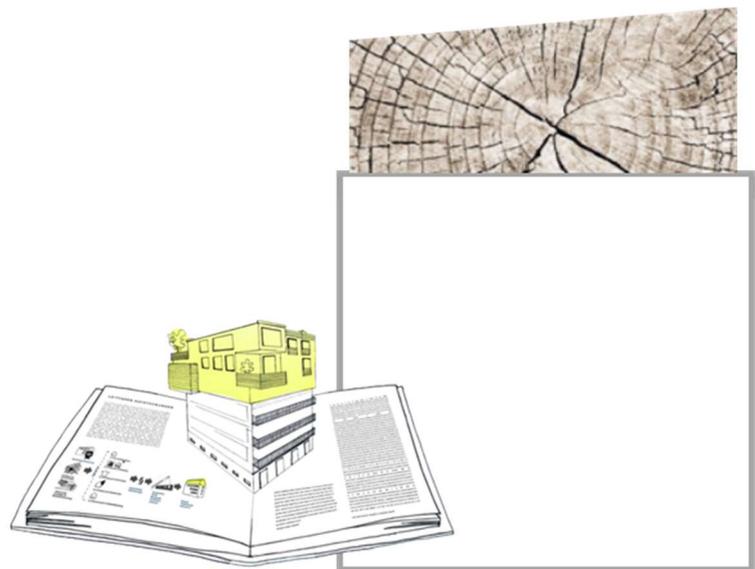


Holz in der Aufstockung – Bewertung und Umsetzung von Holz in Aufstockungsmaßnahmen

Schlussbericht zum Forschungsvorhaben



Holz in der Aufstockung (HolzAuf)

01 / 2024

Ressourceneffizientes Bauen, Prof. Dr.-Ing. Annette Hafner
Fakultät Bau- und Umweltingenieurwissenschaften
Ruhr-Universität Bochum (RUB)

RUHR
UNIVERSITÄT
BOCHUM

RUB

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung - vorbehalten.

Zitationsvorschlag:

Hafner A., Storck M., Fath M., Sieder M. (2024): Holz in der Aufstockung – Bewertung und Umsetzung von Holz in Aufstockungsmaßnahmen. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt: 2220HV004A/B. BMEL/FNR.

Bezugsmöglichkeit des Berichts:

Ruhr-Universität Bochum
Fakultät Bau- und Umweltingenieurwissenschaften
Ressourceneffizientes Bauen, Prof. Dr.-Ing. Annette Hafner
Universitätsstr. 150, IC5-161
44801 Bochum
Fon: 0234-32- 21414
Fax: 0234-32-14815
reb@rub.de
www.ruhr-uni-bochum.de/reb/index.html

Dieser Bericht ist über die Website des Lehrstuhls Ressourceneffizientes Bauen in elektronischer Form abrufbar.

Holz in der Aufstockung – Bewertung und Umsetzung von Holz in Aufstockungsmaßnahmen

Wood in vertical building extensions – assessment and use of timber in vertical building extension scenarios

Projektbeteiligte:



Verbundpartner
Ressourceneffizientes Bauen
Ruhr-Universität Bochum



Institut für Baukonstruktion und Holzbau
Technische Universität Braunschweig

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Abschlussbericht über o.g. Forschungsvorhaben
gefördert unter dem Kennzeichen: 2220HV004A und 2220HV004B
vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL),
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Projektlaufzeit
01.05.2020 – 30.04.2023.

Bochum, Januar 2024

Schlussbericht

zum Vorhaben

Thema:

Verbundvorhaben: Holz in der Aufstockung – Bewertung und Umsetzung von Holz in Aufstockungsmaßnahmen

Zuwendungsempfänger:

Teilvorhaben 1: Ökobilanzierung

Teilvorhaben 2: Holz-Aufstockungskonstruktionskatalog

Förderkennzeichen:

Teilvorhaben 1: 2220HV004A

Teilvorhaben 2: 2220HV004B

Laufzeit:

01.05.2020 bis 30.04.2023

Monat der Erstellung:

01/2024

Gefördert durch:



**Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft**

**aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages**

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorenschaft.

Inhaltsverzeichnis

I.	Kurzbericht	1
1.	Aufgabenstellung	1
2.	Planung und Ablauf des Vorhabens	1
3.	Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse	2
	a) Arbeitspakete und Meilensteine.....	2
	b) Zusammenfassung	3
II.	Ausführliche Darstellung der Ergebnisse	4
1.	Erzielte Ergebnisse	4
	Arbeitspaket 1: Grundlagenermittlung.....	4
	1.1 Aufstockungskatalog	4
	1.2 Grundlagenermittlung zu Bewertungsgrundlagen zur Ökobilanzierung von Aufstockungs- und Erweiterungsmaßnahmen	10
	1.3 Untersuchung von Aufstockungskonstruktionen und Ermittlung von grundlegenden Anforderungen an Aufstockungskonstruktionen.....	11
	Arbeitspaket 2: Erstellung einer Vorgehensweise zur ökologischen Bilanzierung von Aufstockungsmaßnahmen auf Gebäudeebene unter Berücksichtigung der im Lebenszyklus anfallenden Umweltwirkungen	11
	2.1 Entwicklung einer Vorgehensweise zur Ökobilanz von Aufstockungsmaßnahmen	11
	2.2 Anwendung der Berechnungsmethode für ausgewählte Beispielgebäude und Aufzeigen von ökologischen Potentialen durch Aufstockungsmaßnahmen.....	14
	Arbeitspaket 3: Holz-Aufstockungskonstruktionskatalog	17
	3.1 Wesentliche Detailpunkte	17
	3.2 Konstruktionskatalog für Aufstockungen	19
	Arbeitspaket 4: Zusammenführung der Ergebnisse.....	35
	4.1 Ökologische Bewertung von Aufstockungskonstruktionen	35
	4.2 Veröffentlichung in eLCA, wissenschaftliche Veröffentlichungen und Schlussbericht	38
2.	Verwertung.....	41
	a) Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen.....	41
	b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende.....	41
	c) Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende.....	41
	d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit	41
3.	Erkenntnisse von Dritten.....	42
4.	Veröffentlichungen	42
ANHANG	43	
	Teilvorhaben 1: Ökobilanzierung	43
	Ziel und Gegenstand des Teilvorhabens	43
	Bearbeitete Arbeitspakete.....	43
	Wesentliche Ergebnisse des Teilvorhabens	46
	Teilvorhaben 2: Holz-Aufstockungskonstruktionskatalog	47
	Ziel und Gegenstand des Teilvorhabens	47
	Bearbeitete Arbeitspakete.....	47
	Wesentliche Ergebnisse des Teilvorhabens	49
Literatur	50	

I. Kurzbericht

- Ziestellungen des Projektes:
 - Erarbeitung eines Vorgehens für eine ökologische Bilanzierung von Aufstockungsmaßnahmen
 - Erarbeitung eines Konstruktionskataloges für Aufstockungsmaßnahmen in Holzbauweise
- Ablauf des Vorhabens:
 - Erstellung eines Aufstockungskataloges als Grundlage für die Projektbearbeitung
 - Zusammenstellung von baukonstruktiven, baurechtlichen und bauphysikalischen Anforderungen an Aufstockungsprojekte und -konstruktionen
 - Erstellung einer Vorgehensweise zur ökologischen Bilanzierung von Aufstockungsmaßnahmen auf Gebäudeebene
 - Anwendung der Berechnungsmethode für Beispielprojekte zur Ermittlung der ökologischen Potentiale von Aufstockungsmaßnahmen
 - Zusammenstellung der wesentlichen Detailpunkte für Aufstockungsmaßnahmen, konkret im Anschlussbereich Bestand / Aufstockung
 - Erstellung eines Konstruktionskataloges für Aufstockungsmaßnahmen in Holzbauweise

1. Aufgabenstellung

Aufstockungen stellen eine sinnvolle Möglichkeit dar in bereits dicht besiedelten innerstädtischen Flächen Wohnraum zu schaffen und der steigenden Nachfrage entgegenzuwirken. Insbesondere durch die Weiterverwendung bereits bestehender Bebauungsstrukturen sind Aufstockungen auch aus Gründen der Ressourcenschonung sinnvoll. Gerade für den Holzbau kann das Thema der Aufstockung von Gebäudebeständen eine Zukunftsaufgabe sein, da sich die Vorteile des Holzbaus hier gut umsetzen lassen. Holzbau kann gerade durch sein geringes Gewicht und die große Tragfähigkeit und Vorfertigung für Sanierung / Umbau / Anbau / Aufstockung genutzt werden.

Aufstockungen bieten eine Vielzahl von verschiedenen Konstruktionsmöglichkeiten, die neben Kosteneinsparungen auch ökologische Potentiale bilden. Im Rahmen dieses Projektes wurden konstruktive Problematiken (hauptsächlich im Anschlussbereich Bestand an Holzbau) sowie ökologische Vorgehensweisen überarbeitet. Das Forschungsvorhaben untersuchte Aufstockungskonstruktionen und soll Planern und Entscheidungsträgern einen freien Zugang auf Konstruktionsdetails für diese bieten. Dazu wurde ein baukonstruktiver Detailkatalog mit verschiedenen Aufstockungskonstruktionen (Wand, Dach, Decke) in Holz erstellt, der neben konstruktiven Lösungen auch eine ökologische Bewertung beinhaltet. Insbesondere der Anschluss des Bestands an die neu zu erstellende Aufstockung wurde untersucht und Lösungen für typische Konstruktionen aus verschiedenen Baualtersklassen angeboten. Aus ökologischer Sicht wurde eine transparente Vorgehensweise zur ökologischen Bewertung von Aufstockungsmaßnahmen erstellt und eine Integration des Detailkatalogs in eLCA umgesetzt. Die Konstruktion sind nun kostenfrei verfügbar und Planende können diese als Hilfestellung zur Durchführung von Aufstockungsprojekten verwenden.

Das Vorhaben wurde in parallelen Arbeitspaketen bearbeitet, da die Inhalte der ersten Arbeitspakete von den Projektpartnern unabhängig voneinander zusammengestellt werden konnten. Im vierten Arbeitspaket wurden die Ergebnisse zusammengeführt. Dabei wurde an Vorarbeiten der Projektpartner aus einem zuvor beendeten Forschungsprojekt zum Thema Aufstockungen angeknüpft und die dort erarbeiteten Ergebnisse für dieses Vorhaben weiterverwendet und -entwickelt. Das zugrundeliegende Forschungsvorhaben – dem durch die Forschungsinitiative ZukunftBau geförderten Projekt „Leitlinie Aufstockungen“ [1] – enthält weitere Fragestellungen zu einem baukonstruktiven Detailkatalog, welcher Planende bei der Umsetzung von Aufstockungen in Holz unterstützt.

2. Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Vorhaben war in vier Arbeitspakete gegliedert. AP 1 war eine grundlegende Zusammenarbeit der Projektpartner zur Ermittlung der allgemeinen Grundlagen für das Projekt in Form eines Aufstockungskataloges bestehender Aufstockungsprojekte sowie der Auswertung dieser. AP 2 und AP 3 wurden von den Projektpartnern getrennt bearbeitet und verliefen hierfür parallel zueinander. AP 2 wurde von der RUB bearbeitet und beinhaltete die systematische Bewertung der ökologischen Auswirkungen und Potentiale von Aufstockungsmaßnahmen. AP 3 wurde von der TU Braunschweig bearbeitet und beinhaltete die Erarbeitung von baukonstruktiven und bauphysikalischen Anforderungen an Aufstockungsprojekte sowie die Erstellung eines Konstruktionskataloges für Aufstockungsmaßnahmen in Holzbauweise. Die endgültigen Ergebnisse wurde anschließend in AP 4 von den Projektpartnern wieder zusammengeführt, so wie es im Antrag bereits vorgesehen war, siehe auch Abbildung 1.

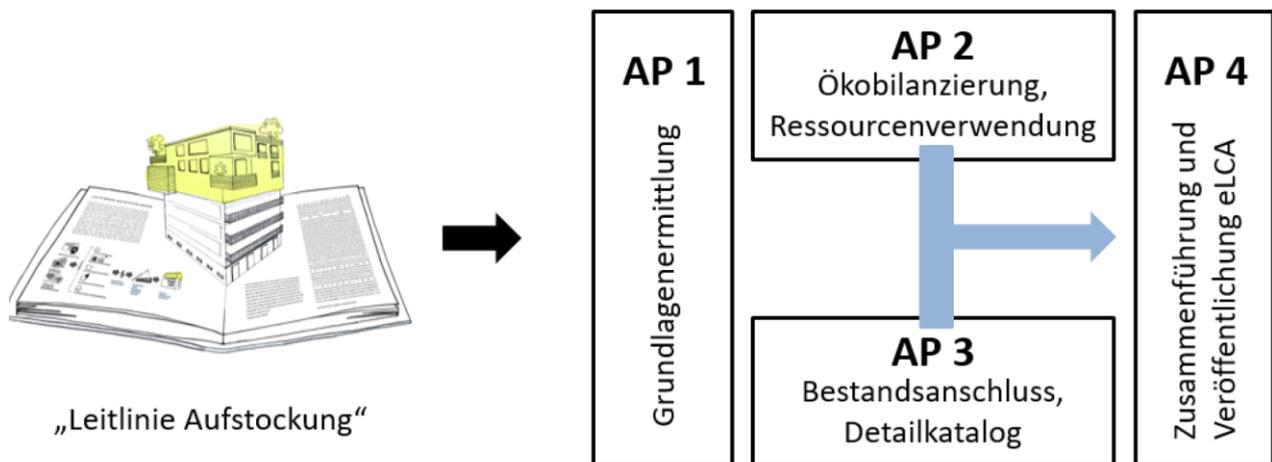


Abbildung 1 Aufbau des Forschungsvorhabens

Neben den beiden Hauptakteuren des Projektes der Ruhr-Universität Bochum und der TU Braunschweig waren weitere assoziierte Projektpartner sowie Unterauftragnehmer am Projekt beteiligt. Folgend wird kurz zusammengefasst, welchen Beitrag die jeweiligen Partner zum Projekt geleistet haben:

HolzUnion: Die HolzUnion stand als größter Projektpartner mit Projektunterlagen und als Ratgeber dem Projektteam zur Seite. Neben einem ausführlichen Vortrag zur Verwendung von Holz in Aufstockungsmaßnahmen aus Planungs- und Anwendungssicht wurden dem Projektteam detaillierte Planungsunterlagen für eine während der Projektzeit in Bau befindliche Aufstockungsmaßnahme bereitgestellt. Die Baustelle konnte während der Bearbeitung des Projektes besichtigt werden, was den Projektpartnern weiteren Einblick in die Problematiken einer Aufstockungsmaßnahme gewährte. Ebenso stand die HolzUnion für allgemeine Fragen zu den Projektinhalten jederzeit zur Verfügung.

Archplan GmbH: und: Datenlieferungen von bereits umgesetzten Aufstockungsprojekten mit umfangreicher Dokumentation von Pänen über energetische Bewertung und Flächen.

Assmann Beraten&Planen: Die Firma Assmann lieferte weitere Anschlussdetails von Aufstockungsmaßnahmen. Während die Unterlagen der HolzUnion eher einem bodenständigen Projekt entsprachen, welches sich leicht auf weitere Aufstockungsmaßnahmen übertragen lässt, waren die Unterlagen von Assmann aus Projekten mit deutlich größeren Alleinstellungsmerkmalen. Dabei sollte untersucht werden, inwiefern sich Konstruktionsdetails für den Konstruktionskatalog vereinfachen ließen. Auch Assmann stand des Weiteren für Fragen zu Konstruktionsdetails zur Verfügung.

Nibelungen-Wohnbau-GmbH: Die Nibelungen stand mit Unterlagen zu Bestandsgebäuden zur Seite, welche für die Untersuchung des Bestands als Grundlage der Aufstockung dienen sollten. Ebenso dienten energetisch sanierte Bestandsgebäude als Informationsquelle zu üblichen Maßnahmen der Sanierung, beispielsweise dem Umgang mit Bestandsbalkonen und Loggien.

Fermacell: Fermacell war vor allem in der Zusammenstellung der grundlegenden Anforderungen – maßgeblich des Brandschutzes – behilflich. Hierbei hatte Fermacell bereits selbstständig Informationen erarbeitet, welche in das Projekt einfließen konnten.

Braun Krötsch Architekten: Zur Verfügungstellung von Daten zu bereits umgesetzten Aufstockungsprojekten mit umfangreicher Dokumentation von Pänen über energetische Bewertung und Flächen.

3. Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse

a) Arbeitspakete und Meilensteine

Arbeitspakete (AP) (lt. Planung im Antrag)	Bearbeitungszeitraum (lt. Balkenplan im Antrag)	Zielerreichung
AP 1 Grundlagenermittlung	05/2020 bis 08/2021	Im Arbeitspaket 1 wurde von der RUB sowie der TU Braunschweig ein Aufstockungskatalog von 147 Aufstockungsprojekten erarbeitet. Dieser Katalog diente als Ausgang für die Erarbeitung des Detailkatalogs sowie einiger notwendiger statistischer Erhebungen zur Konkretisierung der Bestandskonstruktionen. Ebenso wurden grundlegende Anforderungen an Aufstockungen zusammengestellt.
AP 2	11/2020 bis 08/2022	Es wurde eine Vorgehensweise zur Ökobilanz von Aufsto-

Arbeitspakete (AP) (lt. Planung im Antrag)	Bearbeitungszeitraum (lt. Balkenplan im Antrag)	Zielerreichung
Vorgehensweise zur ökologischen Bilanzierung von Aufstockungsmaßnahmen		<p>ckungsmaßnahmen entwickelt, welche neben Aufstockungen auch für Bestandssanierungen und Erweiterungsmaßnahmen nutzbar ist und den Lebenszyklus sowohl des Bestands als auch der Aufstockungsmaßnahme mitberücksichtigt.</p> <p>Die erarbeitete Berechnungsmethodik wurde für eine Reihe an Aufstockungsmaßnahmen in Holzbauweise angewandt. Es zeigt sich, dass neben der Materialwahl auch der Grad der energetischen Sanierung des Bestandsgebäudes und die Weiternutzung von großen Teilen des Bestands Vorteile mit sich bringen. Die Vorteile durch Weiternutzung von Bestandsbauteilen zeigen sich im Vergleich zwischen Aufstockungen und Abriss-Neubau Varianten deutlich.</p>
AP 3 Holz-Aufstockungskonstruktionskatalog	08/2020 bis 11/2022	Im Arbeitspaket 3 wurde ein Detailkatalog anhand der Ergebnisse von Arbeitspaket 1 entwickelt, welcher die wichtigsten Details im unmittelbaren Anschlussbereich Aufstockung / Bestand betrachtet. Hierzu wurden die notwendigen Anforderungen an Aufstockungskonstruktionen, die wesentlichen Detailpunkte, Bauteilaufbauten und schließlich die Konstruktionsdetails erarbeitet.
AP 4 Zusammenführung der Ergebnisse	08/2021 bis 04/2023	Zusammenführung der Ergebnisse aus AP 1 bis 3.

Meilensteine (M) (lt. Planung im Antrag)	Fälligkeit (lt. Balkenplan im Antrag)	Zielerreichung
M 1 Aufstockungskatalog und Anforderungen	01/2020	Eine repräsentative Anzahl von Projekten wurde untersucht und in einem Aufstockungskatalog zusammengestellt. Die grundlegenden baulichen und konstruktiven Anforderungen an Aufstockungsmaßnahmen wurden zusammengestellt.
M 2 Ökobilanzierung	05/2021	Es wurde eine allgemeingültige Systematik zur Berechnung von Ökobilanzen für Aufstockungsmaßnahmen erstellt. Diese wurde für verschiedene Aufstockungsprojekte angewandt und die Ergebnisse wurden ausgewertet.
M 3 Konstruktionskatalog	08/2022	Ein Konstruktionskatalog mit den maßgeblichen Anforderungen an Aufstockungsmaßnahmen, Bauteilaufbauten sowie Anschlussdetails für Aufstockungsmaßnahmen in Holz wurde angefertigt.
M 4 Ergebniszusammenstellung	02/2023	Die Ergebnisse wurden in einem gemeinsamen Abschlussbericht bzw. durch die Eingabe des Konstruktionskatalogs in eLCA zusammenggeführt.

b) Zusammenfassung

Die geplanten Ziele des Vorhabens – die Erarbeitung eines Vorgehens zur ökologischen Bilanzierung von Aufstockungsmaßnahmen sowie die Zusammenstellung eines Konstruktionskatalogs für Aufstockungsmaßnahmen – wurden während der Projektlaufzeit erreicht. Dabei wurden folgende Teilziele erreicht:

- Erstellung eines Aufstockungskataloges von durchgeführten Aufstockungsprojekten im D-A-CH-Raum sowie Untersuchung der Projekte hinsichtlich der maßgeblichen Projektdaten zur Verwendung in der weiteren Projektbearbeitung
- Zusammenstellung von baukonstruktiven und bauphysikalischen Anforderungen an Aufstockungsmaßnahmen
- Bestimmung der maßgeblichen Detailpunkte im Anschlussbereich Aufstockung / Bestand sowie Erarbeitung grundlegender Bauteilaufbauten
- Erarbeitung eines Konstruktionskataloges für Aufstockungsmaßnahmen in Holzbauweise
- ökologische Bewertung von Aufstockungsmaßnahmen konform der Normanforderungen DIN EN 15978

II. Ausführliche Darstellung der Ergebnisse

1. Erzielte Ergebnisse

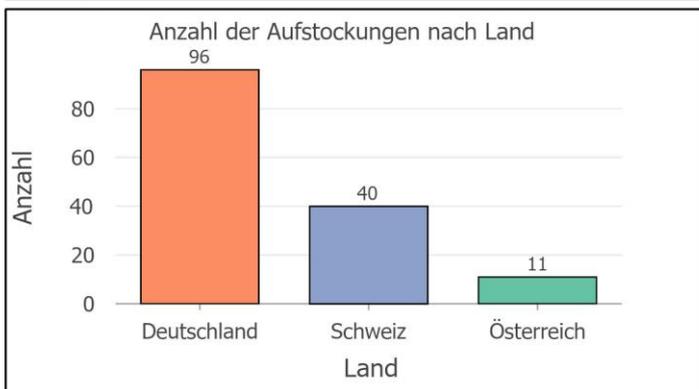
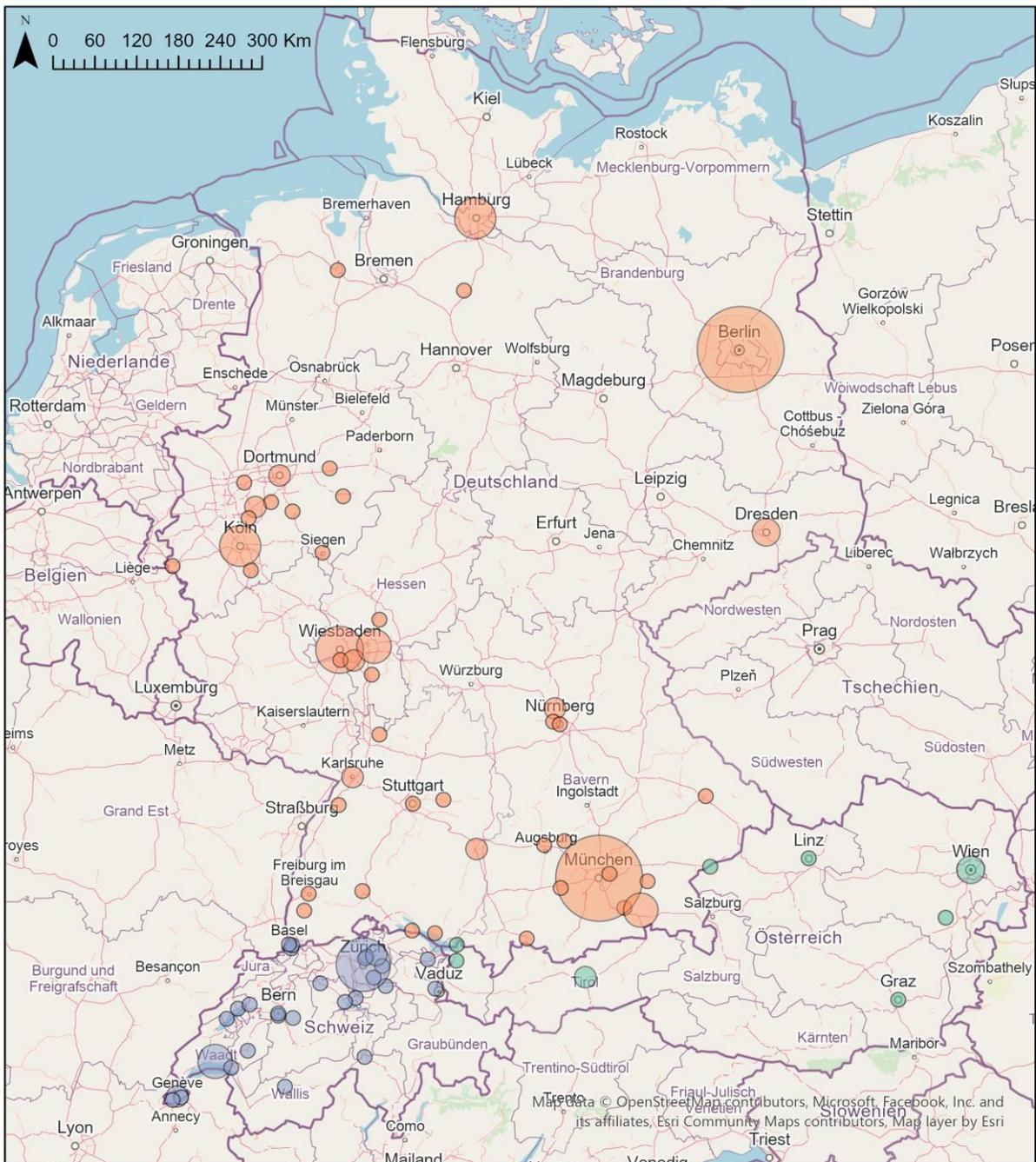
Arbeitspaket 1: Grundlagenermittlung

1.1 Aufstockungskatalog

Das Arbeitspaket 1 wurde von beiden Forschungsstellen der Ruhr-Universität Bochum (Projektkoordination) sowie der TU Braunschweig bearbeitet. Zielsetzung war zunächst die Recherche und Zusammenstellung von Aufstockungsprojekten im D-A-CH-Raum, durchgeführt über ca. die letzten 20 Jahre. Hierzu wurden verschiedene Quellen genutzt – Zeitschriften und Buchbeiträge, Projekte von Projektpartnern sowie Projekte externer Dritte, welche auf Anfragen geantwortet haben. Anschließend wurden für die insgesamt 147 zusammengestellten Projekte die grundlegenden Projektdaten erhoben, beispielsweise die Baualtersklasse des Bestands, das Baujahr der Aufstockung, die Bauweise des Bestands sowie der Aufstockung und weitere.

Da es sich um öffentliche Quellen handelt – beispielsweise Zeitschriftenartikel, Internetquellen und Anfragen an Architekturbüros – konnten nicht für alle Projekte alle notwendigen Daten erhoben werden. Die insgesamt 147 Projekte stellen nach Ansicht der Projektpartner dennoch eine aussagekräftige Grundlage für eine Auswertung hinsichtlich Bestandsdaten und Projektdetails dar. Die Quellen können dem jeweiligen Projekt entnommen werden. 96 Projekte wurden in Deutschland, 11 in Österreich und 40 in der Schweiz realisiert. Die örtliche Verteilung der Projekte ist Abbildung 2 zu entnehmen. Anzumerken ist, dass die Zusammenstellung der Aufstockungsmaßnahmen keinen Anspruch auf Vollständigkeit hat, weitere Maßnahmen in anderen Bauweisen oder Maßnahmen ohne Veröffentlichung konnten nicht berücksichtigt werden.

Ein detaillierter Katalog steht den Projektpartnern als Nachschlagewerk zur Verfügung.



Holz in der Aufstockung – Bewertung und Umsetzung von Holz in Aufstockungsmaßnahmen (HolzAuf)

Darstellung durchgeführter Aufstockungsmaßnahmen in Holzbauweise in Deutschland, Österreich und der Schweiz

Koordinatensystem: WGS 1984 Web Mercator
30.04.2023

Abbildung 2 Darstellung der Verteilung der zusammengestellten Aufstockungsmaßnahmen im DACH-Raum

Deutlich zu erkennen ist, dass Aufstockungsmaßnahmen erwartungsgemäß vor allem in bereits dicht besiedelten Flächen und in der Umgebung von Großstädten und Ballungsgebieten durchgeführt werden. So zeigt sich, dass die meisten Aufstockungsmaßnahmen in den größten deutschen Städten als A-Standorte durchgeführt wurden. Berlin (13 Maßnahmen), Hamburg (5 Maßnahmen), München (13 Maßnahmen), Köln (5

Maßnahmen) oder Frankfurt am Main (4 Maßnahmen). Darüber hinaus stellt das Ruhrgebiet als größter Ballungsraum Deutschland bestehend aus einer Vielzahl an Städten und Kreisen ebenso große Möglichkeiten zur Erstellung von Aufstockungsmaßnahmen dar. Ebenso wurden Aufstockungsmaßnahmen in Holzbauweise für die Länder Österreich und Schweiz ermittelt. Hier zeigt sich ebenfalls eine starke Korrelation zwischen Stadtgröße und erstellten Aufstockungsmaßnahmen.

Zu allen Projekten wurden Projektsteckbriefe innerhalb des Aufstockungskataloges erstellt, Abbildung 3 zeigt beispielhaft einen Steckbrief. Zusätzliche Daten wurden über eine Auswertung der Daten im Allgemeinen in einer dafür vorgesehenen Tabelle zusammengeführt. Die Ergebnisse dieser Auswertung werden im Folgenden erläutert. Des Weiteren fand die Zusammenstellung von zugänglichen Konstruktionsdetails für diese Projekte statt. Um Probleme mit Bildrechten zu vermeiden kann im Rahmen dieser Veröffentlichung nur ein Teil der Steckbriefe gezeigt werden.

31 Dachaufstockung Wohnhäuser Dortmund



Abbildung 25: Aufstockungsprojekt Am Hartweg, Dortmund

Standort	Am Hartweg 127-129, Dortmund
Projektbeschreibung	Dachaufstockung der Wohnhäuser sowie Abtragung des alten Satteldaches
Wohnraumerweiterung	3 Wohneinheiten mit einer Wohnfläche von 236 m ²
Bauweise	Holztafelbauweise
Fertigstellung	2020
Bestand	Mehrfamilienhaus aus Mauerwerk
Bauherr	Vonovia SE
Architekt	PASD Feldmeier + Wrede Architekten BDA PartG mbB
Quelle	Holzunion als Projektpartner

Abbildung 3 Beispiel-Steckbrief einer Aufstockungsmaßnahme aus dem zusammengestellten Aufstockungskatalog

Maßgeblich wurde der Fokus auf Aufstockungsprojekte in Holzbauweise gelegt, um die Bauweise sowie die Konstruktionsdetails für diese Projekte betrachten zu können. 132 Aufstockungsprojekte sind unter diesem Fokus in Holzbauweise errichtet worden, eine Aufstockung wurde in Mauerwerksbauweise und 6 in Hybridbauweise aus Holz, Stahl und Stahlbeton errichtet, siehe Abbildung 4. Die Aufstockungsprojekte wurden insgesamt alle nach 1999 errichtet. 51 zwischen 2000 und 2010 und 74 zwischen 2011 bis heute (Dez. 2022). Maßgeblich ist hier das Fertigstellungsdatum der Maßnahme. Anzumerken ist, dass nicht von allen Maßnahmen ausreichende Informationen zur Verfügung standen, sodass in der Analyse nicht jede Maßnahme bewertet werden konnte.

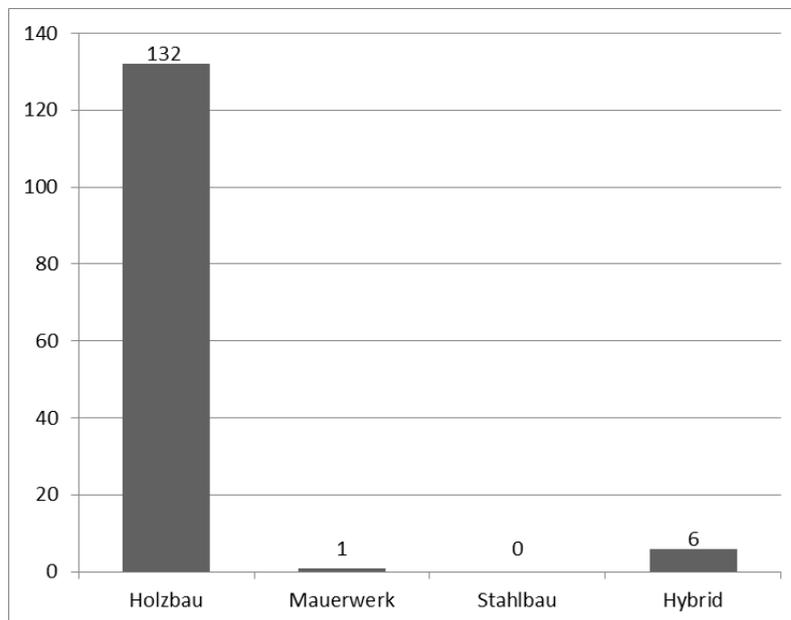


Abbildung 4 Bauweisen der Aufstockungen

Die zugrundeliegenden Bestandsbauten wurden vor allem in Mauerwerks- und in Stahlbetonbauweise erstellt, siehe Abbildung 5. Dies deckt sich mit dem Baualter der Bestandsbauten, welche nach [2] bis 1978 zum größten Anteil aus Mauerwerk hergestellt wurden.

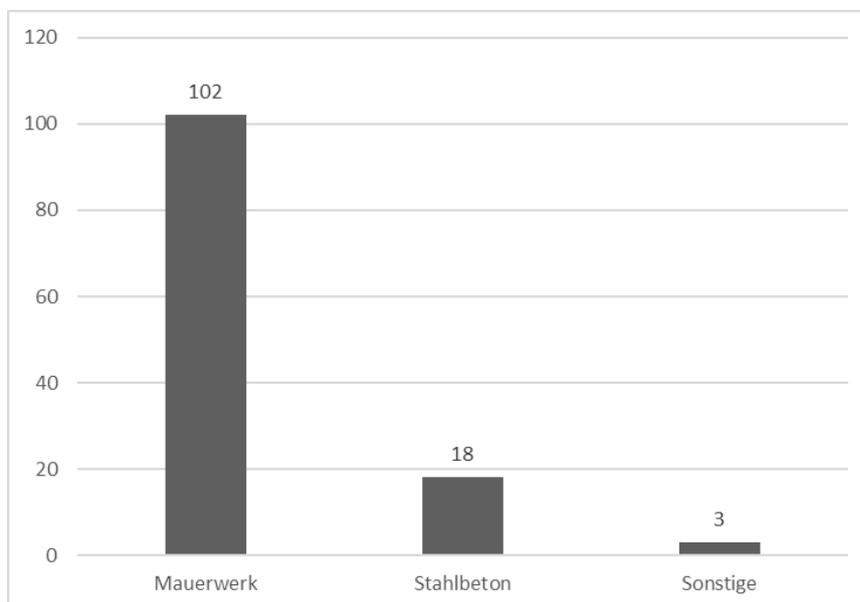


Abbildung 5 Bauweisen der Bestandsgebäude

Die Daten zum Baualter sind für die betrachteten Aufstockungsprojekte sehr schwierig zu ermitteln, von 147 Projekten konnte das Baualter nur für 74 – also etwa die Hälfte der Projekte – bestimmt werden. Trotzdem ergibt sich für die Auswertung des Baualters der Bestandsgebäude eine zu erwartende Altersverteilung für Bestandsgebäude, wenn man diese mit der üblichen Verteilung der Baualtersklassen vergleicht. Nach [3] sind fast drei Viertel des deutschen Gebäudebestandes nach 1950 entstanden, der Großteil hiervon zwischen 1960 und 1979. Diese Zahlen spiegeln sich für die betrachteten Aufstockungsprojekte wieder, siehe Abbildung 6.

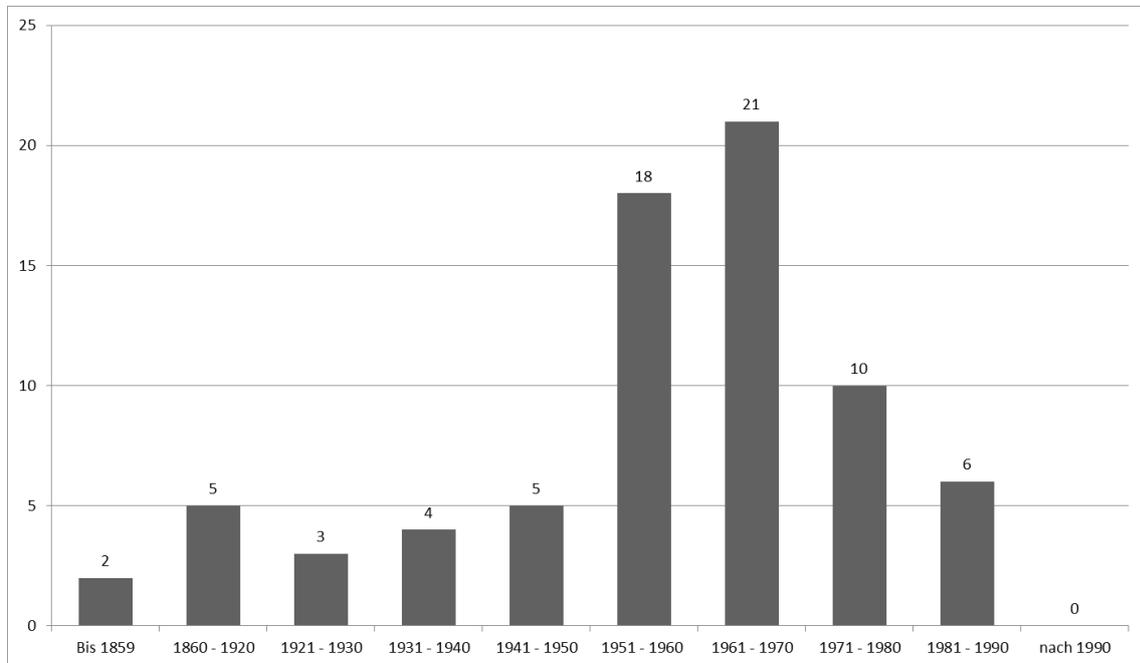


Abbildung 6 Baualter des Bestands

Vergleicht man für die betrachteten Aufstockungsprojekte die Geschossanzahl der Bestandsgebäude mit der Anzahl der aufgestockten Geschosse auf diese Bestandsgebäude, ergibt sich das Bild nach Abbildung 7. Es kann festgestellt werden, dass Aufstockungsmaßnahmen meist mit 1 bis 2 Geschossen und nur in Einzelfällen mit mehr als 2 Geschossen erstellt werden. Aufgestockt werden wiederum vor allem Gebäude mit niedriger Bestandsgeschossanzahl zwischen 1 und 4 Geschossen. In der Stichprobe wurden besonders 2- bis 4-geschossige Gebäude aufgestockt.

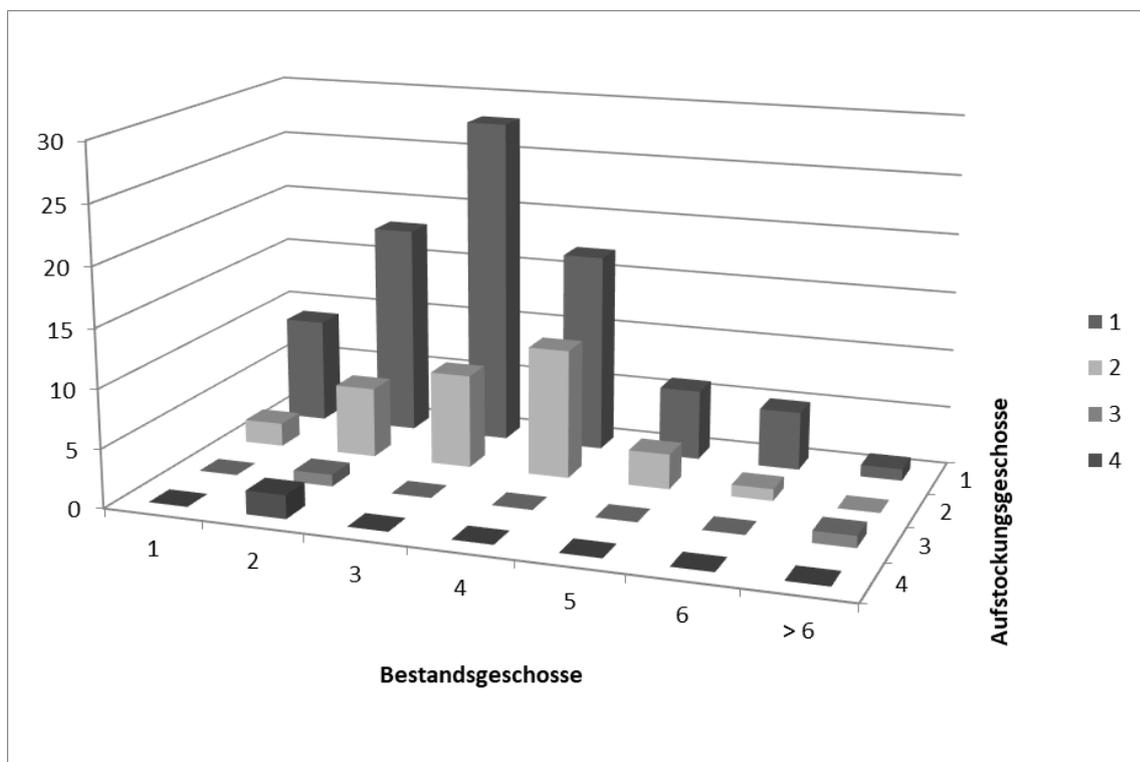


Abbildung 7 Anzahl Aufstockungsgeschosse abhängig von der Anzahl der Bestandsgeschosse

Bei den Aufstockungsgeometrien wurde vom Projektteam in fünf Geometrievarianten unterschieden – Fassadengleich, zurückspringend, auskragend, gemischt und erweitert. Fassadengleiche Aufstockungen ergeben sich, wenn die Aufstockung so hergestellt wird, dass eine homogene Fassade entsteht, also keine Fassadenteile der Aufstockung über den Bestand auskragen oder von der Bestandsfassade zurückspringen. Dabei wird auch ein geringer Versatz der Fassade, zum Beispiel zur Herstellung eines optisch ansprechenden Übergangs

von Bestand zu Aufstockung, als fassadengleich betrachtet. Grundlegend liegen hierbei die neuen Aufstockungsaußenwände über den alten Bestandsaußenwänden.

Bei einer Aufstockung die als zurückspringend eingeordnet wird, handelt es sich um eine Aufstockung, deren Fassade sichtbar von der Bestandsfassade zurückspringt – beispielsweise um einen Laubengang als Zuwegung oder eine Dachterrasse herzustellen. Die Außenwände der Aufstockung stehen dabei nicht an jeder Stelle auf den Außenwänden des Bestands.

Auskragend sind Aufstockungen dann, wenn die Tragkonstruktion der Aufstockung über die des Bestandes hinausreicht. Hierbei wird nicht nur ein optischer Versatz in der Fassade zwischen Aufstockung und Bestand erreicht, sondern eine deutliche Auskragung der Aufstockung ist sichtbar. Einige Aufstockungsaußenwände liegen dabei nicht im Grundriss des Bestandes, sondern außerhalb und kragen darüber hinaus.

Als gemischt werden Aufstockungen angesehen, wenn eine klare Zuordnung der Aufstockungen zu den Kategorien fassadengleich, zurückspringend und auskragend nicht möglich ist, weil die Aufstockungsgeometrie einer Freiform entspricht, die nicht klar zuzuordnen ist. Bei diesen Aufstockungen liegt eine Mischform von allen drei Grundvarianten vor, es können fassadengleiche, auskragende sowie zurückspringende Elemente vorhanden sein.

In die Kategorie erweitert wird die Aufstockung dann eingeteilt, wenn in Zusammenhang mit der Aufstockung als vertikale Erweiterung des Gebäudes auch eine horizontale Erweiterung des Gebäudes um Wohn- bzw. Nutzfläche vorgenommen wird.

Insgesamt ist der Großteil mit 79 Projekten in der Kategorie fassadengleich einzuordnen, siehe Abbildung 8. Dies liegt vor allem in einer einfacheren Planung der Aufstockung, da die tragenden Elemente der Aufstockung so an die tragenden Elemente des Bestandes angepasst werden können und die Ausbildung der Fassade einfacher gelingt. In die Kategorie zurückspringend fallen 32 Projekte, dies liegt meist vor allem an zwei Gründen: Erstens, die Tragreserven des Bestandes reichen nicht um ein ganzes zusätzliches Vollgeschoss zu tragen. Zweitens, bei den Projekten werden Lofts oder Penthouses geplant, also Wohnflächen mit hoher Qualität, bei denen Dachterrassen die Wohnqualität weiter steigern sollen. Auskragende Aufstockungen kommen noch auf 18 Projekte unter den untersuchten Aufstockungen. Eine auskragende Aufstockung kann grundsätzlich nur bei hohen vorhandenen Traglastreserven im Bestand – vor allem in den Fundamenten – hergestellt werden. Die statischen Erfordernisse und Gegebenheiten solcher Projekte müssen genauestens überprüft werden. Erweiterungen finden im Zusammenhang mit Aufstockungsprojekten eher selten statt, da Aufstockungen vor allem in städtischen, sehr begrenzten Räumen als Möglichkeit zu Nachverdichtung genutzt werden. In innerstädtischen Bereichen ist meist grundlegend zu wenig Platz, um ein Gebäude auch horizontal zu erweitern. Aufstockungen inklusive Erweiterungen findet man dementsprechend vor allem bei kleineren Projekten, welche zum Beispiel zur Erweiterung von Einfamilienhäusern in ländlichen Gebieten gebaut werden.

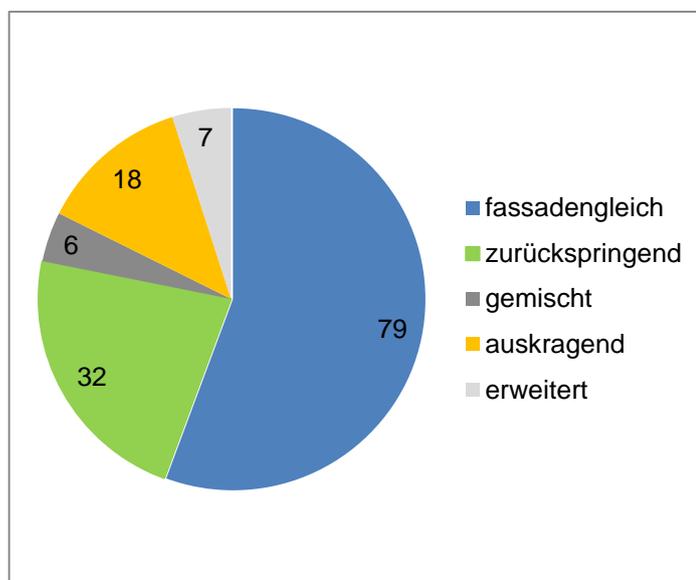


Abbildung 8 Aufstockungstyp der Aufstockungen

Es gibt bereits verschiedene Typisierungen zu Aufstockungsmaßnahmen, in diesem Projekt wurde die Anzahl der Typen aus Vereinfachungsgründen auf fünf Typen beschränkt. Eine sehr ausführliche Typisierung wurde 2016 durch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) durchgeführt und ist in Abbildung 9 dargestellt. Rot markiert wurden die für dieses Forschungsvorhaben verwendeten Typen. Der im Vorhaben verwendete Typ «gemischt» umfasst die restlichen Varianten sowie Varianten, die nicht genau zugeordnet werden konnten oder sich aus den Grundvarianten gemischt zusammensetzen.

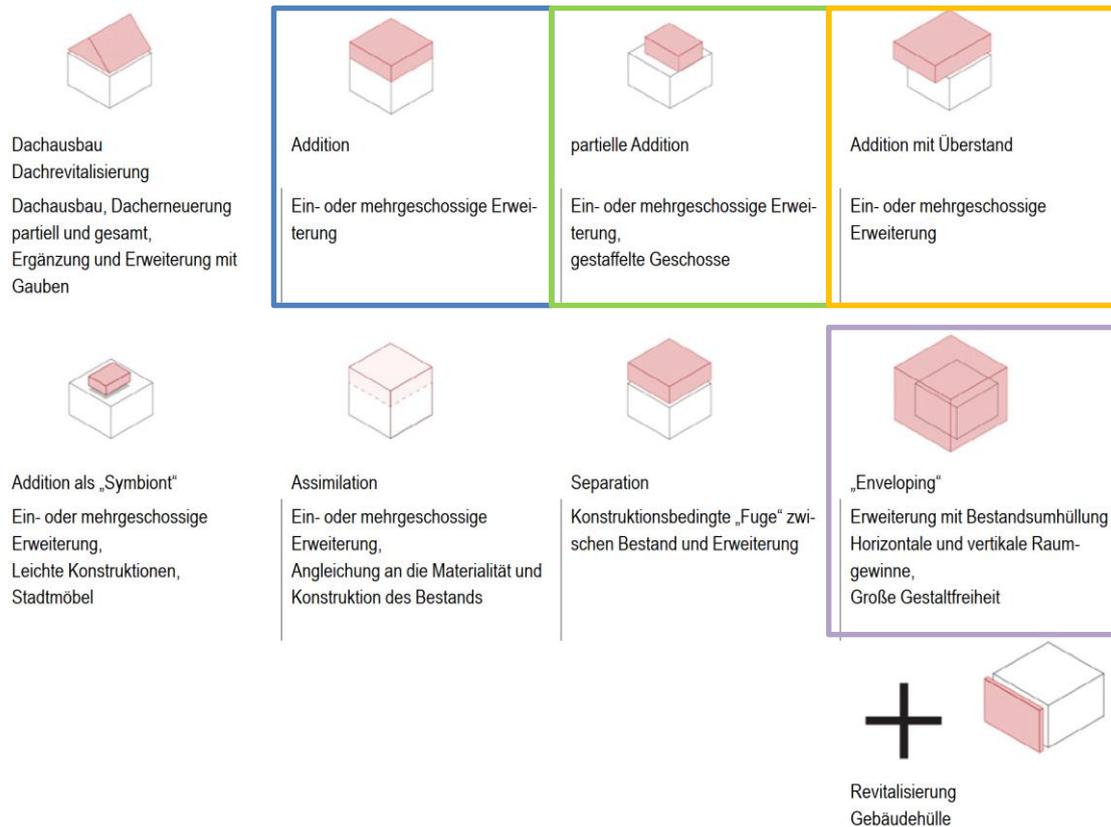


Abbildung 9 Typologien der Dacherweiterungen entnommen aus [4]

Die betrachteten Projekte in diesem Vorhaben stellen eine gute Datenbasis dar und geben die zu erwartenden Eigenschaften wieder. Aufgestockte Gebäude haben maßgeblich ein Baualter von 1951 bis 1980, vor allem 1- bis 4- geschossige Gebäude werden aufgestockt, die Bestandsgebäude sind vor allem in Mauerwerksbauweise errichtet. Somit dienen die betrachteten Projekte als sinnvolle Grundlage für eine weitere Untersuchung hinsichtlich der Aufstockungskonstruktionen.

1.2 Grundlagenermittlung zu Bewertungsgrundlagen zur Ökobilanzierung von Aufstockungs- und Erweiterungsmaßnahmen

Zur Entwicklung einer angepassten Ökobilanzmethodik von Aufstockungsmaßnahmen wurde in diesem Arbeitspaket zunächst eine Literaturübersicht zu bestehenden Ökobilanzrechenmethodiken durchgeführt. Es stellte sich heraus, dass der Forschungsstand zur ökologischen Bewertung von Aufstockungsmaßnahmen sehr gering ist und es nur eine geringe Anzahl an Studien gibt. [1, 5–7]

Da sich Grundannahmen und Rechenregeln von Sanierungsmaßnahmen nicht bedeutend von Aufstockungsmaßnahmen unterscheiden wurden die Suchkriterien im weiteren Verlauf der Recherche auch um die ökologische Bewertung zu Sanierungen erweitert. In der Literaturzusammenstellung zu Ökobilanzen von Sanierungsmaßnahmen stellte sich heraus, dass verschiedene Studien eine Vielzahl an unterschiedlichen Rechenregeln verwenden. [8] Hierbei handelt es sich teilweise um große Abweichungen in der Betrachtung der Bewertungsgegenstände, Grundannahmen zum Gebäude und dem gewählten funktionalen Äquivalent. Dies erschwert im Allgemeinen die Vergleichbarkeit von Ergebnissen und erzeugt eine Vielzahl an Informationen, die eine Analyse erschwert. Selbst in einer aktuellen Studie aus dem Jahr 2023 zum Vergleich zwischen Sanierung und Abriss-Neubau in skandinavischen Ländern zeigt sich, dass die Grundannahmen der Bewertung, teilweise sehr unterschiedlich ausgelegt sind und entsprechend große Unterschiede in den Ergebnissen erzeugen. [9] Eine Vielzahl an Studien konzentriert sich vor allem auf die Reduktion des Energieeinsatzes und lässt entsprechende materialbezogene Einflüsse außen vor. [10–12] Hierzu ist anzumerken, dass bei besseren energetischen Standards der Sanierungen der Materialanteil der Emissionen und weiteren Umweltwirkungen ansteigt. Für Studien, die den materialbedingten Anteil mitberücksichtigen ergeben sich weitere Schwierigkeiten in der Vergleichbarkeit, etwa bei der Frage, ob der Rückbau von Gebäudeteilen zur Sanierung oder Aufstockung dem Produktlebenszyklus des Bestandsgebäudes oder dem neuen Gebäude zuzuordnen ist. [8, 11, 13] Auch die Betrachtung von Zukunftsszenarien beeinflussen die Ergebnisse und Vergleichbarkeit zwischen Ökobilanzergebnissen bei Sanierungen, so ergeben sich durch die Annahme von höheren erneuerbaren Anteilen der Energiezusammensetzung teilweise deutlich abweichende Ergebnisse, insbesondere bei der Betrachtung von Sanierungsmaßnahmen mit hohem Anteil der Gesamtemissionen durch Betrieb. [14]

Auf Normenseite werden in DIN EN 15978 Rechenregeln zur Bewertung der ökologischen Qualität von Gebäuden vorgegeben. Zum Zeitpunkt des Schreibens ist eine Version der Norm aus 2012 gültig [15], eine Neufassung ist als Entwurf verfügbar. [16] Die Neufassung der Norm beinhaltet eine Weiterentwicklung der Bewertung von Bestandsgebäuden und den Umgang mit diesen. Prinzipiell sind jedoch die Rechenregeln offen ausgelegt wodurch ein gewisser Spielraum innerhalb der Bewertung weiterhin möglich ist. Beispiele hierfür sind die Wahl des funktionalen Äquivalents, dem Betrachtungszeitraum oder welche Teile des Produktsystems Gebäude mitzubewerten sind. [16] Von großer Wichtigkeit ist entsprechend die Wahl von gleichen Rechenmethodiken in Bezug auf Daten(qualität), Betrachtungszeiträume, funktionale Äquivalente, Abschneidekriterien, Einbezug von Lebenszyklusmodulen und weiteren Aspekten zu nennen. Eine entsprechende Festlegung dieser Regeln ist in nationaler und internationaler Literatur nicht vorhanden.

1.3 Untersuchung von Aufstockungskonstruktionen und Ermittlung von grundlegenden Anforderungen an Aufstockungskonstruktionen

Die Ergebnisse von Arbeitspaket 1.3 werden in Arbeitspaket 3.1 aufgegriffen, damit die Verwendung der hier erarbeiteten Daten und Erkenntnisse zur Übersichtlichkeit unmittelbar mitbeschrieben werden kann.

Arbeitspaket 2: Erstellung einer Vorgehensweise zur ökologischen Bilanzierung von Aufstockungsmaßnahmen auf Gebäudeebene unter Berücksichtigung der im Lebenszyklus anfallenden Umweltwirkungen

2.1 Entwicklung einer Vorgehensweise zur Ökobilanz von Aufstockungsmaßnahmen

Unter Berücksichtigung der in Arbeitspaket 1.2 ermittelten Erkenntnisse wurde in diesem Arbeitspaket eine Systematik zur ökologischen Bilanzierung von Aufstockungsmaßnahmen erstellt.

Grundlagen von Ökobilanzen werden in der Norm DIN EN ISO 14040 geregelt, hierbei wird eine Ökobilanz als „Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse und der potentiellen Umweltwirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines Lebensweges“ definiert. [17] Für Gebäude, als sehr langlebige Produktsysteme, welche aus verschiedensten Materialkombinationen oder den jährlichen Verbrauch von Energien zur Nutzung des Gebäudes hat sich DIN EN 15978 als normative Grundlage der Ökobilanz von Gebäuden entwickelt. [15] Der Bewertungsgegenstand Gebäude ist darin als Gebäude einschließlich seiner Gründung und der umgebenden Außenanlagen definiert. [15] Um die verschiedenen Abschnitte des Produktsystems Gebäude aufzuteilen gibt DIN EN 15978 verschiedene Lebenszyklusphasen vor. Diese unterteilen sich in die Herstellungs- und Errichtungsphase (Modul A), die Nutzungsphase (Modul B), die Entsorgungsphase (Modul C) sowie ergänzenden Informationen außerhalb des Lebenszyklus (Modul D). Die Hauptmodule A, B und C werden weiter unterteilt in Untermodule beispielsweise Modul A2 als Transport der Bauteile zur Baustelle oder Modul B6 als Energieverbrauch im Betrieb.

Zur Bestimmung der Umweltwirkungen auf Bauproduktebene hat sich DIN EN 15084 entwickelt. [18] Hierin werden auf Basis von Umweltproduktdeklarationen (engl. Environmental Product Declaration (EPD)) Ressourcenverbräuche und Umweltwirkungen von Produkten erstellt. Die Summe der Umweltwirkungen der Materialien für ein Gebäude ergibt die materialbedingten Wirkungen des Gesamtgebäudes. Als gängige Datenbank in Deutschland hat sich die Online-Datenbank Ökobaudat etabliert, welche vom Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen verwaltet wird. Neben der Herstellung der Bauprodukte werden ebenfalls Instandsetzungen über den Lebensweg eines Gebäudes betrachtet. Hierzu werden für Bauteile zu erwartete Nutzungsdauern festgelegt und entsprechende Austauschzyklen über den Lebenszyklus mitbilanziert. Diese werden innerhalb der Nutzungsphase in den Modulen B2-B4 berücksichtigt.

Die Entwicklung von Ökobilanzrechenregeln im Gebäudebereich ist in der Regel für Neubau Projekte ausgelegt. Hierbei kann der Lebensweg eines Gebäudes von der Herstellung über die Nutzung bis zum Rückbau für ein Produktsystem als Gesamtgebäude gut abgebildet werden [19] und für Möglichkeiten der Förderung anhand von Benchmarks festgelegte Werte ermittelt werden. [20] Im Falle einer Aufstockungs- oder Sanierungsmaßnahme müssen die sich ergebenden Veränderungen jedoch auch auf Basis der zugrundeliegenden Rechenregeln angepasst werden. Insbesondere durch die gemeinsame Betrachtung von Bauteilen aus unterschiedlichen Einbauzeiten und deren resultierende Umweltwirkungen muss zunächst das untersuchte Produktsystem einer Aufstockungsmaßnahme festgelegt werden.

Hierzu wurde im Rahmen des Forschungsprojekts unter Berücksichtigung der zuvor durchgeführten Literaturrecherche festgelegt, dass das Produktsystem Gebäude als „Gesamtgebäude inklusive Aufstockung“ betrachtet wird. Dies bedeutet, dass sämtliche Baumaterialien bestehend aus Bestandsbauteilen sowie Neu-

bau-, Aufstockungsbauteilen betrachtet werden und für den betrieblichen Energieverbrauch ebenfalls sämtliche Verbräuche und Verluste aus Bestand und Aufstockung betrachtet werden. Der erweiterte Lebenszyklus durch Weiternutzung von Bestandsstrukturen wurde auf weitere 50 Jahre festgelegt.

Auf Bauteilebene ergeben sich hierdurch mehrere Szenarien und Umgangsmöglichkeiten, die im Folgenden beschrieben werden. Aufgeteilt werden Bauteile in Bauteile, die während der Maßnahme entsorgt werden, Bauteile die im Bestand des Gebäudes verbleiben und Bauteile, die dem Produktsystem neu hinzugefügt werden. Abbildung 10 zeigt die grafische Ausarbeitung des Vorgehens zur ökologischen Bilanzierung. Das Vorgehen beruht im Allgemeinen an den in der aktualisierten und sich zur Zeit in Entwurf befindlichen Version der Norm DIN EN 15978:2021 [16], sowie der in [5] und [1] erarbeiteten Rechenregeln.

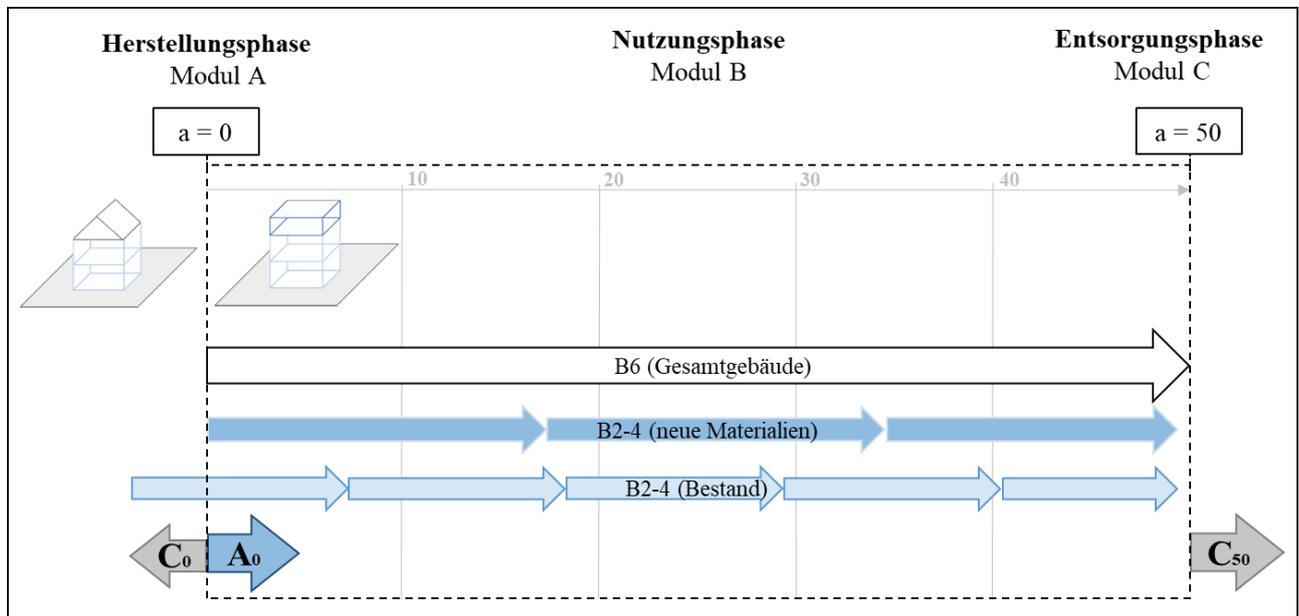


Abbildung 10 grafische Darstellung der Anwendung von Lebenszyklusmodulen für Aufstockungsmaßnahmen, in Anlehnung an [21]

Es ist zu erkennen, dass der angenommene erweiterte Lebenszyklus des neuen Produktsystems 50 Jahre beträgt und zum Zeitpunkt 0 startet. Hierzu müssen zunächst Bauteile aus dem Gebäude rückgebaut und entsprechend bilanziert werden. Diese werden im Rahmen der Rechenregeln in einem neu eingeführten Modul C zum Zeitpunkt 0 (C_0) bilanziert und sind zur konsistenten Abschätzung der Gesamtumweltwirkungen der Maßnahme erforderlich. In einem nächsten Schritt werden dem System neue Materialien hinzugefügt, dies entspricht der Aufstockung an sich oder beispielsweise neuen Fenstern. Zeitpunkt des Einbaus der neuen Materialien ist das Jahr 0, entsprechend wird ein Lebenszyklusmodul der Herstellung, Modul A zum Zeitpunkt 0 (A_0) eingeführt. Sämtliche Bauteile, die im Gebäude bestehen bleiben, beispielsweise Außenwände oder Decken werden dem neuen System ohne zusätzliche Umweltwirkungen hinzugefügt. Eine Ausnahme bildet hierbei der biogene Kohlenstoffspeicher der weiterbestehenden Produkte, der fiktiv negativ dem System gutgeschrieben wird und am Ende des Lebenszyklus in gleicher Höhe wieder ausgebucht wird.

In der Nutzungsphase des Gebäudes treten Umweltwirkungen aus den Austauschzyklen von Bauteilen (Module B2-B4) und aus dem Betrieb des Gebäudes (Modul B6) auf. Da im Lebensweg des Gebäudes Bauteile aus unterschiedlichen Einbauzeitpunkten verbaut sind unterscheiden sich entsprechend auch die Austauschzyklen der Bauteile in Abhängigkeit ihrer bisherigen Nutzungsdauer. Im Gebäude verbleibende Bauteile, wie etwa die Tragstruktur des Bestandes erzeugen zunächst keine Umweltwirkungen in der Herstellung und gehen ohne Emissionen in das neue Produktsystem über. Die bereits entstandenen Emissionen der Herstellung dürfen entsprechend nicht neu bilanziert werden. Gleichzeitig lösen diese Bauteile über den erweiterten Lebenszyklus weitere Umweltwirkungen im Bereich Austausch und Instandsetzung aus. Der Ansatz der Austauschzyklen orientiert sich hierbei am Baujahr des Bestands und wird entsprechend nach üblichen Austauschzyklen fortgeführt. Ausnahme hiervon bilden Bauteile, die während der Maßnahme ersetzt, ausgetauscht oder instandgesetzt wurden, diese können als Bestandteil der Maßnahme zunächst in Modul C_0 und A_0 mitberücksichtigt werden und werden dann entsprechend als Neubauteile behandelt. Eine genauere Beschreibung der Anwendung der Lebenszyklusmodule entsprechend der Rechenmethodik ist in Veröffentlichungen im Rahmen des Forschungsprojektes beschrieben, siehe [21] und [22].

Die Betriebswirkungen und Emissionen beziehen sich hierbei auf den Energieverbrauch des Gesamtgebäudes bestehend aus neuen und bestehenden Gebäudeteilen. Eine Sanierung des Bestands kann hierbei zu deutlichen Energieeinsparungen des Gesamtgebäudes führen. Grundlage für die Ermittlung der betrieblichen Umweltwirkungen sind Berechnungen des Heiz- und Warmwasserbedarfs des Gebäudes (Modul B6.1) sowie je nach Anwendungsfall die Mitberücksichtigung von Nutzerstromverbräuchen und/oder Wasserverbräuchen

(Module B6.3 und B7). Auch können mögliche Gewinne aus gebäudenah erzeugten Energien, beispielsweise Gewinne aus PV-Anlagen, dem Gebäudesystem gutgeschrieben werden. Voraussetzung hierzu ist die tatsächliche Nutzung der erzeugten Energien im Gebäude.

Umgang mit dem biogenen Kohlenstoffspeicher bei Aufstockungs- und Sanierungsmaßnahmen

Klimaschutzziele im Gebäudebereich sind größtenteils auf die Höhe der eingesparten Treibhausgasemissionen angesetzt. So soll der deutsche Gebäudebestand bis 2045 nahezu klimaneutral in Bezug auf CO₂-Emissionen sein. Bei der Betrachtung auf Gebäudeebene stellen Holzprodukte durch die Fähigkeit beim Wachstum des Baumes Kohlenstoff aufzunehmen eine Besonderheit dar. Dieser biogene Kohlenstoffspeicher muss bei der ökologischen Bewertung von Aufstockungsmaßnahmen über den Lebenszyklus nach aktueller Normierung angesetzt werden, um Ergebnisverzerrungen zu vermeiden und eine sinnvolle Vergleichbarkeit von Alternativen zu ermöglichen.

Die Ermittlung des globalen Erwärmungspotentials (eng. Global Warming Potential (GWP) im Rahmen einer Ökobilanz geschieht durch die Zusammenstellung verschiedener Treibhausgasemissionen bezogen auf die Treibhausgaswirkung von Kohlendioxid mit einer Verweildauer in der Erdatmosphäre von 100 Jahren. Das globale Erwärmungspotential ist nach DIN EN 15804 untergliedert in die Teile GWP-fossil, GWP-biogen und GWP-luluc. GWP-fossil beschreibt hierbei Treibhausgasemissionen aus fossilen Brennstoffen und Kohlenstoffen. GWP-biogen beschreibt die Bindung von CO₂ in Biomasse. GWP-LULUCF (land-use, land-use-change) beschreibt Treibhauspotenziale aufgrund von Landnutzung und Landnutzungsänderungen, beispielsweise durch Veränderung des Kohlenstoffbestandes durch Abholzung von Flächen und deren Umwandlung in andere Landnutzungsarten. Auf Grundlage von nachhaltiger Forstwirtschaft findet z.Z. kein land-use-change statt. In der Regel werden Ökobilanzergebnisse und Grenzwerte als Summe der drei Teile als GWP-total angegeben.

Die aktuelle Version der DIN EN 15804 und EN ISO 14067 geben hierbei vor, dass „Transfers von früheren Produktsystemen müssen in der Wirkungsabschätzung als -1 kg CO₂-Äq./kgCO₂ bei Zuführung in das Produktsystem charakterisiert werden. Emissionen von biogenem CO₂ aus Biomasse und Übergänge von Biomasse in nachfolgende Produktsysteme müssen als +1 kg CO₂-Äq./kgCO₂ des biogenen Kohlenstoffs charakterisiert werden“.

Hieraus lässt sich die Bedingung für die ökologische Bilanzierung von Aufstockungsmaßnahmen ableiten, dass der biogene Kohlenstoffspeicher der Bestandsbauteile negativ in das System eingebucht werden muss. Bestandsbauteile unterscheiden sich entsprechend in Bauteile, die zurückgebaut werden (Modul C₀) und Bestandsbauteile die weiter im Gebäude verbleiben und nach 50 Jahren zurückgebaut werden (Modul C₅₀). Bei einer Einbuchung in das System und Ausbuchung in gleicher Höhe bei Rückbau entsteht die geforderte null Emission über den Lebenszyklus. Für Bauteile, die im Modul C₀ zum gleichen Zeitpunkt ein- und ausgebucht werden muss der biogene Kohlenstoffspeicher theoretisch zeitgleich ein- und ausgebucht werden und kann entsprechend für das Modul C₀ als GWP-total ohne Kohlenstoffspeicheranteil berechnet werden.

Vorteilhaftigkeit der Weiternutzung von Bestandsstrukturen im Rahmen der Ökobilanz von Aufstockungsmaßnahmen

Im Zuge eines Übergangs der Produktsysteme - von einem Bestandsgebäude in das neue Gesamtgebäude inklusive der Aufstockung – können im Vergleich zur Ökobilanz einer Neubaumaßnahme wesentliche Umweltwirkungen durch Weiternutzung von Bestandsstrukturen eingespart werden. Hierzu ergibt sich, dass nicht nur biogene Kohlenstoffspeicherungen in das neue Produktsystem fließen, sondern auch, dass die Herstellung und der Rückbau von Bestandsstrukturen ohne Umweltwirkungen in das neue Produktsystem fließen können. Diese, bereits zum Bau des Bestandsgebäudes erzeugten grauen Umweltwirkungen der Bestandsbauteile können als sogenannte „sunk-costs“ betrachtet werden. Also Umweltwirkungen bereits verbrauchter Ressourcen, deren Wirkung stattgefunden hat und bezogen auf den folgenden Lebenszyklus keine weiteren Umweltwirkungen, außer im Austausch und Rückbau haben.

Da diese eingesparten grauen Umweltwirkungen tatsächlich keine Wirkung auslösen, können Einsparpotenziale nur in einem Vergleich zu einer anderen Wirkung dargestellt werden. Hierzu hat sich der Vergleich der Weiternutzung von Bestandsstrukturen zu einem äquivalenten Neubau mit gleicher Kubatur, Flächenaufteilung und sonst gleichen Parametern etabliert. Die Differenz der über den Lebenszyklus anfallenden Umweltwirkungen beider Varianten auf Materialebene gibt entsprechend die Höhe der vermiedenen Emissionen durch Weiternutzung von Bestandsstrukturen an. [22]

Beim Vergleich zwischen Weiternutzung und Abriss-Neubau sind ebenfalls Emissionen durch den vollständigen Rückbau und Ersatzneubau zu ermitteln. Die Notwendigkeit des Rückbaus zum Erschaffen eines neuen Produktsystems ergibt sich äquivalent zur vorgestellten Berechnungsmethodik der Aufstockungsmaßnahme mit Berücksichtigung von den zur Erstellung der Aufstockungsmaßnahme rückzubauenden Bauteilen, ohne biogenen Kohlenstoffspeicher. Gleichzeitig ist im Vergleich von Weiternutzung zu Abriss-Neubau der notwendige Rückbau nach der Lebensdauer beider Varianten zu berücksichtigen, auch wenn diese in der Regel in ähnlicher Größe ausfallen.

2.2 Anwendung der Berechnungsmethode für ausgewählte Beispielgebäude und Aufzeigen von ökologischen Potentialen durch Aufstockungsmaßnahmen

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes wurde das zuvor erarbeitete und vorgestellte Verfahren zur Ökobilanz von Aufstockungsmaßnahmen angewandt. Hierzu mussten zunächst Projektunterlagen in Form von Planungsunterlagen von Projektbeteiligten und weiteren akquiriert werden. Insgesamt konnten neun Aufstockungsmaßnahmen, allesamt in Holz- oder Holzhybridbauweise untersucht werden.

Tabelle 1 Projektvergleich der untersuchten Aufstockungsprojekte

	Aufstockungsmaßnahme 1	Aufstockungsmaßnahme 2	Aufstockungsmaßnahme 3	Aufstockungsmaßnahme 4	Aufstockungsmaßnahme 5	Aufstockungsmaßnahme 6	Aufstockungsmaßnahme 7	Aufstockungsmaßnahme 8	Aufstockungsmaßnahme 9
Standort	Hamburg	Niedersachsen	NRW	NRW	NRW	Hessen	Hamburg	Hamburg	NRW
BGF [m²]	2.214	2.623	3.399	4.243	1.175	2.345	741,3	1.285	1.358
WF vorher [m²]	1.049	1.284	1.571	1.869	511,7	1.082	347,5	520,0	521,4
WF nachher [m²]	1.355	1.638	2.2662	2.668	764,2	1.444	443,1	770,4	786,0
Wohneinheiten nach Aufstockung	20	28	35	48	12	21	6	8	12
Bauweise der Aufstockung	Holztafelbauweise	Wände: massiv; Dach: Holzkonstruktion							
Baujahr Bestand	1976	1961	1954	1951	1959	1955	1956	1950er Jahre	1957
Bauweise Bestand	Massiv Mauerwerk								

Aufstockungsmaßnahme 1 ist eine Aufstockung in Holzrahmenbauweise um zwei Geschosse. Der in 1976 erbaute Bestand ist in massiver Mauerwerksbauweise ausgeführt. Durch die Aufstockung konnte die Anzahl der Wohneinheiten von 12 auf 20 erhöht werden. Die BGF der Maßnahme beträgt 2214 m². Der Bestand wurde im Zuge der Aufstockung durch ein Wärmedämmverbundsystem und neue Fenster energetisch saniert, ebenso wurden dem Gebäude neue Balkone hinzugefügt.

Aufstockungsmaßnahme 2 ist eine einstöckige Aufstockungsmaßnahme, welche ebenfalls in Holzrahmenbauweise durchgeführt wurde und das Gebäude um ein Stockwerk vertikal erweitert. Das Bestandsbaujahr ist 1961 und die Anzahl der Wohneinheiten konnte von 18 auf 24 Stück erweitert werden, die neu entstandene BGF beläuft sich auf 2623 m². Der Bestand wurde ebenfalls im Zuge der Aufstockungsmaßnahme durch Aufbringen eines Wärmedämmverbundsystems energetisch saniert.

Aufstockungsmaßnahme 3 ist eine Aufstockungsmaßnahme, welche fünf zusammenhängende Häuser um ein Geschoss in Holzrahmenbauweise mit Flachdach erweitert. Der Bestand wurde im Jahr 1954 errichtet, die Wohneinheiten konnten von 30 auf 35 erweitert werden, die Bruttogrundfläche ergibt sich zu etwa 3400 m². Der massive Bestand wurde durch Aufbringen eines WDVS und Austausch der Fenster energetisch saniert.

Aufstockungsmaßnahme 4 ist die flächenmäßig größte Aufstockungsmaßnahme. Hierbei wurde ein 1951 erbautes Bestandsgebäude um ein und teilweise 2 Geschosse in Holzrahmenbauweise erweitert. Die Wohnungsanzahl erhöhte sich von 36 auf 48 Wohneinheiten, die BGF beläuft sich auf 4243 m². Der Bestand ist massiv ausgeführt und wurde ebenfalls energetisch saniert. Für die Bewohner wurden neue, vergrößerte

Balkone vor die Fassade errichtet. Neben dem untersuchten Gebäude wurden innerhalb des Quartiers mehrere Gebäude in ähnlicher Bauweise aufgestockt.

Aufstockungsmaßnahme 5 ist eine Aufstockungsmaßnahme in Holzrahmenbauweise, welche den in 1959 erbauten Bestand um ein Stockwerk ergänzt. Die Anzahl der Wohnungen erhöhte sich von 9 auf 12 Wohneinheiten, die BGF beläuft sich auf 1175 m². Neben der Aufstockung wurde der Bestand energetisch durch Aufbringen eines Wärmedämmverbundsystems und neue Fenster saniert. Ebenfalls wurden neue Balkone vor das Gebäude gestellt.

Aufstockungsmaßnahme 6 ist eine weitere Aufstockungsmaßnahme in Holzrahmenbauweise. Der in Mauerwerksweise errichtete Bestand stammt aus dem Jahr 1955. Die BGF ergibt sich zu 2344 m². Der Bestand wurde energetisch auf einem hohen Niveau saniert, sodass das Gesamtgebäude den Passivhausstandard erreichen konnte. Hierzu wurde ebenfalls ein WDVS aufgebracht und die Aufstockung hochdämmend ausgeführt.

Aufstockungsmaßnahme 7 ist eine Aufstockung durch Kniestockerhöhung. Hiermit konnten zusätzliche Wohneinheiten im Dachgeschoss geschaffen werden. Das Dach ist entsprechend als Satteldach verblieben. Der Bestand wurde in den 1950er Jahren errichtet und ist in massiver Mauerwerksweise ausgeführt. Die Zahl der Wohneinheiten erhöhte sich von 4 auf 6 Wohneinheiten, die BGF ergibt 741 m². Der Bestand des Gebäudes wurde vor der Maßnahme in den 2000er Jahren bereits energetisch saniert. Somit fanden keine energetischen Sanierungsmaßnahmen des Gebäudes statt.

Aufstockungsmaßnahme 8 stellt eine zweigeschossige Aufstockungsmaßnahme in Holzrahmenbauweise mit Satteldach dar. Der Bestand wurde ebenfalls in den 1950er Jahren erbaut und ist in massiver Mauerwerksweise errichtet. Die Anzahl der Wohneinheiten erhöhte sich von 6 auf 8 Wohneinheiten, die BGF beträgt 1285 m². Ebenfalls hier war der Bestand des Gebäudes zuvor bereits energetisch saniert worden, sodass im Zuge der Aufstockungsmaßnahme keine weiteren Sanierungsmaßnahmen im Bestand durchgeführt wurden.

Aufstockungsmaßnahme 9 ist eine eingeschossige Aufstockung mit Flachdach. Hierbei wurde lediglich das Dach in Holzbauweise ausgeführt, während die Innen- und Außenwände in massiver Bauweise errichtet wurden. Die Zahl der Wohneinheiten erhöhte sich von 8 auf 12 Wohneinheiten, die BGF beträgt 1358 m². Der Bestand, in massiver Bauweise, wurde 1957 errichtet. Neben der Aufstockung wurde dieser energetisch saniert durch Aufbringen eines Wärmedämmverbundsystems und neue Fenster. Ebenfalls hat das Gebäude vorgesezte Balkone erhalten.

Zu allen Aufstockungsmaßnahmen wurden auf Basis von Materialmassenermittlungen sämtliche verbaute Massen der Gebäude und der Gebäudeteile bezogen auf den Zeitpunkt des Erstellens ermittelt. Hierzu mussten zunächst für alle Gebäude sämtliche Bestandsbauteile zusammengestellt werden. Die hiervon zurückgebauten Bauteile, in der Regel der Dachstuhl und weitere Bauteile in Zusammenhang mit der Sanierung wie etwa Fenster, wurden ausschließlich in Entsorgungsmodul C zum Zeitpunkt null bilanziert. Für das globale Erwärmungspotential wurden Anteile des biogenen Kohlenstoffspeichers, wie zuvor beschrieben, ermittelt und für sämtliche Bauteile in C₀ durch das gleichzeitige Ein- und Ausbuchen vernachlässigt. Die mit der Maßnahme in das Gebäude verbauten Bauteile, insbesondere die Aufstockung und zur Sanierung zählende Bauteile wie Fassadendämmung oder neue Fenster, wurden anschließend in Modul A₀ bewertet. Der biogene Kohlenstoffspeicher der Materialien wurde hierbei als Einbuchung mitberücksichtigt. Die Bilanzierung der Instandsetzungsmaßnahmen erfolgte separat für die Bestandsbauteile, welche im Gebäude verbleiben und Bauteile, welche neu in das Gebäude eingesetzt wurden. Der Startzeitpunkt der Austauschzyklen der im Gebäude verbleibenden Bauteile wurde auf das Baujahr des Bestandsgebäudes bezogen, die entsprechenden Austauschzyklen wurden über den erweiterten Lebenszyklus von zusätzlichen 50 Jahren fortgeführt. Die Neubauteile konnten, wie im Regelfall der Neubauökobilanz auf den Zeitpunkt der Aufstockung bezogen werden. Das Modul B₆ als betrieblicher Energieverbrauch blieb unberücksichtigt. Nach angenommener Lebensdauer von 50 Jahren wurde der Rückbau des Gesamtgebäudes aus Bestands- und Neubauteilen bilanziert. Der biogene Kohlenstoffspeicher wurde in selber Höhe wie in der Herstellung der Neubauteile ausgebucht.

Abbildung 11 zeigt den Vergleich der Ökobilanzergebnisse der untersuchten Maßnahmen als Auswertung des globalen Erwärmungspotentials der Materialien aufgeteilt in ihre Herkunft nach Lebenszyklusmodulen. Es zeigt sich, dass die Ergebnisse insgesamt in einem Bereich zwischen 3,2 und etwa 5,9 kgCO₂-Äq. bezogen auf die m² BGF und Jahr liegen. Für Maßnahmen ohne energetische Sanierung des Bestandes verringern sich die Materialbedingten Emissionen in der Herstellung, siehe ASM-7 und ASM-8. Gleichzeitig lässt sich erkennen, dass insbesondere das Modul C₅₀ durch das Vorhandensein des biogenen Kohlenstoffspeichers große Auswirkungen auf das Ergebnis hat. Das Modul C₀ erzeugt insgesamt nur sehr geringe Emissionen. Durch sehr große Holzanteile in der Aufstockung können Emissionen in der Herstellung Modul A₀ negativ ausfallen, siehe ASM-1 und ASM-7, dies entsteht durch das Einbuchen des biogenen Kohlenstoffspeichers, dieser ist in diesen Fällen größer als die Emissionen in der restlichen Herstellung der Maßnahmen. Die Instandsetzungsmodule haben unterschiedlich große Auswirkungen auf das Ergebnis und fallen teilweise für die Neubauteile (ASM-1) und teilweise für die Bestandsbauteile (ASM-7) höher aus. Dies hat mit den verbauten Materialien zu tun. Generell zeigt sich, dass der geplante Austausch eines Wärmedämm-

verbundsystems, beispielsweise aus EPS oder Mineralwolle, größere Einflüsse auf den Austausch der Neubaumaterialien hat, da hier ein einmaliger Austausch nach 40 Jahren innerhalb des Lebenszyklus bilanziert wird.

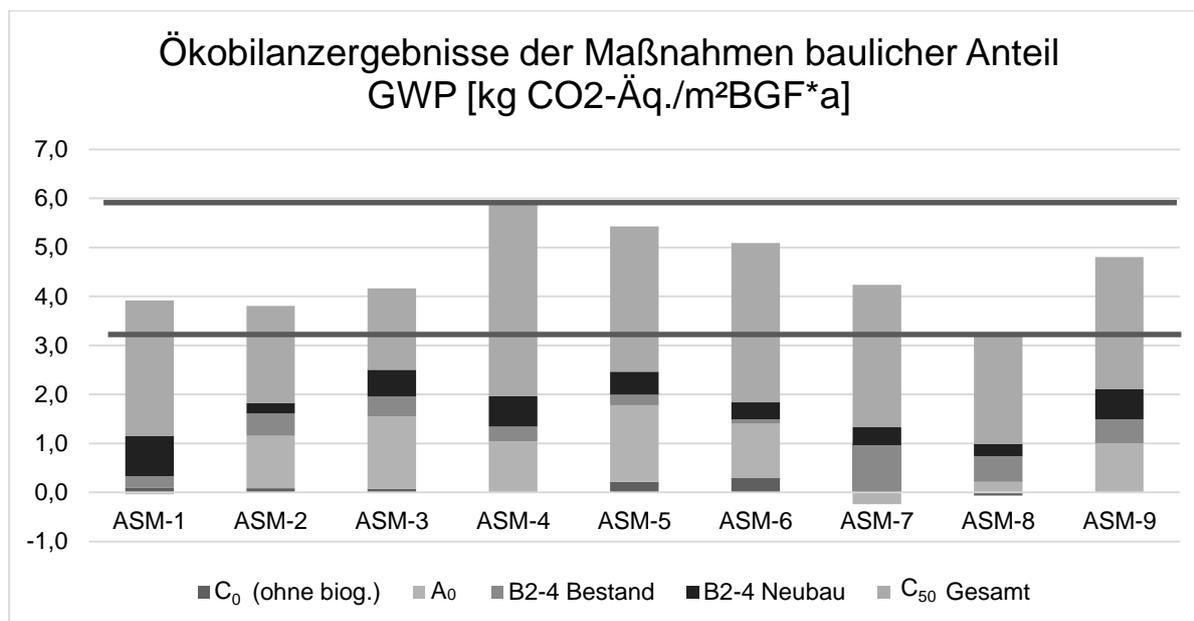


Abbildung 11 Grafische Darstellung der CO₂-Emissionen der untersuchten Aufstockungsmaßnahmen nach Lebenszyklusmodulen

Als weitere untersuchter Wirkungsindikator wurde der totale nicht-erneuerbare Primärenergieverbrauch für die untersuchten Aufstockungsmaßnahmen ausgewertet. Abbildung 12 zeigt hierzu das Ergebnis nach den Lebenszyklusmodulen der einzelnen Maßnahmen bezogen auf einen Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr. Es zeigt sich, dass die Ergebnisse insgesamt in einem Bereich zwischen 36 und 78 MJ/m²*a liegen. Aufstockungsmaßnahme 8 erzeugt, wie im globalen Erwärmungspotential, die geringsten Primärenergieverbräuche, während Aufstockungsmaßnahme 5 die höchsten Energieverbräuche in der Betrachtung der Materialien erzeugt. Insgesamt hat das Herstellungsmodul A₀ den größten Einfluss auf das Gesamtergebnis in allen untersuchten Maßnahmen gefolgt von der Instandsetzung der Materialien, teilweise höher ausgeprägt für die Neubauteile und teilweise höher ausgeprägt für die Bestandsbauteile. Der Rückbau des Gesamtgebäudes nach 50 Jahren (Modul C₅₀) erzeugt insgesamt relativ geringe Energieverbräuche.

Im Vergleich der Ergebnisse des nicht-erneuerbaren Primärenergieverbrauchs zum globalen Erwärmungspotential zeigt sich, dass der Einfluss des biogenen Kohlenstoffspeichers die Ergebnisdarstellung verändert. So besitzt der nicht-erneuerbare Primärenergieverbrauch keinen materialabhängigen Speicher und erzeugt Wirkungen entsprechend in der Herstellung. Anzumerken ist, dass die negative Einbuchung des biogenen Kohlenstoffes unvermeidbar mit der Ausbuchung am Ende des Lebenszyklus verbunden ist und entsprechend theoretisch auch schon mit der Herstellung von Produkten verbunden ist.

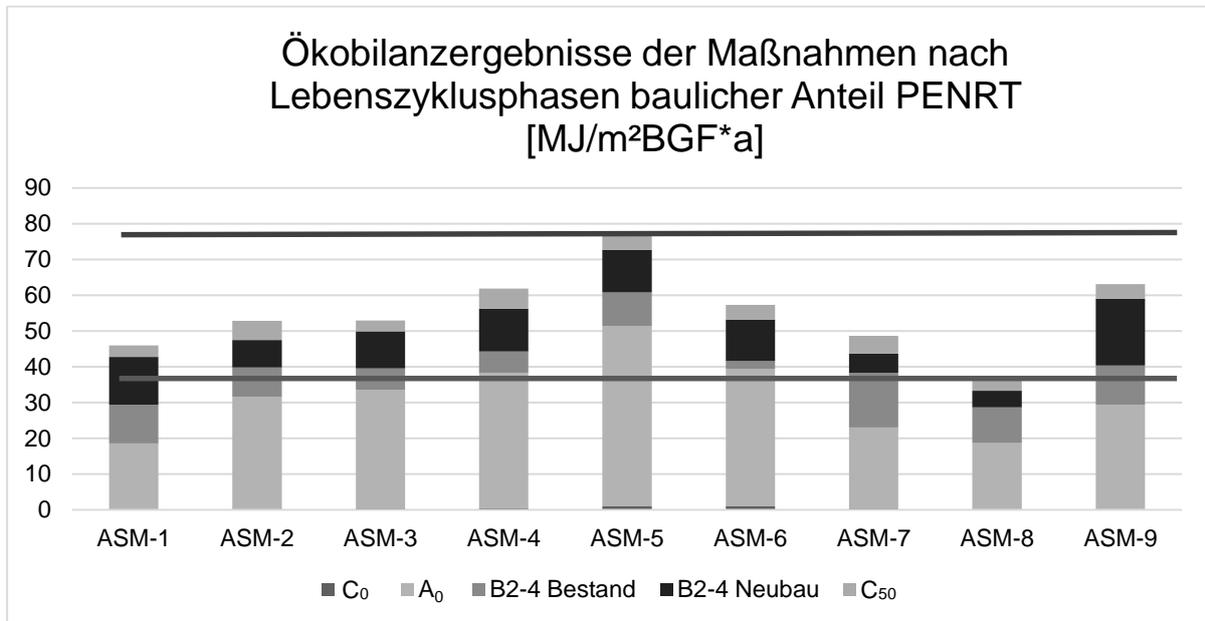


Abbildung 12 Grafische Darstellung des nicht-erneuerbaren Primärenergieverbrauchs der untersuchten Aufstockungsmaßnahmen

Arbeitspaket 3: Holz-Aufstockungskonstruktionskatalog

3.1 Wesentliche Detailpunkte

In dritten Teil des ersten Arbeitspaketes wurden die zusammengestellten Aufstockungsprojekte des Aufstockungskataloges hinsichtlich vorhandener Konstruktionsdetails genauer untersucht. Dabei sind nicht zu jedem Aufstockungsprojekt vollständige Detailunterlagen zugänglich, aber dennoch eine ausreichende Anzahl an verschiedenen Details zur Auswertung vorhanden. Anhand der zusammengestellten Details sowie aus Unterlagen der Projektpartner (HolzUnion, Assmann und Nibelungen) wurden zunächst maßgebliche Konstruktionspunkte vor allem im direkten Anschlussbereich Aufstockung/Bestand zusammengestellt. Siehe beispielsweise Abbildung 13 sowie Abbildung 14 bis Abbildung 26. Diese wurden kategorisiert, um eine übersichtliche Detailzusammenstellung anfertigen zu können. Ebenso wurden unterschiedliche Detailkombinationen bestimmt, welche den Grad der energetischen Sanierung berücksichtigen.

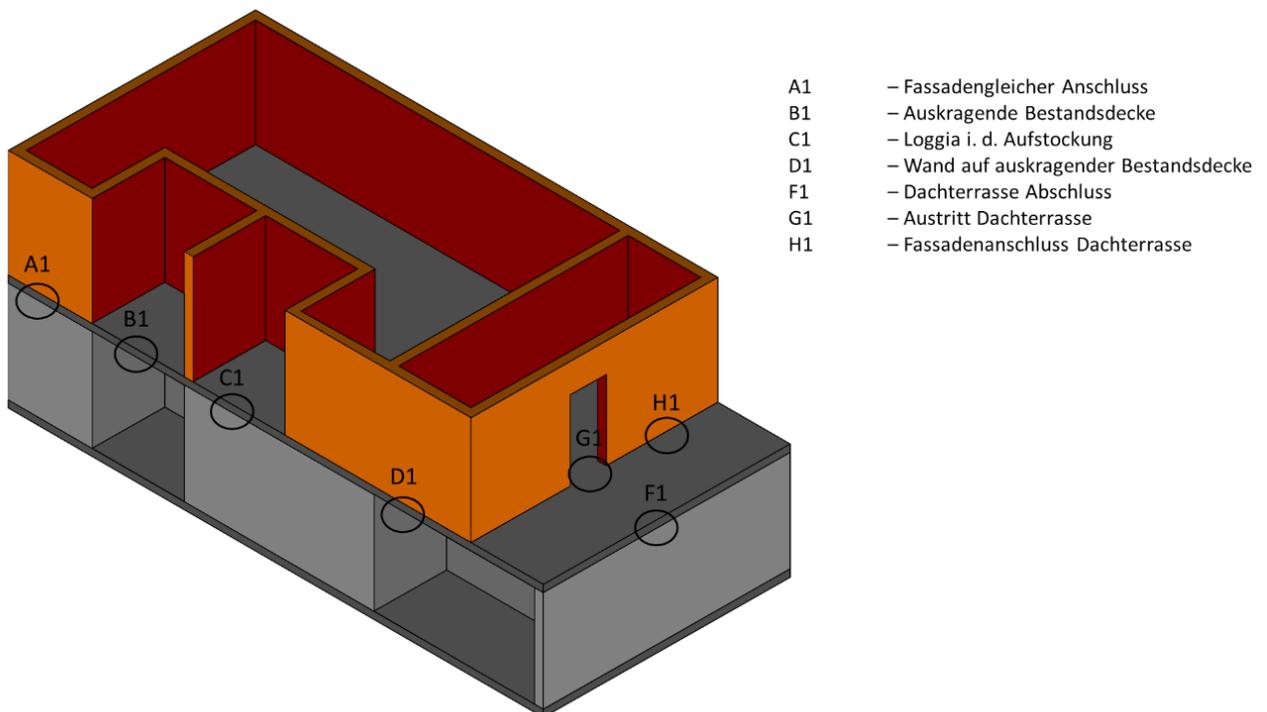


Abbildung 13 Prinzipskizze verschiedener Anschlussdetails von Aufstockungsmaßnahmen

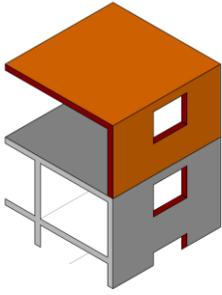


Abbildung 14 Fassadengleiche Aufstockung ohne Bestandssanierung

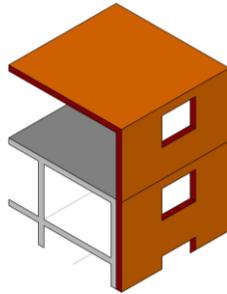


Abbildung 15 Fassadengleiche Aufstockung mit Bestandssanierung

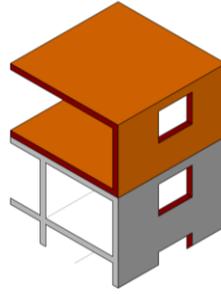


Abbildung 16 Fassadengleiche Aufstockung mit neuer lastverteilernder Ebene

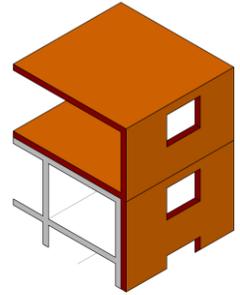


Abbildung 17 Fassadengleiche Aufstockung mit neuer lastverteilernder Ebene und Bestandssanierung

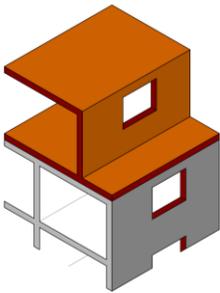


Abbildung 18 Rückspringende Aufstockung mit neuer lastverteilernder Ebene

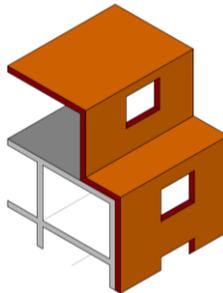


Abbildung 19 Rückspringende Aufstockung mit Bestandssanierung

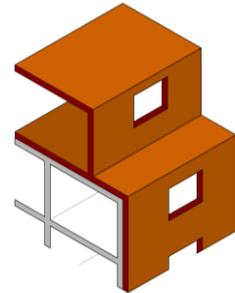


Abbildung 20 Rückspringende Aufstockung mit neuer lastverteilernder Ebene und Bestandssanierung

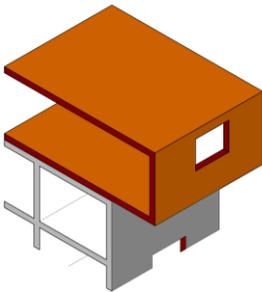


Abbildung 21 Auskragende Aufstockung mit neuer lastverteilernder Ebene

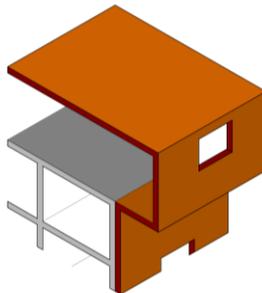


Abbildung 22 Auskragende Aufstockung mit Bestandssanierung

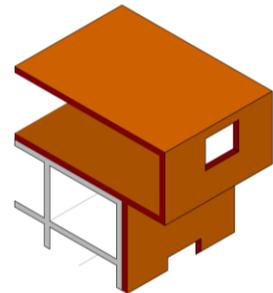


Abbildung 23 Auskragende Aufstockung mit neuer lastverteilernder Ebene und Bestandssanierung

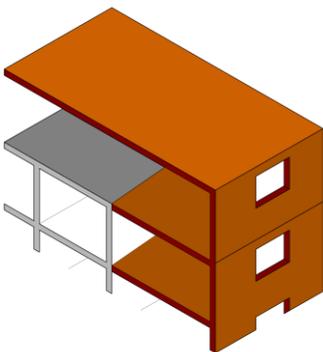


Abbildung 24 Aufstockung mit Erweiterung über Verankerung im Bestand

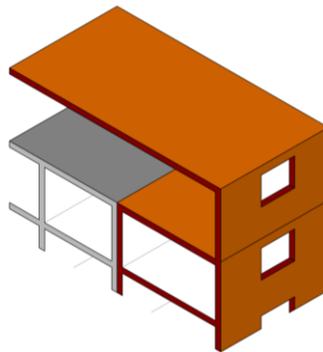


Abbildung 25 Aufstockung mit Erweiterung über neue lastabtragende Wände

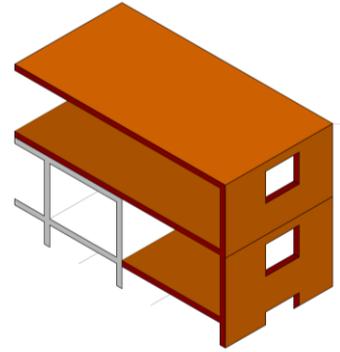


Abbildung 26 Aufstockung mit Erweiterung und neuer lastverteilernder Ebene

Zusätzlich zur Ermittlung der wesentlichen Detailpunkte wurden die baulichen und konstruktiven Anforderungen an Bauteile und Details einer Aufstockung ermittelt. Hierzu gehören sowohl die baurechtlichen als auch bauphysikalischen Anforderungen. Statische Aspekte sind in die Details eingeflossen, hierzu wurden jedoch

keine expliziten Anforderungen ermittelt, da diese abhängig vom Projekt sind und schwer vereinfachend zusammengefasst werden können.

Die maßgeblichen und wichtigsten technischen Regeln, Richtlinien, Verordnungen und Normen, die in diesem Zusammenhang geprüft und für die Erstellung des Konstruktionskatalogs verwendet wurden, sind folgende:

<p>Baurecht: Baugesetzbuches (BauGB), Baunutzungsverordnung (BauNVO), EU-Bauproduktenverordnung (BauPVO), Landesbauordnungen (Musterbauordnung), Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (VV TB), Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (HolzBauRL),</p>	<p>Wärmeschutz: Gebäudeenergiegesetz (GEG), DIN V 18599, DIN EN ISO 10211, DIN 4108 Regelungen zu KfW-Effizienzhäusern</p>
<p>Feuchteschutz /inkl. Holzschutz und Luftdichtigkeit): DIN 4108, DIN 68800, DIN 18531-18535,</p>	<p>Schallschutz: DIN 4109, VDI Richtlinie 4100</p>
<p>Brandschutz: (Baurechtliche Regelungen, siehe Baurecht) DIN 4102, DIN 13501</p>	

3.2 Konstruktionskatalog für Aufstockungen

Um Details für Aufstockungsmaßnahmen möglichst für eine breite Anwendung zugänglich zu machen, ohne dabei jedoch die große Anzahl an Möglichkeiten für die Ausbildung von Holzkonstruktionen maßgeblich einzuschränken, wurden in diesem Vorhaben grundlegende Bauteilaufbauten benötigt. Diese können jedoch anhand zugewiesener Aufgaben und Eigenschaften schichtweise verändert werden. Die maßgeblichen Konstruktionsdetails können so für geänderte Bauteilaufbauten in den meisten Fällen unproblematisch unter Einhaltung der geschilderten Lösungen für Problemstellungen bzw. die Einhaltung der grundlegenden Anforderungen an die Konstruktion weitergedacht bzw. abgeändert werden. Hierzu wird auch auf dataholz.eu verwiesen, einen Katalog bauphysikalisch geprüfter und / oder zugelassener Holz- und Holzwerkstoffe, Baustoffe, Bauteile und Bauteilfügungen für den Holzbau.

Folgend wird das verwendete Schichtsystem, nach dem die Bauteilaufbauten angepasst werden können, kurz erläutert. Dies orientiert sich an allgemein gültigen baukonstruktiven und bauphysikalischen Regeln. Es basiert darauf, dass jeder Bauteilschicht eine oder mehrere Aufgaben zugewiesen werden, siehe Abbildung 27. Außenliegende Bauteilschichten übernehmen den Feuchteschutz und ermöglichen gleichzeitig eine Abgabe der aufgenommenen Feuchtigkeit durch Dampfdiffusion nach außen während der Verdunstungsperiode. Innenliegende Bauteilschichten sorgen für einen Schutz vor einem Dampfeintritt bzw. vor einem Eintritt warmer, feuchter Luft von innen, welche sich auf dem Weg nach außen durch die Konstruktion abkühlen würde und zu Tauwasserbildung im Bauteil führen kann. Alle Schichten des Bauteils sorgen für einen ausreichenden Windschutz. Der Wärmeschutz wird von Bauteilschichten übernommen, deren Verortung im Bauteil variieren kann, gleiches gilt im Übrigen für die tragenden Elemente des Bauteils.

Wichtig ist somit die Kenntnis, dass all diese Aufgaben vom Bauteil erfüllt werden müssen und welche Bauteilschichten sowie Materialien sich für die entsprechende Aufgabe besonders eignen. Ein bauphysikalisches Grundwissen sei hierbei vorausgesetzt.

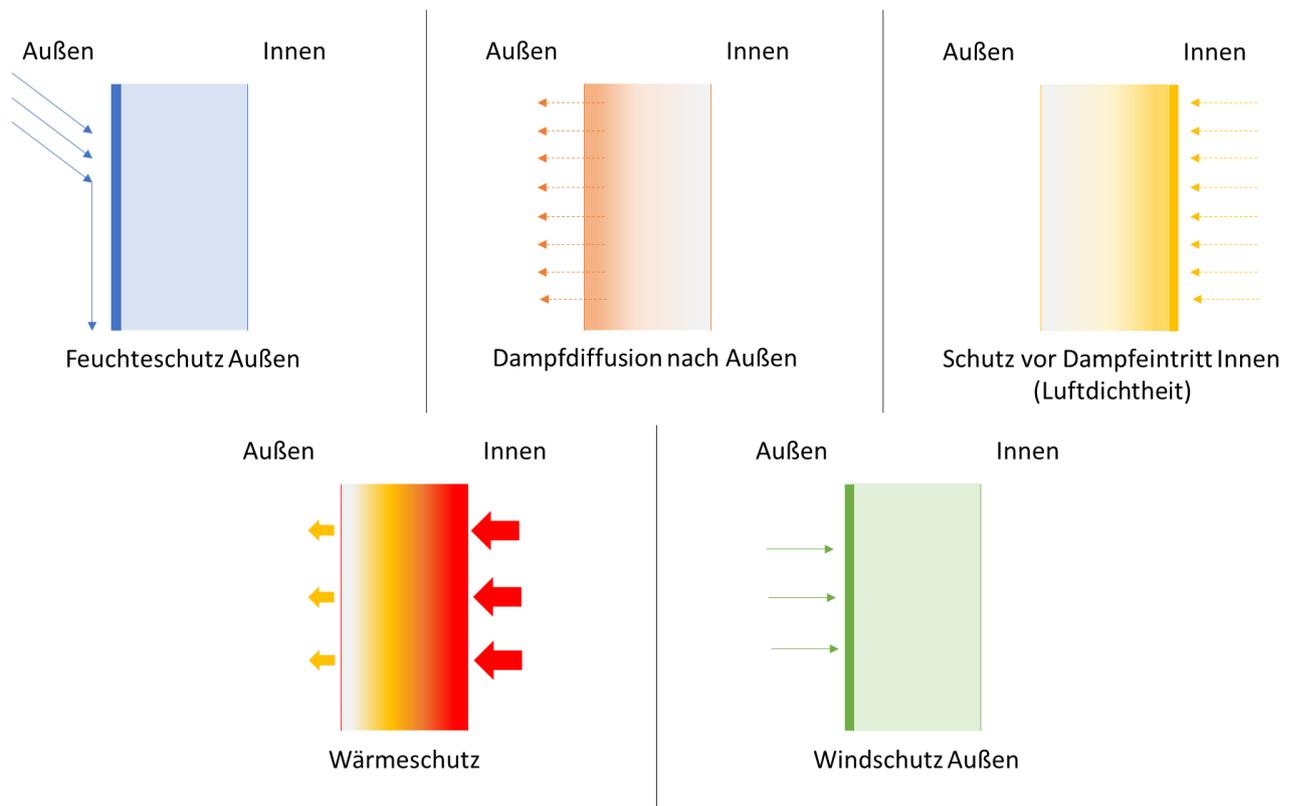


Abbildung 27 Aufgaben von Bauteilschichten am Beispiel einer Außenwand [23]

Bei einer Wand in Holztafelbauweise wird der Feuchteschutz von außen sowie das Abtrocknen durch Dampfdiffusion nach außen zunächst von der Wetterhaut übernommen. Die Dampfdiffusion wird des Weiteren über die Unterkonstruktion, die ggf. vorhandene Luftschicht sowie eine diffusionsoffene Platte außenseitig übernommen. Das Dämmmaterial zwischen den tragenden Rippen des Bauteils übernimmt die Wärmedämmung, während die innenseitig angebrachte Dampfsperre bzw. -bremse die Luftdichtheit gewährleistet. Die innere Verschalung dient dem optischen Innenausbau, siehe Abbildung 28. Je nachdem welche Materialien für die jeweiligen Schichten verwendet wurden, ist ergänzend zu beachten, dass im Holztafelbau ein Plattenwerkstoff für die Aussteifung der Konstruktion vorgesehen werden muss. Dies kann beispielsweise eine innenliegende OSB-Platte sein, welche gleichzeitig die luftdichte Ebene bildet.

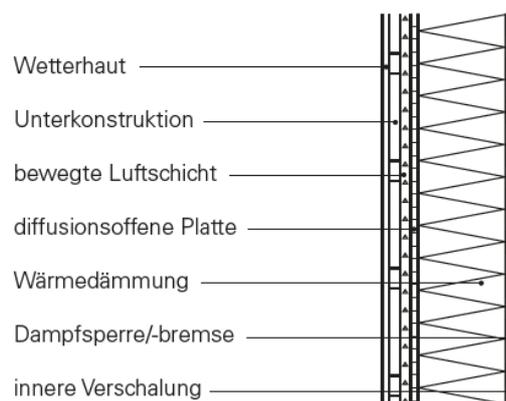


Abbildung 28 Beispiel eines Aufbaus einer einfachen Holztafelaußenwand [23]

Grundlegend können die Schichten in Teilen ausgetauscht, verändert oder durch zusätzliche Bauteilschichten ergänzt werden. Hierzu zwei Beispiele:

1. Zusätzliche Bauteilschichten

Als zusätzliche Bauteilschichten könnten die Schichten einer innenliegenden Installationsebene für die Leitungsführung in der Wand verwendet werden. Diese besteht zumeist aus einer zusätzlichen Dämmebene auf der Dampfbremse, welche dafür sorgt, dass die innere Verschalung durch die Dämmung und Unterkonstruktion dieser Ebene von der Dampfbremse getrennt wird. Hierbei übernimmt die Installationsebene zusätzliche Aufgaben des Wärmeschutzes, kann also für eine energetisch hochwertigere Wand sorgen (abhängig von den jeweiligen Dämmstärken der beiden Dämmschichten).

2. Schichtaustausch

Mit einem Schichtaustausch ist gemeint, dass mehrere verschiedene Materialien für die gleiche Aufgabe in Frage kommen. Als Dampfsperre/-bremse innenseitig kommen zum Beispiel OSB-Platten, Gipsfaser-Platten aber auch Dampfbremsschichten in Frage. Hinsichtlich ihrer Aufgabe und Position im Bauteil ändert sich hierbei nichts. Für Anschlussdetails wiederum bedeutet die gleiche Verortung im Bauteil, dass die Bauteilschichten an gleicher Stelle an die übrigen Bauteile angeschlossen werden müssen. So muss zum Beispiel sowohl eine innenliegende OSB-Platte an ihren Bauteilfugen zum Beispiel mit dem Fußboden verklebt sein, wie auch eine Dampfbremsschicht, um eine ausreichende Luftdichtheit gewährleisten zu können. Wichtig ist hierbei, dass eine durchgängige Luftdichtheit um die Gebäudehülle gezogen werden kann.

Innerhalb des Projektes wurden als Grundlage für den Konstruktionskatalog die folgenden Bauteile festgelegt. Abhängig vom energetischen Standard variieren dabei die Dämmstärken bzw. die Baustoffkennwerte. Als grundlegende energetische Standards wurden der Standard nach Gebäudeneengesetz §51 sowie die Energieeffizienzhaus-Standards für die KfW Effizienzhäuser 55 und 40¹ verwendet.

Außenwandaufbauten:

- AW 1 – GEG (Holztafelwand ohne Installationsebene* - GEG)
- AW 1 – KfW 55 (Holztafelwand ohne Installationsebene* – KfW 55)
- AW 1 – KfW 40 (Holztafelwand ohne Installationsebene* – KfW 40)
- AW 2 – GEG (Holztafelwand mit Installationsebene* - GEG)
- AW 2 – KfW 55 (Holztafelwand mit Installationsebene* – KfW 55)
- AW 2 – KfW 40 (Holztafelwand mit Installationsebene* – KfW 40)
- AW 3 – GEG (Brettsperrholzwand ohne Installationsebene* - GEG)
- AW 3 – KfW 55 (Brettsperrholzwand mit Installationsebene* – KfW 55)
- AW 3 – KfW 40 (Brettsperrholzwand mit Installationsebene* – KfW 40)

Innenwände:

- IW 1 (Holztafelwand ohne Installationsebene*)
- IW 2 (Holztafelwand mit Installationsebene*)
- IW 3 (Brettsperrholzwand ohne Installationsebene*)
- IW 4 (Brettsperrholzwand mit Installationsebene*)

Wohnungstrennwände:

- TW 1 (Holztafelwand*)
- TW 2 (Brettsperrholzwand*)

Dächer:

- FL 1 - GEG (Flachdach mit Balkendecke* - GEG)
- FL 1 – KfW 55 (Flachdach mit Balkendecke* - KfW 55)
- FL 1 – KfW 40 (Flachdach mit Balkendecke* - KfW 40)
- FL 2 –GEG (Flachdach mit Brettsperrholzdecke* - GEG)
- FL 2 - KfW 55 (Flachdach mit Brettsperrholzdecke* - KfW 55)
- FL 2 – KfW 40 (Flachdach mit Brettsperrholzdecke* - KfW 40)
- GD 1 – GEG (Geneigtes Dach* - GEG)
- GD 1 – KfW 55 (Geneigtes Dach* - KfW 55)
- GD 1 – KfW 40 (Geneigtes Dach* - KfW 40)

Fußbodenaufbauten:

- FB 1 (Fußbodenaufbau auf Bestandsdecke)
- FB 1 Alternativ (Fußbodenaufbau mit Fußbodenheizung auf Bestandsdecke)
- DT (Dachterrasse)

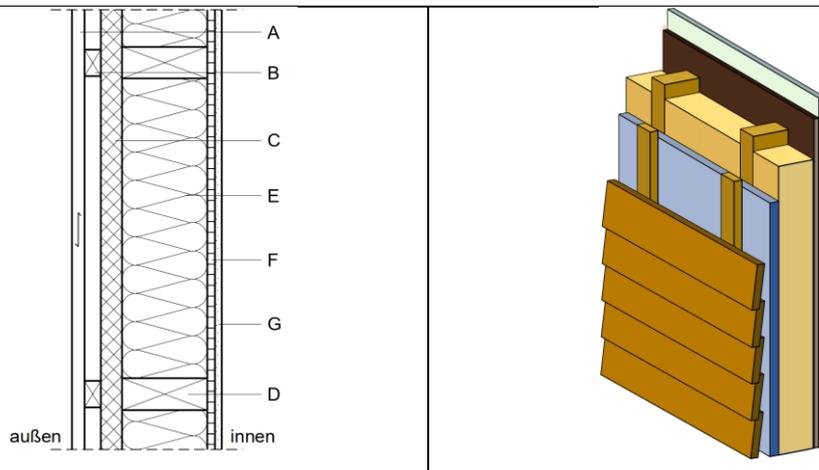
Lastverteilende Ebene:

- LE 1 - Lastverteilende Ebene – Balkenlage mit Fußbodenaufbau inklusive Fußbodenheizung
- LE 1 - Lastverteilende Ebene – Balkenlage mit Fußbodenaufbau
- LE 2 - Lastverteilende Ebene – Brettsperrholz mit Fußbodenaufbau inklusive Fußbodenheizung
- LE 2 - Lastverteilende Ebene - Brettsperrholz mit Fußbodenaufbau

Für Außenwand 1 werden die drei Varianten folgend kurz dargestellt.

¹ Standard nach KfW-Regelungen vom Januar 2022

AW 1- GEG (Holztafelwand ohne Installationsebene* – GEG)



*Orientiert an dataholz.eu - Außenwand - awrho01a-00

Bauteilaufbau von außen nach Innen

	Material	Dicke [mm]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]
A	Holzfassade (Lärche)	24	-
B	Holz Traglattung (30/50), hinterlüftet	30	-
C	DWD-Platte	40	0,09
D	Konstruktionsvollholz (60/160), e = 625mm	160	0,12
E	Mineralwolle Wärmeleitstufe 040	160	0,04
F	OSB-Platte	15	0,13
G	Gipsfaserplatte	12,5	0,32

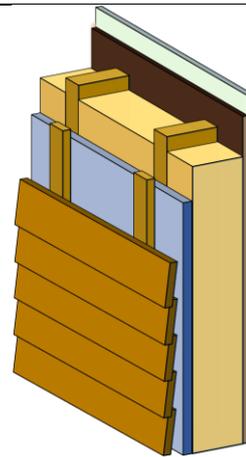
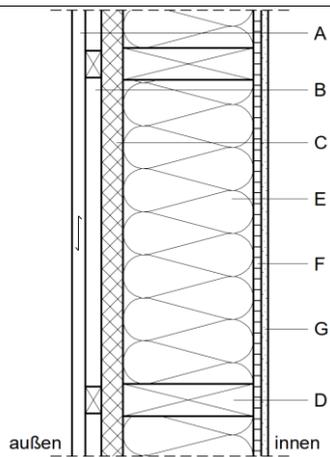
Bauteilkennwerte

Wärmedurchgangswiderstand U-Wert	U = 0,239 W/mK
Feuerwiderstandsklasse Innen	REI 60 (nach EN 13501-2)
Feuerwiderstandsklasse Außen	REI 30 (nach EN 13501-2)
Bewertetes Schalldämm-Maß	R _w (C;C _{tr}) = 47 dB (-2; -8)

Anmerkungen

- Abweichung zu Aufbau in dataholz.eu: DWD-Platte statt MDF-Platte verwendet
- Aufgrund der geänderten Konstruktion müssen die Angaben zu Feuerwiderstandsklasse und Schalldämm-Maß überprüft werden. Die gegebenen Werte können als Orientierungswerte angesehen werden
- Innenseitig kann als optische Schicht zum Raumabschluss Putz oder Tapete angeordnet werden

AW 1- KfW 55 (Holztafelwand ohne Installationsebene* – KfW 55)



*Orientiert an dataholz.eu - Aussenwand - awrho01a-03

Bauteilaufbau von Außen nach Innen

	Material	Dicke [mm]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]
A	Holzfassade (Lärche)	24	-
B	Holz Traglattung (30/50), hinterlüftet	30	-
C	DWD-Platte	40	0,09
D	Konstruktionsvollholz (60/240), e = 625mm	240	0,12
E	Mineralwolle Wärmeleitstufe 040	240	0,04
F	OSB-Platte	15	0,13
G	Gipsfaserplatte	12,5	0,32

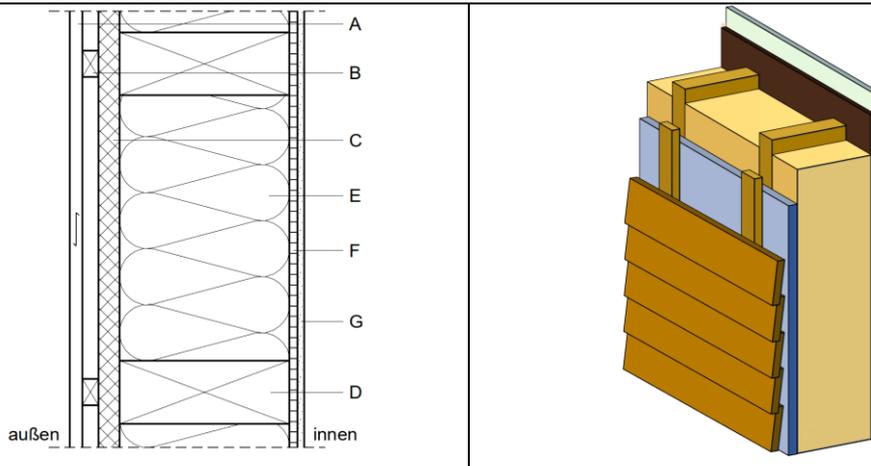
Bauteilkennwerte

Wärmedurchgangswiderstand U-Wert	U = 0,170 W/mK
Feuerwiderstandsklasse Innen	REI 60 (nach EN 13501-2)
Feuerwiderstandsklasse Außen	REI 30 (nach EN 13501-2)
Bewertetes Schalldämm-Maß	R _w (C;C _{tr}) = 49 dB (-2; -8)

Anmerkungen

- Abweichung zu Aufbau in dataholz.eu: DWD-Platte statt MDF-Platte verwendet
- Aufgrund der geänderten Konstruktion müssen die Angaben zu Feuerwiderstandsklasse und Schalldämm-Maß überprüft werden
- Innenseitig kann als optische Schicht zum Raumabschluss Putz oder Tapete angeordnet werden

AW 1- KfW 40 (Holztafelwand ohne Installationsebene* – KfW 40)²



*Orientiert an dataholz.eu - Aussenwand - awrho01a-03 mit erhöhter Dämmdicke und besserer Wärmeleitstufe

Bauteilaufbau von Außen nach Innen

	Material	Dicke [mm]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]
A	Holzfassade (Lärche)	24	-
B	Holz Traglattung (30/50), hinterlüftet	30	-
C	DWD-Platte	40	0,09
D	Konstruktionsvollholz (120/320), e = 625mm	320	0,12
E	Mineralwolle Wärmeleitstufe 035	320	0,035
F	OSB-Platte	15	0,13
G	Gipsfaserplatte	12,5	0,32

Bauteilkennwerte

Wärmedurchgangswiderstand U-Wert	U = 0,140 W/mK
Feuerwiderstandsklasse Innen	REI 60 (nach EN 13501-2)
Feuerwiderstandsklasse Außen	REI 30 (nach EN 13501-2)
Bewertetes Schalldämm-Maß	$R_w (C; C_{tr}) = 47 \text{ dB} (-2; -8)$

Anmerkungen

- Abweichung zu Aufbau in dataholz.eu: DWD-Platte statt MDF-Platte verwendet
- Konstruktionsvollholz und Dämmdicke auf d = 320 mm erhöht
- Wärmeleitstufe Dämmung 035 statt 040
- Aufgrund der geänderten Konstruktion müssen die Angaben zu Feuerwiderstandsklasse und Schalldämm-Maß überprüft werden. Die gegebenen Werte können als Orientierungswerte angesehen werden
- Innenseitig kann als optische Schicht zum Raumabschluss Putz oder Tapete angeordnet werden

² Die AW 1 – KfW 40 stellt einen unwirtschaftlichen Aufbau dar, da die Abmessungen des Konstruktionsvollholzes überdimensioniert sind. Für eine KfW 40 Wand wird auf AW 2 und 3 verwiesen. Sie dient hier lediglich als Negativbeispiel!

Für die identifizierten Details aus Arbeitspaket 1.3, der Untersuchung von Aufstockungsdetails und Bestandskonstruktionen sowie den Erkenntnissen zu aktuellen Regelungen und Vorschriften wurden Konstruktionsdetails entwickelt. Auch bei den Details wird Wert auf eine möglichst breite Verwendbarkeit gelegt. Hierzu werden für einzelne Details Anpassungsmöglichkeiten mit ergänzenden Bauteilschichten sowie anderen konstruktiven Anordnungen der Konstruktionselemente im Anschluss gezeigt. Beispielhaft wird dies im Folgenden anhand eines einfachen Anschlusses – dem Geschosswechsel eines fassadengleich aufgestockten Bestandsgeschosses – gezeigt und erläutert.

Anmerkungen zum Detail / Mögliche Anpassungen des Details:

Wärmeschutz

- Das Detail ist bei der Planung hinsichtlich der Wärmebrückenwirkung zu untersuchen und ggf. mit Flankendämmung entlang der Bestandswand zu versehen.
 - o Hierzu kann die Holztafelwand weiter über den Rand der Bestandsdecke verschoben werden, um die DWD-Platte sowie ggf. weitere benötigte Flankendämmung über den Bestand zu ziehen.
 - o Die Güte des Bestandsmauerwerks hinsichtlich seiner wärmetechnischen Eigenschaften hat insgesamt einen starken Einfluss auf die Wärmebrücke.
- Eine neue lastverteilende Ebene sollte ein Stück über der Bestandsdecke/Bestandswand nach innen verschoben werden – also nicht bündig mit der Bestandsfassade abschließen – und außenseitig gedämmt werden, um Wärmebrücken zu minimieren (Durchführung Wärmebrückenuntersuchung), sofern das Bestandsgebäude nicht ebenfalls energetisch saniert wird.

Feuchteschutz / Holzschutz / Luftdichtheit

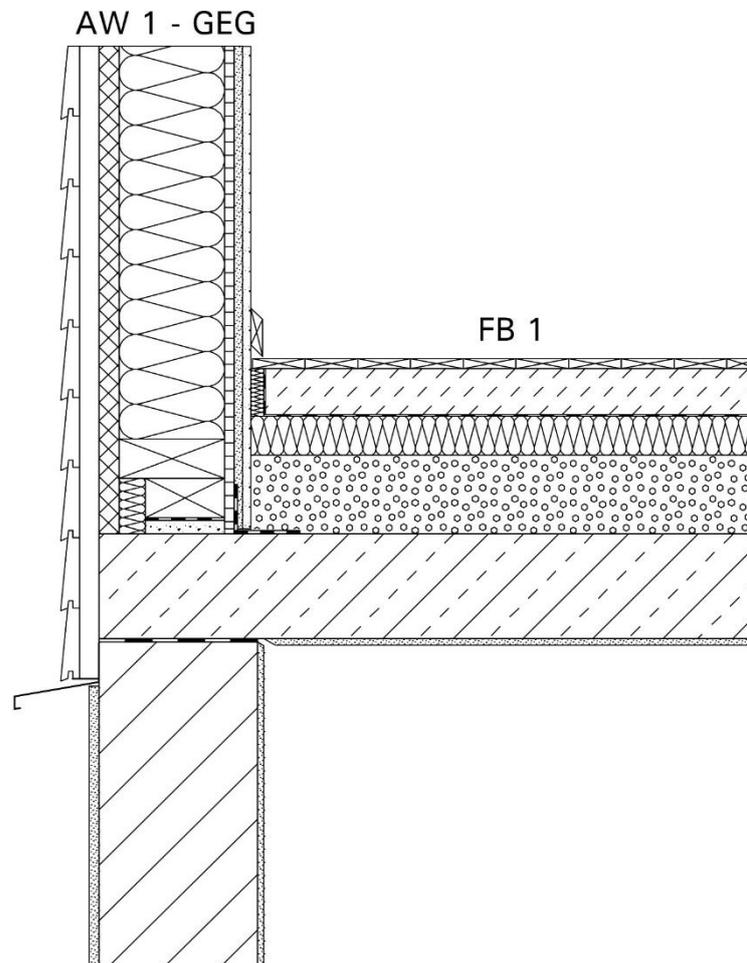
- Die Luftdichtheit der Aufstockung wird durch die innenliegende OSB-Platte inklusive Verklebung der Fuge von OSB-Platte auf die Stahlbetondecke hergestellt
 - o Zur ausreichenden Luftdichtheit sind die Stoßfugen der OSB-Platten an den Bauteilstößen ebenfalls luftdicht zu verkleben.
- Bei Anordnung einer Luftschicht hinter der Fassade ist die Anbringung eines Insektengitters notwendig.
- In dieser Konfiguration der Außenwand sollten nach DIN 68800-2 sowie DIN 4103-3 folgende Eigenschaften eingehalten sein (in diesem Fall ist das Bauteil ohne Nachweis ausreichend sicher gegen Feuchtigkeitseinwirkungen):
 - o Beidseitig bekleidete Wände mit vorgehängten Außenwandbekleidungen. Raumseitige diffusionshemmende Schicht mit $s_d \geq 2m$, außenliegende diffusionsoffene Schicht mit $s_d \leq 0,3m$.
- Zusätzlich zum einfachen Holztafelelement ohne Installationsebene kann eine Installationsebene hinzugefügt werden. Auch hier läuft die luftdichte Ebene über die OSB-Platte unterhalb der Installationsebene.
- Bei Einbau einer neuen lastverteilenden Ebene müssen die ggf. entstehenden Hohlräume mindestens vollständig luftdicht abgeschlossen sein! Stand der Technik ist hier jedoch eine vollständige Ausfüllung mit Schüttgut wie Perlitten oder durch Dämmung. (Ein luftdichter Verschluss ist dennoch empfehlenswert, um Feuchteintritt und -akkumulation in der unzugänglichen lastverteilenden Ebene zu verhindern.)

Statisch / Konstruktiv

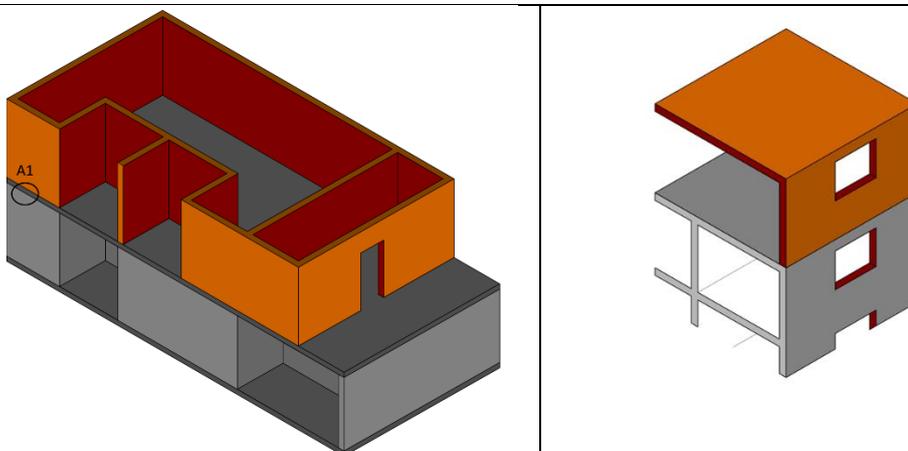
- Aufgrund der Lagerung des Holztafelelements auf einer ggf. nicht ebenen Bestandswand (eventuell auch auf eine zuvor entfernte Aufkantung der Bestandsdecke als Sparrenlager des Bestandsdaches) wird die Lagerung über eine im Mörtelbett verlegte Nivellierschwelle empfohlen.
- Die Bestandsdecke muss vor der Aufbringung des neuen Fußbodenaufbaus auf ihre Tragfähigkeit hin untersucht werden. Ist sie nicht ausreichend tragfähig, muss eine neue lastverteilende Ebene einge-zogen werden.
- Die Bestandswand muss ebenfalls auf ihre Tragfähigkeit hin untersucht werden. Ggf. muss sie im Bereich der Auflagerung der Bestandsdecke durch geeignete Maßnahmen ertüchtigt werden, um die höheren Lasten aus der neuen Aufstockungskonstruktion sicher in den Bestand abtragen zu können.
- Auf der Bestandsdecke ist eine Ausgleichschüttung vorgesehen, diese wird benötigt um ggf. vorhandene Unebenheiten im Fußbodenaufbau auszugleichen sowie im Bereich von Badezimmern und Küchen die nötigen Installationen vornehmen zu können (Leitungsführungen!).
- Für die neue lastverteilende Ebene ist im Besonderen auf die Bauteilverformung – die Durchbiegung der Deckenkonstruktion – zu achten.
- Zur Erfüllung des Schwingungsnachweises kann eine zusätzliche Schüttung vor allem auf der Balkenkonstruktion notwendig sein, um das Konstruktionseigengewicht zu erhöhen und somit die Schwingungsanfälligkeit zu verringern.

Brandschutz

- Abhängig von der Gebäudeklasse muss außenliegend nicht nur als optischer Abschluss ein Abschlussprofil unterhalb der Aufstockungsfassade vorgesehen werden. Ggf. ist aus Brandschutzgründen für GK 4 und 5 eine horizontale Brandsperre für hölzerne Fassaden anzubringen.
- Innenseitig kann die Auskleidung der Innenwand mit einer zusätzlichen Gipsfaserplatte oder anderen brandschutztechnisch wirksamen Bekleidungen für GK 4 und 5 notwendig werden. Die Regelungen der HolzBauRL sind zu beachten.

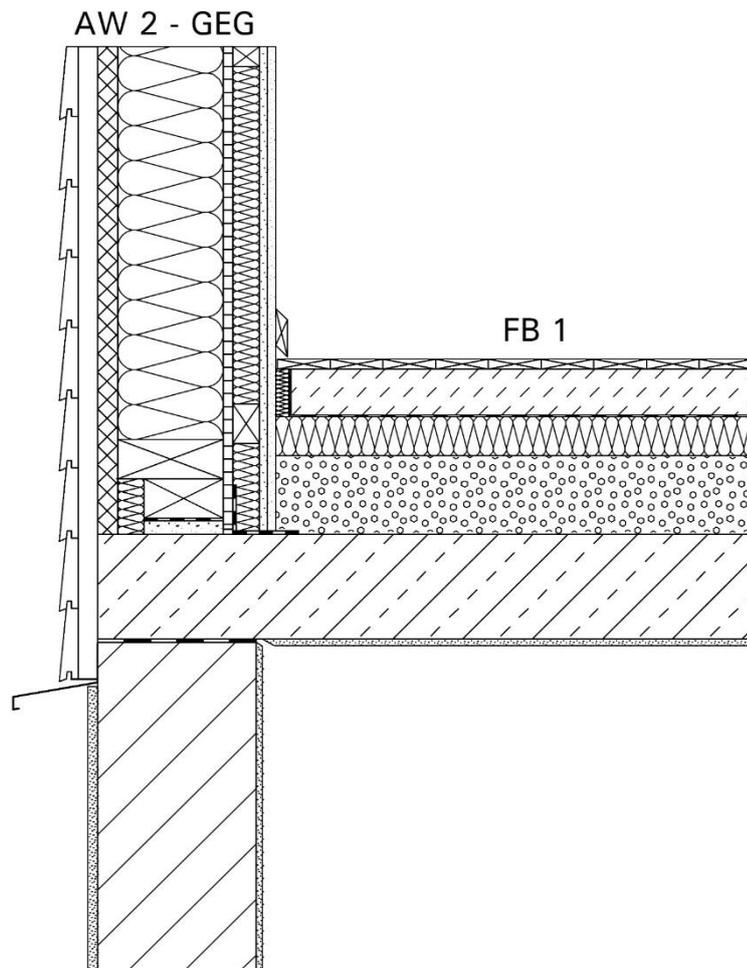


Geschosswechsel fassadengleicher Aufstockung auf Bestandsdecke und ohne energetische Bestandssanierung – Variante 1 mit einfacher Holztafelwand

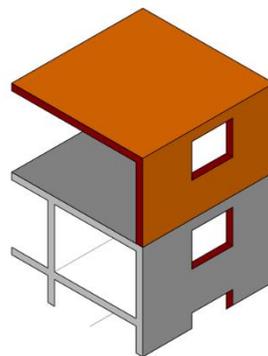
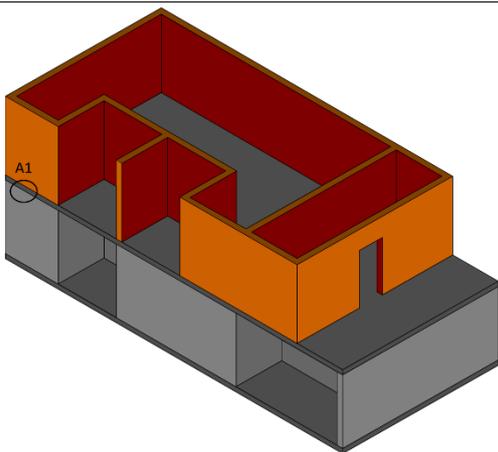


Bauteile:

- Bestandswand aus Mauerwerk mit voll aufgelagerter Stahlbetondecke
- FB 1 – Fußbodenaufbau auf Bestandsdecke (Bauteilkatalog)
- AW 1 – GEG (Holztafelwand ohne Installationsebene - GEG)

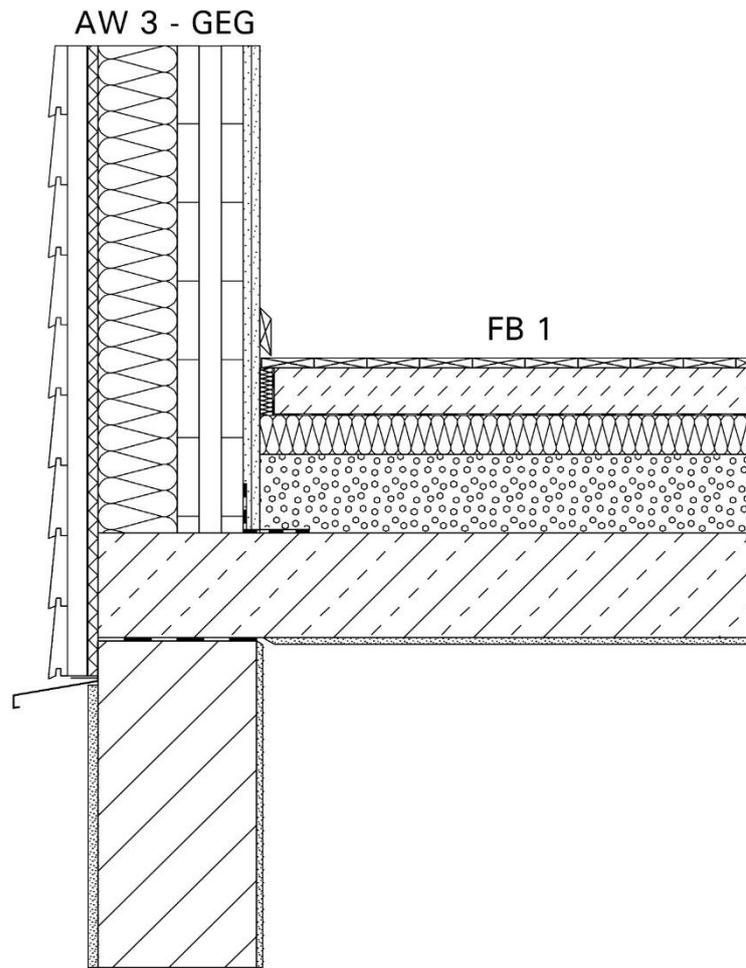


Geschosswechsel fassadengleicher Aufstockung auf Bestandsdecke und ohne energetische Bestandssanierung – Variante 2 mit Holztafelwand inkl. Installationsebene

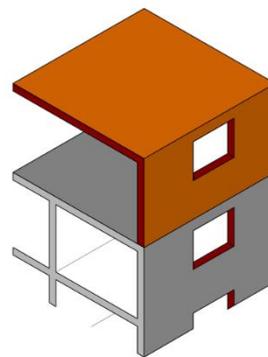
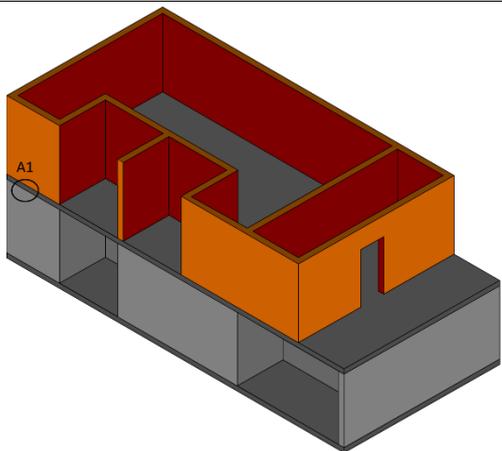


Bauteile:

- Bestandswand aus Mauerwerk mit voll aufgelagerter Stahlbetondecke
- FB 1 – Fußbodenaufbau auf Bestandsdecke (Bauteilkatalog)
- AW 2 – GEG (Holztafelwand mit Installationsebene - GEG)

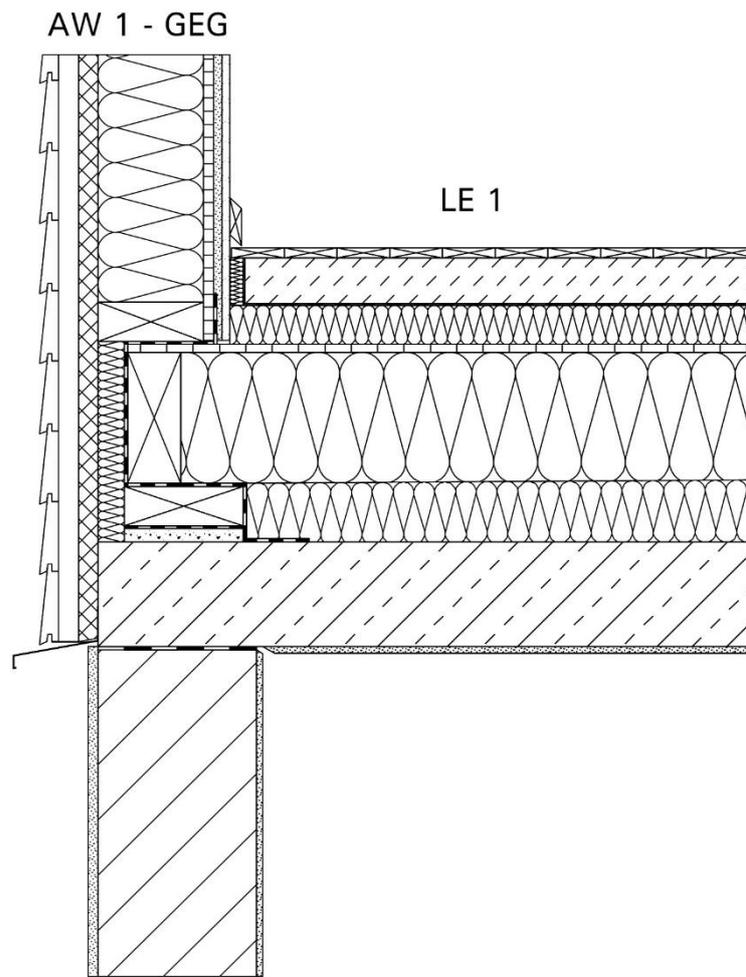


Geschosswechsel fassadengleicher Aufstockung auf Bestandsdecke und ohne energetische Bestandssanierung – Variante 3 mit Brettsperrholzwand

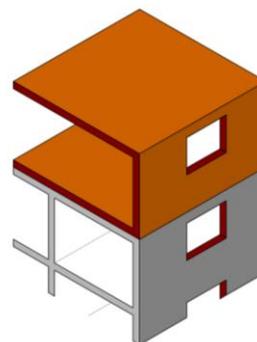
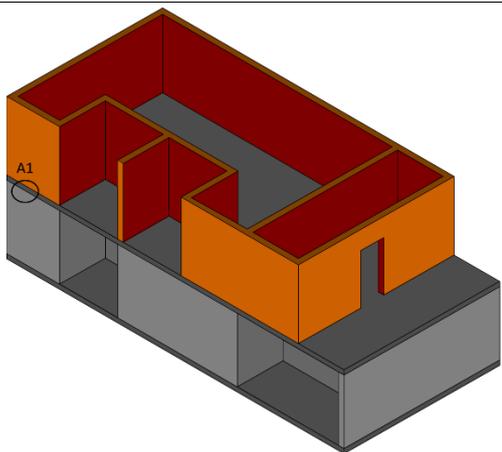


Bauteile:

- Bestandswand aus Mauerwerk mit voll aufgelagerter Stahlbetondecke
- FB 1 – Fußbodenaufbau auf Bestandsdecke (Bauteilkatalog)
- AW 3 – GEG (Brettsperrholzwand ohne Installationsebene - GEG)

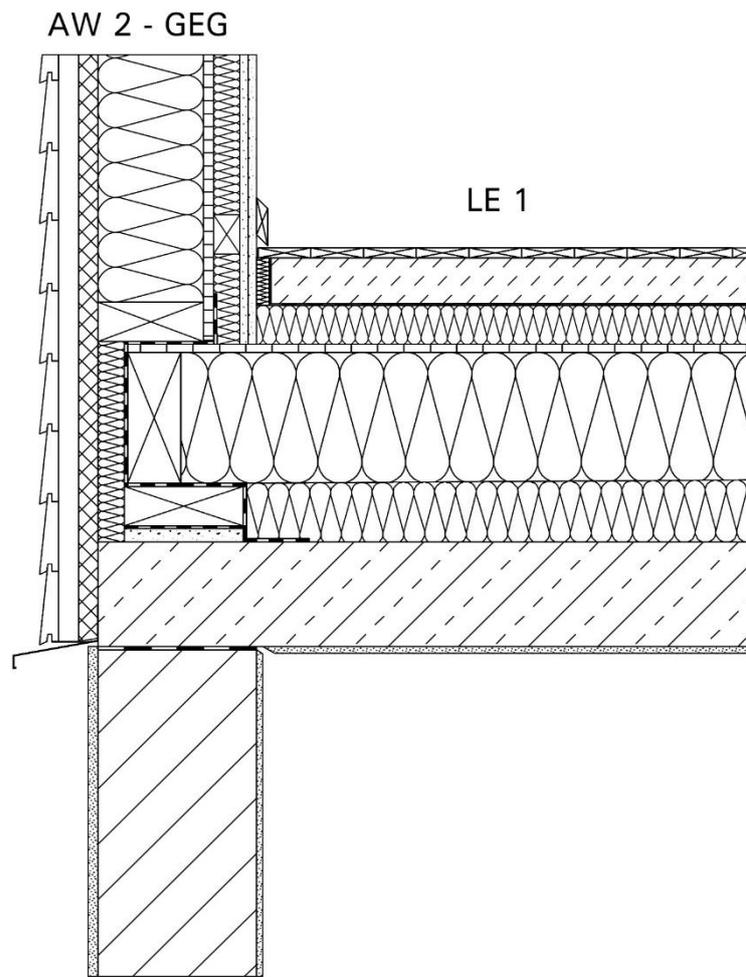


Geschosswechsel fassadengleicher Aufstockung mit neuer lastverteilernder Ebene als Balkenkonstruktion und ohne energetische Bestandssanierung – Variante 1 mit einfacher Holztafelwand

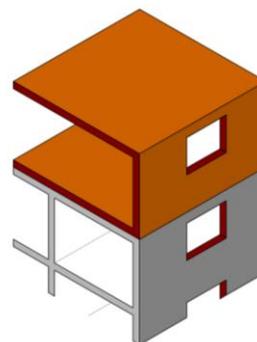
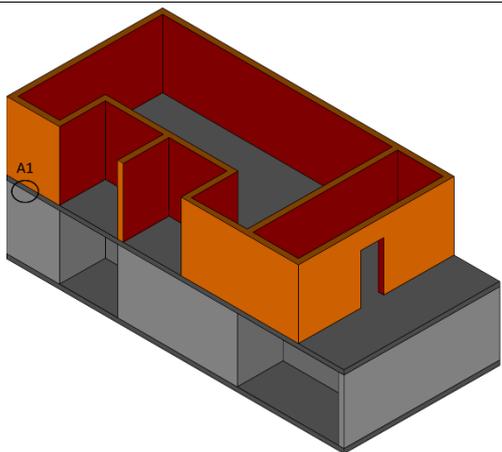


Bauteile:

- Bestandswand aus Mauerwerk mit voll aufgelagerter Stahlbetondecke
- LE 1 - Lastverteilernde Ebene – Balkenlage mit Fußbodenaufbau
- AW 1 – GEG (Holztafelwand ohne Installationsebene - GEG)

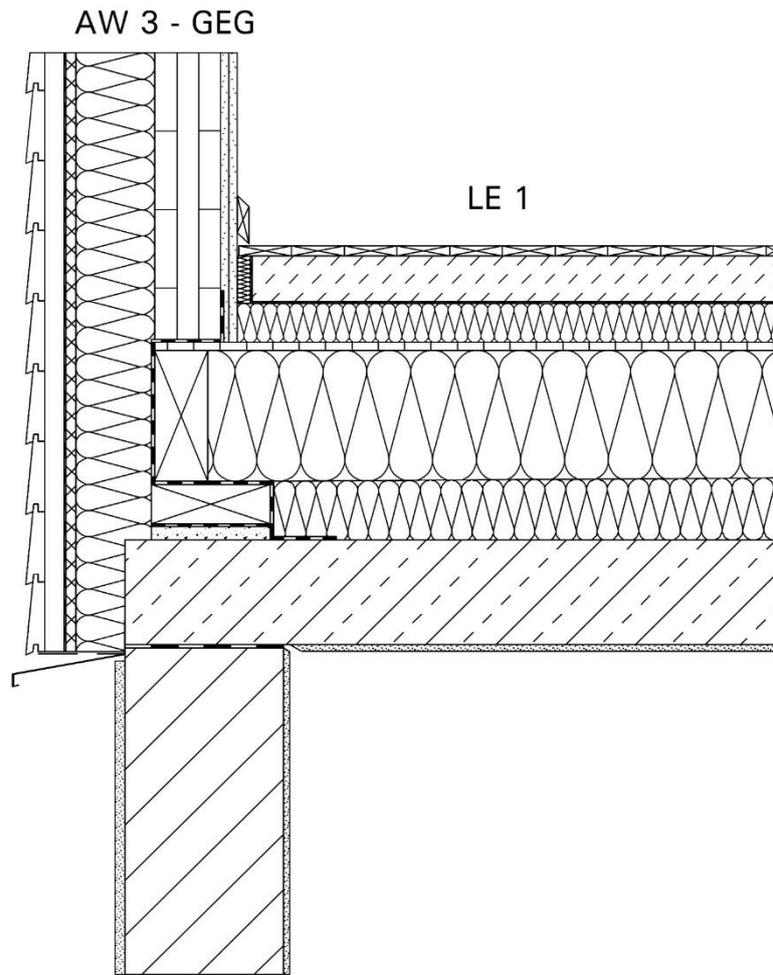


Geschosswechsel fassadengleicher Aufstockung mit neuer lastverteilernder Ebene als Balkenkonstruktion und ohne energetische Bestandssanierung – Variante 2 mit Holztafelwand inkl. Installationsebene

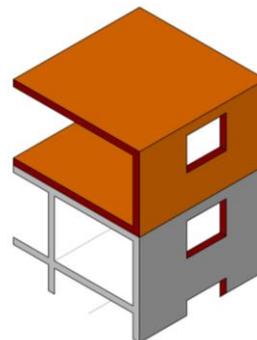
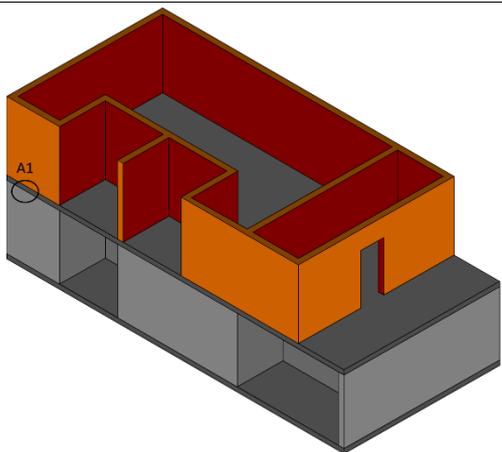


Bauteile:

- Bestandswand aus Mauerwerk mit voll aufgelagerter Stahlbetondecke
- LE 1 - Lastverteilende Ebene – Balkenlage mit Fußbodenaufbau
- AW 2 – GEG (Holztafelwand mit Installationsebene - GEG)

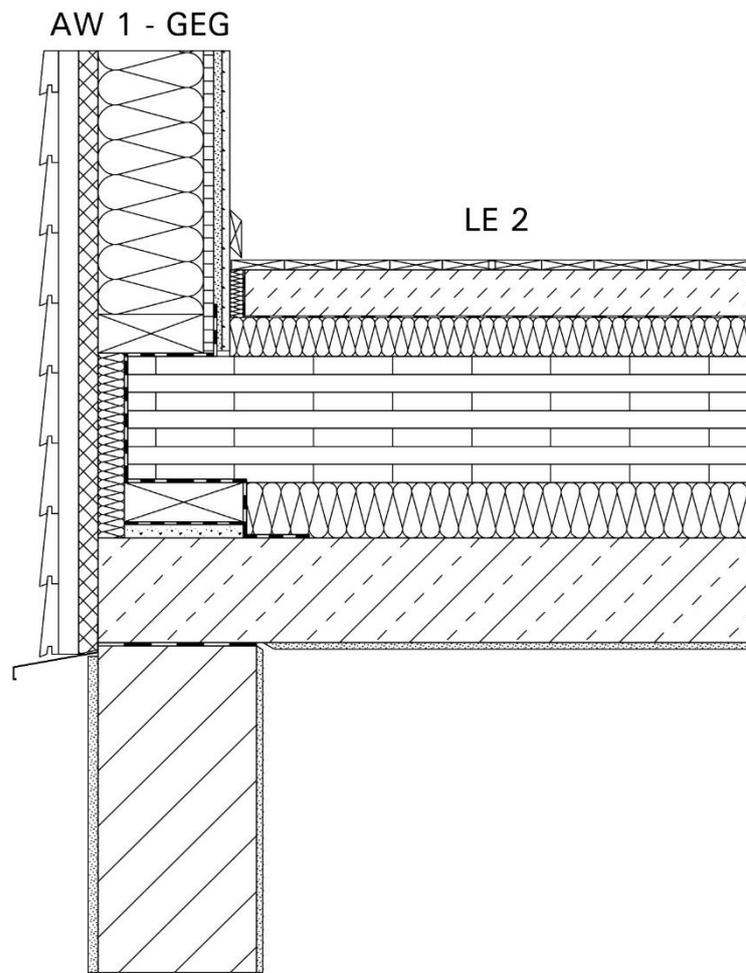


Geschosswechsel fassadengleicher Aufstockung mit neuer lastverteilernder Ebene als Balkenkonstruktion und ohne energetische Bestandssanierung – Variante 3 mit Brettsperrholzwand

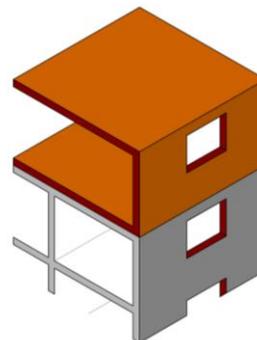
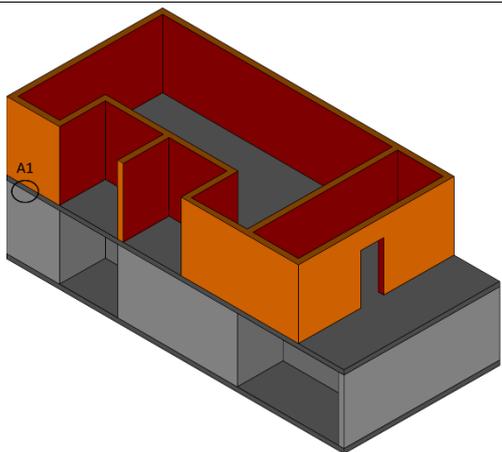


Bauteile:

- Bestandswand aus Mauerwerk mit voll aufgelagerter Stahlbetondecke
- LE 1 - Lastverteilernde Ebene – Balkenlage mit Fußbodenaufbau
- AW 3 – GEG (Brettsperrholzwand ohne Installationsebene - GEG)

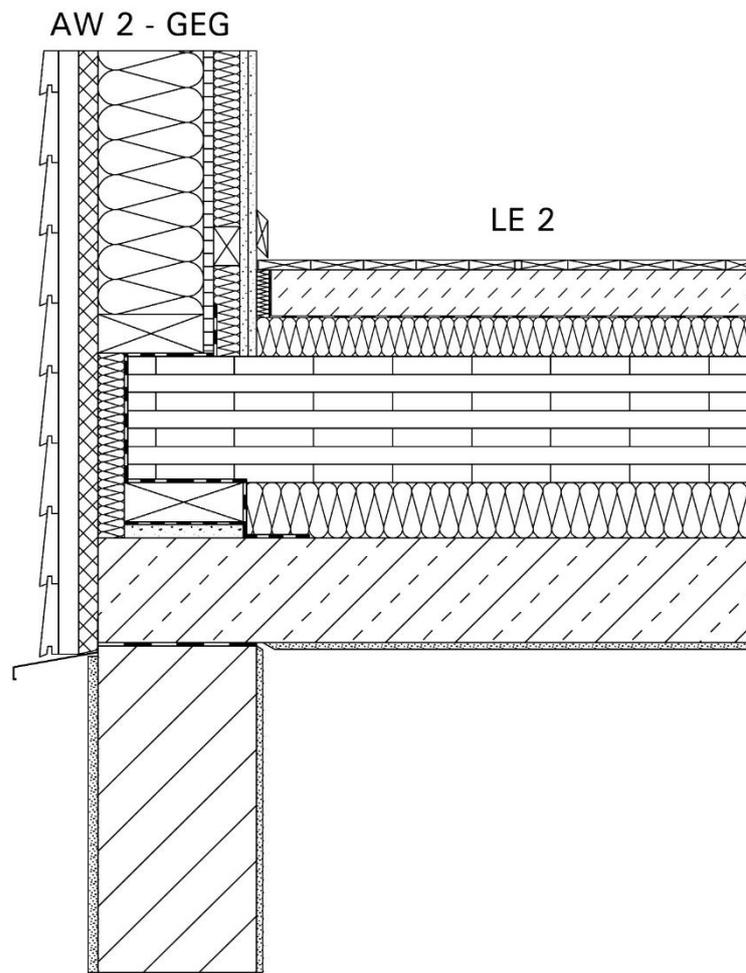


Geschosswechsel fassadengleicher Aufstockung mit neuer lastverteilernder Ebene als Brettsper Holzkonstruktion und ohne energetische Bestandssanierung – Variante 1 mit einfacher Holztafelwand

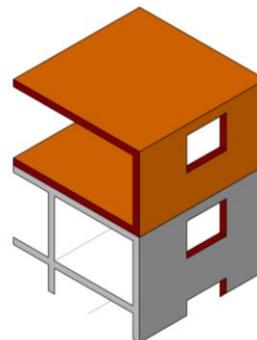
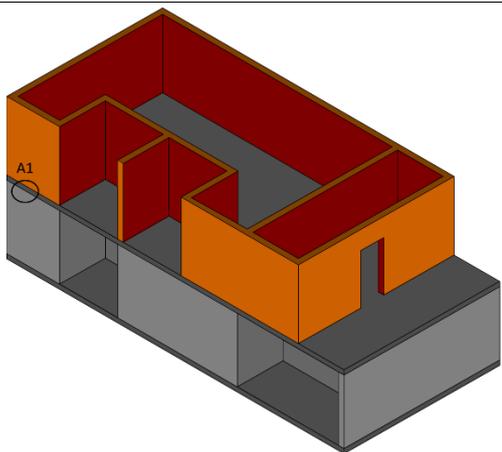


Bauteile:

- Bestandswand aus Mauerwerk mit voll aufgelagerter Stahlbetondecke
- LE 2 - Lastverteilernde Ebene - Brettsper Holz mit Fußbodenaufbau
- AW 1 – GEG (Holztafelwand ohne Installationsebene - GEG)

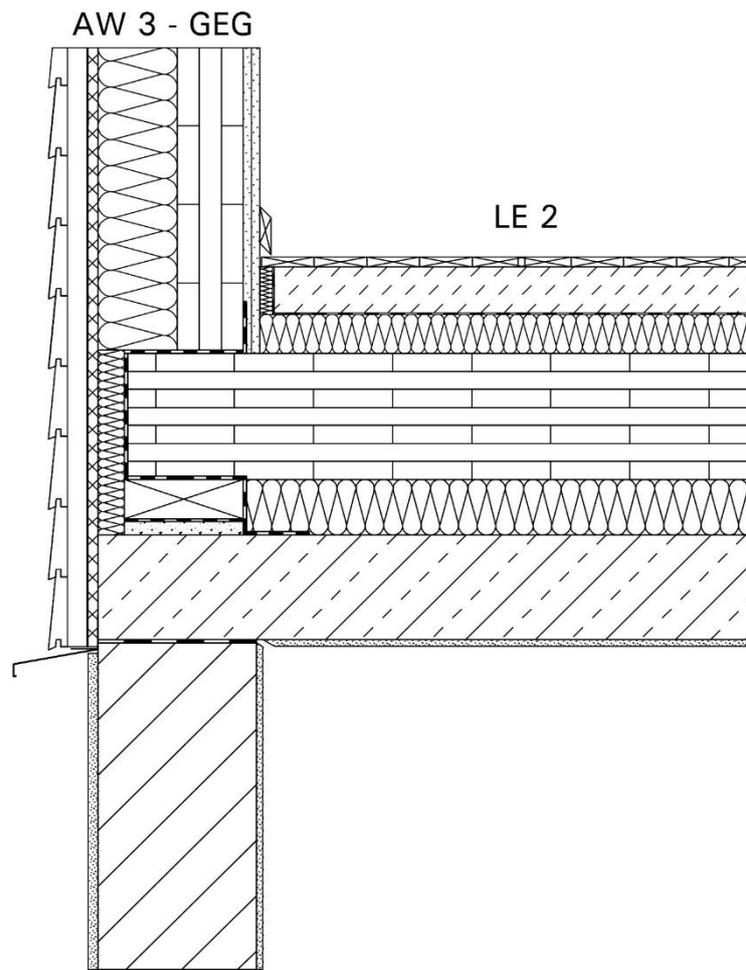


Geschosswechsel fassadengleicher Aufstockung mit neuer lastverteilernder Ebene als Brettsper Holzkonstruktion und ohne energetische Bestandssanierung – Variante 2 mit Holztafelwand inkl. Installationsebene

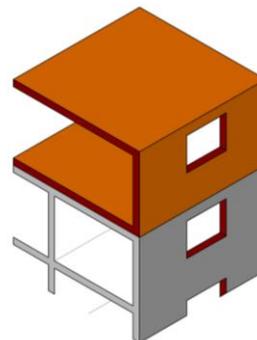
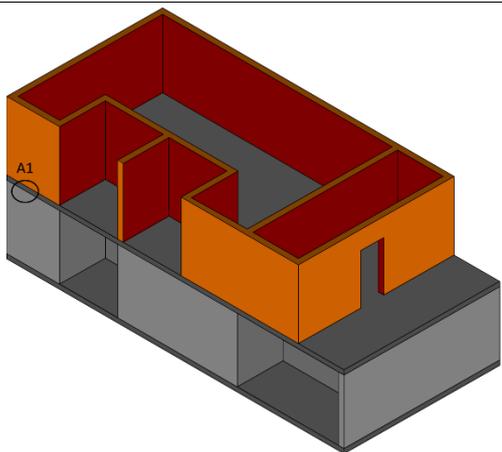


Bauteile:

- Bestandswand aus Mauerwerk mit voll aufgelagerter Stahlbetondecke
- LE 2 - Lastverteilernde Ebene - Brettsper Holz mit Fußbodenaufbau
- AW 2 – GEG (Holztafelwand mit Installationsebene - GEG)



Geschosswechsel fassadengleicher Aufstockung mit neuer lastverteilernder Ebene als Brettsperrholzkonstruktion und ohne energetische Bestandssanierung – Variante 3 mit Brettsperrholzwand



Bauteile:

- Bestandswand aus Mauerwerk mit voll aufgelagerter Stahlbetondecke
- LE 2 - Lastverteilernde Ebene - Brettsperrholz mit Fußbodenaufbau
- AW 3 – GEG (Brettsperrholzwand ohne Installationsebene - GEG)

Aufbereitung der Ergebnisse zur Veröffentlichung

Für eine finale Veröffentlichung der Ergebnisse werden die Bauteilaufbauten sowie Konstruktionsdetails ausführlich und technisch richtig zeichnerisch dargestellt. Dieser Prozess wird noch über das Projektende hinaus andauern, da der Konstruktionskatalog über den Fraunhofer IRB Verlag veröffentlicht werden soll und hierzu passende Zeichnungen mit Einverständnis des Verlages angefertigt werden müssen. Ebenso werden die bisher vornehmlich allgemein gefassten Hinweise für jede Detailkategorie speziell auf das jeweilige Detail angepasst.

Arbeitspaket 4: Zusammenführung der Ergebnisse

4.1 Ökologische Bewertung von Aufstockungskonstruktionen

Die erarbeiteten Aufstockungskonstruktionen wurden in diesem Arbeitspaket zunächst ökologisch bewertet um anschließend eine Veröffentlichung zu ermöglichen.

Die Bewertung bezieht sich auf verschiedene Lebenszyklusmodule nach DIN EN 15804 sowie die Summe der Umweltwirkungen über den Lebenszyklus. Da es sich um flächige Bauteile handelt, beziehen sich sämtliche Angaben auf einen Quadratmeter Bauteilfläche. Eine projektspezifische Anwendung kann entsprechend über die Multiplikation mit der vorhandenen Bauteilfläche geschehen. Austauschzyklen von Bauteilen wurden auf Grundlage der Tabelle zur Nutzungsdauer von Bauteilen [24] angesetzt. Datengrundlage bildet die Datenbank Ökobaodat Version 2021-A1. [25]

Die Berücksichtigung des biogenen Kohlenstoffgehalts findet in Modul A als Einbuchung und Modul C als äquivalent große Ausbuchung statt (Ansatz -1/+1). Um Planenden einen Überblick über die temporäre Speicherung von Kohlenstoff in Aufstockungen zu geben wurde der Wert zusätzlich zu allen Konstruktionen angegeben. Auch dieser ist bezogen auf einen Quadratmeter Bauteilfläche angegeben und kann projektspezifisch skaliert werden.

Die Konstruktionen sind allesamt angepasst an den Wärmedämmstandard nach KfW Effizienzhaus 55 berechnet. Durch Anpassungen, beispielsweise der Dämmstärken im eLCA Online-Tool, können Ergebnisse auch für andere Fälle ermittelt werden. Siehe hierzu auch Abschnitt 3.2 Konstruktionsdetails für Aufstockungen. Anzumerken ist, dass die bereitgestellten Bauteile, wie in Abschnitt 3.2 beschrieben, auf verschiedenste Anforderungen hin überprüft sind. Mögliche Anpassungen der Bauteile sollten im Vorfeld überprüft werden.

Außenwände:

Die drei ausgearbeiteten Konstruktionen für Außenwände von Aufstockungen ergaben in der Bewertung ihres globalen Erwärmungspotenzial (GWP total) über den Lebenszyklus Werte im Bereich von 29 bis 42 kgCO₂-Äq. je Quadratmeter Bauteilfläche, siehe Tabelle 2. Die drei Außenwandaufbauten sind in Abbildung 29 dargestellt. Die Konstruktion „1.2 Holztafel Außenwand Variante 2“ erreichte in der Bewertung des totalen nicht erneuerbaren Primärenergiegehalts (PENRT) mit 461 MJ/m² einen geringeren Wert, als die anderen beiden Konstruktionen, deren PENRT-Wert mit 578 MJ beziffert wird. Der planmäßige Austausch einer Dampfbremse in der Brettsperrholz Außenwand erzeugt in Modul B 2,28 kg CO₂-Äq., während die Holztafel Außenwände keine auszutauschenden Materialien besitzen. Durch die Verwendung einer 10 cm dicken Brettsperrholzlage erreicht die Variante „1.3 Brettsperrholz Außenwand“ mit 86 kg pro m² eine mehr als doppelt so große Holzmasse im Vergleich zu den Varianten 1.1 und 1.2 in Holztafelbauweise. Dies schlägt sich entsprechend in der Bewertung der 3 Varianten hinsichtlich des Höhe des biogenen Kohlenstoffspeichers nieder: Hier wird mit einer biogenen Kohlenstoffspeicherung der Variante 1.3 in Höhe von 140 kg-CO₂-Äqv./m² ein mehr als doppelt so hoher Wert im Vergleich zu den Holztafelwänden erzielt.

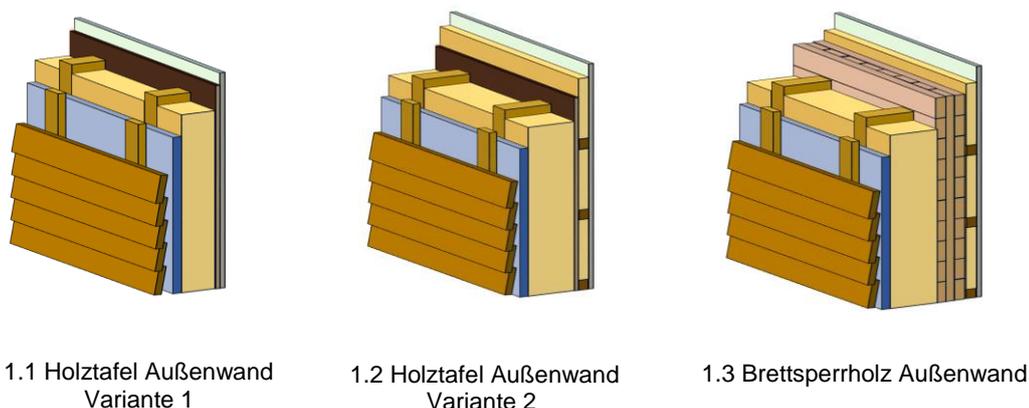


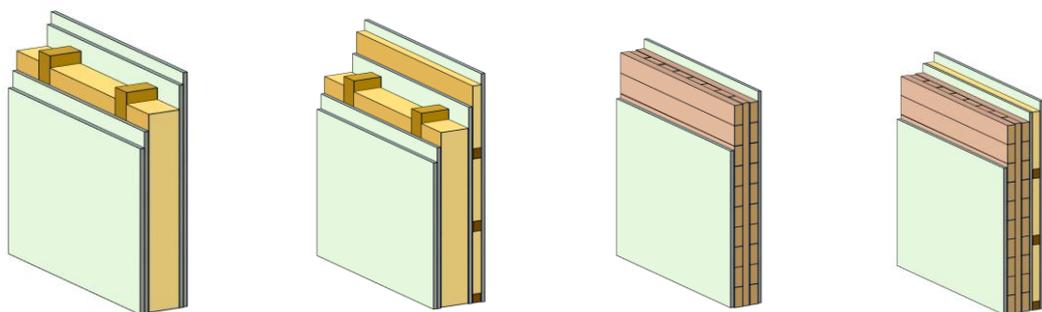
Abbildung 29 Querschnittsdarstellung der untersuchten Holztafelvarianten

Tabelle 2 Ökobilanzergebnisse der untersuchten Außenwandkonstruktionen

Nr.	Modul A		Modul B		Modul C		Summe Lebenszyklus		Modul D		Biogener Kohlenstoff-speicher [kg-CO ₂ -Äqv.]	Masse Holz je m ² [kg]
	GWP [kg-CO ₂ -Äqv.]	PENRT [MJ]										
1.1	- 28,21	581,76	-	-	63,28	- 3,26	35,07	578,50	- 22,98	- 392,62	61,82	37,90
1.2	- 21,90	461,64	-	-	51,45	-1,57	29,56	460,07	- 21,43	- 332,50	66,58	40,80
1.3	- 22,01	535,86	2,28	31,44	61,10	11,02	41,37	578,31	- 26,29	- 372,93	140,02	86,20

Innenwände:

Für die Innenwände wurden jeweils zwei Konstruktionen in Holztafel-Bauweise und in Brettsperrholz-Bauweise ökologisch bewertet. Die zwei Varianten der jeweiligen Bauart unterscheiden sich darin, ob eine Installationsebene mit ausgeführt wird, siehe Abbildung 30 und Tabelle 3. Die Varianten 2.1 und 2.3 ohne Installationsebene ergeben bei der Bewertung des globalen Erwärmungspotentials (GWP) und des nicht erneuerbaren Primärenergieverbrauchs aufgrund des geringeren Materialaufwands geringere Emissionen und Energieverbräuche. Diese ergeben sich über den Lebenszyklus zu 28,24 bzw. 20,44 kg-CO₂-Äqv./m² und 412,99 bzw. 294,94 MJ PENRT im Vergleich zu den Varianten 2.2 und 2.4 mit Installationsebene, welche 39,14 bzw. 31,58 kg-CO₂-Äqv./m² und 568,26 bzw. 460,55 MJ PENRT auslösen. Der biogene Kohlenstoffgehalt der Varianten schwankt zwischen 10,08 und 66,28 kg-CO₂-Äqv. innerhalb der Innenwandvarianten.



2.1 Holztafel Innenwand Variante 1

2.2 Holztafel Innenwand Variante 2

2.3 Brettsperrholz Innenwand Variante

2.4 Brettsperrholz Innenwand Variante 2

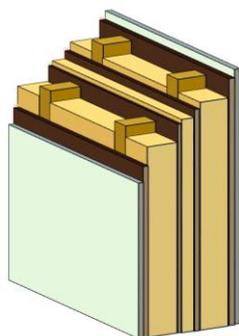
Abbildung 30 Querschnittsdarstellung der untersuchten Innenwandkonstruktionen

Tabelle 3 Ökobilanzergebnisse der untersuchten Innenwandkonstruktionen

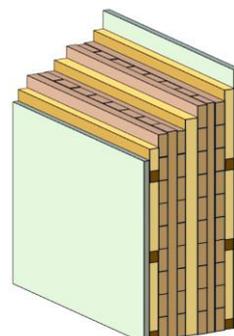
Nr.	Modul A		Modul B		Modul C		Summe Lebenszyklus		Modul D		Biogener Kohlenstoff-speicher [kg-CO ₂ -Äqv.]	Masse Holz je m ² [kg]
	GWP [kg-CO ₂ -Äqv.]	PENRT [MJ]										
2.1	17,18	399,70	-	-	11,06	13,29	28,24	412,99	- 4,91	- 67,68	10,08	6,20
2.2	20,98	550,76	-	-	18,16	17,50	39,14	568,26	- 8,18	- 112,47	12,16	14,99
2.3	- 51,25	291,44	-	-	71,70	3,50	20,44	294,94	- 27,54	- 421,43	61,52	38,20
2.4	- 35,83	450,32	-	-	67,42	10,24	31,58	460,55	- 26,26	- 396,48	66,28	41,10

Wohnungstrennwände

Bei den Varianten für Wohnungstrennwände wurde jeweils eine Variante in Holztafel- und in Brettsperrholz-Bauweise ausgearbeitet, siehe Abbildung 31 und Tabelle 4. Die Treibhausgasemissionen liegen über den Lebenszyklus mit 55 bzw. 51,5 kg-CO₂-Äqv./m². Bei der Betrachtung des nicht erneuerbaren Primärenergieverbrauchs zeigt sich, dass die Variante in Holzständerbauweise mit 955,98 MJ PENRT im Vergleich zur Holzmassivbauweise mit 719,28 MJ PENRT verbraucht. Durch eine dreifach erhöhte Holzmasse von knapp 94 kg pro m² kann die Wohnungstrennwand aus Brettsperrholz 151 kg-CO₂-Äqv./m² biogenen Kohlenstoff im Gebäude binden.



3.1 Holztafel Wohnungstrennwand



3.2 Brettsperrholz Wohnungstrennwand

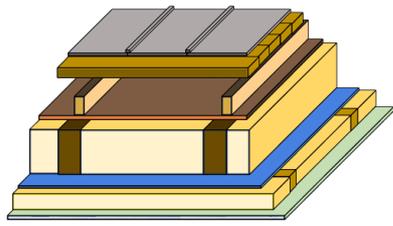
Abbildung 31 Querschnittsdarstellung der untersuchten Wohnungstrennwände

Tabelle 4 Ökobilanzergebnisse der untersuchten Wohnungstrennwände

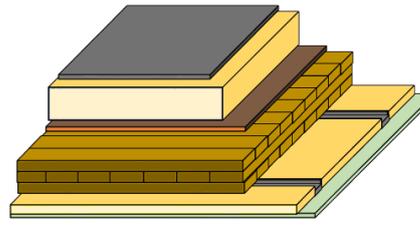
Nr.	Modul A		Modul B		Modul C		Summe Lebenszyklus		Modul D		Biogener Kohlenstoff-speicher [kg-CO ₂ -Äqv.]	Masse Holz je m ² [kg]
	GWP [kg-CO ₂ -Äqv.]	PENRT [MJ]										
3.1	-24,34	967,47	-	-	79,65	11,50	55,30	955,98	24,94	504,23	59,31	36,40
3.2	-103,98	714,09	-	-	155,48	5,19	51,50	719,28	61,21	928,40	151,11	93,70

Dachkonstruktionen:

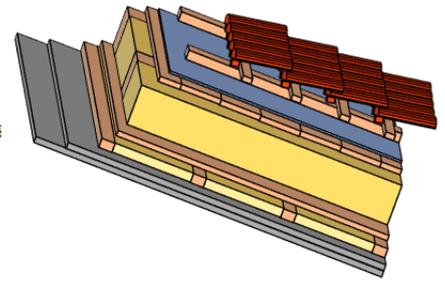
Die drei ausgearbeiteten Konstruktionen für Dächer, 4.1 Flachdach Variante 1 aus Sparren, 4.2 Flachdach Variante 2 aus Brettsperrholz und 6.1 Steildach, siehe Abbildung 32, zeigen Unterschiede innerhalb der Betrachtung des globalen Erwärmungspotentials und dem nicht-erneuerbaren Primärenergieverbrauch, siehe Tabelle 5. Die untersuchten Flachdachvarianten erzeugen durch Nutzung des biogenen Kohlenstoffspeichers in der Herstellung negative Emissionen, die in der Variante als Brettsperrholzkonstruktion erwartungsgemäß höher ausfallen. Über den Gesamtlebenszyklus zeigt sich, dass die Variante Flachdach als Holztafelbauweise mit 55,69 kgCO₂-Äq. die geringsten flächenbezogenen Emissionen aufweist. Den größten biogenen Kohlenstoffspeicher erzeugt Flachdachvariante 2 als Brettsperrholzkonstruktion mit etwa 103 kg-CO₂-Äq.



4.1 Flachdach Variante 1



4.2 Flachdach Variante 2



6.1 Steildach

Abbildung 32 Querschnittsdarstellung der untersuchten Dachkonstruktionen

Tabelle 5 Ökobilanzergebnisse der Dachkonstruktionsvarianten

Nr.	Modul A		Modul B		Modul C		Summe Lebenszyklus		Modul D		Biogener Kohlenstoff-speicher [kg-CO ₂ -Äqv.]	Masse Holz [kg]
	GWP [kg-CO ₂ -Äqv.]	PENRT [MJ]										
4.1	-30,73	638,32	10,95	156,68	75,48	- 10,71	55,69	784,30	-25,16	-437,69	56,49	34,40
4.2	- 44,14	986,00	40,27	586,86	113,51	7,01	109,64	1.579,87	- 46,21	-702,46	103,03	63,90
6.1	2,40	1042	1,445	20,61	67,75	18,95	71,81	1.081,7	- 27,46	- 413,25	65,62	40,10

4.2 Veröffentlichung in eLCA, wissenschaftliche Veröffentlichungen und Schlussbericht

Die in den vorherigen Kapiteln erarbeiteten und ökologisch bewerteten Konstruktionen wurden im Anschluss im Austausch mit dem Referat WB 6 „Instrumente des ressourcenschonenden und klimaangepassten Bauens“ im Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) im Online Tool eLCA veröffentlicht und sind entsprechend kostenfrei für jedermann zugänglich. Planende können die veröffentlichten Konstruktionen nun in ihre eLCA Projekte einfügen und in die Planung ihrer Aufstockungsprojekte einfließen lassen.

Durch Anpassungen lassen sich die Vorlagen zu ökologischer Bewertung und zur ökologischen Vergleichbarkeit verschiedener Konstruktionen nutzen. Durch Anpassungen, beispielsweise in der Dämmstärke lassen sich darüber hinaus weitere ökologische Einsparmöglichkeiten in Zusammenhang der bauteilbezogenen Umweltwirkungen zu möglichen Einsparungen von Betriebsenergien relativ schnell ermitteln.

Neben den ermittelten Umweltwirkungen als Globales Erwärmungspotential (GWP) und Primärenergie nicht-erneuerbar total (PENRT) können weitere Umweltwirkungen der Konstruktionsflächen abgeleitet werden. Beispiele hierfür sind die Aufteilung der Primärenergie in erneuerbare und nicht-erneuerbare Anteile sowie die weitere Unterteilung in stoffliche und energetische Primärenergie. Darüber hinaus lassen sich, auf Basis der Ökobaudat Datensätze, Umweltwirkungen wie das Ozonschichtabbaupotential, das Versauerungspotential von Boden und Wasser das Eutrophierungspotential oder auch die Stoffmasse des Bauteils ablesen. Drei beispielhafte Darstellungen der Veröffentlichung in eLCA zeigen Abbildung 33 Beispielhafter Screenshot der Veröffentlichung in eLCA der Holztafel Innenwand (Link: <https://bauteileditor.de/elements/#!/elements/3077334/>) Abbildung 34 als Innenwand Variante 2.1 „Holztafel Innenwand, doppelt beplankt“, Abbildung 35 als Darstellung der Brettsperrholz Außenwand und Abbildung 36 als beispielhafte Darstellung des Holz-Flachdaches. Auf alle Bauteile kann in eLCA über die in Tabelle 6 dargestellten Identifikationsnummern zugegriffen werden. Durch Endung der eLCA-ID an folgenden Link kann das Bauteil aufgerufen werden: [www.bauteileditor.de/elements/#!/elements/...](http://www.bauteileditor.de/elements/#!/elements/)

Nach Ende des Projektes werden die detaillierten Ausarbeitungen, insbesondere auf Gebäudeebene erweitert und in Form einer Dissertation tiefergehend analysiert. Auch sollen die Zusammenhänge aus Ökobilanzergebnissen mit Lebenszykluskostenergebnissen verknüpft werden und somit ein Vergleich ökologischer und ökonomischer Varianten dargestellt werden. Diese Veröffentlichung wird entsprechend frei zur Verfügung gestellt und ist im Jahr 2023 geplant.

eLCA v0.9.7 Projekte Bauteilvorlagen Baustoffe

Hallo Michael Stork | Abmelden | Informationen | Datenschutz | Impressum

de | en | es

341 Tragende Innenwände INNENWÄNDE zurück

2.1 Holztafel Innenwand doppelt beplankt [3077325] BAUTEILKOMponentENVORLAGE

Allgemein

Diese Vorlage kann aufgrund der verwendeten Baustoffe in Projekten mit den folgenden Baustoffdatenbanken verwendet werden: OBD_2021_IL_A1

ID: 3077325 UID: 13792147-40cf-4b39-b45f-5ad1de8243ce

Name* 2.1 Holztafel Innenwand doppelt be

Katalogzuordnung* Laborgebäude Invertieren Alle

Beschreibung Plus Energie Haus Unterrichtsgebäude Verwaltungsbau

Bauweise Erdberührt Invertieren Alle

Bezugsgröße* m²

Attribute BNB 4.1.4

U-Wert R'w Rückbau Trennung Verwertung

Baustoffe bezogen auf 1 m²

Bauteilgeometrie (von innen nach außen)

Schicht	Dicke mm	Anteil%	Austausch	Bilanz	Verschieben
1. Gipsfaserplatte	12,5	100,0	50		
2. Gipsfaserplatte	12,5	100,0	50		
3. Mineralwolle-Dämmstoff im mittleren Rohdichtebereich	100	87,5	50		
Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE)	100	12,5	50		
4. Gipsfaserplatte	12,5	100,0	50		

- Gipsfaserplatte, 12,50mm
- Gipsfaserplatte, 12,50mm
- Mineralwolle-Dämmstoff im mittleren Rohdichtebereich, 100,00mm
- Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE), 100,00mm
- Gipsfaserplatte, 12,50mm
- Gipsfaserplatte, 12,50mm

Abbildung 33 Beispielhafter Screenshot der Veröffentlichung in eLCA der Holztafel Innenwand (Link: <https://bauteileditor.de/elements/#!/elements/3077334/>)

eLCA v0.9.7 Projekte Bauteilvorlagen Baustoffe

Hallo Michael Stork | Abmelden | Informationen | Datenschutz | Impressum

de | en | es

331 Tragende Außenwände AUSSENWÄNDE zurück

1.3 BSP Außenwand Var-1 [2539285] BAUTEILKOMponentENVORLAGE

Allgemein

Diese Vorlage kann aufgrund der verwendeten Baustoffe in Projekten mit den folgenden Baustoffdatenbanken verwendet werden: OBD_2021_IL_A1

ID: 2539285 UID: 6f93e931-f129-4d70-8d0b-cf220256799d

Name* 1.3 BSP Außenwand Var-1

Katalogzuordnung* Laborgebäude Invertieren Alle

Beschreibung Plus Energie Haus Unterrichtsgebäude Verwaltungsbau

Bauweise Erdberührt Invertieren Alle

Bezugsgröße* m²

Attribute BNB 4.1.4

U-Wert 0,28 R'w Rückbau Trennung Verwertung

Speichern Löschen

Baustoffe bezogen auf 1 m²

Bauteilgeometrie (von innen nach außen)

Schicht	Dicke mm	Anteil%	Austausch	Bilanz	Verschieben
1. Gipsfaserplatte	12,5	100,0	50	<input checked="" type="checkbox"/>	Gefach Löschen Klonen
2. Brettsperholz (Durchschnitt DE)	100	100,0	50	<input checked="" type="checkbox"/>	Gefach Löschen Klonen
3. Mineralwolle-Dämmstoff im mittleren Rohdichtebereich	140	50,0	50	<input checked="" type="checkbox"/>	Löschen Klonen
Mineralwolle-Dämmstoff im mittleren Rohdichtebereich	140	50,0	50	<input checked="" type="checkbox"/>	Löschen Klonen

- Gipsfaserplatte, 12,50mm
- Brettsperholz (Durchschnitt DE), 100,00mm
- Mineralwolle-Dämmstoff im mittleren Rohdichtebereich, 140,00mm
- Mineralwolle-Dämmstoff im mittleren Rohdichtebereich, 140,00mm
- Dampfsperre PE, 0,20mm
- Nadelholzmitz - getrocknet (Durchschnitt DE), 30,00mm
- Nadelholzmitz - getrocknet (Durchschnitt DE), 24,00mm

Abbildung 34 Beispielhafter Screenshot der Veröffentlichung in eLCA der BSP Außenwand Var-1 (Link: <https://bauteileditor.de/elements/#!/elements/2539285/>)

eLCA v0.9.7 Halle Michael Storck | Abmelden | Informationen | Datenschutz | Impressum

Projekte Bauteilvorlagen Baustoffe de | en | es

361 Dachkonstruktionen DÄCHER zurück

4.1 Flachdach Holztafelbauweise [3077338] BAUTEILKOMPONENTENVORLAGE

Allgemein ID: 3077338 UID: 13eeaa1b-98ca-4330-b139-726f5024b263

Diese Vorlage kann aufgrund der verwendeten Baustoffe in Projekten mit den folgenden Baustoffdatenbanken verwendet werden: **OB_D_2021_IL_A1**

Name* 4.1 Flachdach Holztafelbauweise Katalogzuordnung* Invertieren Alle

Beschreibung Laborgebäude
Passivhaus
Plus Energie Haus
Unterrichtsgebäude
Verwaltungsbau

Bezugsgröße* m² Bauweise Invertieren Alle

Attribute **BNB 4.1.4** U-Wert R_w Rückbau Trennung Verwertung

U-Wert 0,2 Rückbau Trennung Verwertung

Baustoffe bezogen auf 1 m²

Bauteilgeometrie (von innen nach außen)

Schicht	Dicke mm	Anteil%	Austausch	Bilanz	Verschieben
1. Gipsfaserplatte	12,5	100,0	40	<input checked="" type="checkbox"/>	Gefach Löschen Klonen
2. Mineralfaser-Dämmstoff im mittleren Rohdichtebereich	50	90,0	40	<input checked="" type="checkbox"/>	Löschen Klonen
3. Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE)	50	10,0	40	<input checked="" type="checkbox"/>	Löschen Klonen
3. Dampfbremse PE	0,2	100,0	40	<input checked="" type="checkbox"/>	Gefach Löschen Klonen

Abbildung 35 Beispielhafter Screenshot der Veröffentlichung in eLCA des Flachdachs in Holztafelbauweise (Link: <https://bauteileditor.de/elements/#!/elements/3077338/>)

Tabelle 6 Liste der in eLCA veröffentlichten Bauteile und entsprechende IDs

Bauteil	Name	eLCA-ID
Außenwände	Außenwand Holzrahmen Var. 1.1	2539279
	Außenwand Holzrahmen Var. 1.2	2539270
	BSP Außenwand Var. 1.3	2539282
Innenwände	Holztafel Innenwand einfach beplankt	2539289
	Holztafel Innenwand doppelt beplankt	2539286
	Holztafel Innenwand Var-2 einfach beplankt	2539291
	Holztafel Innenwand Var-2 doppelt beplankt	2539300
	Brettsperrholz Innenwand einfach beplankt	2539294
	Brettsperrholz Innenwand doppelt beplankt	2539297
	Brettsperrholz Innenwand Var-2 einfach beplankt	2909035
	Brettsperrholz Innenwand Var-2 doppelt beplankt	2909287
	Holztafel Wohnungstrennwand	2539304
	Brettsperrholz Wohnungstrennwand	2539344
Dach	Flachdach Holztafelbauweise	3077338
	Flachdach Brettsperrholzbauweise	2539375
	Geneigtes Dach	2539377

2. Verwertung

a) Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen

-

b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende

Derzeit arbeitet das Projektteam noch an einer ausführlichen Veröffentlichung des Konstruktionskataloges um die Ergebnisse weiter zu verbreiten und für eine breite Öffentlichkeit von Planenden zugänglich zu machen.

c) Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende

Die Projektergebnisse werden vor allem in der praktischen Anwendung benötigt. Projektpartner wie die Holz-Union und Assmann Beraten&Planen haben mehrfach ein großes Interesse bzw. eine Notwendigkeit für einen Konstruktionskatalog für Aufstockungsmaßnahmen in Holzbauweise bekundet. Da das Bauen im Bestand in den kommenden Jahren auch durch politische Anforderungen der EU sowie durch weiterhin vorhandenen Wohnraumangel im innerstädtischen Bereich weiter an Bedeutung gewinnen wird, ist auf eine breite Verwendung der Projektergebnisse zu hoffen.

Ebenfalls gab es während der Projektbearbeitung Interessensbekundungen an Projektergebnissen in Bezug auf mögliche Fördermöglichkeiten auf Seiten des Bundes zur gezielten Förderung der Schaffung von Wohnraum durch Aufstockungen bei gleichzeitiger Sicherstellung von erhöhten Anforderungen beispielsweise an Emissionen im Lebenszyklus. So könnte beispielsweise die aktuelle Förderung Klimafreundlicher Neubau, für die ein System Komplettmodernisierung vorhanden ist, auf die hier dargestellten Ergebnisse zurückgreifen.

d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Innerhalb des Forschungsprojektes sind weitere Fragestellungen aufgetreten, die für eine einfachere Planung von Aufstockungs- und Erweiterungsmaßnahmen untersucht werden sollten:

- Traglastreserven von Bestandsgebäuden
 - o Bemessung des Bestandes nach Änderung der statischen Gegebenheiten durch neue Einwirkungssituationen aus der Aufstockung
 - o Bemessung des Bestandes nach Änderung der Bestandskonstruktion zur Ertüchtigung des Tragwerkes für eine Aufstockung
 - o Vergleich der Bestandsnormen und aktueller Normen zur Tragfähigkeitsuntersuchung, um ggf. auf Traglastreserven von Bestandsgebäuden schließen zu können
- Kategorisierung von Bestandsgebäuden
 - o Genaue Untersuchung von Bestandsgebäuden verschiedener Baualtersklassen hinsichtlich typischer Spannweiten, Raumhöhen, Konstruktionen, verwendeten Baustoffen, etc. für eine ausführliche Anpassung der in diesem Vorhaben erarbeiteten Details an den Bestand (vor allem auch unter statischen Gesichtspunkten)
- Modulares System für lastverteilende Ebene
 - o Für eine leichtere und schnellere Bauausführung wäre die Entwicklung eines modularen Systems für eine lastverteilende Ebene hilfreich.
 - o Die Untersuchung von bereits gebauten lastverteilenden Ebenen bei Aufstockungsmaßnahmen hinsichtlich möglicherweise auftretenden Feuchteschäden bei unzureichender Luftdichtheit oder nicht eingebrachter Hohraumausfüllung.
- Fragestellungen aus dem Teil Ökobilanzierung
 - o Anwendung der Erkenntnisse zum Umgang mit dem biogenen Kohlenstoffspeicher, insbesondere bei Rückbau von Bauteilen und dem Übergang der Produktsysteme bei Bestandsweiternutzungen
 - o Einfluss des Grades der Sanierung mit Berücksichtigung der Materialemissionen des Bestandes auf Ergebnisse der Ökobilanz bezogen auf die Gesamtergebnisse
 - o Nutzung der Daten zur Einspeisung in andere Forschungsprojekte zu Ökobilanzierung wie „Holzbau-KIS“, Erweiterung der Projektdaten zu „THG-Holzbau“
- Wissenschaftliche Anschlussfähigkeit in zukünftigen Forschungsprojekten
 - o Die ergebnisse aus dem Projekt werden in die Weiterentwicklung im Projekt Holzbau-KIS (FNR: 2221HV105A) Eingang finden.
 - o Geplant ist auch die Abstimmung mit den Ergebnissen aus dem THG-Holzbau und HolzIm-BauDat Projekt.

3. Erkenntnisse von Dritten

Betreffenden Konstruktionsdetails für Aufstockungs- oder Erweiterungsmaßnahmen sowie hinsichtlich weiterführender Zusammenstellungen von Anforderungen an Aufstockungsmaßnahmen konnten keine weiteren Erkenntnisse Dritter recherchiert werden.

4. Veröffentlichungen

Fath, M.; Storck, M.; Sieder, M. (2022); Hafner, A.: *Aufstockungen von Bestandsgebäuden*. Bauphysik-Kalender 2022: Holzbau, Verlag Ernst & Sohn, Berlin

Fath, M.; Storck, M.; Sieder, M. (2023); Hafner, A.: *Holz in der Aufstockung – Konstruktionsdetails und Ökobilanzierung*. Quartier – Fachmagazin für urbanen Wohnungsbau, 1.2023, Forum Verlag Herkert GmbH

Slabik, S., Zernicke, C., Storck, M., & Hafner, A. (2022). A methodological approach for life cycle assessment of refurbishment measures - from building to neighbourhood and municipal level. Acta Polytechnica CTU Proceedings, 38. Retrieved from <https://ojs.cvut.cz/ojs/index.php/APP/article/view/8308>

Hafner, A.; Storck, M. (2023): *Aufstockung versus Abriss und Neubau – Vergleich von ökologischen und ökonomischen Auswirkungen*. Bauphysik-Kalender 2023: Nachhaltigkeit, Verlag Ernst & Sohn, Berlin

Darüber hinaus ist eine Dissertation zur Bestimmung ökologischer und ökonomischer Potentiale von Aufstockungsmaßnahmen in Bearbeitung und soll im Laufe dieses Jahres abgeschlossen werden.

Mehrere Vorträge wurden durchgeführt und sind geplant:

- Vortrag zur Bewertung der Weiternutzung von Bestandsbauwerken am 20.10.22 an einer Veranstaltung des BDA Rechter Niederrhein
- Vortrag „Klimaschutz und Ressourcenschonung – Die Rolle des Holzbaus“ am 16.03.2023 im Rahmen der 9. Freiburger Holzbautagung
- Geplanter Vortrag über die Projektergebnisse („Aufstockung statt Abriss – ein Beitrag zum Klimaschutz durch Holzbau“) im Rahmen des 16. Europäischen Kongress „Effizientes Bauen mit Holz im urbanen Raum“ am 17./18.10.2023 in Köln
- Geplanter Vortrag über die Projektergebnisse („Aufstockung statt Abriss – ein Beitrag zum Klimaschutz durch Holzbau“) im Rahmen des 27. Internationalen Holzbau-Forums „Aus der Praxis – Für die Praxis“ am 29.11 bis 01.12.2023 in Innsbruck

ANHANG

Teilvorhaben 1: Ökobilanzierung

Ziel und Gegenstand des Teilvorhabens

Ziel des Teilvorhabens war es ökologische Auswirkungen von Aufstockungsmaßnahmen durch Anwendung von Ökobilanzen darzustellen. Ökologische Vorteile ergeben sich vor allem durch drei allgemeine Vorteile von Aufstockungsmaßnahmen: Durch Aufstockungsmaßnahmen können weite Teile der bestehenden Tragstruktur weiter genutzt werden, dies spiegelt sich insbesondere im Vergleich zwischen einer möglichen Aufstockungsmaßnahme zum Fall eines Abriss- und Neubaus an gleicher Stelle wieder. Darüber hinaus geht eine Aufstockung in der Regel mit einer energetischen Sanierung des Bestandes einher und das Gesamtgebäude kann nach Aufstockung und Sanierung mit deutlich verringerten Betriebsemissionen weiter genutzt werden. Zuletzt kann durch Aufstockungen Wohnraum in bereits dicht besiedelten Gebieten geschaffen werden ohne weitere Fläche zu verbrauchen. Dies ist insbesondere im Hinblick auf das Ziel der Bundesregierung den Flächenverbrauch zu minimieren bei gleichzeitig hoher Nachfrage nach innerstädtischem Wohnraum.

Bearbeitete Arbeitspakete

Arbeitspaket 1: Grundlagenermittlung

Zur Grundlagenermittlung wurde zunächst der Stand der ökologischen Bewertung in verschiedenen nationalen und internationalen Literaturquellen analysiert, darüber hinaus liefern Nachhaltigkeitszertifizierungssysteme (BNB und DGNB) Rechenmethodiken zur Berechnung von Ökobilanzen für Sanierungsfälle. Diese lassen sich über kleinere Änderungen auch für Aufstockungsmaßnahmen übertragen. Daneben werden Ökobilanzen und entsprechende Rechenregeln in den Normen DIN EN ISO 14040 und DIN EN 15978 behandelt. [16, 17] Es zeigt sich, dass innerhalb der Forschungsarbeit sowie in Nachhaltigkeitszertifizierungssystemen große Unterschiede in der ökologischen Bewertung von Sanierungsmaßnahmen bestehen. Dies bezieht sich sowohl auf grundlegende Annahmen zur Auswahl der Lebenszyklusmodule als auch auf die Auswahl der Bezugsgrößen und Betrachtungszeiträume. Für den speziellen Fall der ökologischen Bewertung von Aufstockungsmaßnahmen existieren zurzeit keine Rechenregeln oder Anpassungen. Um Ergebnisse einschätzbar und vergleichbar zu machen musste zunächst eine allgemeine Methodik zur ökologischen Bilanzierung von Aufstockungsmaßnahmen geschaffen werden.

Arbeitspaket 2: Erstellung und Anwendung eines Vorgehens zur ökologischen Bilanzierung von Aufstockungsmaßnahmen

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus Arbeitspaket 1 musste zunächst eine allgemeine Rechenmethodik zur Bestimmung der Umweltwirkungen eines Produktsystems „Aufstockung“ erarbeitet werden. Dieses orientiert sich an den Grundlagen der DIN EN 15978 [16] und kann entsprechend normkonform angewandt werden. Abbildung 36 zeigt grafisch das erarbeitete System, welches im Folgenden kurz beschrieben und Problemfelder erörtert werden sollen.

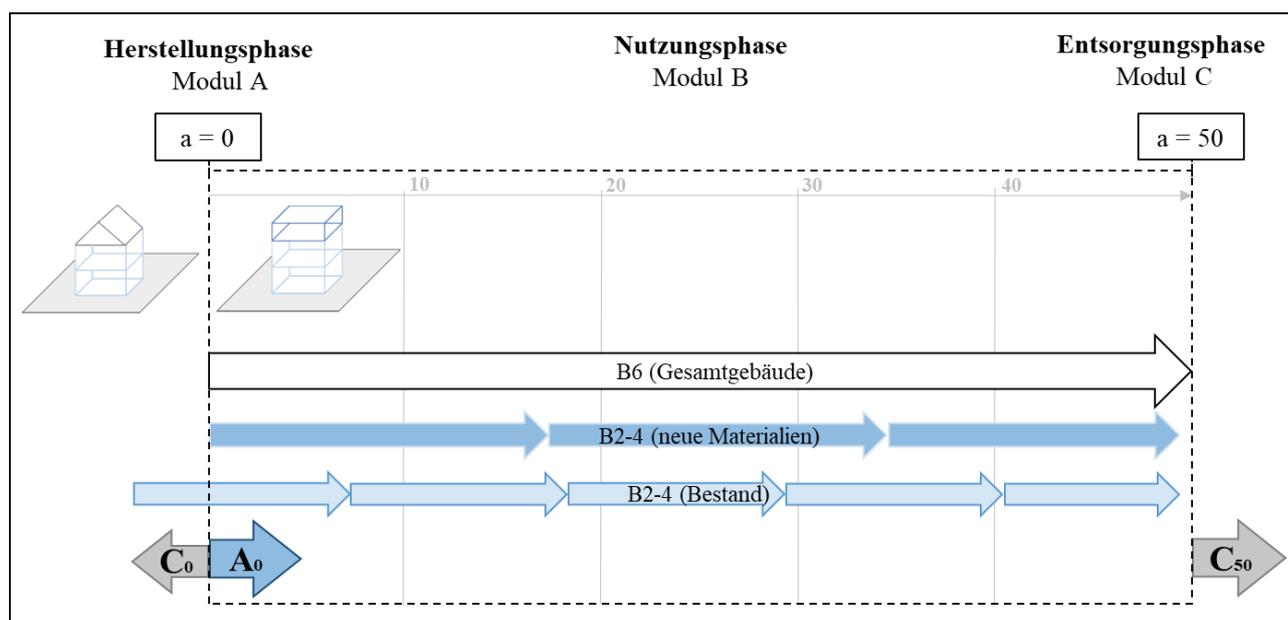


Abbildung 36 grafische Darstellung der Anwendung von Lebenszyklusmodulen für Aufstockungsmaßnahmen, in Anlehnung an [21]

Zunächst gibt es auf Bauteilebene bei Aufstockungsmaßnahmen, im Gegensatz zu Neubaumaßnahmen, prinzipiell drei verschiedene Bauteilklassen die in der Ökobilanz unterschiedlich zu berücksichtigen sind. Zunächst müssen Bauteile aus dem Gebäude zurückgebaut werden um die Maßnahme herstellen zu können. Hierzu wird zum angenommenen Zeitpunkt null eine Entsorgung bilanziert, die die zurückgebauten Bauteile abbildet. Hierzu gehört in den meisten Fällen der Dachstuhl des Bestandsgebäudes oder auch ausgebaute Fenster. Bilanziert wird der Rückbau im Modul C zum Zeitpunkt null, entspricht Modul C₀ in Abbildung 36. Der in diesen Bauteilen befindliche biogene Kohlenstoffspeicher wird fiktiv in gleicher Höhe in das System ein- und zum gleichen Zeitpunkt wieder ausgebucht und sollte entsprechend für die Betrachtung des globalen Erwärmungspotentials nicht berücksichtigt werden. Nachdem die zurückzubauenden Bauteile aus dem Gebäude entfernt sind kann die Aufstockungsmaßnahme durchgeführt werden. Hierzu werden sämtliche, neu in das Gebäude kommenden, Materialien im Herstellungsmodul A zum Zeitpunkt null (A₀) bilanziert. Die Berechnung dieser Bauteile entspricht den etablierten Rechenregeln von Neubauten. Die Austauschzyklen werden auf Grundlage von Bauteillebensdauern bestimmt deren Austausch sich auf das Jahr der Herstellung der Aufstockungsmaßnahme bezieht. Bilanziert wird der Austausch der Neubauteile in den Modulen B2-4 (neue Materialien). Darüber hinaus verbleiben Materialien im Bestand und lösen im weiteren Verlauf des Lebenszyklus weitere Umweltwirkungen etwa durch Austausch aus. Der Bezug der Austauschzyklen von Bauteilen mit kürzerer Lebensdauer als dem Gesamtlebenszyklus des Gebäudes geschieht auf Basis des Erstellungsjahrs des Gebäudes. So wird angenommen, dass bestehende Bauteile auch in der Vergangenheit erwartungsgemäß ausgetauscht wurden und dies auch in Zukunft passieren wird. Bilanziert werden diese Bauteile in den Modulen B2-4 (Bestand). Daneben kann der betriebliche Energieverbrauch bestimmt werden. Hierzu wurde festgelegt, dass das Produktsystem das gesamte Gebäude bestehend aus Bestand und Aufstockung umfassen soll und entsprechend auch der betriebliche Energieeinsatz für das Gesamtgebäude zu ermitteln und anzuwenden ist. Nach der angenommenen Lebensdauer wird analog dazu das Gesamtgebäude in Modul C zum Zeitpunkt 50 bewertet (Modul C₅₀). Hierin sind sowohl sämtliche Bestandsbauteile als auch der Herstellung enthalten.

Eine für die Betrachtung der Treibhausgasemissionen wichtige Fragestellung zur Bewertung von Aufstockungsmaßnahmen stellt die Mitberücksichtigung des biogenen Kohlenstoffspeichers dar. Dieser beschreibt temporär in Produkten gespeicherte Kohlenstoffe, die bei einer thermischen Verwertung in gleicher Höhe wieder freigesetzt werden. Ermittelt wird der Gehalt an biogenem Kohlenstoff nach DIN EN 16449. [26] Für Aufstockungs- und Sanierungsmaßnahmen ergibt sich der Sonderfall, dass das untersuchte Produktsystem nicht neu geschaffen wird und entsprechend Wirkungen aus vorherigen Systemen, wozu auch der biogene Kohlenstoffgehalt von Bestandsmaterialien gehört, in das System eingebucht werden. Hierzu sieht die DIN EN ISO 14067 vor, dass durch Freisetzen Netto-CO₂ Emissionen von null entstehen. [27] Die Mitberechnung des biogenen Kohlenstoffgehaltes, beispielsweise in Modul C₀ würde diesem Prinzip allerdings widersprechen, da Emissionen aus älteren Produktsystemen dem neuen Produktsystem zugeordnet würden und daraus das Prinzip der netto-null Emissionen verletzt würde. Für neu in das System eingebaute Bauteile (Modul A₀) ergibt sich keine Änderung in der Betrachtung des biogenen Kohlenstoffs.

Im weiteren Verlauf wurde das erarbeitete Rechensystem für neun verschiedene Aufstockungsmaßnahmen in Holzbauweise angewandt und analysiert. Hierzu zeigt Abbildung 37 die Ökobilanzergebnisse der Betrachtung des globalen Erwärmungspotentials in kgCO₂-Äq./m²BGF*a für sämtliche Bauteile. Es zeigt sich, dass die Werte zwischen 3,3 und 5,9 kgCO₂-Äq./m²BGF*a schwanken. In einem Vergleich zu Materialemissionen im Neubau fallen die Emissionen gering aus, was vor allem auf die Vorteilhaftigkeit der Weiternutzung von Bestandsstrukturen zurück zu führen ist. Besonders Modul C₅₀ hat aufgrund der Massen an Holzbauteilen und dem entsprechenden biogenen Kohlenstoffeinfluss großen Anteil am Gesamtergebnis. Die negative Einbuchung des biogenen Kohlenstoffs führt dazu, dass Herstellungsemissionen teilweise negativ ausfallen (ASM-1 und ASM-7). Der Rückbau von Bestandsbauteilen hat hingegen nur relativ geringen Einfluss auf die Gesamtmaterialemissionen. Die Wirkungen des Austausches der Bestands- und Neubauteile ist unterschiedlich ausgeprägt und hängt stark von den im Gebäude verwendeten Materialien ab. Generell kann außerdem festgestellt werden, dass für Aufstockungsmaßnahmen ohne energetische Sanierung des Bestandes, beispielsweise ASM-8, die Gesamtmaterialemissionen geringer ausfallen.

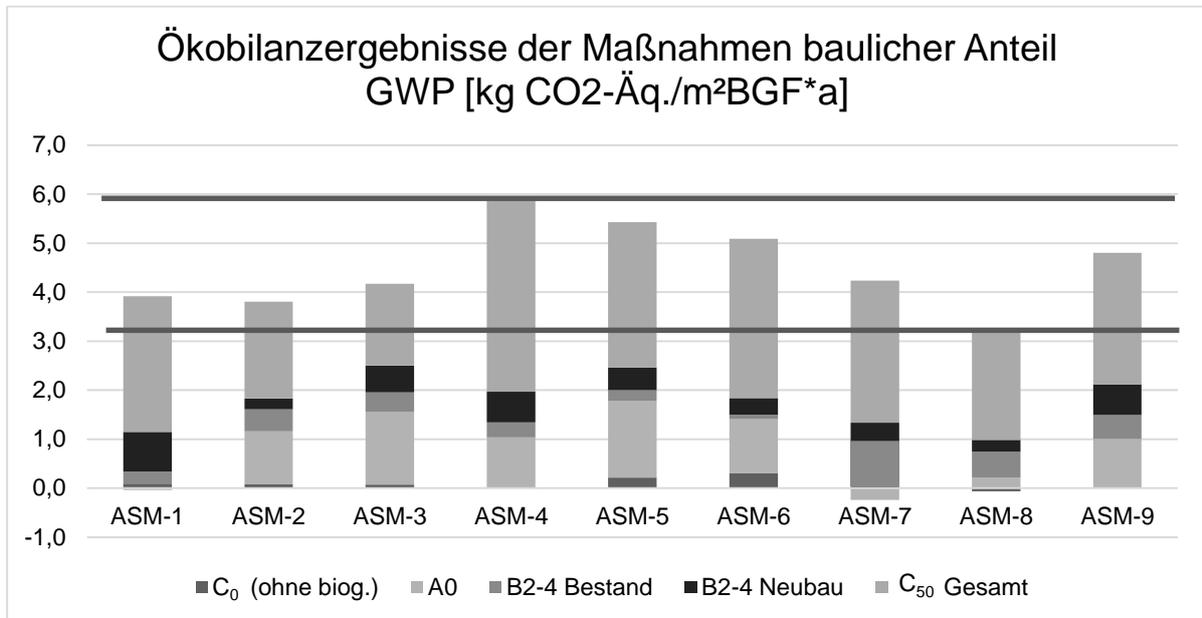
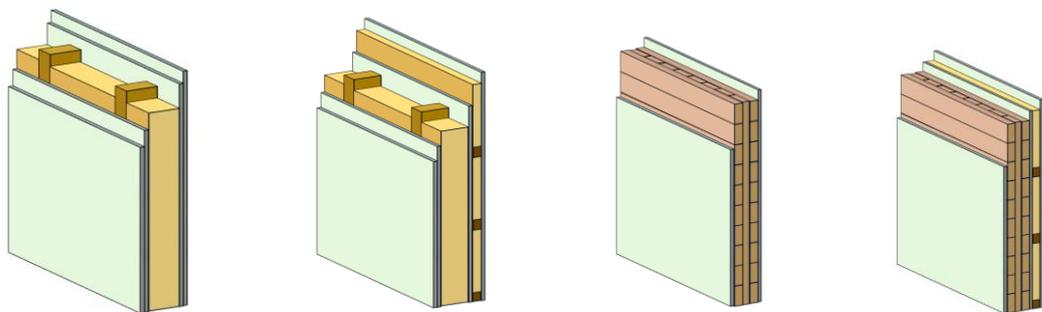


Abbildung 37 Grafische Darstellung der CO₂-Emissionen der untersuchten Aufstockungsmaßnahmen nach Lebenszyklusmodulen

Arbeitspaket 4: Zusammenführung der Ergebnisse und Veröffentlichung der Konstruktionen im Online-Tool eLCA

In Arbeitspaket 4 wurden die vom Projektpartnern bereitgestellten Aufstockungskonstruktionen in Holzbauweise ökologisch bewertet und anschließend frei zugänglich im Online-Tool eLCA veröffentlicht. Hierzu wurden zunächst die Aufbauten der Konstruktionen analysiert und mit den zugehörigen Datenbank Datensätzen verknüpft und die Referenzeinheit von einem Quadratmeter Bauteilfläche gewählt. Datengrundlage bildet die Datenbank Ökobaudat Version 2021-A1. [25] Insgesamt fand die ökologische Bewertung für drei Außenwandkonstruktionen, vier Innenwandkonstruktionen, zwei Wohnungstrennwandkonstruktionen und drei Dachkonstruktionen statt. Die dargestellten Umweltwirkungen sind das globale Erwärmungspotential (GWP-total in kg CO₂-Äq.) sowie der totale nicht-erneuerbare Primärenergieverbrauch (PENRT in MJ). Darüber hinaus wurde als Ergänzung die verbaute Holzmasse sowie die Höhe des resultierenden biogenen Kohlenstoffspeichers ermittelt. Der Lebenszyklus der Konstruktionen wurde zu 50 Jahren angesetzt und entsprechende Wirkungen aus Instandsetzungen wurden ebenfalls ermittelt.

Für die vier Innenwandkonstruktionen sind die Ergebnisse im Folgenden kurz dargestellt. Die übrigen Ergebnisse, für die weiteren Konstruktionstypen, sind Gesamtschlussbericht dargestellt und ausgewertet. Die Konstruktionen teilen sich einerseits in Konstruktionen aus Holztafelbauweise gegenüber Brettsperrholzbauweise auf und sind andererseits entweder mit oder ohne Installationsebene ausgeführt, siehe Abbildung 38. Die Ökobilanzergebnisse sind tabellarisch in Tabelle 7 aufgeführt und zeigen, dass die Holztafel Innenwände in der Summe über den Lebenszyklus sowohl für die Betrachtung des globalen Erwärmungspotentials als auch bei der Betrachtung der nicht-erneuerbaren Primärenergieverbräuche vergleichsweise höhere Emissionen erzeugen. Gleichzeitig kann in den Brettsperrholzvarianten deutlich mehr biogener Kohlenstoff gespeichert werden.



2.1 Holztafel Innenwand Variante 1

2.2 Holztafel Innenwand Variante 2

2.3 Brettsperrholz Innenwand Variante

2.4 Brettsperrholz Innenwand Variante 2

Abbildung 38 Darstellung der vier untersuchten Innenwandkonstruktionen

Tabelle 7 Ökobilanzergebnisse der vier untersuchten Innenwandkonstruktionen

Nr.	Modul A		Modul B		Modul C		Summe Lebenszyklus		Modul D		Biogener Kohlenstoff-speicher [kg-CO ₂ -Äqv.]	Masse Holz je m ² [kg]
	GWP [kg-CO ₂ -Äqv.]	PENRT [MJ]										
2.1	17,18	399,70	-	-	11,06	13,29	28,24	412,99	- 4,91	- 67,68	10,08	6,20
2.2	20,98	550,76	-	-	18,16	17,50	39,14	568,26	- 8,18	- 112,47	12,16	14,99
2.3	- 51,25	291,44	-	-	71,70	3,50	20,44	294,94	- 27,54	- 421,43	61,52	38,20
2.4	- 35,83	450,32	-	-	67,42	10,24	31,58	460,55	- 26,26	- 396,48	66,28	41,10

Im Anschluss wurden die Konstruktionen im Online Ökobilanz-Tool eLCA veröffentlicht und können nun von Planenden zur ökologischen Abschätzungen oder Entscheidungsfindung genutzt werden. Innerhalb des eLCA Tools können weiter Umweltwirkungskategorien dargestellt werden. Auch können, je nach Anforderungen verschiedene Anpassungen an die Bauteile relativ einfach getätigt werden. So können beispielsweise Dämmstärken oder einzelne Materialschichten ersetzt oder angepasst werden.

Wesentliche Ergebnisse des Teilvorhabens

Es wurde auf Basis von wissenschaftlichen Veröffentlichungen, Normierungen und Nachhaltigkeitszertifizierungssystemen eine konsistente Vorgehensweise zur ökologischen Bilanzierung von Aufstockungsmaßnahmen erarbeitet. Diese ist sowohl normkonform und berücksichtigt die Zusammensetzung verschiedener Anforderungen, beispielsweise an das Vorhandensein von Bauteilen aus verschiedenen Zeitpunkten oder die Betrachtung des biogenen Kohlenstoffspeichers beim Übergang der Produktsysteme.

Das Vorgehen wurde anschließend für verschiedene Aufstockungsmaßnahmen in Holzbauweise angewandt und für die Umweltwirkungen globales Erwärmungspotential und Primärenergiebedarf nicht-erneuerbar ausgewertet. Es zeigt sich, dass Materialemissionen von Aufstockungsmaßnahmen in Holzbauweise in einem Bereich zwischen 3,3 und 5,9 kgCO₂-Äqv./m²BGF*a liegen und von verschiedenen Faktoren, wie beispielsweise der Intensität der energetischen Sanierung des Bestands oder der Materialwahl der Aufstockung abhängen.

Anschließend wurden die im Forschungsprojekt erarbeiteten Konstruktionen ökologisch bewertet und im Online Ökobilanz Tool eLCA veröffentlicht.

Teilvorhaben 2: Holz-Aufstockungskonstruktionskatalog

Ziel und Gegenstand des Teilvorhabens

Ziel dieses Teilvorhabens war die Erarbeitung eines Konstruktionskataloges für Aufstockungsprojekte in Holzbauweise. Dieser beinhaltet die allgemeinen Anforderungen an Aufstockungsprojekte bzw. -konstruktionen, anhand derer Bauteilaufbauten und Anschlussdetails entworfen wurden. Dabei diente ein erstellter Aufstockungskatalog von durchgeführten Aufstockungsprojekten im D-A-CH-Raum als Grundlage für die Zusammenstellung der wesentlichen Detailpunkte sowie als Bezug und zur Vorlage der entworfenen Konstruktionsdetails. Der Konstruktionskatalog stellt dabei vereinfachte Details dar, die vor allem eine breite Anwendung bei klassischen, einfachen Aufstockungsprojekten und nicht für exzeptionelle Projekte Verwendung finden sollen. Ebenso stellt der Katalog maßgebliche Hinweise zur Anpassung und Erweiterung der Bauteilaufbauten und Details anhand der ermittelten Anforderungen aus Wärme-, Schall-, Feuchte- und Brandschutz zusammen, damit die Details beispielsweise nicht nur in einem energetischen Standard oder einer Gebäudeklasse anwendbar sind.

Bearbeitete Arbeitspakete

Arbeitspaket 1: Grundlagenermittlung

In der Grundlagenermittlung wurde zusammen mit dem Projektpartner der RUB sowie weiteren projektbeteiligten Firmen ein Aufstockungskatalog erstellt, welcher 147 Aufstockungsprojekte aus frei zugänglichen Quellen wie Zeitschriften und Büchern sowie Projekten von den Projektpartnern und von angefragten Dritten umfasst. Dieser Aufstockungskatalog wurde hinsichtlich der Daten zu den Bestandsgebäuden – beispielsweise der Bauweise und dem Baualter des Bestandes – sowie zu den Aufstockungsgeschossen – beispielsweise der Anzahl der aufgetockten Geschosse oder die Bauweise der Aufstockung – ausgewertet. Daten und Ergebnisse zum Gebäudebestand sowie Bestandskonstruktionen aus einem vorangegangenen Forschungsprojekt der beiden Projektpartner wurden verwendet, um die wesentlichen Bestandskonstruktionen für die Aufstockungsdetails zusammenzustellen. Das Projektteam stellte hierbei fest, dass die Datenlage noch unzureichend war und man sich bezüglich der Erarbeitung von Konstruktionsdetails auf Bestandsdatenblätter abhängig vom Baualter der Bestandsgebäude aus dem Vorgängerprojekt orientieren sollte. Eine weitere Eruiierung von Bestandskonstruktionen würde die Bearbeitung in einem eigenen Projekt notwendig machen.

Anschließend wurden die Projekte auf zugängliche sowie von Projektpartnern bereitgestellte Konstruktionsdetails hin untersucht, um eine Datengrundlage für die Erarbeitung von Bauteilaufbauten und Anschlussdetails zu generieren.

Eine zusätzliche Recherche zu Anforderungen anhand von aktuellen Regelwerken fand ebenfalls statt, um die Planungspunkte Wärme-, Feuchte-, Schall-, Holz- und Brandschutz zu betrachten.

Arbeitspaket 3: Holz-Aufstockungskonstruktionskatalog

Für die umfangreiche Ausarbeitung von Konstruktionsdetails wurde innerhalb der Bearbeitung des Arbeitspaketes festgestellt, dass ein Konstruktionskatalog nicht ausschließlich eine zeichnerische Darstellung von Details enthalten sollte, wie es beispielsweise bei Werken wie den Standard-Detail-Sammlungen zu finden ist. Da es sich bei Aufstockungsmaßnahmen um komplexe Baumaßnahmen im Bestand handelt, sollten die Schwierigkeiten der Planung ebenfalls ersichtlich werden und aufgenommen werden. Hierzu wurden für den Konstruktionskatalog zunächst die zu behandelnden Inhalte festgelegt, um Planenden einen ausreichend genauen Überblick zu geben. Folgende Inhalte werden im Konstruktionskatalog behandelt:

1. Grundlegende Aktuelle Anforderungen aus

- a. dem Wärmeschutz
- b. dem Feuchteschutz
- c. dem Schallschutz
- d. dem Brandschutz
- e. dem Holzschutz

Innerhalb dieses Kapitels werden die aktuellen Regelungen und Anforderungen an Bauteilaufbauten und Anschlüsse beschrieben und zusammengefasst. Diese werden bis Projektende stetig aktualisiert. Änderungen werden in die Bauteilaufbauten und Detailplanungen aufgenommen.

2. Beschreibungen und Zeichnungen der gewählten und im weiteren verwendeten Bauteilaufbauten

Innerhalb dieses Kapitels werden Steckbriefe für Bauteilaufbauten erstellt, welche als Basisvarianten für die Detailplanung dienen sollen. Auf der Grundlage der vielfältigen Anforderungen an die Bauteile und die Anschlüsse abhängig vom jeweiligen Projekt – beispielsweise von der Gebäudeklasse oder dem gewünschten energetischen Standard – wurde im folgenden eine Art Bauteilbaukasten bzw. Schichtsystem erarbeitet, welche verschiedene additive Schichten für die unterschiedlichen Anforderungen betrachtet. So soll es später

möglich sein, die Basisvarianten z.B. hinsichtlich eines höheren brandschutztechnischen Anforderungsniveaus anzupassen.

Um verschiedene energetische Standards abzudecken, wurden für äußere Hüllbauteile Untervarianten erstellt, welche sich an folgenden energetischen Standards orientieren:

- Minimal-Standard nach Gebäudeenergiegesetz
- Normal-Standard nach KfW-55-Förderung (Stand Januar 2022 - mittlerweile zwar ausgelaufen, jedoch dennoch ein guter energetischer Standard als Orientierungshilfe. Wird 2023 als neue Standard des GEG für Neubauten eingeführt)
- Hoher-Standard nach KfW-40-Förderung

Dabei orientieren sich die Anforderungen maßgeblich an den Transmissionswärmeverlusten, welche jeweils in den Standards als Grenzwerte definiert bzw. nach Recherchen ansetzbar sind, da diese unmittelbaren Einfluss auf die Gestaltung der äußeren Hülle haben und somit auf die jeweiligen Bauteilaufbauten und Anschlussausbildungen – in Form von Wärmebrücken im Anschlussbereich.

Ein adäquater Vergleich von Anschlussdetails hinsichtlich der energetischen Qualität ist nicht ohne Weiteres möglich, da diese immer im Gesamtzusammenhang des Projektes zu sehen sind.

3. Bauteilbaukasten

Für den Bauteilbaukasten werden verschiedene Anwendungsfälle betrachtet, wie sie in Abbildung 39 dargestellt sind. Als Vorbild dient hierbei die funktionale Beschreibung nach [Moro – Baukonstruktion vom Prinzip zum Detail (Band 1)], welche für jedes Bauteil ausführt, welche Bauteilschicht im System welche Aufgaben zu erfüllen hat, vergleiche Abbildung 28. Hierfür wurden in einem ersten Schritt bereits statische Erfordernisse der Rohbaukonstruktion ermittelt, welche nachfolgend um die weiteren bauphysikalischen Anforderungen ergänzt wurden. Abhängig von unterschiedlichen Anforderungen, zum Beispiel des Brandschutzes, können einzelne Bauteilschichten – wie eine Bauteilkapselung durch GFK-Platten – ergänzt werden. Soweit möglich, folgt diesen Änderungen jedoch keine weiteren Auswirkungen auf das Gesamtdetail. Diese Systematik wird also auf den Anschlussbereich erweitert und stellt somit die grundlegenden Informationen für standardisierte Details von Aufstockungsmaßnahmen in Holzbauweise bereit.

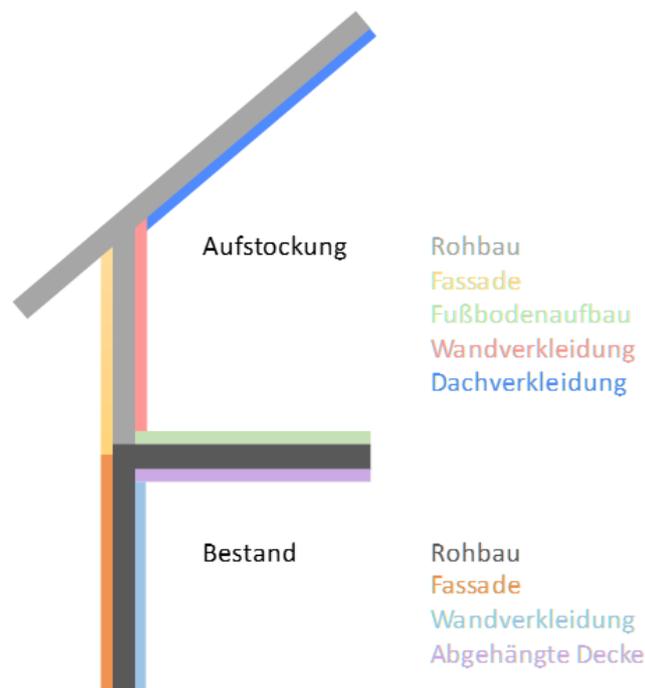


Abbildung 39 Darstellung der Anwendungsfälle für den Bauteilbaukasten

4. Grundlegende Hinweise zur Verwendung und zur Darstellung der Details

Die Details im Konstruktionskatalog werden nicht ausschließlich durch Zeichnungen beschrieben. Zusätzlich wird eine textliche Beschreibung hinzugefügt, welche auf die wichtigsten Anforderungen sowie Änderungs- und Anpassungsmöglichkeiten genauer eingeht.

5. Detailverortung

Für eine bessere Übersicht wird vor den eigentlichen Detailzeichnungen eine Verortung der Details in Beispielgrundrissen und Schnitten vorgenommen, vgl. Abbildung 13 sowie Abbildung 14 bis Abbildung 26.

Arbeitspaket 4: Zusammenführung der Ergebnisse

Die erarbeiteten Bauteilaufbauten wurden zur Eingabe in das Tool eLCA an die Projektpartner der RUB weitergegeben. Ebenso wird der Konstruktionskatalog weiterführend bearbeitet sowie der Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben zusammengestellt.

Wesentliche Ergebnisse des Teilvorhabens

Das wesentliche Ergebnis dieses Teilvorhabens ist die Erstellung eines ausführlichen Konstruktionskataloges für Aufstockungsmaßnahmen in Holzbauweise, welcher auf der Grundlage folgender Teilergebnisse erstellt werden konnte:

- Erarbeitung eines Aufstockungskataloges bereits durchgeführter Aufstockungsprojekte
- Auswertung der zusammengestellten Aufstockungsprojekte hinsichtlich der wesentlichen Informationen zum Bestand sowie zur Aufstockung
- Erarbeitung der westlichen, aktuellen Anforderungen an Aufstockungskonstruktionen aus baukonstruktiver, bauphysikalischer und baurechtlicher Sicht
- Identifikation und Vereinfachung der wesentlichen Detailpunkte im Anschlussbereich einer Aufstockung an den Bestand zur möglichst breiten Verwendung
- Entwurf von Bauteilaufbauten und Anpassungsmöglichkeiten innerhalb eines Bauteilschichtsystems
- Erarbeitung und Entwurf der Konstruktionsdetails für den Konstruktionskatalog

Literatur

- [1] M. Fath et al., *Leitlinie zur Vereinfachung der Planung und Durchführung von Aufstockungs-/Erweiterungsmaßnahmen als Nachverdichtungsmaßnahme in innerstädtischen Bereichen*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2019.
- [2] T. Loga, *Deutsche Wohngebäudetypologie: Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden ; erarbeitet im Rahmen der EU-Projekte TABULA - "Typology approach for building stock energy assessment", EPISCOPE - "Energy performance indicator tracking schemes for the continuous optimisation of refurbishment processes in European housing stocks"*, 2. Aufl. Darmstadt: IWU, 2015. [Online]. Verfügbar unter: http://www.building-typology.eu/downloads/public/docs/brochure/DE_TABULA_TypologyBrochure_IWU.pdf
- [3] Statistische Ämter des Bundes und der Länder, *Gebäude- und Wohnungsbestand in Deutschland: Erste Ergebnisse der Gebäude- und Wohnungszählung 2011*. [Online]. Verfügbar unter: https://www.statistik.rlp.de/fileadmin/dokumente/gemeinschaftsveroeff/zen/Zensus_GWZ_2014.pdf (Zugriff am: 27. April 2023).
- [4] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, „Potenziale und Rahmenbedingungen von Dachaufstockungen und Dachausbauten: BBSR-Online-Publikation Nr. 08/2016“, 2016. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2016/bbsr-online-08-2016-dl.pdf>
- [5] A. Hafner und M. Storck, „Life Cycle Analysis of Vertical Building Extensions – Environmental Impacts of Different Material Selection“, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, Jg. 290, Nr. 1, S. 12046, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/290/1/012046.
- [6] U. Kuhlmann, *Stahlbau-Kalender 2016: Eurocode 3 - Grundnorm, Werkstoffe und Nachhaltigkeit*. Newark: Wilhelm Ernst & Sohn Verlag für Architektur und Technische, 2016. [Online]. Verfügbar unter: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=6735516>
- [7] N. A. Fouad, Hg., *2023 Bauphysik Kalender*. Wiley, 2023.
- [8] A. Vilches, A. Garcia-Martinez und B. Sanchez-Montañes, „Life cycle assessment (LCA) of building refurbishment: A literature review“, *Energy and Buildings*, Jg. 135, S. 286–301, 2017, doi: 10.1016/j.enbuild.2016.11.042.
- [9] R. K. Zimmermann, Z. Barjot, F. N. Rasmussen, T. Malmqvist, M. Kuittinen und H. Birgisdóttir, „GHG emissions from building renovation versus new-build: incentives from assessment methods“, *B&C*, Jg. 4, Nr. 1, 2023, doi: 10.5334/bc.325.
- [10] T. Häkkinen, A. Ruuska, S. Vares, S. Pulakka, I. Kouhia und R. Holopainen, „Methods and concepts for sustainable renovation of buildings“, *VTT Technology* 26, 2012.
- [11] R. Kjør Zimmermann, F. Nygaard Rasmussen, K. Kanafani, L. C. Malabi Eberhardt und H. Birgisdóttir, „Reviewing allocation approaches and modelling in LCA for building refurbishment“, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, Jg. 1078, Nr. 1, S. 12095, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1078/1/012095.
- [12] A. Farahani, H. Wallbaum und J.-O. Dalenbäck, „The importance of life-cycle based planning in maintenance and energy renovation of multifamily buildings“, *Sustainable Cities and Society*, Jg. 44, S. 715–725, 2019, doi: 10.1016/j.scs.2018.10.033.
- [13] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, *Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude - Anhang 3.1.1 zur Anlage 3 - Bilanzierungsregeln des QNG für Wohngebäude, Stand 01.03.2023*. [Online]. Verfügbar unter: https://www.qng.info/app/uploads/2023/03/QNG_Handbuch_Anlage-3_Anhang-311_LCA_Bilanzregeln-WNG_v1-3.pdf (Zugriff am: 4. Juli 2023).
- [14] T. Potrč Obreht, S. Jordan, A. Legat und A. Passer, „The role of electricity mix and production efficiency improvements on greenhouse gas (GHG) emissions of building components and future refurbishment measures“, *Int J Life Cycle Assess*, Jg. 26, Nr. 5, S. 839–851, 2021, doi: 10.1007/s11367-021-01920-2.
- [15] *DIN EN 15978 - Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden - Berechnungsmethode*, Normenausschuss im Bauwesen (NABau) im DIN, Berlin, 2012.
- [16] *Entwurf DIN EN 15978-1 - Nachhaltigkeit von Bauwerken - Methodik zur Bewertung der Qualität von Gebäuden Teil 1: Umweltqualität*, DIN-Normenausschuss im Bauwesen (NABau), Berlin, 2021.
- [17] *DIN EN ISO 14040 - Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen*, DIN-Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes (NAGUS), Berlin, 2021.
- [18] *DIN EN 15804 - Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte*, Normenausschuss im Bauwesen (NABau) im DIN, Berlin, 2022.
- [19] A. Hafner und Ö. Özdemir, „Comparative LCA study of wood and mineral non-residential buildings in Germany and related substitution potential“, *Eur. J. Wood Prod.*, Jg. 81, Nr. 1, S. 251–266, 2023, doi: 10.1007/s00107-022-01888-2.
- [20] Ö. Özdemir, C. Hartmann, A. Hafner, H. König und T. Lützkendorf, „Next generation of life cycle related benchmarks for low carbon residential buildings in Germany“, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, Jg. 1078, Nr. 1, S. 12053, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1078/1/012053.
- [21] S. Slabik, C. Zernicke, M. Storck und A. Hafner, *A Methodological Approach for Life Cycle Assessment of Refurbishment Measures - From Building to Neighbourhood and Municipal Level: in Veröffentlichung*, 2022.
- [22] M. Fath, M. Storck, M. Sieder und A. Hafner, Hg., *Aufstockungen von Bestandsbauten - Bauphysikkalender 2022*. Berlin: Ernst & Sohn, 2022.
- [23] J. L. Moro, M. Rottner, B. Alihodžić und M. Weißbach, *Baukonstruktion - vom Prinzip zum Detail: Band 1 Grundlagen*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009.
- [24] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, *Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)*. [Online]. Verfügbar unter: https://www.nachhaltiges-bauen.de/fileadmin/pdf/Nutzungsdauer_Bauteile/BNB_Nutzungsdauern_von_Bauteilen_2017-02-24.pdf (Zugriff am: 13. Januar 2023).
- [25] Bundesministerium für Wohnung, Stadtentwicklung und Bauwesen, *Ökobaudat - Version nach EN 15804+A1*. [Online]. Verfügbar unter: https://www.oekobaudat.de/no_cache/datenbank/suche.html (Zugriff am: 6. Juni 2023).

- [26] *DIN EN 16449 - Berechnung des biogenen Kohlenstoffgehalts im Holz und Umrechnung in Kohlenstoffdioxid: Deutsche Fassung EN 16449:2014*, Normenausschuss Holzwirtschaft und Möbel (NHM) im DIN, Berlin, Jun. 2014.
- [27] *DIN EN ISO 14067 - Treibhausgase - Carbon Footprint von Produkten - Anforderungen an und Leitlinien für Quantifizierung*, DIN-Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes (NAGUS), Berlin, 2019.