zeitraum | Energiesparrechtliche Anforderungen an den Wärmeschutz von Außenwänden von Wohngebäuden |
|--------------------------------|--|
| | <p>Ferner galt in der DDR für den Wärmeschutz von Neubauten die TGL 35424/3, ab 1986 mit verschärften Anforderungen [Schettler-Köhler, 2016]. Nach [Schettler-Köhler, 2016] habe der Experte Dipl.-Ing. Hans-Dieter Hegner in einem Kommentar Anforderungsvergleiche angestellt und komme zu dem Ergebnis, „dass Neubauten im Beitrittsgebiet, die das dort ab 1986 gültige, verschärfte Anforderungsniveau einhalten, auch die zu dieser Zeit in Westdeutschland gültige Wärmeschutzverordnung 82/84 erfüllt hätten, vor 1986 im Beitrittsgebiet errichtete Neubauten dagegen nicht.“</p> |
| <p>1.1.95- 31.1.2002</p> | <p>WSVO 1994/95</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Neu errichtete Gebäude: Begrenzung des Jahresheizwärmebedarfs für das gesamte Gebäude (§ 3); keine energiesparrechtliche Anforderung an den Wärmeschutz von Außenwänden. ▪ Neu errichtete kleine Wohngebäude (bis zu 2 Vollgeschosse und ≤ 3 Wohneinheiten): Anforderungen gelten hinsichtlich der Außenwände als erfüllt, wenn $k_w = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ nicht überschritten wird [WSVO₁₉₉₄], Anlage 1, Tabelle 2. ▪ Bestandsgebäude, erstmaliger Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden: $k_{w, \text{max, erf.}} = 0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ bei Dämmung von außen. |
| <p>1.2.2002- 7.12.2004</p> | <p>EnEV 2001/2002</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Neu errichtete Gebäude: Begrenzung des Jahresprimärenergiebedarfs für das gesamte Gebäude und Begrenzung des Transmissionswärmeverlustes für die gesamte Außenhülle [EnEV₂₀₀₁], § 3. ▪ Bestandsgebäude, erstmaliger Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden: $U_{w, \text{max, erf.}} = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Bei bestimmten Erneuerungen von Außenwänden gilt: $U_{w, \text{max, erf.}} = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, wobei bestimmte Erneuerungen (a) das Anbringen von Verkleidungen, (b) den Einbau von Dämmschichten und (c) die Erneuerung des Außenputzes bei einer bestehenden Wand mit einem U_w-Wert $> 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ beinhalten [EnEV₂₀₀₁], Anhang 3, Tabelle 1. |

Quellen: [WSVO₁₉₈₂], [WSVO₁₉₉₄], [EnEV₂₀₀₁], [GdW 2014b], [Schettler-Köhler, 2016]

Was folgt aus den aktuellen Anforderungen der EnEV sowie deren Auslegung durch die Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz für Aufdoppelungen von WDV-Systemen?

1. Allein ein neuer Anstrich eines alten WDVS löst kein Erfordernis einer Aufdoppelung aus.
2. Wenn der Außenputz erneuert wird, darf der U-Wert der Außenwand nach der Erneuerung nicht mehr als $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ betragen. Hierbei gibt es folgende Ausnahmen:
 - A1 die Fläche des verbesserten Putzes macht nicht mehr als 10 % der gesamten Bauteilfläche aus,

- A2 der bestehende Wandaufbau wurde nach dem 31.12.1983 errichtet oder erneuert und die damaligen energiesparrechtlichen Vorschriften wurden eingehalten,
- A3 die Dämmschichtdicke ist aus technischen Gründen begrenzt,
- A4 das geänderte Wohngebäude⁵ unterschreitet die Anforderung an den Höchstwert des Jahresprimärenergiebedarf des Referenzhauses nach EnEV § 3 Absatz 1 und die Anforderung an den Höchstwert des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV Anlage 1 Tabelle 1 um nicht mehr als 40 %.⁶

Die Anforderung Nr. 2 ist erheblich: Selbst alte WDV-Systeme mit 12 cm Dämmschicht, $\lambda = 0,040 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ kommen bei üblichem Kalksandsteinmauerwerk mit einer Dicke von 24 cm nur auf einen U-Wert von $0,25 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ und müssten deshalb bei einer fälligen Putzerneuerung nachgedämmt werden. Jedoch greift in den allermeisten Fällen die Ausnahme A2: Die meisten WDV-Systeme wurden erst nach dem 31.12.1983 errichtet. Wird bei diesen der Außenputz erneuert, wird keine Anforderung an den U-Wert der erneuerten Wand gestellt, sofern die damaligen energiesparrechtlichen Vorschriften eingehalten wurden.

2.5 Klimabedingter Feuchteschutz

[Krus/Rösler, 2011] haben mit dem Programm WUFI® untersucht, ob es bei Aufdoppelungen zu Problemen aus feuchtetechnischer Sicht kommen könnte. Betrachtet wurden elf Varianten aus verschiedenen Kombinationen von WDVS, z.B. mit einem Alt-System aus Mineralwolle und mineralischem Putz und einer Aufdoppelung aus Mineralwolle und Kunstharzputz. Dabei wurden Randbedingungen gewählt, die aus feuchtetechnischer Sicht eher ungünstig und selten, aber noch realistisch sind (z.B. eine Wand aus Bimsbeton).

Berechnet wurde ebenda, bei welchen Bauteilvarianten es durch die Aufdoppelung langfristig und unter eher ungünstigen Bedingungen zu partiellen Feuchteanreicherungen kommen kann.⁷ Die Tabelle 4 zeigt die von [Krus/Rösler, 2011] untersuchten Varianten.

⁵ z.B. mit einer Aufdoppelung

⁶ dieser Nachweis setzt eine umfassende Berechnung des Jahresprimärenergiebedarfs nach den Anforderungen der EnEV voraus.

⁷ Zu den ungünstigen Bedingungen gehören u.a. die Annahme einer Bimsbetonwand als Wandbildner und eines hohen s_D -Wertes des angenommenen Alt-Kunstharzputzes von 6 m. Eher günstig ist dagegen die Annahme einer relativen Raumluftheuchte von 40 % im Winter: Diese geringe relative Luftfeuchte ist eher bei alten, undichten Gebäuden mit hohem winterlichem Luftwechsel anzutreffen und nicht in Gebäuden mit einigermaßen dichten Fenstern und geringer Lüftung.

Tabelle 4 Auf Probleme beim klimabedingten Feuchteschutz untersuchte Varianten der Aufdoppelung von WDVS

(MW = Mineralwolle; EPS = expandiertes Polystyrol)

| Var.-Nr. | Bestands-System | | | Aufgedoppeltes System | | | Ergebnis unter den von Krus/Rösler getroffenen eher ungünstigen Annahmen |
|----------|-----------------|------------|-------------|-----------------------|------------|-------------|---|
| | Dämmstoff | Dicke [mm] | Putzsystem | Dämmstoff | Dicke [mm] | Putzsystem | |
| 1 | MW | 80 | mineralisch | MW | 120 | mineralisch | unkritisch |
| 2 | MW | 80 | mineralisch | MW | 120 | Kunsthartz | feuchtetechnische Probleme zu erwarten |
| 3 | MW | 80 | mineralisch | MW | 60 | Kunsthartz | feuchtetechnische Probleme zu erwarten |
| 4 | MW | 80 | mineralisch | EPS | 120 | mineralisch | unkritisch |
| 5 | MW | 80 | mineralisch | EPS | 120 | Kunsthartz | unkritisch |
| 6 | MW | 40 | mineralisch | EPS | 160 | mineralisch | unkritisch |
| 7 | EPS | 40 | mineralisch | EPS | 260 | mineralisch | unkritisch |
| 8 | EPS | 40 | mineralisch | EPS | 160 | Kunsthartz | unkritisch |
| 9 | EPS | 40 | mineralisch | MW | 160 | mineralisch | unkritisch |
| 10 | EPS | 40 | mineralisch | MW | 160 | Kunsthartz | feuchtetechnische Probleme zu erwarten |
| 11 | EPS | 40 | Kunsthartz | MW | 160 | Kunsthartz | feuchtetechnische Probleme zu erwarten |

Quelle: Spalten 1-7 Tabelle 1 in [Krus/Rösler, 2011], Spalte 8: von den Autoren dieser Studie auf der Basis der Erkenntnisse aus dem Artikel von [Krus/Rösler, 2011] angehängt.

[Krus/Rösler, 2011] stellen fest, dass bei einigen Varianten ein Teil des vom Innenraum nach außen diffundierenden Wasserdampfes am äußeren Kunsthartzputz als Tauwasser anfällt. Ihre Schlussfolgerung: „Dies kann langfristig zu einer Schädigung des Verbundes zwischen Außenputz und Dämmstoff und infolge dessen zu Schädigungen, z.B. zum Abplatzen des Putzes, führen.“ Auch liege bei diesen Varianten der Wassergehalt des Dämmstoffs am Übergang Dämmstoff/Kunsthartzputz auf einem derart hohen Niveau, dass dies zu einer merklichen Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit führe.

Unkritisch hinsichtlich der Wassergehalte zeigten sich Wandaufbauten mit EPS als Altsystem und EPS als Neusystem. Bei den Varianten 1 und 4 bis 9 sind keine, bei den Varianten 2, 3 sowie 10 und 11 sind dagegen feuchtetechnische Probleme zu erwarten.

Die Varianten mit feuchtetechnischen Problemen zeichnen sich dadurch aus, dass hierbei von außen auf eine Mineralwollämmung ein Kunsthartzputz mit hohem s_D -Wert aufgebracht ist. Dieser ist dann relativ diffusionsdicht. Diese Anordnung führt dazu, dass vor allem im Winter an den Grenzflächen zwischen Mineralwolle und Putz zeitweise hohe Feuchtegehalte auftreten. Hier könnten nach [Krus/Rösler, 2011] derart hohe Wassergehalte auftreten, dass ein Abfließen des Kondensats nach unten zu erwarten ist: „In den unteren Bereichen der Fassade werden dadurch erhöhte Wassergehalte auftreten, die gegebenenfalls zu Frostschäden, Verfärbungen oder vermehrtem biologischen Bewuchs führen werden.“ Nach Angaben von [Grünefeldt, 2016] kommen in der Praxis Kunsthartzputze auf Mineralwolle nur als dünnschichtiger Oberputz mit geringen s_D -Werten zum Einsatz. Kunsthartzputze seien nicht generell problematisch.

Bei der Wahl des Aufdoppelungssystems sollten also auch feuchteschutztechnische Aspekte berücksichtigt werden.

Die s_d -Werte⁸ der Putzbekleidung des Neusystems sind der jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung zu entnehmen.

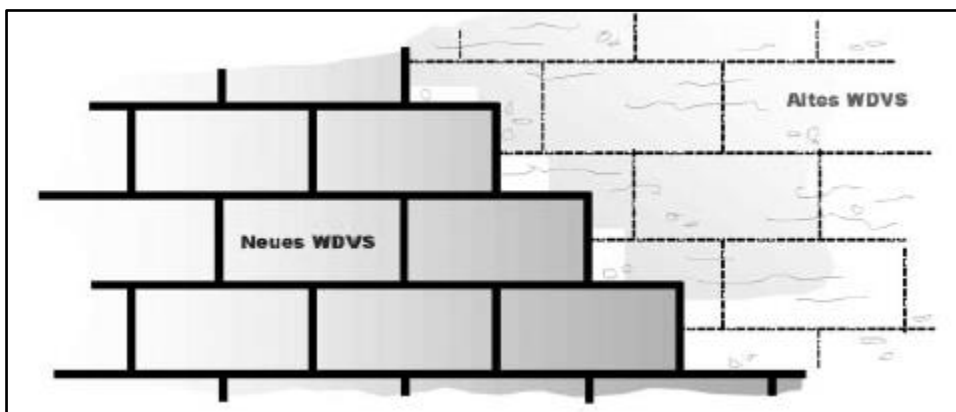
2.6 Ausführung und Anschlüsse an andere Bauteile

Die Langlebigkeit und Energieeffizienz eines aufgedoppelten WDVS hängen nicht nur vom Schichtaufbau des gesamten WDVS ab, sondern auch von der Qualität der Ausführung. Dabei spielen die Verlegung der Dämmung und Anschlüsse an andere Bauteile eine besondere Rolle.

2.6.1 Verlegung der Dämmung

Die Dämmplatten des neuen WDVS sollten fugenversetzt zu den Dämmplatten des alten WDVS angebracht werden. Die Fugen der alten und der neuen Dämmplatten sollten nicht so übereinander liegen, dass sie bis aufs Mauerwerk durchgehen, siehe Abbildung 4.

Abbildung 4 Verlegung



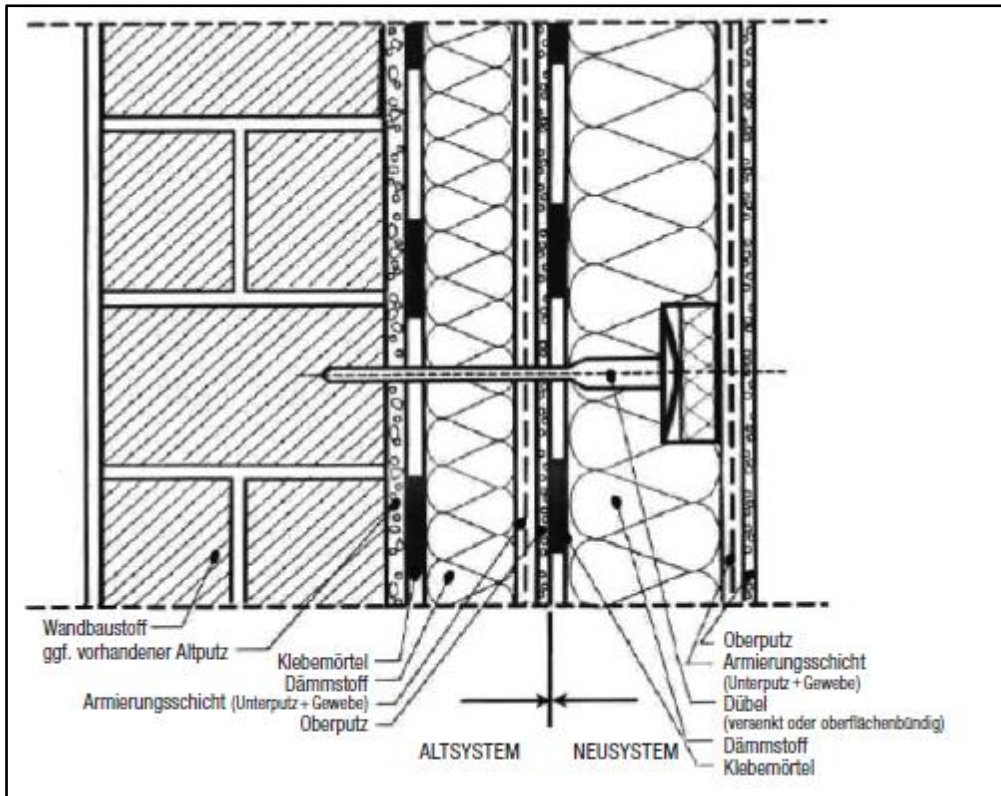
Quelle: [Berg, 2011]

Eine Übersicht zu Verlegungs-Details zeigt [Knöller, 2013].

Die Dübel müssen entsprechend der Angaben des Systemherstellers im tragfähigen Untergrund verankert werden, siehe Abbildung 5.

⁸ diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d in Metern

Abbildung 5 Dübelung



Quelle: [Berg, 2011]

2.6.2 Anschluss Fenster

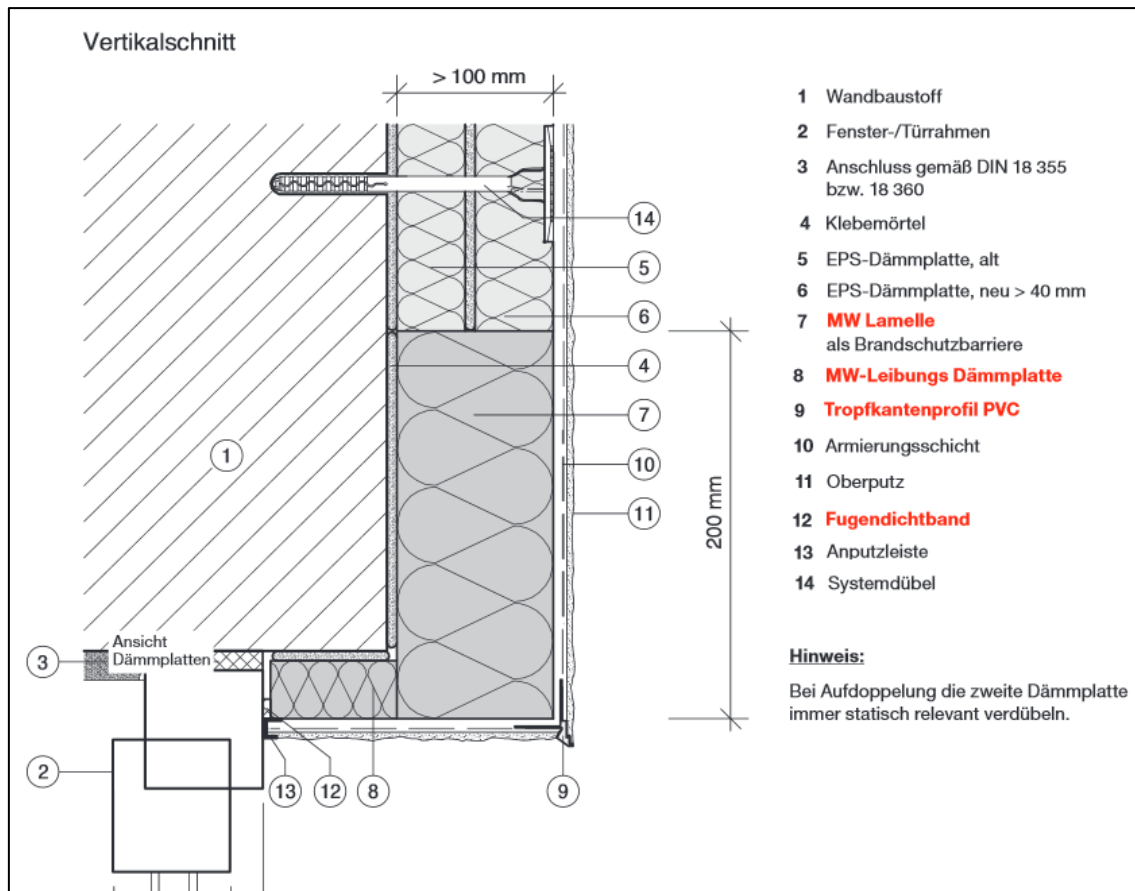
Fensterbank

Bei dem Anschluss einer Fensterbank ist wichtig, dass keine Feuchtigkeit in das WDVS gelangen kann. Bei einer Aufdoppelung sind neue Fensterbänke erforderlich, die so bemessen sein sollen, dass die Tropfkante die Dicke von altem und neuem WDVS um 3 bis 5 cm überragt. Ferner sollte ein neues Fugendichtband eingebaut werden.

Fenstersturz

Soll im Zuge einer Aufdoppelung und Verwendung von EPS-Dämmstoff im Alt- und/oder Neusystem als konstruktive Brandschutzmaßnahme ein Sturzschutz eingebaut werden (ab der 4. Etage zulässig), muss das Altsystem auf einem Streifen von 20 cm entfernt und das Neusystem, wie in Abbildung 6 erläutert, aufgebracht werden. Alternativ – und in der Praxis weitaus stärker verbreitet – können umlaufende Brandriegel in jedem zweiten Geschoss vorgesehen werden. In den ersten 3 Etagen müssen die in Abbildung 1 umgesetzt werden.

Abbildung 6 Aufdoppelung WDVS im Bereich Fenstersturz



Quelle: [Heck, 2014]

2.6.3 Anschluss Dach

Zwischen oberem WDVS-Abschluss und Dachkante sollte

- eventuell die letzte Plattenreihe des Alt-Systems entfernt und ersetzt werden,
- der letzte halbe Meter vollflächig verklebt werden,
- ein neues Fugendichtband am aufgedoppelten WDVS angebracht werden,
- ein ausreichender Dachüberstand erreicht werden.

Bei WDVS mit EPS-Dämmstoff im Alt- und /oder Neusystem ist i.d.R. im Bereich des oberen Abschlusses des WDVS zum Dach ein Brandriegel erforderlich, vgl. Abbildung 1.

Gute Zeichnungen hierzu bieten [Brillux, 2016] und [Sto, 2016b], dort Abbildung 7.

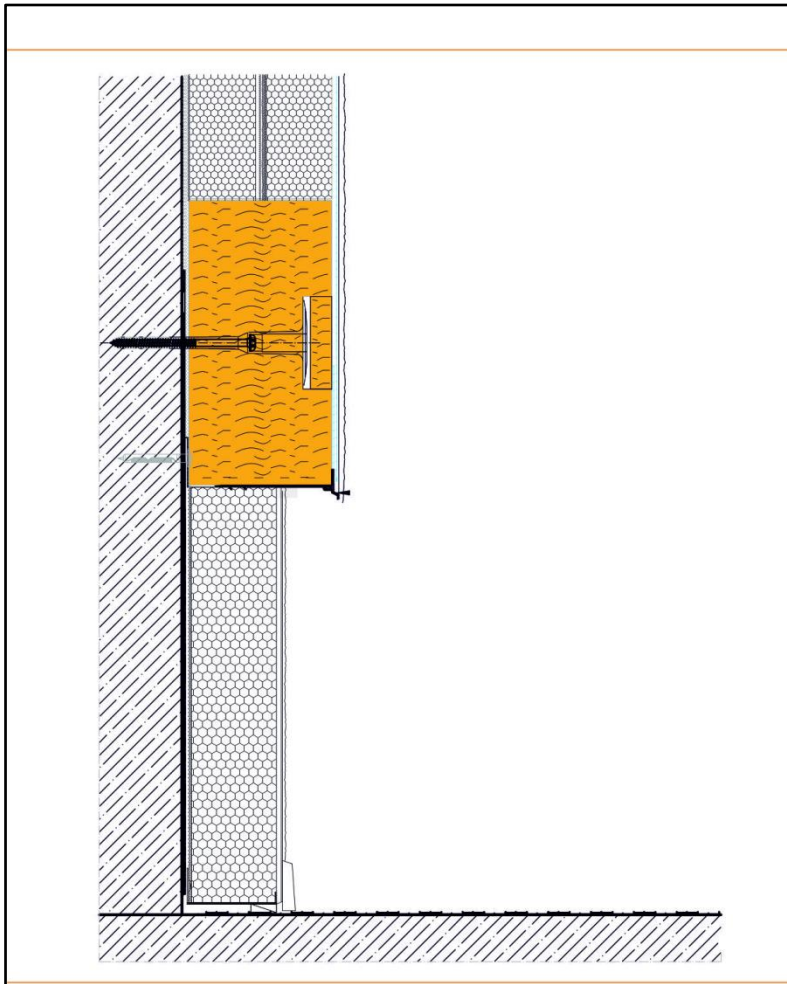
2.6.4 Anschluss Sockel

Der untere Abschluss eines WDVS sollte mit einer Sockelabschlussleiste ausgeführt werden. Ferner sollte im Bereich des Sockels eine Dämmschicht angebracht werden, wenn bislang noch keine vorhanden ist, siehe Abbildung 7.

Bei WDVS mit EPS-Dämmstoffen im Alt- und /oder Neusystem ist im Bereich des unteren Abschlusses ein Brandriegel einzubauen, vgl. Abbildung 1. Die **Abbildung 7** zeigt den

ersten Brandriegel als unteren Abschluss des WDVS mit Sockelschiene sowie die Dämmung des Sockels. Der Brandschutzriegel ist bis auf den Untergrund (i.d.R. Putz auf Mauerwerk) durchgebildet.

Abbildung 7 Abschlussleiste/Sockelprofil als unterer WDVS Abschluss



Quelle:[FV WDVS, 2016c]

2.6.5 Anschluss Dehnungsfugen Fläche/Ecke

Sind im alten WDVS zwischen den Dämmplatten Dehnungsfugen eingebracht, muss auch beim Aufdoppeln eines WDVS auf das Fortbestehen von Dehnungsfugen geachtet werden. Idealerweise sollte ein Streifen des Altsystems von ca. 20 cm (je Richtung von der Dehnungsfuge) entfernt werden. Bei der Aufdoppelung kann somit ein neues, einheitliches Dehnfugenprofil eingebracht werden.

2.7 Schallschutz

Im Zusammenhang mit der Aufdoppelung alter WDVS geht es beim Schallschutz vor allem um die Frage, ob der Schallschutz durch die Aufdoppelung verschlechtert oder verbessert wird bzw. ob er unbeeinflusst bleibt.

Beim Schallschutz sind die bauordnungsrechtlichen Mindestanforderungen (die nach den bauaufsichtlich eingeführten Abschnitten der DIN 4109 plus Beiblatt 1 definiert sind) von den Erwartungen der Bauherrn und Mieter zu unterscheiden. Bauaufsichtlich relevant sind (bezogen auf WDVS und Wohngebäude) ausschließlich Anforderungen an das resultierende, bewertete Schalldämmmaß erf. $R'_{w,res}$ in Abhängigkeit vom Außenlärmpegelbereich sowie einem Korrekturfaktor bezüglich des Verhältnisses Außenwandfläche zu Grundfläche eines Aufenthaltsraumes.

In der Praxis zusätzlich relevant sind die Erwartungen der Eigentümer und Nutzer: Sie erwarten durch eine Modernisierung eine Aufwertung und nicht eine Reduzierung der Schalldämmung [Neubauer, 2014], auch wenn dieser den bauaufsichtlichen Mindestanforderungen entspricht. Die Resonanzfrequenzen spielen bei den Erwartungen eine Rolle. Diese hängen bei einem WDVS u.a. von der Steifigkeit der Dämmmaterialien, der flächenbezogenen Masse des Außenputzes und der Rohdichte der Grundwand ab.

Werden spezielle Anforderungen an den Schallschutz erwartet, ist eine bauakustische Prüfung empfehlenswert. Ein relativ einfaches Verfahren zur Prognose des Schallschutzes ist in [Neubauer, 2014] dargelegt, ein anderes in [Metzen, 2003].

Nach [Cziesielski/Vogdt, 2007] wird der Schallschutz durch eine Aufdoppelung positiv durch

- die zusätzlichen Massen der neuen Dämmschicht und des neuen Putzsystems (Stichwort: Erhöhung der flächenbezogenen Masse),
- Dämmstoffe mit kleinen dynamischen Elastizitätsmodulen (elastifiziertes EPS (=EEPS) besser als EPS; Mineralwolleplatten Anwendungstyp W besser als Mineralwolle-Lamellenplatten TYP WD)

beeinflusst.

Negativ wirken sich dagegen nach [Cziesielski/Vogdt, 2007] die zusätzlichen Dübel sowie ein zunehmender Klebeflächenanteil aus.

Nach L. Weber (vgl. [FV WDVS, 2013c] vom Fraunhofer IBP „ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes – obgleich in den geltenden Normen verankert – keine geeignete Größe zur Beurteilung der Schallschutzwirkung von Außenbauteilen darstellt. Dies liegt vor allem daran, dass die tieffrequenten Geräuschanteile, die in Außenbauteilen in starkem Maße vorhanden sind, bei der Berechnung des ΔR_w unberücksichtigt bleiben. ... Da sich die Schallschutzanforderungen auf das resultierende Schalldämm-Maß aller Außenbauteile beziehen, müssen auch die in der Außenwand vorhandenen Fenster in die akustischen Betrachtungen einbezogen werden. Obgleich Fenster oft nur einen verhältnismäßig kleinen Teil der Außenfläche einnehmen, bilden sie wegen ihrer vergleichsweise geringen Schalldämmung vielfach den maßgebenden Übertragungsweg. Der akustische Einfluss von WDVS ist in diesem Fall gering, da er sich auf die eigentliche Wandfläche beschränkt. Akustische Kriterien spielen dann bei der Planung und Auslegung von WDVS nur noch eine untergeordnete Rolle“.

3 Erfahrungen mit der Aufdoppelung von älteren Wärmedämmverbundsystemen

Im Winter 2014/15 wurden die ca. 35 Unternehmen, deren WDVS zur Aufdoppelung auf bestehende WDVS oder Holzwolle-Leichtbauplatten bauaufsichtlich zugelassen sind (vgl. [DIBt 2014a]) gebeten, die Zahl der ausgeführten Bauvorhaben zu nennen. Hintergrund ist, dass vom Antragsteller der bauaufsichtlichen Zulassung eine vollständige Liste mit den ausgeführten Bauvorhaben (Einbauort und –datum) geführt werden soll. Ferner wurden diese Unternehmen gebeten, Unterlagen für eine Befragung der Eigentümer der Bauvorhaben weiterzuleiten. Dieser Bitte haben einige Unternehmen freundlicherweise entsprochen.

Im Folgenden werden die Methodik und ausgewählte Ergebnisse dieser Befragung erläutert. Die Anlage 1 zeigt den Fragebogen, die Anlage 2 die detaillierten Auszahlungsergebnisse der Befragung.

3.1 Methodik

73 Hauseigentümer (i.d.R. Wohnungsunternehmen) wurden in den Jahren 2015 und 2016 angeschrieben, bei denen bekannt war, dass zumindest bei einem ihrer Gebäude bereits eine Aufdoppelung eines alten WDVS vorgenommen wurde. Sie erhielten den Fragebogen (siehe Anlage 1) mit der Bitte um Rücksendung bis zur Mitte des Jahres 2015.

Bis zur Auszählung der Befragung lagen die Antworten von 16 Hauseigentümern zu 16 Gebäuden vor. Die Rücklaufquote von ca. 22 % ist für eine Befragung dieser Art sehr gut.

Nicht jede Frage wurde von allen Befragten beantwortet. Bei einigen Fragen waren Mehrfachnennungen zugelassen oder bewusst ein Filter gesetzt, um nur eine bestimmte Gruppe zu befragen (z.B. nur bei dem Bejahen der vorherigen Bezugsfrage).

Zahlen werden hier ohne Kommata genannt. Daher kommt es aufgrund von Rundungen gelegentlich zu Summen von 99 bzw. 101 Prozenten.

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Baujahr Alt-WDVS, Siedlungsform, Zahl aufgedoppelter Wände pro Gebäude

Baujahr des ursprünglichen Wärmeverbundsystems

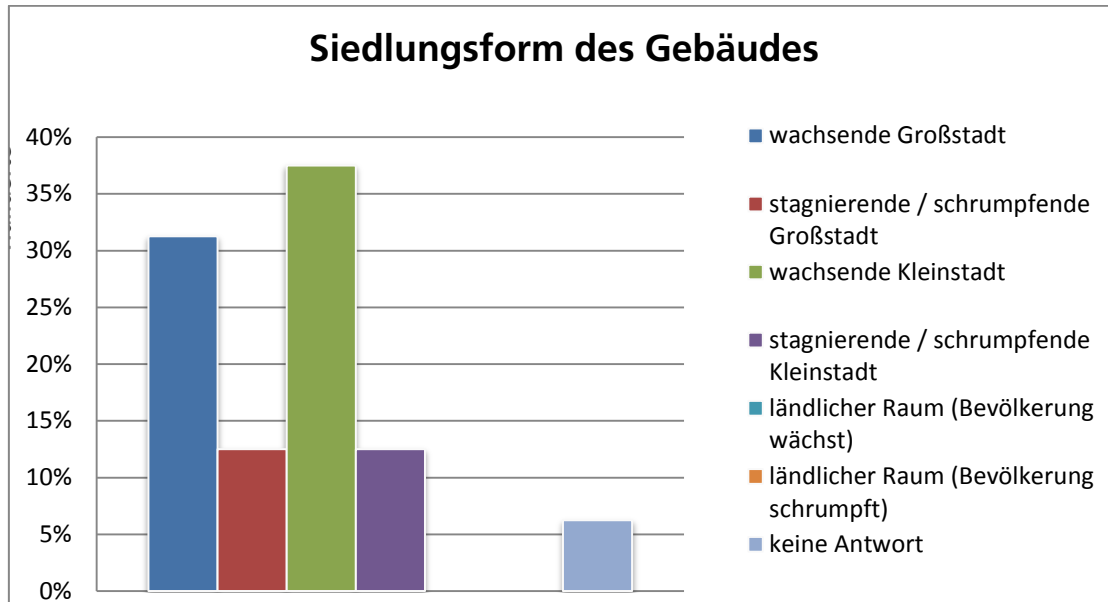
Bei der größten Gruppe der Gebäude, bei denen ein altes WDVS aufgedoppelt wurde, wurde das alte System zwischen 1979 und 1989 angebracht (38 %), bei einer weiteren Gruppe mit einem Anteil von 25 % wurde das Altsystem in den Jahren 1990 bis 1994 aufgebracht. Aufdoppelungen wurden also insbesondere an Häusern mit einem mindestens 20 Jahre alten WDV-System durchgeführt.

Siedlungsform der Standorte der Gebäude, bei denen aufgedoppelt wurde

Bei der Siedlungsform, in der die aufgedoppelten Gebäude zu finden sind, zeigt sich deutlich, dass eine Aufdoppelung zum größten Teil nicht im ländlichen Raum, sondern in

Kleinstädten (50 %) und Großstädten (43 %) stattfand. Insbesondere in wachsenden Städten wird aufgedoppelt.

Abbildung 8 Siedlungsform des Standorts von Gebäuden, bei denen ein Alt-WDVS aufgedoppelt wurde



Quelle: eigene Ergebnisse

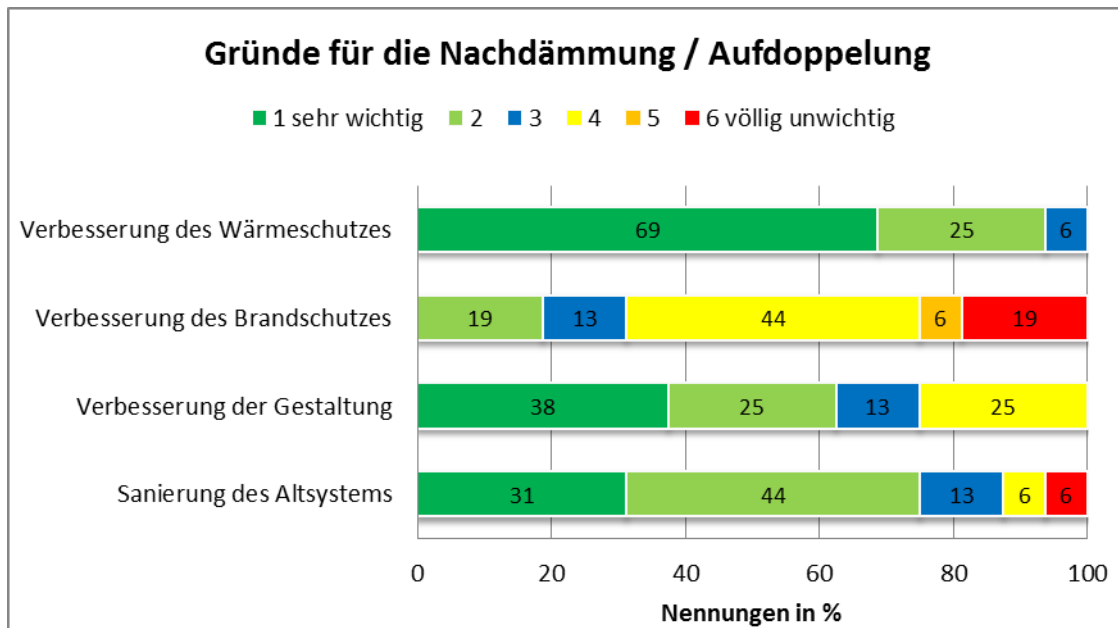
Anzahl der aufgedoppelten Wände pro Gebäude

Bei der Frage, ob die Aufdoppelung alle Außenwände eines Gebäudes umfasste oder nur einen Teil, zeigt sich ein klares Bild: 75 % gaben an, alle Wände des betreffenden Gebäudes aufgedoppelt zu haben. Jeweils 6 % der Rückantworter gaben an, lediglich eine Giebelwand, eine Traufwand, zwei Giebelwände oder zwei Traufwände aufgedoppelt zu haben.

3.2.2 Gründe für die Aufdoppelung

Die Abbildung 9 fasst die Prozentzahlen der Gründe für eine Aufdoppelung der Rückantworter zusammen. „1“ steht dabei für „sehr wichtiger Grund“, „2“ für „wichtiger Grund“ usw. bis „6“ für „völlig unwichtiger Grund“.

Abbildung 9 Gründe für die Aufdoppelung



Quelle: eigene Ergebnisse

Grund: Verbesserung Wärmeschutz

Für 94 % war die Verbesserung des Wärmeschutzes ein sehr wichtiger oder wichtiger Grund für die Aufdoppelung.

Grund: Verbesserung Brandschutz

Die Verbesserung des Brandschutzes war für die überwiegende Zahl kein wichtiger Grund (81 %).

Grund: Verbesserung der Gestaltung

Die Verbesserung der Gestaltung wird von der Mehrheit der Rückantworter (63 %) als sehr wichtiger bzw. wichtiger Grund für die Aufdoppelung angegeben. Für Keinen war dieser Aspekt unwichtig oder sehr unwichtig.

Grund: Sanierung/Ertüchtigung des Altsystems

Für 75 % war die Sanierung bzw. Ertüchtigung des alten WDVS ein wichtiger bzw. sehr wichtiger Grund für die Aufdoppelung. Dies spiegelt sich auch in den Antworten zu einer Frage nach Problemen mit dem Alt-WDVS wider: 69 % der Rückantworter nannten Probleme mit dem alten WDV-System. Am häufigsten traten sie bei den antwortenden Aufdoppelern Probleme bzgl. Algenbewuchses (38 %), Rissen (31 %) und Vögeln (31 %) auf. Brandschutz und Tragfähigkeit wurden mit jeweils 13 % als weitere Problemfaktoren genannt (Mehrfachnennungen möglich).

3.2.3 Gestaltung

Im Zuge einer Aufdoppelung ist es möglich, die Gestaltung des Gebäudes zum Positiven zu verändern. Es wurde deshalb gefragt: „Falls die Gestaltung verbessert wurde, wodurch wurde dies erreicht?“ (Mehrfachantworten erlaubt).

94 % der Rückantworter gaben an, dass die Gestaltung durch Farbigkeit verbessert wurde.

Einige Rückantworter nannten zusätzlich

- Reliefs, Lisenen, Profile
- Proportionen
- Fassadenbilder und Fassadenbeleuchtung
- Balkone.

Es zeigt sich, dass die Verbesserung der Optik einerseits ein wichtiger Grund für die Aufdoppelung ist, andererseits die Aufdoppelung (auch wenn für die Aufdoppelung andere Gründe ausschlaggebend sind) als Chance für die Verbesserung der Optik genutzt wird. Beliebte sind dabei eine farbliche Gestaltung sowie 3-D-Strukturen.

3.2.4 Kontext einer Aufdoppelung

Aufdoppelung als Einzelmaßnahme oder bei umfassenden Modernisierungen?

Nach den Antworten der Befragten wird eine Aufdoppelung eines alten WDVS fast immer im Zuge einer umfassenden Modernisierung eines Gebäudes durchgeführt (94 % der Fälle). Lediglich bei 6 % wurde eine Aufdoppelung als Einzelmaßnahme durchgeführt.

Weitere Modernisierungsmaßnahmen

Die Befragten sollten angeben, mit welchen weiteren Modernisierungsmaßnahmen die Aufdoppelung gekoppelt wurde.

Fast alle Befragten nannten als weitere Modernisierungsmaßnahme „Fenster“ (88 %), gefolgt von „Heizung“ (75 %) und „Kellerdecke“ (69 %). Bei 63 % wurde gleichzeitig das Dach modernisiert und bei ca. 50 % die oberste Geschossdecke, sanitäre Anlagen und die Elektrik.

93 % der Befragten, bei denen die Fenster modernisiert wurden, haben diese jeweils komplett modernisiert (Rahmen, Flügel, Verglasung).

Maßnahmen im Zuge der Aufdoppelung

Im Zuge der Aufdoppelung wurden „neue Fensterbänke“ von allen Rückantworter (94 %) als durchgeführte Maßnahme genannt. 50 % ließen den seitlichen Überstand des Daches (Ortgang) an den Giebeln verbreitern und 38 % den Überstand des Daches an den Traufseiten.

Jeweils 7 % nannten die Durchführung einer Sockeldämmung, das Abtrennen alter Balkone/das Anbringen neuer Balkone sowie die Montage von wärmegeprägten Jalousiekästen inkl. Jalousien.

Unvorhergesehene Zusatzarbeiten

Unvorhergesehene Zusatzarbeiten traten bei nur bei 6 % der Fälle auf.

3.2.5 Energieeinsparung

Wärmedurchgangskoeffizienten

Eine große Gruppe der Rückantworter (38 %) gab an, dass der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) des Wandaufbaus mit alten WDVS bei $> 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ lag. 13 % gaben einen Wert zwischen $0,36$ und $0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ an, jeweils 6 % zwischen $0,30$ und $0,35$ bzw. $0,46$ und $0,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. 38 % machten keine Angabe. Der durchschnittliche Wärmedurchgangskoeffizient des alten WDVS lag bei ca. $0,54 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

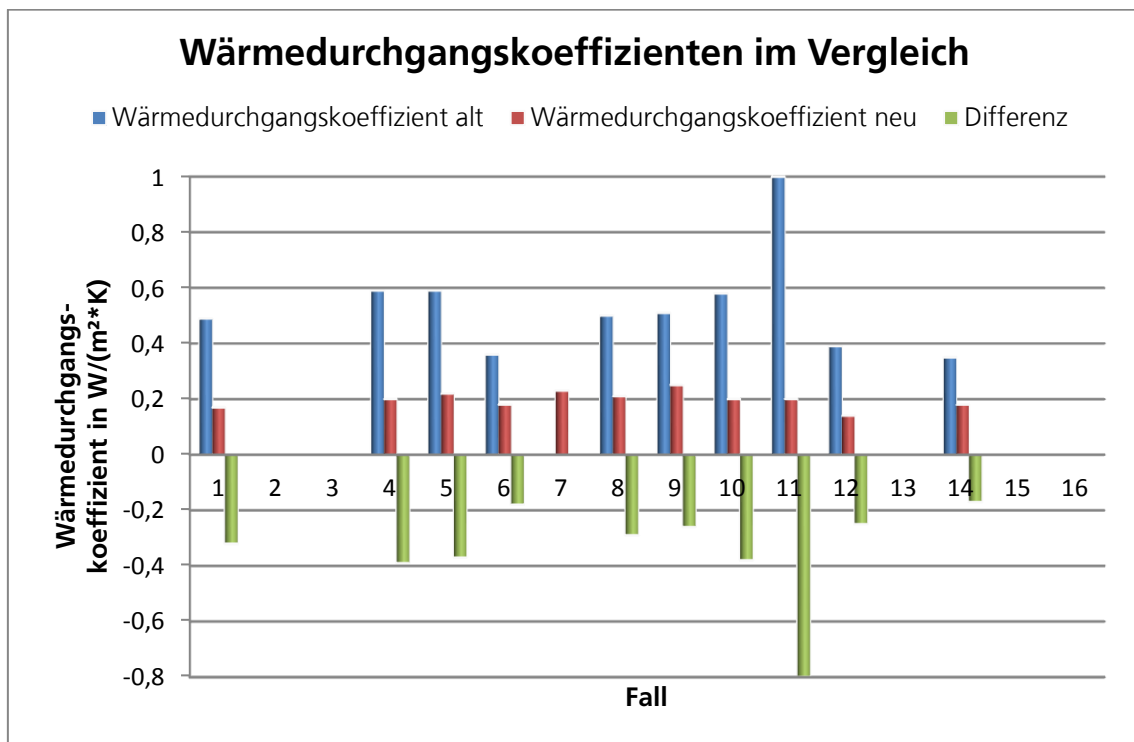
Die U-Werte haben sich durch die Aufdoppelung deutlich verbessert: 38 % der Rückantworter gaben an, dass der U-Wert der neuen Wandkonstruktion zwischen $0,21$ und $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ liegt. 19 % der Rückantworter konnten zudem einen Wert zwischen $0,16$ und $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ verzeichnen und 7 % sogar einen Wärmedurchgangskoeffizienten zwischen $0,10$ und $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Durchschnittlich liegt der neue Wert bei $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Die durchschnittliche Verbesserung der U-Werte beträgt ca. $0,34 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Prozentual gesehen fand durchschnittlich eine Verbesserung um 61 % statt, wobei die geringste Verbesserung 49 % und die höchste 80 % betrug.

Einen Vergleich der U-Werte vor und nach der Modernisierung zeigt Abbildung 10.

Abbildung 10 U-Werte vor und nach der Aufdoppelung



Quelle: eigene Ergebnisse

Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit der alten Dämmschicht lag bei den meisten Rückantwortern bei 0,040 W/(m*K) (56 %), bei weiteren 19 % darüber. 25 % machten keine Angabe.

Bei den neuen Dämmschichten wurde in 63 % der Aufdoppelungsfälle Material mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(m*K) verwendet. Bei 25 % lag der Wert bei 0,032 W/(m*K) und bei 6 % bei 0,040 W/(m*K). 6 % machten keine Angabe.

Dämmschichtdicke

Bei 50 % der Rückantworter liegt die Dicke der Dämmschicht des alten WDVS bei 6 cm, jeweils 19 % gaben eine Dicke von 4 oder 5 cm an und jeweils 6 % nannten eine Dicke von 7 oder 8 cm. Die durchschnittliche Dicke der alten Dämmschicht betrug 5,6 cm.

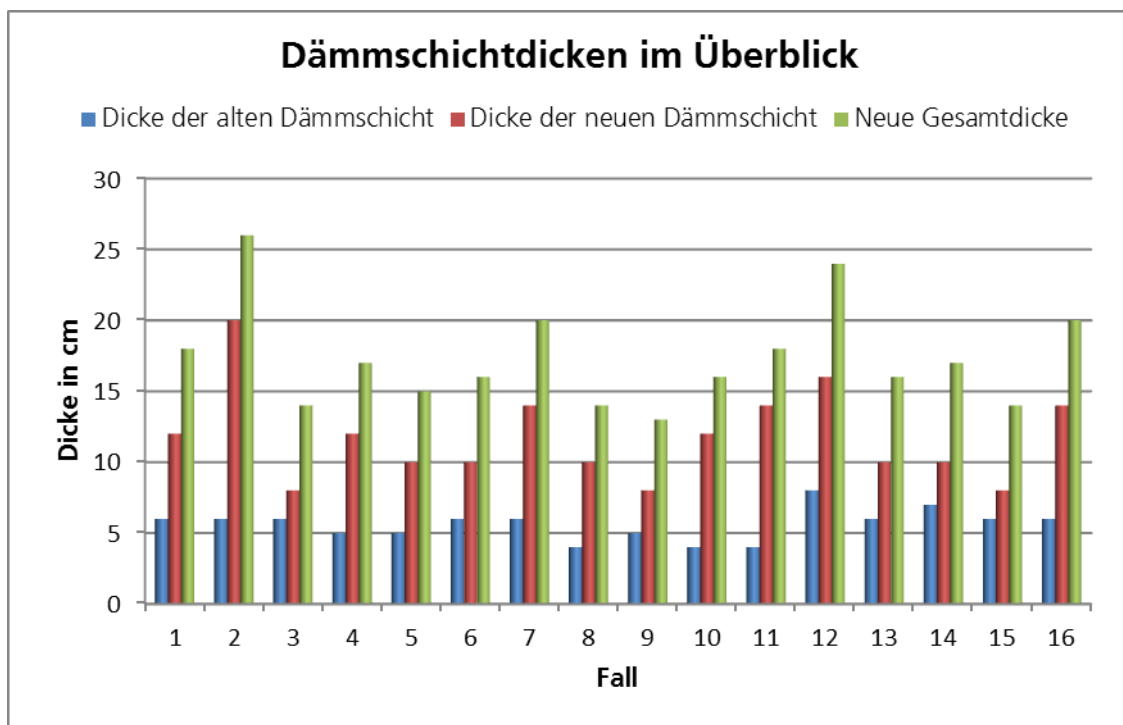
Die durchschnittliche Dicke der neuen Dämmschicht liegt mit 11,8 cm deutlich über der durchschnittlichen Dicke der alten Schicht (mehr als Verdoppelung).

In den größten Gruppe an Fällen (31 %) wurde mit einer neuen (zusätzlichen) Dämmschicht von 10 cm aufgedoppelt. In anderen Fällen beträgt die Dicke der neuen Dämmschicht 8, 12 oder 14 cm (jeweils 19 %). Bei 6 % 16 cm und bei 6 % sogar 20 cm.

Die neue Gesamtdämmschichtdicke liegt im Durchschnitt bei 17,4 cm.

Die Abbildung 11 zeigt die Dämmschichten fallweise vor und nach der Aufdoppelung.

Abbildung 11 Dämmschichtdicken im Überblick



Quelle: eigene Ergebnisse

3.3 Kosten und Finanzierung

Umlage der Kosten

Zur Frage nach der Finanzierung der Aufdoppelung zeigte sich ein klares Ergebnis. 69 % der Befragten finanzierten die Aufdoppelung als Modernisierungsmaßnahme, 19 % als Instandsetzungs/-haltungssmaßnahme und ein Rückantworter nannte das „Konjunkturpaket II“ als Finanzierung. Von den Rückantwortern, die die Finanzierung als Modernisierungsmaßnahme durchführten, konnten 91 % die Kosten teilweise auf die Mieter umlegen.

Kosten der Aufdoppelung

Die Kosten der Aufdoppelung betragen zwischen 55 € (ohne Gerüst, Verbreiterung Ortsgang usw., mit MwSt.) und 155 € (mit Gerüst, Verbreiterung Ortsgang usw., mit MwSt.) pro m² Bauteilfläche.

Bei den Kostenangaben muss berücksichtigt werden, wie sich der Preis zusammensetzt. Im Fragebogen wurde deshalb danach unterschieden, ob der angegebene Preis Kosten für Gerüst, Verbreiterung Ortsgang usw. enthält oder nicht. Unter Berücksichtigung dieser Differenzierung ergibt sich folgendes Bild:

Durchschnittliche Kosten pro m² Bauteilfläche:

- inkl. Gerüst, Verbreiterung Ortsgang, usw.: 107,33 € inkl. MwSt.
- ohne Gerüst, Verbreiterung Ortsgang, usw.: 97,63 € inkl. MwSt.

Es sei darauf hingewiesen, dass diese Preise aus der Vergangenheit sind und zudem auf einer geringen Fallzahl beruhen.

Probleme bei der Umlage

Bei 63 % der Rückantworter gab es keine Probleme, die Kosten der Aufdoppelung auf die Mieter umzulegen. Bei weiteren 31 % traf diese Frage bzw. Problematik nicht zu (keine Alt-Mieter z.B. wegen Komplettisanierung des Gebäudes). Weitere 7 % machten keine Angaben.

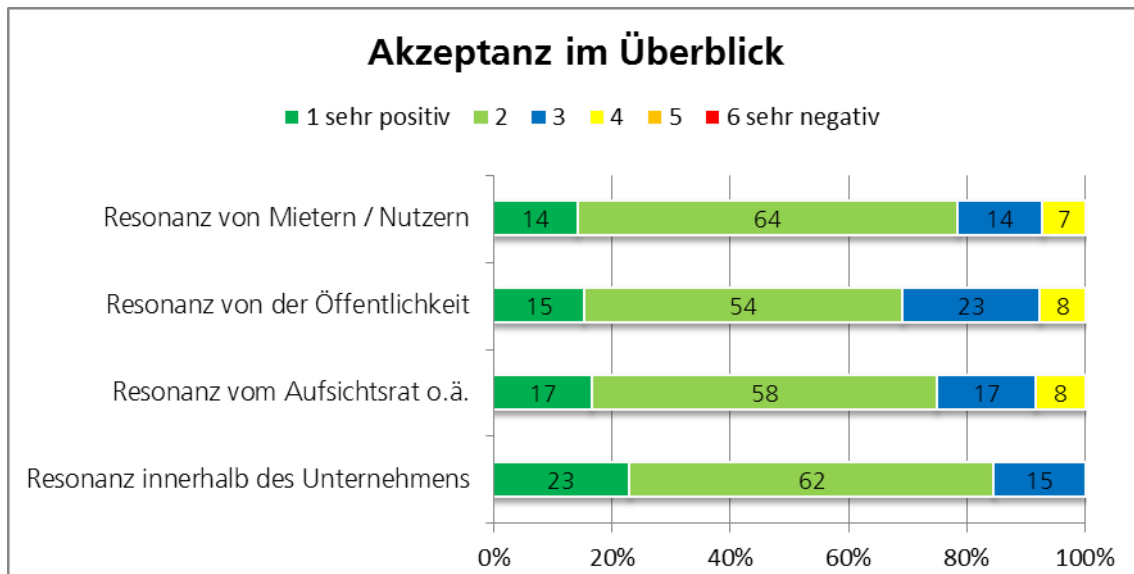
3.4 Beurteilung der Aufdoppelung

Akzeptanz bei Interessenvertretern

Zur Akzeptanz der Aufdoppelung wurden die Befragten u.a. danach gefragt, wie die Aufdoppelung des Gebäudes bei verschiedenen Gremien (Aufsichtsrat o. Ä.), Bewohnern und ggf. der Öffentlichkeit aufgenommen wurde.

Im Ergebnis kam von allen Interessenvertretern bezüglich der Aufdoppelung eine überwiegend positive bis sehr positive Resonanz (Noten 1 oder 2). Eine schlechtere Bewertung als „4“ gab es nicht. Die Bewertung der Akzeptanz ist in Abbildung 12 dargestellt.

Abbildung 12 Akzeptanz im Überblick



Quelle: eigene Ergebnisse

Erfahrungen mit Aufdoppelung mit Blick auf weitere Gebäude, deren Alt-WDVS zukünftig eine Aufdoppelung erhalten könnten

Die Befragten sollten angeben, wie sich ihre Erfahrungen mit ersten Aufdoppelungen auf künftige Aufdoppelungen in ihrem Wohnungsbestand auswirken.

Von denjenigen, die hier Antworten gaben, wurde weit überwiegend genannt, dass die durchgeführte Aufdoppelung zeigte, dass sie funktioniere (80%). 20 % vergaben jedoch die Noten 4 und 5.

Dass ihrer Erfahrung nach die durchgeführte Aufdoppelung vor allem Probleme dieser Maßnahme aufzeigte, wurde nur von 13 % derjenigen Rückantworter genannt, die auf diese Frage eine Antwort gaben. Ferner gaben 79 % derjenigen Rückantworter, die eine Antwort zu dieser Frage gaben, an, dass die durchgeführte Aufdoppelung keine Schwierigkeiten bezüglich der Finanzierung aufzeigte.

4 Markt und Potentiale

Im Kapitel 4 geht es um den Markt und die Potenziale von Aufdoppelung alter Wärmedämmverbundsysteme im Wohnungsbestand in Deutschland.

4.1 Eingrenzung

Hier werden nur der Markt und die Potenziale betrachtet, die sich durch eine Aufdoppelung alter Wärmedämmverbundsysteme ergeben. Bisher nicht mit WDV-Systemen ausgestattete Außenwände werden dementsprechend nicht betrachtet. Eine Aufdoppelung setzt voraus, dass ein altes WDV-System vorhanden ist, und zwar auf mindestens einer Außenwand eines Gebäudes. Betrachtet werden hier nur Wohngebäude in Deutschland. Abgeschätzt wird das Potenzial für Aufdoppelungen auf der Zeitachse von 2015 bis 2030.

Im Mittelpunkt stehen dabei folgende Fragen:

1. Wie viele Quadratmeter Wandfläche von Wohngebäuden in Deutschland wurden seit Beginn der Verwendung von WDVS bis Ende 2014 gedämmt? Möglichst differenzieren nach Errichtungsjahr und Qualität der Dämmung.
2. An wie vielen Wohngebäuden in Deutschland wurden seit Beginn der Verwendung von WDVS bis Ende 2014 WDVS angebracht? Möglichst differenzieren nach Errichtungsjahr und Qualität der Dämmung.
3. Bei wie vielen Quadratmetern Wandfläche von Wohngebäuden in Deutschland ist der Wärmeschutz durch bisher aufgebrauchte WDVS aus heutiger Sicht unzureichend?
4. An wie vielen Wohngebäuden in Deutschland ist der Wärmeschutz durch bisher aufgebrauchte WDVS aus heutiger Sicht unzureichend?
5. Welche Einsparungen an Endenergie, Primärenergie und CO₂ ergeben sich bei einer Aufdoppelung aus heutiger Sicht unzureichender WDVS?
6. Wie wäre der zeitliche Verlauf der Potenziale einer Aufdoppelung auf der Zeitachse bis 2030?

4.2 Welche Dämmqualität ist ausreichend bzw. unzureichend?

Außenwände, die mit einem zu geringem Wärmeschutz ausgestattet sind, sind nicht zukunftsfähig. Wenn sich die Gelegenheit bietet, z.B., wenn ein neuer Anstrich vorgenommen werden soll, sollte über eine Aufdoppelung alter WDVS nachgedacht werden.

Für die Abschätzung der Potenziale einer Aufdoppelung alter WDVS ist von Bedeutung, welche Dämmstoffstärke bzw. welcher Wärmedurchgangskoeffizient bei einem typischen Wandaufbau eines Alt-WDVS⁹ aus heutiger Sicht als verbesserungswürdig anzusehen ist. In der Tabelle 5 sind U-Werte aufgeführt, die sich bei verschiedenen Dämmschichtdicken und Wärmeleitfähigkeiten ergeben.

⁹ typischer Wandaufbau: Innenputz 1,5 cm $\lambda=0,51$; Kalksandstein 24 cm $\lambda=0,99$; Außenputz 1,5 cm $\lambda=0,51$, Dämmschicht x cm WL 040, Armierung/Klebschicht/Kunstharzputz 1 cm $\lambda=0,7$; Wärmebrücken ohne Ansatz.

Tabelle 5 Typische U-Werte von Außenwänden mit WDV-Systemen

| Dicke der Dämmschicht | U-Wert bei Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs von 0,040 W/(m*K) | U-Wert bei Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs von 0,035 W/(m*K) |
|-----------------------|--|--|
| cm | W/(m²*K) | W/(m²*K) |
| 4 | 0,68 | 0,62 |
| 6 | 0,51 | 0,46 |
| 8 | 0,40 | 0,36 |
| 10 | 0,34 | 0,30 |
| 12 | 0,29 | 0,26 |
| 14 | 0,25 | 0,22 |
| 16 | 0,22 | 0,20 |

Quelle: eigene Berechnung

Eine Frage ist nun, welcher U-Wert einer Außenwand eines älteren Gebäudes heute und in Zukunft als nicht mehr ausreichend gelten muss. Der Blick in die Zukunft ist wichtig, weil Maßnahmen, wie ein neuer Anstrich von Alt-WDVS, nur alle 12 bis 15 Jahre stattfinden. Wäre z.B. 2017 ein neuer Anstrich fällig und es würde keine Aufdoppelung vorgenommen werden, besteht i.d.R. voraussichtlich für weitere 15 Jahre (also bis 2032) kein wirtschaftlich geeigneter Zeitpunkt für eine Aufdoppelung. Man spricht dann von „lost opportunity“.

Ein erster Anhaltspunkt bezüglich der Sinnhaftigkeit einer Aufdoppelung ist die Höhe der Differenz zwischen dem U-Wert des Alt-Zustands und der Mindestanforderung der aktuell geltenden EnEV₂₀₁₃. Je größer die Differenz, desto dringlicher ist die Aufdoppelung.

In der aktuellen EnEV₂₀₁₃ wird im Fall der Modernisierung einer Außenwand ein U-Wert von höchstens 0,24 W/(m²*K) gefordert. Diese ordnungsrechtliche Anforderung gilt jedoch nicht, wenn das Bauteil nach 1983 bereits modernisiert wurde und die im Modernisierungsjahr geltenden Mindestanforderungen eingehalten wurden.

Damit wird bezüglich der meisten vorhandenen WDVS aktuell keine Anforderung an den U-Wert eines aufgedoppelten WDVS gestellt, die über die Anforderung hinausgeht, die bei der Anbringung des Alt-WDVS galt. Diese nicht vorhandene Anforderung eröffnet somit einen Spielraum für die Aufdoppelung. Man könnte sich also bei der Aufdoppelung an Folgendem orientieren:

1. Aufdoppeln, wenn der U-Wert der vorhandenen Wand größer ist als die aktuelle Mindestanforderung der EnEV für sanierte Außenwände (max. $U = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$),
2. Aufdoppeln, wenn der U-Wert der vorhandenen Wand größer ist als die aktuelle Mindestanforderung + 40 %, also $> 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,
3. Aufdoppeln, wenn ein frei wählbarer U-Wert überschritten oder eine bestimmte Dämmschichtdicke unterschritten wird.

In dieser Studie wird für die Zeitachse bis 2030 die dritte Alternative gewählt und folgende Definition für eine nicht ausreichende Dämmqualität gegeben:

Aus heutiger Sicht liegt perspektivisch bis zum Jahr 2030 ein nicht mehr zeitgemäßer Wärmeschutz von Außenwänden vor, wenn

- entweder die vorhandene Dämmschichtdicke bei einer Wärmeleitfähigkeit von $0,040 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ weniger als 10 cm oder
- der Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwand mehr als $0,35 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ beträgt.

An dieser Dämmqualität orientieren sich die Aussagen im Kapitel 4.

4.3 Methodik

Für die Abschätzung der Potenziale wurden

- Daten der amtlichen Statistik,
- Angaben des Fachverbands WDV-Systeme,
- weitere Literaturangaben

herangezogen sowie eigene Berechnungen vorgenommen.

4.4 Ergebnisse

4.4.1 Mit WDVS gedämmte Wandfläche und Dämmqualität

Zu Frage 1: Wie viele Quadratmeter Wandfläche von Wohngebäuden in Deutschland wurden seit Beginn der Verwendung von WDVS bis Ende 2014 gedämmt? Möglichst differenzieren nach Errichtungsjahr und Qualität der Dämmung.

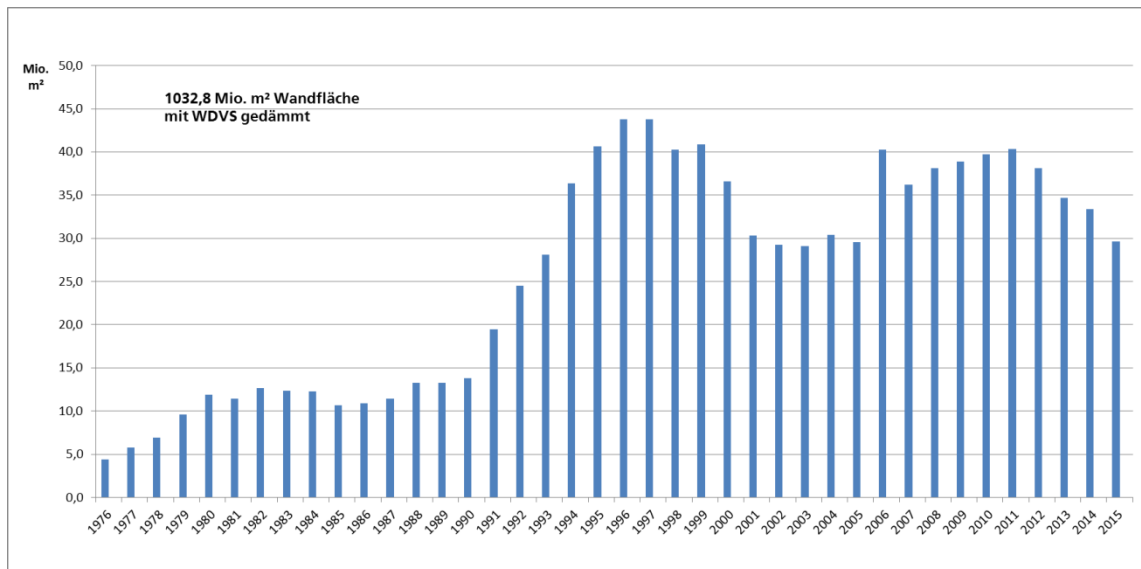
Es kann nicht angegeben werden, wie viele Quadratmeter Wandfläche von Wohngebäuden mit einem WDVS ausgestattet wurden. Es liegen nur Zahlen vor, die sich auf Wohn- und Nichtwohngebäude insgesamt beziehen.

Die Abbildung 13 zeigt die Verteilung mit WDVS gedämmter Außenwandflächen auf die Errichtungsjahre der WDVS. Sie beruht auf Marktdaten des Fachverbands Wärmedämmverbundsysteme. Von den vom Fachverband publizierten Werten wurden hier 5 % für Verschnitt auf der Baustelle abgezogen.¹⁰ Die verbleibenden Werte werden für eine Schätzung der mit WDVS gedämmten Außenwandfläche herangezogen. **Es ergibt sich, dass in Deutschland bis Ende 2015 ca. 1.032,8 Mio. m² Außenwandfläche an Wohn- und Nichtwohngebäuden mit WDVS gedämmt wurden.**

Abbildung 14 zeigt die Verteilung der mit WDVS gedämmten Wandfläche nach zusammengefassten Zeiträumen der Herstellung der WDV-Systeme.

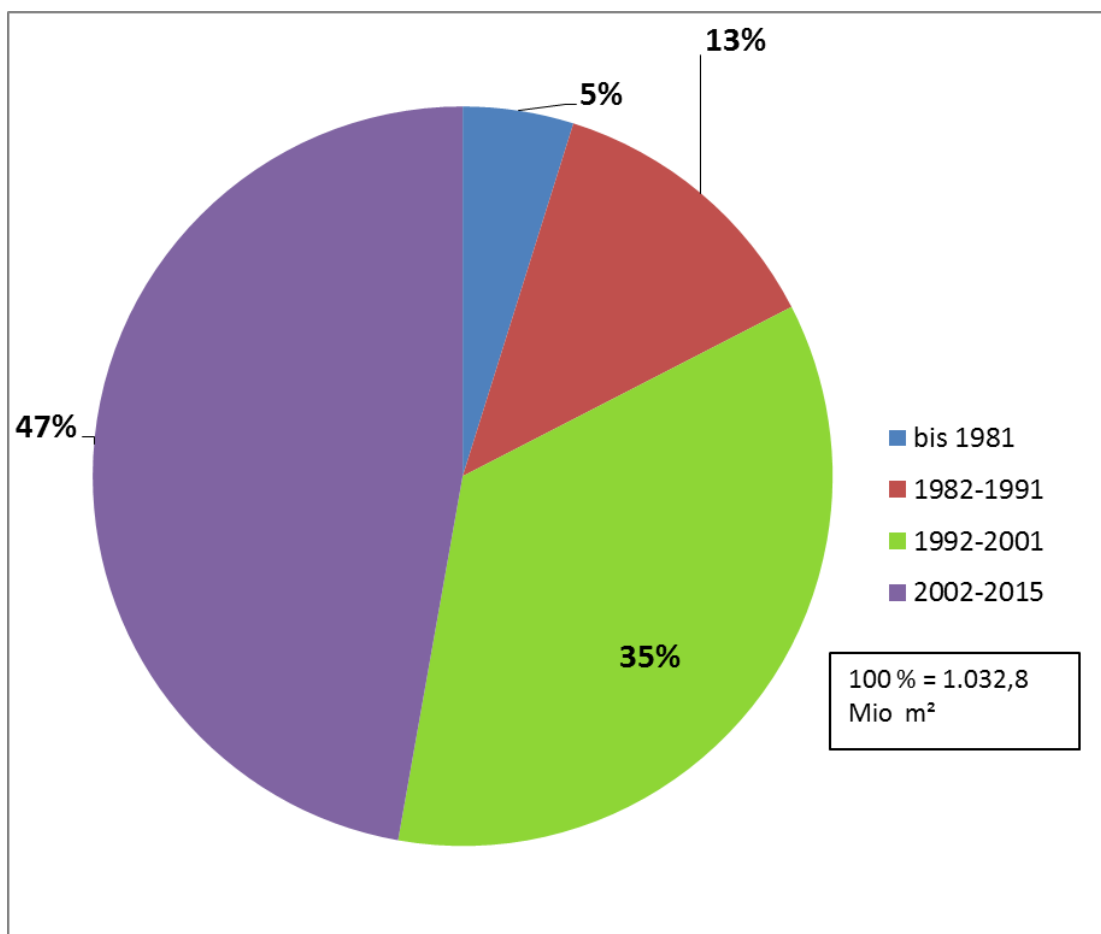
¹⁰ für Verschnitt gibt es in der Literatur unterschiedliche Angaben von 3 – 10 %.

Abbildung 13 Mit WDV-S gedämmte Wandfläche in Deutschland



Quellen: [FV WDV-S, 2001], [FV WDV-S, 2013a], [FV WDV-S, 2014a], [FV WDV-S, 2016] (Daten geändert, siehe Begründung oberhalb der Abbildung)

Abbildung 14 WDV-S-gedämmte Wandflächen nach zusammengefassten Zeiträumen der Herstellung der WDV-Systeme

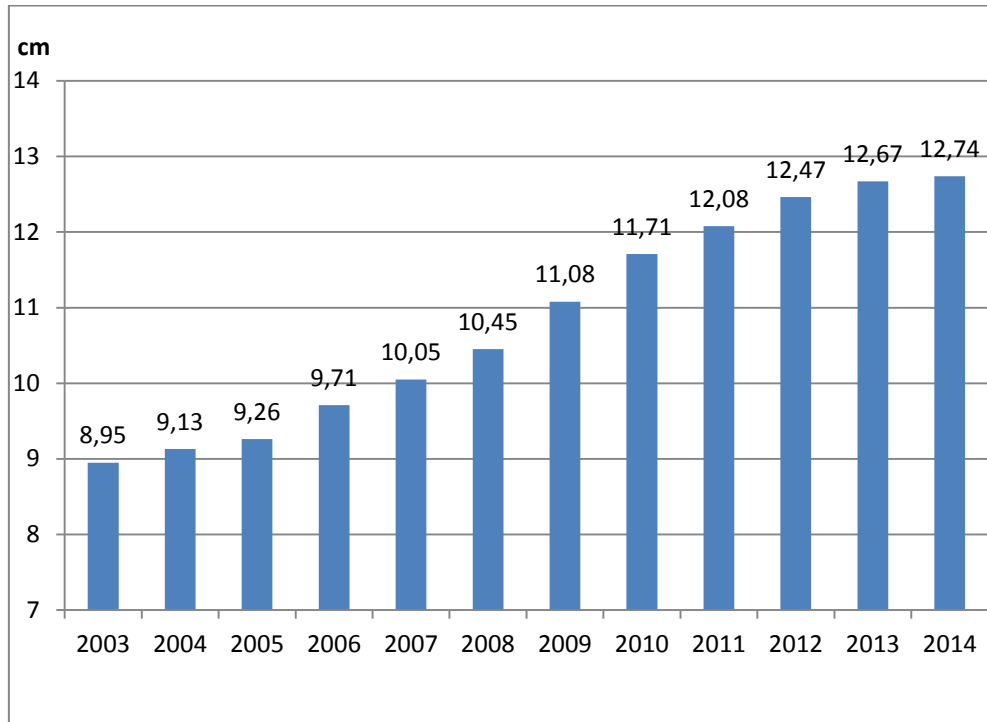


Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung auf der Basis von Abbildung 13

Man erkennt aus der Abbildung 14, dass Ende 2015 bei 53 % der mit WDVS gedämmten Wandfläche das WDVS vor dem Jahr 2002 angebracht wurde.

Die Abbildung 15 gibt Auskunft über die Entwicklung der durchschnittlichen Dämmschichtdicken von WDVS in den Jahren 2003 bis 2014. Über die im Forschungskontext interessanteren Jahre vor 2003 wurden keine Angaben gefunden. Es ist aber davon auszugehen, dass die mittlere Dämmstoffdicke in diesen Jahren unter 9 cm lag.

Abbildung 15 Durchschnittliche Dämmstoffdicke von WDVS



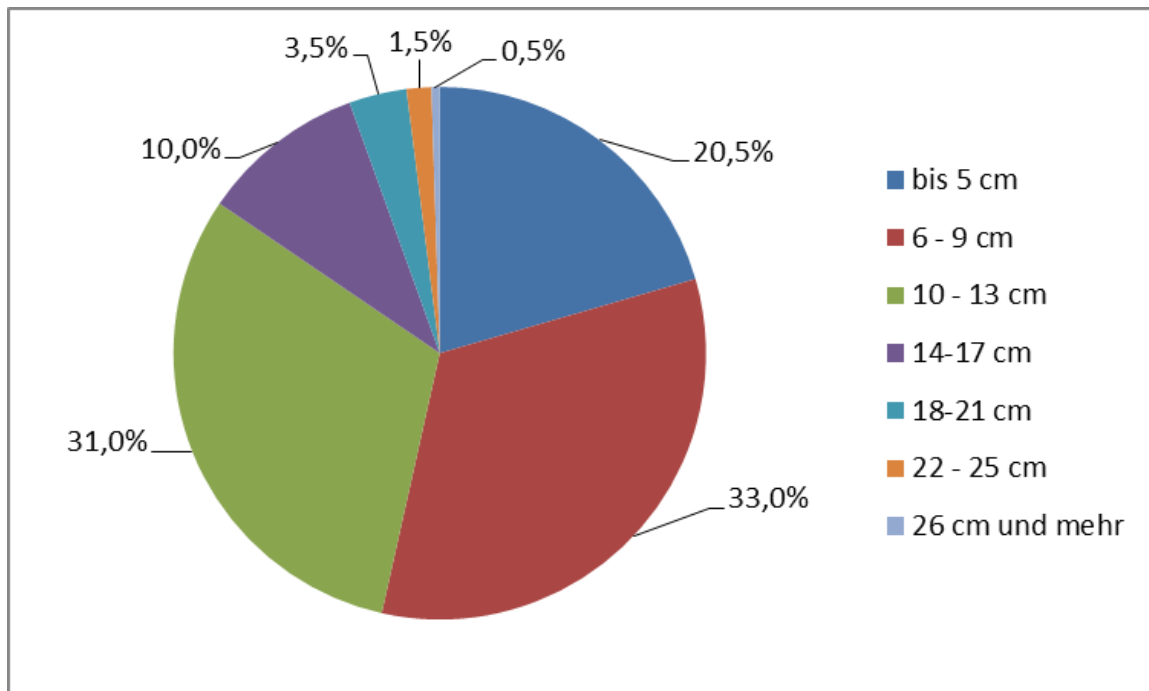
Quellen: [FV WDVS, 2013b], [FV WDVS, 2016]

Die Abbildung 16 zeigt die Anteile verschiedener Dämmstoffdicken bezüglich der Außenwanddämmung anhand einer repräsentativen Stichprobe von Wohngebäuden im Jahr 2009. Darin wird jedoch nicht nach der Lage der Dämmschicht an oder in der Außenwand differenziert (außenseitig, Kerndämmung oder innenseitig). Die Abbildung 16 zeigt z.B., dass bei 20,5 % aller Außenwände, bei denen nach Angaben der Befragten im Jahr 2009 eine Dämmschicht vorhanden ist, die Dämmschichtdicke bis zu 5 cm beträgt. Die Abbildung zeigt weiter, dass bei mehr als der Hälfte der mit Dämmschichten gedämmten Außenwände im Jahr 2009 eine Dämmschichtdicke von maximal 9 cm vorhanden ist.

Nach [Diefenbach et al., 2010] S. 53 wiesen 2009 nur 35,8 % (+/- 1,0 %) der Außenwandflächen von Wohngebäuden eine Dämmschicht auf. Davon zu unterscheiden ist, dass 42,1 % (+/- 1,2 %) aller Wohngebäude im Jahr 2009 ganz oder teilweise über Außenwände mit Dämmschichten verfügen [Diefenbach et al., 2010] S. 44.

Eine Dämmschichtdicke von nur bis zu 9 cm an Außenwänden ist aus heutiger Sicht und vor allem in der Perspektive bis 2050 als unzureichend anzusehen. 53,5 % der Außenwände von Wohngebäuden, die eine Dämmschicht haben, hatten 2009 einen perspektivisch unzureichenden Wärmeschutz.

Abbildung 16 Dämmschichtdicken der Außenwanddämmung von Wohngebäuden mit Dämmschicht an der Außenwand in Prozent im Jahr 2009



Quelle: eigene Darstellung nach [Diefenbach et al., 2010], S. 61

4.4.2 Anzahl der mit WDVS gedämmten Wohngebäude

Zu Frage 2: An wie vielen Wohngebäuden in Deutschland wurde seit Beginn der Verwendung von WDVS bis Ende 2014 WDVS angebracht? Möglichst differenzieren nach Errichtungsjahr und Qualität der Dämmung.

Auf der Basis von Angaben in der repräsentativen Erhebung „Datenbasis Gebäudebestand“ [Diefenbach, et al., 2010] **ergibt sich, dass im Jahr 2009 ca. 4,16 Mio. Wohngebäude in Deutschland mit einem WDVS ausgestattet waren. Bis Ende 2014 dürfte sich diese Zahl auf 5,12 Mio. Wohngebäude erhöht haben.** Dies bedeutet aber nicht, dass jeweils alle Außenwände eines Gebäudes mit einem WDV-System gedämmt wurden. Es kann z.B. sein, dass nur eine von zwei Außenwänden auf diese Weise gedämmt wurde. Die Tabelle 6 fasst die Abschätzung zusammen.

Tabelle 6 Wohngebäude mit WDVS

| | Prozent | Anzahl Wohngebäude | Jahr | Quelle |
|--|--------------------------|----------------------|-------------|---|
| Wohngebäude | | ca. 18,4 Mio. | 2011 | Zensus 2011 zitiert n. [BMVBS, 2013, S. 20] |
| Wohngebäude | | ca. 18,2 Mio. | 2009 | Abzug von 0,2 Mio., Basis [Stat. Bundesamt, 2015] |
| mit Dämmschicht an Außenwänden | 42,1 % [von Vorzeile] | ca. 7,67 Mio. | 2009 | [Diefenbach et al., 2010, S. 44] |
| mit außenseitiger Dämmschicht | 55,3 % [von Vorzeile] | ca. 4,24 Mio. | 2009 | [Diefenbach et al., 2010, S. 54] |
| mit Wärmedämmputz | 2 % [von Vorzeile] | ca. 85.000 | 2009 | Eigene Schätzung |
| Summe Wohngebäude mit WDVS | | ca. 4,155 Mio. | 2009 | Ableitung aus o.a. Zahlen |
| Summe Wohngebäude mit WDVS 2014 | | ca. 5,12 Mio. | 2014 | Eigene Schätzung |

Quelle: eigene Ergebnisse

Herleitung für das Jahr 2009: Laut Zensus 2011 gab es in Deutschland im Jahre 2011 ca. 18,4 Mio. Wohngebäude (ohne Wohnheime) [BMVBS, 2013, S. 20]. Unter Berücksichtigung der Errichtungen von Wohngebäuden in den Jahren 2010 und 2011 (vgl. [Stat. Bundesamt, 2015]) ergibt sich für 2009 eine Zahl von ca. 18,2 Mio. Wohngebäuden. Bei [Diefenbach et al., 2010, S. 44] ist angegeben, dass im Jahre 2009 bei 42,1 % (+/- 1,2 %) der Wohngebäude in Deutschland die Außenwände ganz oder teilweise über eine Dämmschicht verfügen. Daraus kann abgeleitet werden, dass 2009 bei ca. 7,7 Mio. Wohngebäuden (42,1 % von 18,4 Mio.) die Außenwände ganz oder teilweise gedämmt waren. Nach [Diefenbach et al., 2010, S. 54] war im Jahr 2009 bei den gedämmten Außenwänden von Wohngebäuden bei 55,3 % der Gebäude die Dämmung außenseitig angebracht. In der Verknüpfung kann nun die Schlussfolgerung erfolgen, dass bei ca. 4,24 Mio. Wohngebäuden im Jahr 2009 eine außenseitige Wärmedämmung mindestens einer Außenwand vorliegt (7,7 Mio. * 55,3 %). Nach dem dort benutzten Fragebogen kommen zwei Ausführungsarten in Betracht: Der Wärmedämmputz und das Wärmedämmverbundsystem.¹¹ Der Wärmedämmputz wurde in den 1970er und 1980er Jahren öfter verwendet als heute, vor allem an kleineren Wohngebäuden. Zum Marktanteil sind keine Angaben gefunden worden; er wird hier (bezogen auf den WDVS-Markt der von 1976 bis 2015 gedämmten Wandfläche von ca. 1.032,8 Mio. m²) auf 2 % geschätzt. Somit wiesen im

¹¹ ein weiterer Systemaufbau, die gedämmte hinterlüftete Fassade, kommt im Wohnungsbau selten vor und wurde mit dem Fragebogen nicht abgefragt.

Jahr 2009 ca. 4,16 Mio. Wohngebäude eine außenseitige Dämmschicht mit WDVS auf. Unter Berücksichtigung der Daten aus Abbildung 13 ergeben sich bis Ende des Jahres 2009 ca. 817 Mio. m² WDVS-gedämmte Außenwandfläche. Diese verteilen sich auf ca. 4,16 Mio. Wohngebäude plus eine unbekannte Zahl Nichtwohngebäude.

Herleitung für das Jahr 2014: Für das Jahr 2014 wird (unter Berücksichtigung von Verschnitt) von einer Herstellung von ca. 33,3 Mio. m² WDVS-gedämmter Außenwandfläche ausgegangen. Es ergibt sich dann für den Zeitraum 1976 bis 2014 eine mit WDVS gedämmte Außenwandfläche an Wohn- und Nichtwohngebäuden von ca. 1003,2 Mio. m². Bei Verwendung der gleichen Relation wie im Zeitraum 1976 bis 2009 (817 Mio. WDVS-Wandfläche u.a. für 4,155 Mio. Wohngebäude) ergeben sich für 2014 mit dann vorhandener WDVS-Wandfläche von ca. 1003,2 Mio. m² demnach ca. 5,1 Mio. Gebäude, an denen ein WDVS verwendet wurde. Auch hier heißt das nicht, dass alle Wände eines Gebäudes so gedämmt wurden.

4.4.3 Unzureichender Wärmeschutz bei einigen Alt-WDVS (Wandfläche betroffener Wohngebäude)

Zu Frage 3: Bei wie vielen Quadratmetern Wandfläche von Wohngebäuden in Deutschland ist der Wärmeschutz durch bisher aufgebrachte WDVS aus heutiger Sicht unzureichend?

Wie in Kapitel 4.4.1 lässt sich die Situation bei Wohngebäuden aus den vorhandenen Daten nur grob abschätzen, da nur Daten für Wohn- und Nichtwohngebäude insgesamt vorliegen. Das Ergebnis dieser Abschätzung lautet:

Von den 1.032,8 Mio. m² Wandfläche der Wohn- und Nichtwohngebäude in Deutschland, die seit Beginn der Verwendung von WDVS bis Ende 2015 mit WDVS gedämmt wurden, **ist bei ca. 490,8 Mio. m² der Wandflächen der Wärmeschutz der mit Alt-WDVS-gedämmten Außenwände aus heutiger Sicht unzureichend. Dies sind ca. 47,5 % aller bis Ende 2015 mit WDVS gedämmten Wandflächen.**

Die Abschätzung wurde folgendermaßen vorgenommen:

Als unzureichend wurden alle WDVS eingeschätzt, die vor dem 1.1.2002 verbaut wurden, da erst mit der [EnEV₂₀₀₁] ab 1.1.2002 verpflichtend ein maximal zulässiger U-Wert im Fall der Anbringung von Dämmschichten an Außenwänden von Wohngebäuden von 0,35 W/(m²*K) eingeführt wurde. Als Zwischenwert ergeben sich als Summe aus Abbildung 13 der Anbringungsjahre 1976 bis 2001 dann zunächst 545,3 Mio. m². Diese Zahl stellt eine Obergrenze dar, weil auch bereits vor 2002 auf freiwilliger Basis z.T. höhere Dämmschichtdicken verbaut worden sind. Aus der Begleitung einiger Modernisierungen von Siedlungen und auch aus den Evaluationen zur KfW-Förderung zur energetischen Sanierung von Wohngebäuden¹² ergibt sich, dass eine Dämmschichtdicke von mehr als 10 cm vor dem Jahr 2000 die Ausnahme bildet. Um sowohl diese Ausnahmen als auch die Jahre 2000 und 2001 zu berücksichtigen, wird von der o.a. Zahl (545,3 Mio.) ein Abschlag von 10 % (= 54,5 Mio. m²) vorgenommen. **Aus der Abschätzung ergibt sich eine Alt-WDVS-Fläche von ca. 490,8 Mio. m² WDVS-Fläche, die aus heutiger Sicht als wärmetechnisch unzureichend und auf lange Sicht betrachtet aufzudoppeln ist.**

¹² [Clausnitzer et al., 2007], [Clausnitzer et al., 2008], [Clausnitzer et al., 2009]

4.4.4 Unzureichender Wärmeschutz bei vielen Alt-WDVS (Anzahl betroffener Wohngebäude)

Zu Frage 4: An wie vielen Wohngebäuden in Deutschland ist der Wärmeschutz durch bisher aufgebrauchte WDVS aus heutiger Sicht unzureichend?

Als unzureichender Wärmeschutz werden gemäß Kapitel 4.2 Außenwanddämmungen eingestuft, bei denen die Dämmstoffdicke unter 10 cm liegt.

In Abbildung 16 liegt im Jahr 2009 bei ca. 53,5 % der Wohngebäude, die eine Dämmschicht an den Außenwänden aufweisen, die Dämmstoffdicke der Außenwand unter 10 cm.

Von den ca. 4,155 Mio. Wohngebäuden in Deutschland, bei denen seit Beginn der Verwendung von WDVS bis Ende 2009 WDVS angebracht wurden, **ist demnach bei ca. 2,2 Mio. Wohngebäude der Wärmeschutz der mit Alt-WDVS-gedämmten Außenwände aus heutiger Sicht unzureichend.**

4.4.5 Potentiale an Endenergie und Primärenergieeinsparung sowie CO₂-Reduktion durch Aufdoppelung

Zu Frage 5: Welche Einsparungen an Endenergie, Primärenergie und CO₂ ergeben sich bei einer Aufdoppelung aus heutiger Sicht unzureichender WDVS?

Aus heutiger Sicht ist eine Wandfläche von 490,8 Mio. m² mit einem Alt-WDVS versehen, die in der Perspektive 2030 und 2050 als unzureichend gedämmt gelten muss.

Nun werden aus diversen Gründen nicht die gesamten 490,8 Mio. m² Wandfläche aufgedoppelt werden können. Solche Gründe sind z.B. Abriss des Gebäudes, eine zu geringe Restnutzungsdauer oder technische Restriktionen. Auch wirtschaftliche Gründe können gegen eine Aufdoppelung sprechen, z.B. wenn der Dachüberstand kostenträchtig vergrößert werden müsste.¹³ Aber wirtschaftliche Restriktionen könnten zum einen über Förderungen beeinflusst werden; zum anderen könnte auch der künftige Energiepreis eine Aufdoppelung attraktiv machen.

Im Folgenden wird sicherheitshalber das o.a. Potential um 15 % (=73,6 Mio. m²) gemindert. Es verbleibt **ein realistisches Potential von 417,2 Mio. m² aufdoppelter Wandfläche.** Nach der Herleitung in Kapitel 5.1 ergibt sich durchschnittlich pro m² aufgedoppelter Wandfläche eine Endenergieeinsparung von 22 kWh/(m²*a).

Wenn im Jahr 2030 alle „realistischen“ Alt-WDVS-Flächen nachgedämmt wären, die aus heutiger Sicht über eine unzureichende Dämmwirkung verfügen, würde gegenüber dem Stand von 2015 ab 2030 eine Endenergieeinsparung von ca. 9,2 TWh pro Jahr (ca. 33 PJ pro Jahr) erzielbar sein.

¹³ Dies verdeutlicht, dass in einer Energieberatung nicht nur einzelne aktuelle Modernisierungsmaßnahmen betrachtet werden sollten: So könnte bei einer Dachsanierung der Dachüberstand zugleich so vergrößert werden, dass eine Aufdoppelung ermöglicht wird. - Zum kaum erschließbaren Potential gehören u.a. WDVS, die mit Bekleidungen (z.B. keramische Platten) versehen sind und die an Häusern angebracht sind, die eine zu geringe Restnutzungsdauer haben.

Die Tabelle 7 zeigt die möglichen jährlichen neuen Einsparungen an Endenergie, Primärenergie und CO_{2e}, die sich aus dem Ausschöpfen des realistischen Potentials durch Aufdoppelung unzureichender Alt-WDVS ergeben.¹⁴

Tabelle 7 Potenzial an End-, Primärenergie und CO_{2e}-Einsparung im Jahr 2030 gegenüber 2015 bei Aufdoppelung alter, unzureichender WDVS bei Wohngebäuden in Deutschland

| | Endenergieeinsparung | Primärenergieeinsparung | CO _{2e} -Reduktion |
|--|--|--|--|
| pro m ² aufgedoppelter Wandfläche | 22,0 kWh/(m ² _{Wand} *a) | 24,2 kWh/(m ² _{Wand} *a) | 4,7 kg CO _{2e} /(m ² _{Wand} *a) |
| Bei 490,8 Mio. m ² unzureichend gedämmter Alt-WDVS-Fläche abzüglich 73,6 Mio. m ² (15 % kaum erschließbares Potential) = 417,2 Mio. m ² realistisches Potential | ca. 9,2 TWh/a (= ca. 33 PJ/a) | ca. 10,1 TWh/a | ca. 1,9 Mio. t CO _{2e} /a |

Quelle: eigene Ergebnisse

Nun wird nicht die gesamte Alt-WDVS-Fläche innerhalb eines Jahres aufgedoppelt werden. Verteilt man die Aufdoppelung auf 14 Jahre (vgl. Kapitel 4.4.6), so wird pro Jahr eine neue Einsparung von 0,7 TWh (ca. 2,4 PJ) initiiert

Zum Vergleich: Für den NAPE 2014 wurde die Wirkung ausgewählter Instrumente aus dem Bereich Gebäude, und zwar die jährlich neue Einsparung, wie folgt abgeschätzt (vgl. [ISI et al., 2014])

- Weiterentwicklung Energiesparrecht 5,8 PJ
- Weiterentwicklung Energieberatung 0,7 PJ
- Steuerliche Förderung (Volumen 1 Mrd. €/a) 6,9 PJ
- Heizungs-Check (100.000 Fälle p.a.) 0,1 PJ

Schon diese kleine Zusammenstellung zeigt, dass in einer Aufdoppelung energetisch nicht mehr zeitgemäßer Alt-WDVS ein großes Einsparpotential steckt.

4.4.6 Zeitlicher Verlauf der Aufdoppelungs-Potentiale

Zu Frage 6: Wie wäre der zeitliche Verlauf der Potenziale einer Aufdoppelung auf der Zeitachse bis 2030?

¹⁴ dabei wurden für 2014 und 2030 gleiche Primärenergie- und CO_{2e}-Faktoren verwendet und Veränderungen durch andere Einflüsse (Verbrauchsreduktionen durch andere Maßnahmen, Abrisse, Klimaänderung, Wohnflächenveränderung etc.) nicht berücksichtigt. Als Primärenergie- und CO_{2e}-Faktoren wurden die gleichen verwendet, die auch den Berechnungen zum Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz 2014 des BMWI zugrunde lagen, vgl. [ISI et al., 2014], und zwar 1,1 für die Umrechnung von Endenergie in Primärenergie und 0,053 Mio. t CO_{2e} pro 1 PJ Primärenergie.

Für viele Hauseigentümer spielt die Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen eine wichtige Rolle. Das Kapitel 5 beschäftigt sich mit dieser Thematik.

In vielen Fällen wird die Aufdoppelung energetisch suboptimaler WDVS aus Sicht eines volkswirtschaftlich idealen Akteurs (= ein Akteur, bei dem Kosten und Nutzen in einer Hand anfallen) vor allem dann sinnvoll sein, wenn ohnehin Instandhaltungsmaßnahmen anfallen. Bei einem WDVS ist das insbesondere der Zeitpunkt, an dem ein solches System zumindest mit einem neuen Anstrich versehen werden muss.

Die Haltbarkeit eines Anstrichs ist unterschiedlich. Für die Abschätzung der Potentiale wird hier eine durchschnittliche Haltbarkeit des Anstrichs von 14 Jahren angesetzt. Da keine Erkenntnisse darüber vorliegen, wann die einzelnen Fassaden, an denen aus heutiger Sicht energetisch suboptimale WDVS angebracht sind, zuletzt gestrichen wurden, wird hier eine Gleichverteilung angesetzt. Demzufolge besteht die Option, über 14 Jahre lang (z.B. von 2016 bis 2030) eine Fläche von ca. 29,8 Mio. m² Wandfläche aufzudoppeln. Daraus ergäbe sich jährlich aus neu aufgedoppelten Flächen neu eine Einsparung von ca. 2,36 PJ, vgl. Tabelle 8 und – entsprechend der NAPE-Logik – bis zum Jahr 2030 eine Einsparung von ca. 33,0 PJ.

Da von einer Lebensdauer des WDVS von mindestens 40 Jahren auszugehen ist, würde insgesamt durch diese Aufdoppelung eine Energieeinsparung von 1.416 PJ erreicht werden.

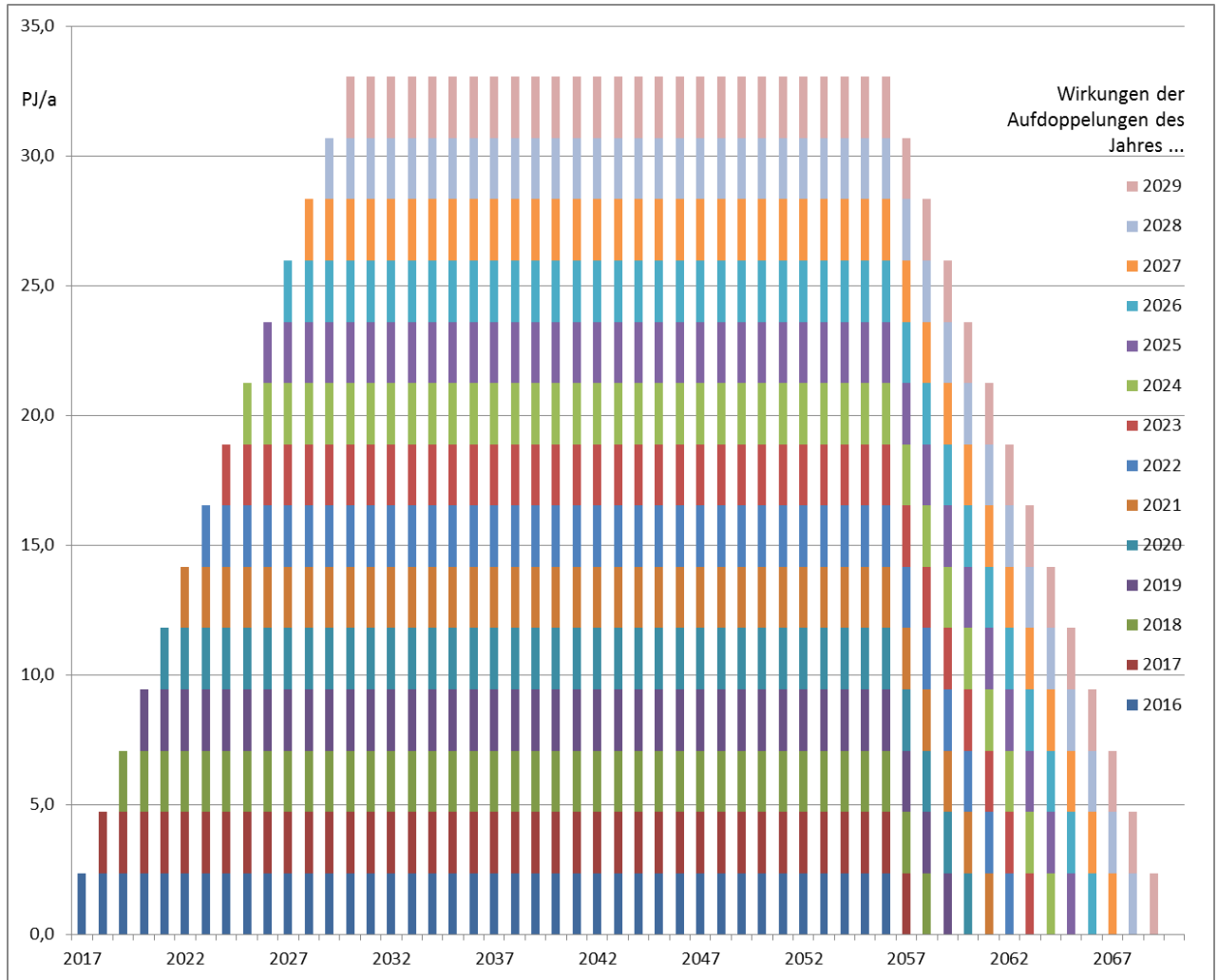
Tabelle 8 Endenergieeinsparung im Zeitverlauf bei Erschließung der realistischen Potentiale von Aufdoppelungen in der Systematik des NAPE

| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2017-2030 |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|--------------|
| Jährliche neue Einsparung (PJ) | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | |
| Jährliche addierte Einsparung (PJ) | 2,4 | 4,7 | 7,1 | 9,4 | 11,8 | 14,2 | 16,5 | 18,9 | 21,2 | 23,6 | 26,0 | 28,3 | 30,7 | 33,0 | 247,8 |

Quelle: eigene Ergebnisse

Die Abbildung 17 gibt den möglichen zeitlichen Verlauf der Erschließung der Potentiale einer Aufdoppelung auf der Zeitachse wieder.

Abbildung 17 Zeitlicher Verlauf der Erschließung der Potentiale einer Aufdoppelung alter WDV's an Wohngebäuden in Deutschland



Quelle: eigene Ergebnisse

5 Wirtschaftlichkeit

5.1 Modellrechnungen zur Energieeinsparung

Für vier Modellgebäude wurde berechnet, welche Energieeinsparung bei einer Aufdoppelung rechnerisch unter Standardnutzungsbedingungen zu erwarten ist. Dabei wurde jeweils ein Alt-WDVS mit $d=6$ cm Dämmschicht und einer Wärmeleitfähigkeit der Dämmschicht von $\lambda = 0,040$ W/(m*K) und, im Fall der Aufdoppelung, eine neue zusätzliche Dämmschicht von $d=10$ cm einer Wärmeleitfähigkeit der Dämmschicht von $\lambda = 0,035$ W/(m*K) angenommen. Weder die Dicke der alten Dämmschicht noch die Dicke der Dämmschicht der Aufdoppelung sind als extrem oder unrealistisch zu bezeichnen. Andere Maßnahmen (z.B. Fenstertausch) wurden nicht betrachtet. Die Randbedingungen sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

Tabelle 9 Randbedingungen der Berechnung der Energieeinsparung durch Aufdoppelung an Modellgebäuden

| Berechnungsmethodik | DIN V 4108-6/ DIN V 4701/EnEV ₂₀₁₃ | Energiebedarf unter Standardnutzungsbedingungen |
|------------------------------------|--|---|
| 4 Modellhäuser | Reale Mehrfamilienhäuser in Bremen und Osnabrück der 1950er und 1960er Jahre | Gebäudedaten lagen aus anderen Projekten vor |
| Außenwände im Alt-Zustand | Innenputz Mauerwerk 24-36 cm Alt WDVS 6 cm $\lambda = 0,040$ Kunstharzputz | $U_{\text{Wände, alt}} = 0,43$ bis $0,45$ |
| Außenwände mit Aufdoppelung | Innenputz Mauerwerk 24-36 cm Dämmschicht alt 6 cm $\lambda = 0,040$ Kunstharzputz Dämmschicht neu +10 cm $\lambda = 0,035$ Kunstharzputz | $U_{\text{Wände, neu}} = 0,19$ bis $0,20$ |
| Heizung/Brennstoff | Unterschiedliche Systeme mit Erdgas | |

Quelle: eigene Ergebnisse

Die Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen. Als „alt“ wird dabei der Ausgangszustand mit 6 cm Dämmschicht bezeichnet, als „neu“ der Zustand mit Aufdoppelung des WDVS mit 6 cm + 10 cm Dämmschichtdicke.

Tabelle 10 Ergebnisse der Berechnung der Energieeinsparung durch Aufdoppelung an Modellgebäuden, Bezug Gebäudenutzfläche

| | | Haus 1 | Haus 2 | Haus 3 | Haus 4 |
|---|-------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Gebäudenutzfläche A_N | m ² | 577 | 1.853 | 360 | 755 |
| Endenergiebedarf alt | kWh/(m ² *a) | 172,7 | 138,0 | 151,5 | 159,4 |
| Endenergiebedarf neu | kWh/(m ² *a) | 159,4 | 129,2 | 134,2 | 139,5 |
| Primärenergiebedarf alt | kWh/(m ² *a) | 198,9 | 160,7 | 181,6 | 177,4 |
| Primärenergiebedarf neu | kWh/(m ² *a) | 184,1 | 150,7 | 162,1 | 155,4 |
| CO ₂ -Emission alt | kg/(m ² *a) | 37,4 | 37,6 | 34,8 | 42,9 |
| CO ₂ -Emission neu | kg/(m ² *a) | 34,6 | 35,2 | 31,1 | 37,6 |
| Endenergieeinsparung | kWh/(m ² *a) | 13,3 | 8,8 | 17,3 | 19,9 |
| Primärenergieeinsparung | kWh/(m ² *a) | 14,8 | 10,0 | 19,5 | 22,0 |
| CO ₂ -Reduktion | kg/(m ² *a) | 2,8 | 2,4 | 3,7 | 5,3 |
| Endenergieeinsparung | kWh/a | 7.674 | 16.306 | 6.228 | 15.028 |
| Endenergieeinsparung in 30 Jahren | kWh | 230.223 | 489.192 | 186.840 | 450.854 |
| CO ₂ -Reduktion | kg/a | 1.616 | 4.447 | 1.332 | 4.002 |
| CO ₂ -Reduktion in 30 Jahren | kg | 48.468 | 133.416 | 39.960 | 120.077 |

Quelle: eigene Ergebnisse

Schlussfolgerungen aus der Tabelle 10:

- Pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche wird eine Endenergieeinsparung von 8,8 bis 19,9 kWh/(m²*a) erzielt. Flächengewichtet ergibt sich eine durchschnittliche Endenergieeinsparung von 12,8 kWh/(m²*a); der Bezug sind der Bedarf und die Gebäudenutzfläche.
- Pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche wird eine Endenergieeinsparung von 6,4 % bis 12,5 % erreicht. Flächengewichtet ergibt sich eine durchschnittliche Endenergieeinsparung von 8,9 % pro m² Nutzfläche.

Da sich die Daten der WDV-S-Hersteller zum Absatz von WDV-Systemen auf die Bauteilfläche beziehen, ist eine Umrechnung der Energieeinsparung nach Tabelle 10 (die sich auf die Gesamtnutzfläche A_N bezieht) auf die Bauteilfläche notwendig. Dies wird in der Tabelle 11 vorgenommen.

Tabelle 11 Ergebnisse der Berechnung der Energieeinsparung durch Aufdoppelung an Modellgebäuden, Bezug Bauteilfläche Außenwand

| 1 | | | Bemerkung | Haus 1 | Haus 2 | Haus 3 | Haus 4 |
|---|---|------------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| 2 | Außenwandfläche (Fenster und Eingänge sind abgezogen) | m^2_{Wand} | | 365 | 840 | 301 | 552 |
| 3 | Endenergieeinsparung | kWh/a | aus Tabelle 10 | 7.674 | 16.306 | 6.228 | 15.028 |
| 4 | Endenergieeinsparung Bezug: Wandfläche | $kWh/(m^2_{Wand} * a)$ | Zeile 3 / Zeile 2 | 21,0 | 19,4 | 20,7 | 27,2 |
| 5 | Endenergieeinsparung in 30 Jahren. Bezug: Wandfläche | $kWh/(m^2_{Wand})$ | Zeile 4 * 30 | 631 | 582 | 621 | 816 |

Quelle: eigene Ergebnisse

Aus Tabelle 11 kann abgeleitet werden, dass sich unter den in Tabelle 9 genannten Randbedingungen sowie den Berechnungen aus Tabelle 10 eine Endenergieeinsparung zwischen 19,4 und 27,2 kWh/a pro m^2 Bauteilfläche erzielen lässt. Flächengewichtet ergibt sich eine durchschnittliche Endenergieeinsparung von 22,0 $kWh/(m^2_{Wand} * a)$.

5.2 Wirtschaftlichkeit

Eine Investition in den Wärmeschutz hat sowohl aus Vermieter- als auch aus Mietersicht direkte Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit der Vermietung des Gebäudes bzw. des Wohnens. Zusätzlich ist die Frage interessant, ob eine Modernisierungsinvestition aus volkswirtschaftlicher Sicht sinnvoll ist. Aus diesem Grund werden in diesem Abschnitt Wirtschaftlichkeitsberechnungen aus diesen drei Perspektiven jeweils für die vier oben genannten Modellgebäude vorgenommen.

5.2.1 Annahmen zur Wirtschaftlichkeitsberechnung

Um die Gesamtkosten bzw. den Gesamtnutzen der Investition über die hier angenommene Nutzungsdauer von 40 Jahren zu ermitteln, dürfen nicht einfach die 40 einzelnen Jahreswerte der Einsparungen bzw. Ausgaben summiert werden. Vielmehr muss mit Hilfe der so genannten Diskontierung berücksichtigt werden, dass Zahlungen, die in der Zukunft liegen, zum heutigen Zeitpunkt (Basisjahr) einen niedrigeren Wert haben: Die korrekte Berechnung erfolgt als Summe der Barwerte der jährlichen Kosten und Ersparnisse. Dabei ist aus Investorensicht eine vergleichbare Alternativanlage entscheidend. Als Ergebnis dieser Berechnung steht ein Kapitalwert, der entweder negativ oder positiv ausfallen kann. Ein negativer Kapitalwert bedeutet, dass die alternative Geldanlage für den Investor lukrativer gewesen wäre, ein positiver Kapitalwert drückt den Mehrwert der Wärmedämmmaßnahme gegenüber der alternativen Geldanlage aus.

Den drei Betrachtungen liegen die folgenden Annahmen zu Grunde:

- Als Kosten der Aufdoppelung werden 100 € pro m^2 Bauteilfläche inkl. MwSt. angenommen.
- Zeitpunkt der Investition: Es wird angenommen, dass die Investition im Jahr 2016 erfolgt und die Einsparung der Energiekosten bzw. die Mieterhöhung erstmalig am 1.1.2017 (und dann für eine Dauer von 40 Jahren) wirksam wird.

- Zinssatz: Für die Betrachtung aus Investorensicht wird für die Investition ein Zinssatz von 2,0 %/a angenommen. Für die Betrachtung aus Mietersicht sowie die volkswirtschaftliche Betrachtungsweise wird ein Zinssatz von 1,07%/a zu Grunde gelegt.¹⁵
- Energiepreise: Als Basis wird ein gegenwärtiger (2016) Wärmepreis von 8 ct/kWh angenommen.¹⁶ Der Leistungspreis und sonstige in einer Heizkostenabrechnung umlegbare Kosten werden vernachlässigt. Für die kommenden 40 Jahre werden Preissteigerungen angenommen, die auf Basis von [Prognos, 2014]¹⁷ berechnet wurden. Da die Werte nach [Prognos, 2014] in realen Euro vorliegen, müssen sie noch in reale Preise umgerechnet werden. Dies geschieht mit der Annahme, dass sich die Inflation, welche im Jahr 2015 0,30 % betrug [statista, 2016] auch in den nächsten 40 Jahren auf diesem durchschnittlichen Niveau bewegt. Die in [Prognos 2014] angenommenen Preissteigerungsraten sind als eher niedrig zu bezeichnen. Um ein Bild dafür zu bekommen, welchen Einfluss die Entwicklung der Energiepreise auf die Wirtschaftlichkeit hat, wird in Kapitel 5.2.6 eine Abschätzung vorgenommen, die zeigt, wie sich die Kapitalwerte verändern, wenn eine jährliche Energiepreissteigerung von real 5 % zu Grunde gelegt wird.

Es muss betont werden, dass sowohl hinsichtlich der angenommenen Entwicklung der Energiepreise als auch der Inflation eine große Unsicherheit besteht. Die Ergebnisse dieser Wirtschaftlichkeitsberechnung müssen daher als grobe Abschätzung betrachtet werden.

5.2.2 Allgemeine Wirtschaftlichkeitsberechnung aus Vermietersicht

Für den Vermieter stehen die Kosten durch die Wärmedämmmaßnahme den zusätzlichen Einnahmen durch eine durch diese Baumaßnahme begründete Mieterhöhung gegenüber.

Der § 555b des Bürgerlichen Gesetzbuches regelt, welche Maßnahmen als Modernisierungsmaßnahmen gelten, deren Kosten umlegbar sind. Dies sind, unter anderem, bauliche Veränderungen

- durch die in Bezug auf die Mietsache Endenergie nachhaltig eingespart wird (energetische Modernisierung),
- durch die nicht erneuerbare Primärenergie nachhaltig eingespart oder das Klima nachhaltig geschützt wird, sofern nicht bereits eine energetische Modernisierung nach Nummer 1 vorliegt,
- durch die die allgemeinen Wohnverhältnisse auf Dauer verbessert werden.

Da zumindest der erste Punkt bei einer Aufdoppelung zutrifft, wird hier davon ausgegangen, dass die Maßnahme als Modernisierungsmaßnahme gilt. Es wird ferner angenommen, dass der Vermieter die Miete um (die nach der für dieses Jahr geplanten Novellierung des Mietrechts erlaubten) 8 % der anrechenbaren Investitionskosten erhöht (Modernisierungsumlage) und diese Mehreinnahmen über die Kalkulationszeit von 40 Jahren auch realisieren kann. Dies ist ein – aus Vermietersicht – optimistisches Szenario. In der Praxis

¹⁵ dies entspricht dem durchschnittlichen Zinssatz von langlaufenden Staatsanleihen als Beispiel für eine risikolose Geldanlage. Dieser betrug im Jahr 2015 1,07 %/a [Bundesbank, 2016].

¹⁶ dies ist ein Mittelwert aus Fernwärme-beheizten Gebäuden (mit etwa 0,10 €/kWh) und Gas- und Heizöl-beheizten Gebäuden mit etwa 0,06 €/kWh H_i.

¹⁷ die in [Prognos 2014] angenommene Preisentwicklung führt für Erdgas zu folgenden durchschnittlichen realen Energiepreissteigerungen: 2017-2020: + 1,41 %/a, 2021-2030: + 1,13 %/a, 2031-2040: + 1,01 %/a, 2041-2050: +0,31 %/a. Für den Zeitraum ab 2050 wird eine gleichbleibende Steigerung angenommen.

kann es u.a. durch die ortsabhängige Vergleichsmiete zu Einschränkungen kommen, welche die Mehreinnahmen über die volle Kalkulationszeit einschränken [IWU, 2009].

Für die Beispielrechnungen wird angenommen, dass die Kosten der Aufdoppelung 100 €/m² betragen. Von diesem Betrag muss der nach §559 BGB nicht umlagefähige Teil (Instandhaltungskosten) abgezogen werden. Dieses sind Kosten, die auch ohne die Aufdoppelung der Wärmedämmung angefallen wären, z.B. Ausbesserungsarbeiten an der bestehenden Wärmedämmung oder ein neuer Anstrich inkl. der nötigen Gerüstarbeiten.

In [InWis, 2011] wird geschätzt, dass bei neuen Fassadendämmungen 84,5% der Kosten umlagefähig sind. Dieser Anteil wird auch für die hier verwendeten Beispiele angenommen, sodass sich die umlagefähigen Kosten auf 100 €/m² Bauteilfläche * 84,5% = 84,5 €/m² reduzieren. In [IWU, 2009] und [UBA, 2016] wird für den Modernisierungsanteil der Investitionskosten einer neuen Wärmedämmung 60 % angesetzt. Um auch hier eine Einschätzung zu bekommen, wie sich der Anteil der umlagefähigen Kosten auf die Wirtschaftlichkeit auswirkt, werden in Kapitel 5.2.5 die Ergebnisse einer Vergleichsrechnung mit diesem verringerten Prozentsatz dargestellt.

Es wird fernerhin angenommen, dass für die Aufdoppelung eine Förderung in Anspruch genommen wird, welche ebenfalls von den umlegbaren Kosten abgezogen werden muss. Im Falle einer Inanspruchnahme von Zinsvergünstigungen durch ein KfW-Programm muss die Zinersparnis von den umlegbaren Kosten abgezogen werden. Wird durch ein KfW-Programm ein Investitionszuschuss in Anspruch genommen, so muss dieser abgezogen werden. In den Beispielen hier wird angenommen, dass eine Förderung von 10 % der Kosten erfolgt. Die umlagefähigen Kosten reduzieren sich demnach um 10 % von 84,5 €/m² auf rund 76 €/m².

Die Tabelle 12 zeigt die auf diese Weise berechnete Modernisierungsumlage für die vier Beispielgebäude, also die jährlichen Mehreinnahmen aus Vermietersicht.

Tabelle 12 **Modernisierungsumlage**

| | | Haus 1 | Haus 2 | Haus 3 | Haus 4 |
|---|----------------|--------|--------|--------|--------|
| Bauteilfläche | m ² | 365 | 840 | 301 | 552 |
| Investitionskosten (exkl. Instandhaltung) | T€ | 30,8 | 71,0 | 25,5 | 46,6 |
| Umlagefähigen Kosten | T€ / a | 27,8 | 63,9 | 22,9 | 42,0 |
| Modernisierungsumlage | T€ / a | 2,2 | 5,1 | 1,8 | 3,4 |

Quelle: eigene Ergebnisse

Über den 40-jährigen Betrachtungszeitraum summieren sich die Mehreinnahmen auf die in der Tabelle 13 genannten Summen. Werden die Mehreinnahmen der 40 Jahre jeweils diskontiert und aufsummiert, so resultieren die ebenfalls in der Tabelle 13 genannten Kapitalwerte der Mehreinnahmen.

Den Mehreinnahmen durch die erhöhte Miete stehen die Investitionskosten gegenüber. Auch hier wird angenommen, dass nur die Investitionskosten, die durch den Mehraufwand der Wärmedämmung bedingt sind – also die Investitionskosten, abzüglich des Erhaltungsaufwandes und der Förderung – berücksichtigt werden. Es wird fernerhin ange-

nommen, dass die Investition im Jahr 2016 anfällt und, dass über die darauffolgende hier angenommene 40-jährige Nutzungsdauer keine weiteren Kosten, die durch die Wärmedämmmaßnahme bedingt sind, anfallen. Da die Investition also im Basisjahr des Betrachtungszeitraumes anfällt, muss für diesen Posten keine Diskontierung vorgenommen werden.

Der Kapitalwert der Investition aus Vermietersicht ergibt sich demnach, indem die Investitionskosten abzüglich Erhaltungsaufwand und Förderung von den Mehreinnahmen durch die Modernisierungsumlage abgezogen werden. Auch diese Ergebnisse sind in der Tabelle 13 dargestellt:

Tabelle 13 Mehreinnahmen (Summe und Kapitalwerte) aus Vermietersicht

| | | Haus 1 | Haus 2 | Haus 3 | Haus 4 |
|--|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Summe der Mehreinnahmen | T€ | 88,8 | 204,4 | 73,3 | 134,3 |
| Kapitalwert der Mehreinnahmen | T€ | 61,1 | 140,7 | 50,5 | 92,5 |
| Kapitalwerte der Investition aus Vermietersicht | T€ | + 33,4 | + 76,8 | + 27,6 | + 50,5 |

Quelle: eigene Ergebnisse

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich die Investition aus Vermietersicht in jedem Fall lohnt, da es in allen Szenarien zu (deutlich) positiven Kapitalwerten kommt, die besagen, dass sich die Investitionen mit dem angenommenen Zinssatz von 2,0 %/a lohnen.

5.2.3 Allgemeine Wirtschaftlichkeitsberechnung aus Mietersicht

In der Betrachtungsweise aus Mietersicht werden die Mehrkosten der Modernisierungsumlage den Einsparungen durch verminderte Heizkosten gegenübergestellt. Die Mehrkosten sind identisch mit den Mehreinnahmen des Vermieters, welche in Tabelle 12 dargestellt sind. Abgezinst und aufsummiert ergeben diese Mehrkosten allerdings einen anderen Kapitalwert als die Mehreinnahmen des Vermieters, da ein anderer Zinssatz zu Grunde gelegt wird (siehe Tabelle 14).

Die eingesparten Heizkosten, werden ermittelt, in dem für jedes Jahr über den 40-jährigen Betrachtungszeitraum die Energieeinsparungen¹⁸ mit den prognostizierten Energiekosten multipliziert werden. Die Summe der eingesparten Energiekosten sowie die Kapitalwerte der Energiekosten (jeweils über die 40 Jahre) werden ebenfalls in der Tabelle 14 abgebildet. Abschließend zeigt die Tabelle die Kapitalwerte der Investitionsbeispiele insgesamt, also die Summen aus Mehrausgaben und Einsparungen.

¹⁸ ermittelt in Kapitel 5.1

Tabelle 14 **Einsparungen und Mehrausgaben (Summe und Kapitalwerte) aus Mietersicht**

| | | Haus 1 | Haus 2 | Haus 3 | Haus 4 |
|--|-----------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| Summe Mehrkosten durch Modernisierungsumlage | T€ | - 88,8 | - 204,4 | - 73,3 | - 134,3 |
| Kapitalwert der Mehrkosten durch Modernisierungsumlage ¹⁹ | T€ | - 71,9 | - 165,5 | - 59,4 | - 108,8 |
| Heizkosteneinsparung über 40 Jahre | T€ | 29 | 61 | 23 | 56 |
| Kapitalwerte Heizkosteneinsparung über 40 Jahre | T€ | 23 | 49 | 19 | 45 |
| Kapitalwerte der Investition aus Mietersicht | T€ | - 48,9 | - 116,6 | - 40,7 | - 63,7 |

Quelle: eigene Ergebnisse

Es zeigt sich, dass bei allen vier Modellgebäuden deutlich negative Kapitalwerte zustande kommen. Die Investitionen sind also mit den getroffenen Annahmen aus Mietersicht über den 40-jährigen Betrachtungszeitraum von der rein wirtschaftlichen Betrachtungsweise unattraktiv. Andere Vorteile der Modernisierungsmaßnahme, die zu einem Mehrwert des Gebäudes bzw. der Wohnungen führen, wie ein behaglicheres Wohnklima und ein besserer sommerlicher Wärmeschutz, werden hier nicht berücksichtigt.

5.2.4 Allgemeine Wirtschaftlichkeitsberechnung aus volkswirtschaftlicher Sicht

In der volkswirtschaftlichen Betrachtungsweise werden die Investitionskosten den eingesparten Energiekosten gegenübergestellt. Als Investitionskosten werden die Modernisierungsanteile (also 84,5% der Investitionskosten) angesetzt. Die für die Betrachtungsweise aus Investorensicht abgezogene Förderung wird hier ebenso wenig berücksichtigt wie die Mehrwertsteuer, die bei der Betrachtungsweise aus Mietersicht in den Energiekosten enthalten ist. Andere Faktoren, wie beispielsweise die durch die Investition in Deutschland ausgelöste Wertschöpfung mit den damit verbundenen staatlichen Einnahmen (beispielsweise die Lohn- und Gewerbesteuer von Handwerk und Industrie) werden hier nicht berücksichtigt. Die Tabelle 15 zeigt die direkten monetären Wirkungen (Gesamtkosten und Nutzen) über den 40-jährigen Betrachtungszeitraum sowie die Kapitalwerte der Einsparungen und der Gesamtmaßnahme.

¹⁹ Die Kapitalwerte der Modernisierungsumlage aus Mietersicht unterscheiden sich von den Kapitalwerten der Modernisierungsumlage aus Vermietersicht, da der Diskontierung ein anderer Diskontierungsfaktor (1,07 vs. 2,0%) zu Grund liegt.

Tabelle 15 Einsparungen und Mehrausgaben (Summe und Kapitalwerte) aus volkswirtschaftlicher Sicht

| | | Haus 1 | Haus 2 | Haus 3 | Haus 4 |
|---|-----------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| Modernisierungsanteil der Investitionskosten | T€ | 30,8 | 71,0 | 25,5 | 46,6 |
| Heizkosteneinsparung über 40 Jahre (exkl. MwSt.) | T€ | 24,1 | 51,1 | 19,5 | 47,1 |
| Kapitalwerte Heizkosteneinsparung über 40 Jahre (exkl. MwSt.) | T€ | 19,3 | 41,1 | 15,7 | 37,9 |
| Kapitalwerte der Investition aus volkswirtschaftlicher Sicht | T€ | - 11,5 | - 29,9 | - 9,8 | - 8,8 |

Quelle: eigene Ergebnisse

Die für alle Beispielgebäude negativen Kapitalwerte zeigen, dass sich die Investitionen mit den getroffenen Annahmen aus volkswirtschaftlicher Sicht mit dieser vereinfachten Betrachtungsweise nicht lohnen: Die Anlage der entsprechenden Geldsumme in Staatsanleihen mit einer Verzinsung von 1,07 %/a hätte in allen Fällen einen größeren Wert.

5.2.5 Szenariorechnung mit variierenden Modernisierungsanteilen bzw. Förderung

Der in den vorhergehenden Kapiteln verwendete Modernisierungsanteil von 84,5 %, welcher die spezifischen umlegbaren Investitionskosten von 100 €/m² Bauteilfläche auf 84,5 €/m² reduziert, hat einen großen Einfluss auf die Kapitalwerte aus Vermieter- sowie Mietersicht.

Um eine Einschätzung zu bekommen, wie die Modernisierungsumlage die Kapitalwerte beeinflusst, wurde eine weitere Berechnung mit 60 % Modernisierungsanteil,²⁰ (auch hier mit einer angenommenen Förderung von 10 %) erstellt.²¹ Die Ergebnisse werden in der Tabelle 16 den bisherigen Ergebnissen gegenübergestellt.

²⁰ dieser Wert bezieht sich auf in [IWU, 2009] und [Umweltbundesamt, 2016] genannte Werte für eine neue Fassaden-dämmung

²¹ daraus resultieren umlegbare Investitionskosten von 54 €/m²

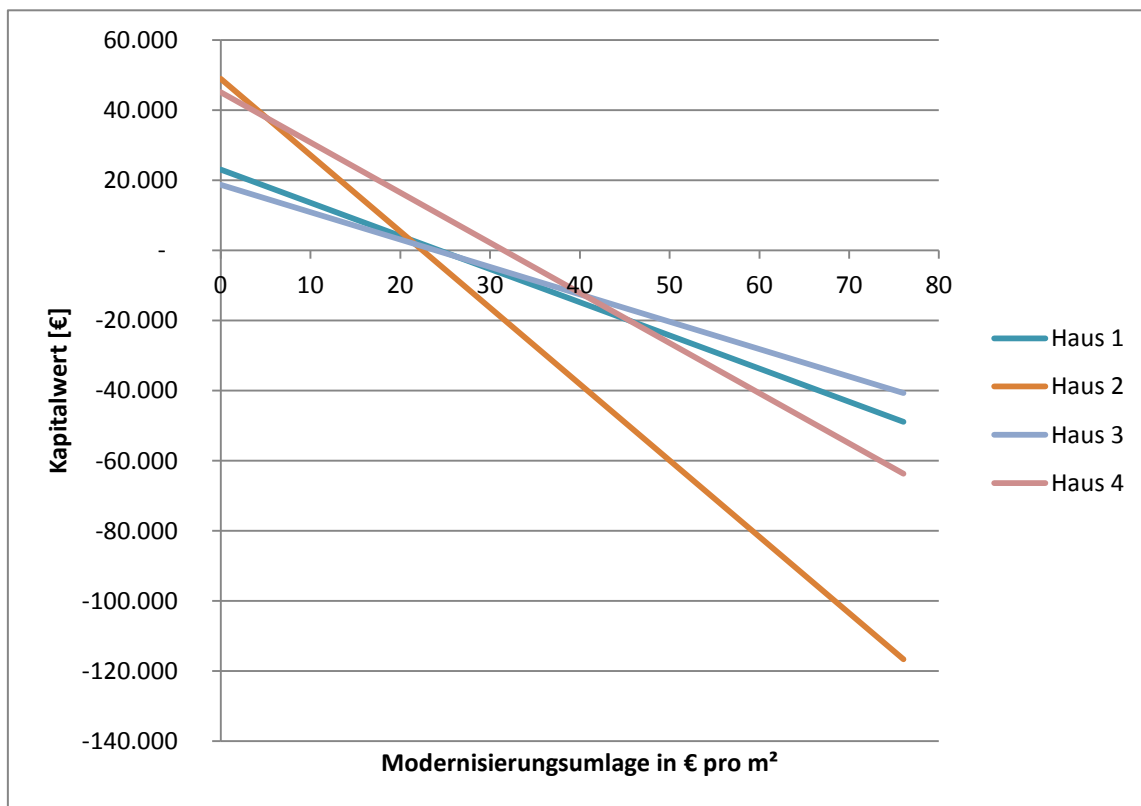
Tabelle 16 Kapitalwerte mit unterschiedlichen Modernisierungsanteilen

| | | Haus 1 | Haus 2 | Haus 3 | Haus 4 |
|---|----|--------|---------|--------|--------|
| Kapitalwert aus Vermietersicht (84,5 % Modernisierungsanteil) | T€ | + 33,4 | + 76,8 | + 27,6 | + 50,5 |
| Kapitalwert aus Vermietersicht (60 % Modernisierungsanteil) | T€ | + 23,7 | + 54,6 | + 19,6 | + 35,9 |
| Kapitalwert aus Mietersicht (84,5 % Modernisierungsanteil) | T€ | - 48,9 | - 116,6 | - 40,7 | - 63,7 |
| Kapitalwert aus Mietersicht (60 % Modernisierungsanteil) | T€ | - 28,1 | - 68,6 | - 23,5 | - 32,2 |

Quelle: eigene Ergebnisse

Die Tabelle 16 zeigt, dass selbst wenn die umlegbaren Investitionskosten von rund 76 €/m² auf 54 €/m² sinken, die Kapitalwerte für den Vermieter positiv und für den Mieter negativ bleiben. Die Abbildung 18 stellt dar, wie sich die Kapitalwerte der Investition aus Mietersicht für die einzelnen Beispielhäuser in Abhängigkeit der Modernisierungsumlage pro m² Bauteilfläche verhalten.

Abbildung 18 Entwicklung der Kapitalwerte aus Mietersicht in Abhängigkeit von der Modernisierungsumlage



Quelle: eigene Ergebnisse

Die Abbildung 18 zeigt, dass mit Ausnahme von Beispielhaus 4, bei dem die Energieeinsparungen pro m² Bauteilfläche etwas höher ausfallen, die Modernisierungsumlage höchstens rund 25 € pro m² Bauteilfläche betragen darf, damit auch für die Mieter ein positiver Kapitalwert erreicht werden kann. Um auf diesen niedrigen Wert zu kommen, müssten entweder die Investitionskosten deutlich sinken oder es wäre eine erhebliche Förderung nötig.

5.2.6 Szenariorechnung mit hoher Energiepreis-Steigerung

In einem weiteren Szenario werden die Steigerungsraten der Energiepreise variiert. Während den bisherigen Abschätzungen die nach [Prognos, 2014] eher geringen Steigerungsraten zu Grunde liegen, werden die Steigerungen in diesem folgenden Szenario mit jährlich + 5% angesetzt. Diese Einschätzung führt zu höheren Kosteneinsparungen für die Mieter, was den Kapitalwert der Investition aus Mietersicht verbessert. In Tabelle 17 ist zu sehen, dass selbst diese Annahme nur beim Beispielhaus 4 zu positiven Kapitalwerten führt.

Erst wenn auch für die Modernisierungsumlage der mit 60 € pro m² Bauteilfläche geringere Wert als Annahme vorausgesetzt wird, werden die Kapitalwerte auch aus Mietersicht positiv. In diesem Fall wäre die Investition in eine Aufdoppelung des Wärmedämmverbundsystems also auch für die Mieter finanziell attraktiv. In der Tabelle 17 werden diese Ergebnisse gezeigt.

Tabelle 17 Kapitalwerte aus Mietersicht mit größeren Energiepreis-Steigerungsraten

| | | Haus 1 | Haus 2 | Haus 3 | Haus 4 |
|--|----|--------|---------|--------|--------|
| Kapitalwert aus Mietersicht mit Energiepreissteigerungen nach [Prognos 2014] (84,5% Modernisierungsanteil) | T€ | - 48,9 | - 116,6 | - 40,7 | - 63,7 |
| Kapitalwert aus Mietersicht mit 5 % jährlicher Energiepreissteigerung (84,5% Modernisierungsanteil) | T€ | - 12,9 | - 40,1 | - 11,5 | + 6,8 |
| Kapitalwert aus Mietersicht mit 5 % jährlicher Energiepreissteigerung (60 % Modernisierungsanteil) | T€ | + 7,9 | + 7,8 | + 5,7 | + 38,1 |

Quelle: eigene Ergebnisse

5.2.7 Zusammenfassung der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigt unter den genannten Annahmen (insbesondere: 84,5 % der Aufdoppelungskosten sind nicht Instandhaltung, also umlegbar, sowie einer geringen Energiepreissteigerungsrate), dass sich die Investition einer Aufdoppelung eines Wärmedämm-Verbundsystems aus der Sicht des Vermieters und über die gesamte zu erwartende Lebenserwartung der Investition wirtschaftlich lohnt, wenn die künftig gesetz-

lich erlaubten 8 % der Modernisierungskoten²² dauerhaft voll auf die Mieter umgelegt werden können und der Vermieter diesen Spielraum auch voll ausschöpft. Für den Mieter hingegen führt diese Modernisierungsumlage zu erheblichen Mehrkosten, die – bei der Annahme einer niedrigen Energiepreissteigerung - nicht durch sinkende Energiekosten ausgeglichen werden können. Auch aus volkswirtschaftlicher Sicht kommt es unter den getroffenen Annahmen (insbesondere geringer Energiepreissteigerung) bei allen Beispielgebäuden zu negativen Kapitalwerten. Die Investitionen sind also nicht wirtschaftlich.

Da die Annahmen hinsichtlich der umlegbaren Investitionskosten (Modernisierungsanteil) Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben, wurde eine Variante durchgerechnet, bei der angenommen wurde, dass nur 60 % der Investitionskosten der Modernisierung zuzurechnen sind (und 40 % für die ohnehin erforderliche Instandhaltung aufgewendet werden müssen). In diesem Szenario verschlechtern sich die Kapitalwerte für den Vermieter, während sich die Kapitalwerte aus Mietersicht verbessern. Allerdings sind die Kapitalwerte aus Vermietersicht weiterhin durchgehend positiv, während sie aus Mietersicht negativ bleiben.

Abschließend wurde ein weiteres Szenario durchgerechnet, in dem höhere Energiepreissteigerungen angenommen wurden. Hier zeigt sich, dass beim Beispielgebäude „Haus 4“ auch für den Mieter positive Kapitalwerte erzielt werden können. Nur unter der für die Mieter-Sichtweise besten Kombination der Annahmen (geringe Modernisierungsumlage, hohe Energiekostensteigerung) werden für alle Beispielhäuser positive Kapitalwerte erzielt.

Die Variantenrechnungen zeigen den großen Einfluss der Annahmen auf die Ergebnisse zur Wirtschaftlichkeit der Baumaßnahme. Neben den variierten Stellgrößen Energiepreissteigerungen und Modernisierungsanteil (Investitionskosten) besteht für die nächsten 40 Jahre eine große Unsicherheit hinsichtlich des Zinssatzes und dem Inflationsfaktor.

Vor diesem Hintergrund sollten die hier gezeigten Ergebnisse als mögliche Kenngrößen der Wirtschaftlichkeit betrachtet werden.

²² bleibt es doch bei der bisher gesetzlich erlaubten Umlagefähigkeit von 11 % p.a., so werden natürlich noch weit höhere Kapitalwerte erreicht.

6 Nachhaltigkeit und Gestaltung

6.1 Nachhaltigkeit

Unter „Nachhaltigkeit“ werden nicht selten recht verschiedene Themen verstanden. Im Nachhaltigkeitsbericht des Bundesbauministeriums wurden deshalb drei Bereiche der Nachhaltigkeit angegeben, nämlich die ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit. In [BMVBS, 2011] wurden diese Dimensionen folgendermaßen erläutert:

- „Ökologische Nachhaltigkeit bezeichnet eine Lebensweise, die keinen Raubbau an der Natur betreibt, sondern die natürlichen Lebensgrundlagen nur in dem Maße beansprucht, wie diese sich regenerieren oder ersetzen lassen.
- Ökonomische Nachhaltigkeit bedeutet, dass eine Gesellschaft wirtschaftlich nicht über ihre Verhältnisse lebt, da dies zwangsläufig zu Nachteilen für kommende Generationen führen würde.
- Soziale Nachhaltigkeit zielt auf Generationengerechtigkeit. Dazu gehören die Gewährleistung sozialer Sicherheit und die Umsetzung von Chancengleichheit.“

Dem Bauwesen kommt bezüglich der Bestrebungen um Nachhaltigkeit eine besondere Rolle zu, „weil es wesentliche Bedürfnisse des Menschen wie Wohnen und infrastrukturelle Bedürfnisse befriedigt und zugleich große wirtschaftliche und für die Umwelt relevante Aufwendungen damit verbunden sind“ [BMUB, 2015]. Im „Leitfaden Nachhaltiges Bauen“ [BMUB, 2014] werden die vom Ministerium gesehenen Schutzgüter und Schutzziele benannt, siehe Abbildung 19.

Bezogen auf die Aufdoppelung alter WDV-Systeme sind alle o.a. Dimensionen der Nachhaltigkeit von Bedeutung. Bezüglich der ökonomischen Dimension spielen neben der Haltbarkeit Kosten-Nutzen-Aspekte eine wichtige Rolle (siehe Kapitel 5). Im Bereich der soziokulturellen Dimension ist das Fassadendesign von Bedeutung („Sicherung der gestalterischen und städtebaulichen Qualität“; vgl. Abbildung 19). Dieser Aspekt wird in Kapitel 6.2 behandelt. Bezüglich der ökologischen Dimension ist für WDV-Systeme relevant, dass sie zur Effizienzsteigerung beitragen, ihre Materialien möglichst aus natürlichen Ressourcen stammen sollten und dass WDV-Systeme umweltschonend produziert werden.

Abbildung 19 Grundsätze des nachhaltigen Bauens

| | | Ökologie | Ökonomie | Soziokulturelles |
|-------------|--------------------------|--|--|---|
| Schutzgüter | Nachhaltigkeit allgemein | <ul style="list-style-type: none"> Natürliche Ressourcen Natürliche Umwelt | <ul style="list-style-type: none"> Kapital/ Werte Ökonomische Leistungsfähigkeit | <ul style="list-style-type: none"> Menschliche Gesundheit Soziale und kulturelle Werte |
| | Nachhaltiges Bauen | <ul style="list-style-type: none"> Natürliche Ressourcen Globale und lokale Umwelt | <ul style="list-style-type: none"> Kapital/ Werte | <ul style="list-style-type: none"> Gesundheit Nutzerzufriedenheit Funktionalität Kultureller Wert |
| Schutzziele | Nachhaltigkeit allgemein | <ul style="list-style-type: none"> Schutz der natürlichen Ressourcen/ sparsamer und schonender Umgang mit natürlichen Ressourcen Effizienzsteigerung Reduktion von Schadstoffbelastungen/ Umwelteinwirkungen Schutz der Erdatmosphäre, des Bodens, des Grundwassers und der Gewässer Förderung einer umweltverträglichen Produktion | <ul style="list-style-type: none"> Lebenszykluskosten senken Verringerung des Subventionsaufwandes Schulden verringern Förderung einer verantwortungsbewussten Unternehmerschaft Schaffung nachhaltiger Konsumgewohnheiten Schaffung dynamischer und kooperativer internationaler wirtschaftlicher Rahmenbedingungen | <ul style="list-style-type: none"> Schutz und Förderung der menschlichen Gesundheit Sozialen Zusammenhalt und Solidarität stärken Kulturelle Werte erhalten Chancengleichheit Sicherung von Erwerbsfähigkeit und Arbeitsplätzen Armutsbekämpfung Bildung / Ausbildung Gleichberechtigung Integration Sicherheit / lebenswertes Umfeld |
| | Nachhaltiges Bauen | <ul style="list-style-type: none"> Schutz der natürlichen Ressourcen Schutz des Ökosystems | <ul style="list-style-type: none"> Minimierung der Lebenszykluskosten Verbesserung der Wirtschaftlichkeit Erhalt von Kapital/ Wert | <ul style="list-style-type: none"> Bewahrung von Gesundheit, Sicherheit und Behaglichkeit Gewährleistung von Funktionalität Sicherung der gestalterischen und städtebaulichen Qualität |

Quelle: nach [BMUB, 2014]

Im Folgenden sollen vier Aspekte näher erläutert werden, die mit der ökologischen, ökonomischen und soziokulturellen Nachhaltigkeit im Baubereich in engem Zusammenhang stehen. Diese Aspekte sind

1. die graue Energie, also jene Energie, die für die Produktion, den Transport und die Montage von Dämmsystemen benötigt wird,
2. die Vermeidung des Bewuchses durch Algen und Pilze unter besonderer Berücksichtigung des Schutzes des Bodens und des Grundwassers,
3. der Einsatz von Flammenschutzmitteln,
4. die Verwertung/Verwendung der WDV-Systeme nach Ende der Nutzungsdauer (Recycling).

Weitere Aspekte der Nachhaltigkeit (wie eine Erhöhung des Wohnkomforts, die Minderung von Folgend es Klimawandels und Beschäftigungseffekte für regionale Handwerker)

sind bei Aufdoppelungen durchaus gegeben, werden hier jedoch nicht vertiefend behandelt.

6.1.1 Graue Energie

Unter Grauer Energie wird die Energiemenge verstanden, die für die Herstellung, den Transport, die Verarbeitung und die Entsorgung eines Produkts benötigt wird. In Deutschland wird diese Energiemenge bei der Beurteilung des Energiebedarfs bzw. -verbrauchs von Gebäuden in öffentlich-rechtlichen Nachweisen nach den Regeln der Energieeinsparverordnung bisher nicht berücksichtigt.

Die Größenordnung der grauen Energie im Verhältnis zur Betriebsenergie für Raumheizung kann nach Angaben von [Humm, 2009] mit umgerechnet 30 kWh/(m²*a) für alle bei einer umfangreichen Sanierung insgesamt verwendeten Baustoffe und Anlagen durchaus genauso hoch sein wie die Betriebsenergie sehr effizienter Neubauten.

Für die energetische Amortisation²³ bezüglich des Dämmstoffanteils gibt [Lützkendorf, 2013] bei EPS-Dämmstoffen einen Primärenergieverbrauch (nicht erneuerbar) von 1.145 MJ für 1 m³ EPS-Hartschaum mit der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/(m*K) an.

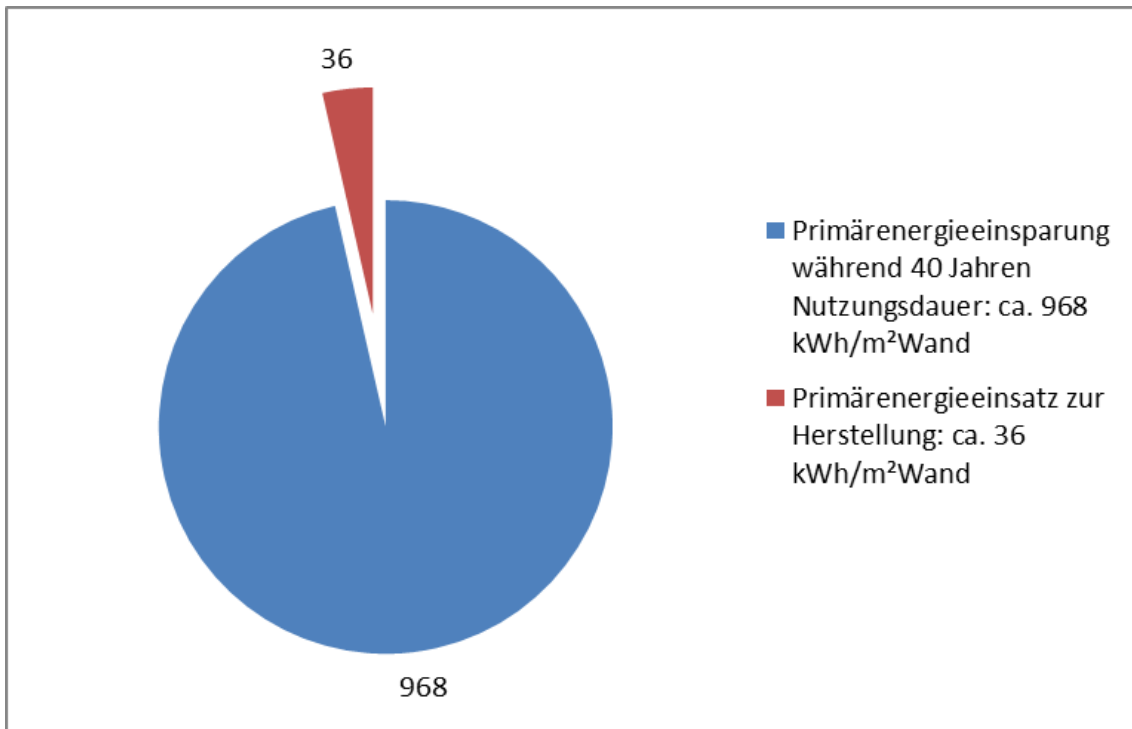
Bei der in unserer Studie angenommenen Aufdoppelung von 10 cm ergibt sich ein Primärenergieverbrauch für den Dämmstoff von 114,5 MJ/m². Umgerechnet sind dies 31,7 kWh/m²_{Wand}. Inklusiv neuem Kunstharzputz (für den der Primärenergieeinsatz hier nur geschätzt wurde) wird vereinfachend von einem Primärenergieeinsatz von 36 kWh/m²_{Wand} bei einer Aufdoppelung von 10 cm ausgegangen.

Nach Kapitel 5.1 steht diesem Wert bei einer Aufdoppelung eine Einsparung von 24,2 kWh/(m²_{Wand}*a) gegenüber.²⁴ Bereits bei einer angenommenen Lebensdauer von 40 Jahren beträgt die Einsparung 968 kWh. Die Abbildung 20 zeigt die Dimensionen.

²³ bei Dämmstoffen u.ä. ist das der Zeitraum, in dem die für die Herstellung aufgewendete Energie durch die Verwendung wieder eingespart werden kann.

²⁴ in Kapitel 6.1 werden 22,0 kWh/(m²Wand*a) Endenergie angegeben. Zur Umrechnung in Primärenergie wird vom Heizbrennstoff Erdgas mit dem Primärenergiefaktor $f_P = 1,1$ ausgegangen. Es ergeben sich $22,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{Wand}*\text{a}) * 1,1 = 24,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{Wand}*\text{a})$.

Abbildung 20 Primärenergieeinsatz bei der Herstellung im Vergleich zur Primärenergieeinsparung während einer angenommenen Nutzungsdauer der Aufdoppelung von 40 Jahren



Quelle: Eigene Ergebnisse

Die energetische Amortisationszeit beträgt bei einer typischen Aufdoppelung somit ca. 1,5 Jahre.²⁵

Ergänzend sei auf Folgendes hingewiesen: In der Regel wird bei Betrachtungen zur energetischen Amortisation vereinfachend die gesamte Dämmschicht gleichartig betrachtet, mit den Annahmen, dass jeder Zentimeter Dämmschicht eines bestimmten Materials die gleiche Menge an grauer Energie benötigt und jeder Zentimeter die gleiche Dämmwirkung habe. Eine Ausnahme bildet die Betrachtung von [Jochum/Mellwig, 2014]. Dort wird berücksichtigt, dass die Wirkung jedes zusätzlichen Zentimeters einer Dämmschicht kleiner ist als die des vorangegangenen Zentimeters. [Jochum/Mellwig, 2014] haben dabei Grenzdicken für übliche Dämmstoffe berechnet. Diese Grenzdicken drücken aus, bis zu welcher Dämmschichtdicke über (dort) 30 Jahre mehr Energie eingespart wird als an grauer Energie benötigt wird. Die Grenzdicke bei Dämmplatten aus EPS wird dabei mit ca. 39 cm angegeben, die von Mineralwolle mit ca. 42 cm. Auch bei einer solchen Betrachtung ergibt sich, dass sich eine Aufdoppelung energetisch gesehen lohnt: Es wird durch sie wesentlich mehr Energie eingespart, als für Herstellung, Transport und Montage benötigt wird, auch wenn bei einer Aufdoppelung der Transport und die Montage (gegenüber einer von vornherein dicken Dämmung) ein zweites Mal anfallen.

6.1.2 Biozide

Aufgrund sauberer Luft - bedingt insbesondere durch die Entschwefelung von Kraftwerken, aber auch von Diesel und leichtem Heizöl – kommt es seit den 1980 er Jahren verstärkt zu einem erhöhten Risiko für eine Bewuchs durch Algen. Diese siedeln sich auf fast

²⁵ Aufwand 36 kWh/m²Wand gegenüber Einsparung 24,2 kWh/(m²Wand*a) = 1,5 Jahre.

allen Oberflächen an, z.B. auf Baumrinden, Zäunen, Verkehrsschildern – auch auf Fassaden. Bei Fassaden sind insbesondere solche von unbeheizten Gebäuden betroffen (z.B. Garagen), aber auch solche von gut gedämmten Gebäuden, vgl. [Eicke-Hennig, 2016]. Gut gedämmte Fassaden sind tendenziell häufiger von Algenbefall betroffen als schlecht gedämmte von beheizten Gebäuden, weil bei schlecht gedämmten Gebäuden die unkontrolliert entweichende Wärme zu einer Wandheizung und damit Trocknung der Wandoberfläche führt. Das bedeutet jedoch nicht, dass gedämmte Fassaden automatisch von einem Algenbewuchs betroffen sind.

Durch die Verwendung eines WDVS wird der Wärmeschutz der Außenwände verbessert. Dadurch sinkt gegenüber einer ungedämmten Wand im Winter die Oberflächentemperatur der Außenwand. In der Folge unterschreitet sie gelegentlich die Taupunkttemperatur der Luft, was zu Tauwasseranfall führt. Wird diese Feuchtigkeit vom Baustoff aufgenommen, bleibt er länger feucht. Im Zusammenspiel mit anderen Eigenschaften begünstigt dies i.d.R. die Ansiedlung von Mikroorganismen, vgl. z.B. [Heße, 2013]. Um einen Bewuchs durch Pilze, Algen, Flechten und Moose zu vermindern, werden dem Putz bzw. der Fassadenfarbe i.d.R. Biozide beigefügt.

Nach [Künzel, 2010] verzögern diese Biozide zwar das Wachstum von Algen und Pilzen, können es aber auf Dauer nicht vollständig verhindern, da sie z.T. ausgewaschen werden. Dies ist aus ökologischer Sicht nicht unproblematisch, da die Biozide dadurch in den Boden und ggf. in das Grundwasser und Gewässer gelangen können. [Krueger, 2014] weisen jedoch darauf hin, dass die Auswaschung hauptsächlich anfangs als so genannte „Anfangsauswaschung“ bei frisch erstellten Beschichtungen vorkommt und selten mehr als 10 % des Wirkstoffes ausgewaschen wird. Des Weiteren werden laut [Breuer et al., 2012] mittlerweile höhere Anteile an Bioziden in so genannter mikroverkapselter Form eingesetzt, wodurch die Anfangsauswaschung reduziert wird.

Aufgrund der Problematik hinsichtlich der ökologischen Nachhaltigkeit bei der Auswaschung von Bioziden werden vermehrt Alternativen für die Vermeidung von Pilz- und Algenbefall bei WDVS gesucht. Hersteller setzen dabei auf biozidfreie Filmschutzmittel. Aufschluss hierüber geben die technischen Merkblätter der WDVS-Schlussbeschichtungen (Oberputze, Fassadenfarben) der einzelnen Hersteller. Eine andere Alternative bilden hydrophobe (wasserabweisende) und hydroaktive Oberflächen: „Hydroaktiv sind Oberflächen, wenn sie Feuchtigkeit aktiv aufnehmen und bei Trockenheit wieder abgeben“ [Heße, 2013]. Durch die geringere Feuchtigkeit der Außenwände wird Algenbildung vorgebeugt, was potentiell den Gebrauch von Bioziden in Fassadenbeschichtungen reduzieren kann.

Darüber hinaus kann mittels konstruktivem Feuchteschutz (z. B. ausreichender Dachüberstand, ausreichender Tropfkantenabstand von Fensterbänken, kontrollierte Wasserführung) eine positive Wirkung erzielt werden. Fassadengestaltungen mit dunkleren Farbtönen lassen weniger Algenbildung erkennen lassen als weiße Putzoberflächen.

6.1.3 Flammenschutzmittel

Um die Entflammbarkeit zu vermindern, werden u.a. Dämmstoffen aus expandiertem Polystyrol (EPS) Flammenschutzmittel zugesetzt. EPS-Dämmstoffe wurden bis etwa 2013/2014 i.d.R. mit etwa 0,7-1 % Hexabromcyclododecan (HBCD) als Flammenschutzmittel ausgerüstet [Mäurer/Schlummer, 2014]. Das Brandverhalten von WDVS mit so ausgerüsteten EPS-Dämmstoffen wird in Deutschland nach den allgemein bauaufsichtlichen Zulassungen für WDVS als „schwerentflammbar“ eingestuft, wenn zusätzlich konstruktive Brandschutzmaßnahmen eingebaut werden [FV WDVS, 2014b].

2013 wurde HBCD, das auch in anderen Produkten eingesetzt wurde, in die Stockholmer-POP-Konvention²⁶ als persistenter organischer Schadstoff aufgenommen [Mäurer/Schlummer, 2014]. Das damit einhergehende weltweit vorgesehene Herstellungs- und Verwendungsverbot hat die EU jedoch bis zum August 2017 ausgesetzt [UBA, 2016b]. Als Ersatz für HBCD wird dem Polystyrol seit 2014 meist ein bromiertes Polymer zugegeben, das nach derzeitigem Kenntnisstand nicht über vergleichbare problematische Umwelteigenschaften verfügt [UBA, 2016]. Die Hersteller, die im Industrieverband Hartschaum (IVH) organisiert sind, haben seit Mitte bis Ende 2014 auf HBCD-freie EPS-Dämmstoffe umgestellt. Das heißt: EPS-Dämmstoffe dieser Hersteller sind ab diesem Datum HBCD-frei.

EPS-Dämmstoffe, bei denen HBCD als Flammschutzmittel verwendet wurde, gelten bislang im Abfallschlüssel als nicht gefährliche Abfälle. Durch eine gesetzliche Neuregelung werden sie voraussichtlich ab Herbst 2016 als gefährlicher Abfall eingestuft werden. Beim Abbruch eines WDVS müssen sie dann auf besondere Weise verwertet werden (siehe Kapitel 6.1.4).

6.1.4 Verwertung nach Ende der Nutzungsdauer

In [IBP, 2015] wurde die Langzeitbewährung von ausgeführten WDVS untersucht. In der Zusammenfassung wird resümiert, dass die Dauerhaftigkeit der Systeme bei der richtigen Materialkombination bei erneuten Anstrichen als sehr gut und mangelfrei über einen langen Zeitraum einzustufen ist. Nach [Künzel, 2007] ist die Lebensdauer von WDV-Systemen „bei sachgerechter Verarbeitung, Wartung und Instandhaltung gleich einzustufen wie die von einfachem, verputztem Mauerwerk.“ [Mäurer/Schlummer, 2014] gehen von einer durchschnittlichen Haltbarkeit von ca. 25-30 Jahren aus.

WDVS, die Dämmstoffe mit dem Flammschutzmittel HBCD enthalten, müssen, solange sie ihre Funktion erfüllen und nicht abgerissen werden, nicht abgenommen und entsorgt werden. Sie stellen solange ebenso wenig gefährlicher Abfall dar wie z.B. Holzfenster und Terrassendielen, die mit zugelassenen Holzschutzmitteln behandelt wurden, oder elektrische Leitungen, deren Kunststoffummantelung i.d.R. ebenfalls Flammschutzmittel enthält. Auch dort sind diese Bauteile erst im Recyclingprozess gesondert zu behandeln.

In [IBP, 2014] wird darauf hingewiesen, dass viele WDVS der ersten Generation vor einer Überarbeitung stehen. Dabei kommt die Studie zu dem Schluss, dass einer Aufdoppelung der Vorzug vor einem Rückbau zu geben ist, da sie die Methode mit dem geringsten Abfallaufkommen ist. Soweit technisch möglich, ökonomisch und ökologisch sinnvoll, sollte aufgedoppelt werden, und nur bei unvermeidlichem Rückbau eine energetische Verwertung stattfinden. Im Sinne der Nachhaltigkeit kann somit durch die Integration bestehender Systeme in neue WDVS (Aufdoppelung) das Aufkommen von Abfallmaterial vermieden werden, da die Nutzungsdauer eines WDVS so auf einen Zeitraum von 40 bis 120 Jahren ausgedehnt werden kann [IBP, 2014].

Auch bei einer langen Nutzungsdauer kann jedoch – aus welchen Gründen auch immer - einmal der Zeitpunkt kommen, an dem ein Gebäude oder eine Fassade abgebrochen wird. Dann ist die Wiederverwertung oder Entsorgung des WDVS bzw. seiner Bestandteile unter Berücksichtigung der Prinzipien der Nachhaltigkeit ein Thema.

In einer Studie zum Rückbau, Recycling und zur Verwertung von WDVS wird auf drei mögliche Wege der Verwendung nach einem Rückbau hingewiesen: die werkstoffliche, die rohstoffliche und die energetische Verwertung [IBP, 2014]. Die werkstoffliche Verwertung (z.B. als Bodendämmplatten oder Drainageplatten) ist aufgrund der in den WDV-

²⁶ „Die Stockholm-Konvention ist ein weltweites Übereinkommen, mit dem langlebige (persistente) organische Schadstoffe, so genannte POPs, eliminiert bzw. ihr Einsatz beschränkt werden sollen“ [UBA, 2016c]. Zurzeit haben 152 Staaten die Stockholm-Konvention der Vereinten Nationen ratifiziert [Stockholm Convention, 2016].

Systemen mit EPS-Dämmstoff bis 2014 verwendeten Flammenschutzmittel nicht mehr möglich. Eine rohstoffliche Verwertung kann durch das Trennen der einzelnen in den WDVS enthaltenen Stoffe erreicht werden, ist jedoch bisher wirtschaftlich nicht sinnvoll. Das liegt in erster Linie daran, dass die Mengen, die zur Entsorgung anfallen, noch gering sind. Technisch ist die Verwertung jedoch möglich (vgl. [Siegele, 2016]) und die Industrie arbeitet an einem Projekt zur Errichtung einer entsprechenden Pilotanlage. Während die ersten beiden Optionen perspektivisch nur eingeschränkt nutzbar sind, ist laut [IBP, 2014] die energetische Verwertung („Verbrennen“) von großer praktischer Bedeutung.

Aufgrund einer Änderung der Abfallverzeichnisverordnung vom 11.03.2016 [BMUB, 2016] sind HBCD-haltige Dämmplatten als gefährlicher Abfall einzustufen, da sie unter die EU-POP-Konvention fallen. Als Folge dieser Änderung müssen Abfälle „die POPs enthalten, so verwertet oder beseitigt werden, dass die in ihnen enthaltenen POPs zerstört oder unumkehrbar umgewandelt werden“ [UBA, 2016c]. Das bedeutet, dass die betroffenen WDVS nur noch in genehmigten Müll- und Sonderabfallverbrennungsanlagen thermisch verwertet werden dürfen. Das enthaltene Flammenschutzmittel wird dabei zerstört [Dresch et al., 2015]. Ob es sich bei einem EPS-Dämmstoff mit HBCD handelt, lässt sich zum einen anhand des Einbaudatums klären (vor Ende 2014 ist dies wahrscheinlich), zum anderen arbeitet BASF an einem Schnelltest mit einem Handgerät, siehe [KI, 2016].

6.2 Gestaltung

Die Gestaltung von Außenwänden ist ein emotional diskutiertes Thema. Auch mit WDVS gedämmte Gebäude sind Gegenstand einer Kritik, die manchmal pauschal alle Außenwanddämmungen verurteilt. Dabei hat diese Kritik oft nicht im Blick, dass viele Gebäude auch ohne Außenwanddämmung kein ästhetisches Highlight darstellen.

Es gibt ohne Frage Gebäude, bei denen das aufgebrachte WDVS nicht zu einer Verschönerung beigetragen hat. Aber es gibt diverse Beispiele, wie eine Außenwanddämmung gestalterisch gut gelingt und auch, wie denkmalgeschützte Gebäude so gedämmt werden können, dass die historische Fassade optisch erhalten bleibt. Hierbei sind die Kreativität und das Können von Architekten oder speziellen Fassadengestaltern gefragt.

Die Gestaltungsvielfalt ist groß: Für die „letzte Schicht“ kommen neben dem Putz auch Materialien wie z.B. Keramik, Klinkerriemchen und Natursteine in Betracht. Auch können die verschiedensten Farben und Putzvarianten gewählt werden. In der Regel erfolgt die optische Gestaltung von WDVS-Fassaden durch den Oberputz. Dieser muss systemzugehörig sein und zu dem verwendeten Unterputz bzw. dem WDVS passen.

Es gibt zahlreiche Best-Practice Beispiele von gestalterisch gelungenen Fassadendämmungen, die in Büchern, Artikeln, Broschüren und auf Internetseiten erläutert werden. Beispiele findet man z.B. in [FV WDVS, 2011], [Siegele, 2015], [Hild und K, 2013] und [Schittich, 2014].

Ferner sei darauf aufmerksam gemacht, dass einige Anbieter auch eine Farb- und Designberatung anbieten. Die Aufdoppelung bietet also eine gute Gelegenheit, bisher wenig gelungene Fassaden und sogar ganze Quartiere gestalterisch zu verbessern. Einige der diversen Möglichkeiten werden im Folgenden kurz erläutert.

Putze und Oberflächenstrukturen

Auch auf WDVS lassen sich unterschiedliche Putzstrukturen realisieren, beispielsweise eine Rillenstruktur.

Abbildung 21 Gestaltung durch unterschiedliche Putzstrukturen (hier: Kammputz, Rollputz/Walzenoptik)



Quelle: [Alsecco, 2016]

Farbliche Gestaltung

Für die farbliche Gestaltung steht eine große Vielzahl von Farbtönen zur Verfügung. Teilbereiche einer Außenwand können farblich akzentuiert werden. Ein gutes Beispiel für eine Aufdoppelung mit farblicher Akzentuierung gibt es im Gewerbepark „Alte Kaserne“ in Ebern (Unterfranken), siehe Abbildung 22. Zusätzlich wurden hier an der Giebelseite neue Reliefprofile nach klassizistischem Vorbild angebracht.

Abbildung 22 Farbliche Akzentuierung: Alte Kaserne in Ebern



Quelle: [Klee, 2015]

Die Abbildung 23 zeigt ebenfalls ein Beispiel einer farblichen Neugestaltung im Rahmen der energetischen Sanierung eines Plattenbaus. Hier wurde zunächst auf das bereits 20 Jahre alte WDVS mit mineralischem Putz eine neue Beschichtung aus Silikonharz aufgebracht. Die Beschichtung bietet Schutz gegen Moos- und Algenbewuchs. Ein beauftragtes Farbstudio entwarf eine moderne Fassadengestaltung. [Wüstenberg, 2011]

Abbildung 23 Neugestaltung eines Plattenbaus in Berlin-Henningsdorf



Quelle: [Wüstenberg, 2011]

Weitere Beispiele für die Aufwertung der Wohngebäude durch farbliche Gestaltung von WDVS zeigen die Abbildung 24 und Abbildung 25.

Abbildung 24 Aufdoppelung mit farblicher Neugestaltung: Geislingen



Quelle: [FV WDVS, 2016b]

Abbildung 25 Aufdoppelung mit farblicher Neugestaltung: Neumarkt



Quelle: [FV WDVS, 2016b]

Profil und Relief

Fassadenprofile zur Gestaltung von WDVS-Fassaden bestehen i.d.R. aus Polystyrol-Hartschaum und werden auf die gedämmte Hauswand aufgeklebt. Historische Profile können aus Abdrücken alter Stuckfassadenelemente nachgebildet werden. Die Abbildung 22 zeigt solche Fassadenprofile.

Die Abbildung 26 zeigt das Büro- und Geschäftshaus „Welfenhöfen“ in München, das mit Putzreliefs versehen wurde. Der silber glänzende Putz weist je nach Lichteinfall eine andere Farbfacette auf [Schittich, 2014].

Abbildung 26 Fassadenrelief an einem Gebäude in München



Quelle: [Sto, 2014]

Keramische Beläge

Eine weitere Möglichkeit zur Gestaltung bilden keramische Beläge. Durch diese Beläge sind z.B. Klinker- und Sandsteinoptiken möglich. Einige Hersteller bieten auch Bossensteinoptiken und individuelle Nachbildungen von historischen Stuckverzierungen an.

Abbildung 27 Gestaltung mit Klinkerbelag



Quelle: [Brillux, o.J.]

Fenster und Fensterlaibungen

Der größtmögliche Wärmeschutz ergibt sich dann, wenn ein Fenster direkt in der Wärmedämmebene liegt. Die meisten Fenster an älteren Gebäuden sind jedoch zurückversetzt in der Ebene des Mauerwerks positioniert. Wird nun eine vorhandene Mauerwerkswand von außen gedämmt, ergibt sich ein tiefer gelegenes Fenster. Wird eine solche Wanddämmung noch einmal aufgedoppelt, so wird ein evtl. vorhandener Schießcharten Effekt verstärkt. Um dies zu vermeiden, kann man zum einen die Fenster weiter nach außen versetzen, zum anderen die Dämmung abschrägen.

7 Kurzfassung

Einleitung

Für eine zielgerichtete Energiepolitik auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene ist es wichtig zu wissen, welche Beiträge einzelne Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele leisten könnten. Nur mit diesem Wissen können die richtigen Rahmenbedingungen gesetzt werden, z.B. für eine gezielte Förderung.

Im Handlungsfeld Gebäude müssen im Lauf der nächsten Jahre Millionen von Hauseigentümern Entscheidungen treffen, wie sie ihre Gebäude fit für die Zukunft machen. Sie sollten dabei durch Experten unterstützt werden, die für sie z.B. einen Sanierungsfahrplan erarbeiten. Wichtige Voraussetzungen für diese Fahrpläne und Entscheidungen sind unabhängige und verlässliche Informationen zu in Frage kommenden Maßnahmen, zu baurechtlichen und bauphysikalischen Randbedingungen, zu Wirkungen und zur Wirtschaftlichkeit.

In einem Projekt, das vom BMUB im Programm „Zukunft Bau“ gefördert wurde, hat sich deshalb das Fraunhofer IFAM mit einer bisher wenig beachteten Thematik befasst, nämlich der Nachdämmung („Aufdoppelung“) alter Wärmedämmverbundsysteme (WDVS). Damit sind solche WDVS gemeint, die seit den 1950er Jahren bis etwa 1995 von außen auf Außenwänden angebracht wurden. Aus heutiger Sicht – und erst recht mit Blick in die Zukunft – sind vor allem die damals verwendeten Dämmschichtdicken (z.B. 6 cm) nicht ausreichend.

Im Verlauf der Standzeit eines Gebäudes ergeben sich i.d.R. Gelegenheiten, diesen aus heutiger Sicht zu geringen Wärmeschutz zu verbessern. Dabei wird die ursprüngliche Dämmschicht belassen und durch eine zusätzliche Dämmschicht ergänzt.

Die vorliegende Studie setzt am oben geschilderten Kontext an. Ziele und Aufgaben waren vor allem

- die Beschreibung der Randbedingungen (rechtliche, bauphysikalische, technische)
- die Abschätzung der Potenziale der Aufdoppelung älterer WDVS an Wohngebäuden auf der Zeitachse bis 2030 (Flächen, Energiesparwirkung, CO₂-Reduktion),
- die Auswertung von den Erfahrungen mit WDVS-Aufdoppelung und
- die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von WDVS-Aufdoppelungen.

An Methoden kamen für diese Studie vor allem die Literaturrecherche und –analyse, Experteninterviews, ingenieurwissenschaftliche und ökonomische Berechnungen sowie die Erhebung von Daten durch eine standardisierte schriftliche Befragung zum Einsatz.

Zukunftsfähige Dämmqualität

Wenn der Wärmeschutz des Alt-WDVS nicht zukunftsfähig ist, sollte das Alt-WDVS aufgedoppelt werden. Als nicht zukunftsfähig sind Alt-WDVS anzusehen, deren Dämmschichtdicke bei einer Wärmeleitfähigkeit von 0,40 W/(m*K) weniger als 10 cm oder bei denen der Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwand mehr als 0,35 W/(m²*K) beträgt.

Solche Alt-WDVS sollten so aufgedoppelt werden, dass U-Werte von höchstens 0,20 W/(m*K) erreicht werden. Ist vorher ein Alt-WDVS mit einer Dämmschichtdicke von 6 cm auf üblichem Mauerwerk vorhanden, so wird diese U-Wert-Anforderung bei einer

Aufdoppelung mit einer 10-cm-Dämmschicht bei einer Wärmeleitfähigkeit von $0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ erreicht.

Gute Zeitpunkte für die Aufdoppelung sind die, bei denen ohnehin etwas an der Fassade verändert werden muss oder soll, sei es eine Putzausbesserung, eine neue Gestaltung oder ein neuer Anstrich.

Anhand von vier beispielhaften Mehrfamilienhäusern wurde berechnet, welche Energieeinsparung bei einer Aufdoppelung rechnerisch unter Standardnutzungsbedingungen zu erwarten ist. Dabei wurde jeweils ein Alt-WDVS mit $d=6 \text{ cm}$ Dämmschicht und einer Wärmeleitfähigkeit der Dämmschicht von $\lambda=0,040 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ und, im Fall der Aufdoppelung, eine neue zusätzliche Dämmschicht von $d=10 \text{ cm}$ einer Wärmeleitfähigkeit der Dämmschicht von $\lambda=0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ angenommen.

Bezüglich der Energieeinsparung wurden zwei Flächen unterschieden: Die Gesamtnutzfläche A_N und die Bauteilfläche (hier die Außenwandfläche).²⁷

- In Bezug auf die Gesamtnutzfläche A_N wird bei den Beispielgebäuden durch Aufdoppelung eine Endenergieeinsparung von 8,8 bis 19,9 kWh/(m²*a) erzielt (6,4 bis 12,5 %). Wenn als Endenergie Erdgas verwendet wird, ergeben sich CO₂-Reduktionen von 2,4 bis 3,7 kg/(m²*a).
- In Bezug auf die Bauteilfläche (Außenwandfläche) wird bei den Beispielgebäuden durch Aufdoppelung eine Endenergieeinsparung von 19,4 bis 27,2 kWh/(m²*a) erzielt. Flächengewichtet (die Beispielgebäude haben unterschiedlich große Außenwandflächen) sind es 22,0 kWh/(m²_{Wand}*a).

Anforderungen an Aufdoppelungen

Bauaufsichtl. Zulassung

Die Aufdoppelung eines bestehenden WDVS darf nicht mit irgendwelchen Produkten oder Bauarten durchgeführt werden, sondern nur mit zugelassenen. Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) hat als Zulassungsgeber mit bauaufsichtlichen Zulassungen geregelt, unter welchen Voraussetzungen Alt-WDVS aufgedoppelt werden dürfen. Auf jeden Fall ist es rechtlich zulässig, ein Alt-WDVS aufzudoppeln, sofern dabei die Bestimmungen der bauaufsichtlichen Zulassung eingehalten werden.

Brandschutz

Eine besondere Rolle spielt der Brandschutz. Hier ist es wichtig, dass sich die Brandklassifizierung nach dem schwächsten Glied richtet: ein normalentflammbares Alt-WDVS kann durch eine Aufdoppelung nicht zu einem schwerentflammbaren System umgewandelt werden.

Um die Auswirkungen von Bränden zu verringern, die von Quellen außerhalb des Gebäudes erfolgen (z.B. brennende Müllcontainer), wurden vom DIBt 2015 ergänzende Anforderungen an die Ausführung von WDV-Systemen gestellt. Diese gelten auch im Falle von Aufdoppelungen, und zwar für das Gesamtsystem, also inklusive des Alt-WDVS. Diese Anforderungen führen u.U. dazu, dass zusätzliche Brandriegel eingebaut werden müssen. Auf diese Weise wird der Brandschutz bei Gebäuden mit bereits bestehenden WDVS-Fassaden im Zuge einer Aufdoppelung verbessert.

²⁷ die Gesamtnutzfläche A_N ist ein Konstrukt, das mit der EnEV₂₀₀₁ für die Überprüfung der gesetzlichen Anforderungen eingeführt wurde. Bei Wohngebäuden mit normaler Raumhöhe wird diese Fläche aus dem Volumen des Gebäudes multipliziert mit $0,32 \text{ m}^{-1}$ gebildet.

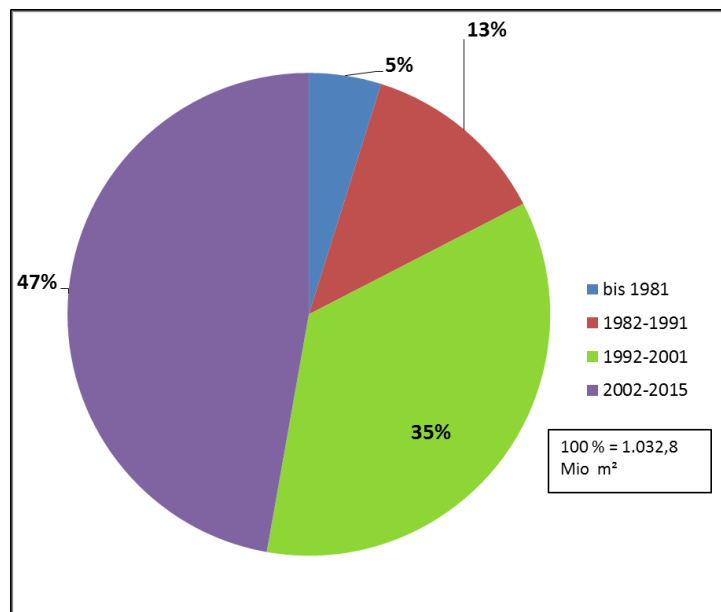
Feuchteschutz

Bei der Wahl des Aufdoppelungssystems sollten auch feuchteschutztechnische Aspekte beachtet werden. [Krus/Rösler, 2011] haben den klimabedingten Feuchteschutz untersucht. In vielen Fällen ist kein feuchteschutztechnischer Nachweis erforderlich. Unkritisch sind danach Wandaufbauten, bei denen ein Alt-WDVS mit EPS durch eine neue EPS-Dämmschicht ergänzt wird. Feuchtetechnische Probleme sind unter definierten Randbedingungen nach [Krus/Rösler, 2011] in Fällen zu erwarten, bei denen auf eine Wand mit geringen s_D -Wert, in der im Alt-WDVS und/oder im Neu-WDVS eine Dämmschicht aus Mineralwolle verbaut wurde und bei der zugleich ein äußeres Putzsystem auf Basis eines Kunstharzputzes mit hohem s_D -Wert gewählt würde. Will man so aufdoppeln, ist eine genaue Feuchteschutzberechnung sinnvoll.

Markt und Potentiale

Aus Daten des Fachverbands WDV-Systeme und unter Berücksichtigung von Verschnitt ergibt sich, dass in Deutschland von 1976 bis Ende 2015 ca. 1.032,8 Mio. m² Außenwandfläche an Wohn- und Nichtwohngebäuden mit WDVS gedämmt wurden. 53 % dieser Fläche wurde vor 2002 gedämmt, vgl. Abbildung 28.

Abbildung 28 WDVS-gedämmte Wandflächen nach Errichtungsjahr



Quelle: eigene Berechnungen

Für Wohngebäude wurde auf der Basis der Ergebnisse der „Datenbasis Gebäudebestand“ für das Jahr 2009 errechnet²⁸, dass bei 53,5 % aller Außenwandflächen, die eine Dämmschicht an der Außenwand aufweisen, die Dicke der Dämmschicht maximal 9 cm beträgt.

Unsere Abschätzung ergab weiter, dass bei ca. 490,8 Mio. m² Wandfläche der Wärmeschutz des Alt-WDVS aus heutiger Sicht unzureichend ist. Das sind ca. 47,5 % aller bis Ende 2015 mit WDVS gedämmten Wandflächen. Umgerechnet auf Gebäude heißt das, dass ca. 2,2 Mio. Wohngebäude mit einem Alt-WDVS ausgestattet sind, das aus heutiger Sicht aufgedoppelt werden sollte, um zukunftsfähig zu sein. Vor allem, wenn man die

²⁸ vgl. [Diefenbach et al., 2010]. Jüngere Angaben liegen nicht vor.

Erfüllung der Klimaschutzziele für 2030 und 2050 anstrebt. Dieses ist der Markt der nächsten Jahrzehnte! Nun wird man nicht jedes Alt-WDVS aufdoppeln können. Deshalb nehmen wir einen Abzug von 15 % vor. Es verbleibt ein realistisches Potential von ca. 417 Mio. m² aufdoppelter Wandfläche.

Wenn im Jahr 2030 alle „realistischen“ Alt-WDVS-Flächen nachgedämmt wären, die aus heutiger Sicht unzureichend nachgedämmt sind, würde gegenüber dem Stand von 2015 eine Endenergieeinsparung von ca. 9,2 TWh pro Jahr (ca. 33,0 PJ pro Jahr) erzielbar sein.

Die Tabelle 7 zeigt die möglichen jährlichen neuen Einsparungen an Endenergie, Primärenergie und CO_{2e}, die sich aus dem Ausschöpfen des realistischen Potentials durch Aufdoppelung unzureichend gedämmter Außenwanddämmungen ergeben.²⁹

Tabelle 18 Potenzial an End-, Primärenergie und CO_{2e}-Einsparung im Jahr 2030 gegenüber 2015 bei Aufdoppelung alter, unzureichender WDVS bei Wohngebäuden in Deutschland

| | Endenergieeinsparung | Primärenergie-Einsparung | CO _{2e} -Reduktion |
|---|--|--|--|
| pro m ² aufgedoppelter Wandfläche | 22,0 kWh/(m ² _{Wand} *a) | 24,2 kWh/(m ² _{Wand} *a) | 4,7 kg CO _{2e} /(m ² _{Wand} *a) |
| Bei 417,2 Mio. m ² realistisches Potential | ca. 9,2 TWh/a | ca. 10,1 TWh/a | ca. 1,9 Mio. t CO _{2e} /a |

Quelle: eigene Ergebnisse

In vielen Fällen wird die Aufdoppelung energetisch suboptimaler WDVS vor allem dann sinnvoll sein, wenn ohnehin Instandhaltungsmaßnahmen anfallen. Bei einem WDVS ist das insbesondere der Zeitpunkt, an dem ein solches System zumindest mit einem neuen Anstrich versehen werden muss.

Die Haltbarkeit eines Anstrichs ist unterschiedlich. Für die Abschätzung der Potentiale wurde eine durchschnittliche Haltbarkeit des Anstrichs von 14 Jahren angenommen. Da keine Erkenntnisse darüber vorliegen, wann die einzelnen Fassaden, an denen aus heutiger Sicht energetisch suboptimale WDVS angebracht sind, zuletzt gestrichen wurden, wird hier eine Gleichverteilung angesetzt. Demzufolge besteht die Option, über 14 Jahre lang (z.B. von 2016 bis 2030) eine Fläche von ca. 29,8 Mio. m² Wandfläche aufzudoppeln. Daraus ergäbe sich aus neu aufgedoppelten Flächen jährlich neu eine Einsparung von ca. 2,36 PJ und – entsprechend der Logik des Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz – bis zum Jahr 2030 eine Einsparung von ca. 33,0 PJ.

Bei einer hier angenommenen Lebensdauer von WDVS von 40 Jahren würde insgesamt durch diese Aufdoppelung eine Energieeinsparung von 1.416 PJ erreicht werden.

²⁹ dabei werden 2014 und 2030 gleiche Primärenergie- und CO_{2e}-Faktoren verwendet und Veränderungen durch andere Einflüsse (Verbrauchsreduktionen durch andere Maßnahmen, Abrisse, Klimaänderung, Wohnflächenveränderung etc.) nicht berücksichtigt. Als Primärenergie- und CO_{2e}-Faktoren wurden die gleichen verwendet, die auch den Berechnungen zum Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz 2014 des BMWI zugrunde lagen, vgl. [ISI et al., 2014], und zwar 1,1 für die Umrechnung von Endenergie in Primärenergie und 0,053 Mio. t CO_{2e} pro 1 PJ Primärenergie.

Tabelle 19 Endenergieeinsparung im Zeitverlauf bei Erschließung der realistischen Potentiale von Aufdoppelungen in der Systematik des NAPE

| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2017-2030 |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|--------------|
| Jährliche neue Einsparung (PJ) | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | |
| Jährliche addierte Einsparung (PJ) | 2,4 | 4,7 | 7,1 | 9,4 | 11,8 | 14,2 | 16,5 | 18,9 | 21,2 | 23,6 | 26,0 | 28,3 | 30,7 | 33,0 | 247,8 |

Quelle: eigene Ergebnisse

Umstände, Gründe und Erfahrungen mit Aufdoppelung

Bei 73 Gebäuden, bei denen bereits eine Aufdoppelung vorgenommen wurde, wurden die Eigentümer 2015/16 nach den Umständen, Gründen und Erfahrungen mit der Aufdoppelung befragt. Zu 16 Gebäuden liegen Antworten vor. Die Rücklaufquote betrug 22 % und ist recht gut.

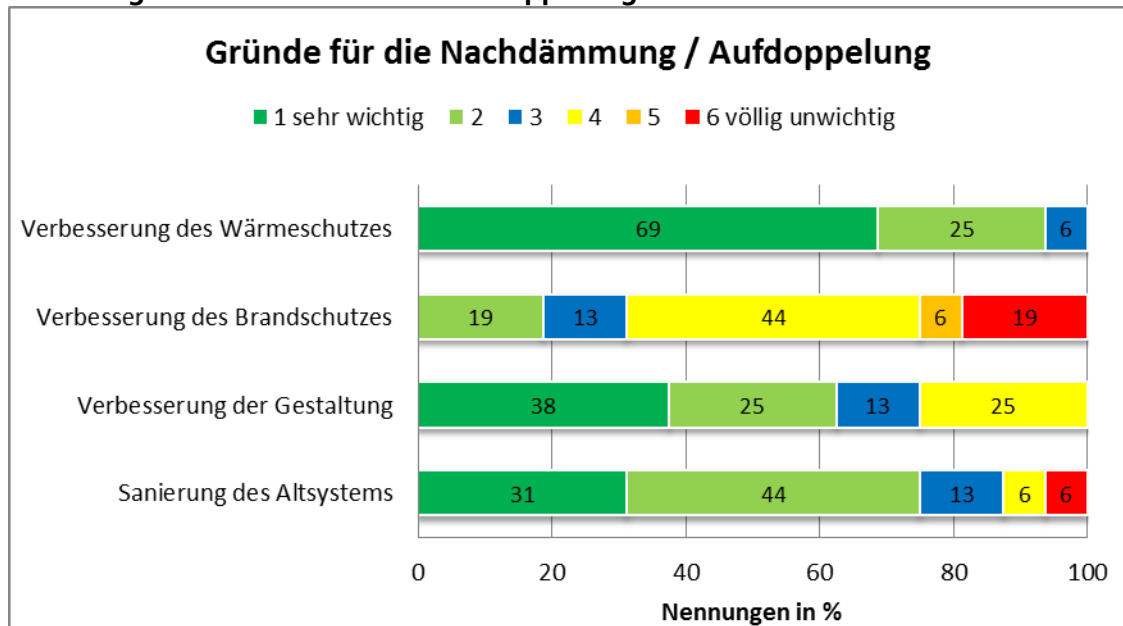
Hervorzuhebende Ergebnisse sind:³⁰

- Aufdoppelungen wurden im Wesentlichen bei Gebäuden vorgenommen, bei denen das Alt-System vor 1995 angebracht wurde.
- Aufdoppelungen finden vor allem in wachsenden Städten statt, weniger in stagnierenden/schrumpfenden Städten und nicht im ländlichen Raum.
- Wenn aufgedoppelt wird, werden in der Regel alle Außenwände aufgedoppelt.
- Gründe für die Aufdoppelung sind an erster Stelle die Verbesserung des Wärmeschutzes, an zweiter Stelle die Sanierung des Alt-Systems und an dritter Stelle die Verbesserung der Gestaltung. Die Abbildung 29 zeigt die Gründe für Aufdoppelungen.
- Aufdoppelungen finden fast immer im Zuge einer umfassenden Modernisierung statt.
- Die Aufdoppelung ist sehr gut planbar: Nur in 6 % der Fälle traten unvorhergesehene Zusatzarbeiten auf.
- Durchschnittlich fand eine Verbesserung des Wärmeschutzes der Außenwände um 63 % statt (durchschnittlicher U-Wert alt = 0,54 W/(m²*K), durchschnittlicher U-Wert neu = 0,20 W/(m²*K)).
- Die durchschnittliche Dicke der Dämmschicht des Alt-WDVS beträgt 5,6 cm. Die durchschnittliche Dicke der neuen Dämmschicht beträgt 11,8 cm und die durchschnittliche Gesamtdämmschichtdicke liegt bei 17,4 cm.
- Die durchschnittlichen Kosten der Aufdoppelung betragen inkl. MwSt. pro m² Bauteilfläche:
 - inkl. Gerüst, Verbreiterung Ortgang, usw.: 107,33 € inkl. MwSt.
 - ohne Gerüst, Verbreiterung Ortgang, usw.: 97,63 € inkl. MwSt.

³⁰ Die Prozentzahlen sind jeweils bezogen auf diejenigen, die zur jeweiligen Frage eine Antwort gaben. Das waren nicht immer alle 16 Rückantworter.

- Die Akzeptanz der Aufdoppelung z.B. bei Mietern, Nutzern, dem Aufsichtsrat, etc. war in aller Regel gut bis sehr gut.

Abbildung 29 Gründe für die Aufdoppelung



Quelle: eigene Ergebnisse

Wirtschaftlichkeit

Die Befragung nach den Gründen der Aufdoppelung hat ergeben, dass die Verbesserung des Wärmeschutzes der wichtigste Grund für eine Aufdoppelung ist. Investitionen in den Wärmeschutz sind im Bereich Mietwohnungen unter dem Aspekt zu sehen, dass der Vermieter Investitionen, die nachhaltig Endenergie einsparen, i.d.R. durch eine Modernisierungsumlage auf die Mieter umlegen kann, die Mieter diese Modernisierungsumlage zahlen (müssen), aber von niedrigeren Heizkosten profitieren.

Für vier Modellgebäude wurden Wirtschaftlichkeitsberechnungen mit einer Kapitalwertmethode vorgenommen. Diese Berechnungen wurden mit einer Reihe von Annahmen durchgeführt, z.B. zu Kosten der Aufdoppelung (100 €/m²_{Wand}), umlagefähigen Kosten (84,5 % und 60 %), Förderung (10 %), Zinssätzen (2,0 % p.a.), Energieeinsparungen (22 kWh/(m²Wand*a), Energiepreisen (Ausgangspreis 0,08 €/kWh), Betrachtungszeitraum (40 Jahre), reale Energiepreissteigerungen (nach Prognos unterschiedlich im Zeitraum 2017 bis 2050 von zunächst 1,41 % p.a. sinkend auf 0,31 % p.a. sowie alternativ 5 % p.a.) und Erträgen alternativer Geldanlagen (1,07 % p.a.).

Es muss betont werden, dass sowohl hinsichtlich der angenommenen Entwicklung der Energiepreise als auch der Inflation eine große Unsicherheit besteht. Die Ergebnisse dieser Wirtschaftlichkeitsberechnung müssen daher als grobe Abschätzung betrachtet werden.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigt unter den genannten Annahmen, dass sich die Investition einer Aufdoppelung eines Wärmedämm-Verbundsystems aus der Sicht des Vermieters und über die gesamte zu erwartende Lebenserwartung der Investition wirt-

schaftlich lohnt, wenn die künftig gesetzlich erlaubten 8 % der Modernisierungskosten³¹ dauerhaft voll auf die Mieter umgelegt werden können und der Vermieter diesen Spielraum auch voll ausschöpft.

Für einen Mieter führt diese Modernisierungsumlage zu erheblichen Mehrkosten, die – bei Annahme einer niedrigen Energiepreissteigerung - nicht durch die reduzierten Heizkosten ausgeglichen werden.

Auch aus Sicht eines Akteurs, bei dem Kosten und Nutzen in einer Hand anfallen, kommt es unter den getroffenen konservativen Annahmen (insbesondere geringer Energiepreissteigerung) bei allen Beispielgebäuden zu negativen Kapitalwerten, die Investitionen in eine Aufdoppelung wäre also nicht wirtschaftlich.

Da die Annahmen hinsichtlich der umlegbaren Investitionskosten (Modernisierungsanteil) Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben, wurde eine Variante durchgerechnet, bei der angenommen wurde, dass nur 60 % der Investitionskosten der Modernisierung zuzurechnen sind (und 40 % für die ohnehin erforderliche Instandhaltung aufgewendet werden müssen). In diesem Szenario verschlechtern sich die Kapitalwerte für den Vermieter, während sich die Kapitalwerte aus Mietersicht verbessern. Allerdings sind die Kapitalwerte aus Vermietersicht weiterhin durchgehend positiv, während sie aus Mietersicht negativ bleiben.

Abschließend wurde ein weiteres Szenario durchgerechnet, in dem höhere Energiepreissteigerungen angenommen wurden. Hier zeigt sich, dass beim Beispielgebäude „Haus 4“ auch für den Mieter positive Kapitalwerte erzielt werden können. Nur unter der für die Mieter-Sichtweise besten Kombination der Annahmen (geringe Modernisierungsumlage, hohe Energiekostensteigerung) werden für alle Beispielhäuser positive Kapitalwerte erzielt.

Fazit und Schlussfolgerungen

Gebäude mit Außenwänden, die mit einem WDVS mit einer Dämmschichtdicke von unter 10 cm gedämmt wurden, müssen mittelfristig mit einer dickeren Dämmschicht ausgestattet werden, um zukunftsfähig zu sein. Dabei sind das Belassen der bisherigen Dämmschicht und die Ergänzung um eine zusätzliche Dämmschicht gegenüber dem Abriss und Neuaufbau das bessere Mittel, schon um Abfälle zu vermeiden. Für solche so genannten Aufdoppelungen gibt es bauaufsichtliche Zulassungen. Geeignete Gelegenheiten für Aufdoppelungen sind Ausbesserungsarbeiten an alten Systemen, neue Anstriche und generell umfängliche Modernisierungen von Gebäuden. Aufdoppelungen können im Vergleich zu anderen Maßnahmen, die im Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz der Bundesregierung von 2014 genannt sind, einen zusätzlichen Beitrag leisten. Jedoch wäre sowohl eine Aufklärung der Eigentümer als auch eine gezielte finanzielle Förderung hilfreich, wenn man die Klimaschutzpotentiale der Aufdoppelung alter WDVS ausnutzen und zugleich auf ordnungspolitische Maßnahmen – wie z.B. eine vorgeschriebene nachträgliche Dämmung im Falle eines neuen Anstrichs - verzichten möchte. Politik, Hersteller, Verarbeiter und Energieberater sind hier gefordert, die Aufdoppelung verstärkt ins Spiel zu bringen.

³¹ bleibt es doch bei der bisher gesetzlich erlaubten Umlagefähigkeit von 11 % p.a., so werden natürlich noch weit höhere Kapitalwerte erreicht.

Literatur

- [Alsecco, 2016] Fa. Alsecco: Homepage
http://images.google.de/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.alsecco.de%2Ffileadmin%2F_processed_%2Fcs_m_20140204_01_0341kl_40e099717a.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.alsecco.de%2Ffassadengestaltung%2Fputz.html&h=561&w=628&tbnid=YJIWxviL7ANjRM%3A&docid=0d6B-NioKQqghM&ei=--UxV_z5DM6tgAbsuZSIDA&tbm=isch&client=firefox-b-ab&iact=rc&uact=3&dur=2008&page=1&start=0&ndsp=29&ved=0ahUKEwi84_Gb0s_MAhXOFsAKHewcBcEQMwg1KAwwDA&bih=900&biw=1280. Aufruf vom 10.5.2016.
- [Bauministerkonferenz, 2012] Bauministerkonferenz: *Musterbauordnung. 2012*. Download: <https://www.is-arge-bau.de/IndexSearch.aspx?method=get&File=b8a84yy3y8b984808abb4yb8y9ya8ayyb9y884b94ya2a0a14849a3abaaa04b80b8y0sbmpzmxq51sh0kznzz3desct> Aufruf am 23.03.2016.
- [Berg, 2011] Berg, O.: *Effektiv aufdoppeln*. In: ausbau + fassade. Heft 7-8. 2011. S. 18-20.
- [BMUB, 2014] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: *Leitfaden Nachhaltiges Bauen*. Berlin. 2014.
- [BMUB, 2015] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: *Normung zur Nachhaltigkeit im Bauwesen. Grundlagen und Ziele*. Homepage: <http://www.nachhaltigesbauen.de/normung-zur-nachhaltigkeit-im-bauwesen/grundlagen-und-ziele.html>. Aufruf vom 25.05.2015.
- [BMUB, 2016] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. *Verordnung zur Umsetzung der novellierten abfallrechtlichen Gefährlichkeitskriterien – (Novelle AVV)*. Homepage: <http://www.bmub.bund.de/themen/wasser-abfall-boden/abfallwirtschaft/abfallarten-abfallstroeme/gefaehrliche-abfaelle/#>. Aufruf vom 24.05.2016.
- [BMVBS, 2011] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: *Verantwortung tragen - Zukunft gestalten. Nachhaltigkeitsbericht des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung*. Berlin. 2011.
- [BMVBS, 2013] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: *Wohnen und Bauen in Zahlen 2012/2013*. Bonn/Berlin. 2013.
- [Breuer et al., 2012] Breuer, K., Mayer, F., Scherer, C., Schwerd, R., Sedlbauer, K. (Fraunhofer IBP): *Wirkstoffauswaschung aus hydrophoben*

- Fassadenbeschichtungen: verkapselte versus unverkapselte Biozidsysteme.* In: Bauphysik 34 (2012), Heft 1, S. 19-23.
- [Brillux, 2015] Fa. Brillux: *Montage von Fremdkörpern an WDVS.* Homepage:
http://www.brillux.de/files/produkte/wdvs/brosch_montageverankerungen.pdf. Aufruf vom 06.11.2015.
- [Brillux, 2016] Fa. Brillux: Homepage
<https://www.brillux.de/mediathek/dokumente-und-videos/?group=56&v=1>. Aufruf vom 11.7.2016
- [Brillux, o.J.] Fa. Brillux: *Entdecken Sie die ganze Vielfalt! Gestaltungsmöglichkeiten mit Brillux auf WDVS.* Broschüre. Ohne Jahr.
- [Bundesbank, 2016] Deutsche Bundesbank (Hrsg.): *Zeitreihe WU3975: Umlaufrenditen inländ. Inhaberschuldversch. / Börsennotierte Bundeswertpapiere / RLZ über 15 bis 30 Jahre / Monatswerte.* Download unter:
http://www.bundesbank.de/Navigation/DE/Statistiken/Zeitreihen_Datenbanken/Makrooekonomische_Zeitreihen/its_details_value_node.html?tsld=BBK01.WU3975. Aufruf am 24.03.2016.
- [Caparol, 2007] Pätzold, H.: *WDVS-Atlas. 2007.* Homepage:
http://www.caparol.de/uploads/pics/caparol_import/preview/s/94922/page97.html#/0. Aufruf vom 19.11.2015.
- [Clausnitzer et al., 2007] Clausnitzer, K.-D., Gabriel, J., Diefenbach, N., Loga, T., Wosniok, W.: *Effekte des KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramms 2005 und 2006.* Auftraggeber: KfW-Bankengruppe. Bremen 2007.
- [Clausnitzer et al., 2008] Clausnitzer, K.-D., Gabriel, J., Diefenbach, N., Loga, T., Wosniok, W.: *Effekte des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms 2007.* Auftraggeber: KfW-Bankengruppe. Bremen 2008.
- [Clausnitzer et al, 2009] Clausnitzer, K.-D., Gabriel, J., Eilmes, S., Diefenbach, N., Loga, T., Wosniok, W.: *Effekte des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms 2008.* Auftraggeber: KfW-Bankengruppe. Bremen 2009.
- [Cziesielski/Vogdt, 2007] Cziesielski, E., Vogdt, F. U.: *Schäden an Wärmedämmverbundsystemen.* In: Schadenfreies Bauen. Fraunhofer IRB Verlag. Karlsruhe. 2007.
- [DIBt, 2014a] Deutsches Institut für Bautechnik: *Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen.* Homepage:
https://www.dibt.de/de/zv/NAT_n/zv_referat_I11/SVA_33.htm, dort Abschnitt Z-33.49. Aufruf vom 9.2.2015.
- [DIBt, 2014b] Deutsches Institut für Bautechnik: *Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung. Zulassungsnummer Z-33.49 -1505 vom 16.4.2014. Zulassungsgegenstand: Wärmedämm-Verbundsysteme zur Aufdoppelung auf bestehende Wärmedämm-Verbundsysteme oder Holzwolle-Leichtbauplatten.* Berlin. 2014.

- [DIBt, 2014c] Deutsches Institut für Bautechnik: *Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung. Zulassungsnummer Z-33.49 -1117 vom 19.6.2014. Zulassungsgegenstand: Wärmedämm-Verbundsysteme nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung Nr. Z-33.43-257 zur Aufdoppelung auf bestehende Wärmedämm-Verbundsysteme oder Holzwolle-Leichtbauplatten.* Berlin. 2014.
- [DIBt, 2014d] Deutsches Institut für Bautechnik: *Sicher und innovativ Jahresbericht 2013/2014.* Download: https://www.dibt.de/en/Departments/data/ZD5_DIBt-Jahresbericht_2013-2014_72dpi_11112014.pdf Aufruf am: 23.03.2016
- [DIBt, 2015a] Deutsches Institut für Bautechnik: *Hinweis. WDVS mit EPS-Dämmstoff. Konstruktive Ausbildung von Maßnahmen zur Verbesserung des Brandverhaltens von als „schwerentflammbar“ einzustufenden Wärmedämmverbundsystemen mit EPS-Dämmstoff.* Homepage: https://www.dibt.de/de/Fachbereiche/data/II1_Hinweis_WDVS%20mit%20EPS-D%C3%A4mmstoff_Mai_2015.pdf. Aufruf vom 29.10.2015.
- [DIBt, 2015b] Deutsches Institut für Bautechnik: *Bauministerkonferenz Merkblatt (Stand 18.06.2015) Empfehlungen zur Sicherstellung der Schutzwirkung von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) aus Polystyrol.* Homepage: https://www.dibt.de/de/Fachbereiche/data/Merkblatt_Sicherstellung_der_Schutzwirkung_von_EPS-WDVS_18062015.pdf. Aufruf vom 15.10.2015.
- [DIBt, 2015c] Deutsches Institut für Bautechnik: *Hinweis- WDVS mit EPS-Dämmstoff. Konstruktive Ausbildung von Maßnahmen zur Verbesserung des Brandverhaltens von als „schwerentflammbar“ einzustufenden Wärmedämmverbundsystemen mit EPS-Dämmstoff. Fassung vom 27. Mai 2015.* Homepage: https://www.dibt.de/de/Fachbereiche/data/II1_Hinweis_WDVS%20mit%20EPS-D%C3%A4mmstoff_Mai_2015.pdf. Aufruf vom 15.10.2015.
- [DIBt, 2015d] Deutsches Institut für Bautechnik: *Bauregelliste A, Bauregelliste B und Liste C.* Homepage https://www.dibt.de/de/geschaeftsfelder/data/BRL_2015_2.pdf. Aufruf vom 15. April 2016.
- [DIBt, 2015e] Deutsches Institut für Bautechnik: *Bescheid über die Änderung und Ergänzung der Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung vom 16.04.2014 Z-33.49-1505 des Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme e.V. zu Wärmedämm-Verbundsysteme zur Aufdopplung auf bestehende Wärmedämm-Verbundsysteme oder Holzwolle-Leichtbauplatten.* 19.11.2015.

- [DIBt, 2016] Deutsches Institut für Bautechnik: *Häufig gestellte Fragen*. Homepage: <https://www.dibt.de/de/Zulassungen/abZ-FAQ-Frage-3.html>. Aufruf am 23.3.2016.
- [DiBt, 2016b] Mitteilung des DiBt: Alternative Brandschutzmaßnahme für Wärmedämmverbundsysteme mit EPS-Dämmstoffen. Stand: 28.6.2017.
- [Diefenbach et al., 2010] Diefenbach, N., Cischinsk, H., Rodenfels, M., Clausnitzer, K.-D.: *Datenbasis Gebäudebestand*. Hrsg.: Institut Wohnen und Umwelt sowie Bremer Energie Institut. Darmstadt/Bremen. 2010.
- [DIN 4108-3, 2014] Deutsches Institut für Normung: DIN 4108-3: 2014-11. *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz - Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung*. Berlin. 2014.
- [Dresch et al., 2015] Dresch, H., Dima, B., Horn, J., Grüttner, W., Mark, F.E., Vehlows, J.: Verwendung von Polystyrol-Schaumstoffabfällen mit HBCD. Technischer Bericht (Kurzfassung). Brüssel. 2015.
- [Eicke-Hennig, 2016] Eicke-Hennig, W.: Im grünen Bereich? In: Gebäudeenergieberater. Heft Mai 2016. S. 10-13.
- [EnEV₂₀₀₁] *Energieeinsparverordnung des Bundes vom 21.11.2001*. In BGBl I, Nr. 59 (2001).
- [EnEV₂₀₁₃] *Energieeinsparverordnung des Bundes vom 16.10.2013*.
- [ETAG, 2010] EOTA: *Guideline for European technical approval of external thermal insulation composite systems with rendering*. Edition 2010. updatet 2013.
- [FV WDVS, 2001] Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme: *Marktentwicklung 1976-2000*. Baden-Baden. 2001. Persönliche Mitteilung Nov. 2014.
- [FV WDVS, 2011] Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme: *Dämmen mit Gewinn*. Baden-Baden. 2011.
- [FV WDVS, 2013a] Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme: *Marktentwicklung 1994-2012*. Baden-Baden. 2013. Homepage: <http://www.heizkosten-einspar-en.de/content/application/database/press/3/3/133/04-2012-statistik-fv-und-gesamtmarkt.pdf>. Aufruf vom 2.4.2015.
- [FV WDVS, 2013b] Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme: *Statistik Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme Entwicklung der Dämmstoffdicke in mm*. 2013. Homepage: <http://www.heizkosten-einspar-en.de/content/application/database/press/3/7/137/04-2012-daemmstoffdicke.pdf>. Aufruf vom 2.4.2015.
- [FV WDVS, 2013c] Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme: *Technische Systeminformation 7: WDV-Systeme zum Thema Schallschutz*. Baden-Baden. 2013.

- [FV WDVS, 2014a] Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme: *Statistik Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme IV/2013. Stand Februar 2014. Marktentwicklung 1994-2013 in Millionen m²*. Persönliche Mitteilung Nov. 2014.
- [FV WDVS, 2014b] Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme: *WDV-Systeme zum Thema Brandschutz*. Technische Systeminfo 6. Baden-Baden. 2014.
- [FV WDVS, 2016] Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme: *Marktentwicklung 1995-2015*. Baden-Baden. 2016. Persönliche Mitteilung.
- [FV WDVS, 2016b] Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme: *Fotos zur farblichen Gestaltung*. Persönliche Mitteilung. Mai 2016.
- [FV WDVS, 2016c] Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme. Persönliche Mitteilung vom 14.7.2016.
- [GdW, 2014] GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen: *Wohnungswirtschaftliche branchenspezifische Ergänzung des Deutschen Nachhaltigkeitskodex (DNK)*. Berlin. 2014.
- [GdW, 2014b] GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen: *Energieeinsparverordnung 2014 in der wohnungswirtschaftlichen Praxis*. GdW Arbeitshilfe 74. Berlin. 2014.
- [Grünefeldt, 2016] Grünefeldt, M. (Fa. Brillux): *Persönliche Mitteilung vom 1.7.2016*.
- [Heck, 2014] Fa. Heck: *Detailzeichnungen 2014*. Homepage: http://www.wall-systems.com/fileadmin/database/broschure/heck/HECK_Detailzeichnungen.pdf. Aufruf vom 19.11.2015.
- [Heße, 2013] Heße, M.: *Hydroaktive Oberflächen gegen Veralgung*. In: Bundesbaublatt. Heft 4. 2013.
- [Heye, 2013] Heye, H.-G.: *WDVS hält ein „Fassadenleben“ lang*. Homepage: <http://wdvs.enbausea.de/blog/wdvs-haelt-ein-fassadenleben-lang.html>. Aufruf vom 17.04.2015.
- [Hild und K, 2013] Hild und K: *WDVS – Ein Diskussionsbeitrag von Hild und K*. München. 2013.
- [Humm, 2009] Humm, O.: *Graue Energie von Häusern*. In: Neue Züricher Zeitung, 10.7.2009, siehe <http://www.nzz.ch/graue-energie-von-haeusern-1.2977069>. Aufruf vom 4. 6. 2015. Humm zitiert einen Mitarbeiter des Amtes für Hochbauten der Stadt Zürich.
- [IBP, 1997] Künzel, H., Riehe, G., Kießl, K: *Praxisbewährung von Wärmedämmverbundsystemen*. In: IBP Mitteilung 316. 1997. Hrsg.: Fraunhofer-Institut für Bauphysik. Homepage: <http://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/de/documen>

- ts/Publikationen/IBP-Mitteilung/316.pdf. Aufruf vom 29.10.2015.
- [IBP, 2014] Albrecht, W. (FIW München), Schwitalla, C. (Fraunhofer IBP): *Rückbau, Recycling und Verwertung von WDVS. Möglichkeiten der Wiederverwertung von Bestandteilen des WDVS nach dessen Rückbau durch Zuführung in den Produktionskreislauf der Dämmstoffe bzw. Downcycling in die Produktion minderwertiger Güter bis hin zur energetischen Verwertung*. IBP-Bericht BBHB 019/2014/281. Valley. 2014.
- [IBP, 2015] Lengsfeld, K.: *Beurteilung der Langzeitbewährung von ausgeführten Wärmedämmverbundsystemen*. Hrsg.: Fraunhofer-Institut für Bauphysik. IBP-Bericht HTB-06/2015. Valley. 2015.
- [InWIS, 2011] InWIS Institut für Wohnungswesen, Immobilienwirtschaft, Stadt- und Regionalentwicklung GmbH: *Wege aus dem Vermieter-Mieter-Dilemma*. Konzeptstudie im Auftrag des GdW – Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V. Bochum. 2011.
- [ISI et al., 2014] Schlomann, Rohde et al. (Fraunhofer ISI), Clausnitzer Fraunhofer IFAM), Seefeldt, Thamling et. al (Prognos), Pehnt et al (IFEU, Ringel): *Ausarbeitung von Instrumenten zur Realisierung von Endenergieeinsparungen in Deutschland auf Grundlage einer Kosten-/Nutzen-Analyse. Wissenschaftliche Unterstützung bei der Erarbeitung des Nationalen Aktionsplans Energieeffizienz (NAPE)*. Im Auftrag des BMWi. Karlsruhe/Bremen/Berlin/Heidelberg. 2014.
- [IWU, 2009] Institut für Wohnen und Umwelt GmbH: *Energiebilanz- und Wirtschaftlichkeitsberechnungen für ein vermietetes Mehrfamilienhaus im Bestand*. Darmstadt. 2009.
- [J.L., 2014] Anonymus („J.L.“): *Die ungewöhnliche Verwandlung*. In: Der Maler und Lackiermeister. Heft 8 . 2014. S. 66 ff.
- [Jochum, Mellwig, 2014] Jochum, P., Mellwig, P.: *Grenzen der Dämmung opaker Bauteile*. In: Bauphysik 36 (2014) Heft 6, S. 289 – 297.
- [KI, 2016] KI Kunststoff Information. Hrsg.: KunststoffWeb GmbH, Bad Homburg. Homepage https://www.kunststoffweb.de/ki_ticker/Recycling_HBCD-Schnelltest_fuer_flammgeschuetzte_PS-Schaeume_t231127 Aufruf vom 20.7.2016
- [Klee, 2015] Maler Klee GmbH: *Foto zur farblichen Gestaltung. Alte Kaserne Ebern*. Pers. Mitteilung vom 21.2.2015.
- [Knöllner, 2013] Knöllner, W.: *WDVS-Leistung verbessern durch Aufdoppelung. WDVS-Aufdoppelung*. In: Die Mappe. 2013. Nr. 1. S. 24-31. Callwey-Verlag.
- [Krueger, 2014] Krueger, N.: *Biozide – Algen und Pilze ade? Fassadenbeschichtungen. Forschungsergebnisse zum Einsatz von Bioziden gegen Algen und Pilze*. In: Farbe und Lack (2014), Heft 2, S. 48-53.

- [Krus/Rösler, 2011] Krus, M., Rösler, D.: *Hygrothermische Berechnung der Einsatzgrenzen unterschiedlicher Systeme bei der Aufdopplung von Wärmedämmverbundsystemen*. In: Bauphysik. Heft 3. Seiten 142-149. 2011.
- [Künzel, 2007] Künzel, H. W.: *Technische Systeminfo 5. Wärmedämm-Verbundsysteme zum Thema Langzeitbewährung*. Hrsg.: Fachverband Wärmedämmverbundsysteme. Baden-Baden. 2007.
- [Künzel, 2010] Künzel, H.M.: *Außendämmung bei Bestandsgebäuden – Schäden, Ursachen, Instandsetzungen*. Powerpoint-Vortrag Frankfurter Bautage 2010. Skript.
- [Künzel, 2011] Künzel, H. W. (Fraunhofer IBP): *Außendämmung bei Bestandsbauten – Schäden, Ursachen, Instandsetzungen*. In: Schäden beim energieeffizienten Bauen. 45. Bausachverständigen-Tag im Rahmen der Frankfurter Bautage 2010. Tagungsband. Fraunhofer IRB Verlag. 2011. S. 37-45
- [Lützkendorf, 2013] Lützkendorf, T.: *„Graue Energie“ in Dämmstoffen – ein Teilaspekt. Lohnt sich Dämmung aus Sicht der Ökobilanzen?* Vortrag auf dem Wärmeschutztag München, 2013. Homepage: http://www.waermeschutztag.de/media/pdf/wtag2013/ltzke ndorf__fiw_wst2013.pdf. Aufruf vom 25.05.2015.
- [Mäurer, Schlummer, 2014] Mäurer, A., Schlummer, A.: *Recyclingfähigkeit von Wärmedämmverbundsystemen mit Styropor*. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Mineralische Nebenprodukte und Abfälle. Aschen, Schlacken, Stäube und Baurestmasse. Neuruppin. 2014.
- [Metzen, 2003] Metzen, A.: *Technische Systeminfo 7: Wärmedämm-Verbundsysteme zum Thema Schallschutz*. Fachverband WDV-Systeme. Baden-Baden. 2003.
- [Maxit, 2006] Fa. Maxit: *Detailgruppe sonstige Anschlüsse*. Homepage http://www.franken-maxit.de/detailzeichnungen/wdvs/Detail_6_2.pdf. Aufruf vom 20.11.2015
- [Neubauer, 2014] Neubauer, R. O.: *Dämmung – Konstruktion/Bauphysik/Umsetzung*. Kissing. 2014.
- [Pasker, 2016] Pasker, R. (FV WDV): Persönliche Mitteilung v. 7.7.2016.
- [Prognos, 2014] Prognos et al: *Kurzfassung zum Endbericht Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose*. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Basel., 2014.
- [Schettler-Köhler, 2016] Schettler-Köhler, H. (Leiter Referat II 2 „Energieeinsparung, Klimaschutz“ im Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung): Persönliche Mitteilung vom 10.5.2016.
- [Schittich, 2014] Schittich, C.: *Wärmedämmverbundsystem - Ein Diskussionsbeitrag von Hild und K*. Edition Detail. München. 2014.

- [Siegele, 2015] Siegele, K.: *Ideen machen Fassaden – Gestaltung von Wärmedämmverbundfassaden*. In: GEB- Gebäudeenergieberater. Heft 1. 2015. S. 20 – 25.
- [Siegele, 2016] Siegele, K. *Müllberg – wo bist Du?* In: GEB- Gebäudeenergieberater. Heft 5. 2016. S. 20 – 23.
- [Stat. Bundesamt, 2015] Statistisches Bundesamt: *Bauen und Wohnen - Baugenehmigungen/Baufertigstellungen nach der Bauweise - Lange Reihen - z.T. ab 1949 - 2014*. Wiesbaden. 2015.
- [statista, 2016] Statistisches Bundesamt (Hrsg.): *Inflationsrate in Deutschland (Veränderung des Verbraucherpreisindex gegenüber Vorjahr)*, zitiert nach Statista GmbH. Homepage <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/1046/umfrage/inflationsrate-veraenderung-des-verbraucherpreisindex-zum-vorjahr/>. Aufruf vom 24.03.2016.
- [Sto, 2009] Sto AG: *WDVS-Sanierung: Die Chance auf Mehrwert*. 2009. Homepage: http://www.sto.at/media/documents/download_broschuere/kategorie_fassade/WDVS_2009-0564at_v13_END_200709.pdf. Aufruf vom 29.10.2015.
- [Sto, 2014] Sto AG: *Bilddatenbank*. Aufruf vom 19.12.2014.
- [Sto, 2015] Stahlbusch, T.: *Weissbuch Sto-Fassadendämmung*. Sto SE & Co. KGaA. 2015. S. 56.
- [Sto, 2016] Sto AG: *Sicherheit hat bei WDVS höchste Priorität*. Homepage: http://www.sto.de/de/produkte/wdvs_fakten_3/Brandschutz.html . Aufruf vom 16.2.2016.
- [Sto, 2016b] Sto AG: Homepage http://www.sto.com/evo/web/sto/65512_DE. Aufruf vom 12.4.2016.
- [Stockholm Convention, 2016] Stockholm Convention. Status of ratification. Homepage: <http://chm.pops.int/Countries/StatusofRatifications/PartiesandSignatoires/tabid/4500/Default.aspx>. Aufruf vom 25.05.2016
- [UBA, 2016] Umweltbundesamt: *Wärmedämmung Fragen und Antworten, 2016*. Homepage <http://bit.ly/1PbQANa>. Aufruf vom 12. April 2016.
- [UBA, 2016b] Umweltbundesamt. *Schädliches Flammschutzmittel HBCD darf weiter verwendet werden*. Homepage <http://www.umweltbundesamt.de/themen/schaedliches-flammschutzmittel-hbcd-darf-weiter>. Aufruf vom 24.05.2016.
- [UBA, 2016c] Umweltbundesamt. *Hexabromcyclododecan (HBCD) – Antworten auf häufig gestellte Fragen*. Download: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/haufig-gestellte-fragen-antworten-zu>. Aufruf vom 24.05.2016.

- [WSVO₁₉₈₂] Bundesrepublik Deutschland: "*Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (Wärmeschutzverordnung - WärmeschutzV) in der Fassung vom 24. Februar 1982 („Zweite Wärmeschutzverordnung“)*". In: BGBl I (1982), S. 209.
- [WSVO₁₉₉₄] Bundesrepublik Deutschland: "*Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (Wärmeschutzverordnung - WärmeschutzVO) in der Fassung vom 16. August 1994* (BGBl. I 1994 S. 2121).
- [Wüstenberg, 2011] Wüstenberg, K.: *Ein völlig neues Wohngefühl*. In: Bundesbaublatt. Heft 3. Berlin. 2011. S. 7-9.

Befragung zu Erfahrungen von Hauseigentümern mit der Aufdoppelung alter Wärmedämmverbundsysteme

im Rahmen des Forschungsprojekts „Nachdämmung (Aufdoppelung) alter Wärmedämmverbundsysteme an Wohngebäuden“

gefördert im Programm „Zukunft Bau“ vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Berlin/Bonn

Forschende Stelle:

Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung

Wiener Straße 12
28359 Bremen


Projektleiter:

Architekt Dr.-Ing. Klaus-Dieter Clausnitzer

Tel 0421 2246 7021

klaus-dieter.clausnitzer@ifam.fraunhofer.de

Hinweise zum Ausfüllen des Fragebogens

- Man spricht von „Aufdoppelung“ eines alten Wärmedämmverbundsystems, wenn zur bisherigen Dämmschicht eine zweite hinzugefügt wurde. Dabei muss nicht zwingend die bisherige Dämmschichtdicke verdoppelt werden.
- **Bitte je Gebäude, bei dem eine Aufdoppelung stattfand, einen Fragebogen verwenden!**
- Die Fragen beziehen sich auf das Gebäude, an dem die Aufdoppelung eines alten Wärmedämmverbundsystems stattfand.
- Bitte bei Korrekturen das falsch angekreuzte Kästchen voll ausfüllen und das gewünschte Kästchen ankreuzen. Beispiel:

- Bitte nicht zutreffende Antwortfelder frei lassen, nicht durchstreichen. Auch wenn ganze Fragen oder Absätze mit mehreren Fragen auf Ihr Gebäude nicht zutreffen: Bitte einfach freilassen, nicht durchstreichen.
- Bitte in Blockschrift schreiben.
- Bei den meisten Fragen ist nur eine Antwort gewünscht. Dies erkennen Sie an den runden Antwortfeldern: . Bitte kreuzen Sie bei diesen Fragen nur ein Feld an, und zwar auch dann, wenn vielleicht mehrere Antworten auf Ihr Gebäude zutreffen. Bitte machen Sie in diesem Fall Ihr Kreuz bei der Antwort, die überwiegend zutrifft.
- Einige wenige Fragen sind mit dem Hinweis versehen, dass Mehrfachnennungen möglich sind. Sie erkennen diese Fragen auch an den eckigen Antwortfeldern: . Bitte kreuzen Sie in diesem Fall alle zutreffenden Antworten an.
- Bei Fragen rund um das Projekt steht Ihnen Herr Dr. Klaus-Dieter Clausnitzer vom Fraunhofer IFAM unter der Telefonnummer 0421 2246 7021 zur Verfügung.

Bitte den Bogen bis zum 31.5.2015 senden an:

Fraunhofer IFAM, z.Hd. Dr. Clausnitzer, Wiener Str. 12, 28359 Bremen

| Allgemeines | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|--|--|---|--|-------|--|
| 1. | <p>In welchem Jahr wurde das ursprüngliche Wärmedämmverbundsystem angebracht?</p> <p style="text-align: right;">Jahr <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></p> | | | | | | | | |
| 2. | <p>In welchem Jahr wurde die Aufdoppelung an diesem Gebäude fertiggestellt?</p> <p style="text-align: right;">Jahr <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></p> | | | | | | | | |
| 3. | <p>Bitte geben Sie die PLZ des Gebäudes an, an dem die Aufdoppelung stattfand</p> <p style="text-align: right;"><input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></p> | | | | | | | | |
| 4. | <p>In welcher Siedlungsform steht dieses Gebäude?</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td><input type="radio"/> wachsende Großstadt</td> <td><input type="radio"/> stagnierende /schrumpfende Kleinstadt</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> stagnierende /schrumpfende Großstadt</td> <td><input type="radio"/> ländlicher Raum (Bevölkerung wächst)</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> wachsende Kleinstadt</td> <td><input type="radio"/> ländlicher Raum (Bevölkerung schrumpft)</td> </tr> </table> | <input type="radio"/> wachsende Großstadt | <input type="radio"/> stagnierende /schrumpfende Kleinstadt | <input type="radio"/> stagnierende /schrumpfende Großstadt | <input type="radio"/> ländlicher Raum (Bevölkerung wächst) | <input type="radio"/> wachsende Kleinstadt | <input type="radio"/> ländlicher Raum (Bevölkerung schrumpft) | | |
| <input type="radio"/> wachsende Großstadt | <input type="radio"/> stagnierende /schrumpfende Kleinstadt | | | | | | | | |
| <input type="radio"/> stagnierende /schrumpfende Großstadt | <input type="radio"/> ländlicher Raum (Bevölkerung wächst) | | | | | | | | |
| <input type="radio"/> wachsende Kleinstadt | <input type="radio"/> ländlicher Raum (Bevölkerung schrumpft) | | | | | | | | |
| 5. | <p>Über wie viele Wohn- und Nutzeinheiten (z.B. Büros, Läden) verfügt das Gebäude?</p> <p style="text-align: right;">ca. <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></p> | | | | | | | | |
| 6. | <p>Welche Wohn- und Nutzfläche hat das Gebäude? ca. <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> m²</p> | | | | | | | | |
| 7. | <p>Wieviel Quadratmeter Außenwandfläche wurden bei diesem Gebäude aufgedoppelt?</p> <p style="text-align: right;">ca. <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> m²</p> | | | | | | | | |
| 8. | <p>Wurden alle Außenwände aufgedoppelt?</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td><input type="radio"/> ja, alle Wände</td> <td><input type="radio"/> nein, nur:</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="radio"/> eine Giebelwand <input type="radio"/> zwei Giebelwände</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="radio"/> eine Traufwand <input type="radio"/> zwei Traufwände</td> </tr> </table> | <input type="radio"/> ja, alle Wände | <input type="radio"/> nein, nur: | | <input type="radio"/> eine Giebelwand <input type="radio"/> zwei Giebelwände | | <input type="radio"/> eine Traufwand <input type="radio"/> zwei Traufwände | | |
| <input type="radio"/> ja, alle Wände | <input type="radio"/> nein, nur: | | | | | | | | |
| | <input type="radio"/> eine Giebelwand <input type="radio"/> zwei Giebelwände | | | | | | | | |
| | <input type="radio"/> eine Traufwand <input type="radio"/> zwei Traufwände | | | | | | | | |
| 9. | <p>Falls die Gestaltung verbessert wurde, wodurch wurde dies erreicht? (Mehrfachantworten möglich)</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> (Stuck-)Profile</td> <td><input type="checkbox"/> Farbigkeit</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Reliefs</td> <td><input type="checkbox"/> Proportionen</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><input type="checkbox"/> Sonstiges, nämlich</td> </tr> <tr> <td colspan="2">.....</td> </tr> </table> | <input type="checkbox"/> (Stuck-)Profile | <input type="checkbox"/> Farbigkeit | <input type="checkbox"/> Reliefs | <input type="checkbox"/> Proportionen | <input type="checkbox"/> Sonstiges, nämlich | | | |
| <input type="checkbox"/> (Stuck-)Profile | <input type="checkbox"/> Farbigkeit | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Reliefs | <input type="checkbox"/> Proportionen | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Sonstiges, nämlich | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

| Gründe für die Nachdämmung / Aufdoppelung | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--|---|--|--|----------------------------------|---|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 10. | <p>Was waren die Gründe für die Aufdoppelung des alten Wärmedämmverbundsystems? Einige in Frage kommende Gründe haben wir hier genannt. Bitte kreuzen Sie eine Zahl zwischen 1 und 6 an.</p> <p>Falls bei Ihrem Gebäude andere Gründe hinzukamen, geben Sie dies bitte unter „Sonstiges“ an und schreiben ein Stichwort dazu.</p> <hr/> <p>Verbesserung des Wärmeschutzes sehr wichtig <input type="radio"/> ① <input type="radio"/> ② <input type="radio"/> ③ <input type="radio"/> ④ <input type="radio"/> ⑤ <input type="radio"/> ⑥ völlig unwichtig</p> <hr/> <p>Verbesserung des Brandschutzes sehr wichtig <input type="radio"/> ① <input type="radio"/> ② <input type="radio"/> ③ <input type="radio"/> ④ <input type="radio"/> ⑤ <input type="radio"/> ⑥ völlig unwichtig</p> <hr/> <p>Verbesserung der Gestaltung sehr wichtig <input type="radio"/> ① <input type="radio"/> ② <input type="radio"/> ③ <input type="radio"/> ④ <input type="radio"/> ⑤ <input type="radio"/> ⑥ völlig unwichtig</p> <hr/> <p>Sanierung/Ertüchtigung des Altsystems sehr wichtig <input type="radio"/> ① <input type="radio"/> ② <input type="radio"/> ③ <input type="radio"/> ④ <input type="radio"/> ⑤ <input type="radio"/> ⑥ völlig unwichtig</p> <hr/> <p>Sonstiges, nämlich: sehr wichtig <input type="radio"/> ① <input type="radio"/> ② <input type="radio"/> ③ <input type="radio"/> ④ <input type="radio"/> ⑤ <input type="radio"/> ⑥ völlig unwichtig </p> <hr/> <p>Sonstiges, nämlich: sehr wichtig <input type="radio"/> ① <input type="radio"/> ② <input type="radio"/> ③ <input type="radio"/> ④ <input type="radio"/> ⑤ <input type="radio"/> ⑥ völlig unwichtig </p> | | | | | | | | | |
| Technisches | | | | | | | | | | |
| 11. | <p>Wurde die Aufdoppelung als einzige Maßnahme durchgeführt oder im Zuge einer umfassenderen Modernisierung?</p> <p><input type="radio"/> als einzige Maßnahme <input type="radio"/> im Zuge einer umfassenderen Modernisierung</p> | | | | | | | | | |
| 12. | <p>Falls weitere Modernisierungsmaßnahmen durchgeführt wurden: Was wurde außerdem modernisiert? (Mehrfachantworten möglich)</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Aufzug</td> <td><input type="checkbox"/> Kellerdecke</td> <td><input type="checkbox"/> Heizung</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Dach</td> <td><input type="checkbox"/> oberste Geschossdecke</td> <td><input type="checkbox"/> Fenster</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> sanitäre Anlagen</td> <td><input type="checkbox"/> Grundrisse</td> <td><input type="checkbox"/> Elektrik</td> </tr> </table> <p>Sonstiges, nämlich</p> <p><u>Falls Sie Fenster angekreuzt haben:</u> Wurden diese an den aufgedoppelten Wänden bezogen auf die Fensterbauteile (Rahmen, Flügel, Verglasung) komplett oder nur zum Teil modernisiert?</p> <p><input type="radio"/> zum Teil <input type="radio"/> komplett</p> | <input type="checkbox"/> Aufzug | <input type="checkbox"/> Kellerdecke | <input type="checkbox"/> Heizung | <input type="checkbox"/> Dach | <input type="checkbox"/> oberste Geschossdecke | <input type="checkbox"/> Fenster | <input type="checkbox"/> sanitäre Anlagen | <input type="checkbox"/> Grundrisse | <input type="checkbox"/> Elektrik |
| <input type="checkbox"/> Aufzug | <input type="checkbox"/> Kellerdecke | <input type="checkbox"/> Heizung | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Dach | <input type="checkbox"/> oberste Geschossdecke | <input type="checkbox"/> Fenster | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> sanitäre Anlagen | <input type="checkbox"/> Grundrisse | <input type="checkbox"/> Elektrik | | | | | | | | |
| 13. | <p>Welche Maßnahmen wurden im Zuge der Aufdoppelung ausgeführt? (Mehrfachantworten möglich)</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Ortgang vergrößert</td> <td><input type="checkbox"/> neue Fensterbänke</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Trauf-Überstand verlängert</td> <td><input type="checkbox"/> Anpassung Laibungen</td> </tr> </table> <p><input type="checkbox"/> Sonstiges, nämlich</p> <p>.....</p> | <input type="checkbox"/> Ortgang vergrößert | <input type="checkbox"/> neue Fensterbänke | <input type="checkbox"/> Trauf-Überstand verlängert | <input type="checkbox"/> Anpassung Laibungen | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Ortgang vergrößert | <input type="checkbox"/> neue Fensterbänke | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Trauf-Überstand verlängert | <input type="checkbox"/> Anpassung Laibungen | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---|-----------------------------|---|--------------------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 14. | <p>Ergaben sich im Zuge der Aufdoppelung unvorhergesehene Zusatzarbeiten?</p> <p><input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> nein</p> <p>Falls ja: Was waren das für Zusatzarbeiten?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| 15. | <p>Wie wurde bei Außenwänden im Bereich von Balkonen verfahren?</p> <p><input type="radio"/> auch hier Nachdämmung <input type="radio"/> keine Nachdämmung der Außenwände in diesem Bereich</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| 16. | <p>Welche sichtbare oberste Schicht weist die Aufdoppelung auf?</p> <p><input type="radio"/> Putz <input type="radio"/> Riemchen/Verblender</p> <p><input type="radio"/> etwas anderes, nämlich</p> <p>.....</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| Energieeinsparung | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17. | <p>Welchen Wärmedurchgangskoeffizienten hatten die Außenwände vor und nach der Aufdoppelung?</p> <p>U-Wert alt: <input type="text"/>, <input type="text"/><input type="text"/> W/(m²*K) U-Wert neu: <input type="text"/>, <input type="text"/><input type="text"/> W/(m²*K)</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| 18. | <p>Welche Wärmeleitfähigkeit hatten die vor und nach der Aufdoppelung eingesetzten Dämmstoffe?</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">λ alte Dämmschicht in W/(m K)</td> <td style="width: 50%;">λ neue Dämmschicht in W/(m K):</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> < 0,032</td> <td><input type="radio"/> < 0,032</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 0,032</td> <td><input type="radio"/> 0,032</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 0,035</td> <td><input type="radio"/> 0,035</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 0,040</td> <td><input type="radio"/> 0,040</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 0,045</td> <td><input type="radio"/> 0,045</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> > 0,045</td> <td><input type="radio"/> > 0,045</td> </tr> </table> | λ alte Dämmschicht in W/(m K) | λ neue Dämmschicht in W/(m K): | <input type="radio"/> < 0,032 | <input type="radio"/> < 0,032 | <input type="radio"/> 0,032 | <input type="radio"/> 0,032 | <input type="radio"/> 0,035 | <input type="radio"/> 0,035 | <input type="radio"/> 0,040 | <input type="radio"/> 0,040 | <input type="radio"/> 0,045 | <input type="radio"/> 0,045 | <input type="radio"/> > 0,045 | <input type="radio"/> > 0,045 |
| λ alte Dämmschicht in W/(m K) | λ neue Dämmschicht in W/(m K): | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="radio"/> < 0,032 | <input type="radio"/> < 0,032 | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="radio"/> 0,032 | <input type="radio"/> 0,032 | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="radio"/> 0,035 | <input type="radio"/> 0,035 | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="radio"/> 0,040 | <input type="radio"/> 0,040 | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="radio"/> 0,045 | <input type="radio"/> 0,045 | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="radio"/> > 0,045 | <input type="radio"/> > 0,045 | | | | | | | | | | | | | | |
| 19. | <p>Welche Dicke hatten / haben die Dämmschichten?</p> <p>Dicke der alten Dämmschicht: <input type="text"/><input type="text"/> cm Dicke der neuen Dämmschicht: <input type="text"/><input type="text"/> cm</p> <p>neue Gesamtdämmschichtdicke: <input type="text"/><input type="text"/> cm</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| 20. | <p>Welche Energieeinsparung ergab sich nach der Aufdoppelung pro Jahr?</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="radio"/> unbekannt</td> <td><input type="radio"/> keine</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> %</td> <td><input type="radio"/> kWh/(m² *a), dabei m² bezogen auf</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="radio"/> A_N nach EnEV <input type="radio"/> Wohnfläche</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> l Heizöl</td> <td><input type="radio"/> m³ Erdgas</td> </tr> </table> | <input type="radio"/> unbekannt | <input type="radio"/> keine | <input type="radio"/> % | <input type="radio"/> kWh/(m ² *a), dabei m ² bezogen auf | | <input type="radio"/> A _N nach EnEV <input type="radio"/> Wohnfläche | <input type="radio"/> l Heizöl | <input type="radio"/> m ³ Erdgas | | | | | | |
| <input type="radio"/> unbekannt | <input type="radio"/> keine | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="radio"/> % | <input type="radio"/> kWh/(m ² *a), dabei m ² bezogen auf | | | | | | | | | | | | | | |
| | <input type="radio"/> A _N nach EnEV <input type="radio"/> Wohnfläche | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="radio"/> l Heizöl | <input type="radio"/> m ³ Erdgas | | | | | | | | | | | | | | |

| Kosten und Finanzierung | |
|--------------------------------|--|
| 21. | <p>Wie wurde die Aufdoppelung finanziert?</p> <p><input type="radio"/> als Modernisierungsmaßnahme</p> <p style="margin-left: 40px;"> <input type="radio"/> mit voller Umlage der umlagefähigen Kosten auf die Mieter <input type="radio"/> mit teilweiser Umlage der umlagefähigen Kosten auf die Mieter <input type="radio"/> ohne Umlage auf die Mieter </p> <p><input type="radio"/> als Instandsetzungs/-haltungsmaßnahme</p> <p><input type="radio"/> auf andere Weise, nämlich</p> |
| 22. | <p>Wie hoch waren die Baukosten für die Aufdoppelung pro m² Bauteilfläche?</p> <p style="text-align: center;"> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> € pro m² Bauteilfläche inkl. MwSt. </p> <p>Im oben angegebenen Preis sind die zugehörigen Kosten für Gerüst, Verbreiterung Ortgang usw.</p> <p><input type="radio"/> enthalten <input type="radio"/> nicht enthalten</p> |
| 23. | <p>Gab es mit der Umlage von Kosten auf Mieter Probleme?</p> <p><input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> Frage trifft nicht zu</p> |
| Akzeptanz | |
| 24. | <p>Welche Resonanz haben Sie in Bezug auf die Aufdoppelung Ihres Gebäudes / Ihrer Gebäude erhalten?</p> <hr/> <p>innerhalb des Unternehmens: sehr positiv ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ sehr negativ</p> <hr/> <p>vom Aufsichtsrat o.ä.: sehr positiv ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ sehr negativ</p> <hr/> <p>von der Öffentlichkeit: sehr positiv ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ sehr negativ</p> <hr/> <p>von Mietern / Nutzern: sehr positiv ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ sehr negativ</p> |
| Probleme | |
| 25. | <p>Gab es bei der Aufdoppelung Probleme mit dem Dachüberstand, bezüglich</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ des Ortgangs <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein ▪ der Traufe <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein |
| 26. | <p>Gab es beim alten WDV-System Probleme bezüglich</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ des Brandschutzes <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein ▪ der Tragfähigkeit <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein ▪ Rissen <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein ▪ Schäden durch Vögel <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein ▪ Algenbewuchs <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein |

| | | | | |
|--------------------------------|--|-------------|---------------------------|--|
| 27. | Wie bewerten Sie die Ausführung der Aufdoppelung? | | | |
| Dauer | sehr positiv | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ | sehr negativ | |
| Präzision | sehr positiv | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ | sehr negativ | |
| Baustelleneinrichtung | sehr positiv | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ | sehr negativ | |
| Zuverlässigkeit bzgl. Terminen | sehr positiv | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ | sehr negativ | |
| Kosten | sehr positiv | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ | sehr negativ | |
| Perspektive | | | | |
| 28. | Wie wirken sich die Erfahrungen bei diesem Gebäude auf künftige Aufdoppelung in Ihrem Wohnungsbestand aus? | | | |
| | zeigte, dass die Aufdoppelung funktioniert: | | | |
| | trifft voll zu | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ | trifft überhaupt nicht zu | |
| | zeigte vor allem die Probleme dieser Maßnahme auf: | | | |
| | trifft voll zu | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ | trifft überhaupt nicht zu | |
| | zeigte Schwierigkeiten bei der Finanzierung auf: | | | |
| | trifft voll zu | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ | trifft überhaupt nicht zu | |
| 29. | Welche Unterstützung wünschen Sie sich von den Herstellern von Aufdoppelungssystemen? | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Vielen Dank!

Anlage 2

Detaillierte Ergebnisse einer Befragung von Hauseigentümern zu ihren Erfahrungen mit der Aufdoppelung alter Wärme- dämmverbundsysteme

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Inhaltsverzeichnis | 1 |
| Tabellenverzeichnis | 2 |
| 1 Befragungsergebnisse im Detail..... | 4 |
| 1.1 Allgemeines..... | 4 |
| 1.2 Gründe für die Nachdämmung / Aufdoppelung..... | 9 |
| 1.3 Technisches..... | 11 |
| 1.4 Energieeinsparung..... | 15 |
| 1.5 Kosten und Finanzierung | 21 |
| 1.6 Akzeptanz..... | 23 |
| 1.7 Probleme..... | 25 |
| 1.8 Perspektive | 29 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|------------|--|----|
| Tabelle 1 | Baujahr ursprüngliches WDVS | 4 |
| Tabelle 2 | Jahr der Fertigstellung der Aufdoppelung | 4 |
| Tabelle 3 | Standort des Gebäudes | 5 |
| Tabelle 4 | Siedlungsform | 6 |
| Tabelle 5 | Anzahl der Wohn- und Nutzeinheiten | 6 |
| Tabelle 6 | Wohn- und Nutzfläche der Gebäude | 7 |
| Tabelle 7 | Quadratmeter aufgedoppelter Außenwandfläche | 8 |
| Tabelle 8 | Anzahl der aufgedoppelten Wände pro Gebäude | 8 |
| Tabelle 9 | Art der Verbesserung der Gestaltung | 9 |
| Tabelle 10 | Grund für Nachdämmung: Verbesserung des Wärmeschutzes | 10 |
| Tabelle 11 | Grund für Nachdämmung: Verbesserung des Brandschutzes | 10 |
| Tabelle 12 | Grund für Nachdämmung: Verbesserung der Gestaltung | 10 |
| Tabelle 13 | Grund für Nachdämmung: Sanierung / Ertüchtigung des Altsystems ... | 11 |
| Tabelle 14 | Einzelmaßnahme oder Komplettmodernisierung | 11 |
| Tabelle 15 | Weitere Modernisierungsmaßnahmen | 12 |
| Tabelle 16 | Fenstermodernisierung: Komplett / zum Teil? | 12 |
| Tabelle 17 | Begleitende Modernisierungsmaßnahmen | 13 |
| Tabelle 18 | Unvorhergesehene Zusatzarbeiten | 13 |
| Tabelle 19 | Verfahren bei Balkonen | 14 |
| Tabelle 20 | Sichtbare oberste Schicht der Aufdoppelung | 14 |
| Tabelle 21 | Wärmedurchgangskoeffizienten alt | 15 |
| Tabelle 22 | Wärmedurchgangskoeffizienten neu | 15 |
| Tabelle 23 | Wärmedurchgangskoeffizienten fallweise im Vergleich | 16 |
| Tabelle 24 | Wärmeleitfähigkeit der alten Dämmschicht | 16 |
| Tabelle 25 | Wärmeleitfähigkeit der neuen Dämmschicht | 17 |
| Tabelle 26 | Wärmeleitfähigkeiten fallweise im Vergleich | 17 |
| Tabelle 27 | Dicke der alten Dämmschicht | 18 |
| Tabelle 28 | Dicke der neuen Dämmschichten | 18 |
| Tabelle 29 | Neue Gesamtdämmschichtdicke | 19 |
| Tabelle 30 | Dicke der alten und neuen Dämmschicht fallweise im Vergleich | 20 |
| Tabelle 31 | Energieeinsparungen nach der Aufdoppelung | 20 |
| Tabelle 32 | Finanzierung der Aufdoppelung | 21 |
| Tabelle 33 | Baukosten der Aufdoppelung pro m ² | 22 |
| Tabelle 34 | Probleme bei der Umlage | 22 |
| Tabelle 35 | Resonanz innerhalb des Unternehmens | 23 |
| Tabelle 36 | Resonanz vom Aufsichtsrat o.ä. | 23 |

| | | |
|-------------------|--|----|
| Tabelle 37 | Resonanz von der Öffentlichkeit | 24 |
| Tabelle 38 | Resonanz von Mietern / Nutzern | 24 |
| Tabelle 39 | Probleme mit dem Dachüberstand bzgl. des Ortgangs | 25 |
| Tabelle 40 | Probleme mit dem Dachüberstand bzgl. der Traufe | 25 |
| Tabelle 41 | Probleme mit dem Brandschutz | 25 |
| Tabelle 42 | Probleme mit der Tragfähigkeit | 26 |
| Tabelle 43 | Probleme mit Rissen | 26 |
| Tabelle 44 | Probleme mit Schäden durch Vögel | 26 |
| Tabelle 45 | Probleme durch Algenbewuchs | 26 |
| Tabelle 46 | Dauer | 27 |
| Tabelle 47 | Präzision | 27 |
| Tabelle 48 | Baustelleneinrichtung | 28 |
| Tabelle 49 | Zuverlässigkeit bzgl. Terminen | 28 |
| Tabelle 50 | Kosten | 29 |
| Tabelle 51 | ... zeigte, dass die Aufdoppelung funktioniert | 29 |
| Tabelle 52 | ... zeigte vor allem die Probleme dieser Maßnahme auf | 30 |
| Tabelle 53 | ... zeigte Schwierigkeiten bei der Finanzierung auf | 30 |

1 Befragungsergebnisse im Detail

Hier werden die Auszählungsergebnisse der Befragung im Detail wiedergegeben, ohne Interpretation. Die Interpretation erfolgt im Haupttext. Befragt wurden 73 Hauseigentümer, von denen bekannt war, dass bei mindestens einem ihrer Häuser eine Aufdoppelung alter Wärmedämmverbundsysteme vorgenommen wurde. Es haben 16 Hauseigentümer geantwortet.

1.1 Allgemeines

1.1.1 Baujahr des ursprünglichen Wärmeverbundsystems

Frage 1: „In welchem Jahr wurde das ursprüngliche Wärmedämmverbundsystem angebracht?“

Hinweise

- die Jahreszahl konnte frei eingetragen werden und wurde erst im Nachhinein einer Kategorie zugeordnet

Tabelle 1 Baujahr ursprüngliches WDVS

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|---------------|-----------|------------------------------|
| vor 1978 | 0 | 0 |
| 1979 bis 1989 | 6 | 37,5 |
| 1990 bis 1994 | 4 | 25,0 |
| 1995 bis 2005 | 4 | 25,0 |
| nach 2005 | 1 | 6,3 |
| keine Antwort | 1 | 6,3 |
| Summe | 16 | 100 |

1.1.2 Jahr der Fertigstellung der Aufdoppelung

Frage 2: „In welchem Jahr wurde die Aufdoppelung an diesem Gebäude fertiggestellt?“

Tabelle 2 Jahr der Fertigstellung der Aufdoppelung

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|---------------|-----------|------------------------------|
| 2010 | 3 | 18,8 |
| 2011 | 6 | 37,5 |
| 2012 | 0 | 0 |
| 2013 | 3 | 18,8 |
| 2014 | 4 | 25,0 |
| 2015 | 0 | 0 |
| keine Antwort | 0 | 0 |
| Summe | 16 | 100 |

1.1.3 Standort des Gebäudes

Frage 3: „Bitte geben Sie die PLZ des Gebäudes an, an dem die Aufdoppelung stattfand.“

Hinweise

- Die Befragten gaben die PLZ des Gebäudes an. Diese wurde einem Bundesland zugeordnet

Tabelle 3 Standort des Gebäudes

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|------------------------|-----------|------------------------------|
| Baden-Württemberg | 0 | 0 |
| Bayern | 7 | 43,8 |
| Berlin | 1 | 6,3 |
| Brandenburg | 0 | 0 |
| Bremen | 0 | 0 |
| Hamburg | 0 | 0 |
| Hessen | 0 | 0 |
| Mecklenburg-Vorpommern | 0 | 0 |
| Niedersachsen | 0 | 0 |
| Nordrhein-Westfalen | 6 | 37,5 |
| Rheinland-Pfalz | 1 | 6,3 |
| Saarland | 0 | 0 |
| Sachsen | 0 | 0 |
| Sachsen-Anhalt | 0 | 0 |
| Schleswig-Holstein | 0 | 0 |
| Thüringen | 0 | 0 |
| keine Antwort | 1 | 6,3 |
| Summe | 16 | 100 |

1.1.4 Siedlungsform

Frage 4: „In welcher Siedlungsform steht dieses Gebäude?“

Hinweise

- die Kategorien waren vorgegeben

Tabelle 4 Siedlungsform

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|--|-----------|--------------------------------------|
| wachsende Großstadt | 5 | 31,3 |
| stagnierende / schrumpfende Großstadt | 2 | 12,5 |
| wachsende Kleinstadt | 6 | 37,5 |
| stagnierende / schrumpfende Kleinstadt | 2 | 12,5 |
| ländlicher Raum (Bevölkerung wächst) | 0 | 0 |
| Ländlicher Raum (Bevölkerung schrumpft) | 0 | 0 |
| keine Antwort | 1 | 6,3 |
| Summe | 16 | 100 |

1.1.5 Anzahl der Wohn- und Nutzeinheiten

Frage 5: „Über wie viele Wohn- und Nutzeinheiten (z.B. Büros, Läden) verfügt das Gebäude?“

Hinweise

- die Anzahl konnte frei eingetragen werden und wurde erst im Nachhinein einer Kategorie zugeordnet

Tabelle 5 Anzahl der Wohn- und Nutzeinheiten

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|----------------|-----------|-------------------------------------|
| unter 10 | 6 | 37,5 |
| 10 - 20 | 2 | 12,5 |
| 21 - 30 | 3 | 18,8 |
| 31 - 40 | 1 | 6,3 |
| 41 - 50 | 1 | 6,3 |
| 51 - 60 | 0 | 0 |
| 61 - 70 | 0 | 0 |
| 71 - 80 | 1 | 6,3 |
| über 80 | 1 | 6,3 |
| keine Antwort | 1 | 6,3 |
| Summe | 16 | 100 |

1.1.6 Wohn- und Nutzfläche der Gebäude

Frage 6: „Welche Wohn- und Nutzfläche hat das Gebäude?“

Hinweise

- die Kategorien wurden bei der Auszählung gebildet

Tabelle 6 Wohn- und Nutzfläche der Gebäude

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|----------------------------|-----------|--------------------------------------|
| < 300 m ² | 0 | 0 |
| 300 - 500 m ² | 5 | 31,3 |
| 501 - 800 m ² | 1 | 6,3 |
| 801 - 1000 m ² | 2 | 12,5 |
| 1001 - 1500 m ² | 0 | 0 |
| 1501 - 2000 m ² | 2 | 12,5 |
| 2001 - 2500 | 3 | 18,8 |
| 2501 - 3000 | 0 | 0 |
| > 3000m ² | 1 | 6,3 |
| keine Antwort | 2 | 12,5 |
| Summe | 16 | 100 |

1.1.7 Quadratmeter aufgedoppelter Außenwandfläche

Frage 7: „Wieviel Quadratmeter Außenwandfläche wurden bei diesem Gebäude aufgedoppelt?“

Hinweise

- die Kategorien wurden bei der Auszählung gebildet

Tabelle 7 Quadratmeter aufgedoppelter Außenwandfläche

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|----------------------------|-----------|------------------------------|
| < 300 m ² | 2 | 12,5 |
| 300 - 500 m ² | 4 | 25,0 |
| 501 - 800 m ² | 2 | 12,5 |
| 801 - 1000 m ² | 0 | 0 |
| 1001 - 1500 m ² | 2 | 12,5 |
| 1501 - 2000 m ² | 3 | 18,8 |
| 2001 - 2500 | 1 | 6,3 |
| 2501 - 3000 | 1 | 6,3 |
| >3000m ² | 0 | 0 |
| keine Antwort | 1 | 6,3 |
| Summe | 16 | 100 |

1.1.8 Anzahl der aufgedoppelten Wände pro Gebäude

Frage 8: „Wurden alle Außenwände aufgedoppelt?“

Tabelle 8 Anzahl der aufgedoppelten Wände pro Gebäude

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|------------------|-----------|------------------------------|
| ja, alle Wände | 12 | 75,0 |
| nein, nur: | 4 | 25,0 |
| eine Giebelwand | 1 | 6,3 |
| eine Traufwand | 1 | 6,3 |
| zwei Giebelwände | 1 | 6,3 |
| zwei Traufwände | 1 | 6,3 |
| keine Antwort | 0 | 0 |
| Summe | 16 | 100 |

1.1.9 Art der Verbesserung der Gestaltung

Frage 9: „Falls die Gestaltung verbessert wurde, wodurch wurde dies erreicht?“

Hinweise

- es waren Mehrfachantworten möglich
- unter „Sonstiges, nämlich“ konnten die Befragten freie Antworten eingeben

Tabelle 9 Art der Verbesserung der Gestaltung

| Antwort | n | % an der Gesamtheit aller Antworten (n = 22) | % der Rückantworter (n = 16) |
|--------------------|-----------|---|-------------------------------------|
| (Stuck-)Profile | 0 | 0 | 0 |
| Reliefs | 1 | 4,5 | 6,3 |
| Farbigkeit | 15 | 68,2 | 93,8 |
| Proportionen | 1 | 4,5 | 6,3 |
| Sonstiges, nämlich | 5 | 22,7 | 31,3 |
| Summe | 22 | 100 | - |

Antworten in der Kategorie „Sonstiges, nämlich“:

- „Fassadenbilder, Fassadenbeleuchtung“ (zwei Nennungen)
- „Eck Lisenen am Gesimse aufgedoppelt, Eingänge: Profile aufgesetzt“
- „Anbau von Balkonen“

1.2 Gründe für die Nachdämmung / Aufdoppelung

Frage 10: „Was waren die Gründe für die Aufdoppelung des alten Wärmedämmverbundsystems? Einige in Frage kommende Gründe haben wir hier genannt. Bitte kreuzen Sie eine Zahl zwischen 1 und 6 an. Falls bei Ihrem Gebäude andere Gründe hinzukamen, geben Sie dies bitte unter „Sonstiges“ an und schreiben ein Stichwort dazu.“

Hinweise

- Wichtigkeit wurde subjektiv auf einer Skala von 1 (sehr wichtig) bis 6 (völlig unwichtig) eingeschätzt
- unter „Sonstiges, nämlich“ konnten die Befragten freie Antworten eingeben. 1 von 14 Rückantwortern nutzte diese Möglichkeit

Tabelle 10 Grund für Nachdämmung: Verbesserung des Wärmeschutzes

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|--------------------|-----------|-------------------------------|
| 1 sehr wichtig | 11 | 68,8 |
| 2 | 4 | 25,0 |
| 3 | 1 | 6,0 |
| 4 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 |
| 6 völlig unwichtig | 0 | 0 |
| keine Antwort | 0 | 0 |
| Summe | 16 | 100 |

Die Durchschnittliche Bewertung betrug „1,38“

Tabelle 11 Grund für Nachdämmung: Verbesserung des Brandschutzes

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|--------------------|-----------|-------------------------------|
| 1 sehr wichtig | 0 | 0 |
| 2 | 3 | 18,8 |
| 3 | 2 | 12,5 |
| 4 | 7 | 43,8 |
| 5 | 1 | 6,3 |
| 6 völlig unwichtig | 3 | 18,8 |
| keine Antwort | 0 | 0 |
| Summe | 16 | 100 |

Die Durchschnittliche Bewertung betrug „3,94“

Tabelle 12 Grund für Nachdämmung: Verbesserung der Gestaltung

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|--------------------|-----------|-------------------------------|
| 1 sehr wichtig | 6 | 37,5 |
| 2 | 4 | 25,0 |
| 3 | 2 | 12,5 |
| 4 | 4 | 25,0 |
| 5 | 0 | 0 |
| 6 völlig unwichtig | 0 | 0 |
| keine Antwort | 0 | 0 |
| Summe | 16 | 100 |

Die Durchschnittliche Bewertung betrug „2,25“

Tabelle 13 Grund für Nachdämmung: Sanierung / Ertüchtigung des Altsystems

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|--------------------|-----------|-------------------------------|
| 1 sehr wichtig | 5 | 31,3 |
| 2 | 7 | 43,8 |
| 3 | 2 | 12,5 |
| 4 | 1 | 6,3 |
| 5 | 0 | 0 |
| 6 völlig unwichtig | 1 | 6,3 |
| keine Antwort | 0 | 0 |
| Summe | 16 | 100 |

Die Durchschnittliche Bewertung betrug „2,19“

Antworten in der Kategorie „Sonstiges, nämlich“:

- „Einhaltung EnEV“
- „Anbau von Balkonen“

1.3 Technisches

1.3.1 Einzelmaßnahme oder Komplettmodernisierung

Frage 11: „Wurde die Aufdoppelung als einzige Maßnahme durchgeführt oder im Zuge einer umfassenderen Modernisierung?“

Tabelle 14 Einzelmaßnahme oder Komplettmodernisierung

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|--|-----------|-------------------------------|
| als einzige Maßnahme | 1 | 6,3 |
| im Zuge einer umfassenderen Modernisierung | 15 | 93,8 |
| keine Antwort | 0 | 0 |
| Summe | 16 | 100 |

1.3.2 Weitere Modernisierungsmaßnahmen

Frage 12.1: „Falls weitere Modernisierungsmaßnahmen durchgeführt wurden: Was wurde außerdem modernisiert?“

Hinweise

- die in der Tabelle genannten Kategorien waren vorgegeben
- Mehrfachantworten möglich
- unter „Sonstiges, nämlich“ konnten die Befragten freie Antworten eingeben

Tabelle 15 Weitere Modernisierungsmaßnahmen

| Antwort | n | % an der Gesamtheit aller Antworten (n = 77) | % der Rückantworter (n=16) |
|-----------------------|-----------|---|-------------------------------|
| Aufzug | 4 | 4,8 | 25,0 |
| Kellerdecke | 11 | 13,1 | 68,8 |
| Heizung | 12 | 14,3 | 75,0 |
| Dach | 10 | 11,9 | 62,5 |
| Oberste Geschossdecke | 8 | 9,5 | 50,0 |
| Fenster | 14 | 16,7 | 87,5 |
| Sanitäre Anlagen | 8 | 9,5 | 50,0 |
| Grundrisse | 5 | 6,0 | 31,3 |
| Elektrik | 8 | 9,5 | 50,0 |
| Sonstiges | 4 | 4,8 | 25,0 |
| keine Antwort | 0 | 0 | 0 |
| Summe | 84 | 100 | - |

Antworten in der Kategorie „Sonstiges“:

- „Rollläden“
- „1 Kanal“
- „Balkonanbau“
- „Balkonanbau, Solarkollektor“

Frage 12.2: „Falls Sie ‚Fenster‘ angekreuzt haben: Wurden diese an den aufgedoppelten Wänden bezogen auf die Fensterbauteile (Rahmen, Flügel, Verglasung) komplett oder nur zum Teil modernisiert?“

Tabelle 16 Fenstermodernisierung: Komplett / zum Teil?

| Antwort | n | % an der Gesamtheit aller Antworten (n = 14) | % der Rückantworter (n = 16) |
|---------------|-----------|---|---------------------------------|
| zum Teil | 1 | 7,1 | 6,3 |
| komplett | 13 | 92,9 | 81,3 |
| keine Antwort | 2 | - | 12,5 |
| Summe | 16 | 100 | 100 |

1.3.3 Maßnahmen im Zuge der Aufdoppelung

Frage 13: „Welche Maßnahmen wurden im Zuge der Aufdoppelung ausgeführt?“

Hinweise

- die in der Tabelle genannten Kategorien waren vorgegeben
- es waren Mehrfachantworten möglich
- unter „Sonstiges, nämlich“ konnten die Befragten freie Antworten eingeben

Tabelle 17 Begleitende Modernisierungsmaßnahmen

| Antwort | n | % an der Gesamtheit aller Antworten (n = 45) | % der Rückantworter (n = 16) |
|----------------------------|-----------|--|------------------------------|
| Ortgang vergrößert | 8 | 17,8 | 50,0 |
| Trauf-Überstand verlängert | 6 | 13,3 | 37,5 |
| neue Fensterbänke | 15 | 33,3 | 93,8 |
| Anpassung Laibungen | 12 | 26,7 | 75,0 |
| Sonstiges, nämlich | 3 | 6,7 | 18,8 |
| keine Antwort | 1 | - | 6,3 |
| Summe | 45 | 100 | - |

Antworten in der Kategorie „Sonstiges, nämlich“:

- „Sockeldämmung“
- „alte Balkone (Stahlbeton) abgetrennt, Neue Alu-Balkone“
- „Montage von Jalousiekästen, Wärmedämmt, inkl. Jalousien“

1.3.4 Unvorhergesehene Zusatzarbeiten

Frage 14.1: „Ergaben sich im Zuge der Aufdoppelung unvorhergesehene Zusatzarbeiten?“

Tabelle 18 Unvorhergesehene Zusatzarbeiten

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|---------------|-----------|------------------------------|
| ja | 1 | 6,3 |
| nein | 13 | 81,3 |
| keine Antwort | 2 | 12,5 |
| Summe | 16 | 100 |

Frage 14.2: „Falls ja: Was für Zusatzarbeiten?“

Antworten:

- Nasses WDVS musste entfernt werden.

1.3.5 Verfahrensweise bei Balkonen

Frage 15: „Wie wurde bei Außenwänden im Bereich von Balkonen verfahren?“

Tabelle 19 Verfahren bei Balkonen

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|--|-----------|-------------------------------|
| auch hier Nachdämmung | 12 | 75,0 |
| keine Nachdämmung der Außenwände in diesem Bereich | 1 | 6,3 |
| keine Antwort | 3 | 18,8 |
| Summe | 16 | 100 |

1.3.6 Sichtbare oberste Schicht der Aufdoppelung

Frage 16: „Welche sichtbare oberste Schicht weist die Aufdoppelung auf?“

Hinweise

- unter „etwas anderes, nämlich“ konnten die Befragten freie Antworten eingeben

Tabelle 20 Sichtbare oberste Schicht der Aufdoppelung

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|------------------------|-----------|-------------------------------|
| Putz | 15 | 93,8 |
| Riemchen / Verblender | 0 | 0 |
| etwas anderes, nämlich | 1 | 6,3 |
| keine Antwort | 0 | 0 |
| Summe | 16 | 100 |

Antworten in der Kategorie „etwas anderes, nämlich“:

- „Putz und Riemchen/Verblender“

1.4 Energieeinsparung

1.4.1 Wärmedurchgangskoeffizient

Frage 17: „Welchen Wärmedurchgangskoeffizienten hatten die Außenwände vor und nach der Aufdoppelung?“

Hinweise

- Die Kategorien wurden im Zuge der Auswertung gebildet

Tabelle 21 Wärmedurchgangskoeffizienten alt

| Antwort [in W/(m ² *K)] | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|------------------------------------|-----------|-------------------------------|
| < 0,3 | 0 | 0 |
| 0,3 - 0,35 | 1 | 6,3 |
| 0,36 - 0,4 | 2 | 12,5 |
| 0,41 - 0,45 | 0 | 0 |
| 0,46 - 0,5 | 1 | 6,3 |
| > 0,5 | 6 | 37,5 |
| keine Antwort | 6 | 37,5 |
| Summe | 16 | 100 |

Der Durchschnitt der alten Wärmedurchgangskoeffizienten beträgt 0,54.

Tabelle 22 Wärmedurchgangskoeffizienten neu

| Antwort [in W/(m ² *K)] | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|------------------------------------|-----------|-------------------------------|
| < 0,1 | 0 | 0 |
| 0,1 - 0,15 | 1 | 6,3 |
| 0,16 - 0,20 | 3 | 18,8 |
| 0,21 - 0,25 | 6 | 37,5 |
| > 0,25 | 1 | 6,3 |
| keine Antwort | 5 | 31,3 |
| Summe | 16 | 100 |

Der Durchschnitt der neuen Wärmedurchgangskoeffizienten beträgt 0,20.

Tabelle 23 Wärmedurchgangskoeffizienten fallweise im Vergleich

| Fall | Wärmedurchgangskoeffizient alt | Wärmedurchgangskoeffizient neu | Differenz | Prozentuale Verbesserung |
|------|--------------------------------|--------------------------------|-----------|--------------------------|
| 1 | 0,49 | 0,17 | -0,32 | - 65 % |
| 2 | k.A. | k.A. | - | - |
| 3 | k.A. | k.A. | - | - |
| 4 | 0,59 | 0,2 | -0,39 | - 66 % |
| 5 | 0,59 | 0,22 | -0,37 | - 63 % |
| 6 | 0,36 | 0,18 | -0,18 | - 50 % |
| 7 | k.A. | 0,23 | - | - |
| 8 | 0,5 | 0,21 | -0,29 | - 58 % |
| 9 | 0,51 | 0,25 | -0,26 | - 51 % |
| 10 | 0,58 | 0,2 | -0,38 | - 66 % |
| 11 | 1 | 0,2 | -0,8 | - 80 % |
| 12 | 0,39 | 0,14 | -0,25 | - 64 % |
| 13 | k.A. | k.A. | - | - |
| 14 | 0,35 | 0,18 | -0,17 | - 49 % |
| 15 | k.A. | k.A. | - | - |
| 16 | k.A. | k.A. | - | - |

Die Durchschnittliche Differenz betrug $-0,34 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, bzw. $-61,11 \%$ zum vorherigen Wert.

1.4.2 Wärmeleitfähigkeit

Frage 18: „Welche Wärmeleitfähigkeit hatten die vor und nach der Aufdoppelung eingesetzten Dämmstoffe?“

Hinweise

- die Kategorien waren vorgegeben

Tabelle 24 Wärmeleitfähigkeit der alten Dämmschicht

| Antwort [in $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$] | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|--|-----------|------------------------------|
| < 0,032 | 0 | 0 |
| 0,032 | 0 | 0 |
| 0,035 | 0 | 0 |
| 0,040 | 9 | 56,3 |
| 0,045 | 1 | 6,3 |
| > 0,045 | 2 | 12,5 |
| keine Antwort | 4 | 25,0 |
| Summe | 16 | 100 |

Tabelle 25 Wärmeleitfähigkeit der neuen Dämmschicht

| Antwort [in W/(m*K)] | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|----------------------|-----------|-------------------------------|
| < 0,032 | 0 | 0 |
| 0,032 | 4 | 25,0 |
| 0,035 | 10 | 62,5 |
| 0,040 | 1 | 6,3 |
| 0,045 | 0 | 0 |
| > 0,045 | 0 | 0 |
| keine Antwort | 1 | 6,25 |
| Summe | 16 | 100 |

Tabelle 26 Wärmeleitfähigkeiten fallweise im Vergleich

| Fall | Wärmeleitfähigkeit alte Dämmschicht | Wärmeleitfähigkeit neue Dämmschicht | Differenz | Prozentuale Verbesserung |
|------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------|--------------------------|
| 1 | > 0,045 | 0,032 | -0,013 | -28,9 % |
| 2 | k.A. | 0,035 | - | - |
| 3 | 0,04 | 0,032 | -0,008 | -20,0 % |
| 4 | 0,04 | 0,035 | -0,005 | -12,5 % |
| 5 | 0,04 | 0,035 | -0,005 | -12,5 % |
| 6 | 0,04 | 0,035 | -0,005 | -12,5 % |
| 7 | 0,04 | 0,035 | -0,005 | -12,5 % |
| 8 | 0,04 | 0,035 | -0,005 | -12,5 % |
| 9 | k.A. | 0,035 | - | - |
| 10 | 0,04 | 0,032 | -0,008 | - 20,0 % |
| 11 | 0,045 | 0,032 | -0,013 | - 28,9 % |
| 12 | > 0,045 | 0,035 | -0,01 | - 22,2 % |
| 13 | k.A. | 0,04 | - | - |
| 14 | 0,04 | 0,035 | -0,005 | - 12,5 % |
| 15 | 0,04 | 0,035 | -0,005 | -12,5 % |
| 16 | k.A. | k.A. | - | - |

Die durchschnittliche Differenz der Wärmeleitfähigkeit zwischen der alten zur neuen Dämmschicht betrug „-0,00725 W/(m*K)“. Dies stellt eine durchschnittliche prozentuale Verbesserung von 17,29% dar.

Zum Berechnen der Differenzen und des Mittelwerts wurde für die Angabe >0,045 mit dem Wert 0,045 gerechnet, die genauen Differenzen liegen somit noch etwas höher als angegeben.

1.4.3 Dämmschichtdicke

Frage 19: „Welche Dicke hatten / haben die Dämmschichten?“

Hinweise

- die Kategorien wurden im Zuge der Auszählung gebildet

Tabelle 27 Dicke der alten Dämmschicht

| Antwort (in cm) | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|---------------------------|-----------|--------------------------------------|
| 4 | 3 | 18,8 |
| 5 | 3 | 18,8 |
| 6 | 8 | 50,0 |
| 7 | 1 | 6,3 |
| 8 | 1 | 6,3 |
| keine Antwort | 0 | 0 |
| Summe | 16 | 100 |

Die durchschnittliche Dämmschichtdicke der alten Dämmschichten beläuft sich auf 5,6 cm.

Tabelle 28 Dicke der neuen Dämmschichten

| Antwort (in cm) | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|---------------------------|-----------|--------------------------------------|
| 8 | 3 | 18,8 |
| 10 | 5 | 31,3 |
| 12 | 3 | 18,8 |
| 14 | 3 | 18,8 |
| 16 | 1 | 6,3 |
| 18 | 0 | 0 |
| 20 | 1 | 6,3 |
| keine Antwort | 0 | 0 |
| Summe | 16 | 100 |

Die durchschnittliche Dämmschichtdicke der neuen Dämmschichten beläuft sich auf 11,8 cm.

Tabelle 29 Neue Gesamtdämmschichtdicke

| Antwort (in cm) | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|---------------------------|-----------|--------------------------------------|
| 12 | 0 | 0 |
| 13 | 1 | 6,3 |
| 14 | 3 | 18,8 |
| 15 | 1 | 6,3 |
| 16 | 3 | 18,8 |
| 17 | 2 | 12,5 |
| 18 | 2 | 12,5 |
| 19 | 0 | 0 |
| 20 | 2 | 12,5 |
| 21 | 0 | 0 |
| 22 | 0 | 0 |
| 23 | 0 | 0 |
| 24 | 1 | 6,3 |
| 25 | 0 | 0 |
| 26 | 1 | 6,3 |
| keine Antwort | 0 | 0 |
| Summe | 16 | 100 |

Die durchschnittliche Dämmschichtdicke der neuen Gesamtdämmschicht beläuft sich auf 17,4 cm.

Tabelle 30 Dicke der alten und neuen Dämmschicht fallweise im Vergleich

| Fall | Dicke der alten Dämmschicht (in cm) | Dicke der neuen Dämmschicht (in cm) | Neue Gesamtdicke (in cm) |
|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 6 | 12 | 18 |
| 2 | 6 | 20 | 26 |
| 3 | 6 | 8 | 14 |
| 4 | 5 | 12 | 17 |
| 5 | 5 | 10 | 15 |
| 6 | 6 | 10 | 16 |
| 7 | 6 | 14 | 20 |
| 8 | 4 | 10 | 14 |
| 9 | 5 | 8 | 13 |
| 10 | 4 | 12 | 16 |
| 11 | 4 | 14 | 18 |
| 12 | 8 | 16 | 24 |
| 13 | 6 | 10 | 16 |
| 14 | 7 | 10 | 17 |
| 15 | 6 | 8 | 14 |
| 16 | 6 | 14 | 20 |
| Durchschnitt | 5,6 | 11,8 | 17,4 |

1.4.4 Energieeinsparungen nach Aufdoppelung

Frage 20: „Welche Energieeinsparung ergab sich nach der Aufdoppelung pro Jahr?“

Hinweise

- teilweise konnten offene Angaben eingetragen werden

Tabelle 31 Energieeinsparungen nach der Aufdoppelung

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|----------------|-----------|------------------------------|
| unbekannt | 10 | 62,5 |
| Offene Angaben | 6 | 37,5 |
| keine Antwort | 0 | 0 |
| Summe | 16 | 100 |

offene Angaben:

- „rd. 20 % Fernwärme“
- „50 % (Vollmodernisierung)“
- „~ 50 %“
- „11 %, 15 kWh/(m²*a)“ [m² ohne Bezugsangabe auf Wohnfläche bzw. EnEV]

- „50 %“
- „54 %, 90 kWh/(m²*a)“ [m² mit Bezug auf die Wohnfläche]

1.5 Kosten und Finanzierung

1.5.1 Umlage der Kosten

Frage 21: „Wie wurde die Aufdoppelung finanziert?“

Hinweise

- unter „etwas anderes, nämlich“ konnten die Befragten freie Antworten eingeben

Tabelle 32 Finanzierung der Aufdoppelung

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|--|-----------|-------------------------------|
| Als Modernisierungsmaßnahme, | 11 | 68,8 |
| ...mit voller Umlage der umlagefähigen Kosten auf die Mieter | 0 | 0 |
| ...mit teilweiser Umlage der umlagefähigen Kosten auf die Mieter | 10 | 62,5 |
| ...ohne Umlage auf die Mieter | 1 | 6,3 |
| Als Instandsetzungs/ -haltungsmäßnahme | 3 | 18,8 |
| Auf andere Weise, nämlich | 1 | 6,3 |
| keine Antwort | 1 | 6,3 |
| Summe | 16 | 100 |

Antworten in der Kategorie „Auf andere Weise, nämlich“:

- „Konjunkturpaket II“

1.5.2 Baukosten der Aufdoppelung

Frage 22.1: „Wie hoch waren die Baukosten für die Aufdoppelung pro m² Bauteilfläche“ [inkl. MwSt.]

Hinweise

- die in der Tabelle genannten Kategorien waren nicht vorgegeben, es konnte frei ein Betrag gewählt werden
- die Befragten konnten angeben, ob Kosten für Gerüst, Verbreiterung des Ortgangs usw. im Preis mit enthalten sind

Tabelle 33 Baukosten der Aufdoppelung pro m²

| Fall | € pro m ² Bauteilfläche Inkl. MwSt. | Kosten für Gerüst, Verbreiterung Ort- gang usw. im Preis enthalten | Kosten für Gerüst, Verbrei- terung Ortgang usw. im Preis nicht enthalten |
|--------------|---|---|--|
| 1 | 125 | X | |
| 2 | 108 | | X |
| 3 | 75 | X | |
| 4 | 91 | | X |
| 5 | 82 | | X |
| 6 | k.A. | - | - |
| 7 | 155 | | X |
| 8 | 95 | | X |
| 9 | 120 | X | |
| 10 | 95 | | X |
| 11 | 100 | | X |
| 12 | 93 | X | |
| 13 | 55 | | X |
| 14 | 121 | X | |
| 15 | 110 | X | |
| 16 | - | - | - |
| Durchschnitt | 101,79 € | 107,33 € | 97,63 € |

1.5.3 Probleme bei der Umlage der Kosten auf Mieter

Frage 23: „Gab es mit der Umlage von Kosten auf Mieter Probleme?“

Tabelle 34 Probleme bei der Umlage

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|-----------------------|-----------|------------------------------|
| ja | 0 | 0 |
| nein | 10 | 62,5 |
| Frage trifft nicht zu | 5 | 31,3 |
| keine Antwort | 1 | 6,3 |
| Summe | 16 | 100 |

1.6 Akzeptanz

Frage 24: „Welche Resonanz haben Sie in Bezug auf die Aufdoppelung Ihres Gebäudes / Ihrer Gebäude erhalten?“

Tabelle 35 Resonanz innerhalb des Unternehmens

| Antwort | n | % der Antworten zu der Frage (n = 13) | % der Rückantworter (n = 16) |
|----------------|-----------|---------------------------------------|------------------------------|
| 1 sehr positiv | 3 | 23,1 | 18,8 |
| 2 | 8 | 61,5 | 50,0 |
| 3 | 2 | 15,4 | 12,5 |
| 4 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 |
| 6 sehr negativ | 0 | 0 | 0 |
| keine Antwort | 3 | - | 18,8 |
| Summe | 16 | 100 | 100 |

Tabelle 36 Resonanz vom Aufsichtsrat o.ä.

| Antwort | n | % der Antworten zu der Frage (n = 12) | % der Rückantworter (n = 16) |
|----------------|-----------|---------------------------------------|------------------------------|
| 1 sehr positiv | 2 | 16,7 | 12,5 |
| 2 | 7 | 58,3 | 43,8 |
| 3 | 2 | 16,7 | 12,5 |
| 4 | 1 | 8,3 | 6,0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 |
| 6 sehr negativ | 0 | 0 | 0 |
| keine Antwort | 4 | - | 25,0 |
| Summe | 16 | 100 | 100 |

Tabelle 37 Resonanz von der Öffentlichkeit

| Antwort | n | % der Antworten zu der Frage (n = 13) | % der Rückantworter (n = 16) |
|----------------|-----------|--|-------------------------------------|
| 1 sehr positiv | 2 | 15,4 | 12,5 |
| 2 | 7 | 53,8 | 43,8 |
| 3 | 3 | 23,1 | 18,8 |
| 4 | 1 | 7,7 | 6 |
| 5 | 0 | 0 | 0 |
| 6 sehr negativ | 0 | 0 | 0 |
| keine Antwort | 3 | - | 18,8 |
| Summe | 16 | 100 | 100 |

Tabelle 38 Resonanz von Mietern / Nutzern

| Antwort | n | % der Antworten zu der Frage (n = 14) | % der Rückantworter (n = 16) |
|----------------|-----------|--|-------------------------------------|
| 1 sehr positiv | 2 | 14,3 | 12,5 |
| 2 | 9 | 64,3 | 56,3 |
| 3 | 2 | 14,3 | 12,5 |
| 4 | 1 | 7,1 | 6 |
| 5 | 0 | 0 | 0 |
| 6 sehr negativ | 0 | 0 | 0 |
| keine Antwort | 2 | - | 12,5 |
| Summe | 16 | 100 | 100 |

1.7 Probleme

1.7.1 Probleme mit dem Dachüberstand

Frage 25a: „Gab es bei der Aufdoppelung Probleme mit dem Dachüberstand, bezüglich des Ortgangs?“

Tabelle 39 Probleme mit dem Dachüberstand bzgl. des Ortgangs

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|---------------|-----------|------------------------------|
| ja | 4 | 25,0 |
| nein | 11 | 68,8 |
| keine Antwort | 1 | 6,3 |
| Summe | 16 | 100 |

Frage 25b: „Gab es bei der Aufdoppelung Probleme mit dem Dachüberstand, bezüglich der Traufe?“

Tabelle 40 Probleme mit dem Dachüberstand bzgl. der Traufe

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|---------------|-----------|------------------------------|
| ja | 0 | 0 |
| nein | 14 | 87,5 |
| keine Antwort | 2 | 12,5 |
| Summe | 16 | 100 |

1.7.2 Probleme beim alten WDV-System

Frage 26: „Gab es beim alten WDV-System Probleme bezüglich ...“

Tabelle 41 Probleme mit dem Brandschutz

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|---------------|-----------|------------------------------|
| ja | 2 | 12,5 |
| nein | 12 | 75,0 |
| keine Antwort | 2 | 12,5 |
| Summe | 16 | 100 |

Tabelle 42 Probleme mit der Tragfähigkeit

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|----------------|-----------|-------------------------------------|
| ja | 2 | 12,5 |
| nein | 11 | 68,8 |
| keine Antwort | 3 | 18,8 |
| Summe | 16 | 100 |

Tabelle 43 Probleme mit Rissen

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|----------------|-----------|-------------------------------------|
| ja | 5 | 31,3 |
| nein | 10 | 62,5 |
| keine Antwort | 1 | 6,3 |
| Summe | 16 | 100 |

Tabelle 44 Probleme mit Schäden durch Vögel

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|----------------|-----------|-------------------------------------|
| ja | 5 | 31,3 |
| nein | 9 | 56,3 |
| keine Antwort | 2 | 12,5 |
| Summe | 16 | 100 |

Tabelle 45 Probleme durch Algenbewuchs

| Antwort | n | % der Rückantworter (n = 16) |
|----------------|-----------|-------------------------------------|
| ja | 6 | 37,5 |
| nein | 10 | 62,5 |
| keine Antwort | 0 | 0 |
| Summe | 16 | 100 |

1.7.3 Bewertung der Ausführung der Aufdoppelung

Frage 27: „Wie bewerten Sie die Ausführung der Aufdoppelung?“

Tabelle 46 Dauer

| Antwort | n | % der Bewertungen (n = 15) | % der Rückantworter (n = 16) |
|----------------|-----------|-------------------------------|------------------------------|
| 1 sehr positiv | 4 | 26,7 | 25,0 |
| 2 | 8 | 53,3 | 50,0 |
| 3 | 3 | 20,0 | 18,8 |
| 4 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 |
| 6 sehr negativ | 0 | 0 | 0 |
| keine Antwort | 1 | - | 6,3 |
| Summe | 16 | 100 | 100 |

Tabelle 47 Präzision

| Antwort | n | % der Bewertungen (n = 14) | % der Rückantworter (n = 16) |
|----------------|-----------|-------------------------------|------------------------------|
| 1 sehr positiv | 2 | 14,3 | 12,5 |
| 2 | 10 | 71,4 | 62,5 |
| 3 | 2 | 14,3 | 12,5 |
| 4 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 |
| 6 sehr negativ | 0 | 0 | 0 |
| keine Antwort | 2 | - | 12,5 |
| Summe | 16 | 100 | 100 |

Tabelle 48 Baustelleneinrichtung

| Antwort | n | % der Bewertungen (n = 14) | % der Rückantworter (n = 16) |
|----------------|-----------|-------------------------------|------------------------------|
| 1 sehr positiv | 2 | 14,3 | 12,5 |
| 2 | 8 | 57,1 | 50,0 |
| 3 | 4 | 28,6 | 25,0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 |
| 6 sehr negativ | 0 | 0 | 0 |
| keine Antwort | 2 | - | 12,5 |
| Summe | 16 | 100 | 100 |

Tabelle 49 Zuverlässigkeit bzgl. Terminen

| Antwort | n | % der Bewertungen (n = 14) | % der Rückantworter (n = 16) |
|----------------|-----------|-------------------------------|------------------------------|
| 1 sehr positiv | 1 | 7,1 | 6,3 |
| 2 | 6 | 42,9 | 37,5 |
| 3 | 6 | 42,9 | 37,5 |
| 4 | 1 | 7,1 | 6,3 |
| 5 | 0 | 0 | 0 |
| 6 sehr negativ | 0 | 0 | 0 |
| keine Antwort | 2 | - | 12,5 |
| Summe | 16 | 100 | 100 |

Tabelle 50 Kosten

| Antwort | n | % der Bewertungen (n = 14) | % der Rückantworter (n = 16) |
|----------------|-----------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 sehr positiv | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 6 | 42,9 | 37,5 |
| 3 | 5 | 35,7 | 31,3 |
| 4 | 1 | 7,1 | 6,25 |
| 5 | 2 | 14,3 | 12,5 |
| 6 sehr negativ | 0 | 0 | 0 |
| keine Antwort | 2 | - | 12,5 |
| Summe | 16 | 100 | 100 |

1.8 Perspektive

1.8.1 Erfahrungswerte

Frage 28: „Wie wirken sich die Erfahrungen bei diesem Gebäude auf künftige Aufdoppelung in Ihrem Wohnungsbestand aus?“

Tabelle 51 ... zeigte, dass die Aufdoppelung funktioniert

| Antwort | n | % der Antworten zu der Frage (n = 15) | % der Rückantworter (n = 16) |
|--------------------------------|-----------|--|---|
| 1 trifft voll zu | 4 | 26,7 | 25,0 |
| 2 | 8 | 53,3 | 50 |
| 3 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 2 | 13,3 | 12,5 |
| 5 | 1 | 6,7 | 6,3 |
| 6 trifft überhaupt nicht zu | 0 | 0 | 0 |
| keine Antwort | 1 | - | 6,3 |
| Summe | 16 | 100 | 100 |

Tabelle 52 ... zeigte vor allem die Probleme dieser Maßnahme auf

| Antwort | n | % der Antworten zu der Frage (n = 15) | % der Rückantworter (n = 16) |
|-----------------------------|-----------|---------------------------------------|------------------------------|
| 1 trifft voll zu | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 13,3 | 12,5 |
| 3 | 2 | 13,3 | 12,5 |
| 4 | 1 | 6,7 | 6,3 |
| 5 | 4 | 26,7 | 25,0 |
| 6 trifft überhaupt nicht zu | 6 | 40,0 | 37,5 |
| keine Antwort | 1 | - | 6,3 |
| Summe | 16 | 100 | 100 |

Tabelle 53 ... zeigte Schwierigkeiten bei der Finanzierung auf

| Antwort | n | % der Antworten zu der Frage (n = 15) | % der Rückantworter (n = 16) |
|-----------------------------|-----------|---------------------------------------|------------------------------|
| 1 trifft voll zu | 1 | 7,1 | 6,3 |
| 2 | 1 | 7,1 | 6,25 |
| 3 | 1 | 7,1 | 6,3 |
| 4 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 3 | 21,4 | 18,8 |
| 6 trifft überhaupt nicht zu | 8 | 57,1 | 50,0 |
| keine Antwort | 2 | - | 12,5 |
| Summe | 16 | 100 | 100 |

1.8.2 Unterstützung von Herstellern

Frage 28: „Welche Unterstützung wünschen Sie sich von den Herstellern von Aufdoppelungssystemen?“

Hinweise

- offene Frage

Zwei Rückmeldungen:

- „Anwendungstechniker an der Baustelle um das Personal einzuweisen“
- „Wir werden keine Aufdoppelung mehr durchführen. Der Nutzen für die Mieter wird durch die Kosten mehr als aufgeessen!“