

Studie

Fassadensysteme im Fokus der Lebenszyklusbetrachtung

Kontakt:

FH JOANNEUM GmbH
Institut Bauplanung und Bauwirtschaft
Alte Poststraße 154, 8020 Graz
Projektleiter: DI Dr. EWALD HASLER
Tel.: +43 (0)316 /5453-8227
E-Mail: ewald.hasler@fh-joanneum.at

Auftraggeber:

WKO Steiermark, Landesinnung Bau
Körblergasse 111 – 113, 8010 Graz
LIM DI BM Alexander Pongratz
Tel.: +43 (0) 316 /601-487
E-Mail: baugewerbe@wkstmk.at

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangssituation.....	1
1.1	Projektidee.....	2
2	Überblick über die Fassadensysteme in Österreich.....	3
2.1	Fassadensystematisierung.....	3
2.1.1	Schwerpunkt der Untersuchung.....	9
2.2	Recherche über Dämmstoffmengen in Fassadensystemen.....	15
2.2.1	Organisationen in Europa, Österreich, Deutschland.....	15
2.3	Bauphysikalische und energetische Anforderungen im Wandel der Zeit.....	24
2.3.1	Geschichtlicher Überblick Energieausweis.....	24
2.3.2	Entwicklung der Grenzwerte in der Steiermark.....	25
3	Theoretische Betrachtung.....	28
3.1	Allgemeines zum Lebenszyklus.....	28
3.2	Verarbeitung und Ausführung von Wärmedämmverbundsystemen.....	29
3.3	Recycling und Rückbau von Dämmsystemen.....	30
3.3.1	Verwertung von EPS Abfall.....	31
3.3.2	Abfallaufkommen.....	35
3.3.3	Rückbau anderer Fassadensysteme.....	36
3.4	Algenbildung an Fassaden.....	37
3.4.1	Faktoren zur Verhinderung von Algenbewuchs.....	39
3.4.2	Fassadenschutz Biozide.....	41
3.4.3	Flammschutz HBCD.....	43
3.5	Mängel und Schäden an Fassaden.....	45
3.6	Wartung und Pflege von Fassaden.....	48
4	Untersuchung und Auswertung.....	51
4.1	Ablauf.....	51

4.2	Auswahl von Bestandsfassaden.....	52
4.3	Beurteilungsmatrix	55
4.4	Auswertung und Ergebnisse	56
4.4.1	Dämmstoffdicken	56
4.4.2	Ausführungsmängel.....	57
4.4.3	Typische Mängel- und Schadensbilder	59
4.4.1	Verschmutzung bzw. Veralgung	68
4.4.2	Holzfassaden.....	75
4.5	Wirtschaftlicher Fassadenvergleich.....	77
4.5.1	Zusammenstellung der Einzelkosten.....	82
4.5.2	Berechnungsergebnisse	82
5	Zusammenfassung	86
6	Quellenverzeichnis.....	91
7	Anhang Inhaltsverzeichnis.....	99

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1:	<i>Vorhangfassade</i>	4
Abb. 2-2:	<i>Industriefassade</i>	4
Abb. 2-3:	<i>Verbundfassade</i>	6
Abb. 2-4:	<i>Vorgehängt hinterlüftete Fassade (VHF)</i>	6
Abb. 2-5:	<i>Industriefassade-mehrschalig</i>	7
Abb. 2-6:	<i>Doppelfassade</i>	8
Abb. 2-7:	<i>Vormauerung</i> :.....	8
Abb. 2-8:	<i>Energiefassade</i>	9
Abb. 2-9:	<i>Schematische Darstellung der untersuchten Fassadensysteme</i>	9
Abb. 2-10:	<i>Verbundfassade-Verputzte Außenwand</i>	10
Abb. 2-11:	<i>Aufbau eines Wärmedämmverbundsystems: 1-Untergrund, 2-Kleber, 3-Dämmstoff, 4-Dübel, 5-Unterputz, 6-Gewebesicht, 7-Schlussbeschichtung</i>	11
Abb. 2-12:	<i>Komponenten eines Wärmedämmverbundsystems</i>	12
Abb. 2-13:	<i>Aufbau einer vorgehängt hinterlüfteten Fassade: 1-Fassadenplatten, 2-Traglattung-horizontal, 3-Fassadendämmung, 4-Holzlattung-vertikal, 5-Wandhalter, 7-Außenwand</i> 14	
Abb. 2-14:	<i>WDVS-Markt in Europa, Anteil der Dämmstoffe in Prozent</i>	16
Abb. 2-15:	<i>WDVS-Markt in Europa in m²</i>	16
Abb. 2-16:	<i>WDVS-Dicken-Österreich</i>	17
Abb. 2-17:	<i>Markt-Deutschland in %</i>	18
Abb. 2-18:	<i>Dämmstoffverbrauch in Österreich in %</i>	19
Abb. 2-19:	<i>Absatz von Wärmedämmverbundsystemen in Deutschland 1993-2012</i>	21
Abb. 2-20:	<i>Dämmstoffarten in Deutschland 2013</i>	21
Abb. 2-21:	<i>Dämmstoffarten in Deutschland 2013</i>	22
Abb. 2-22:	<i>Dämmstoffdicken in Deutschland 2003-2012</i>	22
Abb. 2-23:	<i>Dämmstoffdicken in Deutschland 2003-2012</i>	23
Abb. 2-24:	<i>Verkaufszahlen von WDVS in Österreich/ Deutschland 2008/2009</i>	23
Abb. 2-25:	<i>Mindestanforderungen an Bauteile (AW-Außenwände) ab 1900</i>	26
Abb. 2-26:	<i>Wärmedurchgangskoeffizienten für Bauteile (AW-Außenwände) ab 1983</i> 27	
Abb. 3-1:	<i>Lebenszyklus eines Gebäudes</i>	28
Abb. 3-2:	<i>Verwertungsmöglichkeiten von EPS</i>	32
Abb. 3-3:	<i>Mögliche Verwertungswege</i>	33

Abb. 3-4:	<i>CreaSolv-Verfahren</i>	34
Abb. 3-5:	<i>Vergleich Abfallaufkommen in Deutschland/ Österreich an WDVS</i>	35
Abb. 3-6:	<i>Aufwändiger Rückbau eines Fassadensystems aus Holzwole-Mehrschichtplatten</i>	36
Abb. 3-7:	<i>Ursachen-Wirkungskette</i>	37
Abb. 3-8:	<i>Berechnung der Oberflächentemperatur</i>	38
Abb. 3-9:	<i>Faktoren die das Algenwachstum begünstigen können</i>	41
Abb. 3-10:	<i>Auszug Anhang XIV der REACH Verordnung</i>	44
Abb. 3-11:	<i>Ausbleichung einer Fassade</i>	46
Abb. 3-12:	<i>Schadensbild durch Insekten</i>	47
Abb. 4-1:	<i>Objektstandorte</i>	52
Abb. 4-2:	<i>Einteilung der untersuchten Fassaden</i>	53
Abb. 4-3:	<i>Übersichtstabelle der untersuchten Objekte</i>	54
Abb. 4-4:	<i>Auszug Beurteilungsmatrix einer Fassade</i>	55
Abb. 4-5:	<i>Übersicht der Objekte - Dämmstoffdicken</i>	56
Abb. 4-6:	<i>Übersicht der Objekte – Dämmstoffdicken EPS</i>	57
Abb. 4-7:	<i>Dämmplattenabzeichnung, Plattenstöße, Ausbleichungen</i>	58
Abb. 4-8:	<i>Risse WDVS</i>	59
Abb. 4-9:	<i>Risse Monolithisches Mauerwerk</i>	60
Abb. 4-10:	<i>Gebäudetrennfuge</i>	61
Abb. 4-11:	<i>Auszug Verarbeitungsrichtlinie</i>	62
Abb. 4-12:	<i>Fensterbank</i>	63
Abb. 4-13:	<i>Sockel</i>	65
Abb. 4-14:	<i>Mechanische Beschädigungen</i>	66
Abb. 4-15:	<i>Ausgebesserte Beschädigungen</i>	67
Abb. 4-16:	<i>Gegenüberstellung WDVS mit EPS-MW</i>	69
Abb. 4-17:	<i>Dachvorsprung</i>	70
Abb. 4-18:	<i>Dachvorsprung</i>	70
Abb. 4-19:	<i>Auswertung Algenbilder- Alter und Vordach</i>	71
Abb. 4-20:	<i>Auswertung Algenbilder- Alter</i>	72
Abb. 4-21:	<i>Veralgung im zeitlichen Verlauf (Baujahr 2006)</i>	72
Abb. 4-22:	<i>Veralgung oberhalb von Fenstern, Baujahr 2006</i>	73
Abb. 4-23:	<i>Unterschiedliche Veralgungsgrade (links Baujahr 2008, rechts Baujahr 2006)</i>	

Abb. 4-24:	<i>Abwitterung Holzfassade</i>	75
Abb. 4-25:	<i>Korrosion</i>	76
Abb. 4-26:	<i>Darstellung der Herstellungskosten</i>	83
Abb. 4-27:	<i>Darstellung der LZK über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren bei guter Zugänglichkeit zur Reinigung.</i>	84
Abb. 4-28:	<i>Darstellung der LZK über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren bei Reinigung mit Fassadengerüst.</i>	85

Abkürzungsverzeichnis

EPS	Expandiertes Polystyrol
XPS	Extrudiertes Polystyrol
MW	Mineralwolle
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
VH	Vorhangfassade
VHF	Vorgehängt hinterlüftete Fassade
UBA	Umweltbundesamt, Dessau
IR	Infrarot

1 Ausgangssituation

Fassaden bestimmen einerseits das Erscheinungsbild eines Gebäudes, andererseits wird durch die Fassade eine Vielzahl technischer, ökonomischer und ökologischer Aspekte beeinflusst. Daher hat die Auswahl einer Fassade im Bauplanungsprozess eine besondere Bedeutung.

Durch die immer höher werdenden energetischen Anforderungen an Gebäude mussten auch Außenwände angepasst werden. Wurden früher verstärkt monolithische Systeme verwendet, kommen heute zunehmend Wandsysteme zum Einsatz, bei denen die Funktion des Wärme- und Witterungsschutzes durch eine zusätzliche Fassadenkonstruktion übernommen wird.

Viele der verwendeten Fassadensysteme weisen jedoch bereits lang vor Ablauf der erwarteten Nutzungsdauer Mängel und Schäden auf. Die Ursachen sind vielschichtig und nicht systematisch dokumentiert. Zur Qualitätsverbesserung müssen in einem ersten Schritt die Ursachen erfasst und analysiert werden.

Die Errichtungskosten einer Fassade sind ein wesentlicher Kostenfaktor bei der Herstellung. In der heutigen Baupraxis werden als Entscheidungsgrundlage meist nur die Herstellkosten in Betracht gezogen, dies hat zu einem überproportionalen Einsatz von erdölbasierten Dämmungen geführt. Diese sind vergleichsweise kostengünstig, haben wenig regionale Wertschöpfung und benachteiligen aus diesem Grund massiv alternative ökologisch nachhaltige Fassadensysteme. Es müssen aber auch die Folgekosten, wie Instandhaltung, Wartung, Reparatur und Reinigung über den gesamten Lebenszyklus hinzugezogen werden. Auch der große Themenbereich des Abbruchs und des Recyclings darf nicht außer Acht gelassen werden, um eine realitätsnahe Beurteilung zu ermöglichen. Berechnungsmethoden für die Lebenszyklusanalyse sind Stand der Technik, jedoch sind die Basisdaten für Fassadensysteme, speziell die zeitlichen Aspekte wie Nutzungsdauer, Wartungsintervalle etc., nicht ausreichend wissenschaftlich belegt.

1.1 Projektidee

Mit der Lebenszyklusanalyse steht eine innovative Entscheidungshilfe im Planungsprozess bei der Auswahl von Außenwandkonstruktionen zur Verfügung, welche den Fokus auf qualitativ hochwertige Konstruktionen über den gesamten Lebenszyklus setzt.

Diese vorliegende Studie ist ein Schritt zur systematischen Erfassung bestehender Außenwandssysteme während der Nutzungsphase. Die Studie wurde in Zusammenarbeit mit der Wirtschaftskammer Steiermark (WKO) und verschiedenen Wohnbauträgern durchgeführt.

Als Basis für weiterführende Untersuchungen wird ein Überblick über die derzeit am Markt befindlichen Fassadensysteme in Österreich erarbeitet. Damit soll die Breite des Marktes festgestellt werden.

In einer detaillierteren weiteren Betrachtung werden die verarbeiteten Dämmstoffmengen erhoben, um die Marktpotentiale aufzuzeigen. Eine wesentliche Rolle spielen dabei die steigenden bauphysikalischen und energetischen Anforderungen im Wandel der Zeit, wobei die Dämmstoffdicken im letzten Jahrzehnt drastisch zugenommen haben. Es wird erhoben, ob sich daraus eine erhöhte Schadensanfälligkeit ergibt. Dies wird anhand einer Objektstudie mit über 100 Fassaden untersucht.

Das Ziel ist ein detaillierter Überblick über häufig auftretende Mängel und Schäden, welcher bis dato noch nicht vorliegt und somit einen hohen Neuheitsgrad als wesentliche Entscheidungsgrundlage für eine weitere Vorgehensweise darstellt.

Die Ergebnisse dieser Studie sollen aufzeigen, auf welche Weise sich im Wohnbau übliche Fassaden im Lebenszyklus verändern und zu welchem Zeitpunkt welche Maßnahmen der Reinigung bzw. Instandsetzung erforderlich sind. Besonderes Augenmerk wurde bei der Auswahl der Fassaden daraufgelegt, dass der Dämmstandard die derzeit gültigen Anforderungen an den Wärmeschutz erfüllt und somit die Konstruktionen auch dem derzeitigen Stand der Technik entsprechen.

2 Überblick über die Fassadensysteme in Österreich

2.1 Fassadensystematisierung

Fassaden können ganz allgemein in Schwer- und Leichtfassaden unterschieden werden, sowie in eingestellte, vorgestellte und vorgehängte Fassaden. Eine weitere Unterteilung betrifft die Hinterlüftung bzw. die Lastabtragung. Differenziert kann man Fassaden nach folgenden Konstruktionssystemen einteilen:

- Lochfassade (Massivbau-Ziegel-Stein oder Betonbauweise)
- Großplattenbauweise Beton-Holz (Fertigteilbauweise)
- Skelettbauweise Stahlbeton-Stahl-Holz (Skelettbauweise mit massiver oder mit leichter Brüstungsausfachung)
- Fensterband-Brüstungsband-Fassade (eingestellt am Gebäuderand)
- Nichttragende Vorhangfassade (Einfach-/ Doppelfassade).

Es gibt unterschiedliche Ansätze für die Systematisierung von Fassaden und keine einheitliche Regelung über ihre Definition.

Fassaden können unterschieden werden:

- nach ihrem Fassadenprinzip (Nicht hinterlüftete Warmfassaden, Hinterlüftete Kaltfassaden, Sonderkonstruktionen),
- nach der Rohbaustruktur (Skelettbauweise, Lochfassade, Fenster-Brüstungsband-Fassade),
- nach konstruktiven Prinzipien (Lastabtragung, Geometrie, Schaligkeit, Transparenz, Gewicht) oder
- nach bauphysikalischen Prinzipien (Warmfassade, Kaltfassade, Doppelfassade, Warm-Kaltfassade).

In der vorliegenden Studie werden Fassaden nach ihrem Fassadenprinzip systematisiert.

Nicht hinterlüftete WARMFASSADEN

Vorhangfassade (VH) und Vorgestellte Fassade

Bei diesen Konstruktionen werden in sich geschlossene Fassadensysteme dem Rohbau vorgehängt oder vorgestellt. Vorhangfassaden und vorgestellte Fassaden sind als Fassadenprinzip gleichwertig, der Unterschied liegt in der Lastabtragung.

- Ausführung mit/ ohne massiver Brüstung: Zur Anwendung kommen hier zumeist Pfosten-Riegel-Fassaden oder Element-Fassaden. Sie werden unabhängig von der Tragstruktur vor die Deckenköpfe eines Gebäudes befestigt. Die Gebäudehülle ist geschossübergreifend und besteht je nach Anforderung aus Stahl- oder Aluminiumprofilen, die mit Glas oder Funktionselementen ausgefacht werden. Der Achsabstand kann variabel gestaltet werden.

Der Lastabtrag der Pfosten-Riegel Fassade erfolgt über horizontale Riegel und über vertikale Pfosten, die mit der Tragkonstruktion des Rohbaus verbunden sind. Die Montage erfolgt vor Ort.



Abb. 2-1: Vorhangfassade¹

- Ausführung als Standardindustriefassade:
Bei Standardindustriefassaden kommen vorgestellte und vorgehängte Fassaden zum Einsatz. Die Ausführung erfolgt mit einschaligen Trapezblechen oder selbsttragenden Sandwichpaneelen. Sie werden nicht nur an den Deckenköpfen montiert, sondern auch an das Stahltragwerk befestigt.²



Abb. 2-2: Industriefassade³

Eingestellte Fassade

Bei diesen Konstruktionen wird die Fassade zwischen zwei Decken eingestellt. Man unterscheidet hierbei zwei Varianten:

- Eingestellte Fassade am Deckenkopf:

¹ Eigene Darstellung

² Vgl. Fassadenskript TUG.

³ Eigene Darstellung

Diese Konstruktionen werden geschosshoch, flächenbündig in einer Flucht mit den Deckenköpfen ausgebildet.

- Eingestellte Fassade zurückgestellt:
Diese Konstruktionen folgen dem gleichen Prinzip wie eingestellte Fassaden am Deckenkopf, nur, dass die Fassade zurückgestellt wird. Beispiele sind Anwendungen im Hotel-, Bürobau als Fluchtwege.⁴

Verbundfassade auf monolithischer Wand

Diese Konstruktionen zählen zu den ältesten Fassadensystemen. Monolithische Fassaden bestehen aus Mauerwerk/Ziegel oder Beton mit einer Beschichtung (Putz oder Wärmedämmverbundsystem).

Man unterscheidet folgende Varianten:

- Verputzte Wand mit Standardputz:
Bei dieser Variante werden Außenputze aus mineralischen Bindemitteln und Kunstharzputze mit einer Dicke von 20-30 mm verarbeitet.
- Verputzte Wand mit Wärmedämmputz:
Die verwendeten Putze bestehen aus mineralischen Bindemitteln und expandiertem Polystyrol bzw. Perliten als wärmedämmender Leichtzuschlag. Wärmedämmputze werden in Dicken von 30-60 mm verarbeitet.
- Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)
Das Wärmedämmverbundsystem ist ein Komponenten-Bausatz aus einem vorgefertigten Wärmedämmstoff, der auf einen Untergrund befestigt wird und mit einem Putzsystem versehen ist. (siehe Kap. 2.1.1) Die aufgetragenen Putze sind mineralisch gebundene oder kunststoffvergütete bzw. kunststoffgebundene Putze als Dünnschicht mit einer Dicke von 5 mm.⁵

⁴ Vgl. Fassadenskript TUG.

⁵ Vgl. Fassadenskript TUG.



Abb. 2-3: *Verbundfassade*⁶

Hinterlüftete KALTFASSADEN

Vorgehängt hinterlüftete Fassade (VHF)

Bei dieser Konstruktion ist das Fassadensystem mechanisch mit der Tragkonstruktion (Mauerwerk/Ziegel-, Beton- oder Holzfassade) verbunden und vollflächig hinterlüftet. Die Bekleidung ist mindestens 20 mm vor der Dämmstoffschicht angeordnet, um eine ausreichende Hinterlüftung zu gewährleisten. Der Aufbau der Elemente besteht aus der Tragstruktur, der Dämmebene, der Luftschicht und der Außenhaut, welche auf einer Unterkonstruktion mit verschiedenen Fassaden-Bekleidungen (Putz, Holz, Metall, Glas, Kunststoff, Beton, Mischstoffe etc.) befestigt ist.

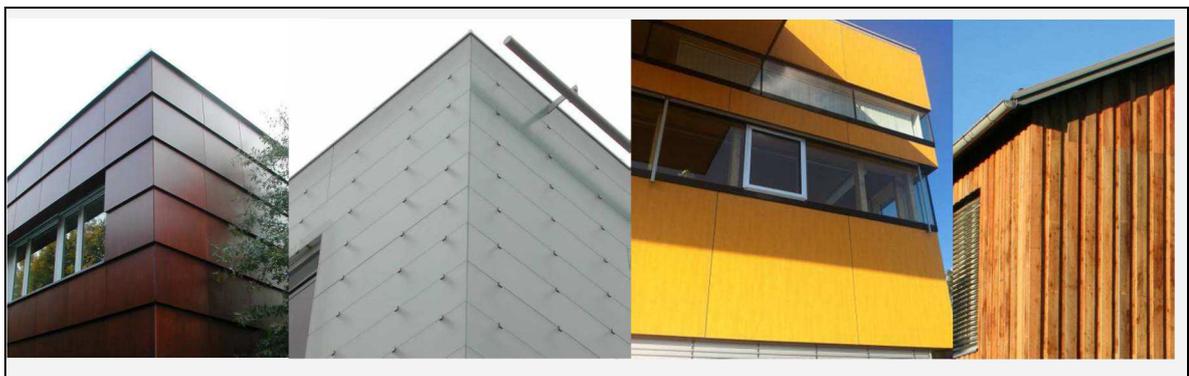


Abb. 2-4: *Vorgehängt hinterlüftete Fassade (VHF)*⁷

⁶ Eigene Darstellung

⁷ Eigene Darstellung

Bei vorgehängten Systemen unterscheidet man in folgende Varianten:

- Ausführung von vorgehängt hinterlüfteten Fassaden aus Kleintafeln und Einzelementen: Diese Fassaden werden in Kombination mit einer Unterkonstruktion aus rostfreien metallischen Profilen und in Kombination mit einer wärmedämmenden Schicht ausgeführt. Vorwiegend werden diese Systeme an Brüstungsbändern und großflächigen Wandelementen verwendet.
- Ausführung von vorgehängt hinterlüfteten Fassaden als mehrschalige Standard-industrieaufassade:
Diese Fassaden sind mehrschalig und bestehen aus einer inneren und einer äußeren Deckschale mit dazwischenliegender Wärmedämmung. Trapezblech- oder Profilbleche kommen hierbei vorwiegend zur Anwendung. Die Deckschale ist hinterlüftet ausgebildet.⁸



Abb. 2-5: *Industriefassade-mehrschalig*⁹

SONDERKONSTRUKTION

Glas-/Doppelfassade

Bei dieser Konstruktion wird vor einer konventionellen Fassade eine zweite hinterlüftete äußere Fassade aus Glas vorgesetzt. Die äußere Glasfassade erstreckt sich über die gesamte Außenkonstruktion. Zu- und Abluftöffnungen sorgen für eine Be- und Entlüftung des Zwischenraumes. Dadurch ist eine natürliche Lüftung mittels Fensterlüftung möglich. Der Sonnenschutz kann zwischen beiden Fassadenebenen montiert werden. Erfolgt die Ausführung beider Ebenen aus Glas, bezeichnet man diese als „Glas-Doppelfassade“. Wird eine Glasfassade vor eine konventionelle Fassade gesetzt, bezeichnet man diese als „Zweite-Haut-Fassade“.¹⁰

⁸ Vgl. Fassadenskript TUG.

⁹ Eigene Darstellung

¹⁰ Vgl. Fassadenskript TUG.

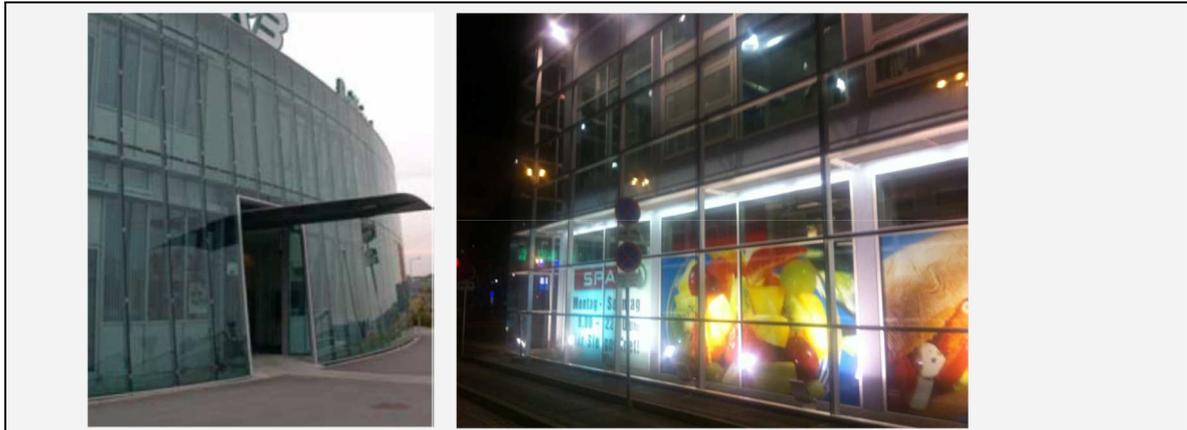


Abb. 2-6: Doppelfassade¹¹

Vormauerung

Bei dieser Konstruktion kommt ein mit expandierten Perlit bzw. Mineralwolle gefüllter Ziegel als Innen- bzw. auch als Außendämmung zum Einsatz. Das Fassadensystem der Vormauerung wird z.B. als POROTON-WDF angeboten.¹²

Bei der Außendämmung wird eine massive Ziegelwand, welche mit einem Dämmstoff Perlit/Mineralwolle gefüllt ist, als Vormauerung vor eine bestehende Konstruktion gesetzt.

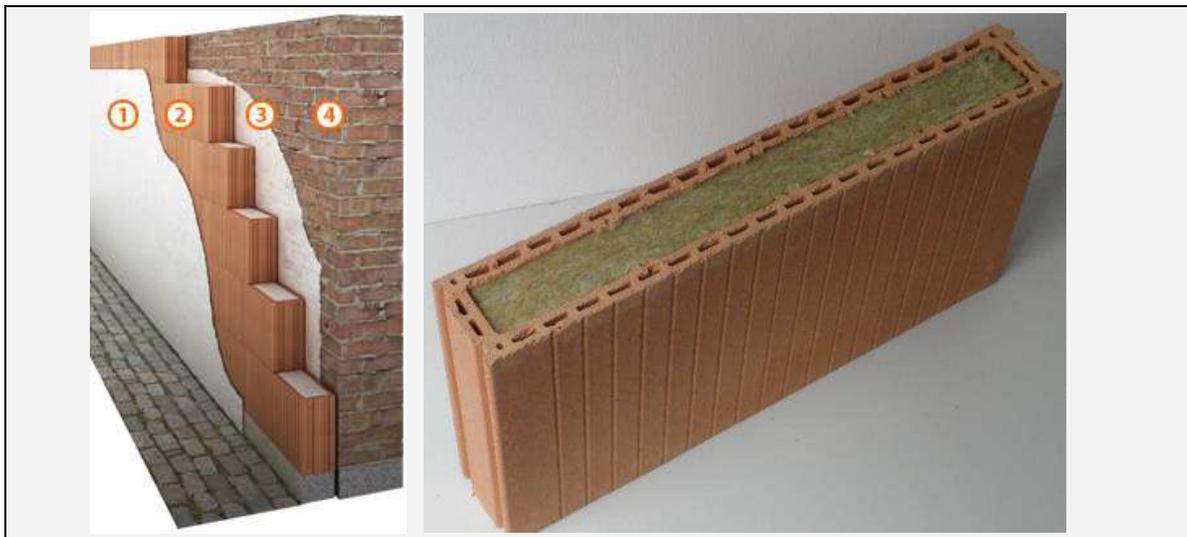


Abb. 2-7: Vormauerung:
1-Leichtputz, 2-POROTON®-WDF®, 3-Bestandputz, 4-Bestandswand¹³

¹¹ Eigene Darstellung

¹² Vgl. POROTON [1]

¹³ Eigene Darstellung / Schlagmann Poroton GmbH & Co. KG

Energiefassade

Bei dieser Konstruktion handelt es sich um Fassaden mit integrierten Systemen zur Energieumwandlung (Photovoltaik, thermische Kollektoren etc.).¹⁴



Abb. 2-8: *Energiefassade*¹⁵

2.1.1 Schwerpunkt der Untersuchung

Der Schwerpunkt der Studie liegt bei der Untersuchung von Gebäuden im Wohnbau mit einem Fassadensystem als Verbundfassade auf monolithischer Wand und hinterlüfteten Fassadensystemen.

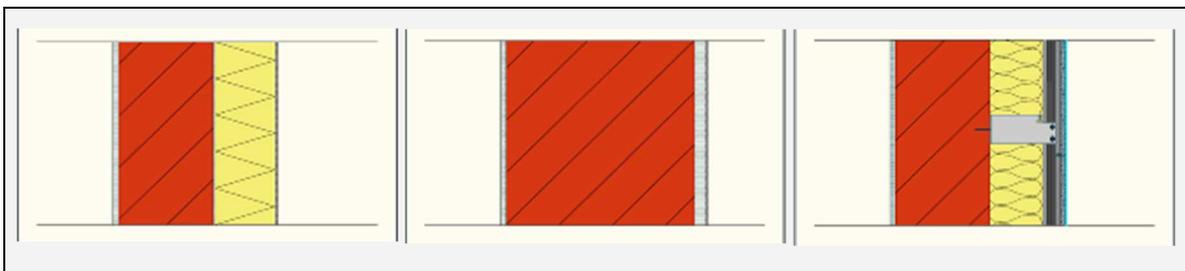


Abb. 2-9: *Schematische Darstellung der untersuchten Fassadensysteme*¹⁶

Bei einer Sanierungsmaßnahme ist ein wesentlicher Faktor die Montage bzw. Herstellung der Fassade. Belastungen durch Lärm und Staub sowie die unterschiedlichen Bauzeiten und Kosten beeinflussen die Wahl der Fassade. So lassen sich z.B. vorgehängt hinterlüftete Systeme (VHF) durch ihre Vorfertigung in kurzer Zeit fertigstellen. Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) überzeugen durch ihre geringen Herstellkosten. Vermehrt wird als Dämmstoff bei Fassadensystemen Polystyrol

¹⁴ Vgl. Fassadenskript TUG.

¹⁵ Eigene Darstellung

¹⁶ Eigene Darstellung

verwendet (siehe Kapitel 2.2). Daher fokussiert sich diese Untersuchung hauptsächlich auf die Betrachtung des EPS (expandiertes Polystyrol) als Dämmstoff bei Fassadensystemen, welcher zu ca. 80%¹⁷ als Dämmstoff bei Wärmedämmverbundsystemen verwendet wird.

1. Schwerpunkt: Verbundfassade

Bei der Verbundfassade auf monolithischer Wand unterscheidet man folgende Varianten (siehe auch Kap. 2.1):

Verputzte monolithische Wand

8% der untersuchten Gebäude im vorliegenden Projekt wurden als verputzte Außenwand ausgeführt. Bei dieser massiven Bauweise kommen hochporosierte Hochlochziegel zu Einsatz. Die verwendeten Putze bestehen aus mineralischen Bindemitteln und ggf. expandiertem Polystyrol bzw. Perliten als wärmedämmender Leichtzuschlag bei Wärmedämmputzen.

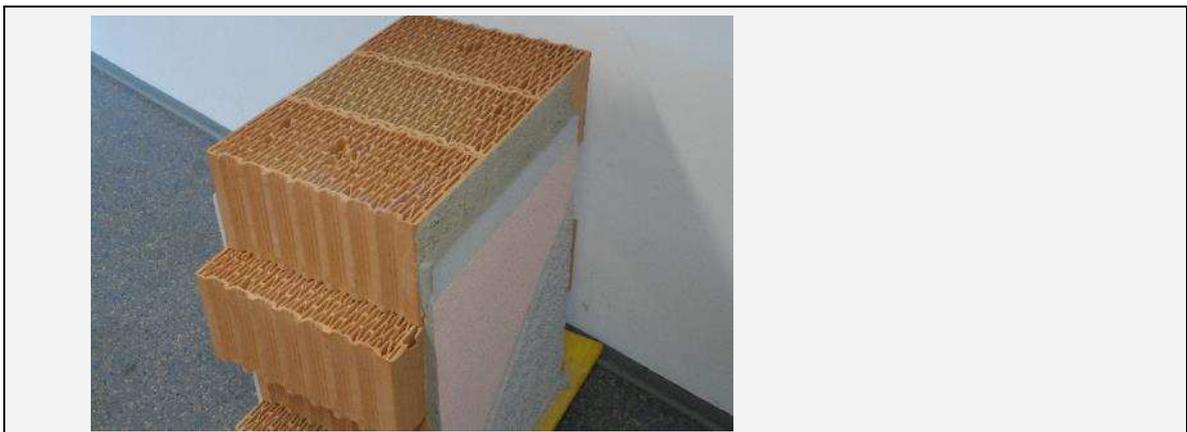


Abb. 2-10: *Verbundfassade-Verputzte Außenwand*¹⁸

Wärmedämmverbundsysteme

75% der untersuchten Gebäude im vorliegenden Projekt sind Gebäude mit einem Wärmedämmverbundsystem, ausgeführt mit EPS- und MW-Dämmung.

¹⁷ Vgl. Fraunhofer Studie 2014, S.8.

¹⁸ Eigene Darstellung

Neben dem Begriff **WDVS** (Wärmedämmverbundsysteme), wird die international einheitliche Abkürzung **ETICS** (External Thermal Composite System) für Wärmedämmverbundsysteme verwendet.

Wärmedämmverbundsysteme werden für eine wärmetechnische Ertüchtigung bei der Sanierung und im Neubau eingesetzt. Man unterscheidet geklebte Systeme, bei denen die Verbindung mit dem Untergrund durch Verklebung (ggf. mit zusätzlicher mechanischer Befestigung) hergestellt wird und mechanisch befestigte Systeme, bei denen die Verbindung mit dem Untergrund durch mechanische Befestigungssysteme (ggf. mit zusätzlicher Verklebung) gegeben ist.¹⁹

Der prinzipielle Aufbau eines Wärmedämmverbundsystems ist folgender Grafik Abb. 2-11 zu entnehmen:

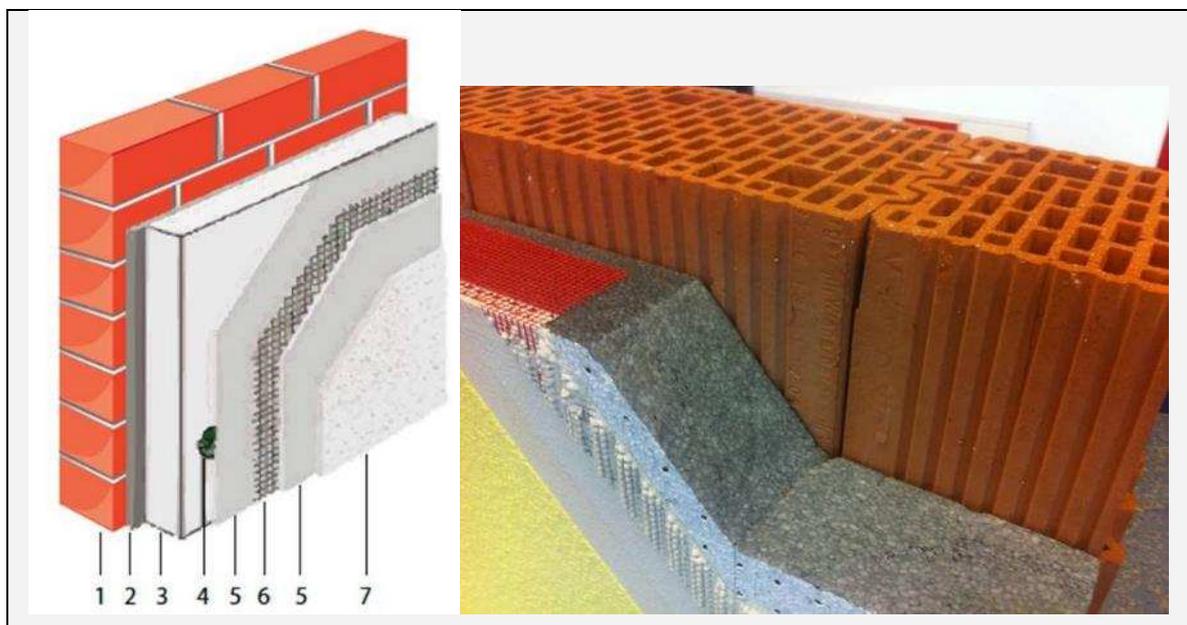


Abb. 2-11: Aufbau eines Wärmedämmverbundsystems: 1-Untergrund, 2-Kleber, 3-Dämmstoff, 4-Dübel, 5-Unterputz, 6-Gewebeschicht, 7-Schlussbeschichtung²⁰

Das Wärmedämmverbundsystem ist ein Komponenten-Bausatz aus einem vorgefertigten Wärmedämmstoff, der auf einen Untergrund befestigt wird und mit einem Putz versehen ist. Dabei befinden sich die Komponenten in einem festen Verbund sowohl untereinander als auch mit dem Untergrund²¹. Es werden folgende Komponenten unterschieden:

Befestigung auf dem Untergrund, Außendämmstoff (EPS, XPS, MW etc.), Armierungsschicht mit Unter- und Oberputz sowie einer Schlussbeschichtung. (siehe Abb. 2-12).

¹⁹ Vgl. ETAG 004, S.19.

²⁰ Eigene Darstellung/ Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme e.V.

²¹ Vgl. Neumann 2009, S.23.

Komponente	Art der Komponente	Typ
Befestigung	Kleber	mineralischer Kleber
		Dispersionskleber
		Dispersionskleber mit Zementzusatz
		Polyurethankleber
	Dübel	nichtrostendes Material mit einer Kunststoffhülse
	Schiene	Aluminium
PVC		
Dämmstoff	Polystyrol- Hartschaum	
	Polystyrol EPS	
	Polystyrol XPS	
	Polyurethan	
	Mineralwolle	
	Minerallamelle	
	Mineralschaum	
	Holzfaser	
	Holzspäne	
	Holzwolle- Leichtbauplatten	
	Schaumglas	
	Perlit	
	Flachs	
	Hanf	
	Korkplatten	
	Korkschröt	
	Zelluloseflocken	
	Zelluloseplatten	
	Glaswolle	
	Steinwolle	
	Blähton	
	Blähglimmer	
	Blähglas	
	Stroh	
	Schilfrohr	
	Schafwolle	
Getreide		
Kokosfaser		
Putzsystem	Unterputz mit Bewehrung	mineralischer Unterputz
		dispersionsgebundener Unterputz
		dispersionsgebundener Unterputz mit Zementanteil
	Oberputz	mineralischer Oberputz
		Kunstharzputz
		Dispersionssilikatputz
		Siliconharzputz
		Klinkerputz
		Flachverblender
	Anstrich	keramische Bekleidung
		Dispersionsfarbe
		Siliconharzfarbe
		Dispersionssilikatfarbe

Abb. 2-12: *Komponenten eines Wärmedämmverbundsystems²²*

²² Vgl. Jantschek 2011, S.20.

Wärmedämmverbundsysteme sind zulassungspflichtig und werden durch die Leitlinie ETAG 004²³ bzw. Bauproduktenverordnung BauPVO²⁴ geregelt. Auf Landesebene werden diese Systeme durch diverse ÖNORMEN geregelt. Die verwendeten Bauprodukte müssen eine Leistungsbeschreibung und eine CE-Kennzeichnung²⁵ nach der europäischen technischen Bewertung (ETB) aufweisen. Mit Veröffentlichung der europäischen Bauproduktenverordnung werden die ETAG nicht mehr aktualisiert, da eine Umbenennung in europäisches Bewertungsdokument (European Assessment Document- EAD) erfolgte. Die bestehende ETAG kann jedoch weiterhin als europäisches Bewertungsdokument verwendet werden.²⁶

2. Schwerpunkt: Vorgehängt hinterlüftete Fassade

Bei den Untersuchungen wurden 18% der Gebäude mit einer vorgehängt hinterlüfteten Fassade (VHF) ausgeführt.

Vorgehängt hinterlüftete Fassaden, sind in der ÖNORM B 2219/ ÖNORM B 2221 für Dachdecker und Spenglerarbeiten geregelt und bedürfen seit 2005 einer CE-Kennzeichnung. Des Weiteren sind VHF z.B. in Richtlinien von Dämmstoffherstellern geregelt oder in den Verbandsregeln des Österreichischen Fachverbandes für hinterlüftete Fassaden (ÖFHF), welche die bestehenden ÖNORMEN ergänzt und den aktuellen Stand der Technik darstellt. Sie gilt für Planung und Ausführung von VHF mit Bekleidung/Verkleidung auf Holz- bzw. Metallkonstruktionen.²⁷

Der Aufbau der Elemente besteht aus der Tragstruktur, der Dämmebene, der Luftschicht und der Außenhaut, welche auf einer Unterkonstruktion mit verschiedenen Fassaden-Bekleidungen (Putz, Holz, Metall, Glas, Kunststoff, Beton, Mischstoffe etc.) befestigt ist.

Der prinzipielle Aufbau einer vorgehängt hinterlüfteten Fassade ist folgender Grafik Abb. 2-13 zu entnehmen:

²³ Leitlinie für die europäische technische Zulassung für außenseitige Wärmedämm-Verbundsysteme mit Putzschicht

²⁴ BauPVO 2011.

²⁵ Kennzeichnung zur Sicherstellung von Produkten für den Endverbraucher nach EU Recht

²⁶ Vgl. UBA 2016, S. 41.

²⁷ ÖFHF 2015, S.4.

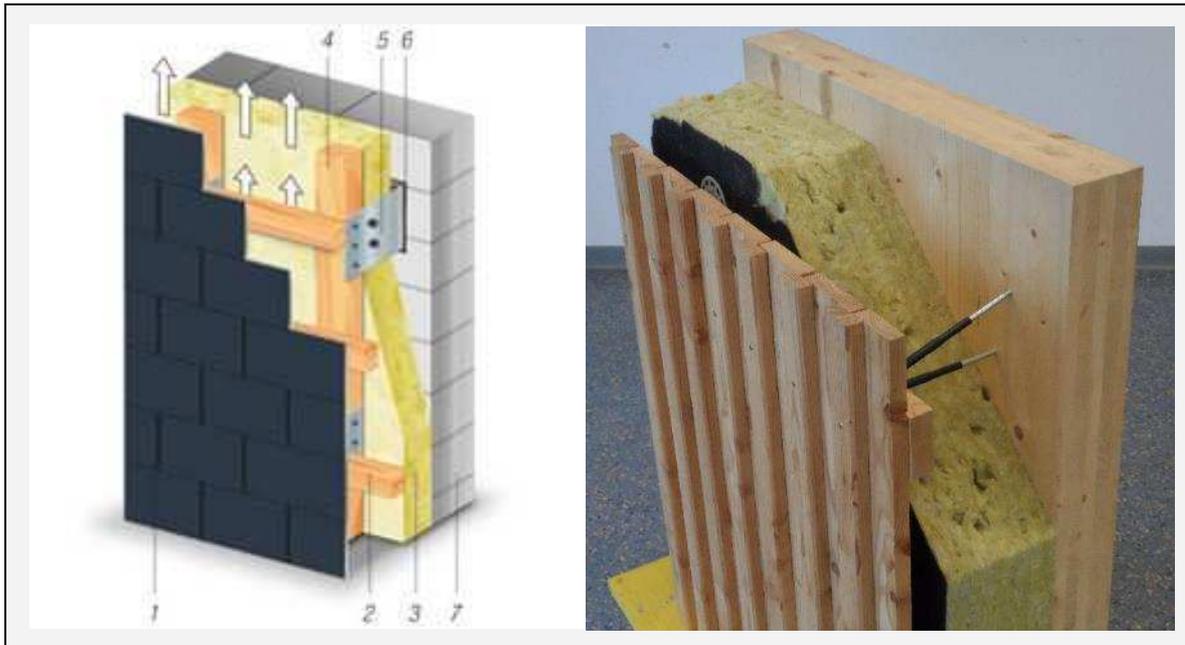


Abb. 2-13: Aufbau einer vorgehängt hinterlüfteten Fassade: 1-Fassadenplatten, 2-Traglattung-horizontal, 3-Fassadendämmung, 4-Holzlattung-vertical, 5-Wandhalter, 7-Außenwand²⁸

²⁸ Eigene Darstellung/ Eternit GmbH

2.2 Recherche über Dämmstoffmengen in Fassadensystemen

2.2.1 Organisationen in Europa, Österreich, Deutschland

Im Folgenden wird eine Übersicht der Organisationen von Dämmstoffen in Europa, Österreich und Deutschland gegeben, mit Angaben über die Entwicklung der Dämmstoffe, deren Mengen, Dicken und Anteilen am Gesamtmarkt.

Europa

- EAE European Association for External Thermal Insulation Composite Systems²⁹
Die EAE ist der Dachverband für Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) in Europa. Die Vereinigung wurde am 19.09.2008 in Deutschland (Baden-Baden) gegründet.
- European Manufactures of Expanded Polystyrene EUMEPS³⁰
Die EUMEPS wurde 1989 gegründet und unterstützt die europäische EPS Industrie durch nationale Organisationen.

Die European Manufactures of Expanded Polystyrene (EUMEPS) hat folgende Grafik Abb. 2-14 herausgegeben. Sie zeigt den Wärmedämmverbundsystem-Markt in Europa, prozentuell in Anteile der Dämmstoffe dargestellt. Demnach beträgt der Anteil an EPS am Gesamt Wärmedämmverbundsystem-Markt 82-83%.

Die Grafik Abb. 2-15 zeigt den Wärmedämmverbundsystem-Markt in Europa, dargestellt in m². Mit Stand 2011 wurden 160-174 Mio.m² in Gesamt Europa verbaut.

²⁹ Vgl. EAE European Association for External Thermal Insulation Composite Systems [2]

³⁰ Vgl. European Manufactures of Expanded Polystyrene EUMEPS [3]

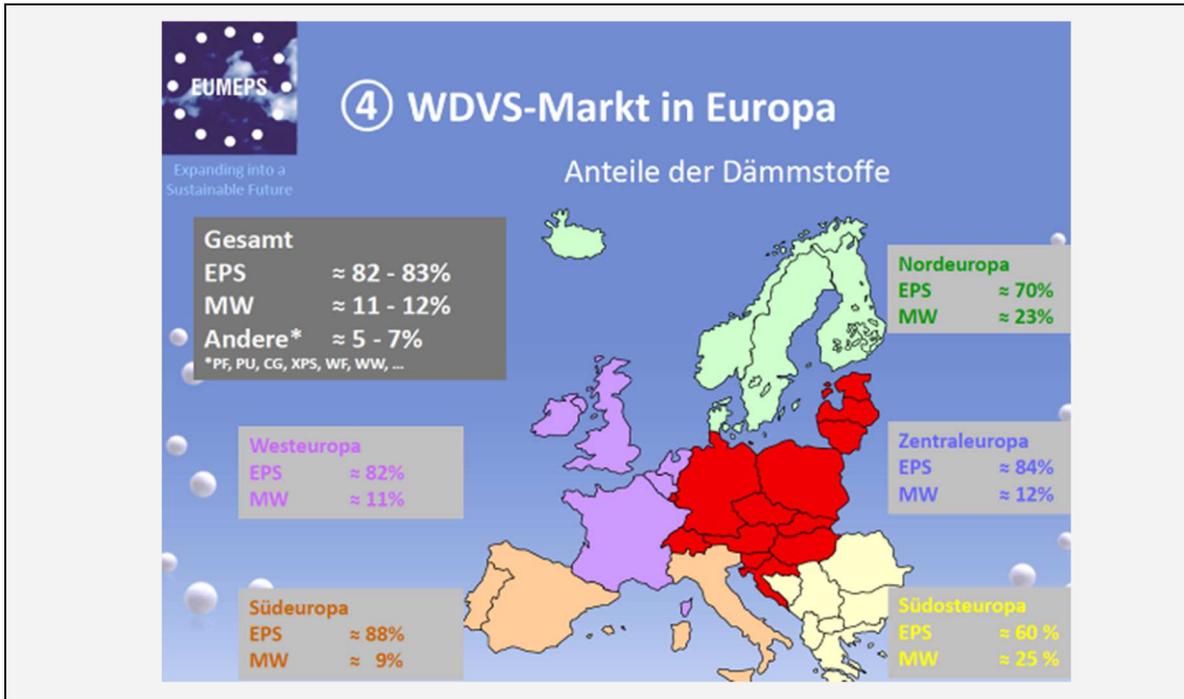


Abb. 2-14: WDV-Markt in Europa, Anteil der Dämmstoffe in Prozent³¹

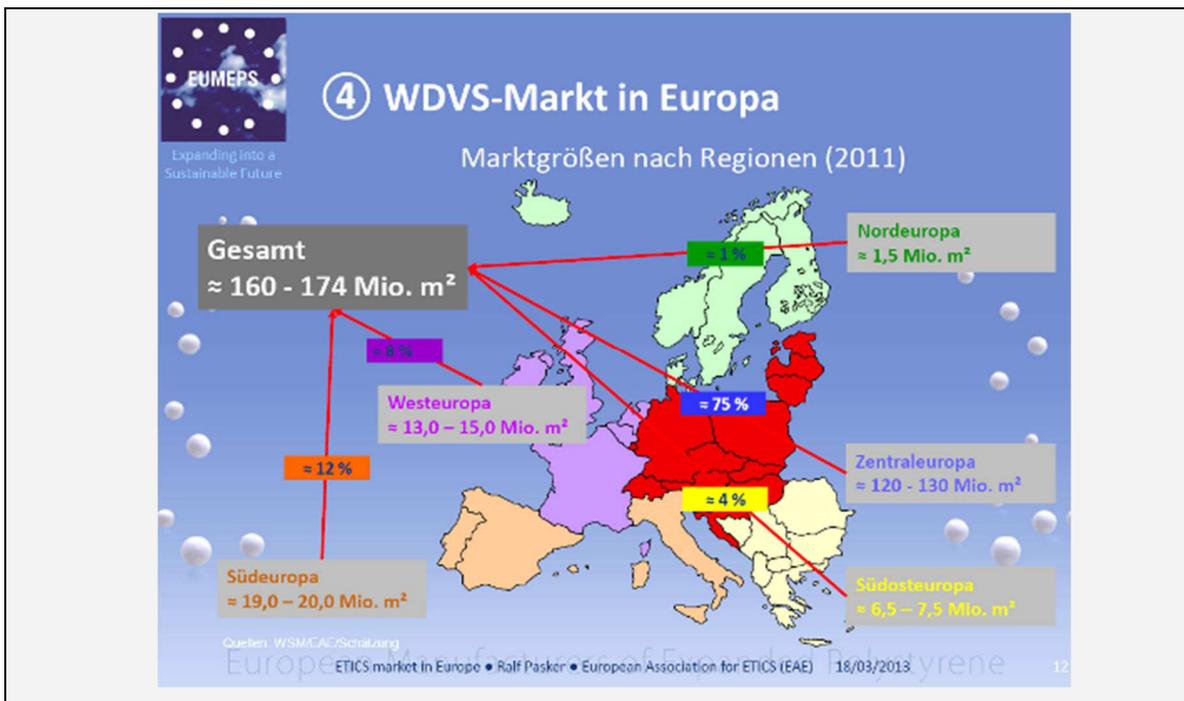


Abb. 2-15: WDV-Markt in Europa in m²³²

³¹ Vgl. Pasker 2013.

³² Vgl. Pasker 2013.

Österreich

- Güteschutzgemeinschaft Polystyrol-Hartschaum (GPH)³³
Die GPH ist eine Organisation in Österreich, welche die Interessen der EPS-Verarbeiter und Rohstofflieferanten in Österreich vertritt. Sie wurde 1976 gegründet, um für einheitliche Qualitätsstandard der EPS-Anbieter zu sorgen.
- Qualitätsgruppe Wärmedämmverbundsysteme (QG)³⁴
Die QG ist eine Arbeitsgemeinschaft der größten Wärmedämmverbundsystem- Anbietern in Österreich. Die Mitglieder sind Unternehmen, aus denen ein Großteil aller in Österreich verarbeiteten Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) kommt: BAUMIT Wopfinger Baustoffindustrie GmbH, Camptet Baustoffindustrie GmbH, Röfix AG Baustoffwerk und Sto GesmbH. u.a.

Die folgende Abbildung Abb. 2-16 der Qualitätsgruppe zeigt die Entwicklung der Wärmedämmverbundsystem-Dicken in Österreich von 2000 bis 2012. Die durchschnittliche Dicke von Wärmedämmungen liegt bei 13,5 cm im Jahre 2012.

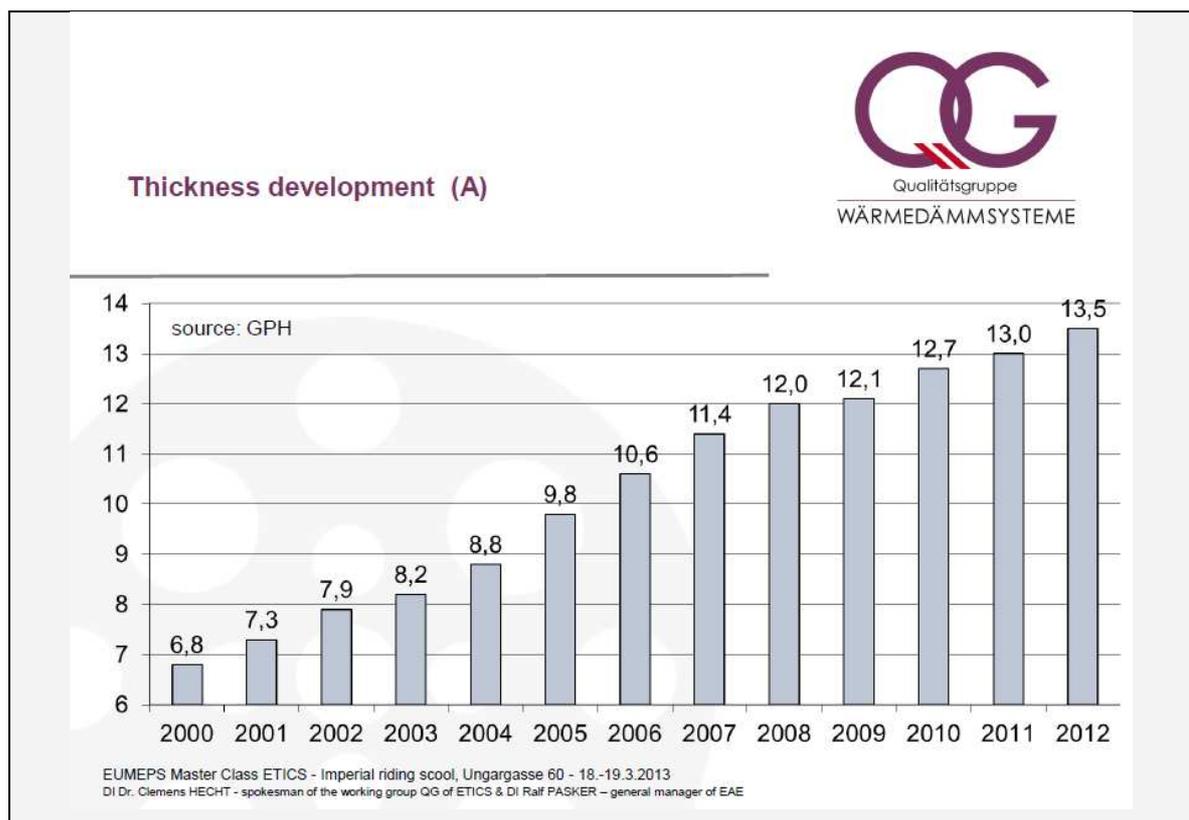


Abb. 2-16: *WDVS-Dicken-Österreich*³⁵

³³ Vgl. Güteschutzgemeinschaft Polystyrol-Hartschaum (GPH) [4]

³⁴ Vgl. Qualitätsgruppe Wärmedämmverbundsysteme (QG) [5]

³⁵ Vgl. Hecht, Pasker 2013.

Des Weiteren wurde von der Qualitätsgruppe eine Grafik veröffentlicht (siehe Abb. 2-17), die zwar den Markt in Deutschland darstellt, jedoch auch auf Österreich übertragen werden kann. Der Anteil an EPS-Dämmung beträgt demnach 82% am Gesamt-Markt. Dies entspricht auch den Daten des Fraunhofer Instituts, die mit einem Anteil von 80% EPS als Dämmstoff bei Fassadensystemen ausgehen.³⁶

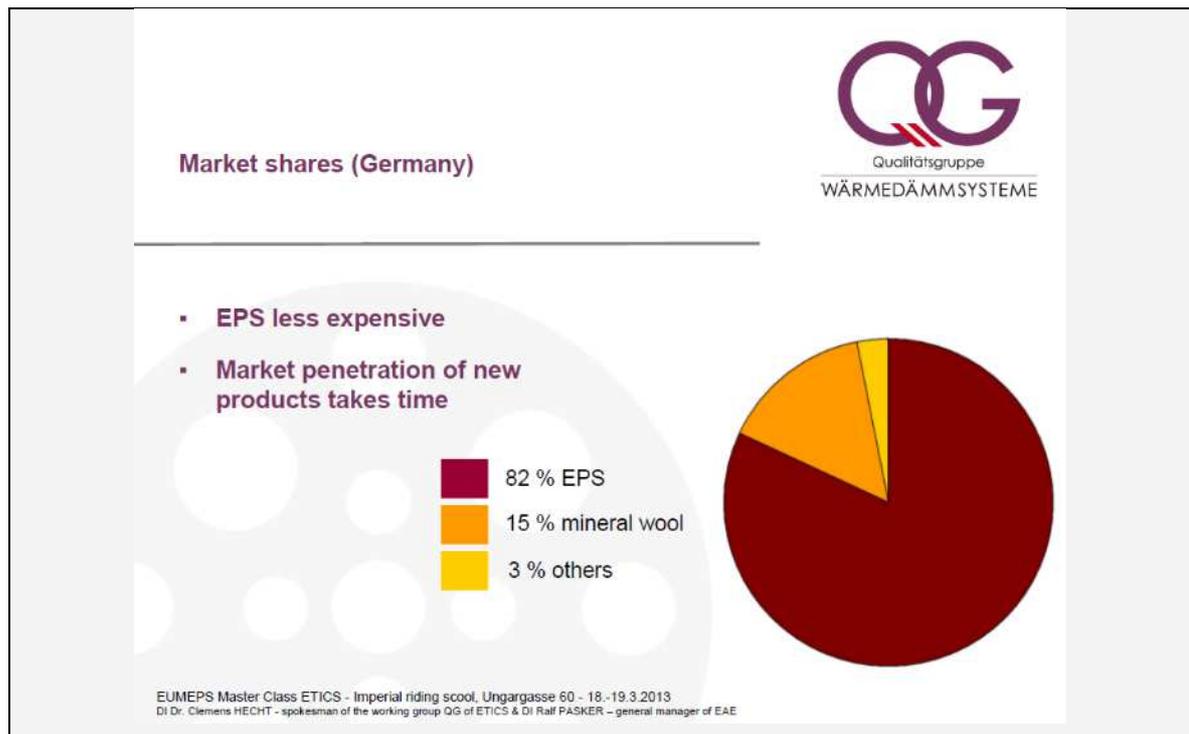


Abb. 2-17: Markt-Deutschland in %³⁷

Im Rahmen eines Forschungsprojektes der Fachhochschule JOANNEUM Graz, Institut Bauplanung und Bauwirtschaft ist eine Diplomarbeit entstanden mit dem Titel: Nutzung und Rückbau von Fassadensystemen- Wärmedämm-Verbundsystem. Diese beschäftigte sich mit dem Wärmedämmverbundsystem von den Grundlagen über die Materialuntersuchung, der Nutzung und dem Rückbau. In dieser Diplomarbeit wurden Daten bzw. Mengen der verwendeten Dämmmaterialien aus den Jahren 2008-2010 erhoben.

³⁶ Vgl. Fraunhofer Studie 2014, S.8.

³⁷ Vgl. Hecht, Pasker 2013.

Demnach wurden von den führenden Firmen der Arbeitsgemeinschaft Qualitätsgruppe Wärmedämmverbundsysteme (QG), welche 85 % des Gesamtmarktes in Österreich ausmachen, folgende Mengen an Wärmedämmverbundsystemen verbraucht:

- Im Jahr 2008 wurden 8,5 Mio. m² verbraucht
- Im Jahr 2009 wurden 9,0 Mio. m² verbraucht
- Im Jahr 2010 wurden 9,6 Mio. m² verbraucht.³⁸

Die prozentuale Verteilung der Dämmstoffarten wird in Abb. 2-18 dargestellt:

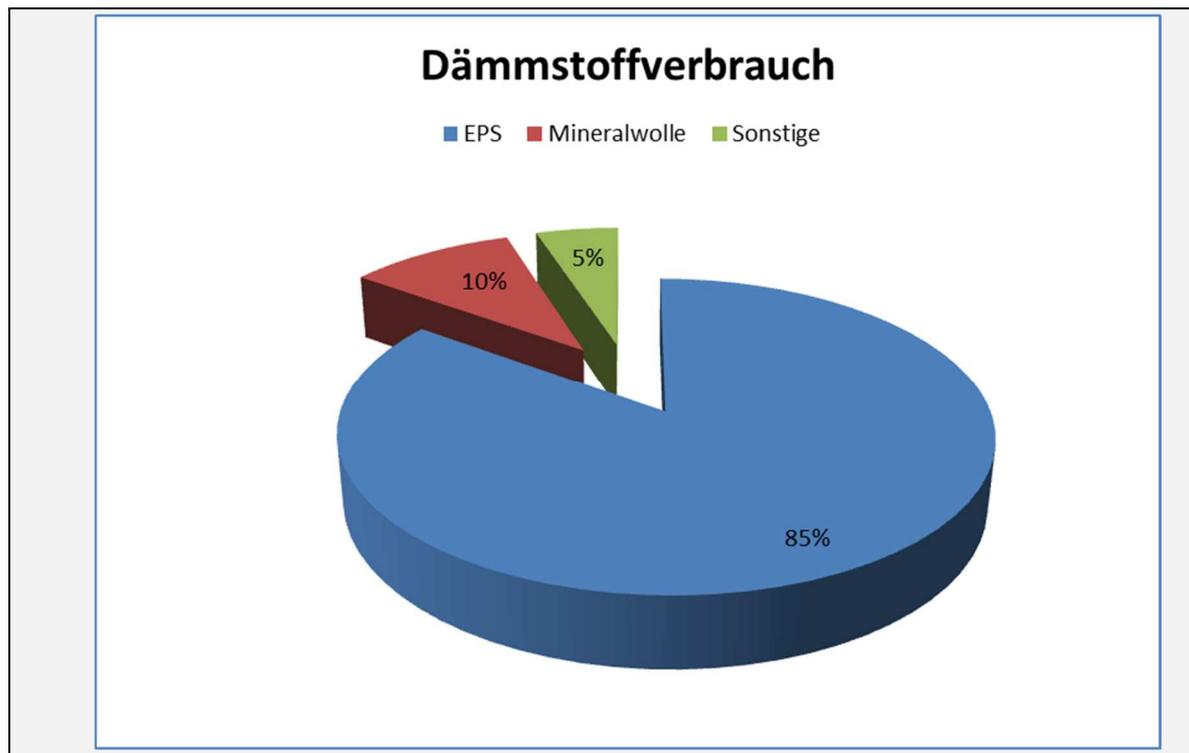


Abb. 2-18: *Dämmstoffverbrauch in Österreich in %*³⁹

Aktuellere Daten wurden uns von den Organisationen nicht zur Verfügung gestellt. Daher wurden auch die Daten von Deutschland recherchiert.

³⁸ Vgl. Jantschek 2011, S.52.

³⁹ Vgl. Jantschek 2011.

Deutschland

- **Industrieverband Hartschaum e.V. (IVH)⁴⁰**
Der Industrieverband Hartschaum ist der Dachverband der Hersteller von Dämmstoffprodukten aus EPS. Der Verband wurde 1973 gegründet. Zu den Mitgliedern zählen die führenden EPS-Hartschaum Hersteller für Wärmedämmung und Schallschutz.
- **Gesamtverband Dämmstoffindustrie e.V. (GDI)⁴¹**
Als Dachorganisation fasst der Gesamtverband Dämmstoffindustrie die großen Fachverbände der deutschen Dämmstoffindustrie zusammen.
- **Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme e.V. (FV)⁴²**
Der Fachverband ist ein Zusammenschluss der führenden Hersteller von Wärmedämm-Verbundsystemen und Innendämm-Systemen sowie von Unternehmen der Zulieferindustrie. Der Verband wurde 1980 gegründet.

In einer Studie des Fraunhofer Instituts⁴³ wurden der Rückbau und das Recycling von Wärmedämmverbundsystemen untersucht. Dabei wurden die Mengen für Produktion und Rückbau erhoben (siehe Kap.3.3). Rückblickend wurden von 1960 bis 2012 in Deutschland ca. 900.000.000 m² Wärmedämmverbundsysteme in Neubau und Sanierung verlegt. Jährlich werden ca. 40.000.000 m² neu produziert.⁴⁴

Der Fachverband bestätigt diese Angaben mit folgender Grafik Abb. 2-19 zum Absatz von Wärmedämmverbundsystemen in Deutschland in den Jahren 1993 bis 2012.

⁴⁰ Vgl. Industrieverband Hartschaum e.V. (IVH) [6]

⁴¹ Vgl. Gesamtverband Dämmstoffindustrie e.V. (GDI) [7]

⁴² Vgl. Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme e.V. (FV) [8]

⁴³ Fraunhofer Studie 2014.

⁴⁴ Vgl. Fraunhofer Studie 2014, S.36.

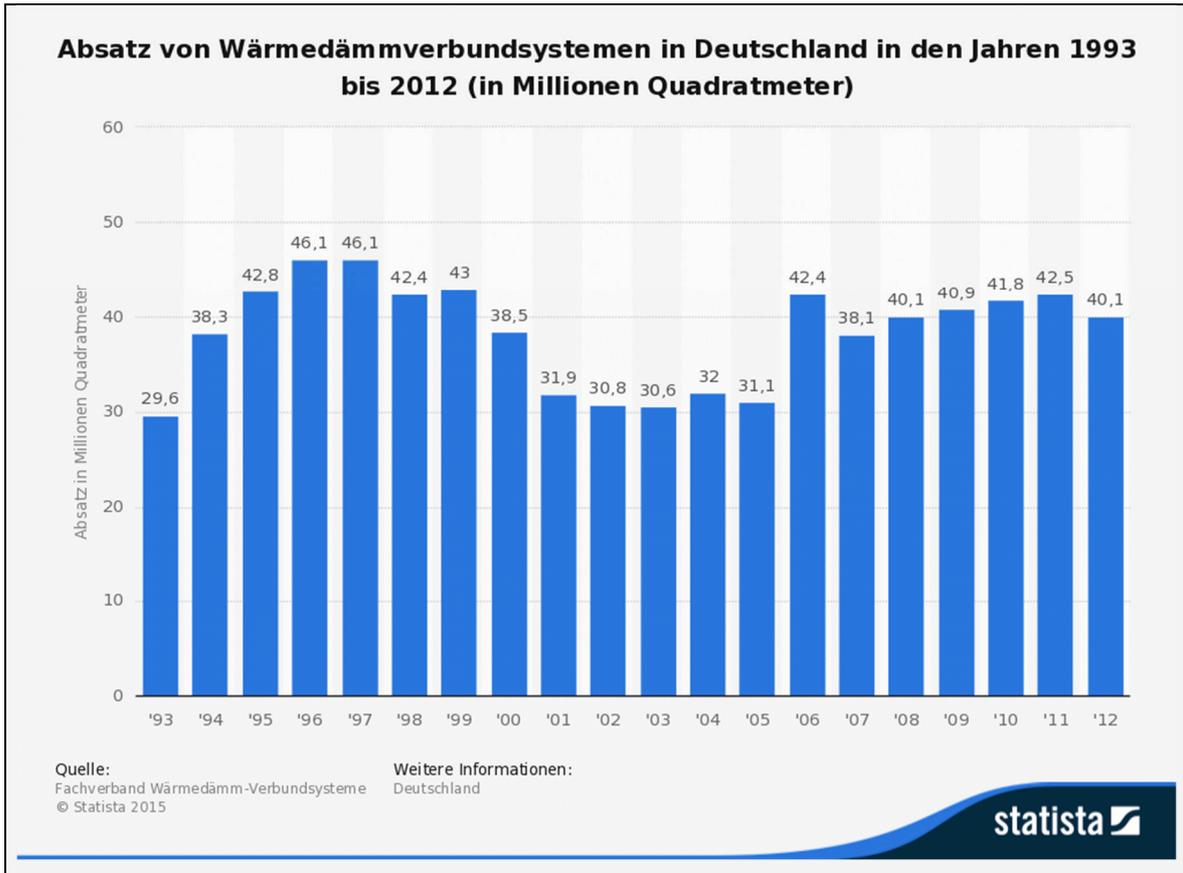


Abb. 2-19: Absatz von Wärmedämmverbundsystemen in Deutschland 1993-2012⁴⁵

Die Verteilung der Dämmstoffarten in Deutschland, 2013 wird in Grafik Abb. 2-20 und Abb. 2-21 dargestellt. Demnach betragen EPS Dämmungen 76,47 % am Wärmedämmverbundsystem-Markt.

Wärmedämmverbundsysteme - Verteilung der Dämmstoffarten in Deutschland 2013	
Struktur der Wärmedämmverbundsysteme in Deutschland nach Dämmstoffart im Jahr 2013	
	Daten
EPS*	76,47 in %
Steinwolleplatten	9,15 in %
Perimeterdämmplatten	8,23 in %
Steinwollelamellen	4,5 in %
Sonstige Dämmstoffe	1,65 in %

Abb. 2-20: Dämmstoffarten in Deutschland 2013⁴⁶

⁴⁵ Vgl. Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme, Statistica 2015 [9]

⁴⁶ Vgl. Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme, Statistica 2015 [10]

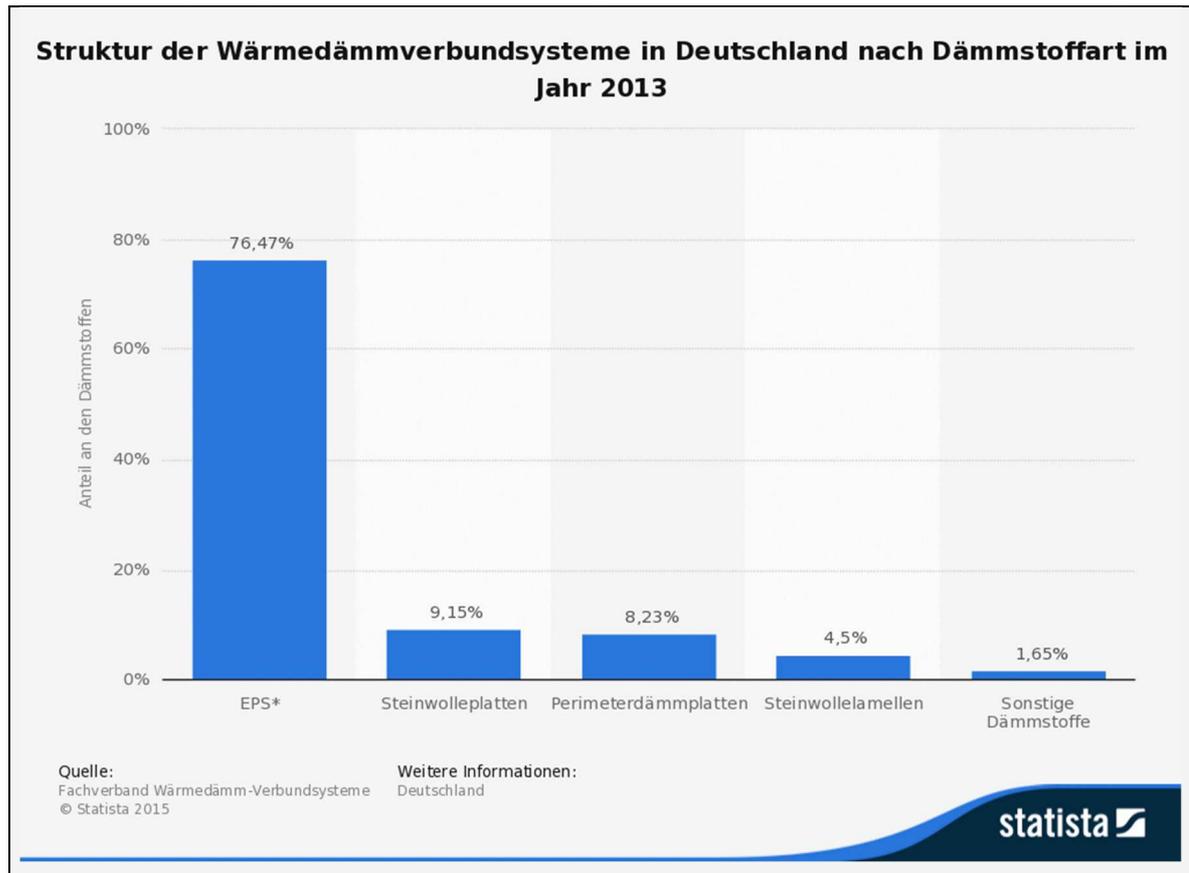


Abb. 2-21: Dämmstoffarten in Deutschland 2013⁴⁷

Die Dämmstoffdicken betragen mit Stand (2012) in Deutschland im Durchschnitt 12,47 cm. Die Entwicklung der Dämmstoffdicken in Wärmedämmverbundsystemen von 2003 bis 2012 wird in folgenden Grafiken Abb. 2-22, Abb. 2-23 dargestellt.

Wärmedämmverbundsysteme - Dämmstoffdicke in Deutschland bis 2012	
Entwicklung der Dämmstoffdicke von Wärmedämmverbundsystemen in Deutschland in den Jahren 2003 bis 2012 (in Millimeter)	
	Daten
2003	89,5
2004	91,3
2005	92,6
2006	97,1
2007	100,5
2008	104,5
2009	110,8
2010	117,1
2011	120,8
2012*	124,7

Abb. 2-22: Dämmstoffdicken in Deutschland 2003-2012⁴⁸

⁴⁷ Vgl. Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme, Statistica 2015 [10]

⁴⁸ Vgl. Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme, Statistica 2015 [11]

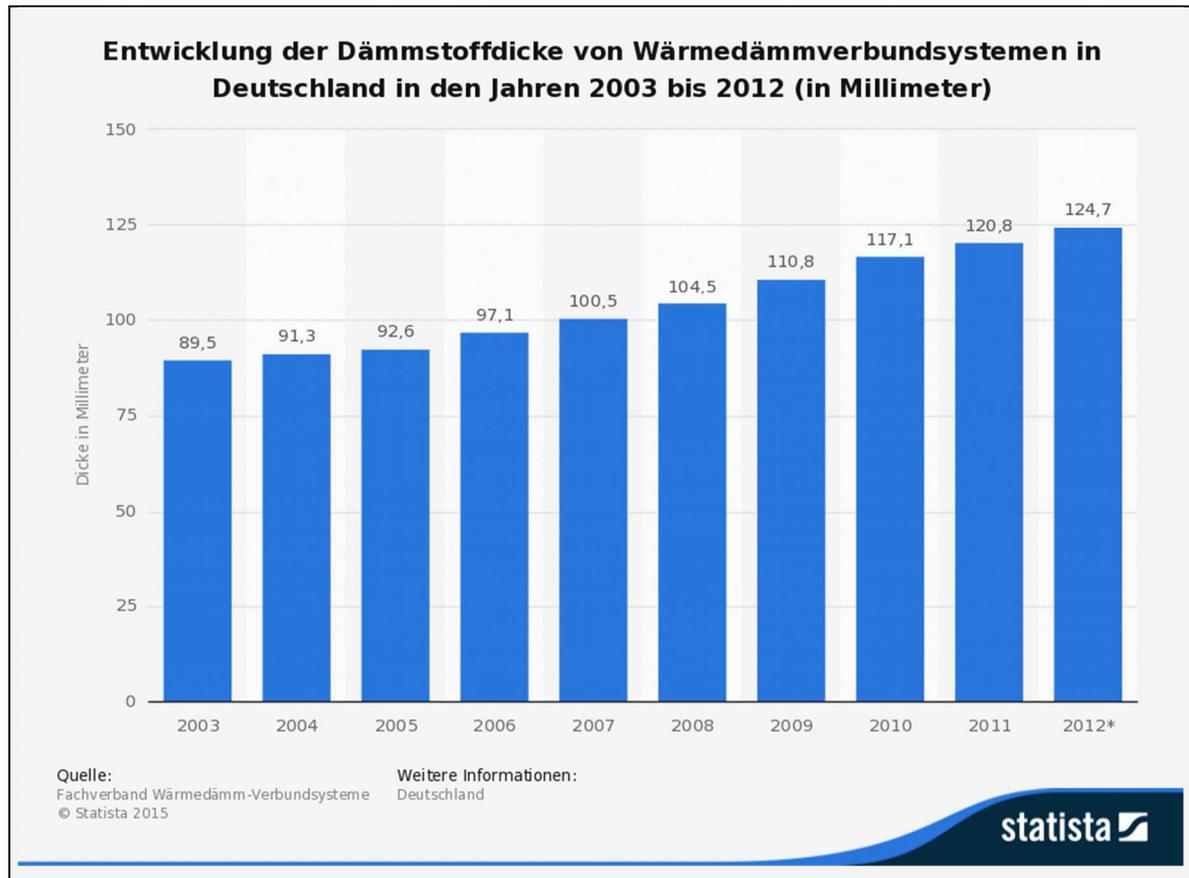


Abb. 2-23: Dämmstoffdicken in Deutschland 2003-2012⁴⁹

Aus den Daten des Fachverbandes lässt sich ableiten, dass sich der jährliche Absatz an WDVS in den Folgejahren nicht wesentlich verändert hat.

Im Unterschied zu Österreich, sind die Verkaufszahlen und verbrauchten Mengen an Wärmedämmverbundsystemen von Deutschland öffentlich zugänglich.

Vergleicht man die bisher bekannten Daten von Österreich und Deutschland aus den Jahren 2008/2009 ergibt sich folgendes Ergebnis:

	Verkaufszahlen [Mio.m ²]	
	Österreich	Deutschland
2008	8,5	40
2009	9,0	40,5

Abb. 2-24: Verkaufszahlen von WDVS in Österreich/ Deutschland 2008/2009⁵⁰

⁴⁹ Vgl. Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme, Statistica 2015 [11]

⁵⁰ Vgl. Jantschek 2011, S.56.

Wird die Fläche auf die Einwohnerzahlen der jeweiligen Länder bezogen, so wird in Österreich die doppelte Fläche an Wärmedämmverbundsystemen verlegt.⁵¹

Dieser Faktor wird auch in weiterer Folge für Abschätzungen verwendet, unter der Annahme, dass sich die Marktsituation nicht verändert. Sobald eine bessere Datenlage über Verbrauch bzw. Absatz, Abfall etc. in Österreich verfügbar ist, sind diese Abschätzungen anzupassen.

2.3 Bauphysikalische und energetische Anforderungen im Wandel der Zeit

2.3.1 Geschichtlicher Überblick Energieausweis

Ursprung des Energieausweises in Europa

Mit der Richtlinie **89/106/EWG** Bauproduktenrichtlinie von 1988 und der Richtlinie **93/76/EWG** zur Begrenzung der CO₂ Emissionen von 1993 wurden die Grundlagen für den heutigen **Energieausweis** gelegt.

Im europäischen Energieeinsparprogramm SAVE wurde 1993 beschlossen, den Treibhausgas-Ausstoß zu reduzieren. Entsprechende Maßnahmen wurden eingeführt. 1997 wurde eine weitere Vereinbarung, das Kyoto Protokoll, beschlossen.

Infolgedessen wurden von der Europäischen Union neue Gesetze und Richtlinien festgelegt, um die geforderten Ziele erreichen zu können.

Die europäische Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden **2002/91/EG** trat ab 2006 in Kraft. Vorbild war die Richtlinie von 1993 und hatte u.a. das Ziel, Mindestanforderungen, Zertifizierungssysteme (Energieausweis) etc. festzulegen. Im Rahmen der Bauordnung der Bundesländer erfolgte in Österreich die nationale Umsetzung.

Mit Inkrafttreten der **ÖNORM H 5055**(2002) zur Berechnung von Energieausweisen, war die Basis für den **Energieausweises** gelegt.

Eine einheitliche Regelung über die Mindeststandards und Berechnungsmethoden in Österreich besteht seit 2007 mit Einführung der **OIB Richtlinien** durch alle Vertreter der Bundesländer, die eine einheitliche Form des Energieausweises gewährleisten und als Basis für die Harmonisierung der bautechnischen Vorschriften dienen.

⁵¹ Österreich: 8.402.908/ Deutschland: 81.742.000 Einwohner [Stand 2011, Vgl. Jantschek 2011, S.56]

Das erste Energieausweisvorlagegesetz **EAVG06** wurde 2006 beschlossen und trat 2008 in Kraft, wonach nun der Energieausweis verpflichtend ist.

Die EU-Richtlinie von 2002 wurde neu aufgelegt und trat im Jahr 2010 als Richtlinie **2010/31/EU** in Kraft. Aufgrund der europäischen Richtlinie trat 2011 und 2015 eine Neufassung der **OIB Richtlinien** in Kraft und 2012 eine Neufassung des Energieausweisvorlagegesetz **EAVG**.⁵²

Vorläufer des Energieausweises in Österreich war die ÖNORM

Bereits 1950 gab Österreich die **ÖNORM B 8110** heraus, mit Anforderungen an den Wärmeschutz und Wärmebedarf und mit Richtwerten für den Wärmedurchgangskoeffizienten zur Berechnung des Energiebedarfs. Seitdem gab es im Laufe der Zeit immer wieder Anpassungen der Norm.⁵³

Die Norm ist bis heute in diversen Neufassungen gültig. Der aktuelle Stand der ÖNORM B 8110 (Wärmeschutz im Hochbau) ist folgender:

- Teil 1 Deklaration des Wärmeschutzes von Niedrig- und Niedrigstenergiegebäuden- Heizwärmebedarf und Kühlbedarf. (2011)
- Teil 2 Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz. (2003)
- Teil 3 Vermeidung sommerlicher Überwärmung. (2012)
- Teil 4 Betriebswirtschaftliche Optimierung des Wärmeschutzes. (2011)
- Teil 5 Klimamodell und Nutzungsprofile. (2011)
- Teil 6 Grundlagen und Nachweisverfahren – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf. (2014)
- Teil 7 Tabellierte wärmeschutztechnische Bemessungswerte. (2013)

2.3.2 Entwicklung der Grenzwerte in der Steiermark

Im Baurecht der Steiermark wurden erste Standards bereits in den 1980er Jahren gelegt. Energetische Mindeststandards wurden festgelegt, speziell Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten von Bauteilen (U-Wert, früher k-Wert) und an den Heizwärmebedarf (HWB):

- Ab 1983 (**81,4 kWh/m².a** für das Referenzgebäude);
- Ab 1990 (**68,4 kWh/m².a**);
- Ab 1997 (**58,3 kWh/m².a**).

⁵² Vgl. Mayer [12]/ Klauser, 2014.

⁵³ Vgl. Mayer [13]/ Klauser 2014.

Ein wichtiges Anreizinstrument war und ist die Wohnbauförderung, die in ihren Grundzügen auf die Nachkriegszeit zurückgeht. Diese wiederum schreibt weitere Mindestanforderungen an den Heizwärmebedarf vor: z.B. thermischer Mindeststandard von **35 kWh/m²**.⁵⁴

Die Anforderungen an den Wärmeschutz werden aktuell in der OIB RL 6 (2015) / ÖNORM B 8110-3 (2012) geregelt. Dort sind der zulässige Heizwärmebedarf HWB, sowie Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten geregelt.

Die aktuellen Mindestanforderungen⁵⁵ liegen bei Wänden gegen Außenluft **U-Wert= 0,35 W/m²K**.

Die OIB RL gibt für Gebäude ab 1960 und älter, Werte von **1,2- 2,0 W/m²K** für Außenwände an.

Epoche / Gebäudetyp	KD	OD	AW	DF	FE	g	AT
vor 1900 EFH	1,25	0,75	1,55	1,30	2,50	0,67	2,50
vor 1900 MFH	1,25	0,75	1,55	1,30	2,50	0,67	2,50
ab 1900 EFH	1,20	1,20	2,00	0,60	2,50	0,67	2,50
ab 1900 MFH	1,20	1,20	1,50	0,60	2,50	0,67	2,50
ab 1945 EFH	1,95	1,35	1,75	1,30	2,50	0,67	2,50
ab 1945 MFH	1,10	1,35	1,30	1,30	2,50	0,67	2,50
ab 1960 EFH	1,35	0,55	1,20	0,55	3,00	0,67	2,50
ab 1960 MFH	1,35	0,55	1,20	0,55	3,00	0,67	2,50
Systembauweise	1,10	1,05	1,15	0,45	2,50	0,67	2,50
Montagebauweise	0,85	1,00	0,70	0,45	3,00	0,67	2,50

Bei den angegebenen Werten handelt es sich grundsätzlich um Mittelwerte aus der Erfahrung und nicht um schlechtest denkbare Werte.

Legende:

<p>KD ... Kellerdecke OD ... Oberste Geschoßdecke AW ... Außenwand DF ... Dachfläche FE ... Fenster g ... Gesamtenergiedurchlassgrad AT ... Außentüren EFH ... Einfamilienhaus MFH ... Mehrfamilienhaus</p>	<p>Systembauweise ... Bauweise basierend auf systemisierter Mauerwerksbauweise o.ä. Montagebauweise ... Bauweise basierend auf Fertigteilen aus Beton mit zwischenliegender Wärmedämmung Für alle nicht erwähnten Bauteile wie z.B. Kniestockmauerwerk, Abseitenwände, Abseitendecken sind grundsätzlich die entsprechenden Werte für Außenbauteile zu verwenden.</p>
---	---

Abb. 2-25: Mindestanforderungen an Bauteile (AW-Außenwände) ab 1900⁵⁶

⁵⁴ Vgl. Lugger 2007.

⁵⁵ Vgl. OIB RL 6, 2015.

⁵⁶ Vgl. Leitfaden OIB RL6, 2015.

In der **ÖNORM B 8110 von 1950** waren Außenwände und Decken mit einem **k-Wert von 1,21/1,31 kcal/(m²·h, °C)⁵⁷** begrenzt. (entspricht einem heutigen Wärmedurchgangskoeffizienten von ca. **1,5 W/m²K**)

Des Weiteren werden im Leitfaden der OIB RL6⁵⁸ Wärmedurchgangskoeffizienten für alte Gebäude ab 1983 angegeben, die sich auf die landesgesetzlichen Bestimmungen (Wärmedämmverordnungen) beziehen. (siehe Abb. 2-26 für Steiermark, in anderen Bundesländern ähnlich)

Steiermark	KD	OD	AW	DF	FE	g	AT
ab 1983 EFH	0,60	0,30	0,70	0,30	2,50	0,67	2,50
ab 1983 MFH	0,60	0,30	0,70	0,30	2,50	0,67	2,50
ab 1990 EFH	0,45	0,30	0,50	0,30	2,50	0,67	2,50
ab 1990 MFH	0,45	0,30	0,50	0,30	2,50	0,67	2,50
ab 1997 EFH	0,40	0,20	0,40	0,20	1,90	0,67	1,90
ab 1997 MFH	0,40	0,20	0,50	0,20	1,90	0,67	1,90
1984 -1990 MFH bei WBF	0,60	0,27	0,63	0,27	2,50	0,67	2,50

Abb. 2-26: Wärmedurchgangskoeffizienten für Bauteile (AW-Außenwände) ab 1983⁵⁹

Nach dem steiermärkischen Landesgesetz von 1983 (**LGBL 30/1983**) wird ein Grenzwert von **0,7 W/m²K** für Außenwände angegeben. Ab 1990 (**LGBL 63/1990**) und 1996 (**LGBL 103/1996**) galt ein Grenzwert für Außenwände von **0,5 W/m²K** (0,4 W/m²K für Einfamilienhäuser).

Die bauphysikalischen und energetischen Anforderungen an Außenwände beschränken sich jedoch nicht nur auf den Energieausweis (Wärmeschutz) sondern gliedern sich in folgende Bereiche:

Brandschutz	Die brandschutztechnischen Anforderungen werden in der OIB RL 2 (2015) / ÖNORM EN 13501-1(2009) geregelt.
Feuchteschutz	Die Anforderungen an den Feuchteschutz werden in der OIB RL 3 (2015) / ÖNORM B 8110-2 (2003) geregelt.
Schallschutz	Die schallschutztechnischen Anforderungen werden in der OIB RL 5 (2015) und in der ÖNORM B 8115-2 (2006) geregelt.
Wärmeschutz	Die Anforderungen an den Wärmeschutz werden in der OIB RL 6 (2015) / ÖNORM B 8110 (2015) geregelt.

⁵⁷ Vgl. Mayer [12]

⁵⁸ Vgl. Leitfaden OIB RL6, 2015.

⁵⁹ Vgl. Leitfaden OIB RL6, 2015.

3 Theoretische Betrachtung

3.1 Allgemeines zum Lebenszyklus

Durch den zunehmend ganzheitlichen Ansatz im Bauwesen, der die ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekte über den gesamten Lebenszyklus von der Planung, Herstellung, über die Nutzung bis hin zum Rückbau und Recycling berücksichtigt, werden Gebäude bzw. Fassaden nicht mehr nur auf Basis der Herstellungskosten beurteilt. Jedoch werden Einflüsse, wie z.B. ökologische Aspekte oder auch die Folgekosten, die aus Nutzung, Instandhaltung, Wartung, Reinigung und Rückbau entstehen, in der Regel heute wenig beachtet. Diese überschreiten üblicherweise die Aufwendungen für die Herstellung um ein Vielfaches. Das größte Potential zur Optimierung der Aufwendungen in der Nutzungsphase besteht in der frühen Planungs- und Bauphase⁶⁰, wie folgende Grafik Abb. 3-1 zeigt.

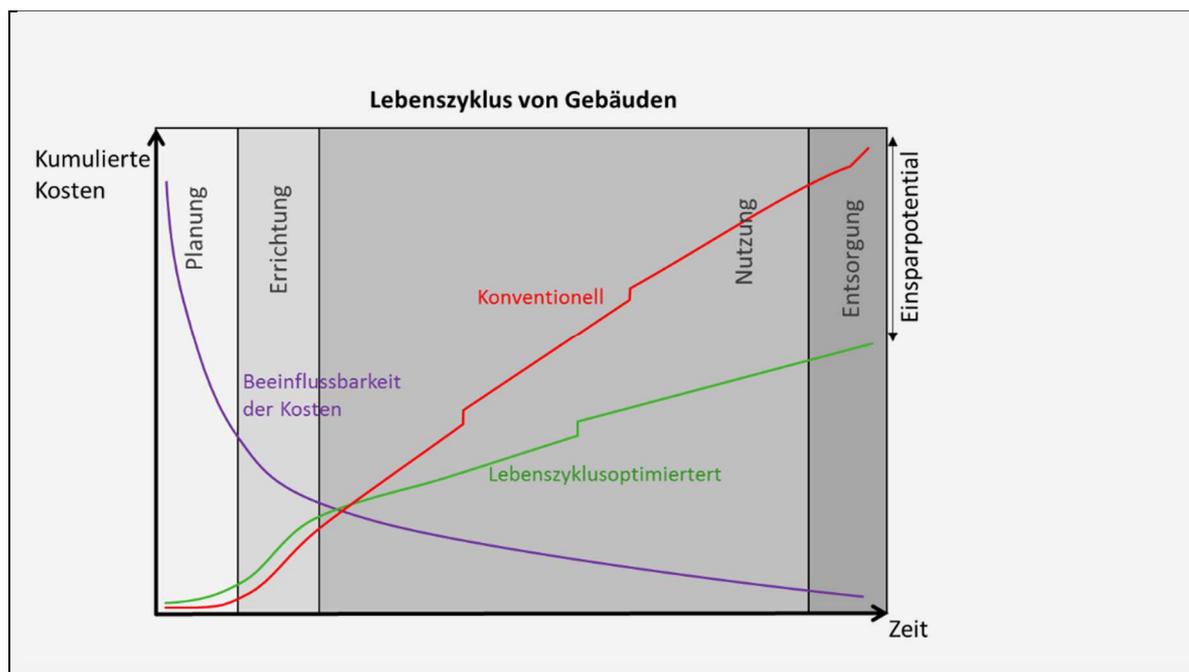


Abb. 3-1: Lebenszyklus eines Gebäudes ⁶¹

Die Angabe der Lebensdauer bzw. Nutzungsdauer einer Fassade basiert auf Erfahrungswerten aus Leitfäden wie zum Beispiel Nutzungsdauertabellen der Sachverständigen⁶² (z.B. 30 Jahre

⁶⁰ Vgl. Hasler 2015.

⁶¹ Eigene Darstellung

⁶² Vgl. Nutzungsdauerkatalog 2006.

Nutzungsdauer für Wärmedämmungen, außenliegend, Platte) oder dem Leitfaden Nachhaltiges Bauen⁶³ (z.B. 40 Jahre Nutzungsdauer für Wärmedämmverbundsysteme).

Da jedoch diese Angaben sehr allgemein gehalten sind, wird ein Schwerpunkt in der vorliegenden Untersuchung darin liegen, die Nutzungsdauern zufolge von konkreten Randbedingungen abzuschätzen, um eine realitätsnahe Einschätzung vornehmen zu können.

In einer Veröffentlichung schreibt das Umweltbundesamt Dessau (UBA) dazu:

„Es ist unrealistisch zu erwarten, dass eine gedämmte Fassade ihre optische Erscheinung, die sie zum Zeitpunkt der Erstellung aufwies, unter allen Umständen [...] auch ohne Wartung und Pflege über lange Zeiträume beibehält.“⁶⁴

3.2 Verarbeitung und Ausführung von Wärmedämmverbundsystemen

Wärmedämmverbundsysteme unterliegen der EU-Bauproduktenverordnung⁶⁵ und sind auf Landesebene in den ÖNORMEN geregelt. Die **Verarbeitungsrichtlinie**⁶⁶ für Wärmedämmverbundsysteme fasst Anforderungen gültiger Normen und Regelwerke zusammen und ergänzt diese um Technologien und erweiterte Verarbeitungsempfehlungen. Die Regelungen in den Verarbeitungsrichtlinien sind grundsätzlich sinnvoll, da dadurch die Qualität der Verarbeitung sichergestellt wird. Eine Überprüfung der Verarbeitung ist während der Ausführung zwingend erforderlich, auch wenn dies u.U. zu höheren Kosten führt.

Gespräche mit den Wohnbauträgern in dieser Untersuchung haben ergeben, dass die Einhaltung der Verarbeitungsrichtlinien bei der Herstellung der Fassaden durch fachlich kompetente Mitarbeiter überwacht wird und auch teilweise mittels Bauteilöffnungen kontrolliert wird. So wird z.B. die Dicke der Spachtelung, die Lage der Bewehrungseinlage, der Diagonalebewehrung etc. überprüft.

Somit ist bei den untersuchten Fassaden davon auszugehen, dass die jeweils gültigen Verarbeitungsrichtlinien eingehalten wurden, wodurch auch wenige Ausführungsmängel festgestellt werden konnten.

⁶³ Vgl. Leitfaden 2016.

⁶⁴ Vgl. UBA 2016, S.25.

⁶⁵ BauPVO 2011.

⁶⁶ VAR 2011.

Von der **Qualitätsgruppe Wärmedämmsysteme** wurden Merkblätter⁶⁷ herausgegeben, welche zusätzliche Informationen zur Ausführung und Verarbeitung geben.

Die **European Guideline for the application of ETICS**⁶⁸ ist die erste internationale Verarbeitungsrichtlinie, welche für die EAE (European Association for External Thermal Insulation Composite Systems) mit Beteiligung der Qualitätsgruppe Wärmedämmsysteme erstellt wurde.

Merkblätter und Hinweise zu Wärmedämmverbundsystemen werden auch vom **Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme e.V.** herausgegeben, bzgl. Algen, Baurecht, Brandschutz, Technik, Recycling, Schallschutz, Pflege etc.⁶⁹

Aufgrund von Anpassungen an den Wärmeschutz, wird u.a. bei Sanierungsmaßnahmen die Variante der Aufdoppelung gewählt.

Die Anforderungen an die Planung und Verarbeitung sind im informativen Anhang der ÖNORMEN B 6400 und B 6410 zu finden.

Unter dem Begriff „Aufdoppelung“ versteht man die Anbringung eines neuen Wärmedämmverbundsystems (WDVS) auf ein bereits bestehendes WDVS. Dadurch erhöhen sich der Wärmeschutz und die Nutzungsphase des WDVS. Die Entfernung und Entsorgung des vorhandenen Systems entfällt. Nach Prüfung der Standsicherheit und Tragfähigkeit kann die Anbringung mittels Dübel und/oder Kleber erfolgen. Kommt es zu Materialkombinationen, müssen diese aus feuchtetechnischer Sicht abgestimmt werden. Es sind aber auch die Grenzen der Aufdoppelung zu beachten, da diese Variante nur bei Systemen mit geringen Dämmstoffdicken angewendet werden kann und der Zeitpunkt des Recyclings nur verschoben wird. Wärmedämmverbundsystem- Hersteller, Fachverbände und die Qualitätsgruppen bieten zum Thema Aufdoppelung Leitfäden und Richtlinien⁷⁰ zur Ausführung an.

3.3 Recycling und Rückbau von Dämmsystemen

Nach Ende der Nutzungszeit der ersten Generation⁷¹ an Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) sind Renovierungen, Reparaturen notwendig, sowie Aufdoppelungen aufgrund der Anpassungen

⁶⁷ Vgl. Qualitätsgruppe Wärmedämmsysteme: Merkblätter [14]

⁶⁸ European Guideline 2011.

⁶⁹ Vgl. Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme e.V.: Merkblätter [15]

⁷⁰ VAR 2011.

⁷¹ Erste Wärmedämmverbundsysteme wurden ab 1960 eingebaut.

an die erhöhten energetischen Anforderungen bis hin zum Austausch durch aktuelle Systeme. Es entstehen daher in naher Zukunft große Mengen an Abfällen. (EPS-Abfälle, siehe Kap 3.3.2)

Für die Verwendung von Dämmstoffen im Bauwesen stellt die europäische Bauproduktenverordnung (BauPVO)⁷² die Grundlage. Die Rahmenbedingungen für die Entsorgung von Dämmstoffen bzw. Abfällen werden durch die Abfallrichtlinie⁷³ bestimmt. Auf nationaler Ebene sind das Österreichische Abfallwirtschaftsgesetz und die Baurestmassenverordnung maßgebend. Nach der Bauproduktenverordnung ist das Recycling, bzw. die Verwertung und Wiederverwendung von EPS-Abfällen geregelt. Jedoch wird laut der Studie des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik IBP „Rückbau, Recycling und Verwertung von WDVS“⁷⁴ der Materialverbund hauptsächlich energetisch verwertet (Verbrennung). Die Studie analysiert die 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.

Der Rückbau eines Gebäudes fällt in den Geltungsbereich von vielen nationalen Gesetzen und Verordnungen. Die Studie des Fraunhofer-Institut bezieht sich hauptsächlich auf das deutsche Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrWG), welches eine neue „Fünf Stufen-Abfallhierarchie“, anstelle der bisher geltenden „Drei-Stufen-Hierarchie“ (Vermeidung, Verwertung, Beseitigung), eingeführt hat. Danach steht am Ende der Nutzungsdauer eines WDVS an erster Stelle die Vermeidung von Abfällen und wird mit der Aufdoppelung umgesetzt. Ist dies nicht möglich, wird eine Wiederverwendung angestrebt bevor es zu einer stofflichen bzw. energetischen Verwertung kommt.

Die sortenreine Trennung (selektive Extraktion) in EPS-Abfälle und sonstige Bestandteile ist beim Rückbau eines WDVS ein wichtiger Aspekt. Um einen selektiven Rückbau gewährleisten zu können, sind verschiedene Trennverfahren wie manuelles Entschichten, maschinelles Entschichten, Abfräsen oder thermisches Entschichten notwendig.

3.3.1 Verwertung von EPS Abfall

Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz unterscheidet die stoffliche (werkstoffliche und rohstoffliche) und die energetische Verwertung. Die stoffliche Verwertung wird als Substitution von

⁷² BauPVO 2011.

⁷³ 2008/98/EG

⁷⁴ Vgl. Fraunhofer Studie 2014.

Rohstoffen durch das Gewinnen von Stoffen aus Abfällen definiert. Dabei ist die werkstoffliche Verwertung, die Nutzung des Stoffes, ohne chemischer Veränderung (im Gegensatz zur rohstofflichen Verwertung).

Allgemein kann Verwertung als „Nutzung der stofflichen Eigenschaften oder des Energiegehaltes“ von Abfällen definiert werden.⁷⁵ Folgende Abbildung Abb. 3-2 zeigt die Aufteilung der Verwertung von EPS.



Abb. 3-2: Verwertungsmöglichkeiten von EPS⁷⁶

Ein Großteil des EPS-Abfalls für die werkstoffliche Verwertung wird als gemischter Bau- und Abbruchabfall entsorgt. Weitere Verwertungsmöglichkeiten sind nach dem Institut Bauen und Umwelt e.V. in folgender Abbildung Abb. 3-3 dargestellt.

⁷⁵ Vgl. Fricke 2008.

⁷⁶ Vgl. Fraunhofer Studie 2014, S.45.

WDVS Komponente	Abfall-schlüssel	Mögliche Verwertungswege
Putz/Kleber/Farben/ Haftvermittler Armierungsmörtel	17 01 07 17 09 04 17 01 01	<ul style="list-style-type: none"> • Als mineralische Granulaten für Straßenbau, Erdbauanwendungen wie z. B. Bauwerkshinterfüllungen und Lärmschutzwälle sowie im Garten- und Landschaftsbau. • als Gesteinskörnungen für die Herstellung von Beton für Betonwerksteine und Beton für nicht konstruktive wie konstruktive Bauteile
Armierungsgewebe	10 11 03 17 02 03 17 04 05	s. o. Kunststoffregranulat Rückgewinnung von Eisen und Stahl
Dämmmaterial	17 06 04	<ul style="list-style-type: none"> • Schutzplatten bei Rückbauarbeiten • Gemahlene EPS-Abfälle als Leichtzuschlag für Beton, Mauerziegel, Mörtel und Putz • Recycling-Dämmplatten • Herstellung von Parkbänken, Zaunpfählen, Schuhsohlen, Pflanzenkübeln etc. • Ersatzbrennstoff in Zementwerken
Dübel, Schienen	17 02 03	Kunststoffregranulat
Schrauben/Nägel	17 04 05	Rückgewinnung von Eisen und Stahl

Abb. 3-3: *Mögliche Verwertungswege*⁷⁷

Die werkstoffliche Verwertung wird jedoch derzeit nur in geringen Mengen umgesetzt. Gründe dafür sind die fehlende Logistik, die fehlende Nachfrage an rezykliertem EPS, die mangelnde Wirtschaftlichkeit und der Umstand, dass HBCD⁷⁸-haltige Dämmstoffe laut Gesetz aus der Umwelt entfernt werden müssen (siehe energetische Verwertung).

Die rohstoffliche Verwertung kann mittels selektiver Extraktion und dem CreaSolv-Verfahren umgesetzt werden. Die Rückführung in den Stoffkreislauf ist somit möglich. Jedoch findet derzeit keine Umsetzung aufgrund fehlender Wirtschaftlichkeit des Verfahrens statt.

Das CreaSolv-Verfahren⁷⁹, welches die selektive Extraktion ermöglicht, wird in folgender Abbildung Abb. 3-4 dargestellt.

⁷⁷ Vgl. Fraunhofer Studie 2014, S.21.

⁷⁸ HBCD: Hexabromcyclododecan: Polybromierter Kohlenwasserstoff

⁷⁹ Prozessentwicklung der CreaCycle GmbH in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut.

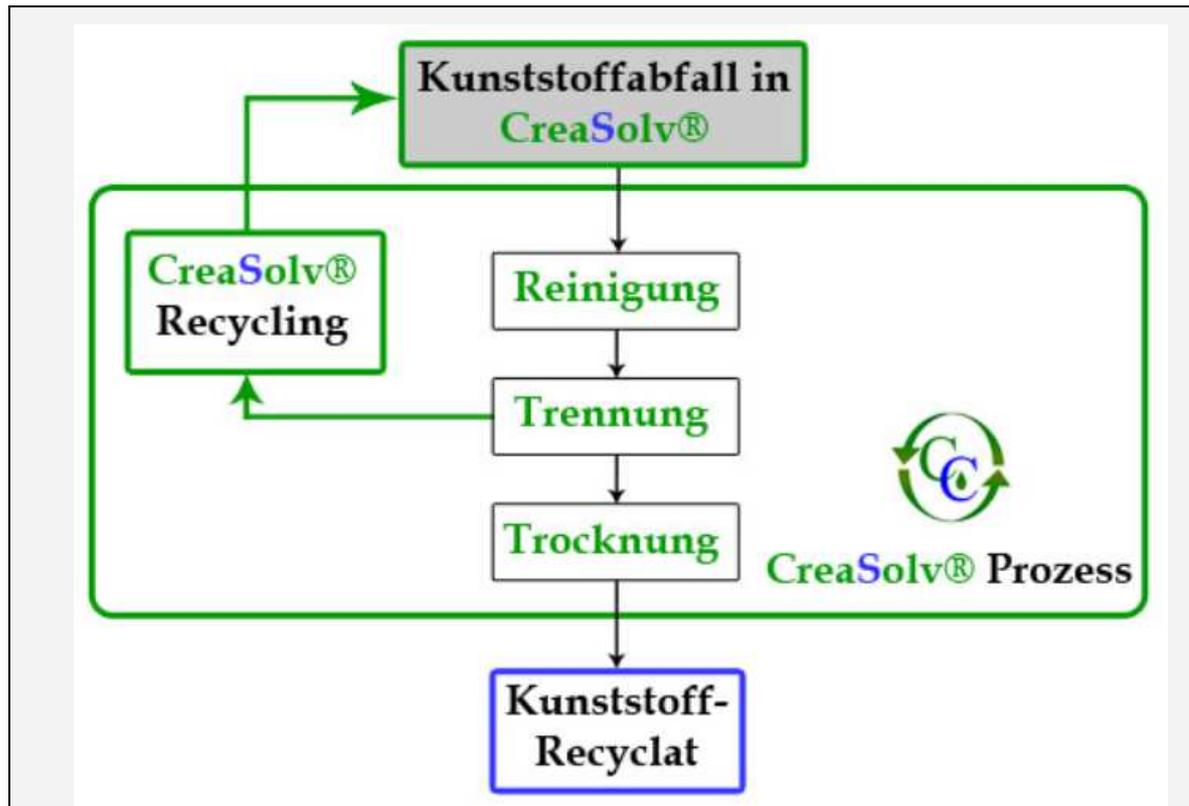


Abb. 3-4: CreaSolv-Verfahren⁸⁰

Die energetische Verwertung ist die derzeit am häufigsten umgesetzte Variante der Verwertung. Auch aufgrund der Anforderungen nach der Stockholmer Convention, nach der HBCD-haltige Stoffe zerstört und unumkehrbar umgewandelt werden müssen.

Beim Rückbau muss sichergestellt werden, dass HBCD-haltige Dämmstoffe getrennt von HBCD-freien Dämmstoffen gesammelt werden und sofern es sich um HBCD-haltige Abfälle handelt, diese nicht als Zuschlag in Beton, Ziegel o.ä. genutzt werden dürfen⁸¹, sondern energetisch verwertet werden müssen. Dabei sind nicht alle Verwertungsanlagen geeignet.⁸² Zwei Hauptprobleme der EPS Wiederverwertung werden an dieser Stelle deutlich:

- Bei einem Rückbau entstehen hohe Transportkosten aufgrund der geringen Dichte und großer Mengen an EPS (m³, geringe Dichte)
- Die Qualität des Recyclingguts ist aufgrund der unzureichenden Trennverfahren, und der Kontamination mit HBCD, sehr gering.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die bisherige Verwertung von EPS unzureichend und nicht nachhaltig ist.

⁸⁰ Vgl. CreaSolv Verfahren [16]

⁸¹ Nach der Stockholm Convention

⁸² Vgl. Fraunhofer Studie 2014, S.61/62.

3.3.2 Abfallaufkommen

Das Abfallaufkommen ist wenig statistisch erfasst, auch weil es bis dato aufgrund der langen Nutzungsdauer von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) der ersten Generation kaum zu Abfällen gekommen ist. Prognosen zeigen aber deutlich, dass es zu einem starken Anstieg an Abfallmengen (EPS-Abfall) kommen wird.

Seit Anfang der 60iger Jahre werden Gebäude mit Wärmedämmverbundsystemen auf EPS-Basis energetisch ertüchtigt. 1957 wurde das erste Wärmedämmverbundsystem aus EPS⁸³ an einem Gebäude in Berlin angebracht. Die Dicke des verwendeten EPS-Dämmstoffs lag bei wenigen Zentimetern. Die Entwicklung des Dämmstoffmarktes bis heute ist Kap.2.2 zu entnehmen.

Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik hat eine Langzeitstudie⁸⁴ von 1975 bis 2004 zur Untersuchung des Langzeitverhaltens von WDVS durchgeführt. Eine Vielzahl von Objekten wurde dabei regelmäßig optisch begutachtet und bezüglich ihres Alterungsverhaltens bewertet. Die Dicken der untersuchten Gebäude liegen zwischen 20 mm und 60 mm.

In einer weiteren Studie⁸⁵ des Fraunhofer Instituts wurde der Rückbau und das Recycling von WDVS untersucht. Es wurden die Mengen für die Produktion und den Rückbau erhoben, jedoch sind diese wenig erfasst und je nach Datenquelle unterschiedlich. Demnach liegt der Anteil von Dämmmaterialien am Abfallaufkommen in Deutschland bei 229 kt, davon entfallen 42 kt auf EPS/XPS im Bauwesen. Bezogen auf Wärmedämmverbundsysteme fallen Deutschlandweit jährlich nur ca. 5000 m³ (100 t) beim Abbau an. Hingegen werden ca. 4.000.000 m³ neu produziert⁸⁶. Siehe auch folgende Tabelle Abb. 3-5 mit abgeschätzten Daten für Österreich, da zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Untersuchung keine Daten für Österreich verfügbar waren.

	Absatz 1960-2012	Absatz 2012	Rückbau 2012
Deutschland	90.000.000 m ³	4.000.000 m ³	5000 m ³
Österreich	18.503.626 m ³	822.383 m ³	1028 m ³

Abb. 3-5: Vergleich Abfallaufkommen in Deutschland/ Österreich an WDVS⁸⁷

⁸³ Wärmedämmverbundsystem der Fa. BASF, Styropor®, Polystyrol-Hartschaum mit einem zweilagigen Putz

⁸⁴ Fraunhofer Studie 2015.

⁸⁵ Fraunhofer Studie 2014.

⁸⁶ Vgl. Fraunhofer Studie 2014, S.38, Angaben von 2012.

⁸⁷ Eigene Darstellung [Vgl. Abfallaufkommen in Deutschland [17] und Abschätzung der Daten nach Abb. 2-24.

3.3.3 Rückbau anderer Fassadensysteme

Betrachtet man den Rückbau von Fassadendämmsystemen, die nicht zu den Standard-Wärmedämmverbundsystemen zählen, gibt es eine große Spannweite an Arbeitsaufwand beim selektiven Abbruch. Die Demontage von vorgehängt hinterlüfteten Systemen ist in der Regel einfach, da es sich meist um mechanisch befestigte Konstruktionen handelt. Die einzelnen Materialien können sortenrein getrennt werden und gezielt einer Wiederverwertung (z.B. Metalle) zugeführt werden. Die Dämmung, die bei diesen Systemen aus Mineralwolle besteht, könnte zwar als Recyclingmaterial in der Dämmstoffproduktion eingesetzt werden, jedoch wird dies aus wirtschaftlichen Gründen (Transport zum Herstellwerk) nicht umgesetzt. Die Mineralwolle wird derzeit auf Baurestmassendeponien deponiert.

In der Vergangenheit wurden im Fassadenbau auch Materialien verwendet, die heute als gesundheitsgefährdend gelten. So wurden z.B. Tafeln aus Asbestzement als Bekleidungsmaterial eingesetzt. Bei der Demontage solcher Problemstoffe sind besondere Vorschriften einzuhalten. Die Entsorgung dieser Stoffe ist unter speziellen Auflagen durchzuführen.

Ebenso wurden wärmedämmte Fassaden aus mitbetonierten und verputzten Holzwolle-Mehrschichtplatten hergestellt. Solche Sondersysteme können beim Rückbau sehr hohe Kosten verursachen, da der Arbeitsaufwand besonders hoch ist und die einzelnen Materialien nur mit großem Aufwand sortenrein trennbar sind.



Abb. 3-6: *Aufwändiger Rückbau eines Fassadensystems aus Holzwolle-Mehrschichtplatten⁸⁸*

⁸⁸ Eigene Darstellung

3.4 Algenbildung an Fassaden

Ein Algen- und Pilzwachstum kann auf fast allen Oberflächen stattfinden. Generell zählen Algen zu den ältesten Organismen der Welt, welche sich im Wasser ansiedeln. Einige Algen leben auch außerhalb vom Wasser und werden auch als „Luftalgen“ bezeichnet. Diese findet man u.a. an schattigen Felsen, auf Gesteinen und auf der Wetterseite von Baumstämmen.

Auch an Gebäuden sind Algen- und Pilzwachstum zu finden, wenn die Anforderungen an die Umgebung gegeben sind.

Pilzsporen und Algenzellen befinden sich in der normalen Umgebungsluft und werden an Staubpartikel gebunden und dadurch verbreitet. Bei günstigen Wachstumsbedingungen (Feuchtigkeit etc.) können diese zu Kolonien heranwachsen.⁸⁹

Die bauphysikalischen Zusammenhänge spielen dabei eine wesentliche Rolle. Die Ursachen-Wirkungskette in Abb. 3-7 verdeutlicht diesen Zusammenhang.

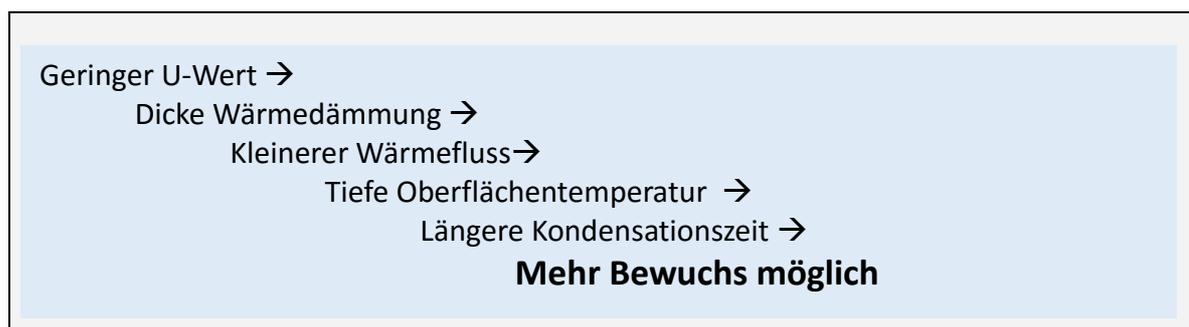


Abb. 3-7: Ursachen-Wirkungskette⁹⁰

Als erstes Glied in dieser Kette steht der geringe U-Wert. Dieser resultiert aus den Energieeinsparprogrammen. Aufgrund von steigenden energetischen Anforderungen, die sich im Laufe der Zeit stark verändert haben, siehe dazu Kap.2.3 wurde die Dicke der Wärmedämmung angepasst, um damit den Wärmedurchgang bzw. den Verlust von Heizenergie zu verringern. Aktuell werden Dämmstoffdicken von bis zu 18 cm und mehr eingebaut. Die Dämmstoffdicken haben zur Folge, dass der Wärmefluss reduziert wird und somit die Oberflächentemperatur (θ_s) sinkt. Folgende Formel 1 verdeutlicht dies.⁹¹

⁸⁹ Vgl. Büchli 2015, Sedlbauer 2004.

⁹⁰ Eigene Darstellung, Vgl. Büchli 2015, S.31.

⁹¹ Vgl. Büchli 2015, S.30.

<p>Formel 1</p> $\theta_{se} = \theta_e + \frac{R_{se}}{R} \times (\theta_i - \theta_e)$	<p>θ_{se} = Oberflächentemperatur θ_e = Außenlufttemperatur θ_i = Innenlufttemperatur R = Wärmedurchlasswiderstand</p>
--	---

Abb. 3-8: Berechnung der Oberflächentemperatur⁹²

- ➔ Bei besserem Wärmeschutz, sinkt der U-Wert und steigt der Wärmedurchlasswiderstand (R_i) linear zur Dicke der Wärmedämmung. Die Oberflächentemperatur wird verringert und kann unter den Taupunkt sinken.

Des Weiteren spielt die Exposition einer Oberfläche zum wolkenlosen Himmel eine große Rolle. Bei klarem, kaltem Nacht-Himmel strahlt eine Außenoberfläche mehr Wärme gegen die kältere Umgebung ab, somit entsteht hier ein zusätzlicher Verlust und Temperaturen unter dem Taupunkt können entstehen.

Das Vorhandensein und die Dauer einer Feuchtigkeitsbelastung sind die wesentlichen Faktoren für Bewuchs. Untersuchungen zeigen, dass es einen Zusammenhang zwischen U-Werten und Feuchtigkeitsbelastung der Außenwände gibt. Mit zunehmenden U-Wert steigt das Risiko von Tauwasser an Fassaden (Taupunktunterschreitung). Kondensationszeiten nehmen zu, sowohl kurzzeitig (nachts) als auch langfristig (im Winter). Dies führt in weiterer Folge dazu, dass sich Bewuchs, Algen und Pilze an Fassaden ansiedeln können. Auch Bepflanzungen vor Fassaden haben hierbei einen Einfluss. Sie beschatten zum einen und erzeugen zum anderen eine höhere Luftfeuchtigkeit. Weitere Einflüsse sind in diesem Zusammenhang die Nähe zum Wald, Wasserflächen, Orientierung, fehlender Wetterschutz und fehlende Abdeckungen.⁹³

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Algenbildung aufgrund von Tauwasser auf stark gedämmten Fassaden und aufgrund der geringen speicherfähigen Masse auftreten kann, da sich keine Sonnenwärme speichern lässt, es zu kälteren Wandaußenflächen besonders in der Nacht kommt und Wasser dort über einen längeren Zeitpunkt kondensieren kann. Dies bezeichnet man als den „**Tauwassereffekt**“. Die Dauer der Tauwasserbildung und die nächtliche Taupunkttemperaturunterschreitung sind ein wesentlicher Faktor für den zunehmenden Bewuchs an Fassaden.⁹⁴

⁹² Vgl. ÖNORM B 8110-2

⁹³ Vgl. Büchli 2015, S.30-45.

⁹⁴ Vgl. Sedlbauer 2004. S.6f.

3.4.1 Faktoren zur Verhinderung von Algenbewuchs

Laut diverser Literaturquellen⁹⁵ lassen sich Faktoren herausarbeiten, die den Algenbewuchs verhindern und Faktoren, die ihn begünstigen. Diese sind in der Grafik Abb. 3-9 (S.41) dargestellt und folgend beschrieben:

Konstruktiver Schutz

Da Feuchtigkeit für gute Lebensbedingungen für Bewuchs sorgt und diese ausschlaggebend für den Algenbewuchs an Fassaden ist, sind besonders gefährdete Stellen, wie Wärmebrücken oder horizontale Vorsprünge gut zu planen.

Bei fehlendem oder unzureichendem Dachüberstand wird der Bewuchs ebenso gefördert. Die Exposition zum wolkenlosen Himmel⁹⁶ spielt dabei eine große Rolle. Der Feuchteintrag von Kondenswasser und der Wärmeverlust über Nacht beeinflussen maßgeblich den Algenbewuchs.

Wasseraufnahme

Das Diffusions- und Wasseraufnahmevermögen von Oberflächenbeschichtungen spielt bei der Feuchtigkeitsansammlung an der Oberfläche eine große Rolle. Werden Putze auf kapillar saugendem Untergrund, wie Mauerwerk aufgetragen, haben sie einen geringen Feuchtigkeitsgehalt. Dies ist bei Wärmedämmverbundsystemen nicht der Fall, sie weisen einen deutlich höheren Feuchtigkeitsgehalt auf. Es werden zum Teil wasserabweisende, hydrophobe Beschichtungen verwendet, sie verhindern jedoch nicht die Bildung von Kondensat.

Strahlungseigenschaften

Die Farbe der Oberfläche hat auf Feuchtigkeitseigenschaften einen Einfluss. Dunkle Flächen erwärmen sich schneller und trocknen somit schneller als helle. Auch wird das optische Erscheinungsbild von hellen Oberflächen stärker durch Bewuchs beeinflusst, als bei dunkleren.

⁹⁵Vgl. Büchli 2015, UBA 2016, UBA Merkblätter.

⁹⁶ Vergleich nächtlicher Tauwasserniederschlag am Auto, welches im Freien abgestellt war. Zwischen Auto und Himmel besteht ein Temperaturgefälle, bei Absinken unter den Taupunkt kommt es zur Tauwasserbildung.

Speichermasse

Die thermischen Eigenschaften haben ebenfalls Einfluss auf den Feuchtigkeitshaushalt einer Oberfläche. Wird die thermische Masse⁹⁷ einer Beschichtung erhöht, z.B. durch dickschichtige Fassadenputze, Einbringung von Latentwärmespeichern (PCM⁹⁸) oder durch Zugabe von Leichtfüllstoffen, erhöht sich das Speichervermögen, mehr Wärme kann aufgenommen werden, welche dann über einen längeren Zeitraum wieder abgegeben werden kann, wodurch sich die Dauer von Taupunktunterschreitungen reduziert.

Abgesehen von der Beschichtung spielt die thermische Masse der gesamten Konstruktion eine große Rolle. Bei Wärmedämmverbundsystemen mit EPS, welche im Durchschnitt eine Dichte von 15-40 kg/m³ haben, ist die speicherfähige Masse geringer, als bei Wärmedämmverbundsystemen mit Mineralwolle mit einer durchschnittlichen Dichte von 20-200kg/m³, welches sich positiv auf die Kondensatbildung und Taupunktunterschreitung auswirkt.

Weitere Faktoren sind:

Das Alter der Fassade, die Lage bzw. das Klima in dem das Gebäude steht (Nähe zum Wald, Wasserflächen), die nähere Umgebung der Fassade (Bepflanzung und Bebauung), die Fassaden Ausrichtung, das Nutzerverhalten und der Biozideinsatz an Fassaden sind weitere Faktoren, die das Algenwachstum beeinflussen.

Da der Biozideinsatz eine wesentliche Rolle bei der Algenbildung spielt, wird dieser im folgenden Kapitel näher beschrieben.

Folgende Abbildung Abb. 3-9 zeigt zusammenfassend als Übersicht die Faktoren, die das Algenwachstum begünstigen. Gekennzeichnet werden diese mit dicken Pfeilen für einen starken Einfluss und mit dünnen Pfeilen für keinen bis geringen Einfluss.

⁹⁷ Wärmekapazität

⁹⁸ Phase Change Materials

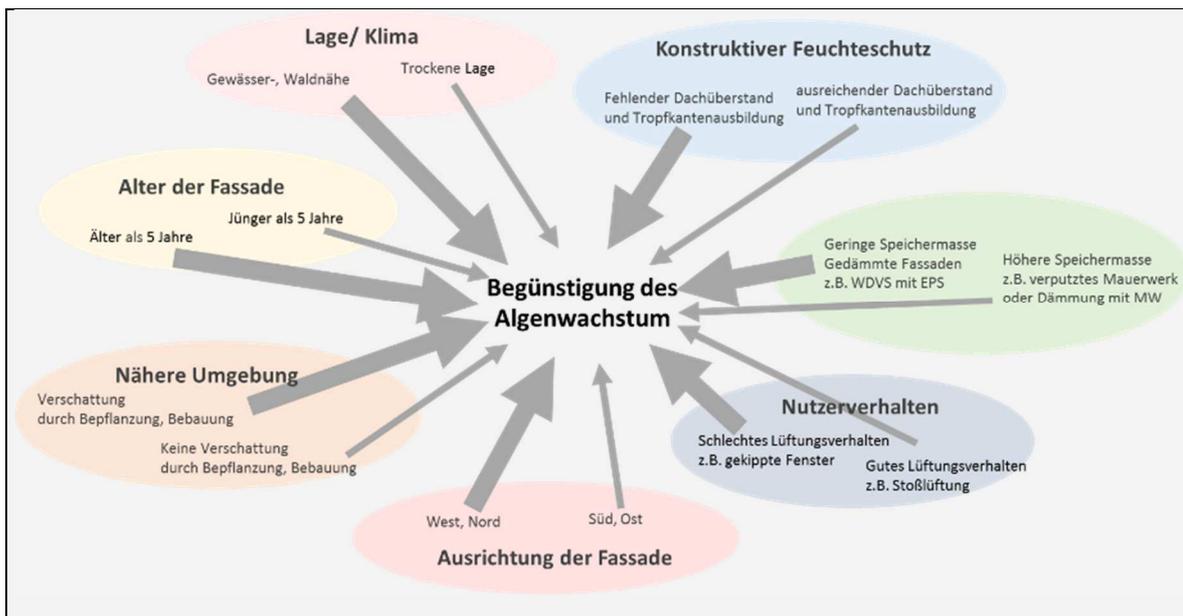


Abb. 3-9: Faktoren die das Algenwachstum begünstigen können⁹⁹

3.4.2 Fassadenschutz Biozide

Das Algen- bzw. Pilzwachstum an Fassaden ist ein generelles Problem, welches auf jeder Oberfläche (z.B. Putz-, Holz-, Glas-, Metall-, oder Kunststofffassaden) mit günstigen Wachstumsbedingungen auftreten kann. Um das Wachstum zu verhindern bzw. zu verzögern, werden Biozide¹⁰⁰ verwendet (Algizide gegen Algen bzw. Fungizide gegen Pilze). Dafür werden viele Fassadenbeschichtungen, Reinigungslösungen, Anstriche und Putze mit bioziden Wirkstoffen ausgerüstet. Das Auftreten von Bewuchs wird somit verzögert und die Reinigungs- und Wartungsintervalle einer Fassade werden verlängert. Die Wirksamkeit zwischen biozidhaltigen und biozidfreien Oberflächen lässt sich jedoch erst nach einiger Zeit feststellen. Die umwelttechnischen Nachteile sind nicht zu unterschätzen, da Regenwasser diese Biozide durch Auswaschung in den Boden bringen kann.

Biozide unterliegen der Verordnung über Biozide¹⁰¹, welche das Inverkehrbringen und die Verwendung von Biozidprodukten regelt.

⁹⁹ Eigene Darstellung mit Angaben aus Büchli 2015, UBA 2016, UBA Merkblätter.

¹⁰⁰ Definition Biozide: Chemikalien oder Mikroorganismen zur Schädlingsbekämpfung

¹⁰¹ BPR, Verordnung (EU) Nr. 528/2012

In den Merkblättern des UBA¹⁰² wird auf die Vermeidung von biozidhaltigen Produkten hingewiesen, da sich das mögliche Befallsrisiko planerisch vorbeugen oder minimieren lässt (z.B. durch konstruktive Schutzmaßnahmen). Sollten wiederum doch biozidhaltige Produkte zur Anwendung kommen, können diese einen Befall nicht verhindern sondern nur verzögern. Eine Ausführung wird daher nur durch Fachleute empfohlen. Bei Beschichtungen werden verkapselte Biozide empfohlen.

Das Schweizer Institut Eawag hat im Rahmen eines Forschungsprojekts „Urbic“ zusammen mit Empa-Materialforschern nachgewiesen, dass es zu Auswaschungen von Bioziden aus Gebäudefassaden kommt. Laut dieser Schweizer Studien wird der jährlichen Verbrauch in der Schweiz an Bioziden in kunststoffgebunden Putzen und Farben auf 60-300 t geschätzt.¹⁰³ Nach diesen Studien muss der Einbau von Bioziden überdacht werden. Anstatt auf Garantieleistungen zu bestehen, welche die Hersteller zum vermehrten Einsatz von Bioziden zwingt, können viele Probleme an Fassaden auch ohne Biozide vermieden werden, wie z.B. mit konstruktiven Feuchteschutzmaßnahmen oder mit Pflegemaßnahmen (Fassadenreinigung, Zurückschneiden von Baumbewuchs etc).

Laut der Studie der Hochschule für Technik Rapperswil werden seit 2001 Biozide auch verkapselt eingesetzt. Die hohe Auswaschung kann durch die Verkapselung reduziert werden, abhängig von dem Wirkstoff, der Verkapselungstechnologie und der Farb-/Putzmatrix.¹⁰⁴ Die Biozidkonzentration lässt sich so in manchen Produkten herabsetzen oder bei gleicher Dosierung über einen längeren Zeitraum einsetzen. Die bioziden Wirkstoffe werden in eine organische Polymermatrix eingebettet. Die Mikrokapseln haben einen Durchmesser von 10-20 µm. Die Freisetzung erfolgt diffusionskontrolliert, wodurch die hohe Auswaschung bei ersten Regenereignissen herabgesetzt wird.¹⁰⁵

Die Studie des Fraunhofer Instituts über die Dauerhaftigkeit von freien vs. verkapselten Wirkstoffen zeigt, dass die sog. Anfangsauswaschung (Auswaschung beim ersten Schlagregenereignis) mit höchsten Wirkstoffkonzentrationen im Ablaufwasser, eine hohe Bedeutung hat. Kommen

¹⁰² Vgl. UBA Merkblätter.

¹⁰³ Vgl. Burkhardt 2009.

¹⁰⁴ Vgl. Burkhardt 2011.

¹⁰⁵ Vgl. Bauphysik 2015.

verkapselte Systeme zu Einsatz, zeigen diese deutlich geringere Austräge als die frei vorliegenden Wirkstoffe.¹⁰⁶

In einer Studie des Umweltbundesamtes in Deutschland¹⁰⁷ wird aufgrund von Umweltschutz- und Nachhaltigkeitsaspekten der Einsatz von biozidfreien Komponenten untersucht. In dem Projekt werden grundlegende Informationen erarbeitet, um einen pauschalen Einsatz von Bioziden zu vermeiden und fallbezogene Lösungsansätze zu geben. Darauf aufbauend wird eine Entscheidungshilfe für den Einsatz von biozidfreien Produkten erarbeitet.

Jedoch kann abschließend festgestellt werden, dass es wenige Angaben darüber gibt, in welchen Mengen, mit biozidhaltigen Stoffen gearbeitet wird. Eine weitere Studie des Umweltbundesamtes¹⁰⁸ soll darüber Aufschluss geben.

3.4.3 Flammschutz HBCD

HBCD (Hexabromcyclododecan) ist ein polybromierter Kohlenwasserstoff, der aufgrund seiner technischen Eigenschaften als weitverbreitetes Flammschutzmittel besonders in Kunststoffen dient. HBCD wurde vorwiegend in Polystyrolprodukten (EPS- expandierten und XPS- extrudierten Polystyrol) eingesetzt. Der Stoff verzögert die Entzündung von Kunststoffen und verlangsamt die Ausbreitung der Flammen.¹⁰⁹

In Deutschland wurden seit Einführung von Wärmedämmverbundsystemen von 1960 bis 2012 ca. 900.000.000 m² Wärmedämmverbundsysteme (720.000.000 m² EPS¹¹⁰) in Neubau und Sanierung verlegt. Dabei wurden ca. 5000 kt EPS im Bausektor verwendet und ca. 35 kt an HBCD¹¹¹. Auf Österreich bezogen, sind dies nach Abschätzungen aus Abb. 2-24 7,2 kt HBCD in den Jahren 1960 - 2012.

¹⁰⁶ Vgl. Bauphysik 2012.

¹⁰⁷ UBA 2016.

¹⁰⁸ Studie: Reduzierung der Umweltrisiken durch den Gebrauch von Bioziden: Umweltverträgliche Nutzung von Desinfektionsmitteln, Mauerschutzmitteln und Rodentiziden.

¹⁰⁹ Vgl. HBCD 2016.

¹¹⁰ Anteil EPS an Wärmedämmverbundsystemen ca. 80%

¹¹¹ Vgl. UBA 2016, S.37.

Laut der Europäischen Chemikalienagentur ECHA wurden allein im Jahr 2006 in Europa jährlich ca. 12 kt HBCD eingesetzt¹¹².

Gemäß der europäischen Chemikalienverordnung REACH¹¹³ wurde HBCD für EPS-Dämmstoffe ab dem 21. August 2015 verboten. Laut Einschätzung des UN-Umweltprogramms und der Stockholmer Konvention wurde HBCD bereits 2013 als persistente, schwer biologisch abbaubare organische Substanz (POP¹¹⁴) identifiziert. HBCD ist im Anhang XIV der REACH-Verordnung „Verzeichnis der zulassungspflichtigen Stoffe“ gelistet (siehe Abb. 3-10).

Anhang XIV der REACH-Verordnung (Stand: 14.08.2014)					
Verordnung (EU) Nr. 143/2011: Anhang XIV der REACH-Verordnung vom 17. Februar 2011 und Berichtigung dieser Verordnung vom 24.2.201 Verordnung (EU) Nr. 125/2012: Änderung des Anhang XIV der REACH-Verordnung vom 14. Februar 2012, Verordnung (EU) Nr. 348/2013 von Verordnung (EU) Nr. 895/2014 vom 14.08.2014					
Zulassungspflichtige Stoffe					
Eintrag Nr.	Stoff	Inhärente Eigenschaft (en) nach Artikel 57	Antragsschluss (¹)	Ablauftermin (²)	Ausgenommene Verwendungen oder Verwendungskategorien
1.	5-tert-Butyl-2,4,6- trinitro-m-xylol (Moschus-Xylol) EG-Nr.: 201-329-4 CAS-Nr.: 81-15-2	vPvB	21. Februar 2013	21. August 2014	-
2.	4,4'-Diaminodiphenylmethan (MDA) EG-Nr.: 202-974-4 CAS-Nr.: 101-77-9	Krebserzeugend (Kategorie 1B)	21. Februar 2013	21. August 2014	-
3.	Hexabromcyclododekan (HBCDD)	PBT	21. Februar 2014	21. August 2015	-

Abb. 3-10: Auszug Anhang XIV der REACH Verordnung¹¹⁵

Eine Verwendung ab diesem Zeitpunkt kann nur mit einer Autorisierung/ Zulassung erfolgen. Ein Verbot für alle Bereiche, in denen HBCD eingesetzt wird, ist in Kürze zu erwarten.

Viele Hersteller bieten bereits seit Mitte 2014 parallel Dämmstoffe mit einem neuen alternativen Flammenschutzmittel und spezieller Kennzeichnung an, um Verwechslungen mit HBCD-haltigen Dämmstoffen auszuschließen. Für den Einsatz in EPS-Dämmstoffen wird ein Ersatzstoff (bromiertes Polymer), ein alternatives Flammenschutzmittel, verwendet, welches weder persistent, bioakkumulierbar noch toxisch im Sinne der europäischen REACH-Verordnung und der weltweiten POP-Liste der Stockholmer Konvention ist. Des Weiteren wird empfohlen, mineralische Dämmstoffe aus z.B. Mineralwolle oder Schaumglas zu verwenden bzw. Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen z.B. Holzfaserdämmplatten, Hanf.¹¹⁶

¹¹² Vgl. Europäische Chemikalienagentur ECHA [18]

¹¹³ Die Verordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH-Verordnung (EG) Nr.1906/2007)

¹¹⁴ Persistent Organic Pollutant

¹¹⁵ Vgl. Anhang XIV der REACH-Verordnung [19]

¹¹⁶ Vgl. HBCD 2016.

Durch das bisher verwendete HBCD sind die Recyclingmöglichkeiten jedoch sehr beschränkt und als erste Wahl bei einer Verwertung von WDVS steht die energetische Verwertung. Daher wird eine Aufdoppelung von alten WDV-Systemen empfohlen, wobei jedoch nur eine Verschiebung des Zeitpunktes für den Abbruch/das Recycling erreicht wird.

3.5 Mängel und Schäden an Fassaden

Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik hat eine Langzeitstudie von 1975 bis 2004 zur Untersuchung des Langzeitverhaltens von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) durchgeführt¹¹⁷. Eine Vielzahl von Objekten wurde dabei regelmäßig optisch begutachtet und bezüglich ihres Alterungsverhaltens bewertet.

Zusammenfassend kommt diese Studie zu dem Schluss, dass viele Systeme, die keiner Renovierung (Anstrich) unterzogen wurden, keine technischen Mängel, jedoch deutlich Spuren von Verschmutzung, Abzeichnung der Dämmplatten (Dübel, Stöße) und Verwitterung aufweisen.

Eine der Kernaussagen ist, dass Wartungsaufwand und Wartungshäufigkeit bei WDVS den von konventionellen Wandbildnern mit Putz entspricht. Dies gilt auch für die Dauerhaftigkeit insgesamt. Hinsichtlich der Renovierungshäufigkeit ergab die Studie eine mittlere Lebensdauer von 20 Jahren.

Die Ursachen für Mängel an Fassaden werden laut Fraunhofer Institut wie folgt aufgeführt¹¹⁸:

- Art der Ausführung
- mechanische/ klimatische Einwirkungen
- Alterung
- Putzeigenschaften
- Ecken/Randeffekt
- Feuchtigkeit
- Unebene Putzoberflächen

In der Studie des Umweltbundesamtes¹¹⁹ wird auf die Studie des Fraunhofer Instituts Bezug genommen und durch mehrere Literaturbeiträge bewertet. Demnach spielt das Algenwachstum bei älteren Systemen (Dämmstoffdicken < 4 cm) keine Rolle. Vor Mitte der 90er Jahre wird das Thema Befall durch Mikroorganismen kaum thematisiert.

Das plötzliche Auftreten wird in Zusammenhang mit den zunehmenden Dämmstoffdicken (von vorher 5 bis 10 auf 15 cm und mehr) gesehen.

¹¹⁷ Fraunhofer Studie 2015.

¹¹⁸ Vgl. Fraunhofer Studie 2015, S.42.

¹¹⁹ UBA 2016.

Auch wird das Algenwachstum mit der Luftqualität in Verbindung gebracht. War in früheren Jahren eine Reinigung/ Renovierung nach 10 bis 20 Jahren notwendig, aufgrund des sehr langsamen Algenwachstums¹²⁰, ist heutzutage im schlechtesten Fall von 2 bis 4 Jahren auszugehen.¹²¹

Das Thema der Ausbleichung von WDVS-Fassaden ist neben dem optischen Mangel des Algenbewuchses auch von großer Bedeutung.

Besonders bei Fassaden mit roten Pigmenten wird dieses Problem sichtbar. Folgende Abb. 3-11 zeigt den Farbunterschied einer Fassade mit Baujahr 2007 nach 9 Jahren nach Demontage eines Schildes.



Abb. 3-11: *Ausbleichung einer Fassade*¹²²

Des Weiteren können auch Schäden bzw. Materialzerstörungen durch Schadinsekten (z.B. Ameisen) verursacht werden. Diese bieten meist einen Anhaltspunkt für einen Feuchteschaden. Aus hygienischen Gründen sollte jedem Insektenbefall nachgegangen werden. Einige Ameisenarten können z.B. starke Schäden an Holzbalken oder Dämmmaterialien verursachen (vgl. Abb. 3-12).¹²³

¹²⁰ Schwefeldioxidhaltige Luft (biozid wirkend)

¹²¹ Vgl. UBA 2016, S.53.

¹²² Eigene Darstellung

¹²³ Vgl. Tewinkel 2016.



Abb. 3-12: Schadensbild durch Insekten¹²⁴

Weitere Angaben über Mängel und Schäden an Fassaden wurden in der Diplomarbeit Nutzung und Rückbau von Fassadensystemen- Wärmedämm-Verbundsystem behandelt¹²⁵.

In Zusammenarbeit mit der Wirtschaftskammer Österreich (WKO) und dem Institut für Bauschadensforschung (IBF) ist der Österreichische Bauschadensbericht 4- Teil 1: WDVS-Fassaden (2011)¹²⁶ entstanden. Inhalt des Berichtes sind die Schadensursachen bei WDVS- und Putzfassaden. Mit dem Bauschadensbericht sollen die Erkenntnisse aus der Forschung den Anwendern in der Praxis zugänglich gemacht werden.

¹²⁴ Darstellung von BM Pfleger

¹²⁵ Vgl. Janschek 2011.

¹²⁶ Bauschadensbericht 2011.

3.6 Wartung und Pflege von Fassaden

Regelmäßiges Warten und Pflegen verlängert die Lebensdauer einer Fassade. Die Bausubstanz sowie die Repräsentanz einer Fassade bleiben somit lang erhalten. Dies schließt den regelmäßigen Unterhalt von Fassadenoberflächen mit ein, zum einen aus optischen und hygienischen aber auch aus technischen Gründen.

In den Verarbeitungsrichtlinien (siehe Kap.3.2) und Leitfäden für Wärmedämmverbundsysteme, wird auch die Pflege und Wartung behandelt. Diese werden von Wärmedämmverbundsystem-Herstellern und von den Fachverbänden herausgegeben.

Die **WTA- wissenschaftlich technische Arbeitsgemeinschaft** für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. besteht seit 40 Jahren. Der internationale Verein hat sich zum Ziel gesetzt, die Forschung und deren praktische Anwendung auf dem Gebiet der Bauwerkserhaltung und der Denkmalpflege zu fördern und praktische Erfahrungen zu verarbeiten und nutzbar zu machen, um so die Anwendung neuer Erkenntnisse und moderner Technologien zu beschleunigen.¹²⁷ Das WTA Merkblatt¹²⁸ „Wärmedämm-Verbundsysteme, Wartung, Instandsetzung, Verbesserung“ beschreibt Maßnahmen jeweils für den Anwendungsfall bezogen und gibt mit Bestandserfassungsbögen¹²⁹ und Inspektionsbögen¹³⁰ im Anhang des Merkblattes eine Hilfestellung bei der Wartung/Erfassung von vorhandenen Wärmedämmverbundsystemen.

In dem Merkblatt Pflege und Wartung von Wärmedämmverbundsystemen der Qualitätsgruppe Wärmedämmverbundsysteme werden ebenso Empfehlungen gegeben.¹³¹ Jedoch sind in vielen Leitfäden keine Angaben über konkrete Zeiträume bzw. Intervalle von Wartung bzw. Reinigungsmaßnahmen beschrieben.

Tipps und Pflegehinweise für WDVS-Fassaden werden z.B. vom Bundesverband Farbe Gestaltung Bautenschutz (BV-Farbe) herausgegeben¹³² ebenso ein Instandhaltungsleitfaden.¹³³ Darin wird empfohlen, Fassaden in regelmäßigen Abständen zu inspizieren. Spätestens nach zwei Jahren sollte eine Erstinspektion erfolgen, weitere Inspektionen sollten in einem fünf Jahres Intervall bei geschützten Oberflächen erfolgen bzw. zwei Jahre bei nicht geschützten Oberflächen.

¹²⁷ Vgl. WTA- wissenschaftlich technische Arbeitsgemeinschaft [20]

¹²⁸ Vgl. WTA Merkblatt

¹²⁹ Vgl. Bestandserfassungsbögen [21]

¹³⁰ Vgl. Inspektionsbögen [22]

¹³¹ Vgl. Qualitätsgruppe Wärmedämmsysteme: Merkblätter [14]

¹³² Vgl. Merkblatt Pflege [23]

¹³³ Vgl. Instandhaltungsleitfaden 2013.

Dies bezieht u.a. das Reinigen bei Staubablagerungen und erstem Algen- und Pilzbewuchs mit ein, sowie das Freihalten und Reinigen von Dachrinnen. Ebenso ist die Bepflanzung in der näheren Umgebung von betroffener Oberflächen regelmäßig zurückzuschneiden.¹³⁴

Was ist zu inspizieren:

- Fassadenoberfläche
- Schmutzablagerungen (Fensterbank, Brüstung...)
- Dachrinnen
- Sockel
- Schneeräumung (Streusalz)

Benötigte Hilfsmittel:

- Gerüst
- Arbeitsbühne
- Leiter
- Fassadenkletterer

Anforderungen an die Zugänglichkeit und Erreichbarkeit:

- Ausschlaggebendes Kriterium für den Reinigungsaufwand und somit für die Kosten der Reinigung ist die Zugänglichkeit und Erreichbarkeit des Objektes bzw. der Oberfläche.
- Bei WDVS Fassaden ist ein Gerüst unabdingbar. Um Absätze zu vermeiden, muss ein nass in nass arbeiten gewährleistet werden.
- Die Zugänglichkeit bei der Außenreinigung für Arbeitsbühnen muss gegeben sein, wenn Reinigungsarbeiten in hoher Höhe durchzuführen sind und sie nicht anderwärtig, durch die Aufstellung eines Gerüsts, ausgeführt werden können.
- Werte für Bodenpressungen müssen beachtet werden. Meist ist die zulässige Bodenpressung nicht für den Druck einer Arbeitsbühne ausgelegt und es kann nur anderwärtig gereinigt werden.
- Feststehende Bühnen können eine höhere Stützkraft mit Unterlegplatten unter den Stützen erreichen, sie sind aber unflexibler im Einsatz.
- Des Weiteren lassen sich nicht alle Arbeitsbühnen standsicher im Gefälle aufbauen.
- Der erhöhte Platzbedarf für Arbeitsbühnen ist zu berücksichtigen. Dabei sind Durchfahrtshöhen, Aufstellbreiten und Absperrungen zu beachten.

¹³⁴ Vgl. Merkblätter UBA

- Bei Benutzung von öffentlichen Verkehrsflächen (Gehwegen, Straßen, Plätzen) muss beachtet werden, dass zusätzliche Kosten für die Genehmigung und Sicherung entstehen.
- Sofern keine Möglichkeiten für das Reinigen in hoher Höhe gefunden werden, bleibt als letzte Möglichkeit der Einsatz von Fassadenkletterern, welche aufgrund einer speziellen Ausbildung und erhöhten Sicherheitsbedingungen einen größeren Kostenanteil ausmachen.

Weitere Möglichkeiten der Reinigung bzw. Algenentfernung neben einem Neuanstrich:

Es gibt Anbieter, welche sich auf die Entfernung von Algen spezialisiert haben. Die Reinigung besteht meist aus drei Arbeitsschritten. Der Vorbehandlung, das Abspülen und das Auftragen des Fassadenschutzes auf die Oberfläche.¹³⁵

Im Vorfeld ist jedoch abzuklären, welche Reinigungszusätze verwendet werden, ob diese Schädigungen an Teilen der Fassade (Sonnenschutz und Verglasung) hervorrufen und wie diese geschützt werden müssen.

So wie auch beim Ersteintrag von Fassadenbeschichtungen zum Schutz vor Algiziden, welche nach einer gewissen Zeit ausgewaschen werden, muss auch bei dieser Variante der Vorgang in regelmäßigen Abständen wiederholt werden, um die Fassade frei von Bewuchs zu halten. Nicht zu unterschätzen sind dabei die umwelttechnischen Nachteile. Mehr zum Thema Fassadenschutz bzw. Biozide siehe Kap.3.4.2.

¹³⁵ Vgl. Algenmax [24]

4 Untersuchung und Auswertung

4.1 Ablauf

In Zusammenarbeit mit der Wirtschaftskammer Steiermark, Landesinnung Bau (WKO) und verschiedenen Wohnbauträgern wurde eine systematische Erfassung von unterschiedlichen Fassaden einer Vielzahl von Objekten vorgenommen.

Die uns zur Verfügung gestellten Objekte, an mehreren Standorten in der Steiermark, wurden hinsichtlich der Standortdaten, Gebäudedaten und Fassadendaten untersucht und bewertet.

Zur Feststellung des Zustandes der Fassaden wurden nur zerstörungsfreie Methoden angewendet, hauptsächlich die optische Inspektion, Wärmebildaufnahmen¹³⁶ und vereinzelt kapazitive Feuchtemesstechnik. Anzumerken ist, dass es sich bei dieser Studie um eine Momentaufnahme handelt, die nur den Zustand zum Zeitpunkt der Begehung dokumentieren kann. Dabei kann weder festgestellt werden, wie lange sich die jeweilige Fassade bereits in diesem Zustand befindet, noch kann eine zukünftige Entwicklung des Fassadenzustandes vorhergesagt werden.

Alle untersuchten Fassaden befanden sich zur Zeit der Untersuchungen im Originalzustand, ebenso wurden keine Reinigungsarbeiten durchgeführt.

Die Erfassung fand im Februar 2016 jeweils in den frühen Morgenstunden statt, um niedrigere Temperaturen möglichst unter dem Nullpunkt zu gewährleisten, welche für aussagekräftige Wärmebildaufnahmen notwendig sind.

An dieser Stelle möchten wir uns bei den Wohnbauträgern für ihre Zusammenarbeit bedanken. Die zur Verfügung gestellten Daten der einzelnen Wohnbauträger waren von unterschiedlicher Qualität, in manchen Bereichen lagen keine detaillierten Angaben vor, z.B. ob in den Beschichtungen Algizide eingesetzt wurden. Ebenso konnte der exakte Herstellungszeitraum nicht mehr nachvollzogen werden.

Dargestellte Bilder und Grafiken in diesem Kapitel sind eigene Darstellungen.

¹³⁶ Infrarot (IR) Aufnahmen

4.2 Auswahl von Bestandsfassaden

Die Auswahl der Objekte ist repräsentativ für den gesamten Gebäudebestand, d.h. es wurden Objekte ausgewählt mit Mängeln- wie z.B. Verschmutzungen/ Risse etc., Objekte mit konstruktiven Besonderheiten- wie z.B. Dachüberständen/ fehlende Dachüberstände etc., Objekte an unterschiedlichen klimatischen Standorten- wie z.B. städtische Lage/ Waldrand etc. sowie Objekte mit besonderen Beschattungssituationen- wie z.B. nahestehende Baumbepflanzung etc.

Folgende Kriterien für die Auswahl der Objekte wurden herangezogen:

- Gebäude im Wohnbau
- Fassadensystem (Verbundfassade/ Vorgehängt hinterlüftete Fassade))
- Dämmstoffdicke variabel –Stand der Technik
- Bestandsgebäude (Neubau oder Sanierung, Standzeit der Fassade mind. 3 Jahre)
- Dokumentation über die Bauzeit und verwendeten Bauprodukte
- Dokumentation über die Nutzungszeit

Für eine qualitative Auswertung sollte eine Vielzahl von Objekten herangezogen werden, aus der eine repräsentative Auswahl getroffen wurde. Diese Auswahl beinhaltet insgesamt 31 Standorte in der Steiermark mit 93 Objekten. An einigen Objekten sind unterschiedliche Fassaden eingesetzt worden, weshalb in Summe 106 Fassaden zur Begutachtung zur Verfügung standen. Folgende Abbildung Abb. 4-1 zeigt die Übersicht der Objekte.

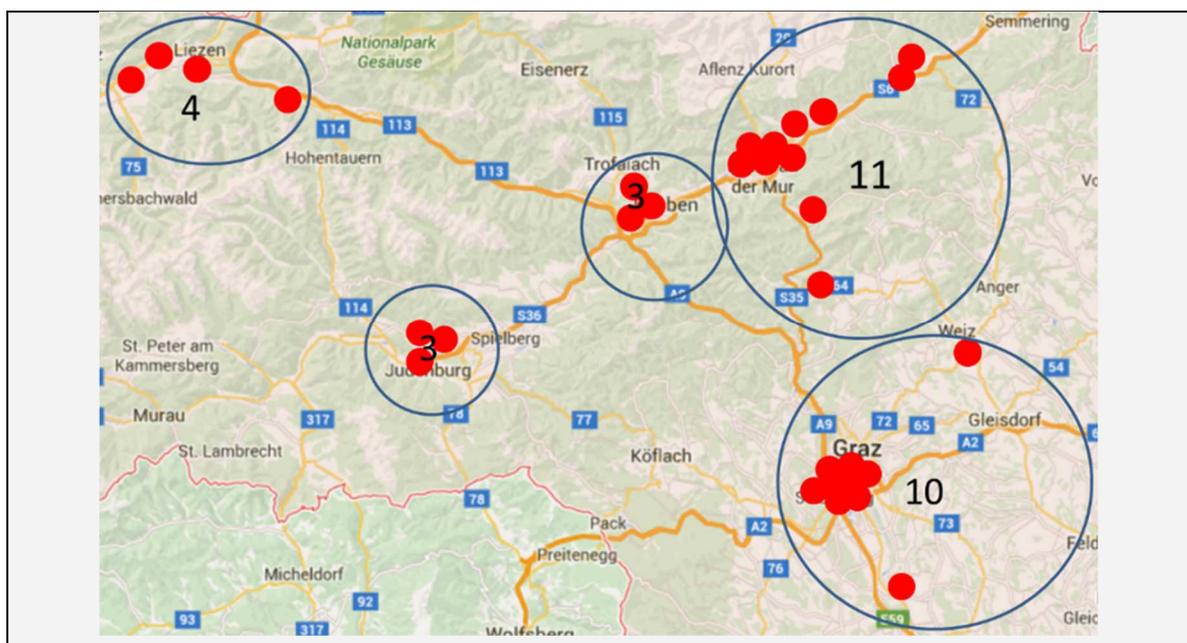


Abb. 4-1: Objektstandorte

Das Herstellungsjahr der Fassaden von den untersuchten Objekten reicht von 1997 bis 2013
(siehe Abb. 4-2) und kann in folgende Haupt-Gruppen eingeteilt werden:

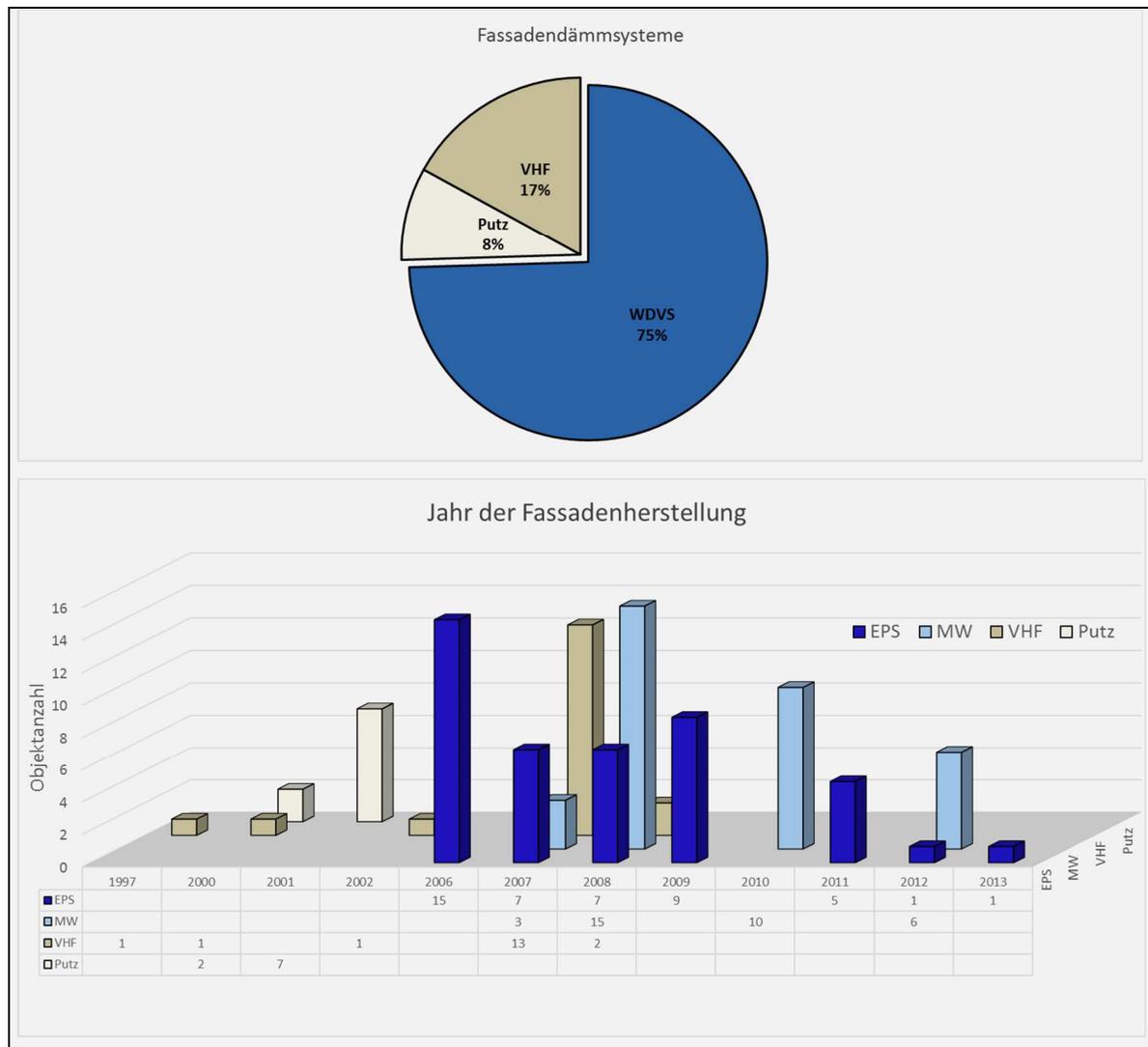


Abb. 4-2: Einteilung der untersuchten Fassaden

Die Putz-Fassaden auf monolithischen Mauerwerk machen bei der Untersuchung einen sehr geringen Teil aus. Dies ist darauf zurückzuführen, dass durch die gestiegenen wärmetechnischen Anforderungen das Erreichen des geforderten Heizwärmebedarfes mit dieser Wandkonstruktion zunehmend schwieriger wird. Bei den ausgewählten Objekten wurden seit 2001 keine derartigen Konstruktionen ausgeführt. Daher wird diese Art der Fassadenkonstruktion nicht weiter vertieft untersucht.

Neben dem Herstellungsjahr der Fassade und dem Fassadendämmsystem wurden die Objekte nach Neubau- oder Sanierungsbauten eingestuft und die Dämmstoffdicken aufgenommen, wie folgende Übersichtstabelle Abb. 4-3 zeigt:

Objekt Nr.	Rohbau		Fassadensystem	WDVS Dämmstoff- dicke in cm	VHF Dämmstoff- dicke in cm	Sanierung (S)/ Neubau (N)	Fassaden- Baujahr
1	massiv	30 HLZ	WDVS-EPS	10	-	S	2013
2	massiv	k.A.	WDVS-EPS	12	-	N	2006
3	massiv	k.A.	WDVS-MW	15	-	N	2010
4	massiv	38 HLZ	WDVS-MW	10	-	S	2012
5	Massiv	25 HLZ	WDVS-EPS	14	-	N	2008
6	Holz	16 Holzriegel	VHF/WDVS-MW	18	16	N	2007
7	Holz	16 Holzriegel	VHF	-	16	N	2007
8	Massiv	25 HLZ	VHF/WDVS-EPS	14	8	N	2008
9	Massiv	38 HLZ	VHF	-	8	N	2000
10	Massiv	25 HLZ	WDVS-EPS	12	-	N	2008
	Massiv	25 HLZ	WDVS-EPS	12	-	N	2006
11	Holz	KLH	VHF	-	8	N	2002
12	Massiv	38 HLZ	Putz	-	-	N	2000
13	Holz	16 Holzriegel	WDVS-EPS	14	-	N	2008
14	Massiv	25 HLZ	WDVS-EPS	14	-	N	2009
15	Massiv	Mantelbeton	VHF	-	8	S	1997
16	Massiv	Mantelbeton	WDVS-EPS	12	-	S	2008
17	Massiv	38 HLZ	Putz	-	-	N	2001
18	Massiv	38 HLZ	Putz	-	-	N	2001
19	Massiv	38 HLZ	Putz	-	-	N	2001
20	Massiv	25 HLZ	WDVS-EPS	14	-	N	2009
21	Massiv	Mantelbeton	WDVS-EPS	16	-	S	2012
22	Holz	Holzriegel	VHF/WDVS-EPS	12	16	N	2007
23	Zubau	massiv	WDVS-EPS	14	-	N	2011
24	Massiv	25 HLZ	WDVS-EPS	10	-	N	2006
25	Massiv	25 HLZ	WDVS-EPS	12	-	N	2006
26	massiv	k.A.	WDVS-MW	16	-	N	2010
27	massiv	25 HLZ	WDVS-MW	8	-	S	2008
	massiv	25 HLZ	WDVS-MW	10	-	S	2012
28	massiv	30 massiv	WDVS-MW	10	-	S	2010
29	massiv	massiv	WDVS-MW	10	-	S	2010
30	massiv	k.A.	WDVS-EPS	12	-	N	2005
31	massiv	k.A.	WDVS-EPS	14	-	N	2011

WDVS- Wärmedämmverbundsystem, EPS- Expandiertes Polystyrol, MW- Mineralwolle, VHF- Vorgehängt hinterlüftete Fassade, HLZ- Hochlochziegel, k.A.- keine Angabe

Abb. 4-3: Übersichtstabelle der untersuchten Objekte

4.3 Beurteilungsmatrix

Vor dem Hintergrund eine realitätsnahe Einschätzung der Nutzungsdauer sowie eine Abschätzung des zeitlichen Abstands notwendiger Reinigungs- und Sanierungsmaßnahmen vornehmen zu können, wurde eine Beurteilungsmatrix erarbeitet. Abbildung Abb. 4-4 zeigt einen Auszug aus der Beurteilungsmatrix.

Es wurden zunächst die allgemeinen Daten eines Objektes aufgenommen, wie Standortdaten und Gebäudedaten. In einem weiteren Schritt wurden die Informationen zur Fassade aufgenommen, welche die Konstruktion des Rohbaus und der Fassade beinhaltet, sowie die konstruktiven Schutzeinrichtungen, Erfassung der näheren Umgebung und Instandhaltungsparameter. Abschließend wurde in der Beurteilungsmatrix eine Fotodokumentation zur Zustandserfassung erstellt. Die vollständige Beurteilungsmatrix, die als Grundlage der Untersuchungen angewendet wurde, ist dem Anhang zu entnehmen.

Fassadensysteme im Fokus der Lebenszyklusbetrachtung		FH JOANNEUM Bauplanung und Bauwirtschaft	
Beurteilungsmatrix - Fassade			
Konstruktiver Schutz	Dachüberstand	teilw.	0m + 0,5m
	Horizontalabdeckungen		
	Wasserführung/ -ableitung		
	Tropfkanten		
	Spritzwasserbereich/ Sockel	x	
	Traufpflaster	Beton	
Nähere Umgebung	Bepflanzung (1-3)	1	
	Bebauung (1-3)	1	
	Beschattung (1-3)	1	
Instandhaltung			
Zustandserfassung	Verschmutzung	1- 2	ohne Dachüberstand
	mikrobiol. Befall	1- 2	
	mechan. Beschädigungen	-	
	Risse	-	
	Ausbleichen	-	
	Abkreiden	-	
	Dämmplattenabzeichnung	1	
	Dübelabzeichnung	-	

Abb. 4-4: Auszug Beurteilungsmatrix einer Fassade

4.4 Auswertung und Ergebnisse

Neben den Faktoren, die den Zustand der Fassade und somit die Nutzungsdauer beeinflussen, z.B. das Klima, die Lage, die Ausrichtung und die Nutzung, zählt die Art der Konstruktion (WDVS mit EPS/ MW, vorgehängte Systeme etc.) mit nicht angepassten Detailausbildungen und deren Ausführung zu den wesentlichen Ursachen für einen hohen Verschmutzungsgrad mit Algen- und Pilzbewuchs. Da der überwiegende Anteil der untersuchten Fassaden der Konstruktion WDVS zuzuordnen ist, wurde der Schwerpunkt der folgenden Auswertungen auf WDVS gelegt und diese vertieft untersucht.

4.4.1 Dämmstoffdicken

Bei den Untersuchungen wurden folgende Dämmstoffdicken festgestellt (siehe Abb. 4-5):

Bei Dämmsystemen mit EPS wurden zum Großteil Dämmstoffdicken von 12 oder 14 cm verwendet, währenddessen Dämmsysteme mit MW zum Großteil Dämmstoffdicken von 8 oder 10 cm verwendeten. Bei vorgehängt hinterlüfteten Fassaden wurden Dämmstoffe mit den Dicken 8 oder 16 cm eingesetzt.

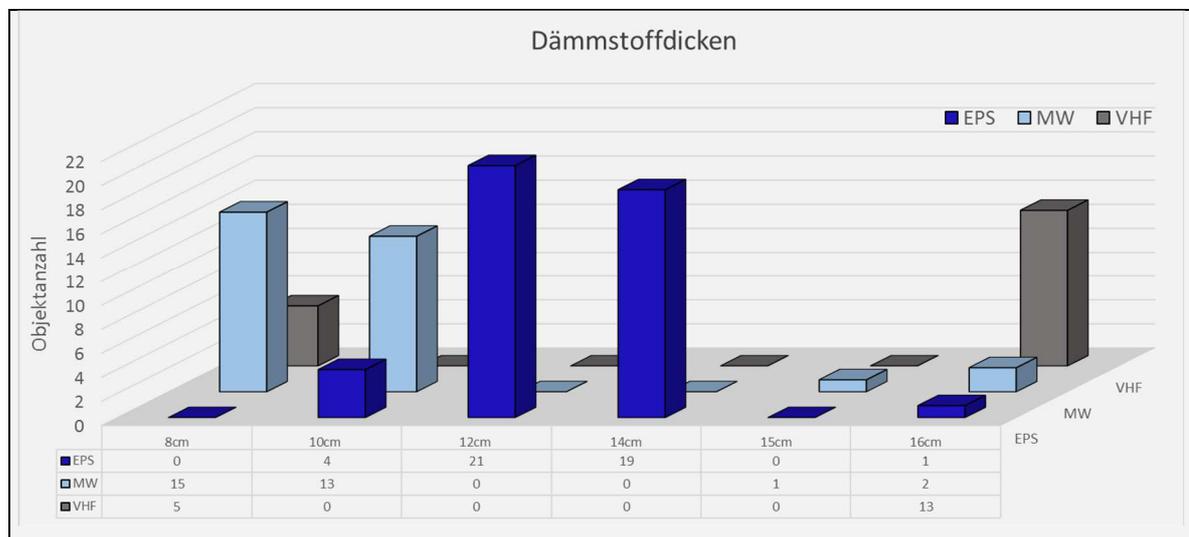


Abb. 4-5: Übersicht der Objekte - Dämmstoffdicken

Für die Gebäude mit WDVS mit EPS Dämmungen wurden die Dämmstoffdicken nach dem Jahr der Fassadenerrichtung dargestellt. Siehe Abb. 4-6.

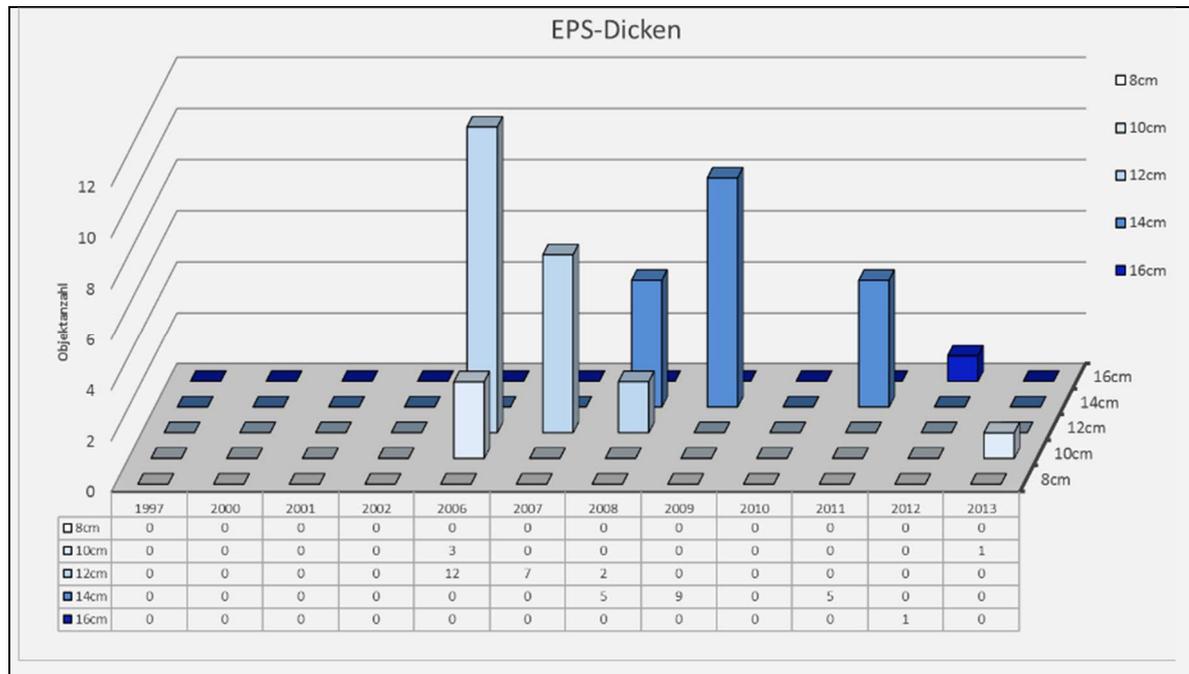


Abb. 4-6: Übersicht der Objekte – Dämmstoffdicken EPS

4.4.2 Ausführungsmängel

Direkte Ausführungsmängel konnten bei den Untersuchungen wenig festgestellt werden. Hingegen wurden teils sehr starke Verunreinigungen und Veralgungen an den Fassaden festgestellt.

Das optische Erscheinungsbild dieser Fassaden macht eine Reinigung/ Überarbeitung bereits nach wenigen Jahren notwendig, der technische Zustand ist jedoch noch gewährleistet.

Im Bereich der WDVS wurden nur bei wenigen Objekten Mängel festgestellt, die auf eine fehlerhafte Ausführung schließen lassen.

Gespräche mit den Wohnbauträgern in dieser Untersuchung haben ergeben, dass die Einhaltung der Verarbeitungsrichtlinien bei der Herstellung der Fassaden durch fachlich kompetente Mitarbeiter überwacht wird und auch teilweise mittels Bauteilöffnungen kontrolliert wird. So wird z.B. die Dicke der Spachtelung, die Lage der Bewehrungseinlage, der Diagonalebewehrung etc. überprüft. Somit ist bei den untersuchten Fassaden davon auszugehen, dass die jeweils gültigen Verarbeitungsrichtlinien eingehalten wurden, wodurch auch wenige Ausführungsmängel festgestellt werden konnten. Nur bei wenigen Objekten sind bei den Infrarot Aufnahmen vereinzelt Dämmplattenstöße und Dübelabzeichnungen feststellbar (Siehe Abb. 4-7).

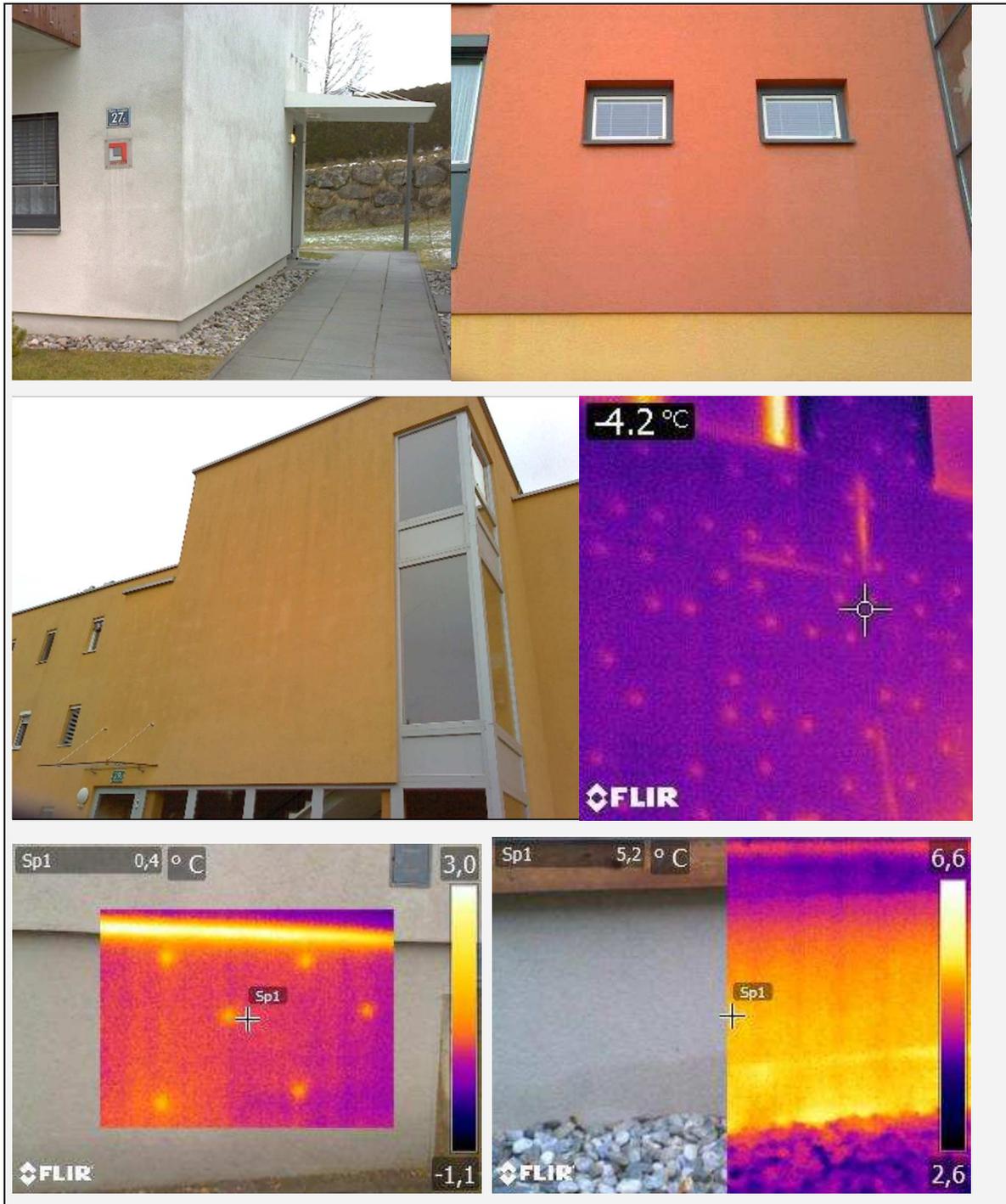


Abb. 4-7: Dämmplattenabzeichnung, Plattenstöße, Ausbleichungen

4.4.3 Typische Mängel- und Schadensbilder

Die Untersuchungen in diesem Projekt haben ergeben, dass bereits nach einer relativ kurzen Nutzungsdauer, einzelne Fassaden bereits Mängel aufweisen andere wiederum kaum Auffälligkeiten zeigen. Diese werden an dieser Stelle näher betrachtet.

Risse

Wärmedämmverbundsystem Fassaden:

Systematische Risse des Putzes sind lediglich bei einem Objekt aufgefallen, hier war der Bereich der untersten Plattenreihe betroffen, wo praktisch über jedem Plattenstoß ein Riss aufgetreten ist. (Siehe Abb. 4-8). Einzelne Risse, z.B. unterhalb der Fensterbänke konnten immer wieder festgestellt werden.



Abb. 4-8: Risse WDVS

Monolithisches Mauerwerk:

Bei den geputzten Fassaden aus monolithischem Mauerwerk ist typischerweise eine Rissbildung im Bereich der Deckenaufleger vor allem der obersten Geschoßdecke und teilweise im Bereich von Stürzen festgestellt worden. (Siehe Abb. 4-9).

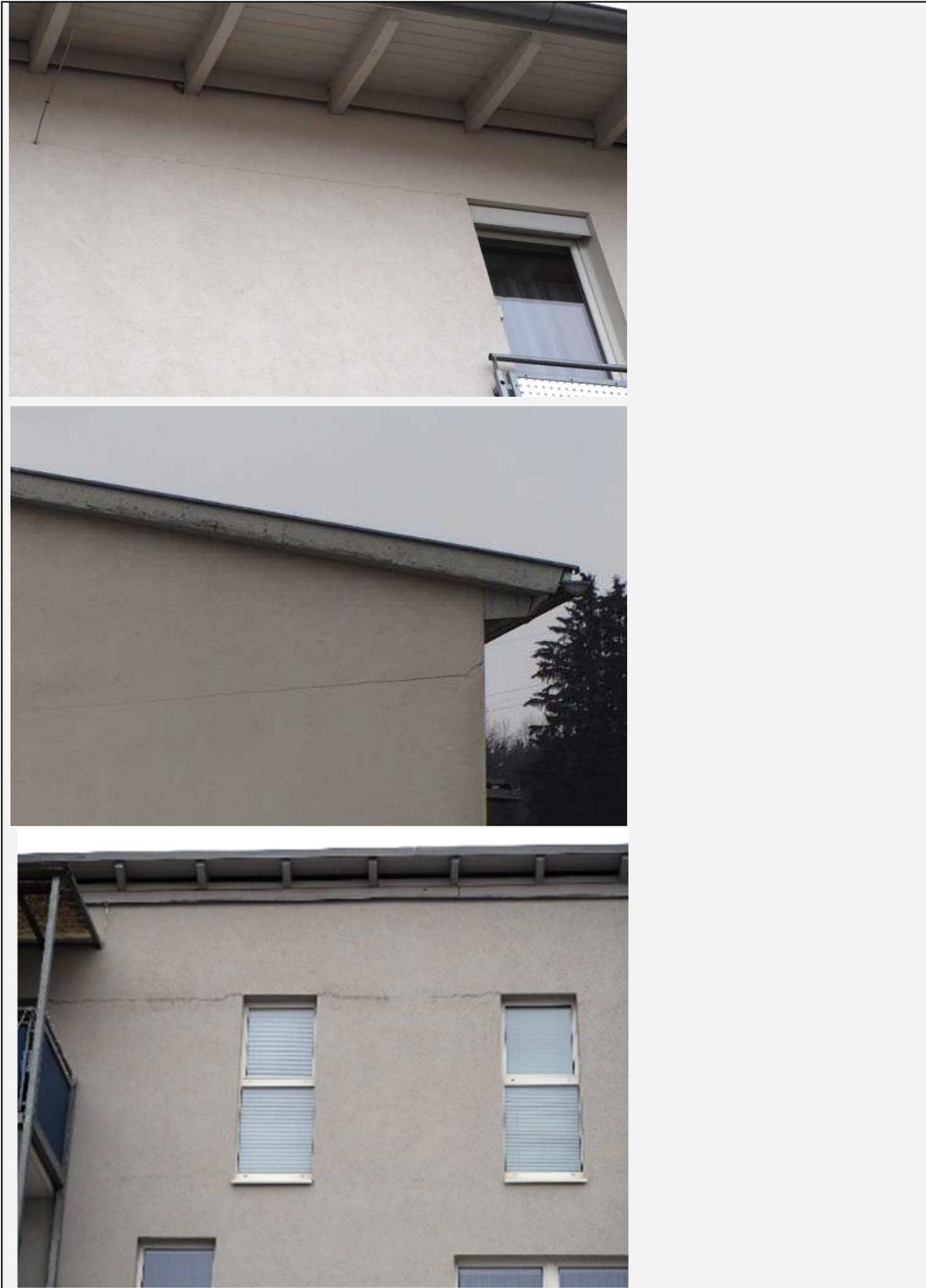


Abb. 4-9: *Risse Monolithisches Mauerwerk*

Gebäudetrennfuge

Bei einem Bauvorhaben aus dem Jahr 2008 ist die Ausführung der Gebäudetrennfugen wärmetechnisch auffällig (Siehe Abb. 4-10).

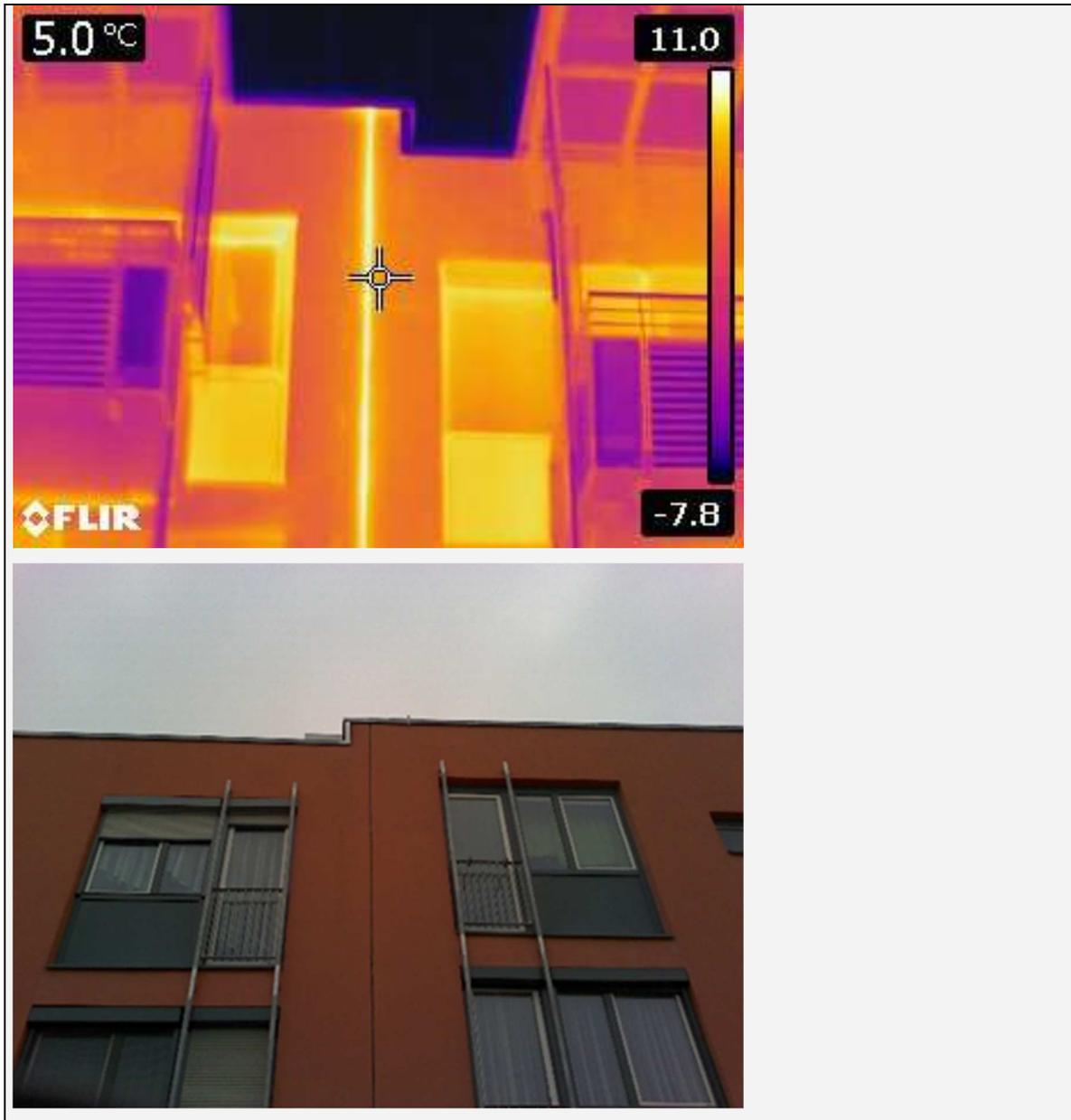


Abb. 4-10: Gebäudetrennfuge

Vermutlich wurde der Fugenraum nicht mit einem weichen Dämmstoff hinterfüllt. Orientiert man sich an den Verarbeitungsrichtlinien für WDVS der Qualitätsgruppe Wärmedämmverbundsysteme (Ausgabe 08/2007), war dieser Detailpunkt mit Hinterfüllung auszuführen. Siehe Abb. 4-11.

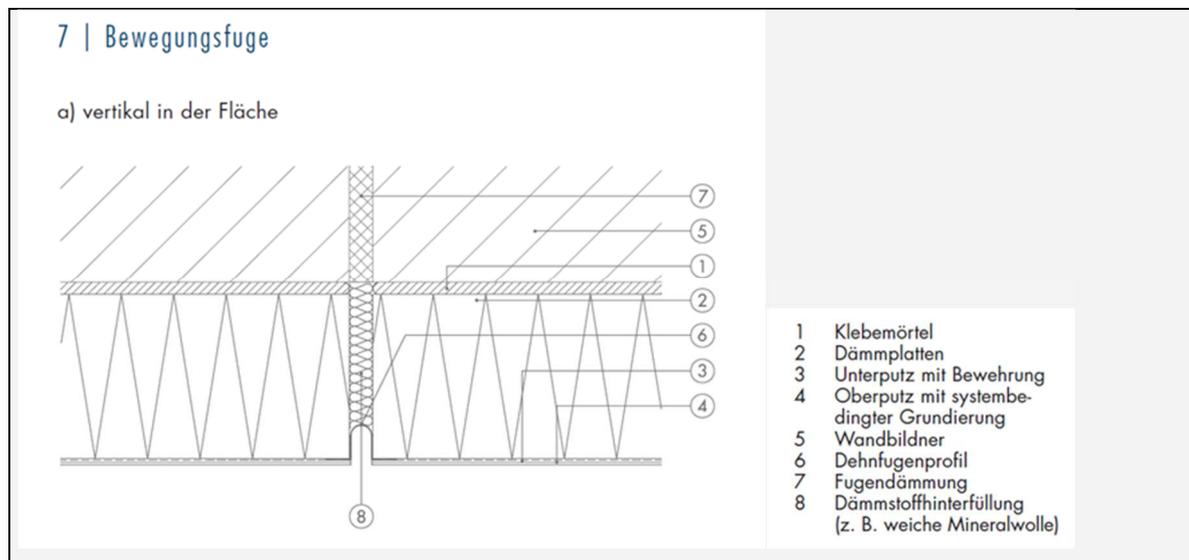


Abb. 4-11: Auszug Verarbeitungsrichtlinie¹³⁷

Ob und wie intensiv diese Schwachstelle sich im Inneren des Gebäudes auswirkt, wurde im Rahmen dieser Studie nicht weiter untersucht.

Fensterbank

B. (siehe Abb. 4-12). Auf Grund des Temperaturverlaufes der Außenluft im Zuge der Untersuchungen, kann davon ausgegangen werden, dass sich das unter dem Putz befindliche Wasser gefroren war und sich diese Stellen entsprechend langsamer als die trockenen Bereiche erwärmt haben. Deshalb wurde die Durchfeuchtung auch auf den IR- Aufnahmen sichtbar. Bei nachträglichen Messungen mit einem kapazitiven Feuchtefühler konnte die erhöhte Feuchtigkeit in einigen zugänglichen Bereichen gemessen werden. Da dieser spezielle Temperaturverlauf während anderer Besichtigungen nicht mehr aufgetreten ist, kann nicht ausgeschlossen werden, dass diese Durchfeuchtungsbereiche unter den Fensterbänken häufiger auftreten.

In der Richtlinie Fensterbank¹³⁸ der Österreichischen Arbeitsgemeinschaft Fensterbank sind Hinweise zur korrekten Montage und Anschluss von Außenfensterbänken an Fassaden bis hin zur Ausführung mit einer zweiten wasserführenden Ebene zu finden. Diese Ausführungsvarianten

¹³⁷ VAR 2007

¹³⁸ Richtlinie Fensterbank

bedeuten zwar einen erhöhten Aufwand beim Versetzen der Fensterbänke, verhindern jedoch zuverlässig eine Durchfeuchtung der darunterliegenden Bereiche.

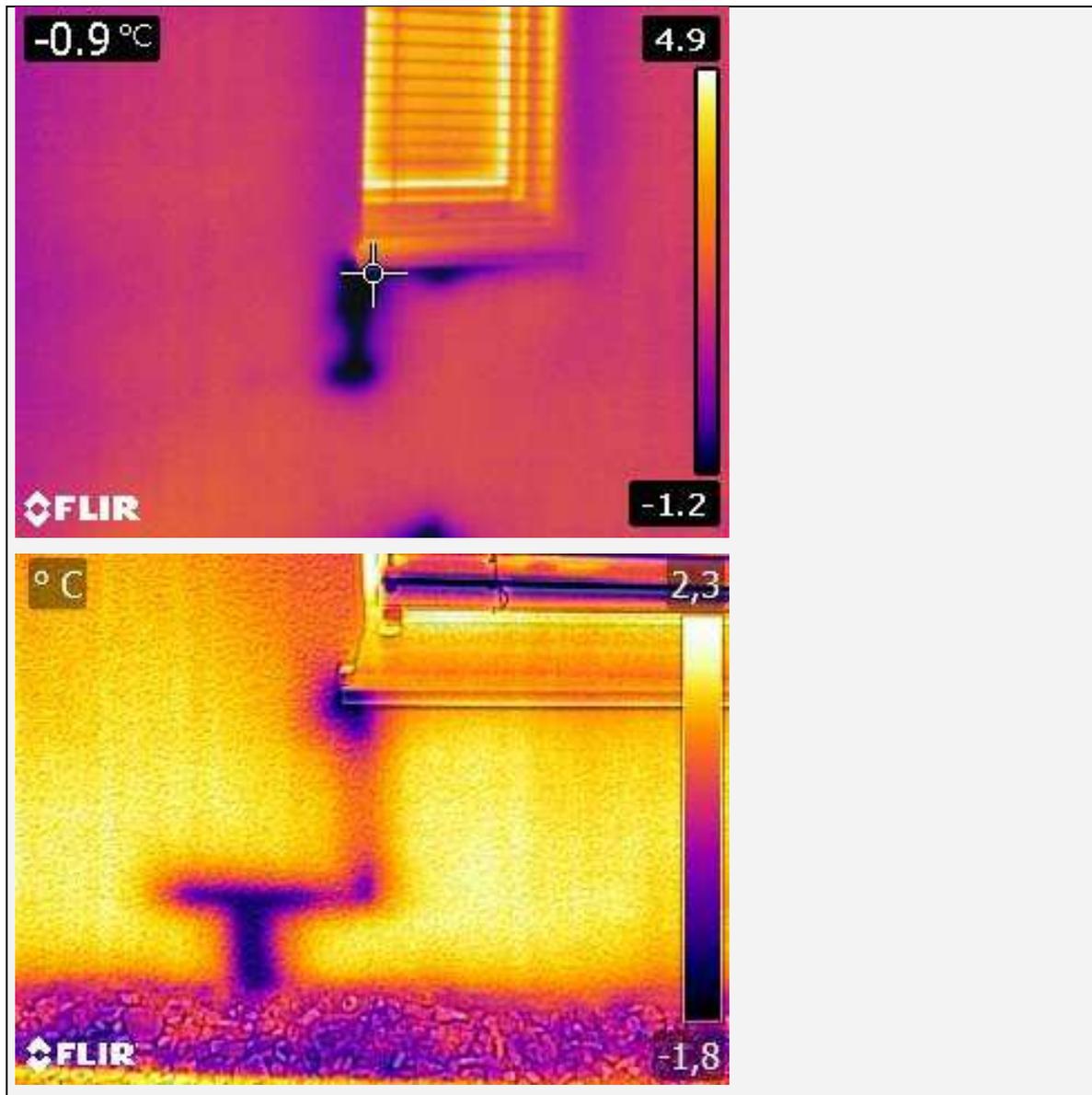


Abb. 4-12: Fensterbank

Sockelbereich

Auffällig bei einer überwiegenden Anzahl von WDVS Fassaden ist die Wärmebrückenwirkung des Sockelprofils. (Siehe Abb. 4-13).

Überwiegend wurden rückspringende Sockel ausgeführt. Ob die Sockelprofile zweiteilig bzw. aus welchen Materialien sie ausgeführt wurden, konnte nicht festgestellt werden.

Die Wärmebrückenwirkung hat jedoch nur untergeordnete Auswirkungen auf die Oberflächentemperatur im Gebäudeinneren. Bei Sanierungen wurde des Öfteren auf eine

Dämmung des Sockels verzichtet. Oftmals wurde der Sockel zu niedrig ausgeführt (Sollmaß 30cm). Hier wird durch die Spritzwasserbeanspruchung der Bereich auch oberhalb des Sockels in Mitleidenschaft gezogen.

Der Sockel ist der durch Feuchtigkeit und mechanische Beanspruchung am höchsten belastete Bereich in der Fassade. Darauf ist auch bei der Konstruktionsauswahl zu achten.

Bei den Untersuchungen wurde festgestellt, dass Lösungen mit WDVS oft nach relativ kurzer Zeit Schäden aufweisen. Aus Sicht der Verfasser ist diese Konstruktionsweise nicht empfehlenswert.

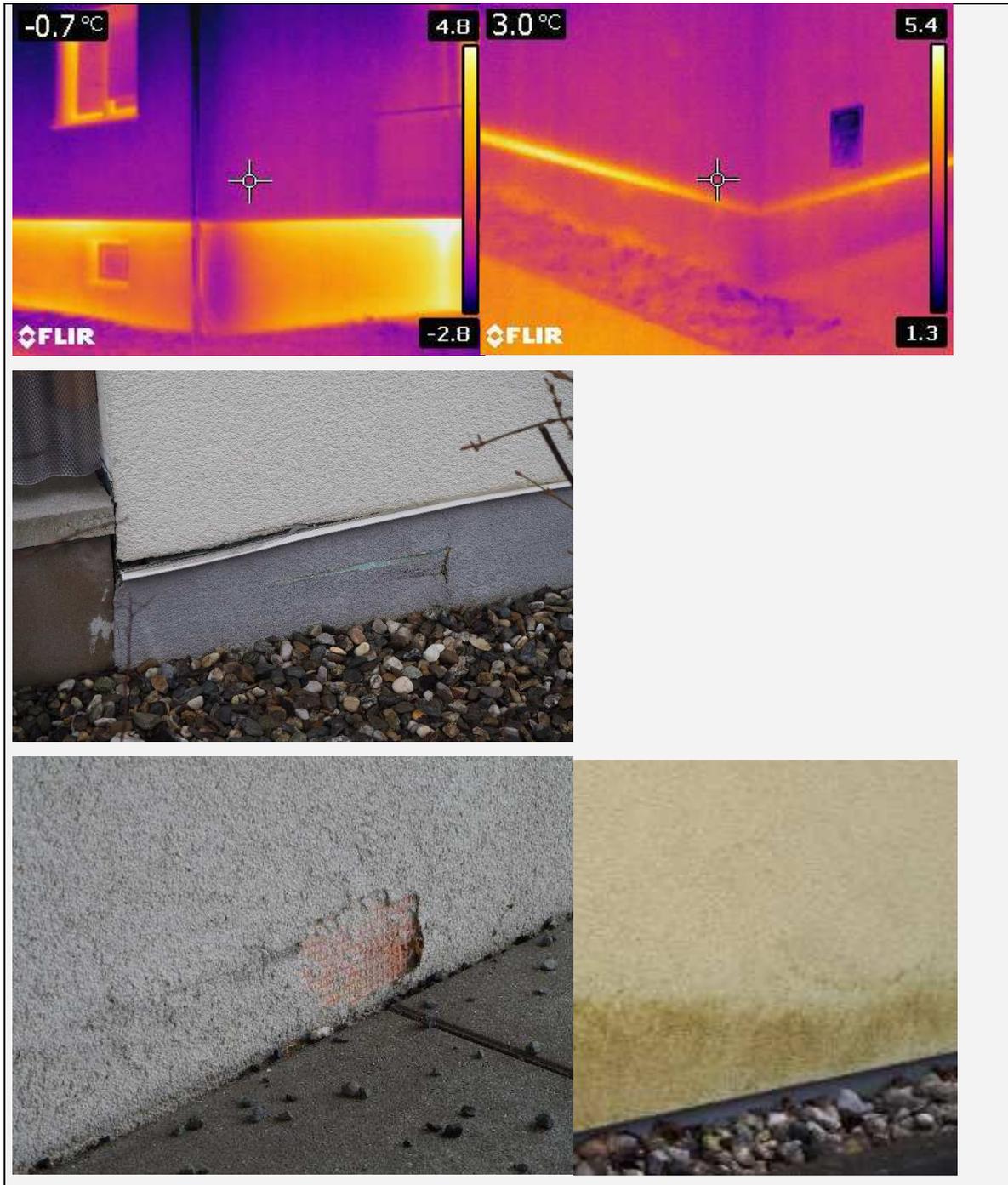


Abb. 4-13: Sockel

Mechanische Beschädigungen

Mechanische Beschädigungen wurden insgesamt eher selten festgestellt, bei WDVS waren in einigen Fällen Dellen bzw. Löcher im unteren Bereich der Fassade feststellbar. In einigen Fällen ist als Ursache das Anfahren mit Fahrzeugen wahrscheinlich, teilweise handelt es sich vermutlich um Vandalismus. Löcher, die durch Spechte verursacht wurden, konnten in zwei Fällen festgestellt werden. Siehe Abb. 4-14. Ver. Siehe Abb. 4-16.



Abb. 4-14: *Mechanische Beschädigungen*



Abb. 4-15: *Ausgebesserte Beschädigungen*

4.4.1 Verschmutzung bzw. Veralgung

Die Veralgung von WDVS ist derjenige Mangel der am häufigsten beobachtet werden konnte. Hierbei handelt es sich nach heutigem Wissensstand nicht um einen technischen Mangel, sondern lediglich um einen optischen Mangel. Von den Wohnbauträgern konnten keine vollständigen Angaben diesbezüglich gemacht werden, ob die Beschichtungen der Fassaden mit Bioziden ausgerüstet waren, sodass aus diesem Grund keine Zusammenhänge abgeleitet werden können. Aus der Literatur ist jedoch bekannt, dass die Wirkung von Algiziden nur über eine beschränkte Zeitspanne anhält, periodisch wiederholt werden muss und die Veralgung daher lediglich später auftritt.

Folgende Zusammenhänge können dokumentiert werden:

Bei WDVS mit EPS als Dämmstoff tritt die Veralgung früher auf, als bei Fassadensystemen mit MW-Dämmung. Siehe dazu folgende Abbildung Abb. 4-16 mit einer Gegenüberstellung zweier Gebäude mit jeweils annähernd gleicher Standzeit und ohne Vordach. Das obere Gebäude ist mit MW gedämmt, Baujahr 2010 und einer Standzeit von 6 Jahren, das untere Gebäude ist mit EPS gedämmt, Baujahr 2006 und einem Bild aus dem Jahr 2013, welches einer Standzeit von 7 Jahren entspricht.

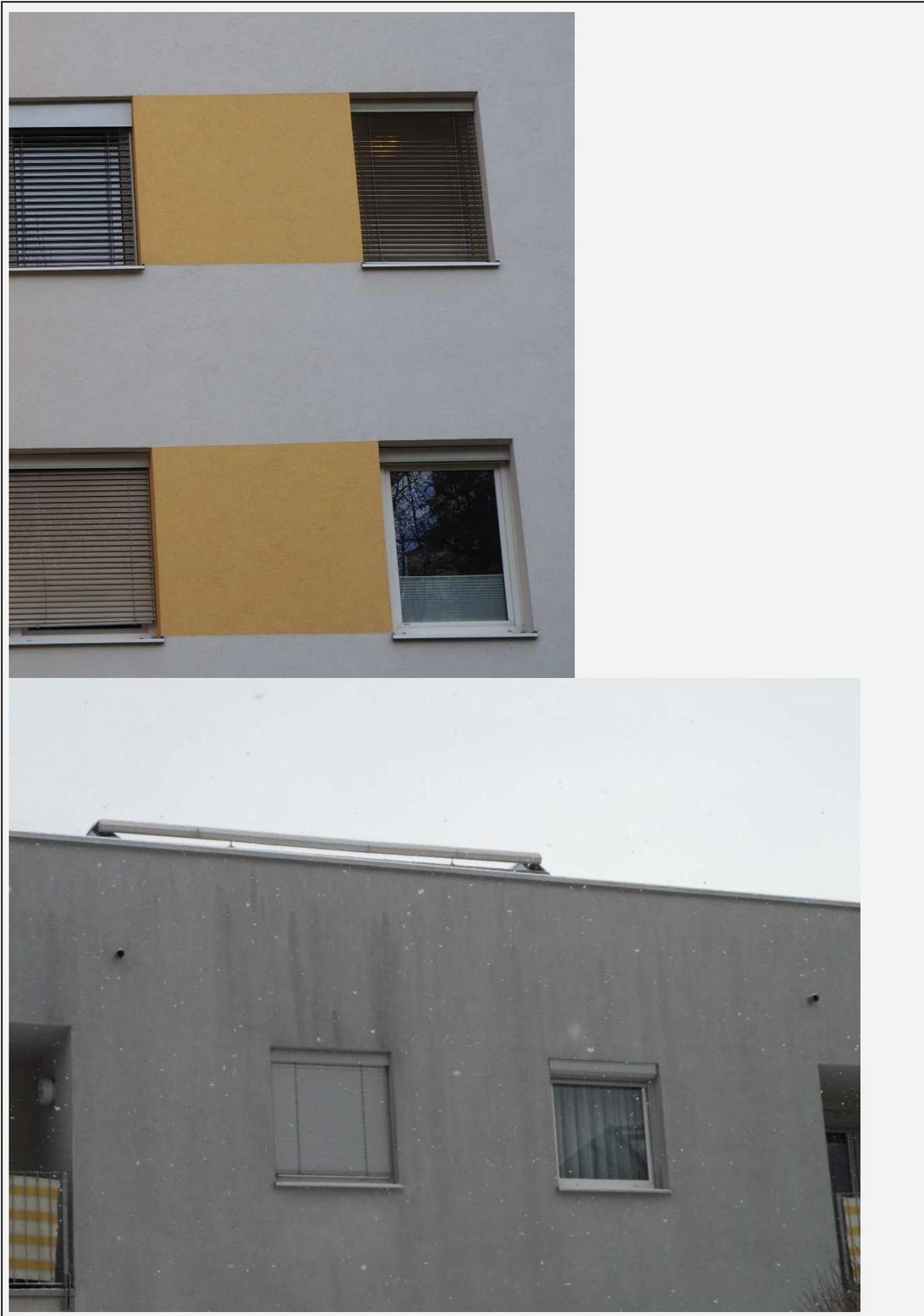


Abb. 4-16: Gegenüberstellung WDVS mit EPS-MW

Fassaden die durch ein Vordach bzw. einen Balkon vor der Witterung geschützt sind, bleiben länger frei von mikrobiellem Bewuchs als Fassaden ohne konstruktiven Schutz. Dies zeigt Abb. 4-17 und Abb. 4-18 mit Baujahr 2008/09 und jeweils 14 cm EPS.



Abb. 4-17: *Dachvorsprung*



Abb. 4-18: *Dachvorsprung*

Wegen der Auffälligkeit des Zusammenhangs zwischen Witterungsschutz und Veralgungsgrad, wurde dieser Aspekt für die Fassadenart WDVS mit EPS näher betrachtet. Die Dachvorsprünge wurden in drei Gruppen eingeteilt (kein Vordach, wenig Vordach, großes Vordach) und nach dem Grad der Veralgung gruppiert. Eine große Anzahl von Objekten mit starkem Bewuchs (Grad 2-3) ist bei Fassaden ohne Vordach zu finden. Fassaden mit großem Vordach sind kaum mit Bewuchs befallen (Veralgungsgrad 0-1). Bei der Gruppe ohne Vordach ist die Veralgung bereits nach 7 Jahren Standzeit als stark zu bezeichnen. (Siehe Abb. 4-19)

Betrachtet man den Grad der Veralgung von WDVS mit EPS Dämmung nach dem Baujahr (Siehe Abb. 4-20), wird deutlich, dass erst kürzlich sanierte bzw. neu gebaute Gebäude eine geringe Veralgung aufzeigen. Bei den älteren Objekten treten Veralgungen des Grades 1-3 auf. Davon haben die Objekte mit einer starken Veralgung eine durchschnittlich hohe Dämmstoffdicke (12-14 cm).

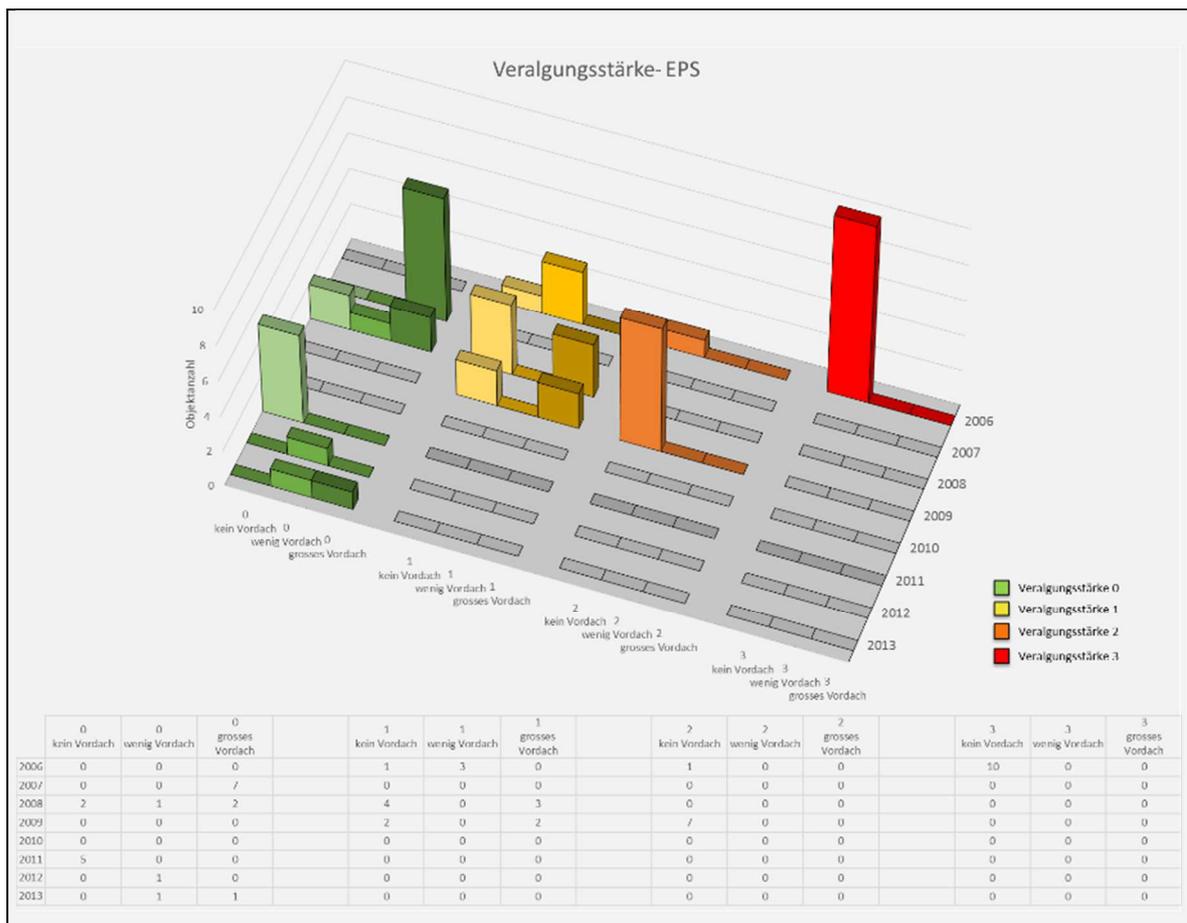


Abb. 4-19: Auswertung Algenbilder- Alter und Vordach

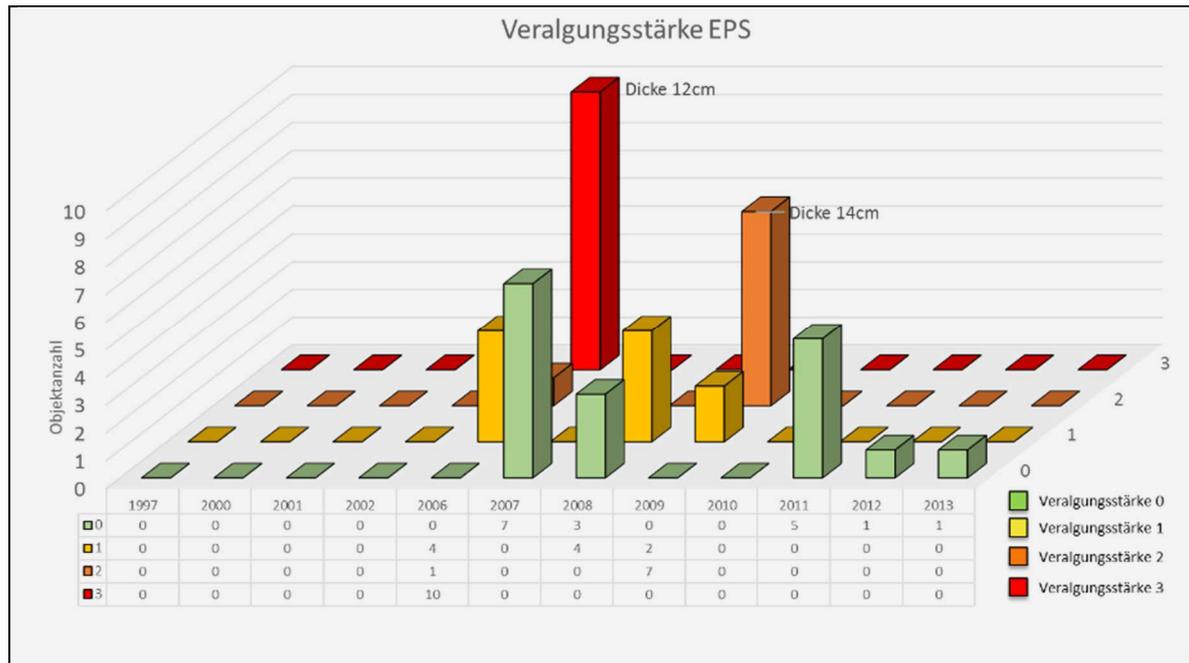


Abb. 4-20: Auswertung Algenbilder- Alter

Bei einem der ausgewählten Objekte (WDVS mit EPS) liegen den Autoren dieser Untersuchung Aufnahmen aus der Vergangenheit vor. Hier wird deutlich, dass das Auftreten der Veralgung bereits nach 3 Jahren (Baujahr 2006) festzustellen war. Siehe Abb. 4-21.



Abb. 4-21: Veralgung im zeitlichen Verlauf (Baujahr 2006)

Es ist davon auszugehen, dass auch bei den anderen untersuchten Objekten mit starker Veralgung an den Fassaden der Bewuchs bereits seit längerer Zeit vorhanden ist.

Eine signifikante Abhängigkeit von der Himmelsrichtung konnte nicht festgestellt werden. In keinem Fall sind die Unterschiede der Veralgung der unterschiedlich orientierten Flächen so markant, dass z.B. an der Nordseite mikrobieller Bewuchs vorhanden ist und auf den anderen Seiten kein Bewuchs auftritt.

Ein signifikanter Zusammenhang mit der umgebenden Bepflanzung konnte nicht festgestellt werden, es ist jedoch kein Objekt im innerstädtischen Bereich untersucht worden, wo in der näheren Umgebung keinerlei Bepflanzung vorhanden war.

Oberhalb von dauergekippten Fenstern tritt die Veralgung früher und stärker auf. Siehe Abb. 4-22. Dies ist auf die länger anhaltende Befeuchtung der Fassadenoberfläche durch Kondensat aus der warmen, feuchten Raumluft zurückzuführen. Nach Aussage eines Vertreters einer Wohnbaugenossenschaft steht diesem Nachteil jedoch der Vorteil gegenüber, dass in der dahinterliegenden Wohnung das Auftreten von Schimmel im Gebäudeinneren durch das Lüftungsverhalten hintangehalten wird.



Abb. 4-22: Veralgung oberhalb von Fenstern, Baujahr 2006

Eine eindeutige Zuweisung der Gründe für den mikrobiellen Bewuchs ist nicht in allen Fällen möglich. Dies geht aus Abb. 4-23 hervor, wo sowohl ein Unterschied in der Standzeit, als auch ein geringer Unterschied durch die Attikaverblechung zu einer kombinierten Beeinflussung geführt haben.



Abb. 4-23: *Unterschiedliche Veralgungsgrade (links Baujahr 2008, rechts Baujahr 2006)*

4.4.2 Holzfassaden

Die in der Studie beurteilten Holzfassaden sind zum Großteil unbehandelte Lärchenschalungen. Im Allgemeinen sind diese Fassaden in einem guten Zustand. Dies liegt vor allem daran, dass diese Fassaden durch Vordächer geschützt sind. Die Veränderungen durch die natürliche Abwitterung des Holzes sind nicht zu verhindern und stellen keinen Mangel dar. Teilweise sind jedoch unregelmäßige Farbveränderungen durch ablaufendes Niederschlagswasser festzustellen (siehe Abb. 4-24), vorwiegend verursacht durch unkontrollierten Wasserablauf von Balkonen. Diese Veränderungen könnten durch entsprechend ausgeführte Balkonkonstruktionen mit Entwässerung verhindert werden.

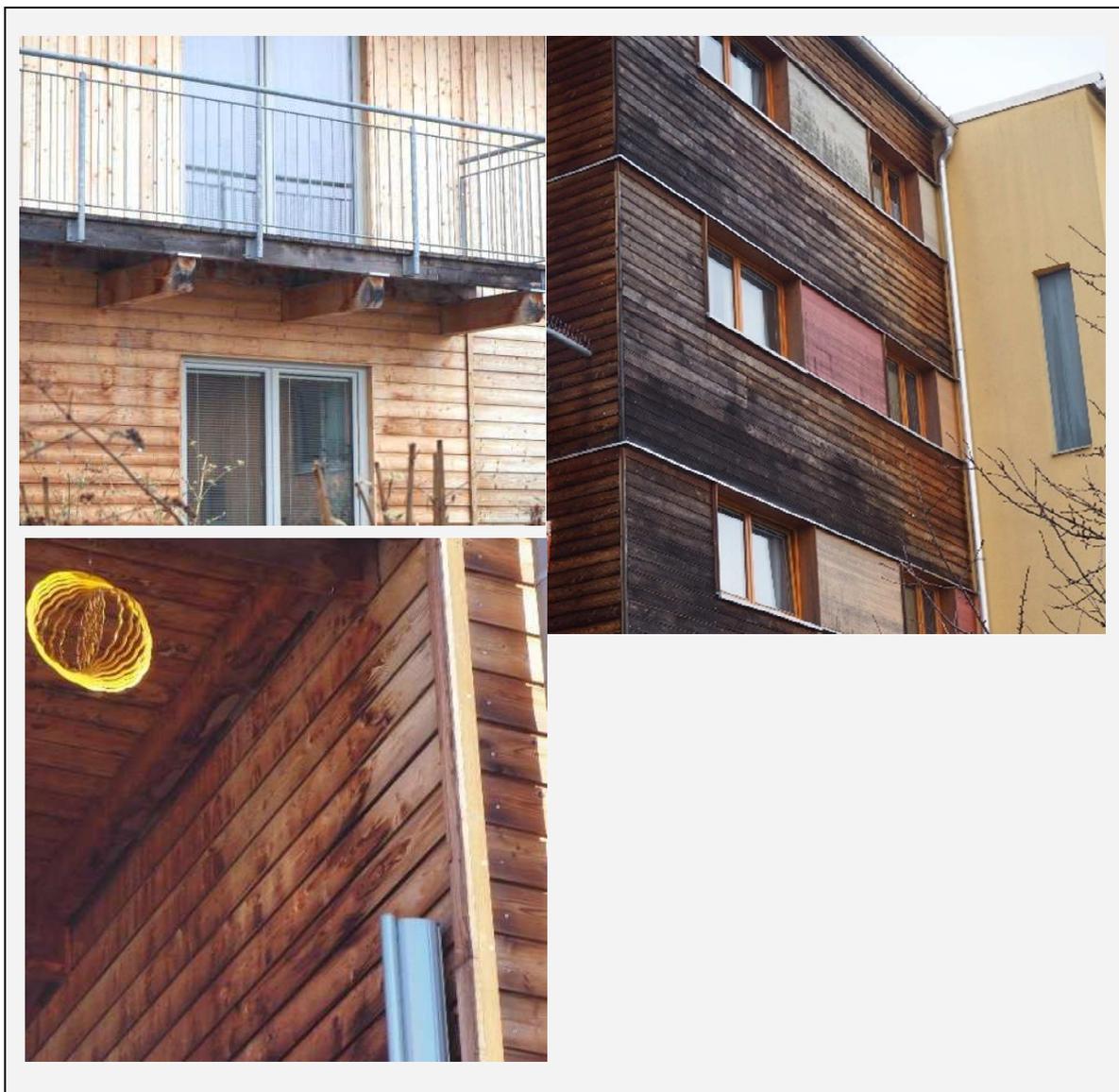


Abb. 4-24: Abwitterung Holzfassade

Eine weitere Auffälligkeit stellten bei einigen Fassaden die Abtropfbleche aus verzinktem Stahlblech dar, welche bereits nach sehr kurzer Zeit teilweise starke Korrosion zeigen (siehe Abb. 4-25). Die Verwendung von korrosionsbeständigen Blechen könnte diese Beeinträchtigung verhindern.



Abb. 4-25: *Korrosion*

4.5 Wirtschaftlicher Fassadenvergleich

Um die Erkenntnisse der Untersuchungen auf ihre wirtschaftlichen Auswirkungen hin zu untersuchen, wurden Berechnungen mit Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus von ausgewählten Fassadenkonstruktionen durchgeführt.

Dabei wurden folgende fünf Fassadentypen betrachtet:

- Wärmedämmverbundsystem mit EPS-Dämmung ohne Vordach
- Wärmedämmverbundsystem mit EPS-Dämmung mit Vordach
- Wärmedämmverbundsystem mit MW-Dämmung
- Vorgehängte hinterlüftete Fassade mit Holzbekleidung
- Vorgehängte hinterlüftete Fassade mit Faserzement-Plattenbekleidung

Als Rohbauwand für alle Varianten wurde ein innen verputztes, 25cm dickes Mauerwerk aus Hochlochziegel festgelegt. Die Dämmstoffdicken der Fassaden wurden derart ausgewählt, dass sich für jede Konstruktion ein U-Wert von $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$ ergibt, dies entspricht einer derzeit üblichen Ausführung und erfüllt jedenfalls die Anforderungen nach OIB 6, Ausgabe 2015.

Die prognostizierten Nutzungsdauern wurden aus verschiedenen Literaturangaben abgeleitet, die Zyklen zur Reinigung und Wartung wurden aus den Erkenntnissen der vorliegenden Untersuchung und aus Literaturangaben ermittelt. Um die Vergleichbarkeit der Konstruktionsvarianten trotz unterschiedlicher Nutzungsdauern sicherzustellen, wurde ein Betrachtungszeitraum von 30 Jahren für alle Fassaden gewählt.

Die Kosten wurden mittels der Barwertmethode berechnet, es wurde ein Zinssatz von 2% zu Grunde gelegt. Die Kosten für den Rohbau und den Innenputz wurden nicht in die Berechnungen einbezogen, da einerseits nur die Fassadenkonstruktion betrachtet werden sollte und andererseits bei allen Varianten dieselbe Wand zum Einsatz kommt.

Für die Herstellung der Fassade wurde die Finanzierung über einen Kredit angenommen. Die Laufzeit dieses Kredites beträgt 30 Jahre, die Kreditzinsen betragen 3,5% p.a. Die Reinigung, Instandhaltung und der Abbruch und die Entsorgung werden ohne Kredit finanziert.

Die Herstellungskosten für alle Fassaden und für die Erneuerung des Anstriches wurden bei verschiedenen ausführenden Unternehmen auf Basis von abgerechneten Baustellen recherchiert. Zur Berechnung wurde der jeweilige Mittelwert verwendet. Die Gerüstkosten sind in den Herstellungskosten inkludiert.

Die Kosten für die Reinigung wurden bei mehreren Reinigungsunternehmen angefragt, da die Reinigungskosten in einem hohen Maß von der Zugänglichkeit der Fassade bestimmt werden, wurden zwei Varianten betrachtet:

- a. Erreichbarkeit der Fassade mit einer Hebebühne
- b. Fassadengerüst erforderlich

Die Kosten für den Abbruch wurden bei Abbruchunternehmen angefragt, die Entsorgungskosten aus den tatsächlichen Massen unter zu Grunde Legung der Deponiekosten ermittelt. Die Transportkosten wurden nicht berücksichtigt, da sie einerseits maßgeblich vom Standort des Gebäudes abhängen und andererseits bei allen Fassadenkonstruktionen die Transportkosten in einer ähnlichen Größenordnung liegen.

Die der Berechnung zu Grunde gelegten Kosten wurden im Juni/ Juli 2016 erhoben.

Die Entwicklung der Kosten ist nicht vorhersehbar, im Besonderen ist die Verteuerung der Entsorgung schwer prognostizierbar. Aufgrund der sich verändernden gesetzlichen Rahmenbedingungen können sich Anpassungen ergeben, ebenso durch mögliche Schutzmaßnahmen und besondere Vorkehrungen.

Wärmedämmverbundsystem mit EPS-Dämmung (EPS WDVS)

Aufbau (von innen nach außen):

Tabelle 1 Schichtaufbau EPS WDVS

Schicht	Dicke [cm]	λ [W/mK]
Innenputz	1,5	0,60
Hochlochziegel	25,0	0,32
Klebespachtel	0,5	0,80
EPS-F +	14,0	0,031
Spachtelung	0,3	0,80
Deckputz	0,3	0,70

Wegen der Erkenntnisse zufolge der vorangegangenen Untersuchungen bestehender Gebäude wurden die EPS-WDVS Fassade in zwei Varianten berechnet. In der ersten Variante wird eine

Fassade betrachtet, die nicht durch ein Vordach geschützt ist, die zweite Variante betrachtet eine durch ein wirksames Vordach geschützte Fassade.

Für das WDVS wurde eine Nutzungsdauer von 30 Jahren zu Grunde gelegt, die ungeschützte Fassade ist wegen der starken Algenbildung in einem Intervall von 7,5 Jahren zu reinigen, nach 15 Jahren ist zusätzlich der Anstrich zu erneuern. Ist die Fassade durch ein Vordach geschützt, kann die häufige Reinigung entfallen und es wird lediglich nach 15 Jahren eine Reinigung mit Erneuerung des Anstriches durchgeführt.

Der Abbruch erfolgt mit dem Bagger durch „Abschälen“ mit dem Böschungslöffel. Eine sortenreine Trennung der einzelnen Materialien wird derzeit nicht umgesetzt. Der verunreinigte Dämmstoff wird einer Verbrennungsanlage zugeführt, die mineralischen Bestandteile werden deponiert.

Wärmedämmverbundsystem mit Steinwolle-Dämmung (MW WDVS)

Aufbau (von innen nach außen):

Tabelle 2 Schichtaufbau MW WDVS

Schicht	Dicke [cm]	λ [W/mK]
Innenputz	1,5	0,60
Hochlochziegel	25,0	0,32
Klebespachtel	0,5	0,80
MW-PT	16,0	0,036
Spachtelung	0,5	0,80
Deckputz	0,3	0,70

Für dieses System wurde eine Nutzungsdauer von 30 Jahren zu Grunde gelegt, die Fassade ist in Bezug auf die Algenbildung als wesentlich weniger anfällig als die EPS-Fassade zu bezeichnen, sodass eine Reinigung und Erneuerung des Anstriches nach 15 Jahren durchgeführt wird. Der Rückbau wird durch Abschälen mit dem Bagger bewerkstelligt, die Materialien werden nicht sortenrein getrennt und können deponiert werden.

Vorgehängte hinterlüftete Fassade mit Holzbekleidung (VHF Holz)

Aufbau (von innen nach außen):

Tabelle 3 Schichtaufbau VHF Holz

Schicht	Dicke [cm]	λ [W/mK]
Innenputz	1,5	0,60
Hochlochziegel	25,0	0,32
Mineralwolle Fassadendämmplatte	16,0	0,035
Glasvlies	-	-
Unterkonstruktion Holz/Hinterlüftung	ca. 5,0	-
Sturzschalung Lärche	5,0	-

Dieses Fassadensystem gilt als wartungsfrei, wenn man unbehandeltes Holz einsetzt. Bei Verwendung von splintholzfreiem Lärchenholz kann eine Nutzungszeit von 40 Jahren als realistisch angenommen werden. Eine Fassadenreinigung ist während der gesamten Nutzungszeit nicht erforderlich.

Das System der Vorgehängten hinterlüfteten Fassade unterscheidet sich von den WDVS neben den unterschiedlichen bauphysikalischen Eigenschaften auch in herstellungstechnischer Hinsicht. Es handelt sich hierbei um ein System, das ausschließlich durch mechanische Befestigungsmittel und Verankerungen gefügt wird. Daher ist beim Rückbau eine sortenreine Trennung der einzelnen Materialien sehr einfach möglich, dies hat vor allem in Bezug auf die Entsorgungskosten positive Auswirkungen.

Vorgehängte hinterlüftete Fassade mit Faserzement-Plattenbekleidung (VHF FZ)

Aufbau (von innen nach außen):

Tabelle 4 Schichtaufbau VHF FZ

Schicht	Dicke [cm]	λ [W/mK]
Innenputz	1,5	0,60
Hochlochziegel	25,0	0,32
Mineralwolle Fassadendämmplatte	16,0	0,035
Glasvlies	-	-
Unterkonstruktion Alu/Hinterlüftung	ca. 5,0	-

Faserzement-Großtafeln	1,2	-
------------------------	-----	---

Für dieses Fassadensystem wird eine Nutzungsdauer von 50 Jahren angenommen, eine Reinigung ohne Chemikalieneinsatz im Abstand von 10 Jahren wird durchgeführt.

Auch hier werden keine Verbundkonstruktionen eingesetzt, eine sortenreine Trennung ist auf einfache Weise möglich. Die Unterkonstruktion aus Aluminium kann als Schrott verkauft werden und bringt einen Erlös welcher die Entsorgungskosten reduziert.

Bei diesem Fassadensystem sind auch alternative Bekleidungsmaterialien einsetzbar, z.B. Hochdrucklaminatplatten („Maxplatten“) oder Aluminium-Verbundplatten. Die Herstellkosten müssten in Abhängigkeit vom Bekleidungsmaterial angepasst werden.

4.5.1 Zusammenstellung der Einzelkosten

Die Nettokosten, welche den Berechnungen zu Grunde liegen, sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 5 Kostenübersicht der Fassadenvarianten

Fassade	Herstellung In €	Reinigung mit Steiger In €	Reinigung mit Gerüst In €	Reinigung + Anstrich In €	Abbruch + Entsorgung In €
WDVS EPS	65,78	12,15	19,83	35,95	14,83
WDVS EPS + VD	65,78	-	-	35,95	14,83
WDVS MW	85,75	-	-	35,95	18,12
VHF Holz	136,12	-	-	-	17,55
VHF Faserzement	179,23	7,20	15,37	-	21,06

4.5.2 Berechnungsergebnisse

Die Kosten werden in den Diagrammen nicht in absoluten Geldbeträgen, sondern als Vergleichswerte dargestellt. Dabei wird die Fassade mit WDVS EPS als Referenzfassade mit 100 % in der jeweiligen Gegenüberstellung dargestellt.

In Abbildung Abb. 4-26 werden nur die Herstellungskosten der vier Fassadenvarianten verglichen. Daraus geht hervor, dass die EPS-WDVS Fassade am wenigsten kostet, gefolgt von MW WDVS (+ ca. 30%) und VHF Holz (+ ca. 107%). Die in der Herstellung teuerste Fassade ist die VHF FZ, die etwa das 2,7-fache der EPS WDVS Fassade kostet. Dies erklärt auch die weite Verbreitung der WDVS EPS Fassade, da üblicherweise Entscheidungen bei der Konstruktionswahl durch Vergleichen der Herstellungskosten getroffen werden.

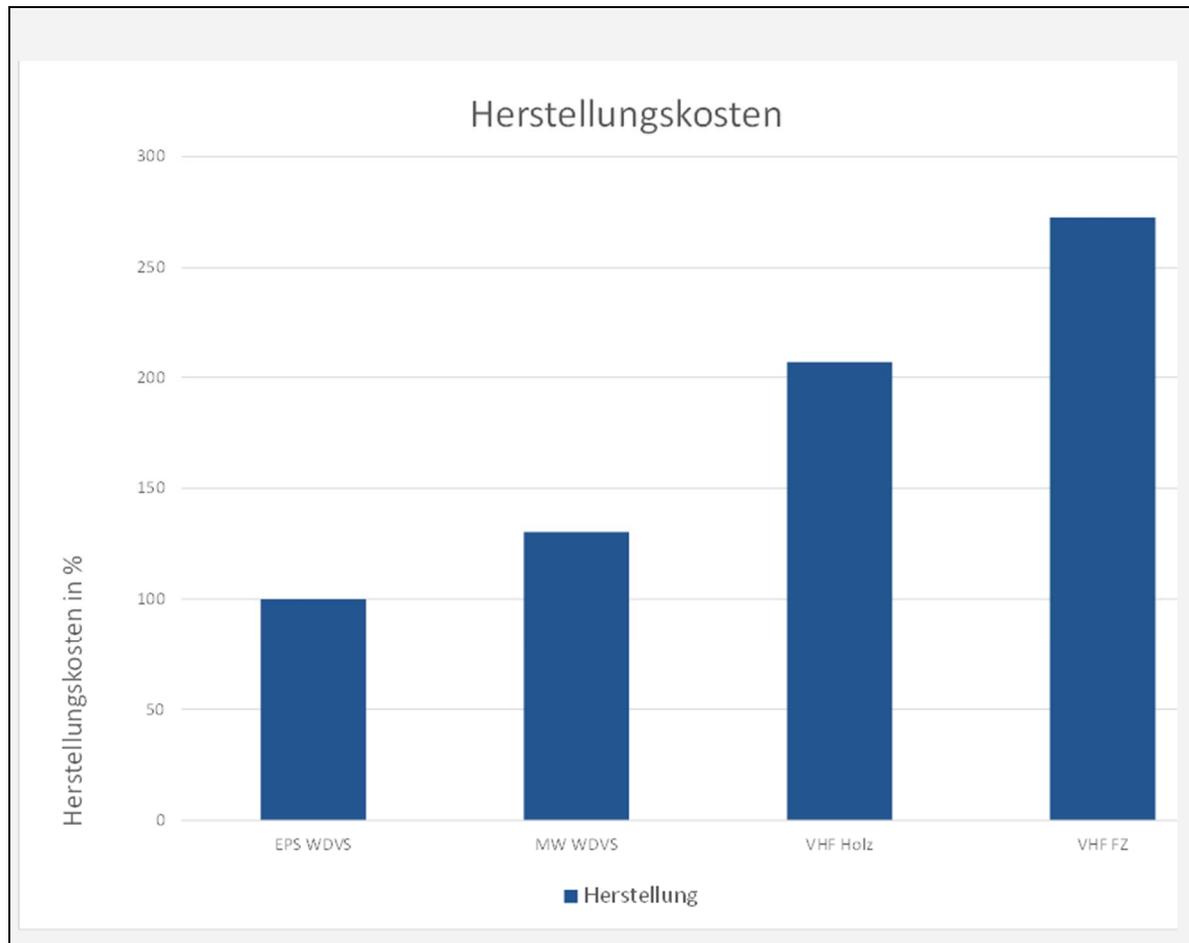


Abb. 4-26: *Darstellung der Herstellungskosten*

Ein verändertes Bild zeigt sich bei Betrachtung der Lebenszykluskosten. Die Kostenanteile sind nach Herstellungsphase, Nutzungsphase und Nachnutzungsphase (Abbruch/ Entsorgung) aufgeteilt.

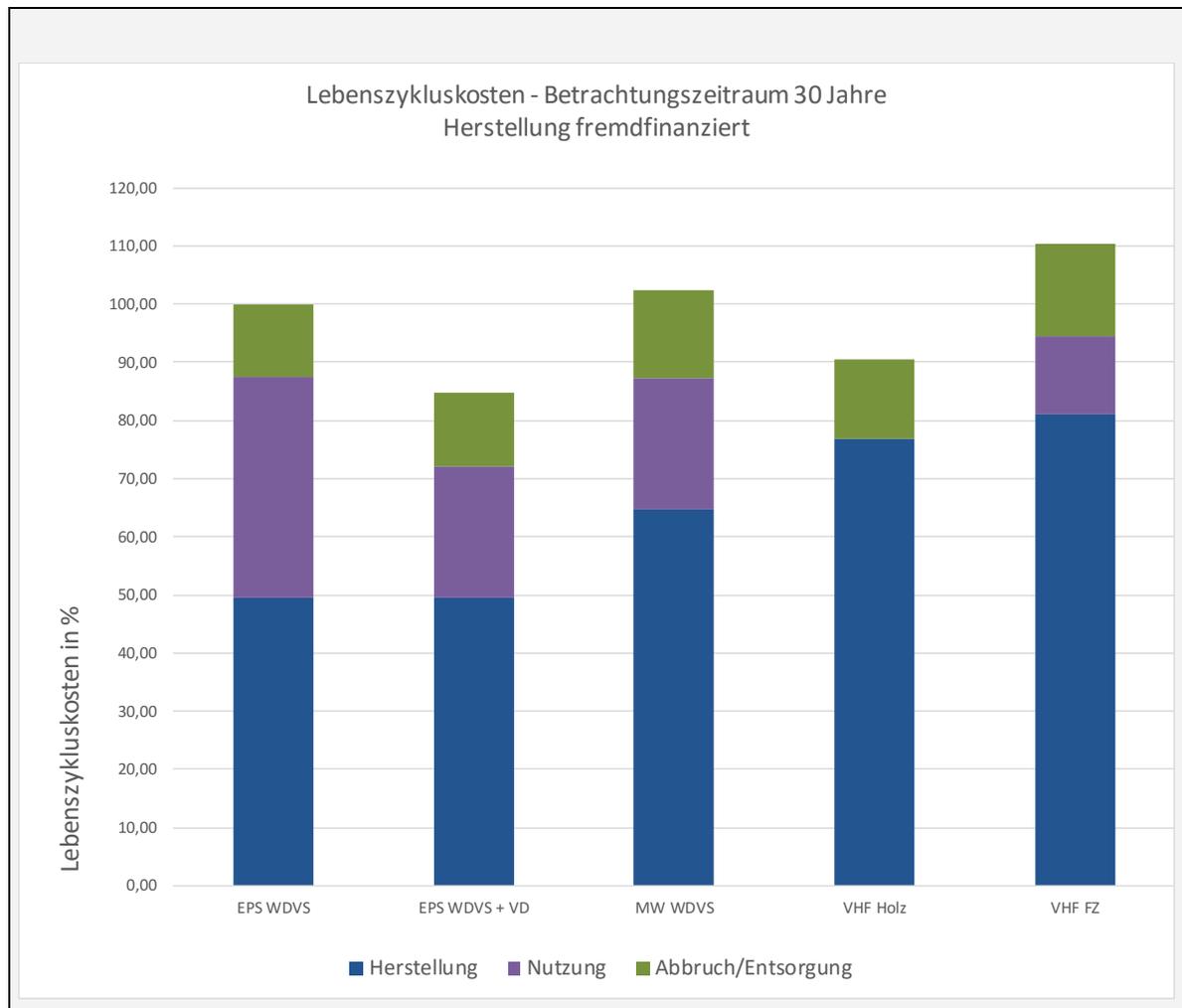


Abb. 4-27: Darstellung der LZK über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren bei guter Zugänglichkeit zur Reinigung.

In Abb. 4-27 wurden die fünf Fassaden verglichen, wenn die Zugänglichkeit zum Gebäude eine einfache Reinigung ermöglicht. Bei einem Betrachtungszeitraum von 30 Jahren sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Fassadenkonstruktionen wesentlich geringer, das MW WDVS liegt ca. 2,5 % über der EPS-Fassade und die VHF FZ ist um ca. 10 % teurer. Die durch ein Vordach geschützte EPS-WDVS Fassade wird um ca. 15 % kostengünstiger. Die Holzfassade ist mit ca. 90% des WDVS EPS ebenfalls eine günstige Fassade, dies ist einerseits auf die Nutzungszeit von 40 Jahren zurückzuführen, andererseits entstehen durch die wartungsfreie Konstruktion keine Kosten während der Nutzungsphase.

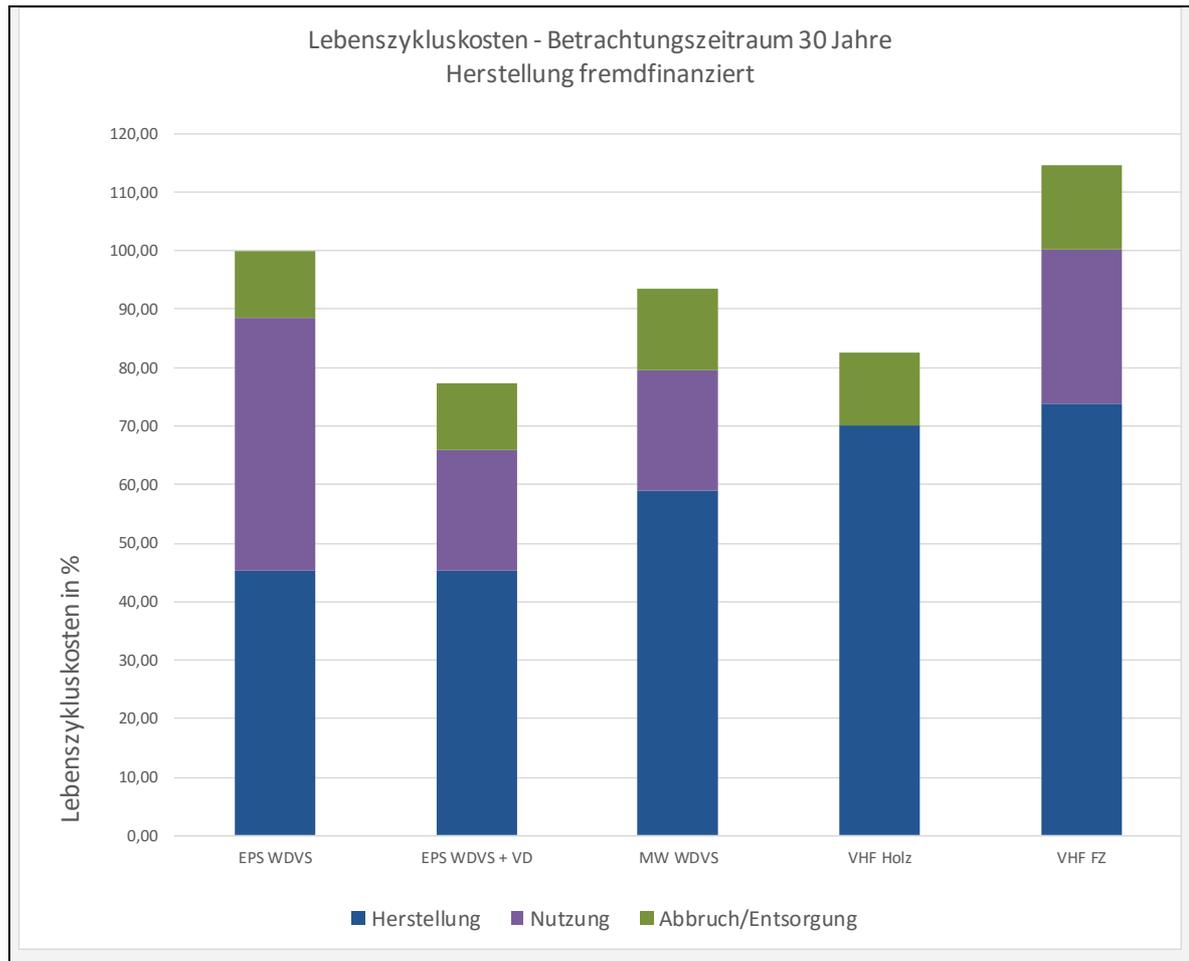


Abb. 4-28: Darstellung der LZK über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren bei Reinigung mit Fassadengerüst.

Verteuert sich die Reinigung, schneiden die wartungsintensiven Konstruktionen erwartungsgemäß schlechter ab, wie aus Abb. 4-28 ersichtlich, die Lebenszykluskosten für die VHF Holz betragen ca. 82% der EPS WDVS Fassade. Das geschützte EPS-WDVS ist um etwa 22%, das WDVS MW ist um ca. 7% günstiger und die VHF FZ ist um ca. 15% teurer als die Vergleichsfassade.

Die Berechnungen zeigen eindeutig, dass die alleinige Betrachtung der Herstellungskosten keine ausreichende Grundlage bei der Auswahl einer Fassadenkonstruktion sein kann. Nur unter Einbeziehung der Folgekosten erhält man eine zuverlässige Entscheidungshilfe, da nur dadurch die gesamten Lebenszykluskosten berücksichtigt sind.

5 Zusammenfassung

Fassaden bestimmen einerseits das Erscheinungsbild eines Gebäudes, andererseits wird durch die Fassade eine Vielzahl technischer, ökonomischer und ökologischer Aspekte beeinflusst. Daher hat die Auswahl einer Fassade im Bauplanungsprozess eine besondere Bedeutung.

Durch die immer höher werdenden energetischen Anforderungen an Gebäude, ist es erforderlich Fassadensysteme anzupassen. Da einige Fassaden zum Teil Performanceschwächen im Lebenszyklus aufweisen, wurde diese Studie initiiert.

Die Lebenszyklusbetrachtung im Bauwesen nimmt einen immer höheren Stellenwert ein. Durch diese Betrachtungsweise werden die Aspekte der Nutzungsphase und der Entsorgung zunehmend wichtiger, derzeit gibt es jedoch nur wenige Angaben über Reinigungs- und Wartungsintervalle. Hinzukommt, dass die Errichtungskosten einer Fassade einen wesentlichen Kostenfaktor bei der Herstellung darstellen. In der heutigen Baupraxis werden als Entscheidungsgrundlage meist nur die Herstellkosten in Betracht gezogen, dies hat zu einem überproportionalen Einsatz von erdölbasierten Dämmungen geführt, welche vergleichsweise kostengünstig sind, wenig regionale Wertschöpfung haben und massiv alternative ökologisch nachhaltige Fassadensysteme benachteiligen. Es müssen aber auch die Folgekosten, wie Instandhaltung, Wartung, Reparatur und Reinigung über den gesamten Lebenszyklus hinzugezogen werden bzw. auch der große Themenbereich des Abbruchs und des Recyclings, um eine realitätsnahe Beurteilung zu ermöglichen.

Mit der Durchführung einer Lebenszyklusanalyse steht eine innovative Entscheidungshilfe im Planungsprozess bei der Auswahl von Außenwandkonstruktionen zur Verfügung, welche den Fokus auf qualitativ hochwertige Konstruktionen über den gesamten Lebenszyklus setzt.

Als Basis für weiterführende Untersuchungen wurde in dieser Studie ein Überblick über die derzeit am Markt befindlichen Fassadensysteme in Österreich erarbeitet. In einer detaillierteren weiteren Betrachtung wurden die verarbeiteten Dämmstoffmengen erhoben, um Marktpotentiale aufzuzeigen. Eine wesentliche Rolle spielen dabei die steigenden bauphysikalischen und energetischen Anforderungen im Wandel der Zeit, wobei die Dämmstoffdicken im letzten Jahrzehnt drastisch zugenommen haben (Mitte der 90er Jahre 5-10cm auf aktuell 15cm und mehr). Es wurde erhoben, dass sich daraus eine erhöhte Schadensanfälligkeit ergibt, aufgrund des geringeren Wärmeflusses, tieferer Oberflächentemperaturen und damit längerer Kondensationszeiten.

Der detaillierte Überblick über häufig auftretende Mängel und Schäden in dieser Studie hat einen hohen Neuheitsgrad und stellt eine wesentliche Entscheidungsgrundlage für eine weitere Vorgehensweise dar.

Ziel dieser Studie war es, zuverlässige Eingangsdaten für die Durchführung einer Lebenszyklusanalyse von Fassadenkonstruktionen im Wohnbau zu erhalten. Im Speziellen wurden die Zeiträume, in denen Reinigungs- und Wartungsarbeiten erforderlich sind, durch die Untersuchung von Bestandsfassaden ermittelt. Vor diesem Hintergrund wurde eine Beurteilungsmatrix erarbeitet, anhand derer 106 Fassadenkonstruktionen untersucht wurden. Die Standorte sind über das Bundesland Steiermark verteilt. Die Auswahl der Fassaden erfolgte nach bestimmten Kriterien, die möglichst repräsentativ für die derzeit im Wohnbau einsetzbaren Fassaden sind. Dabei handelte es sich bei den Objekten nicht nur um Neubauten, es wurden auch wärmetechnisch sanierte Objekte untersucht.

Die ausgewählten Fassadenkonstruktionen sind drei Konstruktionsprinzipien zuordenbar und teilen sich auf in 75% Wärmedämmverbundsysteme (WDVS), 8% monolithische Fassaden und 17% Holzfassaden, wobei bei jüngeren Projekten keine monolithischen Fassaden mehr ausgeführt wurden. Bei den Dämmstoffdicken konnten Dicken von 8 und 10 cm hauptsächlich bei Wärmedämmverbundsystemen mit Mineralwolle als Dämmstoff festgestellt werden sowie 12 und 14 cm bei Wärmedämmverbundsystemen mit EPS als Dämmstoff.

Anhand der aufgenommenen Daten und Erkenntnisse konnten typische Veränderungen und Schäden an den Fassaden in Zusammenhang mit den jeweiligen Randbedingungen dargelegt werden.

Das Einhalten von Konstruktionsregeln und Verarbeitungsrichtlinien ist eine Voraussetzung für die Funktionssicherheit von Fassaden. Diesbezüglich konnten in der vorliegenden Studie bei den untersuchten Fassaden keine großen Auffälligkeiten festgestellt werden. Vereinzelt wurden Dämmplattenstöße und Dübelabzeichnungen ersichtlich.

In Bereichen, die einer höheren Beanspruchung durch Feuchtigkeit und mechanische Belastung ausgesetzt sind (z.B. Sockel) sollte eine widerstandsfähige Konstruktion eingesetzt werden. Ein WDVS kann hier nicht empfohlen werden.

Es wurden bei einer Großzahl von Objekten Schäden im Sockelbereich festgestellt. Auffällig ist auch die Wärmebrückenwirkung des Sockelprofils. Oftmals wurde vorwiegend bei den sanierten

Objekten auf eine Dämmung des Sockelbereiches verzichtet oder der Sockel wurde zu nieder ausgeführt, was zu Spritzwasserschäden führte. Eine weitere wärmetechnische Auffälligkeit stellt die Gebäudetrennfuge bei einzelnen Objekten dar.

Mechanische Beschädigungen wurden auch z.B. durch Spechte verursacht. Reparaturstellen bleiben immer sichtbar und stellen eine erhöhte Gefahr für das Eindringen von Feuchtigkeit dar.

Zu den typischen Mängel- und Schadenbildern an Fassaden zählen u.a. Risse. Bei Wärmedämmverbundsystemen konnten vereinzelt systematische Risse in der untersten Plattenreihe und unterhalb von Fensterbänken festgestellt werden.

Bei monolithischem Mauerwerk konnte eine Rissbildung im Bereich der Decken- und Sturzaufleger festgestellt werden.

Die am häufigsten festgestellte Beeinträchtigung der Wärmedämmverbundsystem- Fassaden, ist der Befall durch mikrobiellen Bewuchs (Veralgung). Dabei ist bei den untersuchten Fassaden weder eine besondere Abhängigkeit von der Himmelsrichtung, noch von der unmittelbaren Umgebung in Bezug auf den Pflanzenbestand feststellbar. Die Wirksamkeit von Algiziden, die zur Verminderung des Algenbewuchses eingesetzt werden, konnte wegen unzureichender Daten nicht überprüft werden. Der Einsatz solcher Stoffe wird jedoch kritisch gesehen, da durch Auswaschung diese Substanzen in die Umwelt freigesetzt werden und der Bewuchs lediglich verzögert wird.

Wärmedämmverbundsysteme mit EPS als Dämmstoff, die ohne konstruktiven Schutz durch ein Vordach eingesetzt werden, sind durch frühes Auftreten von mikrobiellem Bewuchs betroffen. Je besser die Fassadenfläche konstruktiv durch Vordächer oder Balkone geschützt ist, desto später tritt der mikrobielle Bewuchs auf.

Generell ist eine Reinigung der Fassade im Abstand von fünf bis zu sieben Jahren zu empfehlen, um ein ansprechendes Erscheinungsbild der Fassade zu erhalten. Eine Erstinspektion wird nach zwei Jahren empfohlen und sollte in regelmäßigen Abständen wiederholt werden, wobei bei ungeschützten Oberflächen kürzere Intervalle notwendig sind.

Wärmedämmverbundsysteme mit Mineralwolle als Dämmstoff sind weniger anfällig für mikrobiellen Bewuchs. Es konnte festgestellt werden, dass einige Fassaden, auch ohne Witterungsschutz durch ein Vordach nach sechs bis achtjähriger Standzeit nahezu algenfrei sind.

Bei unbehandelten Holzfassaden ist die unterschiedliche Verwitterung in Abhängigkeit von der Himmelsrichtung (Wetterseite) feststellbar, die eine Vergrauung des Holzes bewirkt. In vor Schlagregen geschützten Bereichen, z. B. unter Dachvorsprüngen, Fensterbänken etc. findet die Vergrauung verzögert statt, sodass sich ein inhomogenes Erscheinungsbild der Holzfassaden zeigt. Wartungsarbeiten sind, sofern die holzspezifischen Konstruktionsregeln eingehalten wurden, bei unbehandelten Holzfassaden in der Regel nicht erforderlich.

Neben der Problematik des Algenbewuchses ist das Thema der Ausbleichung von WDVS Fassaden von großer Bedeutung. Besonders bei Fassaden mit roter Pigmentierung wurde dies sichtbar.

Bezüglich Recycling und Verwertung kann festgestellt werden, dass diese bisher noch unzureichend und wenig nachhaltig ist, da zum Großteil die energetische Verwertung praktiziert wird. Hinsichtlich HBCD, einem Flammschutzmittel in EPS Dämmmaterialien, welches seit 2015 verboten ist, stellt dies eine weitere Problematik dar.

Die wirtschaftliche Betrachtung von fünf Fassadenvarianten mit Hilfe der Berechnung der Lebenszykluskosten für einen 30-jährigen Betrachtungszeitraum zeigt, dass die vorgehängte hinterlüftete Fassade mit Faserzementplatten als Bekleidung, deren Herstellungskosten deutlich über der einer WDVS Fassade mit EPS liegen (2,7-fach), bei der Betrachtung des gesamten Lebenszyklus nur mehr um 10% höhere Kosten gegenüber einer WDVS Fassade mit EPS verursacht. Betrachtet man die Fassade mit WDVS aus MW, entstehen einerseits zwar höhere Herstellkosten (+30%), andererseits bei der Betrachtung des gesamten Lebenszyklus, ist diese nur mehr um 2,5% teurer als die WDVS Fassade mit EPS.

Eine ebenso kostengünstige Variante ist nach diesen Berechnungen die vorgehängte hinterlüftete Fassade mit einer Bekleidung aus unbehandelten Lärchenbrettern, da von einer Lebensdauer von 40 Jahren auszugehen ist und eine solche Fassade als wartungsfrei gilt und somit keine Kosten während der Nutzungszeit entstehen. Diese Fassade ist um ca. 10 % günstiger als die Vergleichsfassade.

Die kostengünstigste Fassade in diesem Vergleich ist die durch ein Vordach geschützte WDVS-Fassade mit EPS-Dämmung. Durch den verzögerten mikrobiellen Bewuchs sind längere Reinigungszyklen möglich und dadurch werden die Lebenszykluskosten um ca. 15 % günstiger als bei der ungeschützten Ausführung.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der technische Zustand der in der Studie untersuchten Fassaden gut ist. Der Algenbefall von WDVS Fassaden und die unregelmäßige Abwitterung unbehandelter Holzfassaden sind die am häufigsten beobachteten Veränderungen. Mechanische Beschädigungen und Mängel durch Ausführungsfehler sind in relativ wenigen Fällen aufgetreten. Abhängig von der Konstruktion und dem Fehlen eines ausreichenden Witterungsschutzes ergibt sich die Notwendigkeit von Reinigungsmaßnahmen in Intervallen von wenigen Jahren. Die dafür erforderlichen Maßnahmen sind jedenfalls bei Durchführung einer Lebenszyklusanalyse zu berücksichtigen.

6 Quellenverzeichnis

Bauphysik 2012

Klaus Breuer, Florian Mayer, Christian Scherer, Regina Schwerd, Klaus Sedlbauer: Wirkstoffauswaschung aus hydrophoben Fassadenbeschichtungen: verkapselte versus unverkapselte Biozidsysteme. Berlin, In: Bauphysik 34, Heft 1, 2012.

Bauphysik 2015

Regina Schwerd, Christian Scherer, Klaus Breuer: Wirkstoff-Restgehalte verkapselter und freier Biozide in hydrophoben Fassadenbeschichtungen, Berlin, In: Bauphysik 37, Heft 6, 2015.

BauPVO 2011

VERORDNUNG (EU) Nr. 305/2011 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates.

Bauschadensbericht 2011

M. Balak K. Pohlplatz R. Rosenberger M. Steinbrecher: Österreichischer Bauschadensbericht 4- Teil 1: WDVS-Fassaden, 2011.

Burkhardt 2009

Burkhardt, M.; Schmidt, P.: Gebäudefassaden als Quelle für Gewässerverschmutzung, Ökoskop 1/09, 2009.

Burkhardt 2011

Burkhardt, M., Vonbank, R.: Auswaschung von verkapselten Bioziden aus Fassaden. Bericht im Auftrag des Schweizer Bundesamtes für Umwelt BAFU, Bern. Rapperswil, 2011.

Büchli 2015

R. Büchli, P. Raschle: Algen und Pilze an Fassaden, Ursachen und Vermeidung, 3. Auflage, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2015.

European Guideline

EAE European Association for External thermal insulation composite systems: European Guideline for the application of ETICS. Baden-Baden, 2011.

ETAG 004

Österreichisches Institut für Bautechnik (Hrsg.): Leitlinie für die europäische technische Zulassung, Außenseitige Wärmedämm-Verbundsysteme mit Putzschicht, Wien, Ausgabe 2000.

Fassadenskript TUG

Skriptenreihe des Instituts für Hoch- und Industriebau: Fassadenkonstruktionen mit Schwerpunkt Montagesysteme. TU Graz, 2005.

Fassadenskript FH

Skriptenreihe FH JOANNEUM, Ewald Hasler: Fassadenkonstruktion und Bauphysik Graz, 2014.

Fraunhofer Studie 2014

Wolfgang Albrecht, Christoph Schwitalla: Rückbau, Recycling und Verwertung von WDVS. Fraunhofer IRB Verlag, Valley, 13.11.2014.

Fraunhofer Studie 2015

Dipl.-Ing- (FH) Kristin Lengsfeld: Beurteilung der Langzeitbewährung von ausgeführten Wärmedämmverbundsystemen. Fraunhofer IRB Verlag, Valley, 13.02.2015.

Fricke 2008

Klaus Fricke, Tobias Bahr, Timo Thiel, Oliver Kugelstadt: Stoffliche oder Energetische Verwertung - Ressourceneffizientes Handeln in der Abfallwirtschaft, 2008.

Hasler 2015

Hasler: Planen und Bauen im Lebenszyklus, Österreichischer Wirtschaftsverlag, Wien, In: Österreichische Bauzeitung, 04/2015.

Hecht, Pasker 2013.

Clemens Hecht, Ralf Pasker: Technical Aspects of the System. EUMEPS Master Class ETICS, 18.03.2013.

HBCD 2016

Umweltbundesamt (Hrsg.): Hexabromcyclododecan (HBCD), Antworten auf häufig gestellte Fragen, Januar 2016, 4. überarb. Aufl.

Instandhaltungsleitfaden 2013

Bundesverband Farbe Gestaltung Bautenschutz (BV-Farbe) (Hrsg.): Instandhaltungsleitfaden, Beschichtungen und Putze auf Fassaden und Wärmedämm-Verbundsystemen. Frankfurt am Main, 2013.

Jantschek 2011

Jantschek, Matthias: Nutzung und Rückbau von Fassadensystemen im Zuge des LQG-Projektes: Wärmedämm-Verbundsystem. Unveröffentlichte Diplomarbeit, FH JOANNEUM Graz, 2011.

Klauser, 2014

Klauser, Christian: 1.Bachelorarbeit, Die Geschichte des Energieausweises. Graz, 2014.

Leitfaden 2016

Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), 2. Auflage, Berlin, 02.2016.

Lugger, 2007

Lugger, Klaus; Amann, Wolfgang: Ökologisierung der Wohnbauförderung im mehrgeschossigen Wohnbau. Institut für Immobilien, Bauen und Wohnen, Wien, 2007.

Neumann 2009

Neumann, Hans-Hermann. Praxis-Handbuch Wärmedämm-Verbundsysteme. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln, 2009.

Nutzungsdauerkatalog 2006

Nutzungsdauerkatalog baulicher Anlagen und Anlagenteile. SV Landesverband Steiermark und Kärnten, 3. Auflage, 2006.

ÖFHF 2015

Österreichischer Fachverband für hinterlüftete Fassaden ÖFHF, Verbandsregel: Planung und Ausführung von vorgehängten hinterlüfteten Fassaden, 03/2015.

Pasker 2013.

Ralf Pasker: WDVS IN EUROPA, EAE, 18.03.2013.

Richtlinie Fensterbank

Richtlinie Fensterbank für deren Einbau in WDVS- und Putzfassaden sowie in vorgehängten Fassaden. Österreichische Arbeitsgemeinschaft Fensterbank, 2014.

Sedlbauer 2004

Prof. Klaus Sedlbauer: Algenbildung aufgrund Tauwasser an Außenfassaden- Welche Einflussmöglichkeiten gibt es? Fraunhofer-Institut für Bauphysik, 2004.

Tewinkel 2016

Stefan Tewinkel: Feuchtigkeits- und Schimmelschäden, Leitfaden für Eigentümer und Vermieter, 1. Auflage, Freiburg, München 2016.

UBA 2016

Umweltbundesamt (Hrsg.): Verbesserung der Umwelteigenschaften von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS)- Evaluierung der Einsatzmöglichkeiten biozidfreier Komponenten und Beschichtungen. Dessau, Februar 2016.

UBA Merkblätter

Merkblätter des Umweltbundesamtes UBA, Dessau: Entscheidungshilfen zur Verringerung des Biozideinsatzes an Fassaden.

VAR 2011

Verarbeitungsrichtlinie für Wärmedämmverbundsysteme, Arbeitskreis Qualitätsgruppe
Wärmedämmsysteme im Fachverband der Stein- und keramischen Industrie, Wien, 2011.

VAR 2007

Verarbeitungsrichtlinie für Wärmedämmverbundsysteme, Arbeitskreis Qualitätsgruppe
Wärmedämmsysteme im Fachverband der Stein- und keramischen Industrie, Wien, 2007.

WTA Merkblatt

WTA Merkblatt 2-13: Wärmedämm-Verbundsysteme, Wartung, Instandsetzung, Verbesserung.
Ausgabe: 09.2015.

Normen:

EAVG Energieausweisvorlagegesetz von 2006, 2012 in Neufassung.

89/106/EWG Bauproduktenrichtlinie von 1988.

93/76/EWG Richtlinie Begrenzung der CO2 Emissionen von 1993

2002/91/EG Europäische Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden von 2002.

2010/31/EU Europäische Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden von 2010.

2008/98/EG Richtlinie über Abfälle vom 19. November 2008

BPR, Verordnung (EU) Nr. 528/2012 Verordnung über Biozide

ÖNORM H 5055

Energieausweis für Gebäude - Raumheizung und Wassererwärmung, 2002.

ÖNORM EN 13501-1

Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 1: Klassifizierung mit
den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten, 2009.

ÖNORM B 8110-2

Wärmeschutz im Hochbau - Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz, 2003.

ÖNORM B 8115-2

Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz, 2006.

ÖNORM 8110

Wärmeschutz im Hochbau Teil 1-7

ÖNORM B 6400

Außenwand-Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) – Planung (2011)

ÖNORM B 6410

Außenwand-Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) – Verarbeitung (2011)

OIB RL 2 (2015)

Österreichisches Institut für Bautechnik (Hrsg.): OIB-Richtlinie 2, Brandschutz. 2015.

OIB RL 3 (2015)

Österreichisches Institut für Bautechnik (Hrsg.): OIB-Richtlinie 3, Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz. 2015.

OIB RL 5 (2015)

Österreichisches Institut für Bautechnik (Hrsg.): OIB-Richtlinie 5, Schallschutz. 2015.

OIB RL 6 (2015)

Österreichisches Institut für Bautechnik (Hrsg.): OIB-Richtlinie 6, Energieeinsparung und Wärmeschutz. 2015.

Leitfaden OIB RL6, 2015.

Österreichisches Institut für Bautechnik (Hrsg.): OIB-Leitfaden, OIB-RL6, Energietechnisches Verhalten von Gebäuden. 2015.

Internet:

[1] POROTON

<http://poroton-wdf.de/de/POROTON-WDF/AUSSENDAEMMUNG/POROTON-WDF-180>

[Stand 06.06.2016]

[2] EAE European Association for External Thermal Insulation Composite Systems

URL: <http://www.ea-etics.eu/~run/> [Stand 30.05.2016]

[3] European Manufactures of Expanded Polystyrene EUMEPS

URL: <http://www.eumeps.construction/> [Stand 30.05.2016]

[4] Güteschutzgemeinschaft Polystyrol-Hartschaum (GPH)

URL: <http://www.gph.at/> [Stand 30.05.2016]

- [5] Qualitätsgruppe Wärmedämmverbundsysteme (QG)
URL: <http://www.waermedaemmsysteme.at> [Stand 30.05.2016]
- [6] Industrieverband Hartschaum e.V. (IVH)
URL: <http://www.ivh.de> [Stand 30.05.2016]
- [7] Gesamtverband Dämmstoffindustrie e.V. (GDI)
URL: <http://www.gdi-daemmstoffe.de/> [Stand 30.05.2016]
- [8] Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme e.V. (FV)
URL: <http://heizkosten-einsparen.de/> [Stand 30.05.2016]
- [9] Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme, Statistica 2015
URL: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/310313/umfrage/absatz-von-waermedaemmverbundsystemen-in-deutschland/> [Stand 30.05.2016]
- [10] Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme, Statistica 2015
URL: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/310349/umfrage/anteil-der-verbauten-daemmstoffarten-in-deutschland/> [Stand 30.05.2016]
- [11] Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme, Statistica 2015
URL: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/310340/umfrage/daemmstoffdicke-von-waermedaemmstoffverbundsystemen-in-deutschland/> Stand 30.05.2016]
- [12] Mayer, Hubert: ENERGIEAUSWEIS- Die ÖNORM H 5055.
URL: http://www.fgw.at/publikationen/pdf/03/2003-4_Mayer.pdf [Stand 02.04.2015].
- [13] Mayer, Hubert: Der bauliche Wärmeschutz und die ÖNORM B 8110- Gestern und Morgen.
URL: http://www.fgw.at/publikationen/pdf/07/2007-3_waermeschutz.pdf [Stand 02.04.2015].
- [14] Qualitätsgruppe Wärmedämmsysteme: Merkblätter.
URL: <http://www.waermedaemmsysteme.at/expertise/verarbeitungsrichtlinie.php> [Stand 21.04.2016].
- [15] Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme e.V.: Merkblätter.
URL: <http://www.wdv-systeme.de/service/infodownload/> [Stand 24.05.2016]

[16] CreaSolv Verfahren:

URL: <http://www.creacycle.de/de/der-prozess.html> [Stand 25.05.2016]

[17] Abfallaufkommen in Deutschland:

URL: <http://www.detail.de/artikel/wdvs-recycling-fehlanzeige-13122/> [Stand 30.05.2016]

[18] Europäische Chemikalienagentur ECHA: Background document for hexabromocyclododecane and all major diastereoisomers identified (HBCDD), 2009.

URL: <http://echa.europa.eu/documents/10162/9b8562be-30e9-4017-981b-1976fc1b8b56> [Stand 30.05.2016]

[19] Anhang XIV der REACH-Verordnung, 14.08.2014.

URL: <http://www.reach-clp-biozid-helpdesk.de/de/REACH/Zulassung-Beschraenkung/Zulassung/Anhang-XIV/Anhang14.html> [Stand 21.04.2016]

[20] WTA- wissenschaftlich technische Arbeitsgemeinschaft

URL: <http://www.wta-international.org/> [Stand 30.05.2016]

[21] Bestandserfassungsbögen

URL: http://www.wta-international.org/fileadmin/Susanne/Schriften/Bestandserfassung_WDVS.pdf
[Stand 30.05.2016]

[22] Inspektionsbögen

URL: http://www.wta-international.org/fileadmin/Susanne/Schriften/Inspektion_WDVS.pdf
[Stand 30.05.2016]

[23] Merkblatt Pflege

<http://www.farbe.de/handwerker-info/technik-werkstoff-umwelt-arbeitsschutz/arbeitsmittel-und-publikationen/beschichtungen-und-verputze-auf-fassaden-und-waermedaemm-verbundsysteme-instandhaltungsleitfaden.html> [Stand 07.06.2016]

[24] Algenmax

URL: <https://www.algenmax.at/fassadenreinigung/index.php> [21.04.2016]

7 Anhang Inhaltsverzeichnis

A	Beurteilungsmatrix.....	II
---	-------------------------	----

Anhang

Der Anhang enthält die vollständige Beurteilungsmatrix, die als Grundlage der Untersuchungen angewendet wurde.

A Beurteilungsmatrix

Deckblatt

Fassadensysteme im Fokus der
Lebenszyklusbetrachtung

FH JOANNEUM
Bauplanung und Bauwirtschaft

Beurteilungsmatrix - Fassade

Projekttitle:

Fassadensysteme im Fokus der Lebenszyklusbetrachtung

Kontakt:

FH JOANNEUM GmbH, Institut Bauplanung und Bauwirtschaft

Alte Poststraße 154, 8020 Graz

Projektleiter: DI Dr. EWALD HASLER

Tel.: +43 (0)316/5453-8226

E-Mail: ewald.hasler@fh-joanneum.at

Beschreibung

Das Projekt „Fassadensysteme im Fokus der Lebenszyklusbetrachtung“ der WKO Steiermark beschäftigt sich mit der systematischen Erfassung der Abläufe während der Nutzungsphase von Außenwandssystemen. Die Ergebnisse dienen zur Identifikation der relevanten Forschungsfragen und der zukünftigen Marktpotentiale. Als Ziel eines übergeordneten Forschungsprojektes soll die rechnerische Betrachtung des gesamten Lebenszyklus möglichst realitätsnah durchgeführt werden. Mit der Lebenszyklusanalyse steht eine innovative Entscheidungshilfe im Planungsprozess bei der Auswahl von Fassadenkonstruktionen zur Verfügung, welche den Fokus auf qualitativ hochwertige Konstruktionen über den gesamten Lebenszyklus setzt.

Beurteilungsmatrix - Fassade

INFORMATIONEN ZUM OBJEKT

Name

Anschrift Objektx

PLZ Ort Graz

Telefon

E-Mail

Beschreibung

Standortdaten

Lage	Innenstadt		
	Stadttrand		
	Dorf		
	Freiland		
	Waldrand		
	Landwirtschaft		
	Flachland		
	Hügelland		
Wetter	Temperatur		
	Luftfeuchtigkeit		
	Wind		
	Bewölkung		
	Niederschlag		
Klima	Temperatur		
	Luftfeuchtigkeit		
	Wind		
	Niederschlag		
Sonstiges	Staubbelastung (1-3)		
	Gewässer		

Beurteilungsmatrix - Fassade

Gebäudedaten

Typologie	Baujahr		
	Gebäudeart		
Nutzung	Büro		
	Schule		
	Wohnungen		
	Gewerbe		
	Industrie		
	Sonstiges		
Heizung	System		
	Energieträger		
	Wärmeabgabesystem		
	Heizkostenabrechnung		
Planunterlagen			
Sonstiges			

Beurteilungsmatrix - Fassade

Konstruktiver Schutz	Dachüberstand		
	Horizontalabdeckungen		
	Wasserführung/ -ableitung		
	Tropfkanten		
	Spritzwasserbereich		
	Sockel/ Traufpflaster		
Nähere Umgebung	Bepflanzung (1-3)		
	Bebauung		
	Beschattung		
Instandhaltung			
Zustandserfassung	Verschmutzung		
	mikrobiol. Befall		
	mechan. Beschädigungen		
	Risse		
	Ausbleichen		
	Abkreiden		
	Dämmplattenabzeichnung		
	Dübelabzeichnung		
Wartung/ Pflege	Reinigungsmethode		
	Reinigungsintervalle		
	Zeitaufwand		
	Kosten		
Sanierungen/ Reparaturen Neuverputz/ Neuanstrich	Methode		
	Zeitpunkt		
Erreichbarkeit/ Zugänglichkeit	Zufahrt		
	Aufstellfläche		
	Aufstiegshilfe (Gerüst, Steiger etc.)		
Thermographie (qualitativ)	Auffälligkeiten		
	Detaillierte Betrachtung		
Sonstiges			

Fotodokumentation

Projekttitle:

Fassadensysteme im Fokus der Lebenszyklusbetrachtung

Fassade 1