FORSCHUNGSINITIATIVE Zukunft BAU

F 2837

C.-A. Graubner, Martina Clanget-Hulin

Analyse der Trennbarkeit von Materialschichten hybrider Außenbauteile bei Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen

Erstellung einer praxisnahen Datenbank für die Nachhaltigkeitsbeurteilung

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung

Fraunhofer IRB Verlag

F 2837

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlußberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2013

ISBN 978-3-8167-8930-7

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00
Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/bauforschung

Bitte beachten:

Fehlende Seiten sind **Leerseiten**,
die bei Erstellung
der PDF-Datei für den Download nicht
berücksichtigt wurden

Fraunhofer IRB Verlag

Analyse der Trennbarkeit von Materialschichten hybrider Außenbauteile bei Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen

Erstellung einer praxisnahen Datenbank für die Nachhaltigkeitsbeurteilung

Endbericht

Forschungsprogramm
Forschungsinitiative Zukunft Bau, ein Forschungsprogramm des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)

Projektlaufzeit
01. Dezember 2010 bis 31. August 2012

Aktenzeichen
SF-10.08.18.7-10.10

Projektbetreuung
Guido Hagel, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumentwicklung (BBR)

Auftragnehmer:
Prof. Dr.-Ing. C.-A. Graubner, Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie, Institut für Massivbau

bearbeitet von: Dipl.-Ing. Martina Clanget-Hulin

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.
(Aktenzeichen: SF-10.08.18.7-10.10/ II 3 – F20—10-1-066)
Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis VII

1 Einleitung 1

1.1 Problemstellung 1
1.2 Zielsetzung 3
1.3 Vorgehensweise 4
1.4 Beschreibung der Arbeitspakete 4

2 Grundlagen zur Bewertung 7

2.1 Allgemeines 7
2.2 Bewertungsmethodik der Ökobilanz 7
2.3 Bewertung der ökonomischen Wirkung 9

3 Untersuchungsrahmen und Stoffgruppen 11

3.1 Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen 11
3.2 Ziel und Untersuchungsrahmen 13
3.2.1 Funktionelle Einheit 14
3.2.2 Systemgrenze 14
3.2.3 Datenqualität 15
3.2.4 Abschneideregeln 16
3.2.5 Annahmen und Abschätzungen 16
3.2.6 Wahl der Wirkungskategorien 17
3.2.7 Datenherkunft und Allokation 17
3.2.8 Eingangsdaten Ökonomie 17
3.3 Überblick der untersuchten Außenbauteile 18
3.4 Versuchsplan 25
3.5 Stoffgruppen Außenwandbauteile 27
3.6 Stoffgruppen Dachaufbauten 32

4 Sachbilanzierung 39

4.1 Allgemeines 39
4.2 Messverfahren und Größen 39
4.3 Durchführung der Versuche an Außenwandbauteilen 40
4.4 Durchführung der Versuche an Flachdächern 48
4.5 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse 60
4.5.1 Massenbilanz 60
4.5.2 Sortenreinheit 61
4.5.3 Trenn- und Wiederbelegbarkeit 63
4.5.4 Arbeitsaufwand 64
4.5.5 Einfluss weiterer Parameter 66
4.6 Aufbereitung der Sachbilanzergebnisse für die Wirkungsabschätzung 69

5 Wirkungsabschätzung 71

5.1 Allgemeines 71
5.1.1 Nachnutzungsphase WDVS 72

5.1.2 Nachnutzungsphase Flachdach ... 76
5.1.3 Nachnutzungsphase werkstoffliche Weiterverwertung EPS/MW ... 78
5.1.4 Transport: Entfernungen + Auslastung ... 78
5.1.5 Kosten ... 79
5.2 Wirkungsabschätzung der Außenwände und Flachdächer ... 80
5.2.1 Allgemeines ... 80
5.2.2 Ökobilanz „Nachnutzungsphase – EoL“ ... 89
5.2.3 Ökobilanz „Transport“ ... 95
5.2.4 Ökobilanz „Energie für Werkzeuge“ ... 96
5.3 Relevanz des Rückbaus im Produktsystem ... 99
5.3.1 Produktsystem unter Berücksichtigung Trennbarkeit ... 99
5.3.2 Abschneidekriterien ... 101
5.4 Prüfung der Ergebnisse ... 102

6 Verifizierung an Realobjekten ... 105

6.1 Allgemeines ... 105
6.2 Verifizierung Versuchsergebnisse Wand ... 106
6.3 Verifizierung Versuchsergebnisse Dach ... 107

7 Auswertung ... 111

7.1 Gesamtbewertung ... 111
7.2 Sensitivitätsanalyse ... 114
7.2.1 Wandaufbauten ... 114
7.2.2 Dächer ... 119
7.3 Empfehlungen ... 122
7.4 Fazit ... 122

Literaturverzeichnis ... 124

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung der Vorgehensweise 5
Abbildung 2: Phasen einer Ökobilanz 7
Abbildung 3: Unterteilung der Instandhaltung nach DIN 31051 11
Abbildung 4: Anzeige modularer Informationen für die verschiedenen Lebenszyklusstadien 13
Abbildung 5: Darstellung der Systemgrenze 15
Abbildung 6: Marktanteile Dämmstoffmarkt Deutschland 18
Abbildung 7: WDVS Neubau 20
Abbildung 8: Energetische Sanierung mit WDVS auf Altputz 20
Abbildung 9: Energetische Sanierung mit Zusatzdämmung auf WDVS 20
Abbildung 10: Aufbau Warmdach auf Stahlbeton 23
Abbildung 11: Aufbau Kompaktdach auf Stahlbeton 23
Abbildung 12: Aufbau Warmdach auf Trapezblech 23
Abbildung 13: Aufbau Umkehrdach 23
Abbildung 14: Dachaufbau energetische Sanierung mit Zusatzdämmung 25
Abbildung 15: Schematische Darstellung der Bewertungsmethodik 26
Abbildung 16: Markanteile Dämmstoffe WDVS 2008, Statistik Fachverband WDVS 2009 . 27
Abbildung 17: Porenbetonwand mit Aufbau 01 (Altputz) 28
Abbildung 18: Verlegung WDVS HECK Multitherm 29
Abbildung 19: WDVS Gutex Thermowall 30
Abbildung 20: WDVS MW Aufdopplung 31
Abbildung 21: Stahlbetondecke und Trapezblechkonstruktion 33
Abbildung 22: MW + Bitumenabdichtung und Kompaktdach auf Trapezblech 36
Abbildung 23: Erstellung Kompaktdach mit Zusatzdämmung 37
Abbildung 24: Trennung Silikatputz mit Putzfräse und mineralische Oberputz 40
Abbildung 25: Wände nach Abziehen Putzschicht 40
Abbildung 26: Flussbild Sanierungsfall 1A -Rückbau Oberputz von WDVS 41
Abbildung 27: Trennung Silikonharzputz und Armierungsgewebe 41
Abbildung 28: Fließbild Sanierungsfall 1 - Rückbau Putzschicht 42
Abbildung 29: Fließbild Sanierungsfall 2 - Rückbau WDVS MW+ Dübel 43
Abbildung 30: Trennen WDVS EPS 44
Abbildung 31: Trennen WDVS Mineralwolle 44
Abbildung 32: Trennen WDVS Holzwolle 44
Abbildung 33: Qualität Untergrund nach Rückbau WDVS 1. Belegung 45
Abbildung 34: Qualität Untergrund nach Rückbau WDVS 1. Belegung 45
Abbildung 35: Qualität Untergrund nach Rückbau WDVS 2. Belegung 45
Abbildung 36: Fließbild Sanierungsfall 2 – WDVS MW auf „Altputz“ 46
Abbildung 37: Altputz nach Rückbau Klebemörtel 46
Abbildung 38: Fließbild Sanierungsfall 2 - Rückbau WDVS EPS + Aufdopplung 47
Abbildung 39: Rückbau WDVS mit Zusatzdämmung 47
Abbildung 40: Fließbild Sanierungsfall 1 – Rückbau Kunststoffabdichtung 48
Abbildung 41: Fließbild Sanierungsfall 1 – Rückbau Bitumenabdichtung Kompaktdach 48
Abbildung 42: Rückbau Kunststoffabdichtung PIB, lose verlegt mechanisch befestigt 49
Abbildung 43: Rückbau Bitumenabdichtung von Schaumglas 49
Abbildung 44: Rückbau Bitumenabdichtung 49
Abbildung 45: Fließbild Rückbau Warmdach verklebt, Mineralwolle mit Bitumenabdichtung im Schweißverfahren 50

Abbildung 46: Fließbild Rückbau Warmdach verklebt, EPS + Bitumen 51
Abbildung 47: Rückbau Warmdach mit EPS + Bitumen (kaltselbstklebend) 52
Abbildung 48: Rückbau Warmdach MW + Bitumen (verschweißt)..... 52
Abbildung 49: Rückbau Schaumglas 52
Abbildung 50: Entfernen Bitumendampfsperre 52
Abbildung 51: Rückbau Kompaktdach vom Trapezblech und der Aufdopplung..... 53
Abbildung 52: Fließbild Rückbau Warmdach verklebt mit Zusatzdämmung 54
Abbildung 53: Rückbau Umkehrdach..... 54
Abbildung 54: Arbeitsaufwand bei Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen von WDVS..... 64
Abbildung 55: Arbeitsaufwand Arbeitsschritt „Abziehen Putzschicht“ bei WDVS 65
Abbildung 56: Arbeitsaufwand der einzelnen Arbeitsschritte für WDVS..... 65
Abbildung 57: Arbeitsaufwand bei Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen der FD 67
Abbildung 58: Arbeitsaufwand der einzelnen Arbeitsschritte für einlagige FD..... 67
Abbildung 59: Arbeitsaufwand zum Rückbau der Bitumenabdichtungen in Abhängigkeit von Temperatur und Verklebungsart..... 68
Abbildung 60: Arbeitsaufwand zum Rückbau der Dampfsperre in Abhängigkeit von Temperatur und Verklebungsart..... 68
Abbildung 61: Übersicht des Ergebnis Wände Wirkungskategorie PE ne 89
Abbildung 62: Überblick Wirkungskategorien Rückbau WDVS EPS geklebt 90
Abbildung 63: Überblick Wirkungskategorien Rückbau WDVS MW geklebt + Dübel..... 90
Abbildung 64: Überblick Wirkungskategorien Rückbau WDVS WW geklebt + Dübel..... 91
Abbildung 65: Wirkungskategorien Rückbau WDVS EPS geklebt 91
Abbildung 66: Übersicht des Ergebnis Flachdächer Wirkungskategorie PE ne..... 92
Abbildung 67: Überblick Wirkungskategorien Rückbau Warmdach verklebt, EPS + Bitumen 93
Abbildung 68: Überblick Wirkungskategorien Rückbau Kompaktdach 93
Abbildung 69: Überblick Wirkungskategorien Rückbau Warmdach verklebt, MW + Bitumen im Schweißverfahren mit Zusatzdämmung Umkehrdach 93
Abbildung 70: Überblick Wirkungskategorien Rückbau Warmdach lose verlegt mechanisch befestigt, EPS mit PIB..... 94
Abbildung 71: Wirkungskategorie PEne Anteil Transport MIN/MAX WDVS mit EPS..... 94
Abbildung 72: Wirkungskategorie PEne Anteil Transport MIN/MAX WDVS mit MW 94
Abbildung 73: Wirkungskategorie PEne Anteil Transport MAX WDVS mit WW 94
Abbildung 74: Anteil Transport MAX WDVS -Überblick Wirkungskategorien 95
Abbildung 75: Anteil Transport MAX Flachdachaufbauten..... 95
Abbildung 76: Anteil Energie MAX Flachdachaufbauten..... 96
Abbildung 77: Anteil Energie MAX WDVS WDVS MW 96
Abbildung 78: Übersicht Kosten WDVS in [€/m²] 97
Abbildung 79: Verteilung der Kosten für Entsorgung- und Rückbau der WDVS 98
Abbildung 80: Übersicht Kosten Flachdachaufbauten..... 98
Abbildung 81: Verteilung der Kosten für Entsorgung- und Rückbau der FD 99
Abbildung 82: Ökobilanz Produktsystem WDVS EPS gedübelt (Betrachtungszeitraum 50 Jahre) 101
Abbildung 83: Produktsystem: Verteilung Herstellung + Instandhaltung/EOL 102
Abbildung 84: Produktsystem: Verteilung Herstellung + Instandhaltung/EOL 102
Abbildung 85: Darstellung der Ergebnisse der Ökobilanz ESD-FVW-2011511-D 103
Abbildung 86: Beispiel 1 und 2 - Rückbau WDVS EPS geklebt 106
Abbildung 87: Beispiel 3 - Rückbau Bitumenabdichtung beim Kompaktdach 107
Abbildung 88: Beispiel 4 - Rückbau Kompaktdach von Stahlbetondecke 108

Abbildung 89: Beispiel 5 – Rückbau Flachdach EPS mit Bitumenabdichtung 109
Abbildung 90: Übersicht ausgesuchter Wirkungsindikatoren: Versuchsdurchführung..... 115
Abbildung 91: Übersicht ausgesuchter Wirkungsindikatoren: Szenario 01 116
Abbildung 92: Übersicht ausgesuchter Wirkungsindikatoren: Szenario 02 116
Abbildung 93: Übersicht ausgesuchter Wirkungsindikatoren: Szenario 04 116
Abbildung 94: Übersicht ausgesuchter Wirkungsindikatoren: Szenario 05 117
Abbildung 95: Übersicht ausgesuchter Wirkungsindikatoren: Versuchsdurchführung 119
Abbildung 96: Übersicht ausgesuchter Wirkungsindikatoren: Szenario 01 120
Abbildung 97: Übersicht ausgesuchter Wirkungsindikatoren: Szenario 02 120
Abbildung 98: Übersicht ausgesuchter Wirkungsindikatoren: Szenario 03 120

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Sanierungsfälle ... 12
Tabelle 2: Übersicht Musterbauteile Außenwände ... 21
Tabelle 3: Übersicht Musterbauteile Dächer ... 24
Tabelle 4: Verteilung der Verlegearten Abdichtungsbahnen bei Flachdächern ... 33
Tabelle 5: Flachdachmarkt Europa ... 33
Tabelle 6: Übersicht In- und Outputflüsse/Arbeitsaufwand des Rückbaus WDVS nach Arbeitsschritten ... 55
Tabelle 7: Übersicht In- und Outputflüsse/Arbeitsaufwand der Flachdachaufbauten nach Arbeitsschritten ... 56
Tabelle 8: Übersicht In- und Outputflüsse/Arbeitsaufwand der Außenwände nach Bauteil ... 57
Tabelle 9: Übersicht In- und Outputflüsse/Arbeitsaufwand der Außenwände nach WDVS 58
Tabelle 10: Übersicht In- und Outputflüsse/Arbeitsaufwand der Flachdächer ... 59
Tabelle 11: Mittelwerte Vergleich Input- Outputmasse der Putzschichten ... 60
Tabelle 12: Mittelwerte Vergleich Input- Outputmasse der Dämmstoffe WDVS ... 61
Tabelle 13: Mittelwerte Vergleich Input- Outputmasse der Dämmstoffe WDVS ... 61
Tabelle 14: Auswertung exemplarischer Massen- und Volumenbilanz der Musterbauteile ... 62
Tabelle 15: Übersicht der Entsorgungskosten (Brutto) inklusive Transportkoste ... 79
Tabelle 16: Ökobilanz Wand gemäß ENEV 2009– Sanierungsfall 1 ... 81
Tabelle 17: Ökobilanz Wand gemäß Versuch – Sanierungsfall 2 ... 82
Tabelle 18: Ökobilanz Wand gemäß ENEV – Sanierungsfall 2 ... 83
Tabelle 19: Ökobilanz Wand gemäß PH-Standard – Sanierungsfall 2 ... 84
Tabelle 20: Ökobilanz Dach gemäß ENEV– Sanierungsfall 1 ... 85
Tabelle 21: Ökobilanz Dach gemäß Versuch - Sanierungsfall 2 ... 86
Tabelle 22: Ökobilanz Dach gemäß ENEV – Sanierungsfall 2 ... 87
Tabelle 23: Ökobilanz Dach gemäß PH- Standard – Sanierungsfall 2 ... 88
Tabelle 24: Sanierungsszenarien für Wände und Dächer ... 100
Tabelle 25: Ergebnisse der Ökobilanzen der Produktsysteme WDVS ... 100
Tabelle 26: Ergebnisse der Ökobilanzen der Produktsysteme Flachdachaufbauten ... 101
Tabelle 27: Übersicht Ergebnisse Musterwände ... 103
Tabelle 28: Bedeutungsfaktoren der Wirkungskategorien in Anlehnung an das DGNB/BNB-System ... 111
Tabelle 29: Bewertung des Rückbaus der WDVS (ENEV) ... 112
Tabelle 30: Bewertung des Rückbaus der WDVS (PH) ... 112
Tabelle 31: Bewertung des Rückbaus der FD (ENEV) ... 113
Tabelle 32: Übersicht der Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse für Wand W11 ... 117
Tabelle 33: Übersicht der Ergebnisse Bewertung des Aufwands zur Demontage der Wand-aufbauten nach Bewertungsskala DGNB nach Szenarien ... 118
Tabelle 34: Bewertung des Aufwands zur Demontage der Wandaufbauten nach Bewertungsskala DGNB - Szenario 07 ... 118
Tabelle 35: Übersicht der Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse für Dach FD02 ... 121
Tabelle 36: Übersicht der Ergebnisse Bewertung des Aufwands zur Demontage der Dachaufbauten nach Bewertungsskala DGNB nach Szenarien ... 121

Abkürzungsverzeichnis

ADP	Abiotischer Ressourcenverbrauch
Äq.	Äquivalent
AP	Acidification Potential (Versauerungspotential)
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
Bit	Bitumen
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BNB	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CG	Schaumglas
cm	Zentimeter
CH_4	Methan
C_2H_4	Ethen
CO_2	Kohlendioxid
d	Dicke
d. h.	das heißt
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.
DO	Bitumen – Dachabdichtungsbahn Oberlage
DU	Bitumen – Dachabdichtungsbahn Unterlage
ENEV	Energieeinsparverordnung
EoL	End-of-Life
EP	Eutrophierungspotential
EPD	Environmental Product Declaration (Umwelt-Produktdeklaration)
EPS	Polystyrol
ESD	Environmental System Declaration (Umwelt-Systemdeklaration)
FD	Flachdach
GWP	Global Warming Potential (Treibhauspotential)
h	Stunde (-n)
HFC	teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe
H_2S	Schwefelwasserstoff
kg	Kilogramm
K. – Dübel	Kunststoffdübel
K. – Schlagdübel	Kunststoffschlagdübel
KMF	Künstliche Mineralfaser
KS	Kalksandstein
kWh	Kilo-Watt pro Stunde
λ	Bemessungswärmeleitfähigkeit in (W/m*K)
LCA	Life Cycle Assessment (Ökobilanz)
m	Meter
Max.	maximal(-e, -es, -er)
Min.	minimal(-e, -es, -er)
Min.	Minuten
Mineral.	Mineralisch
MJ	Megajoule
mm	Millimeter
MW	Mineralwolle

NO_x	Stickoxid
N_2O	Distickstoffmonoxid
ODP	Ozonschichtzerstörungspotential
PAK	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PE	Polyethylen
PE_e	Primärenergiebedarf regenerierbar
PE_{ne}	Primärenergiebedarf nicht regenerierbar
PFC	perflourierte Kohlenwasserstoffe
PO_4	Phosphat
POCP	Photochemisches Oxidantienbildungspotential
PH	Passivhaus-Standard
PIB	Polyisobutylen
PS	Polystyrol
PVC	Polyvinychlorid
R_{11}	Flourchlorkohlenwasserstoff
Sb	Antimon
Schlacke aus V.	Schlacke aus Verbrennung
SF_6	Schwefelhexaflourid
SHP	Silikonharzputz
SIP	Silikatputz
SO_2	Schwefeldioxid
STB	Stahlbeton
t	Tonne
u. a.	unter anderem
usw.	und so weiter
UV	Ultraviolett
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient in (W/(m²*K)
Var.	Variante
Vgl.	Vergleiche
W	Wand
WD	Warmdach
Wh	Watt pro Stunde
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
XPS	Polystyrolschaum
z. B.	zum Beispiel
ZD	Zusatzdämmung
z. T.	zum Teil

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Der globale Wandel im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung ist bereits in allen Bereichen unseres alltäglichen Lebens spürbar. Das Thema des Nachhaltigen Bauens hat sich in den letzten Jahren zunehmend im deutschen Bauwesen etabliert. Die großen Potentiale der deutschen Bau- und Immobilienwirtschaft, für die rund 40 % des gesamten Energiebedarfs in Deutschland und weitere 10 % Energieeinsatz zur Materialherstellung von Bauprozessen sowie den Transport von Baumaterialien benötigt werden (vgl. S.38 [1]), können mehr und mehr genutzt werden. Aktuell beschäftigt sich die Immobilienbranche intensiv mit der Untersuchung technischer, ökologischer und wirtschaftlicher Möglichkeiten zur Optimierung der Energieeffizienz und Verbesserung der Umweltqualität von Gebäuden. Mit dem Deutschen Gütesiegel Nachhaltiges Bauen, das gemeinsam vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) entwickelt wurde, steht ein Bewertungssystem zur Verfügung, das die Nachhaltigkeit von Gebäuden operabel macht. Bewertet wird hierbei der gesamte Lebenszyklus der Gebäude und Baumaßnahmen. Der Paradigmenwechsel zur Nachhaltigkeit im Bauwesen und zur lebenszyklusorientierten Betrachtungsweise von Baumaßnahmen und Materialien wird mit einer Reihe von Rechtsnormen auf nationaler und EU-Ebene umgesetzt, z.B. in der Novelle des Bauproduktengesetzes oder des Kreislaufwirtschafts- und Abfallrechtes. Gemäß der ab 2013 in Kraft tretenden Bauproduktenverordnung sollte „bei der Grundanforderung an Bauwerke bezüglich der nachhaltigen Nutzung der natürlichen Ressourcen insbesondere der Recyclingfähigkeit des Bauwerks, seiner Baustoffe und Teile nach dem Abriss, der Dauerhaftigkeit des Bauwerks und der Verwendung umweltfreundlicher Rohstoffe und Sekundärbaustoffe für das Bauwerk Rechnung getragen werden“(vgl. [3]).

In Zukunft sind im Rahmen der Zertifizierung mit dem Deutschen Gütesiegel für nachhaltiges Bauen sämtliche Umweltwirkungen einer Baukonstruktion über alle Lebenszyklusphasen quantitativ mit Hilfe einer Ökobilanz zu bestimmen. Dies bedeutet, dass auch alle Instandsetzungs- und Modernisierungsmaßnahmen in die Gebäudebewertung einfließen müssen. Zusätzlich wird die Rückbaubarkeit, Recyclingfreundlichkeit und Demontagefreundlichkeit in einem Kriterium separat bewertet. Für die zur Bewertung erforderlichen Instandsetzungs-, Modernisierungs- und Rückbaumaßnahmen stehen momentan keine Informationen zur Lösbarkeit der unterschiedlichen Materialschichten der Gebäudehülle bereit. Eine einheitliche Datengrundlage zur Trennbarkeit von Bauteilschichten in Abhängigkeit von Material- und Verbindungsart existiert bisher nicht und die Bewertung erfolgt nach Ermessen des Zertifizierers.

Um den steigenden Anforderungen der Energieeinsparverordnung (ENEV) oder Anforderungsänderungen durch Nutzungswechsel Rechnung zu tragen, werden insbesondere über den Lebenszyklus von Büro- und Wohngebäuden eine Vielzahl von Rückbau- und Sanierungsmaßnahmen an der Außenhülle erforderlich, die mit einem erheblichen Energie- und Materialverbrauch verbunden sind. Mit der Einführung der Gebäuderichtlinie 2010, bzw. der europaweiten Forderung nach Niedrigenergiegebäuden bis 2020, breitet sich diese Entwicklung auf den gesamten EU –Bereich aus.

Verstärkt wird dieser Effekt durch die Entwicklung neuer, effizienterer Materialien und Bauprodukte, wie z.B. hinsichtlich des Wärmeschutzes höherwertige Fenster oder Außenbauteile, aber auch schadstoffarme Produkte.
Typische Beispiele der energetischen Sanierung sind das Aufbringen zusätzlicher Dämmlagen, die Sanierung bestehender Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) oder das Aufbringen neuer Flachdachabdichtungen. Bei diesen Maßnahmen werden entweder bestehende WDVS ergänzt oder bestehende Dach- und Wandbekleidungen von der Tragschicht entfernt und durch neue Bekleidungen ersetzt. Diese Entwicklung steht in direktem Widerspruch zu dem Grundgedanken des nachhaltigen Bauens, bei dem es gilt, den Energie- und Materialeinsatz auch in der Konstruktion zu reduzieren und bestehende Ressourcen zu schonen. Um schnellstmöglich detaillierte Informationen für Entwurf und Zertifizierung von Gebäuden bereitstellen zu können, ergibt sich daher eine hohe Dringlichkeit für dieses Forschungsvorhaben, besonders vor dem Hintergrund des hohen Potentials der Bestandsgebäude in Deutschland, von denen ca. 75 Prozent älter als 30 Jahre sind (vgl. [2]).

Zur Bewertung der Trennbarkeit von Materialschichten hybrider Außenbauteile bei Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen wird von dem Antragsteller die bereits erprobte Beurteilungsmethode des Forschungsvorhabens zu Instandhaltungsmaßnahmen von Innenbauteilen im Sinne der Datenkonsistenz fortgeführt.

Das Innovationspotential des Forschungsvorhabens der Trennbarkeit von Außenbauteilen besteht in der erstmaligen Betrachtung der Lösbarkeit von Bekleidungen von ihrer Tragschicht, bzw. von Schichten untereinander, sowie der Bewertung dieser Lösbarkeit unter ökologischen Gesichtspunkten und unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus des Bauproduktes. Dies ist insbesondere bei den gewählten WDVS und Flachdachabdichtungen von Bedeutung, da bei diesen Systemen fast alle Schichten auch untereinander verklebt sind, was derzeit zu großen Problemen bei der Entsorgung derartiger Systeme führt, jedoch bisher bei der Produktentwicklung der Hersteller meist unberücksichtigt bleibt. Die Lösbarkeit der Materialschichten wurde von Planern und Handwerkern bereits vielfach hinterfragt und eine umfassende Untersuchung dieses Problems gefordert. Selbst Anwendungstechniker der Hersteller können die Frage nach der anzuwendenden Demontagetechnik nicht beantworten. Bisher liegen zur „Trennbarkeit hybrider Bauteile“ keinerlei wissenschaftlich fundierte Arbeiten vor.

Die Verbreitung der Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens ist im Sinne einer Breitenwirkung wünschenswert, z.B. durch die Veröffentlichung im Leitfaden Nachhaltiges Bauen des BMVBS. Damit werden die Ergebnisse einem interessierten Kreis (Zertifizierer, Planer, Handwerker und Bauherrn) zugänglich gemacht. Durch die Arbeit von Zertifizierern und Planern werden die Erkenntnisse des Forschungsvorhabens dann in der gesamten Gesellschaft kommuniziert. Die Untersuchungsergebnisse sind nicht auf einen bestimmten Sektor des Bauwesens beschränkt, sondern auf verschiedene Nutzungstypologien wie Büro-, Wohnungs-, Verwaltungs- und Industriebau übertragbar. In allen Nutzungsbereichen werden ähnliche Instandhaltungs- und Rückbaumaßnahmen durchgeführt.
Der Energie- und Materialverbrauch bei Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen von Gebäuden kann im Sinne des Nachhaltigkeitsgedankens durch die Ergebnisse des Forschungsvorhabens optimiert werden. Die Bewertungsmethodik zur Beurteilung der Instandhaltungs-freundlichkeit, Rückbaubarkeit und Recyclingfreundlichkeit ist darüber hinaus essentiell erforderlich, um eine objektive Zertifizierung im Rahmen des Deutschen Gütesiegels für Nachhaltiges Bauen überhaupt erst möglich zu machen.

Weiterhin können Entwicklungspotentiale für die deutsche Bauwirtschaft in den Bereichen der Außenhülle aufgezeigt werden. Die Ergebnisse werden Optimierungsmöglichkeiten sowohl bei Wärmedämmverbundsystemen und Flachdachabdichtungen bzw. ihren Verbindungsmitteln als auch Trennverfahren aufdecken. Die Hersteller dieser Erzeugnisse erhalten Hinweise, welche Probleme beim Rückbau auftreten können und sind dadurch in der Lage, durch Weiterentwicklungen neue Wettbewerbsvorteile zu generieren.

1.2 Zielsetzung

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, die Umweltwirkung von Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen hinsichtlich einer Reduzierung des Energie- und Materialverbrauchs zu untersuchen und eine Beurteilungsmethode zur objektiven Bewertung der Trennbarkeit unterschiedlicher Materialien bei Bauteilen der Außenhülle zu entwickeln. Solche Bauteile stellen den überwiegenden Materialeinsatz bei der Bauwerkserstellung sowie bei Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen dar und können daher als repräsentativ für die zu untersuchende Problematik angesehen werden. Insbesondere ist die Lösbarkeit der Schichten von WDVS und Flachdachabdichtungen bei Bestands- und Neubauten zu bestimmen.
Durch die Bilanzierung der bei Instandhaltungs- und Sanierungsmaßnahmen erforderlichen Stoffflüsse und des Arbeitsaufwandes soll die Bedeutung des Demontageaufwandes bei der Gesamtbeurteilung der Nachhaltigkeit belegt werden. Gleichermaßen soll die Relevanz der verschiedenen Einflussfaktoren der Verbindungs- und Materialart sowie die Demontagetechnik auf den Gesamtaufwand ermittelt und hinsichtlich ihrer Vorteilhaftigkeit verglichen werden. Etwaige Optimierungspotentiale können so aufgedeckt werden. Bestimmt wird der Demontageaufwand der Sanierungsmaßnahmen verschiedener Außenbauteile unter Berücksichtigung des jeweiligen „End-of-Life“ Szenarios der anfallenden Abfallfraktionen, bzw. dem Weg des Materials nach dem Ausbau. Ergänzend sollen ökonomische Aspekte wie Rückbau- und Entsorgungskosten mit in die Untersuchung einbezogen werden.

Als Ergebnis des Forschungsvorhabens sollen Empfehlungen entwickelt werden, die den Planern erlauben, demontage- und recyclingfreundliche Gebäude zu entwerfen. Im Fokus steht bei der Trennbarkeit die größtmögliche Verwertbarkeit der anfallenden Abfallstoffe mit der Zielsetzung einer höchstmöglichen Sortenreinheit. Die nach Nachhaltigkeits-gesichtspunkten entwickelten Außenbauteile können bei einer Nachhaltigkeitszertifizierung positiv bewertet werden.

Im Wesentlichen sollen folgende Fragestellungen beantwortet werden:

1. Welche Stoff- und Materialströme entstehen bei der Instandsetzung und Modernisierung von Außenbauteilen?
2. Wie ist der Demontageaufwand bei Instandsetzungs- und Modernisierungsmaßnahmen zu bewerten?
3. Welche ökologische Wirkung wird durch eine Instandsetzungs- oder Modernisierungsmaßnahme je m² Bauteil verursacht?

Anhand von Versuchen soll ermittelt werden, welche Stoffströme beim Rückbauen und Erneuern der Außenbauteile entstehen. Diese Stoffströme werden anschließend mit Hilfe der Methode der Ökobilanzierung und im Sinne einer ganzheitlichen Bewertung unter Berücksichtigung ökonomischer Aspekte bewertet. Die Ergebnisse werden für die Veröffentlichung, z.B. im Leitfaden Nachhaltiges Bauen, aufbereitet.

1.3 Vorgehensweise

Im Rahmen des Forschungsprojektes werden Energie- und Materialverbrauch infolge von Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen während des Lebenszyklus eines Gebäudes bewertet. Hierbei wird die Demontagefähigkeit von typischen Außenbauteilen der aktuellen Baupraxis hinsichtlich des gegenwärtigen sowie der zukünftigen Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen beurteilt (aktuell: Rückbau WDVS, zukünftig: Rückbau WDVS mit Zusatzdämmung). Insgesamt werden in einem Bauteilkatalog 30 repräsentative Außenwandbekleidungen und 14 Flachdachaufbauten sowie Sanierungsfälle und Rückbaumaßnahmen definiert. Anschlusspunkte wie Dachdurchdringungen oder der Sockelbereich der Außenwand bleiben unberücksichtigt und müssten in einem weiteren Forschungsvorhaben analysiert werden.

Im Praxisversuch werden die definierten Bauteile auf ihre Demontagefreundlichkeit untersucht. Alle Bauteile werden hierzu gemäß den anerkannten Regeln der Technik, der geltenden Normen, Gesetze, Fachregeln und Richtlinien sachgemäß erstellt und nach Fertigstellung bis auf die tragende Konstruktion zurückgebaut. Hierbei wird die Methode des selektiven Abbruchs, bzw. der Rückbau durch materialspezifisches Entfernen der verschiedenen Bauteilschichten mit dem Ziel einer Wieder- bzw. Weiterverwertung, soweit wie möglich angewendet. Quantitativ erfasst werden Energie-, Materialverbrauch sowie Zeitaufwand der Trennung und der Maßnahmen zur Aufbereitung des Trägermaterials. Zusätzlich werden qualitative Informationen über den Demontagevorgang (z.B. starke Staubentwicklung) dokumentiert.
Für die ökologische Bewertung der ermittelten Stoffströme werden die hinterlegten Materialkennwerte der Ökobilanzdatenbank "Ökobau.dat 2011" des Bundes herangezogen. Fehlende Materialien können aus anderen Datenbanken (z.B. GABI, ecoinvent) oder Environmental Produkt Declarations (EPD = Umwelt-Produktdeklaration) ergänzt werden. Die ermittelten Stoffströme werden mit Hilfe der Ökobau.dat ausgewertet und analysiert. Aufbauend auf den Untersuchungsergebnissen wird eine Methodik entwickelt, mit der eine objektive Beurteilung der Rückbaubarkeit und Recyclingfreundlichkeit verschiedener Außenwand- und Dachaufbauten möglich sein wird. Darüber hinaus erlauben die Ergebnisse eine Quantifizierung der bei Modernisierungsmaßnahmen entstehenden Umweltwirkungen, welche die Informationslücken in bestehenden Bauteilverzeichnissen füllen werden.

1.4 Beschreibung der Arbeitspakete

Der Ablauf des Forschungsvorhabens ist nachfolgend anhand der einzelnen Arbeitspakete kurz erläutert und wird in Abbildung 1 dargestellt.

Arbeitspaket 1: Ausarbeitung des Versuchsplans
Im ersten Schritt des Forschungsvorhabens wird ein detaillierter Untersuchungsplan der durchzuführenden Bauteilversuche erarbeitet. Dafür ist es notwendig, die zu untersuchenden Wand- und Dachaufbauten festzulegen sowie die zu bestimmenden Parameter und Systemgrenzen für den jeweiligen Versuch zu definieren.

Arbeitspaket 2: Durchführung von Bauteilversuchen
Auf Basis des Untersuchungsplans aus dem Arbeitspaket 1 werden in der Prüf- und Versuchsanstalt der TU Darmstadt Versuche zur Trennbarkeit verbundener Materialschichten

an Bauteilen im Maßstab 1:1 durchgeführt. Aufbauend auf dem aktuellen Kenntnisstand wird beabsichtigt, 44 Einzelversuche (30 Wand- und 14 Dachsysteme) durchzuführen.

Arbeitspaket 3: Auswertung der Versuche

Die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen aus dem Arbeitspaket 2 werden für die weitere Verwendung aufbereitet. Hierzu werden der energetische Aufwand und der Materialverbrauch bestimmt und die zugehörigen Stoffströme ermittelt.

Arbeitspaket 4: Verifizierung der Versuche an realen Projekten eines Praxispartners

Exemplarisch werden ausgewählte Ergebnisse des Arbeitspaketes 3 an realen Baumaßnahmen eines Praxispartners überprüft.

Arbeitspaket 5: Bewertung der Umweltwirkung

Mit den an den Musterbauteilen ermittelten Stoffströmen (Arbeitspaket 3) erfolgt unter Verwendung der Softwaretools „Ökobau.dat“ und im Bedarfsfall bauloop oder GABI die Berechnung der ökologischen Wirkungen der einzelnen Instandsetzungsprozesse. Diese ergänzen die bestehenden Ökobilanzdatenbanken um die ökologische Wirkung von Instandsetzungs- und Modernisierungsmaßnahmen.

Arbeitspaket 6: Zusammenstellung der Ergebnisse, Endbericht

Zum Abschluss des Forschungsprojektes werden die ermittelten Ergebnisse aufbereitet und für die Veröffentlichung vorbereitet.

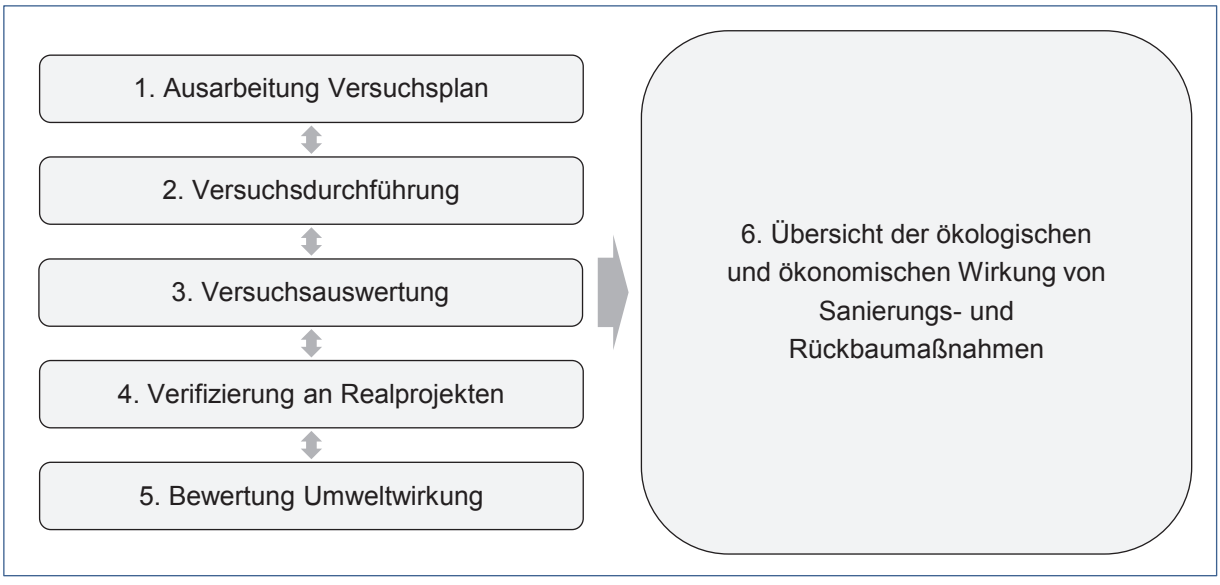


Abbildung 1: Darstellung der Vorgehensweise

2 Grundlagen zur Bewertung

2.1 Allgemeines

Zur Beurteilung der Versuchsergebnisse wird die Bewertungsmethodik des Forschungsvorhabens „Analyse der Trennbarkeit von Materialschichten hybrider Innenbauteile bei Instandsetzungs- und Modernisierungsmaßnahmen“ übernommen, um die Konsistenz der zu erstellenden Datenbank von Innen- und Außenbauteilen sicherzustellen.

Die Analyse der Trennbarkeit der Innenbauteile konzentriert sich auf Untersuchung der Umweltaspekte. Ökonomische Aspekte werden in Form der Ermittlung des Arbeitszeitaufwandes in die Betrachtung integriert. Bei der Analyse der Trennbarkeit der Außenbauteile werden weitere ökonomische Parameter wie Entsorgungs- und Rückbaukosten berücksichtigt. Somit werden alle relevanten ökonomischen und die ökologischen Eigenschaften des Rückbaus von Wand- und Dachaufbauten untersucht und objektiv bewertet.

2.2 Bewertungsmethodik der Ökobilanz

Zur Bewertung der Umweltaspekte und ihrer Auswirkungen wird als wissenschaftlich und normativ anerkannte Bewertungsmethode die Ökobilanz, die englisch mit life cycle assessment (LCA) bezeichnet wird, nach DIN EN ISO 14040 und 14044 angewendet.

In der internationalen Norm ISO 14040 wird die Ökobilanz wie folgt definiert:
Die Ökobilanz ist „eine Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse und der potenziellen Umweltwirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines Lebensweges“ (vgl. S.7 [4]). Diesem Grundsatz folgend umfasst die Analyse den gesamten Lebensweg von der „Wiege bis zur Bahre“ (cradle-to-grave). Die einheitliche Bewertungsmethodik der Ökobilanz kann zu Beurteilung der Umweltwirkung von Prozessen oder Produkten angewendet werden.

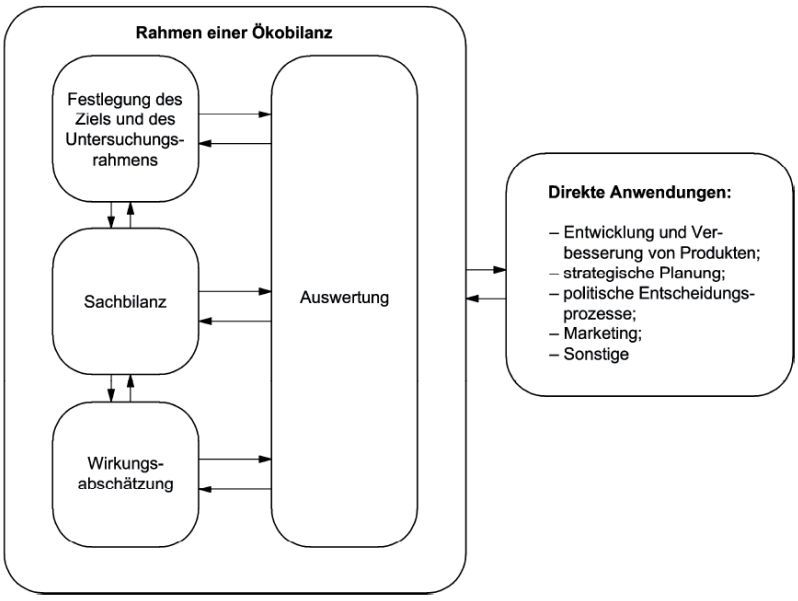


Abbildung 2: Phasen einer Ökobilanz gemäß DIN EN ISO 14040 Bild 1 (vgl. S.16 [4])

Nach DIN EN ISO 14040 gliedert sich eine Ökobilanz in die folgenden 4 Phasen, wie Abbildung 2 dargestellt:

- Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens
- Sachbilanz
- Wirkungsabschätzung
- Auswertung

Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens

Zu Beginn der Ökobilanz nach DIN EN 14040 steht die „Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens“, d.h. die Zielgruppe, der Anwendungsbereich sowie die Gründe der Durchführung werden definiert. Bei der „Festlegung des Untersuchungsrahmens“ werden alle erforderlichen Parameter eindeutig beschrieben, um die Vergleichbarkeit verschiedener Ökobilanzen sicherzustellen. Dazu gehören die Beschreibung des Produktsystems, z.B. in Form eines Fließbildes, und die Festlegung der funktionellen Einheit sowie der zeitlichen und geographischen Systemgrenzen. Weiterhin müssen Abschneideregeln, Annahmen und Einschränkungen, die Auswahl der Wirkungskategorien und die Berechnungsmethodik zur Wirkungsabschätzung definiert werden.

Sachbilanz

Als nächster Schritt folgt in der Sachbilanz die Erfassung und Quantifizierung aller Input- und Outputflüsse bezogen auf die funktionelle Einheit. Diese Daten bilden die Grundlage für die Wirkungsabschätzung der Ökobilanz.

Wirkungsabschätzung

Im folgenden Schritt „der Wirkungsabschätzung“ werden aus den Sachbilanzergebnissen die potenziellen Umweltwirkungen für das Produktsystem ermittelt. Den Inputflüssen der Sachbilanz werden hierzu die ausgewählten Wirkungskategorien zugeordnet (Klassifizierung) und entsprechend ihres Beitrags an dieser Wirkungskategorie gewichtet (Charakterisierung). Die Sachbilanzergebnisse werden in Wirkungsindikatorwerte umgewandelt. Für die Darstellung der Umweltwirkung von Gebäuden, z.B. im Rahmen der Zertifizierung des „Deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen“, wurden die Wirkungskategorien auf folgende Auswahl beschränkt:

- Primärenergiebedarf nicht regenerierbar (in MJ)
- Primärenergiebedarf regenerierbar (in MJ)
- Treibhauspotential (in kg CO2-Äquivalent)
- Ozonschichtzerstörungspotential (in kg R11-Äquivalent)
- Versauerungspotential (in kg SO2-Äquivalent)
- Eutrophierungspotential (in kg PO4-Äquivalent)
- Photochem. Oxidantienbildungspotential (in kg C2H4-Äquivalent)

Auswertung

In der abschließenden „Auswertung“ werden die Ergebnisse der Studie dargestellt, Schlussfolgerungen gezogen sowie Empfehlungen ausgesprochen. Weiterhin wird die Studie auf Vollständigkeit, Detailgenauigkeit, Konsistenz und die Sensitivität hinsichtlich verschiedener Parameter geprüft. In der Phase der Auswertung müssen die Ergebnisse der Sachbilanz- oder Wirkungsabschätzung entsprechend der Zielsetzung und dem Untersuchungsrahmen ausgewertet werden (vgl. S.45 ff [4]).

2.3 Bewertung der ökonomischen Wirkung

Als Lebenszykluskosten sind gemäß DIN EN 15643 alle Kosten definiert, „die durch ein Gebäude oder Bauwerksteil über dessen gesamten Lebenszyklus durch die Erfüllung der technischen Anforderungen und der funktionalen Anforderungen entstehen“ (vgl. [5]).

Ziel der Lebenszykluskostenanalyse von Gebäuden ist die Erfassung der über die Lebensdauer anfallenden Kosten zur Überprüfung und Optimierung der Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes. Im Rahmen der Nachhaltigkeitsbeurteilung von Gebäuden erfolgt eine quantitative Bewertung der Lebenszykluskosten nach der Barwertmethode. Bei der Barwertmethode werden alle Kosten entsprechend der Zeitpunkte des Auftretens auf den aktuellen Zeitpunkt der Entscheidung abgezinst.
Für die Nachhaltigkeitszertifizierung von Gebäuden nach BNB/DGNB sind alle relevanten Parameter wie Kapitalisierung- und Dekaptialisierungsfaktoren (Inflationsraten, Zinssätze) und die Referenznutzungsdauer als Betrachtungshorizont des Gebäudes definiert. Als Kosten fließen ausgewählte Bau- und Nutzungskosten nach DIN 276 und DIN 19860 in die Berechnung ein. In der aktuellen Version der Bewertungsmethodik des BNB/DGNB-Systems bleiben die Kosten für den Rückbau und die Entsorgung unberücksichtigt (vgl. [6]).

3 Untersuchungsrahmen und Stoffgruppen

3.1 Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen

Instandsetzungs- und Erneuerungsarbeiten werden erforderlich, wenn Schadensfälle behoben oder zu erwartende Schäden (z.B. wenn die technische Lebensdauer einer Bauteilschicht abgelaufen ist) abgewendet werden sollen. Sie können jedoch auch durch geänderte Nutzungsanforderungen oder normative Anforderungen verursacht werden. Primärziel der Instandhaltungsmaßnahme ist die Wiederherstellung eines funktionsfähigen, den anerkannten Regeln der Technik entsprechenden Außenbauteils. Der Umfang der Instandsetzungs- aber auch der Verbesserungsmaßnahme muss bei WDVS und Dächern nach einer umfassenden Zustandsprüfung mit einer Beurteilung der Funktionsfähigkeit des gesamten Aufbaus bestimmt werden. Auf Basis der Fehlerdiagnose und einer Zustandsbewertung kann ein Sanierungskonzept erstellt werden. Hierbei werden alle technischen Möglichkeiten berücksichtigt und ihre Wirtschaftlichkeit gegeneinander abgewogen (vgl. [12]).

Im allgemeinen Sprachgebrauch wird der Begriff „Sanierung“ verschieden und ungenau verwendet. Aus diesem Grund werden die häufig im Zusammenhang von Sanierungsmaßnahmen gebrauchten Begriffe hier im Einzelnen kurz erläutert (vgl. S. 58 [11] und [12]).

Sanierung:
Als „Sanierung“ wird die Wiederherstellung des Soll-Zustandes von Bauteilen definiert, die nicht mehr den baulichen, technischen, ökonomischen oder normativen Anforderungen entsprechen.

Instandhaltung:
Gemäß DIN 31051 Grundlagen der Instandhaltung teilt sich die Instandhaltung in die Maßnahmen Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung, wie in Abbildung 3 dargestellt.

Instandsetzung:
Die Instandsetzung umfasst „alle Maßnahmen zur Rückführung einer Betrachtungseinheit in den funktionsfähigen Zustand mit Ausnahme von Verbesserungen“ (vgl. [7]). Hierzu gehören einfache Renovierungs- oder Sanierungsmaßnahmen zur Schadensbeseitigung oder als Präventivmaßnahme, um zu erwartende Schäden abzuwenden.

Verbesserung:
Eine „Verbesserung“ oder „Modernisierung“ steigert die Funktionssicherheit einer Betrachtungseinheit (vgl. S. 266 [12]). Es bedeutet die Anpassung des Bauteils an den aktuellen Stand der Technik. Als Beispiel einer solchen Verbesserung sei die energetische Sanierung von WDVS bzw. Dachaufbauten durch Aufdopplung oder die Reduzierung von Wärmebrücken genannt. Mit der Einführung der ENEV 2009 wird in vielen Instandsetzungsfällen der Außenwand die Anpassung des Wärmedämmstandards und somit im Sinne der Definition eine „Verbesserung“ notwendig.

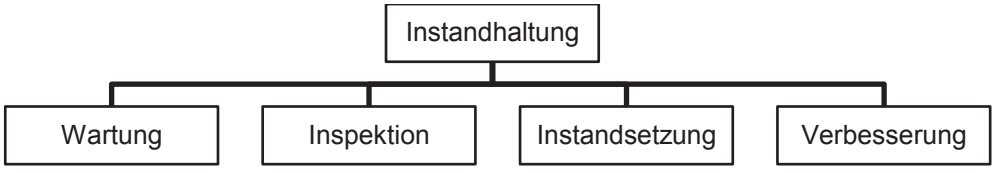


Abbildung 3: Unterteilung der Instandhaltung nach DIN 31051 [7]

Der Untersuchungsrahmen der Praxisversuche des Forschungsvorhabens wird auf die in Tabelle 1 dargestellten Sanierungsszenarien beschränkt. Kleine Instandsetzungsarbeiten, wie das Ausbessern von Putzrissen, Beseitigungen von Verschmutzungen durch mikrobiellen Befall bei Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) oder das Ausbessern von kleineren Schadstellen der Dachabdichtungen, werden nicht untersucht, da sich die hierfür notwendigen Alterungsprozesse im Zuge der Praxisversuche des Forschungsvorhabens nicht ausreichend simulieren lassen. Gleichermaßen ist es auch nicht möglich, den Aufwand von Vorbereitungsmaßnahmen für die fachgerechte Sanierung (z.B. das Entfernen von Schmutzablagerungen, Abstoßen von Wellen, Blasen und Falten bei Abdichtungen von Dachaufbauten) zu ermitteln.

Anzumerken ist, dass §9 ENEV 2009 „Umnutzung und Umbau von Gebäuden“ für Umbaumaßnahmen, die die Bagatellregelung überschreiten, die Einhaltung der geforderten Wärmedämmstandards vorschreibt. Unter die Bagatellregelung fallen z.B. „Putzreparaturen, bei denen der bestehende Putz nicht abgeschlagen, sondern nur Neuverputzen als Ausbesserungsmaßnahme“ vorgenommen werden (vgl. S. 26 [18]). Der Sanierungsfall 1 A entsprechend Tabelle 1 tritt somit nur auf, wenn der vorhandene Aufbau Verarbeitungsmängel aufweist und das Bauteil die Anforderungen der gültigen ENEV erfüllt.

Entsprechend der in Tabelle 1 definierten Fälle werden die Wand- und Dachbeläge selektiv, in Stufen zurückgebaut. Für die Untersuchung der WDVS ist im Sanierungsfall 1 A der Austausch des Oberputzes, im Sanierungsfall 1 der Austausch der gesamten Putzschicht und im Sanierungsfall 2 der vollständige Rückbau des WDVS vorgesehen.
Die Untersuchung der Dachaufbauten reduziert sich gemäß der aktuellen Sanierungstechnik und der in der DIN 18531 Teil 4 (vgl. S. 5 [13]) dargestellten Maßnahmen auf die Sanierungsfälle 1 und 2.

Tabelle 1: Sanierungsfälle in Anlehnung Übersicht der Instandsetzungsverfahren bei WDVS (vgl. S.476 [11] und S. 331ff [12][14]) und Übersicht für Maßnahmen der Instandhaltung und der Dacherneuerung (vgl. S. 5 [14]

	WDVS	**Dachaufbau**
Sanierungsfall 1 A*:	Geringe Haftung zwischen Ober- und Unterputz, großflächige Risse im Oberputz, Hinterfeuchtung Oberputz → Maßnahme: Entfernen *und erneuern* Oberputz*	Große Schadstellen • bei Bitumenabdichtungen: → Maßnahme: Ausbessern großer Schadstelle durch Abstoßen → Maßnahme: Entfernen und Erneuerung Abdichtung: • bei Kunststoffabdichtungen mit loser Verlegung: → Maßnahme Entfernen Kunststoffabdichtung + *Erneuerung* • Kompaktdach: → Maßnahme: Entfernen Bitumenabdichtung + *Erneuerung*
Sanierungsfall 1:	Geringe Haftung zwischen Ober- und Unterputz, Risse > 0,2 mm durch Putzsystem → Maßnahme: Entfernen und *Erneuern* Armierungsschicht + Oberputz	
Sanierungsfall 2: (in Normalfall verbunden mit einer Modernisierung/Erneuerung)	Schäden in Dämmplatten z.B. durch Schwinden, unzureichende Verklebung → Maßnahme: Rückbau und *Neuaufbau*	nicht mehr funktionsfähige Dachaufbauten oder verbesserungsbedürftige Dachschichtenaufbauten → Maßnahme: Rückbau *und Neuaufbau*

*wird aufgrund der Versuchsergebnisse nicht empfohlen

Derzeit wird im Regelfall bei kleinen und großen Instandhaltungsmaßnahmen meist die Regenerierung der vorhandenen Dachabdichtungen durch das Aufbringen einer neuen Abdichtungslage angewendet, falls nicht durch Totalversagen des Dachaufbaus der komplette Rückbau der Aufbauten notwendig ist. Im Wesentlichen wird diese Sanierungstechnik bei der Sanierung von Bitumendächern angewendet. Der Sanierungsfall 1, d.h. der Rückbau + Neubelegung der Abdichtungslage, tritt lediglich bei der Sanierung von lose oder mechanisch verlegten Abdichtungen sowie beim Kompaktdach auf. Die vorhandene schadhafte Abdichtungslage wird rückgebaut und durch eine neue ersetzt. Der Instandsetzungsfall 2 wird z.B. bei einer komplett schadhaften oder durchfeuchteten Wärmedämmung angewendet.

Die Erneuerungsmaßnahme bzw. die Neubelegung, in Tabelle 1 kursiv dargestellt, bleibt im Rahmen des Forschungsvorhabens unberücksichtigt und wird im Versuch nicht ausgeführt.

3.2 Ziel und Untersuchungsrahmen

Grundsätzlich betrachten Lebenszyklusanalysen von Produktsystemen den gesamten Lebensweg eines Produktes bzw. eines Gebäudes. Die DIN EN 15978:2012-01 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethoden gliedert diesen Lebenszyklus in die Module A 1-3 Herstellung-, A 4-5 Errichtungs-, B 1-7 Nutzungs- und C 1-4 Entsorgungsphase, wie in Abbildung 4 dargestellt.

Die Analyse der Trennbarkeit von Materialschichten hybrider Außenbauteile verzichtet auf die vollständige Betrachtung des gesamten Lebenszyklus der Bauteile und konzentriert sich auf den Rückbau von Wand- und Dachaufbauten, der während der Nutzungs- und Entsorgungsphase vollzogen wird. Zielsetzung ist der Vergleich der Trennbarkeit verschiedener Außenbauteilaufbauten, Rückbautechniken und die Identifikation signifikanter Parameter, wie der Einfluss der Verbindungsart.
Eine vergleichende Studie des gesamten Produktsystems wird nicht erstellt. Jedoch wird in Kapitel 5.3 die Relevanz der Rückbauprozesse im gesamten Lebenszyklus exemplarisch für einzelne Außenbauteile geprüft.

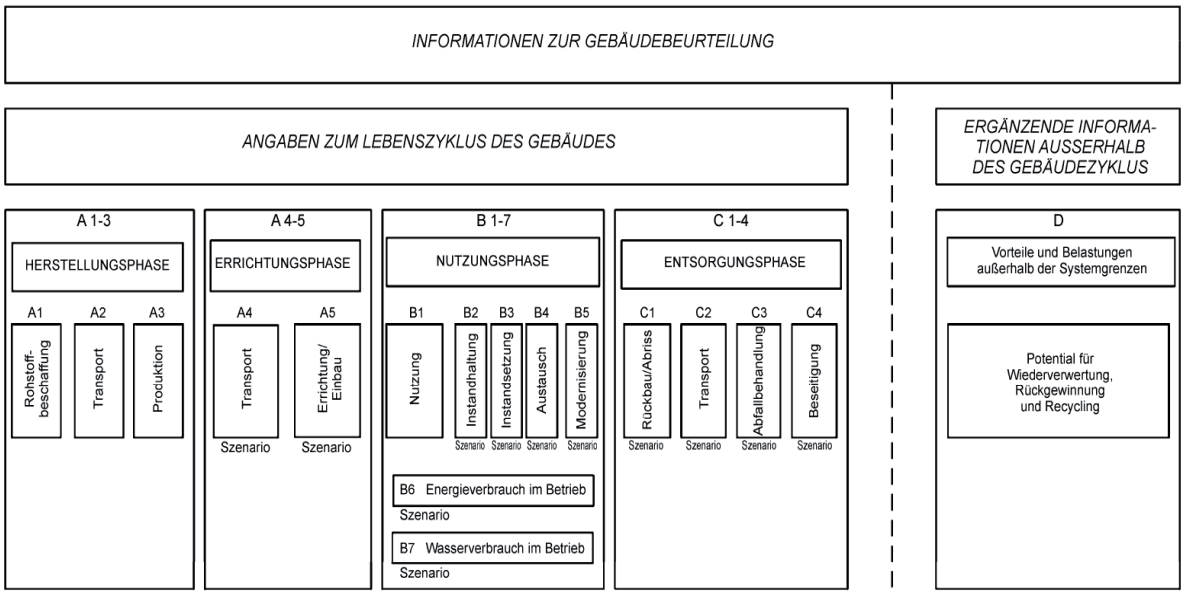


Abbildung 4: Anzeige modularer Informationen für die verschiedenen Lebenszyklusstadien des Gebäudes, (vgl. [8])

Bilanziert werden die ökologischen und ökonomischen Wirkungen des Rückbaus, die Verwertung bzw. Beseitigung des Abbruchs und dem damit verbundenen Transport. Entsprechend der Modul-Definition der DIN EN 15978 entspricht dies den Modulen B2- B5, sowie C1-4. Entgegen der Festlegung bei der Analyse der Innenbauteile wird der Transport des abgebrochenen Materials zu den Weiterverwertern oder Beseitigung berücksichtigt, da er in unmittelbarer Korrelation zum Entsorgungs- bzw. Weiterverwertungsweg steht und somit ebenfalls von dem Rückbauergebnis abhängig ist. Hierbei soll überprüft werden, inwiefern der Transport aufgrund Geringfügigkeit zukünftig unberücksichtigt bleiben können. Berücksichtigt werden die direkten Abbruchmaßnahmen und die damit verbundenen Vorbereitungsmaßnahmen des Untergrundes.

3.2.1 Funktionelle Einheit

Im Praxisversuch werden verschiedene Wärmedämmverbund- und Flachdachsysteme an Musterwänden und – dächern untersucht. Als deklarierte Bezugseinheit der Ergebnisse der Untersuchung wird „1 m² instandgesetztes Bauteil“ definiert.

Für die praxisnahe Durchführung werden Versuche im Maßstab 1:1 an Außenwänden mit den Abmessungen 2,0 m x 2,3 m (Breite x Höhe) und an Dächern mit den Abmessungen 2,3 m x 2,3 m (Breite x Länge) durchgeführt. Diese Abmessungen sind notwendig, um bei Wandbauteilen auch das Arbeiten über Kopf sowie in Bodennähe simulieren zu können. Durch die unterschiedlichen Arbeitspositionen sind verschiedene Auswirkungen auf die Qualität der Trennbarkeit und ein praxisnaher Durchschnittswert bei Energie- und Arbeitsaufwandes zu erwarten.

Vereinfacht wurden im Rahmen der Versuchsdurchführung alle Dämmstoffe unabhängig von der Wärmeleitgruppe des Materials mit einer Dämmstoffstärke von 10 cm aufgebracht. Die auf Basis der einheitlichen Dämmstärken ermittelten Versuchsergebnisse der Trennbarkeit der Systemaufbauten können zukünftig in Form einer Datenbank zur Ermittlung der Trennbarkeit spezifischer Wand- bzw. Dachaufbauten dienen.

Für die vergleichende Bewertung werden die Untersuchungsergebnisse der Sachbilanz in Abhängigkeit von den wärmetechnischen Qualitäten der Dämmstoffe und Konstruktionen angepasst. Hierzu werden Wände und Dächer so modifiziert, dass sie die Wärmeschutzanforderungen der aktuellen ENEV 2009 erfüllen. Zugrunde gelegt werden die Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung für Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäude mit Innentemperaturen mit ≥ 19°C mit einem U-Wert für die Außenwände von 0,24 W/(m²K) und für die Flachdächer von 0,2 W/(m²K) (vgl. [9]). Als zusätzliche Information werden im Bauteilkatalog die Ergebnisse der Ökobilanz bei Ausführung der Bauteile im Passivhausstandard dargestellt, d.h. der Höchstwert des Wärmedurchlasskoeffizienten der Außenbauteile darf einen U-Wert von 0,15 W/(m²K) nicht übersteigen.
Weitere technische Eigenschaften wie Feuchteschutz, Wasserdampfdiffusion, Brand-, Gesundheits- oder Schallschutz bleiben bei der Bewertung unberücksichtigt, da sie je nach Einsatzgebiet und Gebäudetyp variieren können.

3.2.2 Systemgrenze

Bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens wird die Definition des Forschungsvorhabens „Analyse der Trennbarkeit von Materialschichten hybrider Innenbauteile bei Instandsetzung- und Modernisierungsmaßnahmen“ übernommen, d.h. der Untersuchungsrahmen für Außenbauteile ist die Bewertung von Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen hinsichtlich des

Energie- und Materialverbrauchs. Erfasst und beurteilt wird der Energie- und Materialverbrauch vom sanierungsbedürftigen Bauteil über den Rückbau bis zur Herstellung der fertigen Tragschicht für das Aufbringen der neuen Bekleidung. Zusätzlich wird der Arbeitsaufwand in Zeit (Minuten) für die jeweilige Sanierungsmaßnahme ermittelt.

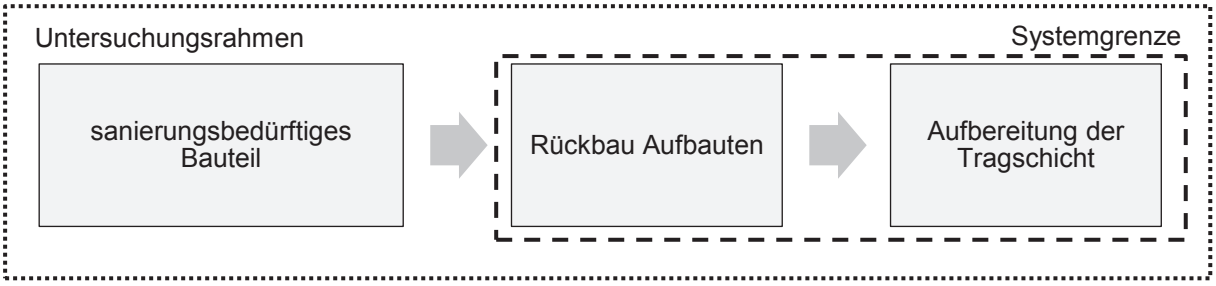


Abbildung 5: Darstellung der Systemgrenze

Die Systemgrenze wird, entsprechend in Abbildung 5 dargestellt, festgelegt. Sie umfasst den Sanierungs- und Rückbauprozess und den damit verbundenen Entsorgungs- bzw. den Nachnutzungsprozess sowie den Transport vom Objekt zur Entsorgung/Nachnutzung.

Sanierungs- und Rückbauprozess setzt sich zusammen aus:

- Trennung der auszutauschenden Schicht bzw. Schichten
- dem notwendigen Aufbereiten des Untergrundes

Eine Betrachtung über den gesamten Lebenszyklus der Aufbauten, insbesondere die Herstellung der Beläge, ist im Rahmen dieser Arbeit nicht erforderlich, da die Analyse des Foschungsvorhabens auf die Trennbarkeit der Materialschichten beschränkt ist. Grundsätzlich wird die Massenbilanz der Erstellung der Bauteile lediglich zur Plausibiltätsprüfung erfasst. Außerdem wird sie herangezogen, um Aussagen über den Grad der Lösbarkeit einzelner Bauteilschichten zu ermitteln. Ebenfalls nicht betrachtet wird der Herstellungsaufwand der Tragstruktur der Wände und Dächer, die den Untergrund der aufgebrachten Beläge bilden, soweit diese im Rahmen der Sanierungsmaßnahmen erhalten bleibt. Bei der Trennung werden alle anfallenden Stoffflüsse erfasst. Nach dem Abschluss der Trennung der Bauteilschichten wird die Tragschicht im erforderlichen Maß zum Aufbringen der neuen Belegung vorbereitet. Der Zustand muss nicht dem ursprünglichen Zustand der Oberfläche bei Ersterstellung der Konstruktion entsprechen, sondern soll den Zweck der Wiederbelegung erfüllen. Die dafür eingesetzten Materialien und Stoffflüsse werden ermittelt.

Die verwendeten Daten beziehen sich auf die tatsächlich erfassten Stoffflüsse bei der Versuchsdurchführung im Zeitraum März 2011 – April 2012. Die Ökobilanz wird für den Bezugsraum Deutschland erstellt.

3.2.3 Datenqualität

Bei der Datenerfassung des Rückbaus werden alle In- und Outputflüsse durch Wiegen als Masse (in kg) vollständig erfasst und bilanziert. Zur Datenerfassung wird bei allen Bauteilen die gleiche Methodik angewandt. Im Rahmen der Sachbilanz wird die Plausibilität der Daten auf Konsistenz und Vollständigkeit überprüft.

3.2.4 Abschneideregeln

Nach EN ISO 14044 werden für die Ökobilanz Abschneidekriterien definiert, die bei der Studie auszuschließen sind, z.B. alle Inputs die unter 1% der Masse des Gesamtsystems liegen. Zielsetzung der Versuchsdurchführung ist die Identifikation möglicher Abschneidekriterien. Hierzu wird bei Erstellung der Ökobilanz auf die Festlegung von Abschneidekriterien hinsichtlich der Stoffmenge, des Energieflusses oder des Grades der Umweltrelevanz verzichtet und alle In- und Output Flüsse werden vollständig ermittelt.
Bei der Erstellung der Ökobilanz bleiben der Material-, Zeit- und Energieaufwand der Arbeiter für Vorbereitungs- bzw. Aufräummaßnahmen und für An- bzw. Abfahrt zum Einsatzort unberücksichtigt. Ebenfalls nicht miteinbezogen werden die Produktion der Werkzeuge und Maschinen sowie Vorbereitungsmaßnahmen wie der Aufbau und das Vorhalten des Gerüstes oder die Bereitstellung von Abfallcontainern und Aufzügen.

Während der Abbruchmaßnahmen können prozessbedingt und durch Umwelteinflüsse unbelastete unspezifische Abfälle entstehen, z.B. beim Abstemmen des Putzes durch starke Staubentwicklung. Diese werden für das Produktsystem als „Verluste“ deklariert. Sie werden keinem weiteren Zweck zugeführt und verlassen das System ohne in der Berechnung berücksichtigt zu werden.

3.2.5 Annahmen und Abschätzungen

EOL

Die Entsorgungsszenarien des anfallenden Abbruchs werden gemäß den normativen Vorgaben und den aktuell angewendeten Aufbereitungs- und Entsorgungstechniken gewählt. In Kapitel 5.1.1 wird auf die verschiedenen Entsorgungswege im Detail eingegangen.

Lebensdauer

Bei der Betrachtung der Produktsysteme werden als Annahme für die Lebensdauern die Daten der „Nutzungsdauern von Bauteilen“ nach dem BNB entnommen (vgl. Kapitel 5.3). Als Betrachtungszeitraum des Produktsystems wird die Referenznutzungsdauer des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude BNB Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude von 50 Jahren zu Grunde gelegt.

Energieaufwand

Der Energieaufwand der elektrischen Geräte zum Ausbau der jeweiligen Materialien wird mithilfe von Stromzählern (in W) pro Laufzeitdauer (in min) erfasst. Für die Ermittlung der Sachbilanz werden Mittelwerte der Einzelergebnisse gebildet, z.B. beim Energieaufwand zum Entfernen der Dübel. Die Auswahl der Geräte erfolgt in Zusammenarbeit mit Fachleuten. Im Einzelfall können die Stromverbrauchswerte in Abhängigkeit von der Werkzeugwahl stark von den Versuchsergebnissen abweichen.

Transport

Ein allgemeiner Ansatz der ökologischen Wirkung für den Transport beinhaltet systemimmanente Risiken, weil die Werte in Abhängigkeit von Standort und Verteilung der Weiterverarbeiter oder Entsorger in Deutschland einer starken Streuung unterliegen. Da bisher keine statistische Werte für die Transportwege zu den jeweiligen Stationen des End-of-Life Szenarios vorliegen, werden auf Basis der Gesamtzahl der Nachnutzer/Deponien in Deutschland die Transportentfernungen angenommen und werden unter 5.1.4 näher erläutert. Hinsichtlich der Auslastung wird als „Worst Case“- Szenario eine Auslastung von 50% zu Grunde gelegt, d.h. leere Anfahrt und volle Rückfahrt.

3.2.6 Wahl der Wirkungskategorien

In Anlehnung an die Auswahl der Wirkungskategorien der Nachhaltigkeitszertifizierung des BNB und DGNB werden folgende Wirkungskategorien untersucht:

- Primärenergiebedarf nicht regenerierbar (PE_{ne}) in MJ
- Primärenergiebedarf regenerierbar (PE_e) in MJ
- Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP) in kg Sb-Äq.
- Treibhauspotential (GWP) in kg CO_2-Äquivalent
- Ozonschichtzerstörungspotential (ODP) in kg R_{11}-Äquivalent
- Versauerungspotential (ADP) in kg SO_2-Äquivalent
- Eutrophierungspotential (EP) in kg PO_4-Äquivalent
- Photochem. Oxidantienbildungspotential (POCP) in kg C_2H_4-Äquivalent

Erweitert wurden die Wirkungskategorien um den abiotischen Ressourcenverbrauch (ADP).

3.2.7 Datenherkunft und Allokation

Als Referenz-Datenbank werden die Ökobau.dat 2011 Stand 23.01.2012 sowie Daten aus EPDs verwendet. Die Ökobau.dat stellt teils nach DIN EN ISO 14025 im Rahmen eines „Critical Review“ validierte Daten zur Verfügung, teils ungeprüfte Daten des Forschungsunternehmens PE International GmbH. Die ungeprüften Daten enthalten einen Sicherheitszuschlag von 10%.

Die Bezugseinheiten der Datensätze variieren je nach Material zwischen Volumen (in m³) und Masse (in kg). Bei der Erstellung der Ökobilanz der vorliegenden Studie werden die Datensätze auf die Masse als einheitliche Bezugsgröße umgewandelt, wobei die deklarierte Dichte der Datensätze der Ökobau.dat zu Grunde gelegt wird (vgl. Anhang 3). Die notwendigen Allokationen bei den generischen Daten der Ökobau.dat bzw. der EPD sind in den Datensätzen hinterlegt.

Die Datensätze Ökobau.dat und die vom Institut Bauen und Umwelt e.V. IBU publizierten Datensätze spiegeln nur im eingeschränkten Maße mögliche Entsorgungs- bzw. Recyclingwege wieder. Für die Sensitivitätsanalyse werden Wirkungsindikatorwerte für die aktuelle und zukunftsweisende Recyclingpraxis generiert. Die Recyclingprozesse werden dem Allokationsverfahren im „offenen Kreislauf“ (open loop) zugordnet, da die Recyclingprodukte wie PVC-Recyclat, PS-Recyclat oder MW-Formsteine vorwiegend in einem anderen Produktsystem wiederverwendet werden können (vgl. S. 30-32 [10]). Die Gutschriften aus dem Recyclingprozess werden auf die Produktsysteme des Primär- und Sekundärproduktes nach den massenbezogenen Verwertungsquoten verteilt. Näheres wird unter Abschnitt 5.2.2 erläutert.

3.2.8 Eingangsdaten Ökonomie

Bau- und Entsorgungskosten

Bei der Bewertung der ökonomischen Wirkung der Rückbaueigenschaften der Außenbauteile wird bewusst auf die Anwendung dynamischer Berechnungsmodelle verzichtet, da sie im Falle der Betrachtung des Rückbaus aus verschiedenen Gründen nicht zielführend ist. Bei einem Betrachtungszeitraum von 50 Jahren können Aussagen über die Entwicklung der Rückbau- und Entsorgungskosten nur unter einer sehr hohen Unsicherheit erfolgen, da diese Kosten derzeit ständigen Veränderungen durch normative und technische Veränderungen unterliegen. Außerdem kann der Barwertfaktor beim Vergleich zweier Bauteile mit äquivalenten Nutzungsdauern vernachlässigt werden, was bei den WDVS zutrifft. Zur Bewertung der ökonomischen Qualität der Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen werden die

Realkosten der anfallenden Baumaßnahmen im Jahr 2012 ermittelt. Die Kosten der Baumaßnahmen werden anhand des effektiv gemessenen Abzeitszeitaufwandes ermittelt. Basierend auf Umfragewerten werden als Brutto-Stundenverrechnungssatz für Baumaßnahmen 42 €/h angenommen.

Für die Entsorgungskosten von Baustellen- bzw. Abbruchabfällen liegen bisher keine statistischen Werte vor. Vor diesem Hintergrund besteht weiterer Untersuchungsbedarf. Im Rahmen dieser Studie werden die Kosten für Transport und Entsorgung gegliedert nach Abfallfraktionen auf Basis einer eigenen, bundesweiten Umfrage ermittelt.

Die Entsorgungs- und Rückbaukosten werden als Realkosten im Jahr 2012 als Bruttokosten bestimmt, die beim Bauherrn anfallen. Näheres wird in 5.1.5 erläutert.

Arbeitszeitaufwand

Als Arbeitszeitaufwand der Rückbaumaßnahmen werden alle Arbeitsschritte innerhalb der Systemgrenze erfasst, d.h. der Rückbau und die Vorbereitung zur Neubelegung sowie die Sammlung der Abfälle. Der Zeitaufwand für An- und Abfahrt sowie Pausen der Mitarbeiter entfallen. Nicht ermittelt werden Zeiten für Arbeitsschritte, die von projektspezifischen Rahmenbedingungen abhängig sind, z.B. der Arbeitswege auf Dachflächen zu den Sammelcontainern.

3.3 Überblick der untersuchten Außenbauteile

Als Basis des Untersuchungsplans wurde ein Bauteilkatalog mit repräsentativen Außenwand- und Dachaufbauten für den Neubau und den Gebäudebestand erstellt.

In der Baupraxis ist eine Vielzahl von Systemen anzutreffen, deren Aufbauten und Materialien nach Einsatzgebieten und Anwendungsfällen variieren können. Für den Neubau wurde die Außenbauteiltypologie auf Basis der aktuellen Baupraxis entwickelt. Die Materialwahl der Dämmstoffe orientiert sich an den Marktanteilen des Dämmstoffmarktes in Deutschland, die in Abbildung 6 dargestellt sind. Als mineralischer Dämmstoff wurden Mineralwolle (MW) und Schaumglas (CG), als synthetischer EPS und XPS und als Dämmstoff aus erneuerbaren Rohstoffen Holzfaser (WW) gewählt. Im Einzelnen wird unter Kapitel 3.5 und 3.6 auf die Materialien eingegangen. Neben der Untersuchung der gängigen aktuellen Außen- und Dachaufbauten wurden typische Sanierungsszenarien des Gebäudebestandes definiert. Ausgangspunkt zur Bestimmung der Außenwandbauteile des Gebäudebestandes bildeten hierbei die vom Institut Bauen und Umwelt (IWU) Darmstadt und dem Zentrum für Umweltbewusstes Bauen (ZUB) Kassel entwickelten Gebäudetypologien des deutschen Gebäudebestandes (vgl. [15] und [16]).

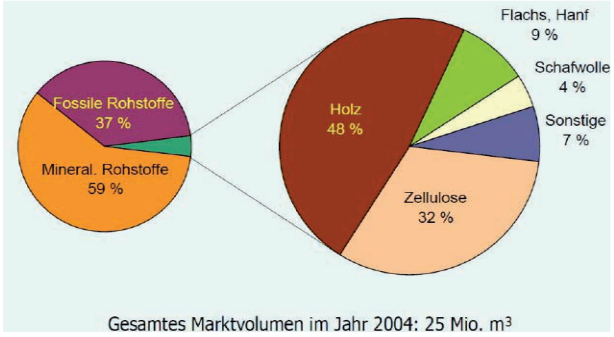


Abbildung 6: Marktanteile Dämmstoffmarkt Deutschland, Gesamtverband der Dämmstoffindustrie (GDI) 2005

Bei den Außenwandaufbauten wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens drei Sanierungsszenarien unterschieden, die in Abbildungen 4 – 6 dargestellt sind:

1. Neubau (vgl. Abbildung 7)
2. energetische Sanierung mit WDVS auf „Altputz“ (vgl. Abbildung 8)
3. energetische Sanierung mit Zusatzdämmung auf WDVS (vgl. Abbildung 9)

Bei der Versuchsdurchführung wurde beim Szenario 1 „Neubau“ ein WDVS direkt auf die Tragschicht und beim Szenario 2 das WDVS auf eine bestehende Außenwand mit tragfähigem „Altputz“ aufgebracht. Beim Szenario 3 wurde ein nicht mehr den Anforderungen der ENEV entsprechendes WDVS mit einem WDVS aufgedoppelt. Entsprechend der Sanierungsszenarien wurden die einzelnen Schichten der Systeme zusammengefasst in Aufbau 01 „Altputz“, Aufbau 02 „WDVS“ und Aufbau 03 „Zusatzdämmung“. In Tabelle 2 werden die untersuchten Bauteile mit ihren Schichten, gegliedert nach Tragschichten und Aufbau, abgebildet. Der Versuchsplan ist im Anhang 1 dargestellt.

Bei den Außenwänden wurden folgende Tragschichten untersucht:

1. Stahlbetonwand
2. Kalksandsteinmauerwerk
3. Porotonmauerwerk
4. Porenbeton

Es wurden verschiedene WDVS aufgebracht. Bei den Wärmedämmstoffen wurde zwischen folgenden Wärmedämmstoffen und Befestigungsarten variiert:

1. Expandiertes Polystyrol (EPS)
2. EPS mit Dübel befestigt
3. Mineralwolle MW mit Dübel befestigt
4. Holzfaserdämmstoff (WW) mit Dübel befestigt

Diese WDVS wurden nach der Belegung mit einer Armierungsschicht und Grundierung mit folgenden Oberputzarten kombiniert:

1. Mineralischer Oberputz
2. Silikatputz
3. Silikonharzputz

Bis auf die Porenbetonwand wurden alle Tragschichten mit einer Zusatzdämmung „Aufbau 03“ belegt. Diese sogenannte „Aufdopplung“ findet bei Gebäuden im Bestand immer häufiger Anwendung. Als Zusatzdämmung wurden folgende WDVS aufgebracht.

1. EPS mit Dübel befestigt
2. Mineralwolle MW mit Dübel befestigt

Bei den Aufdopplungen wurde ebenfalls in der Art des Oberputzes variiert. Im Untersuchungsplan war zunächst vorgesehen, alle genannten Tragschichten mit jeder Wärmedämmschicht und jeder Oberputzart zu kombinieren. Im Zuge der ersten Versuche sollte geprüft werden, ob tatsächlich alle Kombinationen vorgenommen werden müssen oder ob sich die Zahl der Versuche ergebnisorientiert reduzieren ließ. Nähere Angaben können Kapitel 4 entnommen werden. In Tabelle 2 sind die tatsächlich ausgeführeten Bauteilversuche mit einem „X“ markiert.

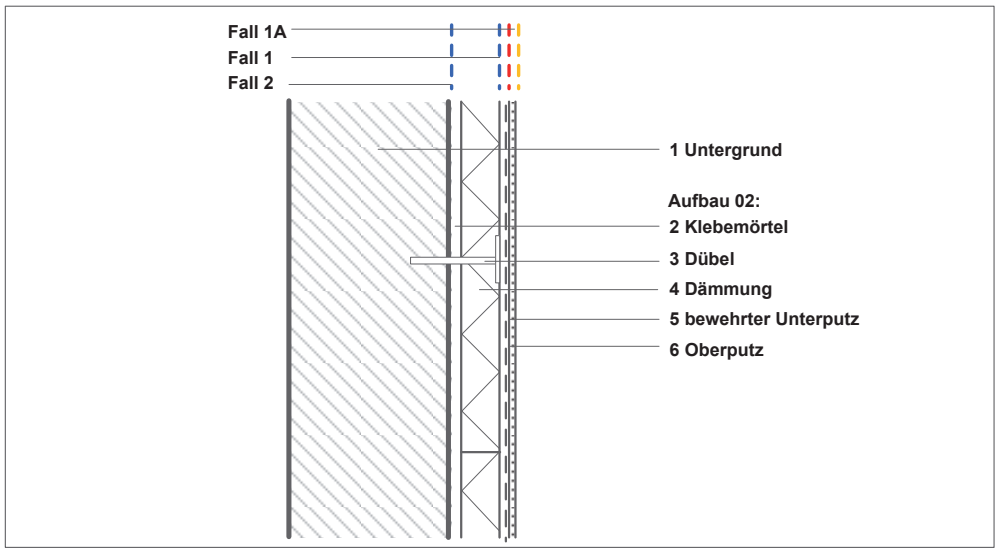


Abbildung 7: WDVS Neubau

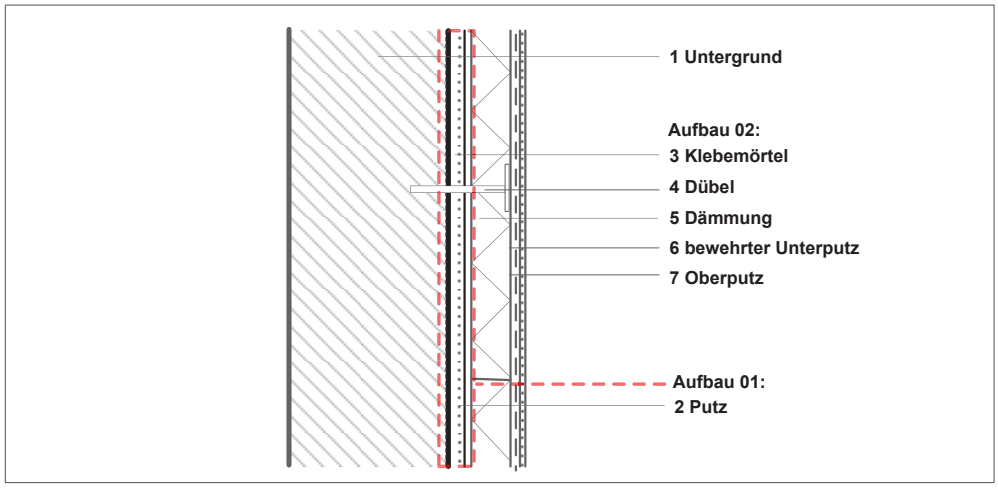


Abbildung 8: Energetische Sanierung mit WDVS auf Altputz

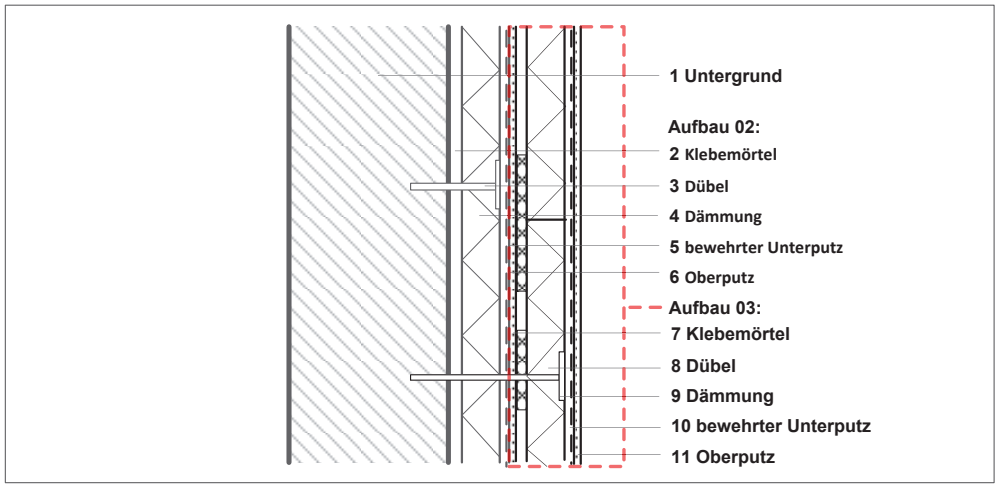


Abbildung 9: Energetische Sanierung mit Zusatzdämmung auf WDVS

Tabelle 2: Übersicht Musterbauteile Außenwände

Trag-schicht	Bauteil Nr.	Kurzbeschreibung	Aufbau 01 (Altputz)	Aufbau 02 (WDVS)						Aufbau 03 (Zusatzdämmung)					
			mineralischer Putz	Wärmedämmung	Dübel	Armierungsschicht	Oberputz			Wärmedämmung	Dübel	Armierungsschicht	Oberputz		
							mineralischer	Silikonharz	Silikat				mineralischer	Silikonharz	Silikat
Stb.-Wand	W01	WDVS EPS	-	EPS	-	X	o	o	o	-	-	-	-	-	-
	W02	WDVS EPS + Dübel	-	EPS	X	X	o	o	o	-	-	-	-	-	-
	W03	WDVS MW	-	MW	X	X	o	-	o	-	-	-	-	-	-
	W04	WDVS WW	-	WW	X	X	o	o	-	-	-	-	-	-	-
	W05	WDVS EPS auf "Altputz"	X	EPS	X	X	o	o	o	-	-	-	-	-	-
	W06	WDVS MW auf "Altputz"	X	MW	X	X	o	-	o	-	-	-	-	-	-
	W07	WDVS WW auf "Altputz"	X	WW	X	X	o	o	-	-	-	-	-	-	-
	W08	WDVS EPS + Zusatzdämmung	-	EPS	X	X	o	X	o	EPS	X	o	o	o	o
	W09	WDVS MW + Zusatzdämmung	-	MW	X	X	X	-	o	MW	X	o	o	-	o
KS-Wand	W10	WDVS EPS	-	EPS	-	X	o	X	o	-	-	-	-	-	-
	W11	WDVS EPS + Dübel	-	EPS	X	X	o	o	o	-	-	-	-	-	-
	W12	WDVS MW	-	MW	X	X	X	-	o	-	-	-	-	-	-
	W13	WDVS WW	-	WW	X	X	o	X	-	-	-	-	-	-	-
	W14	WDVS EPS auf "Altputz"	X	EPS	X	X	o	o	X	-	-	-	-	-	-
	W15	WDVS MW auf "Altputz"	X	MW	X	X	o	-	X	-	-	-	-	-	-
	W16	WDVS EPS + Zusatzdämmung	-	EPS	X	X	o	o	X	EPS	X	o	o	o	o
	W17	WDVS MW + Zusatzdämmung	-	MW	X	X	X	-	o	MW	X	o	o	-	o
Poroton-mauer-werk-wand	W18	WDVS EPS	-	EPS	-	X	X	o	o	-	-	-	-	-	-
	W19	WDVS EPS + Dübel	-	EPS	X	X	o	o	o	-	-	-	-	-	-
	W20	WDVS MW	-	MW	X	X	X	-	o	-	-	-	-	-	-
	W21	WDVS WW	-	WW	X	X	X	o	-	-	-	-	-	-	-
	W22	WDVS EPS auf "Altputz"	X	EPS	X	X	o	o	X	-	-	-	-	-	-
	W23	WDVS MW auf "Altputz"	X	MW	X	X	o	-	X	-	-	-	-	-	-
	W24	WDVS EPS + Zusatzdämmung	-	EPS	X	X	X	o	o	EPS	X	o	o	o	o
	W25	WDVS MW + Zusatzdämmung	-	MW	X	X	o	-	X	MW	X	o	o	-	o
Poren-beton-wand	W26	WDVS EPS	-	EPS	-	X	o	o	o	-	-	-	-	-	-
	W27	WDVS MW	-	MW	X	X	o	-	o	-	-	-	-	-	-
	W28	WDVS WW	-	WW	X	X	o	o	-	-	-	-	-	-	-
	W29	WDVS EPS auf "Altputz"	X	EPS	X	X	o	X	o	-	-	-	-	-	-
	W30	WDVS MW auf "Altputz"	X	MW	X	X	X	-	o	-	-	-	-	-	-

X untersuchte Variante

o nicht untersucht, exemplarisch anhand vergleichbarer Schichten nachgewiesen

- nicht praxisrelevant

Bei den Dachaufbauten wurden ebenfalls verschiedene Sanierungsszenarien unterschieden:

1. Neubau (vgl. Abbildung 10)
2. energetische Sanierung mit Zusatzdämmung (vgl. Abbildung 14)

Als Szenario 1 „Neubau“ wurde die Ersterstellung eines Dachaufbaus definiert, d.h. auf die Tragschicht wurde gemäß den aktuellen Regeln der Technik eine Dachhaut erstellt. Beim Szenario 2, der energetischen Sanierung, wurde auf einen nicht mehr den aktuellen normativen Anforderungen des Wärmeschutzes erfüllenden Dachaufbau eine Zusatzdämmung aufgebracht. Entsprechend der Sanierungsszenarien wurden die Schichten in Aufbau 01 „Warmdachaufbau“ und Aufbau 02 „Zusatzdämmung“ gegliedert. Die Übersicht der untersuchten Dachaufbauten mit allen Schichten ist in Tabelle 3 und der Versuchsplan wird in Anhang 2 dargestellt.
Entsprechend Tabelle 3 wurden folgende Dachaufbautypologien als Musterdächer ausgeführt:

1. Warmdach im Regelfall (vgl. Abbildung 10)
2. Kompaktdach (vgl. Abbildung 11)
3. Umkehrdach (vgl. Abbildung 13)

Bei den Dachaufbauten wurden folgende Tragschichten untersucht:

1. Stahlbetondecken
2. Trapezblech (vgl. Abbildung 12)

Die Warmdachaufbauten wurden mit variierenden Befestigungsarten gemäß der aktuellen Baupraxis erstellt:

1. lose verlegt mit Auflast
2. lose verlegt und mechanisch befestigt
3. verklebt

Variiert wurde bei den Dampfsperren zwischen folgenden Typen:

1. Bitumendampfsperre
2. Bitumendampfsperre kaltselbstklebend
3. PE-Folie

In Kombination mit folgenden Dämmstoffen:

1. Mineralwolle bitumenkaschiert
2. Schaumglas
3. XPS
4. EPS

und folgenden Abdichtungsbahnen:

1. Kunststoffabdichtung
2. Doppellagige Bitumenabdichtung

Kombiniert wurden die Aufbauten gemäß der jeweiligen Flachdachtypologie, d.h. beim Kompaktdach wurde Schaumglas mit Heißbitumen auf einem Stahlbetondach verklebt und mit einer zweilagigen Bitumenabdichtung belegt (vgl. Abb. 8). Hinsichtlich des Verlegeverfahrens von Bitumenbahnen wurde untersucht, welchen Einfluss das Klebeverfahren auf die Trennbarkeit des Dachaufbaus besitzt. Zum Vergleich wurden bei den Musterbauteilen kaltselbstklebende und Schweißbahnen verlegt.

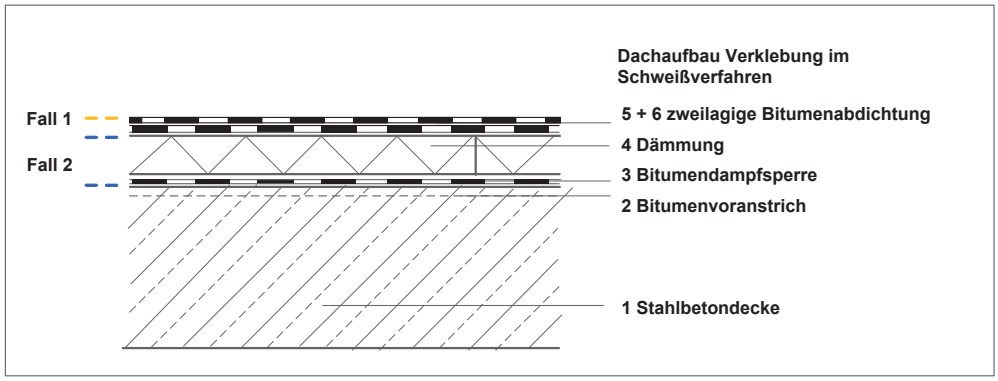


Abbildung 10: Aufbau Warmdach auf Stahlbeton

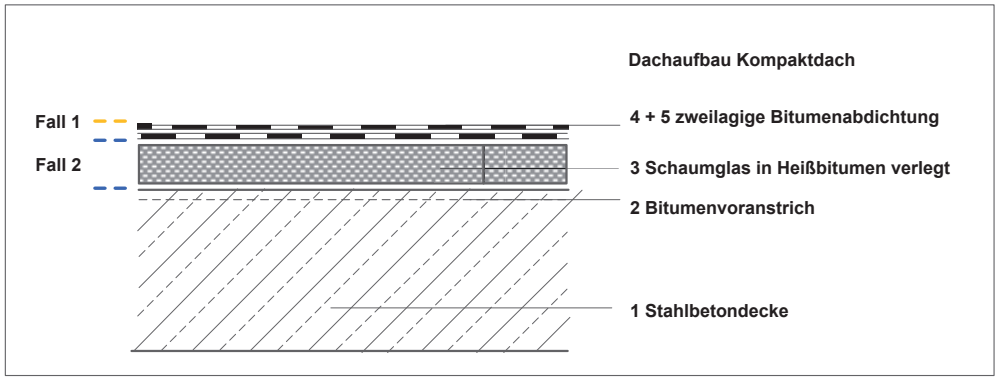


Abbildung 11: Aufbau Kompaktdach auf Stahlbeton

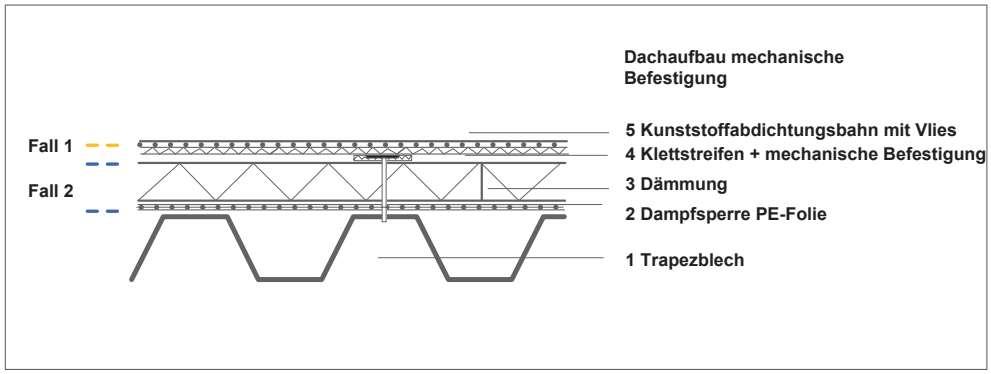


Abbildung 12: Aufbau Warmdach auf Trapezblech

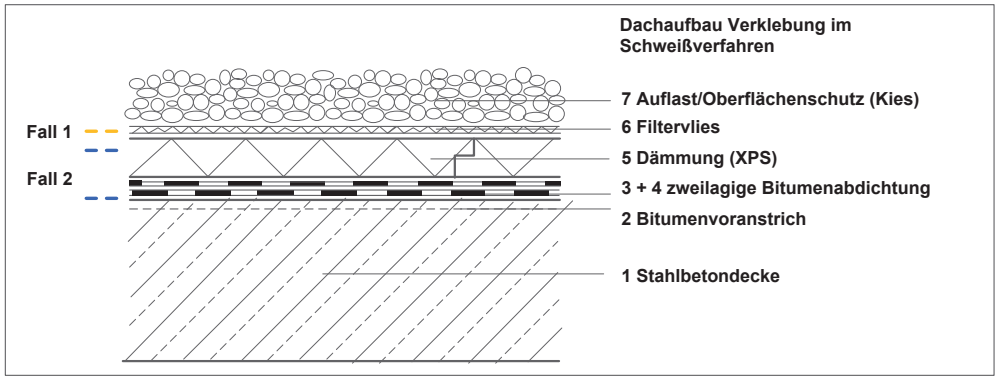


Abbildung 13: Aufbau Umkehrdach

Tabelle 3: Übersicht Musterbauteile Dächer

Trag-schicht	Bauteil Nr.	Kurzbe-schreibung	Aufbau 01 (Warmdachaufbau)															Aufbau 02 (Zusatzdämmung)									
			Haftgrund	Dampfsperre			Wärmedämmung	Trennlage	Abdichtung						Filtervlies	Kies	Haftgrund	Wärmedämmung	Trennlage	Abdichtung						Filtervlies	Kies
									Bitumen				Kunststoff							Bitumen				Kunststoff			
									DU			DO								DU			DO				
				KTG KSD	V60S4	PE			PYE KTG KSP	PYE G 200	G 200 DD	PYE PV	PIB mit Vlies	FPO mit Vlies						PYE KTG KSP	PYE G 200	G 200 DD	PYE PV	PIB mit Vlies	FPO mit Vlies		
Stb-Decke	FD01	WD Auflast, MW mit PIB	X	-	X	-	MW	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FD02	WD verklebt, EPS + Bit	X	X	-	-	EPS	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FD03	WD verklebt, MW mit Bit	X	X	-	-	MW	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FD04	WD verklebt, MW mit Bit	X	-	X	-	MW	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FD05	Kompaktdach	X	-	-	-	CG	-	-	-	X	X			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FD06	Umkehrdach	X	-	-	-	XPS*	-	-	X	-	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FD07	F02 + ZD	X	X	-	-	EPS	-	X	-	-	X	-	-	-	-	X	EPS	-	X	-	-	X	-	-	-	-
	FD08	FD04 + ZD	X	-	X	-	MW	-	-	X	-	X	-	-	-	-	X	MW	-	-	X	-	X	-	-	-	-
	FD09	FD04 + Plusdach	X	-	-	-	MW	-	-	X	-	X	-	-	-	-	X	XPS*	-	-	X	-	X	-	-	-	-
	FD10	FD05 mit ZD	X	-	-	-	CG	-	-	-	X	X	-	-	-	-	X	CG	-	-	-	X	X	-	-	-	-
Trapez-blech-Decke	FD11	WD verklebt, EPS mit FPO	-	X	-	-	EPS	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FD12	WD verklebt, MW mit FPO	-	X	-	-	MW	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FD13	Kompaktdach	-	-	-	-	CG	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FD14	WD mechanisch befestigt EPS mit PIB	-		-	X	EPS	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* XPS auf Abdichtung lose verlegt

WD	Warmdach	DU	Unterlage Abdichtung
ZD	Zusatzdämmung	DO	Oberlage Abdichtung
Bit	Bitumenabdichtung		
V60 S4	Bitumendampfsperrbahn (im Schweißverfahren)	G200 DD	Bitumen- Dachdichtungsbahn (mit Heißbitumen verklebt)
KTG KSD	kaltselbstklebende Elastomerbitumen-Dampfsperrbahn	PYE PV	Elastomerbitumen-Schweißbahn
PE	Dampfsperre aus Polyethylen	PIB	Polyisobutylen -Kunststoffabdichtungsbahn
PYE G200 S4	Elastomerbitumen-Schweißbahn	FPO	Kunststoffabdichtungsbahn aus Legierungen aus flexiblen Polyfinen
PYE KTG KSP	kaltselbstklebende Polymerbitumenbahnen mit Kombinationsträgereinlage		

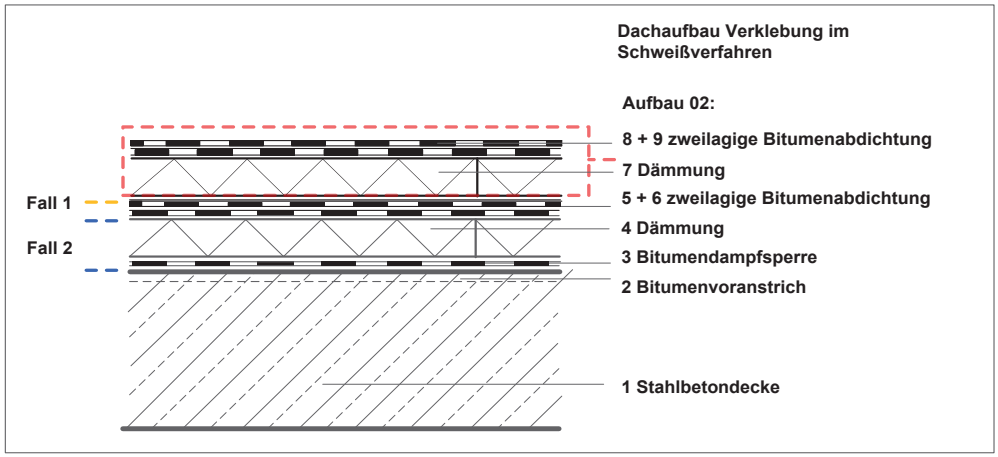


Abbildung 14: Dachaufbau energetische Sanierung mit Zusatzdämmung

3.4 Versuchsplan

Die Lösbarkeit von Materialschichten bei Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen wurden anhand von Versuchen mit repräsentativen Außenwand- und Dachaufbauten ermittelt. Dazu wurden Musterwände und -dächer in der Prüf- und Versuchsanstalt für Massivbau der TU Darmstadt im Maßstab 1:1 errichtet und mit Verfahren, die in der Baupraxis Anwendung finden, getrennt. Die Musterbauteile wurden in ihrem Schichtaufbau derart ausgelegt, dass eine Breitenwirkung der Ergebnisse sichergestellt werden kann. Beim Rückbau wurden am Musterbauteil die Wand- und Dachaufbauten von der darunter liegenden Schicht entfernt. Im Anschluss an den Rückbau wurden die entfernten Materialien nach den einzelnen Fraktionen getrennt und die Masse durch Wiegen erfasst. Durch eine Gegenüberstellung der Masse der eingebauten Materialien des Herstellungsprozesses zu der Masse der entfernten Materialien ließ sich ermitteln, welche Prozentsätze auf dem Bauteil zurückgeblieben waren, bzw. welcher Anteil von Material zusätzlich von der Tragschicht/Trägerschicht abgetragen wurde. Der hierfür erforderliche Energie- (in kWh/m²) und Materialverbrauch (in kg/m²) als auch der Arbeitsaufwand wurden erfasst und entsprechend dokumentiert.

Der Rückbauprozess wurde vom sanierungsbedürftigen Bauteil bis zum neu vorbereiteten Untergrund betrachtet. Die geforderte Qualität (zulässige Toleranzen) des Untergrundes bestimmte dabei die erforderlichen Arbeiten zur Vorbereitung der Tragschicht. Alle Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen erfolgten in kontinuierlicher Zusammenarbeit mit Herstellern, Anwendungstechnikern und Praxispartnern. Der schematische Ablauf des Versuchsplans ist in Abbildung 15 dargestellt.

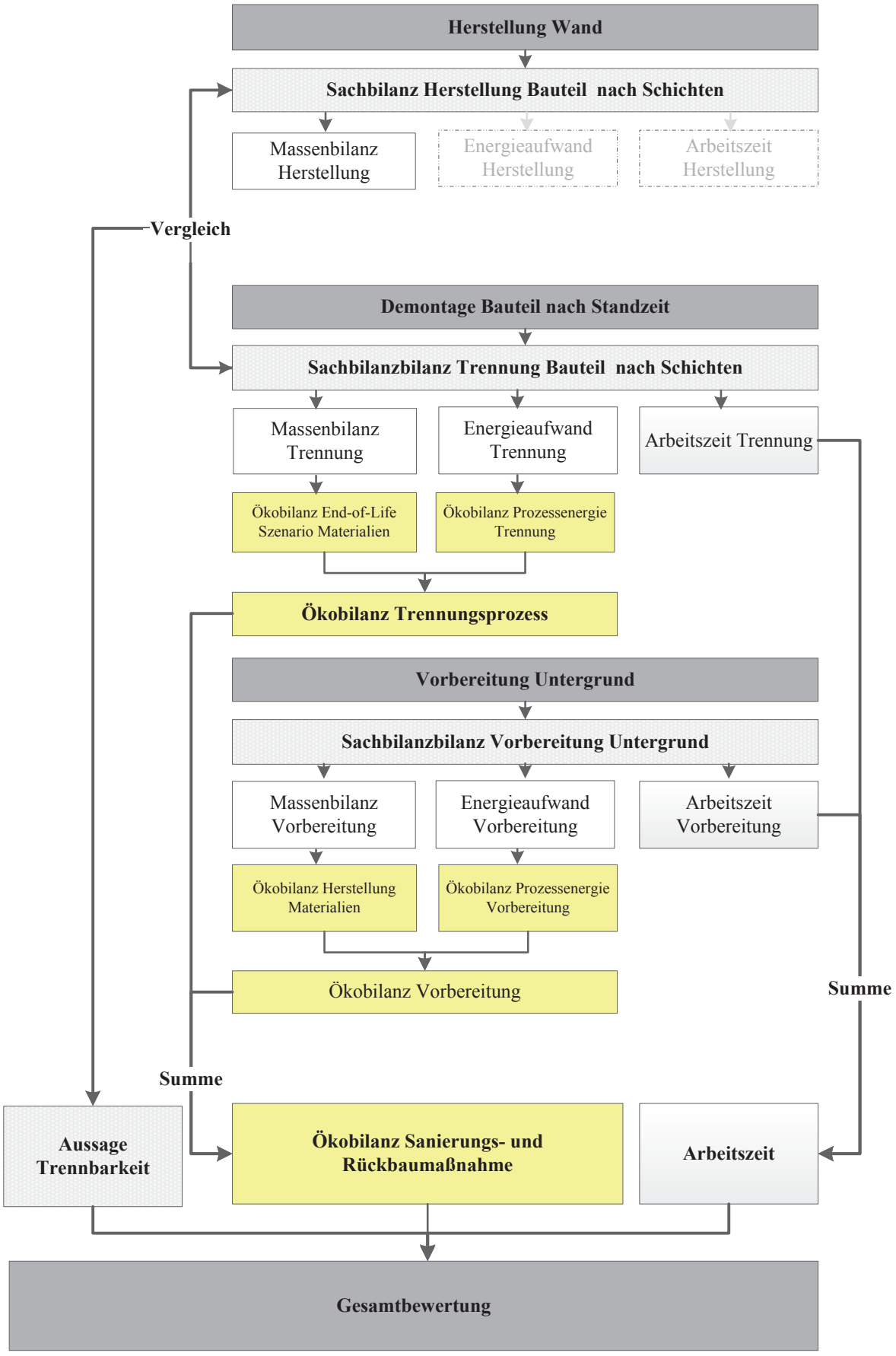


Abbildung 15: Schematische Darstellung der Bewertungsmethodik

3.5 Stoffgruppen Außenwandbauteile

Die ersten Wärmedämmverbundsysteme wurden 1950 entwickelt und werden seitdem kontinuierlich weiterentwickelt.
WDVS bestehen aus mehreren, werkseitig hergestellten Komponenten, die als geschlossene Systeme eine bauaufsichtliche Zulassung besitzen. Bewährte WDVS sind in DIN EN 13499 (Polystyrol-Hartschaum-Systeme) und in DIN EN 13500 (Mineralwolle-System) beschrieben (vgl. [19]). Es dürfen nur die in der jeweiligen Zulassung geregelten Komponenten verwendet werden. Die Planung und Ausführung muss den Richtlinien des Herstellers folgen.
Von den WDVS- Herstellern werden derzeit eine Vielzahl an Systemen angeboten, die sich nach folgenden Komponenten untergliedern lassen:

- Art der Verankerung an der tragenden Konstruktion
- Art des gewählten Wärmedämmstoffs
- Art der Beschichtung (Putz)

Bei der Auswahl des Systems für den spezifischen Fall müssen die jeweilige Anwendung und das Einsatzgebiet berücksichtigt werden (Brandschutz, Standsicherheit, Schlagregenschutz, Schallschutz, Wärmeschutz).
Die Systemgruppen des Bauteilkataloges der Praxisversuche orientieren sich an den aktuellen Marktanteilen der WDVS, die in der Grafik Abbildung 16 dargestellt sind. Hinsichtlich des Dämmstoffs stand im Jahr 2008 die Verarbeitung von WDVS EPS mit 80 % an erster Stelle, gefolgt von Steinwolle (in Summe ca. 12 %). Andere Dämmstoffe wie Holzwolle nehmen bisher nur einen unbedeutenden Anteil an, die Nachfrage nach Dämmstoffen aus erneuerbaren Rohstoffen steigt jedoch.

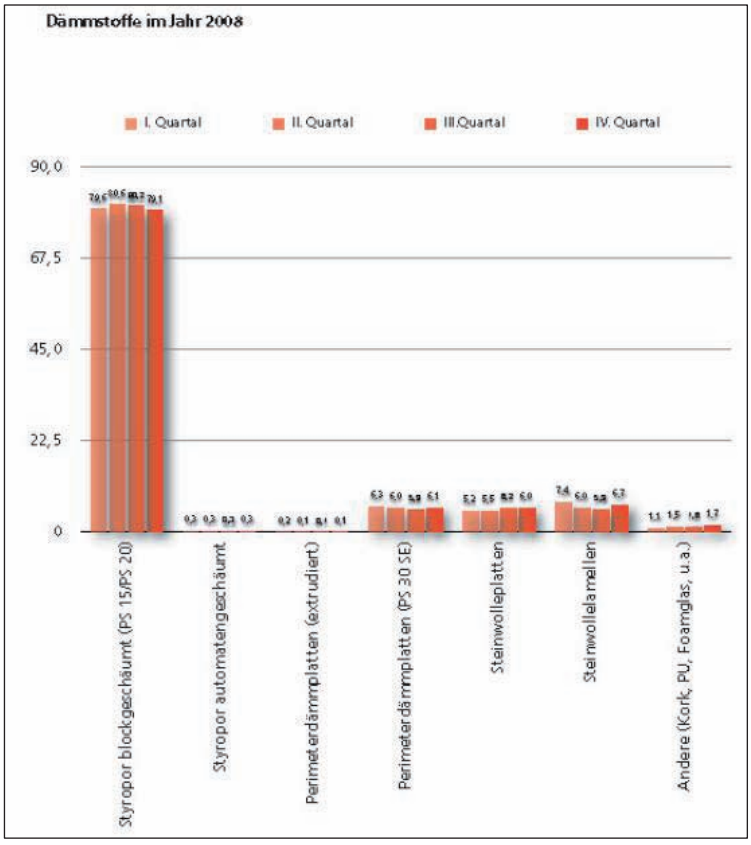


Abbildung 16: Markanteile Dämmstoffe WDVS 2008, Statistik Fachverband WDVS 2009

Die einzelnen Komponenten der ausgewählten Versuchsaufbauten werden im Folgenden dargestellt. Alle Angaben zur Anwendung wurden den Produktdatenblättern und Verlegeanleitungen der eingebauten Materialien entnommen (vgl. Anhang 8).

Tragender Untergrund:

Der Untergrund für WDVS muss tragfähig, trocken, staub- und fettfrei sowie ausreichend eben sein. Als tragender Untergrund für WDVS wurden folgende Wandkonstruktionen auf einem Stahlbetonsockel erstellt (vgl. Abbildung 17):

1. **Stahlbetonwand (Wanddicke d= 15,0 cm)**

Die Stahlbetonwand wurde als Fertigteil mit angeformtem Sockel hergestellt. Es kam Beton der Festigkeitsklasse C 20/25 und Betonstahl BSt 500 zum Einsatz. Nach einer Trockenzeit von 40 Tagen und einer notwendigen Grundierung auf Beton mit „Betonkontakt“ von dem Hersteller Probau konnte die Belegung mit weiteren Schichten erfolgen.

2. **Mauerwerkswand aus Kalksandsteinen (Wanddicke d = 30,0 cm)**

Die Kalksandsteinwand wurde aus „KS-R Blockstein -10DF“ Steinen mit den Abmessungen 248 x 300 x 238 mm und Mauermörtel der Güteklasse IIa hergestellt. Nach einer Trockenzeit von 7 Tagen und einer Grundierung mit einem Tag Standzeit wurde diese belegt.

3. **Mauerwerkswand aus Hochlochziegeln (Wanddicke d = 36,5 cm)**

Die Ziegelmauerwerkswand wurde aus „Blocksteinen Novapor-Ziegel W12“ mit den Steinabmessungen 247 x 365 x 238 mm von Unipor und Mauermörtel der Güteklasse IIa hergestellt. Nach einer Trockenzeit von 7 Tagen und einer Grundierung mit einem Tag Standzeit konnte diese belegt werden.

4. **Mauerwerkswand aus Porenbetonsteinen (Wanddicke d = 30 cm)**

Die Porenbetonwand wurde aus „Ytong Planblock PP2“ mit den Steinabmessungen 624 x 300 x 249 mm im Nut- und Federsystem ohne Vermörtelung der Stoßfugen im „Ytong Dünnbettmörtel“ erstellt. Nach einer Trockenzeit von 7 Tagen und einer Grundierung mit einem Tag Standzeit wurde diese belegt.

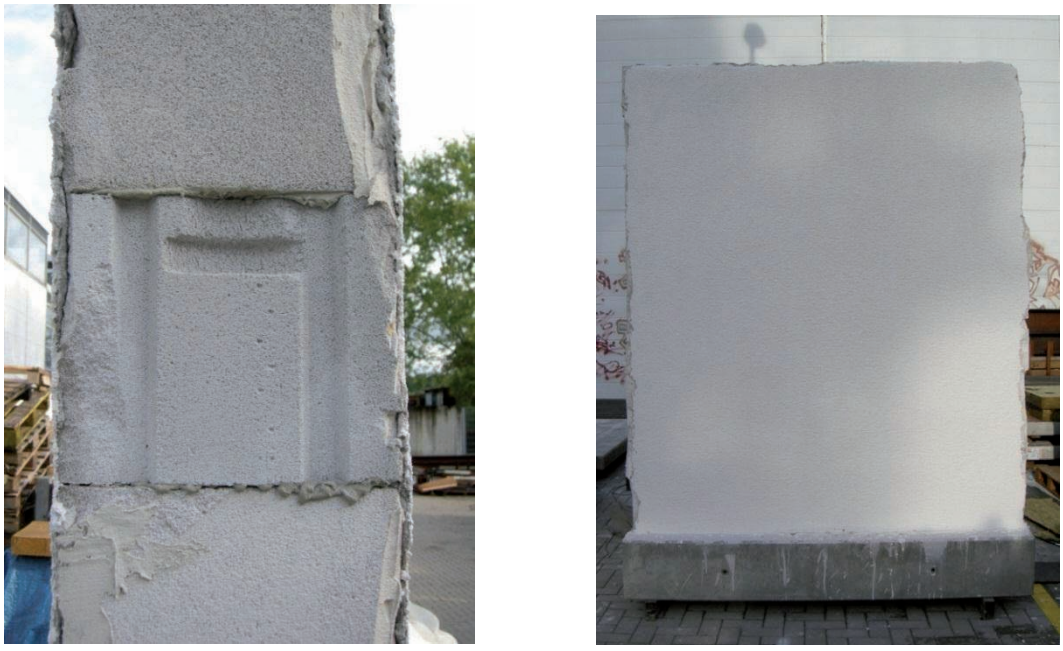


Abbildung 17: Porenbetonwand mit Aufbau 01 (Altputz)

Aufbau 01

Wie Abbildung 17 exemplarisch zeigt, wurde auf alle Wandkonstruktionen beidseitig als „Aufbau 01“ Putz aufgebracht. Als Unterputz wurde Kalk-Zementputz „Schaefer Krusemark Putz 650“ mit einer durchschnittlichen Stärke von 15 mm aufgezogen. Nach der Trockenzeit von 14 Tagen wurde der Tiefengrund“ aufgetragen und nach einem Tag „Schaefer Krusemark Optimal Plus Scheibenputz - Rillenputz“ als Oberputz aufgebracht. Nach einer Woche Standzeit konnte dieser gemäß Herstellerangaben belegt werden.

Aufbau 02

Als „Aufbau 02“ bzw. dem Wärmedämmverbundsystem wurden folgende Produkte auf dem Putz aufgebracht:

1. **WDVS EPS geklebt (Anmerk. nicht mit Aufbau 01 ausgeführt):**

Bei Neubauten mit tragfähigen und ebenen Untergründen und Unebenheiten e ≤ 1 cm erfolgt bei der Verlegung von EPS-Dämmplatten üblicherweise keine Verdübelung.
Als WDVS wurde „Heck Multitherm EPS“ WLG 035, Maße 50 x 100 cm mit einer Dämmstärke von 100 mm auf den festen, trockenen sowie sauberen, staub- und fettfreien Untergrund aufgebracht. Die EPS-Platten wurden mit mineralischem Klebe- und Armierungsmörtel „Heck K+A“ verlegt (Verbrauch Trockenmörtel ca. 4 kg/m²). Der Trockenmörtel wurde hierzu mit der erforderlichen Menge Leitungswasser mit einem Motorquirl knollenfrei angerührt. Die Verlegung erfolgte entsprechend Abbildung 18 im Klebe-Wulst-Verfahren, d.h. im Randbereich der Dämmplatte wurde durch Abstreifen der Kelle eine Kleberwulst am Plattenrand aufgebracht (vgl. Abbildung 18). In der Plattenfläche wurden mehrere Kleberbatzen gleichmäßig verteilt. Beim Ansetzen der Dämmplatte wurde der Kleber breitgedrückt, wodurch Rauigkeiten des Untergrundes und in gewissen Grenzen Unebenheiten ausgeglichen werden konnten. Dabei wurde eine wirksame Klebefläche von mind. 40 % erreicht. Dieses Verfahren ist bis zu Unebenheiten von 1 cm/m zulässig.
Die Dämmplatten wurden lot- und fluchtrecht im Verband verlegt. Nach Herstellerangaben ist je nach Witterung der Klebermörtel nach 2-5 Tagen ausreichend zur Belegung mit der Armierungsschicht abgebunden. Die dünnschichtige Armierungsschicht wurde mit einer durchschnittlichen Stärke von 5 mm aus Klebermörtel „Heck K + A“ (Verbrauch Trockenmörtel ca. 6 kg/m²) und Armierungsgewebe „HECK AGG FINE“ (Gewebeüberlappung mind. 10 cm) aufgebracht. Nach einer Standzeit von 4 – 6 Tagen wurde die Wand mit „HECK Universalgrundierung UG WE“ grundiert. Nach einer kurzen Trocknungszeit von 12h konnte der Oberputz aufgezogen werden. Als Erhärtungszeit des Oberputzes muss pro 1mm Putzdicke 1 Tag gerechnet werden, d.h. bei einer Kornstärke KC 3 minimal 3 Tage, im Versuch betrug die Standzeit minimal 4 Tage.

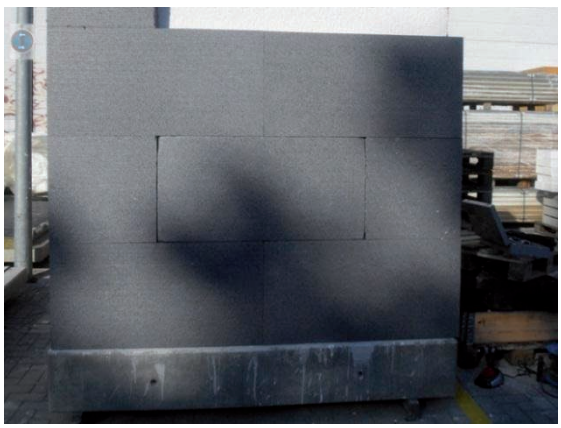


Abbildung 18: Verlegung WDVS HECK Multitherm

2. WDVS EPS geklebt + gedübelt:

→ analog WDVS EPS geklebt. Zusätzlich wurde eine Verdübelung unter der Armierungsschicht ausgeführt. Bei Altbauten mit nicht tragfähigem Untergrund oder Unebenheiten ≤ 2 cm ist eine statisch relevante Verdübelung notwendig. Die statisch relevante Verdübelung erfolgt mit zugelassenen Dübeln gemäß den Nutzungskategorien. Bei dem im Versuch ausgeführten WDVS fanden folgende Dübel Anwendung:

- „HECK Schlagdübel“: Stahlbeton, Kalksandsteinmauerwerk und Poroton
- „HECK Schraubdübel STR-U“: Porenbetonwand

Die Dübel wurden vor dem Aufbringen der Armierungsschicht gesetzt. Insgesamt wurden 8 Dübel pro m² nach dem vom Hersteller vorgegebenen Dübelschema ausgeführt.

3. WDVS MW geklebt + gedübelt:

→ analog WDVS EPS geklebt + gedübelt. Die Verlegung der Mineralwolldämmplatten erfolgte mit einer statisch relevanten Verdübelung. Mineralwolldämmplatten kommen häufig zu Einsatz, wenn bauordnungsrechtlich Brandschutzanforderungen an das WDVS gestellt werden, z.B. ab der Hochhausgrenze bis zu einer Gebäudehöhe bis 100 m. Bei der Versuchsdurchführung wurde der Untergrund mit der MW-Dämmplatte „Coverrock“ WLG 035, Maße 62,5 x 80 cm ausgeführt.

4. WDVS WW geklebt + gedübelt:

Als WDVS Holzfaserdämmung wurde „Gutex Thermowall“ WLG 042, Maße 83 x 60 cm d=100 mm gemäß der Verlegehinweise des Herstellers und der bauaufsichtlichen Zulassung verlegt. Abbildung 19 zeigt den schematischen Aufbau des WDVS „Gutex Thermowall“.
Die Holzfaserdämmplatten wurden im passgenauen Verband mit dem Klebemörtel „Gutex Klebe- und Spachtelputz“ im Klebe-Wulst-Verfahren mit einer Verklebung von mind. 40% auf den Untergrund aufgebracht. Gemäß Herstellerangaben können Unebenheiten bis e ≤ 2 cm überbrückt werden. Die Musterwände wiesen wesentlich geringere Toleranzen auf. „Gutex Klebe- und Spachtelputz“ wurde mit der erforderlichen Menge Leitungswasser mit einem Motorquirl knollenfrei angefertigt (im Mischungsverhältnis 5:1 (Trockenmörtel: Wasser). Der Verbrauch zum Kleben lag bei ca. 4 kg/m².

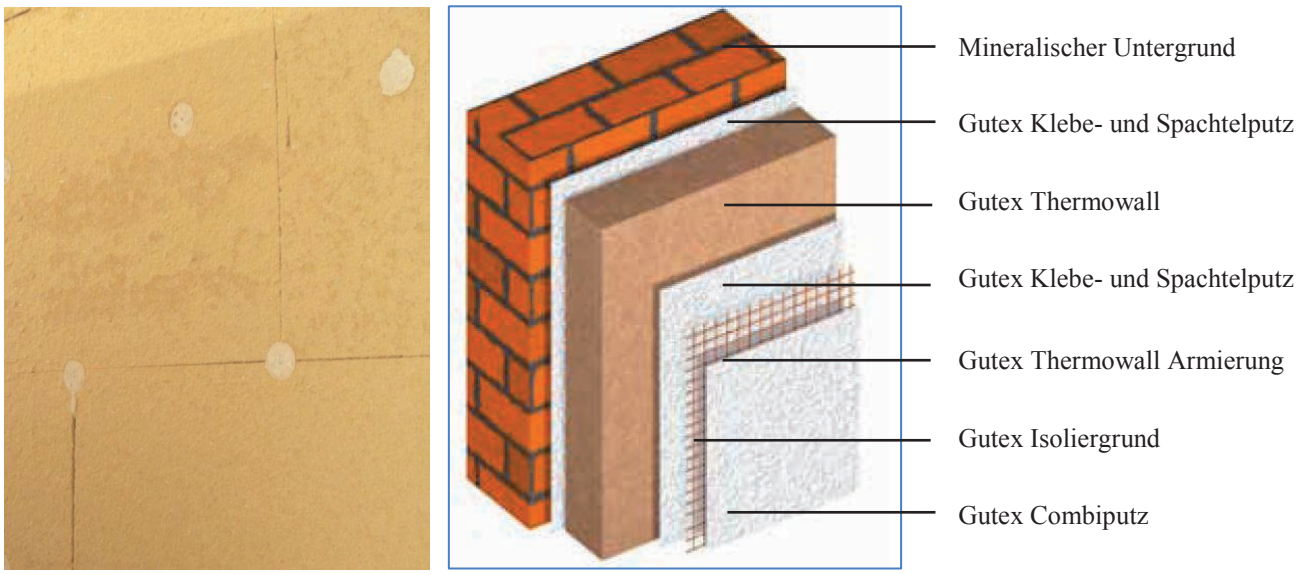


Abbildung 19: WDVS Gutex Thermowall

Nach der Erhärtungszeit des Klebemörtels von 3-5 Tagen erfolgte die Verdübelung mit "Gutex WDVS Thermoschraubdübel" Ø 8 mm, Eindringtiefe ≥ 35 mm. Im Anschluss wurde die Armierungsschicht mit mind. 5 mm Putzdicke aufgetragen. Hierzu wurde „Gutex Universal-Armierungsgewebe" mit 10 cm Überlappung in „Gutex Klebe und Spachtelputz" eingebettet (Verbrauch ca. 5 kg/m²). Nach einer Trockenzeit von ca. einer Woche wurde als Haftgrund für den Oberputz „Gutex Isoliergrund" mit einer Rolle aufgetragen (Verbrauch: 0,35 kg/m²). Nach einer Trockenzeit von 8-10 h konnte dieser belegt werden.

Bei den Oberputzen wurden folgende Putzarten mit den verschiedenen HECK- bzw. Gutex-Dämmsystemen kombiniert:

1. **mineralischer Strukturputz**

Bei dem WDVS „HECK Multitherm" wurde nach der Grundierung der mineralische Oberputz CR, CS II, W2 „HECK Strukturputz STR KC3" mit Korngröße 3 mm aufgebracht (Verbrauch ca. 3,6 kg/m²). Der Trockenmörtel wurde mit der erforderlichen Menge Leitungswasser mit einem Motorquirl knollenfrei angerührt. Die Erhärtungszeit beträgt 1 Tag/mm laut Hersteller, d.h. minimal 3 Tage; bei den Versuchen betrug die Standzeit 7 Tage.
Bei dem WDVS „GutexThermowall" wurde als mineralischer Oberputz „Gutex Combiputz KC3" aufgezogen (Verbrauch 3,5 kg/m²). Der Trockenputz wurde mit der erforderlichen Menge Leitungswasser mit einem Motorquirl knollenfrei angefertigt. Nach einer Trocknungszeit von 4 Tagen wurde das WDVS zurück gebaut (Trockenzeit Oberputz laut Herstellerangaben 4-6 Tage).

2. **Silikatputz**

Auf die Grundierung wurde der Dekorputz auf Wasserglasbasis „HECK Silikatputz SIP KC3" mit Korngröße 3 mm aufgebracht (Verbrauch ca. 4,0 kg/m²). Die Erhärtungszeit beträgt laut Hersteller 1 Tag/mm, d.h. minimal 3 Tage; im Versuch betrug die Standzeit 1 Woche. Für das WDVS „Gutex Thermowall" wird kein Silikatputz als Deckputz angeboten.

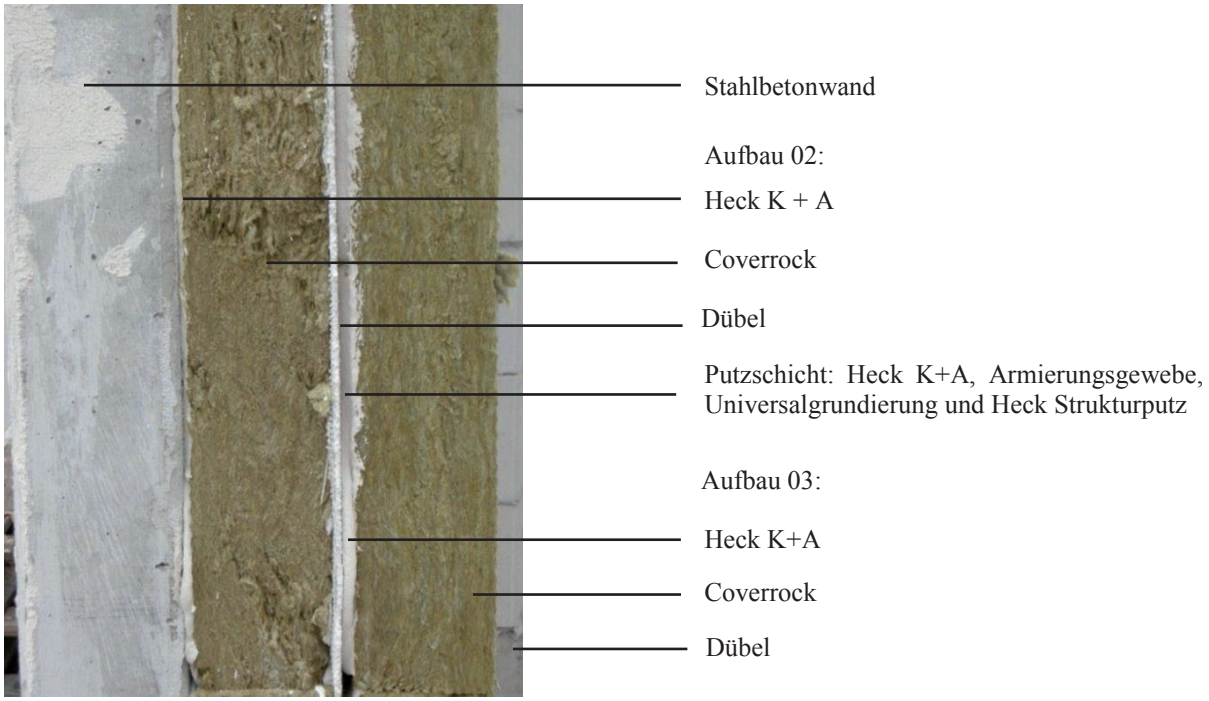


Abbildung 20: WDVS MW Aufdopplung

1. **Silikonharzputz**

Auf die Grundierung wurde der Dekorputz auf Silikonharzbasis „HECK Siliconharzputz SHP KC3“ mit Korngröße 3 mm aufgebracht (Verbrauch ca. 3,6 kg/m²). Die Erhärtungszeit beträgt laut Hersteller 1 Tag/mm d.h. minimal 3 Tage, die im Versuch mit einer Standzeit von einer Woche eingehalten wurde. Vorteile von „HECK SHP“ ist der werkseitige Schutz vor Algen- und Pilzbefall.
Bei dem WDVS „Gutex Thermowall“ wurde als organischer Oberputz „Gutex Silikonharzputz KC3“ aufgezogen (Verbrauch 4,1 kg/m²). Die Trocknungszeit betrug 6 Tage.

Aufbau 03

Als „Aufbau 03“, bzw. als Zusatzdämmung für den Realfall, dass der Wärmedämmstand des Bestandes nicht mehr den aktuellen Anforderungen der ENEV entspricht, wurden WDVS „HECK Multitherm EPS“ und „HECK Multitherm MW“ auf bestehende, noch funktionsfähige Systeme aufgezogen. Die Verlegung erfolgte analog der unter Aufbau 02 dargestellten Verlegung. Die Dübellängen für die Zusatzdämmung wurden den Erfordernissen angepasst. Abbildung 20 zeigt eine Stahlbetonwand mit WDVS MW und mineralischem Putz, auf die als Zusatzdämmung Mineralwolle mit Mörtel-Kleber aufgebracht und verdübelt wurde.
Für eine solche Aufdopplung eignen sich Fassaden, deren WDVS-Altsyteme alle Anfoderungen an Standsicherheit erfüllen. Zur Aufdopplung zugelassene Systeme sind EPS- und MW-Platten. Die maximal zulässige Gesamtdämmstoffdicke ist abhängig von den gewählten Dämmstoff: Für die Kombination MW-Platte + MW-Platte beträgt die maximale Gesamtdämmstoffdicke 200 mm und für die EPS-Platte + EPS-Platte 400 mm.

3.6 Stoffgruppen Dachaufbauten

Die Durchführung der Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen an Dachaufbauten wurde sich auf Warmdachkonstruktionen beschränkt, da in den letzten Jahren die Kaltdachbauweise kaum noch realisiert wird.
Flachdächer werden extremen Belastungen ausgesetzt wie Einflüsse durch Witterung und Umwelt (z.B. Schnee, Regen, Hagel, Kälte, stehendes Wasser oder Pflanzenbewuchs) und durch die Konstruktion bzw. Unterkonstruktion (z.B. Schwinden/Kriechen, Auflasten, Gebäudebewegungen). Ebenso groß wie die Anforderungen an den Dachaufbau ist die Vielfalt der marktüblichen Dachaufbauten. Grundsätzlich wird als oberste Zielsetzung die Funktionstüchtigkeit der Abdichtung angestrebt, und zwar unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit.
Die Trennbarkeit der Dachaufbauten wird bestimmt von der Art der Verlegung der Dachaufbauten. Unterschieden wird hier nach DIN 18531-3 (vgl. [21]) zwischen:

- Verlegung mit Auflast,
- lose Verlegung mit mechanischer Befestigung
- Verklebung

Als Vorbereitungsmaßnahme zur Erstellung des Bauteilkatalogs wurde eine Umfrage unter den größten Herstellern von Flachdachsystemkomponenten durchgeführt, um die Dachaufbauten mit der höchsten Anwendungshäufigkeit zu ermitteln. Wie in Tabelle 4 dargestellt, ergab diese Umfrage, dass bei der Verlegung auf Stahlbeton vorzugsweise die Verlegung mit Verklebung erfolgt und bei Trapezblech meist eine mechanische Befestigung vorgenommen wird. Die lose Verlegung mit Auflast wird hauptsächlich bei kleineren Gebäuden angewendet.

Laut der Statistik des CDC- Cooperate Development Consultants, die als Auszug in Tabelle 5 mit den Vergleichszahlen von 2005 – 2008 dargestellt ist, kommen als Abdichtungsbahnen mit ca. 72 % vorzugsweise Polymerbitumenbahnen zur Anwendung. Elastomer- und Kunststoffbahnen nahmen ca. 23,5% des gesamten Flachdachmarktes ein, wobei der Einsatz in diesem Zeitraum steigend war. Nach Angaben der Hersteller und Verarbeiter werden Polymerbitumenbahnen auf dem Untergrund meist verschweißt, d.h. verklebt verlegt. Kunststoffbahnen werden auf Stahlbetondächern lose mit Auflast oder auf Trapezblech lose, mit mechanischer Befestigung aufgebracht.

Tabelle 4: Verteilung der Verlegearten Abdichtungsbahnen bei Flachdächern laut eigener Umfrage

Lose verlegt mit Auflast	**Verklebung**	**Lose verlegt, mechanisch befestigt**
10 %	**45 %**	**45 %**
hauptsächlich kleinteilige Anwendung z.B. Einfamilien- und Reihenhäuser	Büro- und Wohngebäude (Konstruktion: Stahlbeton)	Industriebau (Konstruktion: Trapezblech)

Tabelle 5: Flachdachmarkt Europa: Quelle CDC-Cooperate Development Cosultants (2005-2008) (vgl. S. 10 [20])

Abdichtungsbahn	**2001**	**2007**	**2007 in %**
Polymerbitumenbahn	251,8	238,5	71,7 %
Elastomer-/Kunstoffbahnen	70,1	78,4	23,56 %
Andere	15,9	15,9	4,78 %
Gesamt	337,8	332,8	100 %

Als tragende Dachkonstruktion wurden hergestellt (vgl. Abbildung 21):

1. **Stahlbetonplatte (d = 12 cm)**

Die Stahlbetonplatte wurde als Fertigteil mit 2,30 x 2,30 m hergestellt. Es kam Beton der Festigkeitsklasse C 20/25 und Betonstahl BSt 500 zum Einsatz. Als Haftbrücke wurde ein bituminöser Voranstrich „Bauder Spezial Voranstrich“ mit der Rolle aufgebracht. Nach einer Trocknungszeit von 1 h wurde die Fläche belegt.

2. **Trapezblech (h = 5 cm)**

Für den Versuchsaufbau wurden Trapezblechprofile „Hoesch HP 50/250 Materialdicke t= 0,75 mm“ auf die vorhandenen Stahlbetonplatten direkt mit Schrauben aufgebracht. In Abweichung zu DIN 18531 wurde eine Blechdicke von t=0,75 mm gewählt, wodurch die mechanische Beanspruchung bei den geringen Spannweiten realer abgebildet werden konnte.

Abbildung 21: Stahlbetondecke und Trapezblechkonstruktion

Auf die Dachkonstruktionen wurden folgende Materialien als Dampfsperren aufgebracht:

1. **Bitumendampfsperre verklebt im Schweißverfahren**

Eine bituminöse Dampfsperre „Bauder VA4“ (V60S4 + AL) wurde im Schweißverfahren auf den Untergrund punktweise verklebt. Die „Bauder VA4“ ist eine Bitumen-Schweißbahn mit Aluminium-Trägereinlage. Sie wurde mit einer Überdeckung von 8 cm an Nähten und Stößen verklebt. Der Vorteil der Verlegung im verklebten Schichtaufbau mit entsprechender Verarbeitung ist, dass die Bitumendampfsperre während der Bauzeit als Notabdichtung eingesetzt werden kann. Abbinde- oder Standzeiten sind nicht erforderlich. Im Rahmen der Versuchsdurchführung wurde diese Verarbeitungsart bei den Aufbauten auf der Stahlbetondecke angewendet.

2. **Bitumendampfsperre kaltselbstklebend**

Als kaltselbstklebende Elastomerbitumen-Dampfsperrbahn wurde die „Bauder KSD DUO“ auf den Untergrund verklebt. „Bauder KSD DUO“ weist eine geringe Bahnendicke auf und ist oberseitig foliert. Sie wurde durch Abziehen der Schutzfolie auf den Untergrund vollflächig aufgebracht. Die Nähte können durch eine variable Beschichtung sowohl kaltselbstklebend als auch verschweißt werden, wodurch der Einsatz als Notabdichtung in der Bauzeit ermöglicht wird. Als kaltselbstklebende Dampfsperrbahn wurde sie bei der der Versuchsdurchführung auf der Stahlbetondecke für die Aufbauten mit nicht hitzebeständiger Wärmedämmung EPS und auf der Trapezblechunterkonstruktion ausgeführt.

3. **Bitumendampfsperre aus Poyethylen:**

Die „FDT Dampfsperre fk“ wurde als Dampfsperre aus Polyethylen beim Schichtenaufbau „lose verlegt mit mechanischer Befestigung“ auf die Trapezblechdachkonstruktion aufgebracht. Mit einer Dicke von 0,4 mm eignet sie sich nicht als Notabdichtung in der Bauphase.
Als Wärmedämmung kamen folgende Produkte zum Einsatz:

1. **Expandiertes Polystyrol (EPS)**

Die EPS Dämmplatten mit Stufenfalz „Swisspor EPS“ WLG 035, Maße 98 x 98 cm wurden auf den Dachaufbauten der Stahlbetonkonstruktion verklebt und auf der Trapezblechkonstruktion in Verklebung und loser Verlegung mit mechanischer Befestigung aufgebracht. Die Verklebung erfolgte mit dem PU-Kleber „Soudatherm Roof 170“. Der Kleber wurde in Streifen gleichmäßig auf den Untergrund verteilt. Die vorgeschriebene Abbindzeit von 2 – 6 h wurde bei der Versuchsdurchführung eingehalten.

2. **Mineralwolle (MW) bitumenkaschiert**

Die MW Dämmplatten „Bondrock“ WLG040, Maße 120 x 100 cm wurden auf den Dachaufbauten der Stahlbetonkonstruktion verklebt sowie mit Auflast lose verlegt und auf der Trapezblechkonstruktion in Verklebung aufgebracht. Die Verklebung erfolgte wie die der EPS-Dämmplatten.
Als weitere Dämmstoffe wurden Schaumglas (CG) und Extrudiertes Polystyrol eingesetzt. Diese beiden Dämmstoffe wurden entsprechend ihrer Produkteigenschaften verlegt und zwar als folgende Dachaufbausysteme:

3. **Schaumglas (CG) für das Kompaktdach**

Der Aufbau des Kompaktdachsystems mit Schaumglas weicht von den üblichen Warmdachsystemen ab. Bei der Verlegung von Schaumglas kann aufgrund seiner dampf- und wasserdichten Eigenschaft auf eine Dampfsperrschicht verzichtet werden.

Bei der Versuchsdurchführung wurde auf die grundierte Stahlbetondecke Schaumglas als „Foamglas T4“ WLG 042, Maße 60 x 45 cm mit pressgestoßenen Fugen im Verband verlegt. Die Stoßkanten wurden vor der Verlegung in das ausgegossene Heißbitumen eingetaucht (Verbrauch Heißbitumen 100/25 ca. 4 – 5 kg/m²).
Die 1. Abdichtungslage, eine Dachabdichtungsbahn „Bauder PYE –G 200 DD“, wird ebenfalls vollflächig im Gieß- und Einrollverfahren mit Heißbitumen auf die Foamglasoberfläche geklebt (Verbrauch 2-3 kg/m²). Als 2. Lage Dachabdichtung wurde eine „Bauder PYE-PV 200 S5 EN“ auf die 1. Lage im Schweißverfahren vollflächig verklebt. Die Erstellung des Kompaktdaches auf der Stahlbetondecke zeigt Abbildung 23.

Auf der Trapezdachkonstruktion wurden für den Kompaktdachaufbau „Foamglas-Ready Boards“ WLG 044, Maße 60 x 120 cm aufgebracht. „Foamglas-Ready Boards“ sind ober- und unterseitig mit einer Kaschierung ausgestattet, was ein direktes Verkleben von Bitumenschweißbahnen auf die Schaumglasplatte ermöglicht (vgl. Abbildung 22 rechts). „Foamglas-Ready-Boards“ wurden streifenweise mit Kaltkleber „PC 11“ direkt auf die Obergurte und an den Stoßfugen untereinander verklebt (Verbrauch ca. 1,0 – 1,5 kg/m²). Als erste Abdichtungslage wurde eine PYE G 200 S4 vollflächig direkt auf die bitumenkaschierten Platten im Schweißverfahren aufgeklebt. Ebenso wurde die Oberlage PYE PV 200 S5 beschiefert im Schweißverfahren aufgebracht.

4. XPS als Umkehrdach

Beim Umkehrdach wurde die Dachabdichtung unmittelbar auf die tragende Unterkonstruktion aufgebracht. Auf eine zusätzliche Dampfsperre kann verzichtet werden. Als Versuchsaufbau wurde auf die grundierte, ebene Stahlbetondecke eine Elastomer-Bitumenschweißbahn mit Glasgewebe-Trägereinlage „Bauder PYE G200 S4“ als DU/E1 PYE G200 S4 mit einer Stoßüberdeckung von mind. 8 -10 cm im Schweißverfahren aufgebracht. Auf diese wurde als Oberlage „Bauder PYE PV 200 S5“ beschiefert verschweißt. Als Wärmedämmstoff mit geringer Wasseraufnahme wurde XPS „Styrodur CS 3035 CS“ WLG 037, 126,5 x 61,5 cm mit umlaufendem Stufenfalz angeordnet. Darauf folgte ein loser verlegter Polyestervlies als Filtermatte „Bauder SV 300“ und eine 5 cm Kiesschüttung als Auflast.

Als Abdichtungsbahnen wurden bei der Durchführung verschiedene Abdichtungssysteme ausgeführt und zwar mit folgenden Abdichtungsbahnen:

1. zweilagige Bitumenbahnen verklebt

Unter der Hypothese, dass die Verbindungsart maßgeblichen Einfluss auf die Trennbarkeit der Schichten hat, wurden im Rahmen der Versuche die üblichen Arbeitsverfahren beim Verkleben der 1.Abdichtungslage auf die Dämmschicht untersucht.

A. Erste Abdichtungslage im Kaltklebeverfahren verklebt:

Wegen der vorhandenen Brandgefahr bei offener Flamme und bei der Verklebung auf EPS-Platten wurden kaltselbstklebende Polymerbitumenbahnen „Bauder KSA Duo“ als 1. Abdichtungslage eingesetzt. Vor dem Verkleben wurde die unterseitige Schutzfolie abgezogen und Nähte sowie Stöße mit hohem Anpressdruck geschlossen.

B. Erste Abdichtungslage im Schweißverfahren verklebt:

Als Schweißbahn wurde die Elastomer-Bitumenschweißbahn „Bauder PYE G200 S4“ und „Bauder G200 S4“ auf die bitumenkaschierte Mineralwolle mit einer Stoßüberdeckung von 8 – 10 cm im Schweißverfahren geklebt.

C. Oberlage im Schweißverfahren verklebt:

Gemäß DIN 18531-1 (vgl. [22]) ist für den Anwendungsfall K2 (Anforderungen aufgrund höherwertiger Gebäudenutzung) grundsätzlich eine zweilagige Abdichtung mit Bitumenbahnen notwendig. Bei der Durchführung des Versuchs wurde als Oberlage eine Elastomerbitumen-Schweißbahn „Bauder PYE PV 200 S5 EN“ beschiefert mit einer Stoßüberdeckung von 8 – 10 cm im Schweißverfahren verklebt (vgl. Abbildung 22 links).

2. Einlagige Kunststoffabdichtungsbahnen

Kunststoffabdichtungsbahnen werden gemäß DIN 18531-2 125 [23] einlagig ausgeführt. Im Rahmen der Versuchsreihe wurden verschiedene Verbindungsarten untersucht:

A. Lose Verlegung mit Auflast:

Bei der losen Verlegung mit Auflast wurden alle Schichten des Dachaufbaus lose verlegt. Als Abdichtungsbahn in der Versuchsreihe wurde die Polyisobutylenbahn „Rhepanol fk“ eingebaut. Die Dachbahnen wurden mit einer Überdeckung von 5 cm von Längs- und Quernähten verlegt. Darauf folgte als Auflast eine 5 cm hohe Kiesschüttung Korngruppe 16/32.

B. Lose Verlegung mit mechanischer Befestigung:

Die lose Verlegung mit mechanischer Befestigung wird bei Leichtdächern insbesondere im Industriebau als wirtschaftliche Lösung verwendet. Bei der mechanischen Befestigung werden alle Schichten des Dachaufbaus lose verlegt und zusammen mit der Dachabdichtung in einem Arbeitsgang miteinander mechanisch befestigt. Im Versuch wurde eine lineare Befestigung im Klettsystem ausgeführt. Hierbei wurde die Polyisobutylenbahn „Rhepanol fk“ mit Schutzvlies über separat verlegt Klettstreifen auf dem Dämmstoff fixiert. Die Klettstreifen wurden mit den Befestigern (mind. 4 Stück/m²) verschraubt, die Dachbahn wurde quer zu Verlegerichtung der Klettstreifen verlegt.

C. Verklebung:

Die Verklebung von Kunststoffabdichtungsbahnen wird ebenfalls häufig bei Industriedächern eingesetzt. Bei der Durchführung des Versuchs wurde eine vlieskaschierte FPO-Bahn (Legierung aus flexiblen Polyolefinen) „Bauder Thermoplan-T 15 V auf MW- und EPS Dämmplatten mit Verklebung aufgebracht. Die Kunststoffbahn wurde streifenweise mit PU-Kleber „Bauder Vlieskleber 1014“ aufgebracht (Auftragsmenge: 180 g/m² bzw. 4 Steifen/m²).

Abbildung 22: MW + Bitumenabdichtung (links) und Kompaktdach auf Trapezblech (rechts)

Weiterhin wurden vier Aufbauten als Musterdächer zur Analyse der Trennbarkeit von Sanierungsdachaufbauten erstellt. Bei folgenden Aufbauten wurde eine Zusatzdämmung aufgebracht und zurückgebaut:

1. **EPS-Dach mit bituminöser Abdichtung und Zusatzdämmung**

Auf eine kaltselbstklebende Bitumendampfsperre „Bauder KSD DUO“ wurden mit PU-Kleber „Soudatherm Roof 170“ EPS-Dämmplatten aufgebracht. Diese wurden mit einer „Bauder KSA DUO“ kaltselbstklebend als 1. Abdichtungslage belegt, auf die eine „Bauder PYE PV 200 S5 beschiefert“ als Oberlage im Schweißverfahren aufgebracht wird. Vor dem Verlegen der Zusatzdämmung wurde die Oberlage mit dem Schweißgerät zur Erhöhung der Haftung abgeflämmt. Es folgte die Belegung mit Aufbau 02 „Zusatzdämmung“ (EPS-Dämmplatten + „Bauder KSA DUO“ + „Bauder PYE PV 200 S5 beschiefert“).

2. **MW-Dach mit bituminöser Abdichtung und Zusatzdämmung**

Auf eine verschweißte Bitumendampfsperre „Bauder VA4“ wurden mit PU-Kleber „Rockpur“ bitumenkaschierte MW-Dämmplatten „Bondrock“ aufgebracht. Diese wurden mit einer zweilagigen Bitumenabdichtung aus als 1. Abdichtungslage „Bauder PYE G 200 S4“ und als 2. Abdichtungslage „Bauder PYE PV 200 S5 beschiefert“ im Schweißverfahren belegt. Nach einer Grundierung der Oberlage mit einem bituminösen Voranstrich erfolgte die Belegung mit Aufbau 02 „Zusatzdämmung“ („Bondrock“ + DU „Bauder PYE G 200 S4“ + DO „Bauder PYE PV 200 S5 beschiefert“).

3. **MW-Dach mit bituminöser Abdichtung und Zusatzdämmung als Plusdach**

→ analog MW-Dach verklebt mit Zusatzdämmung, jedoch wird die Zusatzdämmung als Plusdach ausgeführt. Beim Musterteil wurde zunächst eine „schadhafte“ Abdichtung durch Aufbringen einer zweilagigen Bitumenabdichtung ertüchtigt. Dann wurden als Dämmschicht XPS-Dämmplatten lose auf der Abdichtung verlegt und Filtervlies und Kies als Auflast aufgebracht.

4. **Kompaktdach auf Stahlbeton mit Zusatzdämmung**

Auf ein bestehendes funktionsfähiges Kompaktdach wurde eine Zusatzdämmung als Kompaktdach aufgebracht, wie in Abbildung 23 rechts unten zu sehen ist.

Abbildung 23: Erstellung Kompaktdach mit Zusatzdämmung

4 Sachbilanzierung

4.1 Allgemeines

Die Versuchsergebnisse wurden in Form von Versuchsprotokollen erfasst, deren Ergebnisse nach Abschluss der experimentellen Versuche auf ihre Plausibilität und Konsistenz geprüft wurden. Es wurden Art und Menge der Stoffflüsse bestimmt, um folgende Fragen zu beantworten:

- Wie viel Material wurde von der Tragschicht abgelöst?
- Wie viel Material von den Belägen ist auf der Tragschicht bzw. auf der darunter liegenden Schicht zurückgeblieben?
- Konnten die Materialien vollständig getrennt werden?
- Welcher Materialaufwand/Energieeinsatz war zur Trennung der Schichten notwendig?
- Kann das Abbruchmaterial einem Recyclingprozess zugeführt werden oder muss es als Sondermüll/Baumischabfall entsorgt werden?
- Wie viel Material ist für die Aufbereitung der neuen Tragschicht notwendig?
- Wie hoch ist der Arbeitsaufwand in Zeit?

Ziel der Sachbilanzierung ist es, alle relevanten Energie- und Stoffströme innerhalb der festgelegten Systemgrenze zu erfassen. Die ermittelten Fluss- und Materialmengen werden daraufhin mit den entsprechenden Umweltwirkungen verknüpft, die den Rückbau und die Wiederaufbereitung dieser Schichten repräsentieren.
In Form eines Bauteilkataloges werden im Anhang 7 alle In- und Outputflüsse, relevante Zwischenergebnisse sowie die aggregierten Ergebnisse der Versuche tabellarisch dargestellt.

4.2 Messverfahren und Größen

Bei der Versuchsdurchführung wurden die Masse aller In- und Outputflüsse (in kg) durch Wiegen vollständig erfasst. Zusätzliche Informationen zum Volumen und dem Verunreinigungsgrad des Abbruchs wurden teils quantitativ durch Messen mit Messschieber, oder qualitativ durch in Augenscheinnahme erfasst und dokumentiert. Ermittelt wurden z.B. die Anhaftungen nach Rückbau (in mm/m²) und teils das Volumen der Abbuchmassen (in m³). Während des gesamten Versuchsprogramms wurde sowohl der Energieverbrauch (in Wh/m²) durch den Einsatz technischer Hilfsmittel als auch der Arbeitsaufwand in Zeitaufwand in Minuten durch das Hallenpersonal bzw. zusätzliche Fachkräfte erfasst.
Die einzelnen Sanierungs- bzw. Rückbaumaßnahmen wurden jeweils frühestens nach dem Ablauf der auf den Produktdatenblättern und nach Informationen der Anwendungstechniker vorgesehenen Standzeiten der Materialien durchgeführt. Nach den Erfahrungen der ersten Versuche an den Musterbauteilen wurden bei feuchter Witterung längere, bei hohen Sommertemperaturen kürzere Standzeiten benötigt. Die Trocknungszeiten wurden je nach Witterungseinfluss angepasst, um eine ausreichende Festigkeit der Verbindungen vor dem Abbruch zu gewährleisten. Nach dem Ablauf der definierten Standzeiten wurden die Musteraufbauten entsprechend des festgelegten Trennungsverfahrens mit den vorgeschriebenen Hilfsmitteln zurückgebaut. Falls keine Abbruchverfahren vom Hersteller empfohlen wurden, wurden verschiedene Techniken zum Lösen der Schichten angewendet, um die vorteilhafteste Methode zu ermitteln. Hierbei wurde grundsätzlich das Ziel verfolgt, bei möglichst geringem Energie- und Arbeitsaufwand ein möglichst optimales, sortenreines Trennungergebnis zu erzielen. Nach Beendigung des Rückbaus wurden die entfernten

Materialien, soweit dies technisch möglich und praxistauglich war, sortiert und gewogen. Nach Abschluss der Beseitigung der Abbruchmaterialien musste die Tragschicht für das Aufbringen der neuen Bekleidung vorbereitet werden. Die dafür eingesetzten Materialien mussten ebenfalls in ihrer Masse bestimmt werden.
Aufgrund des eingeschränkten Zeit- und Finanzbudgets wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens alle Versuche nur einmalig ausgeführt. Die Allgemeingültigkeit der ermittelten Stoffflüsse konnte nicht verifiziert werden. Lediglich ein Vergleich zwischen den verschiedenen Aufbauvarianten innerhalb der Versuchsreihe lässt Rückschlüsse auf eventuelle Ausreisser bei den Messungen zu.

Im Folgenden werden die Rückbauphasen der verschiedenen Wand- und Dachaufbauten anhand von vereinfachten Prozessketten dargestellt und die Versuche mit ihren Besonderheiten kurz erläutert. Eine Übersicht der Versuchsergebnisse nach Arbeitsschritten gegliedert wird in Tabelle 6 und Tabelle 7 dargestellt.

4.3 Durchführung der Versuche an Außenwandbauteilen

Beim Entfernen der Schichten wurde dem Schema der Sanierungsszenarien gefolgt, d.h.:

- Entfernung Oberputz
- Entfernung Armierungsschicht
- Komplettrückbau WDVS

Zielsetzung der ersten Versuche war die Überprüfung der Untersuchungsmatrix (vgl. Tabelle 2 und Tabelle 3) für Außenwand- und Dachaufbauten hinsichtlich des Umfangs und der anzuwendenden Demontagetechniken.

Abbildung 24: Trennung Silikatputz mit Putzfräse (links, Mitte) und mineralische Oberputz (rechts)

Abbildung 25: Wände nach Abziehen Putzschicht (von l. nach r.: EPS, MW, WW)

Sanierungsfall 1 A: Rückbau Oberputz

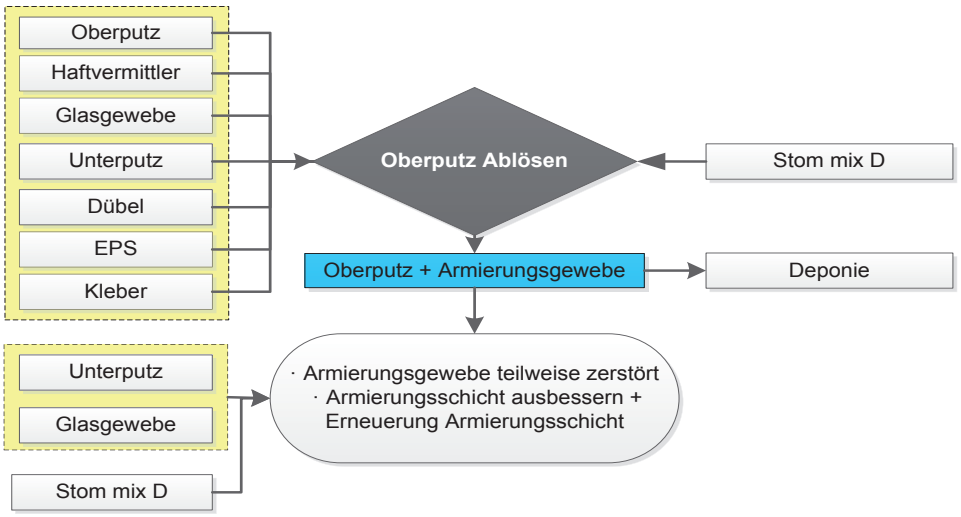


Abbildung 26: Flussbild Sanierungsfall 1A -Rückbau Oberputz von WDVS

Als erster Schritt wurde versucht, die Oberputzschicht einer Referenzfläche von 1m ² der Musterwände mit einer Putzfräse abzuheben (siehe Flussbild Abbildung 26). Die Ergebnisse variierten in Abhängigkeit der Putzarten wie folgt:

Mineralischer Putz + Silikatputz

Der mineralische Putz als auch der Silikatputz ließen sich mit der Putzfräse unter starker Staubentwicklung abtragen. Der Zeitaufwand lag zwischen 5 und 24 min/m². Problematisch erwies sich die Einhaltung der geringen Frästiefe von 3 mm (= Oberputzstärke). Bei der Durchführung des Versuchs wurde bei beiden Putzarten das Armierungsgewebe teilweise zerstört, wie Abbildung 24 zeigt.

Silikonharzputz

Die Staubentwicklung beim Ablösen des Silkonharzputz` war wesentlich geringer. Nach 5 min, bzw. im Falle der Belegung der WW-Dämmplatten nach 24 min, ließ sich der durch die Putzfräse gelockerte Silikonharzputz mit einer Spachtelklinge vom Armierungsgewebe in ca. 10 x 10 cm großen Stücken lösen (vgl. Abbildung 27). Auch hier wurde das Armierungsgewebe zum Teil zerstört. Gemäß dem hohen Zerstörungsgrad der Armierungsschicht nach dem Entfernen der Oberputzschicht wurde davon abgesehen, das Armierungsgewebe partiell zu ergänzen und den Unterputz auszubessern. Im Falle der Musterwände stellte sich der Komplett-Rückbau der Putzschicht (Sanierungsfall 1) als vorteilhaft dar, da sich so der Arbeitszeitaufwand auf ein tolerables Maß reduzieren ließ.

Abbildung 27: Trennung Silikonharzputz und Armierungsgewebe

Sanierungsfall 1: Rückbau Putzschicht

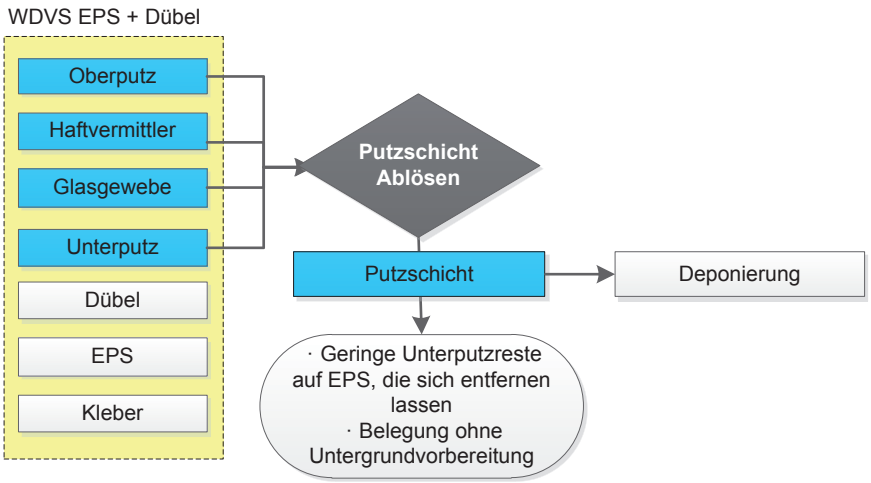


Abbildung 28: Fließbild Sanierungsfall 1 - Rückbau Putzschicht

Im 2. Schritt wurde die komplette Putzschicht in einem Arbeitsgang entfernt wie Abbildung 28 zeigt. Bei Realobjekten ist die Putzschicht vor dem Abziehen in Bahnen zu teilen. Der Arbeitsaufwand für den Arbeitsschritt inklusive des Trennens in Putzstreifen wurde anhand 3 Wände exemplarisch ermittelt und übernommen (Ø Arbeitsaufwand Abziehen Putzschicht + Trennen: ca. 1 min). Das Separieren des Armierungsgewebes vom Putz war allein beim Silikonharzputz mit sehr hohem Arbeitszeitaufwand möglich (vgl. Abbildung 27).
Bei allen Systemen ließ sich die Putzschicht als komplette Schicht von den Dämmplatten problemlos und schnell entfernen. Hinsichtlich der Oberflächenqualität der rückgebauten WDVS unterschieden sich die Faserdämmstoffe und der synthetische Schaum-Dämmstoff EPS. Beim Mineralfaserdämmstoff „Coverrock“ löste sich eine Faserschicht von ca. 0,5–3 mm, bzw. der Holzfaserdämmstoffplatte ca. 2-3 mm mit der Armierungsschicht ab. Nach Herstellerangaben hat dies jedoch keine Auswirkungen auf eine Wiederbelegung mit einer neuen Armierungsschicht. Ohne weitere Vorbereitungsmaßnahmen kann die Mineralfaser- als auch die Holzfaserdämmstoffplatte mit Unterputz versehen werden, wobei der Putzauftrag unter Druck erfolgen muss, um die hydrophobe Eigenschaft der Dämmplatten zu gewährleisten.
Beim Rückbau der Putzschicht von den EPS-Dämmplatten lösten sich teils Poren, teils kleine Stücke EPS mit einer maximalen Größe von 1 cm, die jedoch für eine Neubelegung vernachlässigt werden können. Grundsätzlich müssen größere Fehlstellen vor der erneuten Belegung mit Putz ausgebessert werden, etwaige Unebenheiten sind abzuschleifen. Beide Untergrundvorbereitungsmaßnahmen waren auf Grund der ebenen Oberflächenbeschaffenheit im Zuge der Versuchsdurchführung nicht notwendig.
Als Vorbereitungsmaßnahme zur Neubelegung müssen Dämmstoffplatten gereinigt werden. Im Versuch wurden die Kleberrückstände von den Dämmstoffen mit einer Maurerkelle entfernt. Dies nahm beim EPS vergleichsweise viel Zeit in Anspruch. Alternativ hätten die mineralischen Anhaftungen abgeschliffen werden können, was im Zuge des Forschungsvorhabens nicht angewendet wurde. Bei den Holz- und Mineralfaserdämmplatten blieben nur geringe Kleberreste am Dämmstoff haften, die sich mit geringem Zeitaufwand mit einer Spachtelklinge entfernen ließen (vgl. Abbildung 25).

Sanierungsfall 2: Rückbau WDVS

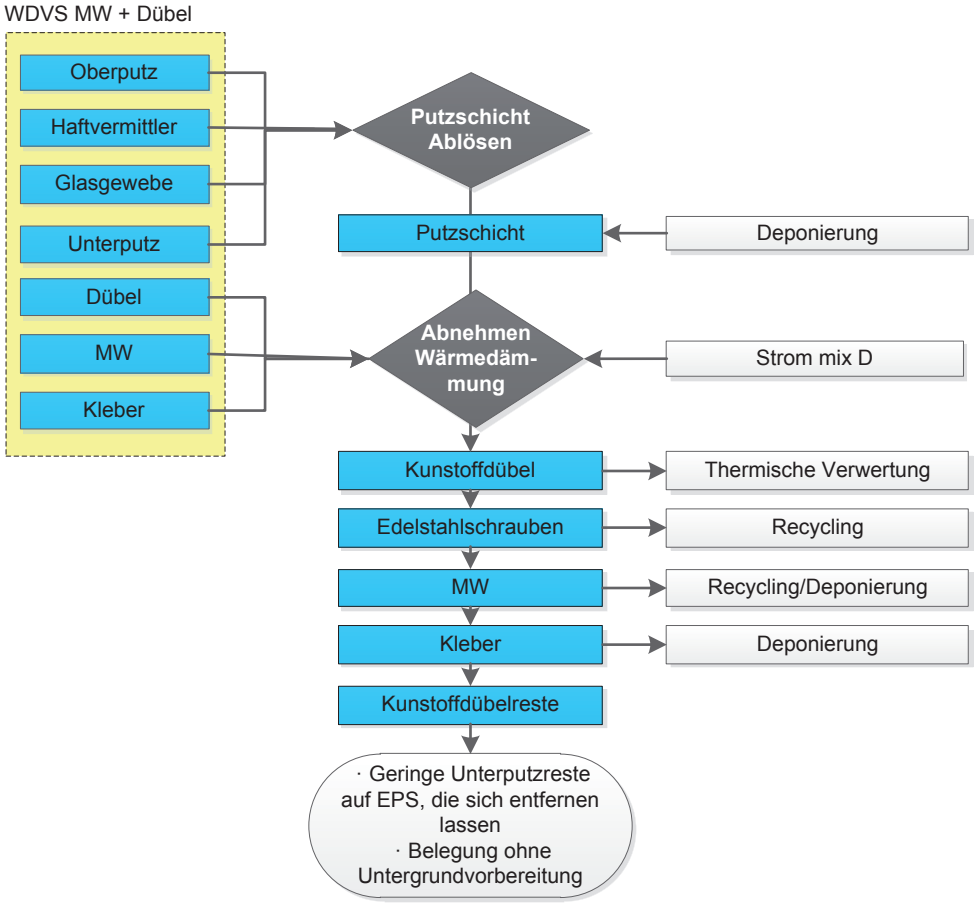


Abbildung 29: Fließbild Sanierungsfall 2 - Rückbau WDVS MW+ Dübel

Die Demontage der Putzschicht erfolgte wie bei Sanierungsfall 1 dargestellt. Bei den verdübelten Musterwänden mussten im nächsten Arbeitsschritt die Dübel entfernt werden. Hierzu wurden bei den Schraubdübeln zunächst die Schrauben mit einem Akkuschrauber gelöst und gesammelt (Ø Arbeitsaufwand ca. 2 - 3 min/m²). Im nächsten Schritt wurden wie auch bei den Schlagdübeln die Dübelköpfe mit einem Elektrofuchsschwanz oder einer Fräse getrennt (Ø Arbeitsaufwand ca. 1 - 2 min/m²). Analog Sanierungsfall 1 wurde der Dämmstoff mit der Maurerkelle von den Kleberresten befreit bevor die Dämmplatten mit einer Maurerkelle (MW/WW) oder einem Elektrohammer (EPS) vom Untergrund getrennt wurden. Der Arbeitsaufwand zum Entfernen des Dämmstoffs vom Untergrund variierte je nach Dämmstoffart.
Wie Abbildung 31 und 32 zeigen, ließen sich die Faserdämmstoffe problemlos, als ganze Platte vom Kleber trennen, wobei von den MW-Platten eine ca. 1 – 4 mm und bei den WW-Platten eine ca. 1-5 mm dicke Faserschicht am Kleber haften blieben (Ø Arbeitsaufwand ca. 2 min/m²). Das Lösen der beiden Dämmstoffe MW und WW verursachte eine starke Faserentwicklung, die für Augen und Schleimhäute reizend ist. Als wesentlich zeitaufwendiger erwies sich der Rückbau der EPS-Platten vom Untergrund (vgl. Abbildung 30). Das EPS ließ sich nur in Teilstücken mit einem Elektrohammer trennen (Ø Arbeitsaufwand ca. 5-6 min/m²). Nach dem Rückbau verblieben auf dem Klebemörtel EPS-

Rückständen von 0 – 10 mm. Hinsichtlich des massenbezogenen Fremdstoffanteils sind diese Verunreinigungen vernachlässigbar und der Klebemörtel liegt nahezu sortenrein vor.
Das Entfernen des erhärteten Klebemörtels von der Tragschicht erforderte den höchsten Zeit- sowie Kraftaufwand der Arbeitskräfte innerhalb des Rückbauprozesses (Ø Arbeitsaufwand ca. 4-9 min/m²). Mit Ausnahme vom Stahlbeton wurde bei allen Tragschichten (Poroton, KS- und Porenbeton) zum Trennen ein Elektrohammer benötigt. Beim Stahlbeton konnte der Kleber mit einer Maurerkelle vom Stahlbeton abgeschlagen werden.
Im letzten Arbeitsschritt erfolgten das Reinigen der Untergründe und das Trennen der Dübelreste von den Wänden mit einem elektrischen Fuchsschwanz/ Flex. Nach dem Separieren der Kunststoffdübelreste mit einer Sammelquote von ca. 50% erfolgte die Reinigung der Arbeitsfläche.

Im Rahmen der Versuchsdurchführung wurden die einzelnen Wände aus Stahlbeton, Poroton- und KS-Stein, und Porenbeton mehrfach belegt. Bei den Tragschichten Stahlbeton, Poroton- und KS-Stein ließen sich die WDVS nach dem Rückbau des 1. und 2. Belegungszyklus ohne

Abbildung 30: Trennen WDVS EPS

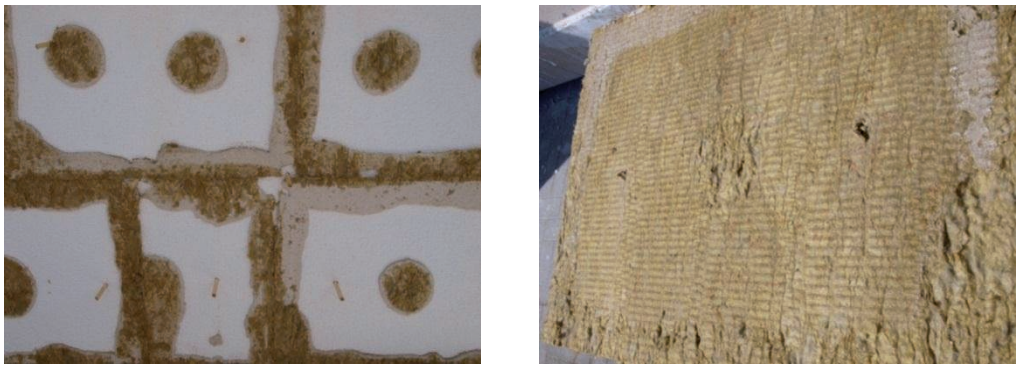


Abbildung 31: Trennen WDVS Mineralwolle

Abbildung 32: Trennen WDVS Holzwolle

weitere Aufbereitungsmaßnahmen des Untergrundes zurückbauen. Die Untergründe wiesen nach der Demontage der WDVS Fehlstellen durch die Bohrlöcher der Wärmedämmstoffhalter und die Demontage des Klebemörtels von einer Maximaltiefe t < 1,5 cm auf (vgl. Abbildung 33 - Abbildung 35). Beim Rückbau der Porenbetonwände entstanden bis zu 6 cm tiefe Fehlstellen, die vor der Neubelegung mit einem geeigneten Füllmörtel zu schließen waren, in diesem Fall „Ytong Füllmörtel“. Der Verbrauch des Füllmaterials variierte zwischen 1,3 und 4,3 kg/m² und war abhängig vom Versuchsergebnis des Rückbaus, das sich je nach Rückbautechnik des Mitarbeiters unterschied.
Eine Vorbereitung des Untergrundes wäre bei den Wänden aus Stahlbeton, KS- und Porotonstein erst nach dem 4. bzw. 5. Belegungszyklus erforderlich, bzw. nach einer Lebensdauer der Außenwände von 150 Jahren. Nach der 4./5. Belegung wiesen die Wände umfangreiche Fehlstellen bis zu 2 cm Tiefe auf. Bei der Stahlbetonwand lag z.T. die Armierung frei.

Abbildung 33: Qualität Untergrund nach Rückbau WDVS 1. Belegung, Stahlbeton (links) und KS-Stein (rechts)

Abbildung 34: Qualität Untergrund nach Rückbau WDVS 1. Belegung, Poroton (links) und Porenbeton (rechts)

Abbildung 35: Qualität Untergrund nach Rückbau WDVS 2. Belegung, Stahlbeton (links) und KS-Stein (rechts)

Entfernen Kleber von Altputz (Aufbau 01):

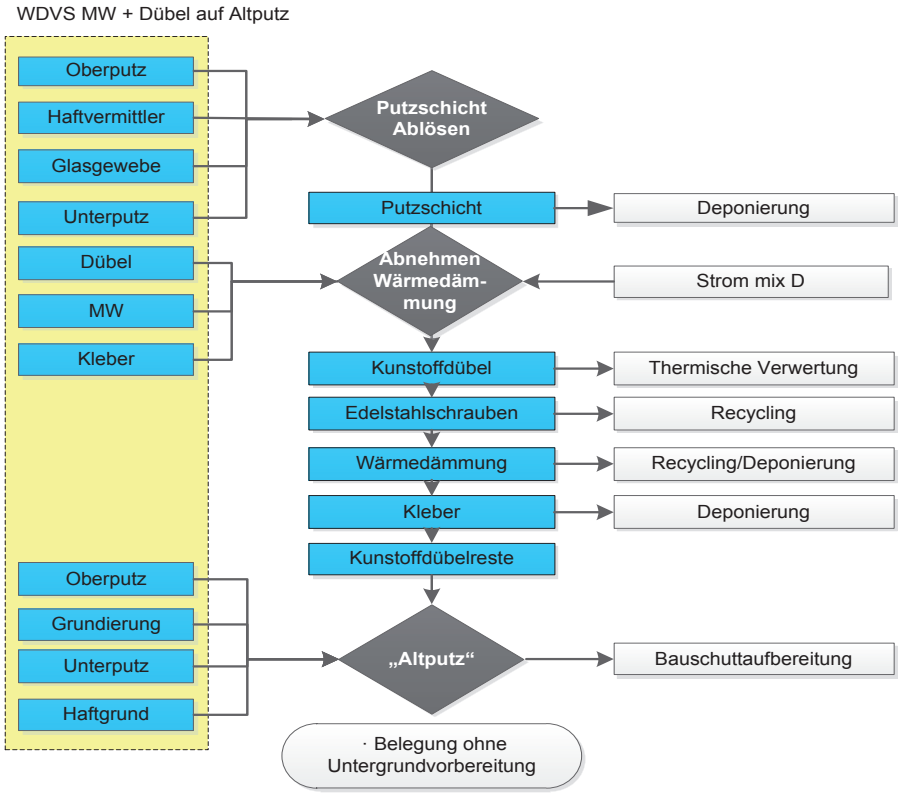


Abbildung 36: Fließbild Sanierungsfall 2 – WDVS MW auf „Altputz“

Bei den auf Altputz aufgebrachten WDVS wurde zunächst versucht, den Kleber vom Altputz zu trennen. Das Lösen des Klebers und das Herausstemmen der Dübel erzeugte große Fehlstellen im Putz, die entweder mit Ausgleichsputz überarbeitet hätten werden können oder abzustemmen waren (vgl. Abbildung 37 links). Aus Gründen der Material- und Arbeitszeitoptimierung wurde sich für die 2. Alternative entschieden und der Klebemörtel wurde bei den Stahlbeton-, KS-Stein und Porotonwänden mit einem Elektrohammer vom tragenden Untergrund gestemmt. Bei den Porenbetonwänden wurde zum Abtragen des Putzes mit einer Putzfräse gearbeitet. Im Vergleich zum Abstemmen mit dem Elektrohammer ist dies zwar die zeitintensivere Technik, jedoch konnten so Kleber und Putz ohne umfangreiche Fehlstellen in der Porenbeton-Wand abgetragen werden und zusätzliche Arbeitsschritte, wie das Ausfüllen von Fehlstellen, waren nicht erforderlich (vgl. Abbildung 37 rechts).

Abbildung 37: Altputz nach Rückbau Klebemörtel (links), Porenbetonwand nach Rückbau mit Putzfräse (rechts)

Entfernen Zusatzdämmung (Aufbau 03):

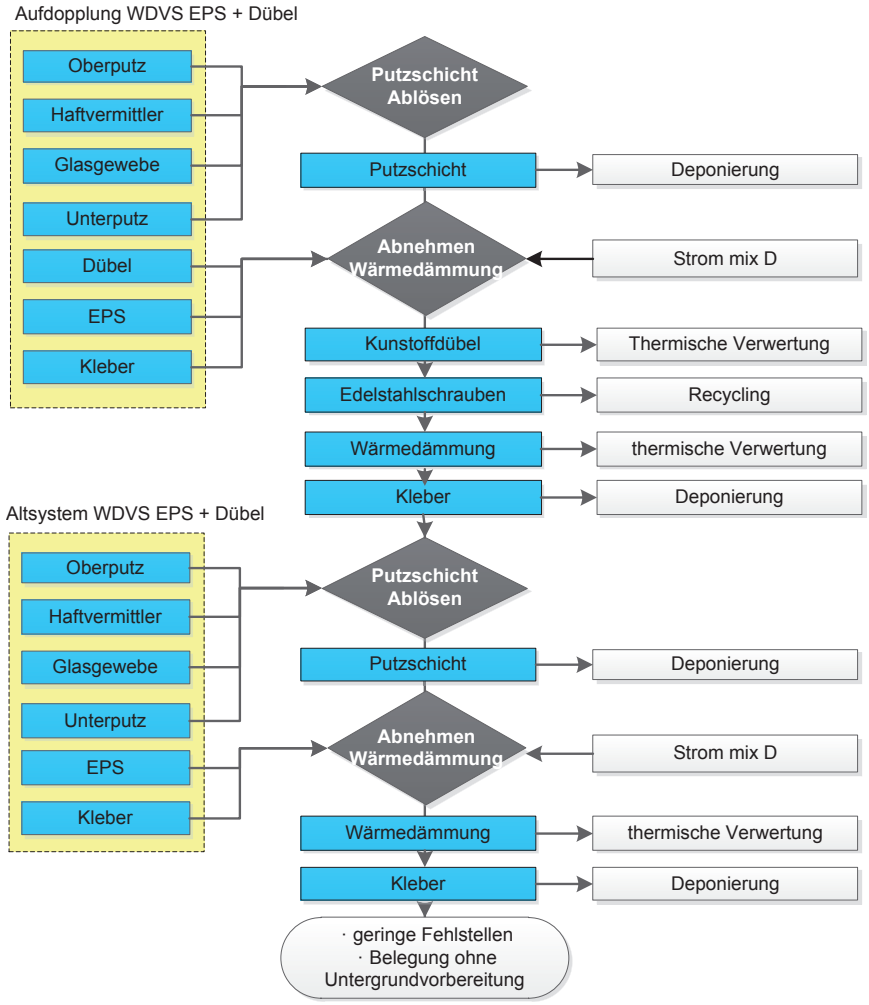


Abbildung 38: Fließbild Sanierungsfall 2 - Rückbau WDVS EPS + Aufdopplung

Das Entfernen der Zusatzdämmung stellte sich ähnlich dar wie das Lösen WDVS des Aufbaus 01 (vgl. Abbildung 39). Im Vergleich mit der Einfachbelegung war der Zeit- und Energieaufwand für das Entfernen der Dübel höher. Je nach Schichttiefe musste der Dübel mehrmals mit der Fräse (bei 20 cm dreimal) getrennt werden. Das „ bestehende“ WDVS ließ sich mit einem ähnlichen Aufwand wie das erste WDVS entfernen.

Abbildung 39: Rückbau WDVS mit Zusatzdämmung

4.4 Durchführung der Versuche an Flachdächern

Zielsetzung des Trennungsprozesses der Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen von Dächern war wie bei den Außenwandaufbauten die Trennung der Bauteilschichten in möglichst sortenreine Abfallfraktionen und der zerstörungsfreie Ausbau.

Sanierungsfall 1: Rückbau Abdichtungslagen

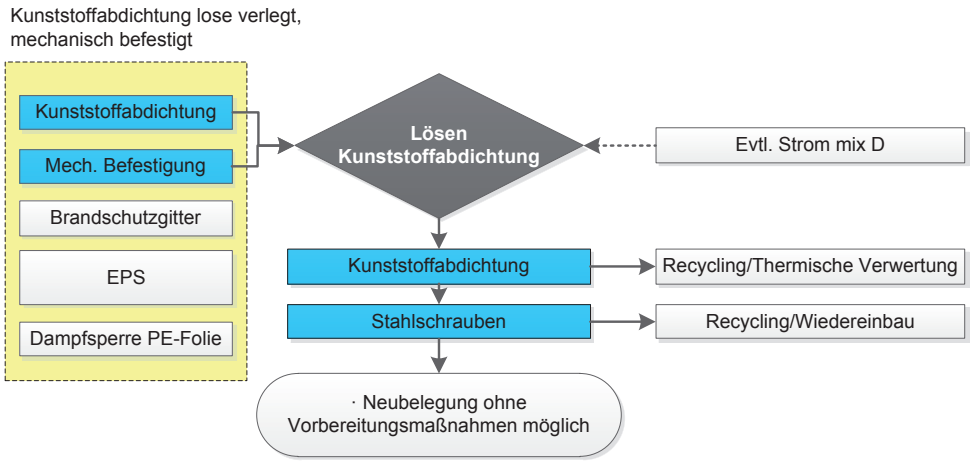


Abbildung 40: Fließbild Sanierungsfall 1 – Rückbau Kunststoffabdichtung

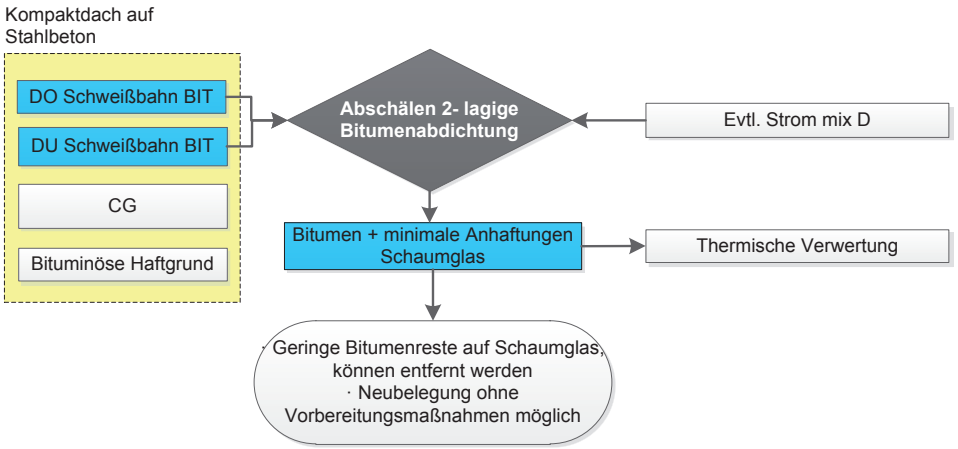


Abbildung 41: Fließbild Sanierungsfall 1 – Rückbau Bitumenabdichtung vom Kompaktdach

Als erster Sanierungsfall wurde der Rückbau der Abdichtungsbahnen im Rahmen von Instandhaltungsmaßnahmen (alle ca. 20 bzw. 30 Jahre) betrachtet. Zulässig ist der Austausch der Abdichtungsbahnen bei lose verlegten Dachaufbauten mit Auflast oder mechanischer befestigten sowie Kompaktdächern (vgl. Abbildung 40 und Abbildung 41). Entsprechend der Versuchsergebnisse wäre zwar bei auf Mineralwoll- oder EPS-Platten verklebten Aufbauten der nahezu zerstörungsfreie Rückbau möglich (vgl. Abbildung 47 und Abbildung 48), jedoch kann laut Herstellerangaben der Auftrag von Heißbitumen als Haftgrund auf der Baustelle die Anforderungen an die Windsogsicherung nicht gewährleisten und somit ist eine Wiederbelegung unzulässig.
Bei den lose verlegten Dächern konnte ein sortenreiner Rückbau erfolgen. Bei der Verlegung „lose verlegt mit Auflast“ war im ersten Arbeitsschritt der Kies zu entfernen. Nach dem

Reinigen der Kunststoffabdichtung durch Fegen wurden die Kunststoffabdichtungen mit einem handelsüblichen Cutter in 1m breite Bahnen geschnitten und zusammengerollt, was den Annahmebedingungen des Sammelsystems „roofcollect“ entspricht (vgl. Abbildung 42). Bei den mechanisch befestigten Dachbahnen wurden Befestigungsmittel wie Schrauben und Teller getrennt. Hierbei können zwei verschiedene Techniken angewendet: Entweder das Lösen der Schrauben mit einem Akkuschrauber oder das häufig angewendete Verfahren das Trennen der Befestigungsmittel mit einer Flex. Beim Austausch der Kunststoffabdichtungen wird Alternative 1 empfohlen, da in diesem Fall keine Rückstände von den Schrauben verbleiben, die den zerstörungsfreien Einbau der neuen Abdichtungsbahn verhindern.

Abbildung 42: Rückbau Kunststoffabdichtung PIB, lose verlegt mechanisch befestigt

Der Rückbau des Kompaktdaches erfolgte analog der Kunststoffabdichtungen. Im ersten Schritt wurde die doppellagige Bitumenabdichtung mit einem Cutter in 1 m breite Streifen getrennt, die sich bei einer Außentemperatur von 20°C mit geringem Arbeitsaufwand von vom Schaumglas ziehen ließen. An der Oberfläche des Schaumglases verblieben keine Rückstände vom Bitumen. Die Bitumenabdichtungen wiesen Anhaftungen von einer einporigen Schaumglas-Schicht auf (ca. 1 mm) (vgl. Abbildung 43).

Abbildung 43: Rückbau Bitumenabdichtung von Schaumglas

Abbildung 44: Rückbau Bitumenabdichtung

Sanierungsfall 2: Rückbau Dachaufbauten

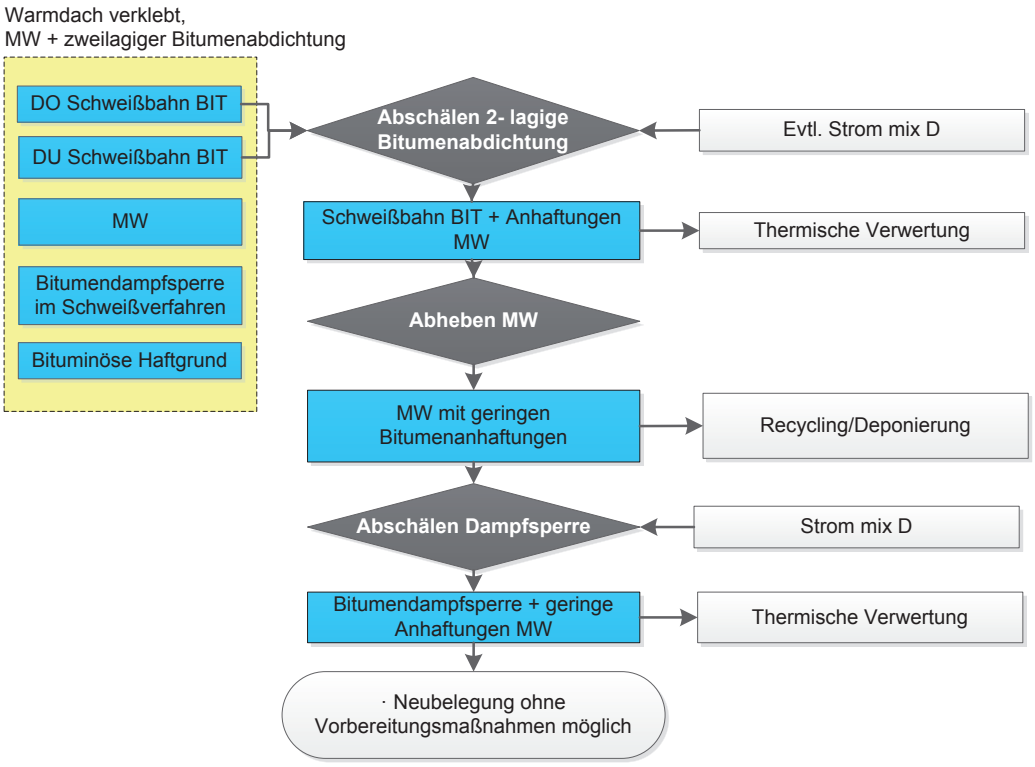


Abbildung 45: Fließbild Rückbau Warmdach verklebt, Mineralwolle mit Bitumenabdichtung im Schweißverfahren

Beim Komplett-Rückbau muss zwischen der Trennbarkeit der beiden Tragkonstruktionen Stahlbeton und Trapezblech differenziert werden, da die Versuchsergebnisse sehr unterschiedlich waren. Im Folgenden wird zunächst der Rückbau von der Stahlbeton- und dann der Trapezblechkonstruktion dargestellt.

Wie beim Sanierungsfall 01 wurden im ersten Schritt die Abdichtungsbahnen getrennt und von den Dämmstoffen abgezogen. Die Ergebnisse des Rückbaus der Bitumenabdichtungen variierten je nach Klebeverfahren und Witterung. Die Streifenbreite wurde entsprechend der spezifischen Lösbarkeit angepasst und lag zwischen 30 und 100 cm. Im Normalfall konnte die Demontage der Bitumenabdichtungen durch einen Mitarbeiter erfolgen, bei warmer Witterung wurden zwei Mitarbeiter benötigt (vgl. Abbildung 44). Wie Abbildung 47 und Abbildung 48 zeigen, blieben auf der Bitumendachbahn von der EPS als auch von der MW-Dämmplatte geringe Reste anhaften, die sich nicht entfernen ließen, da der durch Wärme zähe Bitumen eine Trennung mit Spachtelklinge und Drahtbesen verhinderte.

Bei in Augenscheinnahme wiesen die MW-, CG- und EPS- Dämmplatten nach dem Rückbau der Abdichtungen nur geringe Anhaftungen auf. Die Bitumenkaschierung der Mineralwolle wurde mit den Bitumenabdichtungsbahnen abgezogen, was für den Entsorgungsfall vorteilhaft ist, da gemäß den Annahmerichtlinien von MW-Weiterverwertern keine organischen Anhaftungen zulässig sind. Beim Abschälen der Bitumenabdichtungen von den EPS-Platten verblieb eine minimale Kleber/Bitumenschicht auf dem Dämmstoff. Solche minimalen Verfärbungen stellen nach Aussage der EPS-Verwerter keine Probleme für das werkstoffliche Recycling dar.

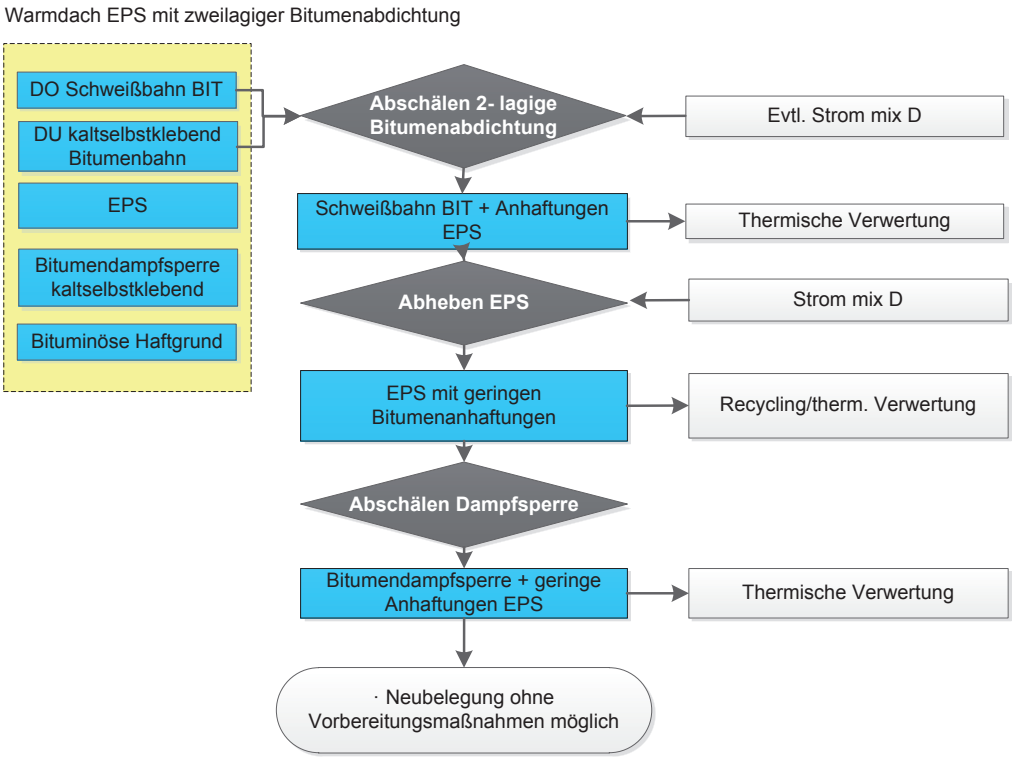


Abbildung 46: Fließbild Rückbau Warmdach verklebt, EPS + Bitumen

Im nächsten Schritt wurden die Dämmstoffe von der Bitumendampfsperre entfernt. Dies erwies sich bei den EPS-Dämmplatten in Abhängigkeit von der Witterung teils als sehr aufwändig teils als unproblematisch. Bei einer Außentemperatur von 29°C ließen sich die EPS-Platten nur unter kompletter Zerstörung abheben. Große Teilstücke bis hin zu kleinsten Partikeln blieben an der Dampfsperre hängen, die sich auch mit einem Elektrohammer eher unbefriedigend abtragen ließen (vgl. Abbildung 47 rechts). Bei der Demontage der Dachaufbauten im November (Außentemperatur 2°C) konnten die EPS-Platten mit einer Schaufel ohne großen Zeitaufwand abgehoben werden.
Die Mineralwolldämmplatten ließen sich bei allen Aufbauten ohne Probleme von der Dampfsperre abschälen.
Beim Rückbau des Kompaktdaches mussten die Schaumglasplatten komplett zerstört werden. Mit einer Schaufel wurden zunächst kleine Teilstücke gebrochen und dann abgehoben. Nach der Demontage verblieb eine ausgehärtete Heißbitumenschicht von 1 – 2 mm Stärke mit Schaumglasporen auf der Stahlbetondecke, die laut Fachleuten bei der Bauschuttaufbereitung als unproblematisch eingestuft wird.
Hinsichtlich des Rückbaus der Dampfsperre zeigte sich, dass die Trennbarkeit je nach Klebeverfahren variiert. Der Zeit- und Kraftaufwand nahm von den punktuell verschweißten, über die kaltselbstklebenden zu den vollflächig verschweißten Dampfsperren zu. Bei allen Musterdächern war das Abschälen der Bitumendampfsperren rückstandsfrei möglich, wie Abbildung 50 und Abbildung 51 zeigen. Vor dem Abschälen mussten die Dampfsperren in Bahnen von 30 bis 50 cm Breite geschnitten werden. Wie bei den Abdichtungsbahnen schwankte der Arbeitsaufwand für den Rückbau je nach Außentemperatur.
Der Untergrund war bei allen Dachaufbauten ohne weitere Vorbereitungsmaßnahmen wiederbelegbar.

Abbildung 47: Rückbau Warmdach mit EPS + Bitumen (kaltselbstklebend)

Abbildung 48: Rückbau Warmdach MW + Bitumen (verschweißt)

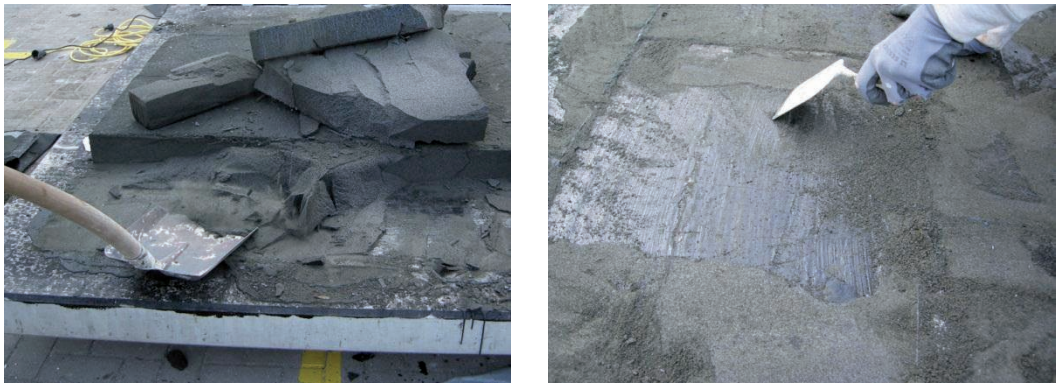


Abbildung 49: Rückbau Schaumglas

Abbildung 50: Entfernen Bitumendampfsperre

Der Rückbau der Dachaufbauten der Trapezblechkonstruktionen erfolgte in den gleichen Arbeitsschritten wie bei den Stahlbetondecken, jedoch mit einem wesentlich kürzeren Arbeitsaufwand von 3 min pro m².
Die verklebten FPO Kunststoffabdichtungen konnten wie die PIB-Kunststoffabdichtungen mit einem Cutter getrennt, gereinigt und über roofcollect entsorgt werden. Bei der Demontage verblieben Fasern des Polyestervlieses auf den EPS bzw. Mineralfaserplatten, die mit einer Spachtel manuell entfernt wurden. Die folgenden Schichten, die Dämmstoffplatten und die kaltselbstklebenden Bitumendampfsperren, wurden sortenrein zurückgebaut. Die Untergründe waren ohne weitere Vorbereitungsmaßnahmen direkt belegbar.

Das auf dem Trapezblech verlegte Kompaktdach ließ sich im Gegensatz zum Kompaktdachaufbau auf der Stahlbetondecke nahezu zerstörungsfrei und sortenrein demontieren, wodurch sogar ein Wiedereinbau möglich wäre (vgl. Abbildung 51).

Rückbau Aufbau 02
Der Rückbau der aufgedoppelten Dächer erfolgte in den gleichen Arbeitsschritten wie bei den einlagigen Dachaufbauten. Bei den Versuchen an den aufgedoppelten Flachdachaufbauten von MW und EPS zeigte sich, dass die Trennbarkeit der zusätzlich aufgebrachten 2. Dämm- und Abdichtungslage vergleichbar mit dem einlagigen Aufbau ist. Analog des Ergebnisses des Rückbaus der Dämmlagen von den Bitumendampfsperren verblieben im Falle der Aufdopplungen Rückstände auf den Bitumendampfsperren, die nicht entfernt werden konnten.

Beim Rückbau des aufgedoppelten Kompaktdaches wurde für die Demontage der Schaumglasplatten ein elektrischer Fuchsschwanz eingesetzt (vgl. Abbildung 51 rechts). Mit ihm wurden die Schaumglasplatten und die Bitumenabdichtung geteilt. Danach konnten Schaumglas und Bitumenabdichtung als eine Schicht von den „Alt-Schaumglasplatten“ abgezogen werden. Anschließend wurde die Bitumenbahn von den Schaumglasplatten getrennt. Das verbleibende „Alt- Schaumglas“ musste für den Rückbau komplett zerstört werden (vgl. Abbildung 49).

Abbildung 51: Rückbau Kompaktdach vom Trapezblech (links) und der Aufdopplung (rechts)

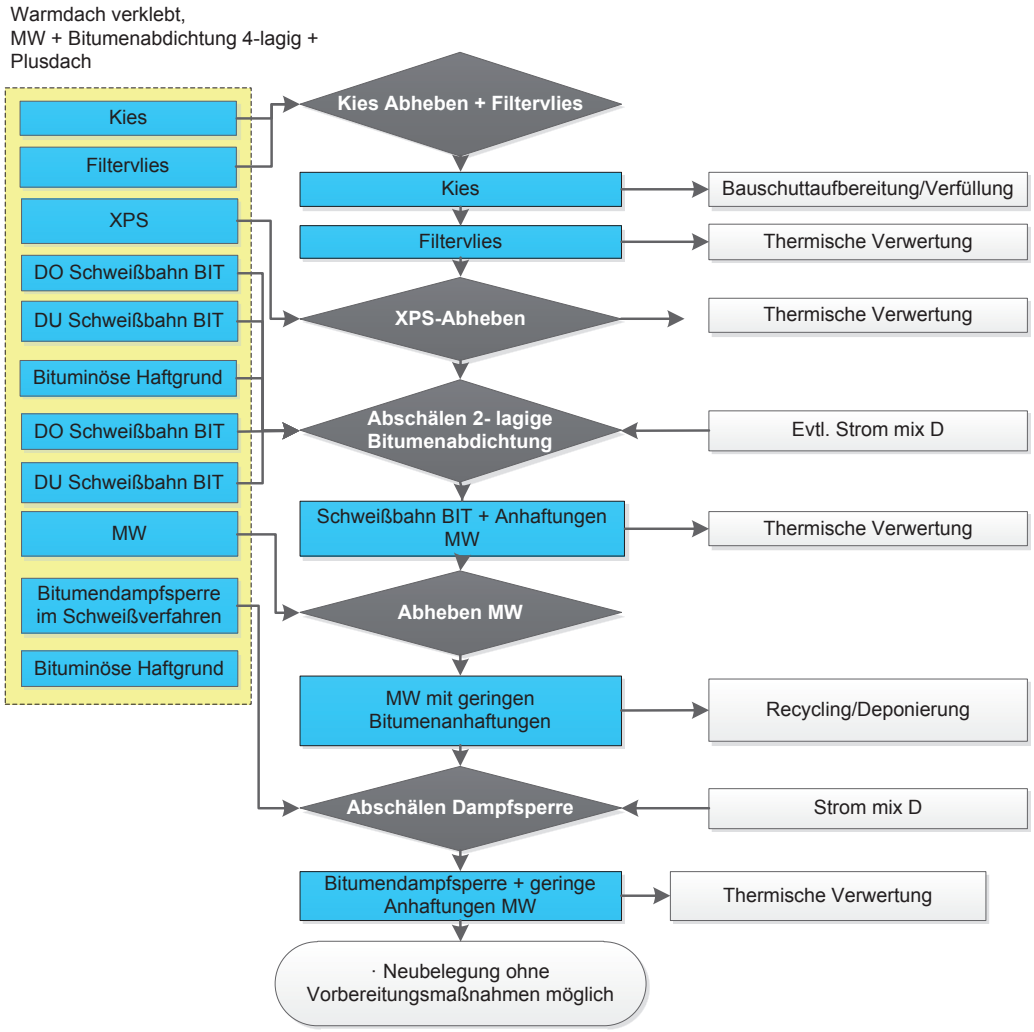


Abbildung 52: Fließbild Rückbau Warmdach verklebt mit Zusatzdämmung

Abbildung 52 stellt den Rückbau eines sanierten Warmdachs mit Mineralwolldämmplatten, einer vierlagigen Bitumenabdichtung und als zusätzliche Dämmlage XPS mit Auflast dar. Im ersten Schritt wurden der trockene Kies und der Vlies abgehoben. Beim Rückbau der vierlagigen Bitumenabdichtung wurde ein Elektrofuchs eingesetzt. Bei einer Außentemperatur von 10°C konnte die Bitumenabdichtung in 1 m breiten Streifen von den Mineralwolldämmplatten problemlos abgezogen werden.

Abbildung 53: Rückbau Umkehrdach

Tabelle 6: Übersicht In- und Outputflüsse/Arbeitsaufwand des Rückbaus WDVS nach Arbeitsschritten

Übersicht In- und Outputflüsse/Arbeitsaufwand		Arbeitszeit MA in min/m²			Hilfsmittel Wh/m²			Material kg/m²		
		Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max
Rückbau WDVS:										
Entfernen Oberputz										
Entfernen Putzschicht		0,8	0,9	1,4		0		5,8	6,7	7,5
Reinigen Dämmung	EPS	1,0	1,6	2,6		0		0,1	0,6	0,9
	MW	0,8	1,4	2,0		0		0	0,3	1,0
	WW	0,4	0,9	2,0		0		0	0,4	0,9
Entfernen Wärmedämm-stoffhalter	Schlagdübel	1,0	1,6	2,5	7,1	8,8	12,5	0	0,1	0,1
	Schraubdübel	1,3	2,1	2,5	0*	6,1	11,9	0,1	0,1	0,1
	lösen Schraube	1,0	2,6	5,0	0,2	1,0	1,2	0,2	0,2	0,2
Entfernen Dämmstoff	EPS	1,4	5,4	12,0	0	4,5	21,8	1,2	1,5	1,8
	MW	0,8	1,9	4,4		0		9,2	9,5	9,7
	WW	1,0	2,4	4,0	5,5	7,9	9,2	16,5	16,7	16,9
Reinigen Dämmstoff	EPS	1,0	1,7	3,5		0		0	0,4	0,9
	MW	0	0,9	1,9		0		0	0,3	0,7
	WW	0	1,3	2,8		0		0	0,3	0,9
Entfernen Kleber	STB-Wand	2,0	3,7	7,0	0	15,0	36,7	3,8	4,3	4,5
	KS-Wand	7,2	8,3	9,3	37,7	51,9	56,6	3,5	4,1	4,9
	Poroton-Wand	6,5	8,4	10,4	39,9	57,8	79,7	3,8	8,4	23,9
	Porenbeton-Wand	3,5	9,0	13,2	15,2	42,5	68,3	4,4	5,3	6,6
Entfernen Dübel	STB-Wand	1,0	1,7	2,0	3,8	6,2	11,9	0	0	0,1
	KS-Wand	1,0	1,4	2,0	4,0	4,9	7,5	0	0	0,1
	Poroton-Wand	1,0	1,2	2,0	3,8	6,1	10,0	0	0	0,1
	Porenbeton-Wand	0	0,5	1,0	0	2,5	3,8	0	0	0,0
Vorbereiten Untergrund	Porenbeton-Wand	3,3	6,6	13,2	23,8	38,6	68,3	1,3	2,3	4,2
Entfernen WDVS von KS-Wand, verdübelt	EPS		20,9			70,1			13,4	
	MW		16,4			65,6			21,0	
	WW		19,8			71,9			28,5	
Rückbau Aufdopplung										
Entfernen Putzschicht		0,8	0,9	1,4		0		5,8	6,7	7,5
Reinigen Dämmung	EPS	1,0	1,6	2,6		0		0,1	0,6	0,9
	MW	0,8	1,4	2,0		0		0	0,3	1,0
Entfernen Wärmedämm-stoffhalter	Schlagdübel	1,0	1,6	2,5	7,1	8,8	12,5	0	0,1	0,1
Entfernen Dämmstoff	Aufdopplung EPS	0,8	1,4	2,0		3,1	9,2	1,4	1,5	1,6
	Aufdopplung MW	0,8	1,2	1,4		0		9,2	9,5	9,7
Reinigen Dämmstoff von Klebermörtel	Aufdopplung EPS	0,8	1,5	2,8		0		0	0,2	0,3
	Aufdopplung MW	0,4	0,5	0,6		0		0	0,1	0,4
Abziehen Putzschicht + Klebemörtel	Aufdopplung EPS	2,2	2,7	3,2		0		9,1	10,0	11,6
	Aufdopplung MW	1,8	3,1	4,8		0		9,1	10,6	13,1
Reinigen Dämmung	EPS	1,0	1,6	2,6		0		0,1	0,6	0,9
	MW	0,8	1,4	2,0		0		0	0,3	1,0
Entfernen Wärmedämm-stoffhalter	Schlagdübel	1,0	1,6	2,5	7,1	8,8	12,5	0	0,1	0,1
Entfernen Dämmstoff	EPS	1,4	5,4	12,0	0	4,5	21,8	1,2	1,5	1,8
	MW	0,8	1,9	4,4		0		9,2	9,5	9,7
Reinigen Dämmstoff	EPS	1,0	1,7	3,5		0		0	0,4	0,9
	MW	0	0,9	1,9		0		0	0,3	0,7
Entfernen Kleber	STB-Wand	2,0	3,7	7,0	0	15,0	36,7	3,8	4,3	4,5
	KS-Wand	7,2	8,3	9,3	37,7	51,9	56,6	3,5	4,1	4,9
	Poroton-Wand	6,5	8,4	10,4	39,9	57,8	79,7	3,8	8,4	23,9
Entfernen Wärmedämm-stoffhalter	STB-Wand	2,5	3,1	3,8	12,5	18,8	25,0	0,3	0,3	0,3
	KS-Wand	2,0	2,3	2,5	14,0	16,0	18,0	0,3	0,3	0,3
	Poroton-Wand	2,0	2,3	2,5	14,3	19,0	23,8	0,3	0,3	0,3
Aufwand Entfernung aufgedoppeltes System von KS-Wand	EPS		29,0			84,3			25,9	
	MW		25,1			85,5			41,8	
Rückbau mineral. Putz alt										
Entfernen Klebemörtel + mineral. Putz alt	STB-Wand	6,0	7,7	11,1	0	24,4	36,7	23,0	23,6	24,1
	KS-Wand	8,2	10,2	12,3	56,6	61,3	66,0	27,3	28,2	29,1
	Poroton-Wand	6,5	6,5	6,5	39,9	44,8	49,8	23,5	23,7	23,9
	Porenbeton-Wand	18,6	23,6	28,5	556,7	622,4	688,2	23,7	24,5	25,2
Entfernen WDVS von mineral. Putz alt auf KS-Wand	EPS		31,1			131,4			41,6	
	MW		26,6			126,9			49,2	
	WW		30,1			133,2			56,7	

* Porenbeton-Wand

Tabelle 7: Übersicht In- und Outputflüsse/Arbeitsaufwand der Flachdachaufbauten nach Arbeitsschritten

Übersicht In- und Outputflüsse/Arbeitsaufwand		Arbeitszeit MA in min/m²			Hilfsmittel Wh/m²			Material kg/m²		
		Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max
Rückbau Dachaufbauten auf Stahlbeton										
Kies		2,26	2,38	2,63		0,00		83,91	84,42	85,22
Kunstoffabdichtung lose verlegt	MW		1,32			0,00			2,65	
	EPS		1,32			0,00			2,65	
Bitumenabdichtung kaltselbstklebend	EPS	1,14	5,11	9,07		0,00	0,01	11,08	11,13	11,19
	MW		3,46			0,00			10,54	
Bitumenabdichtung verschweißt	MW	4,13	**5,54**	6,96		**0,00**		13,36	**13,61**	13,85
Bitumenabdichtung in Heißbitumen verlegt	CG		**1,20**			**0,00**			**13,03**	
Reinigen Dämmstoff von Bitumenresten	EPS		**0,69**			0,00			z.v.*	
	MW		**1,30**			**0,00**			z.v.*	
Abheben Dämmung	EPS	0,87	**2,23**	3,59		**0,01**	0,02	2,38	**2,56**	2,74
	MW	0,83	**0,91**	1,08		**0,00**		13,08	**14,55**	15,19
	CG		**10,80**			**0,00**			**13,40**	
Reinigen Dampfsperre von Dämmstoffresten	MW	1,80	**1,88**	1,96		**0,00**			z.v.*	
Abziehen Dampfsperre	kaltselbstklebend	0,38	**2,33**	4,91		**0,00**		1,85	**1,88**	1,93
	teilflächig verschweißt	0,95	**1,20**	1,70		**0,00**		5,52	**5,65**	5,78
	vollflächige verschweißt		**6,62**			**0,02**			**6,12**	
Rückbau Aufdopplung Plusdach als										
Kies		2,26	2,38	2,63		0,00		83,91	84,42	85,22
Filtervlies			0,07			0,00			0,39	
XPS			0,76			0,00		3,31	3,34	3,37
sanierte Bitumenabdichtung (4 lagig)	MW		1,88			0,01			25,15	
Rückbau Aufdopplung										
Bitumenabdichtung	kaltselbstklebend		**1,37**			**0,01**			**11,26**	
	verschweißt		**4,82**			**0,00**			**13,85**	
	mit Heißbitumen		**4,63**			**0,03**			**13,99**	
Reinigen Dämmstoff von Bitumenresten	EPS		**0,69**			0,00			z.v.*	
Abheben Dämmstoff	EPS		**0,87**			**0,00**			**2,72**	
	MW		**1,30**			**0,00**			**15,13**	
	CG		**4,63**			**0,03**			**13,15**	
Reinigen Bitumendampfsperre von MW	MW		**1,96**			0,00			z.v.*	
Rückbau Dachaufbauten auf Trapezblech										
Abziehen Bitumenabdichtung	CG		0,73			0,00			13,16	
Kunstoffabdichtung	PIB, lose verlegt, mechanisch befestigt		1,09			0,00			2,83	
	FPO, verklebt auf EPS		0,65			0,00			2,25	
	FPO, Verklebt auf MW		0,42			0,00			2,46	
mechanische Befestigung	Flexen		1,09			0,01			0,07	
	Schrauben		2,17			0,00			0,09	
Abheben Brandschutzgitter			0,43			0,00			0,17	
Reinigen Dämmstoff (bei Verklebung)	EPS		0,87			0,00			z.v.*	
	MW		0,00			0,00			z.v.*	
Abheben Dämmstoff verklebt	EPS		**0,87**			**0,00**			**3,05**	
	MW		**0,42**			**0,00**			**15,19**	
	CG		**0,93**			**0,00**			**13,12**	
Reinigen Dämmstoff (bei Verklebung)	EPS		**1,74**			**0,00**			z.v.*	
	MW		**0,31**			**0,00**			z.v.*	
Abheben Dämmstoff lose verlegt	EPS		**0,43**			**0,00**			**2,72**	
Abheben PE lose verlegt			**0,38**			**0,00**			**0,26**	
Abziehen Bitumenbahn kaltselbstklebend			**0,69**			**0,00**		1,76	**1,89**	2,01

* zu vernachlässigen

Tabelle 8: Übersicht In- und Outputflüsse/Arbeitsaufwand der Außenwände nach Bauteilen

Bauteil			Außentemperatur Rückbau in [C°]	Arbeitszeit in MA in [h/m²]			Verhältnis Rück- zur Erstellugns-zeit in [%]	Hilfsmittel in [Wh/m²]			Material in [kg/m²]			Verhältnis Output zur Input-Masse in [%]
				Erstellung	Rückbau	Vorbereitung Untergrund		Erstellung	Rückbau	Vorbereitung Untergrund	Erstellung	Rückbau	Vorbereitung Untergrund	
WDVS auf Stahlbeton-Wand														
W01		EPS geklebt	21°C	0,45	0,15		34%	43			14,66	13,20		90,03%
W02		EPS geklebt + Dübel	16°C	0,63	0,26		41%	96	15		14,42	12,79		88,69%
W03		MW geklebt + Dübel	21°C	0,57	0,14		24%	86	15		23,49	21,25		90,46%
W04		WW geklebt + Dübel	25°C	0,74	0,27		37%	92	59		30,46	29,61		97,22%
W05		EPS geklebt + Dübel auf Altputz	22°C	1,12	0,44		40%	121	36		34,14	32,22		94,37%
W06		MW geklebt + Dübel auf Altputz	22°C	0,93	0,21		23%	115	56		44,69	41,35		92,53%
W07		WW geklebt + Dübel auf Altputz	18°C	1,26	0,30		24%	133	54		50,02	48,22		96,40%
W08		EPS geklebt + Dübel auf WDVS	26°C	1,43	0,44		30%	158	78		28,72	26,78		93,23%
W09		MW geklebt + Dübel auf WDVS	17°C	1,07	0,40		37%	226	84		45,76	44,52		97,29%
WDVS auf KS-Wand														
W10		EPS geklebt	27°C	0,43	0,34		79%	44	57		14,09	12,77		90,66%
W11		EPS geklebt + Dübel	26°C	0,65	0,27		42%	89	58		13,11	12,01		91,58%
W12		MW geklebt + Dübel	27°C	0,56	0,31		55%	101	68		22,99	21,41		93,11%
W13		WW geklebt + Dübel	20°C	0,66	0,34		51%	92	80		30,37	29,14		95,95%
W14		EPS geklebt + Dübel auf Altputz	24°C	1,10	0,55		50%	132	80		41,73	36,23		86,81%
W15		MW geklebt + Dübel auf Altputz	24°C	1,11	0,22		20%	95	68		51,37	46,25		90,04%
W16		EPS geklebt + Dübel auf WDVS	28°C	1,08	0,46		43%	118	78		27,89	24,93		89,38%
W17		MW geklebt + Dübel auf WDVS	21°C	1,19	0,37		31%	198	85		43,21	40,22		93,08%
WDVS auf Porotonstein-Wand														
W18		EPS geklebt	27°C	0,57	0,32		56%	67	49		14,21	12,85		90,43%
W19		EPS geklebt + Dübel	26°C	0,65	0,25		39%	98	72		13,96	12,73		91,19%
W20		MW geklebt + Dübel	27°C	0,50	0,38		77%	94	93		23,43	21,25		90,72%
W21		WW geklebt + Dübel	20°C	0,71	0,37		52%	68	93		29,51	28,36		96,13%
W22		EPS geklebt + Dübel auf Altputz	24°C	1,05	0,31		30%	124	63		36,69	32,72		89,18%
W23		MW geklebt + Dübel auf Altputz	24°C	1,04	0,23		22%	90	53		46,30	40,62		87,74%
W24		EPS geklebt + Dübel auf WDVS	28°C	1,24	0,36		29%	130	71		27,31	25,71		94,14%
W25		MW geklebt + Dübel auf WDVS	21°C	1,22	0,37		30%	170	91		43,27	40,69		94,03%
WDVS auf Porenbetonstein-Wand														
W26		EPS geklebt	27°C	0,63	0,36	0,22	91%	67	68	23,76	13,55	13,49	4,17	n.m.
W27		MW geklebt + Dübel	27°C	0,75	0,40	0,05	60%	89	69	23,76	23,16	21,89	1,32	n.m.
W28		WW geklebt + Dübel	2°C	0,78	0,22	0,05	35%	68	27	23,76	29,56	28,59	1,32	n.m.
W29		EPS geklebt + Dübel auf Altputz	13°C	1,11	0,73		65%	110	703		36,08	33,52		92,91%
W30		MW geklebt + Dübel auf Altputz	13°C	0,98	0,47		48%	81	558		45,30	42,24		93,23%
		Mittelwert Massenverlust WDVS												**92,24%**

Tabelle 9: Übersicht In- und Outputflüsse/Arbeitsaufwand der Außenwände nach WDVS

Bauteil			Außentemperatur Rückbau in [C°]	Arbeitszeit in MA			Verhältnis Rück- zur Erstellugnszeit in [%]	Hilfsmittel in [Wh/m²]			Material in [kg/m²]			Verhältnis Output zur Input-Masse in [%]
				Erstellung	Rückbau	Vorbereitung Untergrund		Erstellung	Rückbau	Vorbereitung Untergrund	Erstellung	Rückbau	Vorbereitung Untergrund	
W01	STB	EPS geklebt	21°C	0,45	0,15		34%	43	0	0,00	14,66	13,20	0,00	90,03%
W10	KS	EPS geklebt	27°C	0,43	0,34		79%	44	57	0,00	14,09	12,77	0,00	90,66%
W18	Poroton	EPS geklebt	27°C	0,57	0,32		56%	67	49	0,00	14,21	12,85	0,00	90,43%
W26	Porenbeton	EPS geklebt	27°C	0,63	0,36	0,22	91%	67	68	23,76	13,55	13,49	4,17	n.m.
W02	STB	EPS geklebt + Dübel	16°C	0,63	0,26		41%	96	15	0,00	14,42	12,79	0,00	88,69%
W11	KS	EPS geklebt + Dübel	26°C	0,65	0,27		42%	89	58	0,00	13,11	12,01	0,00	91,58%
W19	Poroton	EPS geklebt + Dübel	26°C	0,65	0,25		39%	98	72	0,00	13,96	12,73	0,00	91,19%
W03	STB	MW geklebt + Dübel	21°C	0,57	0,14		24%	86	15	0,00	23,49	21,25	0,00	90,46%
W12	KS	MW geklebt + Dübel	27°C	0,56	0,31		55%	101	68	0,00	22,99	21,41	0,00	93,11%
W20	Poroton	MW geklebt + Dübel	27°C	0,50	0,38		77%	94	93	0,00	23,43	21,25	0,00	90,72%
W27	Porenbeton	MW geklebt + Dübel	27°C	0,75	0,40	0,05	60%	89	69	23,76	23,16	21,89	1,32	n.m.
W04	STB	WW geklebt + Dübel	25°C	0,74	0,27		37%	92	59	0,00	30,46	29,61	0,00	97,22%
W13	KS	WW geklebt + Dübel	20°C	0,66	0,34		51%	92	80	0,00	30,37	29,14	0,00	95,95%
W21	Poroton	WW geklebt + Dübel	20°C	0,71	0,37		52%	68	93	0,00	29,51	28,36	0,00	96,13%
W28	Porenbeton	WW geklebt + Dübel	2°C	0,78	0,22	0,05	35%	68	27	23,76	29,56	28,59	1,32	n.m.
		Mittelwert WDVS ohne Vobereitung Untergrund			0,29		51%	in min	17,44					92,18%
W05	STB	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	22°C	1,12	0,44		40%	121	36	0,00	34,14	32,22	0,00	94,37%
W14	KS	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	24°C	1,10	0,55		50%	132	80	0,00	41,73	36,23	0,00	86,81%
W22	Poroton	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	24°C	1,05	0,31		30%	124	63	0,00	36,69	32,72	0,00	89,18%
W29	Porenbeton	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	13°C	1,11	0,73		65%	110	703	0,00	36,08	33,52	0,00	92,91%
W06	STB	MW geklebt + Dübel auf Altputz	22°C	0,93	0,21		23%	115	56	0,00	44,69	41,35	0,00	92,53%
W15	KS	MW geklebt + Dübel auf Altputz	24°C	1,11	0,22		20%	95	68	0,00	51,37	46,25	0,00	90,04%
W23	Poroton	MW geklebt + Dübel auf Altputz	24°C	1,04	0,23		22%	90	53	0,00	46,30	40,62	0,00	87,74%
W30	Porenbeton	MW geklebt + Dübel auf Altputz	13°C	0,98	0,47		48%	81	558	0,00	45,30	42,24	0,00	93,23%
W07		WW geklebt + Dübel auf Altputz	18°C	1,26	0,30		24%	133	54	0,00	50,02	48,22	0,00	96,40%
		Mittelwert WDVS ohne Vobereitung Untergrund			0,39		36%	in min	23,12					92,67%
W08	STB	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	26°C	1,43	0,44		30%	158	78	0,00	28,72	26,78	0,00	93,23%
W16	KS	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	28°C	1,08	0,46		43%	118	78	0,00	27,89	24,93	0,00	89,38%
W24	Poroton	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	28°C	1,24	0,36		29%	130	71	0,00	27,31	25,71	0,00	94,14%
W09	STB	MW geklebt + Dübel auf WDVS	17°C	1,07	0,40		37%	226	84	0,00	45,76	44,52	0,00	97,29%
W17	KS	MW geklebt + Dübel auf WDVS	21°C	1,19	0,37		31%	198	85	0,00	43,21	40,22	0,00	93,08%
W25	Poroton	MW geklebt + Dübel auf WDVS	21°C	1,22	0,37		30%	170	91	0,00	43,27	40,69	0,00	94,03%
		Mittelwert WDVS ohne Vobereitung Untergrund			0,40		33%	in min	23,83					92,18%
		Mittelwert Massenverlust WDVS												92,24%

Tabelle 10: Übersicht In- und Outputflüsse/Arbeitsaufwand der Flachdächer

Bauteil		Arbeitszeit in MA in h/m²		Verhältnis Rück- zur Erstellugns-zeit in %	Außentemperatur Rückbau in C°	Hilfsmittel Wh/m²		Material in kg/m²		Verhältnis Output zur Input-Masse
		Erstellung	Rückbau			Erstellung	Rückbau	Erstellung	Rückbau	
Aufbauten auf Stahlbetondecke										
FD 01	Warmdach lose verlegt mit Auflast, MW mit PIB	0,21	0,11	0,51	20°C	0	0	108,8	108,5	99,7%
FD 02	Warmdach verklebt, EPS + Bitumen	0,25	0,32	**1,28**	**29°C**	0	35	20,0	19,6	97,7%
FD 03	Warmdach verklebt, MW + Bitumen kaltselbstklebend	0,26	0,14	0,52	20°C	0	0	28,4	27,5	96,8%
FD 04	Warmdach verklebt, MW + Bitumen im Schweißverfahren	0,20	0,17	0,83	22°C	0	0	34,9	33,9	97,0%
FD 05	Kompaktdach	0,31	0,26	0,84	20°C	0	0	29,7	26,9	**90,4%**
FD 06	Umkehrdach	0,17	0,07	0,44	10°C	0	0	100,3	99,2	99,0%
FD 07	Warmdach verklebt, EPS mit Zusatzdämmung	0,37	0,09	**0,24**	**2-4°C**	0	19	29,8	29,8	**99,8%**
FD 08	Warmdach verklebt, MW mit Zusatzdämmung	0,46	0,38	0,83	16-25°C	0	0	60,8	58,0	95,5%
FD 09	Warmdach verklebt, MW + Bitumen im Schweißverfahren mit Zusatzdämmung	0,19	0,20	1,01	10°C	0	13	135,7	134,0	98,8%
FD 10	Kompaktdach mit Zusatzdämmung	0,40	0,41	1,04	20°C und 2 °C	0	57	58,0	53,1	91,6%
	Mittelwert	**0,28**	**0,22**	**0,75**	in min	**13**				**96,63%**
	Mittelwert Aufbau 01	**0,24**	**0,18**	**0,73**	in min	**11**				
	Mittelwert Aufbau 01 + 02	**0,36**	**0,27**	**0,78**	in min	**16**				
Aufbauten auf Trapezblech										
FD 11	Warmdach verklebt, EPS + FPO mit Vlies	0,25	0,08	0,33	4°C	0	0	7,1	7,1	99,2%
FD 12	Warmdach verklebt, MW + FPO mit Vlies	0,25	0,03	0,12	2-4°C	0	2	19,7	19,7	99,8%
FD 13	Kompaktdach	0,16	0,03	0,18	20°C	0	0	26,6	26,3	98,8%
FD 14	Warmdach lose verlegt mechanisch befestigt, EPS mit PIB	0,14	0,06	0,45	22°C	3	5	6,1	6,0	98,9%
	Mittelwert	**0,20**	**0,05**	**0,27**	in min	**3**				**97,66%**

4.5 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

In den vorangegangen Tabellen werden die Ergebnisse der Sachbilanz mit allen In- und Outputflüssen sowie Arbeitsaufwänden dargestellt. Die Einzelwerte der Verbrauchsdaten im Versuch sind mit den Herstellervorgaben vergleichbar und bilden repräsentativ die Produktsysteme WDVS und Flachdach ab.

4.5.1 Massenbilanz

Bei der Versuchsdurchführung wurden alle In- und Outputflüsse der Materialien erfasst. Bei der Auswertung der Ergebnisse wurde festgestellt, dass zwischen den eingegangenen und den zurückgebauten Materialien bei den WDVS z.T. sehr große Differenzen bestanden, wie in Tabelle 8 und Tabelle 9 dargestellt. Das Verhältnis von Output- zur Inputmasse schwankte je nach Witterung und Material zwischen rund 87 % und 97 %, d.h. es wurden Materialverluste von bis zu 13% der Ausgangsmasse für die Demontage der WDVS ermittelt.
Grundsätzlich wurden die höchsten Massenverluste beim Arbeitsschritt „Rückbau der Putzschicht“ mit einem 16% Massenverlust festgestellt, wie Tabelle 11 zeigt. Hingegen waren die bilanzierten Massen der Dämmstoffe durch Kleber- und Putzrückstände teils gestiegen (bei EPS Ø - 13%), unverändert (MW) geblieben oder wie beim Holzfaserdämmstoff reduziert (bei WW Ø - 2,6%), wie in Tabelle 12 dargestellt. Aus den verschiedenen Materialströmen der Einzelschichten ergibt sich für das gesamte Bauteil ein mittlerer Materialverlust von ca. 8% (Output/Inputmasse: 92%). Eindeutige Gründe für die Schwankungen konnten nicht identifiziert werden. Es wird jedoch angenommen, dass sie durch verschiedene Witterungsverhältnisse wie z.B. Wind verursacht wurden.

Tabelle 11: Mittelwerte Vergleich Input- Outputmasse der Putzschichten

Bauteil	Schicht Nr.	Schichtname	$\Delta M_{Input} - M_{Output}$ in kg/m²	$\Delta M_{Input} - M_{Output}$ in %
W10	2.7	Silikonharzputz	1,58	19,70%
W12	2.7	mineral. Oberputz	1,04	13,00%
W13	2.7	Silikonharzputz	0,68	7,76%
W14	2.7	Silikatputz	1,50	17,94%
W15	2.7	Silikatputz	1,86	19,83%
W18	2.7	mineralischer Oberputz	1,28	16,71%
W20	2.7	mineral. Oberputz	1,04	12,78%
W21	2.7	mineralischer Putz [	0,88	11,17%
W22	2.7	Silikatputz	1,31	15,76%
W23	2.7	Silikatputz	2,52	26,98%
W29	2.7	Silikonharzputz	1,44	15,48%
W30	2.7	Silikatputz	1,24	14,55%
Mittel				**15,97%**

Bei den Flachdachaufbauten waren die Verluste wesentlich geringer. Beim Rückbau konnten ca. 97 % Masse der Ausmaterialien zurückgebaut werden, wie Tabelle 10 zeigt. Die Verluste lagen somit bei ca. 3%. Einzig die Bilanz des Rückbaus des Kompaktdaches wies ähnliche Werte wie bei den Wandaufbauten auf. Es wird vermutet, dass bei der Demontage von mineralischen Baustoffen wie Putz, Schaumglas und Mörteln aufgrund ihrer stofflichen Beschaffenheit mit einem Massenverlust von mindestens 10% zu rechnen ist.

4.5.2 Sortenreinheit

Keines der Materialien der WDVS- und Flachdachaufbauten mit Flächenverbindung waren sortenrein zu separieren. Der sortenreine Rückbau war nur bei den lose verlegten Flachdachaufbauten möglich. Grundsätzlich ist der Weiterverwertungsweg vom Grad der Sortenreinheit abhängig, wobei nicht immer eine absolute Sortenreinheit notwendig ist, z.B. sind bei Mineralwolle mineralische Anhaftungen bis zu 5 % Masse tolerabel.

Tabelle 12: Mittelwerte Vergleich Input- Outputmasse der Dämmstoffe WDVS (KS-, Poroton- und Porenbetonwand):

Dämmstoff	Input als Masse in kg/m²	Output als Masse in kg/m²	ΔM Output -M Intput in kg/m²	ΔM Ouput -M Intput in %
EPS	1,44	1,64	+ 0,20	+ 13,5 %
MW	9,60	9,49	-0,11	-1,11%
WW	17,02	16,58	-0,45	-2,62%

Tabelle 12 stellt die mittleren Massenströme von Klebemörtel und Dämmstoffen dar. Bei der Massenbilanz aller Wände wurden als mittlerer Wert 0,2 kg/m² mineralische Verunreinigungen auf EPS aus Klebemörtel- und Putzresten ermittelt. Die EPS-Abfälle sind als Baumischabfall einer Aufbereitungsanlage mit Aufschlusszerkleinerung und Klassifizierung zuzuführen. Bei der Mineralwolle wurde ein mittlerer Materialschwund von 0,11 kg/m² und bei dem Holzfaserdämmstoff von ca. 0,45 kg/m² berechnet, da eine 1- 4 mm Faserschicht auf dem Klebemörtel verblieb. Generell beinhalten diese Mittelwerte eine Fehlerquote durch den Ausgleich des Materialschwundes durch mineralische Anhaftungen aus Klebemörtel und Armierungsmörtel.

Tabelle 13: Mittelwerte Vergleich Input- Outputmasse der Dämmstoffe WDVS ohne Belegung Putzschicht (Stahlbetonwand):

Dämmstoff	Input als Masse in kg/m²	Output als Masse in kg/m²	ΔM Output -M Intput in kg/m²	ΔM Ouput -M Intput in %
EPS	1,43	1,38	-0,05	-3,85%
MW	9,60	9,58	-0,03	-0,26%
WW	17,20	16,90	-0,30	-1,74%

Die Belegung der Stahlbetonwand erfolgte ohne die Putzschicht der WDVS. Neben der Reduzierung des Aufwandes bei der Versuchsdurchführung war dies eine Möglichkeit, allein den Materialfluss beim Rückbau der Dämmschicht und des Mörtels zu bilanzieren. Die Dämmungen wurden auf den STB-Wänden im Klebewulst-Verfahren verlegt, d.h. mit einer minimalen Klebefläche von 40%. Tabelle 13 zeigt die Mittelwerte der Input/Output Massenvergleiche. Alle Dämmstoffe ließen sich mit einem hohen Grad an Sortenreinheit vom Klebemörtel entfernen, wobei die Masse von EPS auf ca. 96% und bei WW auf 98% der Ausgangmasse reduziert wurde. Bei Mineralwolle blieb die Masse nahezu gleich. Der Materialverlust erfolgte nur an den Oberflächen der Dämmstoffplatten.
Aus den Versuchsergebnissen mit und ohne Putzschicht bei einer Dämmstärke der Musterbauteile von 100 mm kann abgeleitet werden, dass bei EPS 95%, bei MW 98% und bei WW 96,5% Massenreduktion und als absolute Volumenreduktion pro m² Bauteil bei von EPS 0,005 m³, bei MW 0,002 m³ und für WW 0,0035 m³ angenommen werden können (vgl. Tabelle 14).
Üblicherweise beurteilen Fachleute die Sortenreinheit von Abfallfraktionen nach Augenscheinnahme. Im Rahmen dieser Studie war zur Ermittlung des Verunreinigungsgrades allein die Massenbilanzierung der In- und Outputströme nicht zielführend, da durch Schwund

und Anhaftungen die Massenbilanz eines Materials konstant bleiben konnte. Exemplarisch wurde für einzelne Bauteile neben der Masse zusätzlich das Volumen der anhaftenden Schichten erfasst und zusammen ausgewertet. Fokussiert wurde hierbei insbesondere die Verunreinigung von mineralischen Baustoffen durch Fremdstoffe wie EPS, WW und MW.
Die Ergebnisse sind in Tabelle 14 zusammenfassend dargestellt und wurden als Basis zur Erstellung der Wirkungsabschätzung genutzt. Grundsätzlich wurden für die Wirkungsabschätzung die bilanzierten Mittelwerte pro m² Bauteilfläche angenommen. Im Einzelfall kann der Fremdstoffanteil stark abweichen.

Tabelle 14: Auswertung exemplarischer Massen- und Volumenbilanz der Musterbauteile

Baustoff	Fremdstoffanteil			Einfluss auf Wirkungsabschätzung Rückbau pro m² Bauteil
	Fremd-stoff	Masse in %	Volu-men in %	
WDVS				
Putzschicht	Glasfaser-armierung	ca. 2,5 %	k.A.	EoL: Deponierung + Reduktion Masse um 15%
EPS + Armierungs- bzw. Klebemörtel	mineral. Mörtel	ca. 17%	0,19%	EOL: thermische Verwertung + Massenabzug aus Mörtelanhaftungen (→ Schlacke): Masse ca. um ca. 0,25 kg (17%) + Reduktion EPS: Masse um 0,07 kg (5%) bzw. Volumen um ca. 0,005 m³
MW + Armierungs- bzw. Klebemörtel	mineral. Mörtel	0,48%	0,03%	EOL: Deponierung/Recycling + Fremdstoffe: wird vernachlässigt (< 1% Masse) im Einzelfall prüfen + Reduktion MW: Masse um 0,2 kg (2%) bzw. Volumenabzug 0,002 m³
WW + Armierungs- bzw. Klebemörtel	mineral. Mörtel	0,27%	0,03%	EOL: thermische Verwertung + Mörtel: wird vernachlässigt (< 1% Masse) im Einzelfall prüfen + Reduktion WW: Masse um ca. 0,6 kg (3,5%) bzw. Volumen um ca. 0,0035 m³
Kleber + EPS	EPS	0,37%	33%	EOL: Bauschuttaufbereitung/Deponierung*
Kleber + MW	MW	2,40%	20%	EOL: Bauschuttaufbereitung/Deponierung*
Kleber + WW	WW	4,95%	28,57%	EOL: Bauschuttaufbereitung/Deponierung*
Kleber + EPS + mineral. Putz (Altputz)	EPS	< 0,2%	ca. 3%	EOL: Bauschuttaufbereitung
Kleber + MW/WW + mineral. Putz (Altputz)	MW/WW	> 0,4%	ca. 5%	EOL: Bauschuttaufbereitung/Deponierung*
Putzschicht alt mineralisch	-	-	-	Bauschuttaufbereitung
Putzschicht alt Leichtputz	Fasern	< 0,25%	k.a	EOL: Bauschuttaufbereitung/Deponierung*
Flachdach				
Bitumenabdichtung + EPS	EPS	0,33%	13%	EOL: thermische Verwertung + EPS Rückstände: keinen Einfluss bei thermischer Verwertung
Bitumenabdichtung + MW	MW	2,37%	18%	EOL: thermische Verwertung + Abzug aus MW-Anhaftungen: Masse um ca. 0,4 kg (2,5%) bzw. Volumen um ca. 0,0025 m³
Bitumenabdichtung + CG	CG	1,13%	11%	EOL: thermische Verwertung + Abzug aus CG-Anhaftungen: Masse um ca.0,2 kg (1,5%) bzw. Volumen um ca. 0,0015 m³
EPS + Bitumen	minimale organische Rückstände durch Bitumen			keine
MW	-			keine
CG + Bitumen	Bitumen	15,05%	1%	EOL: Bauschuttaufbereitung + Abzug aus BIT-Anhaftungen: Masse um ca. 4 kg (15%) bzw. Volumen um ca. 0,003 m³
Bitumendampfsperre + EPS	EPS	1,00%	15%	EOL: thermische Verwertung + EPS Rückstände: keinen Einfluss bei thermischer Verwertung
Bitumendampfsperre + MW	MW	0,27%	3%	EOL: thermische Verwertung + Rückstände MW: wird vernachlässigt (< 1% Masse) im Einzelfall prüfen

* bei Mischung mit mineral. Bauschutt: EOL Bauschuttaufbereitung

4.5.3 Trenn- und Wiederbelegbarkeit

Bei den WDVS ließen sich die Putzschichten ohne störende Rückstände von den Wärmedämmstoffen abziehen und können ohne weitere Vorbereitungsmaßnahmen wiederbelegt werden. Somit konnte bei der Versuchsdurchführung auf die Ausführung des vollständigen Aufbaus der WDVS mit Klebeschicht + Wärmedämmstoff + Putzschicht verzichtet werden. Für die Berechnung der Sachbilanz wurden die Mittelwerte der Output-Massen beim Entfernen der Putzschicht für alle Dämmstoff und Putzarten ermittelt. Diese Mittelwerte wurden für die fehlende Putzschichten eingesetzt und die Sachbilanz der Wandaufbauten berechnet.
Hinsichtlich der Wiederbelegbarkeit waren mit Ausnahme der Porenbetonwände nach Rückbau der Aufbauten alle Tragschichten ohne weitere Vorbereitungsmaßnahmen zu belegen. Allein beim Porenbeton mussten umfangreiche Fehlstellen mit Ausgleichsmörtel gefüllt werden, was einen erheblichen Mehraufwand verursachte.

Bei den Flachdächern war der Teilrückbau zwecks Austauschs Abdichtungslage beim Kompaktdach und bei den lose verlegten Kunststoffabdichtungen möglich. Bei allen anderen Flachdachtypologien ließen sich die Abdichtungsbahnen zwar unter minimaler Zerstörung des Dämmstoffs trennen, jedoch ist nach Herstellerangaben eine Wiederbelegung nicht zulässig.

Der Komplett-Rückbau der Dachaufbauten konnte bei allen Flachdachtypologien ohne umfangreiche Rückstände auf den Dächern erfolgen. Grundsätzlich kann für die Wiederbelegbarkeit von Flachdachaufbauten beim Komplett-Rückbau abgeleitet werden, dass eine Wiederbelegbarkeit ohne zusätzliche Vorbereitungsmaßnahmen möglich ist.

4.5.4 Arbeitsaufwand

In Tabelle 9 sind die Arbeitsaufwände für den Rückbau der Außenwandbauteile gegliedert nach Systemen und in Tabelle 6 nach den Arbeitsschritten dargestellt. Als mittleren Arbeitsaufwand für den Rückbau der WDVS wurden für den Rückbau ca. 17,5 min/m² ermittelt. Der Rückbau bei den WDVS als Sanierungsaufbau auf Altputz und bei den aufgedoppelten WDVS auf „Altsysteme“ wurden mittlere Zeiten von rund 23 - 24 min/m² bilanziert.

Abbildung 54 zeigt den Vergleich der Arbeitsaufwände zwischen den verschiedenen Untergründen. Bei den Stahlbetonwänden war auf Grund der glatten Betonoberfläche der benötigte Demontageaufwand etwas geringer, jedoch nicht bei allen Aufbauten. Für den Rückbau der Porenbeton-Wand ließ sich eindeutiger Mehraufwand für den Rückbau der Wandaufbauten ermitteln, was aus dem Ausgleich der Fehlstellen resultiert.

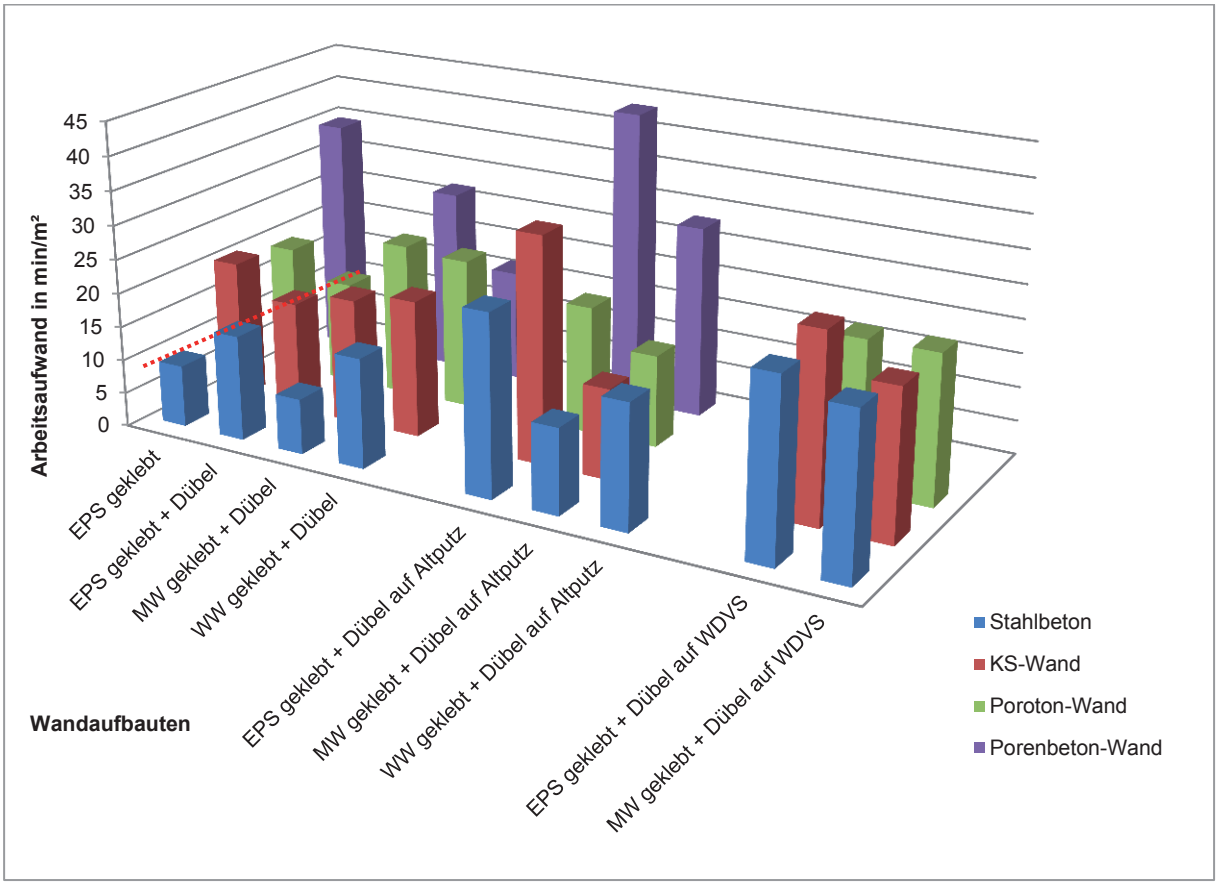


Abbildung 54: Arbeitsaufwand in [min/m²] bei Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen von WDVS

Hinsichtlich der Arbeitsaufwände der verschiedenen Schichten waren beim Entfernen der Putzschicht keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Putzarten festzustellen. Wie in Abbildung 55 dargestellt lag die Demontagezeit für alle Putzarten durchschnittlich bei 1 min pro m².

Abbildung 56 zeigt die Aufwandsunterschiede der Arbeitsschritte zum Rückbau der verschiedenen WDVS mit EPS-, Mineralwoll- und Holzfaserdämmstoff. Unabhängig von der Art des Dämmstoffes konnten als Aufwandstreiber die Arbeitsschritte „Entfernen Klebemörtel“ mit durchschnittlich 7,5 min/m² (bei STB 3,7 min/m²) sowie „Entfernen EPS“ mit 5,4 min/m² identifiziert werden. Weiterhin verursacht der selektive Rückbau der Wärmedämmstoffhalter bei dem Schlagdübel einen Aufwand von 3 min/m² bei

Schraubdübeln nahezu das Doppelte mit 6 min/m² und nimmt somit ein Drittel der Gesamtzeit in Anspruch. Ein ähnlicher Arbeitsaufwand von 6,6 min/m² wird für die Aufbereitung des Untergrundes der Porenbetonwände benötigt (vgl. Tabelle 6).

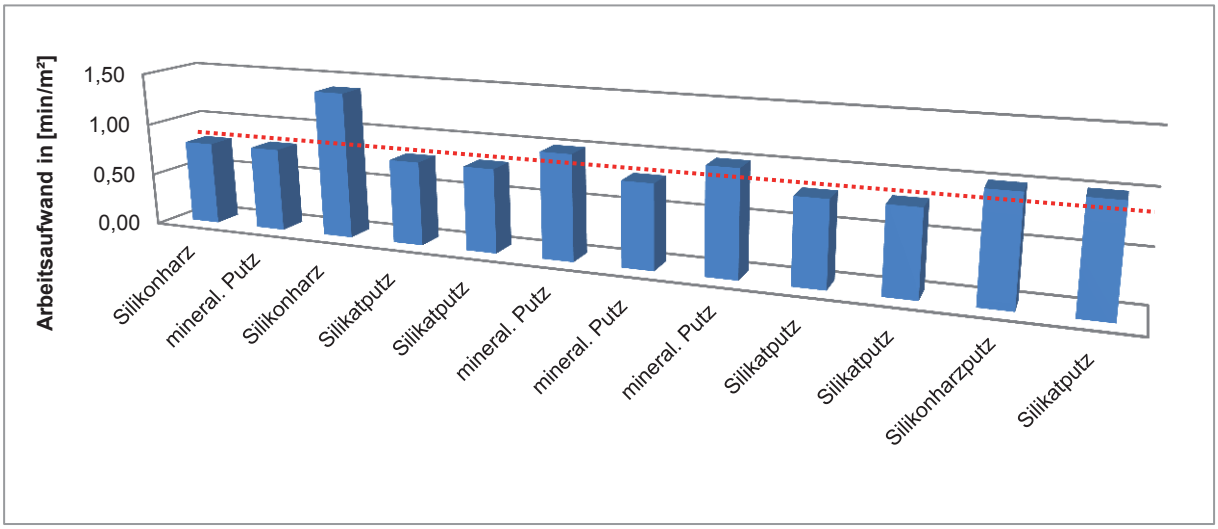


Abbildung 55: Arbeitsaufwand in [min/m²] Arbeitsschritt „Abziehen Putzschicht“ bei WDVS

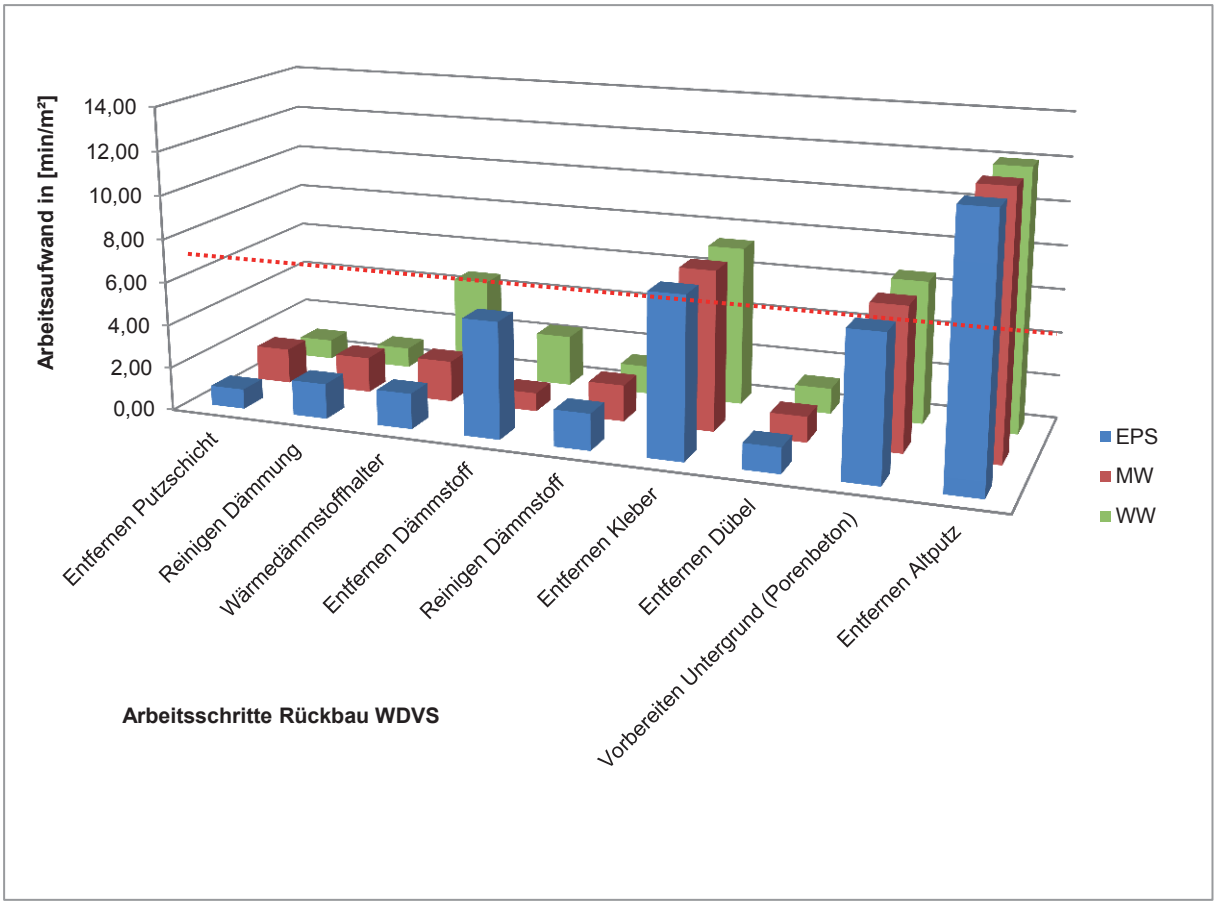


Abbildung 56: Arbeitsaufwand der einzelnen Arbeitsschritte für WDVS gegliedert nach EPS/MW/WW

In Tabelle 10 sind die Arbeitsaufwände für den Rückbau der Flachdachaufbauten gegliedert nach Systemen und in Tabelle 7 nach den Arbeitsschritten dargestellt. Für den Rückbau der einlagigen Dachaufbauten wurde bei den Stahlbetondecken eine mittlere Demontagezeit von 11 min/m² und für die Sanierungsszenarien von 16 min/m² ermittelt. Der Rückbau der Aufbauten von den Trapezdächern erwies sich mit 3 min/m² als wesentlich kürzer.

Abbildung 57 zeigt die Arbeitsaufwände der Flachbauten im Vergleich. Die minimalste Rückbauzeit wurde beim Kompaktdach-Aufbau auf dem Trapezblech mit ca. 1,8 min/m² ermittelt. Bei den Stahlbetondächern variierten die Rückbauzeiten je nach Aufbau und Umfang der Verklebung. Bei den einlagigen Aufbauten erwies sich der Rückbau des Kompaktdachaufbaus (FD05) mit ca. 16 min/m² und des Warmdachs verklebt, EPS + Bitumen (FD02) mit ca. 19 min/m² am aufwendigsten. Beim Rückbau des Kompaktdaches war das Abheben des Schaumglases der entscheidende Faktor wie Abbildung 58 zeigt.
Der Arbeitsaufwand der einzelnen Arbeitsschritte Entfernen Abdichtung – Rückbau Dämmstoff – Trennen Bitumendampfsperre war abhängig von der Dämmstoffart, der Verklebung und der Außentemperatur, auf die in Abschnitt 4.5.5 eingegangen wird. In Abbildung 59 werden die Unterschiede des Rückbaus der Bitumenabdichtungen in Abhängigkeit der Verklebungsart und Außentemperatur dargestellt. Beim Vergleich des Rückbaus der Bitumenabdichtungen vom Mineralwolldämmstoff erwies sich die Trennung der kaltselbstklebenden Bitumenabdichtung (FD03) nur unwesentlich leichter als die Trennung der Schweißbahn (FD04). Bei gleicher Außentemperatur wurde für die Trennung der kaltselbstklebenden Bahn ein Arbeitsaufwand von ca. 3,5 min/m² und bei der Schweißbahn von ca. 4,15 min/m² erfasst.
Hingegen konnten beim Rückbau der Dampfsperren, wie in Abbildung 60 dargestellt, Kausalitäten zwischen dem Verlegeverfahren und dem Arbeitsaufwand festgestellt werden. Bei der punktförmigen Verschweißung betrug der Aufwand mit ca. 1 min/m² beinahe die Hälfte der vollflächigen Kalt-Verklebung, die vollflächige Verschweißung das Siebenfache.

4.5.5 Einfluss weiterer Parameter

Die Versuche an den Musterbauteilen wurden im Außenbereich der Versuchshalle bei unterschiedlichen Witterungen im Zeitraum zwischen März 2011 – April 2012 von verschiedenen Facharbeitern durchgeführt. Die Temperatur erreicht in diesem Zeitraum Minimalwerte von 2°C- 4°C bis zu 35°C als Maximaltemperatur, was das reale Temperaturspektrum für Abbrucharbeiten wiederspiegelt. Ausgeschlossen waren Regentage. Nach den ersten Versuchen wurde vermutet, dass eine Kausalität zwischen Außentemperatur, Motivation und Arbeitsaufwand bestehe.
Die Musterwände wurden bei einem Temperaturspektrum von 2°C – 28°C zurückgebaut. Konkrete Zusammenhänge zwischen Temperatur – Arbeitszeitaufwand Trennung wurden nicht bestätigt, vielmehr war der Arbeitsaufwand bei den Wandaufbauten abhängig von der jeweils ausführenden Person.
Bei den Flachdächern wurde für die Trennbarkeit der Bitumenabdichtungen ein direkter Zusammenhang mit der Außentemperatur festgestellt. Wie Abbildung 59 zeigt erreicht die Rückbauzeit der kaltselbstklebenden Bitumenabdichtung von FD03 und FD07 mit gleichem Schichtenaufbau bei einer Temperaturdifferenz von 27°C die neunfache Zeit.

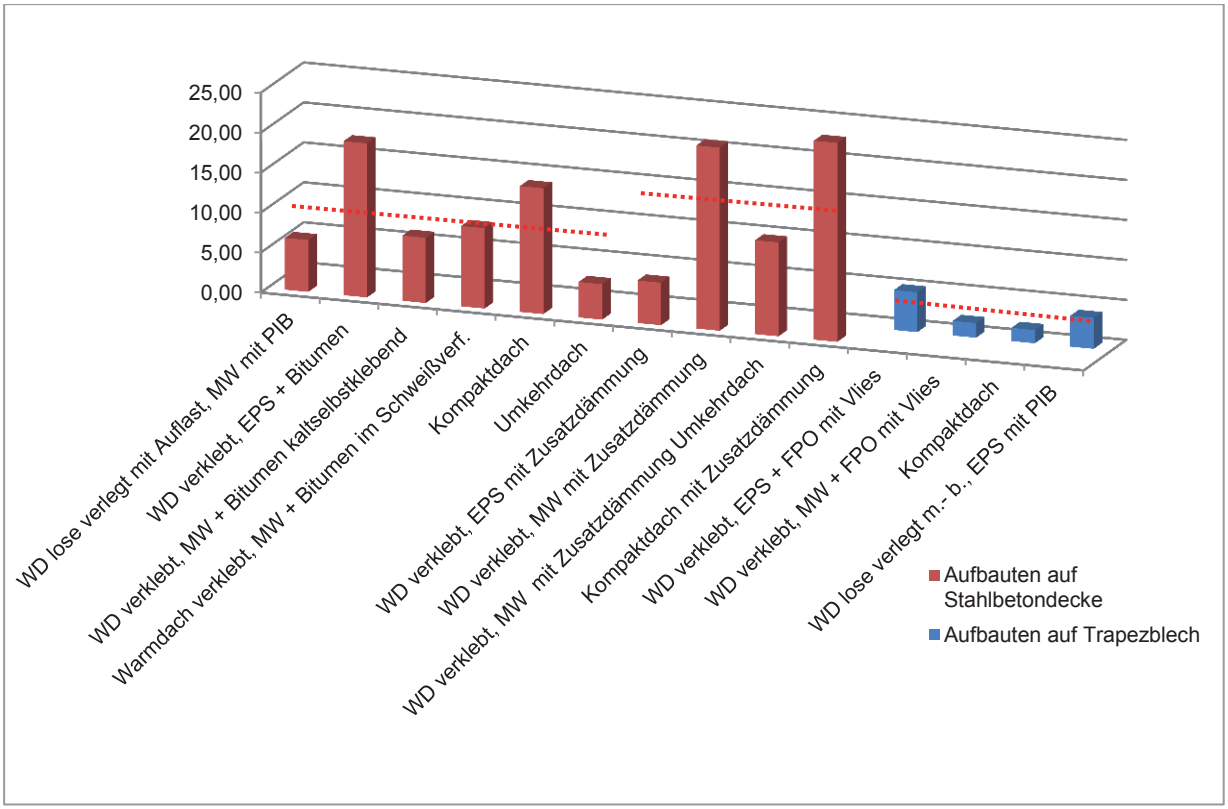


Abbildung 57: Arbeitsaufwand in [min/m²] bei Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen der Dachaufbauten

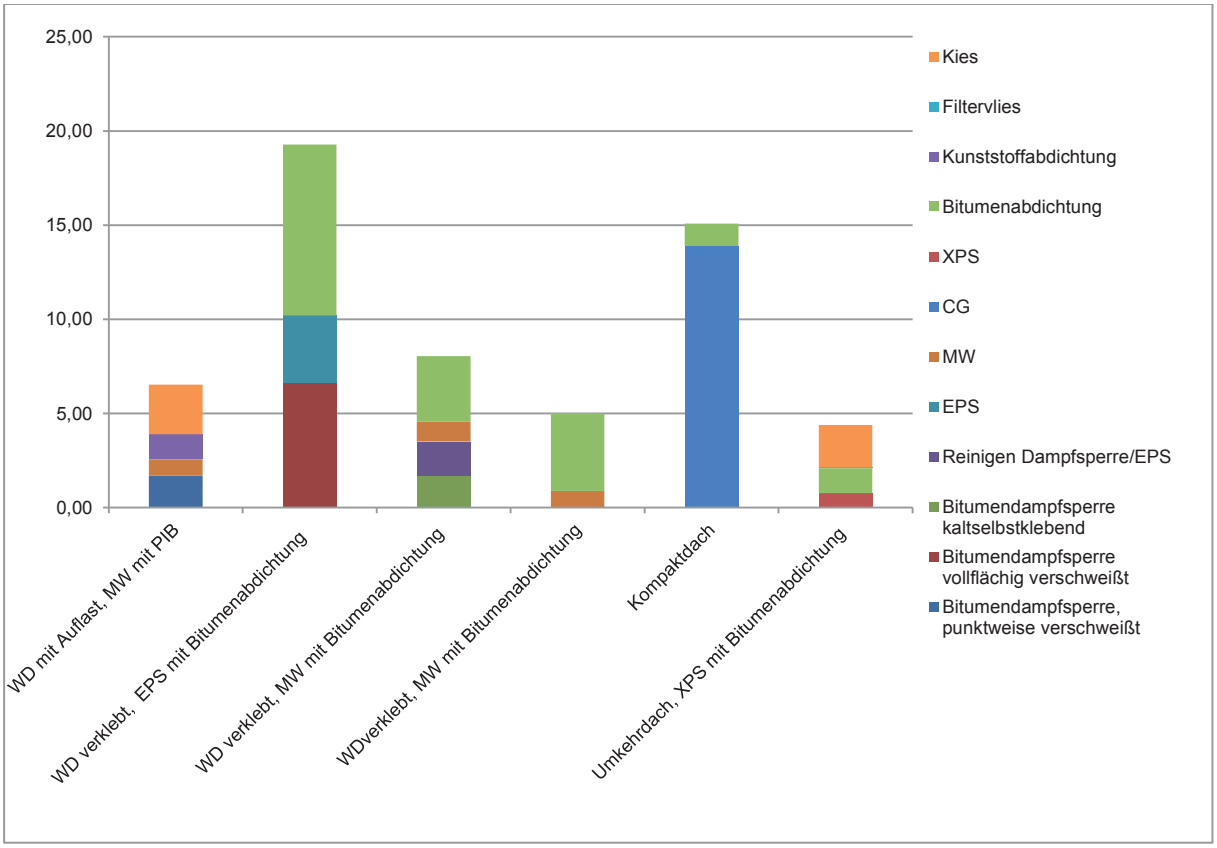
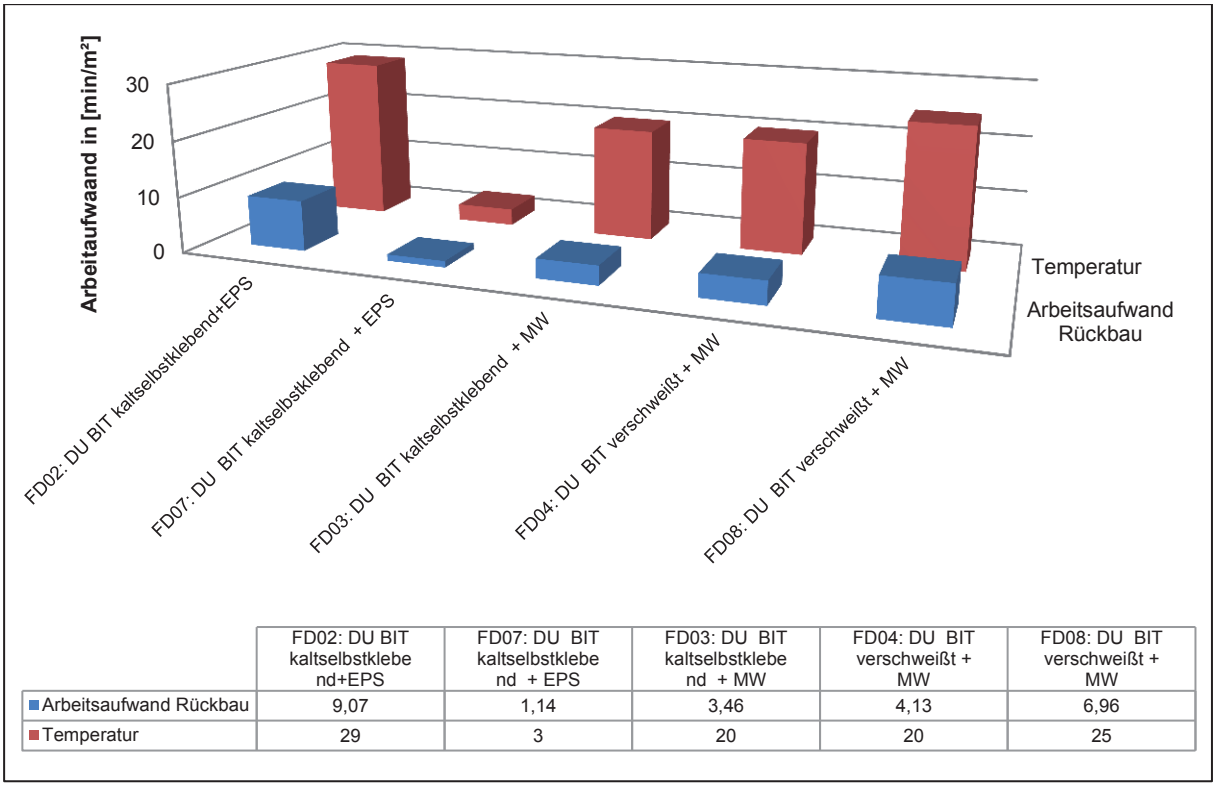
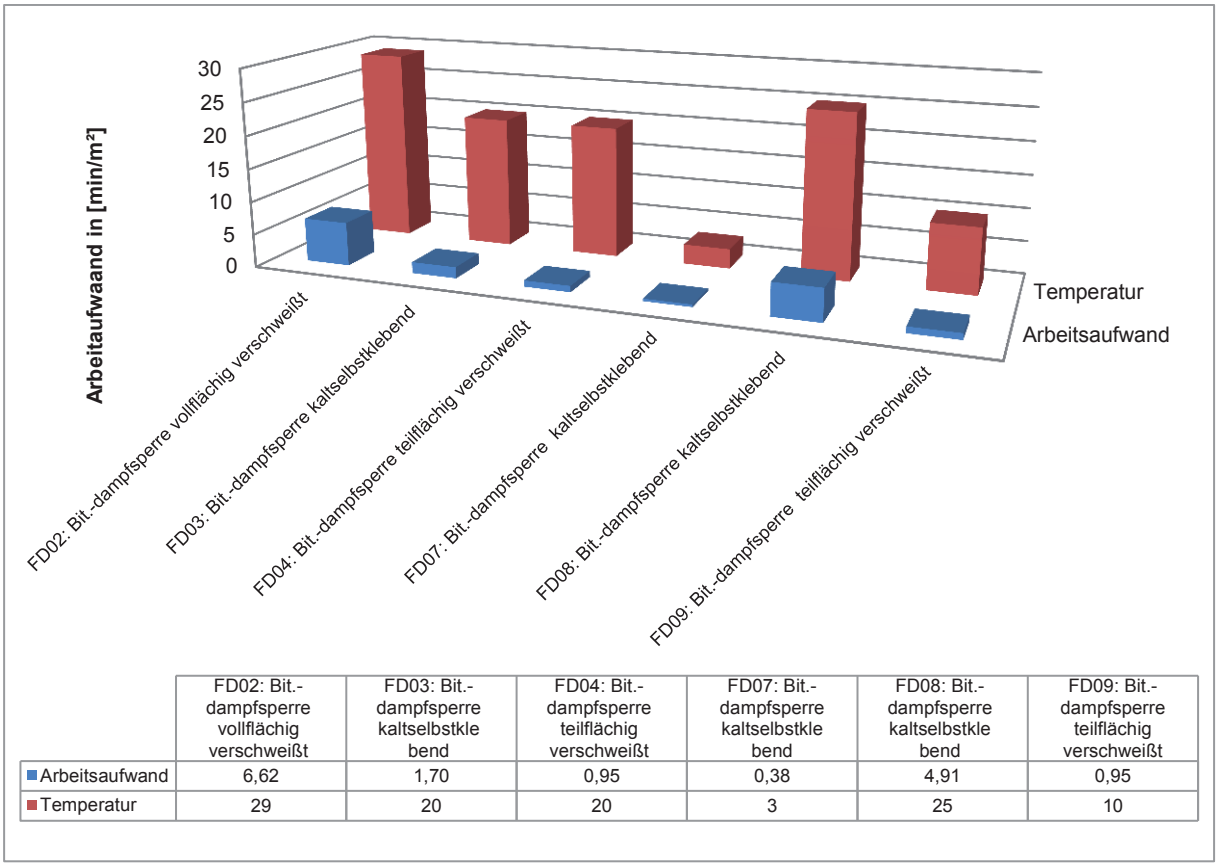


Abbildung 58: Arbeitsaufwand der einzelnen Arbeitsschritte für einlagige Flachdachaufbauten in [min/m²]



	FD02: DU BIT kaltselbstklebend+EPS	FD07: DU BIT kaltselbstklebend + EPS	FD03: DU BIT kaltselbstklebend + MW	FD04: DU BIT verschweißt + MW	FD08: DU BIT verschweißt + MW
Arbeitsaufwand Rückbau	9,07	1,14	3,46	4,13	6,96
Temperatur	29	3	20	20	25

Abbildung 59: Arbeitsaufwand zum Rückbau der Bitumenabdichtungen in Abhängigkeit von Temperatur und Verklebungsart in [min/m²]



	FD02: Bit.-dampfsperre vollflächig verschweißt	FD03: Bit.-dampfsperre kaltselbstklebend	FD04: Bit.-dampfsperre teilflächig verschweißt	FD07: Bit.-dampfsperre kaltselbstklebend	FD08: Bit.-dampfsperre kaltselbstklebend	FD09: Bit.-dampfsperre teilflächig verschweißt
Arbeitsaufwand	6,62	1,70	0,95	0,38	4,91	0,95
Temperatur	29	20	20	3	25	10

Abbildung 60: Arbeitsaufwand zum Rückbau der Dampfsperre in Abhängigkeit von Temperatur und Verklebungsart in [min/m²]

4.6 Aufbereitung der Sachbilanzergebnisse für die Wirkungsabschätzung

Die Musterwände und -dächer wurden im Rahmen der Versuche mit einer einheitlichen Dämmstärke von 100 mm bzw. bei den Aufdopplungen von 200 mm belegt. Für die Erstellung der Sachbilanz wurden die gemäß ENEV 2009 erforderlichen Dämmstärken sowie für eine Passivbauweise ermittelt. Für die Außenwände und Dächer sind sie im Anhang 4 und 5 zu finden.
Eine Sachbilanz wurde für alle drei Fälle Musterbauteil, Bauteil nach ENEV 2009 und Passivbauweise erstellt. Zur Ermittlung des Rückbauaufwandes der Bauteile nach ENEV 2009/Passivhausbauweise mussten z. T. Annahmen hinsichtlich des Arbeitsaufwandes und der Energieflüsse getroffen werden, da eine umfangreiche Untersuchung aller Parameter im Rahmen dieses Forschungsprojektes nicht möglich war. Im Folgenden wird auf die Prämissen für den Rückbau der Wand- und Dachaufbauten eingegangen.

Wandaufbauten:
Die Arbeitsaufwände als auch die Energie- und Stoffflüsse für den Rückbau der Putzschichten und des Klebemörtels der WDVS wurden unverändert übernommen.
Die Stoffflüsse der Dämmstoffe wurden an die nach ENEV 2009 erforderlichen Dämmstärken angepasst, wodurch sich die zu entsorgende Masse verändert. Hierbei wurde der berechnete Mittelwert aus Tabelle 14 für den Materialverlust der Dämmstoffe durch Anhaftungen am Klebemörtel und der Armierungsschicht der Musterversuche als absoluter Wert übernommen, da der Materialverlust unabhängig von Dämmstoffdicken ist (vgl. 4.5.2).
Bei der Bestimmung des Arbeitsaufwandes für den Rückbau der Dämmschicht wurden die Dämmstoffart und die Anzahl der aufzubringenden Dämmlagen berücksichtigt. Bei Dämmstoffplatten, deren Rückbau nahezu zerstörungsfrei möglich war, wurde der Arbeits- und Energieaufwand von den gemessenen Aufwänden der Versuchsdurchführung unverändert übernommen. Dies wurde angewendet bei Dämmstoffplatten aus Mineral- und Holzfaserdämmstoff. Bei Dämmstoffen, deren zerstörungsfreier Ausbau nicht möglich war, wie z.B. EPS, wäre zu prüfen, inwiefern der Arbeitsaufwand in Abhängigkeit zur Dämmstoffdicke zunimmt. Eine solche Studie wurde im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nicht vorgenommen. Für die Bewertung wurde davon ausgegangen, dass der Arbeitszeitaufwand durch eine Zu- bzw. Abnahme der Dämmstärke von 6 cm nur gering beeinflusst wird, so dass die Versuchsdaten übernommen werden können.
Bisher ist für den Einsatz als WDVS für die Passivbauweise allein das WDVS mit EPS bauaufsichtlich zugelassen. Die maximale zulässige Dämmstärke für WDVS mit Mineralwolle beträgt 20 cm. Die Genehmigung für Systeme mit höheren Dämmstärken erfolgt derzeit noch im Einzelfall, soll aber zukünftig allgemein gelten. Bei WDVS mit Holzfaserdämmung wird bei großen Dämmstärken auf Grund materialspezifischer Eigenschaften eine zweilagige Konstruktion mit Holzlattung vorgesehen. Die Ökobilanz für den PH-Standard für Holzfaserdämmstoff wurde nicht berechnet.

Dachaufbauten:
Bei der Ermittlung der Arbeitsaufwände sowie der Energie- und Stoffflüsse der Flachdachaufbauten wurde analog zum Rückbau der WDVS verfahren, d.h. beim Rückbau der Dachabdichtungen und Dampfsperren wurden die Ergebnissen von der Versuchsdurchführung übernommen und die Dämmstoffe wurden entsprechend der Vorgehensweise der Wände angepasst. Schaumglas fällt hierbei unter die nicht zerstörungsfrei trennbaren Dämmstoffe, XPS wird als zerstörungsfrei trennbar eingestuft.

Ist infolge der erhöhten Dämmstärken ein zweilagiger Einbau von Dämmstoffplatten erforderlich, wurde angenommen, dass sich der Arbeits- und Energieaufwand in Abhängigkeit von der Anzahl der Lagen multipliziert. Anzumerken ist, dass bei Flachdächern häufig ein zweilagiger Aufbau mit einer Gefälledämmung mit dem Standardgefälle von 2% ausgeführt wird, evtl. sogar als Stufendämmung mehrlagig.

5 Wirkungsabschätzung

5.1 Allgemeines

Im Rahmen des Forschungsprojekts wird die Rückbaubarkeit der Außenbauteile anhand der Ökobilanz der zurückgebauten Materialien bewertet. Die Sachbilanz der Analyse erfasst allein ein Teilsystem des Lebenszyklus der Bauteile, und zwar den Rückbauprozess, den Transport und das EoL-Szenario. Die Wirkungsabschätzung wurde entsprechend der im Abschnitt 3.2 definierten Untersuchungsrahmen durchgeführt.

Basierend auf den Daten der Sachbilanz wird die Wirkungsabschätzung erstellt. Die Sachbilanz der Ökobilanz nach ISO 14040 gründet auf naturwissenschaftlichen Prinzipien, so auch dem Prinzip vom „Gesetz von der Erhaltung der Masse“(vgl. S. 64 [24]), indem Input und Output gleichgesetzt werden. Für die Wirkungsabschätzung der vorliegenden Untersuchung wurden die tatsächlich anfallenden Abbruchmassen verwendet, die einer Beseitigung oder einer stofflichen Verwertung zugeführt wurden. Den aus der Massenbilanz der In- und Outputflüsse ermittelten Verluste von ca. 10% der Gesamtmasse, wurden keine ökologische Wirkung zugerechnet, da dieser Abfall nicht bezweckt war und keinem spezifischen EoL zugeordnet werden kann.
Zur Berechnung der Ökobilanzwerte der Trennung der Bauteile wurden die Datensätze der Ökobau.dat 2011 des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung Datenstand vom 23.01.2012 verwendet. Die dort vorhandenen Datensätze werden regelmäßig gepflegt und überarbeitet. Sie gewährleisten eine hohe Datengenauigkeit und -aktualität. In dieser Datenbank nicht vorhandene Datensätze für das jeweilige Gesamtsystem der Sanierungs- und Rückbaumaßnahme sollen nach Angaben der jeweiligen Hersteller auf Basis der in der Datenbank vorliegenden Elementarflüsse und Basisprozesse möglichst detailgenau abgebildet werden. Der Entsorgungsweg richtet sich nach der aktuellen Entsorgungspraxis.
Im Folgenden werden zunächst die Nachnutzungsmöglichkeiten der bei den Versuchen anfallenden Baustellenabfälle und deren grundsätzliche und für die Versuche spezifischen Möglichkeiten zur Wieder- bzw. Weiterverwertung im Einzelnen erläutert.
Als Informationsquellen dienten eigene Recherchen, das Internetportal wecobis, EPDs und Informationen zur Recyclingtechnik (vgl. S. 135 ff [25]). Im Anschluss werden unter Abschnitt 5.1.5 die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung der Wand- und Dachaufbauten zusammenfassend dargestellt.
Die für die einzelnen Bauteile in die Bewertung einfließenden Eingangsgrößen sowie die Zusammenstellung der Tragkonstruktionen und Aufbauten, Versuchsprotokolle und die berechneten Wirkungsindikatoren der Versuchsaufbauten, der Bauteile gemäß ENEV 2009 und PH-Wärmedämmstandard sind im Anhang 7 vollständig in Form eines sogenannten „Bauteilkataloges“ dokumentiert.

Das EoL-Szenario der einzelnen Bauteilschichten folgt den Grundsätzen des Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (KrWG 2012), mit der die EU-Abfallrichtlinie 2008/98/EG in nationales Recht umgesetzt wird. Laut der abfallwirtschaftlichen Grundziele § 6 KrWG stehen die Maßnahmen der Vermeidung und der Abfallbewirtschaftung in folgender Hierarchie: Vermeidung, Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling, sonstige Verwertung, insbesondere energetische Verwertung und Verfüllung sowie Beseitigung. Grundsätzlich gilt gemäß dem

Kreislaufwirtschaftsgesetzes die Verpflichtung zur Verwertung von Abfällen „soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist“(vgl. Absatz 3 [26]).
Für die Bauabfälle aus dem Rückbau der hybriden Außenbauteile ist eine Wieder- und Weiterverwendung nur im begrenzten Maße möglich, da die eingesetzten Baustoffe bei der Demontage größtenteils zerstört werden und nicht sortenrein vorliegen. Nach der Sammlung und Sortierung besteht jedoch die Möglichkeit zum Recycling. Hierbei kommt die werkstoffliche oder die rohstoffliche Verwertung in Frage, einmal in Form der Wiederverwertung als Auflösung der Produktgestalt und Materialrückgewinnung für das gleiche Produkt– (Closed Loop) oder als Weiterverwertung, bzw. der Materialrückgewinnung für andere Produkte – (open Loop) (vgl. S. 4 [27]). Grundsätzlich sollte der Energiebedarf des Recyclings geringer sein als der für die Primärproduktion (vgl. S.7 [27]). Bei Materialien mit einem Heizwert von über 11.000 kJ/kg kann eine thermische Verwertung in Erwägung gezogen werden (vgl. [26]). Welcher Entsorgungsweg in der Nachnutzungsphase tatsächlich gewählt wird, ist abhängig von den Annahmekriterien der Aufbereitungsanlage.
In der Baupraxis fallen schadstoffbelastete Materialien wie PAK haltige Bitumen an, die eine sortenreine Trennung mit anschließender Beseitigung bzw. thermische Behandlung und Deponierung erforderlich machen. Im Rahmen der Musterteilversuche fielen nur unbelastete Bauschuttmassen an. Die gewählten EoL-Datensätze liegen als Tabelle im Anhang 03 vor.

5.1.1 Nachnutzungsphase WDVS

Putzschicht WDVS

Das hybride Bauteil besteht aus Werktrockenmörtel, Oberputzen mit organischen oder mineralischen Inhaltstoffen und Glasfasergewebe. Beim Abbruch fällt die Putzschicht als Verbundmaterial an, das sich mit den aktuellen Techniken der Bauschuttaufbereitungsanlagen nicht trennen lässt. Eine sortenreine stoffliche Verwertung oder Weiterverwertung ist somit nicht möglich und die Putzschicht wird im ausgehärteten Zustand der Baustoffdeponie zugeführt. An der Putzschicht der Versuchsbauteile hafteten minimale Anteile der Wärmedämmstoffe MW, EPS und WW (zwischen 0,1 und 0,5 Massenprozent) an, deren Gutschrift aus thermischer Verwertung bei der Sachbilanz wegen Geringfügigkeit vernachlässigt wurde.

Datensatz: *9.5.02_Bauschutt-Deponierung.xml,*
Entsorgungskosten: *Baumischabfall*

EPS

Der expandierte Polystyrolschaum EPS besteht aus expandiertem Polystyrolgranulat und je nach geforderter Feuerwiderstandsklasse als Flammschutzmittel Hexabromcyclodocan (HBCD). Unverschmutztes und unverklebtes EPS durch Abfälle aus dem Produktionsprozess und Baustellenverschnitt können in den Produktionsprozess zurückgeführt werden. Hierzu sollten die Abfälle für den Transport zum Sekundärrohstoffverarbeiter zu Briketts verpresst werden. Die Aufwände für den Transport können so auf 20% reduziert werden. PS-Recyclate werden wieder in die Primärproduktion eingeführt und können 0 – 19% Masse des Produktsystems substituieren (vgl. S.8 [28]). Mit PS-Regranulate werden derzeit 1 €/kg auf dem Kunststoffmarkt erzielt. Leicht verunreinigtes Alt-EPS kann nach einer Zerkleinerung für Schüttungen oder als Leichtzuschlag für Wärmedämmputz, Leichtbeton und Leichtsteine oder als Bodenhilfsstoff für Drainagen genutzt werden. Eine Weiterverwertung von Alt-EPS durch Entgasen und Einschmelzen ist ebenfalls möglich. In einem Downcyclingprozess werden Spritzgussartikel oder Extrusionsprodukte wie Palisaden, Gartenmöbel oder profilierte Profile produziert (Planex). Weiterhin existieren als Reinigungsmöglichkeit von

verunreinigten EPS selektive, chemische Löseverfahren für die stoffliche Verwertung von EPS-Abfall zu reexpandierbarem EPS. Derzeit ist ein Verfahren in der praktischen Erprobung, bei dem EPS evtl. sogar bereits am Sammelort in einem Lösungsmittel „CreaSolv“ gelöst werden kann und dann durch selektive Extraktion zu einem PS-Rezyklat aufbereitet wird (vgl. S. 176 [27]). Dieses Verfahren bietet einerseits die Möglichkeit der Reduzierung der Transportkosten durch Volumenreduzierung und kann andererseits der Reinigung von EPS von Fremd- und Störstoffen dienen. Gewonnen wird ein re-expandiertes PS auf sehr hohem Qualitätsniveau (vgl. [29]).
Falls eine stoffliche Verwertung nicht möglich ist, muss EPS thermisch verwertet werden. Der Heizwert beträgt 39,9 MJ/kg. Für die resultierenden Gutschriften für Strom und thermische Energie werden die aktuellen durchschnittlichen Werte für „Strom Deutschland“ und für Wärme „ thermische Energie aus Erdgas“ verwendet.
Insbesondere beim Rückbau der WDVS mit EPS wurden Anhaftungen auf dem Dämmstoff vom Armierungsputz erfasst, die gemäß den Anforderungen der PS-Rezyklierer verfahrensbedingt derzeit nicht zulässig sind. Eine adäquate nachträgliche Reinigung der EPS-Dämmstoffe von mineralischen Anhaftungen in Aufbereitungsanlagen ist bisher nicht möglich. Als EoL-Szenario wurde die thermische Verwertung gewählt, wobei die Recyclingquote von 95 % der Masse des Ausgangsmaterials angenommen wurde (bei 100 mm Dämmstärke). Beim Verbrennungsvorgang fallen die Reststoffe als Schlacken an, die deponiert werden.

Datensatz:	*22.06_End_of_life_-_EPS_Wand_und_Boden_-_IVH.xml, Entsorgungskosten: Styropor verunreinigt*
Alternative:	*bei Sortenreiner Trennung nach Abzug Aufwände Aufbereitung*
Datensatz:	*REC EPS*

Mineralwolle:
Bei WDVS kommt zum größten Teil Steinwolle zum Einsatz. Steinwolle besteht zu 40 – 50% aus mineralischen Rohstoffen wie Diabas, Basalt und Dolomit und zu 45 – 60 % aus Formsteine, die aus Zerfaserungssabfällen, Aschen und Zement + Phenolformaldehydharze als internes Recyclingprodukt der Produktion gewonnen werden. Die Weiterverwertung von Steinwolle ist in Abhängigkeit von der Anlagentechnik der Hersteller möglich, jedoch ist die Wiederwertungsquote von Alt-Mineralwollstoffen mangels Sammel- und Rückführlogistik zurzeit gering. Der Hersteller Rockwool bietet einen Abfallrücknahme–Service für Alt-Mineralwolldämmstoffe an, was bisher nur für große Abfallmengen wie von Industriedächern genutzt wird. Die Recyclingmöglichkeiten von Künstlicher Mineralfaser (KMF) variiert je nach Art der KMF. Nach Aussage der Hersteller ist z.B. die Rückführung von Glaswolle in den Produktionsprozess nur bei absoluter Sortenreinheit möglich. Grundsätzlich besteht für alle KMF die Möglichkeit der Weiterverwertung in Form eines Downcyclings, z.B. die Weiterverarbeitung zu einem Porosierungsmittel für die tonverarbeitende Industrie der Firma Woolrec. Die restlichen anfallenden Mineralwollabfälle werden als Abfälle mit geringem organischem Anteil ohne Behandlung Deponieklasse I und II deponiert. Alte Mineralfaserdämmstoffe, die vor dem Jahr 2000 eingebaut wurden, sind als gefährliche Abfälle eingestuft (KMF-Verbotsverordnung für Erzeugnisse aus Mineralwolle, die keines der Einstufungskriterien gemäß GefstoffV Anhang V Nr.7 erfüllen 01.06.2000). Für die Verbringung wird von den Entsorgungsunternehmen/Deponiebetreibern das Verpacken in geschlossenen Säcken vorgeschrieben. Dies gilt allerdings meist auch für die nicht als krebserzeugend eingestuften neueren KMF.

Die in den Musterversuchen zurückgebauten Steinwolldämmplatten wiesen maximal 0,5 % Masse mineralische Verunreinigungen auf. Die mineralischen Rückstände werden in der Wirkungsbilanz vernachlässigt, da sie weder für das EoL-Szenario "Bauschuttdeponie" noch für die Weiterverwertung relevant sind (Rockwool: keine Anforderungen, woolrec: maximal 5% Masse Mineralik). Da keine generischen Datensätze für Wieder- oder Weiterverwertung vorliegen, wird im Rahmen der Untersuchung vom Worst-Case-Szenario der Bauschuttdeponierung ausgegangen. Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse werden die Gutschriften durch Recycling der anfallenden KMF untersucht.

Datensatz: *5.02_Bauschutt-Deponierung.xml,*
Entsorgungskosten: *KMF*
Alternative: *Weiterverwertung als Sekundärbaustoff (woolrec, Rockwool)*
Datensatz: *Substitution Schotter*
Entsorgungskosten: *Recycling KMF, Rockwool*

WW

Bei der Produktion von Holzfaserdämmstoffplatten werden unbehandelte Holzhackschnitzel thermomechanisch aufgeschlossen und mit Bindemittel versetzt (PUR Harz + Paraffin ca. 5%). Unbeschädigtes, nicht mineralisch verunreinigtes Material kann weiterverwendet werden. Ist der sortenreine Rückbau nicht möglich, müssen Holzfaserdämmplatten aufgrund des hohen Heizwertes von 18 MJ/kg einer energetischen Verwertung zur Erzeugung von Prozessenergie und Strom (KWK-Anlagen) zugeführt werden.
Der zurückgebaute Holzfaserdämmstoff wies nur minimale mineralische Verunreinigungen auf, so dass ein Material-Recycling als Sekundärmaterial bzw. die Wiederverwertung im Nassverfahren in Erwägung gezogen werden könnte. Jedoch sind wie auch bei der Wiederverwertung von EPS die Qualitätsanforderungen an Sortenreinheit des WW-Herstellers sehr hoch, was eine Reinigung des WW-Dämmstoffes zur Beginn der Produktion erfordern würde. Der Hersteller sieht die Aufbereitung in Form einer Reinigung nicht vor und geht von der thermischen Verwertung aus, z.B. zur Verfeuerung bei BHKW etc..

Datensatz: *22.01_End_of_life_-_Holzfaserdaemmplatte_(Trockenverfahren)_*
Thermowall_-_GUTEX.xml (basierend auf thermische Verwertung in einem Biomassekraftwerk
Entsorgungskosten: *Altholz Klasse A1-A3*

Kleber

Mineralischer Klebeputz ist ein Gemisch aus einem oder mehreren anorganischen Bindemitteln, Zuschlägen und ggf. Zusatzstoffen. Beim Rückbau fallen mineralische Klebemörtel meist im Verbund mit anderen Baustoffen an. Je nach Beschaffenheit des Verbundmaterials kann eine Weiterverwertung als rezyklierte Gesteinskörnung erfolgen. Sind die Verunreinigungen durch organische Fremdstoffe zu groß, wird das erhärtete Material als Bauschutt Deponieklasse I deponiert. Weiterhin besteht die Möglichkeit des Einsatzes als Ersatzbaustoff für Bahndämme, Rekultivierungsmaßnahmen von Bergwerksstollen oder Lärmschutzwällen. Geregelt wird der Einsatz als Ersatzbaustoff in der neuen Ersatzbaustoffverordnung, die eine Verwertungsquote von Bau- und Abbruchabfällen von mehr als 80% anstrebt (vgl. [30]).

Der mineralische Kleber wies Verunreinigungen durch Dämmstoffanhaftungen von bis zu 1% (EPS) bzw. 2,5 % (MW, WW) der Masse des Werktrockenmörtels auf. Grundsätzlich ist keine Verarbeitung als qualifizierter Bauschutt gemäß den geltenden Richtlinien möglich, da der Fremdstoffanteil über 0,2 Masse % liegt (vgl. Anlage 1-02 Merkblatt RC ERd-STB [34]).

Jedoch besteht auf den meisten Baustellen die Möglichkeit, den anfallenden Klebemörtel mit reinen mineralischen Abbruchmassen zu mischen und so den Fremdstoffanteil gemäß den Anforderungen für Ersatzbaustoffe zu senken.
Für die Entsorgungskosten wurde von der Entsorgung des mineralischen Klebers als Bauschutt mit Verunreinigungen mit einem Fremdstoffanteil bis zu 25% ausgegangen, für die Ökobilanz wurde als Worst-Case Szenario die Deponierung gewählt und für die Sensitivitätsanalyse in Abschnitt 7.2 das EoL Bauschuttaufbereitung gewählt.

Datensatz:	*9.5.02_Bauschutt-Deponierung.xml,*
Entsorgungskosten:	*Baumischabfall*
Alternative:	*bei sortenreiner Trennung oder Mischung mit sortenreinem Bauschutt*
Datensatz:	*9.5.01_Bauschuttaufbereitung.xml,*
Entsorgungskosten:	*Bauschutt leicht verschmutzt, Fremdstoffanteil < 25%*

Mineralischer Putz (Altputz), teils mit Leichtputz als Unterputz

Die Putzschichten wurden als mehrlagige mineralische Putzschichten aus Haftgrund, Unter- und Oberputz erstellt. Auf Poroton und Porenbeton finden Leichtputze mit organischen Leichtzuschlagstoffen als Unterputz Anwendung.
Bei den Musterwänden fiel der „Altputz“ teils verunreinigt an. Hierbei überstiegen die Fremdstoffanteile bei den WDVS mit MW und WW die Vorgaben von 0,2 % Masse und es wird als Worst-Case-Szenario von der Deponierung ausgegangen. In der Sensitivitätsanalyse wird als EoL die Bauschuttaufbereitung untersucht. Bei den WDVS mit EPS lag der Fremdstoffanteil des Altputzes unter 0,2 % Masse und somit kann der zurückgebaute Altputz einer Bauschuttaufbereitung zugeführt werden.

Datensatz:	
MW/MW	*9.5.01_Bauschuttaufbereitung.xml 9.5.02_Bauschutt-Deponierung.xml,*
EPS:	*9.5.01_Bauschuttaufbereitung.xml*
Entsorgungskosten:	*Bauschutt leicht verschmutzt, Fremdstoffanteil < 25%*
Leichtputz:	
Datensatz:	*9.5.02_Bauschutt-Deponierung.xml,*
Entsorgungskosten:	*Bauschutt leicht verschmutzt, Fremdstoffanteil < 25%*
Alternative:	*bei sortenreiner Trennung oder Mischung in Bauschuttaufbereitung mit reinem Bauschutt*
Datensatz:	*9.5.01_Bauschuttaufbereitung.xml*

Befestigungsmittel (Tellerdübel aus Kunststoff + Stahlschrauben)

Die Verankerungs- und Befestigungsprodukte aus Kunststoff werden in Spritzgusstechnik aus den Grundstoffen bzw. Vorprodukten Kunststoffgranulat, und zwar PE HD Polyethylen high density und PA Polyamide, hergestellt. Bei zerstörungsfreiem Ausbau können die Kunststoffdübel wiederverwendet werden, oder falls dies nicht möglich ist, thermisch verwertet wurden.
Die Wärmedämmstoffhalter der WDVS konnten im Versuch teils vollständig (Porenbeton), jedoch im Standardfall nur zu 80% zurückgewonnen werden. Entsprechend den Ergebnissen des Sortierprozesses auf der Baustelle wurden folgende Verwertungsquoten angenommen: Ein Drittel des Inputs wird einer thermischen Verwertung zugeführt, 2/3 werden mit dem Klebemörtel deponiert.

Datensatz:	*6.8.01_Verbrennung_Kunststoff_in_MVA_incl._Gutschrift.xml, + 9.5.02_Bauschutt-Deponierung.xml (ohne Separieren)*
Entsorgungskosten:	*Baumischabfall*

Zur Befestigung werden galvanisch verzinkte Stahlschrauben eingesetzt. Die Schrauben können nach dem Ausbau einem Recycling zugeführt werden. Durch Wiedereinschmelzen sind Metalle beliebig oft werkstofflich wiederverwertbar, bei Stahl beträgt die Recyclingquote bis zu 80% (vgl. [31]).
Voraussetzung zum Recycling von Stahl ist das Separieren des Stahls im Bauprozess oder mit Magnetabscheidern in Aufbereitungsanlagen. Die Trennung des Stahls ist bei den Thermoschraubdübeln wie EJOT STR-U zu 100 % problemlos möglich.

Datensatz: *4.8.08_Recyclingpotential_-_Stahlblech_Kaltband_verzinkt.xml,*
Entsorgungskosten: *Stahlschrott*

5.1.2 Nachnutzungsphase Flachdach

EPS: Siehe WDVS EPS
Auf den EPS-Dämmplatten wurden organische Rückstände festgestellt. Organische Verunreinigungen und Anhaftungen durch bituminösen Haftgrund stellen keinen Hinderungsgrund bei der stofflichen Weiterverwertung dar, somit besteht die Möglichkeit der Weiterverwertung durch Einschmelzen als PS-Granulat oder die Aufbereitung als Zuschlagstoff für Leichtbetone, z.B. Thermozell Sackware (vgl. [32]). Alternativ können die Abfälle einer thermischen Verwertung zugeführt werden.

MW: Siehe Wände MW
Bei den Flachdachaufbauten wurden bitumenkaschierte Mineralwolldämmplatten verbaut. Die Kaschierung stellt jedoch kein Problem bei Wiederverwertung dar.

Befestigungsmittel
Siehe Wände: Stahlschrauben

Schaumglas
Schaumglas besteht aus Quarzsand, Feldspat, Kalkstein, Dolomit und Soda. Bei der Herstellung wird zum Großteil Recyclingglas verwendet, wie z.B. der Hersteller „Foamglas“ mit einem Anteil an Sekundärglas von 68% (vgl. S. 6 [33]). Bei der Verarbeitung der Schaumglasplatten als „Kompaktdach“ werden die Schaumglasplatten in der Regel mit Bitumen vergossen. Grundsätzlich können sortenreine Abfälle in den Herstellungsprozess zurückgeführt werden. Ein sortenreiner Rückbau war bei der Verlegung von Schaumglas mit Heißbitumen nicht möglich. Eine Weiterverwertungsmöglichkeit besteht in Form von Füll- und Schüttmaterial im Tiefbau oder bei Rekultivierungsmaßnahmen und beim Bau von Lärmschutzwällen. Bei der Bauschuttaufbereitung von qualifizierten RC-Baustoffen beträgt die Obergrenze von Leichtbaustoffen je nach RC-Baustoff zwischen 1-2% (vgl. [34] und [35]).
Beim Abbruch der Musterdächer blieben am Schaumglas bituminöse Anhaftungen aus Verguss mit Heißbitumen bestehen, die eine Rückführung als Sekundärrohstoff verhindern.
Bei den Trapezdächern war ein nahezu zerstörungsfreier Ausbau möglich, was einen Wiedereinbau ermöglicht.

Datensatz: *5.01_Bauschuttaufbereitung.xml,*
Entsorgungskosten: *Bauschutt verschmutzt, Fremdstoffanteil <25% (Holz, Heraklith, Bims) bzw. Bauschutt stark verschmutzt, Fremdstoffanteil <50% (Holz, Heraklith, Bims)*

XPS

XPS besteht als Hartschaumstoff aus extrudiertem Polysterolgranulat. Eine Weiterverwendung ist bei zerstörungsfreiem Ausbau möglich, z.B. als zusätzliche Dämmung von Flachdächern, Schutz und Dämmung von erdberührten Bauwerksteilen etc.. Sortenreine Abfälle könnten werkstofflich wiederverwertet werden, was jedoch aufgrund fehlender Sammel- und Rückführungssysteme nicht realisiert wird. Eine stoffliche Verwertung z.B. als Porosierungsmittel bei der Herstellung von porosierten Ziegelsteinen findet statt. Ist eine stoffliche Verwertung nicht möglich, müssen XPS Dämmstoffe einer thermischen Verwertung zugeführt werden (Heizwert: 47 MJ/kg).
Bei Dachaufbauten war ein nahezu zerstörungsfreier Ausbau möglich, was den Wiedereinbau ermöglicht.

Datensatz: *EPD-FPX-2010111-D, 100% thermische Verwertung,*
Entsorgungskosten: *Baumisch*

Kunststoffabdichtung (PVC, PIB)

PVC- und andere Kunststoffdachbahnen werden in immer größerem Rahmen als Abdichtungsbahnen von Flachdächern eingesetzt. Es besteht eine Selbstverpflichtung der Hersteller, bzw. der Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt e.V. AgPU von Kunststoffbahnen, zur werkstofflichen Weiterverwertung. Für die Entsorgung von sortenrein qualifizierten PVC- und anderen Kunststoffdachbahnen wird ein flächendeckendes Sammelsystem angeboten, das Recyclingsystem „roof-collect“. Ein Recycling von PVC ist im selektiven Löseverfahren mit Methylethyleton (MEK) als organisches Lösemittel unter Auflösung des PVC möglich. Im sogenannten Vinyloop-Prozess werden die vorzerkleinerten PVC-Abfälle unter Druck im MEK aufgelöst. Als Endprodukt des Verfahrens kann PVC-Mikrogranulat gewonnen werden, das wieder als Rohstoff zur Herstellung neuer Dachbahnen verwendet wird. Alternativ können Alt-PVC-Abdichtungsbahnen einem Downcycling zugeführt werden, z.B. zur Herstellung von Balkenfüßen für Straßenbaustellen, Wiedereinsatz bei Kabelschutzrohren, Industriebodenplatten.
In der Ökobau.dat liegen keine Datensätze für das Recycling von Kunststoffabdichtungen vor. Bei der Erstellung der Ökobilanz wurde von der thermischen Verwertung ausgegangen.

Datensatz: *6.8.01_Verbrennung_Kunststoff_in_MVA_incl._Gutschrift.xml*
im Entsorgungskosten: *Kunststoffabdichtungen*
Alternative: *Recycling im Vinylloop-Verfahren,*
Datensatz: *Substitution PVC*
Entsorgungskosten: *PVC roofcollect*

Bitumenabdichtungen

Der Hauptbestandteil der Bitumenbahnen für Unterdächer, Unterdeckungen und Unterspannbahnen ist entweder Oxidations- oder Polymerbitumen (Bitumen), der ohne weitere Verarbeitung aus der Erdölfraktionierung entsteht. Der Bitumenanteil beträgt 61 – 68%, die Kunststoffzusätze im Polymerbitumen betragen 5 – 12 % und der Anteil mineralischer Füllstoffe ca. 23%. Eine stoffliche Verwertung durch Aufschmelzen wäre für zurückgebaute Bitumenbahnen grundsätzlich möglich. Bisher werden jedoch nur Verschnitte aus dem Produktionsprozess oder nicht verunreinigte Baustellenabfälle in den Herstellungsprozess zurückgeführt (z.B. Vedag bis 2011). Eine Rückführung der Sekundärprodukte wird von Seiten der Hersteller auf Grund der sehr stark variierenden Rezepturen der Bitumenmischungen in Deutschland nicht angewendet. Da Bitumen als Koppelprodukt der Erdölraffinerien anfällt, wird Bitumen bisher nicht zu den „knappen Ressourcen“ gezählt.

Bitumen hat mit 40,7 MJ/kg einen annähernd ähnlichen Heizwert wie Heizöl, weshalb eine thermische Verwertung bei der Entsorgung bevorzugt wird. Hierzu werden die Bitumenabdichtungsbahnen gesammelt, geschreddert und dann als Ersatzbrennstoff bei der Zementindustrie oder Heizkraftwerken eingesetzt. In Anlehnung an die Ergebnisse der „Untersuchung des Recyclings von Stoffsystemen aus WDVS und Flachdachabdichtungsaufbauten“(vgl. S. 279 [36]) wird als Gutschrift des Verbrennungsvorgangs die der Kunststoffbahnen übernommen. Beim Rückbau der Flachdachaufbauten fielen Bitumendachbahnen mit Rückständen der belegten Dämmstoffe EPS, MW und Schaumglas an. Bei der Verbrennung fallen die mineralischen Anhaftungen als Schlacken aus.

Datensatz: *6.8.01_Verbrennung_Kunststoff_in_MVA_incl._Gutschrift.xml,*
Entsorgungskosten: *Bitumen nicht teerhaltig*

5.1.3 Nachnutzungsphase werkstoffliche Weiterverwertung EPS/MW

Bisher wurde in den öffentlich zugängigen Datenbanken wie Ökobau.dat nur eine geringe Zahl an generischen Daten zur stofflichen Verwertung publiziert, hauptsächlich die Recyclingpotentiale von Metallen, z.B. Stahl oder Aluminium. Es fehlen spezifische Daten, um Gutschriften von Sekundärrohstoffen, z.B. Kunststoffabdichtungsfolien oder Mineralwolle, in den Produktionsketten der Ökobilanzen berücksichtigen zu können. Die Erstellung von generischen Datensätzen für den EoL-Weg für das Recycling wird erschwert durch die variierenden Anforderungen und Produktionsverfahren der Hersteller. So ist die Einführung von Steinwolle in den Produktionsprozess möglich und wirtschaftlich sinnvoll, bei Glaswolle hingegen nicht. Bisher ist jedoch kein Vergleich bekannt, der die verschiedenen Optionen der Bauabfallentsorgungswege objektiv und ganzheitlich im Hinblick auf die ökonomische und ökologische Vorteilhaftigkeit betrachtet. Somit besteht dringender Handlungsbedarf.
Im Rahmen der Erstellung der Sensitivitätsanalyse in Abschnitt 7.2 wurde versucht, für die stoffliche Verwertung von Alt-EPS sinnvolle Annahmen zu treffen. Als Gutschrift für einen geringeren Energiebedarf des Sekundärprozesses wurde die substituierte Energie von 39,3 MJ angenommen. Hierbei wurden zu Grunde gelegt, dass bei der Produktion von EPS 90% der Primärenergie zur Rohstoffherstellung und 10% für das Schäumen benötigt werden (vgl. [38]). Unter der Annahme, dass, wie beim Einschmelzen von PVC, für die Rezyklierung von EPS der Sekundärproduktionsprozess nur 20% des Energiebedarfs der Primärproduktion benötigt wird (vgl. [39]), ergeben sich 1322 MJ PE ne für 1 m³ PS-Rezyklat. Hiervon werden 20% dem Herstellungsprozess zugeordnet, die restlichen 80% fließen als EoL-Szenario REC-EPS Gutschrift in die Berechnungen ein.
Für die Integration der Alt-Mineralwolle in die Primärproduktion wurde eine Gutschrift der substituierten Rohstoffe gutgeschrieben.

5.1.4 Transport: Entfernungen + Auslastung

Die Annahme des zu erfassenden Transportaufwandes beruht auf mittleren Entfernungen zum Entsorger bzw. zur Aufbereitungsanlage. Ausgegangen wurde bei den Transportbedingungen vom Worst-Case, d.h. von den maximalen Entfernungen. Die Entfernungen basieren auf den Angaben des statistischen Bundesamtes und des Umweltbundesamtes aus den Jahren 2008 – 2012 zur Anzahl der Aufbereitungsanlagen/Entsorger (vgl. [37]). Als Entfernung zu den Deponien der Deponieklasse 1 und 2 wurden 50 km gewählt. Der Aufwand für den Transport zu Bauschuttaufbereitungsanlagen wurde auf Grundlage der Anzahl von stationären und semimobilen Bauschuttaufbereitungsanlagen in Deutschland im Jahr 2008 mit 50 km

bestimmt. Zur thermischen Verwertung stehen Müllverbrennungsanlagen (MVA) und eine zunehmende Anzahl an von thermischen Abfallbehandlungsanlagen mit der Funktion als Ersatzbrennstoff bereit. Ihre Anzahl bezogen auf das gesamte Bundesgebiet beträgt im Jahr 2012 gemäß den Angaben des Umweltbundesamtes in der Summe 101. Als mittlere Entfernung wurden 125 km festgelegt.
Der Datensatz der Ökobau.dat „9.3.01_LKW.xml“ bezieht sich auf den Transport von 1000 kg Transportgut über eine Distanz von 1 km mittels LKW (EURO 3) mit 20-26 t zulässigem Gesamtgewicht und 17,3 t Nutzlast im Speditionsverkehr mit 85% Auslastung. Für alle Abfallfraktionen, deren Masse bei sortenreiner LKW-Beladung über der angegebenen Nutzlast des LKW von 17,3 t liegt, ist der massenabhängige Ansatz der Erfassung des Transportaufwandes ausreichend zur Bestimmung der Wirkungsindikatoren. Er kann bei den Abfallfraktionen aus den Putzschichten, Befestigungsmitteln und Abdichtungen angewendet werden. Für alle Dämmstoffe, bei denen aufgrund der spezifischen Dichte die Nutzlast des LKW nicht voll ausgenutzt werden kann, wurde ein Berechnungsansatz des Transportaufwandes in Abhängigkeit vom Volumen gewählt. Zur Ermittlung der ökologischen Indikatoren wurde ein Anpassungsfaktor zur Umrechnung des massenbasierten Datensatz der Ökobau.dat berechnet. Bei der Ermittlung der Anpassungsfaktoren wurde vom Worst-Case-Szenario mit einer Auslastung von 50% bzw. voller Hinfahrt und leerer Rückfahrt mit einer maximalen Volumen-Auslastung von 100% des Transportvolumens (67,5 m³) ausgegangen. Die Faktoren im Einzelnen sind in Anhang A6 dargestellt. In die Ermittlung der Masse bei Voll-Ladung wurden die bei der Versuchsdurchführung tatsächlich ermittelten Volumina durch die reduzierte Schüttdichte berücksichtig. Bei EPS und Schaumglas wurde eine Volumenzunahme von 20% angenommen.

5.1.5 Kosten

In Tabelle 15 sind die Entsorgungskosten als Mittelwerte für das Bundesgebiet im Jahr 2012 dargestellt. Die Werte basieren auf eigene Recherchen.

Tabelle 15: Übersicht der Entsorgungskosten (Brutto) inklusive Transportkosten

Material	Abfallfraktion	Kosten in [€/kg]
MW	KMF	0,422
Klebemörtel, Mineral. Putzschicht	Bauschutt verschmutzt, Fremdstoffanteil <10% (Holz, Heraklith, Bims)	0,056
Klebemörtel, Mineral. Putzschicht	Bauschutt verschmutzt, Fremdstoffanteil <25% (Holz, Heraklith, Bims)	0,065
Klebemörtel, Mineral. Putzschicht	Bauschutt stark verschmutzt, Fremdstoffanteil <50% (Holz, Heraklith, Bims)	0,143
Putzschicht,	Gemischte Bau- und Abbruchabfälle	0,160
Kies	Dachkies, sauber	0,006
WW	Altholz Klasse A1-A3	0,052
Kunststoffabdichtungen/PE-Folie	Kunststoff	0,132
EPS-Wand	Styropor mit Anhaftungen, Wand	0,155
EPS-Dach	Styropor sortenrein	
Bitumenabdichtungen	Bitumengemische	0,202
Befestigungsmittel	Eisen-Schrott Gutschrift	-0,100
MW	KMF Rockwool	0,083

5.2 Wirkungsabschätzung der Außenwände und Flachdächer

5.2.1 Allgemeines

Die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung werden auf den folgenden Seiten in den Tabellen 16 - 23 gegliedert nach Wirkungskategorien sowie den Entsorgungs- und Rückbaukosten für die Wand- und Flachdachaufbauten dargestellt, und zwar die Ergebnisse der Versuchsaufbauten, Aufbauten nach ENEV- und PH-Dämmstandard.
In der folgenden Zusammenfassung der Ergebnisse soll die Verteilung der Umweltwirkungen auf die Verursacher EoL-Material – Transport – Energie für Werkzeuge darstellt werden. Es wurde überprüft, ob die Umweltauswirkungen einzelner Stoffflüsse unter 1% der gesamten Auswirkungen liegen und somit vernachlässigt werden können. Hierzu wurden im ersten Schritt die Maximalwerte für Transport und Energie als Worst-Case-Szenario ermittelt und anschließend die Verteilung der Wirkungsindikatoren zugeordnet. Die Untersuchung wurde auf Basis der Ökobilanzen der Bauteilaufbauten der ENEV 2009 vorgenommen. Abschließend wird die Relevanz der Rückbauphase im Produktsystem untersucht.

Tabelle 16: Ökobilanz Wand gemäß ENEV 2009– Sanierungsfall 1 (Abziehen Putzschicht)

Tragschicht	Bauteil Nr.	Putzschicht	Ergebnisse der Ökobilanz								Kosten Brutto in [€]		
			Primärenergie nicht regenerierbar [MJ]	Primärenergie regenerierbar [MJ]	Abiotischer Ressourcen-verbrauch (ADP) [kg Sb-Äqv.]	Eutrophierung spotential (EP) [kg PO_4-Äqv.]	Ozonabbaupot ential (ODP) [kg R_{11}-Äqv.]	Photochem. Oxidantien-bildungspot. (POCP) [kg Ethen-Äqv.]	Treibhauspote ntial (GWP 100) [kg CO_2-Äqv.]	Versauerungs potential (AP) [kg SO_2-Äqv.]	Entsorgungs-kosten [€/m²]	Kosten Arbeits aufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Stahlbeton	W01	Putzschicht Silikonharz von EPS	1,98	0,13	9,17E-04	1,59E-04	8,09E-11	-3,04E-05	0,20	1,02E-03	1,18	2,17	3,35
	W02	Putzschicht Silikonharz von EPS	1,98	0,13	9,17E-04	1,59E-04	8,09E-11	-3,04E-05	0,20	1,02E-03	1,18	2,17	3,35
	W03	Putzschicht Silikatputz von MW	2,05	0,13	9,49E-04	1,64E-04	8,37E-11	-3,15E-05	0,21	1,06E-03	1,22	1,33	2,55
	W04	Putzschicht Silikonharz von WW	2,23	0,14	1,04E-03	1,80E-04	9,14E-11	-3,44E-05	0,22	1,16E-03	1,34	0,98	2,32
	W05	Putzschicht Silikatputz von EPS	1,92	0,12	8,89E-04	1,54E-04	7,85E-11	-2,95E-05	0,19	9,92E-04	1,15	1,61	2,76
	W06	Putzschicht Silikatputz von MW	2,05	0,13	9,49E-04	1,64E-04	8,37E-11	-3,15E-05	0,21	1,06E-03	1,22	1,33	2,55
	W07	Putzschicht Silikonharz von WW	2,23	0,14	1,04E-03	1,80E-04	9,14E-11	-3,44E-05	0,22	1,16E-03	1,34	0,98	2,32
	W08	Putzschicht Silikonharz von EPS	1,81	0,12	8,37E-04	1,45E-04	7,39E-11	-2,78E-05	0,18	9,34E-04	1,08	0,63	1,71
	W09	mineral. Putzschicht von MW	1,87	0,12	8,67E-04	1,50E-04	7,65E-11	-2,87E-05	0,19	9,67E-04	1,12	0,56	1,68
KS-Wand	W10	Putzschicht Silikonharz von EPS	1,78	0,11	8,26E-04	1,43E-04	7,29E-11	-2,74E-05	0,18	9,21E-04	1,07	1,82	2,89
	W11	mineral. Putzschicht von EPS	1,76	0,11	8,18E-04	1,42E-04	7,22E-11	-2,71E-05	0,18	9,12E-04	1,06	1,68	2,74
	W12	mineral. Putzschicht von MW	1,92	0,12	8,93E-04	1,55E-04	7,87E-11	-2,96E-05	0,19	9,95E-04	1,15	1,96	3,11
	W13	Putzschicht Silikonharz von WW	2,23	0,14	1,04E-03	1,80E-04	9,14E-11	-3,44E-05	0,22	1,16E-03	1,34	0,98	2,32
	W14	Putzschicht Silikatputz von EPS	1,90	0,12	8,80E-04	1,52E-04	7,76E-11	-2,92E-05	0,19	9,81E-04	1,14	1,95	3,08
	W15	Putzschicht Silikatputz von MW	2,08	0,13	9,64E-04	1,67E-04	8,51E-11	-3,20E-05	0,21	1,08E-03	1,24	0,56	1,80
	W16	Putzschicht Silikatputz von EPS	1,78	0,11	8,25E-04	1,43E-04	7,27E-11	-2,73E-05	0,18	9,20E-04	1,06	0,56	1,62
	W17	mineral. Putzschicht von MW	1,87	0,12	8,67E-04	1,50E-04	7,65E-11	-2,87E-05	0,19	9,67E-04	1,12	0,56	1,68
Poroton-Wand	W18	mineral. Putzschicht von EPS	1,76	0,11	8,18E-04	1,42E-04	7,22E-11	-2,71E-05	0,18	9,12E-04	1,06	1,68	2,74
	W19	mineral. Putzschicht von EPS	1,76	0,11	8,18E-04	1,42E-04	7,22E-11	-2,71E-05	0,18	9,12E-04	1,06	1,67	2,72
	W20	mineral. Putzschicht von MW	1,96	0,13	9,11E-04	1,58E-04	8,03E-11	-3,02E-05	0,20	1,02E-03	1,17	1,68	2,85
	W21	mineral. Putzschicht von WW	1,94	0,12	8,98E-04	1,56E-04	7,92E-11	-2,98E-05	0,19	1,00E-03	1,16	0,98	2,14
	W22	Putzschicht Silikatputz von EPS	1,94	0,12	8,99E-04	1,56E-04	7,93E-11	-2,98E-05	0,19	1,00E-03	1,16	1,26	2,42
	W23	Putzschicht Silikatputz von MW	1,89	0,12	8,75E-04	1,52E-04	7,72E-11	-2,90E-05	0,19	9,75E-04	1,13	0,56	1,69
	W24	mineral. Putzschicht von EPS	1,59	0,10	7,39E-04	1,28E-04	6,52E-11	-2,45E-05	0,16	8,24E-04	0,95	0,70	1,65
	W25	mineral. Putzschicht von MW	1,87	0,12	8,67E-04	1,50E-04	7,65E-11	-2,87E-05	0,19	9,67E-04	1,12	0,56	1,68
Porenbeton-Wand	W26	mineral. Putzschicht von EPS	1,76	0,11	8,18E-04	1,42E-04	7,22E-11	-2,71E-05	0,18	9,12E-04	1,06	1,68	2,74
	W27	mineral. Putzschicht von MW	1,92	0,12	8,93E-04	1,55E-04	7,87E-11	-2,96E-05	0,19	9,95E-04	1,15	1,96	3,11
	W28	mineral. Putzschicht von WW	1,94	0,12	8,98E-04	1,56E-04	7,92E-11	-2,98E-05	0,19	1,00E-03	1,16	0,98	2,14
	W29	Putzschicht Silikonharz von EPS	2,17	0,14	1,01E-03	1,75E-04	8,89E-11	-3,34E-05	0,22	1,12E-03	1,30	2,52	3,82
	W30	Putzschicht Silikatputz von MW	2,01	0,13	9,34E-04	1,62E-04	8,24E-11	-3,10E-05	0,20	1,04E-03	1,20	2,10	3,30

Tabelle 17: Ökobilanz Wand gemäß Versuch – Sanierungsfall 2

Tragschicht	Bauteil Nr.	WDVS	Ergebnisse der Ökobilanz								Kosten Brutto in [€]		
			Primärenergie nicht regenerierbar [MJ]	Primärenergie regenerierbar [MJ]	Abiotischer Ressourcen-verbrauch (ADP) [kg Sb-Äqv.]	Eutrophierung spotential (EP) [kg PO_4-Äqv.]	Ozonabbaupot ential (ODP) [kg R_{11}-Äqv.]	Photochem. Oxidantien-bildungspot. (POCP) [kg Ethen-Äqv.]	Treibhauspote ntial (GWP 100) [kg CO_2-Äqv.]	Versauerungs potential (AP) [kg SO_2-Äqv.]	Entsorgungs-kosten [€/m²]	Kosten Arbeits aufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Stahlbeton	W01	EPS geklebt	-31,395	-0,059	-1,314E-02	7,809E-04	-1,129E-07	-1,616E-03	2,397	3,244E-03	1,91	6,37	8,28
	W02	EPS geklebt + Dübel	-32,448	-0,131	-1,359E-02	7,746E-04	-1,131E-07	-1,640E-03	2,446	3,185E-03	1,90	10,85	12,75
	W03	MW geklebt + Dübel	6,104	0,358	2,889E-03	6,090E-04	1,174E-10	-3,471E-04	0,730	3,771E-03	5,63	5,71	11,34
	W04	WW geklebt + Dübel	-436,002	-19,656	-1,343E-01	1,718E-03	-4,221E-06	-1,881E-03	-1,839	-1,519E-02	3,08	11,33	14,41
	W05	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	-34,048	0,007	-1,450E-02	9,357E-04	-1,129E-07	-2,208E-03	2,189	3,259E-03	3,03	18,59	21,62
	W06	MW geklebt + Dübel auf Altputz	12,102	0,782	5,624E-03	1,066E-03	4,694E-10	-4,387E-04	1,315	6,724E-03	6,94	8,79	15,73
	W07	WW geklebt + Dübel auf Altputz	-433,544	-19,455	-1,327E-01	2,138E-03	-4,246E-06	-1,971E-03	-1,342	-1,265E-02	3,74	10,78	14,52
	W08	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	-64,868	-0,132	-2,732E-02	1,606E-03	-2,223E-07	-3,450E-03	4,861	6,542E-03	3,84	18,27	22,11
	W09	MW geklebt + Dübel auf WDVS	11,093	0,777	5,141E-03	1,231E-03	3,962E-09	-7,776E-04	1,458	7,473E-03	11,57	16,64	28,20
KS-Wand	W10	EPS geklebt	-30,837	0,031	-1,295E-02	7,925E-04	-1,128E-07	-1,635E-03	2,428	3,331E-03	1,86	14,32	16,18
	W11	EPS geklebt + Dübel	-31,756	-0,045	-1,333E-02	7,932E-04	-1,129E-07	-1,682E-03	2,459	3,300E-03	1,80	11,27	13,07
	W12	MW geklebt + Dübel	6,693	0,449	3,101E-03	6,224E-04	2,808E-10	-3,508E-04	0,768	3,878E-03	5,74	12,89	18,63
	W13	WW geklebt + Dübel	-434,864	-19,580	-1,339E-01	1,707E-03	-4,211E-06	-1,874E-03	-1,833	-1,519E-02	2,62	14,11	16,73
	W14	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	-34,014	0,098	-1,456E-02	9,451E-04	-1,128E-07	-2,228E-03	2,173	3,225E-03	3,30	23,17	26,47
	W15	MW geklebt + Dübel auf Altputz	13,540	0,888	6,277E-03	1,172E-03	5,618E-10	-4,522E-04	1,456	7,418E-03	7,16	9,30	16,46
	W16	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	-64,415	-0,125	-2,710E-02	1,675E-03	-2,223E-07	-3,631E-03	4,876	6,878E-03	4,10	19,24	23,34
	W17	MW geklebt + Dübel auf WDVS	9,809	0,699	4,542E-03	1,123E-03	3,917E-09	-7,375E-04	1,332	6,790E-03	11,11	15,34	26,44
Poroton-Wand	W18	EPS geklebt	-30,715	0,027	-1,288E-02	8,132E-04	-1,128E-07	-1,670E-03	2,438	3,442E-03	1,91	13,25	15,16
	W19	EPS geklebt + Dübel	-30,475	0,028	-1,274E-02	9,191E-04	-1,129E-07	-1,871E-03	2,552	4,013E-03	1,87	10,54	12,41
	W20	MW geklebt + Dübel	6,877	0,486	3,157E-03	6,205E-04	3,538E-10	-3,460E-04	0,778	3,879E-03	5,74	15,93	21,67
	W21	WW geklebt + Dübel	-433,379	-19,501	-1,335E-01	1,687E-03	-4,196E-06	-1,863E-03	-1,838	-1,522E-02	2,46	14,83	17,29
	W22	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	-25,920	0,322	-1,061E-02	1,287E-03	-1,127E-07	-1,832E-03	3,066	6,443E-03	3,13	13,16	16,29
	W23	MW geklebt + Dübel auf Altputz	11,817	0,762	5,495E-03	1,043E-03	4,511E-10	-4,258E-04	1,289	6,584E-03	6,74	9,51	16,25
	W24	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	-64,275	-0,123	-2,703E-02	1,690E-03	-2,223E-07	-3,633E-03	4,893	6,976E-03	4,04	15,29	19,34
	W25	MW geklebt + Dübel auf WDVS	10,128	0,722	4,685E-03	1,149E-03	3,941E-09	-7,654E-04	1,357	6,948E-03	11,52	14,92	26,44
Porenbeton-Wand	W26	EPS geklebt	-15,017	1,121	-6,237E-03	1,399E-03	-6,502E-08	-1,024E-03	4,414	7,732E-03	8,04	24,30	32,34
	W27	MW geklebt + Dübel	7,991	0,672	3,442E-03	7,671E-04	2,049E-08	-2,873E-04	1,316	4,701E-03	7,60	18,93	26,53
	W28	WW geklebt + Dübel	-411,229	-18,439	-1,260E-01	1,858E-03	-4,014E-06	-1,657E-03	-1,120	-1,299E-02	4,94	11,52	16,45
	W29	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	-22,347	1,332	-9,815E-03	1,306E-03	-1,055E-07	-1,858E-03	3,310	6,636E-03	3,23	30,46	33,68
	W30	MW geklebt + Dübel auf Altputz	13,119	1,467	5,459E-03	1,067E-03	7,093E-09	-4,972E-04	1,532	6,716E-03	6,92	19,84	26,75

Tabelle 18: Ökobilanz Wand gemäß ENEV – Sanierungsfall 2

Tragschicht	Bauteil Nr.	WDVS	Ergebnisse der Ökobilanz								Kosten Brutto in [€]		
			Primärenergie nicht regenerierbar [MJ]	Primärenergie regenerierbar [MJ]	Abiotischer Ressourcen-verbrauch (ADP) [kg Sb-Äqv.]	Eutrophierung spotential (EP) [kg PO_4-Äqv.]	Ozonabbaupot ential (ODP) [kg R_{11}-Äqv.]	Photochem. Oxidantien-bildungspot. (POCP) [kg Ethen-Äqv.]	Treibhauspote ntial (GWP 100) [kg CO_2-Äqv.]	Versauerungs potential (AP) [kg SO_2-Äqv.]	Entsorgungs-kosten [€/m²]	Kosten Arbeits aufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Stahlbeton	W01	EPS geklebt	-46,26	-0,18	-1,94E-02	9,65E-04	-1,60E-07	-2,22E-03	3,25	3,71E-03	2,07	6,37	8,44
	W02	EPS geklebt + Dübel	-47,31	-0,26	-1,99E-02	9,60E-04	-1,61E-07	-2,24E-03	3,30	3,66E-03	2,06	10,85	12,91
	W03	MW geklebt + Dübel	7,69	0,45	3,63E-03	7,54E-04	1,63E-10	-4,65E-04	0,87	4,65E-03	7,31	5,71	13,01
	W04	WW geklebt + Dübel	-703,45	-31,75	-2,17E-01	2,60E-03	-6,80E-06	-2,99E-03	-3,25	-2,55E-02	3,68	11,33	15,01
	W05	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	-48,91	-0,12	-2,08E-02	1,12E-03	-1,60E-07	-2,81E-03	3,04	3,73E-03	3,19	18,59	21,78
	W06	MW geklebt + Dübel auf Altputz	13,69	0,87	6,37E-03	1,21E-03	5,15E-10	-5,57E-04	1,46	7,60E-03	8,62	8,79	17,40
	W07	WW geklebt + Dübel auf Altputz	-697,80	-31,54	-2,14E-01	3,10E-03	-6,83E-06	-2,95E-03	-2,51	-2,22E-02	4,36	10,78	15,14
	W08	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	-42,11	0,06	-1,76E-02	1,34E-03	-1,52E-07	-2,53E-03	3,62	5,95E-03	3,61	18,27	21,88
	W09	MW geklebt + Dübel auf WDVS	9,18	0,65	4,27E-03	1,02E-03	2,80E-09	-5,82E-04	1,28	6,28E-03	9,06	16,64	25,70
KS-Wand	W10	EPS geklebt	-45,70	-0,09	-1,93E-02	9,77E-04	-1,60E-07	-2,24E-03	3,28	3,80E-03	2,01	14,32	16,34
	W11	EPS geklebt + Dübel	-46,62	-0,17	-1,96E-02	9,78E-04	-1,60E-07	-2,28E-03	3,31	3,77E-03	1,95	11,27	13,22
	W12	MW geklebt + Dübel	8,28	0,54	3,84E-03	7,67E-04	3,26E-10	-4,69E-04	0,91	4,75E-03	7,42	12,89	20,31
	W13	WW geklebt + Dübel	-702,32	-31,68	-2,16E-01	2,59E-03	-6,79E-06	-2,98E-03	-3,24	-2,55E-02	3,22	14,11	17,33
	W14	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	-48,88	-0,03	-2,09E-02	1,13E-03	-1,60E-07	-2,83E-03	3,02	3,70E-03	3,45	23,17	26,62
	W15	MW geklebt + Dübel auf Altputz	15,12	0,98	7,02E-03	1,32E-03	6,07E-10	-5,70E-04	1,60	8,29E-03	8,84	9,30	18,13
	W16	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	-41,66	0,06	-1,74E-02	1,41E-03	-1,52E-07	-2,71E-03	3,64	6,29E-03	3,87	19,24	23,11
	W17	MW geklebt + Dübel auf WDVS	7,89	0,57	3,67E-03	9,16E-04	2,76E-09	-5,42E-04	1,15	5,60E-03	8,60	15,34	23,94
Poroton-Wand	W18	EPS geklebt	-23,28	0,09	-9,73E-03	7,21E-04	-8,90E-08	-1,37E-03	2,01	3,21E-03	1,83	13,25	15,08
	W19	EPS geklebt + Dübel	-23,04	0,09	-9,59E-03	8,27E-04	-8,91E-08	-1,57E-03	2,13	3,78E-03	1,79	10,54	12,33
	W20	MW geklebt + Dübel	6,08	0,44	2,79E-03	5,48E-04	3,31E-10	-2,87E-04	0,71	3,44E-03	4,90	15,93	20,83
	W21	WW geklebt + Dübel	-344,23	-15,47	-1,06E-01	1,39E-03	-3,34E-06	-1,49E-03	-1,37	-1,18E-02	2,26	14,83	17,09
	W22	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	-33,35	0,26	-1,38E-02	1,38E-03	-1,36E-07	-2,13E-03	3,49	6,68E-03	3,21	13,16	16,37
	W23	MW geklebt + Dübel auf Altputz	12,61	0,81	5,87E-03	1,12E-03	4,74E-10	-4,85E-04	1,36	7,02E-03	7,58	9,51	17,09
	W24	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	-34,85	0,12	-1,46E-02	1,31E-03	-1,27E-07	-2,44E-03	3,17	5,96E-03	3,73	15,29	19,02
	W25	MW geklebt + Dübel auf WDVS	7,59	0,55	3,53E-03	8,75E-04	2,39E-09	-5,05E-04	1,12	5,36E-03	8,19	14,92	23,10
Porenbeton-I	W26	EPS geklebt	7,28	1,31	3,22E-03	1,12E-03	6,30E-09	-1,23E-04	3,14	7,03E-03	7,81	24,30	32,11
	W27	MW geklebt + Dübel	8,70	0,68	3,76E-03	5,93E-04	1,75E-08	-4,09E-05	1,13	3,83E-03	5,09	18,93	24,02
	W28	WW geklebt + Dübel	-143,78	-6,34	-4,35E-02	9,74E-04	-1,44E-06	-5,51E-04	0,29	-2,65E-03	4,34	11,52	15,85
	W29	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	-22,35	1,33	-9,82E-03	1,31E-03	-1,05E-07	-1,86E-03	3,31	6,64E-03	3,23	30,46	33,68
	W30	MW geklebt + Dübel auf Altputz	13,12	1,47	5,46E-03	1,07E-03	7,09E-09	-4,97E-04	1,53	6,72E-03	6,92	19,84	26,75

Tabelle 19: Ökobilanz Wand gemäß PH-Standard – Sanierungsfall 2

Tragschicht	Bauteil Nr.	WDVS	Ergebnisse der Ökobilanz								Kosten Brutto in [€]		
			Primärenergie nicht regenerierbar [MJ]	Primärenergie regenerierbar [MJ]	Abiotischer Ressourcen-verbrauch (ADP) [kg Sb-Äqv.]	Eutrophierung spotential (EP) [kg PO_4-Äqv.]	Ozonabbaupot ential (ODP) [kg R_{11}-Äqv.]	Photochem. Oxidantien-bildungspot. (POCP) [kg Ethen-Äqv.]	Treibhauspote ntial (GWP 100) [kg CO_2-Äqv.]	Versauerungs potential (AP) [kg SO_2-Äqv.]	Entsorgungs-kosten [€/m²]	Kosten Arbeits aufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Stahlbeton	W01	EPS geklebt	-75,99	-0,43	-3,21E-02	1,33E-03	-2,56E-07	-3,42E-03	4,95	4,65E-03	2,38	6,37	8,75
	W02	EPS geklebt + Dübel	-77,02	-0,50	-3,25E-02	1,33E-03	-2,56E-07	-3,44E-03	5,00	4,61E-03	2,38	10,85	13,23
	W03	MW geklebt + Dübel*	11,65	0,67	5,49E-03	1,12E-03	2,77E-10	-7,61E-04	1,23	6,84E-03	11,50	5,71	17,21
	W04	WW geklebt + Dübel*	entfällt										
	W05	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	-78,62	-0,36	-3,34E-02	1,49E-03	-2,56E-07	-4,01E-03	4,74	4,68E-03	3,51	18,59	22,09
	W06	MW geklebt + Dübel auf Altputz*	17,65	1,09	8,22E-03	1,57E-03	6,29E-10	-8,52E-04	1,81	9,79E-03	12,81	8,79	21,60
	W07	WW geklebt + Dübel auf Altputz*	entfällt										
	W08	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	-72,45	-0,19	-3,06E-02	1,69E-03	-2,46E-07	-3,76E-03	5,27	6,74E-03	3,92	18,27	22,19
	W09	MW geklebt + Dübel auf WDVS*	12,37	0,86	5,72E-03	1,37E-03	4,74E-09	-9,08E-04	1,58	8,27E-03	13,24	16,64	29,88
KS-Wand	W10	EPS geklebt	-75,44	-0,34	-3,19E-02	1,35E-03	-2,55E-07	-3,44E-03	4,98	4,74E-03	2,32	14,32	16,64
	W11	EPS geklebt + Dübel	-76,34	-0,42	-3,22E-02	1,35E-03	-2,56E-07	-3,48E-03	5,01	4,72E-03	2,27	11,27	13,54
	W12	MW geklebt + Dübel*	11,45	0,72	5,33E-03	1,06E-03	4,18E-10	-7,05E-04	1,20	6,51E-03	10,77	12,89	23,66
	W13	WW geklebt + Dübel*	entfällt										
	W14	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	-78,59	-0,27	-3,35E-02	1,50E-03	-2,55E-07	-4,03E-03	4,72	4,65E-03	3,77	23,17	26,94
	W15	MW geklebt + Dübel auf Altputz*	18,29	1,15	8,51E-03	1,61E-03	6,99E-10	-8,07E-04	1,88	1,00E-02	12,19	9,30	21,49
	W16	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	-72,00	-0,19	-3,03E-02	1,76E-03	-2,46E-07	-3,94E-03	5,29	7,08E-03	4,18	19,24	23,41
	W17	MW geklebt + Dübel auf WDVS*	10,45	0,74	4,83E-03	1,19E-03	4,30E-09	-8,03E-04	1,39	7,19E-03	11,94	15,34	27,28
Poroton-Wand	W18	EPS geklebt	-53,01	-0,16	-2,23E-02	1,09E-03	-1,84E-07	-2,57E-03	3,71	4,15E-03	2,14	13,25	15,39
	W19	EPS geklebt + Dübel	-52,77	-0,16	-2,22E-02	1,20E-03	-1,84E-07	-2,77E-03	3,83	4,72E-03	2,11	10,54	12,64
	W20	MW geklebt + Dübel	9,25	0,62	4,27E-03	8,38E-04	4,22E-10	-5,23E-04	0,99	5,19E-03	8,26	15,93	24,19
	W21	WW geklebt + Dübel*	entfällt										
	W22	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	-63,07	0,01	-2,64E-02	1,75E-03	-2,32E-07	-3,33E-03	5,19	7,63E-03	3,52	13,16	16,68
	W23	MW geklebt + Dübel auf Altputz	15,78	0,98	7,35E-03	1,41E-03	5,65E-10	-7,21E-04	1,65	8,77E-03	10,93	9,51	20,45
	W24	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	-64,27	-0,12	-2,70E-02	1,69E-03	-2,22E-07	-3,63E-03	4,89	6,98E-03	4,04	15,29	19,34
	W25	MW geklebt + Dübel auf WDVS	10,13	0,72	4,69E-03	1,15E-03	3,94E-09	-7,65E-04	1,36	6,95E-03	11,52	14,92	26,44
Porenbeton-Wand	W26	EPS geklebt	-22,45	1,06	-9,39E-03	1,49E-03	-8,88E-08	-1,32E-03	4,84	7,97E-03	8,12	24,30	32,42
	W27	MW geklebt + Dübel	7,75	0,67	3,34E-03	8,25E-04	2,15E-08	-3,69E-04	1,38	4,99E-03	8,43	18,93	27,37
	W28	WW geklebt + Dübel	-678,68	-30,54	-2,09E-01	2,74E-03	-6,59E-06	-2,76E-03	-2,53	-2,33E-02	5,53	11,52	17,05
	W29	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	-53,85	1,08	-2,34E-02	1,63E-03	-1,96E-07	-3,13E-03	4,88	7,13E-03	3,53	30,46	33,98
	W30	MW geklebt + Dübel auf Altputz	12,17	1,45	5,04E-03	1,30E-03	1,11E-08	-8,26E-04	1,78	7,87E-03	10,26	19,84	30,10

*für Mineralwolle: d > 200 mm: Zustimmung im Einzelfall

Tabelle 20: Ökobilanz Dach gemäß ENEV– Sanierungsfall 1: Entfernen Abdichtung

Tragschicht	Bauteil Nr.	FD-Aufbau	Ergebnisse der Ökobilanz								Kosten Brutto in [€]		
			Primärenergie nicht regenerierbar [MJ]	Primärenergie regenerierbar [MJ]	Abiotischer Ressourcen-verbrauch (ADP) [kg Sb-Äqv.]	Eutrophierungspotential (EP) [kg PO_4-Äqv.]	Ozonabbaupotential (ODP) [kg R_{11}-Äqv.]	Photochem. Oxidantien-bildungspot. (POCP) kg Ethen-Äqv	Treibhauspotential (GWP 100) [kg CO_2-Äqv.]	Versauerungspotential (AP) [kg SO_2-Äqv.]	Entsorgungs-kosten [€/m²]	Kosten Arbeits aufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Stahlbeton	FD 01	Warmdach lose verlegt mit Auflast: Rückbau Kies + PIB-Kunststoffabdichtung	-67,78	-4,52E+00	-2,89E-02	3,29E-04	-9,04E-09	-2,45E-03	1,89	-2,14E-03	1,31	2,76	4,07
	FD 05	Kompaktdach: Rückbau Bitumenabdichtung von Schaumglas	-316,00	-2,52E+01	-1,31E-01	-2,12E-03	-4,72E-08	-2,82E-03	12,50	-1,80E-02	2,78	0,84	3,62
	FD 06 und FD 09	Plusdach: Rückbau Kies/XPS	-142,61	-1,70E+00	-6,14E-02	9,82E-04	-3,68E-07	-3,78E-03	6,34	-1,78E-03	1,80	2,17	3,96
	FD 10	Kompaktdach mit Zusatzdämmung: Rückbau Bitumenabdichtung von Schaumglas	-300,24	-2,39E+01	-1,25E-01	-2,02E-03	-4,48E-08	-2,67E-03	11,87	-1,71E-02	2,61	0,84	3,45
Tr.-B	FD 13	Kompaktdach: Rückbau Bitumenabdichtung von Schaumglas	-313,47	-2,50E+01	-1,30E-01	-2,11E-03	-4,68E-08	-2,79E-03	12,40	-1,78E-02	2,73	0,61	3,34
	FD 14	Warmdach lose verlegt mechanisch befestigt: Rückbau PIB-Kunststoffabdichtung + mechanische Befestigung	-69,43	-5,45E+00	-2,90E-02	-4,86E-04	-7,55E-09	-6,51E-04	2,62	-4,18E-03	0,38	1,52	1,90

Tabelle 21: Ökobilanz Dach gemäß Versuch - Sanierungsfall 2

Tragschicht	Bauteil Nr.	FD-Aufbau	Ergebnisse der Ökobilanz								Kosten Brutto in [€]		
			Primärenergie nicht regenerierbar [MJ]	Primärenergie regenerierbar [MJ]	Abiotischer Ressourcen-verbrauch (ADP) [kg Sb-Äqv.]	Eutrophierungspotential (EP) [kg PO_4-Äqv.]	Ozonabbaupotential (ODP) [kg R_{11}-Äqv.]	Photochem. Oxidantien-bildungspot. (POCP) kg Ethen-Äqv.	Treibhauspotential (GWP 100) [kg CO_2-Äqv.]	Versauerungspotential (AP) [kg SO_2-Äqv.]	Entsorgungs-kosten [€/m²]	Kosten Arbeits aufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Stahlbeton	FD 01 A	Warmdach lose verlegt mit Auflast, EPS mit PIB*	*-272,35*	*-15,93*	*-1,15E-01*	*-3,29E-04*	*-2,40E-07*	*-5,30E-03*	*10,60*	*-1,08E-02*	*3,02*	*4,57*	*7,59*
	FD 01	Warmdach lose verlegt mit Auflast, MW mit PIB	-196,34	-14,88	-8,21E-02	-1,41E-04	-2,88E-08	-3,86E-03	7,64	-7,08E-03	8,96	4,57	13,53
	FD 02	Warmdach verklebt, EPS + Bitumen	-482,01	-33,84	-2,01E-01	-2,57E-03	-2,59E-07	-5,26E-03	19,67	-2,47E-02	4,10	13,50	17,60
	FD 03	Warmdach verklebt, MW + Bitumen kaltselbstklebend	-285,62	-22,88	-1,19E-01	-1,52E-03	-4,32E-08	-2,82E-03	11,98	-1,38E-02	9,06	5,63	14,70
	FD 04	Warmdach verklebt, MW + Bitumen im Schweißverfahren	-442,66	-35,41	-1,84E-01	-2,58E-03	-6,67E-08	-4,21E-03	18,18	-2,28E-02	10,34	4,16	14,51
	FD 05	Kompaktdach	-314,94	-25,05	-1,31E-01	-1,81E-03	-4,71E-08	-3,43E-03	12,52	-1,67E-02	3,83	10,56	14,39
	FD 06	Umkehrdach	-395,15	-23,44	-1,66E-01	-9,32E-04	-3,42E-07	-5,90E-03	16,05	-1,70E-02	4,02	2,93	6,95
	FD 02 A	Warmdach verklebt, EPS + Kunststoffabdichtung FPO mit Vlies*	*-268,41*	*-16,80*	*-1,12E-01*	*-1,13E-03*	*-2,27E-07*	*-3,37E-03*	*11,22*	*-1,25E-02*	*2,11*	*8,36*	*10,48*
	FD 04 A	Warmdach verklebt, MW + Kunststoffabdichtung FPO mit Vlies*	*-176,78*	*-14,20*	*-7,32E-02*	*-7,82E-04*	*-2,70E-08*	*-1,86E-03*	*7,68*	*-7,61E-03*	*7,94*	*1,85*	*9,79*
Stahlbeton Sanierung	FD 07	Warmdach verklebt, EPS mit Zusatzdämmung	-739,26	-48,47	-3,09E-01	-3,43E-03	-5,38E-07	-8,82E-03	30,57	-3,57E-02	6,26	3,88	10,14
	FD 08	Warmdach verklebt, MW mit Zusatzdämmung	-704,66	-56,39	-2,93E-01	-4,01E-03	-1,06E-07	-6,77E-03	29,11	-3,57E-02	18,29	15,49	33,78
	FD 09 A	Warmdach verklebt, EPS + Bitumenabdichtung 4 lagig mit Zusatzdämmung Umkehrdach	*-887,17*	*-57,94*	*-3,72E-01*	*-3,55E-03*	*-6,08E-07*	*-1,13E-02*	*36,13*	*-4,22E-02*	*8,20*	*6,65*	*14,86*
	FD 09	Warmdach verklebt, MW + Bitumen im Schweißverfahren mit Zusatzdämmung Umkehrdach	-849,11	-59,61	-3,55E-01	-3,56E-03	-4,16E-07	-1,02E-02	34,74	-4,03E-02	14,62	4,72	19,34
	FD 10	Kompaktdach mit Zusatzdämmung	-621,10	-49,35	-2,58E-01	-3,57E-03	-9,28E-08	-6,78E-03	24,75	-3,29E-02	7,60	16,98	24,58
Trapezblech	FD 14	Warmdach lose verlegt mechanisch befestigt, EPS mit PIB	-151,08	-6,75	-6,39E-02	-2,57E-04	-2,33E-07	-2,50E-03	6,52	-5,58E-03	1,08	2,40	3,48
	FD 14 A	Warmdach lose verlegt mechanisch befestigt, MW mit PIB*	*-70,73*	*-5,65*	*-2,93E-02*	*-9,77E-05*	*-8,32E-09*	*-9,36E-04*	*3,35*	*-1,85E-03*	*6,95*	*2,40*	*9,36*
	FD 11 A	Warmdach verklebt, EPS + Bitumenabdichtung kaltselbstklebend*	*-382,99*	*-25,63*	*-1,60E-01*	*-1,85E-03*	*-2,58E-07*	*-4,46E-03*	*15,76*	*-1,88E-02*	*3,25*	*5,90*	*9,15*
	FD 12 A	Warmdach verklebt, MW + Bitumen kaltselbstklebend*	*-292,15*	*-23,40*	*-1,21E-01*	*-1,56E-03*	*-4,42E-08*	*-2,88E-03*	*12,24*	*-1,42E-02*	*9,12*	*5,63*	*14,75*
	FD 12 B	Warmdach verklebt, MW + Bitumenabdichtung verschweißt*	*-358,79*	*-28,72*	*-1,49E-01*	*-2,01E-03*	*-5,41E-08*	*-3,47E-03*	*14,87*	*-1,80E-02*	*9,63*	*3,98*	*13,61*
	FD 13	Kompaktdach	-312,43	-24,85	-1,30E-01	-1,81E-03	-4,67E-08	-3,39E-03	12,41	-1,66E-02	3,76	1,26	5,02
	FD 11	Warmdach verklebt, EPS + FPO mit Vlies	-181,72	-8,64	-7,66E-02	-3,57E-04	-2,66E-07	-2,87E-03	7,93	-6,76E-03	1,36	3,52	4,88
	FD 12	Warmdach verklebt, MW + FPO mit Vlies	-92,79	-7,50	-3,83E-02	-2,07E-04	-1,45E-08	-1,12E-03	4,38	-2,77E-03	7,36	1,28	8,64

*rechnerisch ermittelt

Tabelle 22: Ökobilanz Dach gemäß ENEV – Sanierungsfall 2

Tragschicht	Bauteil Nr.	FD-Aufbau	Ergebnisse der Ökobilanz								Kosten Brutto in [€]		
			Primärenergie nicht regenerierbar [MJ]	Primärenergie regenerierbar [MJ]	Abiotischer Ressourcen-verbrauch (ADP) [kg Sb-Äqv.]	Eutrophierungspotential (EP) [kg PO_4-Äqv.]	Ozonabbaupotential (ODP) [kg R_{11}-Äqv.]	Photochem. Oxidantien-bildungspot. (POCP) kg Ethen-Äqv	Treibhauspotential (GWP 100) [kg CO_2-Äqv.]	Versauerungspotential (AP) [kg SO_2-Äqv.]	Entsorgungs-kosten [€/m²]	Kosten Arbeits aufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Stahlbeton	FD 01 A	Warmdach lose verlegt mit Auflast, EPS mit PIB*	*-327,86*	*-1,65E+01*	*-1,39E-01*	*-1,33E-04*	*-4,05E-07*	*-6,62E-03*	*13,29*	*-1,16E-02*	*3,47*	*5,18*	*8,65*
	FD 01	Warmdach lose verlegt mit Auflast, MW mit PIB	-191,30	-1,46E+01	-7,97E-02	2,93E-04	-2,86E-08	-4,09E-03	8,12	-4,38E-03	15,51	5,18	20,69
	FD 02	Warmdach verklebt, EPS + Bitumen	-537,51	-3,44E+01	-2,25E-01	-2,38E-03	-4,24E-07	-6,58E-03	22,35	-2,55E-02	4,55	13,50	18,05
	FD 03	Warmdach verklebt, MW + Bitumen kaltselbstklebend	-280,58	-2,26E+01	-1,16E-01	-1,08E-03	-4,30E-08	-3,05E-03	12,46	-1,11E-02	15,61	6,39	22,00
	FD 04	Warmdach verklebt, MW + Bitumen im Schweißverfahren	-437,62	-3,51E+01	-1,81E-01	-2,15E-03	-6,65E-08	-4,44E-03	18,66	-2,01E-02	16,89	4,77	21,66
	FD 05	Kompaktdach	-313,66	-2,49E+01	-1,30E-01	-1,44E-03	-4,70E-08	-4,18E-03	12,53	-1,52E-02	5,10	18,12	23,23
	FD 06	Umkehrdach	-523,53	-2,49E+01	-2,21E-01	-6,34E-04	-7,07E-07	-7,74E-03	22,61	-1,97E-02	4,82	3,08	7,90
	FD 02 A	Warmdach verklebt, EPS + Kunststoffabdichtung FPO mit Vlies*	*-323,91*	*-1,74E+01*	*-1,36E-01*	*-9,35E-04*	*-3,92E-07*	*-4,69E-03*	*13,91*	*-1,33E-02*	*2,56*	*8,36*	*10,92*
	FD 04 A	Warmdach verklebt, MW + Kunststoffabdichtung FPO mit Vlies*	*-171,74*	*-1,39E+01*	*-7,09E-02*	*-3,48E-04*	*-2,68E-08*	*-2,09E-03*	*8,16*	*-4,91E-03*	*14,48*	*2,46*	*16,95*
Stahlbeton Sanierung	FD 07	Warmdach verklebt, EPS mit Zusatzdämmung	-725,39	-4,83E+01	-3,03E-01	-3,48E-03	-4,97E-07	-8,49E-03	29,90	-3,55E-02	6,15	3,88	10,03
	FD 08	Warmdach verklebt, MW mit Zusatzdämmung	-704,66	-5,64E+01	-2,93E-01	-4,01E-03	-1,06E-07	-6,77E-03	29,11	-3,57E-02	18,29	15,49	33,78
	FD 09 A	Warmdach verklebt, EPS + Bitumenabdichtung 4 lagig mit Zusatzdämmung Umkehrdach*	*-964,07*	*-5,88E+01*	*-4,04E-01*	*-3,31E-03*	*-8,34E-07*	*-1,29E-02*	*39,90*	*-4,34E-02*	*8,79*	*6,65*	*15,44*
	FD 09	Warmdach verklebt, MW + Bitumen im Schweißverfahren mit Zusatzdämmung Umkehrdach	-870,51	-5,99E+01	-3,64E-01	-3,51E-03	-4,77E-07	-1,05E-02	35,83	-4,08E-02	14,75	4,72	19,48
	FD 10	Kompaktdach mit Zusatzdämmung	-621,10	-4,94E+01	-2,58E-01	-3,57E-03	-9,28E-08	-6,78E-03	24,75	-3,29E-02	7,60	16,98	24,58
Trapezblech	FD 14	Warmdach lose verlegt mechanisch befestigt, EPS mit PIB	-206,59	-7,33E+00	-8,76E-02	-6,13E-05	-3,98E-07	-3,82E-03	9,21	-6,38E-03	1,53	2,40	3,92
	FD 14 A	Warmdach lose verlegt mechanisch befestigt, MW mit PIB*	*-65,69*	*-5,35E+00*	*-2,69E-02*	*3,36E-04*	*-8,14E-09*	*-1,17E-03*	*3,83*	*8,46E-04*	*13,50*	*3,01*	*16,51*
	FD 11 A	Warmdach verklebt, EPS + Bitumenabdichtung kaltselbstklebend*	*-438,50*	*-2,62E+01*	*-1,84E-01*	*-1,66E-03*	*-4,23E-07*	*-5,78E-03*	*18,44*	*-1,96E-02*	*3,70*	*5,90*	*9,59*
	FD 12 A	Warmdach verklebt, MW + Bitumen kaltselbstklebend*	*-287,11*	*-2,31E+01*	*-1,19E-01*	*-1,13E-03*	*-4,40E-08*	*-3,11E-03*	*12,72*	*-1,15E-02*	*15,66*	*6,39*	*22,05*
	FD 12 B	Warmdach verklebt, MW + Bitumenabdichtung verschweißt*	*-353,75*	*-2,84E+01*	*-1,47E-01*	*-1,58E-03*	*-5,40E-08*	*-3,70E-03*	*15,35*	*-1,53E-02*	*16,17*	*4,59*	*20,76*
	FD 13	Kompaktdach	-311,14	-2,47E+01	-1,29E-01	-1,44E-03	-4,66E-08	-4,14E-03	12,42	-1,51E-02	5,03	1,91	6,94
	FD 11	Warmdach verklebt, EPS + FPO mit Vlies	-237,22	-9,22E+00	-1,00E-01	-1,61E-04	-4,31E-07	-4,19E-03	10,61	-7,56E-03	1,81	3,52	5,33
	FD 12	Warmdach verklebt, MW + FPO mit Vlies	-87,75	-7,20E+00	-3,60E-02	2,27E-04	-1,43E-08	-1,35E-03	4,86	-6,78E-05	13,90	1,50	15,41

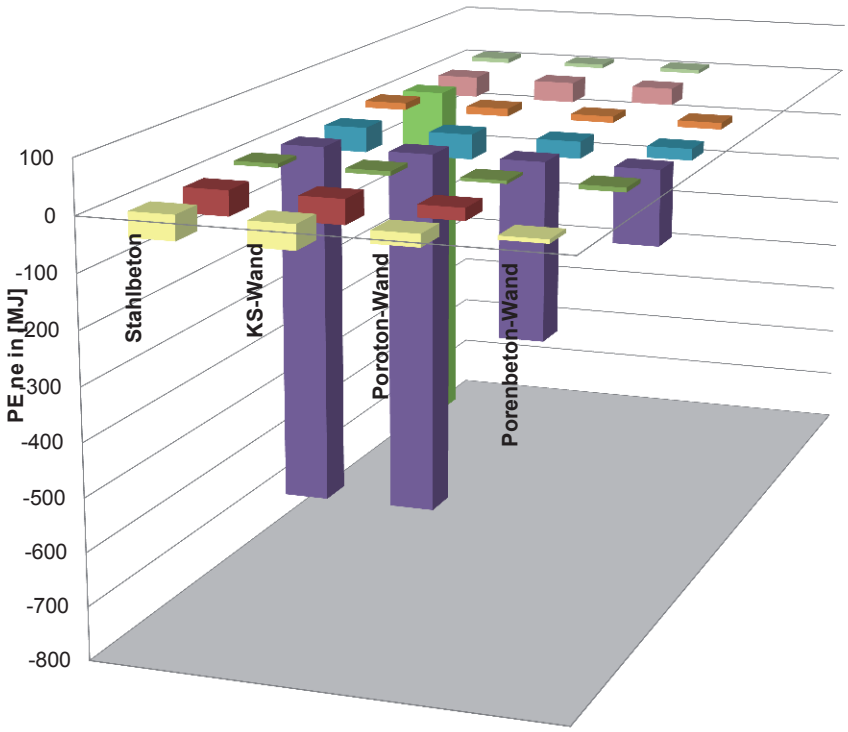
*rechnerisch ermittelt

Tabelle 23: Ökobilanz Dach gemäß PH- Standard – Sanierungsfall 2

Tragschicht	Bauteil Nr.	FD-Aufbau	Ergebnisse der Ökobilanz								Kosten Brutto in [€]		
			Primärenergie nicht [MJ]	Primärenergie regenerierbar [MJ]	Abiotischer Ressourcen- [kg Sb-Äqv.]	Eutrophierungspotential [kg PO_4-Äqv.]	Ozonabbaupotential [kg R_{11}-Äqv.]	Photochem. Oxidantien- kg Ethen-Äqv.	Treibhauspotential (GWP [kg CO_2-Äqv.]	Versauerungspotential (AP) [kg SO_2-Äqv.]	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeits [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Stahlbeton	FD 01 A	Warmdach lose verlegt mit Auflast, EPS mit PIB*	*-355,61*	*-16,81*	*-1,50E-01*	*-3,51E-05*	*-4,88E-07*	*-7,28E-03*	*14,63*	*-1,20E-02*	*3,69*	*5,18*	*8,87*
	FD 01	Warmdach lose verlegt mit Auflast, MW mit PIB	-188,27	-14,39	-7,83E-02	5,54E-04	-2,85E-08	-4,23E-03	8,41	-2,76E-03	19,43	5,18	24,61
	FD 02	Warmdach verklebt, EPS + Bitumen	-565,26	-34,72	-2,37E-01	-2,28E-03	-5,06E-07	-7,24E-03	23,69	-2,59E-02	4,77	16,01	20,78
	FD 03	Warmdach verklebt, MW + Bitumen kaltselbstklebend	-277,55	-22,40	-1,15E-01	-8,24E-04	-4,29E-08	-3,19E-03	12,75	-9,51E-03	19,53	6,39	25,92
	FD 04	Warmdach verklebt, MW + Bitumen im Schweißverfahren	-434,60	-34,92	-1,80E-01	-1,88E-03	-6,64E-08	-4,58E-03	18,95	-1,85E-02	20,81	4,77	25,59
	FD 05	Kompaktdach	-313,08	-24,77	-1,30E-01	-1,27E-03	-4,69E-08	-4,52E-03	12,54	-1,45E-02	5,68	18,12	23,80
	FD 06	Umkehrdach	-609,13	-25,91	-2,57E-01	-4,35E-04	-9,50E-07	-8,96E-03	26,98	-2,15E-02	5,36	3,08	8,44
	FD 02 A	Warmdach verklebt, EPS + Kunststoffabdichtung FPO mit Vlies*	*-351,66*	*-17,68*	*-1,48E-01*	*-8,37E-04*	*-4,74E-07*	*-5,34E-03*	*15,25*	*-1,37E-02*	*2,78*	*10,88*	*13,66*
	FD 04 A	Warmdach verklebt, MW + Kunststoffabdichtung FPO mit Vlies*	*-168,71*	*-13,72*	*-6,95E-02*	*-8,78E-05*	*-2,67E-08*	*-2,22E-03*	*8,45*	*-3,29E-03*	*18,41*	*2,46*	*20,87*
Stahlbeton Sanierung	FD 07	Warmdach verklebt, EPS mit Zusatzdämmung	-753,14	-48,62	-3,15E-01	-3,38E-03	-5,79E-07	-9,15E-03	31,24	-3,59E-02	6,37	3,88	10,25
	FD 08	Warmdach verklebt, MW mit Zusatzdämmung	-701,63	-56,21	-2,91E-01	-3,75E-03	-1,06E-07	-6,91E-03	29,40	-3,41E-02	22,22	15,49	37,71
	FD 09 A	Warmdach verklebt, EPS + Bitumenabdichtung 4 lagig mit Zusatzdämmung Umkehrdach*	*-1077,41*	*-60,06*	*-4,53E-01*	*-3,01E-03*	*-1,16E-06*	*-1,48E-02*	*45,62*	*-4,56E-02*	*9,54*	*9,17*	*18,71*
	FD 09	Warmdach verklebt, MW + Bitumen im Schweißverfahren mit Zusatzdämmung Umkehrdach	-956,10	-60,84	-4,00E-01	-3,31E-03	-7,20E-07	-1,18E-02	40,20	-4,26E-02	15,29	4,72	20,01
	FD 10	Kompaktdach mit Zusatzdämmung	-620,36	-49,24	-2,58E-01	-3,35E-03	-9,27E-08	-7,21E-03	24,75	-3,20E-02	8,33	16,98	25,31
Trapezblech	FD 14	Warmdach lose verlegt mechanisch befestigt, EPS mit PIB	-248,21	-7,77	-1,05E-01	8,54E-05	-5,22E-07	-4,81E-03	11,22	-6,98E-03	1,87	2,70	4,56
	FD 14 A	Warmdach lose verlegt mechanisch befestigt, MW mit PIB*	*-62,67*	*-5,17*	*-2,55E-02*	*5,96E-04*	*-8,04E-09*	*-1,30E-03*	*4,12*	*2,47E-03*	*17,43*	*3,01*	*20,44*
	FD 11 A	Warmdach verklebt, EPS + Bitumenabdichtung kaltselbstklebend*	*-480,12*	*-26,66*	*-2,02E-01*	*-1,51E-03*	*-5,47E-07*	*-6,76E-03*	*20,46*	*-2,02E-02*	*4,03*	*6,32*	*10,35*
	FD 12 A	Warmdach verklebt, MW + Bitumen kaltselbstklebend*	*-287,11*	*-23,10*	*-1,19E-01*	*-1,13E-03*	*-4,40E-08*	*-3,11E-03*	*12,72*	*-1,15E-02*	*15,66*	*6,39*	*22,05*
	FD 12 B	Warmdach verklebt, MW + Bitumenabdichtung verschweißt*	*-350,73*	*-28,24*	*-1,45E-01*	*-1,32E-03*	*-5,39E-08*	*-3,84E-03*	*15,64*	*-1,37E-02*	*20,10*	*4,59*	*24,69*
	FD 13	Kompaktdach	-310,56	-24,57	-1,29E-01	-1,27E-03	-4,65E-08	-4,48E-03	12,43	-1,44E-02	5,60	1,91	7,51
	FD 11	Warmdach verklebt, EPS + FPO mit Vlies	-278,85	-9,66	-1,18E-01	-1,43E-05	-5,55E-07	-5,18E-03	12,62	-8,16E-03	2,14	4,13	6,27
	FD 12	Warmdach verklebt, MW + FPO mit Vlies	-84,73	-7,02	-3,46E-02	4,88E-04	-1,42E-08	-1,49E-03	5,15	1,55E-03	17,83	1,50	19,33

*rechnerisch ermittelt

5.2.2 Ökobilanz „Nachnutzungsphase – EoL“

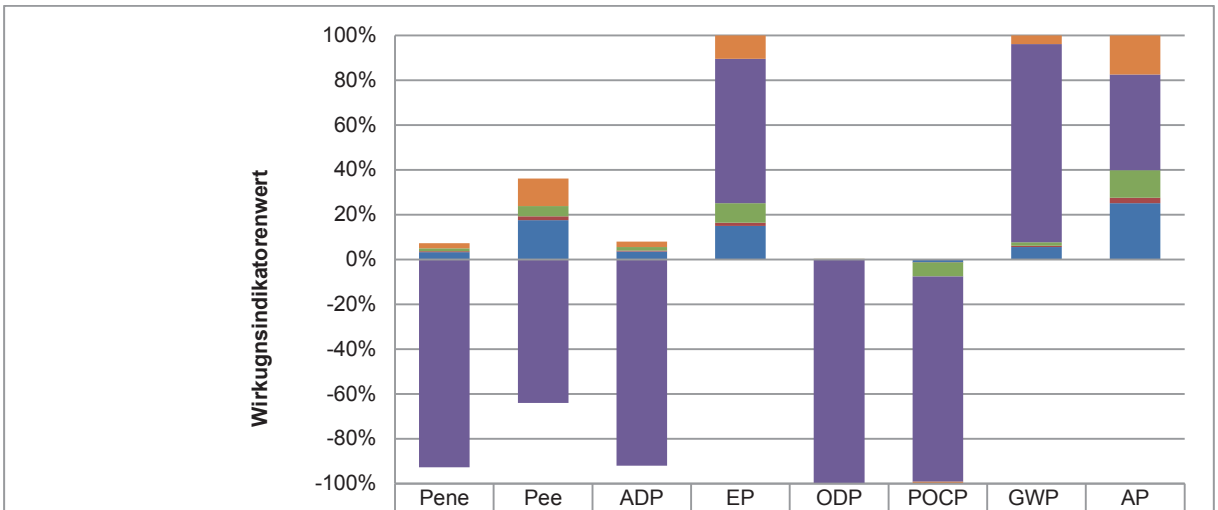


	Stahlbeton	KS-Wand	Poroton-Wand	Porenbeton-Wand
EPS geklebt	-46,26	-45,70	-23,28	7,28
EPS geklebt + Dübel	-47,31	-46,62	-23,04	
MW geklebt + Dübel	7,69	8,28	6,08	8,70
WW geklebt + Dübel	-703,45	-702,32	-344,23	-143,78
EPS geklebt + Dübel auf Altputz	-48,91	-48,88	-33,35	-22,35
MW geklebt + Dübel auf Altputz	13,69	15,12	12,61	13,12
WW geklebt + Dübel auf Altputz	-697,80			
EPS geklebt + Dübel auf WDVS	-42,11	-41,66	-34,85	
MW geklebt + Dübel auf WDVS	9,18	7,89	7,59	

Abbildung 61: Übersicht des Ergebnis Wände Sanierungsszenario 02: Wirkungskategorie PE ne in [MJ]

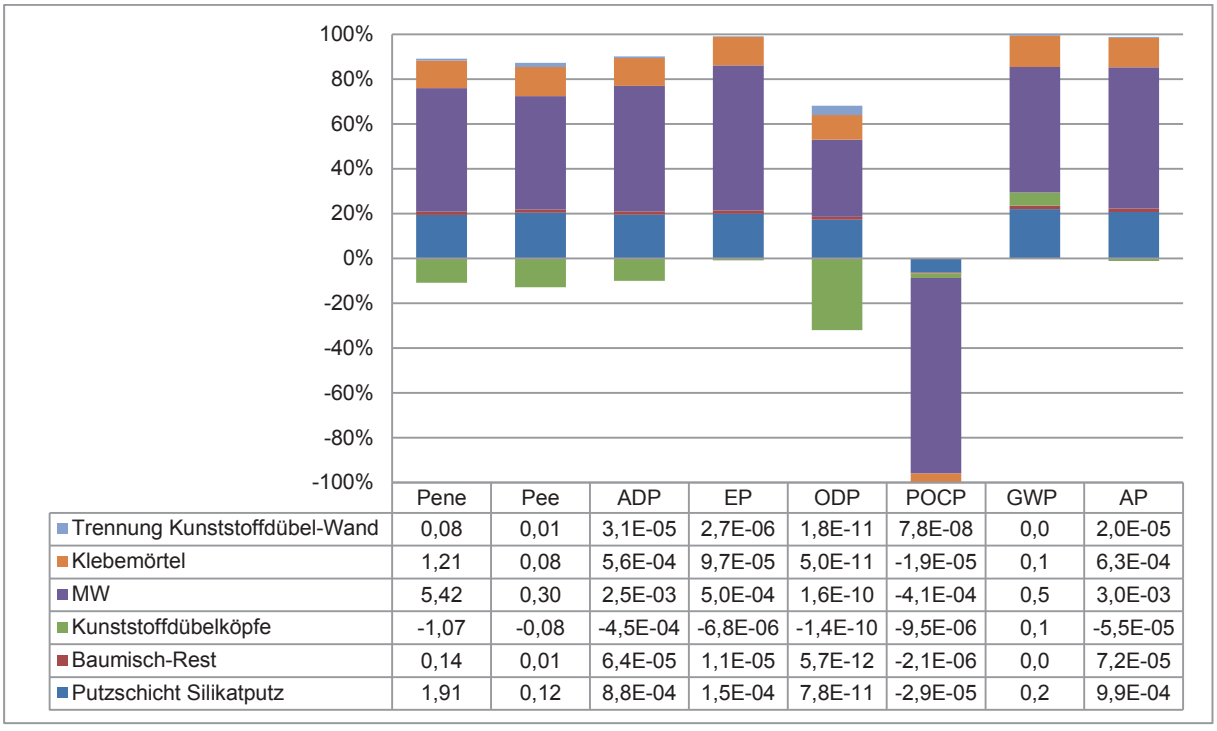
Bei allen WDVS ist die Ausprägung der ökologischen Wirkungsindikatoren in starkem Maße abhängig von der Wahl des Dämmstoffes, wie in den Abbildung 61 exemplarisch für die „Primärenergie nicht erneuerbar“ dargestellt. Bei WDVS mit EPS und WW als Dämmstoff wirken die Gutschriften aus der thermischen Verwertung entlastend auf die Umweltwirkung des Rückbaus, insbesondere bei den Holzfaserstoffen. Im Vergleich erzielen Holzfaserdämmplatten die optimalsten Indikatorwerte. Ausgenommen ist hierbei die Wirkungskategorie Eutrophierungspotential (EP) (vgl. Abbildung 64).
Bei fast allen Wirkungskategorien dominiert die Umweltwirkung des Dämmstoffs selbst. In den Abbildungen 62 – 64 werden die prozentualen Anteile der jeweiligen Bauteilschichten an der Gesamtsumme der Wirkungsindikatoren exemplarisch für die Wände W01, W03 und W4 dargestellt. Die Anteile liegen für die Wirkungskategorie PEne zwischen 55% (MW), 93% (EPS) und 99% (WW). Bei WDVS mit WW beträgt der Anteil der Umweltwirkung des WW bei allen Wirkungskategorien nahezu 95%.

Geringer tritt diese Dominanz beim Rückbau der WDVS- Aufbauten von Poroton- und Porenbetonwänden in Erscheinung (vgl. Abbildung 65). Bei beiden Baustoffen reduziert sich durch den niedrigen Wärmedurchgangkoeffizient die notwendige Dämmstärke des WDVS. Somit wird bei diesen Bauteiltypologien weniger Dämmstoff benötigt und es kann weniger Material einer thermischen Verwertung zugeführt. Die die Ökobilanz entlastenden Gutschriften sind geringer.



	Pene	Pee	ADP	EP	ODP	POCP	GWP	AP
Klebemörtel [kg]	1,25	0,08	5,8E-04	1,0E-04	5,1E-11	-1,9E-05	0,1	6,5E-04
Baumisch-Rest (EPS+Kleber)[kg]	0,00	0,00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0	0,0E+00
EPS [kg]	-50,22	-0,42	-2,1E-02	6,2E-04	-1,6E-07	-2,0E-03	2,9	1,6E-03
Schlacke aus Verbrennung	0,74	0,03	3,5E-04	8,3E-05	4,2E-12	-1,4E-04	0,1	4,6E-04
Baumisch-Rest (EPS+Kleber)[kg]	0,17	0,01	8,0E-05	1,4E-05	7,0E-12	-2,6E-06	0,0	8,9E-05
Putzschicht Silikonharz [kg]	1,81	0,12	8,4E-04	1,5E-04	7,4E-11	-2,8E-05	0,2	9,3E-04

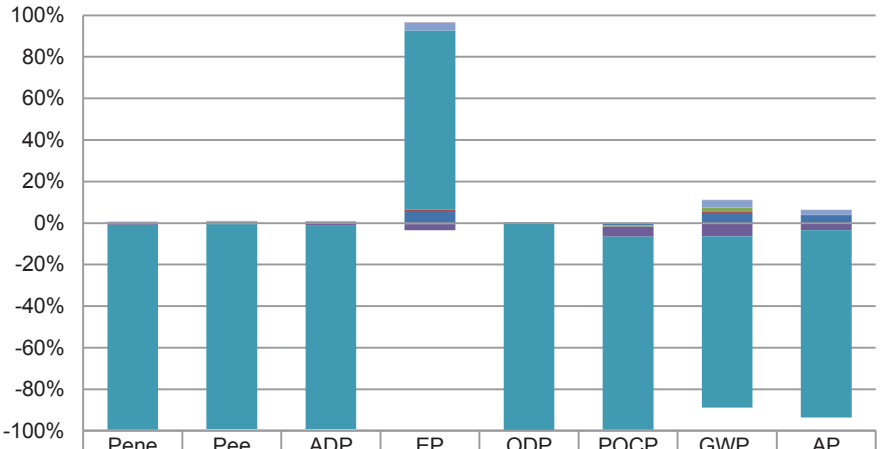
Abbildung 62: Überblick Wirkungskategorien Rückbau W01 – WDVS EPS geklebt



	Pene	Pee	ADP	EP	ODP	POCP	GWP	AP
Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,08	0,01	3,1E-05	2,7E-06	1,8E-11	7,8E-08	0,0	2,0E-05
Klebemörtel	1,21	0,08	5,6E-04	9,7E-05	5,0E-11	-1,9E-05	0,1	6,3E-04
MW	5,42	0,30	2,5E-03	5,0E-04	1,6E-10	-4,1E-04	0,5	3,0E-03
Kunststoffdübelköpfe	-1,07	-0,08	-4,5E-04	-6,8E-06	-1,4E-10	-9,5E-06	0,1	-5,5E-05
Baumisch-Rest	0,14	0,01	6,4E-05	1,1E-05	5,7E-12	-2,1E-06	0,0	7,2E-05
Putzschicht Silikatputz	1,91	0,12	8,8E-04	1,5E-04	7,8E-11	-2,9E-05	0,2	9,9E-04

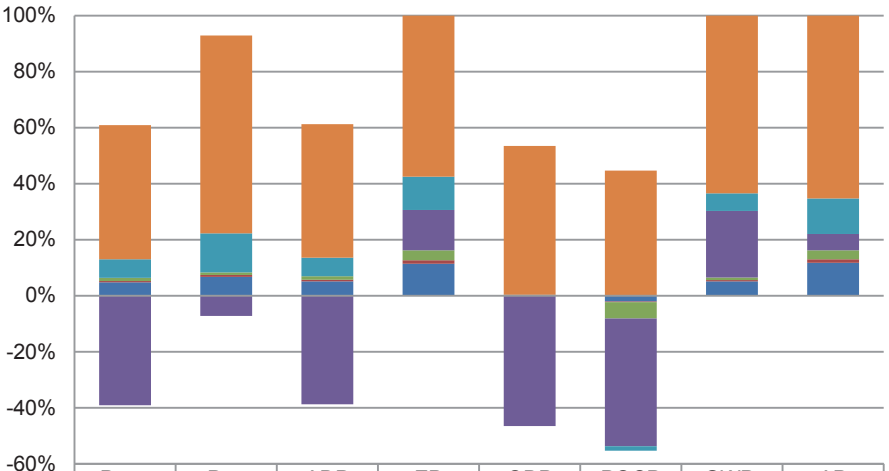
Abbildung 63: Überblick Wirkungskategorien Rückbau W03 – WDVS MW geklebt + Dübel

Bei Neubelegung der Porenbeton-Wand waren außerdem umfangreiche Ausgleichsputzarbeiten von Fehlstellen erforderlich. Die Umweltwirkungen zur Herstellung des Füllmörtels überwiegen die Gutschrift der thermischen Verwertung des EPS.



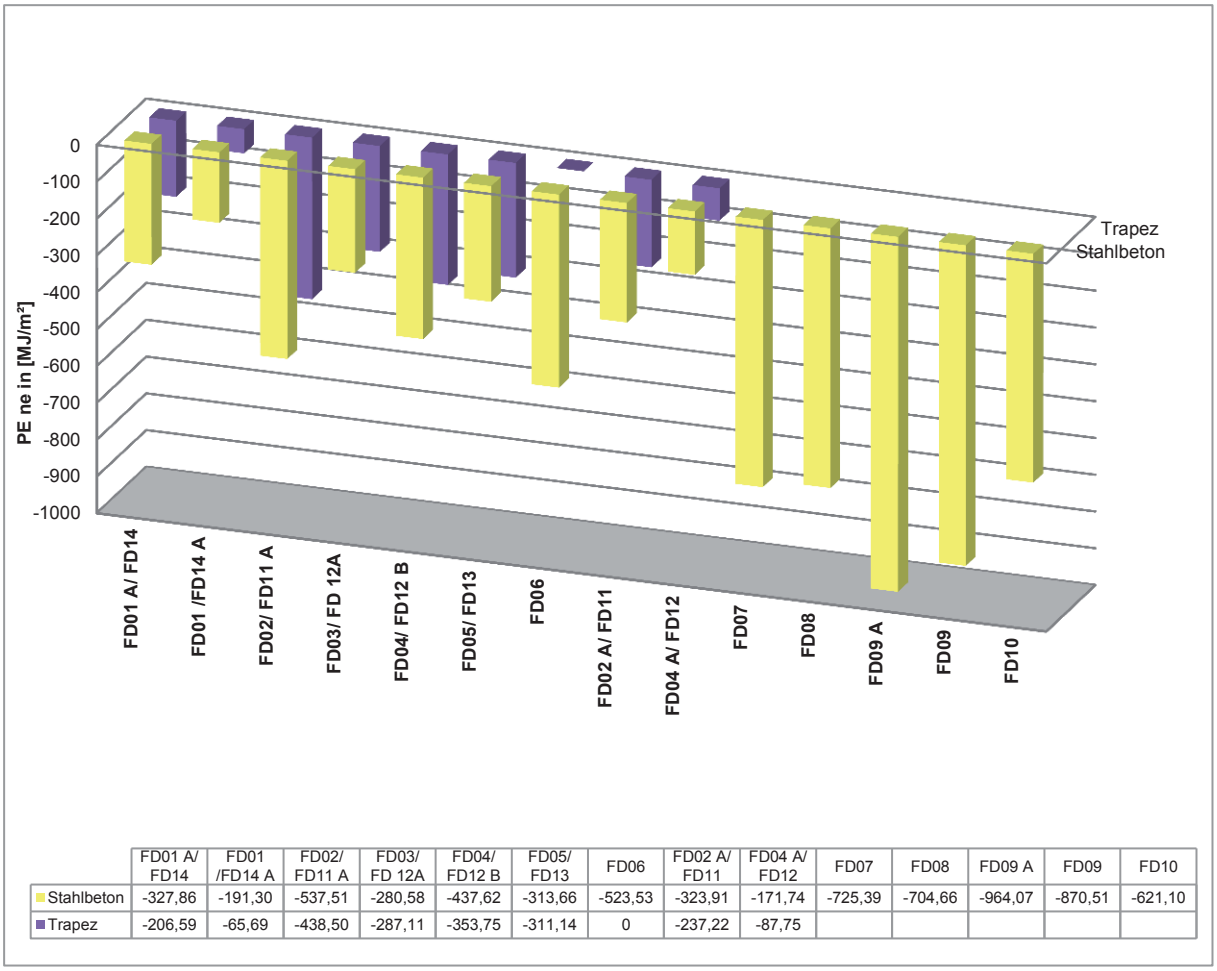
	Pene	Pee	ADP	EP	ODP	POCP	GWP	AP
Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,06	0,01	2,3E-05	1,4E-06	1,8E-11	3,3E-07	0,0	1,2E-05
Klebemörtel (WW+Kleber)	1,61	0,14	7,0E-04	1,0E-04	1,6E-10	-1,6E-05	0,1	6,9E-04
WW	-701,78	-31,88	-2,2E-01	2,4E-03	-6,8E-06	-2,8E-03	-3,4	-2,6E-02
verzinkte Stahlschraube	-3,54	-0,01	-1,9E-03	-8,3E-05	8,6E-09	-1,4E-04	-0,3	-9,1E-04
Kunststoffdübelköpfe	-2,04	-0,15	-8,5E-04	-1,3E-05	-2,9E-10	-1,8E-05	0,1	-1,1E-04
Baumisch-Rest (WW+Kleber)	0,24	0,02	1,1E-04	1,9E-05	9,7E-12	-3,7E-06	0,0	1,2E-04
Putzschicht Silikonharz	2,00	0,13	9,3E-04	1,6E-04	8,2E-11	-3,1E-05	0,2	1,0E-03

Abbildung 64: Überblick Wirkungskategorien Rückbau W04 – WDVS WW geklebt + Dübel



	Pene	Pee	ADP	EP	ODP	POCP	GWP	AP
Vorbereitung -Füllmörtel Ytong	16,00	1,08	6,8E-03	6,5E-04	4,8E-08	5,2E-04	2,0	4,6E-03
Klebemörtel + Porenbeton	2,22	0,21	9,5E-04	1,3E-04	2,7E-10	-1,8E-05	0,2	8,9E-04
EPS	-13,06	-0,11	-5,5E-03	1,6E-04	-4,2E-08	-5,3E-04	0,7	4,1E-04
Schlacke aus Verbrennung	0,36	0,01	1,7E-04	4,0E-05	2,1E-12	-6,7E-05	0,0	2,2E-04
Baumisch-Rest (EPS+Kleber)	0,17	0,01	8,0E-05	1,4E-05	7,0E-12	-2,6E-06	0,0	8,9E-05
mineral. Putzschicht	1,59	0,10	7,4E-04	1,3E-04	6,5E-11	-2,4E-05	0,2	8,2E-04

Abbildung 65: Wirkungskategorien Rückbau W26 – WDVS EPS geklebt inkl. Vorbereitungsmaßnahmen

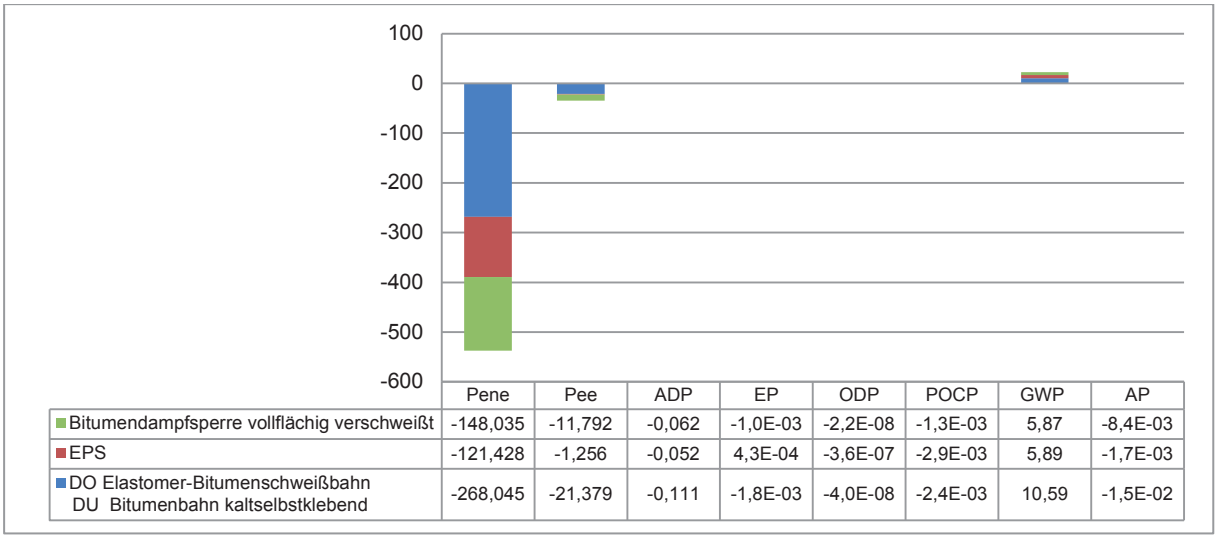


	FD01 A/ FD14	FD01 /FD14 A	FD02/ FD11 A	FD03/ FD 12A	FD04/ FD12 B	FD05/ FD13	FD06	FD02 A/ FD11	FD04 A/ FD12	FD07	FD08	FD09 A	FD09	FD10
Stahlbeton	-327,86	-191,30	-537,51	-280,58	-437,62	-313,66	-523,53	-323,91	-171,74	-725,39	-704,66	-964,07	-870,51	-621,10
Trapez	-206,59	-65,69	-438,50	-287,11	-353,75	-311,14	0	-237,22	-87,75					

Abbildung 66: Übersicht des Ergebnis Flachdächer Sanierungsszenario 02: Wirkungskategorie PE ne in [MJ]

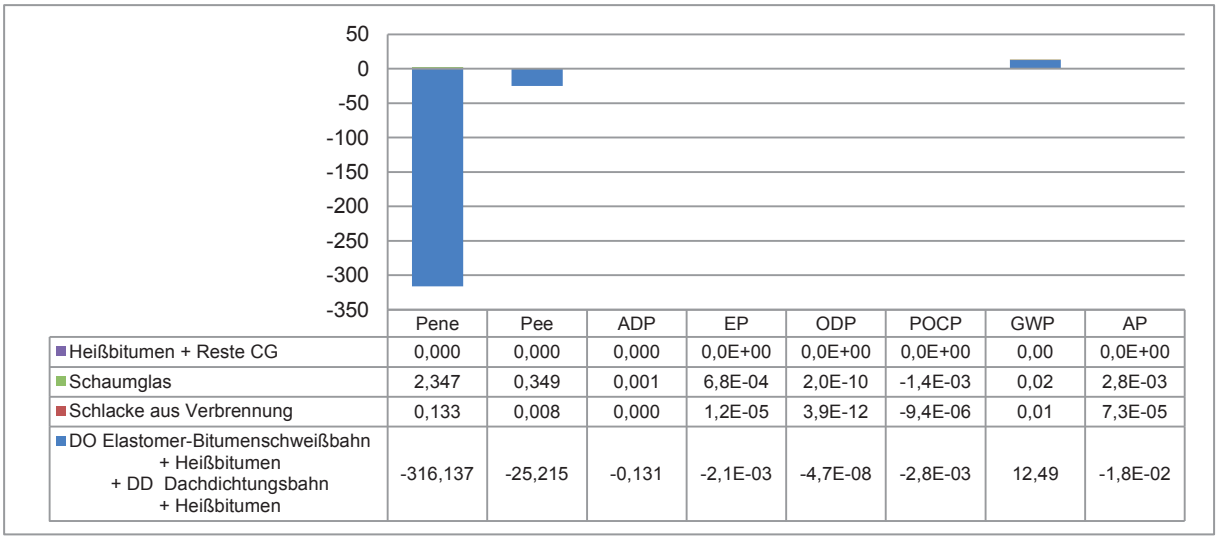
Bei den Flachdächern sind die Gutschriften aus der thermischen Verwertung der Bitumenabdichtungen und XPS/EPS für die Umweltwirkung des Rückbaus prägend. Die Aufbauten mit der höchsten Bitumenmasse, wie z.B. FD09 mit einer vierlagigen Bitumenabdichtung und XPS-Platten, erzielen die maximalen ökologischen Gutschriften wie in Abbildung 66 exemplarisch für die Wirkungskategorie „Primärenergie nicht erneuerbar“ dargestellt ist. Mit Ausnahme des Treibhauspotentials ist diese positive Wirkung aus den Gutschriften bei allen Wirkungskategorien wirksam, beim Treibhauspotential wirkt die thermische Verwertung negativ.

Hinsichtlich des Treibhauspotentials erzielt Aufbau FD14, der lose verlegten, mechanisch befestigten Kunststoffbahnen die minimalsten Umweltwirkungen. Die zu verbrennende Masse ist bei diesem Aufbau wesentlich geringer als bei Bitumen, zudem entlastet das Recyclingpotential der Stahlbefestigungen das Produktsystem. In den nachfolgenden Abbildungen 67 – 70 werden die Ökobilanzen für den Rückbau von den Flachdachaufbauten FD02 (Warmdach, EPS + Bitumenabdichtung), FD05 (Kompaktdach), FD09 (Warmdach, MW + mit Zusatzdämmung Umkehrdach) und FD14 (Warmdach lose verlegt mechanisch befestigt) exemplarisch für die Verteilung der Dachaufbauten dargestellt. Grundsätzlich resultiert aus den Wirkungsindikatoren der mineralischen Dämmstoffe wie Schaumglas und Mineralwolle nur eine unbedeutende Wirkung im Vergleich zu den gesamten Umweltwirkungen.



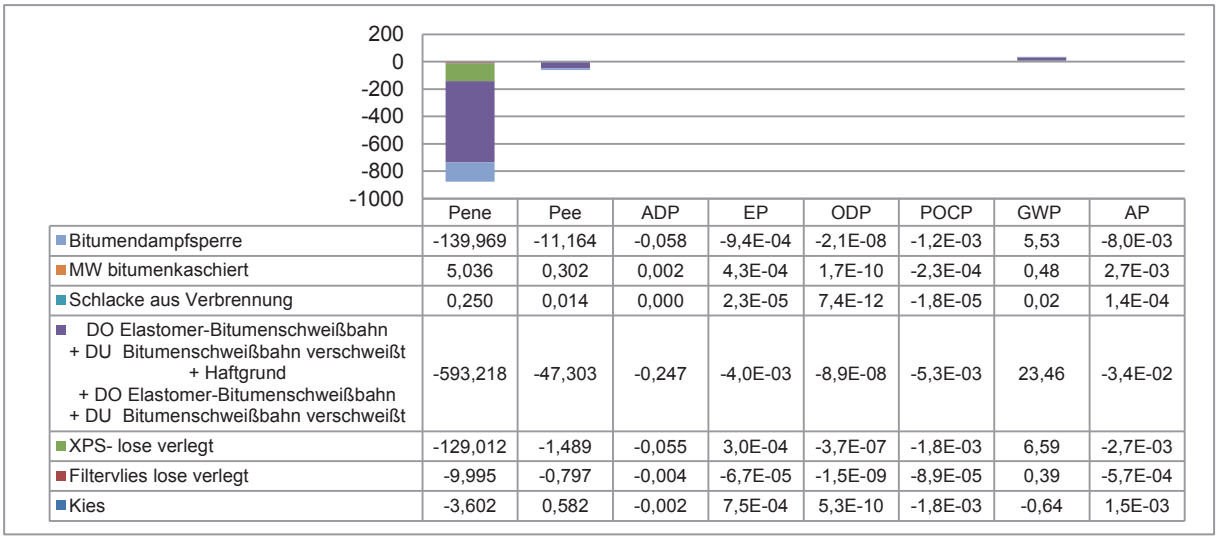
	Pene	Pee	ADP	EP	ODP	POCP	GWP	AP
Bitumendampfsperre vollflächig verschweißt	-148,035	-11,792	-0,062	-1,0E-03	-2,2E-08	-1,3E-03	5,87	-8,4E-03
EPS	-121,428	-1,256	-0,052	4,3E-04	-3,6E-07	-2,9E-03	5,89	-1,7E-03
DO Elastomer-Bitumenschweißbahn DU Bitumenbahn kaltselbstklebend	-268,045	-21,379	-0,111	-1,8E-03	-4,0E-08	-2,4E-03	10,59	-1,5E-02

Abbildung 67: Überblick Wirkungskategorien Rückbau FD 02 - Warmdach verklebt, EPS + Bitumen



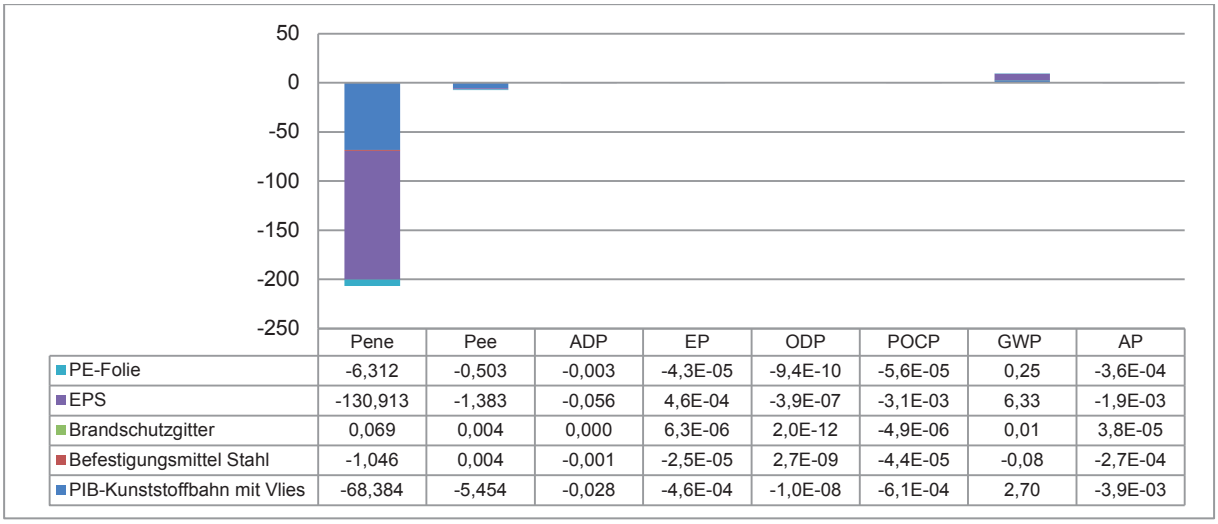
	Pene	Pee	ADP	EP	ODP	POCP	GWP	AP
Heißbitumen + Reste CG	0,000	0,000	0,000	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,00	0,0E+00
Schaumglas	2,347	0,349	0,001	6,8E-04	2,0E-10	-1,4E-03	0,02	2,8E-03
Schlacke aus Verbrennung	0,133	0,008	0,000	1,2E-05	3,9E-12	-9,4E-06	0,01	7,3E-05
DO Elastomer-Bitumenschweißbahn + Heißbitumen + DD Dachdichtungsbahn + Heißbitumen	-316,137	-25,215	-0,131	-2,1E-03	-4,7E-08	-2,8E-03	12,49	-1,8E-02

Abbildung 68: Überblick Wirkungskategorien Rückbau FD 05 – Kompaktdach



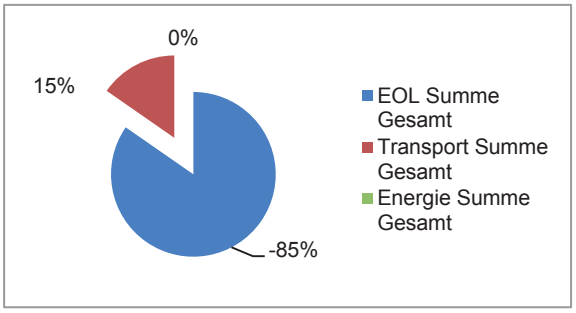
	Pene	Pee	ADP	EP	ODP	POCP	GWP	AP
Bitumendampfsperre	-139,969	-11,164	-0,058	-9,4E-04	-2,1E-08	-1,2E-03	5,53	-8,0E-03
MW bitumenkaschiert	5,036	0,302	0,002	4,3E-04	1,7E-10	-2,3E-04	0,48	2,7E-03
Schlacke aus Verbrennung	0,250	0,014	0,000	2,3E-05	7,4E-12	-1,8E-05	0,02	1,4E-04
DO Elastomer-Bitumenschweißbahn + DU Bitumenschweißbahn verschweißt + Haftgrund + DO Elastomer-Bitumenschweißbahn + DU Bitumenschweißbahn verschweißt	-593,218	-47,303	-0,247	-4,0E-03	-8,9E-08	-5,3E-03	23,46	-3,4E-02
XPS- lose verlegt	-129,012	-1,489	-0,055	3,0E-04	-3,7E-07	-1,8E-03	6,59	-2,7E-03
Filtervlies lose verlegt	-9,995	-0,797	-0,004	-6,7E-05	-1,5E-09	-8,9E-05	0,39	-5,7E-04
Kies	-3,602	0,582	-0,002	7,5E-04	5,3E-10	-1,8E-03	-0,64	1,5E-03

Abbildung 69: Überblick Wirkungskategorien Rückbau FD 09 - Warmdach verklebt, MW + Bitumen im Schweißverfahren mit Zusatzdämmung Umkehrdach



	Pene	Pee	ADP	EP	ODP	POCP	GWP	AP
PE-Folie	-6,312	-0,503	-0,003	-4,3E-05	-9,4E-10	-5,6E-05	0,25	-3,6E-04
EPS	-130,913	-1,383	-0,056	4,6E-04	-3,9E-07	-3,1E-03	6,33	-1,9E-03
Brandschutzgitter	0,069	0,004	0,000	6,3E-06	2,0E-12	-4,9E-06	0,01	3,8E-05
Befestigungsmittel Stahl	-1,046	0,004	-0,001	-2,5E-05	2,7E-09	-4,4E-05	-0,08	-2,7E-04
PIB-Kunststoffbahn mit Vlies	-68,384	-5,454	-0,028	-4,6E-04	-1,0E-08	-6,1E-04	2,70	-3,9E-03

Abbildung 70: Überblick Wirkungskategorien Rückbau FD 14 - Warmdach lose verlegt mechanisch befestigt, EPS mit PIB



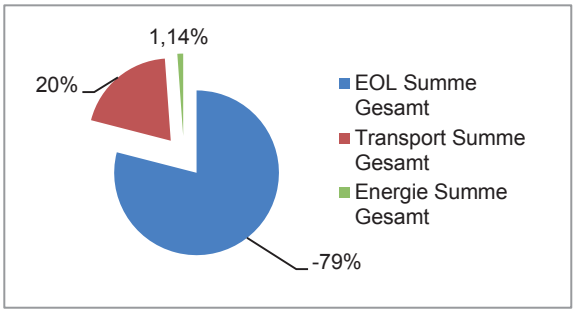
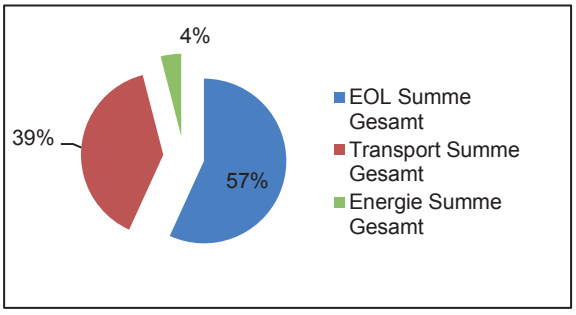


Abbildung 71: Wirkungskategorie PEne in (MJ) Anteil Transport MIN/MAX WDVS mit EPS; links MIN W01-WDVS mit EPS (Stahlbeton); rechts MAX W24 - WDVS mit EPS auf Altputz (Poroton);



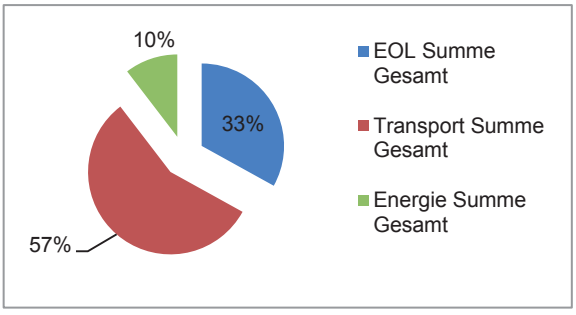


Abbildung 72: Wirkungskategorie PEne in (MJ) Anteil Transport MIN/MAX WDVS mit MW; links MIN W23 – WDVS mit MW auf Altputz (Poroton); rechts MAX W17 - WDVS mit MW auf Alt-WDVS (KS-Wand)

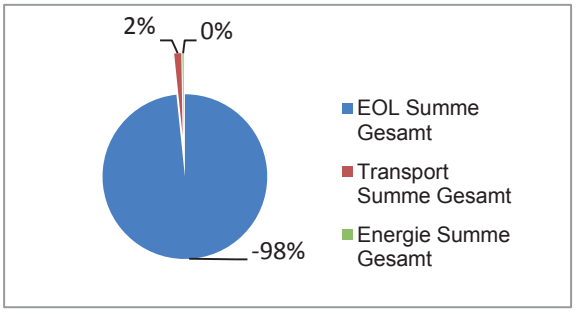
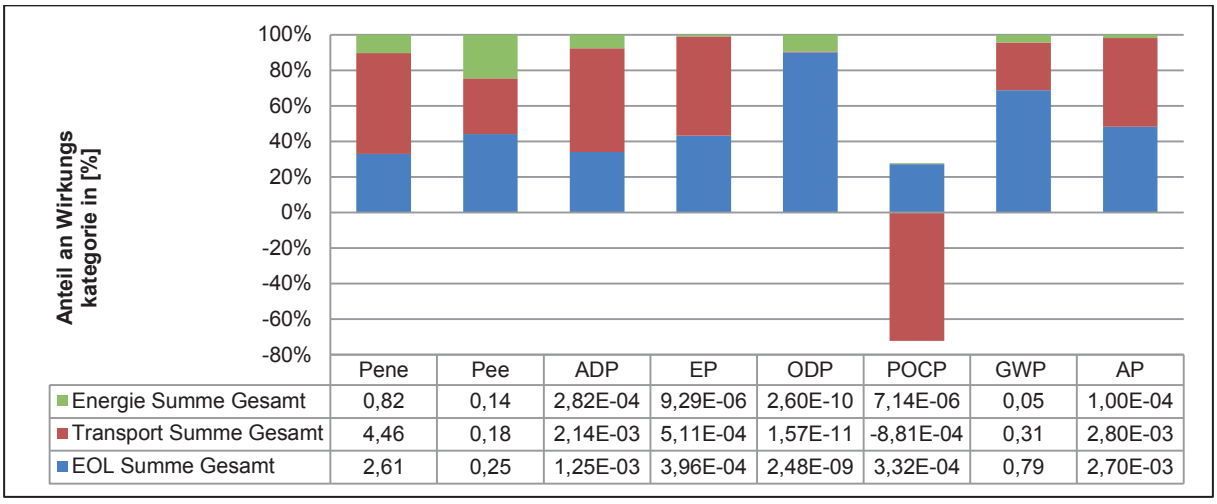


Abbildung 73: Wirkungskategorie PEne in (MJ) Anteil Transport MAX WDVS mit WW – W21 WDVS

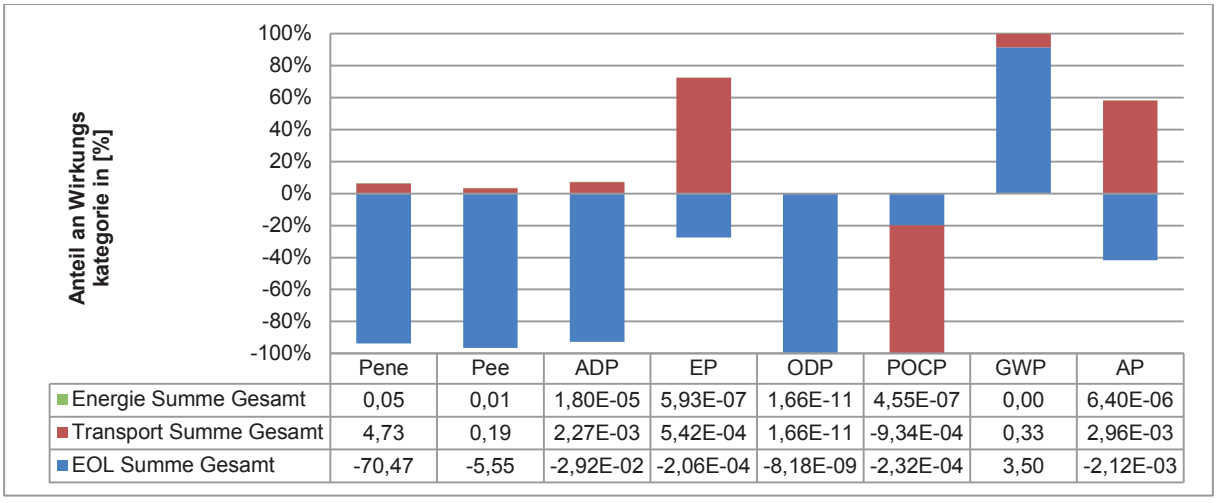
5.2.3 Ökobilanz „Transport“

Der Einfluss des Transportes liegt beim Rückbau der Wand- und der Dachaufbauten über 1% der gesamten Indikatorwerte und muss bei der Ökobilanz berücksichtigt werden. Die Umweltwirkungen des Transportes wirken mit Ausnahme der Wirkungskategorie Photochemisches Oxidantien-Bildungspotential (POCP) verstärkend auf die Umweltwirkungen. Bei der Wirkungskategorie POCP geht der Transport als Gutschrift ein und besitzt im Vergleich mit den POCP-Werten aus EoL-Abbruchmasse und Energie für Werkzeuge den höchsten Wert.
Grundsätzlich ist die Relevanz des Transportes an der Gesamt-Umweltwirkung abhängig von der Höhe der Gutschrift der Abbruchmaterialien. Bei den WDVS liegt für die Wirkungskategorie PEne der Anteil der Umweltwirkungen aus Transport für WDVS mit WW bei 2%, mit EPS zwischen 15 – 20% und mit Mineralwolle zwischen 39 und 57% des Gesamt-Indikatorwertes (vgl. Abbildung 74, Abbildung 71 - Abbildung 73). Bei den Flachdachaufbauten besitzt der Transport bei der Belegung mit Mineralwoll-Dämmplatten für Bauteil FD14A den höchsten Anteil der PEne und liegt bei 6% und somit verglichen mit den WDVS deutlich geringer (vgl. Abbildung 75).



	Pene	Pee	ADP	EP	ODP	POCP	GWP	AP
Energie Summe Gesamt	0,82	0,14	2,82E-04	9,29E-06	2,60E-10	7,14E-06	0,05	1,00E-04
Transport Summe Gesamt	4,46	0,18	2,14E-03	5,11E-04	1,57E-11	-8,81E-04	0,31	2,80E-03
EOL Summe Gesamt	2,61	0,25	1,25E-03	3,96E-04	2,48E-09	3,32E-04	0,79	2,70E-03

Abbildung 74: Anteil Transport MAX WDVS - Überblick Wirkungskategorien Rückbau W17 – WDVS MW geklebt + Dübel + Aufdopplung



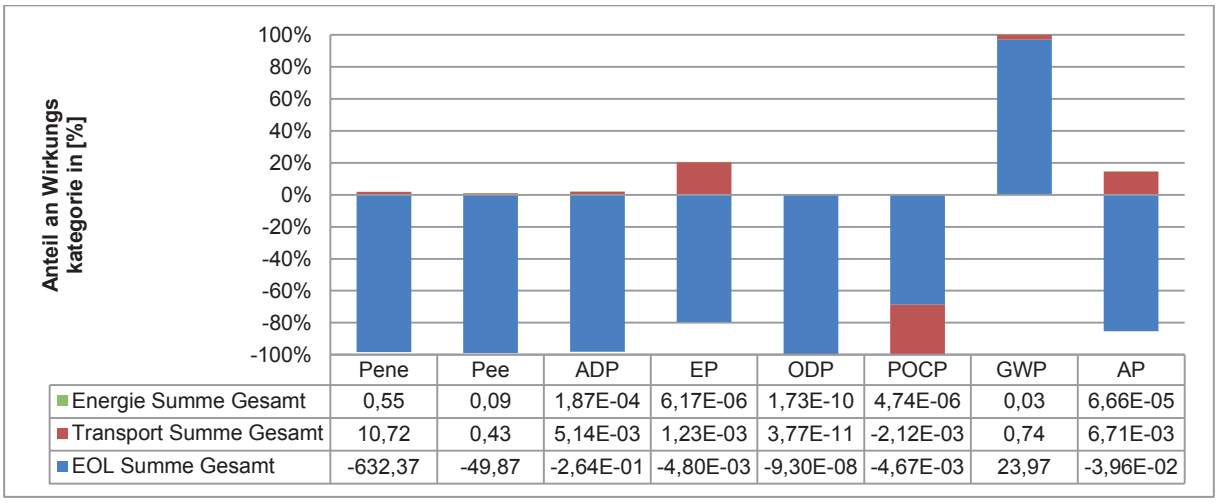
	Pene	Pee	ADP	EP	ODP	POCP	GWP	AP
Energie Summe Gesamt	0,05	0,01	1,80E-05	5,93E-07	1,66E-11	4,55E-07	0,00	6,40E-06
Transport Summe Gesamt	4,73	0,19	2,27E-03	5,42E-04	1,66E-11	-9,34E-04	0,33	2,96E-03
EOL Summe Gesamt	-70,47	-5,55	-2,92E-02	-2,06E-04	-8,18E-09	-2,32E-04	3,50	-2,12E-03

Abbildung 75: Anteil Transport MAX Flachdachaufbauten - Überblick Wirkungskategorien FD 14A Warmdach lose verlegt mechanisch befestigt + Mineralwolle

5.2.4 Ökobilanz „Energie für Werkzeuge“

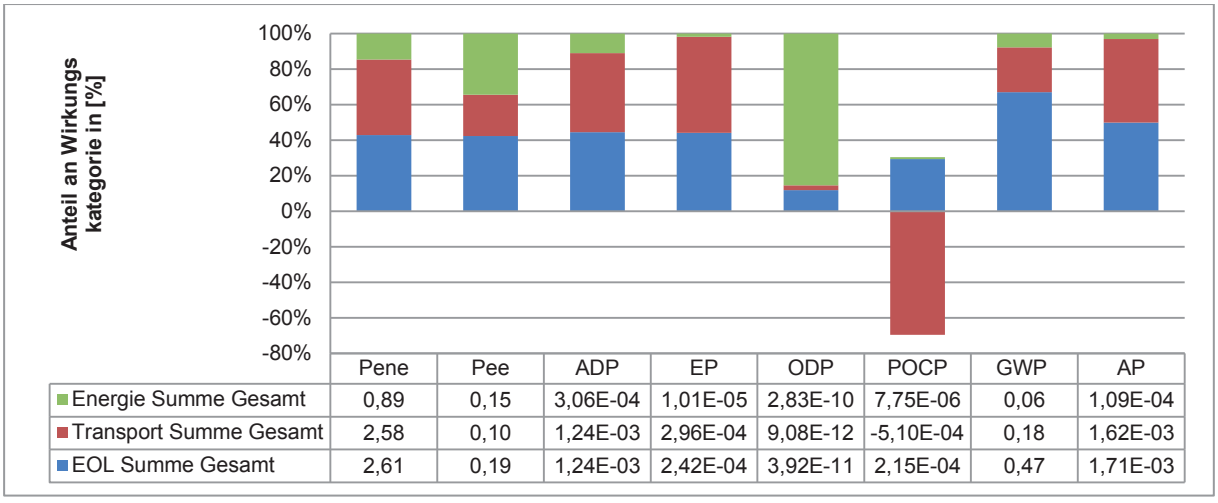
Bei allen Bauteilen waren die Aufwände für die Energie von Werkzeugen sehr gering. Bei der Ermittlung der Umweltwirkungen der Flachdachaufbauten liegen sie unter 1% der gesamten Umweltwirkungen der Bauteile und können vernachlässigt werden. In Abbildung 76 wird als Worst-Case-Szenario der Energieaufwand des Rückbaus des aufgedoppelten Kompaktdaches gezeigt. Die Umweltwirkungen aus Energie betragen unter 1% der Gesamtwirkung.

Beim Rückbau der Außenwandaufbauten wurde zum Entfernen von Dübeln und Klebemörtel Energie benötigt. Bei den WDVS korreliert die Relevanz der Umweltwirkung dieser Energie mit den Indikatorwerten aus der Nachnutzung des WDVS und kann nicht grundsätzlich für alle Wirkungskategorien vernachlässigt werden. Im Vergleich der WDVS untereinander ist bei den WDVS mit MW der Anteil durch die Energie für Werkzeuge am höchsten und beträgt bei der Wirkungskategorie PEne zwischen 2% (W03) und 14,7% (W20, vgl. Abbildung 77).



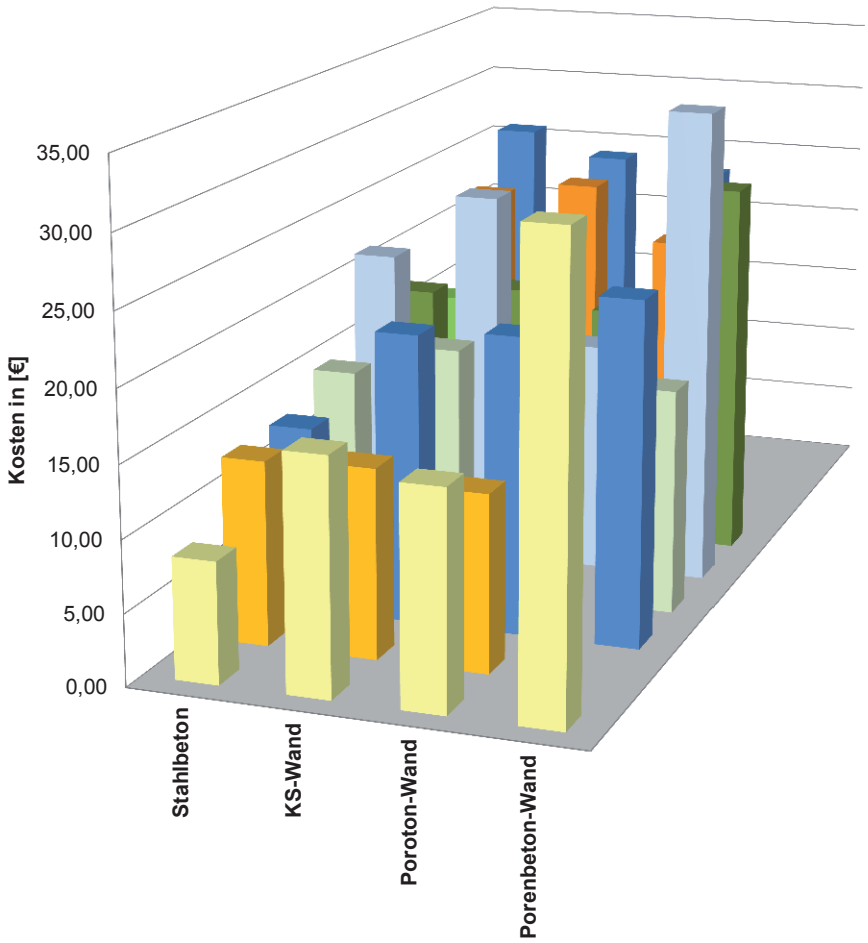
	Pene	Pee	ADP	EP	ODP	POCP	GWP	AP
Energie Summe Gesamt	0,55	0,09	1,87E-04	6,17E-06	1,73E-10	4,74E-06	0,03	6,66E-05
Transport Summe Gesamt	10,72	0,43	5,14E-03	1,23E-03	3,77E-11	-2,12E-03	0,74	6,71E-03
EOL Summe Gesamt	-632,37	-49,87	-2,64E-01	-4,80E-03	-9,30E-08	-4,67E-03	23,97	-3,96E-02

Abbildung 76: Anteil Energie MAX Flachdachaufbauten - Überblick Wirkungskategorien FD 10 Kompaktdach aufgedoppelt



	Pene	Pee	ADP	EP	ODP	POCP	GWP	AP
Energie Summe Gesamt	0,89	0,15	3,06E-04	1,01E-05	2,83E-10	7,75E-06	0,06	1,09E-04
Transport Summe Gesamt	2,58	0,10	1,24E-03	2,96E-04	9,08E-12	-5,10E-04	0,18	1,62E-03
EOL Summe Gesamt	2,61	0,19	1,24E-03	2,42E-04	3,92E-11	2,15E-04	0,47	1,71E-03

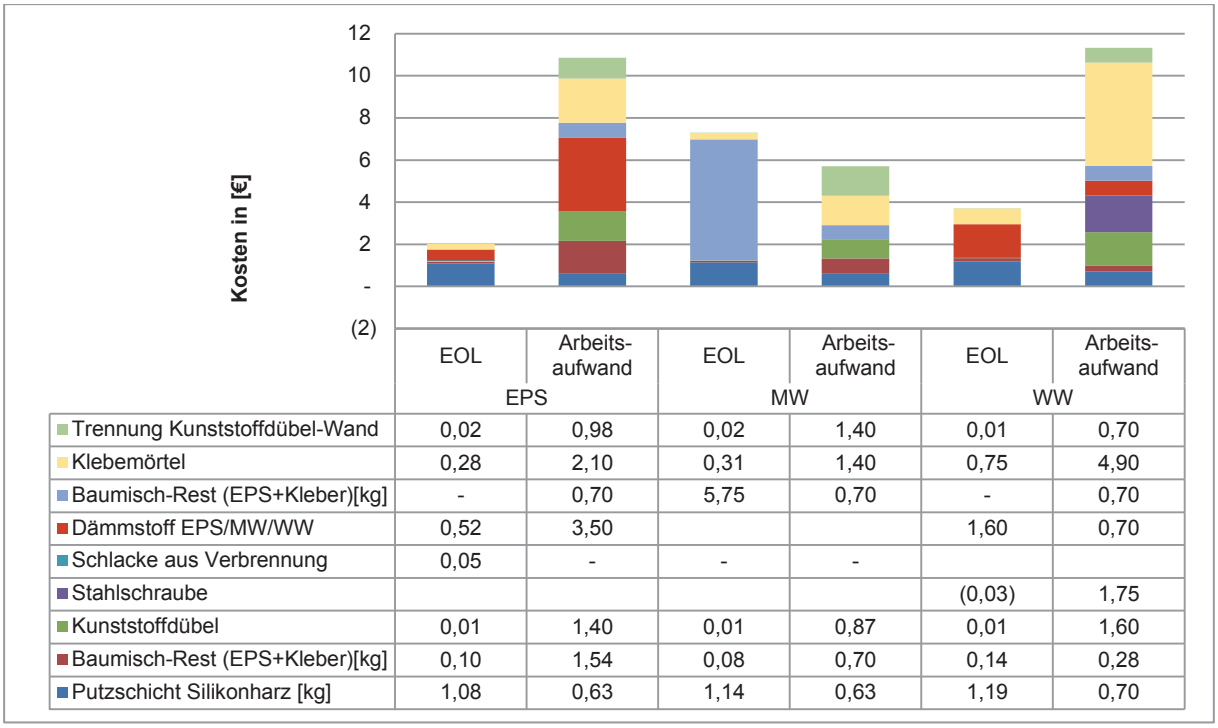
Abbildung 77: Anteil Energie MAX WDVS - Überblick Wirkungskategorien W20 WDVS MW geklebt (Porotonwand)



	Stahlbeton	KS-Wand	Poroton-Wand	Porenbeton-Wand
EPS geklebt	8,44	16,34	15,08	32,11
EPS geklebt + Dübel	12,91	13,22	12,33	
MW geklebt + Dübel	13,01	20,31	20,83	24,02
WW geklebt + Dübel	15,01	17,33	17,09	15,85
EPS geklebt + Dübel auf Altputz	21,78	26,62	16,37	33,68
MW geklebt + Dübel auf Altputz	17,40	18,13	17,09	26,75
WW geklebt + Dübel auf Altputz	15,14			
EPS geklebt + Dübel auf WDVS	21,88	23,11	19,02	
MW geklebt + Dübel auf WDVS	25,70	23,94	23,10	

Abbildung 78: Übersicht Kosten WDVS in [€/m²]

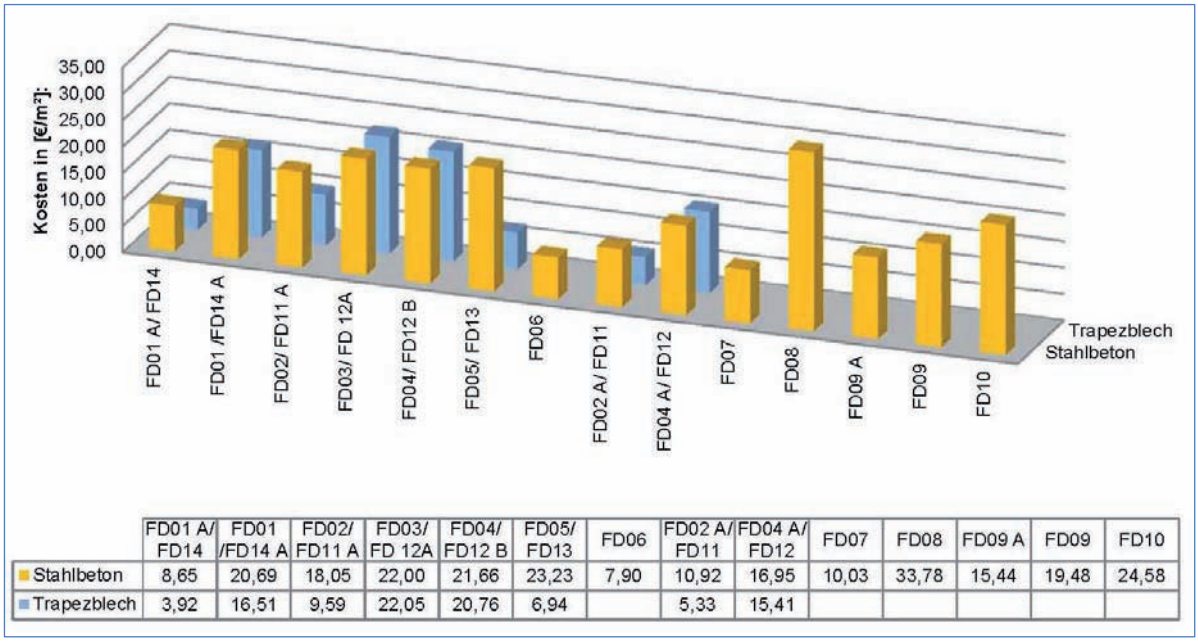
Die Kosten des Rückbaus der Wand- und Dachaufbauten variieren je nach den Entsorgungskosten der Abfallfraktionen und dem Arbeitsaufwand. Wie in Abbildung 78 dargestellt streuen die Kosten zwischen ca. 8,50 €/m² bei der mit WDVS EPS belegten Stahlbetonwand bis zu 33,70 €/m² beim Rückbau der Porenbetonwand mit Altputz.
Die Abbildung 79 zeigt exemplarisch an den Wänden W02 – W04 die Kosten für Entsorgung und Arbeitsaufwand für WDVS mit EPS, MW und WW. Beim Rückbau der WDVS mit EPS und WW dominieren die Rückbaukosten durch den Arbeitsaufwand. Hingegen übersteigen beim WDVS MW die Kosten der Entsorgung die Arbeitsaufwände. Kostentreiber sind hierbei die hohen Deponiekosten der Mineralwolle.



	EPS		MW		WW	
	EOL	Arbeits-aufwand	EOL	Arbeits-aufwand	EOL	Arbeits-aufwand
Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,02	0,98	0,02	1,40	0,01	0,70
Klebemörtel	0,28	2,10	0,31	1,40	0,75	4,90
Baumisch-Rest (EPS+Kleber)[kg]	-	0,70	5,75	0,70	-	0,70
Dämmstoff EPS/MW/WW	0,52	3,50			1,60	0,70
Schlacke aus Verbrennung	0,05	-	-	-		
Stahlschraube					(0,03)	1,75
Kunststoffdübel	0,01	1,40	0,01	0,87	0,01	1,60
Baumisch-Rest (EPS+Kleber)[kg]	0,10	1,54	0,08	0,70	0,14	0,28
Putzschicht Silikonharz [kg]	1,08	0,63	1,14	0,63	1,19	0,70

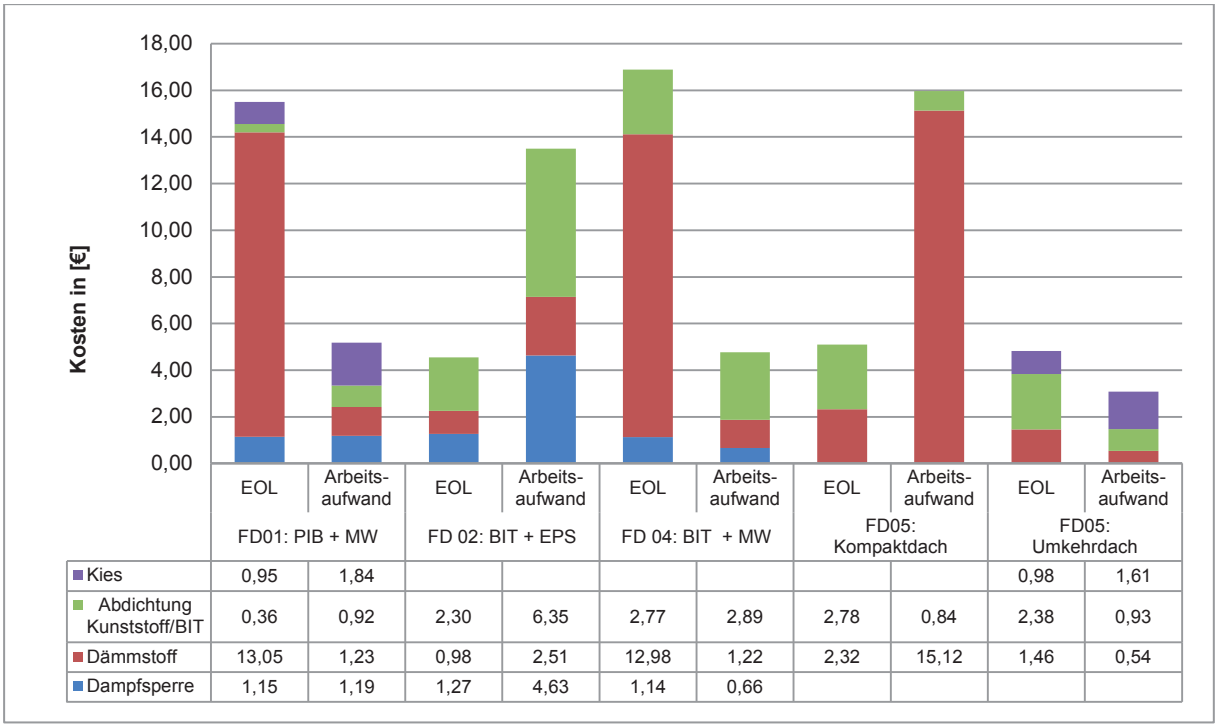
Abbildung 79: Verteilung der Kosten für Entsorgung- und Rückbau der WDVS nach Bauteilschichten in [€/m²]

Die Kosten beim Rückbau der Flachdachaufbauten liegen zwischen ca. 4 €/m² für die Demontage des mechanisch befestigten Aufbaus von der Trapezblechkonstruktion und ca. 24,5 €/m² zum Rückbau des aufgedoppelten Kompaktdachs von der STB-Decke (vgl. Abbildung 80). Die Rückbaukosten der Dachaufbauten weisen eine ähnliche Kausalität wie die WDVS auf. Bei EPS und CG überwiegen die Arbeitsaufwandskosten die Entsorgungskosten, bei der Mineralwolle überwiegen die Deponierungskosten wie in Abbildung 81 dargestellt.



	FD01 A/ FD14	FD01 /FD14 A	FD02/ FD11 A	FD03/ FD 12A	FD04/ FD12 B	FD05/ FD13	FD06	FD02 A/ FD11	FD04 A/ FD12	FD07	FD08	FD09 A	FD09	FD10
Stahlbeton	8,65	20,69	18,05	22,00	21,66	23,23	7,90	10,92	16,95	10,03	33,78	15,44	19,48	24,58
Trapezblech	3,92	16,51	9,59	22,05	20,76	6,94		5,33	15,41					

Abbildung 80: Übersicht Kosten Flachdachaufbauten in [€/m²]



	EOL	Arbeits-aufwand	EOL	Arbeits-aufwand	EOL	Arbeits-aufwand	EOL	Arbeits-aufwand	EOL	Arbeits-aufwand
	FD01: PIB + MW		FD 02: BIT + EPS		FD 04: BIT + MW		FD05: Kompaktdach		FD05: Umkehrdach	
Kies	0,95	1,84							0,98	1,61
Abdichtung Kunststoff/BIT	0,36	0,92	2,30	6,35	2,77	2,89	2,78	0,84	2,38	0,93
Dämmstoff	13,05	1,23	0,98	2,51	12,98	1,22	2,32	15,12	1,46	0,54
Dampfsperre	1,15	1,19	1,27	4,63	1,14	0,66				

Abbildung 81: Verteilung der Kosten für Entsorgung- und Rückbau der Flachdachaufbauten nach Bauteilschichten in [€/m²]

5.3 Relevanz des Rückbaus im Produktsystem

5.3.1 Produktsystem unter Berücksichtigung Trennbarkeit

Für die Bewertung der Relevanz der Trennbarkeit von Materialschichten in der Rückbauphase und zur Definition der Abschneidekriterien soll im Folgenden das gesamte Produktsystem, d.h. von der „Wiege bis zur Bahre“ betrachtet werden.

Bei der Berechnung der Ökobilanz im Rahmen der Zertifizierung nach BNB und DGNB werden 50 Jahre als Referenznutzungszeitraum betrachtet. Für alle Materialien mit Nutzungsdauern kleiner als 50 Jahre sind Berechnungen für die Instandsetzung durchzuführen, wobei die Zugänglichkeit der Materialien und die technischen Möglichkeiten für den Rückbau „so realistisch wie möglich“ gerechnet werden sollen (vgl. S.3 [40]).

Gemäß den vom BBSR veröffentlichten mittleren Nutzungsdauern für Lebenszyklusanalysen sind WDVS nach 30 Jahren auszutauschen. Bei Flachdächern mit einfacher Schutzschicht müssen die Abdichtungslagen mit einer mittleren Nutzungsdauer von 20 Jahren bei einem Betrachtungszeitraum von 50 Jahren zweimal ausgetauscht werden. Wird diese Abdichtungslage als verklebter Dachaufbau ausgeführt und mit den EPS bzw. Mineralwolldämmplatten verschweißt, entsprechen die Dämmplatten nach Ausbau der Bitumenabdichtungen nicht mehr den Anforderungen zur Neubelegung und müssten ebenfalls zurückgebaut werden, d.h. ein Komplett-Rückbau ist erforderlich (vgl. [41])

Diese Annahmen zum Rückbau von Wand- und Dachaufbauten entsprechen nicht der aktuellen Sanierungstechnik. Üblicherweise werden WDVS mit einer zweiten Dämmschicht aufgedoppelt. Außerdem weisen bisher verbaute WDVS in den wenigsten Fällen nach 40 Jahren Schäden auf (vgl. S. 7 [42]). Ein Rückbau findet allein bei Mängeln der Dämmschicht statt oder falls die Dämmstärke aus gestalterischen oder baurechtlichen Gründen beschränkt

ist. Bei Flachdächern wird der Komplettrückbau ebenfalls möglichst vermieden, um die Abdichtungsschicht als maßgeblichen Witterungsschutz des Gebäudes möglichst intakt zu lassen. Wie auch bei dem WDVS wird nur im Schadensfall bzw. bei Leckage des Dachaufbaus der Komplettrückbau der Dachaufbauten angewendet. Ohne Schadensfall wird zur Erneuerung der Abdichtung vorzugsweise eine neue ein- oder zweilagige Abdichtungsschicht als Bitumen oder Kunststoffabdichtung aufgebracht oder im Rahmen einer energetischen Ertüchtigung das Flachdachsystem aufgedoppelt.
Bisher existieren keine Richtlinien zur Anwendung der Lebensdauern unter Berücksichtigung der Trennbarkeit und der realen Sanierungspraxis. Für die Erstellung eines Produktsystems wurde zwischen den in Tabelle 24 dargestellten Szenarien differenziert, wobei Szenario 1 die gängige Zertifizierungspraxis nach DGNB/BNB zeigt und bei Szenario 2 die tatsächlich angewendeten Instandsetzungsmaßnahmen berücksichtigt.

Tabelle 24: Sanierungsszenarien für Wände und Dächer

Bauteil	Lebensdauer	Erneuerungszyklus
WDVS		
Szenario 01: Sanierung durch Komplett-Rückbau:		
Putzschicht	30	1
Dübel/Dämmung/Kleber etc.	30	1
Szenario 02: Sanierung durch Erneuern Putzschicht		
Putzschicht	30	1
Dübel/Dämmung/Kleber etc.	>50	0
Flachdach		
Szenario 01: Sanierung durch Komplett-Rückbau		
Abdichtungslagen mit leichter Schutzschicht	20	2
Dämmplatten, Dampfsperren etc.	30	2
Szenario 02: Sanierung durch Aufbringen neuer Abdichtungslage (ohne Rückbau) oder Teil-Rückbau		
Abdichtungslagen mit leichter Schutzschicht	20	2
Dämmplatten, Dampfsperren etc.	> 50	0

Für die Erstellung der Ökobilanz der Produktsysteme wurden wie für den Rückbau die Datensätze der Ökobau.dat 2011 verwendet. Die Zuordnung liegt im Anhang unter A3 vor. Bilanziert wurde das gesamte Produktsystem Herstellung – Instandhaltung – EoL.

Die Ergebnisse der Ökobilanzen der WDVS zeigen, dass unter Berücksichtigung der Trennbarkeit der Putzschicht die Umweltwirkungen um 30% reduziert werden können (Tabelle 25). Beim Passivhaus-Standard erhöht sich dieser Wert durch die steigenden Umweltwirkungen aus der Herstellung des Materials bei größeren Dämmstärken.

Tabelle 26 zeigt, dass sich die Umweltwirkungen bei den Flachdächern unter der Annahme der realen Sanierungsszenarien für Abdichtungslagen mit leichter Schutzlage sogar halbieren.

Tabelle 25: Ergebnisse der Ökobilanzen der Produktsysteme WDVS gemäß ENEV 2009 pro m² im Jahr (Betrachtungszeitraum 50 Jahre)

Bauteil Nr..	Szenario	PEne [MJ/m²a]	PEe [MJ/m²a]	ADP [kg Sb-Äqv./m²a]	EP [kg PO4-Äqv./m²a]	ODP [kg R11-Äqv./m²a]	POCP [kg Ethen-Äqv./m²a]	GWP [kg CO2-Äqv./m²a]	AP [kg SO2-Äqv./m²a]
W02	**Szenario 01**	13,46	0,37	6,16E-03	2,27E-04	1,78E-08	2,02E-03	7,99E-01	2,42E-03
	Szenario 02	8,50	0,31	3,84E-03	1,54E-04	1,41E-08	1,07E-03	5,08E-01	1,86E-03
W20	**Szenario 01**	7,83	0,31	3,37E-03	3,47E-04	2,24E-08	2,08E-04	6,54E-01	2,90E-03
	Szenario 02	4,79	0,22	2,07E-03	2,06E-04	1,36E-08	1,29E-04	4,03E-01	1,70E-03

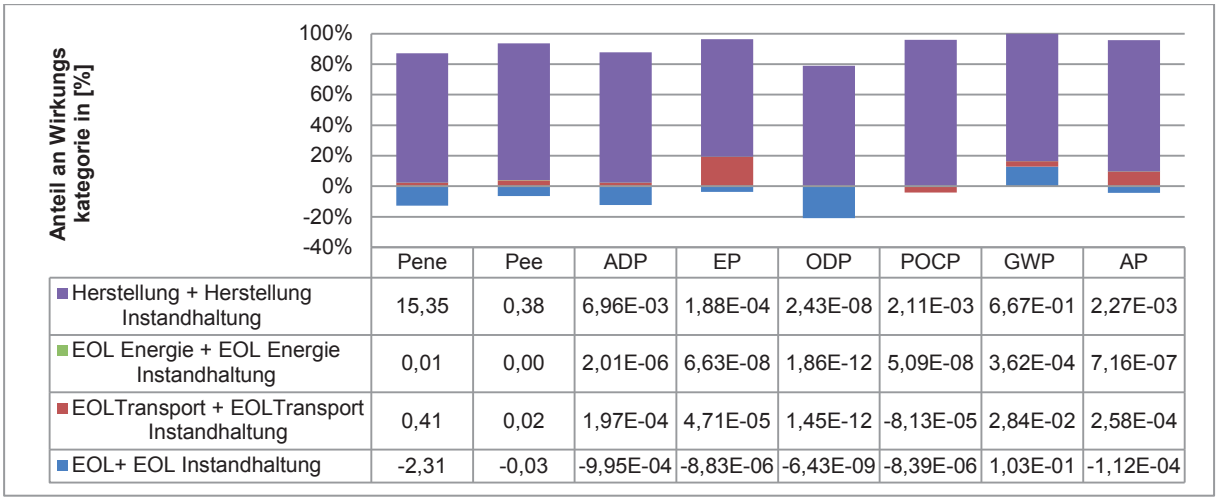
Tabelle 26: Ergebnisse der Ökobilanzen der Produktsysteme Flachdachaufbauten gemäß ENEV 2009 pro m² im Jahr (Betrachtungszeitraum 50 Jahre)

Bauteil Nr..	Szenario	PEne [MJ/m²a]	PEe [MJ/m²a]	ADP [kg Sb-Äqv./m²a]	EP [kg PO4-Äqv./m²a]	ODP [kg R11-Äqv./m²a]	POCP [kg Ethen-Äqv./m²a]	GWP [kg CO2-Äqv./m²a]	AP [kg SO2-Äqv./m²a]
FD02	**Szenario 01**	29,66	-1,14	1,54E-02	2,14E-04	4,62E-10	3,89E-03	2,80	0,003
	Szenario 02	16,12	-1,04	8,64E-03	7,68E-05	-1,51E-10	1,42E-03	1,67	0,001
FD04	**Szenario 01**	44,10	-1,04	2,11E-02	1,45E-03	7,84E-08	9,61E-04	4,05	0,014
	Szenario 02	22,86	-1,13	1,16E-02	4,94E-04	2,58E-08	4,70E-04	2,22	5,04E-03
FD05	**Szenario 01**	48,69	9,86	2,43E-02	4,71E-04	-6,72E-09	5,97E-04	2,88	4,54E-03
	Szenario 02	22,11	2,48	1,16E-02	1,80E-04	-2,82E-09	2,56E-04	1,78	1,89E-03

Mit den Ergebnissen der Szenarioanalyse wurde die hohe Relevanz der Trennbarkeit von Materialschichten hybrider Außenbauteile für den gesamten Lebenszyklus dieser Bauteile verifiziert. Es wird empfohlen, die Ergebnisse in die Bewertungsmethodik von Nachhaltigkeitsuntersuchungen einfließen zu lassen.

5.3.2 Abschneidekriterien

Wie in Abschnitt 5.2.4 festgestellt können die Energieaufwände für Werkzeuge beim Rückbau der Flachdachaufbauten vernachlässigt werden. Es bleibt zu prüfen, inwiefern die Energieaufwände für Werkzeuge bei der Ökobilanz der WDVS des Gesamt- Produktsystem als Untersuchungsrahmen von Bedeutung sind.
Im Folgenden werden die Ergebnisse der Ökobilanz des gesamten Lebenszyklus exemplarisch für W02 und die Worst-Case Szenarien gegliedert nach Herstellung – EoL der Abbruchmassen – EoL-Transport und EoL-Energie Werkzeuge dargestellt.
Bei W02 (WDVS EPS + Dübel auf STB) war der Energieverbrauch minimal, entsprechend könnte der Energiefluss durch Werkzeuge bei der Ökobilanz bei mit EPS und WW belegten WDVS entfallen (vgl. Abbildung 82). Anders bei den WDVS mit Mineralwolle. Bei dem als Worst-Case-Szenario identifizierten Bauteil W20 WDVS + Mineralwolle auf Poroton-Stein wird für den Stromverbrauch der Werkzeuge über 1% der Gesamtwirkung der erneuerbaren Primärenergien benötigt (vgl. Abbildung 83). Noch größer ist die Ausprägung der Umweltwirkungen, die bei den Vorbereitungsmaßnahmen der Porenbetonwände erforderlich sind (vgl. Abbildung 84).



	Pene	Pee	ADP	EP	ODP	POCP	GWP	AP
Herstellung + Herstellung Instandhaltung	15,35	0,38	6,96E-03	1,88E-04	2,43E-08	2,11E-03	6,67E-01	2,27E-03
EOL Energie + EOL Energie Instandhaltung	0,01	0,00	2,01E-06	6,63E-08	1,86E-12	5,09E-08	3,62E-04	7,16E-07
EOLTransport + EOLTransport Instandhaltung	0,41	0,02	1,97E-04	4,71E-05	1,45E-12	-8,13E-05	2,84E-02	2,58E-04
EOL+ EOL Instandhaltung	-2,31	-0,03	-9,95E-04	-8,83E-06	-6,43E-09	-8,39E-06	1,03E-01	-1,12E-04

Abbildung 82: Ökobilanz Produktsystem W02 – WDVS EPS gedübelt gemäß ENEV 2009 pro m² im Jahr (Betrachtungszeitraum 50 Jahre)

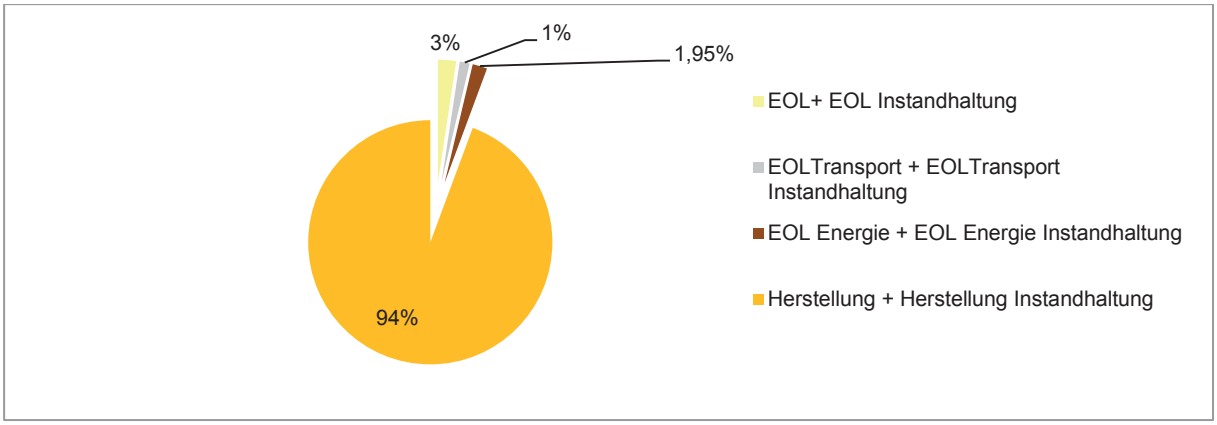


Abbildung 83: Produktsystem W 20:Wirkungskategorie PE e in [MJ]: Verteilung Herstellung + Instandhaltung/EOL

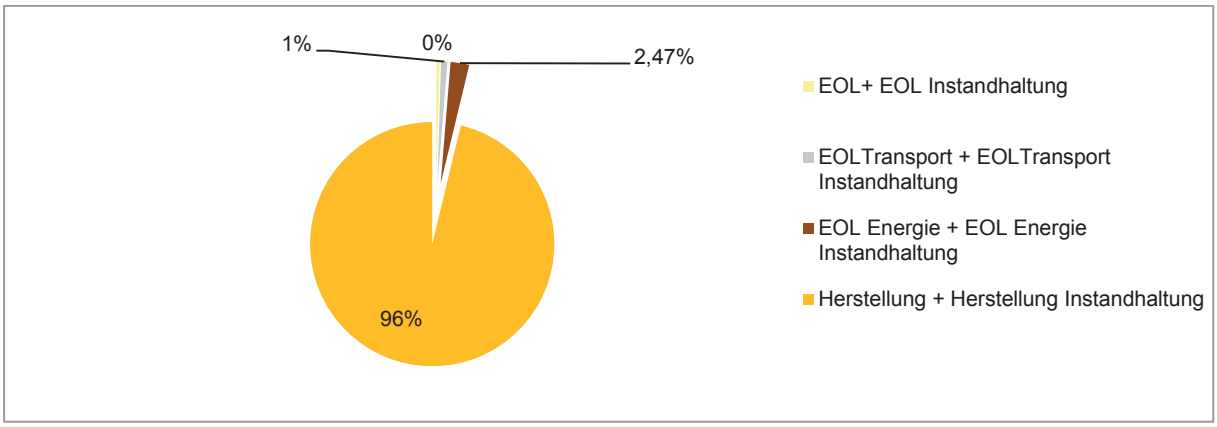


Abbildung 84: Produktsystem W 29: Wirkungskategorie PE e in [MJ]: Verteilung Herstellung + Instandhaltung/EOL

Die Ergebnisse zeigen, dass bei der Berechnung der Ökobilanz nicht grundsätzlich auf die Ermittlung der Energie für Werkzeuge verzichtet werden kann.

5.4 Prüfung der Ergebnisse

In der Datenbank Ökobau.dat sind bereits Datensätze zur Bilanzierung der Umweltbelastungen von WDVS vom Fachverband WDVS für Systeme mit EPS geklebt, EPS geklebt + Dübel sowie Mineralfaserdämmplatten als Muster Umwelt-Systemdeklaration (ESD) nach ISO 14025 veröffentlicht (vgl. Abbildung 85).

Der Systemaufbau des WDVS mit EPS geklebt und gedübelt entspricht dem Aufbau W02, unterscheidet sich jedoch hinsichtlich der Dämmstoffdicke, der Dichte des Dämmstoffes und dem Dämmstoffhalter. Beim Umwelt-System-Deklaration (ESD) des WDVS wird eine Dämmstoffdicke von 16 cm zu Grunde gelegt, bei den Musterversuchen 10 cm (Versuchsdurchführung) bzw. 14 cm (Dämmstoffdicke nach ENEV 2009). Zusätzlich variieren die Produkteigenschaften der in den EPDs bilanzierten Dämmstoffplatten EPS, z.B. hinsichtlich der Dichte zwischen 17 kg/m³ und 23 kg/m² (vgl. [43]und [44]). Die Dichte des EPS der Musterwände betrug ca. 14 kg/m³.

Auswertegröße pro 1m² WDVS	A1-A3 Herstellung der Systemkomponenten	A4-A5 Transport und Verarbeitung	B Instandhaltung	C End of life (selektiv)	D Gutschrift (selektiv)
Primärenergie (nicht erneuerbar) [MJ]	331,18	28,69		7,95	-87,06
Primärenergie (erneuerbar) [MJ]	7,07	0,15		0,16	-1,12
Treibhauspotential (GWP) [kg CO_2-Äqv.]	14,48	2,04		10,18	-5,14
Ozonabbaupotential (ODP) [kg R11-Äqv.]	5,86E-07	2,92E-08		1,06E-08	-2,39E-07
Versauerungspotential (AP) [kg SO_2-Äqv.]	4,89E-02	8,93E-03		1,97E-03	-5,89E-03
Eutrophierungspotential (EP) [kg PO_4^{3-}-Äqv.]	3,80E-03	2,02E-03		1,23E-03	-6,80E-04
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP) [kg C_2H_4-Äqv.]	4,98E-02	4,68E-03		6,34E-04	-5,85E-04

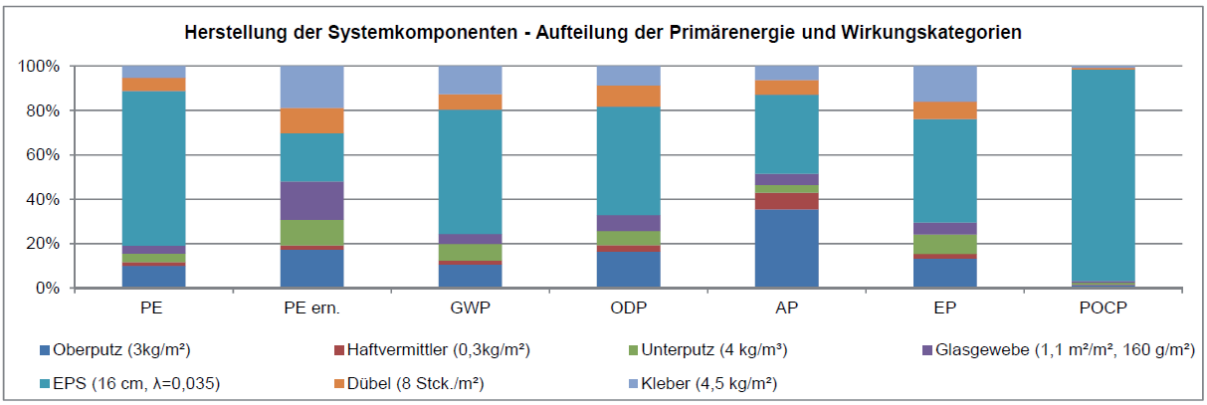


Abbildung 85: Darstellung der Ergebnisse der Ökobilanz WDVS mit EPS geklebt und gedübelt aus Muster ESD-FVW-2011511-D

Nach Anpassung der Eingangswerte der Versuche für Masse, Dämmstoffdicke (16 cm) sowie dem Dämmstoffhalter als Schraubdübel ergeben sich aus den Ergebnissen der Musterwände folgende Werte für die Ökobilanz:

Tabelle 27: Übersicht Ergebnisse Musterwände (angepasst: Dichte 17 kg/m³, Dämmstoffstärke: 16 cm, Wärmedämmstoffhalter Ejot STR-U)

Wirkungskategorie	EoL	Transport	Energie Werkzeuge/ Abriss	Summe
Primärenergie nicht regenerierbar in [MJ]	85,17	13,66	0,16	-71,36
Primärenergie regenerierbar in [MJ]	-1,08	0,54	0,03	-0,51
Treibhauspotential (GWP 100) in [kg CO_2-Äqv.]	3,24	9,42E-01	9,75E-03	4,19
Ozonabbaupotential (ODP) in [kg R_{11}-Äqv.]	-2,15E-07	4,80E-11	5,00E-11	-2,15E-07
Versauerungspotential (AP) in [kg SO_2-Äqv.]	-5,26E-03	8,55E-03	1,93E-05	3,32E-03
Eutrophierungspotential (EP) in [kg PO_4-Äqv.]	-4,53E-04	1,56E-03	1,79E-06	1,11E-03
Photochem. Oxidantien-bildungspot. (POCP)	-4,88E-04	-2,70E-03	1,37E-06	**-3,18E-03**

Die Ergebnisse für die einzelnen Indikatoren weichen von den vom IBU veröffentlichen Zahlen der ESD ab. Diese Abweichungen sind vermutlich zurückzuführen auf unterschiedliche Größen der Ausgangsparameter wie die Masse der Dämmstoffe, Dämmstoffdicken sowie abweichende Annahmen für die Aufwendungen für die Transporte zur Weiterverarbeitung oder zur Entsorgung. Weiterhin führen die Verluste durch nicht vollständig zu entfernende Dübelreste bzw. Abfälle aus Wärmedämmstoffhaltern, die zusammen mit Kleberesten als Baumischabfall deponiert werden, zu geringen Gutschriften beim Abriss.

6 Verifizierung an Realobjekten

6.1 Allgemeines

Die in den Musterversuchen gewonnenen Ergebnisse wurden anhand ausgewählter Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen verifiziert. Zusätzlich sollte bestimmt werden, von welchen weiteren Parametern wie Alterungsprozesse, „maschinelle“ Rückbautechniken oder objektspezifischen Eigenschaften die Trennbarkeit der Bauteile abhängig ist.

Analog der Vorgehensweise bei den Bauteilversuchen wurden alle Stoffflüsse sowie der Arbeitszeitaufwand der Trennung bilanziert. Hierbei bleibt anzumerken, dass nicht alle Ergebnisse der realen Rückbauprojekte in vergleichbarer Qualität und Detailtiefe wie bei den Versuchen ermittelt werden konnten. Erschwerend kam bei der Verifizierung hinzu, dass sich die Recherche nach Realobjekten sehr schwierig gestaltete. Neben der Tatsache, dass Rückbau – und Abbautätigkeiten bei WDVS bisher noch sehr gering sind, werden Rückbaumaßnahmen meist in einem kurzen Zeitrahmen unter witterungsbedingten Termindruck von nicht ortsansässigen Unternehmen vorgenommen. Dennoch konnten grundsätzliche Aussagen durch den Vergleich am Realobjekt gesammelt werden.

Die Versuche auf der Baustelle wurden von qualifizierten Mitarbeitern der Praxispartner innerhalb des tatsächlichen Bauablaufs durchgeführt. In Abhängigkeit des jeweiligen Projektes variieren die Randbedingungen wie die Größe der Prüfflächen, Witterungsverhältnisse als auch der Einsatz technischer Hilfsmittel. Die Ergebnisse werden für die Bezugsgröße „1 m²“ dargestellt. Im Folgenden werden zunächst die in der Baupraxis anzutreffenden Rückbautechniken im Allgemeinen und an Einzelbeispielen erläutert.
Grundsätzlich variieren Abrissverfahren und der Rückbauaufwand in Abhängigkeit unterschiedlicher Parameter wie Bauteilaufbau, Baualter, Witterung, Einbausituation oder Kosten- und Termindruck. Nach Aussage von Fachleuten ist hierbei jeder Rückbau als Einzelfall zu betrachten. Mitunter werden als Vorbereitungsmaßnahmen für den tatsächlichen Rückbau im Feldversuch exemplarisch Teilflächen zurückgebaut, um den zu erwartenden Zeit- und Kostenaufwand für die Trennung zu ermitteln. Bei Umbaumaßnahmen im laufenden Betrieb ist dies jedoch meistens nicht möglich. Besteht der Verdacht auf Schadstoffbelastung z.B. durch PAK- oder KMF-Fasern, müssen Materialproben vor dem Rückbau analysiert werden, um die Abrisstechniken festzulegen. Es wird versucht, unter Einsatz großer Werkzeuge einen effektiven Rückbau zu gewährleisten. Die Tragfähigkeit und die Dachform schränken hierbei den Einsatz von Baggern oder Schrubbern ein. Vorzugweise erfolgt der Abbruch als selektiver Rückbau, um die Entsorgungskosten zu minimieren. Abbruchkosten variieren entsprechend des möglichen Abrissverfahrens zwischen 4 €/m² bei einfachen Aufbauten, wie EPS mit Kunststoffabdichtung, und steigen bis zu Maximalwerten von 25 €/m².

In der Baupraxis zeigte sich, dass die Zielsetzung der sortenreinen Trennung nicht allein von der Wahl des richtigen Bauteilaufbaus abhängt. Die Trennbarkeit wird ebenso beeinflusst von baubetrieblichen Faktoren wie Termindruck, Zugänglichkeit der Fläche oder auch dem Angebot der Lagerkapazitäten zur Trennung nach Abfallfraktionen. Je nach Anordnungsmöglichkeit und Wahl des Sammelbehälters schwanken die Arbeitsaufwandszeiten erheblich. Diese Aspekte blieben bei der Versuchsdurchführung unberücksichtigt.

6.2 Verifizierung Versuchsergebnisse Wand

Die Abrissverfahren bei WDVS werden entsprechend dem Anwendungszweck in Abhängigkeit von Umfang und Zielsetzung gewählt. Rückbaumaßnahmen kleineren Umfangs erfolgen manuell. Zunächst wird die Putzschicht geschossweise abgezogen und dann mit Schaufel ohne Einsatz umfangreicher technischer Hilfsmittel die Dämmung meist manuell zurückgebaut. Bei größeren Umbaumaßnahmen insbesondere im Zuge eines Teilabrisses kann das WDVS mithilfe eines Löffelbaggers abgeschält werden.

Der Rückbau des WDVS wurde im Rahmen der energetischen Ertüchtigung des 1985 errichteten Museums für angewandte Kunst (MAK) Frankfurt vorgenommen. Zielsetzung der Sanierung war die Erhaltung des vom Architekten Richard Meier geplanten Gebäudes hinsichtlich Kubatur und Gestaltung. Zwischen 2008-2012 wurden umfangreiche Sanierungsarbeiten vorgenommen. Insgesamt wurden 5500 m² Fassadenfläche neu belegt.

Unter anderem wurde das bestehende WDVS mit EPS-Platten von 60 mm Dicke ersetzt durch Phenolharzplatten gleicher Dämmstärke mit niedriger Wärmeleitfähigkeit. Die EPS-Dämmplatten sind 1985 im Punkteklebeverfahren ohne Verdübelung verlegt worden. Der Rückbau des WDVS gliedert sich in zwei Arbeitsschritte „Abziehen Putz“ und „Rückbau Dämmplatten“ und wird im Folgenden dargestellt.

Beispiel 1 – Ablösen Putzschicht

Für den Rückbau wurde im ersten Arbeitsschritt der Putz entfernt. Hierbei wurde gerüstlagenweise unter gleichzeitigem Einsatz mehrerer Mitarbeiter vorgegangen. Die Putzschicht konnte abgezogen und dann mit der Kante eines Spatens getrennt werden. Die Arbeitszeitdauer betrug ca. 1 min pro m². Wie Abbildung 86 zeigt konnte die Putzschicht ohne Anhaftungen oder Zerstörung der EPS-Platten entfernt werden, so dass im Falle einer Wiederbelegung keine Vorbereitungsmaßnahmen notwendig wären.

Die Ergebnisse des Rückbaus der Putzschicht sind mit den Versuchswerten hinsichtlich der Wiederbelegbarkeit als auch der Arbeitszeitdauer vergleichbar. Auf eine Auswertung der Stoffströme wurde im Rahmen der Verifizierung verzichtet.

Abbildung 86: Beispiel 1 und 2 - EPS-Platten nach Rückbau Putzschicht Untergrund Stahlbeton nach Abheben WDVS

Beispiel 2 –Rückbau WDVS-EPS verklebt auf Stahlbeton

Der Rückbau des Putzes ist unter Beispiel 1 dargestellt. Als nächstes wurden die EPS-Dämmplatten und des Klebemörtel in einem Arbeitsschritt von den Betonwänden entfernt. Hierbei konnte auf technische Hilfsmittel nahezu verzichtet werden. In ca. 3 min pro m² wurden die EPS-Platten vom Untergrund mit einer Schaufel abgehoben. EPS und der Klebemörtel wurden ohne weiteres Separieren als Baumisch-Abfall entsorgt. Die Demontage erfolgte rückstandslos. Insgesamt betrug der mittlere Arbeitszeitaufwand für den Rückbau des Gesamtsystems 4 min/m². Im Vergleich mit den Musterbauteilen verringerte die hier angewendete Verlegung mit Klebepunkten, die nach heutigem Stand der Technik nicht mehr zulässig ist, den Demontageaufwand.

Die Aufwandszahlen der Versuchsergebnisse konnten mit dem Beispiel nicht bestätigt werden, da die Verklebung nicht dem heutigen Standard von mindestens von 40% sondern höchstens 20% entsprach und die Abfallfraktionen nicht getrennt wurden. Hinsichtlich der Wiederbelegbarkeit des Untergrundes stimmen die Ergebnisse überein. Die Demontage von EPS-Dämmschicht und Klebemörtel in einem Arbeitsschritt wird Abschnitt 7.2 als Szenario 04 dargestellt.

6.3 Verifizierung Versuchsergebnisse Dach

Grundsätzlich werden die Rückbautechniken der Zielsetzung der Baumaßnahme angepasst. Für den Rückbau von Flachdachaufbauten stehen verschiedene Arbeitsgeräte zur Verfügung, z.B. Bagger, Kiesabsauggeräte, Dachschneider, Rüttler oder Dachschäler. Sie kommen je nach Einsatzort und Größe zum Einsatz. Bei kleinen Bauvorhaben wird der Rückbau zum großen Teil manuell vollzogen. Nach Angaben von Fachleuten rechnet man zum Rückbau von Dachaufbauten mit einem Bagger mit 1,5 min pro m² und beim manuellen Rückbau mit 15 min pro m².

Im Rahmen der thermischen Ertüchtigung des MAK Frankfurt wurde Mitte März 2012 das Kompaktdach aufgedoppelt. Teils wurde der existierende Dachaufbau von 80 mm Schaumglas-Platten um einen weiteren Kompaktdachaufbau ergänzt, in Dachrandbereichen mussten aufgrund von Anschlussproblemen die Dachaufbauten komplett zurückgebaut werden. Der Rückbau des Kompaktdaches gliederte sich in die zwei Arbeitsschritte „Ablösen Bitumenabdichtung“ und „Abheben Dämmung“ und wird im Folgenden beschrieben.

Abbildung 87: Beispiel 3 - Rückbau Bitumenabdichtung beim Kompaktdach

Alternativ zu den manuellen Rückbautechniken hätte das Kompaktdach im ersten Schritt mit einem Dachschneider mit einer Schneidtiefe bis zu 100 – 140 mm getrennt und mit einem Dachschäler abgeräumt werden können. Beides sind benzinbetriebene Dachsanierungsgeräte, diese wurden jedoch in diesem Sanierungsfall nicht eingesetzt.

Beispiel 3 –Ablösen Bitumenabdichtung beim Kompaktdach

Im Gegensatz zu den Musterversuchen war für das Trennen der drei- bis vierlagigen Bitumenabdichtung (12- 18,5 mm Dicke) in 1 m breite Bahnen der Einsatz eines elektrischen Fuchsschwanzes erforderlich. Die Bahnen konnten problemlos von einem Mitarbeiter abgezogen werden. An den Bitumenabdichtungen verblieb eine einporige Schaumglasschicht, auf dem Schauglas selbst waren keine Bitumenrückstände.

Durch den Einsatz des elektrischen Hilfsmittels konnte der Arbeitszeitaufwand für den gesamten Arbeitsschritt auf ca. 1 min pro m² minimiert werden. Unter Berücksichtigung der geänderten Trenntechnik bei größerer Materialstärke sind die Ergebnisse mit den Versuchswerten vergleichbar ist.

Der Energieaufwand war geringfügig und es kann auf eine weitere Auswertung der Stoffströme verzichtet werden.

Beispiel 4 –Rückbau Kompaktdach von Stahlbeton

Nach dem Entfernen der Abdichtung wurden die Schaumglasplatten manuell mit Schaufeln zerkleinert und abgehoben. Wie auch bei den Dachversuchen in der Versuchsanstalt wurden die Schaumglasplatten beim Rückbau komplett zerstört. Die aus dem Verguss mit Heißbitumen zurückbleibenden Bitumenreste konnten nicht vom Schaumglas separiert werden. Inklusive der Reinigung des Daches durch Fegen betrug die erforderliche Zeit für den Rückbau des gesamten Dachaufbaus ca. 20 min pro m².

Rückbautechniken, die Aufwandszahlen und die Verunreinigungsgrade der Bauabfälle sind mit den Versuchsergebnissen vergleichbar. Auf die Auswertung der Stoffströme kann verzichtet werden.

Abbildung 88: Beispiel 4 - Rückbau Kompaktdach von Stahlbetondecke

Beispiel 5 –Rückbau saniertes Bitumenkaltdach + EPS + mit Kunststoffabdichtung Polyisobutylen (PIB) auf Porenbetondecke

Untersucht wurde der Komplett-Rückbau eines mehrfach sanierten Industriedaches. Als ursprünglicher Aufbau befand sich eine doppellagige Bitumenabdichtung auf dem mit bituminösem Voranstrich vorbereiteten Porenbetondach, auf die partiell im Rahmen von Instandhaltungsmaßnahmen zusätzliche Bitumenbahnen aufgebracht wurden. Bei einer weiteren Sanierung wurde das Dach mit einer EPS Dämmung von 32 mm und einer neuen doppellagigen Bitumenabdichtung belegt. Vor 10 Jahren wurde wegen Undichtigkeiten auf diese Abdichtungslage eine Polyisobutylen (PIB) Kunststoffabdichtung aufgebracht. Beim Rückbau kamen als Arbeitshilfen Dachschneider und Dachabräumer zum Einsatz. Alle Bauteilschichten wurden getrennt nach den Abfallfraktionen Bitumen, EPS und Kunststoffabdichtung gesammelt und einer Weiterverwertung zugeführt.

Der Rückbau des Daches wurde durch 3 Mitarbeiter erbracht. Im ersten Schritt wurden die Dachaufbauten mit einem Dachschneider in ca. 60 cm breite Dachbahnen geschnitten und dann mit einem Dachabräumer von der Tragschicht entfernt. Dies erfolgte wider Erwarten ohne Rückstände auf dem Porenbetondach (vgl. Abbildung 89).
Alle Materialien konnten ohne großen Zeitaufwand separiert werden, da die Verbundwirkung zwischen den Bauteilschichten durch den Alterungsprozesses oder evtl. wegen Fehlern bei der Verlegung nicht mehr bestand. Die mittlere Arbeitsaufwandszahl der gesamten Rückbaumaßnahme betrug 5 min pro m², die Laufzeit des Dachschneiders ca. 2 sec pro m² und die des Dachräumers 15 - 20 sec pro m². Die Verbräuche für die benzinbetriebenen Dachsanierungsgeräte konnten nicht erfasst werden, können jedoch wegen Geringfügigkeit vernachlässigt werden.

Der dargestellte Dachaufbau des Praxisbeispiels ist mit keinem der Musterbauteile direkt vergleichbar und somit die Ergebnisse ebenfalls nicht. Das Praxisbeispiel repräsentiert jedoch die Vielfalt der in der Baupraxis anzutreffenden Aufbauten aktueller Rückbaumaßnahmen von Dächern und der angewendeten Techniken. In den seltensten Fällen entspricht das zurückzubauende Dach dem ursprünglichen Aufbau bzw. den Musterbauteile. Vielfach wird der Rückbau nach mehrfachen Instandhaltungs- und Sanierungsmaßnahmen vollzogen.
Auf Basis der ermittelten Arbeitsaufwandszahlen dieses Beispiels wurde in Kapitel 7.2.2 das Szenario 04 „Einsatz technischer Hilfsmittel“ untersucht.

Abbildung 89: Beispiel 5 – Rückbau Flachdach EPS mit Bitumenabdichtung

7 Auswertung

7.1 Gesamtbewertung

In der folgenden Auswertung sollen die Ergebnisse von Sachbilanz und Wirkungsabschätzung zusammen ausgewertet werden. Die Ergebnisse der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung wurden bereits am Ende des jeweiligen Kapitels zusammenfassend dargestellt.
Für die praxisnahe Bewertung der Trennbarkeit ist es erforderlich, alle ermittelten Umweltwirkungen und Kosten gegenüber zustellen und abzuwägen. Hierbei wird eine Bewertungsmatrix mit verschiedenen Bedeutungsfaktoren als Gewichtung verwendet. Für die Gesamtbewertung unter ökologischen und ökonomischen Aspekten wurde die Bewertungsmatrix der DGNB/BNB übernommen. Beide Zertifizierungssysteme gewichten die Bewertung der einzelnen Kriterien mit definierten Bedeutungsfaktoren. Diese verteilen sich auf die Wirkungskategorie beim DGNB-Gütesiegel wie folgt:

Tabelle 28: Bedeutungsfaktoren der Wirkungskategorien in Anlehnung an das DGNB/BNB-System

Wirkungskategorie	Gewichtungsfaktoren
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PE_{ne})	3
Primärenergiebedarf erneuerbar (PE_{e})	2
Abiotischer Ressourcenverbrauch	1
Eutrophierungspotential (EP)	1
Ozonabbaupotential (ODP)	1
Photochem. Oxidantien-bildungspot. (POCP)	1
Treibhauspotential (GWP 100)	3
Versauerungspotential (AP)	1
Summe	13
Ökonomie	13
Gesamtsumme	26

Ökonomie und Ökologie erhalten wie beim DGNB-System eine 50/50 Gewichtung. Beim DGNB Gütesiegel NBV Version 2009 beträgt der Anteil der ökologische Wirkungskategorien an Gesamtsumme der Ökologische Qualität 13:21, d.h. ca. 62% und der Anteil der Lebenszykluskosten an der Gesamtsumme der ökonomischen Qualität 3:5, bzw. 60 %.
Das Bewertungsschema der ökologischen sowie der ökonomischen Aspekte im Einzelnen erfolgte analog der Bewertungsmethodik des BNB bzw. DGNB-Systems mit dem Ziel-Referenz- und Grenzwert. Zunächst wurden die Minima der Umweltindikatoren bzw. Kosten als Zielwert, die Mediane als Referenzwert und das Maxima als Grenzwerte ermittelt. Die Bewertungspunktvergabe wurde wie folgt vergeben:

Zielwert	**10 Bewertungspunkte**
Referenzwert	**5 Bewertungspunkte**
Grenzwert	**0 Bewertungspunkte**

Die Zwischenwerte wurden mit 7,5 bzw. 2,5 Bewertungspunkten eingestuft. Bei der Teilbetrachtung der ökologischen bzw. ökonomischen Wirkung ergeben sich jeweils 130 Bewertungspunkte als Maximalwert und bei der Gesamtbewertung 260 Bewertungspunkte. Dieser Maximalwert wurde bei keinem der Bauteile erreicht.

Die Skalierung der Bewertung wird in der folgenden Tabelle dargestellt:

Bewertung	Gesamtbewertung	Teilbewertung
sehr gut	200-260 Bewertungspunkte	100-130 Bewertungspunkte
gut	150-200 Bewertungspunkte	75-100 Bewertungspunkte
mittel	100-150 Bewertungspunkte	50-75 Bewertungspunkte
schlecht	50-100 Bewertungspunkte	25-50 Bewertungspunkte
sehr schlecht	0-50 Bewertungspunkte	0-25 Bewertungspunkte

Die finalen Ergebnisse werden in den folgenden Tabellen dargestellt.

Tabelle 29: Bewertung des Rückbaus der WDVS (ENEV)

Tragschicht	EPS geklebt	EPS geklebt + Dübel	MW geklebt + Dübel	WW geklebt + Dübel	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	MW geklebt + Dübel auf Altputz	WW geklebt + Dübel auf Altputz	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	MW geklebt + Dübel auf WDVS
Stahlbeton	gut	mittel	schlecht	gut	schlecht	schlecht	gut	schlecht	sehr schlecht
KS-Wand	mittel	mittel	schlecht	gut	schlecht	sehr schlecht		schlecht	schlecht
Poroton-Wand	mittel	mittel	schlecht	mittel	schlecht	schlecht		schlecht	schlecht
Porenbeton-Wand	sehr schlecht		schlecht	mittel	sehr schlecht	sehr schlecht			

Aufwand zur Demontage nach Bewertungsskala DGNB: ökologischen Wirkungskategorien

Tragschicht	EPS geklebt	EPS geklebt + Dübel	MW geklebt + Dübel	WW geklebt + Dübel	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	MW geklebt + Dübel auf Altputz	WW geklebt + Dübel auf Altputz	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	MW geklebt + Dübel auf WDVS
Stahlbeton	mittel	mittel	schlecht	sehr gut	mittel	sehr schlecht	sehr gut	schlecht	schlecht
KS-Wand	mittel	mittel	schlecht	sehr gut	mittel	sehr schlecht		schlecht	schlecht
Poroton-Wand	schlecht	schlecht	schlecht	mittel	schlecht	schlecht		schlecht	schlecht
Porenbeton-Wand	sehr schlecht		schlecht	mittel	sehr schlecht	sehr schlecht			

Aufwand zur Demontage nach Bewertungsskala DGNB: Ökonomie

Tragschicht	EPS geklebt	EPS geklebt + Dübel	MW geklebt + Dübel	WW geklebt + Dübel	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	MW geklebt + Dübel auf Altputz	WW geklebt + Dübel auf Altputz	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	MW geklebt + Dübel auf WDVS
Stahlbeton	sehr gut	mittel	mittel	mittel	schlecht	schlecht	mittel	schlecht	sehr schlecht
KS-Wand	mittel	mittel	schlecht	schlecht	sehr schlecht	schlecht		schlecht	schlecht
Poroton-Wand	mittel	mittel	schlecht	mittel	mittel	schlecht		schlecht	schlecht
Porenbeton-Wand	sehr schlecht		schlecht	mittel	sehr schlecht	sehr schlecht			

Tabelle 30: Bewertung des Rückbaus der WDVS (PH)

Tragschicht	EPS geklebt	EPS geklebt + Dübel	MW geklebt + Dübel*	WW geklebt + Dübel*	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	MW geklebt + Dübel auf Altputz*	WW geklebt + Dübel auf Altputz*	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	MW geklebt + Dübel auf WDVS*
Stahlbeton	gut	mittel	mittel		schlecht	schlecht		schlecht	sehr schlecht
KS-Wand	mittel	mittel	schlecht		schlecht	schlecht		schlecht	schlecht
Poroton-Wand	mittel	mittel	schlecht		mittel	schlecht		mittel	schlecht
Porenbeton-Wand	sehr schlecht		schlecht	gut	sehr schlecht	sehr schlecht			

Aufwand zur Demontage nach Bewertungsskala DGNB: ökologischen Wirkungskategorien

Tragschicht	EPS geklebt	EPS geklebt + Dübel	MW geklebt + Dübel*	WW geklebt + Dübel*	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	MW geklebt + Dübel auf Altputz*	WW geklebt + Dübel auf Altputz*	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	MW geklebt + Dübel auf WDVS*
Stahlbeton	mittel	mittel	schlecht		mittel	sehr schlecht		schlecht	schlecht
KS-Wand	mittel	mittel	schlecht		mittel	sehr schlecht		schlecht	schlecht
Poroton-Wand	mittel	schlecht	schlecht		schlecht	sehr schlecht		schlecht	schlecht
Porenbeton-Wand	sehr schlecht		schlecht	sehr gut	schlecht	schlecht			

Aufwand zur Demontage nach Bewertungsskala DGNB: Ökonomie

Tragschicht	EPS geklebt	EPS geklebt + Dübel	MW geklebt + Dübel*	WW geklebt + Dübel*	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	MW geklebt + Dübel auf Altputz*	WW geklebt + Dübel auf Altputz*	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	MW geklebt + Dübel auf WDVS*
Tragschicht	sehr gut	gut	mittel		schlecht	mittel		schlecht	sehr schlecht
Stahlbeton	mittel	gut	schlecht		schlecht	mittel		schlecht	schlecht
KS-Wand	mittel	gut	schlecht		mittel	mittel		mittel	schlecht
Poroton-Wand	sehr schlecht		schlecht	mittel	sehr schlecht	sehr schlecht			

Anhand der Ergebnisse der Geamtbewertung wird ablesbar, dass keines der Bauteile gleichermaßen ökologische und ökomische Anforderungen optimal erfüllt (vgl. Tabelle 29 - Tabelle 31).
Wie bereits die Sachbilanz und Wirkungsabschätzung zeigten, sind die Umweltwirkungen der WDVS mit WW mit so hohen Entlastungen durch die Gutschrift des Heizwertes verbunden, dass sie die Gesamtbewertung dominieren. Die Notwendigkeit der Sortenreinheit besteht bei der thermischen Verwertung nicht. Hinsichtlich der ökonomischen Qualität nimmt das verklebte WDVS mit EPS auf der Stahlbetonplatte durch den extrem geringen Zeitaufwand den Spitzenplatz ein. Die Vorteilhaftigkeit der leichteren Demontage der Mineralwollplatten spielt durch hohe Entsorgungskosten keine Rolle. Die Auswertung der Bauteile gemäß PH-Standard zeigt, dass sich Ausprägungen dieser Tendenzen infolge höherer Dämmstärke verstärken.

Bei den Dächern ergibt sich ein ähnliches Bild, wie Tabelle 31 zeigt. Das Ergebnis der Dachaufbauten wird geprägt von dem hohen Heizwert des Bitumens. Aus ökonomischer Sicht wirkt sich die schnelle Demontierbarkeit der lose verlegten Aufbauten und der Aufbauten auf Trapezblechkonstruktion positiv aus. Flachdächer mit Mineralwolle werden trotz kürzerer Rückbauzeit auf Grund der schlechten Umweltwirkung und Deponiekosten schlechter eingestuft. Die Flachdachaufbauetn in PH-Standard wurden ebenfalls bewertet und wiesen die gleiche Bewertung wie die Bauteile nach ENEV 2009 auf.

Tabelle 31: Bewertung des Rückbaus der FD (ENEV)

Tragschicht	FD-Aufbau	Bewertung Gesamt	Ökologie	Ökonomie
Stahlbeton	Warmdach lose verlegt mit Auflast, EPS mit PIB	gut	mittel	gut
	Warmdach lose verlegt mit Auflast, MW mit PIB	schlecht	schlecht	schlecht
	Warmdach verklebt, EPS + Bitumen	schlecht	mittel	schlecht
	Warmdach verklebt, MW + Bitumen kaltselbstklebend	schlecht	schlecht	schlecht
	Warmdach verklebt, MW + Bitumen im Schweißverfahren	schlecht	mittel	schlecht
	Kompaktdach	schlecht	schlecht	schlecht
	Umkehrdach	gut	mittel	gut
	Warmdach verklebt, EPS + Kunststoffabdichtung FPO mit Vlies	mittel	schlecht	mittel
	Warmdach verklebt, MW + Kunststoffabdichtung FPO mit Vlies	schlecht	sehr schlecht	schlecht
Stahlbeton Sanierung	Warmdach verklebt, EPS mit Zusatzdämmung	gut	mittel	gut
	Warmdach verklebt, MW mit Zusatzdämmung	schlecht	mittel	sehr schlecht
	Warmdach verklebt, EPS + Bitumenabdichtung 4-lagig mit Zusatzdämmung Umkehrdach	gut	gut	mittel
	Warmdach verklebt, MW + Bitumen im Schweißverfahren mit Zusatzdämmung Umkehrdach	mittel	gut	schlecht
	Kompaktdach mit Zusatzdämmung	schlecht	mittel	schlecht
Trapezblech	Warmdach lose verlegt mechanisch befestigt, EPS mit PIB	gut	schlecht	sehr gut
	Warmdach lose verlegt mechanisch befestigt, MW mit PIB	schlecht	schlecht	mittel
	Warmdach verklebt, EPS + Bitumenabdichtung kaltselbstklebend	gut	mittel	gut
	Warmdach verklebt, MW + Bitumen kaltselbstklebend	schlecht	schlecht	schlecht
	Warmdach verklebt, MW + Bitumenabdichtung verschweißt	schlecht	mittel	schlecht
	Kompaktdach	mittel	schlecht	gut
	Warmdach verklebt, EPS + FPO mit Vlies	gut	schlecht	sehr gut
	Warmdach verklebt, MW + FPO mit Vlies	schlecht	sehr schlecht	mittel

7.2 Sensitivitätsanalyse

Bisher liegen keine vergleichbaren Daten zur Trennbarkeit vor. Im Folgenden sollen mithilfe einer Sensitivitätsanalyse die signifikanten Parameter indentifiziert und die bisherigen Auswertungen überpüft werden. Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse werden alle Wand- und Dachaufbauten untersucht. Die Wirkungen der verschieden Szenarien werden im Einzelnen repräsentativ an W11 (mit EPS verklebt + Dübel auf KS-Stein) bzw. bei den Dachaufbauten für die FD 02 (EPS mit Bitumenabdichtung) und im Anschluss für alle Bauteile nach der in Kapitel 7.1 angewendeten Bewertungsmethodik ermittelt und dargestellt.

7.2.1 Wandaufbauten

Szenario 01: Anwendung Thermoschraubdübel (Vgl. W13)

Im Rahmen der Untersuchung wurde festgestellt, dass die Wahl der Wärmedämmstoffhalter Einfluss auf den Arbeitsaufwand zur Demontage und die Umweltwirkungen hat. Häufig finden in der Baupraxis Schraubdübel Einsatz. Entsprechend werden bei allen Wänden in Szenario 01 Schraubdübel angewendet. Folgende Daten wurden verwendet:

EoL Dübel/Schrauben:	*thermische Verwertung/Stahlrecycling*
Arbeitszeitaufwand:	*analog Werte W12,*

Ergebnis: Die Umweltwirkungen verbessern sich durch das Recyclingpotential von Stahl, jedoch steigt der Arbeitsaufwand bei der Anwendung von Schraubdübeln, wie in Abbildung 91 dargestellt, wodurch die Gesamtbewertung nach DGNB unverändert bleibt (vgl. Tabelle 32).

Szenario 02: Änderung Entfernung zur thermische Verwertung: 50 km

Szenario 2 untersucht den Einfluss der Transportentfernungen durch eine engere Entsorgerdichte.

Transport zur thermischen Verwertung:	*50 km (vorher 125 km)*

Ergebnis: Ein engeres Entsorgungsnetz optimiert die Bewertung der Bauteile mit hohen Anteilen an EPS. Die Reduktion der Umweltwirkungen ist so hoch, dass sich die Bewertung nach DGNB ändert (Vgl. Tabelle 32 und Abbildung 92).

Szenario 03: sortenreine Trennung durch geänderte Aufbauten/Materialien

Bei Szenario 3 wird angenommen, dass durch innovative Systemaufbauten die sortenreine Trennung von Wärmedämmstoffhaltern, Dämmstoffplatten und Klebemörtel möglich ist. Die mineralischen Abbruchmassen können somit problemlos der Bauschuttaufbereitung zugeführt werden.

EoL Klebemörtel/Baumisch:	*Bauschuttaufbereitung*
EoL Kunststoffdübel:	*thermische Verwertung*
Arbeitsaufwand Baumisch:	*minimiert auf maximal 0,08h/m²*
Trennung EPS =MW=WW:	*0,03h/m², ohne elektrische Hilfsmittel*
Arbeitszeitaufwand Entfernen Dübel von Wand:	*0,056h/m²*

Ergebnis: Dieses Szenario hat einen positiven Einfluss auf den Arbeitsaufwand und die Umweltwirkungen, wie Tabelle 32 zeigt.

Szenario 04: kein selektiver Rückbau EPS

Vielfach existieren keine klaren Aussagen von den Müllverbrennungsanlagen, welcher Verunreinigungsgrad von EPS-Platten für die thermische Verwertung tolerabel ist. Mitunter ist auch ein höherer Anteil mineralischer Anhaftungen erwünscht, um die Temperaturspitzen der Verbrennungsanlage zu senken. In Szenario 4 wird untersucht, welchen Einfluss der Rückbau der Dämmplatten, des Klebemörtels und evtl. des Altputzes in einem Arbeitsschritt ohne Trennung hat.

Arbeitsaufwand: *Wegfall Reinigung Dämmplatten von Anhaftungen*
EoL: *Trennung in Aufbereitungsanlage Verwertungsquote EPS 85%*
EoL-Kosten EPS+ Kleber: *Baumisch*

Ergebnis: Bei diesem Szenario sinken die Gutschriften aus Verbrennung, was jedoch im Hinblick auf die Gesamtbewertung gegenüber den starken Einsparungen durch die Senkung des Arbeitsaufwandes nur gering ins Gewicht fällt (vgl. Abbildung 93)

Szenario 05: sortenreine Trennung (vgl. Szenario 03) + EPS werkstoffliche Weiterverwertung

Aufbauend auf die sortenreine Trennung aus Szenario 3 wird das EPS einer werkstofflichen Wiederverwertung zugeführt. Für den Transport wird das EPS volumen-reduziert (Volumenreduktion auf 5% des Ausgangsvolumens), um den Transportaufwand zu senken.

Siehe Szenario 3 +:
EoL EPS: *REC EPS*
Transport: *300 km*
EoL-Kosten: *Gutschrift pro t EPS 100 €*

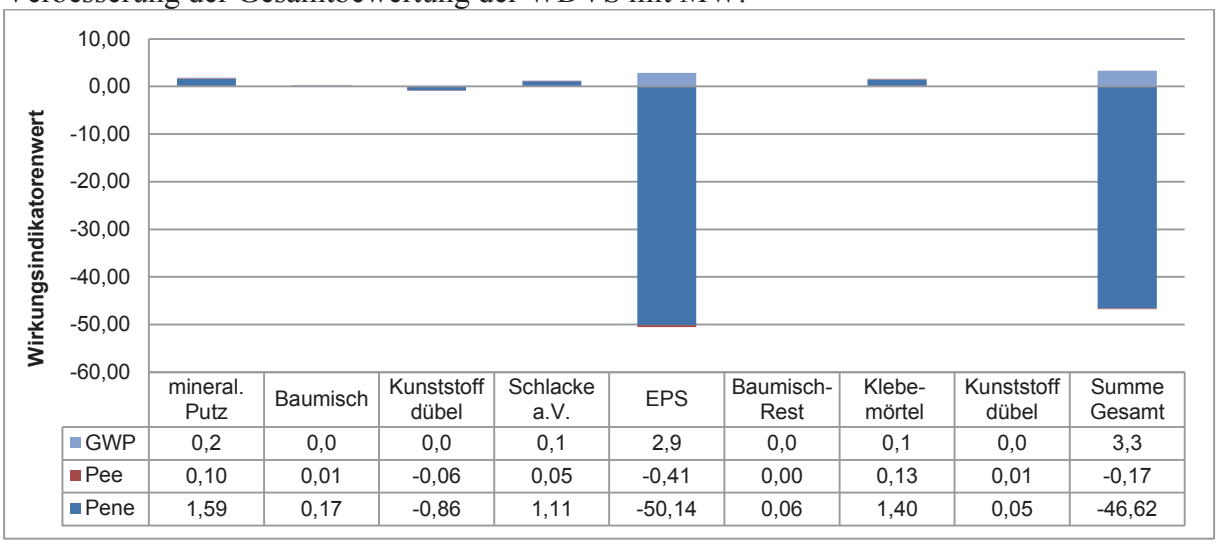
Ergebnis: Die Reduktion der Umweltwirkungen durch die erhöhten Gutschriften der stoffliche Weiterverwertung und den Senkung der Entsorgungskosten führen zu einer Verbesserung der Ergebnisse der WDVS mit EPS (vgl. Abbildung 94).

Szenario 06: MW-Weiterverwertung

Die Alt-Mineralwolle wird in die Primärproduktion zurückgeführt

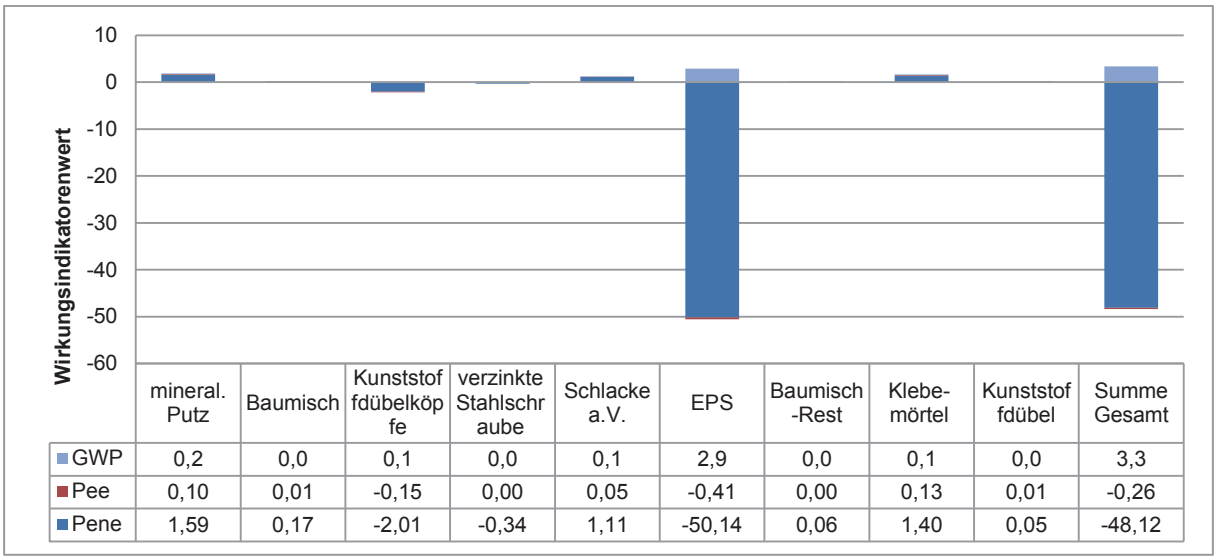
EoL MW: *Gutschrift Schotter*
Transport: *500 km*
EoL Kosten: *Rockwool Big Bag*

Wie *Tabelle 33* zeigt, führt die Optimierung der Kosten und der Umweltwirkungen zur Verbesserung der Gesamtbewertung der WDVS mit MW.



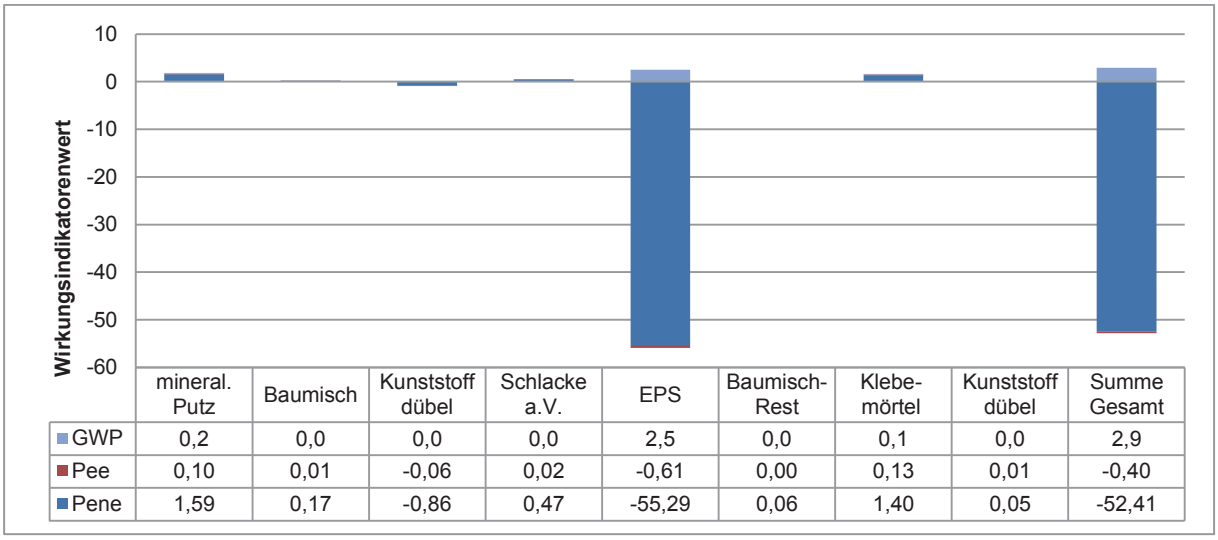
	mineral. Putz	Baumisch	Kunststoff dübel	Schlacke a.V.	EPS	Baumisch-Rest	Klebe-mörtel	Kunststoff dübel	Summe Gesamt
GWP	0,2	0,0	0,0	0,1	2,9	0,0	0,1	0,0	3,3
Pee	0,10	0,01	-0,06	0,05	-0,41	0,00	0,13	0,01	-0,17
Pene	1,59	0,17	-0,86	1,11	-50,14	0,06	1,40	0,05	-46,62

Abbildung 90: Übersicht ausgesuchter Wirkungsindikatoren: Versuchsdurchführung W11 gemäß ENEV



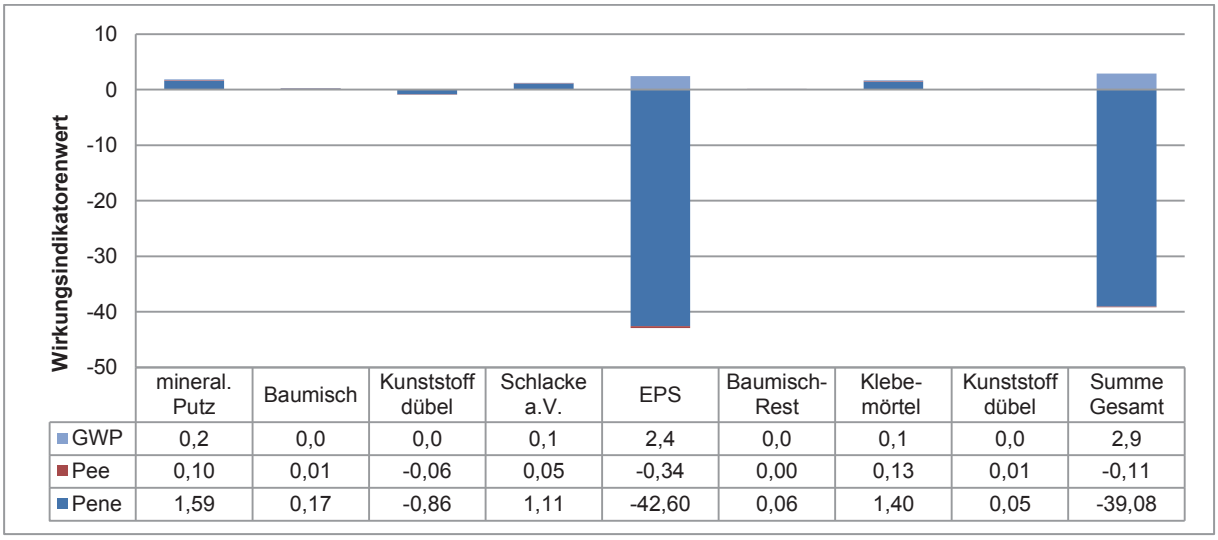
	mineral. Putz	Baumisch	Kunststof fdübelköp fe	verzinkte Stahlschr aube	Schlacke a.V.	EPS	Baumisch -Rest	Klebe- mörtel	Kunststof fdübel	Summe Gesamt
GWP	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	2,9	0,0	0,1	0,0	3,3
Pee	0,10	0,01	-0,15	0,00	0,05	-0,41	0,00	0,13	0,01	-0,26
Pene	1,59	0,17	-2,01	-0,34	1,11	-50,14	0,06	1,40	0,05	-48,12

Abbildung 91 Übersicht ausgesuchter Wirkungsindikatoren: Szenario 01 W11 gemäß ENEV



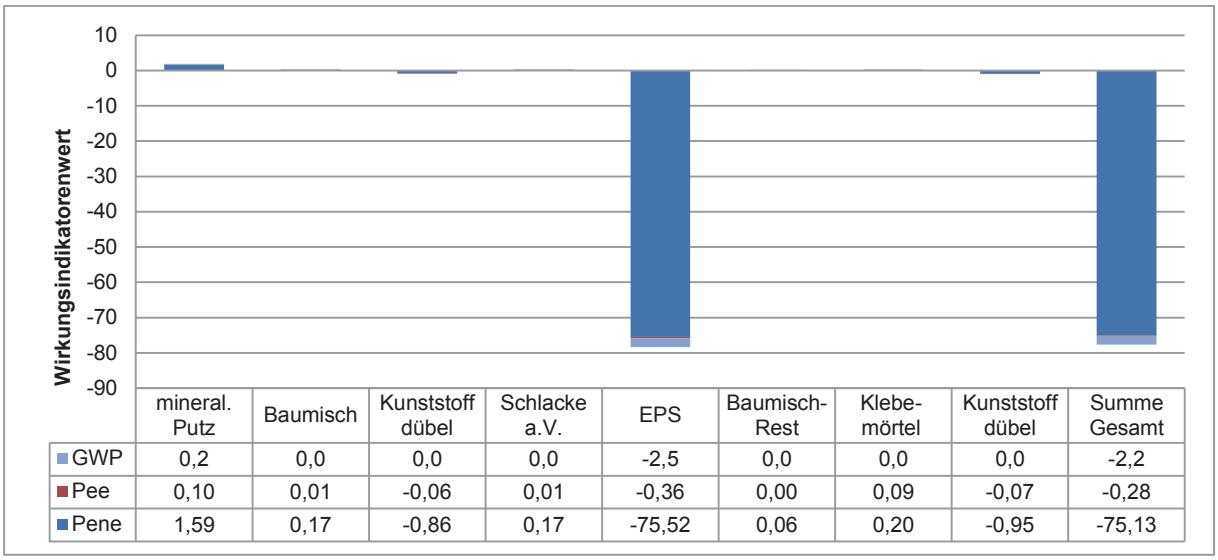
	mineral. Putz	Baumisch	Kunststoff dübel	Schlacke a.V.	EPS	Baumisch- Rest	Klebe- mörtel	Kunststoff dübel	Summe Gesamt
GWP	0,2	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,1	0,0	2,9
Pee	0,10	0,01	-0,06	0,02	-0,61	0,00	0,13	0,01	-0,40
Pene	1,59	0,17	-0,86	0,47	-55,29	0,06	1,40	0,05	-52,41

Abbildung 92: Übersicht ausgesuchter Wirkungsindikatoren: Szenario 02 W11 gemäß ENEV



	mineral. Putz	Baumisch	Kunststoff dübel	Schlacke a.V.	EPS	Baumisch- Rest	Klebe- mörtel	Kunststoff dübel	Summe Gesamt
GWP	0,2	0,0	0,0	0,1	2,4	0,0	0,1	0,0	2,9
Pee	0,10	0,01	-0,06	0,05	-0,34	0,00	0,13	0,01	-0,11
Pene	1,59	0,17	-0,86	1,11	-42,60	0,06	1,40	0,05	-39,08

Abbildung 93: Übersicht ausgesuchter Wirkungsindikatoren: Szenario 04 W11 gemäß ENEV



	mineral. Putz	Baumisch	Kunststoff dübel	Schlacke a.V.	EPS	Baumisch-Rest	Klebe-mörtel	Kunststoff dübel	Summe Gesamt
GWP	0,2	0,0	0,0	0,0	-2,5	0,0	0,0	0,0	-2,2
Pee	0,10	0,01	-0,06	0,01	-0,36	0,00	0,09	-0,07	-0,28
Pene	1,59	0,17	-0,86	0,17	-75,52	0,06	0,20	-0,95	-75,13

Abbildung 94: Übersicht ausgesuchter Wirkungsindikatoren: Szenario 05 W11 gemäß ENEV

Tabelle 32: Übersicht der Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse für Wand W11: WDVS EPS geklebt + Dübel auf einer KS-Wand

Szenario	PEne [MJ]	PEe [MJ]	GWP [kg CO2-Äqv.]	Kosten €	Gesamtbewertung DGNB
Versuch	-46,62	-0,17	3,3	13,22	mittel
Szenario 01	-48,12	-0,26	3,3	15,68	mittel
Szenario 02	-52,41	-0,40	2,9	13,22	gut
Szenario 03	-48,90	-0,30	3,2	13,94	gut
Szenario 04	-39,08	-0,11	2,9	**9,81**	gut
Szenario 05	**-75,13**	-0,28	-2,2	12,52	gut

In Tabelle 32 werden die Ergebnisse der verschiedenen Szenarien für W11 gezeigt. Deutlich wird, wie groß die Potentiale durch eine sortenreine Trennung und dem werkstofflichen Recycling des EPS (Szenario 05) sind.
In *Tabelle 33* wird die Übersicht die Ergebnisse der Gesamtbewertung nach DGNB aller Außenwandbauteile für die verschiedenen Szenarien gezeigt.

Abschließend soll aufgrund der starken Streuung der Ergebnisse der Ökobilanz durch die hohen Gutschriften der WDVS mit WW als Dämmstoff das folgende Szenario untersucht werden:

Szenario 07: Bewertung nach DGNB ohne Minimum Werte WW

In der Baupraxis werden WDVS mit Holzfaserdämmstoff selten angewendet. Die hohen Gutschriften aus der thermischen Verbrennung führen bei der Gesamtbewertung zu einer starken Streuung zwischen den Ergebnissen der WDVS mit WW, EPS und MW. Bei Szenario 07 werden die Spitzenwerte von WW bei der Bewertung vernachlässigt und der Zielwert basierend auf den Ergebnissen der EPS und MW-Wände ermittelt. Wie in Tabelle 34 dargestellt wurde die Bewertung der WDVS mit als Dämmstoff EPS angehoben, die der WDVS mit MW blieb nahezu gleich.

Tabelle 33: Übersicht der Ergebnisse Bewertung des Aufwands zur Demontage der Wandaufbauten nach Bewertungsskala DGNB nach Szenarien

Szenario 01:

Tragschicht	EPS geklebt	EPS geklebt + Dübel	MW geklebt + Dübel	WW geklebt + Dübel	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	MW geklebt + Dübel auf Altputz	WW geklebt + Dübel auf Altputz	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	MW geklebt + Dübel auf WDVS
Stahlbeton	gut	mittel	schlecht	gut	schlecht	schlecht	gut	schlecht	sehr schlecht
KS-Wand	mittel	mittel	schlecht	gut	schlecht	sehr schlecht		schlecht	sehr schlecht
Poroton-Wand	mittel	mittel	schlecht	mittel	mittel	schlecht		mittel	sehr schlecht
Porenbeton-Wand	sehr schlecht		schlecht	mittel	sehr schlecht	schlecht			

Szeanrio 02:

Tragschicht	EPS geklebt	EPS geklebt + Dübel	MW geklebt + Dübel	WW geklebt + Dübel	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	MW geklebt + Dübel auf Altputz	WW geklebt + Dübel auf Altputz	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	MW geklebt + Dübel auf WDVS
Stahlbeton	gut	gut	mittel	gut	schlecht	schlecht	gut	schlecht	schlecht
KS-Wand	mittel	mittel	schlecht	gut	schlecht	sehr schlecht		schlecht	schlecht
Poroton-Wand	mittel	mittel	schlecht	mittel	mittel	schlecht		schlecht	schlecht
Porenbeton-Wand	sehr schlecht		schlecht	mittel	sehr schlecht	sehr schlecht			

Szeanrio 03:

Tragschicht	EPS geklebt	EPS geklebt + Dübel	MW geklebt + Dübel	WW geklebt + Dübel	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	MW geklebt + Dübel auf Altputz	WW geklebt + Dübel auf Altputz	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	MW geklebt + Dübel auf WDVS
Stahlbeton	gut	gut	schlecht	gut	mittel	schlecht	gut	mittel	schlecht
KS-Wand	gut	mittel	schlecht	gut	schlecht	sehr schlecht		schlecht	schlecht
Poroton-Wand	mittel	mittel	schlecht	mittel	mittel	schlecht		schlecht	schlecht
Porenbeton-Wand	sehr schlecht		sehr schlecht	mittel	sehr schlecht	sehr schlecht			

Szeanrio 04:

Tragschicht	EPS geklebt	EPS geklebt + Dübel	MW geklebt + Dübel	WW geklebt + Dübel	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	MW geklebt + Dübel auf Altputz	WW geklebt + Dübel auf Altputz	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	MW geklebt + Dübel auf WDVS
Stahlbeton	gut	gut	schlecht	gut	gut	schlecht	gut	schlecht	sehr schlecht
KS-Wand	gut	gut	schlecht	mittel	schlecht	sehr schlecht		mittel	schlecht
Poroton-Wand	mittel	mittel	schlecht	mittel	mittel	schlecht		mittel	schlecht
Porenbeton-Wand	sehr schlecht		sehr schlecht	mittel	sehr schlecht	sehr schlecht			

Szeanrio 05:

Tragschicht	EPS geklebt	EPS geklebt + Dübel	MW geklebt + Dübel	WW geklebt + Dübel	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	MW geklebt + Dübel auf Altputz	WW geklebt + Dübel auf Altputz	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	MW geklebt + Dübel auf WDVS
Stahlbeton	sehr gut	gut	schlecht	gut	sehr gut	schlecht	gut	mittel	sehr schlecht
KS-Wand	gut	mittel	sehr schlecht	gut	mittel	sehr schlecht		mittel	sehr schlecht
Poroton-Wand	gut	mittel	sehr schlecht	schlecht	mittel	sehr schlecht		mittel	sehr schlecht
Porenbeton-Wand	sehr schlecht		sehr schlecht	schlecht	sehr schlecht	sehr schlecht			

Szenario 6:

Tragschicht	EPS geklebt	EPS geklebt + Dübel	MW geklebt + Dübel	WW geklebt + Dübel	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	MW geklebt + Dübel auf Altputz	WW geklebt + Dübel auf Altputz	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	MW geklebt + Dübel auf WDVS
Stahlbeton	gut	mittel	gut	gut	schlecht	mittel	gut	schlecht	schlecht
KS-Wand	mittel	mittel	mittel	gut	schlecht	schlecht		schlecht	schlecht
Poroton-Wand	mittel	mittel	schlecht	mittel	mittel	mittel		schlecht	schlecht
Porenbeton-Wand	sehr schlecht		schlecht	mittel	sehr schlecht	schlecht			

Tabelle 34: Bewertung des Aufwands zur Demontage der Wandaufbauten nach Bewertungsskala DGNB - Szenario 07

Tragschicht	EPS geklebt	EPS geklebt + Dübel	MW geklebt + Dübel	WW geklebt + Dübel	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	MW geklebt + Dübel auf Altputz	WW geklebt + Dübel auf Altputz	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	MW geklebt + Dübel auf WDVS
Stahlbeton	gut	gut	mittel	gut	mittel	schlecht	gut	schlecht	schlecht
KS-Wand	mittel	gut	schlecht	gut	mittel	schlecht		schlecht	schlecht
Poroton-Wand	mittel	gut	schlecht	gut	mittel	mittel		mittel	schlecht
Porenbeton-Wand	sehr schlecht		schlecht	gut	sehr schlecht	schlecht			

7.2.2 Dächer

Szenario 01: kalte Witterung + Einsatz elektrischer Hilfsmittel

Die Versuchsergebnisse zeigten, dass witterungsbedingt die Trennbarkeit der Dachaufbauten stark variiert. Bei Szenario 1 wird eine kalte Witterung mit leichter Trennbarkeit der Bitumenabdichtungen unter Einsatz eines elektrischen Fuchsschwanz` angenommen. Die Bitumenabdichtungen werden in 1 m breite Streifen getrennt.

Arbeitszeitaufwand: *Laufzeit Fuchsschwanz: 0,01h/m²*
Energie: *Trennung Bitumen/Kunststoffabdichtung: mit Elektro-Fuchsschwanz*

Ergebnis: Infolge der Reduktion es Arbeitsaufwandes bei nahezu gleicher Umweltwirkung verbessert sich die Gesamtbewertung (vgl. Tabelle 35 und Abbildung 96).

Szenario 02: Änderung Entfernung zur thermische Verwertung: 50 km

Szenario 2 untersucht den Einfluss der Transportentfernungen bei engerer Entsorgerdichte.

Transport zur thermischen Verwertung: *50 km (vorher 125 km)*

Ergebnis: Die Senkung der Umweltwirkungen des Transportes wirkt sich positiv auf die Bewertung aus (vgl. Abbildung 97).

Szenario 03: sortenreine Trennung (vgl. Szenario 03) + EPS werkstoffliche Weiterverwertung

Nach Aussage der Nachverarbeiter von EPS-Abfällen könnte das Alt-EPS gemäß dem vorliegenden Verunreinigungsgrades regranuliert werden. Für den Transport wird das EPS Volumen durch Pressung reduziert (Volumenreduktion auf 5% des Ausgangsvolumens).

EoL EPS: *REC EPS*
Transport: *300 km, Volumenreduzierung*
EoL-Kosten: *Gutschrift pro t EPS 100 €*

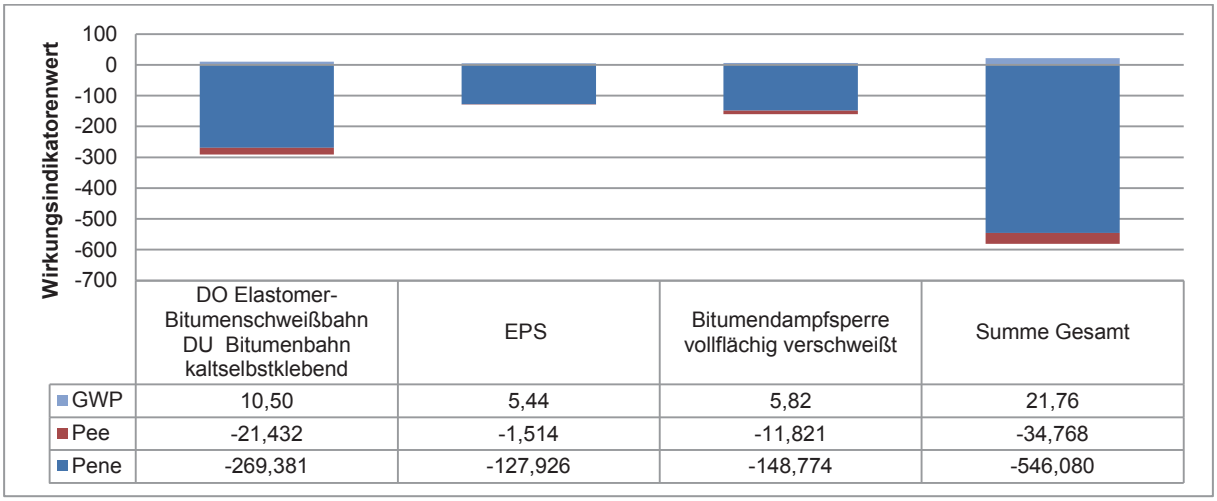
Ergebnis: Die Umweltwirkung kann durch die höheren Gutschriften bei reduzierten Entsorgungskosten entlastet werden (vgl. Tabelle 32 und Abbildung 98).

Szenario 04: Maschineneinsatz

Beim Rückbau von Dächern werden vielfach Dachschneider und Dachräumer eingesetzt.

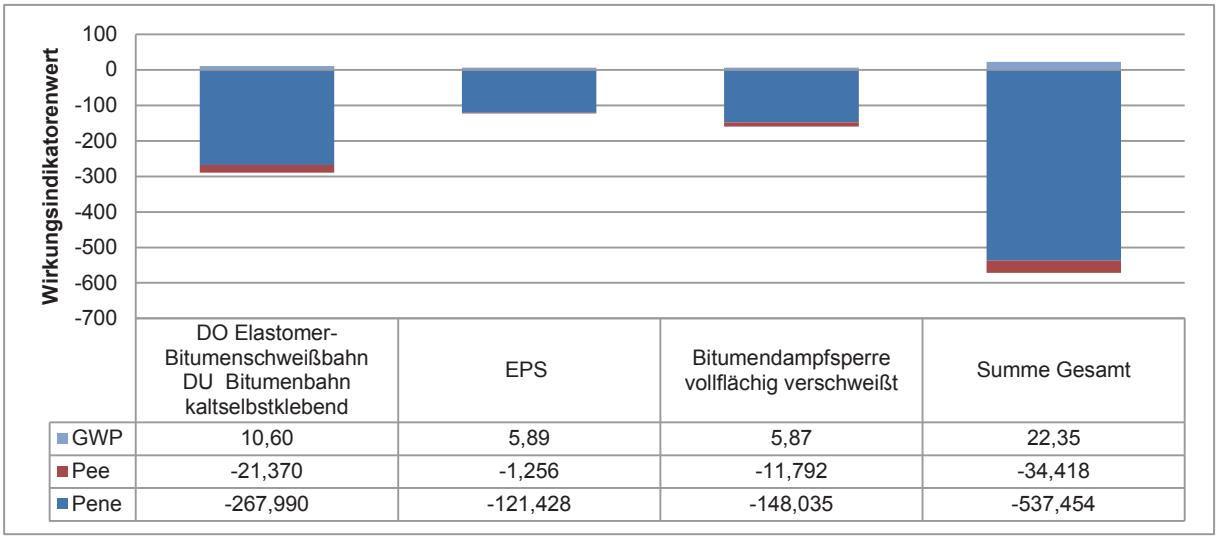
Arbeitsaufwand: *Dachschneider mit 2 Messer: 0,0006h/m²; Dachräumer: 0,0085h/m²)*
Gesamt Energie: *ersatzweise 3,5 lfm Fahrt PKW Euro 3*

Ergebnis: Durch Reduktion des Arbeitsaufwandes können die Rückbaukosten der verklebten Abdichtungen gesenkt werden, z.B. Halbierung Kosten des Musterdaches (vgl. Tabelle 35).



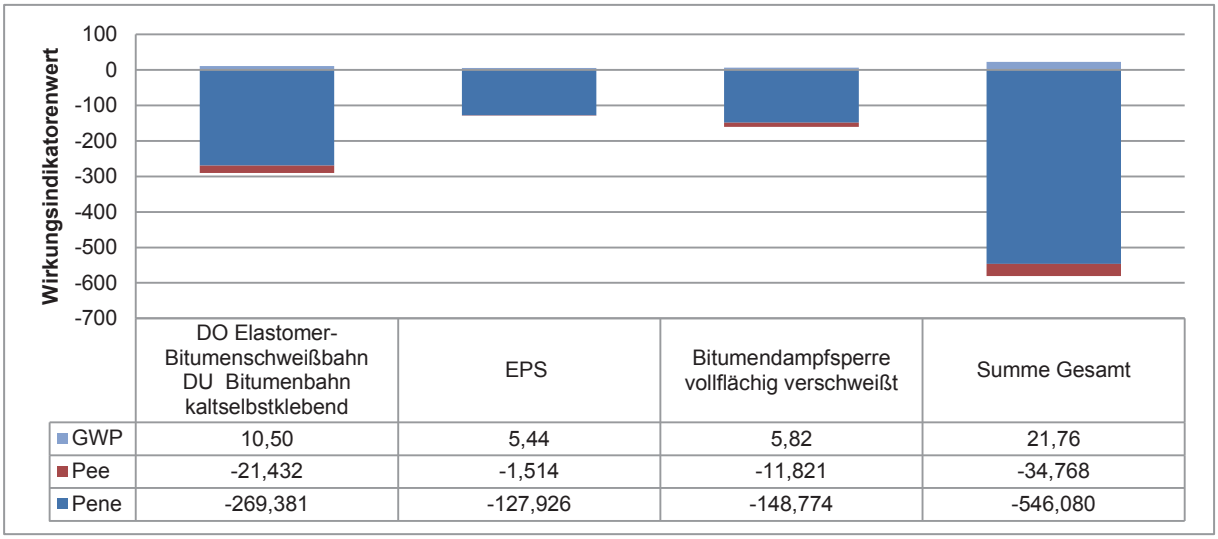
	DO Elastomer-Bitumenschweißbahn DU Bitumenbahn kaltselbstklebend	EPS	Bitumendampfsperre vollflächig verschweißt	Summe Gesamt
GWP	10,50	5,44	5,82	21,76
Pee	-21,432	-1,514	-11,821	-34,768
Pene	-269,381	-127,926	-148,774	-546,080

Abbildung 95: Übersicht ausgesuchter Wirkungsindikatoren: Versuchsdurchführung FD02 gemäß ENEV



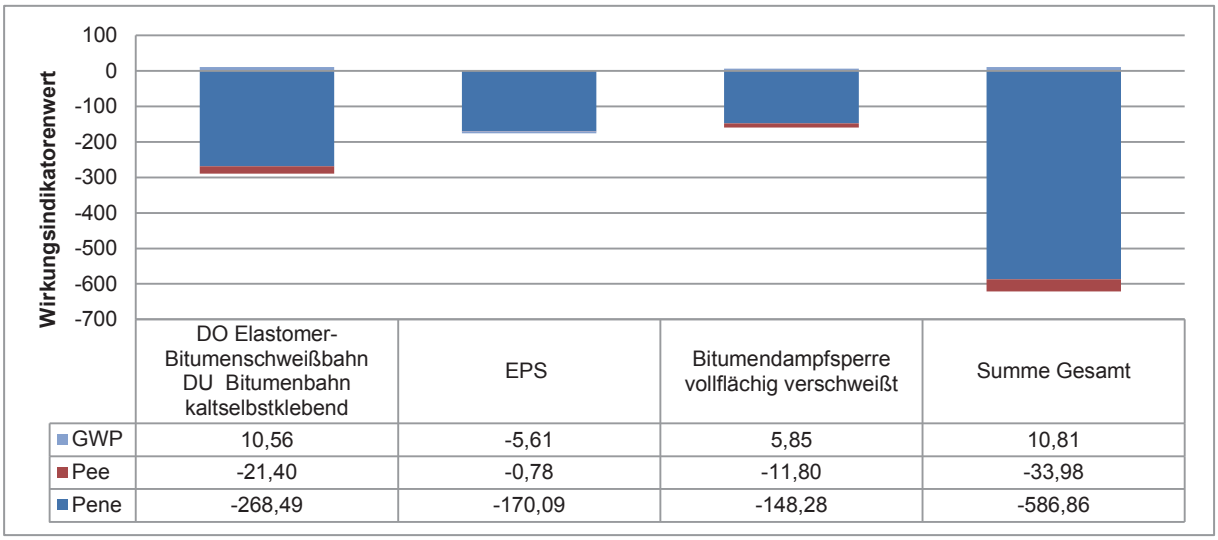
	DO Elastomer-Bitumenschweißbahn DU Bitumenbahn kaltselbstklebend	EPS	Bitumendampfsperre vollflächig verschweißt	Summe Gesamt
GWP	10,60	5,89	5,87	22,35
Pee	-21,370	-1,256	-11,792	-34,418
Pene	-267,990	-121,428	-148,035	-537,454

Abbildung 96: Übersicht ausgesuchter Wirkungsindikatoren: Szenario 01 FD02 gemäß ENEV



	DO Elastomer-Bitumenschweißbahn DU Bitumenbahn kaltselbstklebend	EPS	Bitumendampfsperre vollflächig verschweißt	Summe Gesamt
GWP	10,50	5,44	5,82	21,76
Pee	-21,432	-1,514	-11,821	-34,768
Pene	-269,381	-127,926	-148,774	-546,080

Abbildung 97: Übersicht ausgesuchter Wirkungsindikatoren: Szenario 02 FD02 gemäß ENEV



	DO Elastomer-Bitumenschweißbahn DU Bitumenbahn kaltselbstklebend	EPS	Bitumendampfsperre vollflächig verschweißt	Summe Gesamt
GWP	10,56	-5,61	5,85	10,81
Pee	-21,40	-0,78	-11,80	-33,98
Pene	-268,49	-170,09	-148,28	-586,86

Abbildung 98: Übersicht ausgesuchter Wirkungsindikatoren: Szenario 03 FD02 gemäß ENEV

Tabelle 35: Übersicht der Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse für Dach FD02: Warmdach verklebt, EPS + Bitumen

Szenario	PEne [MJ]	PEe [MJ]	GWP [kg CO2-Äqv.]	Kosten €	Gesamtbewertung nach DGNB
Versuch	-537,6	-34,4	22,35	18,047	schlecht
Szenario 01	-537,6	-34,4	22,35	12,115	mittel
Szenario 02	-546,1	-34,8	21,76	18,047	schlecht
Szenario 03	-586,9	-33,98	10,81	16,891	mittel
Szenario 04	-539,911	-34,567	22,19	7,909	gut

In Tabelle 35 werden die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse für FD02 anhand ausgewählter Wirkungsindikatoren und den Kosten gezeigt. Anhand der Ergebnisse lässt sich ableiten, wie hoch die Relevanz des Einsatzes von Maschinen zur Kostensenkung ist (vgl. Szenario 04) und dass grundsätzlich die werkstoffliche Weiterverwertung des EPS als Zielsetzung verfolgt werden sollte (vgl. Szenario 04). Gleichermaßen zeigen die Ergebnisse den hohen Einfluss der Witterungsverhältnisse auf den Arbeitsaufwand. Kühle Witterung kann durch Senkung des Arbeitsaufwandes die Kosten um bis zu ca. 30% des Musterversuchs reduzieren, der bei einer Außentemperatur von 29°C durchgeführt wurde.

Tabelle 36: Übersicht der Ergebnisse Bewertung des Aufwands zur Demontage der Dachaufbauten nach Bewertungsskala DGNB nach Szenarien

Tragschicht	FD-Aufbau	Szenario 01	Szenario 02	Szenario 03	Szeanrio 04
Stahlbeton	Warmdach lose verlegt mit Auflast, EPS mit PIB	mittel	gut	gut	mittel
	Warmdach lose verlegt mit Auflast, MW mit PIB	schlecht	schlecht	schlecht	sehr schlecht
	Warmdach verklebt, EPS + Bitumen	mittel	schlecht	mittel	gut
	Warmdach verklebt, MW + Bitumen kaltselbstklebend	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht
	Warmdach verklebt, MW + Bitumen im Schweißverfahren	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht
	Kompaktdach	sehr schlecht	schlecht	schlecht	mittel
	Umkehrdach	gut	gut	mittel	gut
	Warmdach verklebt, EPS + Kunststoffabdichtung FPO mit Vlies	mittel	mittel	mittel	gut
	Warmdach verklebt, MW + Kunststoffabdichtung FPO mit Vlies	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht
Stahlbeton Sanierung	Warmdach verklebt, EPS mit Zusatzdämmung	gut	gut	gut	mittel
	Warmdach verklebt, MW mit Zusatzdämmung	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht
	Warmdach verklebt, EPS + Bitumenabdichtung 4 lagig mit Zusatzdämmung Umkehrdach	gut	gut	gut	mittel
	Warmdach verklebt, MW + Bitumen im Schweißverfahren mit Zusatzdämmung Umkehrdach	mittel	mittel	mittel	schlecht
	Kompaktdach mit Zusatzdämmung	schlecht	schlecht	schlecht	mittel
Trapezblech	Warmdach lose verlegt mechanisch befestigt, EPS mit PIB	gut	gut	gut	gut
	Warmdach lose verlegt mechanisch befestigt, MW mit PIB	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht
	Warmdach verklebt, EPS + Bitumenabdichtung kaltselbstklebend	gut	gut	gut	mittel
	Warmdach verklebt, MW + Bitumen kaltselbstklebend	sehr schlecht	schlecht	schlecht	sehr schlecht
	Warmdach verklebt, MW + Bitumenabdichtung verschweißt	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht
	Kompaktdach	mittel	mittel	mittel	mittel
	Warmdach verklebt, EPS + FPO mit Vlies	gut	gut	gut	gut
	Warmdach verklebt, MW + FPO mit Vlies	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht

In Tabelle 36 ist eine Übersicht der Ergebnisse der Gesamtbewertung nach DGNB aller Dachaufbauten für die verschiedenen Szenarien 01 -01 dargestellt. Gezeigt wird, dass sich durch den Einsatz von Dachschneider und – abräumer die Gesamtbewertung der Dachaufbauten mit Schaumglas und EPS als Dämmstoff verbessert (vgl. Szenario 4).
Weitere Potentiale zur Optimierung der Dachaufbauten mit EPS sind insbesondere in der Reduzierung der Umweltwirkung durch die werkstoffliche Weiterverwertung zu sehen, wie die Ergebnisse von Szenario 03 zeigen.

7.3 Empfehlungen

Die Ergebnisse zeigen, dass der höchstmögliche Einsatz von Maschinen anzustreben ist, um den Arbeitsaufwand und somit die Kosten der Trennung zu reduzieren. Die aus dem Arbeitseinsatz von maschinellen Werkzeugen resultierenden Umweltwirkungen sind in der gesamten Ökobilanz des Produktsystems gering und somit nicht relevant.

Anhand der Versuchsergebnisse der Musterbauteile wird der hohe Einfluss der Verbindungsart auf den Arbeitsaufwand deutlich, wie z.B. Anzahl und Typ der Dübel bei WDVS oder bei Flachdächern der Umfang der Verklebung von Schweißbahnen. Generell sollte bereits in der Planung- und Ausführungsphase die Rückbauphase berücksichtigt werden, z.B. dass die Verbindungsart und -umfang den tatsächlichen Erfordernissen entspricht, z.B. bei der Anzahl der Wärmedämmstoffhalter von WDVS. Im Sinne der Optimierung des Rückbauprozesses und der Reduzierung des Arbeitsaufwandes sollten witterungsspezifische Abhängigkeiten, wie z.B. die Zunahme der Zähigkeit von Bitumen durch Wärme, frühzeitig in die Terminplanung einbezogen werden, um den Arbeitszeitaufwand zu senken.

Aktuell bestehen nicht für alle Abbruchmassen geeignete Recyclingtechniken, um sie nach sortenreiner Trennung werkstofflich oder rohstofflich weiter zu verwerten. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf. Die bestehenden und zu entwickeln Verarbeitungstechniken sollten im Rahmen einer vergleichenden Ökobilanz und Lebenszykluskostenberechnung auf ihre Vorteilhaftigkeit untersucht werden. Berücksichtigt werden sollten hierbei neben dem Recycling und der thermischen Verwertung das Downcycling von hybriden Materialien. Bezogene auf die infrastrukturelle Entwicklung der Abfallwirtschaft bleibt ein effizientes Netz zur Sammlung, Weiterverarbeitung und Entsorgung anzustreben.

7.4 Fazit

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurde erstmalig die Trennbarkeit von baupraxisüblichen Wand- und Dachaufbauten untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Lösbarkeit aller Schichten bei hybriden Außenbauteilen nicht gegeben ist, jedoch lassen sich einzelne Schichten, wie beim WDVS die Putzschicht oder beim Kompaktdach die Abdichtungslage ohne großen Arbeits- und Materialaufwand, austauschen. Im Rahmen der Recherche wurde festgestellt, dass bei Sanierungsmaßnahmen der Außenbauteile weniger ein Rückbau stattfindet, sondern meist die vorhandene Bausubstanz „aufgedoppelt“ wird. Diese in der vorliegenden Studie gesammelten Erkenntnisse können als Ergänzung in die vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung veröffentlichten Nutzungsdauern einfließen, z.B. in Form von Anwendungsbeispielen der Nutzungsdauern. Somit werden Hinweise gegeben, die die einheitliche Anwendung der Nutzungsdauern gemäß der tatsächlichen Baupraxis ermöglichen.

Mit der Forschungsarbeit konnte verifiziert werden, dass sich die im Rahmen der Analyse der Trennbarkeit der Innenwände entwickelte Bewertungsmethodik auf andere Bauteile übertragen lässt. Im Vergleich der Bewertungen von Innen- und Außenbauteilen wird jedoch deutlich, dass bei den Außenbauteilen weniger die In- und Outputflüsse der Rückbau- und Vorbereitungsmaßnahme an sich den entscheidenden Einfluss auf das Ergebnis haben, als vielmehr die mögliche Nachnutzungsphase der Abbruchmassen. Leider war es im Rahmen dieser Forschungsarbeit nicht möglich, die ökologische Vorteilhaftigkeit der sortenreinen Trennung realistisch zu ermitteln, da bisher keine generischen Daten für das Recycling oder Downcycling von EPS, Kunststoffen oder Mineralwolle vorliegen. Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass hier große Potentiale für Ressourcenschutz aber auch zur Kostensenkung liegen. Prämisse der hochwertigen Weiterverarbeitung ist die sortenreine Trennbarkeit.
Der Untersuchungsrahmen erfasste alle mit dem Rückbau der Bauteilaufbauten verbunden ökologischen und ökonomischen Wirkungen, wie Rückbau- und Entsorgungskosten. Die Studie stellt Basis-Daten zur Verfügung, die einerseits in die Planung von Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen aber auch bei der Erstellung von Umwelt-System Deklarationen (ESD) einfließen können. Basierend auf den Ergebnissen können Handlungsanweisungen und Verfahrenstechniken entwickelt werden, die aus ganzheitlicher Sicht einen optimalen Rückbau realisieren. Für Hersteller werden Benchmarks und Anhaltspunkte geliefert, welche Möglichkeiten zur Optimierung der Trennbarkeit - insbesondere bei den WDVS - bestehen. Ebenso konnten Lücken der aktuellen Entsorgungs- und Aufbereitungsverfahren, wie das werkstoffliche Recycling leicht verunreinigter EPS-Platten, aufgedeckt werden, die zukünftig durch neue Recyclingtechniken geschlossen werden sollten, um dem Ziel des Ressourcenschutzes zu folgen.

Neben der Analyse der Trennbarkeit wurde bei der Bilanzierung der Stoffflüsse festgestellt, dass entgegen der vereinfachten Annahme der Ökobilanz in der Baupraxis mit dem Abbruchprozess ein Materialverlust von insgesamt ca. 10% der Eingangsmassen verbunden ist. Es wird zu klären sein, ob und in welchem Umfang dies bei der Lebenszyklusbetrachtung von Gebäuden berücksichtigt werden soll.

Leider konnte im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nur eine kleine Auswahl der Außenbauteile exemplarisch untersucht werden. Grundsätzlich sollte die Trennbarkeit für andere Systeme und unter Berücksichtigung von Alterungsprozessen, z.B. das „Verbacken von Bitumenabdichtungen“ oder das Aushärten von Klebern beurteilt werden. Wünschenswert wäre die Integration des Qualitätsmerkmals „Trennbarkeit“ bei der Erstellung von EPDs.

Literaturverzeichnis

[1] **Hegger, Manfred; Fuchs, Matthias; Stark, Thomas; Zeumer, Martin (2007):** *Energieatlas,* Institut für internationale- Dokumentation**,** München 2007

[2] **Auer, Josef; Heymann, Eric; Just, Tobias (2008):** *Bauen als Klimaschutz***,** Hrsg.. Deutsche Bank Research Frankfurt 2008

[3] **Europäisches Parlament und Rat (2011):** *Verordnung zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates Verordnung EU 305/2011,* Amtsblatt der Europäischen Union Straßburg 2011

[4] **DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2009):** *DIN EN ISO 14040 Umweltmanagement-Ökobilanz- Grundsätze und Rahmenbedingungen,* Beuth Verlag Berlin 2009-11

[5] **DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2012):** *DIN EN 15643 Nachhaltigkeit von Bauwerken- Ganzheitliche Bewertung der Qualität von Gebäuden – Teil 4: Rahmenbedingungen für die Bewertung der ökonomischen Qualität***,** Beuth Verlag Berlin 2012-04

[6] **Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011):** *Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude BN 211*

[7] **Normenausschuss Instandhaltung (NIN) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003):** *DIN 31051:2003-06 Grundlagen der Instandhaltung,* Beuth Verlag Berlin 2003

[8] **DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2012):** *DIN EN 15978 DIN EN 15978 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden - Berechnungsmethoden***,** Beuth Verlag Berlin 2012-01

[9] **Energieeinsparverordnung ENEV 2009(2009):** *Tabelle 1 Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffzienten bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung,*

[10] **DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2009),** *EN ISO 14044-Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen***,** Oktober 2006 (D/E), Beuth Verlag Stand 2006-10

[11] **Wentzel, Christian; Sedlbauer, Klaus (2010):** *A4 Energetische, ökologische und ökonomische Bewertung einer Fassadendämmung im Bestand,* Bauphysikkalender 2010 Ernst & Sohn, Berlin 2010

[12] **Riedel, Werner; Oberhaus, Heribert; Frössel, Frank; Haegele, Wolfgang (2010):** *Wärmedämmverbundsysteme,.* 2. Auflage Fraunhofer IRB-Verlag 2010

[13] **Normenausschuss Bauwesen (2005):** *DIN 18531-4: Dachabdichtungen – Abdichtungen für nicht genutzte Dächer, Teil 4 Instandhaltung,* Berlin 2005

[14] **Eiserloh, Hans Peter (2009):** *Handbuch Dachabdichtung,* 3. Auflage Rudolf Müller Verlag Köln 2009

[15] **IWU (2003)** *Energieeinsparung durch Verbesserung des Wärmschutzes und Modernisierung der Heizungsanlage für 31 Musterhäuser der Gebäudetypologie* Darmstadt, (Zugriff: Dezember 2010)

[16] **Zentrum für Umweltbewusstes Bauen (ZUB) (2009)** *Katalog regionaltypischer Materialien im Gebäudebestand mit Bezug auf die Baualtersklassen und Ableitung typischer Bauteilaufbauten,* Kassel 2009

[17] **Birkener, Christian; Bauder, Gerhard (2008):** *Technische Regeln für die Planung und Ausführung von Abdichtungen mit Polymerbitumen- und Bitumenbahnen,* 3.

Auflage vdd Industrieverband Bitumen-Dach- und Dichtungsbahnen e.V. Frankfurt 2008

[18] **Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz, Dr. Achelis Justus (2009):** *Auslegungsfragen zur Energieeinsparverordnung – Teil 11*

[19] **Bundesausschuss Farbe und Sachwertschutz (2005):** *TR für die Planung und Verarbeitung von WDVS,* 2005

[20] **Ernst, Wolfgang (2009):** *Abdichtungen,* 1. Auflage Wolfgang Ernst Eigenverlag 2009

[21] **Normenausschuss Bauwesen (2005-11):** *DIN 18531-3 (2005-11) Dachabdichtungen – Abdichtungen für nicht genutzte Dächer- Teil 3: Bemessung, Verarbeitung der Stoffe, Ausführung der Dachabdichtungen,* Beuth Verlag Berlin 2005

[22] **Normenausschuss Bauwesen (2005):** *DIN 18531-1:2005-11 Dachabdichtungen – Abdichtungen für nicht genutzte Dächer- Teil 1: Begriffe, Anforderungen, Planungsgrundsätze,* Beuth Verlag Berlin 2005

[23] **Normenausschuss Bauwesen (2008):** *DIN 18531-2:2008-11 Dachabdichtungen – Abdichtungen für nicht genutzte Dächer- Teil 2: Stoffe,* Beuth Verlag Berlin 2008

[24] **Klöpffer, Grahl (2011):** ***Ökobilanz (LCA),*** Wiley-VCH 2011

[25] **Österreichisches Ökologie-Institut für angewandte Umweltforschung (2004): „***Endbericht „Vermeidung von Baustellenabfällen Wien“,* Österreichisches Ökologie Institut Mai 2004

[26] **Bundesanzeiger (2012):** *Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen KRWG - Bundesgesetzblatt Jahrgang 2012 Teil I Nr. 10,* Bundesanzeiger Verlag Ausgabe 2012

[27] **Hans Martens (2011):** *Recyclingtechnik***,** Spektrum Akademischer Verlag 2011

[28] **Institut für Bauen und Umwelt (2009):** *EPD-IVH-2009311_D*

[29] **Fraunhofer IVV (2012):** *EPS-Loop – Recycling von EPS-Abfall zu re-expandierbarem Polystyrol***,** im Internet Online: http://www.ivv.fraunhofer.de/load.html?/mainframes/germany/business/gf_kr_index.html, Stand 06.06.2012

[30] **Wizgall, Rolf; Schmerbeck, Markus (2011):** *Ermittlung der Entsorgungswege von mineralischen Abfällen in BW***,** LUBW Kolloquium 2011 Vollzugsfragen aus der Abfallwirtschaft, im Internet Online: http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/69869/Tischvorlage_2011_mitFusszeile_4.pdf?command=downloadContent&filename=Tischvorlage_2011_mitFusszeile_4.pdf

[31] **Worldsteel association (2011):** *Recyclingquote,* im Internet Online: http://www.worldsteel.org/dms/internetDocumentList/fact-sheets/Fact-sheet_Raw-materials2011/document/Fact%20sheet_Raw%20materials2011.pdf, Stand 16.02.2012

[32] **Thermozell (2012):** *Produktinformation Leichtbeton Sackware,* im Internet Online: http://www.thermozell.com/pages/download/leichtbeton-sackware.pdf, Stand 25.05.2012

[33] **Institut für Bauen und Umwelt (2008):** *EPD Foamglas-Platten und Foamglas Elemente - EPD-PCE-2008111-D***,** im Internet Online: http://bauumwelt.de/download/C327a7c56X13363a688a0X6f3c/EPD_PCE_2008111_D.pdf

[34] **Baustoff Recycling Bayern e.V. (2011):** *Richtlinien für die Anwendung und Güteüberwachung von mineralischen Ersatzbaustoffen in Bayern, TL SoB-StB, ZTV wwG-StBBy,* Baustoff Recycling Bayern e.V. 04-2011

[35] **Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen (2006):** *Handbuch Bautechnik und Ingenieurbau – Anhang D1.1, Ergänzende Festlegungen zu den TL Gestein 04 Anhang B mit EF Gestein 06,* Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen November 2006

[36] **R. Hunklinger (1997):** *Untersuchung des Recyclings von Stoffsystemen aus WDVS und Flachdächern mit Dämmplatten aus expandierten Polystyrol-Hartschaum***,** Fraunhofer IRB-Verlag 1998

[37] **Umwelt Bundes Amt (2009):** *Statistik Deponiezahl, Ablagerungen, Restvolumen,* im Internet Online: http://www.umweltbundesamt-daten zurumwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=2305, Stand 02.05.2012

[38] **Eyerer, Peter; Reinhardt, Hans-Wolf (2000):** *Ökologische Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden – Wege zu einer ganzheitlichen Bilanzierung,* Birkhäuser Verlag 2000

[39] **Toensmeier- Kunststoffe (2012):** *Save Co2* , im Internet Online: http://www.toensmeier-kunststoffe.de/toeku/unternehmen/saveco2.htm , Abruf 07.07.2012

[40] **Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011):** *Steckbrief BNB-BN Version 2011_1,111*

[41] **Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011):** *BBSR Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB),* Stand 03.11.2011

[42] **Institut für Bauen und Umwelt (2011):** *ESD – WDVS mit EPS geklebt und gedübelt ESD-FVW-20114511-D,* im Internet Online: http://bau-umwelt.de/download/ C3ddbc477X13042d4a6ffX443e/Muster_ESD_FVW_2011511_D.pdf?ITServ=C5a1fc feX139675d11dcX1160

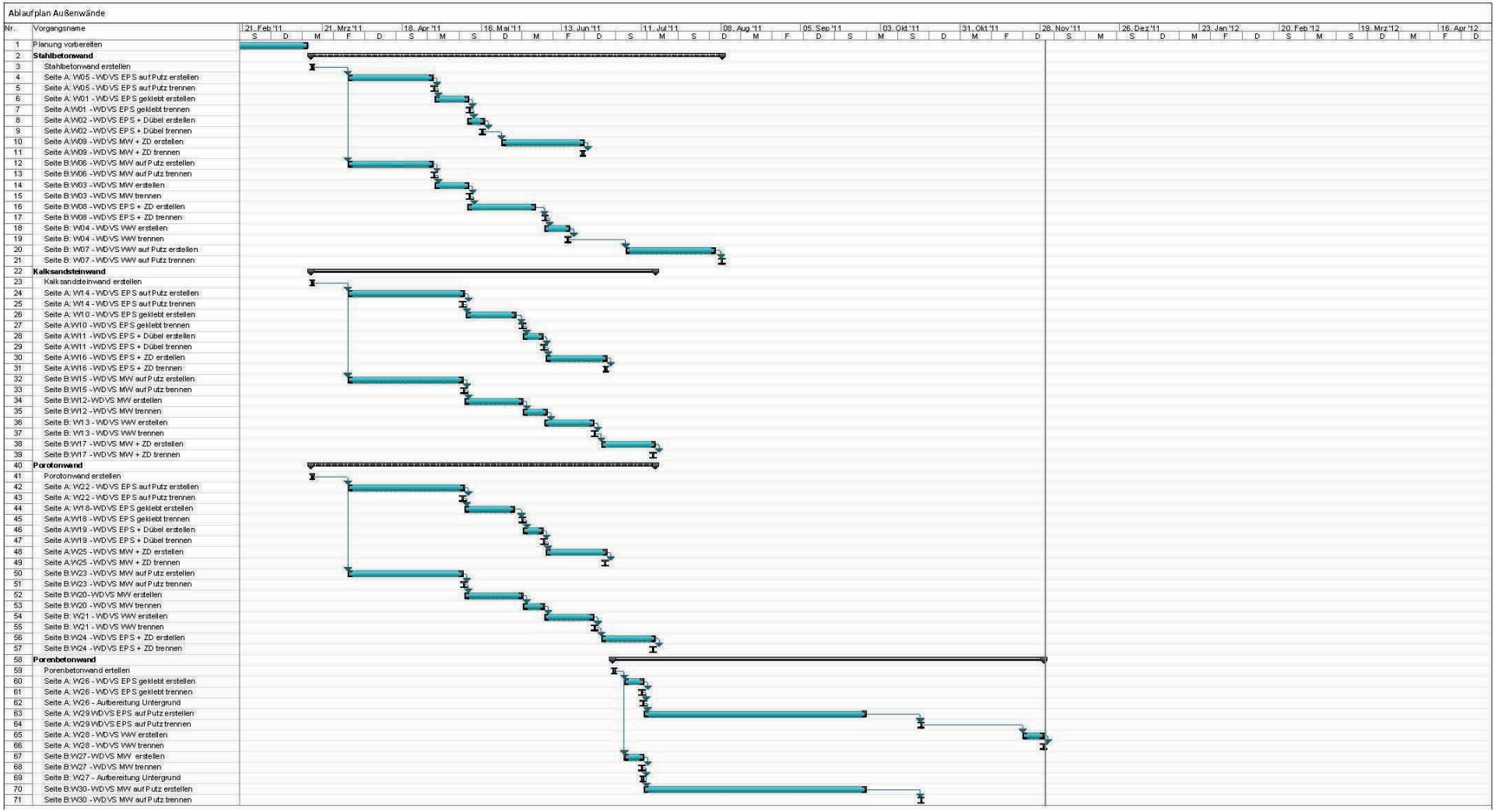
[43] **Institut für Bauen und Umwelt (2009):** *EPD EPS-Hartschaum (Styropor) für Wände und Dächer EPD- IVH_2009311_D.pdf* , im Internet Online: http://bau-umwelt.de/download/C22bf5d3bX12622ef92abXY5c1e/EPD_IVH_2009311_D.pdf

[44] **Institut für Bauen und Umwelt (2009):** *EPD EPS-Hartschaum (grau) mit Wärmestrahlungsabsorber EPD- IVH_2009211_D.pdf* , im Internet Online: http://bau-umwelt.de/download/C22bf5d3bX12622ef92abXY5dec/EPD_IVH_2009211_D.pdf

Anhang

Anhang 1: Versuchsplan Wände ..... A 3
Anhang 2: Versuchsplan Dächer ..... A 4
Anhang 3: Zuordnung Stoffströme der Musterversucher mit Datensätze Ökobau.dat/Umweltwirkungen/EPD ..... A 5
Anhang 4: Wandaufbauten - Übersicht der erzielten Wärmedurchgangwiderstände der Versuchsaufbauten und der erforderliche Dämmstärken ..... A 6
Anhang 5: Dachaufbauten - Übersicht der erzielten Wärmedurchgangwiderstände der Versuchsaufbauten und der erforderliche Dämmstärken ..... A 7
Anhang 6: Anpassungsfaktor zur Berechnung Umweltwirkung Transport (nach Materialien) ..... A 8
Anhang 7: Bauteilkatalog ..... A 9
Anhang 8: Technische Datenblätter, Produktdatenblätter, Sicherheitsdatenblätter Versuchsaufbauten ..... A 98

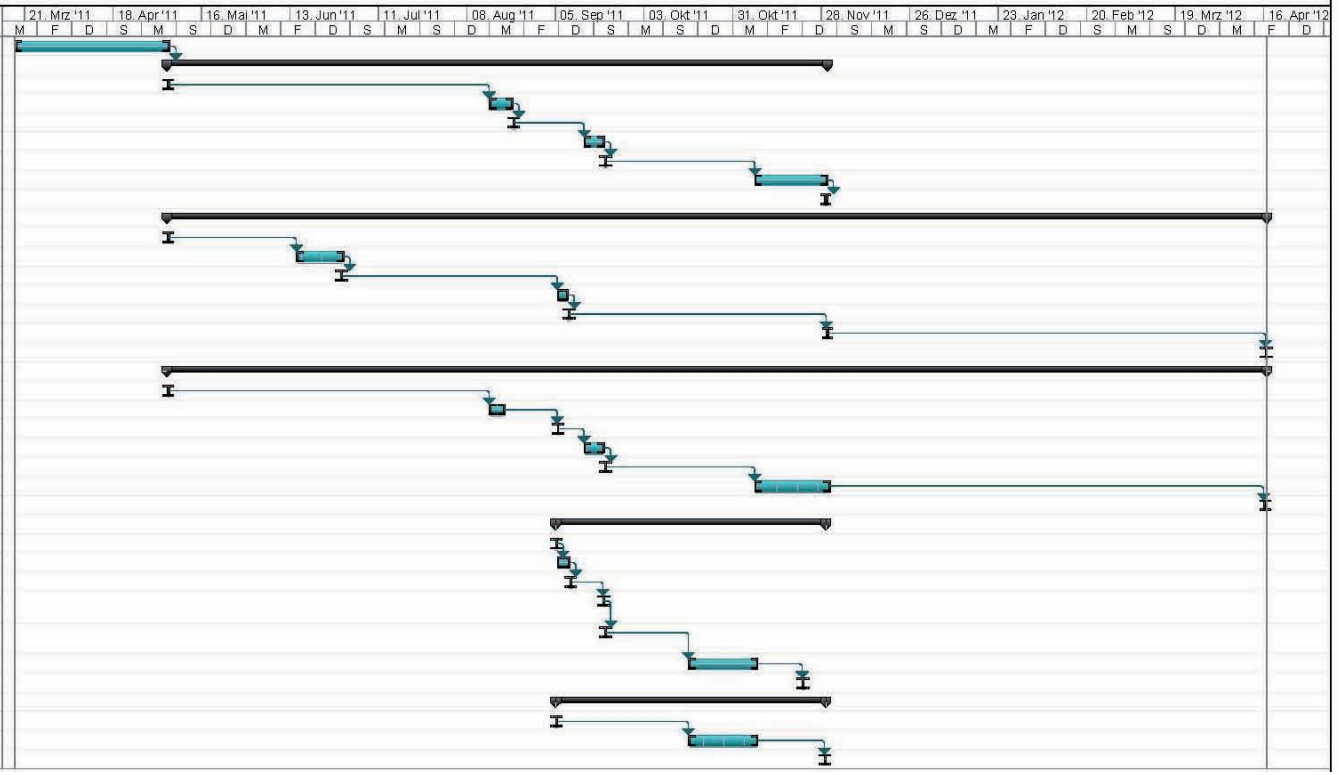
Anhang 1: Versuchsplan Wände



Anhang 2: Versuchsplan Dächer

Ablaufplan Dächer

Nr.	Vorgangsname
1	Planung vorbereiten
2	**Stahlbetondecke 01**
3	Stahlbetondecke erstellen
4	FD03: Warmdach verklebt (MW + Bitumen kaltselbstklebend) erstellen
5	FD03: Warmdach verklebt (MW + Bitumen kaltselbstklebend) trennen
6	FD01: Warmdach lose verlegt mit Auflast (MW + Kunststoffabdichtung) erstellen
7	FD01: Warmdach lose verlegt mit Auflast (MW + Kunststoffabdichtung) trennen
8	FD07: FD02 mit Zusatzdämmung EPS + Bitumen kaltselbstklebend) erstellen
9	FD07: FD02 mit Zusatzdämmung EPS + Bitumen kaltselbstklebend) trennen
10	**Stahlbetondecke 02**
11	Stahlbetondecke erstellen
12	FD02: Warmdach verklebt (EPS + Bitumen kaltselbstklebend) erstellen
13	FD02: Warmdach verklebt (EPS + Bitumen kaltselbstklebend) trennen
14	FD05/FD10: Kompaktdach (CG + Bitumen) erstellen
15	FD05/FD10: Kompaktdach (CG + Bitumen) trennen
16	FD06: Umkehrdach verklebt (Bitumen verschweißt + XPS) erstellen
17	FD06: Umkehrdach verklebt (Bitumen verschweißt + XPS) trennen
18	**Stahlbetondecke 03**
19	Stahlbetondecke erstellen
20	FD08: FD04 mit Zusatzdämmung (MW + Bitumen verschweißt) erstellen
21	FD08: FD04 mit Zusatzdämmung (MW + Bitumen verschweißt) trennen
22	FD04: Warmdach verklebt (MW + Bitumen verschweißt) erstellen
23	FD04: Warmdach verklebt (MW + Bitumen verschweißt) trennen
24	FD09: FD04 mit Plusdach (Bitumen verschweißt + XPS) erstellen
25	FD09: FD04 mit Plusdach (Bitumen verschweißt + XPS) trennen
26	**Trapezblech 01**
27	Trapezblechkonstruktion erstellen
28	FD13: Kompaktdach verklebt (CG + Bitumen) erstellen
29	FD13: Kompaktdach verklebt (CG + Bitumen) trennen
30	FD14: Warmdach lose verlegt, mechanisch befestigt (EPS + Kunstoffabdichtung) erstellen
31	FD14: Warmdach lose verlegt, mechanisch befestigt (EPS + Kunstoffabdichtung) trennen
32	FD11: Warmdach verklebt (EPS + Kunstoffabdichtung) erstellen
33	FD11: Warmdach verklebt (EPS + Kunstoffabdichtung) trennen
34	**Trapezblech 02**
35	Trapezblechkonstruktion erstellen
36	FD12: Warmdach verklebt (MW+Kunststoffabdichtung) erstellen
37	FD12: Warmdach verklebt (MW+Kunststoffabdichtung) trennen



Anhang 3: Zuordnung Stoffströme der Musterversucher mit Datensätze Ökobau.dat/Umweltwirkungen/EPD

Kosten **Zuordnung Datensätze ökobaudat. 2011, Stand 23.01.2012**

Bezeichnung	Kosten EOL [€ pro kg]	Bruttokosten Transport/ Bereitstellung Container [€ pro kg]	Material	in Bezugseinheit Output	Bezugseinheit ökobaudat	Einheit	Basisname ökobaudat/EPD	Primärenergie nicht regenerierbar [MJ]	Primärenergie regenerierbar [MJ]	Abiotischer Ressourcen-verbrauch (ADP) [kg Sb-Äqv.]	Eutrophierung spotential (EP) [kg PO_4-Äqv.]	Ozonabbaupot ential (ODP) [kg R_{11}-Äqv.]	Photochem. Oxidantien-bildungspot. (POCP) [kg Ethen-Äqv.]	Treibhauspote ntial (GWP 100) [kg CO_2-Äqv.]	Versauerungs potential (AP) [kg SO_2-Äqv.]	Entfernung Transport in [km]
Kosten EOL			**Außenwände**				**EOL**									
Schrott	-0,100	0,005	WDVS Wärmedämmstoffhalter Stahl	kg	1	kg	4.8.08_Recyclingpotential_-_Stahlblech_Kaltband_verzinkt.xml	-12,8753594	-0,05923966	-0,006632947	-0,000299552	3,03604E-08	-0,00050074	-0,945863264	-0,00324989	30
Baumisch	0,160	0,005	WDVS Wärmedämmstoffhalter Kunststoff	kg	1	kg	6.8.01_Verbrennung_Kunststoff_in_MVA_incl._Gutschrift.xml	-24,39815936	-1,937950276	-0,0101576	-0,00018627	-3,61196E-09	-0,000175084	0,942346538	-0,001506498	125
Altholz Klasse A1-A3	0,052	0,008	WDVS WW	kg	1	kg	1 kg auf Basis 2.22.01_End_of_life_-_Holzfaserdaemmplatte_(Trockenverfahren)_Thermowall_-_GUTEX.xml	-26,39328804	-1,197397644	-0,008170415	5,49451E-05	-2,53088E-07	-4,3424E-05	-0,149220253	-0,001170734	125
Styropor verunreinigt	0,155	0,113	WDVS EPS	kg	1	kg	2.22.06_End_of_life_-_EPS_Wand_und_Boden_-_IVH.xml	-30,22261086	-0,391481069	-0,013059066	-0,000185151	-8,2559E-08	-0,000171532	1,171072887	-0,001947891	125
KMF	0,422	0,014	WDVS MW	kg	1	kg	9.5.02_Bauschutt-Deponierung.xml	0,196087675	0,014512722	8,97318E-05	1,30271E-05	1,1031E-11	1,16127E-05	0,022195783	9,26882E-05	50
Bauschutt leicht verschmutzt, Fremdstoffanteil < 5%	0,056	0,005	Altputz Ober-u. Unterputz	kg	1	kg	9.5.01_Bauschuttaufbereitung.xml	-0,123288157	0,0037405	-6,44855E-05	-2,57997E-07	5,99165E-12	-6,16488E-06	-0,013154389	-3,25003E-05	50
Baumisch	0,160	0,005	WDVS Putzschicht: · mit mineralischem Oberputz · mit Silikonharzputz · mit Silikatputz WDVS Klebemörtel Altputz mit Verunreinigungen/ Leichtputz	kg	1	kg	9.5.02_Bauschutt-Deponierung.xml	0,196087675	0,014512722	8,97318E-05	1,30271E-05	1,1031E-11	1,16127E-05	0,022195783	9,26882E-05	50
Bauschutt leicht verschmutzt, Fremdstoffanteil < 25%	0,065	0,005	WDVS Klebemörtel nahezu sortenrein, jedoch über 0,2 % Masse Fremdstoffe	kg	1	kg	9.5.02_Bauschutt-Deponierung.xml	0,196087675	0,014512722	8,97318E-05	1,30271E-05	1,1031E-11	1,16127E-05	0,022195783	9,26882E-05	50
			Dach													
Dachkies, sauber	0,006	0,005	Dach Kies sauber	kg	1	kg	9.5.01_Bauschuttaufbereitung.xml	-0,123288157	0,0037405	-6,44855E-05	-2,57997E-07	5,99165E-12	-6,16488E-06	-0,013154389	-3,25003E-05	50
Baumisch	0,160	0,039	Dach XPS	kg	1	kg	1 kg auf Basis EPD-FPX-2010111-D, 100% thermische Verwertung	-33,47400882	-0,429635294	-0,014364706	-0,000101859	-9,07588E-08	-0,000153441	1,524617647	-0,001632353	125
Bauschutt verschmutzt, Fremdstoffanteil <25% (Holz, Heraklith, Bims)	0,065	0,013	Dach Schaumglas	kg	1	kg	9.5.01_Bauschuttaufbereitung.xml	-0,123288157	0,0037405	-6,44855E-05	-2,57997E-07	5,99165E-12	-6,16488E-06	-0,013154389	-3,25003E-05	50
Bauschutt stark verschmutzt, Fremdstoffanteil <50% (Holz, Heraklith, Bims)	0,065	0,013	Dach Schaumglas stark verunreingt	kg	1	kg	9.5.02_Bauschutt-Deponierung.xml	0,196087675	0,014512722	8,97318E-05	1,30271E-05	1,1031E-11	1,16127E-05	0,022195783	9,26882E-05	50
Baumisch	0,160	0,063	Dach EPS	kg	1	kg	2.22.06_End_of_life_-_EPS_Wand_und_Boden_-_IVH.xml	-30,22261086	-0,391481069	-0,013059066	-0,000185151	-8,2559E-08	-0,000171532	1,171072887	-0,001947891	125
KMF	0,422	0,009	Dach MW	kg	1	kg	9.5.02_Bauschutt-Deponierung.xml	0,196087675	0,014512722	8,97318E-05	1,30271E-05	1,1031E-11	1,16127E-05	0,022195783	9,26882E-05	50
Kunststoffabdichungen	0,132	0,005	Dach Kunststoff-Abdichtungsbahn/PE-Folie	kg	1	kg	6.8.01_Verbrennung_Kunststoff_in_MVA_incl._Gutschrift.xml	-24,39815936	-1,937950276	-0,0101576	-0,00018627	-3,61196E-09	-0,000175084	0,942346538	-0,001506498	125
Bitumen nicht teerhaltig	0,202	0,005	Dach Bitumenabdichtungsbahn	kg	1	kg	6.8.01_Verbrennung_Kunststoff_in_MVA_incl._Gutschrift.xml	-24,39815936	-1,937950276	-0,0101576	-0,00018627	-3,61196E-09	-0,000175084	0,942346538	-0,001506498	125
Entsorgungskosten Trägermaterial	-	-	Schlacke aus Verbrennung	kg	1	kg	9.5.02_Bauschutt-Deponierung.xml	0,196087675	0,014512722	8,97318E-05	1,30271E-05	1,1031E-11	1,16127E-05	0,022195783	9,26882E-05	
			Vorbereitungsmaßnahmen Untergrund													
			Energie Arbeitsmittel	Wh	1	kWh	9.2.05_Strom_Mix.xml	9,651993321	1,640866171	0,003307037	0,000109111	3,05528E-09	8,3793E-05	0,595657958	0,00117731	
Materialkosten Füllmörtel	1,488	0,000	Ytong Multipor Füllmörtel, Werktrockenmörtel	kg	1	kg	1.4.02_Leichtmoertel_LM21_-_IVM.xml	3,783840017	0,249258086	0,001616787	0,000154259	1,14355E-08	0,000123766	0,474897809	0,001094531	
			Sensitivitätsanalyse													
Bauschutt leicht verschmutzt, Fremdstoffanteil < 25%	0,250	0,005	WDVS Klebemörtel nahezu sortenrein, jedoch über 0,2 % Masse Fremdstoffe	kg	1	kg	9.5.01_Bauschuttaufbereitung.xml	-0,123288157	0,0037405	-6,44855E-05	-2,57997E-07	5,99165E-12	-6,16488E-06	-0,013154389	-3,25003E-05	50
Styropor sortenrein	-0,100	0,060	WDVS EPS sortenrein	kg	1	kg	REC-EPS werkstofflich	-39,33753861	-0,20416847	-0,018244722	-0,000287536	-3,68291E-08	-0,007471426	-1,314932677	-0,002830827	300
sortenreines EPS	-0,100	0,060	Dach EPS sortenrein	kg	1	kg	REC-EPS werkstofflich	-39,33753861	-0,20416847	-0,018244722	-0,000287536	-3,68291E-08	-0,007471426	-1,314932677	-0,002830827	300
			Nutzung Dachschneider/Dachräumer	m	1000	m	9.4.01_PKW_(Benzin)_EURO_3.xml	3,277459036	0,009856988	0,001570783	3,79371E-05	1,17988E-11	3,79185E-05	0,23259444	0,000320817	

Anhang 4: Wandaufbauten - Übersicht der erzielten Wärmedurchgangwiderstände der Versuchsaufbauten und der erforderliche Dämmstärken nach ENEV 2009 /PH

Bauteil		Wärmeleitfähigkeit relevanter Schichten in [W/(mK)]	erzielter U-Wert bei d= 10 cm in [W/m²K]	erforderliche Dämmstärke d in [cm]	
				ENEV 2009 für U-Wert ≤ 0,24 [W/m²K]	Passivhaus-standard für U-Wert ≤ 0,15 [W/m²K]
WDVS auf Stahlbeton-Wand					
W01	EPS geklebt	STB λ= 2,3; EPS λ= 0,035	0,32	14	22
W02	EPS geklebt + Dübel	STB λ= 2,3; EPS λ= 0,035	0,32	14	22
W03	MW geklebt + Dübel	STB λ= 2,3; MW λ= 0,036	0,33	14	24
W04	WW geklebt + Dübel	STB λ= 2,3; WW λ= 0,042	0,38	16	~~28~~
W05	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	STB λ= 2,3; EPS λ= 0,035	0,32	14	22
W06	MW geklebt + Dübel auf Altputz	STB λ= 2,3; MW λ= 0,036	0,33	14	24
W07	WW geklebt + Dübel auf Altputz	STB λ= 2,3; WW λ= 0,042	0,38	16	28
W08	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	STB λ= 2,3; EPS λ= 0,035	0,17	14	22
W09	MW geklebt + Dübel auf WDVS	STB λ= 2,3; MW λ= 0,036	0,17	14	24
WDVS auf KS-Wand					
W10	EPS geklebt	KS λ= 1,4; EPS λ= 0,035	0,3	14	22
W11	EPS geklebt + Dübel	KS λ= 1,4; EPS λ= 0,035	0,3	14	22
W12	MW geklebt + Dübel	KS λ= 1,4; MW λ= 0,036	0,31	14	22
W13	WW geklebt + Dübel	KS λ= 1,4; WW λ= 0,042	0,35	16	~~26~~
W14	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	KS λ= 1,4; EPS λ= 0,035	0,31	14	22
W15	MW geklebt + Dübel auf Altputz	KS λ= 1,4; MW λ= 0,036	0,31	14	22
W16	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	KS λ= 1,4; EPS λ= 0,035	0,16	14	22
W17	MW geklebt + Dübel auf WDVS	KS λ= 1,4; MW λ= 0,036	0,14	14	22
WDVS auf Porotonstein-Wand					
W18	EPS geklebt	Poroton λ= 0,14; EPS λ= 0,035	0,19	8	16
W19	EPS geklebt + Dübel	Poroton λ= 0,14; EPS λ= 0,035	0,19	8	16
W20	MW geklebt + Dübel	Poroton λ= 0,14; MW λ= 0,036	0,2	8	16
W21	WW geklebt + Dübel	Poroton λ= 0,14; WW λ= 0,042	0,21	8	~~18~~
W22	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	Poroton (Baualter ca.1975) λ= 0,4; EPS λ= 0,035	0,26	12	20
W23	MW geklebt + Dübel auf Altputz	Poroton (Baualter ca.1975) λ= 0,4; MW λ= 0,036	0,27	12	20
W24	EPS geklebt + Dübel auf WDVS	Poroton (Baualter ca.1975) λ= 0,4; EPS λ= 0,035	0,15	12	20
W25	MW geklebt + Dübel auf WDVS	Poroton (Baualter ca.1975) λ= 0,4; MW λ= 0,036	0,15	12	20
WDVS auf Porenbetonstein-Wand					
W26	EPS geklebt	Porenbeton λ= 0,1; EPS λ= 0,035	0,17	4	12
W27	MW geklebt + Dübel	Porenbeton λ= 0,1; MW λ= 0,036	0,17	4	12
W28	WW geklebt + Dübel	Porenbeton λ= 0,1; WW λ= 0,042	0,18	4	16
W29	EPS geklebt + Dübel auf Altputz	Porenbeton (Baualter ca.1980) λ= 0,23; EPS λ= 0,035	0,23	10	18
W30	MW geklebt + Dübel auf Altputz	Porenbeton (Baualter ca.1980) λ= 0,23; MW λ= 0,036	0,23	10	18

Anhang 5: *Dachaufbauten - Übersicht der erzielten Wärmedurchgangwiderstände der Versuchsaufbauten und der erforderliche Dämmstärken nach ENEV 2009 /PH*

Bauteil		Wärmeleitfähigkeit relevanter Schichten in [W/(mK)]	erzielter U-Wert bei d= 10 cm in [W/m²K]	erforderliche Dämmstärke d in [cm]	
				ENEV 2009 für U-Wert ≤ 0,2 [W/m²K]	Passivhaus-standard für U-Wert ≤ 0,15 [W/m²K]
Aufbauten auf Stahlbetondecke					
FD 01	Warmdach lose verlegt mit Auflast, MW mit PIB	STB λ= 2,3; MW λ= 0,04	0,36	20	26
FD 02	Warmdach verklebt, EPS + Bitumen	STB λ= 2,3; EPS λ= 0,035	0,32	18	22
FD 03	Warmdach verklebt, MW + Bitumen kaltselbstklebend	STB λ= 2,3; MW λ= 0,04	0,36	20	26
FD 04	Warmdach verklebt, MW + Bitumen im Schweißverfahren	STB λ= 2,3; MW λ= 0,04	0,36	20	26
FD 05	Kompaktdach	STB λ= 2,3; CG λ= 0,041	0,37	20	26
FD 06	Umkehrdach	STB λ= 2,3; XPS λ= 0,038	0,37	22	30
FD 07	Warmdach verklebt, EPS mit Zusatzdämmung	STB λ= 2,3; EPS λ= 0,035	0,17	18	22
FD 08	Warmdach verklebt, MW mit Zusatzdämmung	STB λ= 2,3; MW λ= 0,04	0,19	20	26
FD 09	Warmdach verklebt, MW + Bitumen im Schweißverfahren mit Zusatzdämmung Umkehrdach	STB λ= 2,3; MW λ= 0,04; XPS λ= 0,038	0,21	22	30
FD 10	Kompaktdach mit Zusatzdämmung	STB λ= 2,3; CG λ= 0,041	0,19	20	26
Aufbauten auf Trapezblech					
FD 11	Warmdach verklebt, EPS + FPO mit Vlies	EPS λ= 0,035	0,33	18	24
FD 12	Warmdach verklebt, MW + FPO mit Vlies	MW λ= 0,04	0,38	20	26
FD 13	Kompaktdach	CG λ= 0,041	0,38	20	26
FD 14	Warmdach lose verlegt mechanisch befestigt, EPS mit PIB	EPS λ= 0,035	0,33	18	24

Anhang 6: Anpassungsfaktor zur Berechnung Umweltwirkung Transport (nach Materialien)

Material	[kg/m³]	[t] pro LKW	Anpassungfaktor für Transport 1 t Material in Abhängigkeit von Abfallfraktion (= Nutzlast 17,3 [t] / Masse in [t] Material) und 50% Auslastung	für 1 kg
WDVS Mineralwolle	96,00	6,48	4,54	0,0045
Dach Mineralwolle	152,00	10,26	2,87	0,0029
EPS zerstörrt nach Rückbau	11,67	0,79	37,35	0,0373
EPS-Briketts	233,33	15,75	1,87	0,0019
Dach EPS zerstörrt nach Rückbau	20,83	1,41	20,91	0,0209
Dach EPS-Briketts	416,67	28,13	1,70	0,0017
XPS	33,50	2,26	13,01	0,0130
Foamglas	101,67	6,86	4,29	0,0043
WW	170,00	11,48	2,56	0,0026
Putzschicht	1050,00	70,88	1,7	0,0017
Baumisch Putz/Klebemörtel	1105,00	74,59	1,7	0,0017
Bitumenabdichtung	937,50	63,28	1,7	0,0017
PVC-Abdichtung/Dämmstoffhalter	810,00	54,68	1,7	0,0017
Befestigungsmittel Stahl verzinkt	2800,00	189,00	1,7	0,0017

Anhang 7: Bauteilkatalog

Anmerkung:

Graue Darstellung nicht bei der Versuchsdurchführung ausgeführte Schichten, Werte aus Mittelwerten übernommen

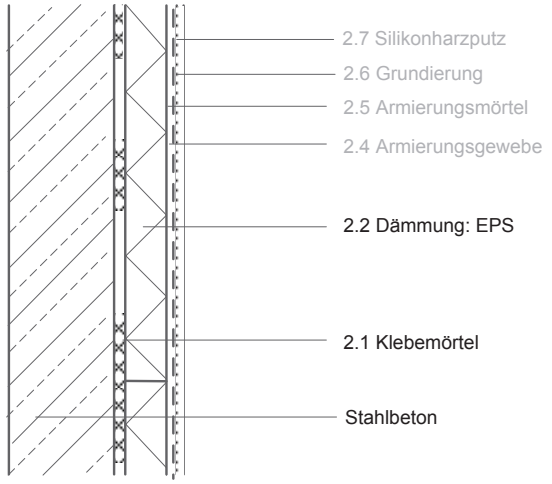
W 01 Außenwand Beton WDVS EPS geklebt

Konstruktion:	Beton
Bestand Alt:	-
Wärmedämmstoff:	EPS
Putz alt/neu:	SHP
Varianten:	SIP/mineral. Putz

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W01 Musterwand	100	0,32
W01 (ENEV 2009)	140	0,24
W01 (PH)	220	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 21°C

Die EPS-Dämmplatten wurden mit einer Maurerkelle vom Untergrund gehebelt. Teils war das Ablösen in großformatigen Stücken möglich, z.T. zerfielen sie in kleine Poren. Anhaftungen von Klebemörtel am EPS wurden mit einer Maurerkelle entfernt, so dass das EPS nahezu sortenrein vorlag.
An der Oberfläche des Klebemörtels verblieben nur geringfügige Anhaftungen von EPS (auf ca. 5% der Gesamtfläche Wand). Die Klebemörtelreste konnten mit einer Maurerkelle abgeschlagen werden, wobei die Staubentwicklung minimal war.
Der Untergrund wies nach der Demontage des WDVS (2. Belegung der Versuchswand) nur minimale Fehlstellen mit einer Tiefe < 1 cm auf und war ohne Vorbereitungsmaßnahmen direkt belegbar.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	*Silikonharzputz, Heck SHP KC 3*	*3*	*3,98*	*2.4-2.7*	*Putzschicht*	*0,015*		*6,530*
2.6	*Grundierung Heck UG*		*0,24*					
2.5	*Armierungsmörtel Heck K+A*	*5*	*4,26*					
2.4	*Armierungsgewebe Heck AGG fine*		*0,18*	*2.2.3*	*Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)*	*0,037*		*0,620*
2.2	EPS, Heck Dämmplatte 035	100	1,53	2.2.2	EPS	0,05	0	1,53
				2.2.1	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,02	0	
2.1	Klebemörtel, Heck K+A	5	4,60	2.1	Klebemörtel	0,03	0	4,52
	Summe	**113**	**14,66**		**Summe**	**0,152**	**0**	**13,2**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.7	*Putzschicht*	*1,28*	*0,09*	*5,86E-04*	*8,51E-05*	*7,20E-11*	*7,58E-05*	*0,14*	*6,05E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)*	*0,12*	*0,01*	*5,56E-05*	*8,08E-06*	*6,84E-12*	*7,20E-06*	*0,01*	*5,75E-05*
	Summe EoL	1,40	0,10	6,42E-04	9,31E-05	7,89E-11	8,30E-05	0,16	6,63E-04
	Summe Transport	0,57	2,28E-02	2,75E-04	6,58E-05	2,02E-12	-1,13E-04	3,96E-02	3,60E-04
	Summe Energie	0	0	0	0	0	0	0	0
	Summe Gesamt	1,98	0,13	9,17E-04	1,59E-04	8,09E-11	-3,04E-05	1,98E-01	1,02E-03

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	*Putzschicht Silikonharz*	*1,28*	*0,09*	*5,86E-04*	*8,51E-05*	*7,20E-11*	*7,58E-05*	*1,45E-01*	*6,05E-04*
2.2.3	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,12	0,01	5,56E-05	8,08E-06	6,84E-12	7,20E-06	1,38E-02	5,75E-05
2.2.2	Schlacke aus Verbrennung	0,03	0,00	1,44E-05	2,08E-06	1,76E-12	1,86E-06	3,55E-03	1,48E-05
2.2.2	EPS	-41,40	-0,54	-1,79E-02	-2,54E-04	-1,13E-07	-2,35E-04	1,60E+00	-2,67E-03
2.2.1	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,00	0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2.1	Klebemörtel	0,89	0,07	4,06E-04	5,89E-05	4,99E-11	5,25E-05	1,00E-01	4,19E-04
	Summe EoL	**-39,09**	**-0,36**	**-1,68E-02**	**-9,95E-05**	**-1,13E-07**	**-9,76E-05**	**1,87E+00**	**-1,57E-03**
	Summe Transport	**7,69**	**0,31**	**3,69E-03**	**8,80E-04**	**2,70E-11**	**-1,52E-03**	**5,31E-01**	**4,82E-03**
	Summe Energie	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Summe Gesamt	**-31,39**	**-0,06**	**-1,31E-02**	**7,81E-04**	**-1,13E-07**	**-1,62E-03**	**2,40**	**3,24E-03**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	1,91	6,37	8,28

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämmstandard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-46,26	-0,18	-1,94E-02	9,65E-04	-1,60E-07	-2,22E-03	3,25	3,71E-03
	Passivhaus	-75,99	-0,43	-3,21E-02	1,33E-03	-2,56E-07	-3,42E-03	4,95	4,65E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

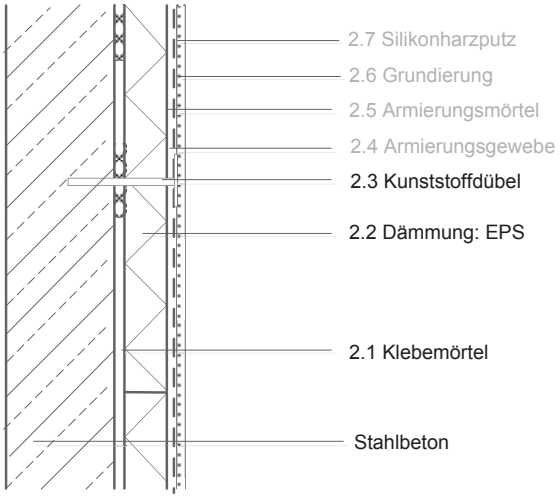
W 02 Außenwand Beton WDVS EPS geklebt + Dübel

Konstruktion:	Beton
Bestand Alt:	-
Wärmedämmstoff:	EPS
Putz alt/neu:	SHP
Varianten:	SIP/mineral. Putz

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W02 Musterwand	100	0,32
W02 (ENEV 2009)	140	0,24
W02 (PH)	220	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 16°C

Im ersten Schritt wurden die Dübelköpfe der Wärmedämmstoffhalter mit einem Elektrofuchs getrennt und gesammelt. EPS-Dämmplatten wurden mit einer Maurerkelle vom Untergrund getrennt. Teils war das Ablösen in großformatigen Stücken möglich, z.T. zerfielen sie in kleine Poren. Die Anhaftungen von Klebemörtel am EPS wurden mit einer Maurerkelle entfernt, so dass das EPS nahezu sortenrein vorlag. An der Oberfläche des Klebemörtels verblieben geringfügige Anhaftungen von EPS (auf ca. 10% der Wandfläche). Die Klebemörtelreste wurden mit einer Maurerkelle abgeschlagen. Die Dübelreste wurden mit einem Elektrofuchs von der Wand getrennt und zusammen mit dem Klebemörtel entsorgt. Der Untergrund wies durch die mehrmalige Belegung (3. Belegung der Versuchswand) ca. 6 Fehlstellen auf, die jedoch keine Vorbereitungsmaßnahmen des Untergrundes erforderten. Der Untergrund war nach Reinigung ohne Vorbereitungsmaßnahmen direkt belegbar.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	*Silikonharzputz, Heck SHP KC3*	*3*	*3,98*	*2.4-2.7*	*Putzschicht*	*0,015*		*6,530*
2.6	*Grundierung Heck UG*		*0,24*					
2.5	*Armierungsmörtel Heck K+A*	*5*	*4,26*					
2.4	*Armierungsgewebe Heck AGG fine*		*0,18*	*2.2.3*	*Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)*	*0,037*		*0,620*
2.3	K.- Schlagdübel, SDK-FV 170	*170*	*0,14*	*2.3.2*	*Kunststoffdübel-köpfe*	*0,033*	*0,010*	*0,048*
2.2	EPS, Heck Dämmplatte 035	100	1,42	2.2.2	EPS	0,083		1,55
				2.2.1	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,017		
2.1	Klebemörtel, Heck K+A	5	4,20	2.1	Klebemörtel	0,050		3,980
				2.3.0	Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,023	0,006	0,07
	Summe	**113**	**14,42**		**Summe**	**0,258**	**0,015**	**12,795**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.7	*Putzschicht*	*1,28*	*0,09*	*5,86E-04*	*8,51E-05*	*7,20E-11*	*7,58E-05*	*0,14*	*6,05E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)*	*0,12*	*0,01*	*5,56E-05*	*8,08E-06*	*6,84E-12*	*7,20E-06*	*0,01*	*5,75E-05*
	Summe EoL	**1,40**	**0,10**	**6,42E-04**	**9,31E-05**	**7,89E-11**	**8,30E-05**	**0,16**	**6,63E-04**
	Summe Transport	**0,57**	**2,28E-02**	**2,75E-04**	**6,58E-05**	**2,02E-12**	**-1,13E-04**	**3,96E-02**	**3,60E-04**
	Summe Energie	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Summe Gesamt	**1,98**	**0,13**	**9,17E-04**	**1,59E-04**	**8,09E-11**	**-3,04E-05**	**1,98E-01**	**1,02E-03**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	*Putzschicht Silikonharz*	*1,28*	*0,09*	*5,86E-04*	*8,51E-05*	*7,20E-11*	*7,58E-05*	*1,45E-01*	*6,05E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)*	*0,12*	*0,01*	*5,56E-05*	*8,08E-06*	*6,84E-12*	*7,20E-06*	*1,38E-02*	*5,75E-05*
2.3.2	Kunststoffdübelköpfe	-1,17	-0,09	-4,88E-04	-8,94E-06	-1,73E-10	-8,40E-06	4,52E-02	-7,23E-05
2.2.2	Schlacke aus Verbrennung	0,04	0,00	1,62E-05	2,34E-06	1,99E-12	2,09E-06	4,00E-03	1,67E-05
2.2.2	EPS	-41,40	-0,54	-1,79E-02	-2,54E-04	-1,13E-07	-2,35E-04	1,60E+00	-2,67E-03
2.2.1	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,00	0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
		0,78	0,06	3,57E-04	5,18E-05	4,39E-11	4,62E-05	8,83E-02	3,69E-04
2.3.0	Trennung Kunststoff-dübel-Wand	0,01	0,00	6,03E-06	8,75E-07	7,41E-13	7,80E-07	1,49E-03	6,23E-06
	Summe EoL	**-40,35**	**-0,46**	**-1,74E-02**	**-1,14E-04**	**-1,13E-07**	**-1,11E-04**	**1,90E+00**	**-1,69E-03**
	Summe Transport	**7,75**	**0,31**	**3,71E-03**	**8,87E-04**	**2,72E-11**	**-1,53E-03**	**5,35E-01**	**4,85E-03**
	Summe Energie	**1,47E-01**	**2,49E-02**	**5,03E-05**	**1,66E-06**	**4,64E-11**	**1,27E-06**	**9,05E-03**	**1,79E-05**
	Summe Gesamt	**-32,45**	**-0,13**	**-1,36E-02**	**7,75E-04**	**-1,13E-07**	**-1,64E-03**	**2,45**	**3,19E-03**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	1,90	10,85	12,75

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämmstandard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-47,31	-0,26	-1,99E-02	9,60E-04	-1,61E-07	-2,24E-03	3,3	3,66E-03
	Passivhaus	-77,02	-0,50	-3,25E-02	1,33E-03	-2,56E-07	-3,44E-03	5,0	4,61E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

W 03 Außenwand Beton WDVS MW geklebt + Dübel

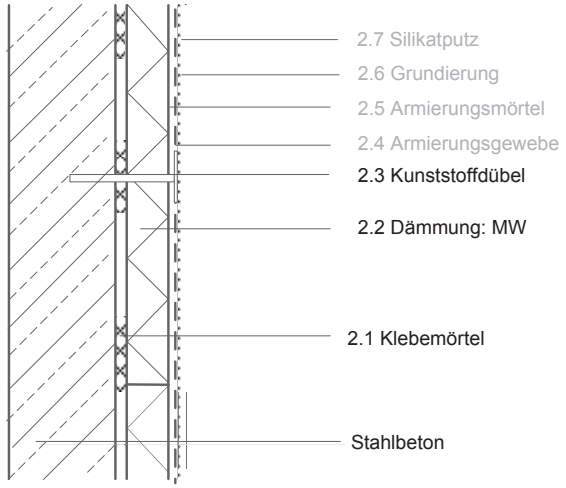
Konstruktion:	Beton
Bestand Alt:	-
Wärmedämmstoff:	Mineralwolle
Putz alt/neu:	SIP
Varianten:	mineral. Putz (A)

Bauphysikalische Qualität:

* Zustimmung im Einzelfall

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W03 Musterwand	100	0,33
W03 (ENEV 2009)	140	0,24
W03 (PH)*	240*	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 21°C

Im ersten Schritt wurden die Dübelköpfe der Wärmedämmstoffhalter mit einem Elektrofuchs getrennt und gesammelt. Die MW-Dämmplatten wurden dann mit einer Maurerkelle vom Untergrund als Platte abgehoben. Durch das Entfernen entstand Faserstaub. Die Anhaftungen des Klebemörtels an der MW waren minimal und konnten problemlos entfernt werden. Beim Klebemörtel verblieb eine dünne Faserschicht Mineralwolle (bis zu 4 mm auf ca. 40% der Gesamtfläche Wand). Die Klebemörtelreste wurden mit einer Maurerkelle abgeschlagen, wobei die Staubentwicklung minimal war. Die Dübelreste wurden mit einem Elektrofuchs von der Wand getrennt und zusammen mit dem Klebemörtel entsorgt. Der Untergrund wies durch die mehrmalige Belegung 5 Fehlstellen mit einer Tiefe < 1,5 cm auf (2. Belegung der Versuchswand). Der Untergrund war nach Reinigung ohne Vorbereitungsmaßnahmen direkt belegbar.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	*Silikatputz Heck SIP KC 3*	*3*	*3,66*	*2.4-2.7*	*Putzschicht Silikatputz*	*0,015*		*6,900*
2.6	*Grundierung Heck UG*		*0,23*					
2.5	*Armierungsmörtel Heck K+A*	*5*	*4,88*					
2.4	*Armierungsgewebe Heck AGG fine*		*0,18*	*2.2.3*	*Baumisch-Rest (MW+Klebem.)*	*0,017*		*0,500*
2.3	K.-Schlagdübel SDK-FV 170 + Dübelteller	170	0,14	2.3	K.- Schlagdübel	0,038	0,010	0,088
2.2	MW, Rockwool coverrock 035	100	9,60	2.2.2	MW	0,017		9,360
				2.2.1	Baumisch-Rest (MW+Klebem.)			
2.1	Klebemörtel, Heck K+A	5	4,80	2.1	Klebemörtel	0,033		4,380
				2.3.0	Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,033	0,006	0,067
	Summe	**113**	**23,49**		**Summe**	**0,136**	**0,152**	**21,255**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.7	*Putzschicht Silikatputz*	*1,35*	*0,10*	*6,19E-04*	*8,99E-05*	*7,61E-11*	*8,01E-05*	*1,53E-01*	*6,40E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (MW+Klebem.)*	*0,10*	*0,01*	*4,49E-05*	*6,51E-06*	*5,52E-12*	*5,81E-06*	*1,11E-02*	*4,63E-05*
	Summe EoL	1,45	0,11	6,64E-04	9,64E-05	8,16E-11	8,59E-05	1,64E-01	6,86E-04
	Summe Transport	0,59	0,02	2,85E-04	6,81E-05	2,09E-12	-1,17E-04	4,10E-02	3,72E-04
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	2,05	0,13	9,49E-04	1,64E-04	8,37E-11	-3,15E-05	2,05E-01	1,06E-03

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	*Putzschicht Silikatputz*	*1,35*	*0,10*	*6,19E-04*	*8,99E-05*	*7,61E-11*	*8,01E-05*	*1,53E-01*	*6,40E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (MW+Klebem.)*	*0,10*	*0,01*	*4,49E-05*	*6,51E-06*	*5,52E-12*	*5,81E-06*	*1,11E-02*	*4,63E-05*
2.3.2	Kunststoffdübelköpfe	-1,17	-0,09	-4,88E-04	-8,94E-06	-1,73E-10	-8,40E-06	4,52E-02	-7,23E-05
2.2.2	MW	1,84	0,14	8,40E-04	1,22E-04	1,03E-10	1,09E-04	2,08E-01	8,68E-04
2.1	Klebemörtel	0,86	0,06	3,93E-04	5,71E-05	4,83E-11	5,09E-05	9,72E-02	4,06E-04
2.3.0	Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,01	0,00	6,03E-06	8,75E-07	7,41E-13	7,80E-07	1,49E-03	6,23E-06
	Summe EoL	2,99	0,21	1,42E-03	2,67E-04	6,06E-11	2,38E-04	5,16E-01	1,89E-03
	Summe Transport	**2,97**	**0,12**	**1,42E-03**	**3,40E-04**	**1,04E-11**	**-5,86E-04**	**2,05E-01**	**1,86E-03**
	Summe Energie	**1,47E-01**	**2,49E-02**	**5,03E-05**	**1,66E-06**	**4,64E-11**	**1,27E-06**	**9,05E-03**	**1,79E-05**
	Summe Gesamt	**6,10**	**0,36**	**2,89E-03**	**6,09E-04**	**1,17E-10**	**-3,47E-04**	**7,30E-01**	**3,77E-03**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	5,63	5,71	11,34

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämmstandard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	7,69	0,45	3,63E-03	7,54E-04	1,63E-10	-4,65E-04	0,87	4,65E-03
	Passivhaus	11,65	0,67	5,49E-03	1,12E-03	2,77E-10	-7,61E-04	1,23	6,84E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

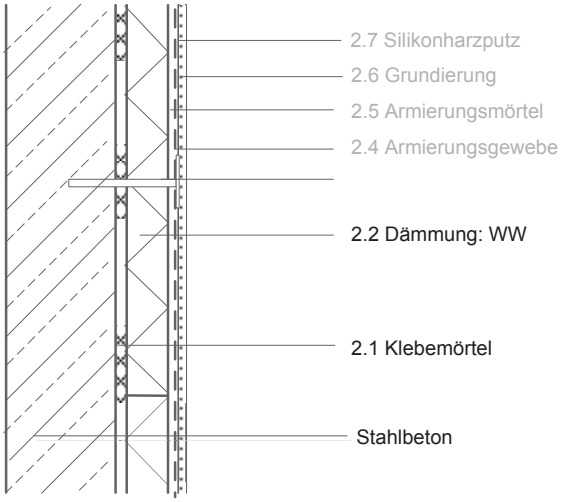
W 04 Außenwand Beton WDVS WW geklebt + Dübel

Konstruktion:	Beton
Bestand Alt:	-
Wärmedämmstoff:	WW
Putz alt/neu:	SHP
Varianten:	Mineral. Putz

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W04 Musterwand	100	0,38
W04 (ENEV 2009)	160	0,24
W04 (PH)	nicht zulässig	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 25°C

Als 1. Schritt wurden die Schauben mit dem Akkuschrauber gelöst und die Dübelköpfe der Wärmedämmstoffhalter mit einem Elektrofuchs getrennt. Beides wurde separat gesammelt. Die WW-Dämmplatten wurden teils mit dem Spaten, teils unter Zuhilfenahme eines Elektrohammers vom Untergrund als ganze Platte gelöst und lagen nahezu sortenrein vor. Bei der Demontage kam es zu starker Staubentwicklung.
Auf dem Klebemörtel verblieb eine Faserschicht von bis zu 5 mm (auf ca. 40% der Wandfläche). Der Klebemörtel und die Dübelreste wurden mit einem Elektrohammer von der Stahlbetonwand gestemmt. Der Untergrund wies durch die mehrmalige Belegung Fehlstellen bis zu 2 cm Tiefe auf (5. Belegung), so dass im Realfall eine Betonsanierung erforderlich gewesen wäre.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	*Silikonharzputz, Gutex Silikonputz*	*3*	*4,00*	*2.4-2.7*	*Putzschicht Silikonharz*	*0,017*		*7,220*
2.6	*Grundierung, Gutex Isoliergrund*		*0,42*					
2.5	*Armierungsgewebe , Gutex Universal*		*0,18*					
2.4	*Armierungsmörtel , Gutex Klebe- und Spachtelputz*	*5*	*4,16*	*2.2.3*	*Baumisch-Rest (WW+Klebem.)*	*0,007*		*0,860*
2.3	Kunststoffdübel, Gutex Thermoschraubdübel	155	0,155	2.3.2	Kunststoffdübelköpfe	0,038	0,010	0,088
2.3.1	verzinkte Stahlschraube		0,18	2.3.1	verzinkte Stahlschraube	0,042	0,001	0,176
2.2	WW, Gutex thermowall	100	17,20	2.2.2	WW	0,017	0,006	16,700
				2.2.1	Baumisch-Rest (WW+Klebem.)	0,017		
2.1	Klebemörtel, Gutex Klebe- und Spachtelputz	5	4,2	2.1	Klebemörtel	0,117	0,037	4,540
				2.3.0	Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,017	0,006	0,022
	Summe	**113**	**30,46**		**Summe**	**0,27**	**0,059**	**29,606**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.4-2.7	*Putzschicht Silikonharz*	*1,42*	*0,10*	*6,48E-04*	*9,41E-05*	*7,96E-11*	*8,38E-05*	*1,60E-01*	*6,69E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (WW+Klebem.)*	*0,17*	*0,01*	*7,72E-05*	*1,12E-05*	*9,49E-12*	*9,99E-06*	*1,91E-02*	*7,97E-05*
	Summe EoL	1,58	0,12	7,25E-04	1,05E-04	8,91E-11	9,38E-05	1,79E-01	7,49E-04
	Summe Transport	**0,65**	**0,03**	**3,11E-04**	**7,43E-05**	**2,28E-12**	**-1,28E-04**	**4,48E-02**	**4,07E-04**
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	**2,23**	**0,14**	**1,04E-03**	**1,80E-04**	**9,14E-11**	**-3,44E-05**	**2,24E-01**	**1,16E-03**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	*Putzschicht Silikonharz*	*1,42*	*0,10*	*6,48E-04*	*9,41E-05*	*7,96E-11*	*8,38E-05*	*1,60E-01*	*6,69E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (WW+Klebem.)*	*0,17*	*0,01*	*7,72E-05*	*1,12E-05*	*9,49E-12*	*9,99E-06*	*1,91E-02*	*7,97E-05*
2.3.2	Kunststoffdübelköpfe	-2,15	-0,17	-8,94E-04	-1,64E-05	-3,18E-10	-1,54E-05	8,29E-02	-1,33E-04
2.3.1	verzinkte Stahlschraube	-2,23	-0,01	-1,17E-03	-5,27E-05	5,34E-09	-8,81E-05	-1,66E-01	-5,72E-04
2.2.2	WW	-440,77	-20,00	-1,36E-01	9,18E-04	-4,23E-06	-7,25E-04	-2,49E+00	-1,96E-02
2.1	Klebemörtel	0,89	0,07	4,07E-04	5,91E-05	5,01E-11	5,27E-05	1,01E-01	4,21E-04
2.3.0	Kunststoffdübelreste	0,00	0,00	2,01E-06	2,92E-07	2,47E-13	2,60E-07	4,97E-04	2,08E-06
	Summe EoL	**-442,67**	**-19,99**	**-1,37E-01**	**1,01E-03**	**-4,22E-06**	**-6,82E-04**	**-2,29**	**-1,91E-02**
	Summe Transport	**6,10**	**0,24**	**2,92E-03**	**6,98E-04**	**2,14E-11**	**-1,20E-03**	**4,21E-01**	**3,82E-03**
	Summe Energie	**5,65E-01**	**9,60E-02**	**1,94E-04**	**6,39E-06**	**1,79E-10**	**4,90E-06**	**3,49E-02**	**6,89E-05**
	Summe Gesamt	**-436,00**	**-19,66**	**-1,34E-01**	**1,72E-03**	**-4,22E-06**	**-1,88E-03**	**-1,84**	**-1,52E-02**

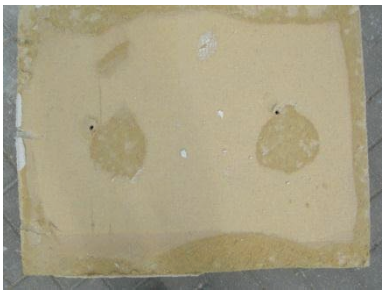
Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	3,08	11,33	14,41

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämmstandard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-703,45	-31,75	-2,17E-01	2,60E-03	-6,80E-06	-2,99E-03	-3,25	-2,55E-02
	Passivhaus	Nicht möglich							

Fotodokumentation Rückbauprozess:



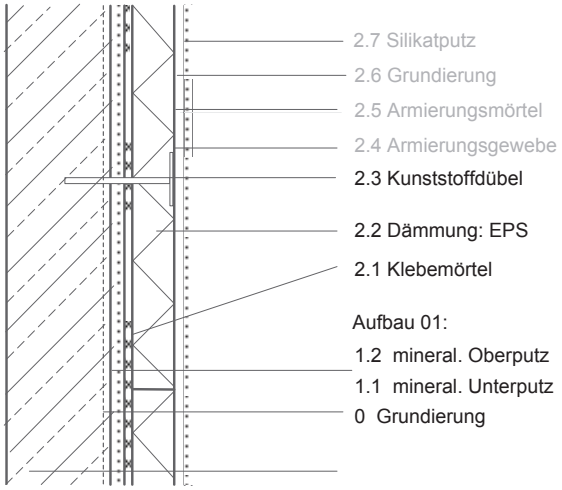
W 05 Außenwand Beton WDVS EPS + Dübel auf Altputz

Konstruktion:	Beton
Bestand Alt:	Mineral. Putz
Wärmedämmstoff:	EPS
Putz alt/neu:	SIP
Varianten:	SHP/Mineral. Putz

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W05 Musterwand	100	0,32
W05 (ENEV 2009)	140	0,24
W05 (PH)	220	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 22°C

Als Rückbauvariante wurden die Wandaufbauten dieser Wand nicht selektiv, sondern Dübel, Dämmplatten, Klebemörtel und Altputz in einem Schritt von der Wand mit einem Elektrohammer entfernt (55 min). Der anfallende Abbruch wurde mit einer Maurerkelle nach den Fraktionen mineralischer Bauschutt, Dübel und EPS separiert (35 min). Das EPS konnte bis auf minimale Anhaftungen vom Klebemörtel gereinigt werden. Hingegen verblieben beim Klebemörtel größere Anhaftungen des EPS.
Der Untergrund wies minimale Fehlstellen mit einer Tiefe < 1 cm auf und war ohne Vorbereitungsmaßnahmen direkt belegbar (1. Belegung der Versuchswand).

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	*Silikatputz, Heck SIP KC 3*	*3*	*4,13*	*2.4-2.7*	*Putzschicht Silikatputz*	*0,013*		*6,430*
2.6	*Grundierung Heck UG*		*0,23*					
2.5	*Armierungsmörtel Heck K+A*	*5*	*3,80*					
2.4	*Armierungsgewebe Heck fine*		*0,18*	*2.2.3*	*Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)*	*0,025*		*0,504*
2.3	K.- Schlagdübel SDK-FV 170	170	0,14	2.3.2	K.- Schlagdübel	0,021	0,010	0,048
2.2	EPS, Heck Dämmplatte	100	1,46	2.2.2	EPS	0,333	0,022	1,63
2.1	Klebemörtel, Heck K+A	5	4,00	2.2.1 1.1 -	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.) Klebemörtel Mineral. Altputz			23,540
1.3	mineral. Oberputz, Schäfer Optimal Scheibenputz	3	2,6					
1.2	Grundierung		0,3					
1.1	mineral. Unterputz , Schäfer Putz 650	15	17					
0	Grundierung		0,3	1.0	Baumisch	0,017		
				2.3.0	Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,033	0,005	0,070
	Summe	**128**	**34,14**		**Summe**	**0,443**	**0,036**	**32,22**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.7	*Putzschicht*	*1,26*	*0,09*	*5,77E-04*	*8,38E-05*	*7,09E-11*	*7,47E-05*	*1,43E-01*	*5,96E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)*	*0,10*	*0,01*	*4,53E-05*	*6,57E-06*	*5,56E-12*	*5,86E-06*	*1,12E-02*	*4,67E-05*
	Summe EoL	**1,36**	**0,10**	**6,22E-04**	**9,03E-05**	**7,65E-11**	**8,05E-05**	**1,54E-01**	**6,43E-04**
	Summe Transport	**0,56**	**0,02**	**2,67E-04**	**6,38E-05**	**1,96E-12**	**-1,10E-04**	**3,84E-02**	**3,49E-04**
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	**1,92**	**0,12**	**8,89E-04**	**1,54E-04**	**7,85E-11**	**-2,95E-05**	**1,92E-01**	**9,92E-04**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	*Putzschicht Silikatputz*	*1,26*	*0,09*	*5,77E-04*	*8,38E-05*	*7,09E-11*	*7,47E-05*	*1,43E-01*	*5,96E-04*
2.2.3	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,10	0,01	4,53E-05	6,57E-06	5,56E-12	5,86E-06	1,12E-02	4,67E-05
2.3.2	Kunststoffdübel	-1,17	-0,09	-4,88E-04	-8,94E-06	-1,73E-10	-8,40E-06	4,52E-02	-7,23E-05
	Schlacke aus Verbrennung	0,05	0,00	2,33E-05	3,39E-06	2,87E-12	3,02E-06	5,77E-03	2,41E-05
2.2.2	EPS	-41,40	-0,54	-1,79E-02	-2,54E-04	-1,13E-07	-2,35E-04	1,60E+00	-2,67E-03
2.2.1 1.1 -	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.) Klebemörtel Altputz	-2,90	0,09	-1,52E-03	-6,07E-06	1,41E-10	-1,45E-04	-3,10E-01	-7,65E-04
2.3.0	Trennung Kunststoff-dübel-Wand	0,01	0,00	6,28E-06	9,12E-07	7,72E-13	8,13E-07	1,55E-03	6,49E-06
	Summe EoL	**-44,05**	**-0,44**	**-1,92E-02**	**-1,74E-04**	**-1,13E-07**	**-3,04E-04**	**1,50E+00**	**-2,83E-03**
	Summe Transport	**9,66**	**0,38**	**4,63E-03**	**1,11E-03**	**3,39E-11**	**-1,91E-03**	**6,66E-01**	**6,05E-03**
	Summe Energie	**3,48E-01**	**5,92E-02**	**1,19E-04**	**3,93E-06**	**1,10E-10**	**3,02E-06**	**2,15E-02**	**4,24E-05**
	Summe Gesamt	**-34,05**	**0,01**	**-1,45E-02**	**9,36E-04**	**-1,13E-07**	**-2,21E-03**	**2,19**	**3,26E-03**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	3,03	18,59	21,62

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-48,91	-0,12	-2,08E-02	1,12E-03	-1,60E-07	-2,81E-03	3,04	3,73E-03
	Passivhaus	-78,62	-0,36	-3,34E-02	1,49E-03	-2,56E-07	-4,01E-03	4,74	4,68E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

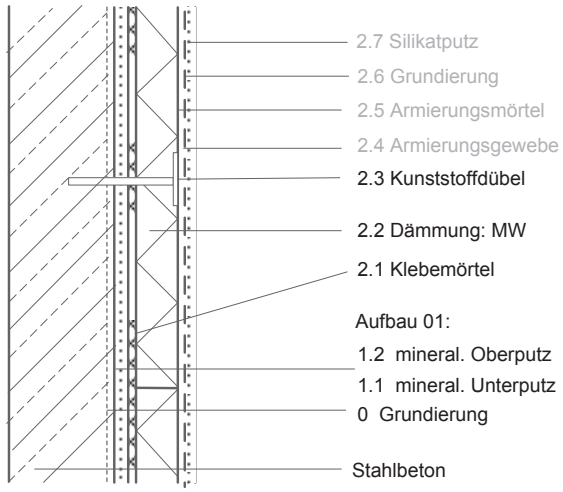
W 06 Außenwand Beton WDVS MW geklebt + Dübel auf Altputz

Konstruktion: Beton
Bestand Alt: MW
Wärmedämmstoff: Silikatputz
Putz alt/neu: mineral. Putz
Varianten:

Bauphysikalische Qualität:
*Zustimmung im Einzelfall

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W06 Musterwand	100	0,33
W06 (ENEV 2009)	140	0,24
W06 (PH)	240*	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 22°C

Zunächst wurden die Dübelköpfe der Wärmedämmstoffhalter mit einem Elektrofuchs getrennt und gesammelt. Anschließend wurden die MW-Dämmplatten mit einer Maurerkelle vom Untergrund als Platte abgehoben. Durch das Entfernen entstand Faserstaub. Die Anhaftungen des Klebemörtels an der MW konnten problemlos mit einer Maurerkelle entfernt werden. Beim Klebemörtel verblieb eine dünne Faserschicht Mineralwolle (bis zu 5 mm auf ca. 35% der Wandfläche).
Der Klebemörtel ließ sich vom Altputz nicht schadensfrei abstemmen, so dass Klebemörtel/Altputz und Dübelreste in einem Arbeitsschritt mit einem Elektrohammer abgeschlagen wurden. Nach der Demontage wies der Untergrund kleine Fehlstellen auf und war nach Reinigung ohne Vorbereitungsmaßnahmen direkt belegbar (nach 1. Belegung).

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	*Silikatputz Heck SIP KC 3*	*3*	*3,66*	*2.4-2.7*	*Putzschicht Silikatputz*	*0,015*		*6,900*
2.6	*Grundierung Heck UG*		*0,23*					
2.5	*Armierungsgewebe Heck AGG fine*		*0,,18*					
2.4	*Armierungsmörtel Heck K+A*	*5*	*4,88*	*2.2.3*	*Baumisch-Rest (MW+Klebem.)*	*0,017*		*0,500*
2.3	K.-Schlagdübel SDK-FV 170 + Dübelteller	170	0,14	2.3.2	K.- Schlagdübel	0,021	0,007	0,048
2.2	MW, Rockwool coverrock 035	100	9,6	2.2.2	MW	0,023		9,720
2.1	Klebemörtel , Heck K+A	5	5,00	1.1 - 2.2.1	Baumisch-Rest (MW+Klebem. + Klebemörtel + mineral. Altputz	0,100	0,037	24,120
1.3	mineral. Oberputz, Schäfer Optimal Scheibenputz	3	3					
1.2	Grundierung		0,3					
1.1	mineral. Unterputz , Schäfer Putz 650	15	17,4					
0	Grundierung		0,3	2.3.0	Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,033	0,012	0,067
	Summe	**128**	**44,69**		**Summe**	**0,209**	**0,056**	**41,355**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.7	*Putzschicht Sili-katputz*	*1,35*	*0,10*	*6,19E-04*	*8,99E-05*	*7,61E-11*	*8,01E-05*	*1,53E-01*	*6,40E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (MW+Klebem.)*	*0,10*	*0,01*	*4,49E-05*	*6,51E-06*	*5,52E-12*	*5,81E-06*	*1,11E-02*	*4,63E-05*
	Summe EoL	1,45	0,11	6,64E-04	9,64E-05	8,16E-11	8,59E-05	1,64E-01	6,86E-04
	Summe Trans-port	0,59	0,02	2,85E-04	6,81E-05	2,09E-12	-1,17E-04	4,10E-02	3,72E-04
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	2,05	0,13	9,49E-04	1,64E-04	8,37E-11	-3,15E-05	2,05E-01	1,06E-03

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	*Putzschicht Sili-katputz*	*1,35*	*0,10*	*6,19E-04*	*8,99E-05*	*7,61E-11*	*8,01E-05*	*1,53E-01*	*6,40E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (MW+Klebem.)*	*0,10*	*0,01*	*4,49E-05*	*6,51E-06*	*5,52E-12*	*5,81E-06*	*1,11E-02*	*4,63E-05*
2.3.2	Kunststoffdübel-köpfe	-1,17	-0,09	-4,88E-04	-8,94E-06	-1,73E-10	-8,40E-06	4,52E-02	-7,23E-05
2.2.2	MW	1,91	0,14	8,72E-04	1,27E-04	1,07E-10	1,13E-04	2,16E-01	9,01E-04
1.1-2.1	Baumisch-Rest (MW+Klebem.) Klebemörtel Altputz	4,73	0,35	2,16E-03	3,14E-04	2,66E-10	2,80E-04	5,35E-01	2,24E-03
2.3.0	Trennung Kunst-stoffdübel-Wand	0,01	0,00	6,03E-06	8,75E-07	7,41E-13	7,80E-07	1,49E-03	6,23E-06
	Summe EoL	**6,93**	**0,51**	**3,22E-03**	**5,29E-04**	**2,82E-10**	**4,71E-04**	**9,62E-01**	**3,76E-03**
	Summe Trans-port	**4,63**	**0,18**	**2,22E-03**	**5,30E-04**	**1,63E-11**	**-9,15E-04**	**3,20E-01**	**2,90E-03**
	Summe Energie	**5,40E-01**	**9,18E-02**	**1,85E-04**	**6,10E-06**	**1,71E-10**	**4,69E-06**	**3,33E-02**	**6,58E-05**
	Summe Gesamt	**12,10**	**0,78**	**5,62E-03**	**1,07E-03**	**4,69E-10**	**-4,39E-04**	**1,32**	**6,72E-03**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	6,94	8,79	15,73

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	13,69	0,87	6,37E-03	1,21E-03	5,15E-10	-5,57E-04	1,46	7,60E-03
	Passivhaus	17,65	1,09	8,22E-03	1,57E-03	6,29E-10	-8,52E-04	1,81	9,79E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

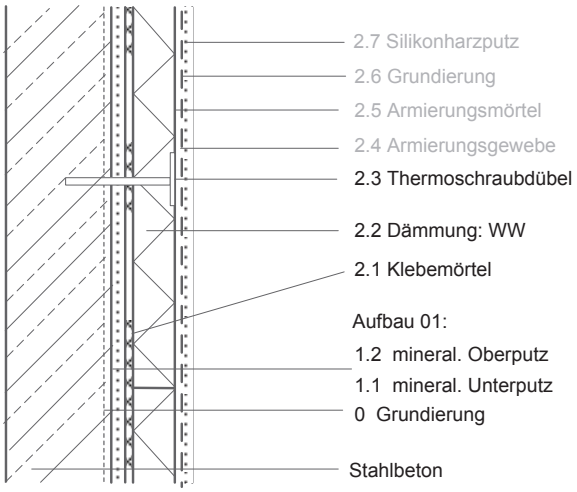
W 07 Außenwand Beton WDVS WW geklebt + Dübel auf Altputz

Konstruktion:	Beton
Bestand Alt:	-
Wärmedämmstoff:	WW
Putz alt/neu:	Silikonharzputz
Varianten:	mineral. Putz

Bauphysikalische Qualität:
* Zustimmung im Einzelfall

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W07 Musterwand	100	0,38
W07 (ENEV 2009)	160	0,24
W07 (PH)*	-	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 18°C

Im ersten Schritt wurde wie bei Wand W04 verfahren, d.h. die Schauben wurden gelöst und gesammelt und die Dämmstoffhalterköpfe entfernt. Im Anschluss konnten die WW-Dämmplatten mit einer Maurerkelle vom Untergrund als Platte getrennt und abgehoben werden. Durch das Entfernen entstand Faserstaub. Die Anhaftungen des Klebemörtels an der WW konnten problemlos mit einer Maurerkelle entfernt werden. Beim Klebemörtel verblieb eine dünne Faserschicht WW (bis zu 6 mm auf ca. 40% der Wandfläche).
Die Klebemörtel- und Dübelreste sowie der Altputz konnten nicht separat, sondern nur als eine Schicht mithilfe eines Elektrohammers abgestemmt werden. Der Untergrund wies durch die mehrmalige Belegung Fehlstellen (t= ≤ 2 cm) auf. Für die Wiederbelegung wäre eine Betonsanierung erforderlich gewesen. *(Das hier simulierte Sanierungsszenario mit einer 5- maligen Belegung tritt erst nach 150 Jahren auf.)*

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	*Silikonharzputz, Gutex Silikonputz*	*3*	*4,00*	*2.4-2.7*	*Putzschicht Silikonharz*	*0,017*		*7,220*
2.6	*Grundierung, Gutex Isoliergrund*		*0,42*					
2.5	*Armierungsgewebe, Gutex Univ*		*0,18*					
2.4	*Armierungsmörtel , Gutex K+S*	*5*	*4,16*	*2.2.3*	*Baumisch-Rest (WW+Klebem.)*	*0,007*		*0,860*
2.3	Gutex Thermoschraubdübel	175	0,12	2.3.2	Kunststoffdübel	0,042	0,012	0,088
2.3.1	verzinkte Stahlschraube		0,18	2.3.1	verzinkte Stahlschraube	0,042	0,001	0,176
2.2	WW, Gutex thermowall	100	17,20	2.2.2	WW	0,030		16,800
2.1	Klebemörtel, Gutex Klebe- und Spachtelputz	5	3,68	2.2.1	Baumisch-(WW+Klebem.)	0,047		
1.3	mineral. Oberputz, Schäfer Optimal Scheibenputz	3	3,54	1.1 - 2.1	Klebemörtel + mineral. Altputz	0,100	0,037	23,000
1.2	Grundierung		0,30	2.3.0	Kunststoffdübel	0,020	0,004	0,067
1.1	mineral. Unterputz, Schäfer Putz 650	**12**	16,00					
0	Grundierung		0,24					
	Summe	**128**	**50**		**Summe**	**0,304**	**0,054**	**48,211**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.4-2.7	*Putzschicht Sili-konharz*	*1,42*	*0,10*	*6,48E-04*	*9,41E-05*	*7,96E-11*	*8,38E-05*	*1,60E-01*	*6,69E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (WW+Klebem.)*	*0,17*	*0,01*	*7,72E-05*	*1,12E-05*	*9,49E-12*	*9,99E-06*	*1,91E-02*	*7,97E-05*
	Summe EoL	**1,58**	**0,12**	**7,25E-04**	**1,05E-04**	**8,91E-11**	**9,38E-05**	**1,79E-01**	**7,49E-04**
	Summe Transport	**0,65**	**0,03**	**3,11E-04**	**7,43E-05**	**2,28E-12**	**-1,28E-04**	**4,48E-02**	**4,07E-04**
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	**2,23**	**0,14**	**1,04E-03**	**1,80E-04**	**9,14E-11**	**-3,44E-05**	**2,24E-01**	**1,16E-03**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	*Putzschicht Sili-konharz*	*1,42*	*0,10*	*6,48E-04*	*9,41E-05*	*7,96E-11*	*8,38E-05*	*1,60E-01*	*6,69E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (WW+Klebem.)*	*0,17*	*0,01*	*7,72E-05*	*1,12E-05*	*9,49E-12*	*9,99E-06*	*1,91E-02*	*7,97E-05*
2.3.2	Kunststoffdübelköp-fe	-2,15	-0,17	-8,94E-04	-1,64E-05	-3,18E-10	-1,54E-05	8,29E-02	-1,33E-04
2.3.1	verzinkte Stahl-schraube	-2,23	-0,01	-1,17E-03	-5,27E-05	5,34E-09	-8,81E-05	-1,66E-01	-5,72E-04
2.2.2	WW	-443,41	-20,12	-1,37E-01	9,23E-04	-4,25E-06	-7,30E-04	-2,51	-1,97E-02
1.1 - 2.1	Klebemörtel + Altputz	4,51	0,33	2,06E-03	3,00E-04	2,54E-10	2,67E-04	5,11E-01	2,13E-03
2.3.0	Trennung Kunst-stoffdübel-Wand	0,01	0,00	6,03E-06	8,75E-07	7,41E-13	7,80E-07	1,49E-03	6,23E-06
	Summe EoL	**-441,68**	**-19,85**	**-1,37E-01**	**1,26E-03**	**-4,25E-06**	**-4,71E-04**	**-1,9**	**-1,75E-02**
	Summe Transport	**7,62**	**0,30**	**3,65E-03**	**8,72E-04**	**2,68E-11**	**-1,50E-03**	**5,25E-01**	**4,77E-03**
	Summe Energie	**5,16E-01**	**8,78E-02**	**1,77E-04**	**5,84E-06**	**1,63E-10**	**4,48E-06**	**3,19E-02**	**6,30E-05**
	Summe Gesamt	**-433,54**	**-19,45**	**-1,33E-01**	**2,14E-03**	**-4,25E-06**	**-1,97E-03**	**-1,34**	**-1,27E-02**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	3,74	10,78	14,52

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-697,80	-31,54	-2,14E-01	3,10E-03	-6,83E-06	-2,95E-03	-2,51	-2,22E-02
	Passivhaus	Nicht möglich							

Fotodokumentation Rückbauprozess:

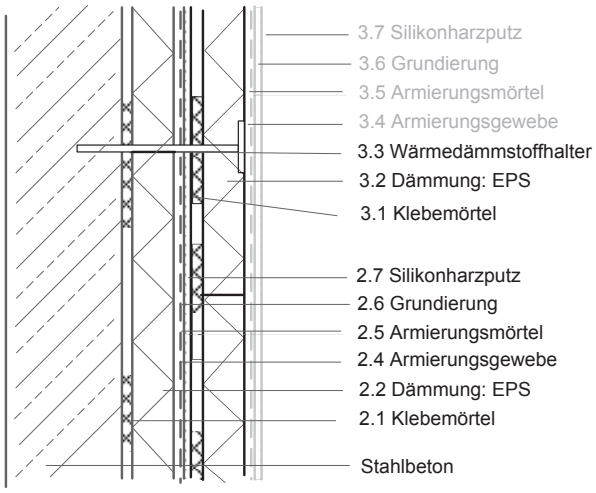
W 08 Außenwand Beton WDVS EPS geklebt + Dübel auf WDVS alt

Konstruktion:	Beton
Bestand Alt:	WDVS EPS
Wärmedämmstoff:	EPS
Putz alt/neu:	SHP/SHP
Varianten:	Silikat/mineral. Putz

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W08 Musterwand	100 + 100	0,17
W08 (ENEV 2009)	40 + 100	0,24
W08 (PH)	100 + 120	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 26°C

Nach dem Trennen der Dübelköpfe wurde das EPS unter Zuhilfenahme eines Elektrohammers abgehoben und mit einer Maurerkelle vom Klebemörtel gereinigt. Der Klebemörtel ließ sich problemlos vom Silikonharzputz separieren. Die Putzschicht wurde als Ganzes bei geringer Staubentwicklung von der Dämmschicht gezogen. Es verblieben nur geringfügige mineralische Anhaftungen an den Dämmplatten, die mit der Maurerkelle entfernt wurden. Die EPS-Dämmplatten wurden mit einer Maurerkelle und Elektrohammer vom Untergrund gehebelt und gereinigt. Teils war das Ablösen in großformatigen Stücken möglich, z.T. zerfielen sie in kleine Poren. An der Oberfläche des Klebemörtels verblieben EPS-Anhaftungen bis 10 mm Stärke (auf ca. 10% der Wandfläche). Klebemörtel und Dübelreste wurden mit dem Elektrohammer vom Untergrund gestemmt. Der Untergrund wies durch die mehrmalige Belegung ca. 8 Fehlstellen mit einer max. Tiefe und 1,5 cm auf (3. bzw. 4. Belegung).

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
3.7	*Silikonharzputz, Heck SHP KC3*	*3*	*3,98*	*3.4-3.7*	*Putzschicht SHP*	*0,015*		*6,530*
3.6	*Grundierung Heck UG*		*0,24*					
3.5	*Armierungsmörtel Heck K+A*	*5*	*4,26*					
3.4	*Armierungsgewebe Heck fine*		*0,18*	*3.3.3*	*Baumisch-Rest*	*0,037*		*0,620*
3.3.2	K.- Schlagdübel	275	0,16	3.3.2	K.- Schlagdübel	0,042	0,010	0,085
3.3.1	verzinkter Stahlnagel	275	0,24	3.2.2	EPS	0,033	0,009	1,63
2.2	EPS, Heck Dämmplatte 035	100	1,44	3.2.3	Baumisch-Rest	0,013		0,260
2.1	Klebemörtel , Heck K+A	5	4,44	3.1	Klebemörtel	0,033		5,040
2.7	Silikonharzputz, Heck SHP KC 3	3	4,30	2.4-7	Putzschicht SHP	0,020		6,600
2.6	Grundierung Heck UG		0,30					
2.5	Armierungsgewebe Heck fine	5	0,18					
2.4	Armierungsmörtel Heck K+A		3,06	2.2.2	EPS	0,100	0,018	1,6
2.2	EPS, Heck Dämmplatte 035	100	1,44	2.2.1	Baumisch-Rest	0,017		
2.1	Klebemörtel, Heck K+A	5	4,50	2.1	Klebemörtel	0,083	0,028	4,100
				3.3.1	Stahlnagel	0,042	0,013	0,24
				3.3.0	K-Dübel-Wand			0,053
	Summe	**226**	**28,72**		**Summe**	**0,435**	**0,078**	**26,638**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
3.4-7	*Putzschicht SHP*	*1,28*	*0,09*	*5,86E-04*	*8,51E-05*	*7,20E-11*	*7,58E-05*	*1,45E-01*	*6,05E-04*
3.2.3	*Baumisch-Rest*								
	Summe EoL	1,28	0,09	5,86E-04	8,51E-05	7,20E-11	7,58E-05	1,45E-01	6,05E-04
	Summe Transport	**5,25E-01**	**2,09E-02**	**2,51E-04**	**6,01E-05**	**1,84E-12**	**-1,04E-04**	**3,62E-02**	**3,29E-04**
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	**1,81**	**0,12**	**8,37E-04**	**1,45E-04**	**7,39E-11**	**-2,78E-05**	**1,81E-01**	**9,34E-04**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
3.4-.7	Putzschicht SHP	*1,28*	*0,09*	*5,86E-04*	*8,51E-05*	*7,20E-11*	*7,58E-05*	*1,45E-01*	*6,05E-04*
3.3.3	Baumisch-Rest	0,12	0,01	5,56E-05	8,08E-06	6,84E-12	7,20E-06	1,38E-02	5,75E-05
3.3.2	K.-Dübel	-2,07	-0,16	-8,63E-04	-1,58E-05	-3,07E-10	-1,49E-05	8,01E-02	-1,28E-04
2.2.2	Schlacke aus Verb.	0,05	0,00	2,33E-05	3,39E-06	2,87E-12	3,02E-06	5,77E-03	2,41E-05
3.2.2	EPS	-41,40	-0,54	-1,79E-02	-2,54E-04	-1,13E-07	-2,35E-04	1,60E+00	-2,67E-03
3.2.3	Baumisch-Rest	0,05	0,00	2,33E-05	3,39E-06	2,87E-12	3,02E-06	5,77E-03	2,41E-05
3.1	Klebemörtel	0,99	0,07	4,52E-04	6,57E-05	5,56E-11	5,85E-05	1,12E-01	4,67E-04
2.4-7	Putzschicht SHP	1,29	0,10	5,92E-04	8,60E-05	7,28E-11	7,66E-05	1,46E-01	6,12E-04
2.2.2	Schlacke aus Verb	0,05	0,00	2,06E-05	3,00E-06	2,54E-12	2,67E-06	5,11E-03	2,13E-05
2.2.2	EPS	-41,40	-0,54	-1,79E-02	-2,54E-04	-1,13E-07	-2,35E-04	1,60E+00	-2,67E-03
2.1	Klebemörtel	0,80	0,06	3,68E-04	5,34E-05	4,52E-11	4,76E-05	9,10E-02	3,80E-04
3.3.1	Stahlnagel	-1,52	-0,01	-7,96E-04	-3,59E-05	3,64E-09	-6,01E-05	-1,14E-01	-3,90E-04
3.3.0	K.-Dübel	0,01	0,00	4,71E-06	6,84E-07	5,79E-13	6,10E-07	1,17E-03	4,87E-06
	Summe EoL	**-81,76**	**-0,90**	**-3,53E-02**	**-2,50E-04**	**-2,23E-07**	**-2,70E-04**	**3,70E+00**	**-3,66E-03**
	Summe Transport	**16,14**	**0,64**	**7,74E-03**	**1,85E-03**	**5,67E-11**	**-3,19E-03**	**1,11E+00**	**1,01E-02**
	Summe Energie	**7,48E-01**	**1,27E-01**	**2,56E-04**	**8,46E-06**	**2,37E-10**	**6,49E-06**	**4,62E-02**	**9,12E-05**
	Summe Gesamt	**-64,87**	**-0,13**	**-2,73E-02**	**1,61E-03**	**-2,22E-07**	**-3,45E-03**	**4,86**	**6,54E-03**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	3,84	18,27	22,11

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämmstan-dard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-42,11	0,06	-1,76E-02	1,34E-03	-1,52E-07	-2,53E-03	3,62	5,95E-03
	Passivhaus	-72,45	-0,19	-3,06E-02	1,69E-03	-2,46E-07	-3,76E-03	5,27	6,74E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

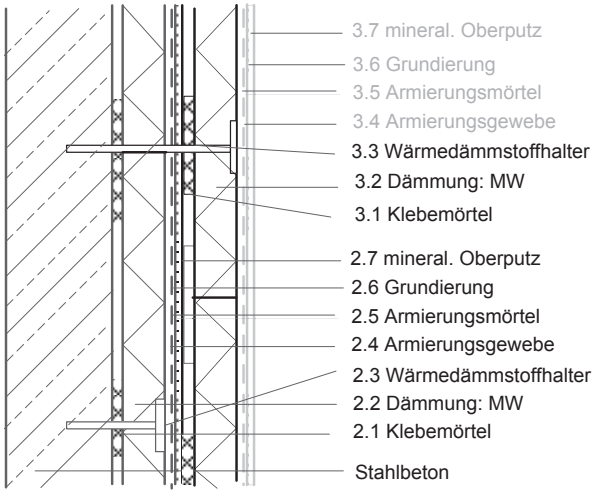
W 09 Außenwand Beton WDVS MW geklebt + Dübel auf WDVS alt

Konstruktion:	Beton
Bestand Alt:	WDVS MW
Wärmedämmstoff:	Mineralwolle
Putz alt/neu:	Mineral. Mineral.
Varianten:	-

Bauphysikalische Qualität:
* Zustimmung im Einzelfall

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W09 Musterwand	100 + 100	0,17
W09 (ENEV 2009)	40 + 100	0,24
W09 (PH)*	100 + 120	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 17°C

Nach dem Trennen der Dübelköpfe wurde die MW mit einer Maurerkelle von der Wand getrennt und gereinigt.
Der Klebemörtel ließ sich problemlos von der mineral. Putzschicht separieren. Die Putzschicht wurde als Ganzes von der Dämmschicht gezogen. Es verblieben nur geringfügige mineralische Anhaftungen an den Dämmplatten, die mit der Maurerkelle entfernt wurden. Die 2. Schicht MW-Dämmplatten wurde ebenfalls mit einer Maurerkelle vom Untergrund gelöst und gereinigt.
An der Oberfläche des Klebemörtels verblieben nur geringe MW-Anhaftungen bis 5 mm Stärke (auf ca. 30% der Wandfläche).
Der Klebemörtel und die Dübelreste wurden mit dem Elektrohammer vom Untergrund gestemmt. Der Untergrund wies durch die mehrmalige Belegung Fehlstellen von bis zu 2 cm Tiefe auf (4. bzw. 5. Belegung der Versuchswand).

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schicht-dicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeits-zeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
3.7	*Mineral. Putz , Heck STR KC3*	*3*	*3,80*	*3.4-3.7*	*mineral. Putz-schicht*	*0,013*		*6,760*
3.6	*Grundierung Heck UG*		*0,22*					
3.5	*Armierungsgewebe Heck fine*		*0,18*					
3.4	*Armierungsmörtel Heck K+A*	*5*	*3,80*	*3.3.3*	*Baumisch-Rest*	*0,033*		*0,200*
3.3.2	K.- Schlagdübel	275	0,16	3.3.2	K.- Schlagdübel	0,033	0,012	0,085
3.3.1	verzinkter Stahlnagel	275	0,24	3.2.2	MW	0,023		9,480
2.2	MW, Rockwool coverrock 035	100		3.2.3	Baumisch-Rest	0,007		0,400
2.1	Klebemörtel, Heck K + A	5	4,50	3.1	Klebemörtel	0,043	0,009	5,500
2.7	Mineral. Putz , Heck STR KC3	3	4,14	2.4-7	Mineral. Putz-schicht	0,037		7,560
2.6	Grundierung Heck UG		0,54					
2.5	Armierungsgewebe Heck fine		0,18					
2.4	Armierungsmörtel Heck K+A	5	3,96	2.2.2	MW	0,013		
2.3	K.- Schlagdübel SDK-FV 170	170	0,14	2.2.1	Baumisch-Rest	0,033	0,012	0,038
2.2	MW, Rockwool coverrock 035	100	9,6	2.1	Klebemörtel	0,030		9,740
2.1	Klebemörtel, Heck K + A	5	4,7	3.3.1	Stahlnagel	0,063	0,025	0,24
					K-Dübel-Wand			0,08
	Summe	**226**	**45,76**		**Summe**	**0,396**	**0,084**	**44,405**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
3.4-7	*mineral. Putz*	*1,33*	*0,10*	*6,07E-04*	*8,81E-05*	*7,46E-11*	*7,85E-05*	*1,50E-01*	*6,27E-04*
3.2.3	*Baumisch-Rest*								
	Summe EoL	1,33	0,10	6,07E-04	8,81E-05	7,46E-11	7,85E-05	1,50E-01	6,27E-04
	Summe Trans-port	0,54	0,04	5,12E-04	1,22E-04	3,75E-12	-2,11E-04	7,37E-02	6,69E-04
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	1,87	0,12	8,67E-04	1,50E-04	7,65E-11	-2,87E-05	1,88E-01	9,67E-04

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
3.4-.7	*mineral. Putz*	*1,33*	*0,10*	*6,07E-04*	*8,81E-05*	*7,46E-11*	*7,85E-05*	*1,50E-01*	*6,27E-04*
3.3.3	*Baumisch-Rest*	*0,04*	*0,00*	*1,79E-05*	*2,61E-06*	*2,21E-12*	*2,32E-06*	*4,44E-03*	*1,85E-05*
3.3.2	K.-Dübelköpfe	-2,07	-0,16	-8,63E-04	-1,58E-05	-3,07E-10	-1,49E-05	8,01E-02	-1,28E-04
3.2.2	MW	1,86	0,14	8,51E-04	1,23E-04	1,05E-10	1,10E-04	2,10E-01	8,79E-04
3.2.3	Baumisch-Rest	0,08	0,01	3,59E-05	5,21E-06	4,41E-12	4,65E-06	8,88E-03	3,71E-05
3.1	Klebemörtel	1,08	0,08	4,94E-04	7,16E-05	6,07E-11	6,39E-05	1,22E-01	5,10E-04
2.4-7	mineral. Putz	1,48	0,11	6,78E-04	9,85E-05	8,34E-11	8,78E-05	1,68E-01	7,01E-04
2.3.2	K.-Dübel	-0,94	-0,07	-3,90E-04	-7,15E-06	-1,39E-10	-6,72E-06	3,62E-02	-5,78E-05
2.2.2	MW	1,91	0,14	8,74E-04	1,27E-04	1,07E-10	1,13E-04	2,16E-01	9,03E-04
2.1	Klebemörtel	0,87	0,06	3,98E-04	5,78E-05	4,90E-11	5,16E-05	9,85E-02	4,12E-04
3.3.0	K.-Dübel	0,01	0,00	4,71E-06	6,84E-07	5,79E-13	6,10E-07	1,17E-03	4,87E-06
2.3.0	K.-Dübel	0,01	0,00	2,61E-06	3,79E-07	3,21E-13	3,38E-07	6,46E-04	2,70E-06
3.3.1	Stahlnagel	-1,52	-0,01	-7,96E-04	-3,59E-05	3,64E-09	-6,01E-05	-1,14E-01	-3,90E-04
	Summe EoL	**4,13**	**0,39**	**1,91E-03**	**5,16E-04**	**3,68E-09**	**4,31E-04**	**9,83E-01**	**3,52E-03**
	Summe Transport	**6,16**	**0,24**	**2,95E-03**	**7,06E-04**	**2,17E-11**	**-1,22E-03**	**4,25E-01**	**3,86E-03**
	Summe Energie	**8,07E-01**	**1,37E-01**	**2,76E-04**	**9,12E-06**	**2,55E-10**	**7,00E-06**	**4,98E-02**	**9,84E-05**
	Summe Gesamt	**11,09**	**0,78**	**5,14E-03**	**1,23E-03**	**3,96E-09**	**-7,78E-04**	**1,46**	**7,47E-03**

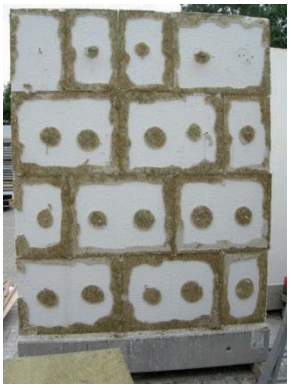
Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	11,57	16,64	28,20

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	9,18	0,65	4,27E-03	1,02E-03	2,80E-09	-5,8E-04	1,28	6,28E-03
	Passivhaus	12,37	0,86	5,72E-03	1,37E-03	4,74E-09	-9,1E-04	1,58	8,27E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:



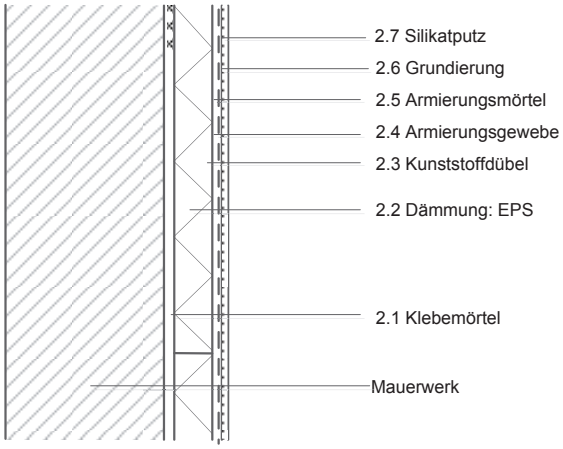
W 10 Außenwand KS-Stein WDVS EPS geklebt

Konstruktion: KS-Stein
Bestand Alt: -
Wärmedämmstoff: EPS
Putz alt/neu: SIP
Varianten: SHP/mineral. Putz

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W10 Musterwand	100	0,3
W10 (ENEV 2009)	140	0,24
W10 (PH)	220	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 27°C

Im ersten Schritt wurde auf einer Probefläche von 1 m² der Oberputz mit einer Putzfräse mit Absaugung vom Unterputz entfernt. Wider Erwarten wurde der Oberputz nicht zerkleinert, sondern vielmehr löste er sich vom Armierungsgewebe in Stücken, so dass das Separieren des Silikonharzputzes vom Gewebe möglich gewesen wäre, jedoch mit stark erhöhtem Zeitaufwand und unter Zerstörung des Armierungsgewebes.
Im Anschluss wurde die restliche Putzschicht als Ganzes ohne Probleme entfernt.
An den Stellen, an dem der Oberputz mit der Putzfräse abgehoben war, blieb der Armierungsputz größtenteils haften, die restlichen Flächen des EPS-Dämmstoffs wiesen nur minimale Anhaftungen des Klebemörtels auf. Die EPS –Platten wurden mit der Maurerkelle wie bei W01 entfernt. Eine einporige Schicht verblieb auf ca. der Hälfte der Klebefläche. Zum Entfernen des Klebemörtels wurde ein Elektrohammer verwendet.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	Silikatputz, Heck SIP KC 3	3	3,92	2.4-2.7	Putzschicht	0,013		6,000
2.6	Grundierung Heck UG		0,22					
2.5	Armierungsgewebe Heck AGG fine		0,18					
2.4	Armierungsmörtel Heck K+A	5	3,70	2.2.3	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,030		0,440
2.2	EPS, Heck Dämmplatte 035	100	1,44	2.2.2	EPS	0,117		1,56
				2.2.1	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,027		0,410
2.1	Klebemörtel, Heck K+A	5	4,36	2.1	Klebemörtel	0,154	0,057	4,362
	Summe	**113**	**14,09**		**Summe**	**0,341**	**0,057**	**12,772**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.7	Putzschicht	1,18	0,09	5,38E-04	7,82E-05	6,62E-11	6,97E-05	1,33E-01	5,56E-04
2.2.3	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,09	0,01	3,95E-05	5,73E-06	4,85E-12	5,11E-06	9,77E-03	4,08E-05
	Summe EoL	**1,26**	**0,09**	**5,78E-04**	**8,39E-05**	**7,10E-11**	**7,48E-05**	**1,43E-01**	**5,97E-04**
	Summe Trans-port	**0,52**	**0,02**	**2,48E-04**	**5,93E-05**	**1,82E-12**	**-1,02E-04**	**3,57E-02**	**3,24E-04**
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	**1,78**	**0,11**	**8,26E-04**	**1,43E-04**	**7,29E-11**	**-2,74E-05**	**1,79E-01**	**9,21E-04**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	Putzschicht Sili-konharz	1,18	0,09	5,38E-04	7,82E-05	6,62E-11	6,97E-05	*1,33E-01*	*5,56E-04*
2.2.3	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,09	0,01	3,95E-05	5,73E-06	4,85E-12	5,11E-06	9,77E-03	4,08E-05
2.2.2	Schlacke aus Verbrennung	0,04	0,00	1,70E-05	2,48E-06	2,10E-12	2,21E-06	4,22E-03	1,76E-05
2.2.2	EPS	-41,40	-0,54	-1,79E-02	-2,54E-04	-1,13E-07	-2,35E-04	1,60E+00	-2,67E-03
2.2.1	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,08	0,01	3,68E-05	5,34E-06	4,52E-12	4,76E-06	9,10E-03	3,80E-05
2.1	Klebemörtel	0,86	0,06	3,91E-04	5,68E-05	4,81E-11	5,07E-05	9,68E-02	4,04E-04
	Summe EoL	**-39,17**	**-0,37**	**-1,69E-02**	**-1,05E-04**	**-1,13E-07**	**-1,03E-04**	**1,86E+00**	**-1,61E-03**
	Summe Trans-port	**7,79**	**0,31**	**3,73E-03**	**8,91E-04**	**2,73E-11**	**-1,54E-03**	**5,37E-01**	**4,88E-03**
	Summe Energie	**5,46E-01**	**9,28E-02**	**1,87E-04**	**6,17E-06**	**1,73E-10**	**4,74E-06**	**3,37E-02**	**6,66E-05**
	Summe Gesamt	**-30,84**	**0,03**	**-1,29E-02**	**7,92E-04**	**-1,13E-07**	**-1,63E-03**	**2,43**	**3,33E-03**

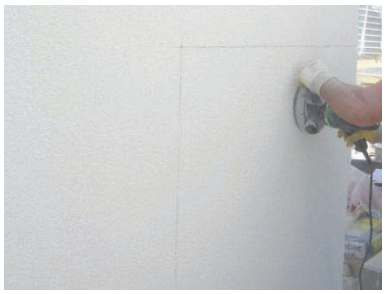
Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	1,86	14,32	16,18

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-45,70	-0,09	-1,93E-02	9,77E-04	-1,60E-07	-2,24E-03	3,28	3,80E-03
	Passivhaus	-75,44	-0,34	-3,19E-02	1,35E-03	-2,55E-07	-3,44E-03	4,98	4,74E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:



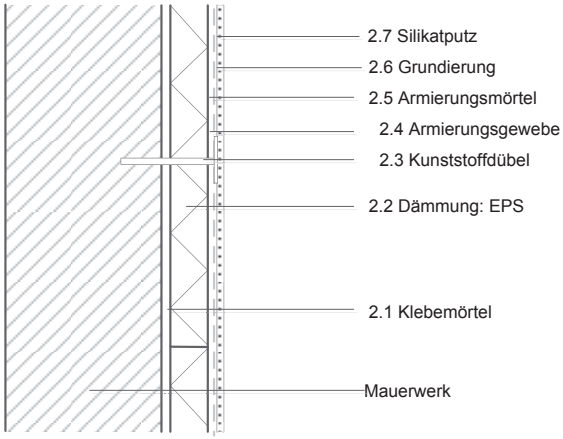
W 11 Außenwand KS-Stein WDVS EPS geklebt + Dübel

Konstruktion:	KS-Stein
Bestand Alt:	-
Wärmedämmstoff:	EPS
Putz alt/neu:	mineralisch
Varianten:	SIP/SHP

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W11 Musterwand	100	0,3
W11 (ENEV 2009)	140	0,24
W11 (PH)	220	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 26°C

Im ersten Schritt wurden die Dübelköpfe der Wärmedämmstoffhalter mit einem Elektrofuchs getrennt und gesammelt. Anschließend konnten die EPS-Dämmplatten mit einer Maurerkelle vom Untergrund getrennt werden. Teils war das Ablösen in großformatigen Stücken möglich, z.T. zerfielen sie in kleine Poren. Die Anhaftungen des Klebemörtels am EPS waren geringfügig und konnten mit einer Maurerkelle entfernt werden. An der Oberfläche des Klebemörtels verblieben geringfügige Anhaftungen von EPS (auf ca. 20% der Wandfläche). Der Klebemörtel und die Dübelreste wurden unter Zuhilfenahme. eines Elektrohammers vollständig entfernt. Der Untergrund wies streifenförmige Fehlstellen von maximal 1,5 cm auf (3. Belegung der Versuchswand) und konnte nach Reinigung direkt belegt werden.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	*Mineral. Putz Heck STR KC 3*	*3*	*3,38*	*2.4-2.7*	*Mineral Putzschicht*	*0,017*		*5,760*
2.6	*Grundierung Heck UG*		*0,20*					
2.5	*Armierungsgewebe Heck AGG fine*		*0,18*					
2.4	*Armierungsmörtel Heck K+A*	*5*	*3,90*	*2.2.3*	*Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)*	*0,023*		*0,620*
2.3	K. - Schlagdübel SDK-FV 170	170	0,14	2.3.2	K.- Schlagdübel	0,025	0,008	0,038
2.2	EPS, Heck Dämmplatte 035	100	1,44	2.2.2	EPS	0,050	0,009	1,61
				2.2.1	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,017		0,200
2.1	Klebemörtel , Heck K+A	5	3,93	2.1	Klebemörtel	0,120	0,038	3,745
				2.3.0	Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,017	0,004	0,029
	Summe	**113**	**13,11**		**Summe**	**0,268**	**0,058**	**12,02**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.7	*mineral. Putzschicht*	*1,13*	*0,08*	*5,17E-04*	*7,50E-05*	*6,35E-11*	*6,69E-05*	*1,28E-01*	*5,34E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)*	*0,12*	*0,01*	*5,56E-05*	*8,08E-06*	*6,84E-12*	*7,20E-06*	*1,38E-02*	*5,75E-05*
	Summe EoL	**1,25**	**0,09**	**5,72E-04**	**8,31E-05**	**7,04E-11**	**7,41E-05**	**1,42E-01**	**5,91E-04**
	Summe Transport	**0,51**	**0,02**	**2,46E-04**	**5,87E-05**	**1,80E-12**	**-1,01E-04**	**3,54E-02**	**3,21E-04**
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	**1,76**	**0,11**	**8,18E-04**	**1,42E-04**	**7,22E-11**	**-2,71E-05**	**1,77E-01**	**9,12E-04**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	*mienral. Putz-schicht*	*1,13*	*0,08*	*5,17E-04*	*7,50E-05*	*6,35E-11*	*6,69E-05*	*1,28E-01*	*5,34E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)*	*0,12*	*0,01*	*5,56E-05*	*8,08E-06*	*6,84E-12*	*7,20E-06*	*1,38E-02*	*5,75E-05*
2.3.2	Kunststoffdübel-köpfe	-0,94	-0,07	-3,90E-04	-7,15E-06	-1,39E-10	-6,72E-06	3,62E-02	-5,78E-05
2.2.2	Schlacke aus Verbrennung	0,05	0,00	2,15E-05	3,13E-06	2,65E-12	2,79E-06	5,33E-03	2,22E-05
2.2.2	EPS	-41,40	-0,54	-1,79E-02	-2,54E-04	-1,13E-07	-2,35E-04	1,60E+00	-2,67E-03
2.2.1	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,04	0,00	1,79E-05	2,61E-06	2,21E-12	2,32E-06	4,44E-03	1,85E-05
2.1	Klebemörtel	0,73	0,05	3,36E-04	4,88E-05	4,13E-11	4,35E-05	8,31E-02	3,47E-04
2.3.0	Trennung Kunststoff-dübel-Wand	0,01	0,00	2,61E-06	3,79E-07	3,21E-13	3,38E-07	6,46E-04	2,70E-06
	Summe EoL	**-40,26**	**-0,46**	**-1,7E-02**	**-1,2E-04**	**-1,1E-07**	**-1,2E-04**	**1,88E+00**	**-1,7E-03**
	Summe Trans-port	**7,95**	**0,32**	**3,81E-03**	**9,10E-04**	**2,8E-11**	**-1,6E-03**	**5,48E-01**	**4,98E-03**
	Summe Energie	**5,64E-01**	**9,58E-02**	**1,93E-04**	**6,37E-06**	**1,8E-10**	**4,89E-06**	**3,48E-02**	**6,87E-05**
	Summe Gesamt	**-31,76**	**-0,05**	**-1,3E-02**	**7,93E-04**	**-1,1E-07**	**-1,7E-03**	**2,46**	**3,30E-03**

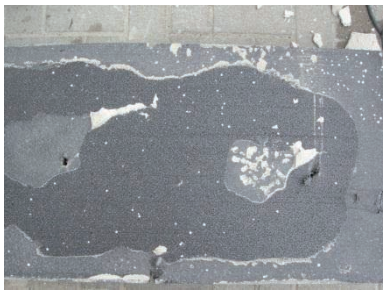
Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	1,80	11,27	13,07

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-46,62	-0,17	-1,96E-02	9,78E-04	-1,60E-07	-2,28E-03	3,31	3,77E-03
	Passivhaus	-76,34	-0,42	-3,22E-02	1,35E-03	-2,56E-07	-3,48E-03	5,01	4,72E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:



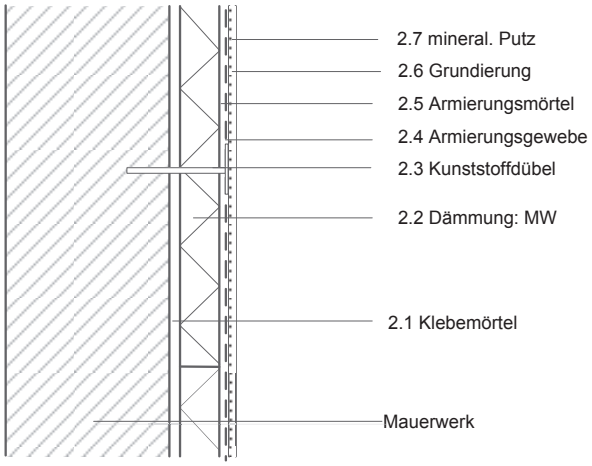
W 12 Außenwand KS-Stein WDVS MW geklebt + Dübel

Konstruktion:	KS-Stein
Bestand Alt:	-
Wärmedämmstoff:	Mineralwolle
Putz alt/neu:	Mineral. Putz (A)
Varianten:	-

Bauphysikalische Qualität:
* Zustimmung im Einzelfall

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W12 Musterwand	100	0,31
W12 (ENEV 2009)	140	0,24
W12 (PH)*	220	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 27°C

Im ersten Schritt wurde auf einer Probefläche von 1 m² der Oberputz mit einer Putzfräse mit Absaugung vom Unterputz entfernt (3 min/m²). Hierbei wurde das Armierungsgewebe teilweise zerstört. Im Anschluss wurde die restliche Putzschicht als Ganzes ohne Probleme entfernt. An den Stellen, an dem der Oberputz mit der Putzfräse abgehoben worden, blieb der Armierungsputz größtenteils haften, die restlichen Flächen der MW-Dämmplatte wiesen nur minimale Anhaftungen des Klebemörtels auf.
Im Anschluss wurden die MW-Dämmplatten mit einer Maurerkelle vom Untergrund als Platte abgehoben. Durch das Entfernen entstand Faserstaub. Beim Klebemörtel verblieb eine dünne Faserschicht Mineralwolle (bis zu 6 mm auf ca. 35% der Wandfläche). Die Klebemörtel- und Dübelreste wurden mit einem Elektrohammer entfernt. Der Untergrund war nach Reinigung ohne Vorbereitungsmaßnahmen direkt belegbar.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	Mineral. Oberputz, Heck STR KC 3	3	3,80	2.4-2.7	Putzschicht mineral. Putz	0,013		6,760
2.6	Grundierung Heck UG		0,22					
2.5	Armierungsgewebe Heck AGG fine		0,18					
2.4	Armierungsmörtel Heck K+A	5	3,80	2.2.3	Baumisch-Rest (MW+Klebem.)	0,033		0,200
2.3	K. - Schlagdübel SDK-FV 170 + Dübelteller	170	0,14		K.- Schlagdübel	0,033	0,008	0,048
2.2	MW, Rockwool coverrock 035	100	9,6	2.2.2	MW	0,033		9,640
				2.2.1	Baumisch-Rest (MW+Klebem.)	0,030		0,410
2.1	Klebemörtel , Heck K+A	5	5,25	2.1	Klebemörtel	0,130	0,057	4,280
				2.3.0	Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,033	0,004	0,067
	Summe	**113**	**22,99**		**Summe**	**0,307**	**0,068**	**21,405**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.7	mineral. Putz	1,33	0,10	6,07E-04	8,81E-05	7,46E-11	7,85E-05	1,50E-01	6,27E-04
2.2.3	Baumisch-Rest (MW+Klebem.)	0,04	0,00	1,79E-05	2,61E-06	2,21E-12	2,32E-06	4,44E-03	1,85E-05
	Summe EoL	1,36	0,10	6,25E-04	9,07E-05	7,68E-11	8,08E-05	1,54E-01	6,45E-04
	Summe Trans-port	0,56	0,02	2,68E-04	6,40E-05	1,96E-12	-1,10E-04	3,86E-02	3,50E-04
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	1,92	0,12	8,93E-04	1,55E-04	7,87E-11	-2,96E-05	1,93E-01	9,95E-04

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	mineral. Putz	1,33	0,10	6,07E-04	8,81E-05	7,46E-11	7,85E-05	1,50E-01	6,27E-04
2.2.3	Baumisch-Rest (MW+Klebem.)	0,04	0,00	1,79E-05	2,61E-06	2,21E-12	2,32E-06	4,44E-03	1,85E-05
2.3.2	Kunststoffdübel-köpfe	-1,17	-0,09	-4,88E-04	-8,94E-06	-1,73E-10	-8,40E-06	4,52E-02	-7,23E-05
2.2.2	MW	1,89	0,14	8,65E-04	1,26E-04	1,06E-10	1,12E-04	2,14E-01	8,94E-04
2.2.1	Baumisch-Rest (MW+Klebem.)	0,08	0,01	3,68E-05	5,34E-06	4,52E-12	4,76E-06	9,10E-03	3,80E-05
2.1	Klebemörtel	0,84	0,06	3,84E-04	5,58E-05	4,72E-11	4,97E-05	9,50E-02	3,97E-04
2.3.0	Trennung Kunst-stoffdübel-Wand	0,01	0,00	6,03E-06	8,75E-07	7,41E-13	7,80E-07	1,49E-03	6,23E-06
	Summe EoL	**3,02**	**0,22**	**1,43E-03**	**2,69E-04**	**6,22E-11**	**2,40E-04**	**5,19E-01**	**1,91E-03**
	Summe Trans-port	**3,02**	**0,12**	**1,45E-03**	**3,46E-04**	**1,06E-11**	**-5,96E-04**	**2,08E-01**	**1,89E-03**
	Summe Energie	**6,57E-01**	**1,12E-01**	**2,25E-04**	**7,43E-06**	**2,08E-10**	**5,70E-06**	**4,06E-02**	**8,02E-05**
	Summe Gesamt	**6,69**	**0,45**	**3,10E-03**	**6,22E-04**	**2,81E-10**	**-3,51E-04**	**0,77**	**3,88E-03**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	5,74	12,89	18,63

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	8,28	0,54	3,84E-03	7,67E-04	3,26E-10	-4,69E-04	0,91	4,75E-03
	Passivhaus	11,45	0,72	5,33E-03	1,06E-03	4,18E-10	-7,05E-04	1,20	6,51E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

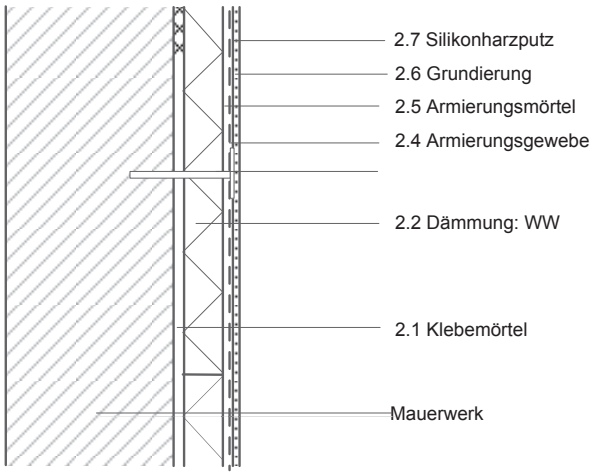
W 13 Außenwand KS-Stein WDVS WW geklebt + Dübel

Konstruktion:	KS-Stein
Bestand Alt:	-
Wärmedämmstoff:	WW
Putz alt/neu:	SHP
Varianten:	Mineral. Putz

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W13 Musterwand	100	0,35
W13 (ENEV 2009)	160	0,24
W13 (PH)	nicht zulässig	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 20°C

Es wurde eine Probefläche von 1 m² der Oberputz mit einer Putzfräse mit Absaugung vom Unterputz entfernt (24 min/m²). Wider Erwarten wurde der Oberputz nicht zerkleinert, sondern löste sich vielmehr vom Armierungsgewebe, so dass eine Separierung des Silikonharzputzes vom Gewebe mit einem Spachtel möglich gewesen wäre, jedoch mit stark erhöhtem Zeitaufwand und unter Zerstörung des Armierungsgewebes.
Im Folgenden wurde wie bei Wand W04 verfahren, jedoch war der Ausbau des WW-Dämmstoffs erschwert, so dass ein Elektrohammer zum Entfernen benötigt wurde. Bei der Demontage kam es zu starker Staubentwicklung.
Auf dem Klebemörtel verbleib eine Faserschicht zwischen 1 - 10 mm (auf ca. 40% der Wandfläche). Der Klebemörtel und die Dübelreste wurden mit einem Elektrohammer entfernt. Nach der 3. Belegung wies der Untergrund streifenförmige Fehlstellen von max. 1,5 cm Tiefe auf.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	Silikonharzputz, Gutex Silikonputz	3	4,00	2.4-2.7	Putzschicht Silikonharz	0,017		7,220
2.6	Grundierung, Gutex Isoliergrund		0,42					
2.5	Armierungsgewebe , Gutex Universal		0,18					
2.4	Armierungsmörtel , Gutex Klebe- und Spachtelputz	5	4,16	2.2.3	Baumisch-Rest (WW+Klebem.)	0,007		0,860
2.3	Kunststoffdübel, Gutex Thermoschraubdübel	155	0,12	2.3.2	Kunststoffdübelköpfe	0,021	0,008	0,088
2.3.1	verzinkte Stahlschraube		0,18	2.3.1	verzinkte Stahlschraube	0,038	0,001	0,176
2.2	WW, Gutex thermowall	100	17,2	2.2.2	WW	0,067	0,009	16,660
				2.2.1	Baumisch-Rest (WW+Klebem.)	0,154	0,057	4,115
2.1	Klebemörtel, Gutex Klebe- und Spachtelputz	5	4,12	2.1	Klebemörtel	0,033	0,006	0,022
				2.3.0	Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,007		0,860
	Summe	**113**	**30,37**		**Summe**	**0,336**	**0,08**	**29,142**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.4-2.7	Putzschicht Silikonharz	1,42	0,10	6,48E-04	9,41E-05	7,96E-11	8,38E-05	1,60E-01	6,69E-04
2.2.3	Baumisch-Rest (WW+Klebem.)	0,17	0,01	7,72E-05	1,12E-05	9,49E-12	9,99E-06	1,91E-02	7,97E-05
	Summe EoL	**1,58**	**0,12**	**7,25E-04**	**1,05E-04**	**8,91E-11**	**9,38E-05**	**1,79E-01**	**7,49E-04**
	Summe Transport	**0,65**	**0,03**	**3,11E-04**	**7,43E-05**	**2,28E-12**	**-1,28E-04**	**4,48E-02**	**4,07E-04**
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	**2,23**	**0,14**	**1,04E-03**	**1,80E-04**	**9,14E-11**	**-3,44E-05**	**2,24E-01**	**1,16E-03**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	Putzschicht Silikonharz	1,42	0,10	6,48E-04	9,41E-05	7,96E-11	8,38E-05	1,60E-01	6,69E-04
2.2.3	Baumisch-Rest (WW+Klebem.)	0,17	0,01	7,72E-05	1,12E-05	9,49E-12	9,99E-06	1,91E-02	7,97E-05
2.3.2	Kunststoffdübelköpfe	-2,15	-0,17	-8,94E-04	-1,64E-05	-3,18E-10	-1,54E-05	8,29E-02	-1,33E-04
2.3.1	verzinkte Stahlschraube	-2,23	-0,01	-1,17E-03	-5,27E-05	5,34E-09	-8,81E-05	-1,66E-01	-5,72E-04
2.2.2	WW	-439,71	-19,95	-1,36E-01	9,15E-04	-4,22E-06	-7,23E-04	-2,49	-1,95E-02
2.1	Klebemörtel	0,81	0,06	3,69E-04	5,36E-05	4,54E-11	4,78E-05	9,13E-02	3,81E-04
2.3.0	Kunststoffdübel	0,00	0,00	2,01E-06	2,92E-07	2,47E-13	2,60E-07	4,97E-04	2,08E-06
	Summe EoL	**-441,69**	**-19,95**	**-1,37E-01**	**1,01E-03**	**-4,21E-06**	**-6,85E-04**	**-2,3**	**-1,91E-02**
	Summe Transport	**6,05**	**0,24**	**2,90E-03**	**6,93E-04**	**2,13E-11**	**-1,20E-03**	**4,18E-01**	**3,79E-03**
	Summe Energie	**7,76E-01**	**1,32E-01**	**2,66E-04**	**8,77E-06**	**2,46E-10**	**6,74E-06**	**4,79E-02**	**9,47E-05**
	Summe Gesamt	**-434,86**	**-19,58**	**-1,34E-01**	**1,71E-03**	**-4,21E-06**	**-1,87E-03**	**-1,83**	**-1,52E-02**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	2,62	14,11	16,73

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämmstandard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-702,32	-31,68	-2,16E-01	2,59E-03	-6,79E-06	-2,98E-03	-3,24	-2,55E-02
	Passivhaus	Nicht möglich							

Fotodokumentation Rückbauprozess:

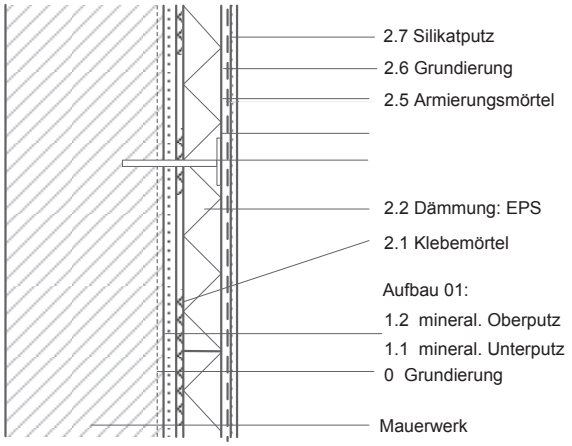
W 14 Außenwand KS-Stein WDVS EPS + Dübel auf Altputz

Konstruktion: Beton
Bestand Alt: Mineral. Putz
Wärmedämmstoff: EPS
Putz alt/neu: SIP
Varianten: SHP/mineral. Putz

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W14 Musterwand	100	0,31
W14 (ENEV 2009)	140	0,24
W14 (PH)	220	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 24°C

Im ersten Schritt wurde auf einer Probefläche von 1 m² der Oberputz mit einer Putzfräse mit Absaugung vom Unterputz entfernt (5 min/m²). Hierbei wurde das Armierungsgewebe zum Teil zerstört. Im 2. Schritt wurde die komplette Putzschicht abgezogen, was problemlos erfolgte. Nach dem Abziehen der Putzschicht, blieb an den Stellen, wo zuvor der Oberputz entfernt worden war, die Armierungsschicht nahezu vollständig an den EPS-Dämmplatten haften. Dieser Klebemörtel konnte mit einer Maurerkelle entfernt werden (ca. 10 min). Im Anschluss wurden die EPS-Platten mit einer Maurerkelle entfernt. Es verblieben geringe Anhaftungen von EPS auf dem Klebemörtel (auf ca. 10% der Wandfläche).
Im Folgenden wurden Klebemörtel und Altputz mit einem Elektrohammer entfernt, da sich der Klebemörtel nicht ohne Zerstörung des Putzes entfernen ließ. Alternativ hätten die Unebenheiten durch Überspachteln oder Neuverputzen ausgeglichen werden können.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	Silikatputz, Heck SIP KC 3	3	3,96	2.4-2.7	Putzschicht Silikatputz	0,013		5,960
2.6	Grundierung Heck UG		0,22					
2.5	Armierungsmörtel Heck K+A	5	4,00					
2.4	Armierungsgewebe Heck fine		0,18	2.2.3	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,033		0,900
2.3	K. - Schlagdübel SDK-FV 170	170	0,14	2.3.2	K.- Schlagdübel	0,033	0,010	0,048
2.2	EPS, Heck Dämmplatte	100	1,44	2.2.2	EPS	0,200		1,56
2.1	Klebemörtel , Heck K+A	5	4,63		Baumisch-Rest	0,051		0,412
1.3	mineral. Oberputz, Schäfer Optimal Scheibenputz	3	3,1	1.1 - 2.2.1	+ Klebemörtel + mineral. Altputz	0,204	0,066	27,284
1.2	Grundierung		0,31					
1.1	mineral. Unterputz , Schäfer Putz 650	15	23,5					
0	Grundierung		0,31					
				2.3.0	Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,017	0,004	0,067
	Summe	128	**41,73**		**Summe**	**0,552**	**0,8**	**36,231**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.7	Putzschicht	1,17	0,09	5,35E-04	7,76E-05	6,57E-11	6,92E-05	1,32E-01	5,52E-04
2.2.3	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,18	0,01	8,08E-05	1,17E-05	9,93E-12	1,05E-05	2,00E-02	8,34E-05
	Summe EoL	**1,35**	**0,10**	**6,16E-04**	**8,94E-05**	**7,57E-11**	**7,97E-05**	**1,52E-01**	**6,36E-04**
	Summe Transport	**0,55**	**0,02**	**2,64E-04**	**6,31E-05**	**1,94E-12**	**-1,09E-04**	**3,80E-02**	**3,45E-04**
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	**1,90**	**0,12**	**8,80E-04**	**1,52E-04**	**7,76E-11**	**-2,92E-05**	**1,90E-01**	**9,81E-04**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	Putzschicht Silikatputz	1,17	0,09	5,35E-04	7,76E-05	6,57E-11	6,92E-05	1,32E-01	5,52E-04
2.2.3	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,18	0,01	8,08E-05	1,17E-05	9,93E-12	1,05E-05	2,00E-02	8,34E-05
2.3.2	Kunststoffdübel	-1,17	-0,09	-4,88E-04	-8,94E-06	-1,73E-10	-8,40E-06	4,52E-02	-7,23E-05
2.2.2	Schlacke aus Verbrennung	0,04	0,00	1,70E-05	2,48E-06	2,10E-12	2,21E-06	4,22E-03	1,76E-05
2.2.2	EPS	-41,40	-0,54	-1,79E-02	-2,54E-04	-1,13E-07	-2,35E-04	1,60E+00	-2,67E-03
2.2.1 1.1 -	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,08	0,01	3,69E-05	5,36E-06	4,54E-12	4,78E-06	9,13E-03	3,81E-05
1.0	Klebemörtel + Altputz	-3,36	0,10	-1,76E-03	-7,04E-06	1,63E-10	-1,68E-04	-3,59E-01	-8,87E-04
2.3.0	Trennung Kunststoff-dübel-Wand	0,01	0,00	6,03E-06	8,75E-07	7,41E-13	7,80E-07	1,49E-03	6,23E-06
	Summe EoL	**-44,46**	**-0,42**	**-1,95E-02**	**-1,72E-04**	**-1,13E-07**	**-3,24E-04**	**1,46E+00**	**-2,93E-03**
	Summe Transport	**9,68**	**0,38**	**4,64E-03**	**1,11E-03**	**3,40E-11**	**-1,91E-03**	**6,68E-01**	**6,06E-03**
	Summe Energie	**7,72E-01**	**1,31E-01**	**2,65E-04**	**8,73E-06**	**2,44E-10**	**6,70E-06**	**4,77E-02**	**9,42E-05**
	Summe Gesamt	**-34,01**	**0,10**	**-1,46E-02**	**9,45E-04**	**-1,13E-07**	**-2,23E-03**	**2,17**	**3,22E-03**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	3,30	23,17	26,47

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämmstandard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-48,88	-0,03	-2,09E-02	1,13E-03	-1,60E-07	-2,83E-03	3,02	3,70E-03
	Passivhaus	-78,59	-0,27	-3,35E-02	1,50E-03	-2,55E-07	-4,03E-03	4,72	4,65E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

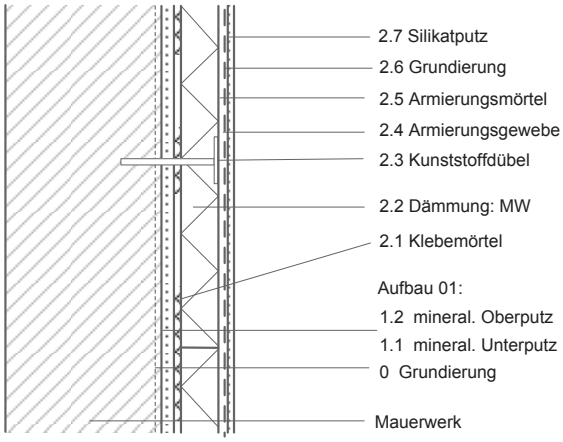
W 15 Außenwand KS-Stein WDVS MW geklebt + Dübel auf Altputz

Konstruktion:	KS-Stein
Bestand Alt:	Mineral. Putz
Wärmedämmstoff:	MW
Putz alt/neu:	SIP
Varianten:	mineral. Putz

Bauphysikalische Qualität:
*Zustimmung im Einzelfall

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W15 Musterwand	100	0,31
W15 (ENEV 2009)	140	0,24
W15 (PH)	220*	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 24°C

Die Putzschicht wurde als eine Schicht (Oberputz + Unterputz) von der Mineralwolle geschält. Auf den Mineralwollplatten verblieben nahezu keine Anhaftungen von der Armierungsschicht. Im nächsten Schritt wurden die Dübelköpfe getrennt und anschließend die Mineralwollplatten abgehoben. Die MW-Platten lagen nahezu sortenrein vor. Durch das Entfernen entstand Faserstaub.
Beim Klebemörtel verblieb eine dünne Faserschicht Mineralwolle (bis zu 3 mm auf ca. 40% der Wandfläche).
Im nächsten Schritt wurden Altputz, Klebemörtel und Dübelreste mit einem Elektrohammer bei großer Staubentwicklung abgeschlagen. Der Untergrund wies nur kleine Fehlstellen auf und war nach Reinigung ohne Vorbereitungsmaßnahmen direkt belegbar (nach 1. Belegung der Versuchsdurchführung).

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	Silikatputz, Heck SIP KC 3	3	4,00	2.4-2.7	Putzschicht Silikatputz	0,013		7,520
2.6	Grundierung Heck UG		0,20					
2.5	Armierungsmörtel Heck K+A	5	5,00					
2.4	Armierungsgewebe Heck AGG fine		0,18	2.2.3	Baumisch-Rest (MW+Klebem.)			
2.3	K. - Schlagdübel SDK-FV 170 + Dübelteller	175	0,14	2.3.2	K.- Schlagdübel	0,021	0,008	0,048
2.2	MW, Rockwool coverrock 035	100	9,6	2.2.2	MW	0,033		9,480
2.1	Klebemörtel , Heck K+A	5	5,14	1.1 - 2.2.1	Baumisch-Rest (MW+Klebem. + Klebemörtel + mineral. Altputz	0,137	0,057	29,134
1.3	mineral. Oberputz, Schäfer Optimal Scheibenputz	3	3,09					
1.2	Grundierung		0,25					
1.1	mineral. Unterputz , Schäfer Putz 650	15	23,41					
0	Grundierung		0,31	2.3.0	Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,017	0,004	0,067
	Summe	**128**	**51,37**		**Summe**	**0,221**	**0,068**	**46,249**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.7	Putzschicht Silikatputz	1,47	0,11	6,75E-04	9,80E-05	8,30E-11	8,73E-05	1,67E-01	6,97E-04
2.2.3	Baumisch-Rest (MW+Klebem.)								
	Summe EoL	1,47	0,11	6,75E-04	9,80E-05	8,30E-11	8,73E-05	1,67E-01	6,97E-04
	Summe Transport	0,60	0,02	2,90E-04	6,92E-05	2,12E-12	-1,19E-04	4,17E-02	3,78E-04
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	2,08	0,13	9,64E-04	1,67E-04	8,51E-11	-3,20E-05	2,09E-01	1,08E-03

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	Putzschicht Silikatputz	1,47	0,11	6,75E-04	9,80E-05	8,30E-11	8,73E-05	1,67E-01	6,97E-04
2.3.2	Kunststoffdübelköpfe	-1,17	-0,09	-4,88E-04	-8,94E-06	-1,73E-10	-8,40E-06	4,52E-02	-7,23E-05
2.2.2	MW	1,86	0,14	8,51E-04	1,23E-04	1,05E-10	1,10E-04	2,10E-01	8,79E-04
2.1	Klebemörtel + Altputz	5,71	0,42	2,61E-03	3,80E-04	3,21E-10	3,38E-04	6,47E-01	2,70E-03
2.3.0	Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,01	0,00	6,03E-06	8,75E-07	7,41E-13	7,80E-07	1,49E-03	6,23E-06
	Summe EoL	**7,89**	**0,58**	**3,66E-03**	**5,93E-04**	**3,36E-10**	**5,28E-04**	**1,07E+00**	**4,21E-03**
	Summe Transport	**4,99**	**0,20**	**2,39E-03**	**5,72E-04**	**1,75E-11**	**-9,86E-04**	**3,45E-01**	**3,13E-03**
	Summe Energie	**6,57E-01**	**1,12E-01**	**2,25E-04**	**7,43E-06**	**2,08E-10**	**5,70E-06**	**4,06E-02**	**8,02E-05**
	Summe Gesamt	**13,54**	**0,89**	**6,28E-03**	**1,17E-03**	**5,62E-10**	**-4,52E-04**	**1,46**	**7,42E-03**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	7,16	9,30	16,46

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämmstandard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	15,12	0,98	7,02E-03	1,32E-03	6,07E-10	-5,70E-04	1,60	8,29E-03
	Passivhaus	18,29	1,15	8,51E-03	1,61E-03	6,99E-10	-8,07E-04	1,88	1,00E-02

Fotodokumentation Rückbauprozess:

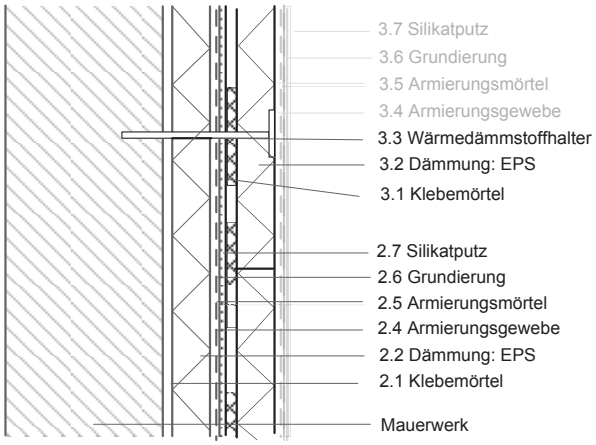
W 16 Außenwand KS-Stein WDVS EPS geklebt + Dübel auf WDVS

Konstruktion:	KS-Stein
Bestand Alt:	WDVS EPS
Wärmedämmstoff:	EPS
Putz alt/neu:	SIP/SIP
Varianten:	mineral./SHP

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W16 Musterwand	100 +100	0,16
W16 (ENEV 2009)	40 + 100	0,24
W16 (PH)	100 + 120*	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 28°C

Nach dem Trennen der Dübelköpfe wurde das EPS unter Zuhilfenahme eines Elektrohammers abgehoben und mit einer Maurerkelle vom Klebemörtel gereinigt.
Der Klebemörtel ließ sich nicht vom Silikatputz separieren. Die Putzschicht und der Klebemörtel wurden als eine Schicht von der Dämmschicht gezogen. Es verblieben nur geringfügige mineralische Anhaftungen an den Dämmplatten, die mit der Maurerkelle entfernt wurden. Die EPS-Dämmplatten wurden mit einer Maurerkelle und Elektrohammer vom Untergrund gehebelt und gereinigt. Teils war das Ablösen in großformatigen Stücken möglich, z.T. zerfielen sie in kleine Poren. An der Oberfläche des Klebemörtels verblieben EPS-Anhaftungen bis 10 mm Stärke (auf ca. 20% der Wandfläche). Der Klebemörtel und die Dübelreste wurden mit dem Elektrohammer vom Untergrund gestemmt, was Fehlstellen bis zu 2 cm Tiefe verursachte (4. bzw. 5. Belegung der Versuchswand).

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schicht-dicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeits-zeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
3.7	*Silikatputz, Heck SIP KC 3*	*3*	*4,13*	*3.4-3.7*	*Mineral. Putzschicht*	*0,013*		*6,430*
3.6	*Grundierung Heck UG*		*0,23*					
3.5	*Armierungsgewebe Heck fine*		*0,18*					
3.4	*Armierungsmörtel Heck K+A*	*5*	*3,8*	*3.3.3*	*Baumisch-Rest*	*0,025*		*0,504*
3.3.2	K. - Schlagdübel	275	0,16	3.3.2	K.- Schlagdübel	0,025	0,008	0,085
3.3.1	verzinkter Stahlnagel	275	0,24	3.2.2	EPS	0,023		1,67
2.2	EPS, Heck Dämmplatte 035	100	1,44	3.2.3	Baumisch-Rest	0,047		0,2
2.1	Klebemörtel , Heck K+A	5	3,38	3.1	Klebemörtel + Putzschicht SIP	0,037		9,3
3.7	Silikatputz, Heck SIP KC 3	3	4,20	2.4-7	Baumisch	0,027		0,8
3.6	Grundierung Heck UG		0,20					
3.5	Armierungsgewebe Heck fine		0,18					
3.4	Armierungsmörtel Heck K+A	5	4,40	2.2.2	EPS	0,060		1,78
2.2	EPS, Heck Dämmplatte 035	100	1,44	2.2.1	Baumisch-Rest	0,024		0,41
2.1	Klebemörtel , Heck K+A	5	3,91	2.1	Klebemörtel	0,144	0,057	3,457
				3.3.1	Stahlnagel	0,033	0,014	0,24
				3.3.0	K.- Dübel-Wand.			0,053
	Summe	**226**	**27,89**		**Summe**	**0,48**	**0,078**	**24.809**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
3.4-7	*Putzschicht SHP*	*1,26*	*0,09*	*5,77E-04*	*8,38E-05*	*7,09E-11*	*7,47E-05*	*1,43E-01*	*5,96E-04*
3.2.3	*Baumisch-Rest*								
	Summe EoL	1,26	0,09	5,77E-04	8,38E-05	7,09E-11	7,47E-05	1,43E-01	5,96E-04
	Summe Transport	0,52	0,02	2,48E-04	5,92E-05	1,82E-12	-1,02E-04	3,56E-02	3,24E-04
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	1,78	0,11	8,25E-04	1,43E-04	7,27E-11	-2,73E-05	1,78E-01	9,20E-04

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
3.4-.7	*Putzschicht SIP*	*1,26*	*0,09*	*5,77E-04*	*8,38E-05*	*7,09E-11*	*7,47E-05*	*1,43E-01*	*5,96E-04*
3.3.3	*Baumisch-Rest*	*0,10*	*0,01*	*4,53E-05*	*6,57E-06*	*5,56E-12*	*5,86E-06*	*1,12E-02*	*4,67E-05*
3.3.2	K.-Dübel	-2,07	-0,16	-8,63E-04	-1,58E-05	-3,07E-10	-1,49E-05	8,01E-02	-1,28E-04
2.2.2	Schlacke aus Verb.	0,06	0,00	2,69E-05	3,91E-06	3,31E-12	3,48E-06	6,66E-03	2,78E-05
3.2.2	EPS	-41,40	-0,54	-1,79E-02	-2,54E-04	-1,13E-07	-2,35E-04	1,60E+00	-2,67E-03
3.2.3	Baumisch-Rest	0,04	0,00	1,79E-05	2,61E-06	2,21E-12	2,32E-06	4,44E-03	1,85E-05
2.4-3.1	Klebemörtel + SIP	1,82	0,13	8,35E-04	1,21E-04	1,03E-10	1,08E-04	2,06E-01	8,62E-04
2.2.3	Baumisch Rest	0,16	0,01	7,18E-05	1,04E-05	8,82E-12	9,29E-06	1,78E-02	7,42E-05
2.2.2	Schlacke aus Verb.	0,08	0,01	3,68E-05	5,34E-06	4,52E-12	4,76E-06	9,10E-03	3,80E-05
2.2.2	EPS	-41,40	-0,54	-1,79E-02	-2,54E-04	-1,13E-07	-2,35E-04	1,60E+00	-2,67E-03
2.2.1	Baumisch-Rest	0,08	0,01	3,68E-05	5,34E-06	4,52E-12	4,76E-06	9,10E-03	3,80E-05
2.1	Klebemörtel	0,68	0,05	3,10E-04	4,50E-05	3,81E-11	4,01E-05	7,67E-02	3,20E-04
3.3.1	Stahlnagel	-1,52	-0,01	-7,96E-04	-3,59E-05	3,64E-09	-6,01E-05	-1,14E-01	-3,90E-04
3.3.0	K.-Dübel	0,01	0,00	4,71E-06	6,84E-07	5,79E-13	6,10E-07	1,17E-03	4,87E-06
	Summe EoL	**-82,12**	**-0,93**	**-3,55E-02**	**-2,74E-04**	**-2,23E-07**	**-2,91E-04**	**3,66E+00**	**-3,83E-03**
	Summe Transport	**16,95**	**0,67**	**8,12E-03**	**1,94E-03**	**5,95E-11**	**-3,35E-03**	**1,17E+00**	**1,06E-02**
	Summe Energie	**7,54E-01**	**1,28E-01**	**2,58E-04**	**8,52E-06**	**2,39E-10**	**6,54E-06**	**4,65E-02**	**9,19E-05**
	Summe Gesamt	**-64,41**	**-0,13**	**-2,71E-02**	**1,67E-03**	**-2,22E-07**	**-3,63E-03**	**4,88**	**6,88E-03**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	4,10	19,24	23,34

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämmstandard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-41,66	0,06	-1,74E-02	1,41E-03	-1,52E-07	-2,71E-03	3,64	6,29E-03
	Passivhaus	-72,00	-0,19	-3,03E-02	1,76E-03	-2,46E-07	-3,94E-03	5,29	7,08E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

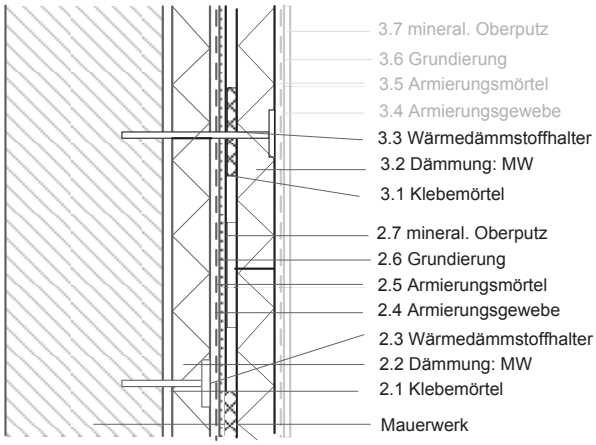
W 17 Außenwand KS-Stein WDVS MW geklebt + Dübel auf WDVS

Konstruktion:	KS-Stein
Bestand Alt:	WDVS MW
Wärmedämmstoff:	Mineralwolle
Putz alt/neu:	Mineral./Mineralputz
Varianten:	-

Bauphysikalische Qualität:
*Zustimmung im Einzelfall

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W17 Musterwand	100+100	0,33
W17 (ENEV 2009)	40 + 100	0,24
W17 (PH)	100 + 120	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 21°C

Nachdem Trennen der Dübelköpfe wurde die MW mit einer Maurerkelle von der Wand getrennt und gereinigt. Der Klebemörtel ließ sich nicht von der mineral. Putzschicht separieren. Die Putzschicht und Klebemörtel wurden gemeinsam von der MW-Platte gezogen. Beim Abziehen zerfiel die Putzschicht, was das den Arbeitsschritt erschwerte. Es verblieben nur geringfügige mineralische Anhaftungen an den Dämmplatten, die mit der Maurerkelle entfernt wurden. Die 2. Schicht MW-Dämmplatten wurden ebenfalls mit einer Maurerkelle vom Untergrund gelöst und gereinigt.
An der Oberfläche des Klebemörtels verblieben geringe MW-Anhaftungen bis 5 mm Stärke (auf ca. 40% der Wandfläche).
Der Klebemörtel und die Dübelreste wurden mit dem Elektrohammer vom Untergrund gestemmt. Der Untergrund wies große Fehlstellen bis zu 2 cm Tiefe auf, die aus der Mehrfachbelegung resultieren (4. – 5. Belegung der Versuchswand).

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schicht-dicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeits-zeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
3.7	*Mineral. Putz , Heck STR KC3*	*3*	*3,80*	*3.4-3.7*	*mineral. Putzschicht*	*0,013*		*6,760*
3.6	*Grundierung Heck UG*		*0,22*					
3.5	*Armierungsgewebe Heck fine*		*0,18*					
3.4	*Armierungsmörtel Heck K+A*	*5*	*3,80*	*3.3.3*	*Baumisch-Rest*	*0,033*		*0,200*
3.3.2	K. - Schlagdübel	275	0,16	3.3.2	K.- Schlagdübel	0,029	0,013	0,085
3.3.1	verzinkter Stahlnagel	275	0,24	3.2.2	MW	0,013		9,240
2.2	MW, Rockwool coverrock 035	100	9,6	3.2.3	Baumisch-Rest	0,007		
2.1	Klebemörtel, Heck K + A	5	4,10	2.4-	Klebem. + Putz	0,047		9,100
2.7	Mineral. Putz , Heck STR KC3	3	3,40	2.3.2	Kunststoffdübel	0,021	0,008	0,038
2.6	Grundierung Heck UG		0,24					
2.5	Armierungsgewebe Heck fine		0,18					
2.4	Armierungsmörtel Heck K+A	5	3,68	2.2.2	MW	0,023		9,160
2.3	K. - Schlagdübel SDK-FV 170	170	0,14	2.2.1	Baumisch-Rest	0,013		0,400
2.2	MW, Rockwool coverrock 035	100	9,6	2.1	Klebemörtel	0,123	0,047	4,918
2.1	Klebemörtel, Heck K + A	5	3,93	3.3.1	Stahlnagel	0,042	0,018	0,24
					K-Dübel-Wand			0,83
	Summe	**226**	**43,21**		**Summe**	**0,365**	**0,085**	**40,102**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
3.4-7	*mineral. Putz*	*1,33*	*0,10*	*6,07E-04*	*8,81E-05*	*7,46E-11*	*7,85E-05*	*1,50E-01*	*6,27E-04*
3.2.3	*Baumisch-Rest*								
	Summe EoL	1,33	0,10	6,07E-04	8,81E-05	7,46E-11	7,85E-05	1,50E-01	6,27E-04
	Summe Trans-port	0,54	0,02	2,60E-04	6,22E-05	1,91E-12	-1,07E-04	3,75E-02	3,40E-04
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	1,87	0,12	8,67E-04	1,50E-04	7,65E-11	-2,87E-05	1,88E-01	9,67E-04

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
3.4-.7	mineral. Putz	*1,33*	*0,10*	*6,07E-04*	*8,81E-05*	*7,46E-11*	*7,85E-05*	*1,50E-01*	*6,27E-04*
3.3.3	Baumisch-Rest	0,04	0,00	1,79E-05	2,61E-06	2,21E-12	2,32E-06	4,44E-03	1,85E-05
3.3.2	K.-Dübel	-2,07	-0,16	-8,63E-04	-1,58E-05	-3,07E-10	-1,49E-05	8,01E-02	-1,28E-04
3.2.2	MW	1,81	0,13	8,29E-04	1,20E-04	1,02E-10	1,07E-04	2,05E-01	8,56E-04
3.2.3	Baumisch-Rest	0,00	0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2.4 - 3.1	Klebemörtel + Altputz	1,78	0,13	8,17E-04	1,19E-04	1,00E-10	1,06E-04	2,02E-01	8,43E-04
2.3.2	K.-Dübel	-0,94	-0,07	-3,90E-04	-7,15E-06	-1,39E-10	-6,72E-06	3,62E-02	-5,78E-05
2.2.2	MW	1,80	0,13	8,22E-04	1,19E-04	1,01E-10	1,06E-04	2,03E-01	8,49E-04
2.2.1	Baumisch-Rest	0,08	0,01	3,59E-05	5,21E-06	4,41E-12	4,65E-06	8,88E-03	3,71E-05
2.1	Klebemörtel	0,96	0,07	4,41E-04	6,41E-05	5,42E-11	5,71E-05	1,09E-01	4,56E-04
3.3.1	Stahlnagel	-1,52	-0,01	-7,96E-04	-3,59E-05	3,64E-09	-6,01E-05	-1,14E-01	-3,90E-04
3.3.0	K.-Dübel	0,01	0,00	4,71E-06	6,84E-07	5,79E-13	6,10E-07	1,17E-03	4,87E-06
2.3.0	K.-Dübel	0,01	0,00	2,61E-06	3,79E-07	3,21E-13	3,38E-07	6,46E-04	2,70E-06
	Summe EoL	**3,28**	**0,33**	**1,53E-03**	**4,60E-04**	**3,64E-09**	**3,81E-04**	**8,87E-01**	**3,12E-03**
	Summe Transport	**5,70**	**0,23**	**2,73E-03**	**6,53E-04**	**2,00E-11**	**-1,13E-03**	**3,93E-01**	**3,57E-03**
	Summe Energie	**8,22E-01**	**1,40E-01**	**2,82E-04**	**9,29E-06**	**2,60E-10**	**7,14E-06**	**5,07E-02**	**1,00E-04**
	Summe Gesamt	**9,81**	**0,70**	**4,54E-03**	**1,12E-03**	**3,92E-09**	**-7,37E-04**	**1,33**	**6,79E-03**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	11,11	15,34	26,44

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	7,89	0,57	3,67E-03	9,16E-04	2,76E-09	-5,42E-04	1,15	5,60E-03
	Passivhaus	10,45	0,74	4,83E-03	1,19E-03	4,30E-09	-8,03E-04	1,39	7,19E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

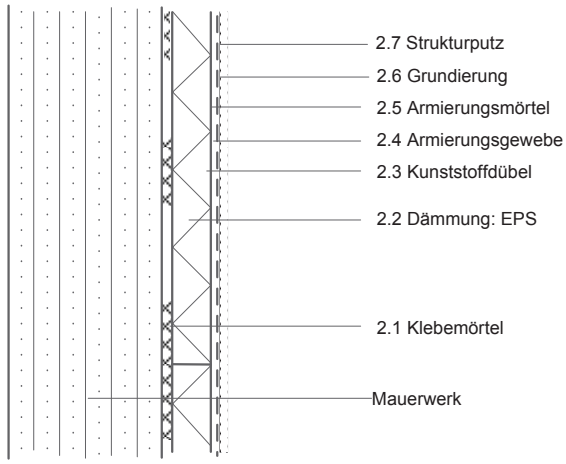
W 18 Außenwand Poroton WDVS EPS geklebt

Konstruktion:	Poroton λ 0,14
Bestand Alt:	-
Wärmedämmstoff:	EPS
Putz alt/neu:	Mineral. Putz
Varianten:	SIP/SHP

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W18 Musterwand	100	0,19
W18 (ENEV 2009)	80	0,24
W18 (PH)	160	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 27°C

Die Putzschicht ließ sich als eine Schicht ohne Probleme und Rückstände von den Dämmplatten entfernen. Die minimalen Anhaftungen des Klebemörtels ließen sich mit einer Maurerkelle vom EPS lösen.
Die EPS –Platten wurden mit der Maurerkelle und einem Elektrohammer entfernt. Eine einporige Schicht verblieb auf ca. 3% der Wandfläche. Zum Entfernen des Klebemörtels wurde ein Elektrohammer verwendet. Der Untergrund wies nach dem Entfernen der 2. Belegung Fehlstellen bis maximal 1,5 cm Tiefe auf.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	Mineral. Putz , Heck STR KC3	3	3,38	2.4-2.7	Putzschicht	0,017		5,76
2.6	Grundierung Heck UG		0,20					
2.5	Armierungsgewebe Heck AGG fine		0,18					
2.4	Armierungsmörtel Heck K+A	5	3,90	2.2.3	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,023		0,620
2.2	EPS, Heck Dämmplatte 035	100	1,44	2.2.2	EPS	0,083	0,09	1,6
				2.2.1	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,029		0,870
2.1	Klebemörtel, Heck K+A	5	5,11	2.1	Klebemörtel	0,163	0,040	4,000
	Summe	**113**	**14,21**		**Summe**	**0,315**	**0,049**	**12,850**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.7	Putzschicht	1,13	0,08	5,17E-04	7,50E-05	6,35E-11	6,69E-05	1,28E-01	5,34E-04
2.2.3	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,12	0,01	5,56E-05	8,08E-06	6,84E-12	7,20E-06	1,38E-02	5,75E-05
	Summe EoL	1,25	0,09	5,72E-04	8,31E-05	7,04E-11	7,41E-05	1,42E-01	5,91E-04
	Summe Trans-port	0,51	0,02	2,46E-04	5,87E-05	1,80E-12	-1,01E-04	3,54E-02	3,21E-04
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	1,76	0,11	8,18E-04	1,42E-04	7,22E-11	-2,71E-05	1,77E-01	9,12E-04

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	Mineral. Putz	1,13	0,08	5,17E-04	7,50E-05	6,35E-11	6,69E-05	1,28E-01	5,34E-04
2.2.3	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,12	0,01	5,56E-05	8,08E-06	6,84E-12	7,20E-06	1,38E-02	5,75E-05
2.2.2	Schlacke aus Verbrennung	0,05	0,00	2,06E-05	3,00E-06	2,54E-12	2,67E-06	5,11E-03	2,13E-05
2.2.2	EPS	-41,40	-0,54	-1,79E-02	-2,54E-04	-1,13E-07	-2,35E-04	1,60E+00	-2,67E-03
2.2.1	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,17	0,01	7,80E-05	1,13E-05	9,59E-12	1,01E-05	1,93E-02	8,06E-05
2.1	Klebemörtel	0,78	0,06	3,59E-04	5,21E-05	4,41E-11	4,65E-05	8,88E-02	3,71E-04
	Summe EoL	**-39,15**	**-0,37**	**-1,69E-02**	**-1,04E-04**	**-1,13E-07**	**-1,02E-04**	**1,86E+00**	**-1,60E-03**
	Summe Trans-port	**7,97**	**0,32**	**3,82E-03**	**9,12E-04**	**2,80E-11**	**-1,57E-03**	**5,49E-01**	**4,99E-03**
	Summe Energie	**4,73E-01**	**8,04E-02**	**1,62E-04**	**5,35E-06**	**1,50E-10**	**4,11E-06**	**2,92E-02**	**5,77E-05**
	Summe Gesamt	**-30,72**	**0,03**	**-1,29E-02**	**8,13E-04**	**-1,13E-07**	**-1,67E-03**	**2,44**	**3,44E-03**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	1,91	13,25	15,16

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-23,28	0,09	-9,73E-03	7,21E-04	-8,90E-08	-1,37E-03	2,01	3,21E-03
	Passivhaus	-53,01	-0,16	-2,23E-02	1,09E-03	-1,84E-07	-2,57E-03	3,71	4,15E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

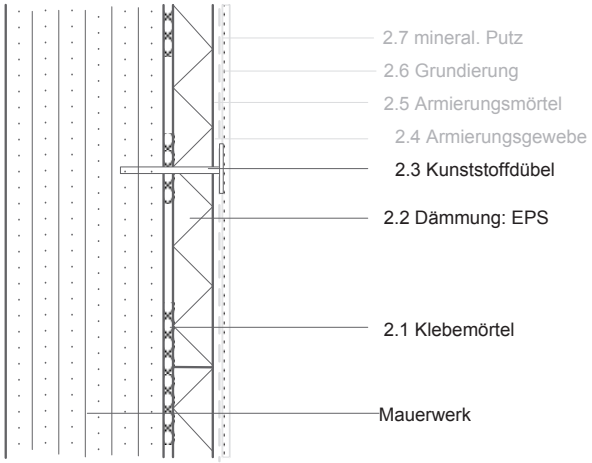
W 19 Außenwand Poroton WDVS EPS geklebt + Dübel

Konstruktion:	Poroton λ 0,14
Bestand Alt:	-
Wärmedämmstoff:	EPS
Putz alt/neu:	mineralisch
Varianten:	SIP/SHP

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W19 Musterwand	100	0,19
W19 (ENEV 2009)	80	0,24
W19 (PH)	160	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 26°C

Im ersten Schritt wurden die Dübelköpfe der Wärmedämmstoffhalter mit einem Elektrofuchs getrennt und gesammelt. EPS-Dämmplatten konnten im Anschluss mit einer Maurerkelle vom Untergrund getrennt werden. Teils war das Ablösen in großformatigen Stücken möglich, z.T. zerfielen sie in kleine Poren. Die Anhaftungen des Klebemörtels am EPS waren geringfügig und wurden mit einer Maurerkelle entfernt. An der Oberfläche des Klebemörtels verblieben geringfügige Anhaftungen von EPS (auf ca. 3% der Wandfläche). Der Klebemörtel und die Dübelreste wurden unter Zuhilfenahme. eines Elektrohammers vollständig entfernt (mittlere Staubentwicklung). Nach dem Rückbau wies der Untergrund ca. 25 Fehlstellen (ca. Ø= 3 – 10 cm) mit einer Maximaltiefe unter 2 cm auf (nach 3. Belegung der Versuchswand).

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	*Mineral. Putz Heck STR KC3*	*3*	*3,38*	*2.4-2.7*	*Mineral Putzschicht*	*0,017*		*5,760*
2.6	*Grundierung Heck UG*		*0,20*					
2.5	*Armierungsgewebe Heck AGG fine*		*0,18*					
2.4	*Armierungsmörtel Heck K+A*	*5*	*3,90*	*2.2.3*	*Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)*	*0,023*		*0,620*
2.3	K. - Schlagdübel SDK-FV 170	150	0,08	2.3.2	K.- Schlagdübel	0,025	0,010	0,038
2.2	EPS, Heck Dämmplatte 035	100	1,44	2.2.2	EPS	0,050	0,009	1,828
2.1	Klebemörtel , Heck K+A	5	4,78	2.1	Klebemörtel	0,120	0,050	4,457
				2.3.0	Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,017	0,004	0,029
	Summe	**113**	**13,96**		**Summe**	**0,251**	**0,072**	**12,732**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.7	*mineral. Putz-schicht*	*1,13*	*0,08*	*5,17E-04*	*7,50E-05*	*6,35E-11*	*6,69E-05*	*1,28E-01*	*5,34E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)*	*0,12*	*0,01*	*5,56E-05*	*8,08E-06*	*6,84E-12*	*7,20E-06*	*1,38E-02*	*5,75E-05*
	Summe EoL	**1,25**	**0,09**	**5,72E-04**	**8,31E-05**	**7,04E-11**	**7,41E-05**	**1,42E-01**	**5,91E-04**
	Summe Trans-port	**0,51**	**0,02**	**2,46E-04**	**5,87E-05**	**1,80E-12**	**-1,01E-04**	**3,54E-02**	**3,21E-04**
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	**1,76**	**0,11**	**8,18E-04**	**1,42E-04**	**7,22E-11**	**-2,71E-05**	**1,77E-01**	**9,12E-04**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	*mienral. Putz-schicht*	*1,13*	*0,08*	*5,17E-04*	*7,50E-05*	*6,35E-11*	*6,69E-05*	*1,28E-01*	*5,34E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)*	*0,12*	*0,01*	*5,56E-05*	*8,08E-06*	*6,84E-12*	*7,20E-06*	*1,38E-02*	*5,75E-05*
2.3.2	Kunststoffdübel-köpfe	-0,94	-0,07	-3,90E-04	-7,15E-06	-1,39E-10	-6,72E-06	3,62E-02	-5,78E-05
2.2.2	Schlacke aus Verbrennung	0,09	0,01	4,11E-05	5,97E-06	5,05E-12	5,32E-06	1,02E-02	4,25E-05
2.2.2	EPS	-41,40	-0,54	-1,79E-02	-2,54E-04	-1,13E-07	-2,35E-04	1,60E+00	-2,67E-03
2.1	Klebemörtel + Poroton	0,87	0,06	4,00E-04	5,81E-05	4,92E-11	5,18E-05	9,89E-02	4,13E-04
2.3.0	Trennung Kunststoff-dübel-Wand	0,01	0,00	2,61E-06	3,79E-07	3,21E-13	3,38E-07	6,46E-04	2,70E-06
	Summe EoL	**-40,12**	**-0,45**	**-1,73E-02**	**-1,13E-04**	**-1,13E-07**	**-1,10E-04**	**1,89E+00**	**-1,68E-03**
	Summe Trans-port	**8,95**	**0,36**	**4,29E-03**	**1,02E-03**	**3,14E-11**	**-1,77E-03**	**6,17E-01**	**5,60E-03**
	Summe Energie	**6,98E-01**	**1,19E-01**	**2,39E-04**	**7,89E-06**	**2,21E-10**	**6,06E-06**	**4,31E-02**	**8,51E-05**
	Summe Gesamt	**-30,48**	**0,03**	**-1,27E-02**	**9,19E-04**	**-1,13E-07**	**-1,87E-03**	**2,55**	**4,01E-03**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	1,87	10,54	12,41

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-23,04	0,09	-9,59E-03	8,27E-04	-8,91E-08	-1,57E-03	2,13	3,78E-03
	Passivhaus	-52,77	-0,16	-2,22E-02	1,20E-03	-1,84E-07	-2,77E-03	3,83	4,72E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

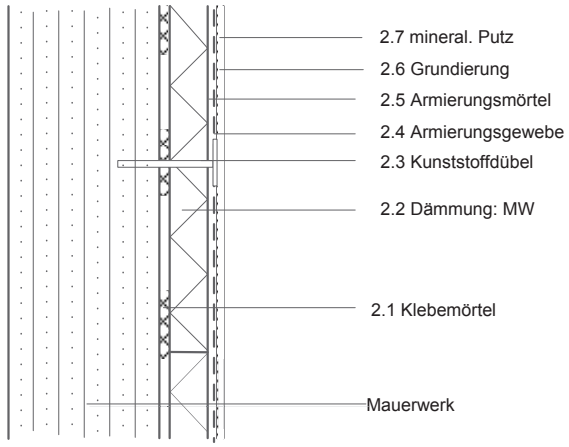
W 20 Außenwand Poroton WDVS MW geklebt + Dübel

Konstruktion:	Poroton λ 0,14
Bestand Alt:	-
Wärmedämmstoff:	Mineralwolle
Putz alt/neu:	mineral. Putz (A)
Varianten:	-

Bauphysikalische Qualität:
* Zustimmung im Einzelfall

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W20 Musterwand	100	0,2
W20 (ENEV 2009)	80	0,24
W20 (PH)*	160	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 27°C

Der Putz wurde mit einem handelsüblichen Cutter in 2 Streifen geteilt (ca. 1 min/2,5 lfm). Die Putzschicht wurde als Gesamtschicht von der MW abgezogen. Die MW-Dämmplatten wiesen nur minimale Anhaftungen des Klebemörtels auf.
Anschließend wurden die MW-Dämmplatten mit einer Maurerkelle vom Untergrund als Platte abgehoben. Durch das Entfernen entstand Faserstaub. Beim Klebemörtel verblieb eine minimale Faserschicht Mineralwolle (ca. 2 mm auf ca. 35% der Wandfläche), die nicht entfernt werden konnte. Die Klebemörtel- und Dübelreste wurden mit einem Elektrohammer abgestemmt. Der Untergrund wies nach der Demontage des WDVS (2. Belegung) geringfügige Fehlstellen mit einer Maximaltiefe bis zu 1,5 cm auf und war nach Reinigung ohne Vorbereitungsmaßnahmen direkt belegbar.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	Mineral. Oberputz, Heck STR KC3	3	3,84	2.4-2.7	Putzschicht mineral. Putz	0,013		6,900
2.6	Grundierung Heck UG		0,22					
2.5	Armierungsgewebe Heck AGG fine		0,18					
2.4	Armierungsmörtel Heck K+A	5	3,90	2.2.3	Baumisch-Rest (MW+Klebem.)	0,027		0,200
2.3	K. - Schlagdübel SDK-FV 170 + Dübelteller	150	0,14		K.- Schlagdübel	0,033	0,007	0,048
2.2	MW, Rockwool coverrock 035	100	9,6	2.2.2	MW	0,073		9,560
				2.2.1	Baumisch-Rest (MW+Klebem.)	0,025		0,696
2.1	Klebemörtel , Heck K+A	5	5,54	2.1	Klebemörtel	0,174	0,080	3,783
				2.3.0	Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,033	0,006	0,067
	Summe	**113**	**23,43**		**Summe**	**0,379**	**0,093**	**21,253**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.7	mineral. Putz-schicht	1,35	0,10	6,19E-04	8,99E-05	7,61E-11	8,01E-05	1,53E-01	6,40E-04
2.2.3	Baumisch-Rest (MW+Klebem.)	0,04	0,00	1,79E-05	2,61E-06	2,21E-12	2,32E-06	4,44E-03	1,85E-05
	Summe EoL	1,39	0,10	6,37E-04	9,25E-05	7,83E-11	8,25E-05	1,58E-01	6,58E-04
	Summe Trans-port	0,57	0,02	2,73E-04	6,53E-05	2,00E-12	-1,13E-04	3,94E-02	3,57E-04
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	1,96	0,13	9,11E-04	1,58E-04	8,03E-11	-3,02E-05	1,97E-01	1,02E-03

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	mineral. Putz-schicht	1,35	0,10	6,19E-04	8,99E-05	7,61E-11	8,01E-05	1,53E-01	6,40E-04
2.2.3	Baumisch-Rest (MW+Klebem.)	0,04	0,00	1,79E-05	2,61E-06	2,21E-12	2,32E-06	4,44E-03	1,85E-05
2.3.2	Kunststoffdübel-köpfe	-1,17	-0,09	-4,88E-04	-8,94E-06	-1,73E-10	-8,40E-06	4,52E-02	-7,23E-05
2.2.2	MW	1,87	0,14	8,58E-04	1,25E-04	1,05E-10	1,11E-04	2,12E-01	8,86E-04
2.2.1	Baumisch-Rest (MW+Klebem.)	0,14	0,01	6,24E-05	9,06E-06	7,67E-12	8,08E-06	1,54E-02	6,45E-05
2.1	Klebemörtel	0,74	0,05	3,39E-04	4,93E-05	4,17E-11	4,39E-05	8,40E-02	3,51E-04
2.3.0	Trennung Kunst-stoffdübel-Wand	0,01	0,00	6,03E-06	8,75E-07	7,41E-13	7,80E-07	1,49E-03	6,23E-06
	Summe EoL	**2,99**	**0,21**	**1,42E-03**	**2,67E-04**	**6,05E-11**	**2,38E-04**	**5,16E-01**	**1,89E-03**
	Summe Trans-port	**3,00**	**0,12**	**1,44E-03**	**3,43E-04**	**1,05E-11**	**-5,92E-04**	**2,07E-01**	**1,88E-03**
	Summe Energie	**8,93E-01**	**1,52E-01**	**3,06E-04**	**1,01E-05**	**2,83E-10**	**7,75E-06**	**5,51E-02**	**1,09E-04**
	Summe Gesamt	**6,88**	**0,49**	**3,16E-03**	**6,20E-04**	**3,54E-10**	**-3,46E-04**	**0,78**	**3,88E-03**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	5,74	15,93	21,67

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	6,08	0,44	2,79E-03	5,48E-04	3,31E-10	-2,87E-04	0,71	3,44E-03
	Passivhaus	9,25	0,62	4,27E-03	8,38E-04	4,22E-10	-5,23E-04	0,99	5,19E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

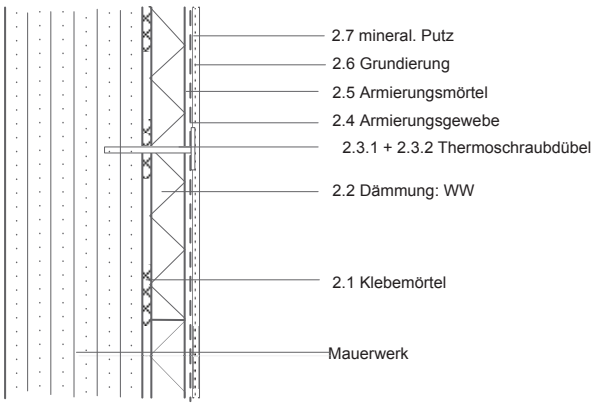
W 21 Außenwand Poroton WDVS WW geklebt + Dübel

Konstruktion:	Poroton λ 0,14
Bestand Alt:	-
Wärmedämmstoff:	WW
Putz alt/neu:	mineral. Putz
Varianten:	SHP

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W21 Musterwand	100	0,21
W21 (ENEV 2009)	80	0,24
W21(PH)	nicht zulässig	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 20°C

Im ersten Schritt wurde auf einer Probefläche von 1 m² der Oberputz mit einer Putzfräse mit Absaugung vom Unterputz entfernt (7 min/m², starke Staubentwicklung). Das Armierungsgewebe wurde hierbei leicht zerstört.
Im Folgenden wurde wie bei Wand W04 verfahren (Schrauben lösen, Dübel trennen). Die Haftung der WW-Dämmstoffplatten war sehr hoch und der Ausbau nur unter Zuhilfenahme eines Elektrohammers möglich. Bei der Demontage kam es zu starker Staubentwicklung.
Auf dem Klebemörtel verblieb eine Faserschicht zwischen 1 - 8 mm (auf ca. 40% der Wandfläche). Abschließend wurden Klebemörtel und Dübelreste mit einem Elektrohammer entfernt und der Untergrund von losen Teilen gereinigt.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	mineral. Putz, Gutex Combiputz	3	3,00	2.4-2.7	mineral. Putzschicht	0,017		6,660
2.6	Grundierung, Gutex Isoliergrund		0,50					
2.5	Armierungsgewebe , Gutex Universal		0,18					
2.4	Armierungsmörtel , Gutex Klebe- und Spachtelputz	5	4,20	2.2.3	Baumisch-Rest (WW+Klebem.)	0,007		0,340
2.3	Kunststoffdübel, Gutex Thermoschraubdübel	155	0,15	2.3.2	Kunststoffdübelköpfe	0,042	0,007	0,088
2.3.1	verzinkte Stahlschraube		0,15	2.3.1	verzinkte Stahlschraube	0,042	0,001	0,176
2.2	WW, Gutex thermowall λ 042	100	17,2	2.2.2	WW	0,067	0,009	16,600
				2.2.1	Baumisch-Rest (WW+Klebem.)	0,017		
2.1	Klebemörtel, Gutex Klebe- und Spachtelputz	5	4,13	2.1	Klebemörtel	0,163	0,070	4,478
				2.3.0	Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,017	0,006	0,022
	Summe	**113**	**29,51**		**Summe**	**0,37**	**0,093**	**28,365**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.4-2.7	Mineral. Putz	1,31	0,10	5,98E-04	8,68E-05	7,35E-11	7,73E-05	1,48E-01	6,17E-04
2.2.3	Baumisch-Rest (WW+Klebem.)	0,07	0,00	3,05E-05	4,43E-06	3,75E-12	3,95E-06	7,55E-03	3,15E-05
	Summe EoL	**1,37**	**0,10**	**6,28E-04**	**9,12E-05**	**7,72E-11**	**8,13E-05**	**1,55E-01**	**6,49E-04**
	Summe Transport	**0,56**	**0,02**	**2,70E-04**	**6,44E-05**	**1,98E-12**	**-1,11E-04**	**3,88E-02**	**3,52E-04**
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	**1,94**	**0,12**	**8,98E-04**	**1,56E-04**	**7,92E-11**	**-2,98E-05**	**1,94E-01**	**1,00E-03**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	Mineral. Putz	1,31	0,10	5,98E-04	8,68E-05	7,35E-11	7,73E-05	1,48E-01	6,17E-04
2.2.3	Baumisch-Rest (WW+Klebem.)	0,07	0,00	3,05E-05	4,43E-06	3,75E-12	3,95E-06	7,55E-03	3,15E-05
2.3.2	Kunststoffdübelköpfe	-2,15	-0,17	-8,94E-04	-1,64E-05	-3,18E-10	-1,54E-05	8,29E-02	-1,33E-04
2.3.1	verzinkte Stahlschraube	-2,23	-0,01	-1,17E-03	-5,27E-05	5,34E-09	-8,81E-05	-1,66E-01	-5,72E-04
2.2.2	WW	-438,13	-19,88	-1,36E-01	9,12E-04	-4,20E-06	-7,21E-04	-2,48	-1,94E-02
2.1	Klebemörtel	0,88	0,06	4,02E-04	5,83E-05	4,94E-11	5,20E-05	9,94E-02	4,15E-04
2.3.0	Trennung Kunststoffdübel-Wand	4,39E-03	3,25E-04	2,01E-06	2,92E-07	2,47E-13	2,60E-07	4,97E-04	2,08E-06
	Summe EoL	**-440,25**	**-19,89**	**-1,37E-01**	**9,93E-04**	**-4,20E-06**	**-6,91E-04**	**-2,31**	**-1,91E-02**
	Summe Transport	**5,98**	**0,24**	**2,86E-03**	**6,84E-04**	**2,10E-11**	**-1,18E-03**	**4,12E-01**	**3,74E-03**
	Summe Energie	**8,94E-01**	**1,52E-01**	**3,06E-04**	**1,01E-05**	**2,83E-10**	**7,76E-06**	**5,52E-02**	**1,09E-04**
	Summe Gesamt	**-433,38**	**-19,50**	**-1,33E-01**	**1,69E-03**	**-4,20E-06**	**-1,86E-03**	**-1,84**	**-1,52E-02**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	2,46	14,83	17,29

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämmstandard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-344,23	-15,47	-1,06E-01	1,39E-03	-3,34E-06	-1,49E-03	-1,37	-1,18E-02
	Passivhaus	Nicht möglich							

Fotodokumentation Rückbauprozess:

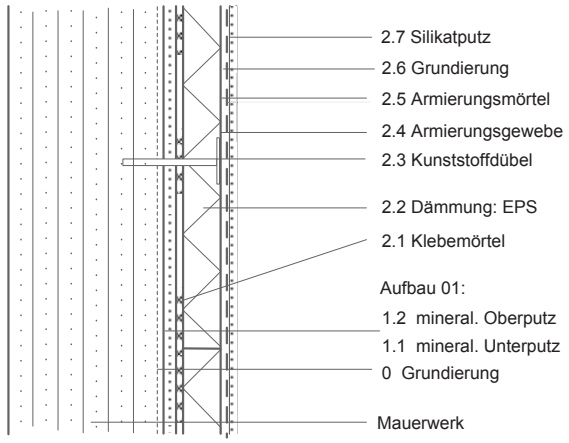
W 22 Außenwand Poroton WDVS EPS + Dübel auf Altputz

Konstruktion:	Poroton λ 0,4
Bestand Alt:	Mineral. Putz
Wärmedämmstoff:	EPS
Putz alt/neu:	Mineral. /Silikatputz
Varianten:	SHP/ mineral. Putz

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W22Musterwand	100	0,26
W22 (ENEV 2009)	120	0,24
W22 (PH)	200	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 24°C

Im ersten Schritt wurde die komplette Putzschicht abgezogen, was problemlos und mit kleinen Anhaftungen am EPS erfolgte. Der Armierungsmörtel konnte vom EPS mit einer Maurerkelle entfernt werden. Im Anschluss wurden die EPS-Platten mit einer Maurerkelle getrennt. Es verblieben geringe Anhaftungen von EPS auf dem Klebemörtel (auf ca. 40% der Wandfläche).
Im Folgenden wurden Klebemörtel, Altputz und Dübelreste mit einem Elektrohammer entfernt, da sich der Klebemörtel nicht ohne Zerstörung des Altputzes entfernen ließ. Alternativ hätten die Unebenheiten durch Überspachteln oder Neuverputzen ausgeglichen werden können. Die Poroton-Wand wies nach dem Rückbau der 1. Belegung minimale Fehlstellen auf. Die Neubelegung mit einem WDVS ließ sich jedoch ohne weitere Vorbereitungsmaßnahmen aufbringen.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	Silikatputz, Heck SIP KC 3	3	4,30	2.4-2.7	Putzschicht Silikatputz	0,013		6,900
2.6	Grundierung Heck UG		0,24					
2.5	Armierungsgewebe Heck fine		3,60					
2.4	Armierungsmörtel Heck K+A	5	0,18	2.2.3	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,017		0,109
2.3	K. - Schlagdübel SDK-FV 170	170	0,14	2.3.2	K.- Schlagdübel	0,042	0,007	0,048
2.2	EPS, Heck Dämmplatte	100	1,44	2.2.2	EPS	0,083		1,68
2.1	Klebemörtel , Heck K+A	5	4,35	2.2.1	Baumisch-Rest	0,033		0,435
1.3	mineral. Oberputz, Schäfer Optimal Scheibenputz	3	3,3	1.1 - 2.2.1	Klebemörtel + mineral. Putzschicht alt	0,109	0,050	23,478
1.2	Grundierung		0,239					
1.1	Leichtputz, Schäfer Putz LP 670	15	18,69					
0	Grundierung		0,24					
				2.3.0	Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,017	0,006	0,067
	Summe	128	36,69		**Summe**	**0,313**	**0,063**	**32,717**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.7	Putzschicht	1,35	0,10	6,19E-04	8,99E-05	7,61E-11	8,01E-05	1,53E-01	6,40E-04
2.2.3	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,02	0,00	9,75E-06	1,42E-06	1,20E-12	1,26E-06	2,41E-03	1,01E-05
	Summe EoL	**1,37**	**0,10**	**6,29E-04**	**9,13E-05**	**7,73E-11**	**8,14E-05**	**1,56E-01**	**6,50E-04**
	Summe Transport	**0,56**	**0,02**	**2,70E-04**	**6,45E-05**	**1,98E-12**	**-1,11E-04**	**3,89E-02**	**3,53E-04**
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	**1,94**	**0,12**	**8,99E-04**	**1,56E-04**	**7,93E-11**	**-2,98E-05**	**1,94E-01**	**1,00E-03**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	Putzschicht Silikat-putz	1,35	0,10	6,19E-04	8,99E-05	7,61E-11	8,01E-05	1,53E-01	6,40E-04
2.2.3	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,02	0,00	9,75E-06	1,42E-06	1,20E-12	1,26E-06	2,41E-03	1,01E-05
2.3.2	Kunststoffdübel köpfe	-1,17	-0,09	-4,88E-04	-8,94E-06	-1,73E-10	-8,40E-06	4,52E-02	-7,23E-05
2.2.2	Schlacke aus Verb.	0,06	0,00	2,78E-05	4,04E-06	3,42E-12	3,60E-06	6,88E-03	2,87E-05
2.2.2	EPS	-41,40	-0,54	-1,79E-02	-2,54E-04	-1,13E-07	-2,35E-04	1,60E+00	-2,67E-03
2.2.1	Baumisch-Rest	0,09	0,01	3,90E-05	5,66E-06	4,80E-12	5,05E-06	9,65E-03	4,03E-05
1.1 - 2.2.1	Klebemörtel + mineral. Putz	4,60	0,34	2,11E-03	3,06E-04	2,59E-10	2,73E-04	5,21E-01	2,18E-03
2.3.0	Trennung Kunststoff-dübel-Wand	0,01	0,00	6,03E-06	8,75E-07	7,41E-13	7,80E-07	1,49E-03	6,23E-06
	Summe EoL	**-36,44**	**-0,18**	**-1,56E-02**	**1,45E-04**	**-1,13E-07**	**1,20E-04**	**2,34E+00**	**1,60E-04**
	Summe Transport	**9,91**	**0,39**	**4,75E-03**	**1,14E-03**	**3,48E-11**	**-1,96E-03**	**6,84E-01**	**6,21E-03**
	Summe Energie	**6,05E-01**	**1,03E-01**	**2,07E-04**	**6,84E-06**	**1,91E-10**	**5,25E-06**	**3,73E-02**	**7,38E-05**
	Summe Gesamt	**-25,92**	**0,32**	**-1,06E-02**	**1,29E-03**	**-1,13E-07**	**-1,83E-03**	**3,07**	**6,44E-03**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	3,13	13,16	16,29

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-33,35	0,26	-1,38E-02	1,38E-03	-1,36E-07	-2,13E-03	3,49	6,68E-03
	Passivhaus	-63,07	0,01	-2,64E-02	1,75E-03	-2,32E-07	-3,33E-03	5,19	7,63E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

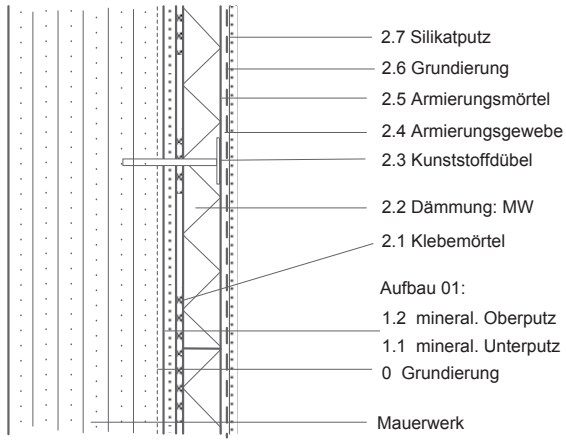
W 23 Außenwand Poroton WDVS MW geklebt + Dübel auf Altputz

Konstruktion:	Poroton λ 0,4
Bestand Alt:	Mineral. Putz
Wärmedämmstoff:	MW
Putz alt/neu:	Silikatputz
Varianten:	Mineral. Putz

Bauphysikalische Qualität:
*Zustimmung im Einzelfall

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W23 Musterwand	100	0,27
W23 (ENEV 2009)	120	0,24
W23 (PH)	200*	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 24°C

Die Putzschicht wurde als eine Schicht von der Mineralwolle geschält. Auf den Mineralwollplatten verblieben nahezu keine Anhaftungen von der Armierungsschicht. Im nächsten Schritt wurden die Dübelköpfe getrennt und dann die Mineralwollplatten abgehoben. Die MW-Platten lagen nahezu sortenrein vor. Durch das Entfernen entstand Faserstaub.
Auf dem Klebemörtel verblieb eine minimale Faserschicht Mineralwolle (bis zu 2 mm auf ca. 20% der Wandfläche).
Im nächsten Schritt wurden Altputz, Klebemörtel und Dübelreste mit einem Elektrohammer unter großer Staubentwicklung abgeschlagen. Der Untergrund wies nur kleine Fehlstellen auf (1. Belegung der Versuchswand) und war nach Reinigung ohne Vorbereitungsmaßnahmen direkt belegbar.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	Silikatputz, Heck SIP KC 3	3	3,94	2.4-2.7	Putzschicht Silikatputz	0,013		6,820
2.6	Grundierung Heck UG		0,22					
2.5	Armierungsmörtel Heck K+A	5	5,00					
2.4	Armierungsgewebe Heck AGG fine		0,14					
2.3	K. - Schlagdübel SDK-FV 170 + Dübelteller	170	3,94	2.3.2	K.- Schlagdübel	0,050		9,340
2.2	MW, Rockwool coverrock 035	100	9,6	2.2.2	MW	0,017		0,435
				2.2.1	Baumisch MW+K	0,017		0,435
2.1	Klebemörtel , Heck K+A	5	5,43	1.1 - 2.2.1	Baumisch-Rest (MW+Klebem. + Klebemörtel + mineral. Altputz	0,109	0,040	23,913
1.3	mineral. Oberputz, Schäfer Optimal Scheibenputz	3	3,26					
1.2	Grundierung		0,239					
1.1	Leichtputz, Schäfer Putz LP 670	15	18,0					
0	Grundierung		0,239	2.3.0	Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,017	0,006	0,067
	Summe	**128**	**46,3**		**Summe**	**0,227**	**0,053**	**40,623**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.7	*Putzschicht Silikatputz*	*1,34*	*0,10*	*6,12E-04*	*8,88E-05*	*7,52E-11*	*7,92E-05*	*1,51E-01*	*6,32E-04*
	Summe EoL	**1,34**	**0,10**	**6,12E-04**	**8,88E-05**	**7,52E-11**	**7,92E-05**	**1,51E-01**	**6,32E-04**
	Summe Transport	**0,55**	**0,02**	**2,63E-04**	**6,27E-05**	**1,93E-12**	**-1,08E-04**	**3,78E-02**	**3,43E-04**
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	**1,89**	**0,12**	**8,75E-04**	**1,52E-04**	**7,72E-11**	**-2,90E-05**	**1,89E-01**	**9,75E-04**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	*Putzschicht Silikatputz*	*1,34*	*0,10*	*6,12E-04*	*8,88E-05*	*7,52E-11*	*7,92E-05*	*1,51E-01*	*6,32E-04*
2.3.2	Kunststoffdübelköpfe	-1,17	-0,09	-4,88E-04	-8,94E-06	-1,73E-10	-8,40E-06	4,52E-02	-7,23E-05
2.2.2	MW	1,83	0,14	8,38E-04	1,22E-04	1,03E-10	1,08E-04	2,07E-01	8,66E-04
2.2.1	Baumisch-Rest (MW+Klebem.)	0,09	0,01	3,90E-05	5,66E-06	4,80E-12	5,05E-06	9,65E-03	4,03E-05
2.1	Klebemörtel + Altputz	4,69	0,35	2,15E-03	3,12E-04	2,64E-10	2,78E-04	5,31E-01	2,22E-03
2.3.0	Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,01	0,00	6,03E-06	8,75E-07	7,41E-13	7,80E-07	1,49E-03	6,23E-06
	Summe EoL	**6,79**	**0,50**	**3,15E-03**	**5,20E-04**	**2,74E-10**	**4,63E-04**	**9,46E-01**	**3,69E-03**
	Summe Transport	**4,52**	**0,18**	**2,17E-03**	**5,18E-04**	**1,59E-11**	**-8,93E-04**	**3,12E-01**	**2,83E-03**
	Summe Energie	**5,09E-01**	**8,64E-02**	**1,74E-04**	**5,75E-06**	**1,61E-10**	**4,41E-06**	**3,14E-02**	**6,20E-05**
	Summe Gesamt	**11,82**	**0,76**	**5,50E-03**	**1,04E-03**	**4,51E-10**	**-4,26E-04**	**1,29**	**6,58E-03**

Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	6,74	9,51	16,25

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämmstandard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	12,61	0,81	5,87E-03	1,12E-03	4,74E-10	-4,85E-04	1,36	7,02E-03
	Passivhaus	15,78	0,98	7,35E-03	1,41E-03	5,65E-10	-7,21E-04	1,65	8,77E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

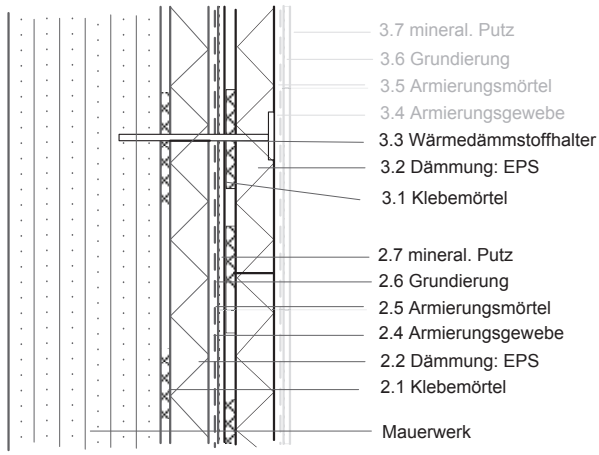
W 24 Außenwand Poroton WDVS EPS geklebt + Dübel auf WDVS

Konstruktion:	Poroton λ 0,4
Bestand Alt:	WDVS EPS
Wärmedämmstoff:	EPS
Putz alt/neu:	Mineral/mineral.
Varianten:	SIP/SHP

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W24 Musterwand	100 +100	0,15
W24(ENEV 2009)	40 + 80	0,24
W24 (PH)	100 + 100*	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 28°C

Nach dem Trennen der Dübelköpfe wurde das EPS mit einer Maurerkelle vom Alt-WDVS getrennt. Der verbleibende Klebemörtel ließ sich nicht vom Strukturputz separieren. Die Putzschicht und Klebemörtel wurden als eine Schicht von der Dämmschicht gezogen. Es verblieben nur geringfügige mineralische Anhaftungen an den Dämmplatten, die mit der Maurerkelle entfernt wurden. Die EPS-Dämmplatten wurden mit einer Maurerkelle und Elektrohammer vom Untergrund gehebelt und gereinigt. Teils war das Ablösen in großformatigen Stücken möglich, z.T. zerfielen sie in kleine Poren. An der Oberfläche des Klebemörtels verblieben EPS-Anhaftungen (auf ca. 5% der Wandfläche).
Der Klebemörtel und die Dübelreste wurden mit dem Elektrohammer vom Untergrund gestemmt. Der Untergrund wies nach der mehrmaligen Belegung ca. 50 Fehlstellen (Ø 3 -10 cm) mit einer Maximaltiefe von ≤ 2 cm (4. bzw. 5. Belegung der Versuchswand).

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schicht-dicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeits-zeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
3.7	*Mineral. Putz , Heck STR KC3*	*3*	*3,38*	*3.4-3.7*	*Mineral. Putz-schicht*	*0,017*		*5,760*
3.6	*Grundierung Heck UG*		*0,20*					
3.5	*Armierungsgewebe Heck fine*		*0,18*					
3.4	*Armierungsmörtel Heck K+A*	*5*	*3,90*	*3.23*	*Baumisch-Rest*	*0,023*		*0,620*
3.3.2	K.- Schlagdübel	275	0,16	3.3.2	K.- Schlagdübel	0,029	0,007	0,085
3.3.1	verzinkter Stahlnagel	275	0,24	3.2.2	EPS	0,013		1,788
2.2	EPS, Heck Dämmplatte 035	100	1,44	3.1.3	Baumisch-Rest	0,017		0,000
2.1	Klebemörtel , Heck K+A	5	4,00	3.1	Klebemörtel + Putzschicht	0,047		9,080
3.7	Mineral. Putz , Heck STR KC3	3	3,60	2.4-7	Baumisch	0,017		0,400
3.6	Grundierung Heck UG		0,24					
3.5	Armierungsmörtel Heck K+A		0,18					
3.4	Armierungsgewebe Heck fine	5	4,00	2.2.2	EPS	0,023		1,66
2.2	EPS, Heck Dämmplatte 035	100	1,44	2.2.1	Baumisch-Rest	0,018		1,370
2.1	Klebemörtel , Heck K+A	5	4,35	2.1	Klebemörtel	0,127	0,050	5,413
				3.3.1	Stahlnagel	0,033	0,014	0,24
				3.3.0	K.- Dübel-Wand.			0,053
	Summe	**226**	**27,31**		**Summe**	**0,364**	**0,071**	**25,7**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
3.4-7	*Putzschicht SHP*	*1,13*	*0,08*	*5,17E-04*	*7,50E-05*	*6,35E-11*	*6,69E-05*	*1,28E-01*	*5,34E-04*
	Summe EoL	1,13	0,08	5,17E-04	7,50E-05	6,35E-11	6,69E-05	1,28E-01	5,34E-04
	Summe Transport	0,46	0,02	2,22E-04	5,30E-05	1,63E-12	-9,14E-05	3,19E-02	2,90E-04
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	1,59	0,10	7,39E-04	1,28E-04	6,52E-11	-2,45E-05	1,60E-01	8,24E-04

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
3.4-.7	*Mineral. Putz*	*1,13*	*0,08*	*5,17E-04*	*7,50E-05*	*6,35E-11*	*6,69E-05*	*1,28E-01*	*5,34E-04*
3.3.3	Kunststoffdübel	-2,07	-0,16	-8,63E-04	-1,58E-05	-3,07E-10	-1,49E-05	8,01E-02	-1,28E-04
3.2.2	Baumisch-Rest	0,12	0,01	5,56E-05	8,08E-06	6,84E-12	7,20E-06	1,38E-02	5,75E-05
2.2.2	Schlacke a. V.	0,08	0,01	3,75E-05	5,45E-06	4,61E-12	4,85E-06	9,28E-03	3,87E-05
3.2.2	EPS	-41,40	-0,54	-1,79E-02	-2,54E-04	-1,13E-07	-2,35E-04	1,60E+00	-2,67E-03
3.2.3	Baumisch-Rest	0,00	0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2.4-3.1	Klebemörtel + Putz	1,78	0,13	8,15E-04	1,18E-04	1,00E-10	1,05E-04	2,02E-01	8,42E-04
2.4.2	Baumisch	0,08	0,01	3,59E-05	5,21E-06	4,41E-12	4,65E-06	8,88E-03	3,71E-05
2.2.2	Schlacke a. V.	0,06	0,00	2,60E-05	3,78E-06	3,20E-12	3,37E-06	6,44E-03	2,69E-05
2.2.2	EPS	-41,40	-0,54	-1,79E-02	-2,54E-04	-1,13E-07	-2,35E-04	1,60E+00	-2,67E-03
2.2.1	Baumisch-Rest	0,12	0,01	5,46E-05	7,93E-06	6,71E-12	7,07E-06	1,35E-02	5,64E-05
2.1	Klebemörtel	1,06	0,08	4,86E-04	7,05E-05	5,97E-11	6,29E-05	1,20E-01	5,02E-04
3.3.1	Stahlnagel	-1,52	-0,01	-7,96E-04	-3,59E-05	3,64E-09	-6,01E-05	-1,14E-01	-3,90E-04
3.3.0	K.-Dübel	0,01	0,00	4,71E-06	6,84E-07	5,79E-13	6,10E-07	1,17E-03	4,87E-06
	Summe EoL	**-81,96**	**-0,92**	**-3,54E-02**	**-2,64E-04**	**-2,23E-07**	**-2,82E-04**	**3,68E+00**	**-3,76E-03**
	Summe Transport	**17,00**	**0,68**	**8,15E-03**	**1,95E-03**	**5,97E-11**	**-3,36E-03**	**1,17E+00**	**1,06E-02**
	Summe Energie	**6,87E-01**	**1,17E-01**	**2,35E-04**	**7,77E-06**	**2,18E-10**	**5,97E-06**	**4,24E-02**	**8,38E-05**
	Summe Gesamt	**-64,27**	**-0,12**	**-2,70E-02**	**1,69E-03**	**-2,22E-07**	**-3,63E-03**	**4,89**	**6,98E-03**

Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	4,04	15,29	19,34

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämmstan-dard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-34,85	0,12	-1,46E-02	1,31E-03	-1,27E-07	-2,44E-03	3,17	5,96E-03
	Passivhaus	-64,27	-0,12	-2,70E-02	1,69E-03	-2,22E-07	-3,63E-03	4,89	6,98E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

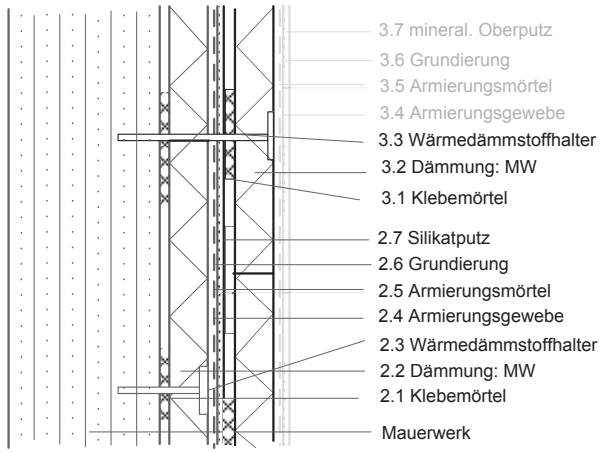
W 25 Außenwand Poroton WDVS MW geklebt + Dübel auf WDVS

Konstruktion: Poroton λ 0,4
Bestand Alt: WDVS MW
Wärmedämmstoff: Mineralwolle
Putz alt/neu: Mineral. /Silikatputz
Varianten: mineral

Bauphysikalische Qualität:
*Zustimmung im Einzelfall

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W25 Musterwand	100 +100	0,15
W25 (ENEV 2009)	40 + 80	0,24
W25 (PH)	100 + 100*	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 21°C

Nach dem Trennen der Dübelköpfe wurde die MW mit einer Maurerkelle vom Alt-WDVS getrennt und gereinigt.
Der Klebemörtel ließ sich nicht von der mineral. Putzschicht separieren. Die Putzschicht und Klebemörtel wurden gemeinsam von der MW-Platte gezogen. Beim Abziehen zerfiel die Putzschicht, was den Arbeitsschritt erschwerte. An den Dämmplatten verblieben nur geringfügige mineralische Anhaftungen, die mit der Maurerkelle entfernt wurden. Die 2. Schicht MW-Dämmplatten wurden ebenfalls mit einer Maurerkelle vom Untergrund gelöst und gereinigt. An der Oberfläche des Klebemörtels verblieben MW-Anhaftungen bis 10 mm Stärke (auf ca. 35% der Wandfläche).
Der Klebemörtel und die Dübelreste wurden mit dem Elektrohammer vom Untergrund gestemmt. Der Untergrund wies ca. 55 Fehlstellen (Ø 3 -10 cm) mit einer Maximaltiefe ≤ 2 cm auf, die aus der Mehrfachbelegung resultieren.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schicht-dicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeits-zeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
3.7	*Mineral. Putz , Heck STR KC3*	*3*	*3,80*	*3.4-3.7*	*mineral. Putzschicht*	*0,013*		*6,76*
3.6	*Grundierung Heck UG*		*0,22*					
3.5	*Armierungsgewebe Heck fine*		*0,18*					
3.4	*Armierungsmörtel Heck K+A*	*5*	*3,80*	*3.2.3*	*Baumisch-Rest*	*0,033*		*0,2*
3.3.2	K.- Schlagdübel	275	0,16	3.3.2	K.- Schlagdübel	0,017	0,008	0,085
3.3.1	verzinkter Stahlnagel	275	0,24	3.2.2	MW	0,023		9,698
2.2	MW, Rockwool coverrock 035	100	9,6	3.2.3	Baumisch-Rest	0,010		
2.1	Klebemörtel, Heck K + A	5	3,04	2.4-	Klebem. + Putz	0,030		9,69
2.7	Silikatputz Heck SIP KC3	3	4,20	2.3.2	Kunststoffdübel	0,017	0,010	0,038
2.6	Grundierung Heck UG		0,22					
2.5	Armierungsgewebe Heck fine		0,18					
2.4	Armierungsmörtel Heck K+A	5	4,04	2.2.2	MW	0,020		9,7
2.3	K. - Schlagdübel SDK-FV 170	170	0,14	2.2.1	Baumisch-Rest	0,013		
2.2	MW, Rockwool coverrock 035	100	9,6	2.1	Klebemörtel	0,127	0,050	4,196
2.1	Klebemörtel, Heck K + A	5	3,91	3.3.1	Stahlnagel	0,042	0,024	0,24
					K.- Dübel-Wand.			0,082
	Summe	**226**	**43,27**		**Summe**	**0,365**	**0,091**	**40,689**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
3.4-7	*mineral. Putz*	*1,33*	*0,10*	*6,07E-04*	*8,81E-05*	*7,46E-11*	*7,85E-05*	*1,50E-01*	*6,27E-04*
3.2.3	*Baumisch-Rest*								
	Summe EoL	1,33	0,10	6,07E-04	8,81E-05	7,46E-11	7,85E-05	1,50E-01	6,27E-04
	Summe Trans-port	0,54	0,02	2,60E-04	6,22E-05	1,91E-12	-1,07E-04	3,75E-02	3,40E-04
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	1,87	0,12	8,67E-04	1,50E-04	7,65E-11	-2,87E-05	1,88E-01	9,67E-04

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
3.4-.7	*mineral. Putz*	*1,33*	*0,10*	*6,07E-04*	*8,81E-05*	*7,46E-11*	*7,85E-05*	*1,50E-01*	*6,27E-04*
3.2.3	Kunststoffdübel	-2,07	-0,16	-8,63E-04	-1,58E-05	-3,07E-10	-1,49E-05	8,01E-02	-1,28E-04
3.3.2	Baumisch-Rest	0,04	0,00	1,79E-05	2,61E-06	2,21E-12	2,32E-06	4,44E-03	1,85E-05
3.2.2	MW	1,90	0,14	8,70E-04	1,26E-04	1,07E-10	1,13E-04	2,15E-01	8,99E-04
2.4-3.1	Klebemörtel + SIP Putzschicht	1,90	0,14	8,70E-04	1,26E-04	1,07E-10	1,13E-04	2,15E-01	8,98E-04
2.3.2	K.-Dübel	-0,94	-0,07	-3,90E-04	-7,15E-06	-1,39E-10	-6,72E-06	3,62E-02	-5,78E-05
2.2.3	Baumisch-Rest	0,00	0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2.2.2	MW	1,90	0,14	8,70E-04	1,26E-04	1,07E-10	1,13E-04	2,15E-01	8,99E-04
2.2.1	Baumisch-Rest	0,00	0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2.1	Klebemörtel	0,82	0,06	3,76E-04	5,47E-05	4,63E-11	4,87E-05	9,31E-02	3,89E-04
3.3.1	Stahlnagel	-1,52	-0,01	-7,96E-04	-3,59E-05	3,64E-09	-6,01E-05	-1,14E-01	-3,90E-04
2.3.0	K.-Dübel	0,02	0,00	7,32E-06	1,06E-06	9,00E-13	9,48E-07	1,81E-03	7,57E-06
	Summe EoL	**3,38**	**0,34**	**1,57E-03**	**4,66E-04**	**3,64E-09**	**3,87E-04**	**8,98E-01**	**3,16E-03**
	Summe Transport	**5,87**	**0,23**	**2,81E-03**	**6,73E-04**	**2,06E-11**	**-1,16E-03**	**4,05E-01**	**3,68E-03**
	Summe Energie	**8,79E-01**	**1,49E-01**	**3,01E-04**	**9,94E-06**	**2,78E-10**	**7,63E-06**	**5,42E-02**	**1,07E-04**
	Summe Gesamt	**10,13**	**0,72**	**4,69E-03**	**1,15E-03**	**3,94E-09**	**-7,65E-04**	**1,36**	**6,95E-03**

Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	11,52	14,92	26,44

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	7,59	0,55	3,53E-03	8,75E-04	2,39E-09	-5,05E-04	1,12	5,36E-03
	Passivhaus	10,13	0,72	4,69E-03	1,15E-03	3,94E-09	-7,65E-04	1,36	6,95E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

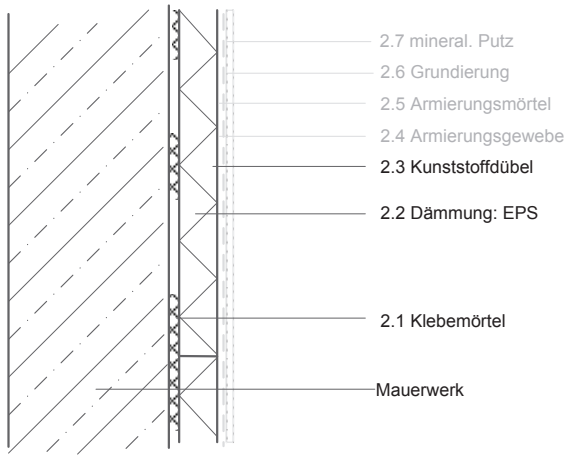
W 26 Außenwand Porenbeton WDVS EPS geklebt

Konstruktion:	Porenbeton λ 0,1
Bestand Alt:	-
Wärmedämmstoff:	EPS
Putz alt/neu:	Mineral. Putz
Varianten:	Silikat/SHP

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W26 Musterwand	100	0,17
W26 (ENEV 2009)	40	0,24
W26 (PH)	120	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 27°C

Die EPS –Platten wurden mit der Maurerkelle entfernt. Eine einporige Schicht verblieb auf ca. 10% der Wandfläche. Zum Entfernen des Klebemörtels wurde ein Elektrohammer verwendet. Hierbei entstanden umfangreiche Fehlstellen im Porenbeton von bis zu 6 cm Tiefe. Diese mussten vor der Wiederbelegung mit WDVS mit Füllmörtel geschlossen werden (nach 1. Belegung Versuchsdurchführung).

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	*Mineral. Putz , Heck STR KC3*	*3*	*3,38*	*2.4-2.7*	*Putzschicht*	*0,017*		*5,760*
2.6	*Grundierung Heck UG*		*0,20*					
2.5	*Armierungsgewebe Heck AGG fine*		*0,18*					
2.4	Armierungsmörtel Heck K+A	5	3,90	2.2.3	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,023		0,620
2.2	EPS, Heck Dämmplatte 035	100	1,44	2.2.2	EPS	0,1		1,448
2.1	Klebemörtel, Heck K+A	5	4,45	2.1	Klebemörtel + Porenbeton	0,219	0,068	5,658
	Summe	**113**	**13,55**		**Summe**	**0,36**	**0,068**	**13,486**
				4.01	Füllmörtel Ytong	0,219	0,024	4,167

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.7	*Putzschicht*	*1,13*	*0,08*	*5,17E-04*	*7,50E-05*	*6,35E-11*	*6,69E-05*	*1,28E-01*	*5,34E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)*	*0,12*	*0,01*	*5,56E-05*	*8,08E-06*	*6,84E-12*	*7,20E-06*	*1,38E-02*	*5,75E-05*
	Summe EoL	1,25	0,09	5,72E-04	8,31E-05	7,04E-11	7,41E-05	1,42E-01	5,91E-04
	Summe Trans-port	0,51	0,02	2,46E-04	5,87E-05	1,80E-12	-1,01E-04	3,54E-02	3,21E-04
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	1,76	0,11	8,18E-04	1,42E-04	7,22E-11	-2,71E-05	1,77E-01	9,12E-04

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	*Mineral. Putz*	*1,13*	*0,08*	*5,17E-04*	*7,50E-05*	*6,35E-11*	*6,69E-05*	*1,28E-01*	*5,34E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)*	*0,12*	*0,01*	*5,56E-05*	*8,08E-06*	*6,84E-12*	*7,20E-06*	*1,38E-02*	*5,75E-05*
2.2.2	Schlacke aus Verbrennung	0,02	0,00	7,00E-06	1,02E-06	8,60E-13	9,06E-07	1,73E-03	7,23E-06
2.2.2	EPS	-41,40	-0,54	-1,79E-02	-2,54E-04	-1,13E-07	-2,35E-04	1,60E+00	-2,67E-03
2.1	Klebemörtel	1,11	0,08	5,08E-04	7,37E-05	6,24E-11	6,57E-05	1,26E-01	5,24E-04
	Summe EoL	-39,03	-0,36	-1,68E-02	-9,58E-05	-1,13E-07	-9,43E-05	1,87E+00	-1,55E-03
	Summe Trans-port	**7,36**	**0,29**	**3,53E-03**	**8,42E-04**	**2,58E-11**	**-1,45E-03**	**5,08E-01**	**4,61E-03**
	Summe Energie	**6,59E-01**	**1,12E-01**	**2,26E-04**	**7,45E-06**	**2,09E-10**	**5,72E-06**	**4,07E-02**	**8,04E-05**
	Summe Gesamt	**-31,01**	**0,04**	**-1,31E-02**	**7,54E-04**	**-1,13E-07**	**-1,54E-03**	**2,42**	**3,14E-03**
4.01	Ytong Füllmörtel	**15,77**	**1,04**	**6,74E-03**	**6,43E-04**	**4,76E-08**	**5,16E-04**	**1,98E+00**	**4,56E-03**
	Summe Total	**-15,02**	**1,12**	**-6,24E-03**	**1,40E-03**	**-6,50E-08**	**-1,02E-03**	**4,41**	**7,73E-03**

Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS inkl. Vorbereitung

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	8,04	24,30	32,34

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	7,28	1,31	3,22E-03	1,12E-03	6,30E-09	-1,23E-04	3,14	7,03E-03
	Passivhaus	-22,45	1,06	-9,39E-03	1,49E-03	-8,88E-08	-1,32E-03	4,84	7,97E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

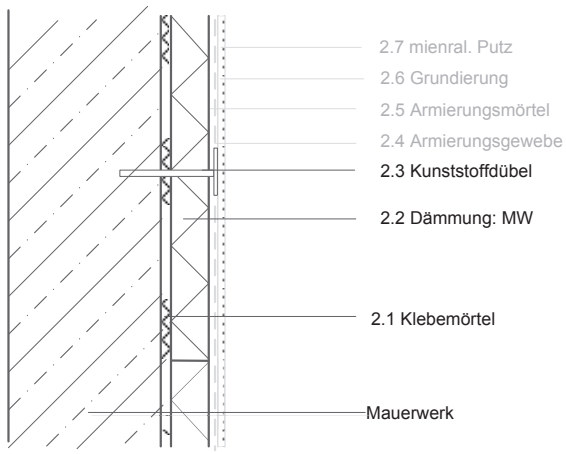
W 27 Außenwand Porenbeton WDVS MW geklebt + Dübel

Konstruktion:	Porenbeton λ 0,1
Bestand Alt:	-
Wärmedämmstoff:	MW
Putz alt/neu:	Mineralisch (A)
Varianten:	

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W27 Musterwand	100	0,17
W27 (ENEV 2009)	40	0,24
W27 (PH)	120	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 27°C

Im ersten Schritt wurden die Schrauben mit einem Akkuschrauber gelöst und gesammelt. Im Folgenden konnten die Dämmstoffhalter teils mit einer Rohrzange vollständig teils die Dübelköpfe mit elektrischem Fuchsschwanz getrennt und gesammelt werden. Anschließend wurden die MW-Dämmplatten mit einer Maurerkelle vom Untergrund getrennt. Die Anhaftungen des Klebemörtels am MW waren geringfügig und konnten mit einer Maurerkelle entfernt werden. An der Oberfläche des Klebemörtels verblieben Anhaftungen von MW (auf ca. 30% der Wandfläche). Der Klebemörtel wurde unter Zuhilfenahme eines Elektrohammers vollständig entfernt (mittlere Staubentwicklung). Der Untergrund wies Fehlstellen auf (bis zu 3 cm Tiefe). Diese mussten vor der Neubelegung mit Füllmörtel reguliert werden (nach 1. Belegung Versuchsdurchführung).

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	*Mineral. Putz Heck STR KC3*	*3*	*3,80*	*2.4-2.7*	*Mineral Putzschicht*	*0,013*		*6,760*
2.6	*Grundierung Heck UG*		*0,22*					
2.5	*Armierungsgewebe Heck AGG fine*		*0,18*					
2.4	*Armierungsmörtel Heck K+A*	*5*	*3,80*	*2.2.3*	*Baumisch-Rest (MW+Klebem.)*	*0,033*		*0,200*
2.3.2	K. - Schraubdübel STR U 175	175	0,12	2.3.2	Kunststoffdübel	0,033		0,120
2.3.1	Verzinkte Stahlschraube	175	0,18	2.3.1	Verzinkte Stahlschraube	0,083	0,001	0,176
2.2	MW, Heck Dämmplatte 035	100	9,6	2.2.2	MW	0,013		9,458
2.1	Klebemörtel , Heck K+A	5	5,26	2.1	Klebemörtel	0,219	0,068	5,175
	Summe	**113**	**23,16**		**Summe**	**0,396**	**0,069**	**21,9**
				4.01	Füllmörtel Ytong	0,055	0,024	1,316

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.7	*mineral. Putz-schicht*	*1,33*	*0,10*	*6,07E-04*	*8,81E-05*	*7,46E-11*	*7,85E-05*	*1,50E-01*	*6,27E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)*	*0,04*	*0,00*	*1,79E-05*	*2,61E-06*	*2,21E-12*	*2,32E-06*	*4,44E-03*	*1,85E-05*
	Summe EoL	**1,36**	**0,10**	**6,25E-04**	**9,07E-05**	**7,68E-11**	**8,08E-05**	**1,54E-01**	**6,45E-04**
	Summe Trans-port	**0,56**	**0,02**	**2,68E-04**	**6,40E-05**	**1,96E-12**	**-1,10E-04**	**3,86E-02**	**3,50E-04**
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	**1,92**	**0,12**	**8,93E-04**	**1,55E-04**	**7,87E-11**	**-2,96E-05**	**1,93E-01**	**9,95E-04**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	*mineral. Putz-schicht*	*1,33*	*0,10*	*6,07E-04*	*8,81E-05*	*7,46E-11*	*7,85E-05*	*1,50E-01*	*6,27E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (MW+Klebem.)*	*0,04*	*0,00*	*1,79E-05*	*2,61E-06*	*2,21E-12*	*2,32E-06*	*4,44E-03*	*1,85E-05*
2.3.2	Kunststoffdübel	-2,93	-0,23	-1,22E-03	-2,24E-05	-4,33E-10	-2,10E-05	1,13E-01	-1,81E-04
2.3.1	Verzinkte Stahl-schraube	-2,23	-0,01	-1,17E-03	-5,27E-05	5,34E-09	-8,81E-05	-1,66E-01	-5,72E-04
2.2.2	MW	1,85	0,14	8,49E-04	1,23E-04	1,04E-10	1,10E-04	2,10E-01	8,77E-04
2..1	Klebemörtel	1,01	0,08	4,64E-04	6,74E-05	5,71E-11	6,01E-05	1,15E-01	4,80E-04
	Summe EoL	**-0,92**	**0,07**	**-4,49E-04**	**2,06E-04**	**5,15E-09**	**1,42E-04**	**4,26E-01**	**1,25E-03**
	Summe Trans-port	**3,04**	**0,12**	**1,46E-03**	**3,48E-04**	**1,07E-11**	**-6,00E-04**	**2,10E-01**	**1,90E-03**
	Summe Energie	**6,70E-01**	**1,14E-01**	**2,30E-04**	**7,57E-06**	**2,12E-10**	**5,82E-06**	**4,14E-02**	**8,17E-05**
	Summe Gesamt	**2,78**	**0,31**	**1,24E-03**	**5,62E-04**	**5,37E-09**	**-4,52E-04**	**0,68**	**3,23E-03**
4.01	Ytong Füllmörtel	4,98	0,33	2,13E-03	2,03E-04	1,50E-08	1,63E-04	6,25E-01	1,44E-03
	Summe Total	**7,99**	**0,67**	**3,44E-03**	**7,67E-04**	**2,05E-08**	**-2,87E-04**	**1,32**	**4,70E-03**

Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS inkl. Vorbereitung

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	7,60	18,93	26,53

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	8,70	0,68	3,76E-03	5,93E-04	1,75E-08	-4,09E-05	1,13	3,83E-03
	Passivhaus	7,75	0,67	3,34E-03	8,25E-04	2,15E-08	-3,69E-04	1,38	4,99E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

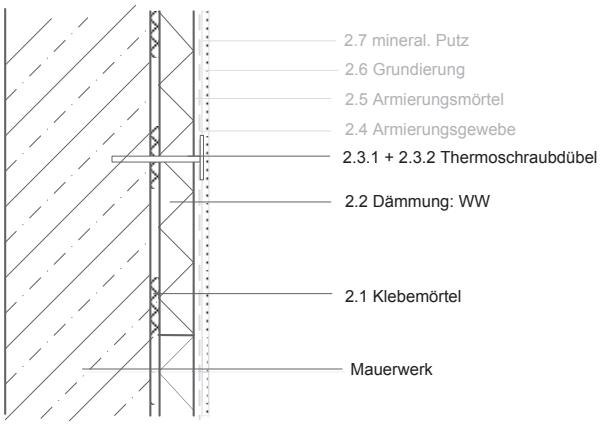
W 28 Außenwand Porenbeton WDVS WW geklebt + Dübel

Konstruktion:	Porenbeton λ 0,1
Bestand Alt:	-
Wärmedämmstoff:	WW
Putz alt/neu:	mineral. Putz
Varianten:	SHP

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W28 Musterwand	100	0,17
W28 (ENEV 2009)	40	0,24
W28 (PH)	160	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 2°C

Im ersten Schritt wurde wie bei Wand W04 verfahren (Schrauben lösen, Dübel trennen). Die Dämmstoffhalter ließen sich z.T. mit einer Rohrzange komplett aus dem Untergrund ziehen, teils mussten die Dübelköpfe mit einem Elektrofuchs getrennt werden. Die WW-Dämmstoffplatten wurden mit Stemmeisen + Hammer und Mauerkelle manuell abgehoben. Die Faserentwicklung beim Rückbau war mittelstark.
Auf dem Klebemörtel verblieb eine Faserschicht zwischen 1 - 8 mm (auf ca. 20% der Wandfläche). Klebemörtel und Dübelköpfe wurden mit dem Elektrohammer von der Porenbetonwand vorsichtig entfernt. Hierbei entstanden Fehlstellen im Porenbeton bis zu 2 cm Tiefe, die vor der Neubelegung mit Füllmörtel ausgeglichen werden mussten (nach 3. Belegung Versuchsdurchführung).

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	*Mineral. Putz , Gutex Combiputz*	*3*	*3,00*	*2.4-2.7*	*mineral. Putzschicht*	*0,017*		*6,67*
2.6	*Grundierung, Gutex Isoliergrund*		*0,50*					
2.5	*Armierungsgewebe, Gutex Universal*		*0,18*					
2.4	*Armierungsmörtel, Gutex Klebe- und Spachtelputz*	*5*	*4,20*	*2.2.3*	*Baumisch-Rest WW+Klebem..*	*0,007*		*0,34*
2.3	Kunststoffdübel, Gutex Thermoschraubdübel	175	0,12	2.3.2	Kunststoffdübelköpfe	0,033	0,007	0,09
2.3.1	verzinkte Stahlschraube		0,18	2.3.1	Stahlschraube	0,042	0,001	0,18
2.2	WW, Gutex thermowall λ 042	100	16,7	2.2.2	WW	0,017		16,4
				2.2.1	Baumisch-Rest WW+Klebem.	0,029		0,439
2.1	Klebemörtel, Gutex Klebe- und Spachtelputz	5	4,7	2.1	Klebemörtel	0,058	0,015	4,5
				2.3.0	K.-Dübel	0,017	0,004	0,03
	Summe	**113**	**29,6**		**Summe**	**0,219**	**0,027**	**28,6**
					Füllmörtel Ytong	**0,055**	**0,24**	**1,32**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.4-2.7	*Mineral. Putz*	*1,31*	*0,10*	*5,98E-04*	*8,68E-05*	*7,35E-11*	*7,73E-05*	*1,48E-01*	*6,17E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (WW+Klebem.)*	*0,07*	*0,00*	*3,05E-05*	*4,43E-06*	*3,75E-12*	*3,95E-06*	*7,55E-03*	*3,15E-05*
	Summe EoL	**1,37**	**0,10**	**6,28E-04**	**9,12E-05**	**7,72E-11**	**8,13E-05**	**1,55E-01**	**6,49E-04**
	Summe Transport	**0,56**	**0,02**	**2,70E-04**	**6,44E-05**	**1,98E-12**	**-1,11E-04**	**3,88E-02**	**3,52E-04**
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	**1,94**	**0,12**	**8,98E-04**	**1,56E-04**	**7,92E-11**	**-2,98E-05**	**1,94E-01**	**1,00E-03**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	*Mineral. Putz*	*1,31*	*0,10*	*5,98E-04*	*8,68E-05*	*7,35E-11*	*7,73E-05*	*1,48E-01*	*6,17E-04*
2.2.3	*Baumisch-Rest (WW+Klebem.)*	*0,07*	*0,00*	*3,05E-05*	*4,43E-06*	*3,75E-12*	*3,95E-06*	*7,55E-03*	*3,15E-05*
2.3.2	Kunststoffdübelk.	-2,15	-0,17	-8,94E-04	-1,64E-05	-3,18E-10	-1,54E-05	8,29E-02	-1,33E-04
2.3.1	Stahlschraube	-2,23	-0,01	-1,17E-03	-5,27E-05	5,34E-09	-8,81E-05	-1,66E-01	-5,72E-04
2.2.2	Schlacke aus Verb:	0,08	0,01	3,77E-05	5,47E-06	4,63E-12	4,88E-06	9,32E-03	3,89E-05
2.2.2	WW	-420,71	-19,09	-1,30E-01	8,76E-04	-4,03E-06	-6,92E-04	-2,38	-1,87E-02
2.2.1	Baumisch-(WW+Klebem.)	0,09	0,01	3,94E-05	5,71E-06	4,84E-12	5,09E-06	9,73E-03	4,07E-05
2.1	Klebemörtel + Porenbeton	0,88	0,07	4,03E-04	5,86E-05	4,96E-11	5,22E-05	9,98E-02	4,17E-04
2.3.0	Kunststoffdübel	0,01	0,00	2,58E-06	3,75E-07	3,18E-13	3,34E-07	6,39E-04	2,67E-06
	Summe EoL	**-422,66**	**-19,09**	**-1,31E-01**	**9,68E-04**	**-4,03E-06**	**-6,52E-04**	**-2,19**	**-1,82E-02**
	Summe Transport	**5,94**	**0,24**	**2,85E-03**	**6,80E-04**	**2,09E-11**	**-1,17E-03**	**4,10E-01**	**3,72E-03**
	Summe Energie	**2,63E-01**	**4,47E-02**	**9,02E-05**	**2,97E-06**	**8,33E-11**	**2,28E-06**	**1,62E-02**	**3,21E-05**
	Summe Gesamt	**-416,45**	**-18,81**	**-1,28E-01**	**1,65E-03**	**-4,03E-06**	**-1,82E-03**	**-1,76**	**-1,45E-02**
4.01	Ytong Füllmörtel	4,99	0,33	2,13E-03	2,04E-04	1,51E-08	1,63E-04	6,27E-01	1,44E-03
	Summe Total	**-411,23**	**-18,44**	**-1,26E-01**	**1,86E-03**	**-4,01E-06**	**-1,66E-03**	**-1,12**	**-1,30E-02**

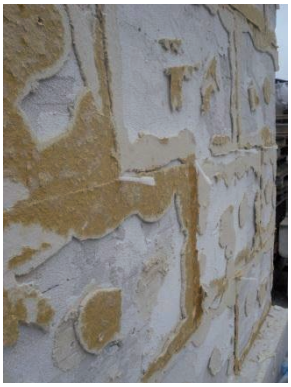
Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS inkl. Vorbereitung

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	4,94	11,52	16,45

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-143,78	-6,34	-4,35E-02	9,74E-04	-1,44E-06	-5,51E-04	0,29	-2,65E-03
	Passivhaus	-678,68	-30,54	-2,09E-01	2,74E-03	-6,59E-06	-2,76E-03	-2,53	-2,33E-02

Fotodokumentation Rückbauprozess:



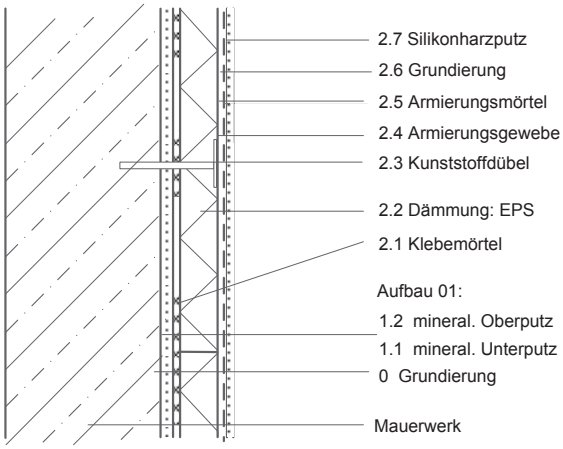
W 29 Außenwand Porenbeton WDVS EPS + Dübel auf Altputz

Konstruktion:	Porenbeton λ 0,23
Bestand Alt:	Mineral. Putz
Wärmedämmstoff:	EPS
Putz alt/neu:	SHP
Varianten:	SIP/Mineral. Putz

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W29 Musterwand	100	0,23
W29 (ENEV 2009)	100	0,24
W29 (PH)	180	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 13°C

Im 1. Arbeitsschritt wurde die Putzschicht mit einem handelsüblichen Cutter in einen 1 m breiten Streifen geteilt (ca. 2 min/2,5 lfm). Die komplette Putzschicht wurde abgezogen, was problemlos war, jedoch mit umfangreichen Anhaftungen am EPS erfolgte. Der Klebemörtel konnte vom EPS mit einer Stielkelle entfernt werden. Im Anschluss wurden die EPS-Platten mit einer Maurerkelle vom Untergrund getrennt. Es verblieben Anhaftungen von EPS auf dem Klebemörtel (ca. Ø 10 mm auf ca. 10% der Wandfläche). Im Folgenden wurde der Klebemörtel mit dem Elektrohammer vom Altputz entfernt. Das Ablösen des Altputzes erfolgte mit einer Putzfräse + Absaugung, was sich als zeitaufwendig erwies. Nach dem Abtragen des Altputzes wies der Untergrund minimale Fehlstellen auf, die durch die Dübellöcher der Wärmedämmstoffhalter verursacht wurden. Eine Neubelegung wäre ohne weitere Vorbereitungsmaßnahmen möglich.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	Silikonharzputz, Heck SHP KC 3	3	4,04	2.4-2.7	Putzschicht Silikonharzputz	0,017		7,060
2.6	Grundierung Heck UG		0,26					
2.5	Armierungsmörtel Heck K+A	5	4,82					
2.4	Armierungsgewebe Heck fine		0,18	2.2.3	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,043		0,800
2.3.2	K. - Schraubdübel Ejot STR-U 195	195	0,12	2.3.2	Kunststoffdübel	0,037	0,010	0,067
2.3.1	verzinkte Stahlschraube		0,18	2.3.1	verzinkte Stahlschraube	0,043	0,001	0,176
2.2	EPS, Heck Dämmplatte	100	1,44	2.2.2	EPS	0,1		1,66
2.1	Klebemörtel , Heck K+A	5	3,84		Klebemörtel	0,164	0,030	4,408
1.3	mineral. Oberputz, Schäfer Optimal Scheibenputz	3	3,11	1.1 - 2.2.1	mineral. Altputz	0,311	0,658	19,320
1.2	Grundierung		*0,26*					
1.1	Leichtputz, Schäfer Putz LP 670	15	*17,54*					
0	Grundierung		*0,29*					
				2.3.0	Trennung Kunststoffdübel-Wand	0,010	0,004	0,029
	Summe	128	36,08		**Summe**	**0,725**	**0,703**	**33,52**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.7	Putzschicht	1,38	0,10	6,34E-04	9,20E-05	7,79E-11	8,20E-05	1,57E-01	6,54E-04
2.3.3	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,16	0,01	7,18E-05	1,04E-05	8,82E-12	9,29E-06	1,78E-02	7,42E-05
	Summe EoL	**1,54**	**0,11**	**7,05E-04**	**1,02E-04**	**8,67E-11**	**9,13E-05**	**1,74E-01**	**7,29E-04**
	Summe Transport	**0,63**	**0,03**	**3,03E-04**	**7,23E-05**	**2,22E-12**	**-1,25E-04**	**4,36E-02**	**3,96E-04**
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	**2,17**	**0,14**	**1,01E-03**	**1,75E-04**	**8,89E-11**	**-3,34E-05**	**2,18E-01**	**1,12E-03**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	Putzschicht Sili-konharzputz	1,38	0,10	6,34E-04	9,20E-05	7,79E-11	8,20E-05	1,57E-01	6,54E-04
2.2.3	Baumisch-Rest (EPS+Klebem.)	0,16	0,01	7,18E-05	1,04E-05	8,82E-12	9,29E-06	1,78E-02	7,42E-05
2.3.2	Kunststoffdübel	-1,64	-0,13	-6,83E-04	-1,25E-05	-2,43E-10	-1,18E-05	6,33E-02	-1,01E-04
2.3.1	Stahlschraube	-2,23	-0,01	-1,17E-03	-5,27E-05	5,34E-09	-8,81E-05	-1,66E-01	-5,72E-04
2.2.2	Schlacke aus Verbrennung.	0,06	0,00	2,60E-05	3,78E-06	3,20E-12	3,37E-06	6,44E-03	2,69E-05
2.2.2	EPS	-41,40	-0,54	-1,79E-02	-2,54E-04	-1,13E-07	-2,35E-04	1,60E+00	-2,67E-03
2.2.1	Klebemörtel	0,86	0,06	3,96E-04	5,74E-05	4,86E-11	5,12E-05	9,78E-02	4,09E-04
1.-1.3	Mineral Putzschicht	3,79	0,28	1,73E-03	2,52E-04	2,13E-10	2,24E-04	4,29E-01	1,79E-03
2.3.0	Trennung Kunst-stoffdübel-Wand	0,01	0,00	2,58E-06	3,75E-07	3,18E-13	3,34E-07	6,39E-04	2,67E-06
	Summe EoL	**-39,02**	**-0,21**	**-1,69E-02**	**9,68E-05**	**-1,08E-07**	**3,56E-05**	**2,21**	**-3,84E-04**
	Summe Transport	**9,89**	**0,39**	**4,74E-03**	**1,13E-03**	**3,47E-11**	**-1,95E-03**	**6,82E-01**	**6,19E-03**
	Summe Energie	**6,78**	**1,15**	**2,32E-03**	**7,67E-05**	**2,15E-09**	**5,89E-05**	**4,19E-01**	**8,27E-04**
	Summe Gesamt	**-22,35**	**1,33**	**-9,82E-03**	**1,31E-03**	**-1,05E-07**	**-1,86E-03**	**3,31**	**6,64E-03**

Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	3,23	30,46	33,68

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-22,35	1,33	-9,82E-03	1,31E-03	-1,05E-07	-1,86E-03	3,31	6,64E-03
	Passivhaus	-53,85	1,08	-2,34E-02	1,63E-03	-1,96E-07	-3,13E-03	4,88	7,13E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

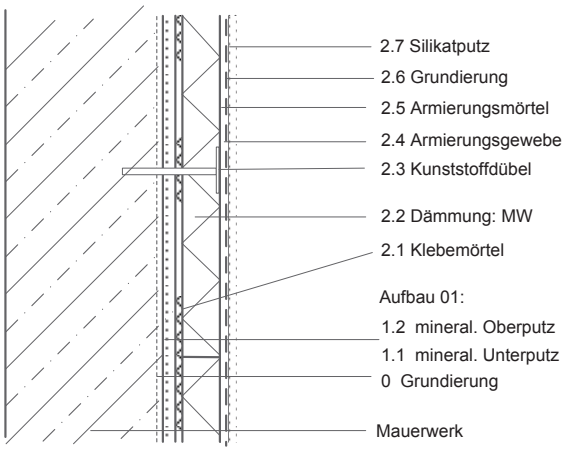
W 30 Außenwand Porenbeton WDVS MW + Dübel auf Altputz

Konstruktion:	Porenbeton λ 0,23
Bestand Alt:	Mineral. Putz
Wärmedämmstoff:	MW
Putz alt/neu:	SIP
Varianten:	Mineral. Putz

Bauphysikalische Qualität:
*Zustimmung im Einzelfall

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
W30 Musterwand	100	0,23
W30 (ENEV 2009)	100	0,234
W30 (PH)	180	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 13°C

Im 1. Arbeitsschritt wurde die Putzschicht mit einem handelsüblichen Cutter in einen 1 m breiten Streifen geteilt (ca. 1,5 min/2,5 lfm). Das Abziehen der Putzschicht war problemlos möglich, jedoch verblieb die MW-Platte mit Unebenheiten. Im Anschluss wurden die MW-Platten mit einer Maurerkelle vom Untergrund getrennt. Es verblieben geringe Anhaftungen von MW auf dem Klebemörtel (Ø 10 mm auf ca. 30% der Wandfläche).
Im Folgenden wurde der Klebemörtel mit dem Elektrohammer vom Altputz entfernt. Das Ablösen des Altputzes erfolgte mit einer Putzfräse + Absaugung, was sehr zeitaufwendig war. Nach dem Abtragen des Altputzes wies der Untergrund minimale Fehlstellen auf, die durch die Dübellöcher der Wärmedämmstoffhalter verursacht wurden. Die Neubelegung wäre ohne weitere Vorbereitungsmaßnahmen möglich.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	**Schichtdicke in [mm]**	**Masse in [kg]**		**Schichtname**	**Arbeitszeitaufwand in [h]**	**Energie in [kWh]**	**Masse in [kg]**
2.7	Silikatputz, Heck SIP KC 3	3	3,32	2.4-2.7	Putzschicht Silikatputz	0,017		6,28
2.6	Grundierung Heck UG		0,26					
2.5	Armierungsmörtel Heck K+A	5	4,76					
2.4	Armierungsgewebe Heck AGG fine		0,18	2.2.3	Baumisch-Rest (MW+Klebem.)	0,033		1,00
2.3.2	K. - Schraubdübel Ejot STR-U 195	195	0,12	2.3.2	Kunststoffdübel	0,037		0,12
2.3.1	Verzinkte Stahlschraube		0,18	2.3.1	Verzinkte Stahlschraube	0,042	0,001	0,176
2.2	MW, Rockwool coverrock 035	100	9,6	2.2.2	MW	0,033		9,44
2.1	Klebemörtel , Heck K+A	5	5,3	2.2.1	Klebemörtel + MW	0,091	0,030	6,8
1.3	mineral. Oberputz, Schäfer Optimal Scheibenputz	3	3,1	1.1-1.3	Mineral. Altputz	0,219	0,526	18,64
1.2	Grundierung		0,26					
1.1	Leichtputz, Schäfer Putz LP 670	15	17,98					
0	Grundierung		0,29	2.3.0				
	Summe	**128**	**45,3**		**Summe**	**0,472**	**0,558**	**42,24**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterwand mit Dämmplatte d=10 cm (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Komponenten Oberputz+ Armierungsschicht

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.7	Putzschicht Silikatputz	1,23	0,09	5,64E-04	8,18E-05	6,93E-11	7,29E-05	1,39E-01	5,82E-04
2.2.3	Baumisch-Rest (MW+Klebem.)	0,20	0,01	8,97E-05	1,30E-05	1,10E-11	1,16E-05	2,22E-02	9,27E-05
	Summe EoL	1,43	0,11	6,53E-04	9,48E-05	8,03E-11	8,45E-05	1,62E-01	6,75E-04
	Summe Transport	0,59	0,02	2,80E-04	6,70E-05	2,06E-12	-1,15E-04	4,04E-02	3,66E-04
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	2,01	0,13	9,34E-04	1,62E-04	8,24E-11	-3,10E-05	2,02E-01	1,04E-03

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.4-2.7	Putzschicht Silikatputz	1,23	0,09	5,64E-04	8,18E-05	6,93E-11	7,29E-05	1,39E-01	5,82E-04
2.2.3	Baumisch-Rest (MW+Klebem.)	0,20	0,01	8,97E-05	1,30E-05	1,10E-11	1,16E-05	2,22E-02	9,27E-05
2.3.2	Kunststoffdübel	-2,93	-0,23	-1,22E-03	-2,24E-05	-4,33E-10	-2,10E-05	1,13E-01	-1,81E-04
2.3.1	Verzinkte Stahlschraube	-2,23	-0,01	-1,17E-03	-5,27E-05	5,34E-09	-8,81E-05	-1,66E-01	-5,72E-04
2.2.2	MW	1,85	0,14	8,47E-04	1,23E-04	1,04E-10	1,10E-04	2,10E-01	8,75E-04
2.1	Klebemörtel	1,29	0,10	5,90E-04	8,57E-05	7,26E-11	7,64E-05	1,46E-01	6,10E-04
1.1-1.3	mineral. Altputz	3,66	0,27	1,67E-03	2,43E-04	2,06E-10	2,16E-04	4,14E-01	1,73E-03
	Summe EoL	**3,07**	**0,37**	**1,38E-03**	**4,71E-04**	**5,37E-09**	**3,78E-04**	**8,77E-01**	**3,13E-03**
	Summe Transport	**4,67**	**0,19**	**2,24E-03**	**5,35E-04**	**1,64E-11**	**-9,22E-04**	**3,22E-01**	**2,92E-03**
	Summe Energie	**5,38**	**0,92**	**0,00**	**6,09E-05**	**1,70E-09**	**4,67E-05**	**0,33**	**6,57E-04**
	Summe Gesamt	**13,12**	**1,47**	**5,46E-03**	**1,07E-03**	**7,09E-09**	**-4,97E-04**	**1,53**	**6,72E-03**

Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem WDVS

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	6,92	19,84	26,75

Ökobilanz Rückbau WDVS in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämmstandard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	13,12	1,47	5,46E-03	1,07E-03	7,09E-09	-4,97E-04	1,53	6,72E-03
	Passivhaus	12,17	1,45	5,04E-03	1,30E-03	1,11E-08	-8,26E-04	1,78	7,87E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

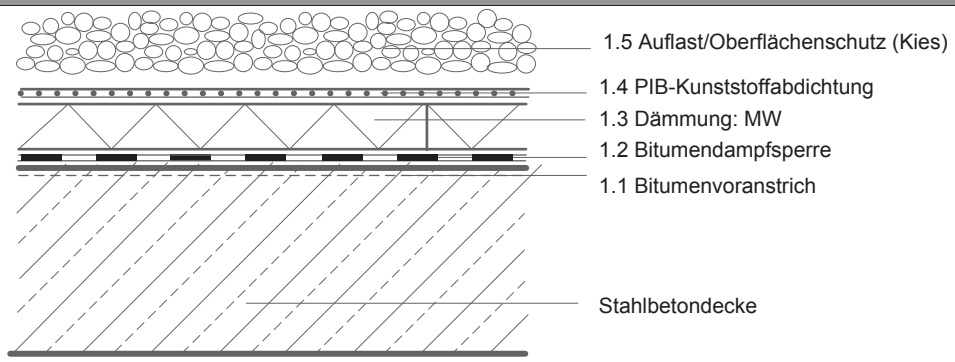
FD 01 Warmdach, MW mit PIB lose verlegt mit Auflast

Konstruktion: STB
Bestand Alt: -
Wärmedämmstoff: MW
Abdichtung alt/neu: PIB-Kunststoff
Varianten: EPS

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
FD01 Musterdach	100	0,36
FD01 (ENEV 2009)	200	0,2
FD01 (PH)	260	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 20°C

Der Kies des Musterdaches war trocken und unverschmutzt und ließ sich problemlos abheben. Die Kunststoffabdichtung Rhepanol fk aus Polyisobutylen wurde abgekehrt und konnte mit einem handelsüblichen Cutter in 1 m breite Streifen geschnitten und aufgerollt werden, was den Anforderungen des Rücknahmesammelsystems roofcollect entspricht. Die Mineralwolldämmung war lose verlegt und ließ sich problemlos und trocken abheben. Die Faserentwicklung während des Rückbauvorgangs war minimal. Gemäß den Annahmebedingungen des lokalen Entsorgers EAD wurden die Mineralwolldämmplatten in Säcken luftdicht verpackt. Die Bitumendampfsperre wurde in Streifen von 50 cm Breite geschnitten und konnte ohne Rückstände abgezogen werden.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	Schichtdicke in [mm]	Masse in [kg]		Schichtname	Arbeitszeitaufwand in [h]	Energie in [kWh]	Masse in [kg]
1.5	Kies	50	85,22	1.5	Kies	0,04		85,22
1.4	PIB-Kunststoffbahn mit Vlies, Rhepanol fk	2,5	2,65	1.4	PIB-Kunststoffbahn mit Vlies	0,02		2,65
1.3	MW bitumenkaschiert, Bondrock	100	15,11	1.3	MW	0,01		15,11
1.2	Bitumendampfsperre, V60S4, punktweise verschweißt	4	5,52	1.2	Bitumendampf-sperre	0,03		5,52
1.1	Haftgrund, Barth Primer		0,30					
	Summe	**156,5**	**108,8**		**Summe**	**0,11**	**0**	**108,5**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterdach (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Abdichtungslagen

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
1.5	Kies [kg]	-10,51	0,32	-5,50E-03	-2,20E-05	5,11E-10	-5,25E-04	-1,12	-2,77E-03
1.4	PIB-Kunststoffbahn mit Vlies [kg]	-64,66	-5,14	-2,69E-02	-4,94E-04	-9,57E-09	-4,64E-04	2,50	-3,99E-03
	Summe EoL	**-75,16**	**-4,82**	**-3,24E-02**	**-5,16E-04**	**-9,06E-09**	**-9,89E-04**	**1,38**	**-6,76E-03**
	Summe Transport	**7,38**	**0,29**	**3,53E-03**	**8,45E-04**	**2,59E-11**	**-1,45E-03**	**5,01E-01**	**4,62E-03**
	Summe Energie	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Summe Gesamt	**-67,78**	**-4,52**	**-0,02**	**3,29E-04**	**-9,03E-09**	**-2,44E-03**	**1,885**	**-0,002**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem FD

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
1.5	Kies	-10,51	0,32	-5,5E-03	-2,2E-05	5,1E-10	-5,3E-04	-1,12	-2,8E-03
1.4	PIB-Kunststoffbahn mit Vlies [	-64,66	-5,14	-2,7E-02	-4,9E-04	-9,6E-09	-4,6E-04	2,50	-4,0E-03
1.3	MW	2,96	0,22	1,4E-03	2,0E-04	1,7E-10	1,8E-04	0,34	1,4E-03
1.2	Bitumendampfsperre	-134,67	-10,70	-5,6E-02	-1,0E-03	-2,0E-08	-9,7E-04	5,20	-8,3E-03
	Summe EoL	**-206,87**	**-15,29**	**-8,7E-02**	**-1,3E-03**	**-2,9E-08**	**-1,8E-03**	**6,91**	**-1,4E-02**
	Summe Transport	**10,54**	**0,42**	**5,05E-03**	**1,21E-03**	**3,70E-11**	**-2,08E-03**	**0,73**	**6,6E-03**
	Summe Energie	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Summe Gesamt	**-196,34**	**-14,88**	**-8,21E-02**	**-1,41E-04**	**-2,88E-08**	**-3,86E-03**	**7,64**	**-7,08E-03**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem Flachdachaufbauten

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	8,96	4,57	13,53

Ökobilanz Rückbau FD in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-191,30	-14,57	-7,97E-02	2,93E-04	-2,86E-08	-4,09E-03	8,12	-4,38E-03
	Passivhaus	-188,27	-14,39	-7,83E-02	5,54E-04	-2,85E-08	-4,23E-03	8,41	-2,76E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

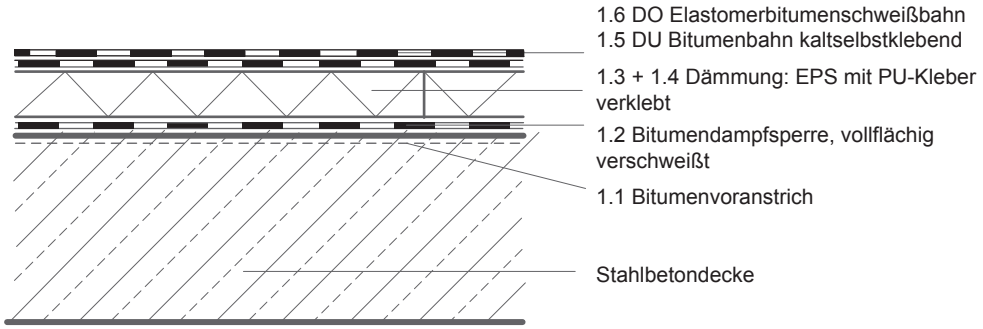
FD 02 Warmdach, EPS + Bitumen verklebt

Konstruktion:	STB
Bestand Alt:	-
Wärmedämmstoff:	EPS
Abdichtung alt/neu:	Bitumenabdichtung
Varianten:	EPS

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
FD02 Musterdach	100	0,32
FD02 (ENEV 2009)	180	0,2
FD02 (PH)	220	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 29°C

Die zweilagige Bitumenabdichtung wurde mit einem handelsüblichen Cutter in ca. 50 cm breite Bahnen geschnitten. Bei einer Außentemperatur von 29°C war das Abziehen der Bitumenbahn vom EPS trotz starker Zähigkeit des Materials durch einen Mitarbeiter möglich. Auf der demontierten Abdichtungsbahn verblieb eine dünne Porenschicht EPS, die nicht entfernt werden konnte. Das Lösen der EPS-Platten erfolgte unter hohem Zeiteinsatz, z.T. unter Verwendung eines Elektrohammers. Hierbei wurden die EPS-Platten zerstört. Das EPS konnte nicht vollständig von der Bitumendampfsperre gelöst werde, mitunter verblieben Stücke von 3 x 3 cm. Im letzten Schritt wurde die Bitumendampfsperre von der Stahlbetondecke getrennt. Hierzu wurde sie in 50 cm breite Streifen geschnitten, mit einem Elektrohammer gelöst und abgezogen. Der Untergrund konnte ohne weitere Arbeitsschritte neu belegt werden.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	Schichtdicke in [mm]	Masse in [kg]		Schichtname	Arbeitszeitaufwand in [h]	Energie in [kWh]	Masse in [kg]
1.5	DO Elastomer Bitumenschweißbahn, Bauder PYE-PV 200 S5	5	6,99	1.4 - 1.5	Zweilagige Bitumenabdichtung	0,15		11,08
1.4	DU Bitumen kaltselbstklebend Bauder KSA	3	4,06					
1.3	EPS.Dach Swisspor λ035	100	2,46	1.3	EPS	0,06	0,018	2,38
1.2	PU-Kleber		0,28					
1.2	Bitumendampfsperre, Bauder V60S4, vollflächig verschweißt	4	5,94	1.2	Bitumendampfsperre	0,11	0,017	6,12
1.1	Haftgrund, Barth Primer		0,3					
	Summe	**112**	**20,04**		**Summe**	**0,32**	**0,035**	**19,58**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterdach (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01:
Rückbau Abdichtungslagen: Neubelegung von EPS nach Rückbau nicht zulässig

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem FD

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
1.4-1.5	Zweilagige Bitumen-abdichtung	-270,27	-21,47	-1,1E-01	-2,1E-03	-4,0E-08	-1,9E-03	10,44	-1,7E-02
1.3	EPS	-71,99	-0,93	-3,1E-02	-4,4E-04	-2,0E-07	-4,1E-04	2,79	-4,6E-03
1.2	Bitumendampfsperre	-149,43	-11,87	-6,2E-02	-1,1E-03	-2,2E-08	-1,1E-03	5,77	-9,2E-03
	Summe EoL	**-491,69**	**-34,27**	**-2,1E-01**	**-3,6E-03**	**-2,6E-07**	**-3,4E-03**	**19,00**	**-3,1E-02**
	Summe Transport	**9,34**	**0,37**	**4,48E-03**	**1,07E-03**	**3,28E-11**	**-1,84E-03**	**0,64**	**5,9E-03**
	Summe Energie	**0,34**	**0,06**	**1,16E-04**	**3,84E-06**	**1,08E-10**	**2,95E-06**	**0,02**	**4,15E-05**
	Summe Gesamt	**-482,01**	**-33,84**	**-2,01E-01**	**-2,57E-03**	**-2,59E-07**	**-5,26E-03**	**19,67**	**-2,47E-02**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem Flachdachaufbauten

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	4,10	13,50	17,60

Ökobilanz Rückbau FD in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-537,51	-34,43	-2,25E-01	-2,38E-03	-4,24E-07	-6,58E-03	22,35	-2,55E-02
	Passivhaus	-565,26	-34,72	-2,37E-01	-2,28E-03	-5,06E-07	-7,24E-03	23,69	-2,59E-02

Fotodokumentation Rückbauprozess:

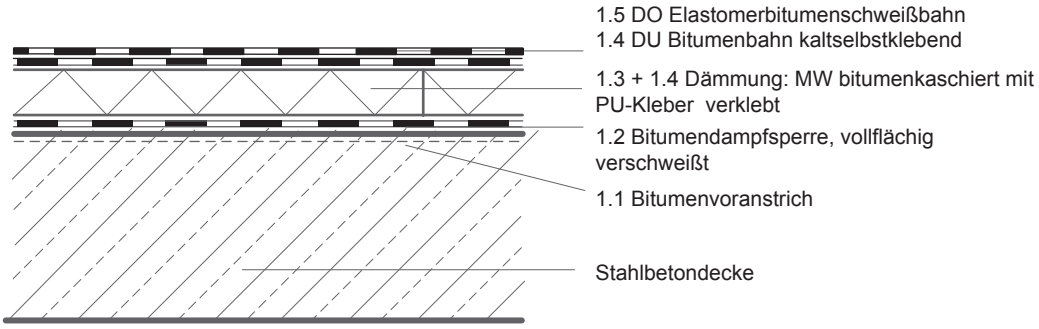
FD 03 Warmdach verklebtt, MW mit Bitumen kaltselbstklebend

Konstruktion: STB
Bestand Alt: -
Wärmedämmstoff: MW
Abdichtung alt/neu: Bitumenabdichtung
Varianten: EPS

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
FD03 Musterdach	100	0,36
FD03 (ENEV 2009)	200	0,2
FD03 (PH)	260	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 20°C

Die zweilagige Bitumenabdichtung wurde mit einem handelsüblichen Cutter in ca. 50 cm breite Bahnen geschnitten und ließ sich von den Mineralwolldämmplatten von einem Mitarbeiter unter Faserentwicklung abziehen. Auf der demontierten Abdichtungsbahn verblieb eine dünne Faserschicht der Mineralwolle, die nicht entfernt werden konnte. Die Mineralwolldämmplatten wurden mit einer Schaufel gelöst und abgehoben. Anhaftungen der Mineralwolle konnten von der Bitumendampfsperre mit einem Spaten entfernt werden. Abschließend wurde die Bitumendampfsperre (kaltselbstklebend) von der Stahlbetondecke getrennt. Hierzu wurde sie in 50 cm breite Streifen geschnitten und von einem Mitarbeiter abgezogen. Der Untergrund konnte ohne weitere Arbeitsschritte neu belegt werden.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	Schicht-dicke in [mm]	Masse in [kg]		Schichtname	Ar-beits-zeitauf auf-wand in [h]	Ener-gie in [kWh]	Masse in [kg]
1.6	DO Elastomer Bitumen-schweißbahn, Bauder PYE-PV 200 S5	5	6,77	1.4 - 1.6	Zweilagige Bitu-menabdichtung	0,06		10,54
1.5	DU Bitumen kaltselbstklebend Bauder KSA	3	4,06	1.4				
1.4	MW Bondrock λ040	100	15,21	1.3	MW Bondrock	0,02		15,08
1.3	Rockwool Rockpur		0,31		Reinigen KSD von MW	0,03		
1.2	Bitumendampfsperre kalt-selbstklebend, Bauder KSD DUO	1,5	1,74	1.2	Bitumendampf-sperre kaltselbst-klebend	0,03		1,85
1.1	Haftgrund, Barth Primer		0,30		Haftgrund			
	Summe	**106,5**	**28,4**		**Summe**	**0,14**		**27,47**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterdach (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01:
Rückbau Abdichtungslagen: Neubelegung von MW nach Rückbau nicht zulässig

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem FD

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
1.4-1.5	Zweilagige Bitumen-abdichtung	-250,73	-19,92	-1,0E-01	-1,9E-03	-3,7E-08	-1,8E-03	9,68	-1,5E-02
	Schlacke aus Ver-brennung	0,05	0,00	2,4E-05	3,4E-06	2,9E-12	3,1E-06	0,01	2,4E-05
1.3	MW	2,96	0,22	1,4E-03	2,0E-04	1,7E-10	1,8E-04	0,33	1,4E-03
	Schlacke aus Ver-brennung	0,02	0,00	9,9E-06	1,4E-06	1,2E-12	1,3E-06	0,00	1,0E-05
1.2	Bitumendampfsperre kaltselbstklebend	-42,45	-3,37	-1,8E-02	-3,2E-04	-6,3E-09	-3,0E-04	1,64	-2,6E-03
	Summe EoL	**-290,15**	**-23,06**	**-1,2E-01**	**-2,0E-03**	**-4,3E-08**	**-1,9E-03**	**11,67**	**-1,7E-02**
	Summe Transport	**4,53**	**0,18**	**2,17E-03**	**5,19E-04**	**1,59E-11**	**-8,95E-04**	**0,31**	**2,8E-03**
	Summe Energie	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Summe Gesamt	**-285,62**	**-22,88**	**-1,19E-01**	**-1,52E-03**	**-4,32E-08**	**-2,82E-03**	**11,98**	**-1,38E-02**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem Flachdachaufbauten

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	9,06	5,63	14,70

Ökobilanz Rückbau FD in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-280,58	-22,58	-1,16E-01	-1,08E-03	-4,30E-08	-3,05E-03	12,46	-1,11E-02
	Passivhaus	-277,55	-22,40	-1,15E-01	-8,24E-04	-4,29E-08	-3,19E-03	12,75	-9,51E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

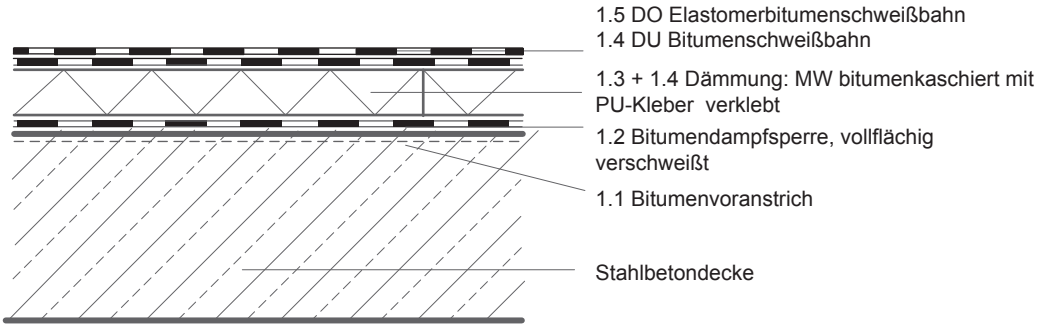
FD 04 Warmdach verklebt, MW + Bitumen im Schweißverfahren

Konstruktion: STB
Bestand Alt: -
Wärmedämmstoff: MW bitumenkaschiert
Abdichtung alt/neu: Bitumenabdichtung
Varianten:

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
FD04 Musterdach	100	0,36
FD04 (ENEV 2009)	200	0,2
FD04 (PH)	260	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 22°C

Die zweilagige Bitumenabdichtung wurde mit einem handelsüblichen Cutter in ca. 30 cm breite Bahnen geschnitten und ließ sich von zwei Mitarbeitern unter Faserentwicklung von den Mineralwolldämmplatten abziehen und aufrollen. Auf der demontierten Abdichtungsbahn verblieb eine dünne Faserschicht der Mineralwolle, die nicht entfernt werden konnte. Bei der Versuchsdurchführung verblieben Reste der Bitumenkaschierung auf dem Dämmstoff, die im Realfall durch das „Verbacken“ nicht auftreten und bei den Berechnungen vernachlässigt wurden. Die Mineralwolldämmplatten wurden mit einer Schaufel gelöst und abgehoben. Anhaftungen der Mineralwolle konnten von der Bitumendampfsperre mit einem Spaten entfernt werden. Abschließend wurde die teilflächig verschweißte Bitumendampfsperre in 50 cm breite Streifen getrennt und von der Stahlbetondecke ohne Anhaftungen von einem Mitarbeiter abgezogen.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	Schichtdicke in [mm]	Masse in [kg]		Schichtname	Arbeitszeitaufwand in [h]	Energie in [kWh]	Masse in [kg]
1.5	DO Elastomer Bitumenschweißbahn, Bauder PYE-PV 200 S5	5	7,22	1.4 - 1.5	Zweilagige Bitumenabdichtung	0,07		13,36
1.4	DU Bitumen-Schweißbahn Bauder G200 S4	4	6,47					
1.3	MW Bondrock λ040	100	15,11	1.3	MW	0,01		14,87
1.2	PU-Kleber		0,33					
1.2	Bitumendampfsperre, Bauder V60S4, teilflächig verschweißt	4	5,48	1.2	Bitumendampfsperre	0,02		5,65
1.1	Haftgrund, Barth Primer		0,30					
	Summe	**156,5**	**34,92**		**Summe**	**0,1**		**33,88**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterdach (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01:
Rückbau Abdichtungslagen: Neubelegung von MW nach Rückbau nicht zulässig

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem FD

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
1.4-1.5	Zweilagige Bitumen-abdichtung	-317,81	-25,24	-1,3E-01	-2,4E-03	-4,7E-08	-2,3E-03	12,28	-2,0E-02
	Schlacke aus Ver-brennung	0,07	0,00	3,0E-05	4,4E-06	3,7E-12	3,9E-06	0,01	3,1E-05
1.3	MW	2,92	0,22	1,3E-03	1,9E-04	1,6E-10	1,7E-04	0,33	1,4E-03
	Schlacke aus Ver-brennung	0,03	0,00	1,5E-05	2,2E-06	1,9E-12	2,0E-06	0,00	1,6E-05
1.2	Bitumendampfsperr	-133,70	-10,62	-5,6E-02	-1,0E-03	-2,0E-08	-9,6E-04	5,16	-8,3E-03
	Summe EoL	**-448,50**	**-35,64**	**-1,9E-01**	**-3,2E-03**	**-6,7E-08**	**-3,1E-03**	**17,78**	**-2,6E-02**
	Summe Transport	**5,83**	**0,23**	**2,80E-03**	**6,68E-04**	**2,05E-11**	**-1,15E-03**	**0,40**	**3,7E-03**
	Summe Energie	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Summe Gesamt	**-442,66**	**-35,41**	**-1,84E-01**	**-2,58E-03**	**-6,67E-08**	**-4,21E-03**	**18,18**	**-2,28E-02**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem Flachdachaufbauten

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	10,34	4,16	14,51

Ökobilanz Rückbau FD in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-437,62	-35,11	-1,81E-01	-2,15E-03	-6,65E-08	-4,44E-03	18,66	-2,01E-02
	Passivhaus	-434,60	-34,92	-1,80E-01	-1,88E-03	-6,64E-08	-4,58E-03	18,95	-1,85E-02

Fotodokumentation Rückbauprozess:

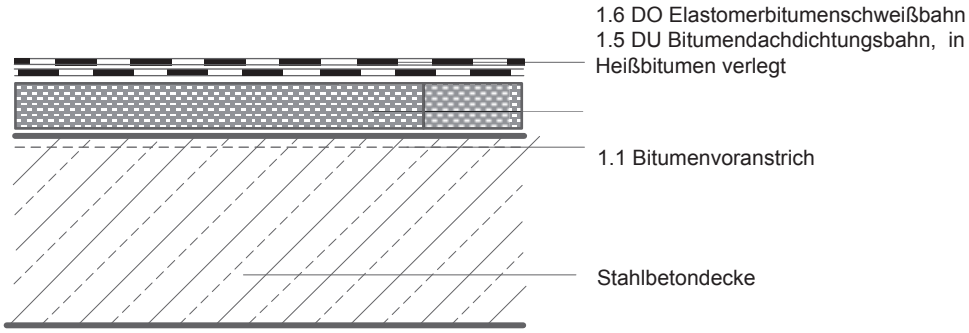
FD 05 Kompaktdach

Konstruktion: STB
Bestand Alt: -
Wärmedämmstoff: CG λ 041
Abdichtung alt/neu: Bitumen
Varianten: -

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
FD05 Musterdach	100	0,37
FD05 (ENEV 2009)	200	0,2
FD05 (PH)	260	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 20°C

Die zweilagige Bitumenabdichtung wurde mit einem handelsüblichen Cutter in ca. 100 cm breite Bahnen geschnitten und ließ sich von einem Mitarbeiter von den Schaumglasdämmplatten abschälen. Auf der demontierten Abdichtungsbahn verblieb eine dünne Schaumglasschicht von ca. 1,5 mm, die nicht entfernt werden konnte. Zur Demontage der Schaumglasplatten wurde im ersten Schritt das Schaumglas in Teilstücke von 10 x 10 cm geteilt. Dies erfolgte manuell mit einem Spaten. Anschließend wurde das Schaumglas mit einer Schaufel abgehoben. Auf der Stahlbetondecke verblieb eine Schicht von ausgehärtetem Haftgrund und Heißbitumen von 0,5 – 3 mm.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	Schichtdicke in [mm]	Masse in [kg]		Schichtname	Arbeitszeitaufwand in [h]	Energie in [kWh]	Masse in [kg]
1.7	DO Elastomer Bitumenschweißbahn, Bauder PYE-PV 200 S5	5	6,98	1.4 - .1. 7	Zweilagige Bitumenabdichtung	0,02		13,4
1.6	Heißbitumen		0,86					
1.5	DU Bitumendachabdichtung, Bauder PYE G 200 DD	2,8	3,70					
1.4	Heißbitumen		1,85					
1.3	Schaumglas, Foamglas T4+	100	12,19	1.3	Schaumglas	0,18		13,40
1.2	Heißbitumen	3	3,9	1.2	Heißbitumen	0,05		
1.1	Haftgrund, Barth Primer		0,22					
	Summe	**110,8**	**29,69**		**Summe**	**0,25**		**26,8**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterdach (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Abdichtungslagen

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
1.4-1.7	Zweilagige Bitumen-abdichtung	-318,76	-25,32	-1,33E-01	-2,43E-03	-4,72E-08	-2,29E-03	12,31	-1,97E-02
	Schlacke aus Ver-brennung	0,07	0,00	3,01E-05	4,36E-06	3,70E-12	3,89E-06	0,01	3,11E-05
	Summe EoL	**-318,70**	**-25,31**	**-1,33E-01**	**-2,43E-03**	**-4,72E-08**	**-2,28E-03**	**12,32**	**-1,97E-02**
	Summe Transport	**2,692**	**0,107**	**1,29E-03**	**3,08E-04**	**9,46E-12**	**-5,31E-04**	**1,86E-01**	**1,69E-03**
	Summe Energie	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Summe Gesamt	**-316,00**	**-25,21**	**-0,13**	**-2,12E-03**	**-4,72E-08**	**-2,82E-03**	**12,505**	**-0,018**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem FD

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
1.4-1.7	Zweilagige Bitumen-abdichtung	-318,762	-25,319	-1,3E-01	-2,4E-03	-4,7E-08	-2,3E-03	1,2E+01	-2,0E-02
1.3	Schaumglas	0,066	0,005	3,0E-05	4,4E-06	3,7E-12	3,9E-06	7,4E-03	3,1E-05
	Schlacke aus Ver-brennung	-1,651	0,050	-8,6E-04	-3,5E-06	8,0E-11	-8,3E-05	-1,8E-01	-4,4E-04
1.3	Schaumglas	0,000	0,000	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
1.2	Heißbitumen + Reste CG	-320,348	-25,264	-1,3E-01	-2,4E-03	-4,7E-08	-2,4E-03	1,2E+01	-2,0E-02
	Summe EoL	**-318,762**	**-25,319**	**-1,3E-01**	**-2,4E-03**	**-4,7E-08**	**-2,3E-03**	**1,2E+01**	**-2,0E-02**
	Summe Transport	**5,406**	**0,215**	**0,003**	**6,2E-04**	**1,9E-11**	**-1,1E-03**	**3,7E-01**	**3,4E-03**
	Summe Energie	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Summe Gesamt	**-314,942**	**-25,050**	**-0,131**	**-1,8E-03**	**-4,7E-08**	**-3,4E-03**	**1,3E+01**	**-1,7E-02**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem Flachdachaufbauten

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	3,83	10,56	14,39

Ökobilanz Rückbau FD in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-313,66	-24,86	-0,13	-1,44E-03	-4,70E-08	-4,18E-03	12,53	-1,52E-02
	Passivhaus	-313,08	-24,77	-0,13	-1,27E-03	-4,69E-08	-4,52E-03	12,54	-1,45E-02

Fotodokumentation Rückbauprozess:

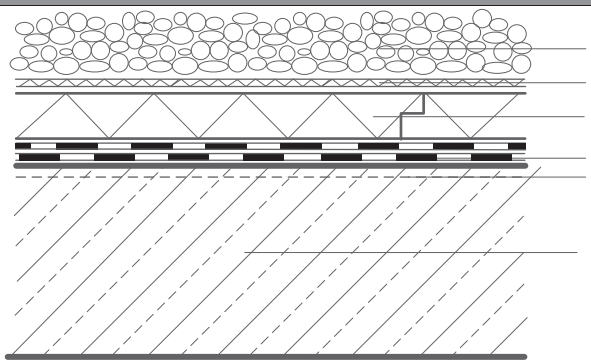
FD 06 Umkehrdach

Konstruktion: STB
Bestand Alt:
Wärmedämmstoff: XPS
Abdichtung alt/neu: Bitumenabdichtung
Varianten:

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
FD06 Musterdach	100	0,37
FD06 (ENEV 2009)	220	0,2
FD06 (PH)	300	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 10°C

Der Kies des Musterdaches war trocken und unverschmutzt und ließ sich mit dem Filtervlies problemlos abheben. Anschließend wurden die Styrodurplatten abgehoben. Die zweilagige Bitumenabdichtung wurde abgekehrt und mit einem handelsüblichen Cutter in 1 m breite Streifen geschnitten. Die zweilagige Bitumenabdichtung konnte ohne Rückstände von der Stahlbetonplatte entfernt werden.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	Schicht-dicke in [mm]	Mas-se in [kg]		Schichtname	Ar-beits-zeitauf auf-wand in [h]	Ener-gie in [kWh]	Masse in [kg]
1.6	Kies	50	84,12	1.5	Kies	0,04		84,12
1.5	Filtervlies lose verlegt		0,36	1.4	Filtervlies lose verlegt			0,36
1.4	XPS, Styrodur 3035 CS	100	3,29	1.3	XPS- lose verlegt	0,01		3,31
1.3	DO Elastomer-Bitumenschweißbahn, Bauder PYE PV 200 S5	5	6,20	1.2	zweilagige Bi-tumenabdichtung	0,02		11,46
1.2	DU Bitumenschweißbahn ver-schweißt , Bauder PYE G200 S4	4	6,01					
1.1	Haftgrund, Barth Primer		0,30					
	Summe	**159**	**100,3**		**Summe**	**0,07**		**99,24**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterdach (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01:**Rückbau Kies/XPS**

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
1.6	Kies	-10,35	0,31	-5,41E-03	-2,16E-05	5,03E-10	-5,17E-04	-1,10	-2,73E-03
1.5	Filtervlies lose verlegt	-10,08	-0,80	-4,20E-03	-7,69E-05	-1,49E-09	-7,23E-05	0,39	-6,22E-04
1.4	XPS- lose verlegt	-112,79	-1,45	-4,84E-02	-3,43E-04	-3,06E-07	-5,17E-04	5,14	-5,50E-03
	Summe EOL	**-133,22**	**-1,93**	**-5,80E-02**	**-4,42E-04**	**-3,07E-07**	**-1,11E-03**	**4,42**	**-8,85E-03**
	Summe Transport	**12,01**	**0,48**	**5,75E-03**	**1,37E-03**	**4,22E-11**	**-2,37E-03**	**8,28E-01**	**7,52E-03**
	Summe Energie	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Summe Gesamt	**-121,21**	**-1,46**	**-0,05**	**9,33E-04**	**-3,07E-07**	**-3,48E-03**	**5,251**	**-1,33E-03**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem FD

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
1.6	Kies	-10,37	0,31	-5,4E-03	-2,2E-05	5,0E-10	-5,2E-04	-1,11	-2,7E-03
1.5	Filtervlies lose verlegt	-8,76	-0,70	-3,6E-03	-6,7E-05	-1,3E-09	-6,3E-05	0,34	-5,4E-04
1.4	XPS- lose verlegt	-110,74	-1,42	-4,8E-02	-3,4E-04	-3,0E-07	-5,1E-04	5,04	-5,4E-03
1.2-1.3	Zweilagige Bitumenabdichtung	-279,49	-22,20	-1,2E-01	-2,1E-03	-4,1E-08	-2,0E-03	10,80	-1,7E-02
	Summe EoL	**-409,37**	**-24,00**	**-1,7E-01**	**-2,6E-03**	**-3,4E-07**	**-3,1E-03**	**15,07**	**-2,6E-02**
	Summe Transport	**14,22**	**0,57**	**6,81E-03**	**1,63E-03**	**4,99E-11**	**-2,81E-03**	**0,98**	**8,9E-03**
	Summe Energie	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Summe Gesamt	**-395,15**	**-23,44**	**-1,66E-01**	**-9,32E-04**	**-3,42E-07**	**-5,90E-03**	**16,05**	**-1,70E-02**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem Flachdachaufbauten

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	4,02	2,93	6,95

Ökobilanz Rückbau FD in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämmstandard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-523,53	-24,92	-2,21E-01	-6,34E-04	-7,07E-07	-7,74E-03	22,61	-1,97E-02
	Passivhaus	-609,13	-25,91	-2,57E-01	-4,35E-04	-9,50E-07	-8,96E-03	26,98	-2,15E-02

Fotodokumentation Rückbauprozess:

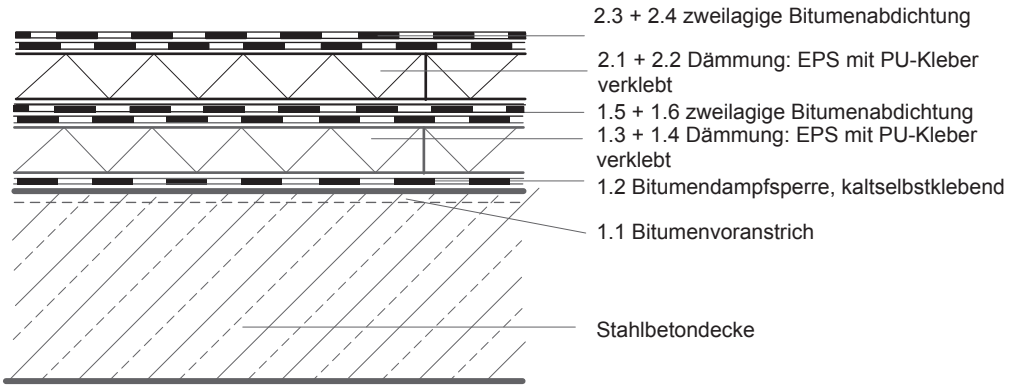
FD 07 Warmdach verklebt, EPS mit Zusatzdämmung

Konstruktion:	STB
Bestand Alt:	EPS + Bitumen
Wärmedämmstoff:	EPS
Abdichtung alt/neu:	Bitumenabdichtung
Varianten:	MW

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
FD07 Musterdach	100 + 100	0,17
FD07 (ENEV 2009)	100 + 80	0,2
FD07 (PH)	100 + 120	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 2-4°C

Die zweilagige Bitumenabdichtung wurde mit einem elektrischen Fuchsschwanz in ca. 1 m breite Bahnen geschnitten und ließ sich von den EPS von einem Mitarbeiter abziehen. Auf der demontierten Abdichtungsbahn verblieb eine dünne Porenschicht des EPS, die nicht entfernt werden konnte. Die EPS-Platten wurden mit einem Spaten gelöst und abgehoben. Anhaftungen des EPS konnten von der Bitumenabdichtung nicht entfernt werden. Anschließend wurde der alte Aufbau anlog der Neubelegung entfernt. Abschließend wurde die kaltselbstklebende Bitumendampfsperre in 50 cm breite Streifen geschnitten. Sie ließ sich bei einer Außentemperatur von 2°C problemlos von einem Mitarbeiter abziehen. Der Untergrund konnte ohne weitere Arbeitsschritte neu belegt werden.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	Schichtdicke in [mm]	Masse in [kg]		Schichtname	Arbeitszeitaufwand in [h]	Energie in [kWh]	Masse in [kg]
2.4	DO Elastomer Bitumenschweißbahn, Bauder PYE-PV 200 S5	5	6,93	2.3 - 2.4	Zweilagige Bitumenabdichtung	0,02	0,008	11,19
2.3	DU Bitumen kaltselbstklebend Bauder KSA	3	4,03					
2.2	EPS.Dach Swisspor λ035	100	2,67		Reingen EPS	0,01		
2.1	PU-Kleber.		0,33	2.2	EPS	0,02		2,72
1.5	DO Elastomer Bitumenschweißbahn, Bauder PYE-PV 200 S5	5	6,91	1.4 - 1.5	Zweilagige Bitumenabdichtung	0,02	0,011	11,26
1.4	DU Bitumen kaltselbstklebend Bauder KSA	3	3,94					
1.3	EPS.Dach Swisspor λ035	100	2,67	1.3	EPS	0,01		2,74
1.2	PU-Kleber		0,33					
1.2	Bitumendampfsperre, Bauder KSD DUO	1,5	1,70	1.2	Bitumendampfsperre kaltselbstklebend	0,01		1,85
1.1	Haftgrund, Barth Primer		0,30					
	Summe	**217,5**	**29,81**		**Summe**	**0,09**	**0,019**	**29,76**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterdach (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01:
Rückbau Abdichtungslagen: Neubelegung von EPS nach Rückbau nicht zulässig

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem FD

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.3-2.4	Zweilagige Bitumen-abdichtung	-273,01	-21,69	-1,1E-01	-2,1E-03	-4,0E-08	-2,0E-03	10,54	-1,7E-02
2.2	EPS	-82,13	-1,06	-3,5E-02	-5,0E-04	-2,2E-07	-4,7E-04	3,18	-5,3E-03
1.5-1.6	Zweilagige Bitumen-abdichtung	-274,69	-21,82	-1,1E-01	-2,1E-03	-4,1E-08	-2,0E-03	10,61	-1,7E-02
1.3	EPS	-82,78	-1,07	-3,6E-02	-5,1E-04	-2,3E-07	-4,7E-04	3,21	-5,3E-03
1.2	Bitumendampfsperre kaltselbstklebend	-45,20	-3,59	-1,9E-02	-3,5E-04	-6,7E-09	-3,2E-04	1,75	-2,8E-03
	Summe EoL	**-757,81**	**-49,23**	**-3,2E-01**	**-5,5E-03**	**-5,4E-07**	**-5,2E-03**	**29,29**	**-4,7E-02**
	Summe Transport	**18,37**	**0,73**	**8,80E-03**	**2,10E-03**	**6,45E-11**	**-3,63E-03**	**1,27**	**1,2E-02**
	Summe Energie	**0,18**	**0,03**	**6,27E-05**	**2,07E-06**	**5,79E-11**	**1,59E-06**	**0,01**	**2,23E-05**
	Summe Gesamt	**-739,26**	**-48,47**	**-3,09E-01**	**-3,43E-03**	**-5,38E-07**	**-8,82E-03**	**30,57**	**-3,57E-02**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem Flachdachaufbau

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	6,26	3,88	10,14

Ökobilanz Rückbau FD in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-725,39	-48,32	-3,03E-01	-3,48E-03	-4,97E-07	-8,49E-03	29,90	-3,55E-02
	Passivhaus	-753,14	-48,62	-3,15E-01	-3,38E-03	-5,79E-07	-9,15E-03	31,24	-3,59E-02

Fotodokumentation Rückbauprozess:

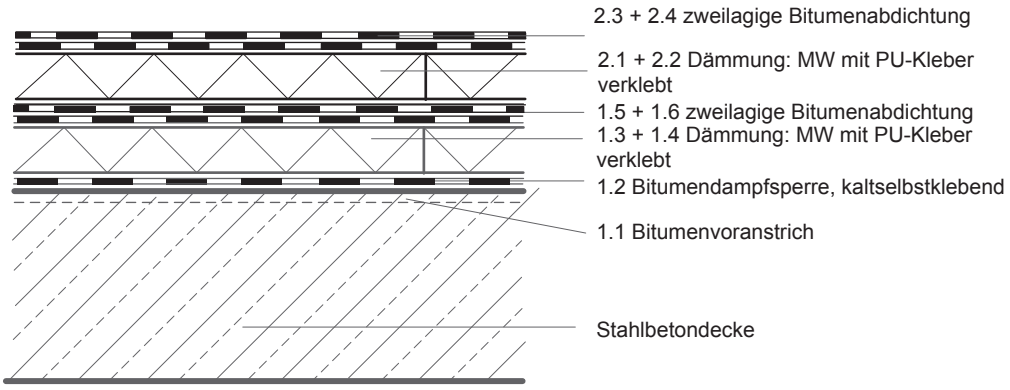
FD 08 Warmdach verklebt, MW mit Zusatzdämmung

Konstruktion:	STB
Bestand Alt:	MW + Bitumen
Wärmedämmstoff:	MW bitumenkaschiert
Abdichtung alt/neu:	Bitumenabdichtung
Varianten:	

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
FD08 Musterdach	100 + 100	0,19
FD08 (ENEV 2009)	100 + 100	0,2
FD08 (PH)	100 + 160	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 16-25°C

Die zweilagige Bitumenabdichtung wurde in ca. 30 cm breite Bahnen geschnitten und ließ sich von zwei Mitarbeitern von den Mineralwolldämmplatten abziehen und aufrollen. Die Mineralwolldämmplatten wurden mit einer Schaufel gelöst, abgehoben und im Anschluss mit einer Spachtelklinge von Kleberresten gereinigt. Anhaftungen der Mineralwolle wurden mit einem Spaten von der Bitumenabdichtung entfernt. Der „alte“ Dachaufbau wurde analog der ersten Arbeitsschritte demontiert. Abschließend wurde die Bitumendampfsperre in 50 cm breite Streifen getrennt und von der Stahlbetondecke ohne Anhaftungen von 2 Mitarbeitern abgezogen.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	Schichtdicke in [mm]	Masse in [kg]		Schichtname	Arbeitszeitaufwand in [h]	Energie in [kWh]	Masse in [kg]
2.4	DO Elastomer Bitumenschweißbahn, Bauder PYE-PV 200 S5	5	7,03	2.3 - 2.4	Zweilagige Bitumenabdichtung	0,12		13,85
2.3	DU Bitumen-Schweißbahn Bauder G200 S4	3	6,82					
2.2	MW Bondrock λ040	100	15,15	2.2	MW	0,02		15,13
2.1	PU-Kleber.		0,32	2.1	Reinigen Bitumen	0,03		
1.5	DO Elastomer Bitumenschweißbahn, Bauder PYE-PV 200 S5	5	7,03	1.4 - 1.5	Zweilagige Bitumenabdichtung	0,08		13,85
1.4	DU Bitumen-Schweißbahn Bauder G200 S4	3	6,82	1.3	Reinigen MW	0,02		0,09
1.3	MW Bondrock λ040	100	15,15	1.3	MW	0,01		13,2
1.2	PU-Kleber.		0,32					
1.2	Bitumendampfsperre kaltselbstklebend, Bauder KSD DUO	1,5	1,81	1.2	Bitumendampfsperre kaltselbstklebend	0,08		1,81
1.1	Haftgrund, , Barth Primer		0,30					
	Summe	**217,5**	60,78		**Summe**	**0,37**		**57,93**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterdach (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01:
Rückbau Abdichtungslagen: Neubelegung von MW nach Rückbau nicht zulässig

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem FD

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.3-2.4	Zweilagige Bitumen-abdichtung	-337,91	-26,84	-1,4E-01	-2,6E-03	-5,0E-08	-2,4E-03	13,05	-2,1E-02
2.2	MW	2,97	0,22	1,4E-03	2,0E-04	1,7E-10	1,8E-04	0,34	1,4E-03
1.4 - 1.5	Zweilagige Bitumen-abdichtung	-337,91	-26,84	-1,4E-01	-2,6E-03	-5,0E-08	-2,4E-03	13,05	-2,1E-02
1.3	MW	2,57	0,19	1,2E-03	1,7E-04	1,4E-10	1,5E-04	0,29	1,2E-03
	Schlacke aus Ver-brennung	0,02	0,00	1,1E-05	1,6E-06	1,3E-12	1,4E-06	0,00	1,1E-05
1.2	Bitumendampfsperr	-44,16	-3,51	-1,8E-02	-3,4E-04	-6,5E-09	-3,2E-04	1,71	-2,7E-03
	Summe EoL	**-714,43**	**-56,78**	**-3,0E-01**	**-5,1E-03**	**-1,1E-07**	**-4,8E-03**	**28,44**	**-4,2E-02**
	Summe Transport	**9,78**	**0,39**	**4,68E-03**	**1,12E-03**	**3,43E-11**	**-1,93E-03**	**0,67**	**6,1E-03**
	Summe Energie								
	Summe Gesamt	**-704,66**	**-56,39**	**-2,93E-01**	**-4,01E-03**	**-1,06E-07**	**-6,77E-03**	**29,11**	**-3,57E-02**

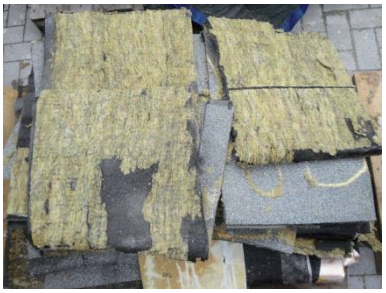
Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem Flachdachaufbauten

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	18,29	15,49	33,78

Ökobilanz Rückbau FD in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-704,66	-56,39	-2,93E-01	-4,01E-03	-1,06E-07	-6,77E-03	29,11	-3,57E-02
	Passivhaus	-701,63	-56,21	-2,91E-01	-3,75E-03	-1,06E-07	-6,91E-03	29,40	-3,41E-02

Fotodokumentation Rückbauprozess:



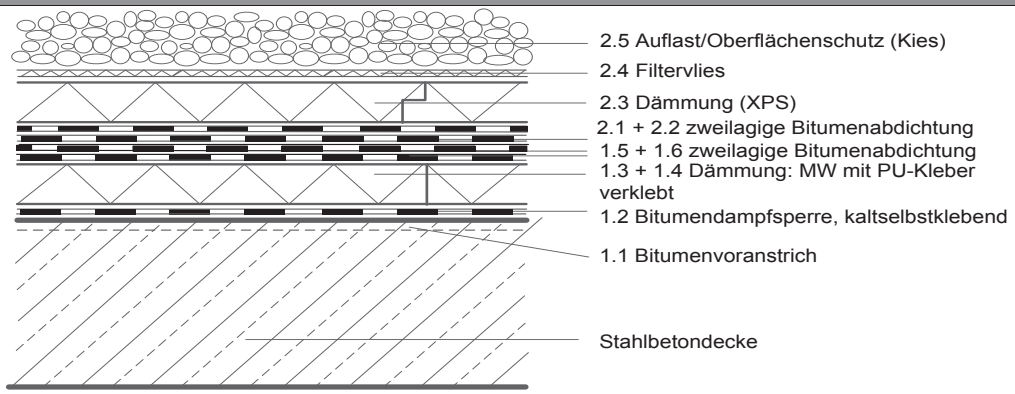
FD 09 Warmdach verklebt, MW saniert+ Zusatzdämmung Umkehrdach

Konstruktion: STB
Bestand Alt: MW + Bitumenabdichtung
Wärmedämmstoff: XPS
Abdichtung alt/neu: Bitumenabdichtung
Varianten:

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoffstärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
FD09 Musterdach	100 + 100	0, 0,21
FD09 (ENEV 2009)	100 + 120	0,2
FD09 (PH)	100 + 200	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 10°C

Die ersten Schritte erfolgten wie bei Flachdachaufbau FD 06. Anschließend wurde die 4-lagige Bitumenabdichtung mit einem Elektrofuchs in ca. 100 cm breite Bahnen geschnitten. Sie ließ sich von zwei Mitarbeitern von den Mineralwolldämmplatten abziehen. Bei der Versuchsdurchführung verblieben Reste der Bitumenkaschierung auf dem Dämmstoff, die im Realfall durch das „Verbacken“ nicht auftreten und für die Berechnungen vernachlässigt werden. Die Mineralwolldämmplatten wurden mit einer Schaufel gelöst und abgehoben. Anhaftungen der Mineralwolle wurden von der Bitumendampfsperre mit einem Spaten entfernt. Abschließend wurde die teilflächig verschweißte Bitumendampfsperre in 100 cm breiten Streifen von der Stahlbetondecke ohne Rückstände abgezogen.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	Schichtdicke in [mm]	Masse in [kg]		Schichtname	Arbeitszeitaufwand in [h]	Energie in [kWh]	Masse in [kg]
2.5	Kies	50	83,91	2.5	Kies	0,04		83,91
2.4	Filtervlies lose verlegt		0,41	2.4	Filtervlies	0,00		0,41
2.3	XPS- lose verlegt	100	3,37	2.3	XPS	0,01		3,37
2.2	DO Elastomer Bitumenschweißbahn, Bauder PYE-PV 200 S5	5	6,77	1.4 - 2.2	4- lagige Bitumenabdichtung	0,03	0,013	25,15
2.1	DU Bitumen-Schweißbahn Bauder G200 S4	4	6,56					
1.5	DO Elastomer Bitumenschweißbahn, Bauder PYE-PV 200 S5	5	6,83					
1.4	DU Bitumen-Schweißbahn Bauder G200 S4	4	5,99					
1.3	MW Bondrock λ040	100	15,25	1.3	MW	0,01		15,19
1.2	PU-Kleber.		0,31					
1.2	Bitumendampfsperre, Bauder V60S4, teilflächig verschweißt	4	5,95	1.2	Bitumendampfsperre	0,02		5,78
1.1	Haftgrund, Barth Primer		0,30					
	Summe	**272**	**135,67**		**Summe**	**0,11**	**0,013**	**133,82**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterdach (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Kies/XPS

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
1.6	Kies	-10,35	0,31	-5,41E-03	-2,16E-05	5,03E-10	-5,17E-04	-1,10	-2,73E-03
1.5	Filtervlies	-10,08	-0,80	-4,20E-03	-7,69E-05	-1,49E-09	-7,23E-05	0,39	-6,22E-04
1.4	XPS- lose verlegt	-112,79	-1,45	-4,84E-02	-3,43E-04	-3,06E-07	-5,17E-04	5,14	-5,50E-03
	Summe EoL	**-133,22**	**-1,93**	**-5,80E-02**	**-4,42E-04**	**-3,07E-07**	**-1,11E-03**	**4,42**	**-8,85E-03**
	Summe Transport	**12,01**	**0,48**	**5,75E-03**	**1,37E-03**	**4,22E-11**	**-2,37E-03**	**8,28E-01**	**7,52E-03**
	Summe Energie	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Summe Gesamt	**-121,21**	**-1,46**	**-0,05**	**9,33E-04**	**-3,07E-07**	**-3,48E-03**	**5,251**	**-1,33E-03**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem FD

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.5	Kies	-10,35	0,31	-5,4E-03	-2,2E-05	5,0E-10	-5,2E-04	-1,10	-2,7E-03
2.4	Filtervlies	-10,08	-0,80	-4,2E-03	-7,7E-05	-1,5E-09	-7,2E-05	0,39	-6,2E-04
2.3	XPS	-112,79	-1,45	-4,8E-02	-3,4E-04	-3,1E-07	-5,2E-04	5,14	-5,5E-03
1.4-2.2	4 lagige Bitumenab-dichtung	-598,27	-47,52	-2,5E-01	-4,6E-03	-8,9E-08	-4,3E-03	23,11	-3,7E-02
	Schlacke aus Verb.	0,12	0,01	5,6E-05	8,2E-06	6,9E-12	7,3E-06	0,01	5,8E-05
1.3	MW	2,98	0,22	1,4E-03	2,0E-04	1,7E-10	1,8E-04	0,34	1,4E-03
1.2	Bitumendampfsperre	-141,13	-11,21	-5,9E-02	-1,1E-03	-2,1E-08	-1,0E-03	5,45	-8,7E-03
	Summe EoL	**-869,52**	**-60,44**	**-3,6E-01**	**-5,9E-03**	**-4,2E-07**	**-6,2E-03**	**33,33**	**-5,3E-02**
	Summe Transport	**20,28**	**0,81**	**9,72E-03**	**2,32E-03**	**7,12E-11**	**-4,00E-03**	**1,40**	**1,3E-02**
	Summe Energie	**0,13**	**0,02**	**4,42E-05**	**1,46E-06**	**4,08E-11**	**1,12E-06**	**0,01**	**1,57E-05**
	Summe Gesamt	**-849,11**	**-59,61**	**-3,55E-01**	**-3,56E-03**	**-4,16E-07**	**-1,02E-02**	**34,74**	**-4,03E-02**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem Flachdachaufbauten

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	14,62	4,72	19,34

Ökobilanz Rückbau FD in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-870,51	-59,85	-3,64E-01	-3,51E-03	-4,77E-07	-1,05E-02	35,83	-4,08E-02
	Passivhaus	-956,10	-60,84	-4,00E-01	-3,31E-03	-7,20E-07	-1,18E-02	40,20	-4,26E-02

Fotodokumentation Rückbauprozess:

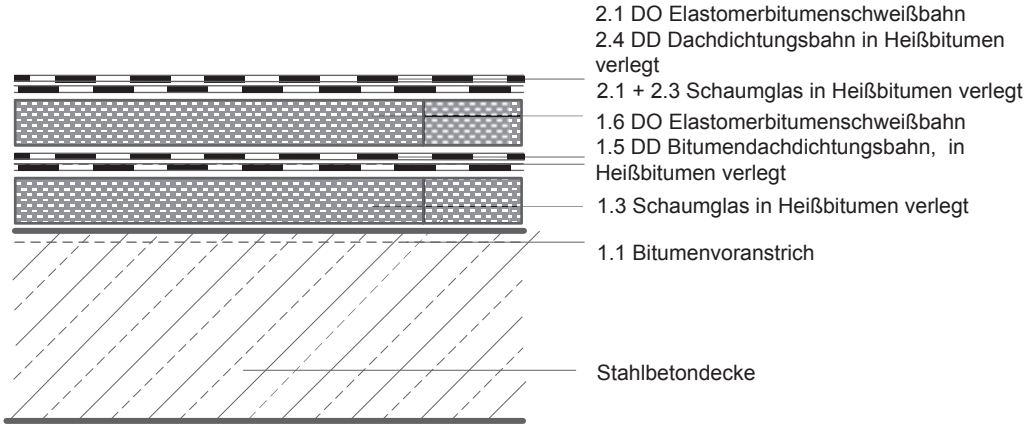
FD 10 Kompaktdach mit Zusatzdämmung

Konstruktion:	STB
Bestand Alt:	CG + Bitumen
Wärmedämmstoff:	CG λ 041
Abdichtung alt/neu:	Bitumen
Varianten:	-

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
FD10 Musterdach	100 + 100	0,19
FD10 (ENEV 2009)	200	0,2
FD10 (PH)	260	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 2°C

Das Abschälen der Bitumenabdichtung erfolgte wie bei FD 05 dargestellt. Zur Demontage der weiteren Schichten wurden im 1. Schritt Schaumglas und Bitumenabdichtung mit einem elektrischen Fuchsschanz in Plattenbreite (45 cm) geteilt. Beide wurden von der „alten“ Schaumglasschicht abgehoben. Anschließend konnte die Bitumenabdichtung von der Schaumglasschicht abgezogen werden. Für den Rückbau der „alten“ Schaumglasplatten wurden diese in Teilstücke von 10 x 10 cm geteilt. Dies erfolgte manuell mit einem Spaten. Anschließend wurde das Schaumglas mit einer Schaufel abgehoben. Auf den Stahlbetondecken verblieb eine Schicht von ausgehärtetem Haftgrund und Heißbitumen von 0,5 – 3 mm.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	Schicht-dicke in [mm]	Masse in [kg]		Schichtname	Arbeits-zeitaufwand in [h]	Energie in [kWh]	Masse in [kg]
2.6	Siehe Schicht 1.7	5	6,82	2.3 - 2.6	Zweilagige Bitumenabdichtung	0,02		12,6
2.5	Heißbitumen		0,92					
2.4	Siehe Schicht 1.5	2,8	3,53					
2.3	Heißbitumen		1,94					
2.2	Schaumglas, Foamglas T4+	100	12,22	2.2	Schaumglas	0,08	0,028	13,15
2.1	Heißbitumen	3	2,92	1.4 - 2.1	Zweilagige Bitumenabdichtung	0,08	0,028	13,99
1.7	DO Elastomer Bitumenschweißbahn, Bauder PYE-PV 200 S5	5	6,82					
1.6	Heißbitumen		0,91					
1.5	DU Bitumendachabdichtung, Bauder PYE G 200 DD	2,8	3,70					
1.4	Heißbitumen		1,94					
1.3	Schaumglas, Foamglas T4+	100	12,19	1.3	Schaumglas	0,18		13,40
1.2	Heißbitumen	3	3,89	1.2	Heißbitumen	0,05		
1.1	Haftgrund, Barth Primer		0,22					
	Summe	**110,8**	**58,03**		**Summe**	**0,4**	**0,057**	**53,13**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterdach (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Abdichtungslagen

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
2.3-2.6	2-lagige Bitumenabdichtung	-302,81	-24,05	-1,26E-01	-2,31E-03	-4,48E-08	-2,17E-03	11,70	-1,87E-02
	Schlacke aus Verb.	0,04	0,00	1,70E-05	2,46E-06	2,08E-12	2,19E-06	0,00	1,75E-05
	Summe EoL	**-302,77**	**-24,05**	**-1,26E-01**	**-2,31E-03**	**-4,48E-08**	**-2,17E-03**	**11,70**	**-1,87E-02**
	Summe Transport	**2,53**	**0,10**	**1,21E-03**	**2,90E-04**	**8,89E-12**	**-5,00E-04**	**1,75E-01**	**1,59E-03**
	Summe Energie	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Summe Gesamt	**-300,24**	**-23,95**	**-0,12**	**-2,02E-03**	**-4,48E-08**	**-2,67E-03**	**11,874**	**-1,71E-02**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem FD

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
2.3-2.6	2-lagige Bitumenabdichtung	-302,81	-24,05	-1,3E-01	-2,3E-03	-4,5E-08	-2,2E-03	11,70	-1,9E-02
	Schlacke aus Verb.	0,04	0,00	1,7E-05	2,5E-06	2,1E-12	2,2E-06	0,00	1,8E-05
2.2	Schaumglas	-1,62	0,05	-8,5E-04	-3,4E-06	7,9E-11	-8,1E-05	-0,17	-4,3E-04
1.4-2.1	Vierlagige Bitumenabdichtung	-326,45	-25,93	-1,4E-01	-2,5E-03	-4,8E-08	-2,3E-03	12,61	-2,0E-02
	Schlacke aus Verbrennung	0,12	0,01	5,5E-05	7,9E-06	6,7E-12	7,1E-06	0,01	5,7E-05
1.3	Schaumglas	-1,65	0,05	-8,6E-04	-3,5E-06	8,0E-11	-8,3E-05	-0,18	-4,4E-04
	Summe EoL	**-632,37**	**-49,87**	**-2,6E-01**	**-4,8E-03**	**-9,3E-08**	**-4,7E-03**	**23,97**	**-4,0E-02**
	Summe Transport	**10,72**	**0,43**	**5,14E-03**	**1,23E-03**	**3,77E-11**	**-2,12E-03**	**0,74**	**6,7E-03**
	Summe Energie	**0,55**	**0,09**	**1,87E-04**	**6,17E-06**	**1,73E-10**	**4,74E-06**	**0,03**	**6,66E-05**
	Summe Gesamt	**-621,10**	**-49,35**	**-2,58E-01**	**-3,57E-03**	**-9,28E-08**	**-6,78E-03**	**24,75**	**-3,29E-02**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem Flachdachaufbauten

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	7,60	16,98	24,58

Ökobilanz Rückbau FD in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämmstandard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-621,10	-49,35	-2,58E-01	-3,57E-03	-9,28E-08	-6,78E-03	24,75	-3,29E-02
	Passivhaus	-620,36	-49,24	-2,58E-01	-3,35E-03	-9,27E-08	-7,21E-03	24,75	-3,20E-02

Fotodokumentation Rückbauprozess:

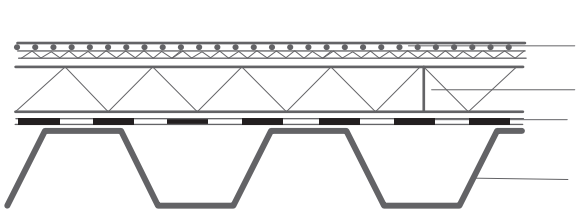
FD 11 Warmdach verklebt, EPS + FPO mit Vlies

Konstruktion:	Trapezblech
Bestand Alt:	-
Wärmedämmstoff:	EPS
Abdichtung alt/neu:	Kunststoffabdichtung FPO-vlieskaschiert
Varianten:	MW

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
FD11 Musterdach	100	0,33
FD11 (ENEV 2009)	180	0,2
FD11 (PH)	240	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 4°C

Die Kunststoffabdichtung aus flexiblen Polypropylen (FPO) konnte mit einem handelsüblichen Cutter in 1 m breite Streifen geschnitten und aufgerollt werden, was den Anforderungen des Rücknahmesammelsystems roofcollect entspricht. Anhaftungen der Vlieskaschierung konnten mit einer Abziehklinge vom EPS entfernt werden. Die EPS-Platten wurden mit einem Spaten von der Bitumendampfsperre gehoben. Auf der Dampfsperre verbleibende EPS-Anhaftungen konnte nicht entfernt werden. Die Bitumendampfsperre wurde in Streifen von 50 cm Breite geschnitten und konnte ohne Rückstände vom Trapezblech abgezogen werden.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	Schichtdicke in [mm]	Masse in [kg]		Schichtname	Arbeitszeitaufwand in [h]	Energie in [kWh]	Masse in [kg]
1.5	FPO-Kunststoffabdichtung vlieskaschiert, Bauder Thermoplan T 15 V	1,5/2,5	2,08	1.4 - 1.5	FPO-Kunststoffabdichtung	0,01		2,25
1.4	Vlieskleber , Bauder Vlieskleber. 1014		0,14	1.3 .2	Reinigen EPS	0,02		
1.3	EPS.Dach Swisspor λ035	100	2,75	1.3	EPS	0,01		3,05
1.2	PU-Kleber.		0,32	1.3 .1	Reinigen EPS	0,03		
1.1	Bitumendampfsperre kaltselbstklebend , Bauder KSD DUO	1,5	1,83	1.1	Bitumendampfsperre kaltselbstklebend	0,01		1,76
	Summe	**103**	**7,12**		**Summe**	**0,08**		**7,06**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterdach (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01:
Rückbau Abdichtungslagen: Neubelegung von EPS nach Rückbau nicht zulässig

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem FD

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
1.4 - 1.5	FPO-Kunststoff-abdichtung	-54,90	-4,36	-2,3E-02	-4,2E-04	-8,1E-09	-3,9E-04	2,12	-3,4E-03
1.3	EPS	-92,18	-1,19	-4,0E-02	-5,6E-04	-2,5E-07	-5,2E-04	3,57	-5,9E-03
1.1	Bitumendampfsperre kaltselbstklebend	-42,99	-3,41	-1,8E-02	-3,3E-04	-6,4E-09	-3,1E-04	1,66	-2,7E-03
	Summe EoL	**-190,06**	**-8,97**	**-8,1E-02**	**-1,3E-03**	**-2,7E-07**	**-1,2E-03**	**7,35**	**-1,2E-02**
	Summe Transport	**8,34**	**0,33**	**4,00E-03**	**9,55E-04**	**2,93E-11**	**-1,65E-03**	**0,58**	**5,2E-03**
	Summe Energie	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Summe Gesamt	**-181,72**	**-8,64**	**-7,66E-02**	**-3,57E-04**	**-2,66E-07**	**-2,87E-03**	**7,93**	**-6,76E-03**

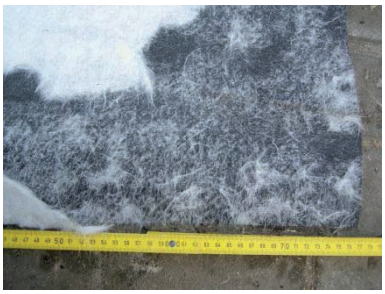
Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem Flachdachaufbauten

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	1,36	3,52	4,88

Ökobilanz Rückbau FD in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-237,22	-9,22	-1,00E-01	-1,61E-04	-4,31E-07	-4,19E-03	10,61	-7,56E-03
	Passivhaus	-278,85	-9,66	-1,18E-01	-1,43E-05	-5,55E-07	-5,18E-03	12,62	-8,16E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:



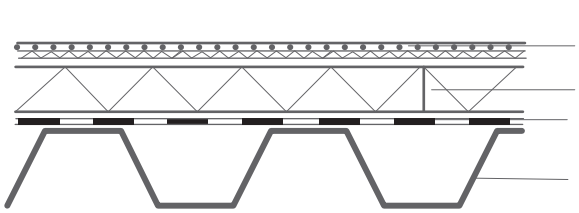
FD 12 Warmdach verklebt, EPS mit Zusatzdämmung

Konstruktion:	Trapezblech
	-
Bestand Alt:	MW
Wärmedämmstoff:	Kunststoffabdichtung
Abdichtung alt/neu:	FPO-vlieskaschiert
Varianten:	EPS

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
FD12 Musterdach	100	0,38
FD12 (ENEV 2009)	200	0,2
FD12 (PH)	260	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 2-4°C

Die Kunststoffabdichtung aus flexiblen Polypropylen (FPO) wurde mit einem elektrischen Fuchsschwanz in 1 m breite Streifen geschnitten und aufgerollt, was den Anforderungen des Rücknahmesammelsystems roofcollect entspricht. Anhaftungen der Vlieskaschierung konnten mit einer Abziehklinge von der Mineralwolle entfernt werden. Die MW-Platten wurden mit einem Spaten von der Bitumendampfsperre gehoben. Auf der Dampfsperre verbleibende MW-Anhaftungen konnte nicht entfernt werden. Die Bitumendampfsperre wurde in Streifen von 50 cm Breite geschnitten und konnte ohne Rückstände vom Trapezblech abgezogen werden.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	Schichtdicke in [mm]	Masse in [kg]		Schichtname	Arbeitszeitaufwand in [h]	Energie in [kWh]	Masse in [kg]
1.5	FPO-Kunststoffabdichtung vlieskaschiert, Bauder Thermoplan T 15 V	1,5/2,5	2,04	1.4 - 1.5	FPO-Kunststoffabdichtung	0,01	0,002	2,46
1.4	Vlieskleber, Bauder Vlieskleber. 1014		0,14	1.3 .2	Reinigen MW	0,01		
1.3	MW Bondrock λ040	100	15,38	1.3	MW	0,01		15,19
1.2	PU-Kleber.		0,32					
1.1	Bitumendampfsperre kaltselbstklebend , Bauder KSD DUO	1,5	1,83	1.1	Bitumendampfsperre kaltselbstklebend	0,01		2,01
	Summe	**103**	**19,70**		**Summe**	**0,03**	**0,002**	**19,66**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterdach (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01:
Rückbau Abdichtungslagen: Neubelegung von MW nach Rückbau nicht zulässig

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem FD

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
1.4-1.5	FPO-Kunststoff-abdichtung	-49,77	-3,95	-2,1E-02	-3,8E-04	-7,4E-09	-3,6E-04	1,92	-3,1E-03
1.3.2	Reinigen MW	0,08	0,01	3,8E-05	5,5E-06	4,6E-12	4,9E-06	0,01	3,9E-05
1.3	MW	2,98	0,22	1,4E-03	2,0E-04	1,7E-10	1,8E-04	0,34	1,4E-03
	Schlacke aus Ver-brennung	0,04	0,00	1,6E-05	2,3E-06	2,0E-12	2,1E-06	0,00	1,7E-05
1.1	Bitumendampfsperre kaltselbstklebend	-49,13	-3,90	-2,0E-02	-3,8E-04	-7,3E-09	-3,5E-04	1,90	-3,0E-03
	Summe EoL	**-95,81**	**-7,63**	**-4,0E-02**	**-5,5E-04**	**-1,4E-08**	**-5,3E-04**	**4,17**	**-4,6E-03**
	Summe Transport	**2,99**	**0,12**	**1,43E-03**	**3,43E-04**	**1,05E-11**	**-5,91E-04**	**0,21**	**1,9E-03**
	Summe Energie	**0,02**	**0,00**	**7,35E-06**	**2,42E-07**	**6,79E-12**	**1,86E-07**	**0,00**	**2,62E-06**
	Summe Gesamt	**-92,79**	**-7,50**	**-3,83E-02**	**-2,07E-04**	**-1,45E-08**	**-1,12E-03**	**4,38**	**-2,77E-03**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem Flachdachaufbau

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	7,36	1,28	8,64

Ökobilanz Rückbau FD in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11- Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2- Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-87,75	-7,20	-3,60E-02	2,27E-04	-1,43E-08	-1,35E-03	4,86	-6,78E-05
	Passivhaus	-84,73	-7,02	-3,46E-02	4,88E-04	-1,42E-08	-1,49E-03	5,15	1,55E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:

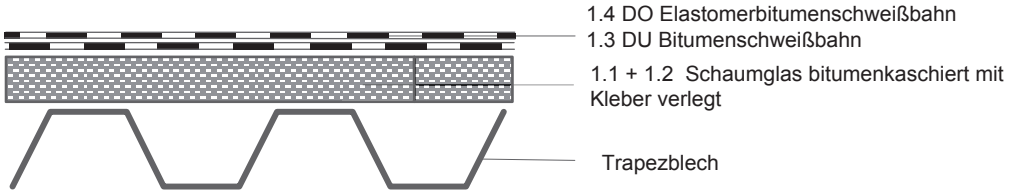
FD 13 Kompaktdach

Konstruktion: Trapezblech
Bestand Alt: -
Wärmedämmstoff: CG bitumenkaschiert
Abdichtung alt/neu: Bitumenabdichtung
Varianten:

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
FD13 Musterdach	100	0,38
FD13 (ENEV 2009)	200	0,2
FD13 (PH)	260	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 20°C

Die zweilagige Bitumenabdichtung wurde mit einem handelsüblichen Cutter in ca. 100 cm breite Bahnen geschnitten und ließ sich von einem Mitarbeiter von den Schaumglasdämmplatten abschälen Auf der demontierten Abdichtungsbahn verblieb eine dünne Schaumglasschicht von ca. 1,5 mm, die nicht entfernt werden konnte. Im Anschluss wurden die Schaumglasplatten von den Trapezblechprofilen mit einem Spaten abgehoben. Der Rückbau erfolgte nahezu zerstörungsfrei, so dass ein Wiedereinbau der Platten im Einzelfall möglich wäre. Der Untergrund wurde von Kleber- und Schaumglasresten mit eine Besen/Schaber gereinigt und war ohne weitere Maßnahmen wiederbelegbar.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	Schichtdicke in [mm]	Masse in [kg]		Schichtname	Arbeitszeitaufwand in [h]	Energie in [kWh]	Masse in [kg]
1.4	DO Elastomer Bitumenschweißbahn, Bauder PYE-PV 200 S5	5	6,73	1.3 - 1.4	Zweilagige Bitumenabdichtung	0,01		13,16
1.3	DU Bitumen—Schweißbahn Bauder PYE G200S4	4	6,40					
1.2	Schaumglas, Foamglas Ready Board T 4+(Format 60/120 cm)	100	13,24	1.2	Schaumglas	0,02		13,12
1.1	Kleber.		0,22					
	Summe	**109**	**26,59**		**Summe**	**0,03**		**26,28**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterdach (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01:

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
1.3-1.4	Zweilagige Bitumen-abdichtung	-316,15	-25,11	-1,32E-01	-2,41E-03	-4,68E-08	-2,27E-03	12,21	-1,95E-02
	Schlacke aus Ver-brennung	**0,04**	**0,00**	**1,77E-05**	**2,57E-06**	**2,18E-12**	**2,29E-06**	**0,00**	**1,83E-05**
	Summe EoL	**-316,11**	**-25,11**	**-1,32E-01**	**-2,41E-03**	**-4,68E-08**	**-2,27E-03**	**12,22**	**-1,95E-02**
	Summe Transport	**2,64**	**0,11**	**1,27E-03**	**3,03E-04**	**9,28E-12**	**-5,22E-04**	**1,82E-01**	**1,66E-03**
	Summe Energie	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Summe Gesamt	**-313,47**	**-25,00**	**-0,13**	**-2,11E-03**	**-4,68E-08**	**-2,79E-03**	**12,398**	**-1,78E-02**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem FD

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
1.3-1.4	Zweilagige Bitumen-abdichtung	-316,15	-25,11	-1,3E-01	-2,4E-03	-4,7E-08	-2,3E-03	12,21	-2,0E-02
	Schlacke aus Ver-brennung	0,04	0,00	1,8E-05	2,6E-06	2,2E-12	2,3E-06	0,00	1,8E-05
1.2	Schaumglas	-1,62	0,05	-8,5E-04	-3,4E-06	7,9E-11	-8,1E-05	-0,17	-4,3E-04
	Summe EoL	**-317,73**	**-25,06**	**-1,3E-01**	**-2,4E-03**	**-4,7E-08**	**-2,3E-03**	**12,04**	**-2,0E-02**
	Summe Transport	**5,30**	**0,21**	**2,54E-03**	**6,07E-04**	**1,86E-11**	**-1,05E-03**	**0,37**	**3,3E-03**
	Summe Energie	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Summe Gesamt	**-312,43**	**-24,85**	**-1,30E-01**	**-1,81E-03**	**-4,67E-08**	**-3,39E-03**	**12,41**	**-1,66E-02**

Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem Flachdachaufbauten

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	3,76	1,26	5,02

Ökobilanz Rückbau FD in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämm-standard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-311,14	-24,66	-1,29E-01	-1,44E-03	-4,66E-08	-4,14E-03	12,42	-1,51E-02
	Passivhaus	-310,56	-24,57	-1,29E-01	-1,27E-03	-4,65E-08	-4,48E-03	12,43	-1,44E-02

Fotodokumentation Rückbauprozess:

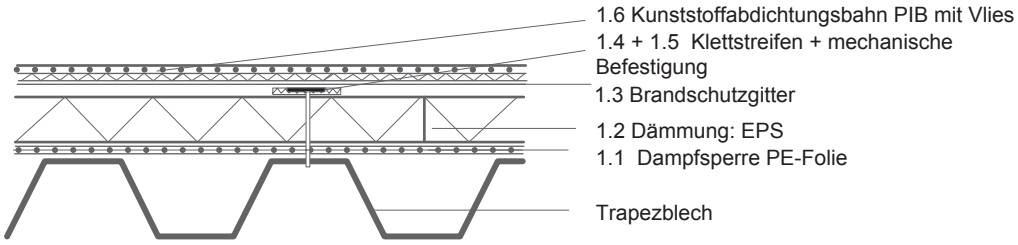
FD 14 Warmdach, EPS mit PIB lose verlegt mechanisch befestigt

Konstruktion:	Trapezblech
Bestand Alt:	-
Wärmedämmstoff:	EPS
Abdichtung alt/neu:	PIB-Kunststoff
Varianten:	MW

Bauphysikalische Qualität:

Bauteil	Schichtdicke Dämmstoff-stärke in (mm)	U-Wert in W/(m²K)
FD14 Musterdach	100	0,33
FD14 (ENEV 2009)	180	0,2
FD14 (PH)	240	0,15

Bauteilaufbau



Rückbauprozess 22°C

Die Kunststoffabdichtung Rhepanol fk aus Polyisobutylen wurde abgekehrt. Anschließend wurden die mechanischen Befestigungen separiert, wobei 2 verschiedenen Verfahren angewendet wurden:

1. Einschneiden der Abdichtung + Lösen der Schrauben mit Akkuschrauber + Sammeln Befestigungsmittel
2. Lösen Befestigung durch Flexen + Sammeln der Befestigungsmittel

Im Anschluss wurden die Kunststoffabdichtungsbahnen mit einem handelsüblichen Cutter in 1 m breite Streifen geschnitten und aufgerollt, was den Anforderungen des Rücknahmesammelsystems roofcollect entspricht. Die EPS-Platten und die PE-Folie waren lose verlegt worden und ließen sich problemlos abheben. Der Untergrund war direkt belegbar.

Sachbilanz Herstellung und Rückbauprozess (pro m² Bauteil):

S.-Nr.	Herstellung			S.-Nr.	Rückbau			
	Schichtname/Produkt	Schichtdicke in [mm]	Masse in [kg]		Schichtname	Arbeitszeitaufwand in [h]	Energie in [kWh]	Masse in [kg]
1.6	PIB-Kunststoffbahn mit Vlies, Rhepanol fk	2,2	2,74	1.5 - 1.6	PIB-Kunststoffbahn mit Vlies + Klettsystem	0,02		2,83
1.5	Klettsystem, Rhepanol-Klettstreifen-Gripfix		0,11	1.4	Befestigungsmittel Stahl (Flexen)	0,02	0,005	0,09
1.4	Befestigungsmittel Stahl: Halteteller EJOT HTV 50 FDT 65 Doboschraube EJOT TKR 4,8x120	120	0,09	1.4	Befestigungsmittel, Flexen	0,04	0,0003	0,09
1.3	Brandschutzgitter		0,17	1.3	Brandschutzgitte	0,01		0,17
1.2	EPS.Dach Swisspor λ035	100	2,72	1.2	EPS	0,01		2,72
1.1	PE-Folie, FDT Dampfsperre fk		0,26	1.1	PE-Folie	0,01		0,26
	Summe	**103**	**6,09**		**Summe**	**0,6**	**0,05**	**6,07**

Ökobilanz Rückbauprozess Musterdach (pro m² Bauteil):

Ökobilanz Fall 01: Rückbau Abdichtungslagen

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO_4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C_2H_4 Äqv.]	GWP [kg CO_2-Äqv.]	AP [kg SO_2 Äqv.]
1.5-1.6	PIB-Kunststoffbahn mit Vlies + Klettsystem	-68,95	-5,48	-2,87E-02	-5,26E-04	-1,02E-08	-4,95E-04	2,66	-4,26E-03
1.4	Befestigungsmittel Stahl (Flexen)	-1,10	-0,01	-5,77E-04	-2,60E-05	2,64E-09	-4,35E-05	-0,08	-2,83E-04
	Summe EoL	**-70,05**	**-5,48**	**-2,93E-02**	**-5,52E-04**	**-7,57E-09**	**-5,38E-04**	**2,58**	**-4,54E-03**
	Summe Transport	**0,57**	**0,02**	**2,74E-04**	**6,55E-05**	**2,01E-12**	**-1,13E-04**	**3,95E-02**	**3,58E-04**
	Summe Energie	**5,25E-02**	**8,92E-03**	**1,80E-05**	**5,93E-07**	**1,66E-11**	**4,55E-07**	**3,24E-03**	**6,40E-06**
	Summe Gesamt	**-69,43**	**-5,45**	**-0,03**	**-4,86E-04**	**-7,55E-09**	**-6,51E-04**	**2,624**	**-4,18E-03**

Ökobilanz Fall 02: Rückbau Komplettsystem FD

	Schichtname	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
1.5-1.6	PIB-Kunststoffbahn mit Vlies + Klettsystem	-68,951	-5,477	-2,9E-02	-5,3E-04	-1,0E-08	-4,9E-04	2,66	-4,3E-03
1.4	Befestigungsmittel Stahl (Flexen)	-1,102	-0,005	-5,8E-04	-2,6E-05	2,6E-09	-4,4E-05	-0,08	-2,8E-04
1.3	Brandschutzgitter	0,034	0,003	1,6E-05	2,3E-06	1,9E-12	2,0E-06	0,00	1,6E-05
1.2	EPS	-82,127	-1,064	-3,5E-02	-5,0E-04	-2,2E-07	-4,7E-04	3,18	-5,3E-03
1.1	PE-Folie	-6,365	-0,506	-2,6E-03	-4,9E-05	-9,4E-10	-4,6E-05	0,25	-3,9E-04
	Summe EoL	**-158,511**	**-7,049**	**-6,7E-02**	**-1,1E-03**	**-2,3E-07**	**-1,0E-03**	**6,01**	**-1,0E-02**
	Summe Transport	**7,375**	**0,293**	**0,004**	**8,4E-04**	**2,6E-11**	**-1,5E-03**	**0,51**	**4,6E-03**
	Summe Energie	**0,05**	**0,01**	**1,80E-05**	**5,93E-07**	**1,66E-11**	**4,55E-07**	**0,00**	**6,40E-06**
	Summe Gesamt	**-151,08**	**-6,75**	**-6,39E-02**	**-2,57E-04**	**-2,33E-07**	**-2,50E-03**	**6,52**	**-5,58E-03**

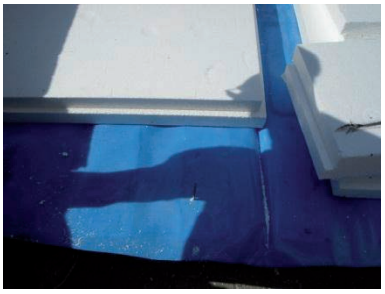
Kosten Brutto: Fall 02: Rückbau Komplettsystem Flachdachaufbauten

	Entsorgungskosten [€/m²]	Kosten Arbeitsaufwand [€/m²]	Summe Gesamt [€/m²]
Kosten Rückbau Gesamt	1,08	2,40	3,48

Ökobilanz Rückbau FD in Abhängigkeit vom U-Wert (pro m² Bauteil):

	Wärmedämmstandard	PEne [MJ]	PEe [MJ]	ADP [kg Sb- Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg C2H4 Äqv.]	GWP [kg CO2-Äqv.]	AP [kg SO2 Äqv.]
	ENEV 2009	-206,59	-7,33	-8,76E-02	-6,13E-05	-3,98E-07	-3,82E-03	9,21	-6,38E-03
	Passivhaus	-248,21	-7,77	-1,05E-01	8,54E-05	-5,22E-07	-4,81E-03	11,22	-6,98E-03

Fotodokumentation Rückbauprozess:



Anhang 8: Technische Datenblätter, Produktdatenblätter, Sicherheitsdatenblätter Versuchsaufbauten (als Auszug)

HECK
MultiTherm

Verarbeitungsrichtlinien

HECK MultiTherm

BASF
The Chemical Company

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1	Vorbemerkungen	3
2	Untergrundvorbehandlung	5
3	Sockelabschluss	7
4	Befestigung der Dämmplatten	8
5	Anschlüsse an andere Bauteile, Kantenausbildung und Dehnungsfugen	19
6	Armierungsschicht	24
7	Endbeschichtungen und Oberflächengestaltung	28
8	HECK MultiTherm Dämmsysteme im Sockelbereich	35
9	HECK MultiTherm Dämmputzsysteme	37
10	HECK MultiTherm Innendämmung	38
11	Schlussbemerkung	43

1 Vorbemerkungen

Eine außenseitige Wärmedämmung mit Wärmedämm-Verbundsystemen spart Heizkosten, schont die Umwelt, verbessert das Wohn- und Raumklima und schützt die Fassade. WDV-Systeme haben sich seit über fünf Jahrzehnten in der Praxis bewährt. Um die Funktion einer gedämmten Fassade dauerhaft zu gewährleisten, müssen Wärmedämm-Verbundsysteme fachgerecht geplant und sorgfältig verarbeitet werden.
Diese Verarbeitungsrichtlinie verliert bei Erscheinen einer neuen Ausgabe ihre Gültigkeit. Mit den Angaben wollen wir nach bestem Wissen beraten. Die Verarbeitungshinweise sind unverbindlich, sie müssen auf die jeweiligen Verhältnisse abgestimmt werden.
Für HECK-Kunden gilt, dass vor der Planung bzw. Verarbeitung unserer WDV-Systeme ggf. eine Einweisung in unsere Produktsysteme vorzunehmen ist. Nehmen Sie hierzu bitte mit uns Kontakt auf.

1.1 Regelwerke

Wärmedämm-Verbundsysteme unterliegen wie andere Baustoffe den gesetzlichen Bestimmungen, technischen Vorschriften und Normen z. B.:

- Landesbauordnungen
- VOB
- Normen, z. B. DIN4102 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen)
- DIN 1055 (Lastannahmen)
- DIN 4108 (Wärmeschutz im Hochbau)
- DIN 4109 (Schallschutz im Hochbau)
- DIN 18 550 (Putz und Putzsysteme – Ausführung)
- DIN 18 558 (Kunstharzputze)
- DIN 55 699 (Verarbeitung von Wärmedämm-Verbundsystemen)
- DIN EN 13 163 (Wärmedämmstoff aus expandiertem Polystyrol)
- DIN EN 13 162 (Wärmedämmstoff aus Mineralwolle)
- BFS-Merkblatt 21, Ausgabe Feb. 2005 (Techn. Richtlinien für die Planung und Verarbeitung von WDVS)
- DIN 18195 (Bauwerksabdichtungen)
- DIN 4095 (Dränung zum Schutz baulicher Anlagen)
- ATV DIN 18 299 (Allg. Regelung für Bauarbeiten jeder Art)
- ATV DIN 18 345 (Wärmedämm-Verbundsysteme)
- ATV DIN 18 350 (Putz- und Stuckarbeiten)
- ATV DIN 18 363 (Maler- und Lackiererarbeiten)
- DIN 13 914 (Planung, Zubereitung und Ausführung von Innen- und Außenputzen)
- DIN EN 13 500 (Außenseitige Wärmedämm-Verbundsysteme aus Mineralwolle)
- DIN EN 13 499 (Außenseitige Wärmedämm-Verbundsysteme aus expandiertem Polystyrol)
- DIN EN 1062-1 (Beschichtungsstoffe)
- DIN EN 998-1 (Putzmörtel)
- Flachdachrichtlinie und Fachregeln des Klempner- und Garten- und Landschaftsbau
- Energieeinsparverordnung (EnEV)

WDV-Systeme zählen zu den „nicht geregelten Bauprodukten" und sind deshalb in Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen bzw. in nationalen Anwendungszulassungen der Europäisch-technischen Zulassungen beschrieben, die durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) erteilt werden.

Bei der Anwendung unserer Produkte müssen die gültigen technischen Merkblätter beachtet werden.

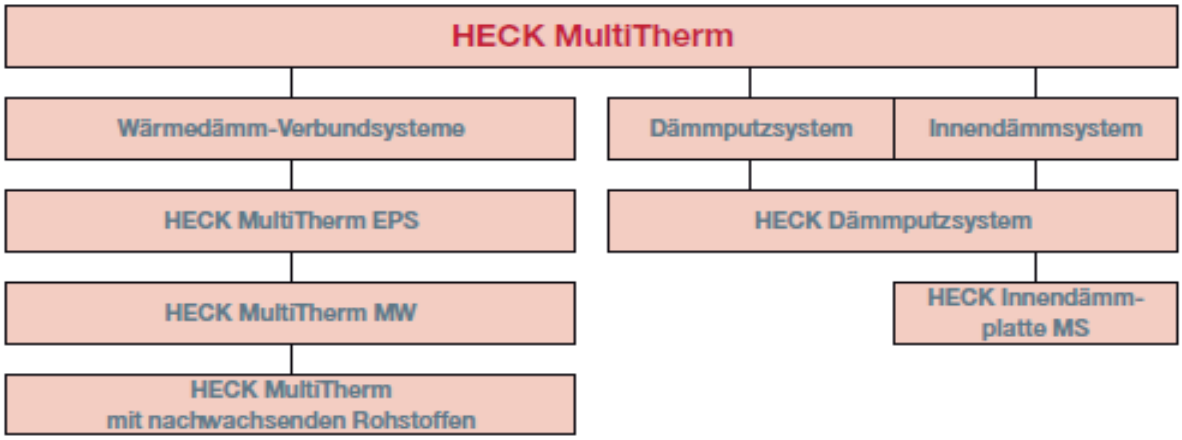
Tabelle 1

Systemname	Dämmstoff / Befestigung	Zulassungsnummer
HECK MultiTherm EPS	EPS / geklebt	Z-33.41-90 ETA-05/0045 + Z-33.84-698
HECK MultiTherm EPS	EPS / geklebt und gedübelt*	Z-33.43-281 ETA-05/0045 + Z-33.84-698
HECK MultiTherm M-EPS	EPS / Schienenbefestigung	Z-33.42-282
HECK MultiTherm M-EPS Stellfuchs*	EPS / Stellfuchs	Z-33.42-282 + Z-33.9-453
HECK MultiTherm L-MW	Mineralwolle-Lamelle / geklebt*	Z-33.44-283 ETA-05/0079 + Z-33.84-699
HECK MultiTherm L-MW	Mineralwolle-Lamelle / geklebt und gedübelt*	Z-33.43-281 ETA-05/0079 + Z-33.84-699
HECK MultiTherm MW	Mineralwolle-Platte / geklebt und gedübelt*	Z-33.43-281 ETA-05/0216 + Z-33.84-697
HECK MultiTherm M-MW	MW / Schienenbefestigung	Z-33.42-282
HECK MultiTherm M-MW Stellfuchs*	MW / Stellfuchs	Z-33.42-282 + Z-33.9-453
HECK MultiTherm Keramik	EPS / geklebt und gedübelt	Z-33.46-413
HECK MultiTherm Keramik	Mineralwolle / geklebt und gedübelt	Z-33.46-413

* Die eventuell notwendige Verdübelung der Wärmedämm-Verbundsysteme, bis auf das HECK Stellfuchssystem, ist in diesem Merkblatt nicht beschrieben. Hierzu bitte in der HECK MultiTherm Technischen Information Verdübelung bzw. der Zulassung nachschlagen.

HECK MultiTherm stehen für mehr als 50 Jahre Erfahrung im Bereich Fassadendämmung. Alle Systemkomponenten und Zubehörteile sind von der Firma Colfirmit Rajasil GmbH & Co. KG zu beziehen. In den Zulassungen sind u. a. folgende Nachweise und Festlegungen enthalten:

- Standsicherheit
  Aussagen zur Standsicherheit des Systems bezogen auf den Untergrund und die Befestigung der Dämmplatten (Verkleben, Verdübeln, mechanische Befestigung) in Bezug auf Eigen- und Windlastabtrag
- Brandschutz
  Einstufung der WDV-Systeme nach DIN 4102 in die Baustoffklasse A2 (nicht brennbar) oder B1 (schwer entflammbar)
- Wärmeschutz/ Feuchteschutz DIN 4108-3
  Nachweis der Wärmeleitfähigkeit und der Wasseraufnahme der einzelnen Komponenten sowie der WDV-Systeme
- Schallschutz DIN 4109
  Aussagen zum Einfluss von WDV-Systemen auf das bewertete Schalldämmmaß R_w der Außenwand
- Verarbeitung
- Festlegung, dass die in den Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen aufgeführten Komponenten des WDV-Systems ausschließlich von einem Systemanbieter zu liefern und vom ausführenden Unternehmer zu verarbeiten sind.



Bei der Anwendung unserer Produkte müssen die gültigen technischen Merkblätter beachtet werden.

BASF Wall Systems - Colfirmit Rajasil GmbH & Co. KG - Tholauer Straße 25 - 95615 Marktredwitz / Germany - www.colfirmit.de

BASF

The Chemical Company

Technisches Merkblatt 08.10

HECK SHP

33008

(HECK Siliconharzputz)

HECK Siliconharzputz: Dekorputz auf Siliconharzbasis

HECK SHP (HECK Siliconharzputz) wird gebrauchsfertig in Eimern angeliefert und ist als Kratzputzcharakter (KC) oder Reibeputz (R) lieferbar:

HECK SHP KC1,0 (HECK Siliconharzputz KC1,0)	Größtkorn ca. 1,0 mm
HECK SHP KC1,5 (HECK Siliconharzputz KC1,5)	Größtkorn ca. 1,5 mm
HECK SHP KC2 (HECK Siliconharzputz KC2)	Größtkorn ca. 2 mm
HECK SHP KC3 (HECK Siliconharzputz KC3)	Größtkorn ca. 3 mm
HECK SHP R2 (HECK Siliconharzputz R2)	Größtkorn ca. 2 mm
HECK SHP R3 (HECK Siliconharzputz R3)	Größtkorn ca. 3 mm

Eigenschaften:

- leicht zu verarbeiten
- hoch wasserdampfdiffusionsfähig und kohlendioxiddurchlässig
- hoch wasserabweisend
- fungizid und algizid ausgerüstet
- Farbtöne: weiß oder nach Color Sensation Farbtonblock, andere Farbtöne auf Anfrage

Anwendungsbereich: für den Außenbereich, sockeltauglich, auch auf HECK Dämmsystemen EPS

Für darüber hinausgehende Verwendungen haftet der Anwender selbst.

Zusammensetzung: Polymerdispersion, Siliconharz, Marmorkörnungen, Pigmente

Technische Daten:

s_d-Wert	= 0,1 m
w-Wert	≤ 0,1 kg/(m²h^{0,5})

Verbrauch:

Putzweise:	Verbrauch:
HECK SHP KC1,0 (HECK Siliconharzputz KC1,0)	ca. 1,9 kg/m²
HECK SHP KC1,5 (HECK Siliconharzputz KC1,5)	ca. 2,2 kg/m²
HECK SHP KC2 (HECK Siliconharzputz KC2)	ca. 3,0 kg/m²
HECK SHP KC3 (HECK Siliconharzputz KC3)	ca. 3,6 kg/m²
HECK SHP R2 (HECK Siliconharzputz R2)	ca. 2,5 kg/m²
HECK SHP R3 (HECK Siliconharzputz R3)	ca. 3,4 kg/m²

Bei den Verbrauchsangaben handelt es sich um ermittelte Durchschnittswerte aus der Praxis. Es kann je nach Auftragsdicke und Untergrund ein geringfügiger Mehr- oder Minderverbrauch auftreten.

Verarbeitungs- und Untergrundtemp.: mindestens + 5 °C, rel. Luftfeuchtigkeit < 90 %. Ein Unterschreiten der Temperaturen während der Erhärtungsphase (mehrere Tage) kann die Produkteigenschaften nachhaltig ungünstig beeinflussen.

Putzgrund/ Putzgrundvorbereitung: Mineralische Putze CS II-IV nach DIN EN 998-1 (P II-IV nach DIN V 18 550), zementfreie Spachtelmassen, Beton, Faserzement, Gips- oder Gipskartonplatten, Hartfaserplatten, Spanplatten, Sperrholz, feste Anstriche. Die Anwendung von Unterputzen der BASF Wall Systems GmbH & Co. KG wird empfohlen, da deren technische Eigenschaften auf die Beschichtung mit HECK SHP (HECK Siliconharzputz) abgestimmt sind.

Arbeitsbereich unbedingt vor Beginn der Arbeiten gut abdecken.

Der Untergrund muss rissfrei, planeben, sauber, staub- und fettfrei, fest und trocken sein (Kondensatbildung beachten). Unterputze nicht filzen, nur eben abziehen, Mörtelgrate entfernen.

Ein Voranstrich mit HECK UG (HECK Universalgrundierung) ist vorzunehmen, am Folgetag kann dann der Putz aufgebracht werden.

Seite 1 von 2

HECK MultiTherm

BASF

The Chemical Company

Technisches Merkblatt 08.10

HECK SHP

33008

(HECK Siliconharzputz)

HECK Siliconharzputz: Dekorputz auf Siliconharzbasis

HECK SHP (HECK Siliconharzputz) wird gebrauchsfertig in Eimern angeliefert und ist als Kratzputzcharakter (KC) oder Reibeputz (R) lieferbar:

HECK SHP KC1,0 (HECK Siliconharzputz KC1,0)	Größtkorn ca. 1,0 mm
HECK SHP KC1,5 (HECK Siliconharzputz KC1,5)	Größtkorn ca. 1,5 mm
HECK SHP KC2 (HECK Siliconharzputz KC2)	Größtkorn ca. 2 mm
HECK SHP KC3 (HECK Siliconharzputz KC3)	Größtkorn ca. 3 mm
HECK SHP R2 (HECK Siliconharzputz R2)	Größtkorn ca. 2 mm
HECK SHP R3 (HECK Siliconharzputz R3)	Größtkorn ca. 3 mm

Eigenschaften:

- leicht zu verarbeiten
- hoch wasserdampfdiffusionsfähig und kohlendioxiddurchlässig
- hoch wasserabweisend
- fungizid und algizid ausgerüstet
- Farbtöne: weiß oder nach Color Sensation Farbtonblock, andere Farbtöne auf Anfrage

Anwendungsbereich: für den Außenbereich, sockeltauglich, auch auf HECK Dämmsystemen EPS

Für darüber hinausgehende Verwendungen haftet der Anwender selbst.

Zusammensetzung: Polymerdispersion, Siliconharz, Marmorkörnungen, Pigmente

Technische Daten:

s_d-Wert	= 0,1 m
w-Wert	≤ 0,1 kg/(m²h^{0,5})

Verbrauch:

Putzweise:	Verbrauch:
HECK SHP KC1,0 (HECK Siliconharzputz KC1,0)	ca. 1,9 kg/m²
HECK SHP KC1,5 (HECK Siliconharzputz KC1,5)	ca. 2,2 kg/m²
HECK SHP KC2 (HECK Siliconharzputz KC2)	ca. 3,0 kg/m²
HECK SHP KC3 (HECK Siliconharzputz KC3)	ca. 3,6 kg/m²
HECK SHP R2 (HECK Siliconharzputz R2)	ca. 2,5 kg/m²
HECK SHP R3 (HECK Siliconharzputz R3)	ca. 3,4 kg/m²

Bei den Verbrauchsangaben handelt es sich um ermittelte Durchschnittswerte aus der Praxis. Es kann je nach Auftragsdicke und Untergrund ein geringfügiger Mehr- oder Minderverbrauch auftreten.

Verarbeitungs- und Untergrundtemp.: mindestens + 5 °C, rel. Luftfeuchtigkeit < 90 %. Ein Unterschreiten der Temperaturen während der Erhärtungsphase (mehrere Tage) kann die Produkteigenschaften nachhaltig ungünstig beeinflussen.

Putzgrund/ Putzgrundvorbereitung: Mineralische Putze CS II-IV nach DIN EN 998-1 (P II-IV nach DIN V 18 550), zementfreie Spachtelmassen, Beton, Faserzement, Gips- oder Gipskartonplatten, Hartfaserplatten, Spanplatten, Sperrholz, feste Anstriche. Die Anwendung von Unterputzen der BASF Wall Systems GmbH & Co. KG wird empfohlen, da deren technische Eigenschaften auf die Beschichtung mit HECK SHP (HECK Siliconharzputz) abgestimmt sind.

Arbeitsbereich unbedingt vor Beginn der Arbeiten gut abdecken.

Der Untergrund muss rissfrei, planeben, sauber, staub- und fettfrei, fest und trocken sein (Kondensatbildung beachten). Unterputze nicht filzen, nur eben abziehen, Mörtelgrate entfernen.

Ein Voranstrich mit HECK UG (HECK Universalgrundierung) ist vorzunehmen, am Folgetag kann dann der Putz aufgebracht werden.

Seite 1 von 2

HECK MultiTherm

BASF

The Chemical Company

Technisches Merkblatt 08.10

HECK SIP

33009

(HECK Silikatputz)

HECK Silikatputz:

Dekorputz auf Wasserglasbasis

HECK SIP (HECK Silikatputz) wird gebrauchsfertig in Eimern angeliefert und ist als Kratzputzcharakter (KC) oder Reibeputz (R) lieferbar:

HECK SIP KC1,5 (HECK Silikatputz KC1,5)	Größtkorn ca. 1,5 mm
HECK SIP KC2 (HECK Silikatputz KC2)	Größtkorn ca. 2 mm
HECK SIP KC3 (HECK Silikatputz KC3)	Größtkorn ca. 3 mm
HECK SIP R2 (HECK Silikatputz R2)	Größtkorn ca. 2 mm
HECK SIP R3 (HECK Silikatputz R3)	Größtkorn ca. 3 mm

Eigenschaften:

leicht zu verarbeiten, Haftung durch Verkieselung am Untergrund, keine Filmbildung, hoch wasserdampfdiffusionsfähig und kohlendioxiddurchlässig, wasserabweisend

Farbtöne: weiß oder nach Color Sensation Farbtonblock, andere Farbtöne auf Anfrage oder CoRaMix Farbtonblock

Anwendungsbereich:

für Außenbereich und auf HECK Dämmsystemen.

Für darüber hinausgehende Verwendungen haftet der Anwender selbst.

Zusammensetzung:

stabilisiertes Wasserglas, Marmorkörnungen, anorganische Pigmente, Zusätze zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit

Technische Daten:

Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl μ:	ca. 35
w-Wert	≤ 0,2 kg/(m²h^{0,5})

Verbrauch:

Putzweise:	Verbrauch:
HECK SIP KC1,5 (HECK Silikatputz KC1,5)	ca. 2,8 kg/m²
HECK SIP KC2 (HECK Silikatputz KC2)	ca. 3,5 kg/m²
HECK SIP KC3 (HECK Silikatputz KC3)	ca. 4,0 kg/m²
HECK SIP R2 (HECK Silikatputz R2)	ca. 3,0 kg/m²
HECK SIP R3 (HECK Silikatputz R3)	ca. 3,5 kg/m²

Bei den Verbrauchsangaben handelt es sich um ermittelte Durchschnittswerte aus der Praxis. Es kann je nach Auftragsdicke und Untergrund ein geringfügiger Mehr- oder Minderverbrauch auftreten.

Verarbeitungs- und Untergrundtemp.:

mindestens + 8 bis 25 °C. Ein Unter- oder Überschreiten der Temperaturen während der Erhärtungsphase kann die Produkteigenschaften nachhaltig ungünstig beeinflussen.

Untergrund:

Mineralische Putze CS II - IV nach DIN EN 998-1 (P 1 - IV nach DIN V 18 550), Beton, Faserzement, Gips- oder Gipskartonplatten. Die Anwendung von Unterputzen der BASF Wall Systems GmbH & Co. KG wird empfohlen, da deren technische Eigenschaften auf die Beschichtung mit HECK SIP (HECK Silikatputz) abgestimmt sind.

Vorbereitende Arbeiten:

Wasserglas ist in frischem Zustand hoch alkalisch, daher Glas-, Metall-, Keramikflächen usw. unbedingt vor Beginn der Anstricharbeiten gut abdecken.

Der Untergrund muss rissfrei, planeben, sauber, staub- und fettfrei, fest und trocken sein (Kondensatbildung beachten). Unterputze nicht filzen, nur eben abziehen, Mörtelgrate entfernen.

Mineralische Unterputze müssen durchgetrocknet sein (Standzeit gemäß technischem Merkblatt), frische Nachputzstellen, z. B. bei Altbauten, **vorab fluatieren**, nachwaschen und abtrocknen lassen. Grundsätzlich ist ein Voranstrich mit HECK UG (HECK Universalgrundierung) vorzunehmen, am Folgetag kann dann der Putz aufgebracht werden.

Die Saugfähigkeit des Untergrundes ist rechtzeitig zu prüfen. Auf einen Grundieranstrich kann bei günstigen Witterungsverhältnissen eventuell verzichtet werden, wenn Silikatputze der Type „KC" auf gleichmäßig und sehr gering saugenden, wasserabweisenden Unterputzen, wie z. B. HECK K+A, aufgebracht werden.

Seite 1 von 2

HECK MultiTherm

BASF

The Chemical Company

Technisches Merkblatt 08.10

HECK UG

33001

(HECK Universalgrundierung)

HECK Universalgrundierung:	lösemittelfreie, pigmentierte, quarzgefüllte Grundierung für außen und innen
Eigenschaften:	leicht zu verarbeiten, quarzgefüllt, hoch verseifungsbeständig, lösemittelfrei, geruchsarm, ergibt eine griffige Oberfläche, wasserdampfdiffusionsoffen verringert bzw. regelt die Wasseraufnahme stark oder unterschiedlich saugender Untergründe, haftungsverbessernd
Farbtöne:	weiß oder nach Color Sensation Farbtonblock, andere Farbtöne auf Anfrage
Anwendungsbereich:	für Außen- und Innenbereich Grundierung auf tragfähigen, saugenden, mineralisch oder organisch gebundenen Untergründen. Auch auf glatten Gips- bzw. Gips-Kalkputz-Oberflächen und Gipskartonplatten. Grundierung für mineralisch und organisch gebunde HECK Oberputze, auch auf HECK Dämmsystemen. Für darüber hinausgehende Verwendungen haftet der Anwender selbst.
Zusammensetzung:	Polymerdispersion sowie Pigmente und feine Quarzkörnung, nicht filmbildend
Verbrauch:	0,2 - 0,3 l / m² (bei stark saugenden Untergründen Mehrverbrauch möglich)
Verarbeitungs- und Untergrundtemp.:	mindestens + 5 °C. Ein Unterschreiten der Temperaturen während der Erhärtungsphase kann die Produkteigenschaften nachhaltig ungünstig beeinflussen.
Untergrund:	Der Untergrund muss erhärtet, tragfähig, sauber, trocken und fettfrei sein. Neue Putze und Beton müssen genügend abgebunden haben. Bevor mit dem Grundieren begonnen wird, ist darauf zu achten, dass alle nicht zu grundierenden Teile gut abgedeckt werden. Gelangt trotzdem Grundierung auf ungeschützte Flächen, ist diese sofort zu entfernen. Gebindeinhalt vor Gebrauch gut aufrühren.
Verarbeitung:	HECK UG (HECK Universalgrundierung) unverdünnt bzw. mit max. 5 % Wasser verdünnt einmal mittels Rollen oder Streichen aufbringen. Vor Folgebeschichtungen Trockenzeit von mindestens 5 Stunden, je nach Umgebungsbedinungen, einhalten.
Nachbehandlung:	Die frische Grundierung muss vor zu schnellem Wasserentzug (Sonne, Wind, hohe Temperaturen), Frosteinwirkung und Regen geschützt werden.
Oberflächen-beschichtung:	mit HECK Oberputzen: HECK ED (HECK Edel-Dekor), HECK STR (HECK Strukturputz), HECK SIP (HECK Silikatputz), HECK SHP (HECK Siliconharzputz), HECK Flachverblender

ISO 14001 TÜV SÜD ISO 9001 OHSAS 18001

Unsere Informationen entsprechen unseren heutigen Kenntnissen und Erfahrungen nach unserem besten Wissen. Wir geben sie jedoch ohne Verbindlichkeit weiter. Änderungen im Rahmen des technischen Fortschritts und der betrieblichen Weiterentwicklung bleiben vorbehalten. Unsere Informationen beschreiben lediglich die Beschaffenheit unserer Produkte und Leistungen und stellen keine Garantien dar. Der Abnehmer ist von einer sorgfältigen Prüfung der Funktionen bzw. Anwendungsmöglichkeiten der Produkte durch dafür qualifiziertes Personal nicht befreit. Dies gilt auch hinsichtlich der Wahrung von Schutzrechten Dritter. Die Erwähnung von Handelsnamen anderer Unternehmen ist keine Empfehlung und schließt die Verwendung anderer gleichartiger Produkte nicht aus. Mit dieser Ausgabe sind die früheren Technischen Merkblätter ungültig.

BASF Wall Systems GmbH & Co. KG
Thölauer Straße 25
95615 Marktredwitz / Germany
T: +49 9231 802-0
F: +49 9231 802-330
www.heck-multitherm.com

Seite 1 von 1

HECK MultiTherm

BASF

The Chemical Company

Technisches Merkblatt 08.10

HECK K+A

32003

HECK K+A:

Werktrockenmörtel mit PWS-Technologie, mineralischer Klebe- und Armierungsspachtel, GP, CS IV, W 2 nach DIN EN 998-1 (P III nach DIN V 18 550)

Eigenschaften:

- von Hand aber auch mit Putzmaschinen und Förderanlagen zu verarbeiten
- wasserdampfdiffusionsoffen und wasserabweisend
- faserarmiert
- filzbar
- Farbtöne: weiß, grau

Anwendungsbereich:

für Außen- und Innenbereich, sockeltauglich

- zum Kleben und Armieren von Dämmplatten in HECK Dämmsystemen
- zum Armieren und anschließendem Filzen in einer zweiten Schicht
- zum Glätten und Verspachteln geeigneter mineralischer Untergründe

Auch zum Ansetzen der Eck- und Diagonalarmierungen geeignet. Die Regelauftragsdicken müssen eingehalten werden. Dies gilt auch für den Bereich der Eckarmierungen.

Anwendung in Wärmedämm-Verbundsystemen:

- als **dünnschichtiger Armierungsspachtel** (3-6 mm) mit Einbettung von HECK AGG FINE (HECK Armierungsgewebe fein)
- als **dickschichtiger Armierungsspachtel** (7-10 mm) mit Einbettung von HECK AGG FINE (HECK Armierungsgewebe fein) bzw. in HECK Keramiksystemen mit HECK AGG CER (HECK Armierungsgewebe Keramik)
- als dünne filzbare Schicht (Schichtdicke ca. 2 mm) in einem 2. Arbeitsgang bei Kleinflächen, wie z. B. im Sockelbereich

Anwendung bei Fassadensanierungen:

- als Armierungsspachtel (3-5 mm) auf Beton und festen, tragfähigen, mineralischen Putzen CS III und IV nach DIN EN 998-1 (P II, III nach DIN V 18 550) mit HECK AGG FINE (HECK Armierungsgewebe fein). Für darüber hinausgehende Verwendungen haftet der Anwender selbst.

Zusammensetzung:

Weißkalkhydrat, Zement, sorgfältig zusammengesetzte Zuschläge, Zusatzmittel zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit, Haftfestigkeit und Wasserabweisung sowie Fasern

Technische Daten:

Rechenwert zur Wärmeleitfähigkeit λ_R:	0,87 W/(m·K)
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl μ:	ca. 25
Größtkorn:	ca. 1,0 mm

Verbrauch:

Kleben:

Punktverklebung (Schienensystem):	ca. 2 kg/m²
Wulst-Punkt-Verklebung / vollflächige Verklebung:	ca. 4 kg/m²
Teilflächenverklebung*:	ca. 6 kg/m²
Volliverklebung*:	ca. 8 kg/m²

Die Angaben gelten für ebene, glatte Untergründe. Beim Ausgleich von Unebenheiten Mehrverbrauch möglich!
*Kleberauftrag auf das Mauerwerk

Spachtel und Armierungsmörtel:
ca. 1,2 kg Trockenmörtel / m² je mm Schichtdicke
Bei maschineller Verarbeitung Mehrverbrauch möglich!

Putzgrund/ Putzgrundvorbereitung:

Arbeitsbereich unbedingt vor Beginn der Arbeiten gut abdecken.

Kleben der Dämmplatten und Spachteln auf mineralischem Untergrund:
Der Untergrund muss eben, tragfähig, sauber, trocken, fett- und staubfrei sein. Eine Reinigung wird empfohlen. Mürber oder hohl liegender Putz oder lose anhaftende Farbreste sowie Algen sind grundsätzlich zu entfernen.

Seite 1 von 3

HECK MultiTherm

EJOT®

Technische Daten *ejotherm*® STR U

Dübeldurchmesser	8 mm
Tellerdurchmesser	60 mm
Bohrlochtiefe, vertiefter Einbau $h_1 \geq$	50 mm (90 mm)
Bohrlochtiefe, oberflächenbündiger Einbau $h_2 \geq$	35 mm (75 mm)
Verankerungstiefe $h_{ef} \geq$	25 mm (65 mm)
Nutzungskategorien nach ETA	A, B, C, D, E
Europäische Technische Zulassung	ETA-04/0023
Kombinierbar mit aufsteckbaren Zusatztellern (oberflächenbündige Montage)	EJOT® SBL 140 *plus* EJOT® VT 90

Werte in Klammern: Verankerung in Porenbeton (Nutzungskategorie E)

Charakteristische Lasten *ejotherm*® STR U

Normalbeton C 12/15 nach EN 206-1	1,5 kN
Normalbeton C 16/20 - C 50/60 nach EN 206-1	1,5 kN
Mauerziegel (Mz) nach DIN 105	1,5 kN
Kalksandvollstein (KS) nach DIN EN 106	1,5 kN
Vollsteine aus Leichtbeton (V) nach DIN 18152	0,6 kN
Hochlochziegel (Hlz) nach DIN 105	1,2 kN
Hochlochziegel (Hlz) Referenzstein nach ÖNORM B6124	0,75 kN
Kalksandlochstein (KSL) nach DIN EN 106	1,5 kN
Hohlblöcke aus Leichtbeton (HbL) nach DIN 18151	0,6 kN
Haufwerksporiger Leichtbeton (LAC)	0,9 kN
Porenbeton P2 - P7	0,75 kN

Bei den zulässigen Lasten sind die jeweiligen nationalen Sicherheitsfaktoren zu berücksichtigen (Bsp. Deutschland: 3). Bitte Zulassung beachten.

Empfohlene Gebrauchslasten *ejotherm*® STR H

Holzfaserplatte (Dicke ≥ 17,0 mm)	0,25 kN
Spanplatte (Dicke ≥ 13,0 mm)	0,25 kN
Gipsfaserplatte (Dicke ≥ 12,5 mm)	0,15 kN
OSB-Platten (Dicke ≥ 16,0 mm)	0,25 kN
Massivholzplatten (Dicke ≥ 27 mm)	0,25 kN

Die empfohlenen Gebrauchslasten wurden unter der Annahme eines Sicherheitsfaktors von 3 ermittelt. Sie können objektabhängig schwanken.

Lieferprogramm *ejotherm*® STR U

Nutzungskat. A-D, Dämmung (mm)		Nutzungskat. E, Dämmung (mm)		Dübelbezeichnung und Länge (mm)
Neubau[1]	Altbau[2]	Neubau[1]	Altbau[2]	
80	60*	–	–	*ejotherm* STR U 115
100	80	60*	–	*ejotherm* STR U 135
120	100	80	60*	*ejotherm* STR U 155
140	120	100	80	*ejotherm* STR U 175
160	140	120	100	*ejotherm* STR U 195
180	160	140	120	*ejotherm* STR U 215
200	180	160	140	*ejotherm* STR U 235
220	200	180	160	*ejotherm* STR U 255
240	220	200	180	*ejotherm* STR U 275
260	240	220	200	*ejotherm* STR U 295
280	260	240	220	*ejotherm* STR U 315
300	280	260	240	*ejotherm* STR U 335
320	300	280	260	*ejotherm* STR U 355
340	320	300	280	*ejotherm* STR U 375
360	340	320	300	*ejotherm* STR U 395

*) nur oberflächenbündig
1) 10 mm Kleberdicke 2) 10 mm Kleberdicke und 20 mm Altputz

Lieferprogramm *ejotherm*® STR H

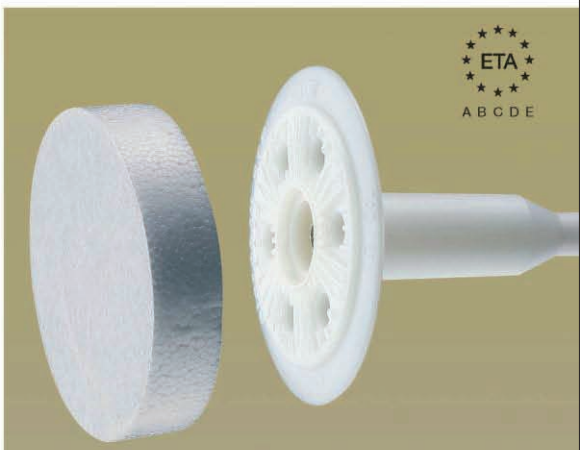
Vertiefter Einbau, Dämmung (mm)	Oberflächenbündig, Dämmung (mm)	Dübelbezeichnung und Länge (mm)
–	40	*ejotherm* STR H 080
–	60	*ejotherm* STR H 100
80	80	*ejotherm* STR H 120
100	100	*ejotherm* STR H 140
120	120	*ejotherm* STR H 160
140	140	*ejotherm* STR H 180
160	160	*ejotherm* STR H 200
180	180	*ejotherm* STR H 220
200	200	*ejotherm* STR H 240
220	220	*ejotherm* STR H 260
240	240	*ejotherm* STR H 280
260	260	*ejotherm* STR H 300

ejotherm STR-Stopfen liegen bei. Längen 240-300 ab Mitte 2008.

EJOT Baubefestigungen GmbH
In der Stockwiese 35 · D-57334 Bad Laasphe
Telefon +49 2752 908-0 · Telefax +49 2752 908-731
E-Mail: wdvs@ejot.de · Internet: www.ejot.de

422-D/06.08

EJOT®



Der wahrscheinlich längste Versenkdübel der Welt !

***ejotherm*® STR U**

Der Rondellendübel für Beton und Mauerwerk *

- mit europäischer Zulassung für alle Baustoffklassen
- geringste Verankerungstiefe
- Sicherheit durch höchste Lasten
- schnelle und einfache Montage

* für Holz und Metall: Rondellendübel *ejotherm*® STR H

EJOT STR-Prinzip

EJOT Qualität verbindet®

bauen ist maxit
franken maxit gruppe

maxit Schlagdübel NTK U

Produktbeschreibung

Bei der Befestigung von WDVS werden Dämmstoffplatten in der Regel auf die Fassade geklebt oder geklebt und verdübelt. Dabei wird die Eigenlast des Systems über Scherkräfte auf die Wand übertragen. Hochwertige, durch die Dämmung montierte Tellerdübel, erzeugen über ihren steifen Dübelteller zusätzlichen Anpressdruck. Dieser unterstützt den dauerhaften Reibschluss zwischen Kleber und Untergrund. Durch kraftvolle Verankerung in der Wand und den Anpressdruck des Tellers wird eine Einspannung des Dämmstoffs erreicht. Der europäisch technisch zugelassene Tellerdübel bietet geprüfte Sicherheit auch bei hohen Windsogbelastungen. Über ihren Teller und das Spreizelement leiten sie die Zugbeanspruchung in den tragenden Untergrund ab.

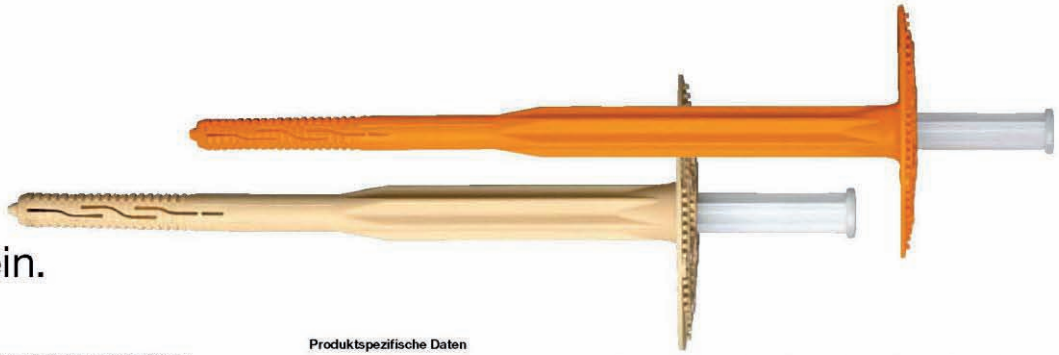
- Spezialdübel für die oberflächenbündige, statisch relevante Verdübelung Ø 8 mm, Tellerdurchmesser 60 mm
- Definierter Tellereinzug durch Teleskop-Effekt: mit dem letzten Schlag entkoppelt der Teller und verschiebt sich auf dem Schaft, während die Spreizzone fest verankert bleibt
- Minimiertes Risiko brechender Nägel durch faserverstärkten Verbundwerkstoff
- wird eine zusätzliche mechanische Befestigung mit bauaufsichtlicher Zulassung notwendig, kann dieser Dübel für verschiedene Baustoffklassen eingesetzt werden (siehe Tabelle unten)
- Nutzungskategorie gem. ETA: A, B und C
- Mindestbohrlochtiefe beträgt 50 mm
- Verankerungstiefe ohne Putzschicht beträgt 40 mm
- Verankerungsgründe sind: Beton, Voll- und Lochsteine,
- Bestimmung der Dübellänge z. B. Altbau: Verankerungstiefe 40 mm + tragfähiger Altputz 20 mm + Kleber 10 mm + Dämmstoffdicke z. B. 100 mm ergibt Dübellänge 170 mm
- Bestimmung der Dübellänge z. B. Neubau: Verankerungstiefe 40 mm + Kleber 10 mm + Dämmstoffdicke z. B. 100 mm ergibt Dübellänge 150 mm
- Der Dübel kann in Kombination mit maxit Aufsatzteller 90 und 140 je nach Erfordernis kombiniert werden
- Dübelanzahl pro m² siehe Zulassung unter Berücksichtigung der DIN 1055-4 (neu)

Franken maxit GmbH & CO.
Azendorf 63
D-95359 Kasendorf
Telefon +49 (0) 9220-18-0
Telefax +49 (0) 9220-18-200
www.franken-maxit.de

maxit Baustoffwerke GmbH
Brandensteiner Weg 1
D-07387 Krölpa
Telefon +49 (0) 3647-433-0
Telefax +49 (0) 3647-433-380
www.maxit-kroelpa.de

WDVS-Schlagdübel SD-FV und SDK-FV.

Für Beton, Voll- und Lochstein.



Schlagdübel für statisch relevante Dämmplatten-Befestigung.
Bauaufsichtliche Zulassung, ETA 03/0028 und ETA 07/0302 für EPS und Mineralwolle. Für Dämmstoffstärken von 10 bis 200 mm.

Einsatz:

- Schlagmontage von WDV-Systemen auf Beton, Voll-, Lochstein und Wetterschale.

Anwendungen/Vorteile:

- Universell für alle gängigen Untergründe
- Ausgleich typischer Baustellentoleranzen durch Setztiefe von 40 mm
- Sternführung verhindert brechen oder krummschlagen des Spreizdorns
- Keine Nacharbeit – oberflächenbündiges Setzen und optische Setzkontrolle
- Wärmebrückenoptimierter Dübel mit glasfaserverstärktem Nagel für dauerhaft schöne Fassadenoberflächen
- Bewährtes Schlagmontageprinzip
- Unempfindlich gegen Bohrstaub durch geschlossene Bohrspitze

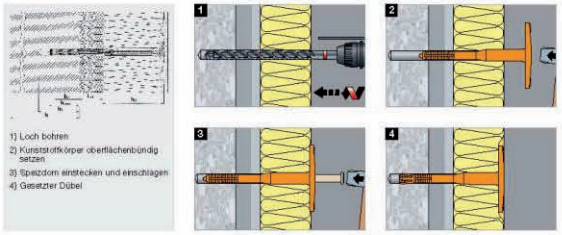
Produktspezifische Daten

WDVS-Schlagdübel SD-FV/SDK-FV			8x70	8x90	8x110	8x130	8x150	8x170	8x190	8x210	8x230	8x250
Dämmstoffdicke	h_d	[mm]	10-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100-120	120-140	140-160	160-180	180-200
Dübellänge	L_s	[mm]	70	90	110	130	150	170	190	210	230	250
Dübeldurchmesser	d_{nom}	[mm]	8									
Dübeltellerdurchmesser	d	[mm]	60									
Bohrernenndurchmesser	d_0	[mm]	8									
Bohrlochtiefe	h_1	[mm]	50									
Gesamteinbindetiefe	h_{nom}	[mm]	40									
Dicke nichttragende Schicht	t_{fix}	[mm]	0-20									
Min. Bauteildicke	h	[mm]	100									
Min. Achsabstand	s_{min}	[mm]	100									
Min. Randabstand	c_{min}	[mm]	100									
Länge Spreizdorn		[mm]	65	85	105	125	145	165	185	205	225	245
Zulassungsnummer			ETA-03/0028 (SD-FV) / ETA-07/0302 (SDK-FV)									

Zugtragfähigkeit in [kN]

Verankerungsgrund	Rohdichte-Klasse [kg/dm³]	Mindestdruck-festigkeit [N/mm²]	N_{Rk} SD-FV	N_{Rk} SDK-FV
Beton C12/15	–	–	0,6 kN	0,5 kN
Beton C16/20 bis C50/60	–	–	0,9 kN	0,6 kN
Vollmauerziegel z.B. nach DIN 105, Mz	≥ 1,6	12	0,9 kN	0,6 kN
Kalksandvollstein z.B. nach DIN 106, KS	≥ 1,6	12	0,9 kN	0,6 kN
Leichtbetonvollstein z.B. nach DIN 18152, V	–	–	–	–
Hochlochziegel z.B nach DIN 105, Hz	≥ 1,2	12	0,6 kN	0,4 kN
Kalksandlochstein mit Außenstegdicke > 20 mm z.B. nach DIN 106, KSL	≥ 1,4	12	0,6 kN	0,5 kN
Leichtbetonhohlblock z.B. nach DIN 18151, Hbl	–	–	–	–
Porenbeton z.B. nach DIN 4166, PP/PPE	–	–	–	–
Haufwerksporiger Leichtbeton z.B nach EN 1520, LAC	–	–	–	–
Dünne Betonplatten, Wetterschalen (C16/20 bis C50/60)	–	–	0,6 kN	–

Setzanleitung



Hochbau
Ausgabe RWA 08/2007

Putzträgerplatte Coverrock® 035

Produktbeschreibung

Nichtbrennbare Steinwolle-Dämmplatte als Kernstück für mineralische Wärmedämm-Verbundsysteme. Durch eine hoch verdichtete Oberfläche wird eine optimale Putzhaftung und einfachere Verdübelung gewährleistet. Verarbeitungsfreundlich durch handliches Format und geringes Gewicht. Neben dem hohen Wärmeschutz wird eine Verbesserung der Schalldämmung erreicht.

- **nichtbrennbar A1**
- **wärme- und schalldämmend**
- **Schall absorbierend**
- **Wasser abweisend**
- **diffusionsoffen**
- **schnell und einfach zu verarbeiten**
- **recycelbar**

Anwendungsbereich

Wärme-, Schall- und vorbeugender Brandschutz im Alt- und Neubaubereich durch die Anwendung in einem Wärmedämm-Verbundsystem an Außenwänden.

Lieferprogramm

Dicke/ mm	m²/ Paket	m²/Groß-gebinde*	R_D-Wert (m²·K/W)
60	2,0	20	1,65
80	1,5	15	2,20
100	1,0	12	2,75
120	1,0	10	3,30
140	1,0	8	3,85
160	1,0	8	4,40
180	1,0	6	5,00
Plattenformat L x B [mm]	800 x 625		

* Folienpakete auf Euro-Norm-Palette. Weitere Dicken auf Anfrage

Befestigung:
Die Dämmplatten werden mit Klebemörtel auf das zu dämmende Bauteil geklebt. Die Außenseite der Dämmplatten ist durch einen Rockwool-Schriftzug gekennzeichnet. Es ist darauf zu achten, dass dieser nach dem Kleben sichtbar ist. Nach Abtrocknen des Klebers werden die Dämmplatten zusätzlich gedübelt.

Vertrieb:
Als Bestandteil von Wärmedämm-Verbundsystemen durch Hersteller von Wärmedämm-Verbundsystemen.

Achtung!
Verarbeitungsrichtlinien des Systemherstellers beachten.

Bitte beachten:
Der Dämmstoff muss vor und während der Verarbeitung vor anhaltender Feuchteeinwirkung geschützt werden. Die Verarbeitung des Dämmstoffes sollte nur auf trockenen Untergründen erfolgen, um Verfärbungen auf der Fassade zu vermeiden.

Technische Daten

	Zeichen	Beschreibung / Messwert			Norm / Vorschrift
Produktart	MW-WV				ÖNORM B 6000
Brandverhalten	A1	Euroklasse A1, nichtbrennbar			ÖNORM EN 13501-1
Schmelzpunkt		Schmelzpunkt der Steinwolle > 1000 °C ab ca 250 °C Bindemittelverflüchtigung			DIN 4102-17
Nennwert der Wärmeleitfähigkeit	λ_D	0,036 W/(m·K)			ÖNORM EN 13162
Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl	MU 1	$\mu = 1,4$			ÖNORM EN 12086
Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene	TR5	$\sigma_{mt} \geq 5$ kPa			ÖNORM EN 1607
Druckspannung bei 10% Stauchung	CS(10)5	$\sigma_{10} \geq 5$ kPa			ÖNORM EN 826
Lieferdicke	d_L	60-100 mm	110-160 mm	170-180 mm	ÖNORM EN 13162
Stufe der Dynamischen Steifigkeit s'	SD	15 MN/m³	10 MN/m³	5 MN/m³	ÖNORM EN 29052-1

Unsere technischen Informationen geben den Stand unseres Wissens und unserer Erfahrung zum Zeitpunkt der Drucklegung wieder, verwenden Sie bitte deshalb die jeweils neueste Auflage, da sich Erfahrungs- und Wissensstand stets weiterentwickeln. In Zweifelsfällen setzen Sie sich bitte mit uns in Verbindung. Beschriebene Anwendungsbeispiele können besondere Verhältnisse des Einzelfalles nicht berücksichtigen und erfolgen daher ohne Haftung. Unseren Geschäftsbeziehungen mit Ihnen liegen stets unsere Allgemeinen Verkaufs-, Lieferungs- und Zahlungsbedingungen in der jeweils neuesten Fassung zugrunde, die wir Ihnen auf Anforderung gerne zur Verfügung stellen.

ROCKWOOL HANDELSGESELLSCHAFT M.B.H.
1120 Wien
Eichenstraße 38
Telefon: (01) 797 26-0
Telefax: (01) 797 26-29
www.rockwool.at

RWA 2007-08

GUTEX

Montage auf Massivholz- oder mineralischen Untergründen

Z-33.47-660 und Z-33.43-942

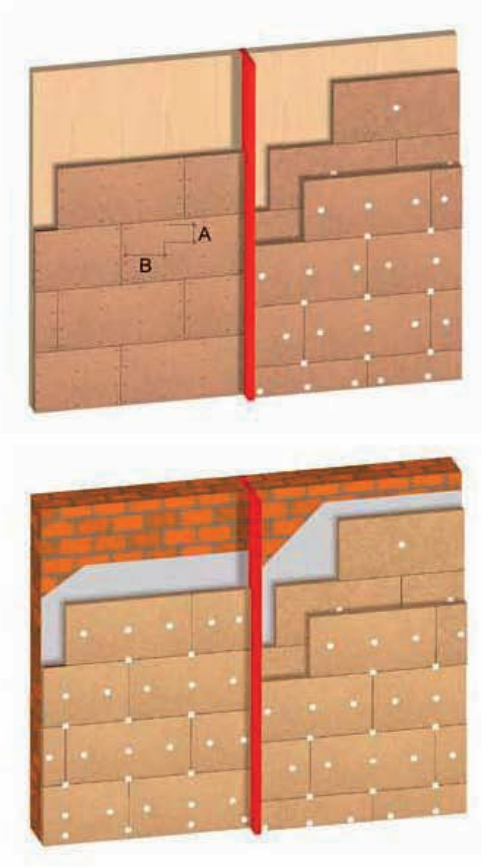
Kleinformatige Platten

GUTEX Thermowall; λ = 0,042 W/mK

stumpf:	20, 40, 60 und 80 mm dick
Format:	125 x 59 cm
stumpf:	100, 120, 140 und 160 mm dick
Format:	83 x 60 cm
Nut und Feder:	80 und 100 mm dick
Format:	130 x 60 cm

GUTEX Thermosafe-homogen

stumpf:	60, 80, 100 und 120 mm dick
Stufenfalz:	140, 160, 180 und 200 mm dick
Format:	120 x 62,5 cm



Auf Massivholzuntergründen z.B. Brettsperrholz oder Brettschichtholzwänden oder auf mineralischen Untergründen kann die GUTEX Thermowall bis zu 160 mm einlagig verlegt werden. Sind an den Wärmeschutz erhöhte Anforderungen gegeben, kann die GUTEX Thermowall in Kombination mit der GUTEX Thermosafe-homogen auch zweilagig verlegt werden.

Kombinationsvarianten für zweilagige Verarbeitung bei vollflächigen Untergründen

Gesamtdicke (mm)	Max. Dicke 1. Lage GUTEX Thermosafe-homogen (mm)	Mind. Dicke 2. Lage GUTEX Thermowall (mm)
120	60 stumpf	60 stumpf
140	80 stumpf	60 stumpf
160	100 stumpf	60 stumpf
180	120 stumpf	60 stumpf
200	140 Stufenfalz	60 stumpf
220	160 Stufenfalz	60 stumpf
240	160 Stufenfalz	80 N+F/stumpf
260	180 Stufenfalz	80 N+F/stumpf
280	200 Stufenfalz	80 N+F/stumpf
300	200 Stufenfalz	100 N+F/stumpf

Befestigung der zweiten Lage gemäß Zeichnung auf Seite 9

Befestigung auf Holzuntergründen

- GUTEX Thermowall Holzschrauben oder mit Breitrückenklammern aus Edelstahl
- Mindestlänge der Befestigungsmittel bei Holzuntergrund = Plattendicke + Mindesteindringtiefe
- Mindesteindringtiefe der Breitrückenklammer ≥ 30 mm
- Mindesteindringtiefe der GUTEX Thermowall Holzschraube ≥ 25 mm

Abstände der Befestigungsmittel:

- Breitrückenklammer:
  A ≤ 170 mm
  B ≤ 370 mm

Befestigung auf mineralischen Untergründen

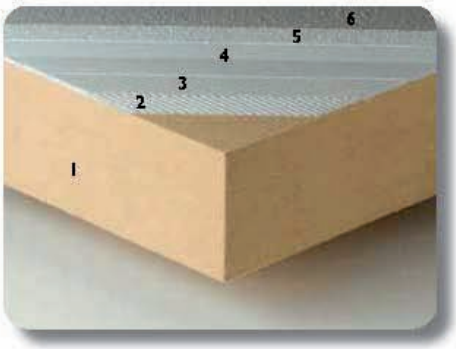
- Vollflächige Verklebung mit GUTEX Klebe- und Spachtelputz wird empfohlen (Verbrauch variiert je nach Untergrundbeschaffenheit)
- Zusätzlich mit GUTEX WDVS-Thermoschraubdübel (inkl. Verschlusselemente) verdübeln
- Nur Befestigungen im tragfähigen Untergrund sind statisch wirksam
- Mindesteindringtiefe der GUTEX WDVS-Thermoschraubdübel ≥ 35 mm
- Mindestlänge der Befestigungsmittel: Plattendicke + evtl. Altputz + mind. 35 mm

Bitte beachten Sie auch die allg. Verarbeitungsrichtlinien auf S. 8+9

– S. 7 –

GUTEX

GUTEX Putzsystem



Putzbeschichtungen haben die Aufgabe, Objekte vor Feuchtigkeit und andern Umwelteinflüssen zu schützen.
Die speziell entwickelten, geprüften und zugelassenen GUTEX Putzsysteme erfüllen diese Aufgabe in höchstem Maße. Das ideale Zusammenspiel zwischen Putz und Putzträgerplatte ist entscheidend für die Funktionsfähigkeit des Systems.
Mit zwei Systemen bieten wir die Möglichkeit, einen mineralischen Aufbau oder ein System mit Silikonharzdeckputz zu wählen.

Systemaufbau:	GUTEX WDVS-Produkte
1. Putzträgerplatte	GUTEX Thermowall und GUTEX Thermowall-gf
2. Unterputz	GUTEX Klebe- und Spachtelputz
3. Armierung	GUTEX Universal-Armierungsgewebe
Spritzwasserschutz (falls erforderlich)	GUTEX Sockelanstrich
4. Voranstrich	GUTEX Isoliergrund
5.1 Deckputz	GUTEX Combiputz
5.2 Deckputz	GUTEX Combi-Silikonharzputz
6. Farbanstrich	GUTEX Combi-Mineralfarbe/-PV

2. Unterputz / Grundputz

Der Unterputz kann in einem (Nass in Nass) oder in zwei (Querspachtelung + Armierungsspachtelung) Arbeitsgängen ausgeführt werden.

Um die Mindestdicke von 5 mm und die Lage der Armierung im äußeren Drittel des Unterputzes einzuhalten, empfehlen wir, den Unterputz in 2 Arbeitsgängen auszuführen.

3. Armierung

Sie ist verantwortlich für die Vermeidung von Rissbildung im Putz. Um die Bewegungen aus dem Untergrund und Spannungen aus thermischen Einflüssen aufnehmen zu können, bedarf es einer vollflächigen und überlappenden Verlegung.

Spritzwasserschutz

Mit dem zusätzlichen Spritzwasserschutz kann die GUTEX Thermowall/-gf bis an das Erdreich montiert werden.

4. Voranstrich

Er reguliert das Untergrundsaugverhalten und verhindert dadurch ein zu schnelles Aushärten des Deckputzes. Gleichzeitig dient er als Haftbrücke und gibt dem Unterputz den ersten Wetterschutz. Der mit Voranstrich versehene Unterputz kann längere Zeit offen stehen bevor der Deckputz aufgebracht wird (überwintern).

5.1 / 5.2 Deckputz

Er gibt dem System den eigentlichen Wetterschutz. Durch verschiedene Putzstrukturen, Korngrößen und Farben sind der Gestaltung keine Grenzen gesetzt.

6. Anstrich

Schützt zusätzlich vor Witterungseinflüssen, gibt ein einheitliches Erscheinungsbild und wirkt vorbeugend mit der GUTEX Mineralfarbe-PV gegen Pilz- und Algenbefall.

– S. 11 –

Verarbeitung

WDVS	GUTEX Thermowall
Verklebung der Platte auf mineralischen Untergründen	
Verarbeitung/Verbrauch	Vollflächige Verklebung mit GUTEX Klebe- und Spachtelputz. Verbrauch ca. 4 kg/m²
Aufbringen des Unterputzes in zwei Arbeitsgängen	
Querspachtelung	**GUTEX Klebe- und Spachtelputz**
Verarbeitung	25 kg GUTEX Klebe- und Spachtelputz mit 4-6 Liter sauberem Wasser knotenfrei anrühren. Auftrag mit Zahntraufel 4 mm oder maschineller Auftrag mit anschließendem Abziehen mit einer Zahntraufel 4 mm.
Trockenzeit	Bei 20°C/65% rel. Luftfeuchtigkeit ca. 24 - 48 Std.
Verbrauch	ca. 2,5 kg/m²
Liefereinheit	25 kg/Sack
Armierungs-spachtelung	**GUTEX Klebe- und Spachtelputz + GUTEX Universal-Armierungsgewebe**
Verarbeitung	25 kg GUTEX Klebe- und Spachtelputz mit ca. 4-6 Liter Wasser anrühren. Mit einer Traufel auf die Querspachtelung plan auftragen, GUTEX Universal-Armierungsgewebe einbetten und nochmals plan spachteln. Nass in nass arbeiten. Das Gewebe muss im äußeren Drittel eingebettet sein. Gewebestöße mind. 10 cm überlappend, an Fassadenöffnungen z.B. Fenstern zusätzlich Diagonalarmierung einarbeiten.
Trockenzeit	Bei 20°C/65% rel. Luftfeuchtigkeit ca. 24 - 48 Std.
Verbrauch	ca. 2,5 kg/m² / 1 lfm/m²
Liefereinheit	25 kg/Sack / 1,1 m breit
Putzdicke des Unterputzes	Mind. 5 mm, max. 8 mm
Alternativ: Aufbringen des Unterputzes in einem Arbeitsgang	
Unterputz	**GUTEX Klebe- und Spachtelputz + GUTEX Universal-Armierungsgewebe**
Verarbeitung	25 kg GUTEX Klebe- und Spachtelputz mit ca. 4-6 Liter Wasser knotenfrei anrühren. Mit einer Zahntraufel 15 mm oder maschinell auftragen, GUTEX Universal-Armierungsgewebe einbetten und plan spachteln. Es ist darauf zu achten, dass keine Luftnester entstehen. Das Gewebe muss im äußeren Drittel des Unterputzes liegen. Gewebestöße mind. 10 cm überlappend, an Fassadenöffnungen z.B. Fenstern zusätzlich Diagonalarmierung einarbeiten.
Trockenzeit	Bei 20°C/65% rel. Luftfeuchtigkeit ca. 48 Std.
Verbrauch	ca. 5 kg/m²
Liefereinheit	25 kg/Sack
Putzdicke des Unterputzes	Mind. 5 mm, max. 8 mm

Spritzwasserschutz	GUTEX Sockelanstrich
Verarbeitung	1:1 mit Portland-Zement mischen, anschließend mit Wasser auf Streichqualität verdünnen. Mit Pinsel oder Bürste auf den Unterputz im Spritzwasserbereich (30-50 cm) auftragen. Weiterer Aufbau mit GUTEX Isoliergrund
Trockenzeit	nach ca. 1-2 Tagen überarbeitbar
Verbrauch	ca. 0,5 kg/m²
Liefereinheit	18 kg/Eimer

– S. 12 –

GUTEX

WDV-System	GUTEX Thermowall
Aufbringen des Oberputzes	
Voranstrich	**GUTEX Isoliergrund**
Verarbeitung	Max. 10 % mit Wasser verdünnen. Isoliergrund mit Rolle oder Pinsel auftragen. Nicht airless-spritzbar. Umgebungsflächen sind zu schützen.
Trockenzeit	In der Regel über Nacht
Verbrauch	ca. 0,35 kg/m²
Liefereinheit	25 kg/Eimer
Deckputz	**GUTEX Combiputz (mineralisch)**
Verarbeitung	25 kg GUTEX Combiputz mit ca. 6-7 Liter sauberem Wasser knotenfrei anrühren. Mit rostfreier Stahltraufel auf Korngröße aufziehen. Strukturierung mit Plastiktraufel/Moosgummischeibe/PS-Brett. Verarbeitbar mit allen gängigen Feinputzmaschinen.
Trockenzeit	ca. 4-6 Tage
Verbrauch	Korn 1,5 mm 2,0 kg/m² Korn 2,0 mm 2,5 kg/m² Korn 3,0 mm 3,5 kg/m²
Liefereinheit	25 kg/Sack
Deckputz	**GUTEX Combi-Silikonharzputz (mineralisch)**
Verarbeitung	Mit möglichst wenig Wasser auf Verarbeitungskonsistenz einstellen. Vor der Verarbeitung gut aufrühren. Für maschinelle Verarbeitung muss die Wasserzugabe auf die jeweilige Maschine/Pumpe eingestellt werden.
Trockenzeit	Die Durchtrocknung ist nach ca. 14 Tagen erreicht.
Verbrauch	Je nach Oberflächenbeschaffenheit des Untergrundes: Korn 1,5 mm: Kratzputz: ca. 2,3 kg/m² Rille: 2,2 kg/m² Korn 2,0 mm: Kratzputz: ca. 3,0 kg/m² Rille: 2,7 kg/m² Korn 3,0 mm: Kratzputz: ca. 4,3 kg/m² Rille: 3,5 kg/m²
Liefereinheit	Eimer
Egalisationsanstrich	**GUTEX Combi-Mineralfarbe/-PV**
Verarbeitung	Mit Rolle vollflächig nass in nass auftragen. Streichen, rollen oder airless-spritzen. Es wird empfohlen, 2 Anstriche aufzubringen. Für exponierte Lagen ist die GUTEX Combi-Mineralfarbe-PV (Pilz und Algen vorbeugend) zu empfehlen.
Trockenzeit	nach ca. 8 Stunden überstreichbar
Verbrauch	ca. 0,3 l/m² und Anstrich
Liefereinheit	15 l/Eimer

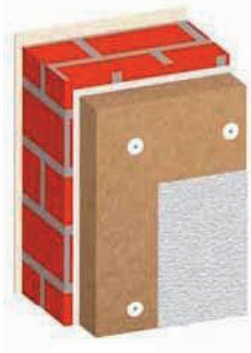
Bei eingefärbtem Deckputz oder eingefärbten Anstrichen ist ein Farbton mit Hellbezugswert > 20 zu wählen.

– S. 13 –

GUTEX

Konstruktionsbeispiele Neubau Mauerwerk

6. Mauerwerk einlagig gedämmt



- Putzbeschichtung
- Mauerziegel hochdämmend, 36 cm*
- **GUTEXThermowall**
- **GUTEX Putzsystem**

GUTEX Thermowall (mm)	U-Wert (W/m²K)	Phasenverschiebung (h)
60	0,20	23,5
80	0,18	24,8
100	0,17	26,1
120	0,16	27,4
140	0,15	28,8
160	0,14	30,1

7. Mauerwerk zweilagig gedämmt

- Putzbeschichtung
- Mauerziegel hochdämmend, 36 cm*
- **GUTEXThermosafe-homogen**
- **GUTEXThermowall**
- **GUTEX Putzsystem**

GUTEX Thermowall (mm)	GUTEX Thermosafe-homogen (mm)	U-Wert (W/m²K)	Phasenverschiebung (h)
60	120	0,12	33,4
	140	0,11	34,5
	160	0,10	35,6
80	160	0,10	36,9
	180	0,09	38,0
	200	0,09	39,1
100	200	0,09	40,5

8. Mauerwerk mit vorgesetzter Holzständerkonstruktion

- Putzbeschichtung
- Mauerziegel hochdämmend, 36 cm*
- **GUTEXThermoflex** zwischen Holzrahmen
- **GUTEXThermowall/-gf**
- **GUTEX Putzsystem**

GUTEX Thermowall/-gf (mm)	GUTEX Thermoflex (mm)	U-Wert [1] (W/m²K)	Phasenverschiebung (h)
40	140	0,12	30,6
	160	0,12	31,3
	180	0,11	32,0
60	140	0,12	32,2
	160	0,11	32,9
	180	0,11	33,6
80	140	0,11	33,4
	160	0,10	34,1
	180	0,10	34,8
100	140	0,10	34,8
	160	0,10	35,5
	180	0,09	36,2
120	140	0,10	36,2
	160	0,09	36,8
	180	0,09	37,5
140	140	0,09	38,0
	160	0,09	38,7
	180	0,09	39,4
160	140	0,09	39,3
	160	0,09	40,0
	180	0,08	40,7

[1] Berechnung mit 10 % Holzanteil

[2] angenommener λ-Wert = 0,09 W/mK des Mauerwerks

– S. 21 –

Technische Information

SCHAEFER KRUSEMARK

OPTIMAL PLUS
Scheibenputz – Rillenputz

VERWENDUNGSZWECK:

OPTIMAL PLUS dient zur dekorativen Gestaltung von Fassaden und Innenwänden. Aufgrund seiner Zusammensetzung und technischen Eigenschaften ist OPTIMAL PLUS besonders gut als Oberputz für das KALOTHERM Wärmedämmverbundsystem geeignet.

ZUSAMMENSETZUNG/ EIGENSCHAFTEN:

OPTIMAL PLUS ist ein mineralischer Werktrockenmörtel der Mörtelgruppe CS II, hergestellt aus hochwertigen Quarzsanden und -körnungen, normgerechten hydraulischen Bindemitteln sowie exakt abgestimmten Vergütungsstoffen. Als Strukturkorn bei Scheibenputzen finden reine Kalkstein- oder Marmorkörnungen Anwendung. Für farbigen OPTIMAL PLUS finden nur kalk-zement- und lichtechte Farbpigmente Anwendung. OPTIMAL PLUS ist hydrophob (wasserabweisend) eingestellt und zeichnet sich besonders durch leichte Verarbeitung aus.

KÖRNUNG/ ERGIEBIGKEITEN:

Scheibenputz		Rillenputz	
1,5 mm	ca.12 m³/Sack	2,5 mm	ca 10 m³/Sack
2,0 mm	ca.11 m³/Sack	3,0 mm	ca. 8 m³/Sack
3,0 mm	ca. 9 m³/Sack	5,0 mm	ca. 6 m³/Sack
4,0 mm	ca. 7 m³/Sack		

In 30 kg-Säcken.

LAGERUNG:

Trocken, möglichst auf Holzrosten und vor Zugluft geschützt lagern.

FARBTÖNE:

OPTIMAL PLUS ist in allen Farbtönen des SCHAEFER KRUSEMARK Color-Systems lieferbar. Besondere Farbeinstellungen können auf Wunsch berücksichtigt werden. Für die Verarbeitung von farbigem OPTIMAL PLUS verweisen wir auf unsere technische Informationen "Auswahl und Verarbeitung farbiger Edelputze" sowie Egalisationsfarbe.

MÖRTELBEREITUNG:

Mit allen gängigen Putzmaschinen.
Bei Verarbeitung von Hand OPTIMAL Edelputz in Wasser verarbeitungsgerecht anmischen. Wasserbedarf je nach Putzart und Körnung 8-11 l pro Sack. Außer sauberem Wasser nichts zugeben. Beim Anmischen ist besonders darauf zu achten, dass die Mörtelkonsistenz und Mischzeit gleichmäßig beibehalten werden.

VERARBEITUNG:

Der abgebundene Unterputz ist gleichmäßig und ausreichend vorzunässen oder mit Isoliergrund Plus oder Quarzgrund nach Vorschrift zu behandeln. Gipsunterputze müssen mit QUARZGRUND unverdünnt vorbehandelt werden. Bei farbigem OPTIMAL empfehlen wir die Anwendung von Isoliergrund Plus oder Quarzgrund im Farbton des Oberputzes abgetönt.
Der zu einem kellengerechten Mörtel angemischte OPTIMAL ist frisch in frisch in erforderlicher Dicke gleichmäßig mit der Stahltraufel aufzuziehen und mit geeignetem Gerät zu strukturieren. Das Material für eine geschlossene Fläche ist in einer Charge oder kontinuierlich anzumischen. Geschlossene Flächen sind in einem Arbeitsgang ohne Unterbrechung aufzuziehen und zu strukturieren.
Der Mörtel darf nicht unter 5°C und über 30°C der Luft oder des Untergrundes verarbeitet werden. Die frisch geputzte Fassade ist vor Frost sowie zu schneller Austrocknung durch Sonne und Wind sowie vor Regen zu schützen.

SICHERHEITSHINWEIS:

Mörtel reagiert mit Feuchtigkeit stark alkalisch - Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden. Staub nicht einatmen.
Einzelheiten sind dem Sicherheitsdatenblatt zu entnehmen.

Fremdüberwacht durch Baustoffüberwachungsverein
Transportbeton – Mörtel Mitte e.V., Neustadt/Weinstraße

Vorgenannte Angaben basieren auf Versuchen und Erfahrungen und stellen allgemeine Richtlinien dar. Sie sind nicht auf jeden konkreten Anwendungsfall übertragbar und befreien den Verarbeiter nicht von eigenen Prüfungen und Versuchen. Es gelten die allg. anerkannten und handwerklichen Regeln der Bautechnik sowie die entsprechenden Normen und Richtlinien. Technische Informationen über weitere Produkte und unser technischer Beratungsdienst stehen auf Anfrage zur Verfügung. Techn. Änderungen im Rahmen der Weiterentwicklung vorbehalten. Des Weiteren gelten unsere allg. Geschäftsbedingungen. Stand: Februar 2012.

SCHAEFER KRUSEMARK GmbH & Co. KG
Louise-Seher-Str. 6
65582 Diez
Telefon: 0 64 32 / 503 - 0
Telefax: 0 64 32 / 503 - 119
e-mail: info@schaefer-krusemark.de
Internet: www.schaefer-krusemark.de

CE

Technische Information

SCHAEFER KRUSEMARK

SCHAEFER PUTZ 650
Kalk-Zement-Maschinenputz

VERWENDUNGSZWECK:
Ein- oder mehrlagiger mineralischer Kalk-Zement-Maschinenputz für außen und innen als Grund- oder Filzputz. Als Unterputz für wasserabweisende Putzsysteme und Feuchträume.

ZUSAMMENSETZUNG/ EIGENSCHAFTEN:
Ein Werk-Trockenmörtel der Mörtelgruppe CS II DIN EN 998-1 auf Basis von SCHAEFER Weißkalkhydrat, Portlandzement und Kalksteinsand 0 - 1,2 mm.

Typische Werte:
Brandklasse: A 1
Druckfestigkeit: 3,5 N/mm²
Festmörtelrohdichte: 1,55 kg/dm³
Wärmeleitfähigkeit λ: 0,74 W / (mK)
Wasserdampfdurchlässigkeit μ: 10
Wasseraufnahme W: W 2

LIEFERUNG:
In 30 kg-Papiersäcken.
Im SCHAEFER-Silo und Silo-Fahrzeugen.

LAGERUNG:
Trocken, möglichst auf Holzrosten und vor Zugluft geschützt lagern. Bei sachgerechter, trockener Lagerung für mindestens 9 Monate haltbar.

MÖRTELBEREITUNG:
Mit allen gängigen Putzmaschinen. Bei Verarbeitung von Hand SCHAEFER PUTZ 650 in Wasser verarbeitungsgerecht anmischen. Wasserbedarf ca. 6 l pro Sack.
Außer sauberem Wasser nichts zugeben.

ERGIEBIGKEIT:
30 kg SCHAEFER PUTZ 650 = 22 l Frischmörtel ergeben bei 15 mm Auftragsdicke max. 1,5 m².

PUTZGRUND:
Muss trocken, sauber und frei von losen Teilen sein. Filmbildende Trennmittel müssen entfernt werden. Nach Art und Beschaffenheit des Putzgrundes kann eine Putzgrundvorbereitung erforderlich sein. Als Haftbrücke bei glattgeschaltem Beton und gerautem Styrodur sowie bei kleinflächig verbauten Holzwolle-Leichtbauplatten ist MULTI 550 ca. 5 mm dick aufzutragen und mit Zahntraufel quer durchzukämmen.

PUTZAUFTRAG/ VERARBEITUNG:
Mittlere Putzdicke außen: 15 mm (zulässige Mindestdicke 10 mm, beschränkt auf einzelne Stellen). Bei größeren Putzdicken mehrlagig arbeiten. Mindeststandzeit pro Lage von 1 Tag je mm Putzdicke einhalten. Als Unterputz ist er der folgenden Oberputzschicht entsprechend vorzubereiten. Im Außenbereich zur Aufnahme von Anstrichen bzw. Herstellung einer gefilzten Oberfläche, sollte zweilagig gearbeitet werden.
Verarbeitungszeit je nach Temperatur und Saugfähigkeit des Putzgrundes 3 - 5 Stunden.
Den Putz vor zu schneller Austrocknung schützen. Anstriche und Beschichtungen dürfen erst nach völliger Austrocknung aufgetragen werden.

Der Mörtel darf nicht unter 5°C der Luft oder des Putzgrundes verarbeitet werden.
Bis zur Austrocknung ist der Putz vor Frost zu schützen.

SICHERHEITSHINWEIS:
Mörtel reagiert mit Feuchtigkeit stark alkalisch - Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden.
Einzelheiten sind den Sicherheitsdatenblättern zu entnehmen.

Vorgenannte Angaben basieren auf Versuchen und Erfahrungen und stellen allgemeine Richtlinien dar. Sie sind nicht auf jeden konkreten Anwendungsfall übertragbar und befreien den Verarbeiter nicht von eigenen Prüfungen und Versuchen. Es gelten die allg. anerkannten und handwerklichen Regeln der Bautechnik sowie die entsprechenden Normen und Richtlinien. Technische Informationen über weitere Produkte und unser technischer Beratungsdienst stehen auf Anfrage zur Verfügung. Techn. Änderungen im Rahmen der Weiterentwicklung vorbehalten. Des Weiteren gelten unsere allg. Geschäftsbedingungen. Stand: Februar 2011.

SCHAEFER KRUSEMARK GmbH & Co. KG
Louise-Seher-Str. 6
65582 Diez
Telefon: 0 64 32 / 503 - 0
Telefax: 0 64 32 / 503 - 119
e-mail: info@schaefer-krusemark.de
Internet: www.schaefer-krusemark.de

CE

Technische Information

SCHAEFER KRUSEMARK

SCHAEFER PUTZ 670 LP
Kalk-Zement-Leichtputz

VERWENDUNGSZWECK:	Einlagiger Maschinenputz als Grundputz für außen und innen. Leicht zu verarbeitender spannungsarmer Grundputz auf allen tragfähigen Putzgründen, daher besonders geeignet auf wärmedämmenden Leichtsteinen. Ausgezeichneter Untergrund für alle mineralischen Oberputze und lösemittelfreie Beschichtungen.
ZUSAMMENSETZUNG:	Ein Werk-Trockenmörtel der Mörtelgruppe P II b DIN 18550 auf Basis von Weißkalkhydrat, Portlandzement, Kalksteinsand und organischen Leichtzuschlagstoffen. Außerdem ist ein wasserabweisendes Mittel enthalten. Weitere Magerungs- und Bindemittel dürfen nicht zugesetzt werden.
LIEFERUNG:	a) in 30 kg-Papiersäcken b) im SCHAEFER-Silo bis 17 t Inhalt c) in Silo-Fahrzeugen
LAGERUNG:	Trocken, möglichst auf Holzrosten und vor Zugluft geschützt. Die Lagerzeit soll 3 Monate nicht überschreiten.
MÖRTELBEREITUNG:	Mit allen gängigen Putzmaschinen sowie mit Silo-Mischanlage. Der Putz kann auch von Hand verarbeitet werden.
ERGIEBIGKEIT:	30 kg SCHAEFER PUTZ 670 LP = 30 l Frischmörtel ergeben bei 15 mm Putzdicke max. 2 m².
PUTZGRUND:	Muß trocken, sauber und frei von losen Teilen sein. Filmbildende Trennmittel müssen entfernt werden.
PUTZAUFTRAG:	Der Grundputz ist entsprechend der folgenden Oberputz-Schicht vorzubereiten. Gegebenenfalls Sinterhaut entfernen. Bei Kratzputz ist die Fläche durch waagerechtes Kämmen aufzurauhen.
VERARBEITUNGSZEIT:	Ca. 4 Stunden, je nach Untergrund. Anstriche und Beschichtungen dürfen erst nach völliger Austrocknung aufgebracht werden.

Bei Bedarf steht Ihnen unser technischer Beratungsdienst zur Verfügung.

Gütezeichen WTM RAL Werktrockenmörtel — Güteüberwachung Institut für Kalk- und Mörtelforschung e.V.

SCHAEFER KRUSEMARK
Louise-Seher-Str. 6
65582 Diez
Telefon (0 64 32) 503 - 0
Telefax (0 64 32) 503 119

Ausgabe Juli 2001

BAUDER

Bauder PYE PV 200 S5 EN
Produktdatenblatt

Verfahren der Verwendung:		**Elastomerbitumen Schweißbahn als obere Lage**
Oberfläche	oben:	**Naturschiefer**
	unten:	**folienkaschiert**
Trägereinlage	Art und Gewicht:	**Polyestervlies 250 g/m²**
Artikel Nummer		**1773 2000**
Anwendungstype gemäß DIN V 20000-201:		**DO/E1** PYE PV 200 S5
Anwendungstype gemäß DIN V 20000-202:		PYE PV 200 S5

Eigenschaft	Prüfverfahren	Einheit	Anforderung
Länge	DIN EN 1848-1	m	5,0
Breite	DIN EN 1848-1	m	1
Dicke	DIN EN 1849-1	mm	5,2
Kaltbiege verhalten	DIN EN 1109	°C	≤ -25
Wärmestandfestigkeit	DIN EN 1110	°C	≥ +100
Zugverhalten: maximale Zugkraft	DIN EN 12311-1	N / 50 mm	Längs: ≥ 800 quer: ≥ 800
Zugverhalten: Dehnung	DIN EN 12311-1	%	Längs: ≥ 35 quer: ≥ 35
Geradheit	DIN EN 1848-1	mm / 10m	≤ 20
Wasserdichtheit für Typ A und T	DIN EN 1928 Verf. B	-	Bestanden
Brandverhalten	DIN EN ISO11925-2	-	Klasse E nach DIN EN 13501-1
Verhalten bei einem Brand von außen	DIN V ENV 1187	-	bestanden*
Sichtbare Mängel	DIN EN 1850-1	-	Keine sichtbaren Mängel
Schälfestigkeit	DIN EN 12316-1	N / 50 mm	KLF
Scherfestigkeit	DIN EN 12317-1	N / 50 mm	KLF
Widerstand gegen stoßartige Belastung	DIN EN 12691	mm	KLF
Widerstand gegen statische Belastung	DIN EN 12730	kg	KLF
Maßhaltigkeit	DIN EN 1107-1	%	KLF
Künstliche Alterung DIN EN 1296	DIN EN 1109 DIN EN 1110	°C °C	KLF

KLF = keine Leistung festgelegt
*im System geprüft

CE

Kenn-Nr. der Prüfstelle 1724
Zertifizierungsnummer WPK: 021101 / 022101 / 023101 / 024101 / 021201 / 022201 / 023201 / 024201
(06)
DIN EN 13707, DIN EN 13969

Paul Bauder GmbH & Co. KG - Korntaler Landstrasse 63 - D 70499 Stuttgart
Telefon 0711/88 07-0 - Telefax 0711/88 07-300 - www.bauder.de

Alle Angaben beruhen auf dem derzeitigen Stand der Technik. Änderungen behalten wir uns vor. Informieren Sie sich ggf. über den maßgeblichen technischen Kenntnisstand. Stand: 1010

QUALITÄTS-ZEICHEN GPB
BAHNEN aus POLYMERBITUMEN und BITUMEN

BAUDER

Bauder G 4 (G 200 S 4)
Produktdatenblatt

Verfahren der Verwendung:		**Bitumen Schweißbahn als untere Lage**
Oberfläche	oben:	**feinbestreut**
	unten:	**folienkaschiert**
Trägereinlage	Art und Gewicht:	**Glasgewebe 200 g/m²**
Artikel Nummer		**1314 0000**
Anwendungstype gemäß DIN V 20000-201:		**DU/E2** G 200 S4
Anwendungstype gemäß DIN V 20000-202:		G 200 S4

Eigenschaft	Prüfverfahren	Einheit	Anforderung
Länge	DIN EN 1848-1	m	5,0
Breite	DIN EN 1848-1	m	1
Dicke	DIN EN 1849-1	mm	4
Kaltbiegeverhalten	DIN EN 1109	°C	≤ 0
Wärmestandfestigkeit	DIN EN 1110	°C	≥ +70
Zugverhalten: maximale Zugkraft	DIN EN 12311-1	N / 50 mm	längs: ≥ 1000 quer: ≥ 1000
Zugverhalten: Dehnung	DIN EN 12311-1	%	längs: ≥ 2 quer: ≥ 2
Geradheit	DIN EN 1848-1	mm / 10m	≤ 20
Wasserdichtheit für Typ A und T	DIN EN 1928 Verf. B	-	bestanden
Wasserdampfdurchlässigkeit (sd- Wert)	DIN EN 1931	m	≥ 100
Brandverhalten	DIN EN ISO11925-2	-	Klasse E nach DIN EN 13501-1
Verhalten bei einem Brand von außen	DIN V ENV 1187	-	bestanden*
Sichtbare Mängel	DIN EN 1850-1	-	keine sichtbaren Mängel
Schälfestigkeit	DIN EN 12316-1	N / 50 mm	KLF
Scherfestigkeit	DIN EN 12317-1	N / 50 mm	KLF
Widerstand gegen stoßartige Belastung	DIN EN 12691	mm	KLF
Widerstand gegen statische Belastung	DIN EN 12730	kg	KLF
Maßhaltigkeit	DIN EN 1107-1	%	KLF
Künstliche Alterung DIN EN 1296	DIN EN 1109 DIN EN 1110	°C °C	KLF

KLF = keine Leistung festgelegt
*im System geprüft

CE

Kenn-Nr. der Prüfstelle 1724
Zertifizierungsnummer WPK: 021101 / 022101 / 023101 / 024101 / 021201 / 022201 / 023201 / 024201 (06)
DIN EN 13707, DIN EN 13969, DIN EN 13970

Paul Bauder GmbH & Co. KG - Korntaler Landstrasse 63 - D 70499 Stuttgart
Telefon 0711/88 07-0 - Telefax 0711/88 07-300 - www.bauder.de

Alle Angaben beruhen auf dem derzeitigen Stand der Technik. Änderungen behalten wir uns vor. Informieren Sie sich ggf. über den maßgeblichen technischen Kenntnisstand. Stand: 0211

GÜTE-ZEICHEN GPB BAHNEN aus POLYMERBITUMEN und BITUMEN

BAUDER

BauderBIT G 200 DD
Produktdatenblatt

Verfahren der Verwendung:		**Bitumen Dachdichtungsbahn**
Oberfläche	oben:	**besandet**
	unten:	**besandet**
Trägereinlage	Art und Gewicht:	**Glasgewebe 200 g/m²**
Artikel Nummer		**0801 0000**
Anwendungstype gemäß DIN V 20000-201:		**DU/E2** G 200 DD
Anwendungstype gemäß DIN V 20000-202:		G 200 DD

Eigenschaft	Prüfverfahren	Einheit	Anforderung
Länge	DIN EN 1848-1	m	10,0
Breite	DIN EN 1848-1	m	1
Mindestgehalt an Löslichem	DIN 52 125	g/m²	1600
Dicke	DIN EN 1849-1	mm	KLF
Kaltbiege verhalten	DIN EN 1109	°C	≤ 0
Wärmestandfestigkeit	DIN EN 1110	°C	≥ +70
Zugverhalten: maximale Zugkraft	DIN EN 12311-1	N / 50 mm	längs: ≥ 1000 quer: ≥ 1000
Zugverhalten: Dehnung	DIN EN 12311-1	%	längs: ≥ 2 quer: ≥ 2
Geradheit	DIN EN 1848-1	mm / 10m	≤ 20
Wasserdichtheit für Typ A und T	DIN EN 1928	-	bestanden
Brandverhalten	DIN EN ISO11925-2	-	Klasse E nach DIN EN 13501-1
Verhalten bei einem Brand von außen	DIN V ENV 1187	-	bestanden *
Sichtbare Mängel	DIN EN 1850-1	-	keine sichtbaren Mängel
Schälfestigkeit	DIN EN 12316-1	N / 50 mm	KLF
Scherfestigkeit	DIN EN 12317-1	N / 50 mm	KLF
Widerstand gegen stoßartige Belastung	DIN EN 12691	mm	KLF
Widerstand gegen statische Belastung	DIN EN 12730	kg	KLF
Maßhaltigkeit	DIN EN 1107-1	%	KLF
Künstliche Alterung DIN EN 1296	DIN EN 1109 DIN EN 1110	°C °C	KLF

KLF = keine Leistung festgelegt
* im System geprüft

CE

Kenn-Nr. der Prüfstelle 1724
Zertifizierungsnummer WPK: 021101 / 022101 / 023101 / 024101 / 021201 / 022201 / 023201 / 024201
(06)
DIN EN 13707, DIN EN 13969

Paul Bauder GmbH & Co. KG - Korntaler Landstrasse 63 - D 70499 Stuttgart
Telefon 0711/88 07-0 - Telefax 0711/88 07-300 - www.bauder.de

Alle Angaben beruhen auf dem derzeitigen Stand der Technik
Änderungen behalten wir uns vor. Informieren Sie sich ggf. über
den maßgeblichen technischen Kenntnisstand. Stand: 1010

BAUDER

BauderTEC KSA
Produktdatenblatt

Verfahren der Verwendung:		**Elastomerbitumen Kaltselbstklebebahn als untere Lage bzw. Anschlussbahn**
Oberfläche	oben:	**folienkaschiert**
	unten:	**Abziehfolie, Kaltselbstklebemasse**
Trägereinlage	Art:	**Glasgittergelege mit Glasvlies**
Artikel Nummer		**1599 0000**
Anwendungstype gemäß DIN V 20000-201: Anwendungstype gemäß DIN V 20000-202:		**DU/E1** PYE-KTG KSP 3 PYE-KTG KSP 3

Eigenschaft	Prüfverfahren	Einheit	Anforderung
Länge	DIN EN 1848-1	m	10,0
Breite	DIN EN 1848-1	m	1
Dicke	DIN EN 1849-1	mm	3
Kaltbiege verhalten	DIN EN 1109	°C	≤ -30
Wärmestandfestigkeit	DIN EN 1110	°C	≥ +100
Zugverhalten: maximale Zugkraft	DIN EN 12311-1	N / 50 mm	längs: ≥ 1000 quer: ≥ 1000
Zugverhalten: Dehnung	DIN EN 12311-1	%	längs: ≥ 2 quer: ≥ 2
Geradheit	DIN EN 1848-1	mm / 10m	≤ 20
Wasserdichtheit für Typ A und T	DIN EN 1928 Verf. B	-	bestanden
Brandverhalten	DIN EN ISO11925-2	-	Klasse E nach DIN EN 13501-1
Verhalten bei einem Brand von außen	DIN V ENV 1187	-	bestanden*
Sichtbare Mängel	DIN EN 1850-1	-	keine sichtbaren Mängel
Schälfestigkeit	DIN EN 12316-1	N / 50 mm	KLF
Scherfestigkeit	DIN EN 12317-1	N / 50 mm	KLF
Widerstand gegen stoßartige Belastung	DIN EN 12691	mm	KLF
Widerstand gegen statische Belastung	DIN EN 12730	kg	KLF
Maßhaltigkeit	DIN EN 1107-1	%	KLF
Künstliche Alterung DIN EN 1296	DIN EN 1109 DIN EN 1110	°C °C	KLF

KLF = keine Leistung festgelegt
*im System geprüft

CE

Kenn-Nr. der Prüfstelle 1724
Zertifizierungsnummer WPK: 021101 / 023101 / 022101
(06)
DIN EN 13707, DIN EN 13969

Paul Bauder GmbH & Co. KG - Korntaler Landstrasse 63 - D 70499 Stuttgart
Telefon 0711/88 07-0 - Telefax 0711/88 07-300 - www.bauder.de

Alle Angaben beruhen auf dem derzeitigen Stand der Technik. Änderungen behalten wir uns vor. Informieren Sie sich ggf. über den maßgeblichen technischen Kenntnisstand. Stand: 0810

BAUDER

Bauder VA 4 (V 60 S4 + AL)
Produktdatenblatt

Verfahren der Verwendung:		**Bitumendampfsperrbahn**
Oberfläche	oben:	**feinbestreut**
	unten:	**folienkaschiert**
Trägereinlage	Art und Gewicht:	**Aluminiumpolyesterkombination + Glasvlies 60 g/m²**
Artikel Nummer		**1331 000**

Eigenschaft	Prüfverfahren	Einheit	Anforderung
Länge	DIN EN 1848-1	m	5,0
Breite	DIN EN 1848-1	m	1,0
Dicke	DIN EN 1849-1	mm	4,0
Kaltbiege verhalten	DIN EN 1109	°C	≤ 0
Wärmestandfestigkeit	DIN EN 1110	°C	≥ +70
Zugverhalten: maximale Zugkraft	DIN EN 12311-1	N / 50 mm	längs: ≥ 400 quer: ≥ 400
Zugverhalten: Dehnung	DIN EN 12311-1	%	längs: ≥ 2 quer: ≥ 2
Geradheit	DIN EN 1848-1	mm / 10m	≤ 20
Wasserdichtheit für Typ A und T	DIN EN 1928 Verf. B	-	bestanden
Wasserdampfdurchlässigkeit (sd- Wert)	DIN EN 1931	m	≥ 1500
Brandverhalten	DIN EN ISO11925-2	-	Klasse E nach DIN EN 13501-1
Verhalten bei einem Brand von außen	DIN V ENV 1187	-	KLF
Sichtbare Mängel	DIN EN 1850-1	-	keine sichtbaren Mängel
Schälfestigkeit	DIN EN 12316-1	N / 50 mm	KLF
Scherfestigkeit	DIN EN 12317-1	N / 50 mm	KLF
Widerstand gegen stoßartige Belastung	DIN EN 12691	mm	KLF
Widerstand gegen statische Belastung	DIN EN 12730	kg	KLF
Maßhaltigkeit	DIN EN 1107-1	%	KLF
Künstliche Alterung DIN EN 1296	DIN EN 1109 DIN EN 1110	°C °C	KLF

KLF = keine Leistung festgelegt

CE (06)
DIN EN 13970

Paul Bauder GmbH & Co. KG - Korntaler Landstrasse 63 - D 70499 Stuttgart
Telefon 0711/88 07-0 - Telefax 0711/88 07-300 - www.bauder.de

Alle Angaben beruhen auf dem derzeitigen Stand der Technik
Änderungen behalten wir uns vor. Informieren Sie sich ggf. über
den maßgeblichen technischen Kenntnisstand. Stand: 0611

BAUDER

BauderTEC KSD DUO
Produktdatenblatt

Verfahren der Verwendung:		**Kaltselbstklebende Elastomerbitumen Dampfsperrbahn mit variabler Nahtverklebung**
Oberfläche	oben:	**Spezial-Aluminiumfolie**
	unten:	**Perforierte Abziehfolie, Kaltselbstklebemasse**
Trägereinlage	Art und Gewicht:	**Aluminiumpolyesterkombination + Glasvlies 60 g/m²**
Artikel Nummer		**1619 0000**

Eigenschaft	Prüfverfahren	Einheit	Anforderung
Länge	DIN EN 1848-1	m	15,0
Breite	DIN EN 1848-1	m	1
Dicke	DIN EN 1849-1	mm	1,5
Kaltbiege verhalten	DIN EN 1109	°C	≤ -30
Wärmestandfestigkeit	DIN EN 1110	°C	≥ +100
Zugverhalten: maximale Zugkraft	DIN EN 12311-1	N / 50 mm	längs: ≥ 400 quer: ≥ 400
Zugverhalten: Dehnung	DIN EN 12311-1	%	längs: ≥ 4 quer: ≥ 4
Geradheit	DIN EN 1848-1	mm / 10m	≤ 20
Wasserdichtheit für Typ A und T	DIN EN 1928 Verf. B	-	bestanden
Wasserdampfdurchlässigkeit (sd- Wert)	DIN EN 1931	m	≥ 1500
Brandverhalten	DIN EN ISO11925-2	-	Klasse E nach DIN EN 13501-1
Verhalten bei einem Brand von außen	DIN V ENV 1187	-	bestanden*
Sichtbare Mängel	DIN EN 1850-1	-	keine sichtbaren Mängel
Schälfestigkeit	DIN EN 12316-1	N / 50 mm	KLF
Scherfestigkeit	DIN EN 12317-1	N / 50 mm	KLF
Widerstand gegen stoßartige Belastung	DIN EN 12691	mm	KLF
Widerstand gegen statische Belastung	DIN EN 12730	kg	KLF
Maßhaltigkeit	DIN EN 1107-1	%	KLF
Künstliche Alterung DIN EN 1296	DIN EN 1109 DIN EN 1110	°C °C	KLF

KLF = keine Leistung festgelegt
*im System geprüft

CE (06)
DIN EN 13970

Paul Bauder GmbH & Co. KG - Korntaler Landstrasse 63 - D 70499 Stuttgart
Telefon 0711/88 07-0 - Telefax 0711/88 07-300 - www.bauder.de

Alle Angaben beruhen auf dem derzeitigen Stand der Technik
Änderungen behalten wir uns vor. Informieren Sie sich ggf. über
den maßgeblichen technischen Kenntnisstand. Stand: 0611

BAUDER

BauderTEC KSD DUO
Produktinformationsblatt

Verfahren der Verwendung:		**Kaltselbstklebende Elastomerbitumen Dampfsperrbahn mit variabler Nahtverklebung**
Oberfläche	oben:	**Spezial-Aluminiumfolie**
	unten:	**Perforierte Abziehfolie, Kaltselbstklebemasse**
Trägereinlage	Art und Gewicht:	**Aluminiumpolyesterkombination + Glasvlies 60 g/m²**
Artikel Nummer		**1619 0000**

Produktbeschreibung

Kaltselbstklebende Elastomer-Bitumenbahn Dampfsperrbahn mit geringer Bahnendicke und hoher flexibler Einlage. Die beiden Nähte sind verschieden ausgerüstet. Die eine Naht ist kaltselbstklebend, während die gegenüberliegende Naht für eine Verschweißung sowohl mit Brenner als auch mit Heißluft ausgerüstet ist. Dadurch ist je nach Witterung bzw. Notabdichtungsfunktion die Wahlmöglichkeit gegeben, wie die Bahn im Nahtbereich optimalerweise verbunden sein sollte.

Einsatzbereiche

Als kaltselbstklebende Dampfsperrbahn bei mehrlagig mit Bitumenbahnen ausgeführten Flachdachabdichtungen, z.B. bei nicht hitzebeständigen Wärmedämmungen oder feuergefährdeten Unterkonstruktionen oder als Dampfsperre und abgenagelte bzw. mechanisch befestigte Trennlage auf Holzuntergrund in der Dachfläche und im Anschlussbereich. Bei Nahtverbindung durch Verschweißung ist eine kurzfristige, behelfsmäßige Notabdichtung gegeben.

Leistungsbeschreibung

BauderTEC KSD DUO-Kaltselbstklebe-Dampfsperrbahn, oberseitig foliert, unterseitig durch Abziehen der Schutzfolie auf den Untergrund vollflächig aufkleben. Naht- und Stoßbereich 8 -10 cm überdecken. Nähte und Stöße versetzt anordnen. Bei einer Notabdichtung die BauderTEC KSD DUO so verlegen, dass die Naht mit der zu verschweißenden Naht (rot) auf die nebenliegende Bahn gelegt wird. Dann mit einem Heißluftgerät oder Brenner die Naht verschweißen. Eine Schweißraupe muss sichtbar sein. Nach der Verlegung sollte die Bahn nach spätestens 2 Wochen durch weitere Schichten abgedeckt sein. Verlegeanleitung beachten.

Lagerung

Bauder Bitumenbahnen auf der Rolle stehend und vor UV-Strahlen, Feuchtigkeit und Hitze geschützt lagern. In der kalten Jahreszeit sind die Rollen ggf. vorzutemperieren.

Entsorgung

Bitumenabfälle können mit Hausmüll oder hausmüllähnlichem Gewerbemüll entsorgt werden.
(Europäischer Abfallkatalog EWC Nummer 170302 „Asphalt-teerfrei“)

Paul Bauder GmbH & Co. KG - Korntaler Landstrasse 63 - D 70499 Stuttgart
Telefon 0711/88 07-0 - Telefax 0711/88 07-300 - www.bauder.de

Alle Angaben beruhen auf dem derzeitigen Stand der Technik. Änderungen behalten wir uns vor. Informieren Sie sich ggf. über den maßgeblichen technischen Kenntnisstand. Stand: 0611

FDT TECHNOLOGIE
FLACHDACH

Rhepanol® fk

Datenblatt
Dachbahnen

Rhepanol® fk Dachbahn für alle Verlegearten

Rhepanol fk ist ein Produkt aus dem Rohstoff Polyisobutylen (PIB) mit industriell vorgefertigtem Dichtrand und integriertem 1,0 mm dickem Kunststoffvlies. Der Dichtrand vereinfacht den Nahtverschluss und ermöglicht eine dauerhaft dichte Verbindung. Das Vlies schützt zusätzlich gegen Beanspruchung aus dem Untergrund. Außerdem ist das Vlies diffusionsoffen und ermöglicht ein sicheres Fixieren auf dem Untergrund.

Einsatzgebiete

Rhepanol fk lässt sich, je nach Tragdecke und Untergrundgegebenheiten, auf verschiedene Weise verlegen:

- mechanisch befestigt im Klettsystem,
- lose verlegt mit Auflast,
- verklebt fixiert.

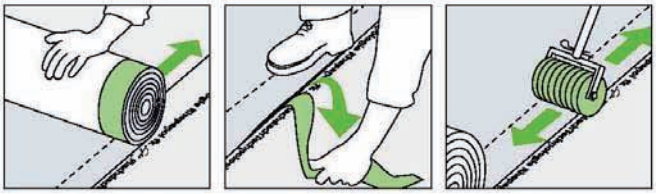
Rhepanol fk mit beidseitigem Dichtrand dient zum Abdichten von Dehnungsfugen und Anschlüssen.

Qualitätssicherung

Rhepanol fk unterliegt einer ständigen Qualitätskontrolle durch Eigen- und Fremdüberwachung. Das interne Qualitätssicherungssystem des gesamten Unternehmens ist nach der DIN EN ISO 9001, der weltweit strengsten Qualitätsnorm, zertifiziert und wird regelmäßig durch den TÜV CERT überprüft.

Ökologie

Rhepanol fk wurde einer Ökobilanzierung nach ISO EN 14040-49 durch das unabhängige Institut C.A.U. GmbH (Gesellschaft für Consulting und Analytik im Umweltbereich) unterzogen. Der Kurzbericht zur Ökobilanz kann bei FDT angefordert werden.



Ausrollen, Nahtbereich reinigen, Schutzstreifen abziehen, anrollen, dicht!

Werkstoffeigenschaften

- Dachbahn aus Polyisobutylen DIN EN 13956, bitumenverträglich (BV), mit Kaschierung (K) aus Polyestervlies (PV), Dicke 1,5 mm zuzüglich Vlies Dicke 1,0 mm, Anwendungstyp DIN V 20000-201 DE/E1 - PIB-BV-K-PV-1,5.
- Witterungsbeständig, auch ohne zusätzlichen Oberflächenschutz.
- Widersteht atmosphärischen Einflüssen, z. B. UV-Strahlen sowie Industrie- und Heizungsabgasen.
- Bleibt flexibel, selbst bei Temperaturen von – 60 °C.
- Hervorragendes Verhalten gegen natürliche Alterung.
- Weichmacher-, chlor-, halogen, bitumen- und PVC-frei, verrottungsfest, porenfrei (werksseitige Hochfrequenz-Prüfung).
- Widerstandsfähig gegen Flugfeuer und strahlende Wärme nach DIN 4102 bzw. DIN V ENV 1187 gemäß amtlichen Prüfzeugnissen, Baustoffklasse B 2.
- Hinsichtlich der Wurzelfestigkeit erfüllt Rhepanol fk die Prüfungsanforderungen der DIN 4062, Abschnitt 4.7 und 5.7.
- Hagelschlagbeständig nach SIA 280.

Rhepanol fk ist in höchstem Maße beständig gegenüber den im Dachbereich üblicherweise vorkommenden Substanzen. Darüber hinaus bestätigen wir jederzeit die Beständigkeit gegenüber weiteren Materialien/Substanzen.

Bei längerem Einwirken von organische Lösemitteln, Lacken, Fetten und Ölen ist eine Abklärung im Einzelfall erforderlich.

Home

Stahlprofilblech (1)

Beispiele für Schichtenaufbauten
Nicht belüftetes Dach (Warmdach)

1. Stahlprofilbleche
2. Dampfsperre fk
3. Mineralfaserplatten
4. Klettstreifen, mechanisch befestigt, quer zu den Obergurten verlegt
5. Rhepanol fk, quer zu den Klettstreifen verlegt

© EURESSA, Handelsges. m. b. H

BAUDER

Bauder Schutzvlies SV 300

Produktdatenblatt

Einsatzbereiche	**Schutzvlies für Kunststoff- und Bitumenabdichtungen**
Artikelnummer	**7440 0300**

Eigenschaft	Einheit	Wert
Material		Kunststoff-Regeneratfasern, bunt
Flächengewicht	g/m²	300
Dicke	mm	3
Wasseraufnahme	l/m²	2
Lieferform		Rolle à 120 m²
Abmessungen	m	2 x 60

Verlegehinweise Schutzvlies SV 300 lose mit Überlappung von mindestens 10 cm verlegen.

Paul Bauder GmbH & Co. KG · Korntaler Landstrasse 63 · D 70499 Stuttgart
Telefon 0711/88 07-0 · Telefax 0711/88 07-300 · www.bauder.de

Alle Angaben beruhen auf dem derzeitigen Stand der Technik
Änderungen behalten wir uns vor. Informieren Sie sich ggf. über
den maßgeblichen technischen Kentnisstand. Stand: 0110

BAUDER

BauderTHERMOPLAN T 15 V

Produktdatenblatt

Verfahren der Verwendung:		**FPO - Dachbahn für die verklebte Verlegung, lose Verlegung mechanisch befestigt oder unter Auflast**
Oberfläche	oben:	**perlweiß**
	unten:	**Vliesrückseite**
Trägereinlage	Art:	**Synthesefasergewebe aus PES, unterseitig spezialvlieskaschiert**
Artikel Nummer		**6625 0150**
Anwendungstype gemäß DIN V 20000-201		**DE/E1 FPO-BV-V-PG-K-KV-1,5**
Anwendungstype gemäß DIN V 20000-202		**BA FPO-BV-V-PG-K-KV-1,5**

Eigenschaft	Prüfverfahren	Einheit	Anforderung
Sichtbare Mängel	DIN EN 1850-2	-	keine sichtbaren Mängel
Länge	DIN EN 1848-2	m	20 (-0/+5 %)
Breite	DIN EN 1848-2	m	1,5 (-0,5/+1 %)
Geradheit	DIN EN 1848-2	mm / 20 m	< 50
Ebenheit/Planlage	DIN EN 1848-2	mm / 20 m	< 10
Flächenbezogene Masse / Gewicht	DIN EN 1849-2	kg/m²	2,2 (-5/+10 %)
Dicke	DIN EN 1849-2	mm	1,5 (-5/+10 %) + Vlies ca. 2 mm
Wasserdichtheit für Typ B	DIN EN 1928 Verfahren B	kPa/72h	bestanden
Beanspruchung bei Feuer von außen	DIN V ENV 1187	-	Bestanden Broof (t1)
Brandverhalten	DIN EN ISO 11925-2	-	Klasse E nach DIN EN 13501-1
Schälwiderstand der Fügenaht	DIN EN 12316-2	N / 50 mm	≥ 300
Scherwiderstand der Fügenaht	DIN EN 12317-2	N / 50 mm	≥ 500, Abriss außerhalb d. Fügenaht
Höchstzugkraft	DIN EN 12311-2 A	N / 50 mm	längs: ≥ 1200 quer: ≥ 1200
Höchstzugkraftdehnung	DIN EN 12311-2 A	%	längs: ≥ 19 quer: ≥ 19
Widerstand gegen stoßartige Belastung Harte Unterlage Weiche Unterlage	DIN EN 12691	 mm mm	 > 800 > 1300
Widerstand gegen statische Belastung Harte Unterlage Weiche Unterlage	DIN EN 12730 A	 kg kg	 ≥ 20 ≥ 20
Weiterreißwiderstand	DIN EN 12310-2	N	> 320
Widerstand gegen Durchwurzelung	pr DIN EN 13948/FLL	-	FLL erfüllt
Maßhaltigkeit	DIN EN 1107-2	%	< 0,3
Falzen in der Kälte	DIN EN 495-5	°C	< - 30
UV Bestrahlung	DIN EN 1297		erfüllt > 5000 h
Wasserdampfdurchlässigkeit μ	DIN EN 1931		ca. 200 000
Verhalten bei Einwirkung von Bitumen	DIN EN 1548		erfüllt nach DIN EN 13956 Ab. 5.2.1.8 Verfahren B
Dauerhaftigkeit der Wasserdichtheit nach Alterung	DIN EN 1296 nach DIN EN 1928 (Methode B 24h/60kpa)		bestanden
Dauerhaftigkeit der Wasserdichtheit nach Chemikalieneinwirkung	DIN EN 1847 nach DIN EN 1928 (Methode B 24h/60kpa)		bestanden
Dauerhaftigkeit gegenüber Alkali	DIN EN 14909,C		keine Leistung festgestellt
Nagelschaftprüfung	DIN EN 12310-1	N	> 500

CE

Kenn-Nr. der Prüfstelle 0800
09
Zertifizierungsnummer CPD-51421 EN 13 956, EN 13 967

Paul Bauder GmbH & Co. KG ▵ Korntaler Landstrasse 63 ▵ D 70499 Stuttgart
Telefon 0711/88 07-0 ▵ Telefax 0711/88 07-300 ▵ www.bauder.de

Alle Angaben beruhen auf dem derzeitigen Stand der Technik
Änderungen behalten wir uns vor. Informieren Sie sich ggf. über
den maßgeblichen technischen Kenntnisstand. Stand: 0412

BAUDER

Bauder Industriedachkleber
Produktdatenblatt

Verfahren der Verwendung:	**Verklebung von geeigneten Dämmstoffen auf Untergründen wie: BauderTEC KSD, BauderTEC KSD DUO, bestreuten Bitumenbahnen oder Beton.**
Artikel Nummer	**Karton mit 6 Dosen a. 2 kg 7535 0000**

Material	Einkomponentiger PU-Kleber
Farbe	gelblich-grünlich
Viskosität	6000 +/- 2000 m Pas
Verbrauch	im Mittel ca. 300 g/m², je nach Windsogberechung nach DIN 1055-4
Mindestverarbeitungstemperatur	+5°C
Lagerung	6 Monate bei +10°C bis +20°C im geschlossnen Gebinde

Bauder Industriekleber nach Vorgaben der Windsogberechung streifenweise oder vollflächig auf dem Untergrund aufgießen und Dämmstoff einlegen. Die offene Zeit darf nicht überschritten werden.

Der Kleber ist feuchtigkeitsaushärtend. Bei sehr trockener Witterung kann das Anfeuchten der Klebebereiche hilfreich sein, zuvor Selbstversuch durchführen. Kleberreste mit Bauder Reiniger entfernen. Bauder Industriedachkleber ist nicht mit den nackten Kunststoffbahnen verarbeitbar.

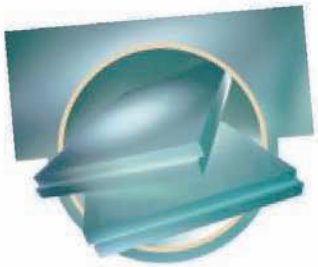
Xn, Gesundheitsschädlich, Verpackungsetikett beachten

Produkt-Datenblatt

swisspor EPS Dach

Flachdachdämmplatten

swisspor EPS Flachdachdämmplatten aus expandiertem Polystyrol sind Hartschaumplatten mit Stufenfalz für die Wärmedämmung flacher und geneigter Dächer unter Dachabdichtungen.



Anwendungsgebiet gem. DIN 4108-Teil 10

DAA dm - Außendämmung von Dach oder Decke unter Abdichtung, mittlere Druckbelastbarkeit

DAA dh - Außendämmung von Dach oder Decke unter Abdichtung, hohe Druckbelastbarkeit

Technische Eigenschaften	Norm Zulassung	EPS 040 DAA dm	EPS 035 DAA dm	EPS 035 DAA dh	EPS 035 DAA dh
Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit	Z-23.15-1415	0,040 W / (m·K)	0,035 W / (m·K)	0,035 W / (m·K)	0,035 W / (m·K)
Baustoffklasse	DIN 4102-1	B1	B1	B1	B1
Druckspannung bei 10% Stauchung	DIN EN 826	≥ 100 kPa	≥ 100 kPa	≥ 150 kPa	≥ 200 kPa
Dauerdruckbeanspruchung bei 2% Stauchung	DIN EN 1606	≥ 30 kPa	≥ 30 kPa	≥ 45 kPa	≥ 60 kPa
Umweltverträglichkeit	chemisch und biologisch neutral – 100% frei von FCKW, HFKW, HFK				
Anwendungstyp	gem. BFA-Qualitätsrichtlinie				

Dicken in mm	50 60 80 100 120 140 160 180 200
Plattenmaß	1000 x 1000 mm
Deckmaß	980 x 980 mm
Kantenausbildung	Stumpf – ab 50 mm bis max. 200 mm mit bearbeiteter Kante möglich (Stufenfalz oder Nut und Feder)

CE-Kennzeichnungsschlüssel:

EPS 040 DAA dm 100 kPa	EPS EN 13163 – T1 – L1 – W1 – S1 – P3 – BS100 – CS(10)100 -DS(N)5 – DLT (1)5
EPS 035 DAA dm 100 kPa	EPS EN 13163 – T1 – L1 – W1 – S1 – P3 – BS100 – CS(10)100 -DS(N)5 – DLT (1)5
EPS 035 DAA dh 150 kPa	EPS EN 13163 – T1 – L1 – W1 – S1 – P3 – BS150 – CS(10)150 -DS(N)5 – DLT (2)5
EPS 035 DAA dh 200 kPa	EPS EN 13163 – T1 – L1 – W1 – S1 – P3 – BS200 – CS(10)200 -DS(N)5 – DLT (2)5

Stand: Januar 2008

Die technischen Informationen geben unseren derzeitigen Kenntnisstand und Erfahrungen wieder. Die beschriebenen Einsatzbereiche können besondere Einzelfälle nicht berücksichtigen und unterliegen damit nicht der Haftung.

Bei Rückfragen stehen wir Ihnen jederzeit zur Verfügung: **swisspor Deutschland GmbH**
06493 Dankerode
Telefon (03 94 84) 7 12-0

swisspor

SOUDAL

Technisches Datenblatt

SOUDATHERM ROOF 170

Technische Eigenschaften:

Basis	1-K-Polyurethan
Konsistenz	Flüssig
Aushärtungssystem	Polymerisation durch Luftfeuchtigkeit bei Raumtemperatur
Offene Zeit (*)	Ca. 10 Minuten
Preßzeit (*)	Mind. 2 Std.
Ziehstärke (DIN EN 204)	>10 N/mm²
Dichte (DIN 53479)	1,10 g/ml
Temperaturbeständigkeit	-30°C bis +100°C
Verbrauch	Ca. 150 ml/m²
Feststoffgehalt	100%
Baustoffklasse (DIN 4102 Teil 1)	B 2 (normalentflammbar)

(*) Gemessen nach Normklima DIN EN ISO 291 bei 23°C /50% r.L. Diese Werte können durch Umgebungsfaktoren, wie Temperatur, Feuchtigkeit und Art des Substrats variieren.

Produktbeschreibung:
SOUDATHERM ROOF 170 ist ein lösemittelfreier, feuchtigkeitshärtender, Einkomponentenkleber auf Polyurethan-Basis für die dauerhaft sichere Verklebung von Wärmedämmstoffen im Bereich Flach- und Gefälledach.

Produkteigenschaften:
- Windsogstabil
- Flexibel, nicht versprödend
- Lösemittelfrei
- Feuchtigkeitshärtend
- Spaltüberbrückend durch Aufschäumen

Anwendung:
- Dauerhaft sichere Verklebung von allen gängigen Dachdämmstoffen wie Polyurethan-Hartschaum, Polystyrol-Hartschaum (EPS + XPS) und Mineralfaserdämmstoff auf geeignetem Untergrund wie Beton, Gasbeton, Mauerwerk, Holzwerkstoffe, Asbestzement, Stahlblech…

Lieferform:
Farbe: braun
Verpackung:
2,2 kg Blechdose (6 pro Karton–126 pro Palette=27,2kg)
5 kg Blechdose (4 pro Karton–96 pro Palette = 480kg)

Haltbarkeit:
12 Monate ab Produktionsdatum in ungeöffneter Verpackung bei kühler (+5°C bis +25°C) und trockener Lagerung. Anbruchgebinde gut verschließen und kurzfristig verbrauchen.

Untergründe:
Alle üblichen Bauuntergründe wie besandete bzw. beschieferte Bitumenbahnen, Polystyrol- und Polyurethanhartschaum, Mineralfasern, korrosionsgeschützte Stahlbleche, Faserzement, Gasbeton, Spanplatte, Hart-PVC Stein, Putz, Dispersionsfarben und Holz.
Die Haftflächen müssen tragfähig, sauber, blasenfrei und frei von Trennmitteln wie Talkum, Fett, Ölen usw. sein. Baufeuchte, aber nicht nasse (Wasserfilm, stehendes Wasser) Untergründe sind geeignet. Eventuell vorhandene Zementschlämme und Sinterschichten auf mineralischen Untergründen sind mechanisch zu entfernen. Blasen in Bitumenbahnen sind zu beseitigen. Um eine einwandfreie Haftung sicher zu stellen, sollten die Bitumenbahnen eine vollflächige und lagesichere Bestreuung haben. Keine Haftung auf PE, PP, PTFE und Silicone.
Es ist ratsam auf jedem Untergrund zuerst einen Haft- und Verträglichkeitstest durchzuführen.

Verarbeitung:
SOUDATHERM ROOF 170 wird direkt aus dem Gebinde verarbeitet. Der Dachkleber wird in geraden Linien (in Schlagenlinien für Mineralfaserdämmstoffe) direkt aus dem Gebinde ausgegossen. Er soll in Streifen a` mind. 8 mm ∅ gleichmäßig verteilt auf den Untergrund aufgetragen werden. Die Dämmstoffplatten müssen

HINWEIS: Die vorstehenden Informationen und unsere anwendungstechnische Beratung in Wort, Schrift und durch Versuche erfolgen nach bestem Wissen, gelten jedoch nur als unverbindliche Hinweise, auch in Bezug auf etwaige Schutzrechte Dritter. Die Beratung befreit Sie nicht von einer eigenen Prüfung unserer Beratungshinweise und unserer Produkte im Hinblick auf ihre Eignung für die beabsichtigten Verfahren und Zwecke. Neben unseren Angaben sind auch die entsprechenden Regelwerke und Vorschriften von Organisationen und Fachverbänden sowie die jeweiligen DIN-Normen für die zu erbringende Leistung zu beachten. Anwendung, Verwendung und Verarbeitung unserer Produkte und der auf Grund unserer anwendungstechnischen Beratung von Ihnen hergestellten Produkte erfolgen außerhalb unserer Kontrollmöglichkeiten und liegen daher ausschließlich in Ihrem Verantwortungsbereich. Der Verkauf unserer Produkte erfolgt nach Maßgabe unserer Allgemeinen Verkaufs- und Lieferbedingungen.

Soudal N.V.
Olof-Palme-Str. 13
D-51371 Leverkusen
Tel.: +49 214 6904-0
Fax: +49 214 690423

verkauf@soudal.com
www.soudal.com

Soudal Österreich
Hartefeldstraße 3
A-4300 Sankt-Valentin
Tel.: +43 7435 59 065
Fax: +43 7435 59 087

Flachdach und Industriebau 2.116.3
Ausgabe 05/2007

Dachdämmplatte Bondrock®

Produktbeschreibung

Hochverdichtete Steinwolle-Dachdämmplatte mit oberseitiger glasvliesverstärkter Bitumen-Haftgrundierung, die für den Transport und gegen Verunreinigungen durch eine abzieh- und abflämmbare Schutzfolie geschützt ist.

- **wärme- und schalldämmend**
- **druckbelastbar**
- **wasserabweisend**
- **diffusionsoffen**
- **dimensionsstabil unter Temperaturänderung**
- **chemisch neutral**
- **heißbitumenverträglich**
- **recycelbar**

Anwendungsbereich

Wärme-, Schall- und vorbeugender Brandschutz bei einschaligen nicht belüfteten Flachdächern. Durch die verstärkte Haftgrundierung ist die Bondrock für die vollflächige und partielle Heiß- oder Kaltverklebung der Dachhaut geeignet.

Befestigung: mechanisch, mit Auflast oder durch Verklebung. Vor der Verlegung der Dachhaut muss die Schutzfolie entfernt werden. Bei einer Verklebung der Dachhaut sind die Verarbeitungshinweise des Herstellers und die Hinweise in den Flachdachrichtlinien zu berücksichtigen.

Lieferprogramm

Dicke/ mm	m²/ Palette	R_D-Wert (m²K/W)
50	28,8	1,25
60	25,5	1,50
80	18,0	2,00
100	14,4	2,50
120	12,0	3,00
140	9,6	3,50
160	8,4	4,00

Plattenformat L x B (mm): 1200 x 1000

Platten auf Palette, gestretcht

Verlegehinweis:

Es dürfen bei einer Kaltverklebung der Dachabdichtung nur geprüfte und systemverträgliche Klebemittel eingesetzt werden. Bei einer partiellen Verklebung der Dachhaut ist die benötigte Klebefläche für den Abtrag der Windsoglasten durch den Kleberlieferanten oder durch den Hersteller der Dachhaut zu bestimmen.

Die Dachdämmplatten sollen im Verband verlegt werden. Bei Trapezprofildächern sind die Platten längs zu den Sicken anzuordnen. Bei genutzten Dachflächen, d. h. intensiver Dachbegrünung, Dachterrassen oder unter dort aufgestellten Maschinen, dürfen Bondrock Dachdämmplatten nicht eingebaut werden.

Technische Daten

	Zeichen	Beschreibung/Messwert	Norm/Vorschrift
Anwendungsgebiet	DAA	Außendämmung von Dach oder Decken, Dämmung unter Abdichtungen	DIN 4108-10
Oberfläche		Ebene, glasvliesverstärkte Bitumen-Haftgrundierung (geschützt durch abzieh- und abflämmbare Schutzfolie)	
Baustoffklasse	B2	Verbundwerkstoff: B2 – normal entflammbar (Steinwolle-Dämmstoff nichtbrennbar A1)	DIN 4102-1
Temperaturverhalten		Schmelzpunkt der Steinwolle >1000 °C ab ca. 250 °C Bindemittelverflüchtigung	DIN 4102-17
Wärmeleitfähigkeit	λ	Bemessungswert = 0,040 W/(mK)	Z-23.15-1468
Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl	MU 1	μ = 1	DIN EN 12 086
Druckspannung bei 10 % Stauchung	CS(10) 60	$\sigma_{10} \geq 60$ kPa	DIN EN 826
Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene (Abreißfestigkeit)	TR 15	$\sigma_{mt} \geq 15$ kPa	DIN EN 1607
Punktlast bei 5 mm Stauchung	PL(5) 600	Fp ≥ 600 N	DIN EN 12 430

Amtlich güteüberwacht

Unsere technischen Informationen geben den Stand unseres Wissens und unserer Erfahrung zum Zeitpunkt der Drucklegung wieder, verwenden Sie bitte deshalb die jeweils neueste Auflage, da sich Erfahrungs- und Wissensstand stets weiterentwickeln. In Zweifelsfällen setzen Sie sich bitte mit uns in Verbindung. Beschriebene Anwendungsbeispiele können besondere Verhältnisse des Einzelfalles nicht berücksichtigen und erfolgen daher ohne Haftung. Unseren Geschäftsbeziehungen mit Ihnen liegen stets unsere Allgemeinen Verkaufs-, Lieferungs- und Zahlungsbedingungen in der jeweils neuesten Fassung zugrunde, die wir Ihnen auf Anforderung gerne zur Verfügung stellen.

DEUTSCHE ROCKWOOL
Mineralwoll GmbH & Co. OHG
Postfach 207
45952 Gladbeck
Telefon: +49 (0) 20 43/4 08-0
Telefax: +49 (0) 20 43/4 08-444
www.rockwool.de

P/T/03/09/5/HD

FÜR DEN FACHBETRIEB/FACHMANN

AUSGABE 01/2012, 2.208.3
PM/T/01/12/5/HD

Dämmstoffkleber Rockpur®

Anwendungsbereich

Rockpur ist speziell für die Verklebung von Wärmedämmstoffen, insbesondere von druckfesten Mineralwolle-Dämmstoffen, geeignet.

Verarbeitung

- Rockpur ist in Strang-Streifenform auf den Untergrund aufzutragen. Der Strangdurchmesser muss ca. 8 mm betragen (ca. 50 g/lfd. M. Strang).
- Anschließend ist sofort der Kontakt zum Dämmstoff unter leichtem Druck herzustellen.

Bei der Verklebung von Dämmstoffen untereinander ist der Verbrauch um 1 Streifen (50 g) pro m^2 zu erhöhen.
Bei der Verklebung von Dämmstoffen sind die Verarbeitungshinweise des Herstellers und die Hinweise in den Flachdachrichtlinien zu beachten.

Aushärtung

Je nach Temperatur, Umgebungsfeuchtigkeit und Klebstoffschichtdicke beträgt die Aushärtezeit ca. 2 – 6 Stunden.
Hohe Temperaturen und hohe Luftfeuchtigkeit verkürzen die Aushärtezeit.

Verbrauch

Flach- und flachgeneigte Dächer
(Regelverbrauch Rockwool Dachdämmplatten)
(Windzone II, Binnenland, scharfkantiger Traufbereich)

	Eck-bereich (F)	Rand-bereich (G)	Innen-bereich I (H)	Innen-bereich II (I)
Gebäudehöhe	Streifen pro m^2 (g/m^2)			
bis 10 m	6 (300)	5 (250)	3 (150)	3 (150)
> 10 bis 18 m	7 (350)	6 (300)	4 (200)	3 (150)
> 18 bis 25 m	8 (400)	6 (300)	4 (200)	3 (150)

Bei erhöhter Windlast, z. B. in exponierter Lage und bei offenen Gebäuden mit Innendruck, ist der Klebeauftrag (gemäß DIN 1055 Teil 4) entsprechend zu erhöhen.

Untergrund

Geeignet:

- Beton, Mauerwerk (ggf. mit Voranstrich)
- Holzwerkstoffe
- Stahltrapezbleche (zusätzliche lineare Befestigung im Dachrandbereich erforderlich)
- Bitumenbahnen mit festsitzender Bestreuung
- alle für die PUR-Verklebung geeigneten Dampfsperren

Nicht geeignet:

- lose, nicht tragfähige Untergründe
- talkumierte Flächen
- fettige oder ölige Flächen
- PE-Folien und PE-beschichtete Dampfsperren
- verschmutzte oder verstaubte Flächen

Verlegehinweis

Die Klebeflächen müssen fett- und ölfrei sein. Flächige Wasseransammlungen sind abzutrocknen. Nicht unter +5 °C und über +50 °C verarbeiten. Mit Rockpur dürfen keine Dachabdichtungen verklebt werden.

Lieferprogramm

Inhalt (kg/Metallkanne)	6,5

Lieferform: Metallkannen

DEUTSCHE ROCKWOOL
Mineralwoll GmbH & Co. OHG
Postfach 207
45952 Gladbeck
Telefon: +49 (0) 20 43/4 08-0
Telefax: +49 (0) 20 43/4 08-444
www.rockwool.de

Unsere technischen Informationen geben den Stand unseres Wissens und unserer Erfahrung zum Zeitpunkt der Drucklegung wieder, verwenden Sie bitte deshalb die jeweils neueste Auflage, da sich Erfahrungs- und Wissensstand stets weiterentwickeln. In Zweifelsfällen setzen Sie sich bitte mit uns in Verbindung. Beschriebene Anwendungsbeispiele können besondere Verhältnisse des Einzelfalles nicht berücksichtigen und erfolgen daher ohne Haftung. Unseren Geschäftsbeziehungen mit Ihnen liegen stets unsere Allgemeinen Verkaufs-, Lieferungs- und Zahlungsbedingungen in der jeweils neuesten Fassung zugrunde, die Sie unter www.rockwool.de finden. Auf Anfrage senden wir Ihnen die AGBs auch gerne zu.

ROCKWOOL
DÄMMT PERFEKT & BRENNT NICHT

FOAMGLAS®
DER SICHERHEITS-DÄMMSTOFF

Adhäsiv-Bitumen-Kaltkleber PC® 11

1. Beschreibung und Anwendungsbereich

PC® 11 ist ein gebrauchsfertiger Einkomponenten-Adhäsiv-Bitumen-Kaltkleber und wird zur Verklebung von FOAMGLAS®-Platten und FOAMGLAS®-READY BOARDs auf Profilblechen eingesetzt.

PC® 11 ist ein dauerplastoelastischer, alterungsbeständiger Kleber, der ein gutes Haftvermögen auf verschiedenen Materialien hat.

2. Verarbeitung

2.1 Vorbehandlung des Untergrundes

Der Untergrund muss sauber, trocken und frei von Öl und Fett sein.
Es ist keine Haftgrundierung erforderlich.

2.2 Vorbereitung des Klebers und Verarbeitungstechnik

PC® 11 Adhäsiv-Kleber ist gebrauchsfertig und wird gewöhnlich mit einer Spezialdüse mit zwei Öffnungen auf den Obergurten des Stahltrapezprofilbleches aufgetragen. Die für PC® 11 am meisten verwendeten Geräte sind die K15-Pumpe und der SUPER-VEDA-TEXER. Die Zulieferpumpe wird elektrisch überwacht (Hersteller sind z.B. Impapol oder AWA). Der Kleber wird in zwei Streifen auf jeden Obergurt aufgetragen.

2.3 Reinigung der Werkzeuge und Geräte

Die Werkszeuge, Pumpe und die Düse sind mit Terpentinöl zu reinigen bzw. die Herstellerangaben zu beachten.

DEUTSCHE PITTSBURGH CORNING GMBH · Telefon-Hotline (0 18 05) 20 20 28 · www.foamglas.de

Technisches Datenblatt

Produktdatenblatt

FOAMGLAS® READY BOARD T4

Seite: 1 Datum: 22.03.2010 Ersetzt: 0/0/0 www.foamglas.com

FOAMGLAS® READY BOARDS T4 bestehen aus verklebten FOAMGLAS® T4 Platten. Diese sind oberseitig mit einer aufschweißbaren Bitumenkaschierung und unterseitig mit einem Spezialglasvlies verkleidet.

Lieferform (Inhalt pro Paket)

Länge x Breite [mm]	1200 x 600							
Dicke [mm]	40	50	60	70	80	90	100	110
Stück	6	5	4	4	3	3	3	2
Fläche [m²]	4,32	3,60	2,88	2,88	2,16	2,16	2,16	1,44

Länge x Breite [mm]	1200 x 600							
Dicke [mm]	120	130	140	150	160	170	180	
Stück	2	2	2	2	2	14*	14*	
Fläche [m²]	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	10,08	10,08	

Andere Abmessungen und Dicken auf Anfrage.
* Keine Einzelverpackung, sondern je 14 Boards auf einer Palette.

1. Allgemeine Eigenschaften FOAMGLAS®

Beschreibung : FOAMGLAS® wird hergestellt aus hochwertigem Recycling-Glas (>66 %) und natürlichen Rohstoffen, die in der Natur nahezu unbegrenzt vorkommen (Sand, Dolomit, Kalk…). FOAMGLAS® ist anorganisch, frei von ozonschädigenden Treibgasen (FCKW, H-FCKW etc.), Flammschutzmitteln oder Bindemitteln. Ohne VOC oder andere flüchtige Substanzen.

Brandverhalten (EN 13501-1) : Euroklasse A1, nichtbrennbar, keine toxischen Brandgase

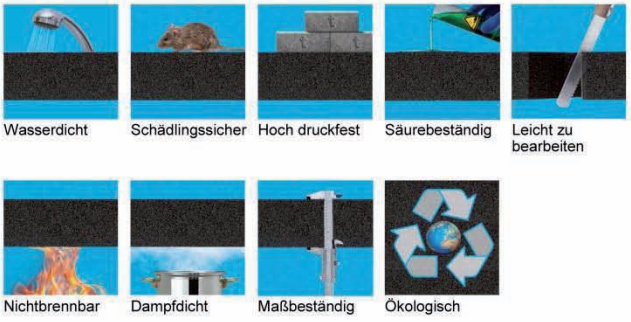
Anwendungsgrenztemperatur : -260 °C bis +430 °C

Wasserdampfdiffusionswiderstand (EN ISO 10456) : μ = ∞

Hygroskopie : keine

Kapillarität : keine

FOAMGLAS® Eigenschaften



Deutsche FOAMGLAS® GmbH, Zentrale Technik, Freiheitstraße 11, D-40699 Erkrath
Telefon +49 (0) 211 929635-21, Fax +49 (0) 211 929635-35, info@foamglas.de, www.foamglas.de

Produktdatenblatt

FOAMGLAS® READY BOARD T4

Seite: 2 Datum: 22.03.2010 Ersetzt: 0/0/0 www.foamglas.com

2. Produkteigenschaften gemäß EN 13167 [1)]

Rohdichte (± 10%) (EN 1602)	: 120 kg/m^3
Dicke (EN 823) ± 2 mm	: von 40 bis 180 mm
Länge (EN 822) ± 5 mm	: 1200 mm
Breite (EN 822) ± 2 mm	: 600 mm
Wärmeleitfähigkeit (EN ISO 10456)	: $\lambda_D \leq 0{,}042$ W/(m·K)
Brandverhalten (EN 13501-1)	: Euroklasse F (Kernmaterial Euroklasse A1)
Punktlast (EN 12430)	: PL ≤ 1,0 mm
Druckfestigkeit (EN 826 Anhang A)	: CS ≥ 700 kPa
Biegefestigkeit (EN 12089)	: BS ≥ 450 kPa
Zugfestigkeit (EN 1607)	: TR ≥ 100 kPa

[1)] Das CE-Zeichen bestätigt die Übereinstimmung mit den Anforderungen der EN 13167. Alle genannten Eigenschaften werden regelmäßig durch eine unabhängige Fremdüberwachung geprüft.

3. Ergänzende Produkteigenschaften

Schmelzpunkt (gem. DIN 4102-17)	: >1000 °C
Wärmeausdehnungskoeffizient (EN 13471)	: 9 x 10^{-6} K^{-1}
Wärmespeicherkapazität (EN ISO 10456)	: 1 kJ/(kg·K)
Temperaturleitfähigkeit bei 0 °C	: 4,2 x 10^{-7} m^2/sec

4. Weitere nationale Produkteigenschaften

Wärmeleitfähigkeit (Bemessungswert)	: 0,044 W/(m·K)
Anwendungsgebiete (Kurzzeichen nach DIN 4108-10/ DIN EN 13167)	: DAD, DAA/dh, DEO, WAB, WAA, PW/dh, PB/dh (dh = hohe Druckbelastbarkeit)
Bemessungswert der Druckspannung oberhalb der Bodenplatte / nicht zulassungspflichtige Anwendungen (Druckfestigkeit inkl. Sicherheitsbeiwert 3)	: σ = 0,28 N/mm^2
Steifemodul E_s	: ~100 N/mm^2
Bettungskennziffer (System: FOAMGLAS® 10 cm mit 2 mm Bitumen verklebt)	: —

Deutsche FOAMGLAS® GmbH, Zentrale Technik, Freiheitstraße 11, D-40699 Erkrath
Telefon +49 (0) 211 929635-21, Fax +49 (0) 211 929635-35, info@foamglas.de, www.foamglas.de

FOAMGLAS® Kompaktdachsysteme

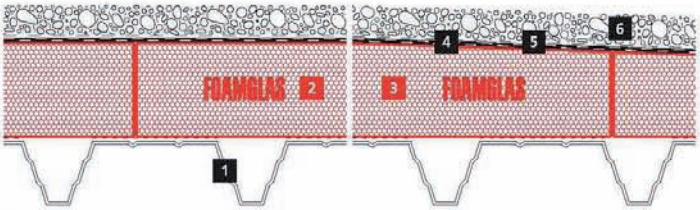
Kompaktdach bekiest auf Trapezblech

FOAMGLAS®-Platten mit Heißbitumen

FOAMGLAS Building

Systemschnitt

System 4.2.3



1 Trapezblech
2 FOAMGLAS®-Platten oder
3 FOAMGLAS®-Gefälleplatten, verlegt mit Heißbitumen
4 Zweilagige bituminöse Abdichtung
5 Trenn-/Schutzlage
6 Kies

FOAMGLAS® Produkteigenschaften

Wasserdicht – Schädlingssicher – Druckfest – Nichtbrennbar – Dampfdicht – Maßbeständig – Säurebeständig – Leicht zu bearbeiten – Ökologisch

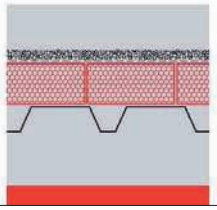
Vorteile des FOAMGLAS®-Systems

- **Qualität:** System aus hochwertigen Materialien. Qualitätssicherung durch systematische Baustellenkontrollen und professionelle Beratung.
- **Wirtschaftlichkeit:** Maximaler Werterhalt und minimale Unterhaltskosten durch hohe Lebensdauer.
- **Nachhaltigkeit:** Optimaler Wärme- und Feuchtigkeitsschutz über Generationen.
- **Sicherheit:** Kompakt verklebtes Dachsystem verhindert großflächige Schäden und Sanierungen.
- **Funktionalität:** Wärmedämmung und Dampfsperre in einer Funktionsschicht. Flexible und einfache Gefällegebung durch werkseitig vorkonfektionierte Gefälleplatten.

Hinweise für den Planer

- Zur Anwendung kommen im Normalfall: Flachplatten FOAMGLAS® T4+ oder Gefälleplatten FOAMGLAS® TAPERED T4+, Format 45/60 cm.
- Dämmstärke entsprechend gesetzlichen und objektspezifischen U-Wert-Anforderungen. Bitte beachten Sie auch unser Produktprofil. Daraus sind sämtliche FOAMGLAS®-Produkte, deren Einsatzbereiche und Kennwerte ersichtlich.
- Bei FOAMGLAS® unter statisch belasteten Bauteilen muss der baubegleitende Fachingenieur die Druckbelastung überprüfen.
- **Geltende Normen und Richtlinien zur fachgerechten Ausführung sind zu beachten.**

Detailvorschläge und Ausschreibungstexte auf Anfrage. Für weitere Lösungsansätze stehen Ihnen unsere Fachberater gerne zur Verfügung. **Stand: November 2010.** Wir behalten uns ausdrücklich vor, jederzeit die technischen Spezifikationen zu ändern. Die jeweils gültigen, aktuellen Werte finden Sie auf unserer Homepage unter: **www.foamglas.de**



FOAMGLAS® Kompaktdachsysteme

Kompaktdach bekiest auf Trapezblech

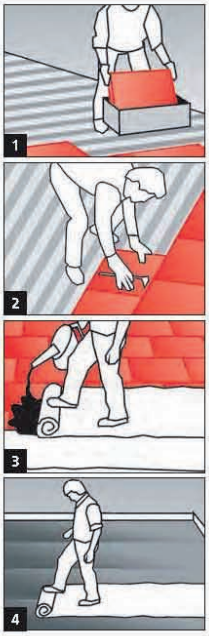
FOAMGLAS®-Platten mit Heißbitumen

FOAMGLAS Building

System 4.2.3

Verlegeanweisung

- Reinigen und entfetten der Hochsicken.
- FOAMGLAS®-Platten mit gefüllten und versetzten Fugen im Tauchverfahren mit Heißbitumen verlegen, Verbrauch ~2.0–4.0 kg/m², je nach Dämmstärke: Die FOAMGLAS®-Platten mit einer Kurz- und Langseite in die Bitumenwanne eintauchen, sowie eine Plattenoberfläche. Die FOAMGLAS®-Platten vorzugsweise mit der langen Kante parallel zur Profilrichtung des Trapezblechs auf die Hochsicken verlegen. (1 / 2)
- Mögliche Abdichtungsvariante: Zweilagige, bituminöse Abdichtung vollflächig verlegen. Erste Lage im Gieß- und Einrollverfahren, zweite Lage aufgeflämmt. Stöße mind. 8 cm überlappt und bahnenweise versetzt. (Weitere Ausführungs- und Abdichtungsvarianten mit Bitumenbahnen, oder auch z. B. Kombinationen aus Bitumen- / Kunststoffdichtungsbahn, auf Anfrage). (3)
- Trenn- / Schutzlage verlegen, Stöße überlappt. (4)
- Aufbringen des Kiesbelags, Schichtstärke ~5 cm.



Hinweise für den Verleger

- Beschaffenheit und Toleranzen des Untergrundes müssen den geltenden Normen und Richtlinien entsprechen.
- Untergrund und Umgebungstemperatur nicht unter +5 °C.
- Bei Tagesetappen ist im Zuge der Verlegung die erste Lage Abdichtung sofort aufzubringen und die Rest- bzw. Stirnflächen sind mit einem Deckabstrich zu versehen.
- Schutzschichten sind unmittelbar nach der zweiten Lage Abdichtung aufzubringen.
- Ein Beschädigungsrisiko durch Drittfirmen muss vor allem während der Bauphase durch entsprechende Maßnahmen ausgeschlossen werden.
- Empfindliche Fremdbauteile müssen gegen Heißbitumenspritzer und Hitzeeinwirkung geschützt werden.
- Die Wanne für das Aufbringen im Tauchverfahren kann bei uns gemietet werden.
- **Nutzen Sie die Gratis-Dienstleistung unserer Anwendungstechniker. Sie stehen Ihnen gerne zur Seite und helfen Ihnen vor Ort weiter.**

Die technischen Richtlinien zur Anwendung und Verlegung von FOAMGLAS® beruhen auf den bisherigen Erfahrungen und dem derzeitigen Stand der Technik. Sie sind nicht einzelfallbezogen. Wir übernehmen daher keine Haftung für die Vollständigkeit und Eignung bei einem bestimmten Projekt. Im Übrigen richten sich unsere Haftung und Verantwortlichkeit ausschließlich nach unseren allgemeinen Geschäftsbedingungen und werden weder durch die Aussage dieses Technischen Merkblatts noch durch die Beratung seitens unseres technischen Außendienstes erweitert.

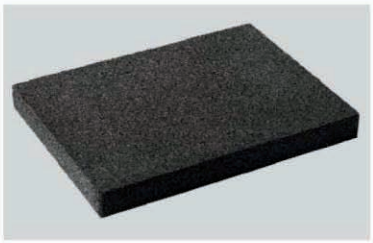
HG W 1000 1110 B D de TDS 4.2.3

Deutsche FOAMGLAS® GmbH
Zentrale Technik
Freiheitstraße 11
D-40699 Erkrath
Tel. +49 (0)211 929635-21
Fax +49 (0)211 929635-35
info@foamglas.de

Produktdatenblatt

FOAMGLAS® T4+

Seite: 1 Datum: 01.04.2011 Ersetzt: 01.02.2011 www.foamglas.com



FOAMGLAS® T4+

Lieferform (Inhalt pro Paket)

Länge x Breite [mm]	600 x 450							
Dicke [mm]	30	40	50	60	70	80	90	100
Stück	32*	12	10	8	7	6	6	5
Fläche [m²]	4,32	3,24	2,70	2,16	1,89	1,62	1,62	1,35

Länge x Breite [mm]	600 x 450							
Dicke [mm]	110	120	130	140	150	160	170	180
Stück	5	4	4	4	3	3	3	3
Fläche [m²]	1,35	1,08	1,08	1,08	0,81	0,81	0,81	0,81

* Halbes Plattenformat (300 x 450 mm).
Andere Abmessungen und Dicken auf Anfrage.

Allgemeine Eigenschaften FOAMGLAS®

Beschreibung	: FOAMGLAS® wird hergestellt aus hochwertigem Recycling-Glas (>66 %) und natürlichen Rohstoffen, die in der Natur nahezu unbegrenzt vorkommen (Sand, Dolomit, Kalk...). FOAMGLAS® ist anorganisch, frei von ozonschädigenden Treibgasen (FCKW, H-FCKW etc.), Flammschutzmitteln oder Bindemitteln. Ohne VOC oder andere flüchtige Substanzen.
Brandverhalten (EN 13501-1)	: Euroklasse A1, nichtbrennbar, keine toxischen Brandgase
Anwendungsgrenztemperatur	: -260 °C bis +430 °C
Wasserdampfdiffusionswiderstand (EN ISO 10456)	: μ = ∞
Hygroskopie	: keine
Kapillarität	: keine
FOAMGLAS® Eigenschaften	

Deutsche FOAMGLAS® GmbH, Zentrale Technik, Freiheitstraße 11, D-40699 Erkrath
Telefon +49 (0) 211 929635-21, Fax +49 (0) 211 929635-35, info@foamglas.de, www.foamglas.de

Produktdatenblatt

FOAMGLAS® T4+

Seite: 2 Datum: 01.04.2011 Ersetzt: 01.02.2011 www.foamglas.com

1. Produkteigenschaften gemäß EN 13167 [1)]

Rohdichte (± 10%) (EN 1602)	: 115 kg/m^3
Dicke (EN 823) ± 2 mm	: von 40 bis 180 mm
Länge (EN 822) ± 2 mm	: 600 mm
Breite (EN 822) ± 2 mm	: 450 mm
Wärmeleitfähigkeit (EN ISO 10456)	: $\lambda_D \leq 0{,}041$ W/(m·K)
Brandverhalten (EN 13501-1)	: Euroklasse A1
Punktlast (EN 12430)	: PL ≤ 1,5 mm
Druckfestigkeit (EN 826 Anhang A)	: CS ≥ 600 kPa
Biegefestigkeit (EN 12089)	: BS ≥ 450 kPa
Zugfestigkeit (EN 1607)	: TR ≥ 100 kPa

1) Das CE-Zeichen bestätigt die Übereinstimmung mit den Anforderungen der EN 13167. Alle genannten Eigenschaften werden regelmäßig durch eine unabhängige Fremdüberwachung geprüft.

2. Ergänzende Produkteigenschaften

Schmelzpunkt (gem. DIN 4102-17)	: >1000 °C
Wärmeausdehnungskoeffizient (EN 13471)	: 9 x 10^{-6} K^{-1}
Wärmespeicherkapazität (EN ISO 10456)	: 1 kJ/(kg·K)
Temperaturleitfähigkeit bei 0 °C	: 4,2 x 10^{-7} m^2/sec

3. Weitere nationale Produkteigenschaften

Wärmeleitfähigkeit (Bemessungswert)	: 0,042 W/(m·K)
Anwendungsgebiete (Kurzzeichen nach DIN 4108-10/ DIN EN 13167)	: DAD, DAA/dh, DI, DEO, WAB, WAA, WAP, WZ, WI, WTR, PW/dh, PB/dh (dh = hohe Druckbelastbarkeit)
Bemessungswert der Druckspannung oberhalb der Bodenplatte / nicht zulassungspflichtige Anwendungen (Druckfestigkeit inkl. Sicherheitsbeiwert 3)	: σ = 0,25 N/mm^2
Druckspannung unter Berücksichtigung des globalen Sicherheitsbeiwertes	: f_c = 0,19 N/mm^2
Bemessungswert der Druckspannung als lastabtragende Wärmedämmung (gem. allg. bauaufsichtlicher Zulassung Z-23.34-1059)	: f_{cd} = 270 kPa
Steifemodul E_s	: ~100 N/mm²
Bettungskennziffer (System: FOAMGLAS® 10 cm mit 2 mm Bitumen verklebt)	: ~820 MN/m^3

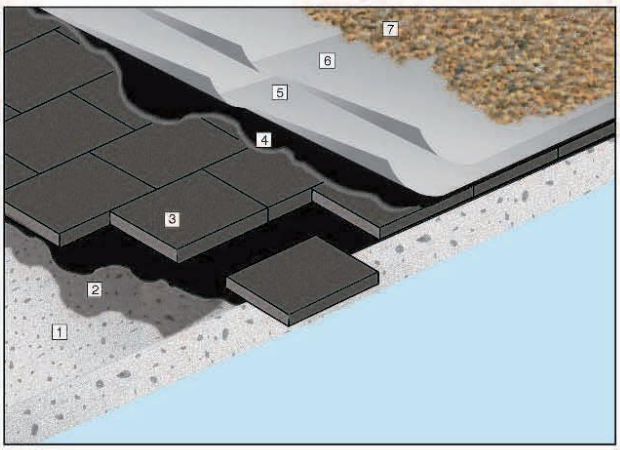
Deutsche FOAMGLAS® GmbH, Zentrale Technik, Freiheitstraße 11, D-40699 Erkrath
Telefon +49 (0) 211 929635-21, Fax +49 (0) 211 929635-35, info@foamglas.de, www.foamglas.de

FOAMGLAS®
DER SICHERHEITS-DÄMMSTOFF

FOAMGLAS®-Platten im Kompaktdach-System auf Stahlbeton

TR 6.1

Technische Richtlinie



Aufbau-Skizze*)

1. Stahlbeton Massivdecke
2. Voranstrich
3. FOAMGLAS®-Platten in Heißbitumen, z.B. T 4+
4. Heißbitumen
5. Abdichtung 1. Lage
6. Abdichtung 2. Lage (beschiefert)
7. Kiesschüttung

Einsatzgebiete/Systembeschreibung

Vorteile des Dämmstoffes

Der Dämmstoff FOAMGLAS® ist auf Ortbetondecken aufgrund seiner außergewöhnlichen Produkteigenschaften hervorragend geeignet.

Mit FOAMGLAS® wird die gebäudeumfassende Wärmedämmung ohne Wärmebrücken, die Wirtschaftlichkeit, die Langlebigkeit und bauphysikalische Unbedenklichkeit der gesamten Konstruktion erreicht.

Der Dämmstoff ist

- dampf- und wasserdicht
- nichtbrennbar
- druckfest
- maßbeständig; verformt, schüsselt und schwindet nicht
- alterungsbeständig

FOAMGLAS® ist leicht zu bearbeiten und sowohl im Bauzustand als auch in der späteren Nutzungsphase feuchte- bzw. witterungsunempfindlich.

Vorteil des Dachsystems

Im FOAMGLAS®-Kompaktdach sind alle Schichten untereinander und mit dem tragenden Untergrund hohlraumfrei verklebt. FOAMGLAS® bietet der Abdichtung die verformungsfreie Unterlage.

Auf Stahlbeton-Massivdecken werden FOAMGLAS®-Dämmplatten mit Heißbitumen auf die grundierte Bauwerksfläche mit pressgestoßenen Fugen im Verband verlegt. Durch diagonales Anschieben der Platten wird sichergestellt, dass eine 100 %ige Fugenverfüllung entsteht. Somit ist im Kompaktdachaufbau die Wasser- und Wasserdampfdiffusionsdichtigkeit voll gewährleistet.

Eine Vielzahl von technischen Vorzügen führt daneben zu Wirtschaftlichkeit und Sicherheit der gedämmten Konstruktion:

- Keine zusätzliche Dampfsperre erforderlich.
- Durch die vollfugige Verklebung der Dämmplatten untereinander kommt es in Fällen grober mechanischer Beschädigung nicht zu einer Unterflutung der gesamten Dachfläche. Der Schaden ist eindeutig lokalisierbar.
- Feuchteaufnahme durch Diffusion oder Wärmeverluste durch Luftströmung sind im Kompaktdach ausgeschlossen.
- Der Wärmeschutz des Daches bleibt über die gesamte Nutzungsdauer des Gebäudes konstant. Das Kompaktdach besitzt keine Wärmebrücken, beispielsweise durch mechanische Befestigungen oder offene Fugen, und entspricht durch die hohlraumfreie Verklebung ebenfalls der Forderung der EnEV nach Luftdichtigkeit.
- Durch die hohe Druckfestigkeit von FOAMGLAS® werden die äußeren Kräfte – auch durch zusätzliche Nutzschichten – dauerhaft schadlos aufgenommen.

FOAMGLAS® bleibt in der Dachkonstruktion absolut formbeständig und altert nicht. Der Ausdehnungskoeffizient der Dämmplatten gleicht dem von Stahl bzw. Stahlbeton. Die kompakte Verklebung zwischen tragendem Untergrund, Dämmung und Abdichtung ist dauerhaft funktionsfähig. Somit bietet das umweltverträgliche Bauprodukt zudem den Nutzen der Nachhaltigkeit über die gesamte Standzeit des Bauteiles.

Deutsche FOAMGLAS® GmbH · Hotline 01805 202028 · www.foamglas.de

TR 6.1

Technische Richtlinie

FOAMGLAS®
DER SICHERHEITS-DÄMMSTOFF

Verlegeanweisung

- Für die Verlegung von FOAMGLAS®-Platten im Kompaktdachsystem auf Stahlbetondachflächen muss eine tragfähige Stahlbetondecke vorhanden sein. Die Oberfläche der Stahlbetonfläche muss stetig verlaufend und planeben gemäß DIN 18 202 sein.
- Der Untergrund muss trocken, sauber und tragfähig sein. Eventuelle Rückstände von Öl, Fett usw. sind zu entfernen.
- Voranstriche auf die Stahlbetonoberfläche mittels Sprühgerät oder Rolle auftragen. Erzeugnis: PC® 3A, Verbrauch ca. 0,3 l/m². (Abb. 1)
- Die FOAMGLAS®-Platten in den Abmessungen 60 x 60 cm bzw. 60 x 45 cm werden mit Heißbitumen, z.B. 100/25, vollflächig und vollfugig mit pressgestoßenen Fugen im Verband durch diagonales Einschieben kraftschlüssig auf dem Untergrund verklebt. Bei Dämmdicken > 80 mm sind die Stoßkanten vor Verlegung in das ausgegossene Heißbitumen einzutauchen. Verbrauch ca. 4 – 5 kg/m². (Abb. 2 – 4)

Anmerkung:

Dachabdichtungen mit einer Neigung unter 2 % sind Sonderkonstruktionen und sollten nur in Ausnahmefällen vorgesehen werden. In diesen Fällen sind entweder beide Lagen aus Polymerbitumenbahnen herzustellen oder es sind unter der oberen Lage Polymerbitumenbahnen zwei Lagen Bitumenbahnen einzubauen.

Beispiel:

- 1. Lage Dachabdichtung PYE-G 200 DD wird vollflächig mit ca. 2 – 3 kg/m² Heißbitumen, z.B. 100/25, auf die FOAMGLAS®-Oberfläche im Gieß- und Einrollverfahren aufgeklebt. Naht- und Stoßüberdeckung sind zu beachten. (Abb. 5)
- 2. Lage Dachabdichtung PYE-PV 200 DD, beschiefert, wird vollflächig mit ca. 2 kg/m² Heißbitumen, z.B. 100/25, auf die 1. Lage Dachabdichtung im Gieß- und Einrollverfahren aufgeklebt. Naht- und Stoßüberdeckung sind zu beachten. (Varianten zur Dachabdichtung siehe Ausschreibungstexte)
- Als Oberflächenschutz kann eine Schüttung aus Kies, 16/32 mm Körnung, in einer Mindestdicke im Einbauzustand von 50 mm, aufgebracht werden.

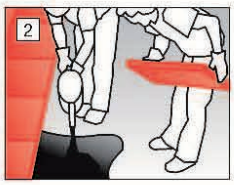
Hinweise:

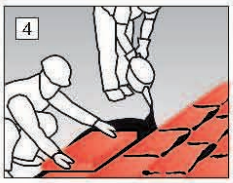
Die aktuellen Fachregeln für Dächer mit Abdichtung „Flachdachrichtlinien" sind zu berücksichtigen.

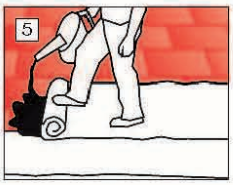
Alternativ kann als Voranstrich auch PC® EM eingesetzt werden.

Verarbeitung und Untergrundtemperaturen nicht unter + 5 °C.

Beachten Sie bitte auch unsere Datenblätter für die Produkte:
PC® 3A
PC® EM
FOAMGLAS®-Platten T 4+
FOAMGLAS®-Platten T 4
FOAMGLAS®-Platten S 3
FOAMGLAS®-Platten F
Ausschreibungstext AT 6.1







Verlegeschema*)

Die technischen Richtlinien zur Anwendung und Verlegung von FOAMGLAS® beruhen auf den bisherigen Erfahrungen und dem derzeitigen Stand der Technik. Unsere Haftung und Verantwortlichkeit richtet sich ausschließlich nach unseren allgemeinen Geschäftsbedingungen und wird weder durch die Aussage dieser technischen Richtlinie, noch durch die Beratung seitens unseres technischen Außendienstes erweitert.

*) Darstellungen beziehen sich auf die Verarbeitung von FOAMGLAS®; weitere bautechnische Details sind prinzipiell vereinfacht dargestellt.

Deutsche FOAMGLAS® GmbH · Hotline 01805 202028 · www.foamglas.de

DFG/TR 6.1 Kompaktdach auf Stahlbeton/07/06/6/W

SICHERHEITSDATENBLATT **Gustav Barth GmbH & Co. KG**

NAME DES PRODUKTS	: 5 MINUTEN PRIMER (Grundanstrichfarbe)
SEITE 1	

1.	STOFF-/ZUBEREITUNGS- UND FIRMENBEZEICHNUNG	
1.1	Produktname	: 5 Minuten Primer
1.2	Verwendung	: Bitumenhältige Grundanstrichfarbe
1.2	Name der Firma	: Gustav Barth GmbH & Co.KG. Dornierstraße 7 - 71272 Renningen Tel. +49 (07159) 935- 300 Fax +49 (07159) 935- 337
1.4	Verantwortlich für Sicherheitsdaten-blatt	: info.renningen@barth-metall.de
1.5	Telefonnummer für Notfälle	: +49 (0174)34719-55

2. ZUSAMMENSETZUNG / ANGABEN ZU DEN BESTANDTEILE

2.1. Chemische Zusammensetzung : Bitumen, Toluol, Heptane

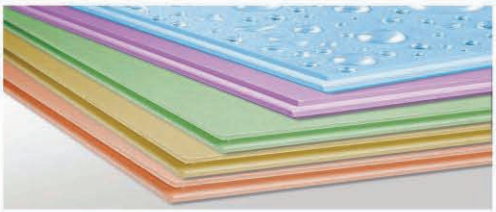
2.2 Gefährliche Substanzen laut Richtlinie 2004/73/CEE und folgende

Name	CAS	Konzentration	Klassifizierung
Toluene	108-88-3	18 – 29 %	F R11 Repr. Cat. 3 Notes 4 6 Xn R48/20-63-65 Xi R38-67
Heptane	142-82-5	27 – 38 %	F R11 Xn R65 Xi R38-67 N R50/53

komplette R-Sätze siehe Abschnitt 15

3.	GEFAHRENKENNZEICHNUNG	
	Die wichtigsten Gesundheitsgefahren	: leicht entflammbar : kann bei Verschlucken zu Lungenschäden führen : Sehr schädlich für Wasserorganismen, kann bei längerem Kontakt zu Schäden in Gewässern führen : siehe auch Abschnitt 11 "Toxikologische Informationen"

4.	ERSTE HILFE-MASSNAHMEN	
4.1	Bei Einatmung	: Den Betroffenen aus dem verseuchten Bereich bringen, ruhig und warm halten, für frische Luft sorgen : Bei Atemstillstand künstliche Beatmung. Arzt hinzuziehen. : Bei Verdacht auf starke Einatmung (z.B. bei plötzlichem Erbrechen wegen verdorbenen Magens) sofortiger Transport ins Krankenhaus.
4.2	Hautkontakt	: mit Produkt verunreinigte Kleidungsstücke sofort ausziehen : Gründlich mit Wasser und Seife waschen.
4.3	Augenberührung	: Sofort vorsichtig und gründlich für mindestens 10 Minuten mit Wasser spülen. : Falls nötig, Arzt aufsuchen.
4.4	Bei Hinunterschlucken	: Keinen Erbrechen hervorrufen. Arzt hinzuziehen.



Kurzfassung

Umwelt-Produktdeklaration

Environmental Product-Declaration

Institut Bauen und Umwelt e.V. www.bau-umwelt.com	Programmhalter
FPX - Fachvereinigung Polystyrol-Extruderschaumstoff Odenwaldring 68 D – 64380 Rossdorf www.fpx-daemmstoffe.de in Zusammenarbeit mit: EXIBA Avenue E. Van Nieuwenhuyse, 4 B – 1160 Brussels Belgium	Deklarationsinhaber
EPD-FPX-2010111-D	Deklarationsnummer
XPS – extrudierter Polystyrolschaum Diese Deklaration ist eine Umweltproduktdeklaration gemäß ISO 14025 und beschreibt die Umweltleistungen der hier genannten Bauprodukte in Deutschland. Sie soll die Entwicklung des umwelt- und gesundheitsverträglichen Bauens fördern. In dieser validierten Deklaration werden alle relevanten Umweltdaten offengelegt. Die Deklaration beruht auf dem PCR-Dokument „Schaumkunststoffe", Dezember 2009.	Deklarierte Bauprodukte
Diese validierte Deklaration berechtigt zum Führen des Zeichens des Instituts für Bauen und Umwelt. Sie gilt ausschließlich für die genannten Produkte, drei Jahre vom Ausstellungsdatum an. Der Deklarationsinhaber haftet für die der Deklaration zugrunde liegenden Angaben und Nachweise.	Gültigkeit
Die Deklaration ist vollständig und enthält in ausführlicher Form: - Produktdefinition und bauphysikalische Angaben - Angaben zu Grundstoffen und zur Stoffherkunft - Beschreibungen zur Produktherstellung - Hinweise zur Produktverarbeitung - Angaben zum Nutzungszustand, außergewöhnlichen Einwirkungen in der Nutzungsphase - Ökobilanzergebnisse - Nachweise und Prüfungen	Inhalt der Deklaration
07. Juli 2010	Ausstellungsdatum
Prof. Dr.-Ing. Horst J. Bossenmayer (Präsident des Instituts Bauen und Umwelt e.V.)	Unterschriften
Diese Deklaration und die zugrundegelegten Regeln wurden gemäß ISO 14025 durch den unabhängigen Sachverständigenausschuss (SVA) geprüft.	Prüfung der Deklaration
Prof. Dr.-Ing. Hans-Wolf Reinhardt (Vorsitzender des SVA) Dr. Birgit Grahl (Prüferin vom SVA bestellt)	Unterschriften

Kurzfassung

Umwelt-Produktdeklaration

Environmental Product-Declaration

Produktbeschreibung

Extrudierter Polystyrolhartschaum (XPS) ist ein Kunststoffschaumdämmstoff entsprechend der DIN EN 13164, der in Form von Platten im Rohdichtenbereich von 30 bis 50 kg/m³ produziert wird. Die Platten werden in unterschiedlichen Druckfestigkeitsstufen von 150 bis 700 kPa im Dickenbereich 20 bis 200 mm geliefert, Produkte mit Dicken bis 320 mm werden als werksseitig verklebte Mehrschichtplatten geliefert. Für die unterschiedlichen Anwendungsbereiche können die Platten unterschiedliche Oberflächen (mit Extrusionshaut, gefräst, gerillt oder thermisch geprägt) aufweisen. XPS Platten werden mit Glattkanten-, Stufenfalz- und Nut & Feder-Kantenausprägung geliefert.

Hauptbestandteil ist Polystyrol, als Treibmittel wird Kohlendioxid in Kombination mit Co-Treibmittel verwendet.

Diese Deklaration bezieht sich auf 1 m² extrudierte Polystyrolschaumplatte (XPS-Platte) mit einer Stärke von 100 mm, d.h. 0,1 m^3 mit einer Dichte von 34 kg/m^3.

Anwendungsbereich

Anwendungsgebiete sind nach der DIN 4108-10 Wärmedämmung von Dach, Decke, Wand, Boden und Perimeter mit dort festgelegten Anforderungen an die physikalischen Eigenschaften: Perimeterdämmung der Bodenplatte, Perimeterdämmung der Kelleraußenwände, Flachdachdämmung nach dem Umkehrdachprinzip, Wärmedämmung von Fußböden z.B. hochbelasteter Industriefußböden, Außenwanddämmung, insbesondere Wärmebrückendämmung von Betonbauteilen, Außenwanddämmung, insbesondere als Kerndämmung in zweischaligem Mauerwerk, Wärmedämmverbundsysteme (WDVS), Wärmedämmung von Decken in landwirtschaftlichen Bauten, Innendämmung von Wänden, Innendämmung von Decken, Wärmedämmung von Steildächern oberhalb und unterhalb der Sparren, Kernmaterial für Sandwichelemente, Technische Anlagen (z. B. Rohrisolierungen).

Rahmen der Ökobilanz

Die Ökobilanz wurde nach DIN ISO 14040/44 entsprechend den Anforderungen des Leitfadens Umwelt-Produktdeklarationen zu Typ-III-Deklarationen des Instituts Bauen und Umwelt e.V. durchgeführt. Als Datenbasis wurden spezifische Daten von fünf Mitgliedsunternehmen des Industrieverbandes EXIBA, sowie Daten aus der Datenbank „GaBi 4" herangezogen. Die Ökobilanz umfasst die Rohstoff- und Energiegewinnung, Rohstofftransporte und die eigentliche Herstellungsphase des XPS-Schaums, sowie dessen Entsorgung, und die Herstellung der Verpackung.

In der End of Life-Phase wurden zwei Szenarien für die thermische Verwertung berechnet. Das Szenario mit 90% Verwertungsrate wird angenommen für Anwendungen, in denen das XPS leicht wieder aus dem Gebäude zu entnehmen ist (bspw. Dachisolierung), und 50% für Produkte, die schwer oder nur unvollständig vom Gebäude zu trennen sind (bspw. Perimeterdämmung)

Ergebnisse der Ökobilanz

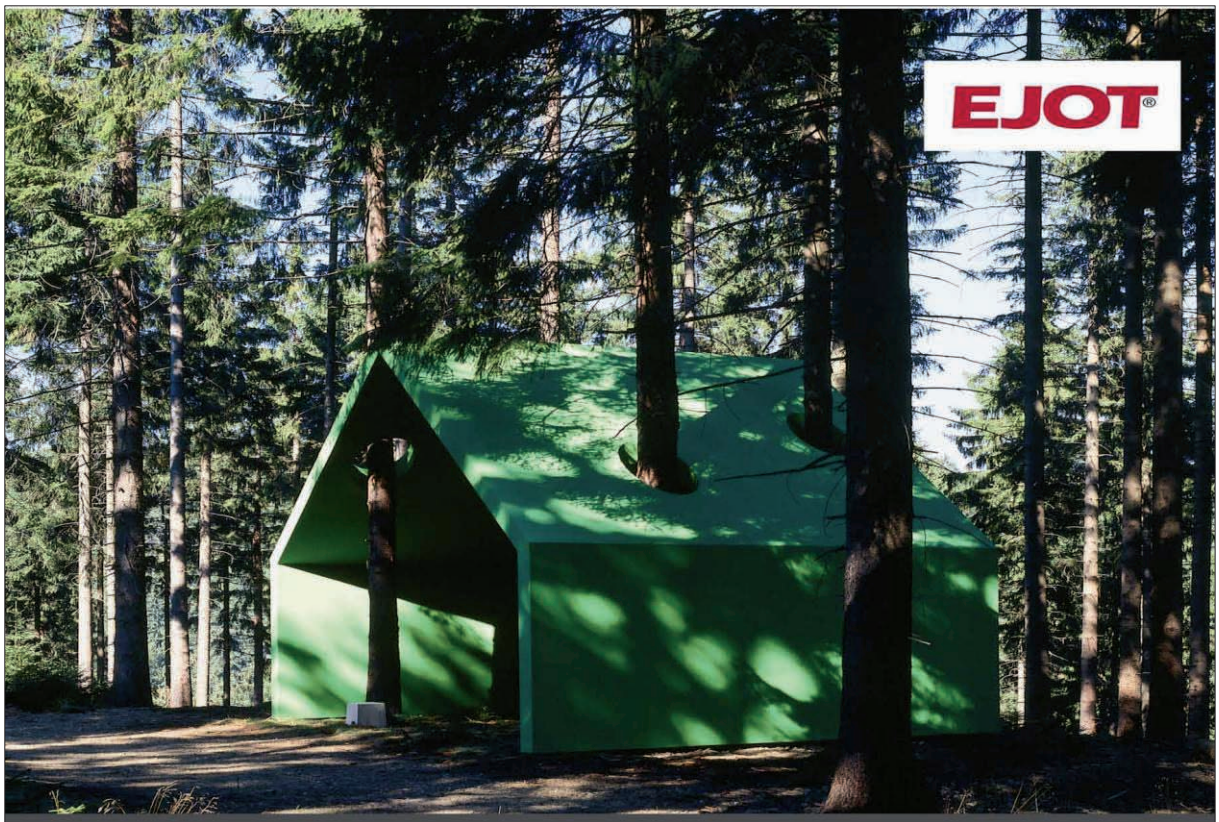
Ökobilanzergebnisse für 0,1m^3 XPS	Einheit	Produktion	EoL (90 % thermische Verwertung)	Total (90 % thermische Verwertung)	EoL (50% thermische Verwertung)	Total (50 % thermische Verwertung)
Primärenergiebedarf (nicht erneuerbar)	MJ	343,752	-102,533	241,219	-55,260	288,492
Primärenergiebedarf (erneuerbar)	MJ	2,358	-1,316	1,042	-0,712	1,646
Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP total)	kg Sb-Äquiv.	0,156	-0,044	0,112	-0,024	0,132
Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP Elemente)	kg Sb-Äquiv.	2,51E-06	-5,03E-07	2,00E-06	-2,76E-07	2,23E-06
Treibhauspotential (GWP)	kg CO_2-Äquiv.	15,475	4,670	20,145	2,729	18,204
Ozonschicht Abbaupotential (ODP)	kg R11-Äquiv.	4,69E-07	-2,78E-07	1,91E-07	-1,54E-07	3,15E-07
Versauerungspotential (AP)	kg SO_2-Äquiv.	0,049	-0,005	0,044	-0,002	0,047
Eutrophierungspotential (EP)	kg PO_4^{3-}-Äquiv.	0,004	-3,12E-04	0,004	-5,20E-05	0,004
Photochemisches Oxidantien Bildungspotential (POCP)	kg C_2H_4-Äquiv.	0,051	-4,70E-04	0,050	-1,88E-04	0,051

Erstellt durch: PE INTERNATIONAL, Leinfelden-Echterdingen

PE INTERNATIONAL
EXPERTS IN SUSTAINABILITY

Nachweise und Prüfungen

Das Auslaugverhalten in der Nutzungsphase ist nicht relevant. Für die Messung von VOC Emissionen im Innenraum sind keine Prüfbedingungen definiert, siehe Abschnitt 9 der Langfassung.



Umwelt-Produktdeklaration

nach ISO 14025

Verankerungs- und Befestigungsprodukte der EJOT Baubefestigungen GmbH

Produktgruppe Flachdach

Deklarationsnummer
EPD-EJT-2010211-D

Institut Bauen und Umwelt e.V.
www.bau-umwelt.com

Institut Bauen
und Umwelt e.V.

Umwelt-Produktdeklaration nach ISO 14025

FLD Baubefestigungen Seite 4

Produktgruppe	Dübel aus Kunststoff und Metall	Erstellung
Deklarationsinhaber	EJOT Baubefestigungen GmbH	15-12-2010
Deklarationsnummer	EPD-EJT-2010211-D	

Geltungsbereich

Dieses Dokument bezieht sich auf ein durchschnittliches FLD-Dübelsystem, welches in den Werken in Polen und in Deutschland hergestellt wird.

- EJOT POLSKA Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Spółka komandytowa, Ul. Jezowska 9, PL-42-793 Ciasna

1 Produktdefinition

Produktdefinition — Dübel und Befestigungen für das Flachdach (FLD-Dübel):

Dabo Schraube: SW 8 R

EJOT Climadur Dabo®
mit Sechskantkopf SW8
Besonders geeignet für Unterkonstruktionen aus Stahlblech
≥ 0,75 mm ≤ 1 mm bei erhöhten Anforderungen an die Trittsicherheit in Kombination mit HTV 82/40.

Ebenfalls geeignet für Unterkonstruktionen aus Holz

Dabo Schraube: SW 8 RT

EJOT Climadur Dabo®
mit Sechskantkopf SW8 und Stützgewinde
Besonders geeignet für Unterkonstruktionen aus Stahlblech
≥ 0,75 mm ≤ 1 mm bei fester Dämmung in Verbindung mit HTV 82/40 F.

Ebenfalls geeignet für Unterkonstruktionen aus Holz

Dabo Schraube: TKE (A4)

EJOT Climadur Dabo® Edelstahl - Schraube TKE-4,8 mit Trompetenkopf
Besonders geeignet für Unterkonstruktionen aus Stahlblech
≥ 0,75 mm ≤ 1 mm in Kombination mit HTK 50
Ebenfalls geeignet für Unterkonstruktionen aus Holz
in Kombination mit HTV 82/40 TK und HTV 82/40 F

Dabo Schraube: TKR

EJOT Climadur Dabo® Schraube TKR-4,8 mit Trompetenkopf
Besonders geeignet für Unterkonstruktionen aus Stahlblech
≥ 0,75 mm ≤ 1 mm in Kombination mit HTK 50
Ebenfalls geeignet für Unterkonstruktionen aus Holz
in Kombination mit HTV 82/40 TK und HTV 82/40 F

Dabo Schraube: SH2

EJOT Climadur Dabo® Schraube SH2-5,0
mit Senkkopf
Besonders geeignet in Kombination mit HTV 82/40 F
zur direkten Befestigung auf Holzunterkonstruktionen