

Um- und rückbaubar Konstruieren

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs

Studienrichtung: Architektur

Johann Waldhör

Technische Universität Graz
Erzherzog-Johann-Universität
Fakultät für Architektur

Betreuer: Univ.-Prof. DDr. Peter Kautsch

Institut: Institut für Hochbau, Fakultät für
Bauingenieurwissenschaften

Mai 2014

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am
(Unterschrift)

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

.....
date

.....
(signature)

Kurzfassung

In der Diplomarbeit "Um- und rückbaubar Konstruieren" wird untersucht, welche Eigenschaften die Um- und Rückbaubarkeit beeinflussen, welchen Einfluss der Entwurf auf die Um- und Rückbaubarkeit hat und wie hoch der Anteil der Planungskosten für um- und rückbaugerechte Entwürfe an den Lebenszykluskosten ist.

Die Um- und Rückbaubarkeit von Gebäuden muss für die Abschätzung der Lebenszykluskosten für Errichtung, Betrieb und Rückbau bereits in der Planung und bei der Auswahl von Konstruktion, Bauweise und Material berücksichtigt werden.

In den ersten Kapiteln wird untersucht, welchen Einfluss das Konstruktionsprinzip auf die Um- und Rückbaubarkeit hat. Grundsätze für rückbaubare Konstruktionen werden aufgezeigt.

Ein wichtiger Aspekt für rückbaubare Konstruktionen sind die Verbindungen zwischen Bauteilen: es wird angeführt, welche Vor- und Nachteile die verschiedenen Verbindungsarten haben. Entscheidend für eine gute Um- und Rückbaubarkeit ist die Vermeidung von nicht lösbaren Verbindungen (z. B. verklebte Verbindungen) und von Verbundelementen.

Weitere Grundsätze für rückbaubare Konstruktionen sind die Verwendung von standardisierten Materialien und Anschlussdetails, die Anwendung von vorgefertigten und modularen Bauteile, die Reduzierung der Gebäudekomplexität hinsichtlich Bau- und Haustechnikelementen, die Erhöhung der Nutzungsdauer von Bauteilschichten, das Erstellen eines Rückbauplans, eine gute Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten und die Trennung der Trag- von der Ausbaukonstruktion.

Neben der Wahl des Konstruktionsprinzips ist für eine gute Rückbaubarkeit vor allem die Auswahl der Materialien entscheidend. Eine Reduzierung der Materialvielfalt vereinfacht die Rückbaubarkeit, wiederverwendbare und verwertbare Materialien sind nicht verwertbaren Materialien vorzuziehen. In dieser Arbeit werden die Vor- und Nachteile einzelner Materialien und Bauteile angeführt und der Einfluss der Materialauswahl auf Um- und Rückbaubarkeit und Kostenentwicklung während des Lebenszyklus eines Gebäudes untersucht. Für verschiedene Bauteile wird die konventionelle – oft schlecht rückbaubare – einer alternativen, gut rückbaubaren Variante gegenübergestellt.

Der ausgearbeitete Leitfaden berücksichtigt die Kriterien Ökologie, Trennung, Wiederverwendung, Verwertung, Entsorgung und Lebensdauer und bietet so in der Planungsphase die Möglichkeit zur Bewertung von Bauteilen hinsichtlich ihrer Um- und Rückbaubarkeit. Das abschließend vorgestellte Projekt – ein Bürogebäude – wird mit diesem Leitfaden bewertet. Bei der Planung des Gebäudes wurde das Hauptaugenmerk auf eine gute Um- und Rückbaubarkeit gelegt, die einzelnen Bauteile werden im letzten Kapitel detailliert vorgestellt.

Abstract

The thesis "Design for Re- and Deconstruction" examines the characteristics influencing re- and deconstruction of buildings among them the influence of planning and the share of the planning costs of designs suitable for re- and deconstruction within the overall life-cycle costs.

The costs for re- and deconstruction of buildings must be taken into account already in the planning stage and in the selection of design, construction and materials in order to estimate the overall life cycle costs (including construction, operation and deconstruction).

In the first chapters investigate the influence of the design concept on re- and deconstruction of buildings. Principles for according constructions are pointed out.

An important aspect of retrievable designs is how components are joint together. The advantages and disadvantages of the different types of joints are listed. Essential for re- and deconstruction is avoiding insoluble joints (e.g. adhered compounds) and compounded structures.

Further principles for retrievable designs are the use of standardized and compound elements, the use of prefabricated and modular components, reducing building complexity with regard to construction and building services elements, increasing the life expectancy of the component layers, drawing up a construction plan, good accessibility for maintenance and separation of the support and expansion construction.

Critical for easy re- and deconstruction are, in addition to the construction principle, the choice of materials. A reduction in the variety of materials simplifies subsequently the removal. Thus, reusable and recyclable materials ought to be preferred. In this thesis advantages and disadvantages of the individual materials and components are listed and the influence of the chosen material, in regards to deconstruction and costs during the life cycle of a building, are examined. Common materials are compared with alternative materials well suited for re- and deconstruction.

Guidelines taking into consideration the aspects of ecology, separation of materials, reuse, recycling, disposal and life-expectancy have been worked out in this thesis. This enables -already in the planning phase- the evaluation of materials in terms of their suitability to re- and deconstruction. In the conclusion o the thesis an office building is evaluated using these guidelines. In the planning stage of the building the main focus was set on easy re- and deconstruction. The individual components used on site are presented in detail in the last chapter.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	9
1.1.	Begriffsbestimmungen Rückbaubarkeit	10
1.1.1.	Trennung	10
1.1.2.	Wiederverwendung	11
1.1.3.	Verwertung	11
1.1.4.	Entsorgung	11
1.2.	Entwicklung Neubau – Erneuerung	11
2.	Einfluss des Entwurfes auf die Um- und Rückbaubarkeit von Konstruktionen	13
2.1.	Kosten	13
2.1.1.	Lebenszykluskosten	13
2.1.2.	Errichtungskosten	14
2.1.3.	Folgekosten	14
2.1.4.	Ermittlung der Lebenszykluskosten nach TQ und Lekos	18
2.1.5.	Anteil der Planungskosten an den Lebenszykluskosten	20
2.2.	Nutzungsdauer von Gebäuden	21
2.3.	Flexibles Nutzungskonzept, flexibles Bauen	22
2.4.	Rückbaugerechte Ausschreibung	24
2.5.	Conclusio	24
3.	Einfluss des Konstruktionsprinzips auf die Um- und Rückbaubarkeit von Konstruktionen	25
3.1.	Grundsätze für um- und rückbaubares Konstruieren	25
3.2.	Verbindungen	25
3.2.1.	Verbindungsarten	26
3.2.2.	Lösbarkeit von Verbindungen	27
3.2.3.	Verbindungsart – Schraubverbindung	27
3.2.4.	Verbindungsart – Bolzenverbindung	28
3.2.5.	Verbindungsart – zimmermannsmäßige Holzverbindung	29
3.2.6.	Verbindungsart – Nagelplatten	30
3.2.7.	Verbindungsart – Nagelverbindung	30
3.2.8.	Verbindungsart – Reibungsverbindung	31
3.2.9.	Verbindungsart – Mörtelverbindung	31

3.2.10.	Verbindungsart – Klebeverbindung.....	32
3.2.11.	Fügetechniken.....	32
3.3.	Standardisierte Anschlussdetails und Materialien	33
3.4.	Vorgefertigte und modulare Bauweisen	33
3.4.1.	Stahlblechcontainer	33
3.4.2.	Beispiele modularer Bauweisen	34
3.5.	Bauen mit großen Spannweiten	36
3.6.	Gebäudekomplexität	36
3.7.	Nutzungsdauer von Bauteilschichten	37
3.8.	Rückbauplan und „Unterlage für spätere Arbeiten"	39
3.9.	Struktur	39
3.10.	Fassaden	39
3.11.	Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten.....	41
3.11.1.	Wartungsarbeiten allgemein.....	42
3.11.2.	Wartung in Decken mit integrierter Haustechnik.....	42
3.11.3.	Wartung in abgehängten Decken	43
3.11.4.	Wartung in Wänden	44
3.11.5.	Wartung in Fußbodenkonstruktionen	44
3.12.	Vorhandene Bausubstanz.....	46
4.	Einfluss der Materialwahl auf die Um- und Rückbaubarkeit von	
	Konstruktionen	47
4.1.	Materialvielfalt.....	47
4.2.	Wiederverwendung von rückgebauten Materialien.....	47
4.3.	Wiederverwendbare, verwertbare und nicht verwertbare Baumaterialien	47
4.3.1.	Stahl	48
4.3.2.	Mauerwerk.....	48
4.3.3.	Beton	49
4.3.4.	Holz	49
4.3.5.	Holzwerkstoffplatten	49
4.3.6.	Dämmmaterialien	50
4.3.7.	Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)	50
4.4.	Conclusio.....	51

5. Analyse von Konstruktionen hinsichtlich ihrer Um- und Rückbaubarkeit 52

5.1. Vor und Nachteile einzelner Materialien hinsichtlich ihrer Um- und Rückbaubarkeit 52

5.2. Vor und Nachteile einzelner Bauteile hinsichtlich ihrer Um- und Rückbaubarkeit 58

5.2.1. Keller / erdberührte Außenwand 58

5.2.2. Fundamentplatten..... 61

5.2.3. Außenwände 63

5.2.4. Dach 65

5.3. Vor- und Nachteile einzelner Bauteile und Materialien hinsichtlich der anfallenden Kosten für den Um- und Rückbau 66

6. Leitfaden zur Berücksichtigung der Rückbaubarkeit in der Planungsphase eines Gebäudes 67

6.1. Bestehende Gebäudebewertungen im Überblick..... 67

6.1.1. Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen 67

6.1.2. Total Quality Building (TQB)..... 67

6.1.3. Energieausweis..... 67

6.1.4. klima:aktiv Gebäudestandard 68

6.1.5. Baubook Rechner..... 68

6.1.6. Ökobilanzrechner baubook eco2soft – Ökobilanz für Gebäude 68

6.2. Bewertung der Um- und Rückbaufähigkeit 68

6.2.1. Ökologische Bewertung 69

6.2.2. Bewertung der Trennbarkeit..... 70

6.2.3. Bewertung der Wiederverwendbarkeit 71

6.2.4. Bewertung der Verwertung 72

6.2.5. Bewertung der Entsorgung..... 73

6.2.6. Bewertung der Nutzungsdauer von Bauteilen und Materialien 74

7. Anwendung von rückbaubaren Konstruktionen am Beispiel eines Bürogebäudes 77

7.1. Entwurf Bürogebäude 77

7.1.1. Bürokonzepte..... 77

7.1.2. Zellenbüro 78

7.1.3. Großraumbüro..... 79

7.1.4. Gruppenbüro..... 80

7.1.5. Kombibüro 81

7.2.	Entwurf Bürogebäude in Vöcklabruck	82
7.2.1.	Strukturplan	84
7.2.2.	Lageplan	85
7.2.3.	Grundrisse	86
7.2.4.	Schnitte.....	88
7.2.5.	Grundrisstypologien / flexible Nutzungsvarianten.....	91
7.2.6.	Ansichten	94
7.2.7.	Konstruktion	95
7.2.8.	Montage	96
7.2.9.	Fassadenschnitt/Details	102
7.2.10.	Verbindungen.....	107
7.2.11.	Haustechnik	108
7.2.12.	Perspektiven	109
7.3.	Bewertung	113
7.3.1.	Bewertung Fundamentplatte	113
7.3.2.	Bewertung Zwischendecke	115
7.3.3.	Dach	116
7.3.4.	Außenwand.....	117
8.	Ergebnis / Schlussbemerkung	118
9.	Anhang	120
9.1.	Literaturverzeichnis.....	120
9.2.	Abbildungsverzeichnis	122
9.3.	Formelverzeichnis	126
9.4.	Tabellenverzeichnis.....	126
9.5.	Anhang 1: Nutzungsdauer von Bauteilen	127

1. Einleitung

Bei der Planung von Gebäuden wird das Hauptaugenmerk meist auf die Errichtungskosten gelegt. In den letzten Jahren werden aufgrund der gesetzlichen Bestimmungen (z. B. Energiekennzahl, U-Werte) und staatlicher Förderungen im Bereich Niedrig- und Passivhausbau zunehmend auch die Betriebskosten der Nutzungsdauer mitberücksichtigt. Bisher kaum beachtet wurden die Kosten der Beseitigung, obwohl die durchschnittliche Nutzungsdauer von Gebäuden meist nur wenige Jahrzehnte beträgt. Bei Wohnbauten liegt sie zwischen 50 und 80 Jahren, bei Bürobauten zwischen 30 und 50 Jahren und bei Gewerbebauten – bedingt durch den buchhalterischen Abschreibungszeitraum von 10 Jahren – oft nur bei 10 bis 20 Jahren. Die Kosten für die Beseitigung sind – abhängig von der Nutzungsdauer – ein beträchtlicher Teil der Gesamtkosten des Gebäudes und sollten daher bereits bei der Planung mitberücksichtigt werden.

Die Beseitigung eines Gebäudes muss gemäß dem österreichischen Abfallwirtschaftsgesetz möglichst ressourcenschonend erfolgen, nachteilige Einwirkungen auf die Umwelt müssen möglichst gering gehalten werden. Die anfallenden Materialien müssen getrennt werden, dann der Wiederverwendung oder stofflichen Verwertung zugeführt werden, alle nicht wiederverwendbaren oder verwertbaren Materialien müssen entsorgt werden.

Für eine Abschätzung der Gesamtkosten eines Gebäudes (Lebenszykluskosten) müssen die Kosten für diesen kontrollierten Rückbau mit einberechnet werden. Sie werden durch Konstruktion, Bauweise und Materialien des Gebäudes bestimmt und können somit bereits in der Planungsphase berücksichtigt werden.

Ziel dieser Arbeit ist es, Lösungsansätze für die Planungsphase zu entwickeln, die einen späteren Um- und Rückbau berücksichtigen.

In den einleitenden Kapiteln 1 bis 4 werden folgende Aspekte behandelt:

- Einfluss der Bauweise auf die Rückbaubarkeit
- Verwendung wiederverwendbarer Materialien
- Verwendung verwertbarer Materialien
- Möglichkeiten zur Vermeidung von nicht wiederverwendbaren und nicht verwertbaren Materialien
- Konstruktionen, die eine Trennung der Materialien ermöglichen

- Möglichkeiten zum Teil-Rückbau oder Umbau von Gebäuden und zur Adaptierbarkeit an neue Nutzungen
- vollständige Baudokumentation als Grundlage für gute Rückbaubarkeit

Im Kapitel 5 werden Konstruktionen in Bezug auf ihre Rückbaubarkeit verglichen und bewertet. Welche Materialien werden verwendet? Können diese Materialien nach dem Rückbau wiederverwendet oder verwertet werden oder müssen sie entsorgt werden? Welche Kosten entstehen durch den Rückbau? Diese Analyse soll es ermöglichen, einen Leitfaden zur Rückbaubarkeit von Gebäuden auszuarbeiten, der bereits in der Planungsphase verwendet werden kann (Kapitel 6.).

Abschließend soll im Kapitel 7 ein Beispiel zeigen, wie ein Gebäude für eine gute Um- und Rückbaubarkeit geplant werden soll. Dabei soll der entwickelte Leitfaden angewendet werden.

1.1. Begriffsbestimmungen Rückbaubarkeit

Nach Beendigung der Nutzungsdauer von Bauwerken werden diese in ihre Bestandteile zerlegt. Dabei unterscheidet man zwischen Abbruch und Rückbau. Abbruch eines Bauwerkes bedeutet, dass die anfallenden Materialien ungetrennt deponiert werden. Rückbau eines Bauwerkes bedeutet, dass dieses so abgebaut wird, dass die anfallenden Materialien wiederverwendet werden können. Gemäß dem österreichischen Abfallwirtschaftsgesetz werden die anfallenden Materialien wie folgt behandelt:

1.1.1. Trennung

Die Sortentrennung von Baustoffschichten ist Voraussetzung für den Rückbau. Je sortenreiner die Trennung vorgenommen wird, desto besser kann das Material ressourcenschonend weiterbehandelt werden, wobei man zwischen Wiederverwendung, Verwertung und Entsorgung unterscheidet.

Die „Verordnung über die Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien (Baurestmassentrennverordnung)“ verpflichtet Auftraggeber/innen bei Abbrucharbeiten die abfallenden Materialien zu trennen.

„Wer die Ausführung einer Bau- oder Abbruchtätigkeit im Rahmen eines Bauvorhabens veranlasst, hat aus den dabei anfallenden Materialien folgende Stoffgruppen zu trennen, sofern die nachstehend angeführten Mengenschwellen je Stoffgruppe überschritten werden:

Stoffgruppe Betonabbruch über 20 t

Stoffgruppe Asphaltabbruch über 5 t

Stoffgruppe Holzabfälle über 5 t

Stoffgruppe Metallabfälle über 2 t

Stoffgruppe Kunststoffabfälle über 2 t

Stoffgruppe Baustellenabfälle über 10 t

Stoffgruppe mineralischer Bauschutt über 40 t" [1 S. § 1. (1)]

1.1.2. Wiederverwendung

Von Wiederverwendung spricht man, wenn einzelne Bauteilschichten oder Bauteile zerstörungsfrei abgebaut werden und ohne Aufbereitung für andere Bauwerke wiederverwendet werden können.

Voraussetzungen für eine Wiederverwendung von Bauteilen sind statische und bauphysikalische Eignung, Funktionsfähigkeit und entsprechende Nachfrage. Die Wiederverwendung von Bauteilen kann in Neubauobjekten am gleichen Standort oder in Objekten an anderen Standorten erfolgen.

Beispiele für Wiederverwendung: Stahl- oder Holzkonstruktionen, Fenster, Türen, Pflastersteine, Dachziegel, Klinkerziegel als Sichtmauerwerk, Schüttungen, lose verlegte, geklemmte oder geschüttete Wärmedämmplatten

1.1.3. Verwertung

Unter Verwertung versteht man, dass Bauteile oder Bauteilschichten durch physikalische, chemische oder energetische Bearbeitung anders genützt werden.

Beispiele für Verwertung: Zermahlen von Ziegel zu Splitt als Zuschlagstoff für Beton

1.1.4. Entsorgung

Sind weder Wiederverwendung noch Verwertung möglich, werden Bauelemente und Baustoffe „beseitigt“ – also deponiert oder verbrannt.

1.2. Entwicklung Neubau – Erneuerung

Wie aus Abbildung 1 ersichtlich, steigt der Anteil der Investitionen in Erneuerungen (Umbau, Nutzungsänderungen) gegenüber den Investitionen in Neubau.

Ursachen für die steigenden Investitionen in Erneuerung sind städtebauliche und demographische Veränderungen und erhöhte technische Anforderungen bezüglich Energieeffizienz, Brandschutz und Schallschutz. Die Um- und Rückbaubarkeit von Bauwerken wird in Zukunft an Bedeutung gewinnen. [2]

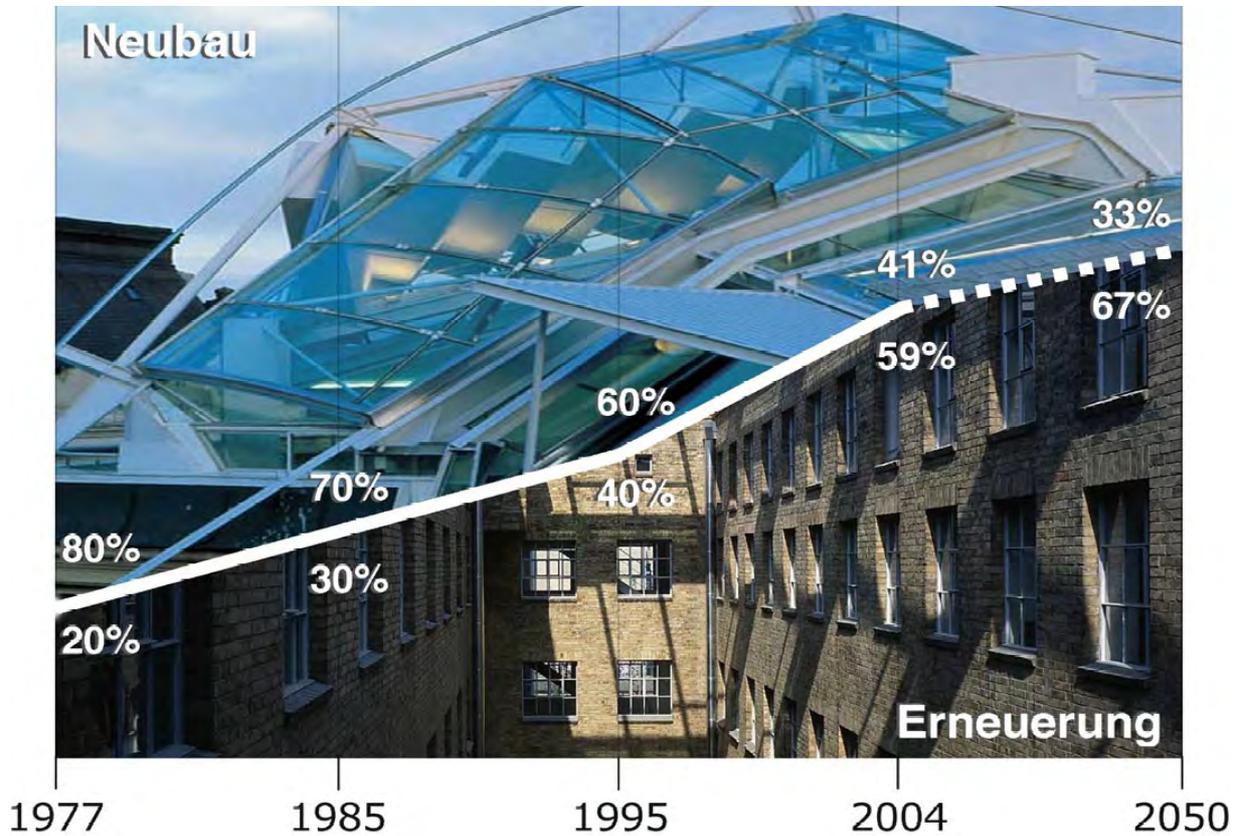


Abbildung 1: Verteilung der Gesamtinvestitionen im Baubereich in Neubau und Erneuerung über der Zeit (Quelle: DIB, 7/8-2006)

2. Einfluss des Entwurfes auf die Um- und Rückbaubarkeit von Konstruktionen

Die Um- und Rückbaubarkeit muss bereits in der Entwurfsphase beachtet werden. Die Entwurfsphase bietet das größte Potential zur besseren Nutzung der Ressourcen in Hinblick auf nachhaltiges Bauen. Auch für die Berechnung der Gesamtkosten eines Gebäudes (Lebenszykluskosten) sind die Kosten der Um- und Rückbaubarkeit entscheidend. Eine lebenszyklusgerechte Planung von Bauwerken beinhaltet neben dem Entwurf auch die Möglichkeiten zur Verlängerung der Nutzungsdauer sowie die Um- und Rückbaubarkeit. Diese Aspekte stehen in vielen Fällen in Einklang miteinander.

Aus TQ- Total Quality (Bewertungstool des österreichischen Ökologie-Instituts):

„Die Einsparung von Energie bedeutet nicht nur weniger Emissionen, sondern auch weniger Betriebskosten, und die Einsparung von Abfällen bei der Errichtung oder beim Rückbau von Gebäuden spart nicht nur Umweltbelastungen, sondern auch Entsorgungskosten“. [3 S. 367]

2.1. Kosten

In der Entwurfsphase sollte bei der Ermittlung der Kosten das Ziel die Minimierung der Lebenszykluskosten sein.

Die zu erwartenden Kosten für den Um- und Rückbau von Bauwerken sind zu ermitteln und auf die Nutzungsdauer umzulegen.

Die Lebenszykluskosten können als Gesamtwert oder als jährliche Durchschnittskosten ermittelt werden. Die jährlichen Durchschnittskosten können als Kennwerte für die Planung vergleichbarer Objekte herangezogen werden.

2.1.1. Lebenszykluskosten

Die Lebenszykluskosten sind die Gesamtkosten eines Gebäudes von der Errichtung, über die Nutzung bis zur Beseitigung.

Werden nicht nur die Herstellkosten, sondern auch die Folgekosten eines Gebäudes bei der Planung berücksichtigt, können die Lebenszykluskosten minimiert werden, d. h. Planungsziel soll die Minimierung der Herstell- und der Folgekosten (Lebenszykluskosten) sein.

Die Lebenszykluskosten sind gemäß ÖNORM B1801 in Errichtungskosten (ÖNORM B1801-1) und Folgekosten (ÖNORM B1801-2) aufgeteilt. Die Folgekosten werden wiederum in Nutzungs- und Beseitigungskosten aufgeteilt.

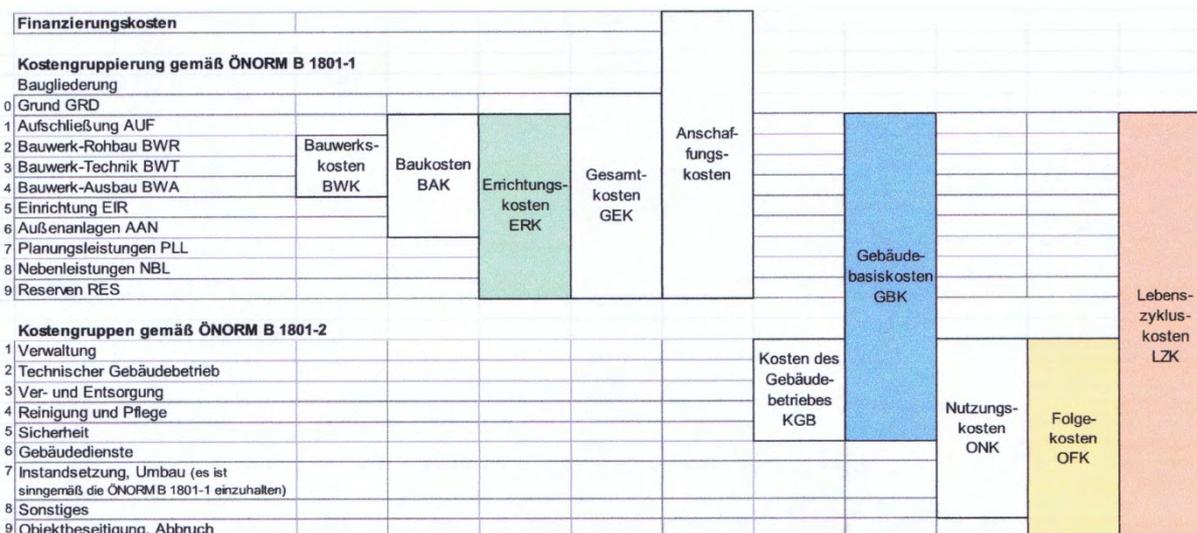


Abbildung 2: Übersicht über Errichtungs-, Nutzungs- und Beseitigungskosten nach Ö-Norm B1801-1 und B1801-2 (Quelle: ÖNORM B 1801-2 Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 2, Wien, Österreichisches Normungsinstitut, 2011)

Ziel der klassischen Projektplanung ist die immer genauer werdende Kostenschätzung bezogen auf die Errichtungskosten. Die Nutzungskosten sind manchmal, die Beseitigungskosten nie angeführt.

2.1.2. Errichtungskosten

Die Errichtungskosten werden nach Ö-Norm B 1801-1 unterteilt in: Kosten für Aufschließung, Bauwerk-Rohbau, Bauwerk-Technik, Bauwerk-Ausbau, Einrichtung, Außenanlagen, Planungsleistungen, Nebenleistungen sowie Reserven. Grundkosten sind nicht Teil der Errichtungskosten.

2.1.3. Folgekosten

Die Folgekosten werden in Nutzungs- und Beseitigungskosten unterteilt. Die Nutzungskosten werden nach Ö-Norm B 1801-2 unterteilt in: Kosten für Verwaltung, für den technischen Gebäudebetrieb, für Ver- und Entsorgung, für Reinigung und Pflege, für Sicherheit, für Gebäudedienste, für Instandsetzung und Umbau und für sonstige Kosten (siehe Abbildung 3).

Bei den Beseitigungskosten werden Abbruch, Rückbau, Demontage und Entsorgung berücksichtigt.

In den Folgekosten nach ÖNORM B1801-2 sind in der Kostenhauptgruppe 7 die Instandsetzung und der Umbau sowie in der der Kostenhauptgruppe 9 die Objektbeseitigung und der Abbruch enthalten (siehe Abbildung 3).

Kostenhauptgruppe für	Kostenuntergruppe für
1 Verwaltung	1.1 Verwaltung und Management 1.2 Gebühren, Steuern und Abgaben 1.3 Flächenmanagement 1.4 Sonstiges
2 Technischer Gebäudebetrieb	2.1 Technisches Gebäudemanagement 2.2 Inspektionen 2.3 Wartung 2.4 Kleine Instandsetzung, Reparaturen 2.5 Sonstiges
3 Ver- und Entsorgung	3.1 Energie (Wärme, Kälte, Strom) 3.2 Wasser und Abwasser 3.3 Müllentsorgung 3.4 Sonstige Medien
4 Reinigung und Pflege	4.1 Unterhaltsreinigung 4.2 Fenster- und Glasflächenreinigung 4.3 Fassadenreinigung 4.4 Sonderreinigungen 4.5 Winterdienste 4.6 Reinigung Außenanlagen 4.7 Gärtnerdienste (Rasenpflege, Baum- und Strauchschnitt, Betreuung von Innenpflanzen)
5 Sicherheit	5.1 Sicherheitsdienste (Schließdienste, Bewachung) 5.2 Brandschutzdienste
6 Gebäudedienste	6.1 Hauspost (Verteilung der Post im Haus) 6.2 Kommunikations- und Informationstechnik 6.3 Umzüge – interne Transporte, Hausarbeiterdienste 6.4 Empfang und interne Bürodienste 6.5 Gastroservice 6.6 Sonstige Dienste
7 Instandsetzung, Umbau	7.1 Große Instandsetzung 7.2 Verbesserung und Umnutzung
8 Sonstiges	8.1 Sonstiges
9 Objektbeseitigung, Abbruch	9.1 Planung und Organisation 9.2 Abbruch und Entsorgung 9.3 Herstellung des Vertragszustands

Abbildung 3: Kostenhauptgruppen der ÖNORM B1801-2 (Quelle: ÖNORM B 1801-2 Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 2, Wien, Österreichisches Normungsinstitut, 2011)

Abbildung 4 zeigt typische Folgekosten pro Jahr in Prozent der Errichtungskosten. Die Folgekosten für Schulen, Kindergärten oder Krankenhäuser überschreiten nach ca. 4 Jahren die Errichtungskosten, die Folgekosten von Bürogebäuden nach ca. 12 Jahren und von Wohnbauten nach ca. 50 Jahren.

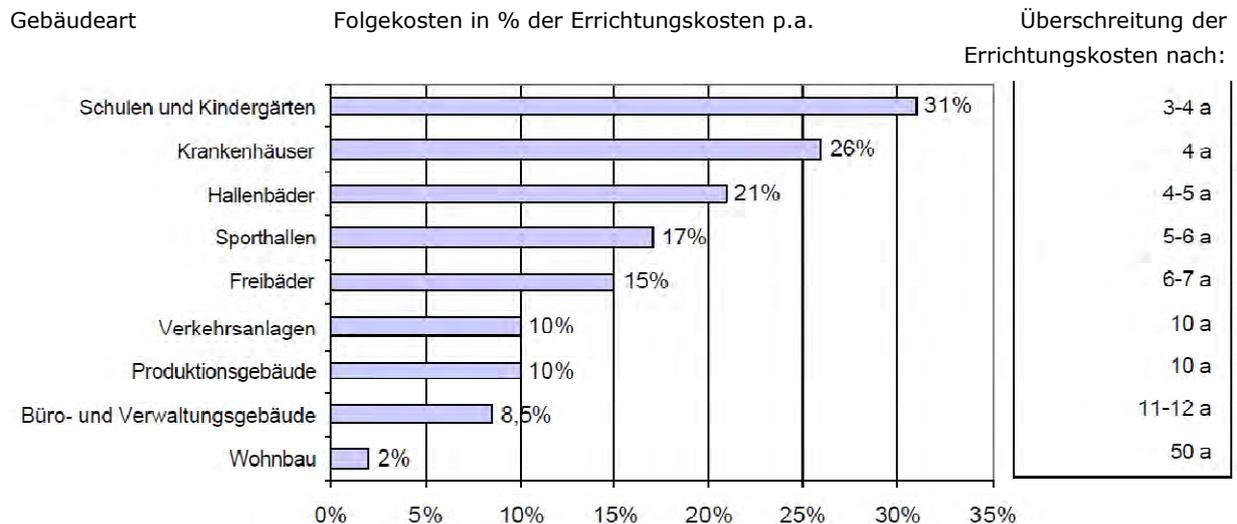
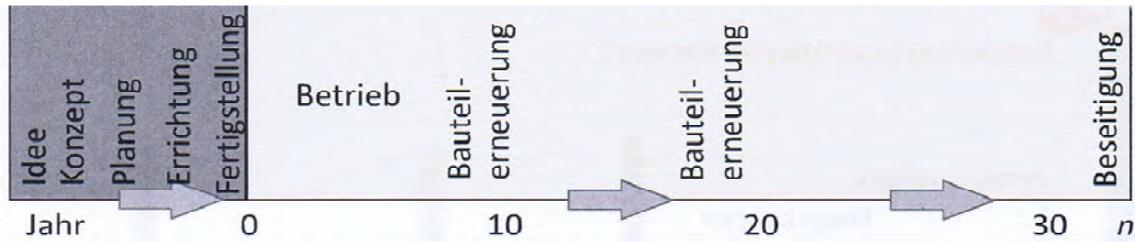
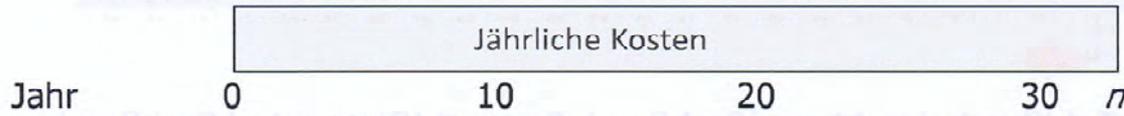


Abbildung 4: Nutzungsbedingte Folgekosten von Wohn- und Bürobauten (Quelle: Jodl, Hans Georg, Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Wien: Planung ist billig – billige Planung kostet: Gesamtkostenbetrachtung über die Nutzungsdauer, Wien, 2000)

Abbildungen 5 und 6 sagen aus, dass bei den Folgekosten eines Gebäudes **jährliche Kosten** (wie z. B. Verwaltung, technischer Gebäudebetrieb, Gebäudedienste, Ver- und Entsorgung sowie Reinigung und Pflege) und **mehrfürliche Kosten** unterschieden werden können. Diese mehrjährigen Kosten enthalten oftmals, nach bestimmten Bauteillebenszyklen, die Instandsetzungs- und Umbaukosten, sowie einmalig die Rückbaukosten.



Jährliche Kosten



Mehrjährige Kosten

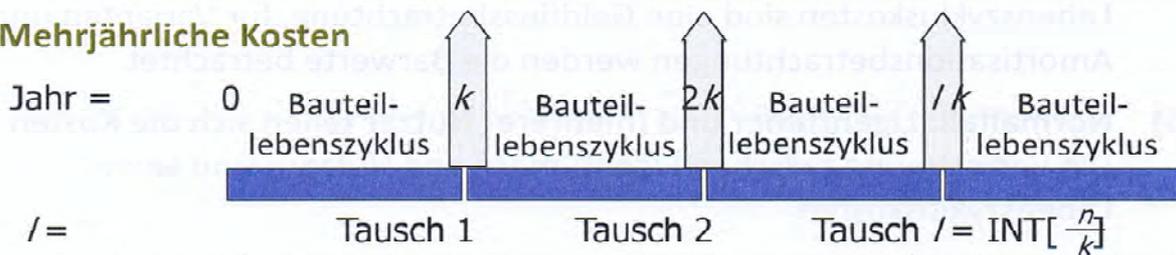


Abbildung 5: Jährliche und mehrjährige Kosten (Quelle: Floegl, Helmut; Ilg, Monika; Mötzl, Hildegund: Ökonomische und ökologische Lebenszyklusanalyse, Arch+Ing Akademie, Wien, 2013)

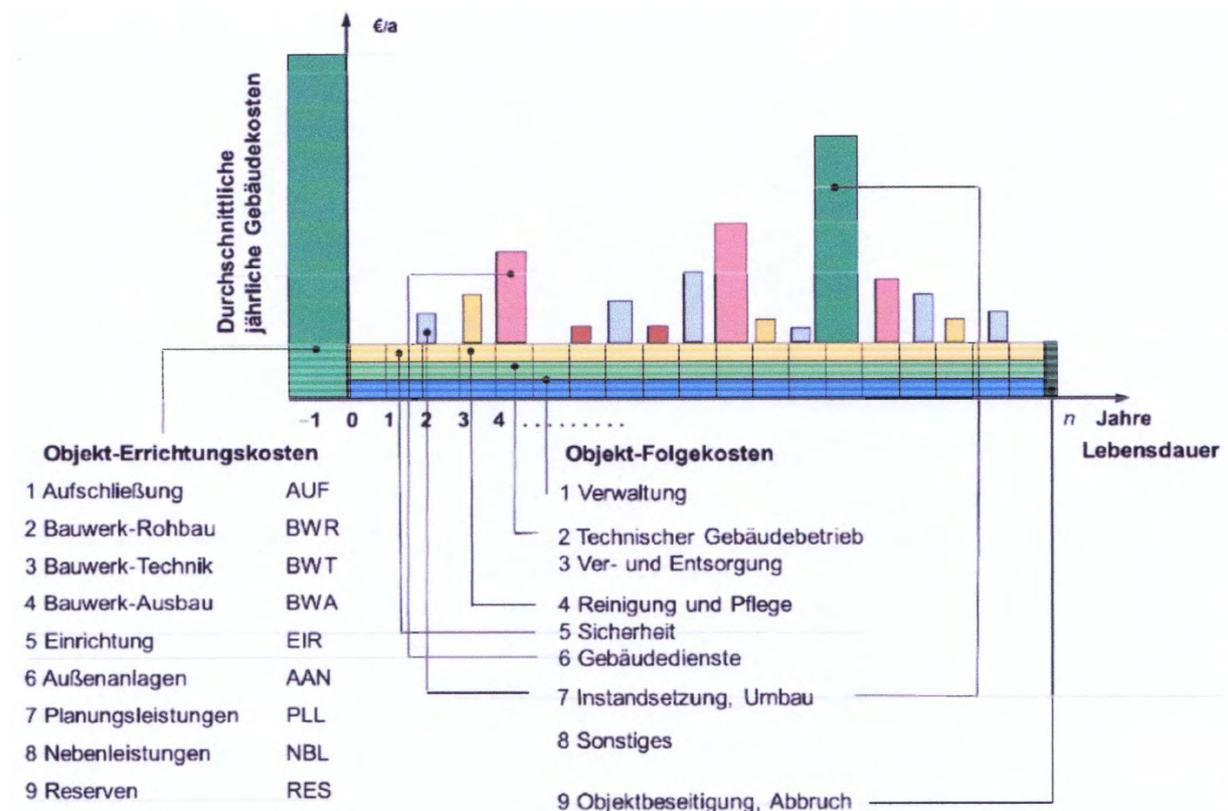


Abbildung 6: Struktur der Lebenszykluskosten (Quelle: ÖNORM B 1801-2 Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 2, Wien, Österreichisches Normungsinstitut, 2011)

2.1.4. Ermittlung der Lebenszykluskosten nach TQ und Lekos

Für die Ermittlung der Lebenszykluskosten gibt es am Markt verschiedene Programme, hier werden zwei Programme kurz vorgestellt.

Ermittlung der Lebenszykluskosten nach TQ, nach folgender Formel:

$$=AK + NK * (1 + MKR/100)/(1+ KZ/100) * (((1+ MKR/100)/(1+ KZ/100))^ND - 1)/((1+MKR/100)/(1+KZ/100)-1))+BK*((1+MKR/100)/(1+KZ/100))^ND$$

AK	Summe aller Anschaffungskosten in Euro
NK	Nutzungskosten in Euro/Jahr
MKR	Mittlere Kostensteigerungsrate der Nutzungskosten in % pro Jahr
KZ	Kalkulatorischer Zinssatz
ND	Nutzungsdauer in Jahren
BK	Beseitigungskosten in Euro

Formel 1: Lebenszykluskosten (Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut und Kanzlei Dr. Bruck, TQ- Total Quality Planung und Bewertung, Kapitel 9 Kosten, Wien, 2002)

Die Anschaffungskosten können von Kostenfeststellungen abgerechneter Bauwerke übernommen werden, die Folgekosten müssen angenommen werden, können aber von bestehenden, gleichwertigen Bauwerken übernommen werden. Der größte Unsicherheitsfaktor bei der Ermittlung der Lebenszykluskosten ist die Abschätzung der Beseitigungskosten, da diese Kosten erst nach Ende der Nutzungsdauer von Bauwerken anfallen. [3]

Ermittlung der Lebenszykluskosten nach LEKOS

Ein weiteres Programm zur Berechnung der Lebenszykluskosten ist das Lebenszykluskostenmodell **LEKOS** von Herrn Dipl. Ing. Dr. Floegl von der Donau-Universität Krems. Es ist ein detailliertes und umfassendes Rechenmodell zur einfachen und schnellen Berechnung der Lebenszykluskosten. Die Ergebnisse sind Entscheidungshilfen aufgrund der zu erwartenden Betriebskosten sowie der ökonomischen Nachhaltigkeit.

Eingabewerte sind:

allgemeine Flächengrößen wie Bruttogeschoßflächen (BGF), Bruttorauminhalt (BRI), Nettogeschoßflächen (NGF), Nutzflächen (NF) und Grundstücksflächen

Errichtungskosten werden gemäß der Aufteilung in der ÖNORM B 1801-1 ermittelt und eingegeben.

Flächen zur Berechnung der Folgekosten wie z. B. Fassadenflächen, Nutzflächen, Verkehrsflächen und Sanitärflächen

Parameter wie Anzahl der Aufzüge und Aufzugsstationen

finanzielle Parameter wie Preissteigerungsraten, Verbraucherpreise, Energiepreissteigerungen, lohnintensive Leistungen und die Verzinsung

Parameter Verwaltung und Technik wie Verwaltungskosten, Kosten für den technischen Gebäudebetrieb, für Wartung und Instandsetzung

Parameter Ver- und Entsorgung für Energie, Aufzüge, Wasser und Abwasser und Müll

Parameter Reinigung

Parameter Gebäudedienste für Umzüge und Sicherheit

Parameter Instandsetzung für die große Instandsetzung und Ausmalen

Parameter Abbruch und Entsorgung für Bauteilzusammensetzungen, Abbruchkosten, Entsorgungskosten, Herstellung des Urzustandes

Im Folgenden wird anhand eines Beispiels näher auf die Ergebnisse dieser Lebenszyklusberechnung eingegangen. Betrachtet wird ein flächeneffizientes Bürogebäude mit einer Bruttogeschoßfläche von ca. 4.100 m² und einer kalkulierten Lebensdauer von 36 Jahren. Angenommen wird eine allgemeine Preissteigerung von 3,3% pro Jahr, eine Preissteigerung für Lohnkosten von 4,5% und für Energiekosten von 6,0% pro Jahr.

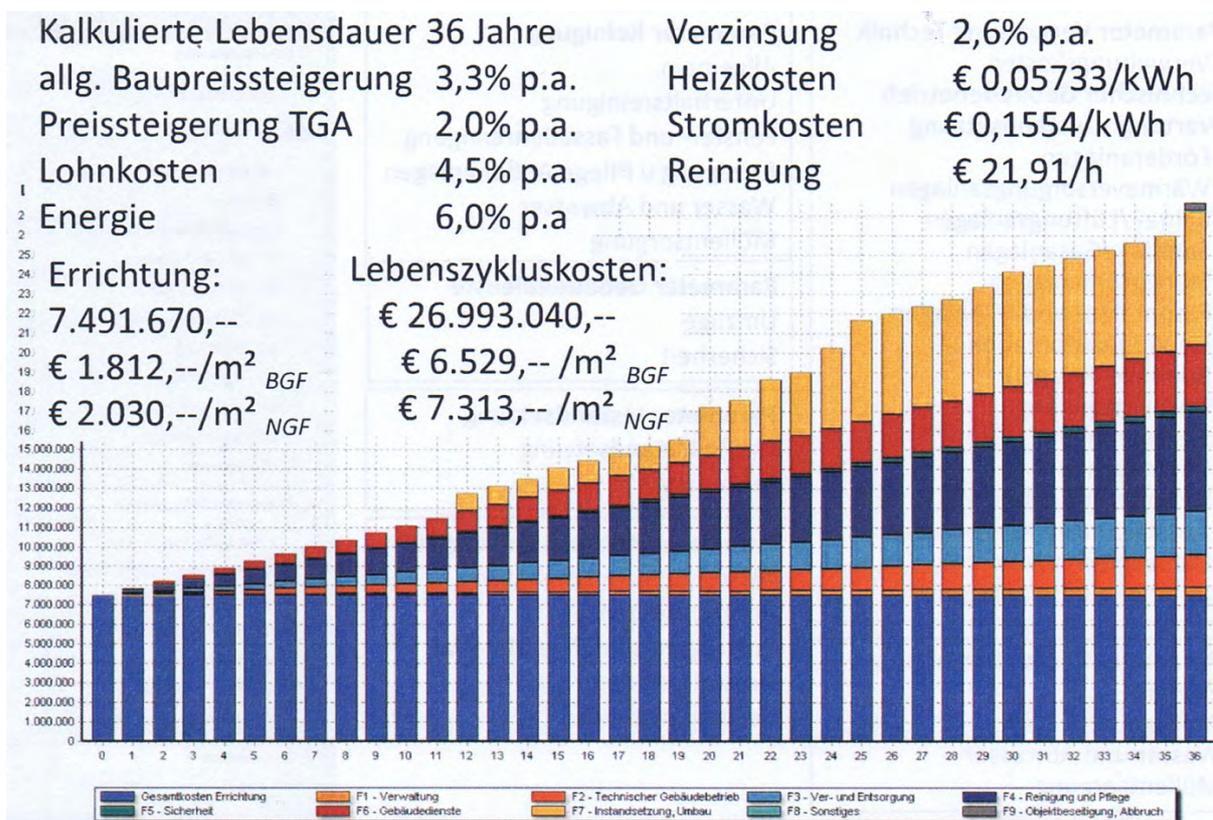


Abbildung 7: Lebenszyklusberechnung nach LEKOS (Quelle: Floegl, Helmut; Ilg, Monika; Mötzl, Hildegund: Ökonomische und ökologische Lebenszyklusanalyse, Arch+Ing Akademie, Wien, 2013)

Wie aus Abbildung 7 ersichtlich, machen die Lebenszykluskosten nach 36 Jahren ca. das 4-fache der Errichtungskosten aus, wobei der Anteil für Instandsetzung, Umbau, Objektbeseitigung und Entsorgung ca. 26% der gesamten Lebenszykluskosten ausmacht.

Bei Errichtungskosten in dieser Größenordnung (ca. € 7,5 Mio.) liegt der Anteil der Planungskosten gemäß HOA 2002 bei ca. 6% der Errichtungskosten. Der Anteil der Planungskosten umgerechnet auf die Lebenszykluskosten beträgt demnach nur mehr ca. 1,6 %.

2.1.5. Anteil der Planungskosten an den Lebenszykluskosten

Gemäß TQ liegt der Anteil der Planungshonorare an den Errichtungskosten je nach Gebäudeart im Bereich von 5 bis 15%. Eine typische Kostenverteilung eines Bürobaus (mit einem Honoraranteil von 5,5%) zeigt Abbildung 8. [4]

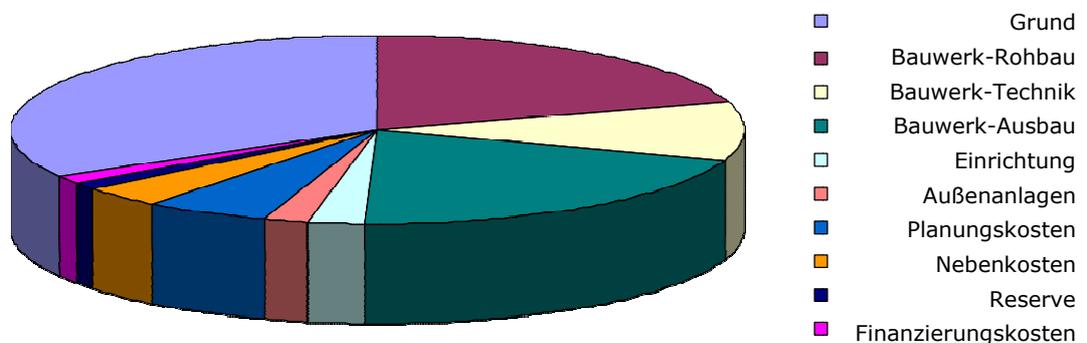


Abbildung 8: Anteil der Planungskosten an den Anschaffungskosten (Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut und Kanzlei Dr. Bruck, TQ- Total Quality Planung und Bewertung, Kapitel 6 Planungsqualität, Wien, 2002)

Betrachtet man „die geschätzten Lebenszykluskosten dieses Objekts (bezogen auf die Preisbasis zum Errichtungszeitpunkt) liegt der Anteil der Planungskosten in einer Größenordnung von rund 1 % und der Folgekostenanteil bei rund 78 %“ [4 S. 323] (siehe Abbildung 9).

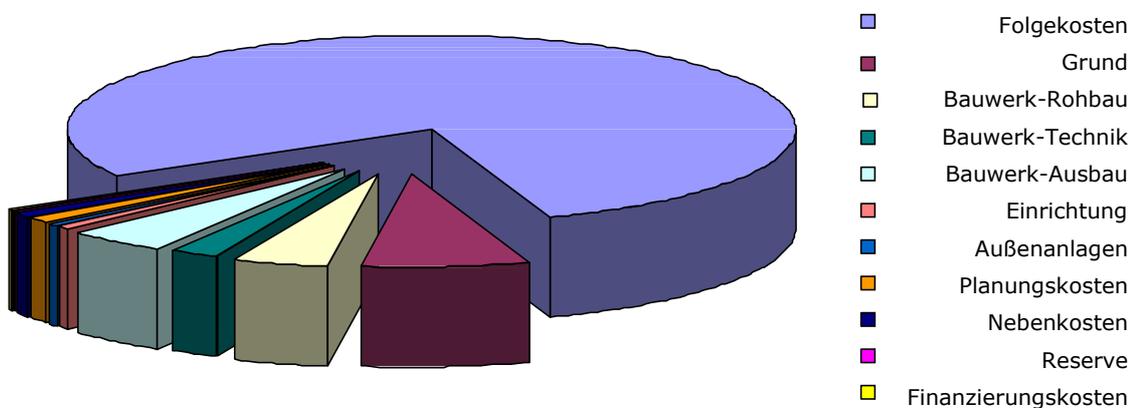


Abbildung 9: Anteil der Planungskosten umgerechnet auf die geschätzten Lebenszykluskosten. (Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut und Kanzlei Dr. Bruck, TQ- Total Quality Planung und Bewertung, Kapitel 6 Planungsqualität, Wien, 2002)

Aus den Berechnungen von Kapitel 2.1.4. und Kapitel 2.1.5 kann man schließen, dass bei einer detaillierteren Planung zwar die Planungskosten steigen, dies aber bezogen auf die Gesamtkosten nur einen geringen Prozentsatz ausmacht. Die detailliertere Planung würde die Lebenszykluskosten im Hinblick auf Betriebs-, Um- und Rückbaukosten aber erheblich senken.

In der Entwurfsphase liegt das Hauptaugenmerk von PlanerInnen und AuftraggeberInnen meist auf den Errichtungskosten, obwohl – betrachtet man den Lebenszyklus eines Gebäudes – die Nutzungs- und Beseitigungskosten einen Großteil der Lebenszykluskosten ausmachen. Bei Wohn- und Bürobauten entfallen, wie Abbildung 8 und 9 zeigen, nur 20 bis 30 Prozent der Lebenszykluskosten auf die Errichtungskosten, 70 bis 80 Prozent entfallen auf die Betriebs- und Beseitigungskosten. [4]

2.2. Nutzungsdauer von Gebäuden

Definition Lebensdauer und Nutzungsdauer

Die Lebensdauer bzw. Nutzungsdauer von Gebäuden oder Bauteilen wird im Endbericht „Erweiterung des OI3-Index um die Nutzungsdauer von Baustoffen und Bauteilen“ vom IBO Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie wie folgt definiert:

*„Die **Lebensdauer** (service life) ist also jener Zeitraum, der sich von der Errichtung eines Gebäudes oder eines seiner Teile bis zum Verlust der funktionalen Anforderungen dieser erstreckt.“ [5 S. 8]*

*„Unter **Nutzungsdauer** ist die Zeitspanne vom Einbau bis zum Ersatz eines Bauteils oder Gebäudes zu verstehen, wobei diese möglicherweise ihre Funktion noch erfüllt, allerdings - den wirtschaftlichen,- den ästhetischen,- den Komfort,-,- den Energiespar,-,- oder wohnhygienischen Ansprüchen des Nutzers nicht mehr entspricht,- als nicht mehr „modern“ empfunden wird oder- im Zuge eines Umbaus ausgetauscht wird.“ [5 S. 9]*

Durch die Verlängerung der Nutzungsdauer von Gebäuden verringern sich die jährlichen durchschnittlichen Lebenszykluskosten.

Die durchschnittliche Nutzungsdauer von Gebäuden beträgt meist nur wenige Jahrzehnte. Bei Wohnbauten liegt sie zwischen 50 und 80 Jahren, bei Bürobauten zwischen 30 und 50 Jahre und bei Gewerbebauten – bedingt durch den buchhalterischen Abschreibungszeitraum von 10 Jahren – oft nur bei 10 bis 20 Jahren.

Gemäß „Abfallvermeidung im Bausektor, Bewertung gängiger Konstruktionen und Baustoffe“ wird die Nutzungsdauer von technischen und ökonomischen (Instandhaltung, Finanzierung) und ästhetischen (Mode, Farbe, Material) Faktoren beeinflusst.

„Eine eindeutige Festlegung der Nutzungsdauer ist auch bei regelmäßiger Wartung eher schwierig, da z. B. die Gründe für einen Austausch oft willkürlich und daher auch nicht einzuplanen sind. Funktionierende Teile werden oft aus ästhetischen oder finanziellen

Überlegungen ausgewechselt. Hohe bzw. übertriebene Anforderungen vor allem an die Ästhetik führen zu einer starken Verkürzung der Nutzungsdauer." [6 S. 4-5]

Die angenommene Nutzungsdauer von Bauwerken spielt bei der Ermittlung der jährlichen, durchschnittlichen Lebenszykluskosten eine große Rolle, die anteiligen Kosten für den Rückbau halbieren sich bei doppelter Nutzungsdauer.

Tabelle 1 zeigt einen Auszug der durchschnittlichen Nutzungsdauer von Gebäuden.

Einfamilienhäuser	60 – 100 Jahre
Fertighaus in Massivbauweise	60 – 80 Jahre
Fertighaus in Fachwerk- und Tafelbauweise	60 – 70 Jahre
Siedlungshaus	50 – 60 Jahre
Holzhaus, Massivhaus	50 – 60 Jahre
Mietwohngebäude freifinanziert	60 – 80 Jahre
sozialer Wohnungsbau	50 – 70 Jahre
Verwaltungs- und Bürogebäude, Schulen, Kindergärten	50 – 80 Jahre
Gewerbe- und Industriegebäude	40 – 60 Jahre
Tankstellen	10 – 20 Jahre
Einkaufszentren/SB-Märkte	30 – 50 Jahre
Hotels/Sanatorien/Kliniken	40 – 60 Jahre

Tabelle 1: Die wirtschaftliche Nutzungsdauer von Gebäuden (Auszug) (Quelle: Kleiber, Wolfgang; Simon, Jürgen; Weyers, Gustav: Verkehrswertermittlung von Grundstücken. 3. Aufl. Köln : Bundesanzeiger, 1998. - S. 2123)

2.3. Flexibles Nutzungskonzept, flexibles Bauen

Die Nutzungsdauer eines Bauwerks oder von Bauteilen kann durch die Adaptierbarkeit an neue Nutzungen verlängert werden. Das Ausmaß an erreichbarer Flexibilität ist aber vor allem im Wohnbau durch Schall- und Brandschutzanforderungen begrenzt.

Die Adaptierbarkeit kann im Planungsprozess durch folgende Maßnahmen berücksichtigt werden:

- Trennung von Tragkonstruktion und Ausbau
- Trennung von Tragkonstruktion und Installationen
- Verwendung lösbarer Verbindungen
- Verwendung modularer Systeme
- Ausbau-Elemente mit kürzeren Nutzungsdauern sollen ohne Zerstörung der Rohbauteile austauschbar sein.
- Verwendung standardisierter Elemente (Installationsschächte, Nasszellen,..)
- Große Raumhöhen (größer gleich 2,75 m)

- Grundrissflexibilität besteht vor allem darin, Umfassungswände und tragende Bauteile so anzuordnen, dass sie Änderungen der Raumaufteilung möglichst wenig behindern, sowie Deckenkonstruktionen so zu dimensionieren, dass zusätzliche Zwischenwände errichtet oder bestehende Zwischenwände versetzt werden können.
- keine Gas-, Wasser- oder Elektro-Versorgungsleitungen in nicht fixen Zwischenwänden
- Verwendung flexibler BUS-Systeme
- Einplanung ausreichender Kapazitäten an Leerverrohrungen und Versorgungsschächten
- Verwendung beständiger Bauteilkomponenten, Beachtung von Lebensdauer und Reparaturfähigkeit
- Räume mit temporärer Funktion (Kinderzimmer, Arbeitszimmer) an Wohnungstrennwände legen, um Wohnungserweiterungen oder -verkleinerungen problemlos durchführen zu können
- Küche, Bad und WC bilden den Wohnungskern
- Räume ähnlicher Funktion gruppieren, Anschlüsse für spätere Änderungen bzw. Umnutzungen vorsehen, Verbindungsmöglichkeiten zwischen den Räumen einplanen
- Änderungen an Nutzerverhalten und Anforderungen an Gebäuden vorhersehen, Gebäude entwerfen, die diese Änderungen einfach erreichen können

Das folgenden Beispiel eines Einzelzimmers zeigt, wie durch die Größe des Zimmers und die richtige Lage von Fenstern und Türen auf zukünftige Änderungen eingegangen werden kann.



Abbildung 14: Flexibles Nutzungskonzept (Quelle: Preisig, H.R.; Dubach W.; Kasser, U.; Viriden K.: Von der Ökologischen Konstruktionspraxis - A-Z Handbuch für Kostenbewusste Clients, Winterthur)

2.4. Rückbaugerechte Ausschreibung

In der Ausschreibung bzw. im Leistungsverzeichnis muss dafür gesorgt werden, dass die in der Planung erarbeiteten Grundsätze für die Um- und Rückbaubarkeit in der Errichtung sowie bei Nutzung und Rückbau umgesetzt werden.

Für eine gute Rückbaubarkeit müssen Bauteile, Materialien und deren Verbindungen im Leistungsverzeichnis genau definiert werden. Es wird derzeit zum Beispiel bei den Zimmerer-Standardpositionen der Leistungsbeschreibung Hochbau die Befestigungsart von Holzschalungen nicht extra definiert. Üblicherweise werden Schalungen und Lattungen mit Stahlklammern befestigt, eine rückbaubare Befestigung mit Schrauben muss extra definiert werden.

Grundsätze der Um- und Rückbaubarkeit in der Nutzungsphase sind in Leistungsverzeichnissen zu definieren, wie z. B. Zugänglichkeiten für Wartungsarbeiten oder Wartungsverträge bei haustechnischen Anlagen.

Ausschreibungen für öffentliche Auftraggeber müssen nach Bundesvergabegesetz (BVerG) und anhand der Leistungsbeschreibung Hochbau, Version 19 (LB-HB019) erstellt werden. Das Institut für Baubiologie und -ökologie hat in Zusammenarbeit mit „ÖkoKauf Wien“ und dem „Servicepaket nachhaltig Bauen für Kommunen“ die Standardpositionen der LB-HB019 nach ökologischen Kriterien (möglichst umweltfreundliche Produkte, schadstoffarm hergestellt, gute Innenraumluftqualität) bewertet. Positiv bewertete Positionen sind GRÜN markiert, Positionen, die die ökologischen Kriterien nicht erfüllen, sind ROT markiert und sollen nicht verwendet werden. Positionen die nur bedingt angewendet werden sollen, sind ORANGE markiert.

2.5. Conclusio

Aus den Berechnungen von Kapitel 2.1.4. "Ermittlung der Lebenszykluskosten nach TQ und Lekos" und Kapitel 2.1.5 " Anteil der Planungskosten an den Lebenszykluskosten" kann man schließen, dass bei einer detaillierteren Planung zwar die Planungskosten steigen, dies aber bezogen auf die Gesamtkosten nur einen geringen Prozentsatz ausmacht. Die detailliertere Planung würde die Lebenszykluskosten im Hinblick auf Betriebs-, Um- und Rückbaukosten erheblich senken.

Die größten Entscheidungs- und Optimierungsmöglichkeiten bezüglich Um- und Rückbaukosten sowie der Lebenszykluskosten bestehen in der Planungsphase.

3. Einfluss des Konstruktionsprinzips auf die Um- und Rückbaubarkeit von Konstruktionen

3.1. Grundsätze für um- und rückbaubares Konstruieren

- Gebäude müssen für verschiedene Nutzungsmöglichkeiten adaptierbar sein, sowohl das Gebäude als Ganzes als auch Teile davon.
- Die Gebäude müssen entsprechend ihrer erwarteten Lebensdauer konzipiert sein.
- Alle Komponenten, die während der Lebenszeit eines Gebäudes repariert oder ersetzt werden müssen, müssen über einfach lösbare Verbindungen leicht zugänglich sein.
- Die Verwendung von langlebigen Bauteilen, die wiederverwendet werden können, ist anzustreben.
- Verbundelemente, sowie das Verwenden von nicht lösbaren Klebstoffen sollte vermieden werden.
- Materialien, die beim Rückbau gesundheitsgefährdend sind, müssen vermieden werden.
- Oberflächen, die schnell abgenützt werden, sollen separat von der Tragstruktur ersetzt werden können.

3.2. Verbindungen

Von Verbindungen spricht man, wenn zwei Teile fest miteinander verbunden sind und es keine Beweglichkeit zwischen den Teilen gibt (im Gegensatz zu Gelenken, die Beweglichkeit zwischen zwei Teilen ermöglichen).

Verbindungen sind der wichtigste Aspekt der Gestaltung für die Rückbaubarkeit. Die Art der Verbindung zwischen Bauelementen bestimmt, ob diese erfolgreich rückgebaut werden können.

Mechanische Verbindungselemente und lösbare Klebstoffe ermöglichen eine schnelle und saubere stoffliche Verwertung und verbesserte Wiederverwendbarkeit und verringern die Rückbaukosten.

Verbindungen lassen sich nach ihrer Verbindungsart in **formschlüssige**, **kraftschlüssige** und **stoffschlüssige** Verbindungen einteilen.

3.2.1. Verbindungsarten

Formschlüssige Verbindung

Bei formschlüssigen Verbindungen werden zwei Bauteile durch ihre Formgebung oder durch Verbindungselemente miteinander verbunden, es lassen sich unterschiedliche Werkstoffe miteinander verbinden. Die Verbindung ist leicht (und auch mehrmals) zu lösen.

Beispiele sind Schnapp- und Spannverbindungen, Nietverbindungen, Klauenkupplungen, eine nur auf Zug- oder Abscheren beanspruchte Schraubverbindung, Nut-Federverbindungen und Schwalbenschwanzverbindungen.

Kraftschlüssige Verbindung

Bei einer kraftschlüssigen Verbindung werden Bauteile durch die Übertragung von Druck- und Reibungskräften miteinander verbunden.

Es ist eine einfache und kostengünstige Verbindung, unterschiedliche Werkstoffe lassen sich miteinander verbinden.

Beispiele sind vorgespannte Schraubverbindungen, Nagelverbindungen, Bolzenverbindungen, Magnet- und Klettverbindungen.

Stoffschlüssige Verbindung

Bei einer stoffschlüssigen Verbindung werden Bauteile durch atomare oder molekulare Kräfte miteinander verbunden. Es ist eine nicht lösbare Verbindung. Es ist eine einfache und kostengünstige Verbindung.

Beispiele sind Lötverbindungen, Schweißverbindungen und Klebeverbindungen.

3.2.2. Lösbarkeit von Verbindungen

Für die Rückbaubarkeit ist es wichtig, ob Verbindungen **lösbar**, **bedingt lösbar** oder **unlösbar** sind.

- **Lösbare Verbindungen** können beliebig oft de- und wiedermontiert werden, zum Beispiel Schraubverbindungen.
- Bei **bedingt lösbaren** Verbindungen unterscheidet man 2 Arten:
 - 1) Bei der Lösung der Verbindung wird eines der beiden Bauteile verformt, kann aber wieder zurückgeformt werden.
 - 2) Bei der Lösung der Verbindung wird das Verbindungsmittel verformt (zum Beispiel Nietverbindungen).
- Bauteile mit **nicht lösbaren** Verbindungen werden zerstört, wenn sie voneinander getrennt werden. Beispiele sind Schweißungen oder nicht lösbare Klebungen.

Bei form- und kraftschlüssigen Verbindungen handelt es sich meist um lösbare bzw. bedingt lösbare Verbindungen, während stoffschlüssige Verbindungen meist unlösbare Verbindungen sind.

Nur lösbare bzw. bedingt lösbare Verbindungen sind für die Rückbaubarkeit von Konstruktionen geeignet.

Im Folgenden werden die Vor- und Nachteile einzelner Verbindungsarten aufgezeigt.

3.2.3. Verbindungsart – Schraubverbindung

Schraubverbindungen zählen zu den kraftschlüssigen, lösbaren Verbindungen. Der Vorteil dieser Verbindung liegt in der leichten, schnellen und zerstörungsfreien Lösung der Verbindung und der damit verbundenen Bauteile. Bauteile können wiederverwendet werden.

Nachteil dieser Verbindung bei Wiederverwendung von geschraubten Bauteilen sind die vorhandenen Schraublöcher sowie die Kosten für Verbindungsmaterial und Herstellung der Schraublöcher.

Beispiel für Schraubverbindungen: Stahl-Skelettbau



Abbildung 10: Schraubverbindungen (Quelle: <http://www.bauforumstahl.de>)

3.2.4. Verbindungsart – Bolzenverbindung

Bolzenverbindungen zählen zu den kraftschlüssigen, lösbaren Verbindungen.

Der Vorteil dieser Verbindung liegt in der zerstörungsfreien Lösung der Verbindung und der damit verbundenen wiederverwendbaren Bauteile. Die Verbindungsmittel können standardisiert werden, wobei nur die Bolzenanzahl variabel ist. Das Verbindungsmittel ist bündig mit dem zu verbindenden Bauteilen.

Nachteile dieser Verbindung sind, dass sich Bolzen festfressen können, die schwierige Entfernung sowie die Kosten für Verbindungsmaterial und Herstellung der Bolzenlöcher.

Beispiele für Bolzenverbindungen: Ingenieurmäßiger Holzbau, wobei die Holzbauteile mit Stahlblechen und Stahlbolzen verbunden werden.



Abbildung 11: Bolzenverbindung (Quelle: http://www.graf-holztechnik.at/at/index/produktion/bsb_verbindungen)

Graf-Holzbau,

<http://www.graf-holztechnik.at>

3.2.5. Verbindungsart – zimmermannsmäßige Holzverbindung

Zimmermannsmäßige Holzverbindungen sind formschlüssige, lösbare Verbindungen, die im traditionellen Holzbau verwendet werden. Es werden zwei Holzteile verbunden, indem in beiden Holzteilen je eine positive und negative räumliche Form eingearbeitet wird. Sie können ohne Schrauben, Nägel, Kleber oder Nagelplatten, wie sie im ingenieurmäßigen Holzbau verwendet werden, Kräfte übertragen.

Der Hauptvorteil dieser Verbindungsart liegt in der leichten Lösbarkeit.

Nachteil dieser Verbindung ist die arbeitsintensive Herstellung.

Beispiele von zimmermannsmäßigen Holzverbindungen sind:

- Längenverbindungen als Blattstoß, Zapfenstoß, Zapfenblattstoß, gerades Hakenblatt oder Schwalbenschwanzzapfen
- Querverbindungen als einfacher und abgesetzter Zapfen, einfaches Blatt, einfacher Zapfen, gerader und schräger Brustzapfen
- Eckverbindungen als glattes Eckblatt, Druckblatt, Gehrungsstoß, verdecktes Gehrungsblatt, Schrägverbindungen als Stirn- und Fersenversatz, doppelter Versatz sowie Verkämmungen als Schwalbenschwanzkamm, Stufen- und Kreuzkamm

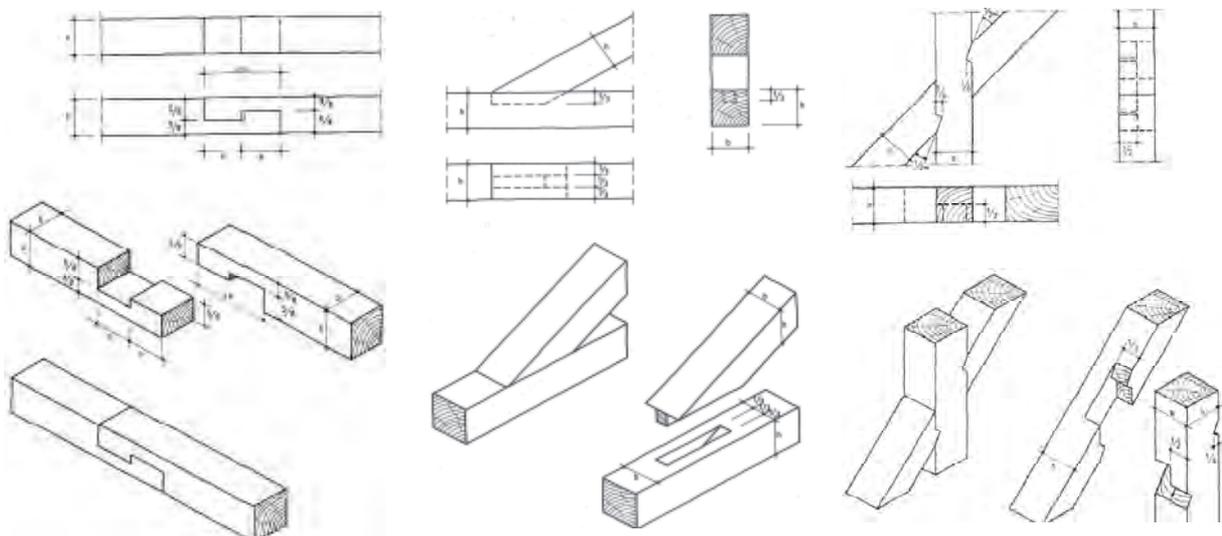


Abbildung 12: Hakenblatt, schräger Zapfen, Kreuzblatt

3.2.6. Verbindungsart – Nagelplatten

Nagelplattenverbindungen zählen zu den kraftschlüssigen, nicht lösbaren Verbindungen. Während Konstruktionen mit zimmermannsmäßigen Verbindungen lösbar sind, sind beim Ingenieurholzbau Verbindungen mit Nagelplatten nicht lösbar.

Vorteile dieser Verbindungen liegen in der schnellen Befestigungsart beim Bau und die geringeren Kosten für Verbindungsmittel, es entfällt die Herstellung von Schraub- oder Bolzenlöcher.

Nachteil dieser Verbindung ist die schwierige Lösung der Verbindung. Verbundene Bauteile werden bei der Lösung zur Gänze zerstört.

Beispiele für Nagelplattenverbindungen sind Nagelplattenbinder für Gebäude mit großen Spannweiten.



Abbildung 13: Nagelplattenverbindung (Quelle: <http://www.payer.de/tropenarchitektur/troparch0452.htm>)



Abbildung 14: Nagelplattenbinder (Quelle: <http://www.opitz-holzbau.de/s296/nagelplattenbinder/nagelplattenkonstruktionen.html>)

3.2.7. Verbindungsart – Nagelverbindung

Nagelverbindungen zählen zu den kraftschlüssigen, bedingt lösbaren Verbindungen.

Vorteile dieser Verbindungen sind die schnelle Befestigungsart beim Bau und die geringen Kosten für Verbindungsmittel, es entfällt die Herstellung von Schraub- oder Bolzenlöchern.

Nachteil dieser Verbindung ist die schwierige Lösung der Verbindung. Verbundene Bauteile werden bei der Lösung teilweise oder zur Gänze zerstört.

Beispiele für Nagelverbindungen sind Trägerstöße im Holzbau.

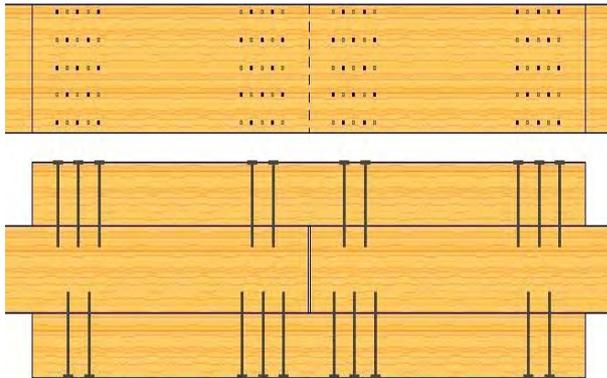


Abbildung 15: Nagelverbindung (Quelle: <http://www.pcae.de>)

3.2.8. Verbindungsart – Reibungsverbindung

Reibungsverbindungen sind kraftschlüssige, lösbare Verbindungen, bei denen die Bauteile durch die Übertragung von Reibungskräften miteinander verbunden sind.

Vorteil: Die Elemente werden bei der Trennung nicht beschädigt.

Nachteil: Schwächung der Struktur durch die Verbindungslöcher

Beispiele für Reibungsverbindungen sind Keilen, Verstiften, Schrauben und Verknoten.

3.2.9. Verbindungsart – Mörtelverbindung

Die Mörtelverbindung ist eine stoffschlüssige Verbindung. Man unterscheidet zwischen Kalkzementmörtel im üblichen Mauerwerkbau und Dünnbettmörtel bei Planziegeln.

Vorteil: Der Mörtel kann unterschiedliche Ziegelstärken ausgleichen.

Nachteil: Bauteile können meist nicht wiederverwendet, sondern nur verwertet werden. Eine Trennung miteinander verbundener Bauteile ist schwierig.



Abbildung 16: Mörtelverbindung (Quelle: <http://www.haus-infos.net/bauen/mauern.php>)



Abbildung 17: Dünnbettmörtelverbindung (Quelle: <http://www.pro-casa-bau.de/index.php?46c5bc2a0a5d6>)

3.2.10. Verbindungsart – Klebeverbindung

Klebeverbindungen sind stoffschlüssige, nicht lösbare Verbindungen. Es können im Gegensatz zum Schweißen auch verschiedenen Werkstoffe miteinander verbunden werden.

Vorteil: Es ist eine starke und effiziente Verbindung. Es lassen sich Oberflächen ohne Verbindungsmittel herstellen.

Nachteil: miteinander verbundene Schichten sind praktisch unmöglich zu trennen, der Kleber und die damit verbundenen Materialien können nicht wiederverwendet oder verwertet werden und müssen entsorgt werden.

Beispiele für Klebeverbindungen im Bauwesen sind unter anderem das Verkleben von Boden- und Wandbelägen, Fliesen, Dämmplatten bei Wärmedämmverbundsysteme sowie Abdichtungsbahnen.

3.2.11. Fügetechniken

Unter Fügen versteht man die Verbindung von getrennten Bauteilen, die zu einer Formänderung führt.

DIN 8593 unterteilt das Fügen in verschiedene Fügeverfahren:

Zusammensetzen durch Schwerkraft (Reiben) ist eine formschlüssige, lösbare Verbindung.

Füllen durch Einbringen von Stoffen in Hohlräume ist eine stoffschlüssige und lösbare Verbindung, z. B. Füllen und Verguss mit Gießharz, Ausschäumen einer Bau- oder Montagefuge.

An- und Einpressen ist eine kraftschlüssige und lösbare Verbindung. Dazu zählen unter anderem Schrauben, Klemmen, Klammern, Nageln, Einschlagen, Verkeilen und Verspannen sowie Pressverbindungen.

Fügen durch Urformen ist eine formschlüssige Verbindung. Dazu zählen unter anderem das Gießen, Druckgießen, Metaldampfen, Spritzgießen und Sintern.

Fügen durch Umformen ist eine formschlüssige Verbindung. Dazu zählen unter anderem Walzen, Schmieden, Prägen, Strang- und Fließpressen, Tiefziehen, Gesenkbiegen, freies Biegen, Walzbiegen, Rundbiegen und Wickeln.

Fügen durch Schweißen ist eine stoffschlüssige, nicht lösbare Verbindung. Dazu zählen alle Arten von Schweißverfahren.

Fügen durch Löten ist eine stoffschlüssige, nicht lösbare Verbindung.

Kleben ist eine stoffschlüssige, nicht lösbare Verbindung.

Textiles Fügen ist eine stoffschlüssige und/oder kraftschlüssige, bedingt lösbare Verbindung, z. B. Nähen und Knüpfen. [7]

3.3. Standardisierte Anschlussdetails und Materialien

Durch die Minimierung der Verbindungen und die Standardisierung der Bauteilabmessungen und Verbindungsarten werden die Bauzeiten und Rückbauzeiten reduziert, Bauteile können wiederverwendet oder verwertet werden. Werkzeuge für die Befestigung und Lösung der Verbindung können standardisiert und somit minimiert werden.

3.4. Vorgefertigte und modulare Bauweisen

Vorgefertigte und modulare Bauweisen mit einfachen, einheitlichen und mechanischen Verbindungen ermöglichen schnelle Montage, Umbau und Rückbau und einen hohen Grad an Wiederverwendung.

3.4.1. Stahlblechcontainer

Weit verbreitet sind normierte, gedämmte Stahlblechcontainer für Büro-, Sanitär- und Lagerräume, die untereinander kombinierbar sind. Vorteile sind die einfach austauschbaren Wandelemente, eine einfache Montage mit Standardwerkzeugen und die jederzeitige Erweiterbarkeit.

Die Container werden oft für temporäre Nutzungen, z. B. als Ersatzquartier bei Um- oder Neubauten, genutzt. Da meist keine massiven Fundamente erforderlich sind, sondern mit

einfachen Holzunterlagen gearbeitet werden kann, sind diese modularen Containerbauten leicht und schnell wieder zu 100% rückbaubar.



Abbildung 18: Schul- und Bürocontainer (Quelle: <http://www.containerland.de>)

3.4.2. Beispiele modularer Bauweisen

Im folgenden werden einige Beispiele für modulare Bauweisen bei Wohngebäuden angeführt.

„Loblolly House“ von KieranTimberlake Architects.

Das aufgeständerte, modulare Wohngebäude wurde vollständig im Werk vorgefertigt. Es besteht aus einer Alu-Rahmenkonstruktion mit Holzwänden. Es wurde innerhalb von sechs Wochen errichtet.



Abbildung 19: Loblolly Haus, Taylors Island, Maryland (Quelle: <http://archrecord.construction.com/news/daily/archives/080107aia/ss1/5.asp>)

„Cellophane House“ von KieranTimberlake Architects

Das Gebäude besteht aus einem verschraubten Aluminiumrahmen. Wände, Decken, Treppen, Fassadenteile und Sanitärinstallationen können über leicht lösbare Klemmverbindungen jederzeit rückgebaut werden. Durch die Standardisierung aller Komponenten können die Bauteile des Gebäudes nach Ende ihrer Lebenszeit jederzeit wiederverwendet werden.

„Jedes Cellophane House entsteht in einem durchgängig computergestützten Entwurfs- und Herstellungsprozess. Auf diese Weise wollen KieranTimberlake gewährleisten, dass alle Komponenten des Gebäudes gleichzeitig und an beliebigen Orten hergestellt werden können, ohne dass ein Gewerk auf die Arbeitsergebnisse des anderen warten müsste. Das virtuelle Gebäudemodell ist dabei die einzige Datenquelle für Detailkonstruktionen, Terminplanung, Teilelisten und Fabrikationszeichnungen. Da für Herstellung und Zusammenbau keine Spezialwerkzeuge erforderlich sind, kann potenziell eine große Zahl an Betrieben am Bau der Häuser partizipieren.“ [8]

„Im Grunde, so KieranTimberlake, bedeutet das „Cellophane House“ die Übernahme der Konstruktionsprinzipien aus der Automobilindustrie ins Bauwesen. In Europa hergestellte Autos müssen schon seit Jahren zu mindestens 95 Prozent recycelt werden. Erreichbar ist diese Marke nur, weil alle Teile standardisiert sind und jeweils zu Tausenden hergestellt werden – und weil die Präzision der Herstellungsverfahren einen weitgehenden Verzicht auf nicht lösbare Verbindungen möglich macht.“ [8]



Abbildung 20: Cellophane House (Quelle: <http://www.viahouse.com/2010/09/cellophane-house-a-modern-prefab-architecture/cellophane-house-a-modern-prefab-architecture-overview/>)

Nomad Home

„Nomad Home“ ist ein modulares System für Wohngebäude mit 11 m²-Modulen. Die Module sind erweiterbar, austauschbar und veränderbar. Jedes Modul besteht aus ökologisch hochwertigen Baumaterialien in Sandwichbauweise und einer Stahlskelettkonstruktion mit integrierter Haustechnik. Das „Nomad Home“ kann innerhalb weniger Tage auf- und abgebaut und mit Standard-Lastkraftwagen transportiert werden.

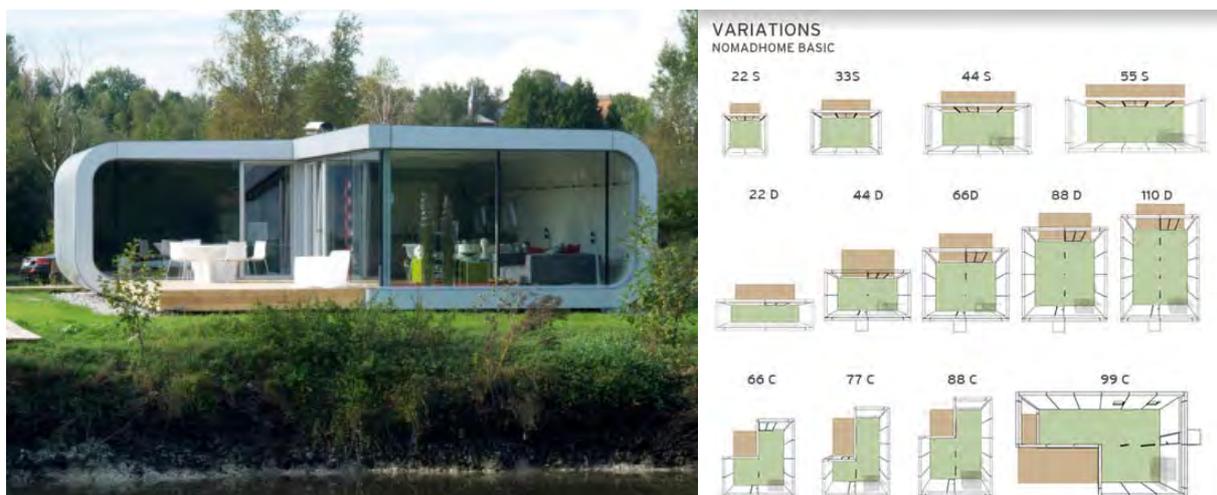


Abbildung 21: Nomad Home (Quelle: <http://www.nomadhome.com/>)

3.5. Bauen mit großen Spannweiten

Durch die Erhöhung der Spannweiten von Decken- und Dachelementen kann – bei gleichzeitiger Erhöhung zukünftiger Nutzungsmöglichkeiten des Bauwerkes – der Aufwand für einen spätere Rückbau reduziert und die Bauzeiten bei der Errichtung verringert werden.

Beispiele dafür sind Stahl-Skelettbauten.

3.6. Gebäudekomplexität

Komplexe Bau- und Haustechnikelemente sind schwierig rückzubauen und sollten vermieden werden. Einfache Konstruktionen und einfache Haustechnik ermöglichen einen leichteren Um- und Rückbau.

Ein Beispiel für ein Gebäude mit sehr einfacher Konstruktion und wenig Haustechnik ist das neue Bürohaus 2226 der Architekten Baumschlager-Eberle in Lustenau. Das Gebäude besteht aus zweischaligem, innen und außen verputztem 38er Ziegelmauerwerk mit tiefen Fensterleibungen, die den Wärmeeintrag im Sommer reduzieren. Auf Heizung, Lüftung und Kühlung wird verzichtet. Im Winter sorgt die Abwärme von Menschen, Beleuchtung, Büromaschinen und Computern für die notwendige Wärme, Lüftungsflügel mit sensorgesteuerten Elektromotoren gehen erst auf, wenn der CO₂-Anteil im Raum zu

hoch ist. Bei sommerlicher Hitze öffnen sich die Flügel in der Nacht für eine natürliche Kühlung.



Abbildung 22: Bürohaus 2226 von Baumschlager-Eberle (Quelle: Wienerberger Ziegelindustrie GmbH)

3.7. Nutzungsdauer von Bauteilschichten

Verschiedene Teile eines Gebäudes haben unterschiedliche Funktionen und unterschiedliche Nutzungszeiten. Ein Großteil der Bauabfälle kommt nicht vom Abbruch kompletter Gebäude, sondern von Teilabbrüchen bei Sanierungen, Modernisierungen und Ausstattungsänderungen. Gründe dafür sind Nutzungsänderungen, Abnutzungen, Verschleißerscheinungen und Verwitterungen sowie Komponenten, die am Ende ihrer Lebensdauer sind.

Diese Teilabbrüche erzeugen erhebliche und unnötige Abfälle: oft sind die Komponenten nicht wirklich abgenutzt (vor ihrem Lebensende), oft sind Gebäude so konzipiert, dass nicht nur die Komponente selbst, sondern auch mehrere angrenzende und verbundene Elemente entfernt werden müssen.

Langlebige Komponenten müssen von kurzlebigen Komponenten getrennt werden, um eine Anpassung für zukünftige Anforderungen zu erleichtern. Dies bedeutet aber auch, dass jede Schicht eine angemessene Zugänglichkeit haben muss, zur Erleichterung künftiger Änderungen.

Stewart Brand bietet in seinem Buch „How Buildings Learn“ einen hilfreichen konzeptionellen Rahmen für die Aufteilung der Teile eines Gebäudes in diese verschiedenen Nutzungsdauer-Elemente. Jede Ebene hat eine andere Funktion für eine bestimmte Nutzungsdauer. Bauteile, die öfter ausgetauscht werden müssen, sind näher an der Oberfläche und somit leichter zugänglich. [9 S. 13]

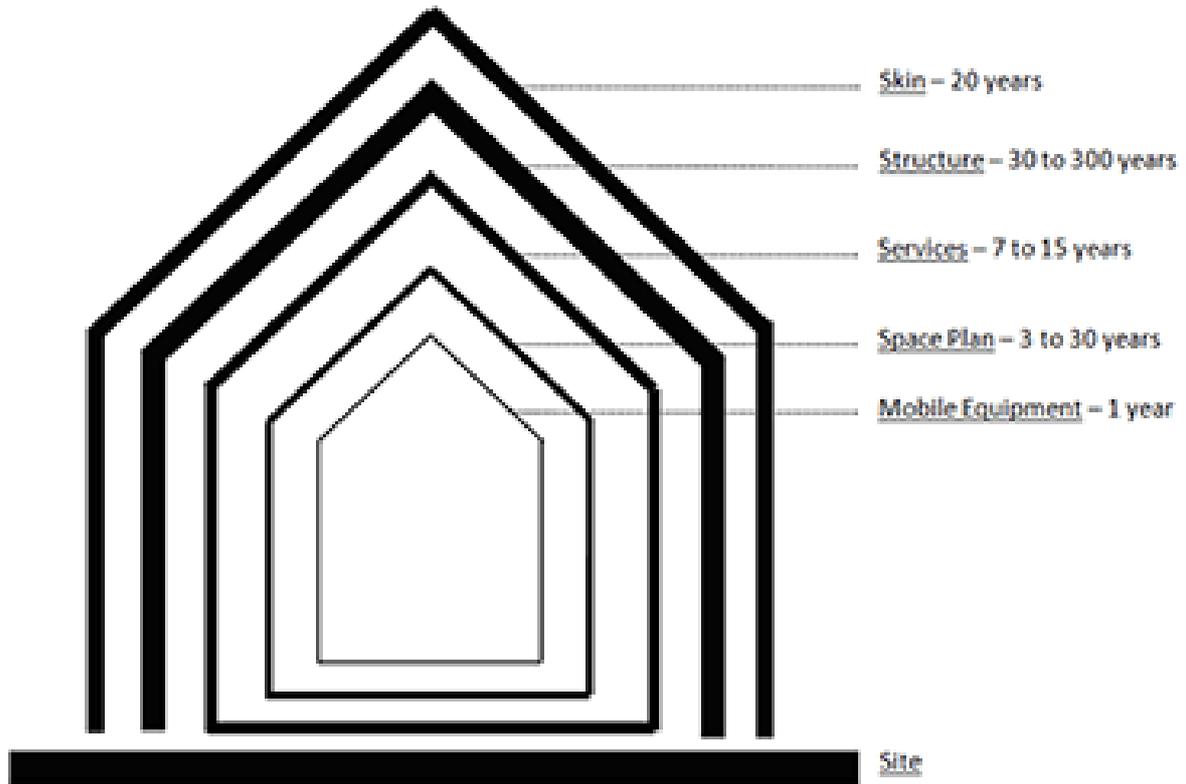


Abbildung 23: Nutzungsdauer-Elemente (Quelle: Stewart Brand, How Buildings Learn)

Für einen schnelleren Baufortschritt werden oft vorgefertigte Elemente (siehe Abbildung 24) verwendet, bei diesen sind Tragstruktur, Isolierung, Innenbeplankung und Fassade in einem Stück miteinander verbunden. Wenn diese Teile nicht einzeln zerlegbar sind, muss - auch wenn nur ein Teil dieses Elementes auszutauschen ist - der gesamte Bauteil erneuert werden. Dies führt zu höheren Kosten und mehr Abfallaufkommen als das Austauschen von einzelnen, trennbaren Bauteilen wie z. B. der Fassadenverkleidung.

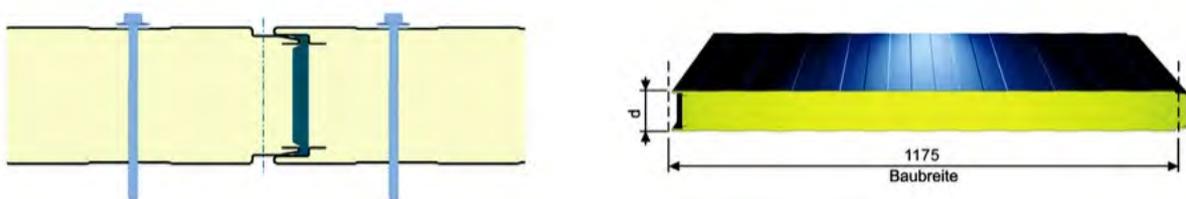


Abbildung 24: Fertigwandelement (Quelle: Fa. Hösch)

3.8. Rückbauplan und „Unterlage für spätere Arbeiten“

Aufbauend auf eine Bestandsdokumentation werden im Rückbauplan die verwendeten Bauteile, Komponenten und Materialien mit der zu erwartende Nutzungsdauer, dem Gewicht und der Materialverwertung (Trennung, Wiederverwendung, Verwertung, Entsorgung) aufgelistet.

Der Rückbauplan beinhaltet neben den Bestandsplänen die wichtigsten strukturellen Eigenschaften, die Lage von Revisionsöffnungen, die Details der Verbindungen und der Rückbau-Strategien. Im Rückbauplan wird auch eine Liste über verwendete gesundheitsgefährdende Materialien geführt.

In der gesetzlich gemäß Baukoordinationsgesetz (BauKG) vorgeschriebenen „Unterlage für spätere Arbeiten“ als Teil des Sicherheits- und Gesundheitsschutzplanes (SiGe-Plan) hat der/die Auftraggeber/in in der Planungsphase *„dafür zu sorgen, dass eine Unterlage für spätere Arbeiten am Bauwerk erstellt wird.“* [10 S. § 8 (1)]

„Die Unterlage muss die zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer/innen bei späteren Arbeiten für Wartung, Instandhaltung, Umbauarbeiten oder Abbruch erforderliche Angaben über die Merkmale des Bauwerks (wie Zugänge, Anschlagpunkte, Gerüstverankerungspunkte, Gas-, Wasser- und Stromleitungen) enthalten, die zu berücksichtigen sind.“ [10 S. § 8 (2)]

3.9. Struktur

Die Struktur eines Gebäudes soll die auftretenden Schnee- und Windkräfte übertragen. Sie ist der dauerhafteste Bestandteil des Gebäudes und sollte so gestaltet werden, dass eine große Anzahl von Nutzungen für mehrere Generationen möglich ist.

Es gibt eine Reihe von Möglichkeiten, wie dies erreicht werden kann:

- Trennen von tragenden Bauteilen und Ausbauteilen mit leitungsführenden Schichten, wie z. B. abgehängte Decken und aufgeständerte Böden mit ausreichend Platz für Installationen
- Die Anzahl der inneren tragenden Stützen oder Wände sollte so weit als statisch möglich minimiert werden, das erhöht die Nutzungsmöglichkeiten.
- Große Konstruktionen erfordern zur Demontage auf der Baustelle komplexe Geräte und Ausrüstungen und sollen vermieden werden.

3.10. Fassaden

Die Außenhaut von Gebäuden hat eine Reihe von Funktionen zu erfüllen, von Witterungsschutz bis zur äußeren Ästhetik des Gebäudes.

Für den Witterungsschutz von Fassaden sind einige Aspekte wichtig:

- Außenecken sind für Beschädigungen besonders anfällig, im Spritzbereich bei Sockeln kommt es häufig zu Verfärbungen. Wenn möglich, sollten diese Bereiche für eine häufigere Wartung oder für den Ersatz dieser Bauteile separat demontierbar sein.
- Die verwitterte Fassade sollte abnehmbar sein, ohne dass Schäden an Struktur, Winddichtigkeitsfolie und Wärmedämmschicht entstehen. Diese Demontierbarkeit hat auch Vorteile, wenn die Fassade aus ästhetischen Gründen aktualisiert wird.
- Verbundelemente für die Gebäudehülle (Außenfassade und Isolierung kombiniert), sind zwar in der Errichtung schneller und billiger, aber für die Rückbaubarkeit teurer. Die Materialien können nicht wiederverwendet werden, bei Ausfall einer Schicht muss das ganze Element erneuert werden. Beispiele für Verbundelemente der Gebäudehülle sind Wärmedämmverbundsysteme.
- Die Größe der Elemente der äußeren und inneren Verkleidung sollte klein genug für einen einfachen manuellen Austausch und Rückbau gehalten werden.

Beispiele für rückbaubare Fassadenelemente sind:

Fassadenplatten aus Glasfaserbeton

Die Fassadenplatten aus Glasfaserbeton können sichtbar geschraubt oder genietet werden oder unsichtbar durch Kleben oder mit Hinterschnittanker befestigt werden. Die Fassadenplatten bestehen aus überwiegend mineralischen Rohstoffen. Der Austausch von einzelnen Elementen ist unkompliziert und der Rückbau ist einfach.

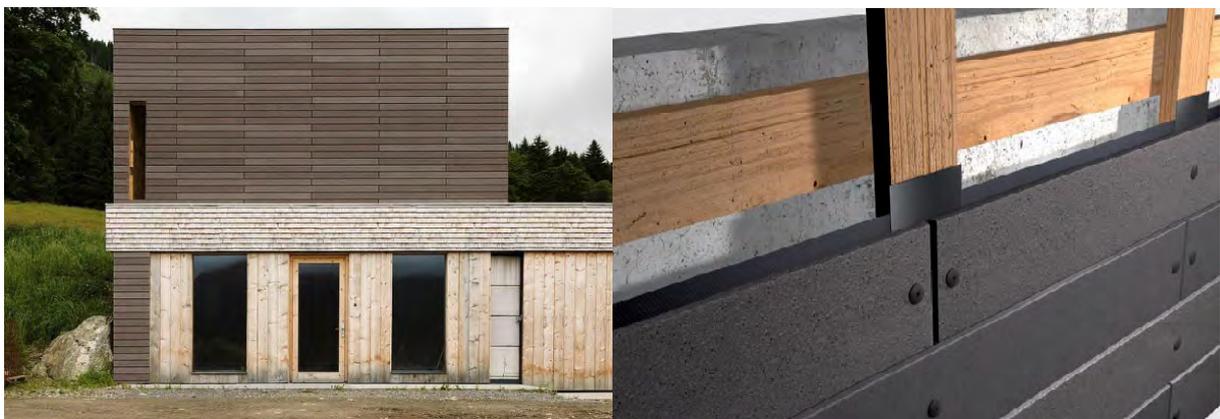


Abbildung 25: Glasfaserbetonfassade (Quelle: fibreC Öko Skin der Fa. Rieder)

Holzfassaden

Holzfassaden unterscheiden sich in der Wahl der Holzart, der Verbindung zur Unterkonstruktion und der Oberflächenbehandlung. Holz (z. B. Nadelholz) als nachwachsender Rohstoff ist ausreichend vorhanden und kann bei entsprechender Wahl der Verbindung nach dem Rückbau wiederverwendet oder thermisch verwertet werden.

Werden unbehandelte Holzfassaden (ohne Schutzanstrich) der Witterung ausgesetzt, verfärben sie sich. Regengeschützte Fassaden verfärben sich braun, nicht regengeschützte Fassaden verfärben sich grau bis schwarz. Konstruktiv geschützte Holzfassaden (z. B. durch Auskragung, Vordach) haben eine lange Nutzungsdauer, oft länger als Sichtbeton- oder Putzfassaden.



Abbildung 26: Holzfassade Haus Rainer, Graz

3.11. Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten

Die Zugänglichkeit für Service und Wartungsarbeiten muss sorgfältig geplant werden, um Möglichkeiten zur Rückbaubarkeit zu optimieren, da Verschleißteile mehrmals während der Lebensdauer eines durchschnittlichen Gebäudes ersetzt werden müssen. Die Wartungsfreundlichkeit beeinflusst die Lebensdauer von Bauteilen und somit die durchschnittlichen Lebenszykluskosten pro Jahr. Der Mangel an einer angemessenen Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten ist eines der größten Hemmnisse für den erfolgreichen Um- und Rückbau.

Die Zugänglichkeit für Service, Reparatur, Um- und Rückbau kann folgendermaßen erfolgen:

- abgestuftes Zugänglichkeitskonzept (Sequenzieller Zugriff): siehe Kapitel 3.7. „Nutzungsdauer von Bauteilschichten“. Verschiedene Ebenen benötigen verschiedene Zugänglichkeiten. Elemente, die gewartet oder öfter ausgetauscht werden müssen, brauchen eine leichtere Zugänglichkeit als Elemente mit höherer Lebensdauer. Zum Beispiel sollten Innenbekleidungen für Wartungsarbeiten separat zugänglich sein, ohne die dampfdichte Hülle zu beeinträchtigen.
- Entwurf und Detailplanung sollen auf die Zugänglichkeit zur Um- und Rückbaubarkeit überprüft werden. Zugänglichkeiten sind für Größe, Gewicht und

Erreichbarkeit der zu tauschenden Elemente zu planen. Konstruktionselemente, die mehrmals während der zu erwartenden Lebensdauer des Gebäudes getauscht werden, sollen durch sichere Zugangswege aus dem Gebäude entfernt werden können. Diese Zugänglichkeiten sollten wie im Kapitel 3.8 beschrieben im Rückbauplan und in den Unterlagen für spätere Arbeiten angeführt sein.

3.11.1. Wartungsarbeiten allgemein

Typische Installationen, die gewartet werden müssen, sind z. B. Versorgungsleitungen für die Heizung, Ver- und Entsorgungsleitungen für Kalt- und Warmwasser, Beleuchtung, E-Leitungen, EDV-Verkabelung, Lüftung und Klima, Brandmeldesysteme, Sicherheits- und Regelsysteme, Aufzüge, Fahrtreppen und Sanitäreanlagen.

Die Errichtung von Servicezonen mit einfachen Zugängen an geeigneten Punkten vereinfacht Wartungsarbeiten, z. B. Revisionsöffnungen in Vorsatzschalen, Doppelböden und abgehängten Decken.

Manchmal ist die Auf-Putz-Installation oder die Installation in Kabelkanälen die beste und einfachste Möglichkeit der Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten.

3.11.2. Wartung in Decken mit integrierter Haustechnik

„Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Nachhaltig Bauen mit Beton“ hat die RWTH Aachen als Konsequenz aus intensiven Überlegungen zum Thema flexible Gebäudenutzung eine umgedrehte Stegbalkendecke entwickelt, die die Integration der Haustechnik ermöglicht. Die Stege (Druckzone) bestehen aus hochfestem Beton, die Platte unten ist vorgespannt. Sie hat eine glatte Deckenuntersicht und bietet zwischen den Stegen Platz für die Integration von Gebäudetechnikleitungen. Durch das geringe Eigengewicht lassen sich große Spannweiten und damit eine hohe Flexibilität der Raumaufteilung erreichen.“ [11 S. 218]



Abbildung 27: Stegdecke mit integrierter Haustechnik (Quelle: RWTH Aachen)

Die Installation der Gebäudetechnik erfolgt von oben, Wartungsarbeiten erfolgen durch Revisionsöffnungen.

„Räume können variabel angeordnet werden. Es bestehen zwischen den einzelnen Etagen keine Abhängigkeiten hinsichtlich der Gebäudetechnik. So ist es möglich, bei Nutzungswechsel auf die sich ändernden Anforderungen an die Gebäudetechnik zu reagieren. Die horizontale Flexibilität wird durch eine vertikale Installationsflexibilität ergänzt. Die Tragstruktur ermöglicht damit in einem Gebäude wahlweise eine reine Wohn- oder Büronutzung sowie eine Mischnutzung Wohnen/ Büro in zeitlich beliebiger Nutzungsabfolge.“ [11 S. 219]

3.11.3. Wartung in abgehängten Decken

In abgehängten Decken werden Auslässe für Beleuchtungen und haustechnische Einbauten und die Installationen der haustechnischen Anlagen geführt. Zusätzlich zur Installationsführung der Haustechnik können abgehängte Decken zur Verbesserung von Brand-, Schall- und Wärmeschutz beitragen.

Man unterscheidet zwischen abgehängten Decken mit geschlossenen, fugenlosen Untersichten mit einzelnen Revisionsöffnungen und abgehängten Decken mit Untersichten aus einzelnen Elementen, sowie abgehängten Decken aus unterschiedlichen Materialien und Formen. Die Verkleidung kann u. a. aus Gipskarton, Gipsfaser, Holz oder Holzwerkstoff, Metall, Kunststoff, Mineralfaser oder Glas bestehen.

Im folgenden einige Beispiele von abgehängten Decken:

abgehängte geschlossene Gipskartondecken mit Revisionsöffnungen

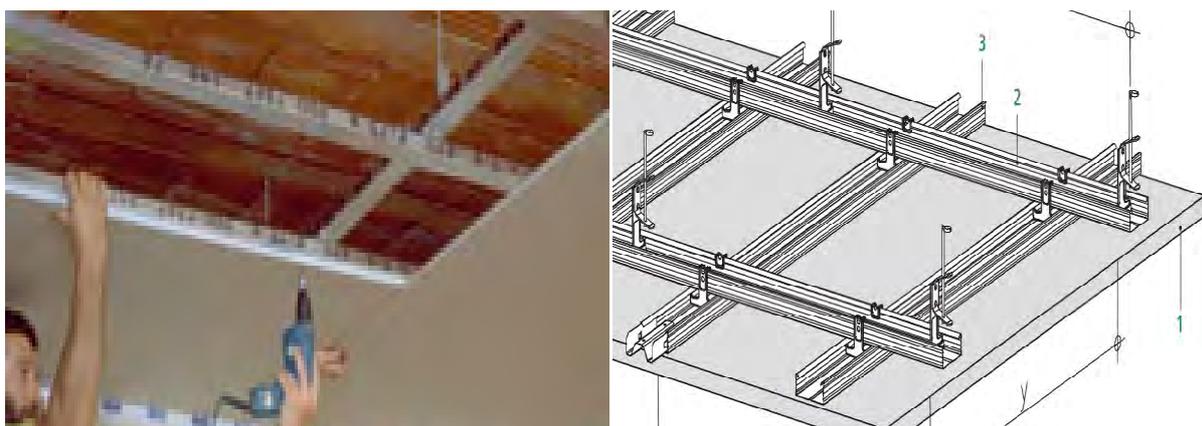


Abbildung 28: abgehängte Gipskartondecke (Quelle: Fa. Knauf)

Elementdecken

Elementdecken bestehen aus unterschiedlichen Materialien, Formen und Systemen, z. B. Dekor-, Metall-, Kassetten-, Raster-, Gitter-, Waben-, Lamellen- und Paneeldecken.



Abbildung 29: abgehängte Blechkassettendecke (Quelle: Fa. Armstrong)

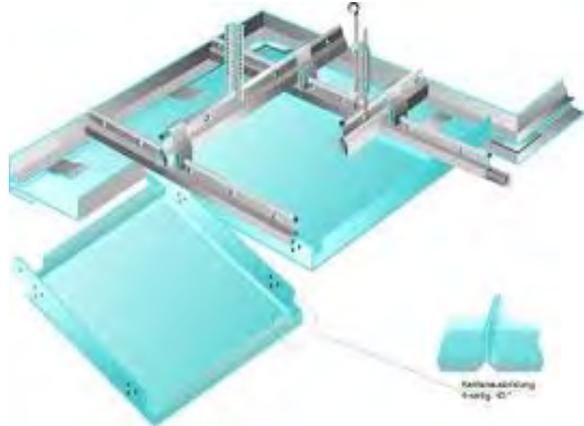


Abbildung 30: (Quelle: <http://www.bausewein.com/metallkassetten/germany.htm>)

3.11.4. **Wartung in Wänden**

Analog zu abgehängten Decken können auch an Wänden Installationsräume für haustechnische Leitungen in Vorsatzschalen mit Revisionsöffnungen geschaffen werden. Diese können auch zur Verbesserung von Brand-, Schall- und Wärmeschutz beitragen.

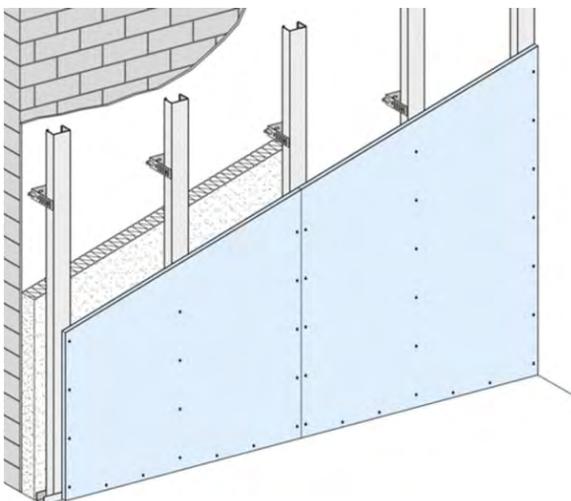


Abbildung 31: Gipskartonvorsatzschale (Quelle: Fa. Knauf)

3.11.5. **Wartung in Fußbodenkonstruktionen**

Unter dem Aspekt der Zugänglichkeit und Rückbaubarkeit sind demontierbare Fußbodenkonstruktionen Nassestrichen vorzuziehen.

Zementestrich mit verklebtem Belagsmaterial kann nach dem Rückbau nur entsorgt werden. Nur Estriche mit schwimmend verlegten Belägen können nach dem Abbruch verwertet werden.

Im folgenden werden einige Beispiele für gut um- und rückbaubare Fußbodenaufbauten beschrieben:

Fußbodenaufbau mit Trockenestrich

Ein Trockenestrich besteht meistens aus Holzwerkstoffplatten, Gipsfaserplatten oder Gipskartonplatten mit Stufenfalz. Die Platten werden in zwei Lagen auf einer Trittschalldämmung verlegt.

Werden Installationsleitungen unter Trockenestrichen in Schüttungen verlegt, ist eine Zugänglichkeit zu diese Leitungen mit wenig Aufwand möglich.

Der Hauptvorteil von Trockenestrichen gegenüber Nass-Zementestrich liegt in der kurzen Verlegezeit. Sie können sofort mit einem Bodenbelag belegt werden, da im Gegensatz zu Nassestrichen keine Austrocknungszeit anfällt. Weitere Vorteile sind die Möglichkeit zur Trennung, Wiederverwendung oder Verwertung der Bauteilschichten und die Gewichtersparnis. Spezielle Gipskarton-Brandschutzplatten ermöglichen einen Brandschutz.

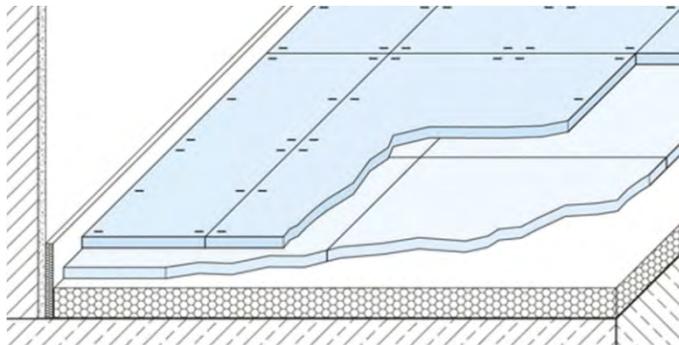


Abbildung 32: Trockenestrich (Quelle: Fa. Knauf)

Doppelbodensysteme

Doppelbodensysteme bestehen aus Plattenelementen, die auf justierbaren Stahlstützen verlegt werden. Die Elemente haben meist ein Rastermaß von 60 x 60 cm und sind mit verschiedenen Fußbodenbelägen belegt. Der Installationsraum zwischen Rohboden und Plattenelement variiert zwischen 4 und 20 cm Höhe, die Zugänglichkeit ist jederzeit bei jedem Element möglich.

Da Zwischenwände direkt auf den Doppelbodensystemen montiert werden können und nicht bis zum Rohboden geführt werden müssen, ist eine flexible Raumgestaltung mit wechselnden Nutzungen jederzeit möglich. Zusätzlich Vorteile des Doppelbodens gegenüber dem Zementestrich sind der horizontale Installationsraum über der gesamten Bodenfläche und die trockene Verarbeitung mit kurzen Bauzeiten.



Abbildung 33: Doppelbodensystem (Quelle: Fa. Knauf)

3.12. Vorhandene Bausubstanz

Bei Umbauplanungen bestehender Gebäude sollte eine detaillierte Prüfung und Bewertung der Gebäude auf vorhandenes Potenzial für Rückbau und Wiederverwendung durchgeführt werden.

Ältere Gebäude sind oft besser "wiederverwendbar" als wir denken. Oft gibt es eine erhebliche Menge von qualitativ hochwertigen und langlebigen Komponenten, die wiederverwendet oder verwertet werden können.

Es ist wichtig, den ökologischen Aufwand (siehe Kapitel 6.2.1. "Ökologische Bewertung") zu bewerten und zu entscheiden, welche Option die größte Menge von Ressourcen und grauer Energie spart. Die ressourcenschonendste und energiesparendste Variante ist zu wählen.

Der historische Wert eines Bauteiles muss bei der Bewertung mit berücksichtigt werden.

4. Einfluss der Materialwahl auf die Um- und Rückbaubarkeit von Konstruktionen

4.1. Materialvielfalt

Die Wahl von Materialien, die mehrere Funktionen erfüllen bzw. mehrere physikalische Eigenschaften haben, erhöht die Lebensdauer des Bauteils.

Eine geringere Anzahl von Materialien erleichtert die Trennung und den Rückbau von Bauteilen. Je weniger verschiedene Materialien beim Rückbau anfallen, desto leichter sind sie zu trennen und können einer Wiederverwendung oder Verwertung zugeführt werden.

Beispiele dafür sind die Verwendung von einheitlichen Dämmmaterialien für alle Bauteile eines Gebäudes und massive Ziegelwände, die innen und außen nur verputzt sind und dennoch den geforderten Wärme-, Schall- und Brandschutz erfüllen.

4.2. Wiederverwendung von rückgebauten Materialien

Das Verwenden von rückgebauten, getrennten, wiederverwendbaren oder verwertbaren Bauelementen und Materialien soll im Sinne der Ressourcenschonung maximiert werden. Inwieweit einzelne Materialien rückgebaut werden können, wird in den folgenden Kapiteln untersucht.

4.3. Wiederverwendbare, verwertbare und nicht verwertbare Baumaterialien

Generell soll nur die jeweilige Qualität und Menge von Materialien verwendet werden, die für die jeweilige Funktion erforderlich ist. Zum Beispiel kann ein Bauteil statt in Beton aus Holz oder Ziegeln hergestellt werden, wenn dieser Bauteil dann die erforderlichen Funktionen wie z. B. Statik, Brandschutz und Wärmeschutz erfüllt.

Stahl, Mauerwerk, Beton und Holz bilden die große Mehrheit der Baustoffe. Werden lösbare Verbindungen verwendet, bieten sie gute Möglichkeiten zur Wiederverwendung oder Verwertung (siehe Kapitel 3.2. "Verbindungen").

Holz wird in der Praxis eher weniger wiederverwendet als Stahl oder Sichtziegel-Mauerwerk. Glas und Kunststoffe haben ein begrenztes Wiederverwendungspotenzial und sind besser für Recycling geeignet.

Im Folgenden werden einige Baumaterialien und deren Wiederverwendung, Verwertung und Entsorgung angeführt.

4.3.1. Stahl

Recycelter Stahl wird heute als Zuschlagsstoff in den Hochöfen der Stahlgewinnung verwertet. Die Wiederverwendung ist noch relativ unüblich, da die Demontage der Stahlkonstruktionen meist thermisch mit Schneidbrennern oder mechanisch mit Trennscheiben erfolgt, und so die Profile für eine Wiederverwendung nicht mehr verwendet werden können.

4.3.2. Mauerwerk

Eine Wiederverwendung von alten Mauerziegeln, Fliesen, Pflastersteinen, Natursteinplatten etc. ist üblich. Die Demontage wird in der Regel von Hand durchgeführt.

Beim Abbruch von alten Gebäuden ist aufgrund der schlechten Mörtelqualität eine Trennung von Ziegel und Mörtel relativ problemlos möglich. Eine Wiederverwendung von alten Mauerziegeln ist üblich.

Heute werden Kalkzementmörtel statt wie früher weiche Kalkmörtel verwendet. Durch die bessere Haftung des Mörtel am Ziegel ist eine Wiederverwendung von Mauerziegel kaum mehr möglich, daher wird beim Abbruch von mineralischem Mauerwerk eine stoffliche Verwertung als Ziegelbruch durchgeführt. Abgebrochene Ziegel werden oft an Ort und Stelle ohne Transportaufwendungen zerkleinert.

Ziegelbruch wird für Hinterfüllungen von Gebäuden, als Unterbaumaterial im Straßen-, Wege- oder Landschaftsbau oder als Grundstoff für Lärmschutzwälle verwendet. Ziegelsplitt kann als Zuschlagstoff für Mörtel und Putze genutzt werden oder wird zu Tennisplatzmehl verarbeitet.



Abbildung 34: Hinterfüllung von Gebäuden mit Ziegelbruch (Quelle: <https://brunmeir.wordpress.com/category/allgemein/page/8/>)

4.3.3. Beton

Rückgebaute Ortbetonbauteile können nicht wiederverwendet werden. Zur Verwertung werden Betonbauteile zerkleinert und für Schüttungen unter Fundamenten, Hinterfüllungen von Baukörpern und im Landschaftsbau verwendet.

Fertigteildeckenplatten, -balken und -stützen können wiederverwendet werden, wenn sie nicht, wie bei Deckenplatten, mit Aufbeton versehen sind oder durch Karbonatisierung zersetzt sind. Ein weiteres Problem ist oft die versteckte Korrosion der Bewehrung.

Betonpflastersteine können leicht wiederverwendet werden.

4.3.4. Holz

Hochwertige Holzarbeiten werden traditionell wiederverwendet.

Holz als Baumaterial wird kaum wiederverwendet. Holzbauteile können nur mit lösbaren Verbindungen (z. B. mit Schrauben) wiederverwendet werden.

Bauhölzer können wiederverwendet werden, wenn verbindungsfreie Zonen vorgesehen wurden. Schalungen, Lattungen und Balken, die mit Nägeln, Nagelplatten oder Klammern befestigt sind, sind nicht wiederverwendbar. Für die Verwertung als zerkleinertes Brennmaterial müssen die Befestigungsmaterialien entfernen werden.

Unbehandelte oder schadstofffrei behandelte Hölzer können gut einer stofflichen Verwertung in der Span- und Faserplattenproduktion zugeführt werden. Unbehandeltes Holz kann auch als Brennmaterial verwendet werden.

Chemisch behandelte Hölzer können nur dort wiederverwendet werden, wo eine solche chemische Behandlung notwendig ist, z. B. bei imprägnierten Dachstuhlholzern, ansonsten werden sie thermisch in Abfallverbrennungsanlagen verwertet.

4.3.5. Holzwerkstoffplatten

Bei anorganisch gebundenen Holzwerkstoffplatten liegt der Holzanteil zwischen 30 und 60 Prozent. Als anorganische Bindemittel werden z. B. Gips, Zement und Magnesit verwendet. Eine Wiederverwendung der Platten ist wegen der Befestigungsart schwer möglich. Einer stofflichen und thermischen Verwertung können Holzwerkstoffplatten, im Gegensatz zu reinem Bauholz, wegen der anorganischen Bindemittel nicht zugeführt werden.

Magnesit- und zementgebundene Holzwoledämmplatten können nur entsorgt werden.

4.3.6. Dämmmaterialien

Beim Rückbau von Dämmstoffen muss zwischen Platten, Matten und Schüttungen unterschieden werden. Lose verlegte Dämmstoffe wie Dämmmatten, -filze und -wolle sowie eingeblasene oder geschüttete Dämmstoffe können, sofern sie nicht durchfeuchtet oder verschmutzt sind, relativ problemlos entfernt und wiederverwendet werden. Geklebte Dämmstoffplatten sind schwer trennbar und müssen entsorgt werden.

Nachstehend eine Auflistung einiger Dämmstoffe bzw. Verbundstoffe mit ihren Rückbaufähigkeiten:

- **geklebte und/oder verputzte Dämmplatten:**

Der sortenreine Rückbau von Dämmstoffen, die auf mineralischen Baustoffen verklebt oder mechanisch befestigt wurden, ist wirtschaftlich nicht möglich. Die Dämmstoffe inklusive Putz, Spachtelung, Netzbewehrung und Kleber müssen entsorgt werden. Beispiele sind EPS-, XPS-, Mineralwolle-, Holzfaserplatten.

- **lose verlegte oder geklemmte Dämmplatten:**

Zwischen Holztragkonstruktion geklemmte, schwimmend verlegte oder mechanisch befestigte Dämmplatten sind trennbar und wiederverwendbar.

- **eingeblasene oder geschüttete Dämmstoffe**

Zellulosedämmung oder Dämmstoffgranulat kann als loser Dämmstoff ohne Verbund mit anderen Materialien abgesaugt, eingesammelt und wiederverwendet werden.

4.3.7. Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)

Wie schon im vorherigen Kapitel erwähnt, ist bei geklebten Dämmstoffplatten, wie sie beim Wärmedämmverbundsystem (WDVS) verwendet werden, eine Trennung der Bauteilschichten beim Rückbau wirtschaftlich nicht möglich. Die Dämmstoffplatten inklusive Putz, Spachtelung, Netzbewehrung und Kleber müssen entsorgt werden.

Die Frage ist, wie Wärmedämmverbundsysteme rückgebaut werden können. Bisher wurden relativ wenig Wärmedämmverbundsysteme rückgebaut, meist wird für eine bessere Energieeffizienz auf bestehende Dämmschichten eine weitere Dämmschicht aufgedoppelt. Der deutsche Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme e.V. hat beim Fraunhofer-Institut eine Studie in Auftrag gegeben, wie Wärmedämmverbundsysteme rückgebaut und wiederverwendet werden können. Ein Ergebnis wird im Laufe des Jahres 2014 erwartet.

Bisher gibt es zwei Lösungsansätze für den Rückbau:

1) Die Dämm- und Putzschichtenschichten werden abgefräst, durch die Fliehkraft werden die einzelnen Bauteilschichten getrennt.

2) Das Polystyrol wird mit einem Verdünnungsmittel aus den Dämmplatten ausgewaschen.

Beide Lösungsansätze sind derzeit aber noch nicht wirtschaftlich. [12]

4.4. Conclusio

Gut um- und rückbaubare Konstruktionen sind Bauteile mit ökologischen, wiederverwendbaren oder verwertbaren Materialien, die leicht trennbar miteinander verbunden sind.

5. Analyse von Konstruktionen hinsichtlich ihrer Um- und Rückbaubarkeit

5.1. Vor und Nachteile einzelner Materialien hinsichtlich ihrer Um- und Rückbaubarkeit

In diesem Kapitel werden die Vor- und Nachteile einzelner Materialien hinsichtlich ihrer Herstellung, Nutzung sowie Um- und Rückbaubarkeit miteinander verglichen.

Die Bewertung wurde aus dem Planungsleitfaden „Interreg III A- Projekt. Ökologisches Bauen und Beschaffen für Kommunen in der Bodensee-Region. Planungsleitfaden: Ökologische Baustoffwahl“ übernommen.

Grundlagen für diese Bewertung sind:

„• *Ökologisches Baustofflexikon [Zwiener 2006]*

• *Ökologischer Bauteilkatalog [IBO 1999]*

• *Ökologie der Dämmstoffe [IBO 2000]*

• *IBO- und natureplus Produktprüfung 1988-2005*

• *Schadstoffuntersuchungen von Baustoffen und Innenräumen des IBO 1985-2005" [13 S. 4]*

• *Ökologischer Passivhaus-Bauteilkatalog*

Die anschließende Tabelle 2 zeigt die Produkteinstufung für Materialien des IBO hinsichtlich ökologischer Qualitäten mit einem einfachen Bewertungsschema. [13]

Analog zu Kapitel 6.2. "Bewertung der Um- und Rückbaufähigkeit" wird hier für die Materialwahl von „1 = gut" bis „5 = schlecht" bewertet:

Massivwände

Alternativen

Einschalige Außenwände (LG 09)		
4	Wandbaustoffe mit geringer Wärmedämmung	Leichtbeton 2
		Porenbeton (Gasbeton) 2
		Ziegel (hochporosierter Hochlochziegel) 2

Mehrschalige Außenwände, Trennwände (LG 09)		
3	Betonschalungsstein mit Kernbeton	Hohlblocksteine mit Recyclingzuschlag 2
3	Hohlblockstein aus Kiesbeton	Holzspan-Mantelbetonstein 2

4	Ortbetonwand	Kalksandstein	1
4	Stahlbeton-Fertigteilwand	Lehmziegel	1
		Leichtbeton	2
		Porenbeton (Gasbeton)	2
		Ziegel (Hochlochziegel)	2

Sichtmauerwerk (LG 09)			
3	Klinker	Kalksandstein	1
4	Sichtbeton	Naturstein	1

Gipsplatten und Putze

Alternativen

Trockenputze (LG 39)			
3	Gipskartonplatten	Gipsfaserplatte	3
4	Gipskarton-Gipsfaserplatte-Verbund	Alternative Wand- und Deckenverkleidungen siehe auch „Holz und Holz Werkstoffe“	

Innenputze (LG 10)			
3	Gipskartonplatten	Gipsfaserplatten	3
3	Gipsputze (bis Feuchtebeanspr. WI)	Kalkputze	1
3	Kalkzementputze	Kalkzementputze, dampfdiffusionsoffen	2
3	Silikatputze	Lehmputze	1
4	Kunstharzputze		
5	Kunstharzputze (Lösungsmittelhaltig)		

Fassadenputze (LG 10)			
4	Kunstharzputze (Lösungsmittelhaltig)	(Hochhydraulischer) Kalkputze	1
4	Kunstharz-Dispersionsputze	Kalkzementputze	2
3	Silikonharzputze	Silikatputze	2
3	Zementputze	Zementputze im Sockelbereich	2

Oberputze für Wärmedämmverbundsysteme (LG 44)			
4	Kunstharz-Dünnputze	Kalkzement-Dickputze	1
3	Silikonharz-Dünnputze	Kalkzement-Dünnputze	2
		Silikat-Dünnputze	2

Wärmedämmputze (LG 10)			
4	Wärmedämmputze mit EPS-Zuschlag	Wärmedämmputze mit Perlitezuschlag	3

Dämmstoffe

Alternativen

Bodendämmung, Perimeterdämmung und Sockeldämmung (LG 12)			
5	XPS-Platten, HFKW-geschäumt	EPS-Automatenplatten, HFKW-frei	3
		Schaumglasgranulat-Schüttung	2
		Schaumglas-Platten, lose verlegt	2
		Schaumglas-Platten, mit Bitumen verklebt	3
		XPS-Platten, HFKW-frei	3

Umkehrdachdämmung (LG 21)			
5	XPS-Platten, HFKW-geschäumt	EPS-Automatenplatten, HFKW-frei	3
		XPS-Platten, HFKW-frei	3

Flachdachdämmung (LG 21)			
3	EPS-Platten (EPS W)	Holzfasen-Dämmplatten	2
3	Mineralwolle-Dämmplatten (MW-WD)	Korkdämmplatten	2
5	Polyurethanplatten, mit Alu-Folie kaschiert oder HFKW-geschäumt	Schaumglasplatten, lose verlegt	2
		Schaumglasplatten, mit Bitumen verklebt	3
4	Polyurethanplatten, sonst		
3	XPS-Platten, HFKW-frei		
5	XPS-Platten, HFKW-geschäumt oder mit Metallfolien kaschiert		

Aufsparrendämmung (LG 21)			
3	EPS-Platten (EPS W)	Holzfasen-Dämmplatten	1
3	Mineralwolle-Dämmplatten (MW-WD)		
5	Polyurethanplatten, mit Alu-Folie kaschiert oder HFKW-geschäumt		
4	Polyurethanplatten		

Wärmedämmverbundsystem (WDVS) (LG 44)			
3	EPS-Platten (EPS F)	Hanfdämmstoffe	2
3	Mineralwolle-Dämmplatten (MW-PT) bei Anforderungen an Brandschutz oder Diffusionsfähigkeit	Holzfasen-Dämmplatten	2
		Korkdämmplatten	2
		Mineralschaumplatten	2
4	Mineralwolle-Dämmplatten (MW-PT) sonst		

Hinterlüftete Fassade (LG 33, LG 36)			
3	Mineralwolle-Dämmplatten (MW-WF)	Flachsdämmstoffe	2
		Hanfdämmstoffe	2
		Holzfasen-Dämmplatten	2
		Schafwolle-Dämmstoffe	2
		Zellulosefaserplatten	2

Wärmedämmung zwischen Latten und Sparren (LG 36)			
4	EPS-Platten (EPS W)	Flachsdämmstoffe	2
3	Mineralwolle- Dämmplatten4filze (MW-W)	Hanfdämmstoffe	2
		Holzfasen-Dämmplatten	2
		Schafwolle-Dämmstoffe	2
		Zellulosefaserflocken	2
		Zellulosefaserplatten	2

Dämmschicht in Ständerwänden und Vorsatzschalen (LG 39)			
4	Mineralwolle-Dämmplatten/filze (MW-W)	Schafwolle-Dämmstoffe	2

Wärmedämmende Wandverkleidung, Trockenestriche (LG 39)			
3	Gipsplatte - Dämmstoff - Verbund	andere Lösung z. B. mit Vorsatzschalen oder	
4	Gipsplatte - Mineralwolle - Verbund	mit Unterkonstruktion oder Distanzfüßen	
5	Gipsplatte - EPS4PU - Verbund		

Trittschalldämmung unter Estrich (LG 11)			
---	--	--	--

3	EPS-Platten (EPS T)	Holzfasen-Dämmplatten	2
3	Mineralwolle-Dämmstoffe (MW-T) luftdicht verlegt und bei höchsten Anforderungen im Holzbau	Korkdämmplatten	2
4	Mineralwolle-Dämmstoffe (MW-T)		
4	Polyurethanplatten		
5	Polyurethanplatten, mit Alu-Folie kaschiert oder HFKW-geschäumt		

Wärmedämmung unter Estrich (LG 11)			
3	EPS-Platten (EPS W)	Blähton	2
3	Mineralwolle-Dämmstoffe (MW-T) luftdicht verlegt	Blähperlite	2
4	Polyurethanplatten	Korkdämmplatten	2
5	Polyurethanplatten, mit Alu-Folie kaschiert oder HFKW-geschäumt	Schaumglasplatten bei erhöhten technischen Anforderungen	2
5	XPS-Dämmplatten, CO ₂ -geschäumt		
3	XPS-Dämmplatten, HFKW-geschäumt		

Wärmedämmung für Heizung, Lüftung, Sanitär (LG 82)			
4	Mineralwolle-Dämmung	Schafwolle-Dämmung	2
3	Mineralwolle-Dämmung, wenn aus Brandschutzgründen gefordert		
4	Polyurethan-Dämmung		

Folien und Abdichtungen**Alternativen**

Voranstriche (LG 12, 21, 22)			
4	Bitumenmassen auf Lösemittelbasis	Bitumenmassen auf Emulsionsbasis	3
4	Heißbitumenmasse (siehe Bitumenmassen)		
4	Kunstharzanstriche auf Lösemittelbasis	Kunstharzanstriche auf Dispersionsbasis	3

Erdberührte Bauteile, waagrechte Abdichtung (LG 12)			
4	Bitumenbahnen, vollflächig verklebt	PIB-Dichtungsbahnen, mechanisch fixiert	2
4	Kunststoff-Dichtungsbahnen vollflächig verklebt	ECB-Dichtungsbahnen, mechanisch fixiert	3
4	Heißbitumenmassen (siehe Bitumenmassen)	andere Konstruktion	2
5	Steinkohlenteerstriche		

Erdberührte Bauteile, lotrechte Abdichtung (LG 12)			
4	Bitumenmassen auf Lösemittelbasis	Bitumenmassen auf Emulsionsbasis	3
4	Bitumenbahnen vollflächig verklebt	Dichtungsschlämmen	2
4	Kunststoff-Dichtungsbahnen, halogenfrei, heiß verklebt	Sperrputze	2
4	Asphaltmastix (siehe Bitumenmassen, Heißbitumen)		

Dachabdichtungsbahnen (LG 21)			
4	Bitumenbahnen, Schweißbahnen	Bitumenbahnen, Kaltselfstklebebahnen	3
5	Bitumenbahnen in Heißbitumen	Bitumenbahnen, mechanisch fixiert	3
5	CSM-Dichtungsbahnen (chloresulfoniertes Polyethylen)	Polyolefinbahnen, mechanisch fixiert	2
4	Kunststoff-Dichtungsbahnen, halogenfrei, verklebt	PIB-Dichtungsbahnen, mechanisch fixiert	2
5	PVC-Dichtungsbahnen	sonstige Kunststoff-Dichtungsbahnen, halogenfrei, mechanisch fixiert	3

Feuchteschutz Dachdecker (LG 22, LG 23)			
3	Bitumenbahnen, genagelt	Holzfaserplatte	1
4	Bitumenbahnen, vollflächig verklebt	Polyolefinbahnen diffusionsoffen	2

Dampfbremsen (LG 21, LG 22)			
5	Aluminiumfolien	Polyolefinbahnen	3
3	Bitumenbahnen	Kraftpapiere	2
4	Bitumenbahnen mit Aluminiumbandeinlage	Feuchteadaptive Dampfbremsen	3
5	PVC-Bahnen	diffusionsoffene Konstruktion	1
4	Kunststoffverbund-Folien		

Trennschichten z. B. unter Nassestrich (LG11)			
3	Polyolefinbahnen	Kraftpapiere	2
3	Kunststoffverbund-Folien		

Holz- und Holzwerkstoffe**Alternativen**

Ausbauplatten innen (LG 36, 37, 38, 39)			
3	Massivholzplatte fünfschichtig	Massivholzplatte einschichtig	1
3	Spanplatte, zementgebunden	Massivholz, Nut-Feder	1
3	Spanplatte, kunstharzgebunden	Weichholz-Schalungsbretter	1
3	OSB-Flachpressplatte	Massivholzplatte dreischichtig	2
4	Spanplatte, kunstharzgebunden mit erhöhten Emissionen	Holzwohle-Leichtbauplatte	2
4	OSB-Flachpressplatte mit erhöhten Emissionen	Mitteldichte Faserplatten MDF	2
4	Sperrholzplatte	Holzhartfaserplatte, Trockenverfahren	3

Außenverkleidung (LG 36)			
3	OSB-Flachpressplatte	Weichholz-Schalungsbretter	1
3	Spanplatte	Diffusionsoffene MDF-Platte	2
4	Holzwohle-Leichtbauplatte im Verbund mit Dämmstoffen	Holzhartfaserplatte	2

Möbel			
3	Spanplatte, kunstharzgebunden	Massivholzplatte, einschichtig	1
3	MDF-Platte	Massivholzplatte, dreischichtig	2
5	Sperrholzplatte	Holzhartfaserplatte, unbeschichtet	2

Wandfarben**Alternativen**

Innenwandfarben mit üblicher Luftfeuchte (LG 46, 47)			
3	Leimbinderfarbe	Leimfarbe in Pulverform	2
3	Silikatfarbe	Leimfarbe, verarbeitungsfertig	3
3	Dispersionssilikatfarbe	Kalkfarbe	1
3	Kunstharzdispersionsfarbe emissionsarm	Kaseinfarbe	1
4	Kunstharzdispersionsfarbe	Naturharzdispersionsfarbe	2

3	Latexfarbe, emissionsarm	Kalkdispersionsfarbe	3
4	Latexfarbe		

Innenwandfarben mit erhöhter Feuchtebelastung (LG 46)			
5	Wandfarben mit Fungizidzusatz	Kalkfarbe	1
		Silikatfarbe	2
		Dispersionssilikatfarbe	2
		Dispersionalkfarbe	2

Fassadenfarben			
4	Silikonharzfarbe	Silikatfarbe	1
4	Kunstharzdispersionsfarbe	Dispersionssilikatfarbe	2

Beschichtungen auf Holz oder Metall			
5	Lösungsmittelhaltige Beschichtungen	Öle und Wachse aus nachwachsenden Rohstoffen, emissionsarm (auf Holz)	1
5	Säurehärtende Lacke	Wasserbasierte Beschichtungen	2

Bodenbeläge

Alternativen

Bodenbeläge für Büroräume (LG 27, 28, 29, 38, 50) mit starker Beanspruchung			
3	Laminatboden	Kunststeinbelag oder Terrazzo mit Recyclingzuschlag	1
5	Kunststeinbelag kunstharzgebunden	Keramische Fliesen mit Abriebgruppe 4	1
5	Kunststoffteppich	Parkettboden, geölt, auf Polsterhölzern	1
5	PVC-Belag	Mosaikparkett, geölt	1
		Linoleum	2
		Gummi- bzw. Kautschukbelag	2
		Feinsteinzeug poliert	2

Bodenbeläge für Büroräume (LG 27, 28, 29, 38, 50) mit geringer Beanspruchung			
3	Kunststoffteppich, emissionsarm	Parkettboden, geölt, auf Polsterhölzern	1
3	Gummi- bzw. Kautschukbelag	Mosaikparkett, geölt	1
4	Polyolefin-Belag	Mehrschichtparkett	2
5	PVC-Belag	Linoleumbelag	2
5	Korkboden mit PVC-Beschichtung	Naturfaserteppich, emissionsarm	2
		Korkparkett, vollflächig verklebt	2
		Korkfertigparkett	2

Bodenbeläge für Kindergärten, Schulen (Hausschuhe) (LG 38, 50)			
3	Laminatboden	Schiff- oder Dielenboden unbehandelt oder geölt bzw. gewachst, emissionsarm	1
3	Gummi- bzw. Kautschukbelag	Parkettboden, geölt, auf Polsterhölzern	1
5	PVC-Belag	Mosaikparkett, geölt	1
		Linoleumbelag	1

Bodenbeläge für Feuchträume, Eingangsbereiche etc. (LG 27, 28, 29, 50)			
4	Feinsteinzeug poliert	Keramische Fliesen Abriebgruppe 4	1
4	Naturstein, weite Transportwege	Kunststeinbelag oder Terrazzo mit	1

		Recyclingzuschlag	
5	Kunstharzgebundener Kunststein	Naturstein	2
5	PVC-Belag	Gummi- bzw. Kautschukbelag	3

Türen

Alternativen

Innentüren (LG 43)			
4	Stahltüren verzinkt	Füllungstürblatt, massiv, unbehandelt	1
3	Vollbautürblatt aus Holzwerkstoff, furniert	Vollbautürblatt aus Holzwerkstoff,	2
3	Vollbautürblatt aus Holzwerkstoff, lackiert	Melaminharzplattenbeschichtung	
3	Röhrenspanplatten für erhöhten Schallschutz	Füllungstürblatt, MDF, lackiert,	2
		Stahltüren, lackiert, für Brandschutzzwecke	3

Fenster

Alternativen

Fenster (LG 51, 52, 53, 54)			
4	Aluminiumfenster	Holz-Holz-Fenster	1
3	Aluminiumfenster für spezielle Anwendungen	Holzfenster bei konstruktivem Holzschutz	1
5	Holzfenster aus nicht-zertifiziertem Tropenholz	Holzfenster aus nachhaltig gewonnenen Hölzern und Oberflächenbeschichtungen	2
4	Holzfenster mit schwermetallhaltigen Dickschichtlasuren	Holz-Alu-Fenster für spezielle Anwendungsfälle	2
5	PVC-Fenster	Holz-Alu-Fenster sonst	3

Tabelle 2: Produkteinstufung für Materialien (Quelle: Planungsleitfaden „Interreg III A- Projekt. Ökologisches Bauen und Beschaffen für Kommunen in der Bodensee-Region. Planungsleitfaden: Ökologische Baustoffwahl“, Seite 8, 14-15, 22-23, 32-33, 42, 47, 51, 57, 61)

5.2. Vor und Nachteile einzelner Bauteile hinsichtlich ihrer Um- und Rückbaubarkeit

In diesem Kapitel werden die Vor- und Nachteile einzelner Bauteile hinsichtlich ihrer Um- und Rückbaubarkeit miteinander verglichen. Es werden einige wichtige Bauteile angeführt, weitere Bauteile können dem IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog entnommen werden.

5.2.1. Keller / erdberührte Außenwand

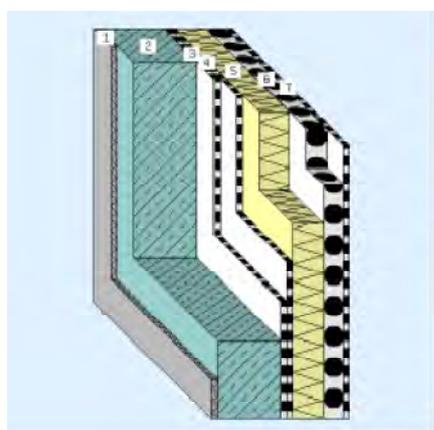
Grundsätzlich sollte die Sinnhaftigkeit einer Unterkellerung eines Gebäudes geprüft werden. Kann man auf einen Keller verzichten, können sogenannte Kellerräume wie Haustechnikräume, Lagerräume etc. auch oberirdisch untergebracht werden. Dadurch entfallen aufwendige Rückbauarbeiten:

- Kein Erdaushub, daher keine Verfuhr und Deponierung des Aushubes

- keine vertikalen und horizontalen Perimeterdämmungen, die beim Rückbau für eine Verwertung vom Betonuntergrund gefräst werden müssen
- keine vertikalen und horizontalen Bitumenabdichtungen
- keine Betonfundamente und -wände, die mit Bitumen verunreinigt sind, und daher nicht wiederverwendet oder verwertet, sondern nur deponiert werden können

Wird ein Keller gebaut, sollte dieser mit wasserundurchlässigem Beton hergestellt werden, so wird eine Verunreinigungen mit Bitumenabdichtungen am Beton oder an Dämmmaterialien bei erdanliegenden Wänden und Decken vermieden.

konventioneller Aufbau: erdberührte Stahlbeton-Außenwand



Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔO13 Pkt/m²
1	Spachtel	Gipsspachtel	0,300	0,800	0,004	1
2	Stahlbeton		25,000	2,500	0,100	80
3	Polymerbitumen-Dichtungsbahn		0,780	0,230	0,034	25
4	Bitumenanstrich		0,240	0,230	0,010	8
5	Polystyrol XPS, CO2-geschäumt		12,000	0,041	2,927	31
6	Drainplatte EPS (Bitumierete Drainageplatte)		8,000	1,000	0,080	7
7	Vlies PP		0,023	0,220	0,001	1
				$R_s / R_m =$	0,130 / 0,000	
				R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =	3,286 / 3,286	
Bauteil			46,343		3,286	153

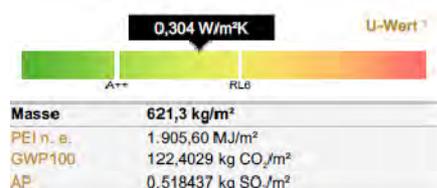


Abbildung 35: erdberührte Stahlbeton-Außenwand (Quelle: IBO-Passivhaus Bauteilkatalog)

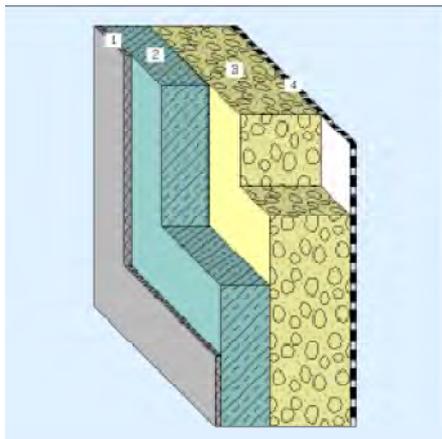
Trennung: Bitumenabdichtungen auf Stahlbetonwänden und verklebte Perimeterdämmungen sind schwer trennbar.

Wiederverwendung: Es können keine Materialien wiederverwendet werden.

Verwertung: Es können keine Materialien verwertet werden.

Entsorgung: Verklebte Perimeterdämmungen sowie Stahlbetonwände mit Bitumenanstrich müssen entsorgt werden.

um- und rückbaubarer Aufbau: erdberührte Dichtbeton-Außenwand mit Glasschaumshotter



Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1		Spachtel - Gipsputz	0,300	0,800	0,004	1
2		Stahlbeton in WU-Qualität	25,000	2,500	0,100	66
3		GEOCELL Schaumglasschotter (feucht)	42,000	0,140	3,000	34
4		Vlies PP	0,023	0,220	0,001	1
			$R_{s} / R_{m} =$			
			0,130 / 0,000			
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =			
			3,235 / 3,235			
Bauteil			67,323		3,235	102



Abbildung 36: erdberührte Dichtbeton-Außenwand mit Glasschaumshotter (Quelle: IBO-Passivhaus Bauteilkatalog)

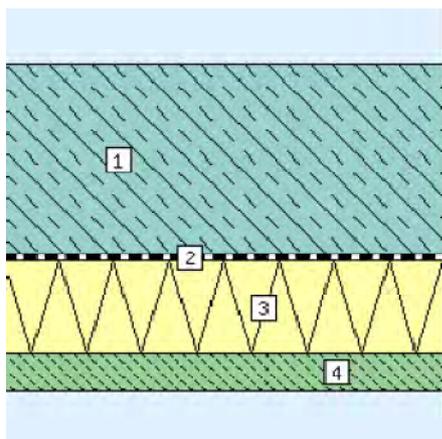
Trennung: Alle Materialien sind leicht trennbar.

Wiederverwendung: Glasschaumshotter kann wiederverwendet werden.

Verwertung: Nicht verunreinigte Betonwände können verwertet werden.

Entsorgung: Es fallen keine Materialien zur Entsorgung an.

konventioneller Aufbau: erdberührte Keller- Fundamentplatte



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1		Normalbeton mit Bewehrung 1 % (2300 kg/m³)	25,000	2,300	0,109	57
2		Polymerbitumen-Dichtungsbahn	0,780	0,230	0,034	19
3		XPS-G 30 > 180 mm (32 kg/m³)	12,000	0,042	2,857	23
4		Magerbeton / Schütt- und Stampfbeton	5,000	1,350	0,037	4
			$R_{s} / R_{m} =$			
			0,170 / 0,000			
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =			
			3,207 / 3,207			
Bauteil			42,780		3,207	103

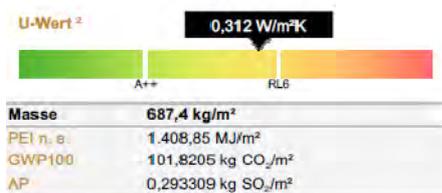


Abbildung 37: erdberührte Keller- Fundamentplatte (Quelle: IBO-Passivhaus Bauteilkatalog)

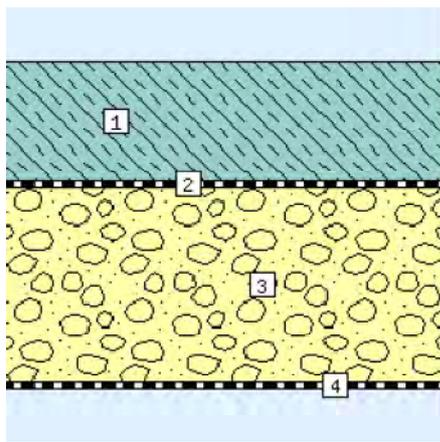
Trennung: Verklebte Perimeterdämmungen mit Bitumenabdichtungen und Stahlbetondecken sind schwer trennbar.

Wiederverwendung: Es können keine Materialien wiederverwendet werden.

Verwertung: Die Beton-Sauberkeitsschicht kann verwertet werden.

Entsorgung: Verklebte Perimeterdämmungen mit Bitumenabdichtungen und Stahlbetondecken müssen entsorgt werden.

um- und rückbaubarer Aufbau: erdberührte Keller- Fundamentplatte mit Glasschaumschotter



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1		Beton mit Bewehrung 1 % in WU-Qualität (2300 kg/m³)	25,000	2,300	0,109	61
2		Baupapier	0,020	0,170	0,001	0
3		Glasschaumgranulat - erdfeucht (keine Staunässe) (Sch)	41,000	0,140	2,929	36
4		Vlies PP	0,020	0,220	0,001	1
				$R_s / R_{s0} =$		0,170 / 0,000
				R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		3,209 / 3,209
Bauteil			66,040		3,209	97

U-Wert¹

0,312 W/m²K



Masse	636,7 kg/m²
PEI n. B.	1.197,03 MJ/m²
GWP100	104,9918 kg CO ₂ /m²
AP	0,300648 kg SO ₂ /m²

Abbildung 38: erdberührte Keller- Fundamentplatte mit Glasschaumschotter (Quelle: IBO-Passivhaus Bauteilkatalog)

Trennung: Alle Materialien sind leicht trennbar.

Wiederverwendung: Glasschaumschotter kann wiederverwendet werden.

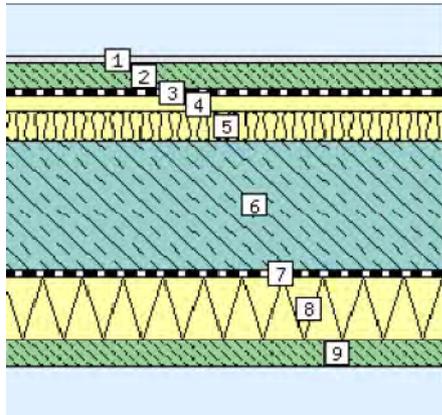
Verwertung: Nicht verunreinigte Betondecken können verwertet werden.

Entsorgung: Es fallen keine Materialien zur Entsorgung an.

5.2.2. Fundamentplatten

Wird die Fundamentplatte aufgeständert, kann eine Bitumenabdichtung entfallen. Der Erdaushub wird um ein vielfaches minimiert, da nur mehr Einzelfundamente zur Ausführung kommen. Darüber hinaus können statt der erdanliegenden Perimeterdämmung aus XPS-Platten ökologischere Dämmmaterialien verwendet werden.

konventioneller Aufbau: erdberührte Fundamentplatte



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1		PVC-Belag (1300 kg/m³)	1,000	0,190	0,053	139
2		Zement- und Zementfließestrich (2000 kg/m³)	5,000	1,330	0,038	9
3		Dampfbremse Polyethylen (PE)	0,010	0,500	0,000	0
4		EPS-T 650 (11 kg/m³)	3,000	0,044	0,682	2
5		thermotec® BEPS-T 90R	5,500	0,048	1,146	8
6		Normalbeton mit Bewehrung 1 % (2300 kg/m³)	25,000	2,300	0,109	57
7		Polymerbitumen-Dichtungsbahn	0,780	0,230	0,034	19
8		XPS-G 30 > 180 mm (32 kg/m³)	12,000	0,042	2,857	23
9		Magerbeton / Schütt- und Stampfbeton	5,000	1,350	0,037	4
				$R_s / R_{s0} =$	0,170 / 0,000	
				R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =	5,125 / 5,125	
Bauteil			57,290		5,125	162

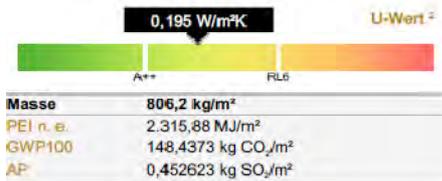


Abbildung 39: erdberührte Fundamentplatte (Quelle: IBO-Passivhaus Bauteilkatalog)

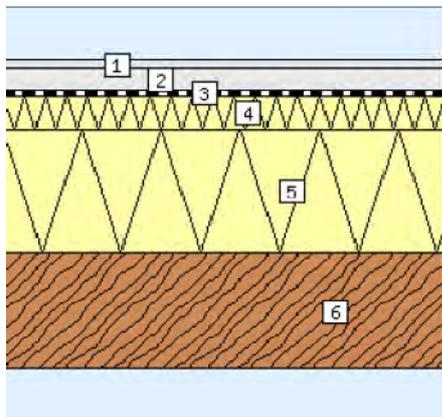
Trennung: Verklebter PVC-Belag mit Estrich, verklebte Stahlbetondecke mit Bitumenabdichtungen und Perimeterdämmungen sind schwer trennbar.

Wiederverwendung: Trittschalldämmplatten können wiederverwendet werden.

Verwertung: Die gebundene EPS-Schüttung sowie die Beton-Sauberkeitsschicht kann verwertet werden.

Entsorgung: Verklebter PVC-Belag mit Estrich, verklebte Stahlbetondecke mit Bitumenabdichtungen und Perimeterdämmungen müssen entsorgt werden.

um- und rückbaubarer Aufbau: aufgeständerte Bodenplatte



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1		Teppichfliese aus Naturfaser (Textil-Belag, Teppich (200	1,000	0,060	0,167	9
2		FERMACELL Gipsfaser Estrich-Elemente	2,500	0,320	0,078	11
3		Dampfbremse PE (Polyethylenbahn, -folie (PE))	0,020	0,500	0,000	1
4		Holzfasertrittschalldämmplatte (AGEPAN® TEP)	4,000	0,052	0,769	8
5		Perlitschüttung (Thermo-Plan)	15,000	0,053	2,830	10
6		KLH®-Massivholzplatte	14,000	0,130	1,077	37
				$R_s / R_{s0} =$	0,130 / 0,040	
				R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =	5,092 / 5,092	
Bauteil			36,520		5,092	76

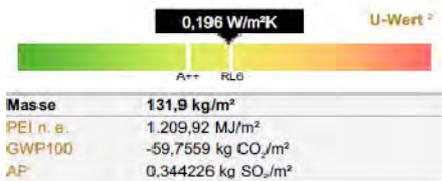


Abbildung 40: aufgeständerte Fundamentplatte (Quelle: IBO-Passivhaus Bauteilkatalog)

Trennung: Alle Materialien sind leicht trennbar.

Wiederverwendung: Alle Materialien können wiederverwendet werden.

Verwertung: Es fallen keine Materialien zur Verwertung an.

Entsorgung: Es fallen keine Materialien zur Entsorgung an.

5.2.3. Außenwände

Eine geringere Anzahl an verschiedenen Materialien erleichtert die Trennung, Wiederverwendung und Verwertung von Außenwänden. Beispiel für eine Außenwand, die gut verwertet werden kann, ist eine Ziegelwand ohne zusätzlicher Dämmung, die außen und innen mit mineralischem Putz verputzt ist.

konventioneller Aufbau: Außenwand mit WDVS

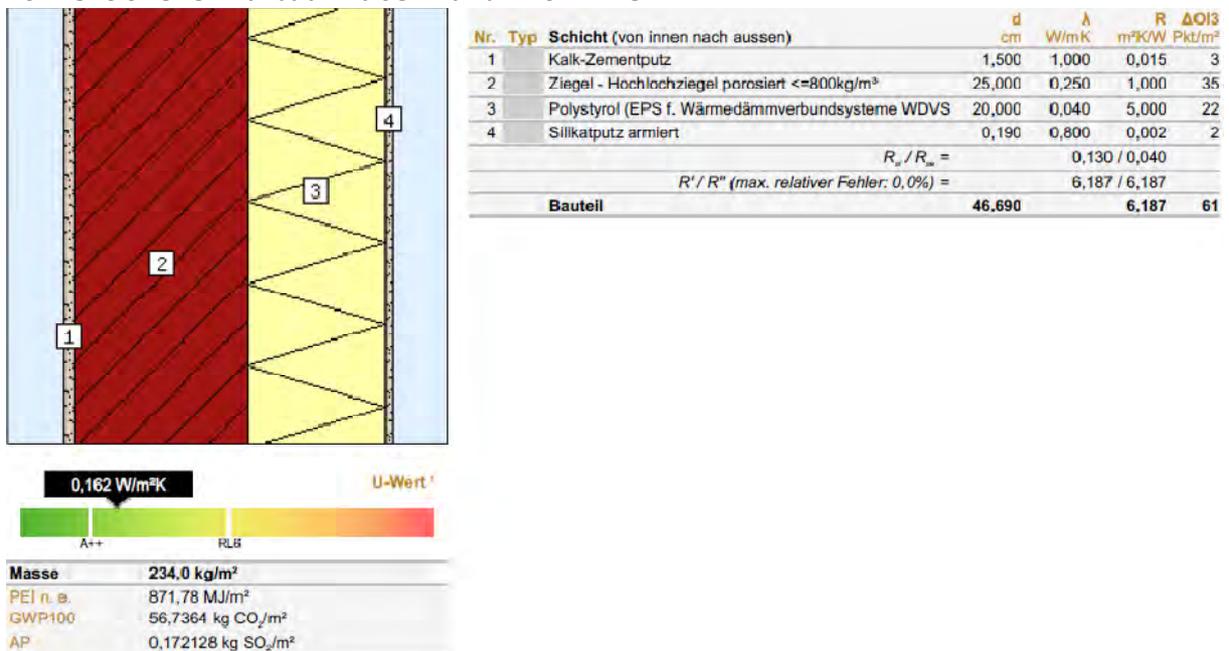


Abbildung 41: Außenwand mit WDVS (Quelle: IBO-Passivhaus Bauteilkatalog)

Trennung: Geklebte und gedübelte Dämmmaterialien sind schwer trennbar.

Wiederverwendung: Weder die Dämmung noch der Hochlochziegel sind wiederverwendbar.

Verwertung: Nur sortenreine Ziegel können als Ziegelschrot verwertet werden.

Entsorgung: Verklebte Dämmungen müssen entsorgt werden.

Verwertung: Es fallen keine Materialien zur Verwertung an.

Entsorgung: Es fallen keine Materialien zur Entsorgung an.

5.2.4. Dach

Hier gilt das gleiche wie bei den Außenwänden: Eine geringere Anzahl an verschiedenen Materialien erleichtert die Trennung, Wiederverwendung und Verwertung.

Bei der konventionellen Ausführung von Flachdächern als Warmdach kann die Bitumenabdichtung vom Dämmstoff und von der Stahlbetondecke nicht getrennt werden. Die mit Bitumen verklebten Baustoffe müssen entsorgt werden.

Eine Alternative zum Bitumen-Warmdach ist die bekieste Kunststofffolienabdichtung aus flexiblen Polyolefinen (FPO), die lose auf der Dämmung liegt. Die Dämmung liegt wiederum nur lose auf der tragenden Decke, lediglich die Dampfbremse muss mit dem Untergrund verklebt werden.

konventioneller Aufbau: Stahlbetondecke mit Bitumen-Warmdach

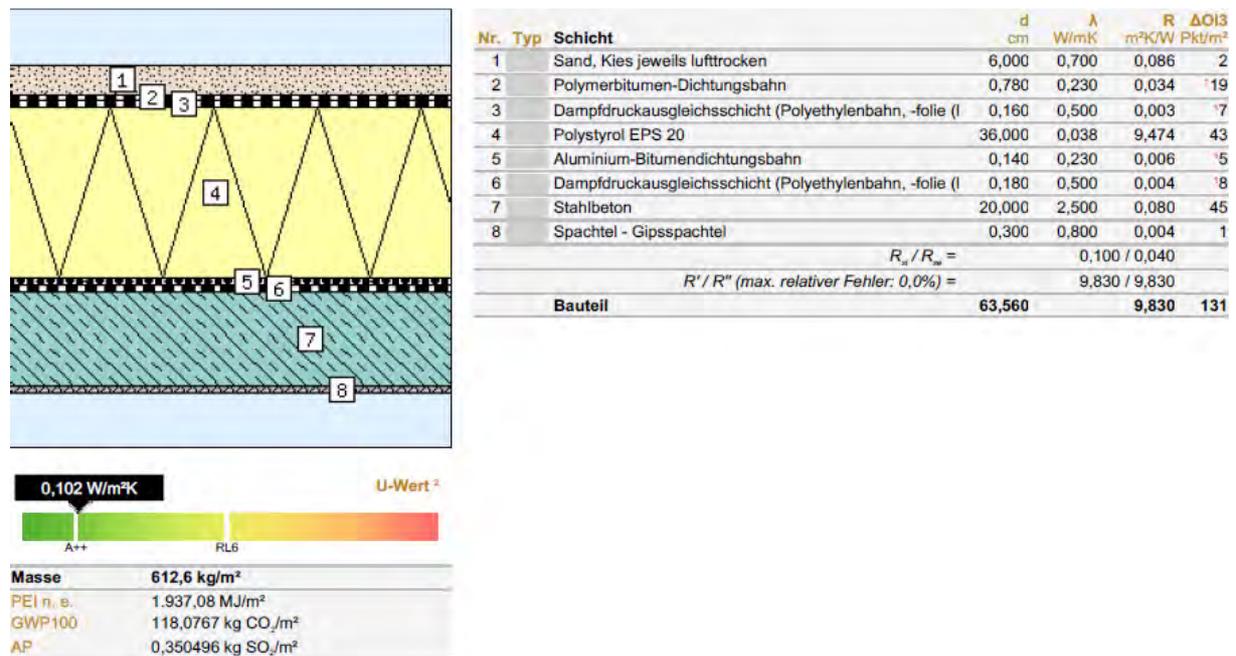


Abbildung 44: Stahlbetondecke mit Bitumen-Warmdach (Quelle: IBO-Passivhaus Bauteilkatalog)

Trennung: Verklebte Bitumendachbahn, Dämmplatten, Voranstrich und Stahlbetondecken sind schwer trennbar.

Wiederverwendung: Eine Wiederverwendung der Materialien ist nicht möglich.

Verwertung: Nur sortenreiner Beton kann verwertet werden.

Entsorgung: Verklebte Bitumendachbahn, Dämmplatten, Voranstrich und Stahlbetondecken müssen entsorgt werden.

um- und rückbaubarer Aufbau: Stahlbetondecke mit FPO-Folie

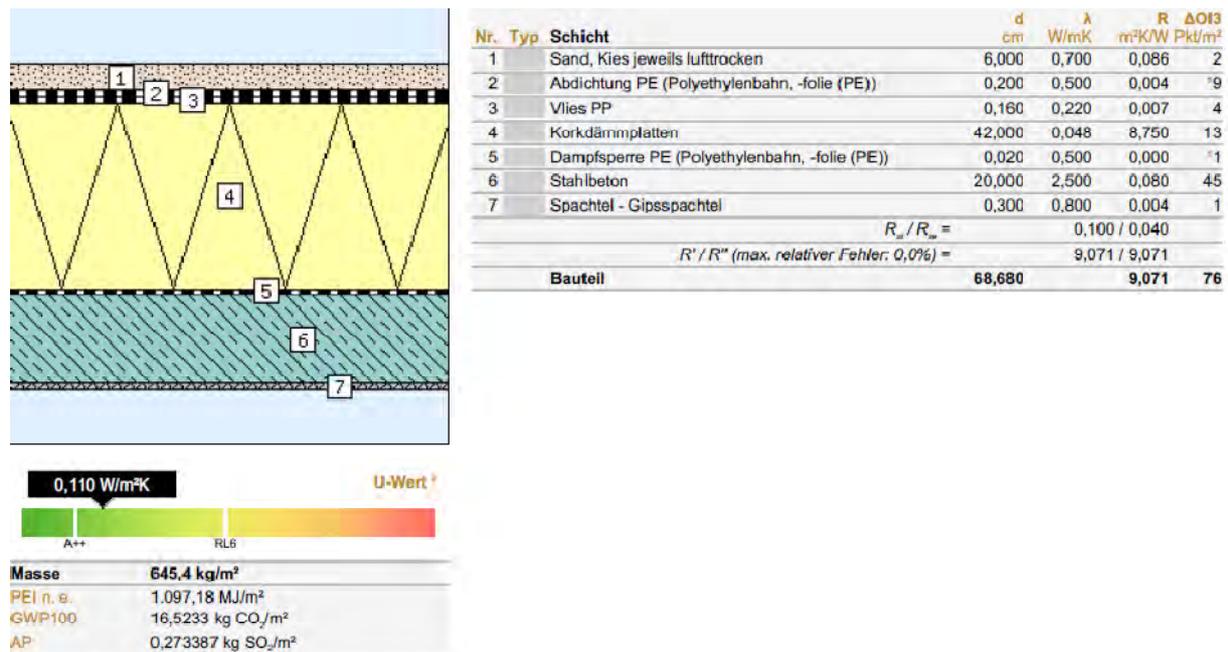


Abbildung 45: Stahlbetondecke mit FPO-Folie (Quelle: IBO-Passivhaus Bauteilkatalog)

Trennung: Eine Trennung aller Materialien ist möglich.

Wiederverwendung: Eine Wiederverwendung von Dämmplatten, Vlies und FPO-Folie ist möglich.

Verwertung: Kiesschüttung und Beton kann verwertet werden.

Entsorgung: Es fallen keine Materialien zur Entsorgung an.

5.3. Vor- und Nachteile einzelner Bauteile und Materialien hinsichtlich der anfallenden Kosten für den Um- und Rückbau

Kosten konventioneller und rückbaubarer Materialien und Bauteile wurden aus eigenen abgerechneten Projekten herangezogen. Große Preisunterschiede gibt es zwischen konventionellen und rückbaubaren bzw. nachwachsenden Dämmmaterialien. Ebenso große Preisunterschiede gibt es bei verschiedenen Verbindungsarten, wie z. B. bei der Befestigung von Holzschalungen, nicht rückbaubar mit Stahlklammern und Drucklufttacker oder rückbaubar mit Schrauben.

Wie schon im Kapitel 2.1. "Kosten" beschrieben, gliedern sich die Lebenszykluskosten in Errichtungs- und Folgekosten. Betrachtet man nur die Errichtungskosten sind die Kosten für Um- und rückbaubare Konstruktionen höher als die Kosten für herkömmliche Konstruktionen. Betrachtet man aber auch die Folgekosten sind um- und rückbaubare Konstruktionen in ihren Lebenszykluskosten niedriger als herkömmliche Konstruktionen (siehe Kapitel 2.1.1 Lebenszykluskosten).

6. Leitfaden zur Berücksichtigung der Rückbaubarkeit in der Planungsphase eines Gebäudes

6.1. Bestehende Gebäudebewertungen im Überblick

6.1.1. Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen

Das Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V. (DGNB) ist ein Zertifizierungssystem für nachhaltige Bauwerke, wobei ökologische, ökonomische, soziokulturelle, funktionale, technische Qualität, Prozess- und Standortqualität bewertet werden. Es zeichnet herausragende Gebäude in den Kategorien Gold, Silber und Bronze aus. [14]

Für die Rückbaubarkeit, Recycling- und Demontagefreundlichkeit werden die technische Gebäudeausrüstung, Ausbauelemente, nicht tragende und tragende Rohbaukonstruktion eines Bauwerkes, der Aufwand für Demontage und Trennung sowie ein Recycling- und Entsorgungskonzept bewertet. [14]

6.1.2. Total Quality Building (TQB)

Total Quality Building (TQB), das Gütesiegel der österreichischen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, dokumentiert die Qualität eines Gebäudes von der Planung über die Ausführung bis zur Nutzung im TQB-Zertifikat. Das Zertifikat macht die Qualität eines Gebäudes sichtbar, nutzbar und vergleichbar und bringt so für die Vermarktung Vorteile und Sicherheit.

6.1.3. Energieausweis

Der Energieausweis gemäß OIB (Österreichisches Institut für Bautechnik)- Richtlinie 6, Ausgabe Oktober 2011, zeigt auf den ersten Blick, wie viel Energie zum Beheizen eines Gebäudes notwendig ist. Die wichtigste Kennzahl, die aus dem Energieausweis herauslesbar ist, ist der Heizwärmebedarf (HWB) in kWh pro m² Bruttogeschosßfläche und Jahr. Dieser Wert wird als Energiekennzahl bezeichnet und gibt Auskunft über die thermische Qualität der Gebäudehülle. Die Richtlinie ist in allen österreichischen Bundesländern außer Salzburg Teil der Bauordnung. Es ist auch der jährliche Primärenergiebedarf (PEB_{BGF,SK}) und die Kohlendioxidemissionen (CO₂ BGF,SK) pro m² konditionierter Brutto-Grundfläche sowie der Gesamtenergieeffizienz-Faktor (f_{GEE}) auszuweisen. [15]

6.1.4. klima:aktiv Gebäudestandard

„Das freiwillige klima:aktiv Bewertungssystem für Gebäude ist umfangreicher als der Energieausweis, da es nicht nur die energetische Qualität eines Gebäudes beschreibt, sondern auch ökologische Faktoren in die Bewertung einbezieht. Es werden folgende vier Hauptkategorien bewertet: (A) Planung und Ausführung, (B) Energie und Versorgung, (C) Baustoffe und Konstruktion, (D) Komfort und Raumluftqualität.“ [16 S. 44]

6.1.5. Baubook Rechner

Der baubook-Bauteilrechner von der baubook GmbH wird vom Energieinstitut Vorarlberg und der IBO GmbH betrieben. Im baubook-Bauteilrechner können U-Werte (Wärmedurchgangskoeffizient) und OI3-Kennzahlen von Bauteilen verschiedener Aufbauten berechnet werden.

6.1.6. Ökobilanzrechner baubook eco2soft – Ökobilanz für Gebäude

Mit dem baubook-Ökobilanzrechner „baubook eco2soft – Ökobilanz für Gebäude“ werden Ökobilanzen über den Lebenszyklus eines Gebäudes berechnet.

Es werden Treibhauspotential (GWP), Versauerungspotential (AP) und Primärenergiebedarf, nicht erneuerbar (PEI n.e.) für die Herstellung der Baumaterialien und der Haustechnik sowie OI3-Kennwerte berechnet.

Weiters werden Gebäudebetrieb, Erneuerung von Bauteilschichten, Entsorgung und Belastungen für die Baumaterialtransporte mitbilanziert. [17]

6.2. Bewertung der Um- und Rückbaufähigkeit

Für die Beurteilung der Um- und Rückbaufähigkeit von Bauwerken sind alle Bauteile in einem Bauteilkatalog zu erfassen. Die Bauteile werden in Bezug auf ihre Um- und Rückbaufähigkeit bewertet. Die Summe der einzelnen Bewertungen der Bauteile ermöglicht einen Vergleich von Bauwerken mit unterschiedlichen Konstruktionen.

Auf Basis von bestehenden Bauwerken und den beschriebenen Eigenschaften, die die Um- und Rückbaubarkeit von Konstruktionen beeinflussen, wird dieser Bauteilkatalog für die Um- und Rückbaubarkeit zusammengestellt.

Die Bewertung der Bauteile erfolgt anhand folgender Kriterien von „1= gut“ bis „5= schlecht“:

- Ökologie
- Trennbarkeit

- Wiederverwendung
- Verwertung
- Entsorgung
- Nutzungsdauer

6.2.1. Ökologische Bewertung

Ähnlich wie es bei der Energieeffizienz darum geht, zuerst den Energiebedarf zu minimieren, um ihn dann erneuerbar decken zu können, muss im rückbaubaren Konstruieren zuerst der ökologische Aufwand einer Konstruktion minimiert werden und ihre Lebensdauer verlängert werden.

Die Ökobilanz im Baubereich ist nach ISO 14040 und 14044 genormt. Es ist ein Verfahren zur Erfassung und Bewertung der Umweltauswirkungen von Produkten über den gesamten Lebenszyklus.

Die Ergebnisse von Ökobilanzen können aus verschiedenen am Markt befindlichen Programmen (siehe Kapitel 6.1. "Bestehende Gebäudebewertungen im Überblick") gewonnen werden.

Datengrundlage ist der Ökoindex 3 (OI3), der aus den drei Indikatoren Primärenergieinhalt, Treibhauspotential und Versauerungspotential berechnet wird. Der OI3 beschreibt die ökologische Belastung durch die Herstellung der Produkte. Diese Größen werden aus dem Energieausweis oder aus anderen Programmen zur Gebäudebewertung (siehe Kapitel 6.1. "Bestehende Gebäudebewertungen im Überblick") gewonnen.

Der Wertebereich des Ökoindex 3 (OI3) für Bauteile liegt zwischen ca. -30 bis 120 Punkte. Je höher der Wert umso ökologisch aufwendiger ist der Bauteil. [18]

In der vorliegenden Studie wird die Ökologie von Bauteilen daher folgendermaßen bewertet:

- 1 OI3 -30 bis 0 Punkte
- 2 OI3 1 bis 40 Punkte
- 3 OI3 41 bis 80 Punkte
- 4 OI3 81 bis 120 Punkte
- 5 OI3 über 120 Punkte

6.2.2. Bewertung der Trennbarkeit

Die Trennbarkeit von Bauteilen ist Grundvoraussetzung für die Um- und Rückbaubarkeit.

In der vorliegenden Studie wird die Trennbarkeit von Bauteilen folgendermaßen bewertet:

1 Es ist keine Trennung der einzelnen Bauteilschichten erforderlich bzw. keine Verbindung vorhanden.

z. B. rein mineralische Wandaufbauten wie gemörtelte, unverputzte und verputzte Ziegelmauerwerke, Schüttungen, aufgelegte Materialien

2 Alle Bauteilschichten sind zerstörungsfrei trennbar (lösbare Verbindungen).

z. B. eingeschnappte, eingehängte, geklemmte, gesteckte Verbindungen (siehe Kapitel 3.2 "Verbindungen"), lösbare Klebungen

3 Einzelne Bauteilschichten sind mit Aufwand zerstörungsfrei trennbar, eine stoffliche Trennung der Schichten ist einfach möglich.

z. B. einzeln verklebte Schichten, verschraubte Holzschalungen, Lösen von Folien, geschraubte Alu-Fassaden, genagelter Fußbodenbelag, Holzbalkendecke, Brettsperrholzdecke ohne Aufbeton, absaugbare Materialien, die in eine Konstruktion eingblasen wurden

4 Alle Bauteilschichten sind untereinander verklebt, aber mit mittlerem Aufwand wirtschaftlich vertretbar trennbar.

z. B. leicht lösbare Putze, Massivholzdecken mit Aufbeton, flächig verklebte Bodenbeläge

5 Wesentliche Bauteilschichten sind nicht oder nur mit hohem Aufwand trennbar, die Verbindung ist nur mit Schädigung oder Zerstörung der verbundenen Bauteilschichten lösbar.

z. B. geschweißte und geklebte Verbindungen, Sandwichmaterialien, geklebte und gedübelte Wärmedämmfassaden mit Armierungsgewebe, aufgeflamte Bitumenbahnen, EPS-Beton [6]

Die Trennbarkeit von Bauteilschichten ist eine wichtige Voraussetzung für die Einstufung von Bauteilschichten in den Bewertungskategorien „Wiederverwendung“, „Verwertung“ und „Entsorgung“.

6.2.3. Bewertung der Wiederverwendbarkeit

Bei der Beurteilung der Wiederverwendbarkeit werden die einzelnen Bauteilschichten/Materialien der Bauteile untersucht.

In der vorliegenden Studie wird die Wiederverwendbarkeit von Bauteilschichten folgendermaßen bewertet:

1 Eine Wiederverwendung von Bauteilschichten ist ohne besonderen Aufwand möglich.

z. B. Dachziegel, Schüttungen, aufgeschüttete Dämmung, aufgelegte Holzträger, aufgelegte Materialien, eingeschnappte, eingehängte, geklemmte, gesteckte Verbindungen, lösbare Klebungen

2 Eine Wiederverwendung von Bauteilschichten ist mit relativ geringem Aufwand möglich.

z. B. Fenster, Türen

3 Eine Wiederverwendung von Bauteilschichten ist mit hohem Aufwand möglich und wirtschaftlich realisierbar.

z. B. Fertigteildecken ohne Aufbeton, Brettsperrholzdecke ohne Aufbeton, Holzbalkendecke, Fertigteil-Wandelemente, verschraubte Holzschalungen, geschraubte Alu-Fassaden, genagelter Fußbodenbelag, absaugbare Materialien, die in eine Konstruktion eingeblasen wurden, Holzlattungen, verschraubte Schalungen, Stahlträger, geklemmte Dämmungen

4 Eine Wiederverwendung von Bauteilschichten ist zwar möglich, aber unwirtschaftlich (Reinigungsaufwand, Transport, etc)

z. B. mit Zementmörtel gemauerte Ziegel, Trittschalldämmungen

5 Eine Wiederverwendung von Bauteilschichten ist nicht möglich.

z. B. „Putze, Ortbeton, Estrich, Systeme, die in weiteren Ausbaustufen dauerhaft mit anderen Stoffen verbunden werden, Elementdecken mit Aufbeton, nicht zerstörungsfrei ausbaubare Dämmplatten, verunreinigtes Dämmmaterial, Perimeterdämmungen, Folienmaterial, Abdichtungen, Dichtungsbänder, Bitumenbahnen, verklebter Bodenbelag.“ [6 S. 15]

6.2.4. Bewertung der Verwertung

In der vorliegenden Studie wird die Verwertung von Bauteilschichten folgendermaßen bewertet:

1 Eine Verwertung von Bauteilschichten ist nicht erforderlich, da sie wiederverwendbar sind.

2 Eine Verwertung von Bauteilschichten ist leicht möglich.

z. B. rein mineralische Bauteile (Beton, Hochlochziegel, Lehmputz, Zementestriche, Ziegelhohlkörperdecken, Dachsteine), Metalle (Stahl, Aluminium, Aluminium-Fassaden, Blei, Kupfer, Zink), unbehandelte Holzbalken und -träger, Perlite

3 Eine Verwertung von Bauteilschichten ist mit geringem Aufwand möglich.

z. B. „Brettstapeldecken, Holzschalung, Holzlattung, Fensterrahmen aus Aluminium, nicht verunreinigte Dämmstoffe aus EPS, XPS, Kork, Doppel-T-Träger, lackiertes Holz, Holz-Alu-Fensterrahmen, PE- und PP-Kunststoffe, Gipsfaserplatten“ [6 S. 16].

4 Eine Verwertung von Bauteilschichten ist mit hohem Aufwand möglich oder unwirtschaftlich.

z. B. „Sandwichmaterialien, Holzwerkstoffe, EPS-Beton, Putze, Mineralschaumplatten, verunreinigte mineralische Baustoffe“ [6 S. 16]

5 Eine Verwertung von Bauteilschichten ist nicht möglich.

z. B. „Mineralwolle, Klebstoffe, Polyurethan-Schäume, Holzwerkstoffe mit Kunststoffbeschichtungen, Holzwolleleichtbauplatten, verunreinigte Kunststoffe, Gummigranulatmatten, Bitumen, Silikonharz- und Kunstharzputze, Zellulose, Schaumglas in Bitumen versetzt, Wärmedämmverbundsysteme mit EPS oder Mineralwolle, Wärmedämmputze, Gipskartonplatten, Putzarmierung, Rollierung" [6 S. 16]

6.2.5. Bewertung der Entsorgung

In der vorliegenden Studie wird die Entsorgung von Bauteilschichten unter Zugrundelegung der Deponieverordnung 2011 folgendermaßen bewertet:

1 Eine Entsorgung von Bauteilschichten ist nicht erforderlich, da sie wiederverwendet oder verwertet werden können.

2 Eine thermische Verwertung von Bauteilschichten ist möglich.

z. B. Holzwerkstoffe, Kork, Baufolien

3 Eine gesetzliche Deponierung von Bauteilschichten auf Bodenaushubdeponien bzw. Baurestmassendeponien ist möglich.

z. B. Inertabfälle mit sehr geringem Schadstoffgehalt (unbelasteter Bodenaushub), Inertabfälle mit geringem Schadstoffgehalt (verunreinigte Böden), mineralische Baurestmassen wie „Beton, Silikatbeton, Gasbeton, Holzbeton, Ziegel, Klinker, Mauersteine auf Gipsbasis, Mörtel und Verputze, Stukkaturmaterial, Kaminsteine und Schamotte aus privaten Haushalten, Kies, Sand, Kalksandstein, Asphalt, Bitumen, Glas, Faserzement, Asbestzement, Fliesen, Natursteine, gebrochene natürliche Materialien und Porzellan" [19]

4 Eine gesetzliche Deponierung von Bauteilschichten auf Baurestmassendeponie ist möglich, aber problematisch.

z. B. „Gips, Bitumen, thermisch verwertbare Materialien mit problematischen Inhaltsstoffen, bromierte Flammschutzmittel in EPS, XPS, Heraklith, Holzmantelsteine, EPS-Beton, Mineralwolle, Kunststoffverunreinigungen von Baurestmassen, PE-Estrichtrennfolien" [6 S. 17]

5 Eine gesetzliche Deponierung von Bauteilschichten ist auf Massenabfalldeponien möglich.

z. B. „stofflich inhomogene Verbundsysteme, Metalle, stark kontaminierte Hölzer (z.B. geteert), Sandwichmaterialien, Wärmedämmverbundsysteme, Gummigranulatmatte“ [6 S. 17]

6.2.6. Bewertung der Nutzungsdauer von Bauteilen und Materialien

Als Grundlage für die Einstufung der Nutzungsdauer von Bauteilen und Materialien dient die Tabelle im Anhang 1 „Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB), Stand 03.11.2011“ von der Geschäftsstelle Nachhaltiges Bauen im Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Berlin.

Für die Bewertung von Um- und Rückbaubarkeit von Gebäuden ist die Nutzungsdauer der einzelnen Bauteile und Materialien von Bedeutung; je höher die Nutzungsdauer desto geringer die jährlichen Durchschnittskosten für den Rückbau.

Die Nutzungsdauerangaben in der Tabelle im Anhang 1 beschreiben, nach wie vielen Jahren ein Bauteil oder eine Bauteilschicht den technischen, funktionalen, gesetzlichen und ästhetischen Anforderungen nicht mehr entspricht und ausgetauscht wird.

In der vorliegenden Studie wird die Nutzungsdauer von Bauteilschichten daher folgendermaßen bewertet:

1 mittlere Lebenserwartung über 50 Jahre; Ersatz in 50 Jahren: 0 mal

- Einzel- und Streifenfundamente, Fundamentplatten, Tiefgründungen
- tragende Außenwände, Außenstützen, Außentüren aus Laubholz und Metall
- Außenfenster aus Aluminium, Alu-Holz, Laubholz und Stahl
- Abdichtungen gegen drückendes Wasser, Konstruktionen aus wasserundurchlässigem Beton
- Perimeterdämmungen aus Schaumglas
- mineralische Fassadenbekleidungen und Fassadenbekleidungen aus Aluminium-, Zink-, Edelstahl- und Kupferblech
- Dämmschicht als Kerndämmung, bei hinterlüfteten Fassaden, als Aufsparrendämmung und als Zwischensparrendämmung
- tragende Innenwände, Innenstützen
- Innentüren, Innenfenster
- Innenputz

- Innenwandbekleidungen aus Holz, Metall, Naturstein- und Kunststein, Fliesen, Gipskartonplatten
- Decken aus Stahlbeton, Massivholzdecke, Holzbalkendecke
- Nass- und Trockenestrich, Trittschalldämmung, Fussbodendämmung
- Fußbodenbeläge aus Fliesen, Natur- und Kunststein, Terrazzo, Massivholz
- Doppelböden, Hohlräumeböden
- Deckenbekleidungen aus Gipskarton, Metall, Holz
- Dachtragkonstruktionen
- Dachdeckungen aus Ziegel, Beton, Faserzement, Metall
- etc

2 mittlere Lebenserwartung 25 bis 50 Jahre; Ersatz in 50 Jahren: 1 mal

- Abdichtung gegen nichtdrückendes Wasser
- Außentüren aus Nadelholz, Kunststoff und Holzwerkstoff, Außenfenster aus Kunststoff und Nadelholz
- Verglasungen
- Rollläden
- Perimeterdämmungen aus XPS
- Außenputz
- Wärmedämmverbundsysteme
- Fassadenbekleidungen aus Holz, Zinkblech, verzinktem Stahlblech, Edelstahlblech, Aluminium-Verbundplatten
- Kunststoff-Jalousien
- Sanitär- und Duschtrennwände
- Fußbodenbeläge aus Holz-Mehrschichtparkett
- Flachdachabdichtungsbahnen aus Bitumen und Kunststoff unterhalb der Dämmung
- Extensive Begrünung, Bekiesung, Verlegeplatten, Intensive Begrünung
- Dachdeckung aus verzinktem Stahl, Aluminium
- Büromöbel
- etc

3 mittlere Lebenserwartung 17 bis 24 Jahre; Ersatz in 50 Jahren: 2 mal

- Außenanstriche mit Dispersionsfarbe und Dispersions-Silikatfarbe, Beschichtungen auf Beton
- Holzschutzdruckimprägnierungen außen
- Lasur-Innenanstriche
- Fußbodenbeläge aus PVC, Linoleum, Kork, Laminat, Kunststoff-Parkett, Kautschuk
- Flachdachabdichtungsbahnen aus Bitumen und Kunststoff oberhalb der Dämmung
- Schulmöbel
- etc

4 mittlere Lebenserwartung 13 bis 16 Jahre; Ersatz in 50 Jahren: 3 mal

- Außenanstriche mit Silikonharzfarbe, Silikatfarbe und Polymerisatharzfarbe
- Aluminiumjalousien, Markisen
- Innenanstriche
- Innensanierputz
- Textiltapeten
- etc

5 mittlere Lebenserwartung bis 12 Jahre; Ersatz in 50 Jahren: über 3 mal

- Außenanstriche mit Kalkfarbe, Holzlacke, Holzlasuren, Holzöle/-wachse
- Latex-Innenanstriche
- Papier- und Kunststofftapeten
- textile Fußbodenbeläge, Holzschutanstriche, Versiegelungen, Beschichtung auf Wachs- oder Ölbasis
- etc

7. Anwendung von rückbaubaren Konstruktionen am Beispiel eines Bürogebäudes

7.1. Entwurf Bürogebäude

7.1.1. Bürokonzepte

Durch Internet, Telearbeit und E-Commerce wird die Büroarbeit immer flexibler, räumlich und zeitlich begrenzte Büroarbeit wird es Zukunft immer weniger geben. Das Angebot an Büroräumen muss daher auf wechselnde Nutzeranforderungen abgestimmt werden. Büroarbeitsplätze müssen flexibel sein, Kooperation und Kommunikation fördern, aber auch für konventionelle Büroformen geeignet sein. Sie müssen für mehrmalige Änderungen im Lebenszyklus ausgelegt sein.

Bisher übliche Zellenbüros oder Großraumbüros sind für flexibles Arbeiten weniger geeignet. Zellenbüros sind baulich nicht flexibel und haben eine schlechte Nutzflächenwirtschaftlichkeit. Großraumbüros sind wegen ihres Raumangebotes und der schlechten Akustik für kommunikatives und konzentriertes Arbeiten schlecht geeignet.

Neue Bürokonzepte, die sogenannten Kombibüros, verbinden die Vorteile der Zellen-Gruppen- und Großraumbüros, Kooperation und Kommunikation wird gefördert, Büroflächen und -infrastruktur werden besser ausgelastet. [20]

Im folgenden werden einzelnen Bürokonzepte kurz beschrieben.

7.1.2. Zellenbüro

Zellenbüros, als Ein- oder Zweipersonenbüro, sind die klassische Büroform. Sie werden meist durch einen Mittelgang erschlossen. Wände zwischen den Büros und Gangwände sind meist nur mit großem Aufwand veränderbar.

Vorteile des Zellenbüros sind:

- störungsfreies, konzentriertes Arbeiten
- jedes Büro hat meist ein Fenster für natürliche Belüftung und Tageslicht, Lüftungsanlagen und künstliche Tagesbeleuchtung sind daher nicht erforderlich

Nachteile des Zellenbüros sind:

- eingeschränkte direkte Kommunikation
- Kommunikation findet nicht spontan, sondern geplant statt
- fehlende Flexibilität durch nicht veränderbare Zwischenwände
- für Teamarbeit nicht geeignet [20]

Abbildung 46 zeigt ein typisches Zellenbüro mit Mittelgang.

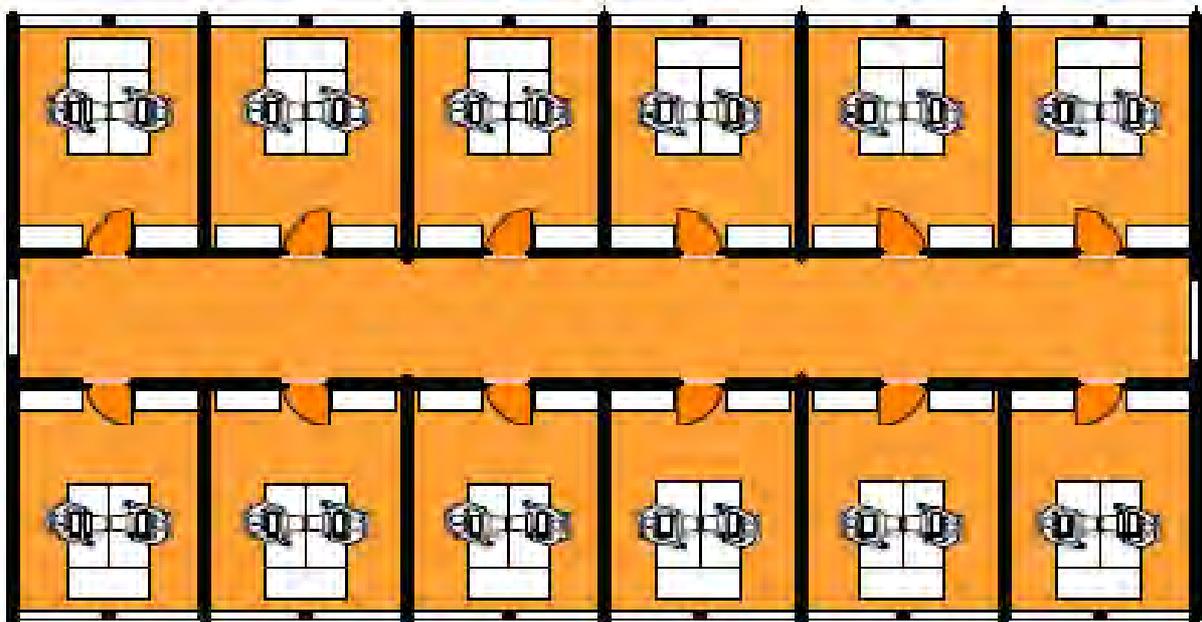


Abbildung 46: Zellenbüro (Quelle: MARTIN, Peter; Neue Bürokonzepte - Was leisten sie?, 2007)

7.1.3. Großraumbüro

Von Großraumbüros spricht man ab ca. 400 m² Grundrissfläche und einer Raumtiefe über 20 Meter. Da statisch meist nur Stützen angeordnet sind, können Arbeitsplätze mit raumteilenden Möbeln beliebig angeordnet werden.

Vorteile von Großraumbüros sind:

- ermöglichen Gruppenarbeiten
- direkte Kommunikation möglich
- Arbeitsplätze können mit geringen Aufwand neu angeordnet werden

Nachteile von Großraumbüros sind:

- durch Kommunikation und Telefonate anderer kein störungsfreies, konzentriertes Arbeiten möglich
- für Sachbearbeitertätigkeiten nicht geeignet
- durch die große Raumtiefe wird meist eine mechanische Be- und Entlüftung benötigt, die Mittelzone hat kein ausreichendes Tageslicht

Abbildung 47 zeigt ein typisches Großraumbüro.

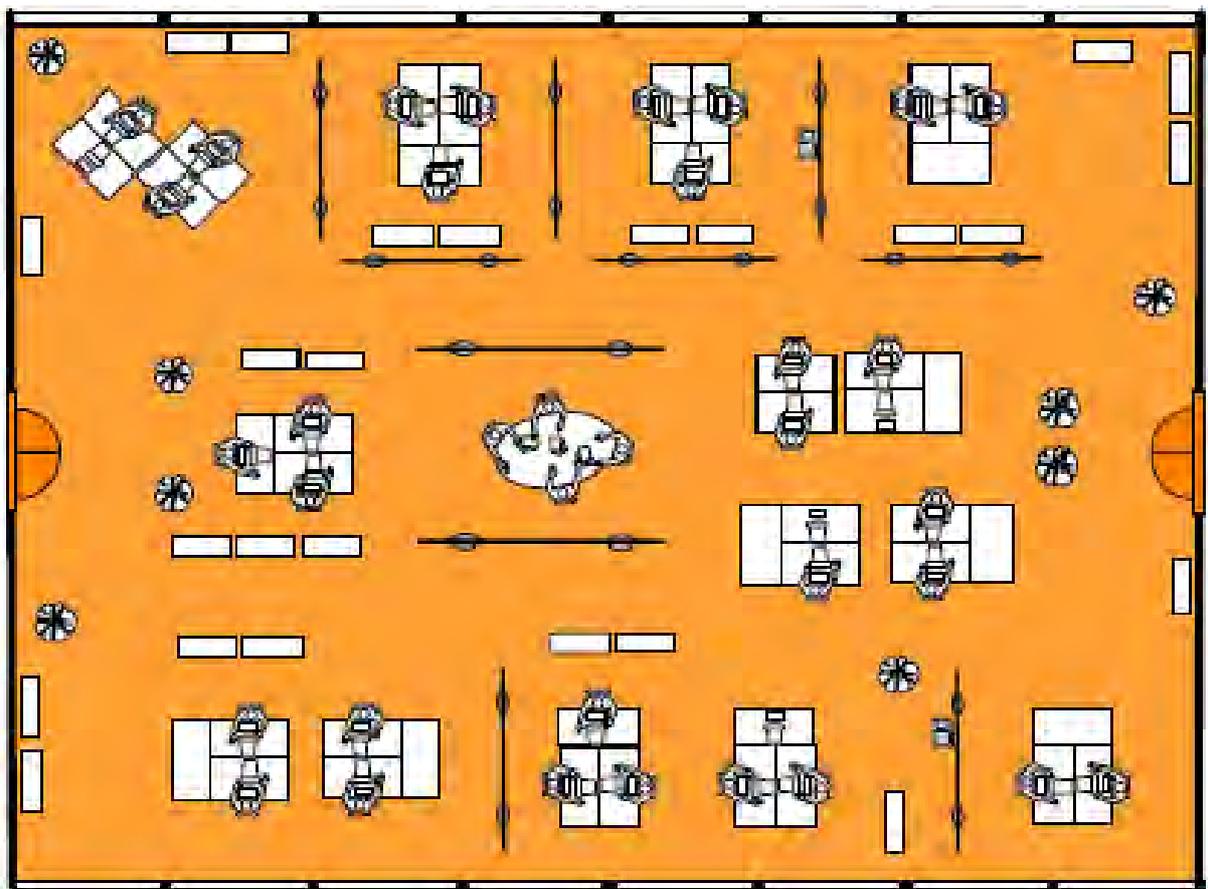


Abbildung 47: Großraumbüro (Quelle: MARTIN, Peter; Neue Bürokonzepte - Was leisten sie?, 2007)

7.1.4. Gruppenbüro

Von Gruppenbüros spricht man bei einer Belegung von 3 bis 25 Personen, die vergleichbare Tätigkeiten ausüben. Sie haben in der Regel mindestens eine Fensterfront. Durch flexible Trennwände und Wandsysteme werden die Verkehrswege von den Arbeitsplätzen getrennt.

Vorteile von Gruppenbüros sind:

- ermöglichen Gruppenarbeiten
- verbesserte Kommunikation
- Arbeitsplätze können mit geringem Aufwand neu angeordnet werden
- Arbeitsplätze können natürlich belüftet und mit ausreichend Tageslicht versorgt werden, Lüftungsanlagen sind daher nicht erforderlich

Nachteile von Gruppenbüros sind:

- durch Kommunikation und Telefonate anderer können Störungen auftreten, die durch akustische Maßnahmen gelöst werden müssen

Abbildung 48 zeigt ein typisches Gruppenbüro.

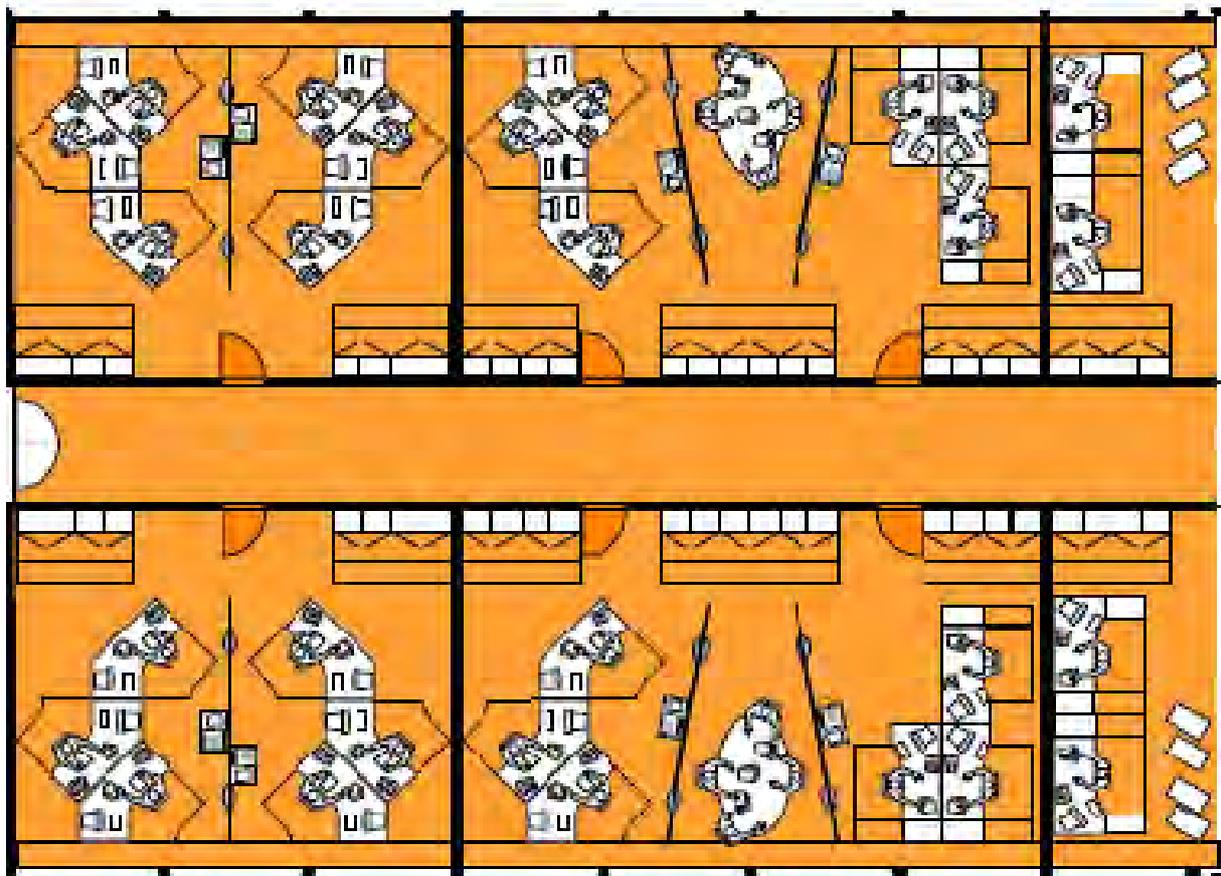


Abbildung 48: Gruppenbüro (Quelle: MARTIN, Peter; Neue Bürokonzepte - Was leisten sie?, 2007)

7.1.5. Kombibüro

Kombibüros bestehen meistens aus kleinen Einzelbüros für ein bis vier Personen entlang der beiden Fassaden und einer mittleren Multifunktionszone, die auch zur Erschließung dient. Die Multifunktionszone kann für Besprechungen, als Archiv, Sekretariat, Teeküche etc. genutzt werden. Die Einzelbüros sind meist mit Glaswänden von der Multifunktionszone getrennt, über die auch Tageslicht in die mittlere Zone gelangt. Der Unterschied zum Gruppenbüro liegt darin, dass Gruppenbüros auf projektorientierte Teamarbeit ausgelegt sind, während Kombibüros eher auf Einzelarbeit mit sporadischer Teamarbeit ausgelegt sind.

Vorteile von Kombibüros sind:

- ermöglichen konzentriertes Arbeiten
- Kommunikation in der Multifunktionszone
- flexible Raumgestaltung der Büros und der Multifunktionszone
- Arbeitsplätze können natürlich belüftet und mit ausreichend Tageslicht versorgt werden, Lüftungsanlagen sind daher nicht erforderlich

Nachteile von Kombibüros sind:

- durch die Glaswände können sich Beschäftigte beobachtet fühlen

Abbildung 49 zeigt ein typisches Kombibüro.

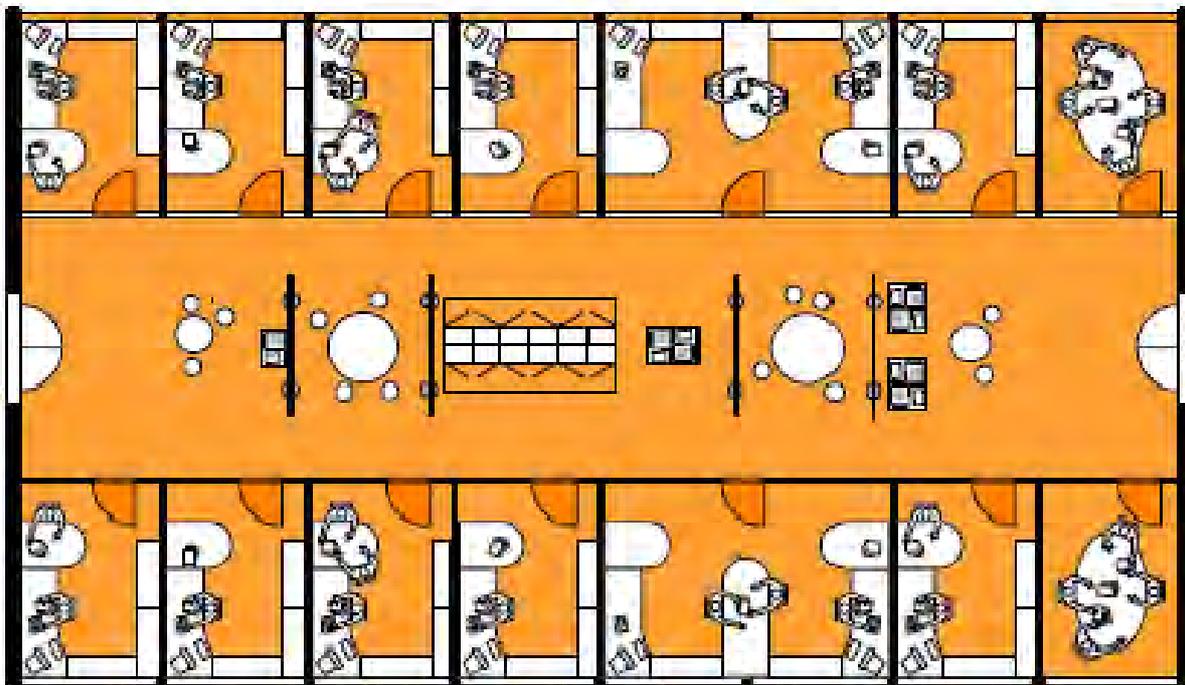


Abbildung 49: Kombibüro (Quelle: MARTIN, Peter; Neue Bürokonzepte - Was leisten sie?, 2007)

Zukünftige flexible Bürokonzepte sollen so gestaltet sein, dass sie als Einzel-, Gruppen- und Kombibüro für unterschiedliche Nutzungen geeignet sind. Wichtig sind flexible Trennwände, anpassbare Elektrifizierung, Beleuchtung und Belüftung.

7.2. Entwurf Bürogebäude in Vöcklabruck



Abbildung 50: Luftbild Vöcklabruck, Digitale Oberösterreichische Raum-Informationssystem (DORIS) OÖ

Standort Vöcklabruck

Die Stadt Vöcklabruck liegt im südwestlichen Oberösterreich, im zentralen Alpenvorland. Vöcklabruck ist Bezirkshauptstadt des gleichnamigen Bezirkes und liegt im Zentrum der Vöckla-Ager-Senke. Das ist der zweitwichtigsten Wirtschaftsraum in Oberösterreich.

Die Stadtgemeinde Vöcklabruck hat ca. 12.000 Einwohner, der gleichnamige Bezirk ist mit ca. 130.000 Einwohnern (Stand 2008) der einwohnermäßig zweitgrößte Bezirk in Österreich nach Baden.

Verkehr

Verkehrstechnisch liegt Vöcklabruck an der Bundesstraße B1, an der Westbahn sowie an der Autobahn A1.

Am Bahnhof Vöcklabruck halten seit Dezember 2007 täglich im Stundentakt Intercity-Züge Richtung Salzburg und Linz/Wien.

Die Studie "Das Mobilitätsverhalten der Wohnbevölkerung und das Verkehrsaufkommen im Bezirk Vöcklabruck" zeigt eine Tendenz zu mehr PKW- und Motorradverkehr. Zwischen 2001 und 2012 kam es zu einer Zunahme des PKW- und Motorradverkehrs, gleichzeitig ging der Öffentliche Verkehr zurück.

Die Bevölkerung des Bezirkes Vöcklabruck legt anteilmäßig mehr Wege im eigenen PKW- oder Motorrad gegenüber dem Landesdurchschnitt der oberösterreichischen Wohnbevölkerung zurück. [21]

Bauliches Umfeld

In unmittelbarer Nähe des Bahnhofes liegen das Schulzentrum Vöcklabruck und ein gemischtes Wohn- und Gewerbegebiet.

Bauplatz

Der Güterbahnhof auf dem Bahnhofsareal in Vöcklabruck ist seit einigen Jahren geschlossen und wird vom nahe gelegenen Güterbahnhof Attnang-Puchheim mitbetrieben. Ein Teil des Güterbahnhofes wurde bereits abgerissen.

Der Standort "ehemaliger Güterbahnhof" wurde für das Bürogebäude gewählt, da der Anschluss an das öffentlichen Verkehrsnetz ideal ist (Buslinien in das nahe Umfeld, Regional- und Fernverkehr).

7.1.1. Strukturplan

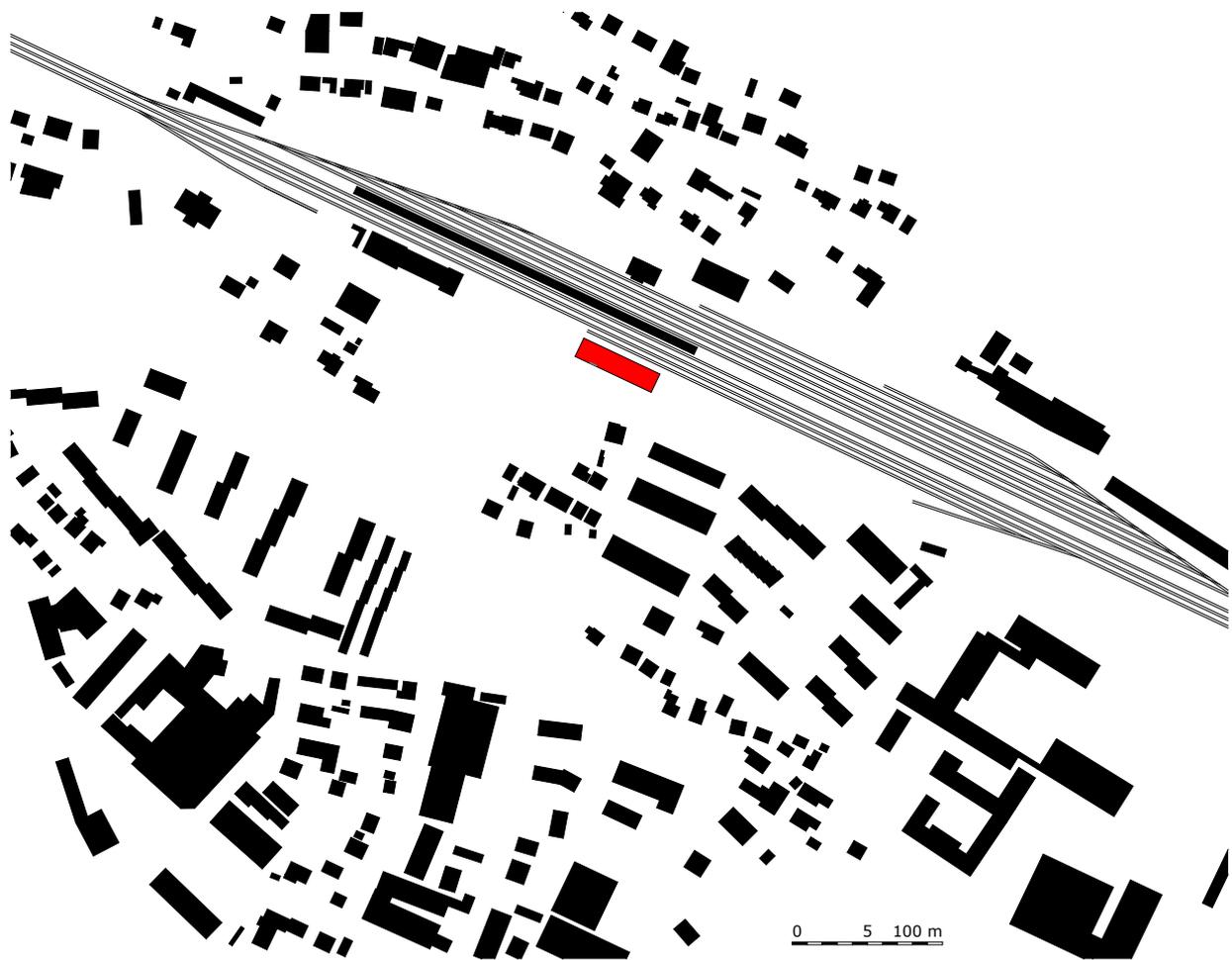


Abbildung 51: Strukturplan 1:5000

Wie aus dem Strukturplan zu erkennen ist, entspricht der geplante, langgestreckte Baukörper in seiner Länge und Breite den auf der südliche davor liegenden bestehenden Wohn- und Gewerbebauten.

7.1.2. Lageplan



Abbildung 52: Lageplan 1:2000

7.1.3. Grundrisse

Das langgestreckte, parallel zu den Gleisanlagen der Westbahnstrecke liegende Gebäude mit südwestlicher bzw. nordöstlicher Ausrichtung ist ca. 56 m lang und 13,6 m breit. Der Haupteingang mit Stiegenhaus liegt im Südwesten. Das Gebäude besteht aus 3 oberirdischen Geschossen ohne Unterkellerung. Im Erdgeschoß, 1. und 2. Obergeschoß befindet sich je ein zweihüftiger Bürotrakt. Die Nutzfläche pro Geschöß beträgt ca. 400 m².

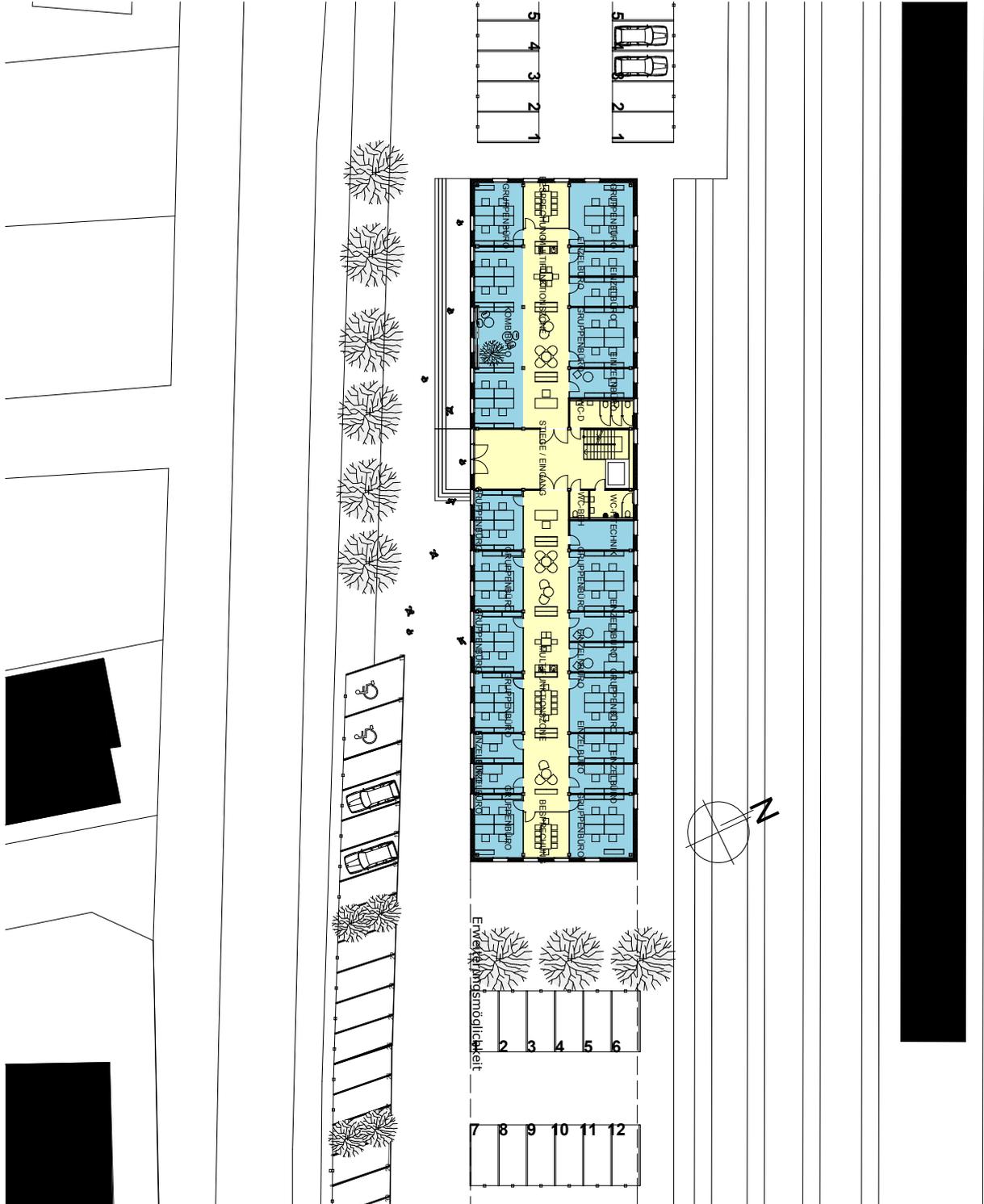


Abbildung 53: Grundriss EG 1:500

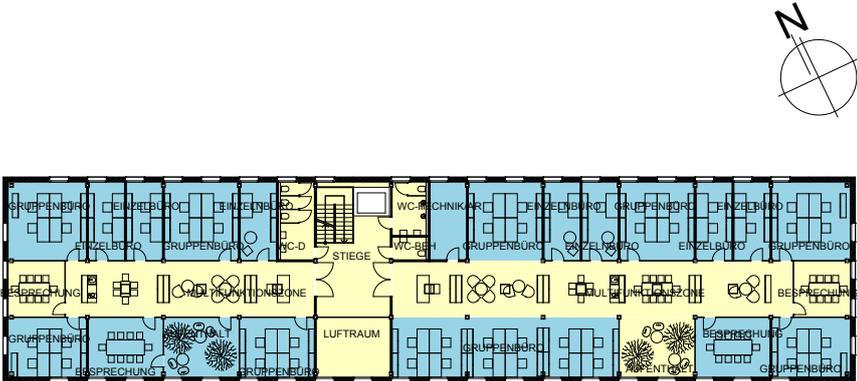


Abbildung 54: Grundriss 1.OG 1:500



Abbildung 55: Grundriss 2.OG 1:500

7.1.4. Schnitte

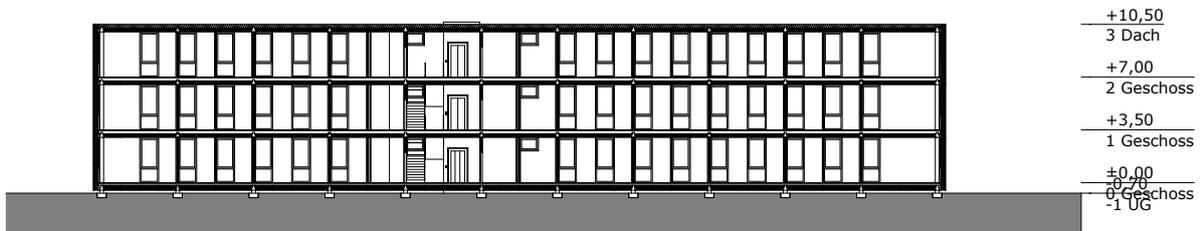


Abbildung 56: Längsschnitt 1:500

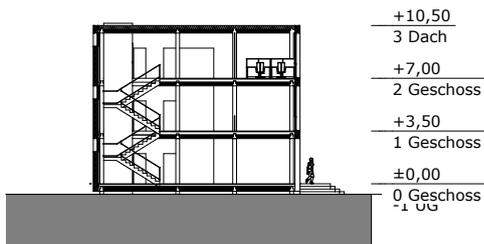


Abbildung 57: Stiegenschnitt 1:500

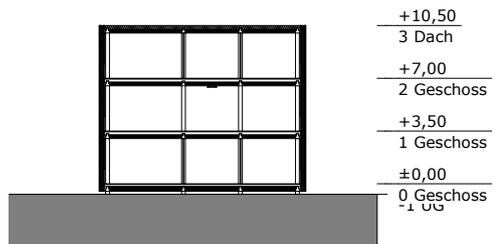


Abbildung 58: Querschnitt 1:500

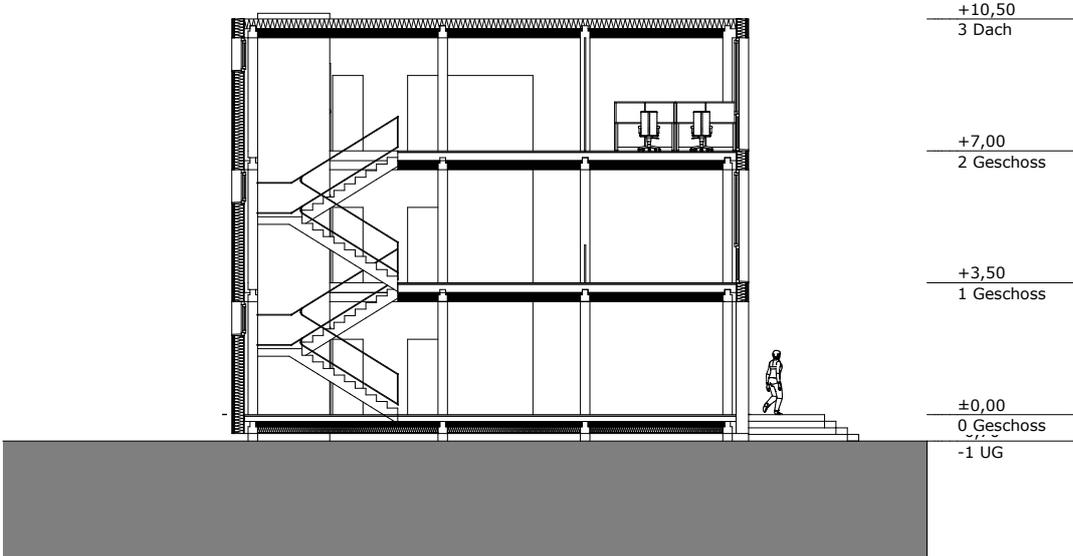


Abbildung 59: Stiegenschnitt 1:200

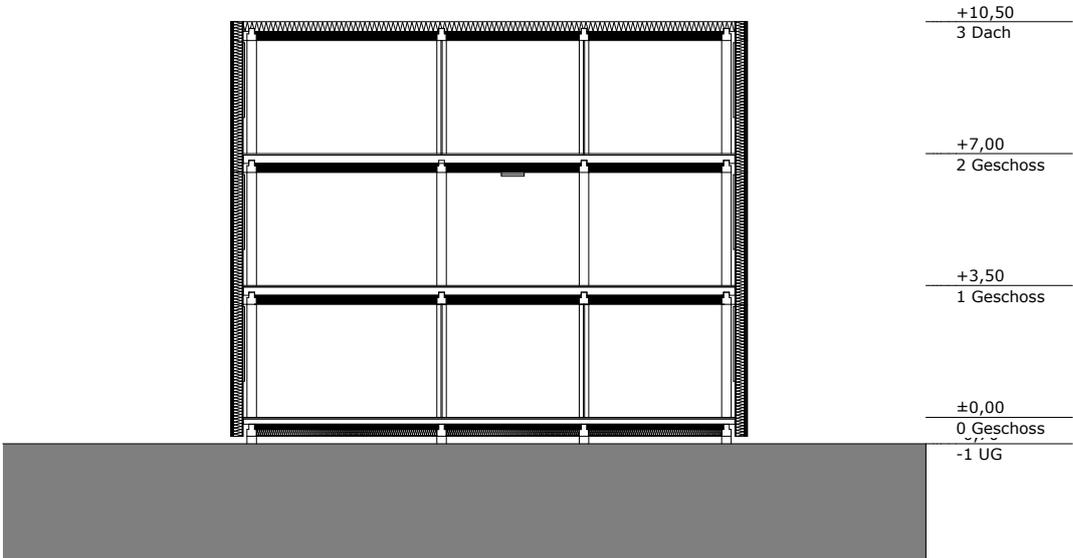


Abbildung 60: Regelquerschnitt 1:200



Abbildung 61: Längsschnitt 1:200

7.1.5. Grundrisstypologien / flexible Nutzungsvarianten

Wie im Kapitel 7.1.5 beschrieben sollen zukünftige Bürokonzepte flexibel sein. Abbildung 62 zeigt eine Variante als Kombibüro, mit Einzel- und Gruppenbüros entlang der Fassaden und Multifunktionszone in der Mitte, abgetrennt durch Nurglaswände.

Die im Nordosten des jeweiligen Geschosses angeordneten Einzel- oder Gruppenbüros sind den Schwankungen hinsichtlich Jahreszeit und Sonneneinstrahlung weniger ausgesetzt und halten ein gleichbleibendes Raumklima über des ganze Jahr.

In mittleren Multifunktionszone können Sozialräume, Archive und Nebenräume angeordnet werden.

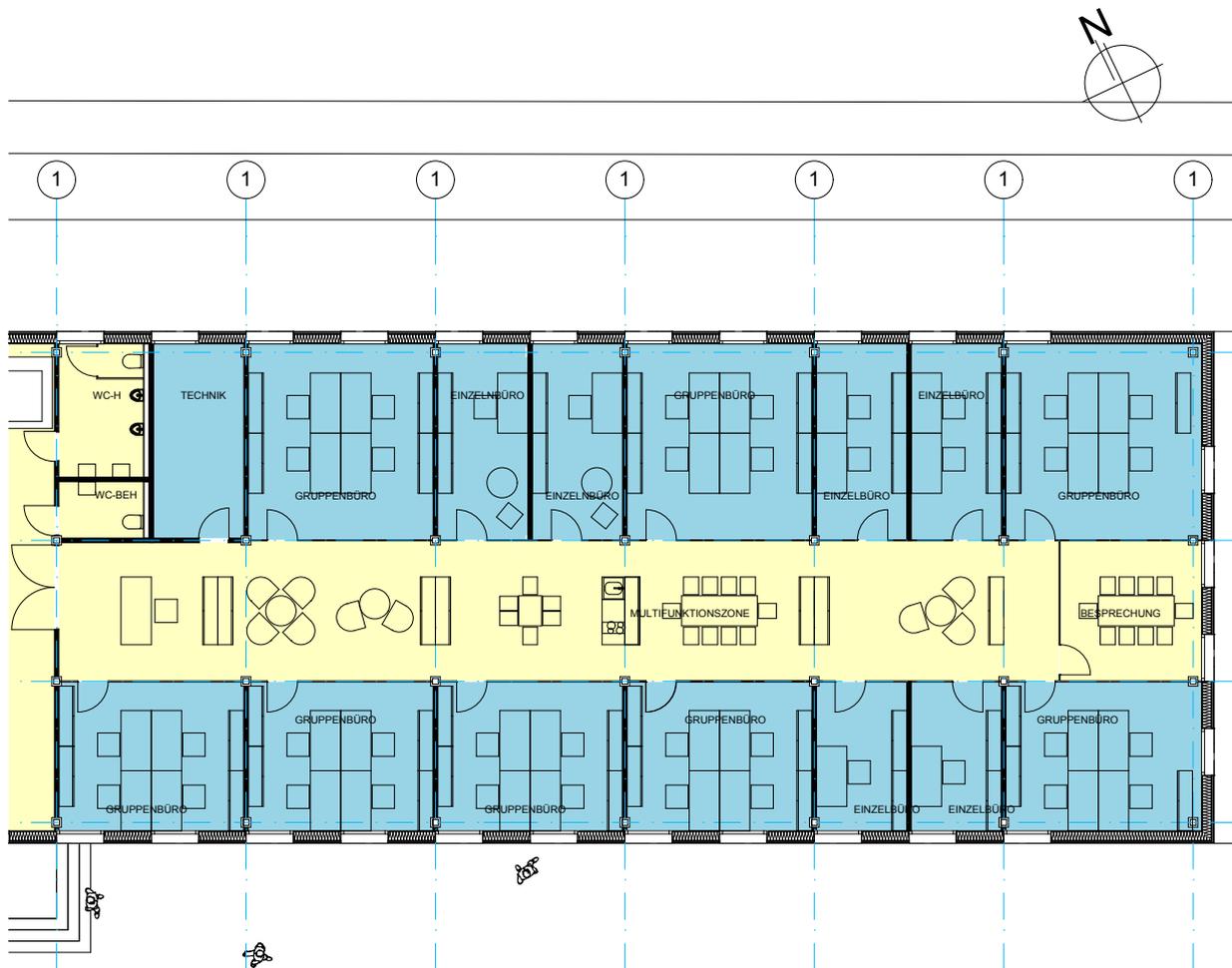


Abbildung 62: Nutzungsvariante Kombibüro

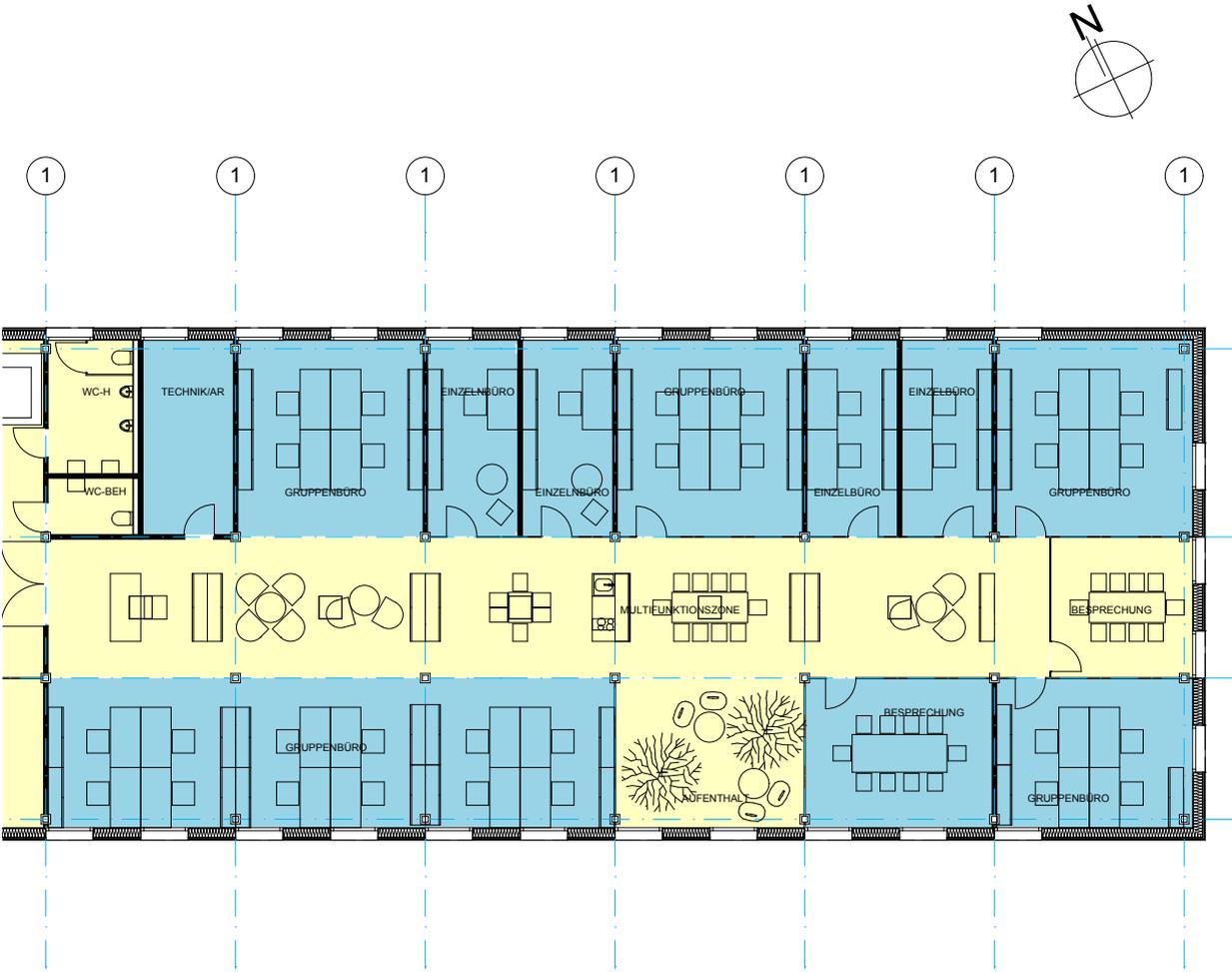


Abbildung 63: Nutzungsvariante Einzel-, Gruppen- und Kombibüro

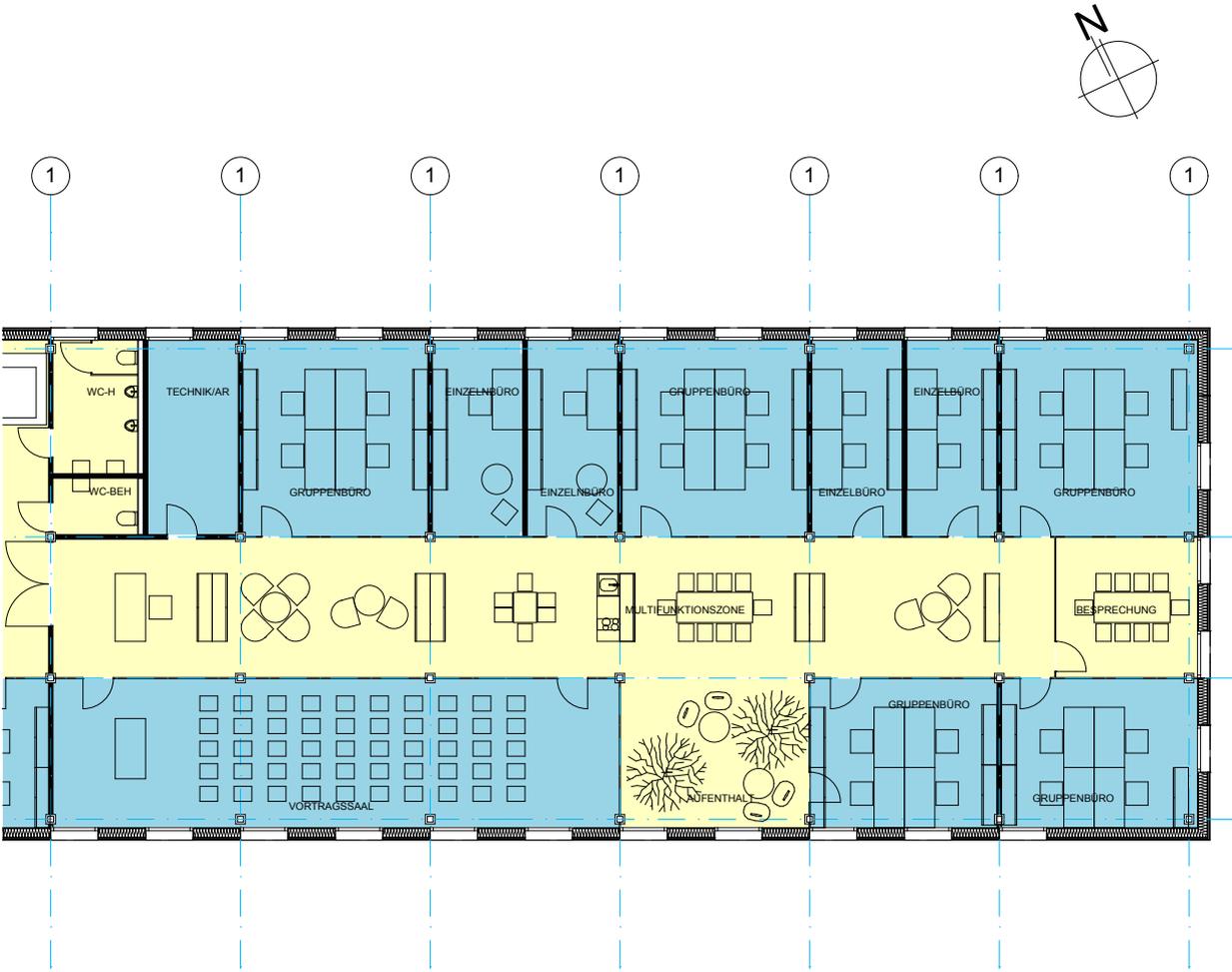


Abbildung 64: Nutzungsvariante Mischform

7.1.6. Ansichten

Eine Lochfassade mit Fensterelementen in regelmäßigen Abständen zwischen horizontaler Lärchenschalung



Abbildung 65: Ansicht Südwest 1:500



Abbildung 66: Ansicht Nordost 1:500



Abbildung 67: Ansicht Südost 1:500



Abbildung 68: Ansicht Nordost 1:500

7.1.7. Konstruktion

Das Gebäude ist ein Holz-Skelettbau mit Stützen, dazwischen liegenden Trägern und eingehängten Deckenfeldern aus Brettschichtholz. Die Bodenplatte ist nicht erdanliegend, sondern liegt auf Einzelfundamenten auf. Die Träger und Stützen werden mit Alu-Holzverbinder miteinander verbunden. Die Deckenfelder haben eine Rasterbreite von 125 cm und werden zwischen den Trägern eingehängt.

Die Fassadenelemente bestehen aus einer Holzrahmenkonstruktion mit innerer und äußerer MDF-Platte und dazwischen liegender Schafwolle. Sie werden an Konsolen, die an den Trägern montiert sind, eingehängt und verschraubt (siehe Abbildung 86). Die Elemente können mit Tür- oder Fensterelementen bestückt werden. Die Fassade besteht aus einer horizontalen, unbehandelten Lärchenschalung.

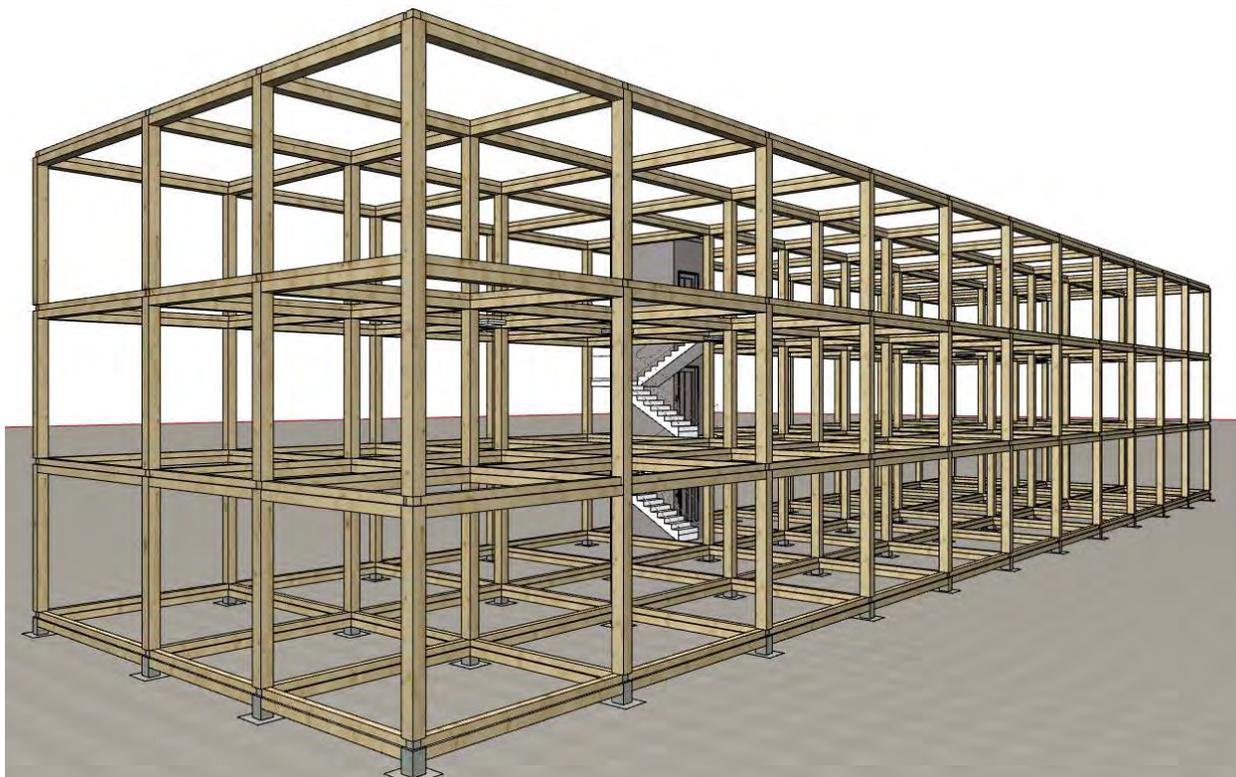


Abbildung 69: Konstruktion

7.1.8. Montage

Das Holzskelett-Tragwerk besteht aus massiven Holzträgern und Holzstützen mit eingehängten massiven Deckenfeldern, die in einem Raster von 125 cm beliebig aufgestellt werden können.



Abbildung 70: Einzelfundamente

Um den nicht wiederverwendbaren Stahlbetonanteil so gering wie möglich zu halten, wird auf eine herkömmliche erdanliegende Stahlbetonfundamentplatte verzichtet. Statt dessen kommen Stahlbeton-Einzelfundamente mit verzinkten Stahlfüßen zur Anwendung.

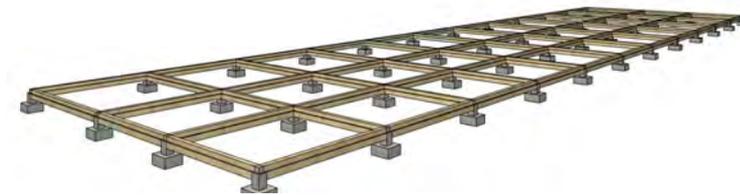


Abbildung 71: untere Lage der Träger

Zwischen den Stahlfüßen werden Holzträger montiert. Die leicht lösbare Montage erfolgt mit System-Holzverbinder.

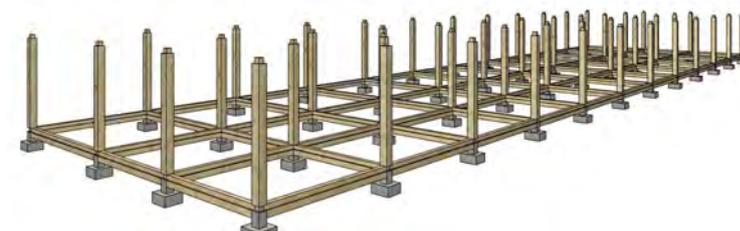


Abbildung 72: 1. Lage der Stützen

Die massiven Holzstützen werden an die Stahlfüßen geschraubt.

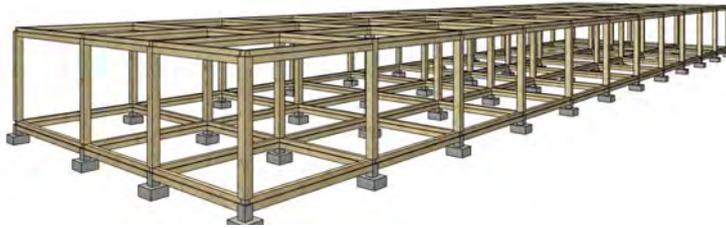


Abbildung 73: 2. Lage der Träger

Auf die massiven Holzstützen wird wiederum die nächste Lage der Holzträger geschraubt. Die Knotenverbindung an den Stützen erfolgt wiederum mit System-Holzverbinder.

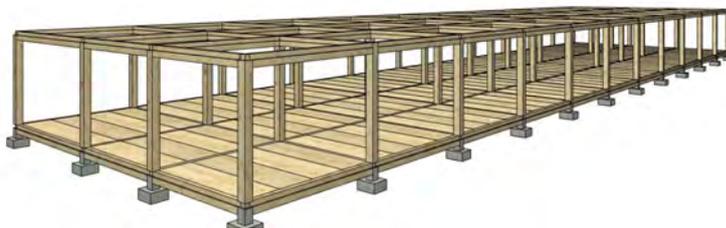


Abbildung 74: Deckenelemente EG

Im Erdgeschoß werden massive Deckenelemente mit unterseitiger Dämmung (Breite im Rastermaß von 125 cm) zwischen den Trägern eingehängt.



Abbildung 75: 2. Lage der Deckenelemente

Die 2. Lage der Deckenelemente wird zwischen den Trägern eingehängt. Die statisch erforderlichen Windverbände werden je nach Platzbedarf hergestellt.

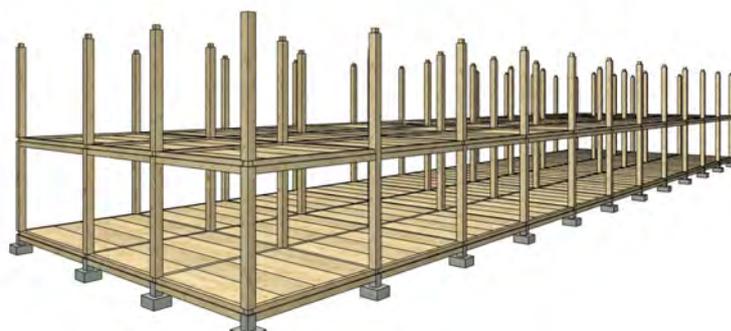


Abbildung 76: 2. Lage der Stützen

Die 2. Lage der massiven Holzstützen wird mit System-Holzverbindern montiert. Eine Fertigteilstiege wird montiert.

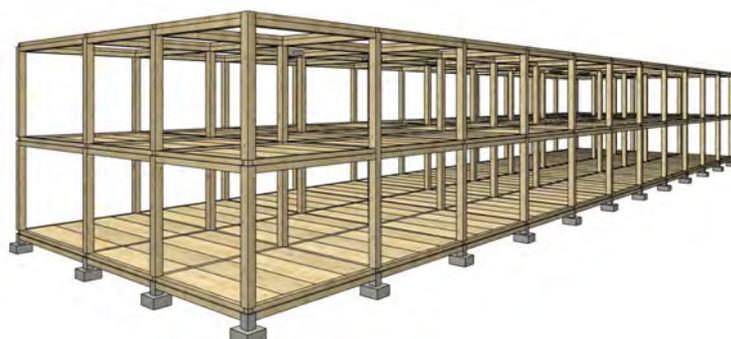


Abbildung 77: 3. Lage der Träger

Die 3. Lage der Träger wird montiert.



Abbildung 78: 3. Lage der Deckenelemente

Die 3. Lage der Deckenelemente wird zwischen den Trägern eingehängt. Die Fertigteilstiege im 1.OG wird montiert.

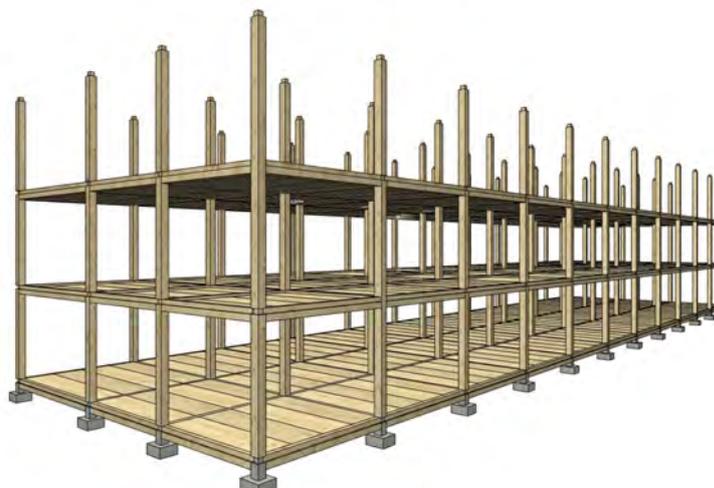


Abbildung 79: 4. Lage der Stützen

Die 3. Lage der Holzstützen wird montiert.

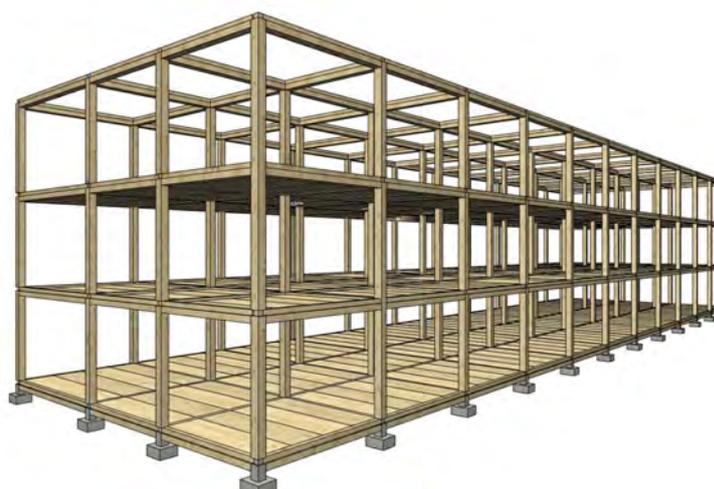


Abbildung 80: 4. Lage der Träger

Die 4. Lage der Träger wird montiert.

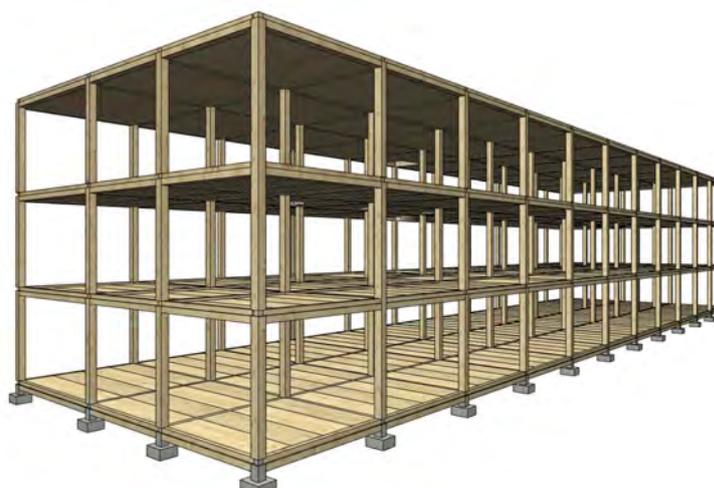


Abbildung 81: 4. Lage der Deckenelemente

Die 4. Lage der Deckenelemente wird zwischen die Trägern eingehängt.



Abbildung 82: Fassadenelemente

Die vorgehängte Fassade, bestehend aus einzelnen Fassadenelementen mit einer Breite von 125 cm und einer Höhe von 350 cm wird an die Tragkonstruktion geschraubt.



Abbildung 83: Fassadenelemente

Die einzelnen Fassadenelemente bestehen aus einer Holzrahmenkonstruktion mit dazwischen liegender Schafwolldämmung, innerer Gipsfaserschalung und außenseitiger MDF-Schalung sowie einer horizontalen, unbehandelten, Lärchenschalung.



Abbildung 84: Fassadenelemente

Die Fassadenelemente können mit verschiedenen Tür- und Fensteröffnungen bestückt werden.



Abbildung 85: Dach

Auf der obersten Lage der Deckenelemente kommt ein Fichtdach mit Folienabdeckung zur Ausführung

7.2.9. Fassadenschnitt/Details

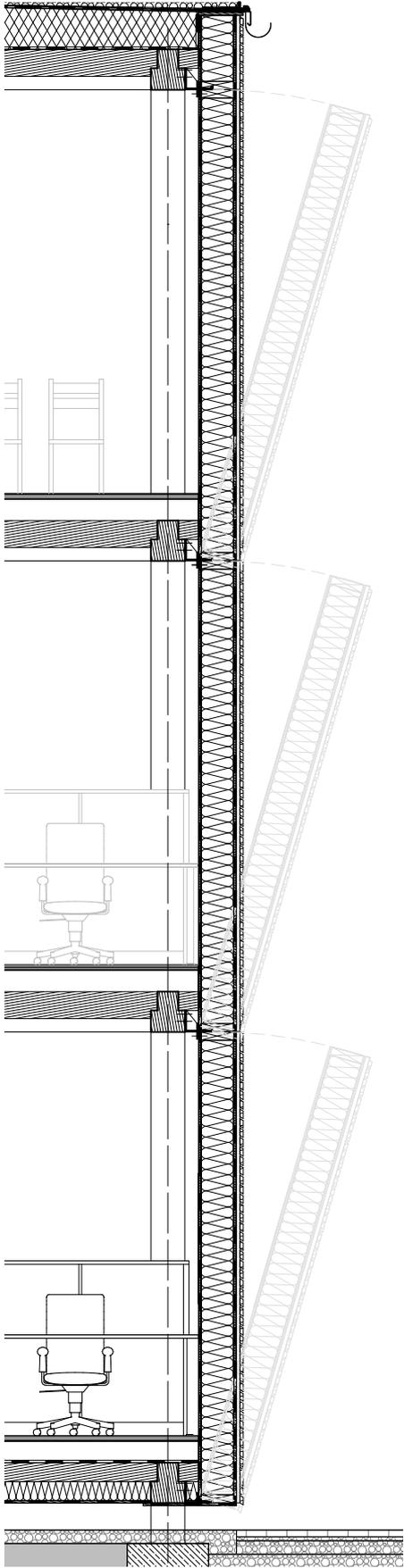


Abbildung 86: Fassadenschnitt 1:50

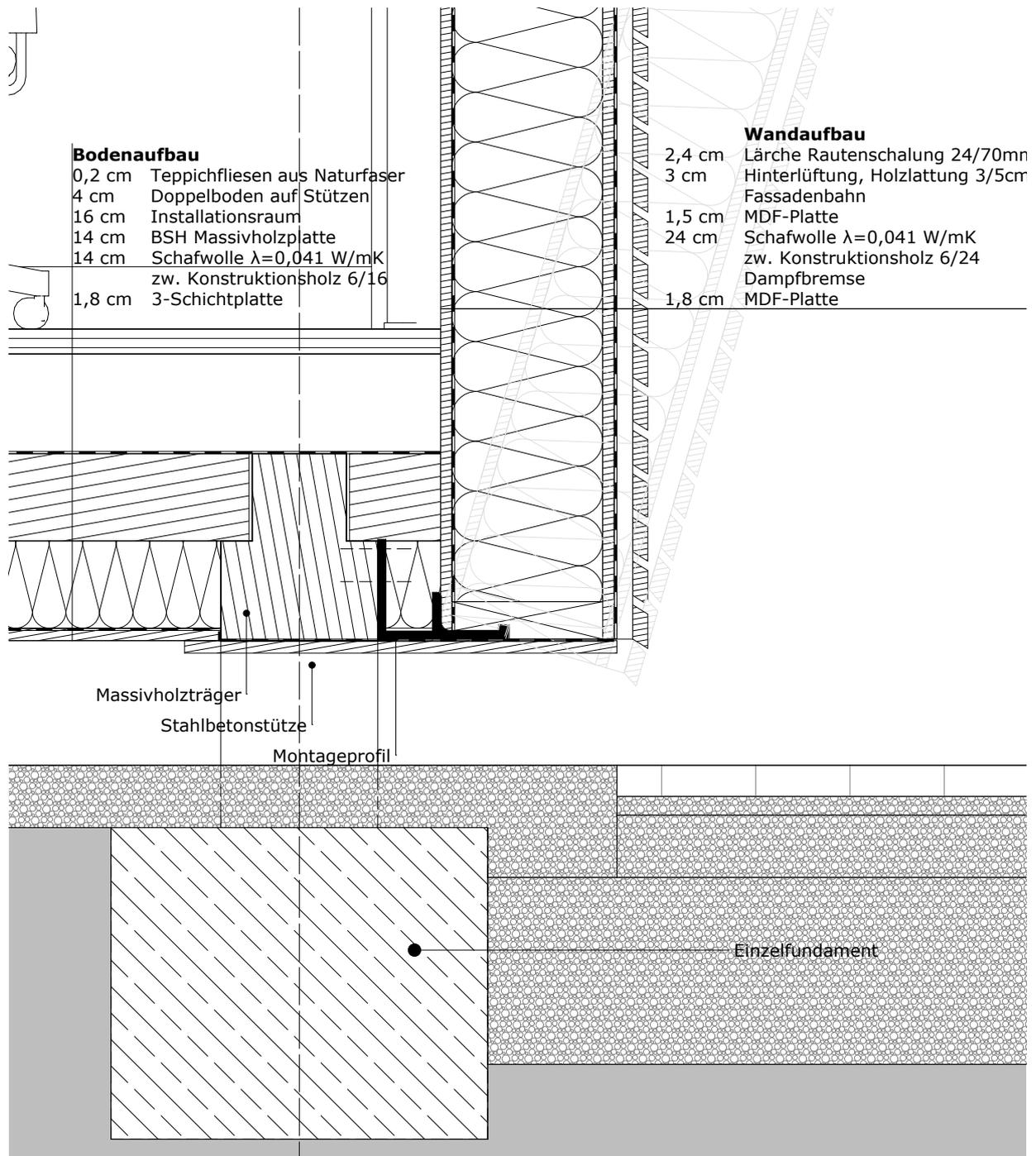


Abbildung 87: Sockeldetail 1:10

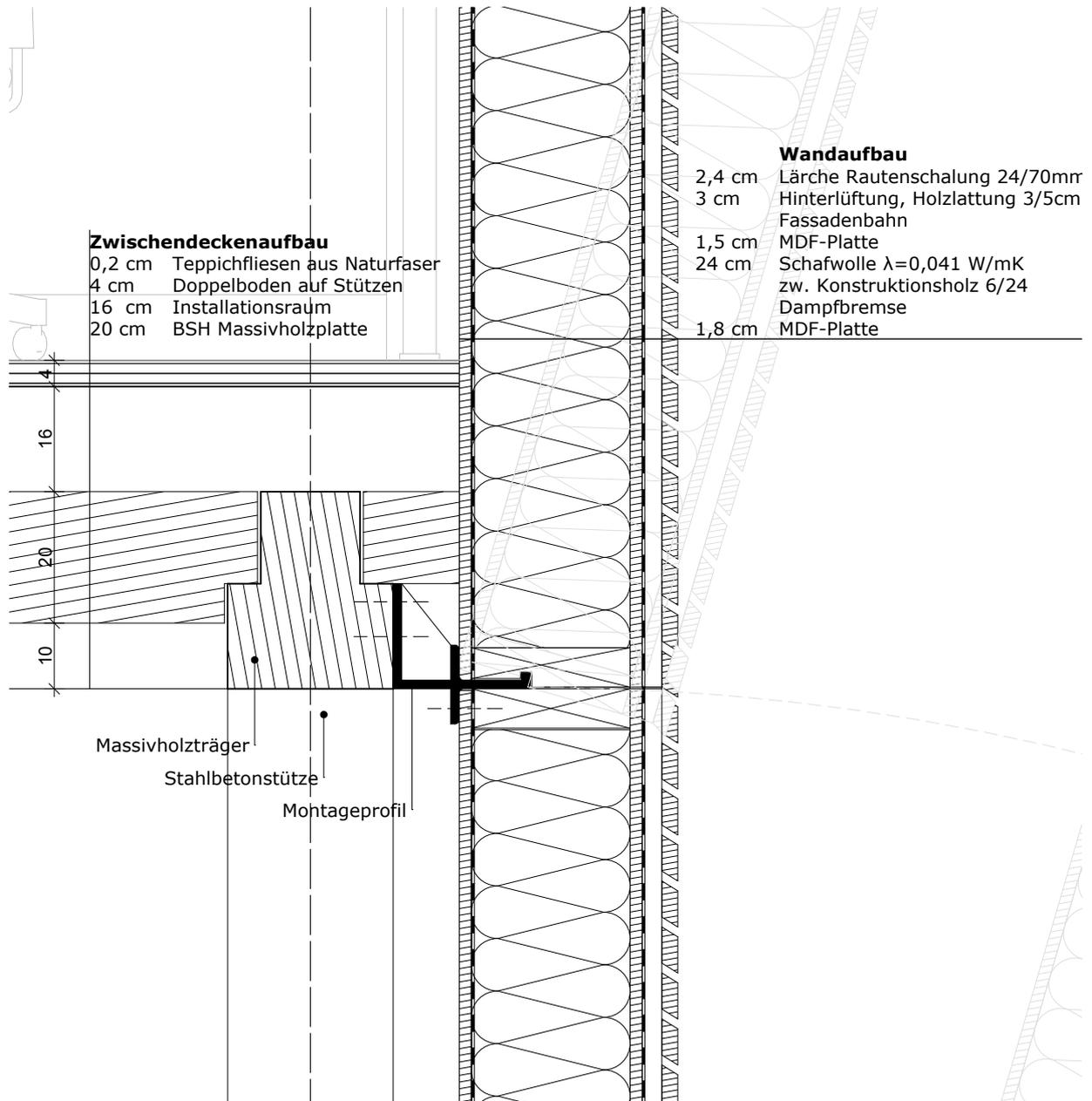
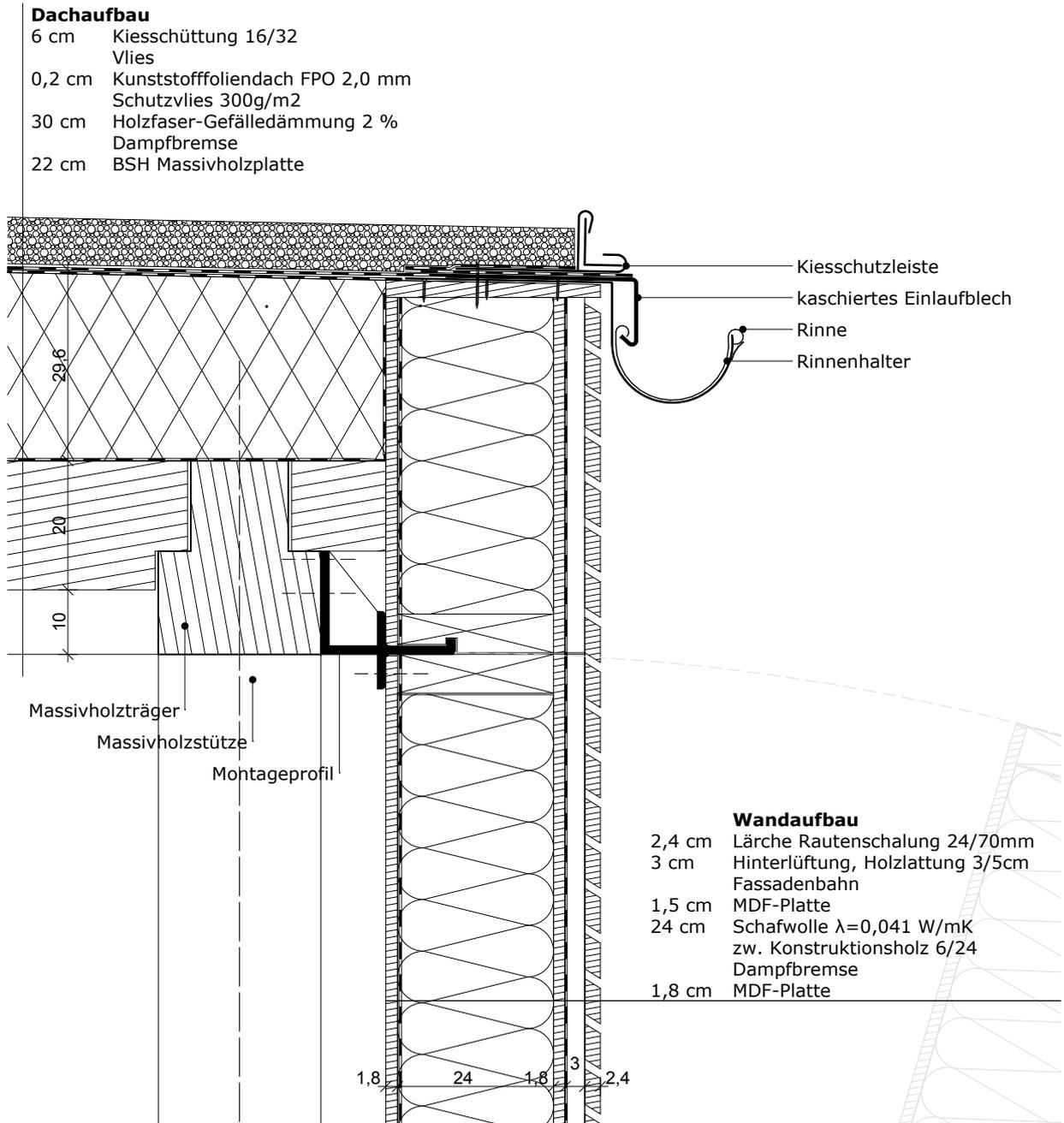


Abbildung 88: Detail Zwischendecke 1:10



Die flexiblen Zwischenwände bestehen aus einer Holzständerkonstruktion, die auf den Doppelboden bzw. an die Deckenuntersicht der massiven Brettschichtholzdecke geschraubt wird. An die Ständerwände werden beidseits beschichtete MDF-Platten geschraubt.

Statt Holzständerkonstruktionen können auch Nurglaswände, die mit Alu-U-Profilen an Doppelboden und Brettschichtholzdecke montiert werden, ausgeführt werden.

Durch Absorberschotts, die in den Hohlraum des Doppelbodens unterhalb der Trennwände eingebracht werden, erreicht man eine wesentliche Verbesserung der Luftschall- und Trittschall-Längsdämmung. Absorberschotts bestehen aus 200 mm breiten Mineralwollestreifen mit einem Raumgewicht von 40 kg/m³, die leicht komprimiert den Hohlraum ausfüllen müssen.

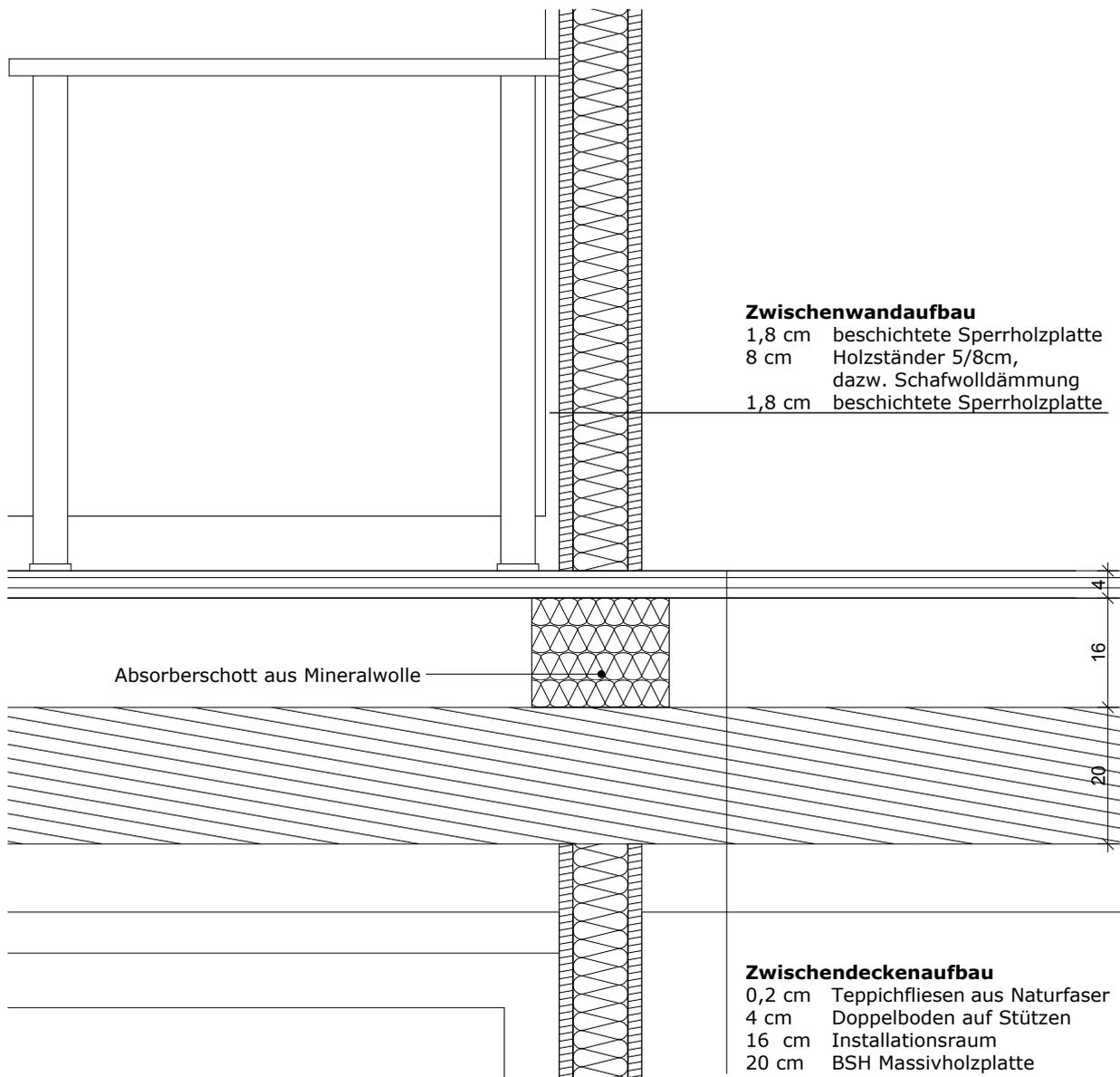


Abbildung 91: Zwischenwandanschluss 1:10

7.2.10. Verbindungen

Für die Verbindung von Stützen und Träger werden System-Holzverbinder verwendet. Die Verbinder bestehen aus zwei Aluminiumteilen, die im Prinzip einer klassischen Schwalbenschwanzverbindung kraftschlüssig zusammengefügt werden und Kräfte übertragen. Man erreicht ein hohes Maß an Vorfertigung und verringert somit die Montagezeiten.

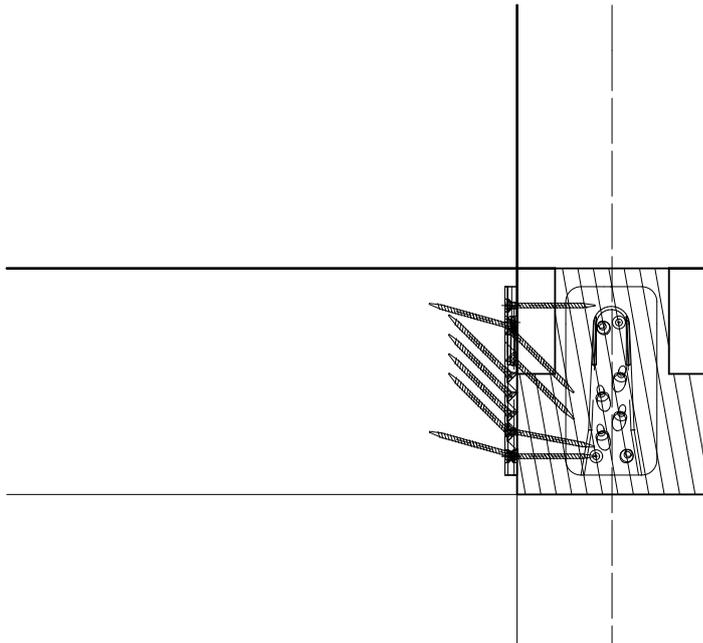


Abbildung 91: Verbindung Stütze-Träger mit System-Holzverbinder 1:10

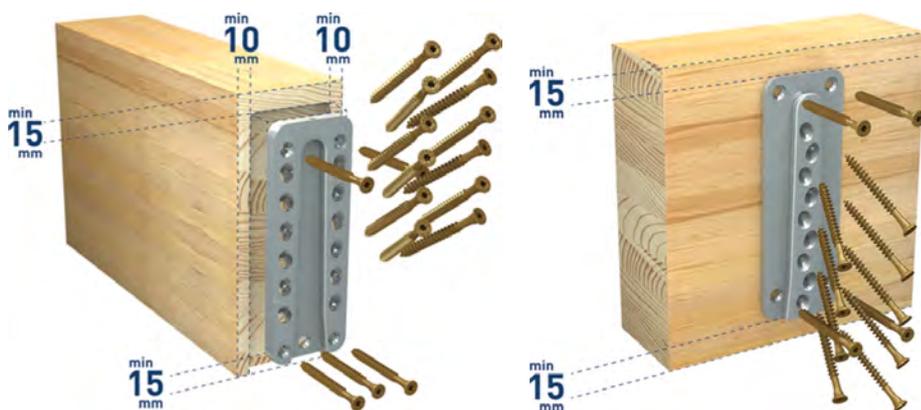


Abbildung 92: System-Holzverbinder (Quelle: Sherpa Connections Systems)

7.2.11. Haustechnik

Die horizontale Installationen von Wasser, Abwasser, Elektro, Heizung und Lüftung werden im Doppelboden geführt, die vertikalen Installationen, soweit erforderlich, werden in den Zwischenwänden geführt.

Elektroinstallation

Die Elektroinstallationen werden im Doppelboden und in den Zwischenwänden geführt, in den Büros sind Bodendosen vorgesehen.

Sanitärräume, Erschließungen und Multifunktionszonen werden mit Decken-Aufputzleuchten, Büroräume mit Stehleuchten beleuchtet. Geschaltet werden sie mit Funk-Lichtschalter.

Heizung/Kühlung

Beheizt bzw. gekühlt wird das Gebäude mit einer Erdwärmepumpe, die Soleleitungen werden unter dem Gebäude verlegt. Die Heizungsleitungen werden im Doppelboden zu den Fan Coils geführt.

Lüftung

Die Lüftungsrohre der kontrollierten Be- und Entlüftung werden im Doppelboden geführt.

7.2.12. Perspektiven



Abbildung 93: Innenperspektive



Abbildung 94: Innenperspektive



Abbildung 95: Innenperspektive



Abbildung 96: Innenperspektive

7.3. Bewertung

Die Ergebnisse aus Kapitel 5 "Analyse von Konstruktionen hinsichtlich ihrer Um- und Rückbaubarkeit" und der "Leitfaden zur Berücksichtigung der Rückbaubarkeit in der Planungsphase eines Gebäudes" aus Kapitel 6 sind Grundlagen der BauteilAuswahl für das konkrete Projekt.

7.3.1. Bewertung Fundamentplatte

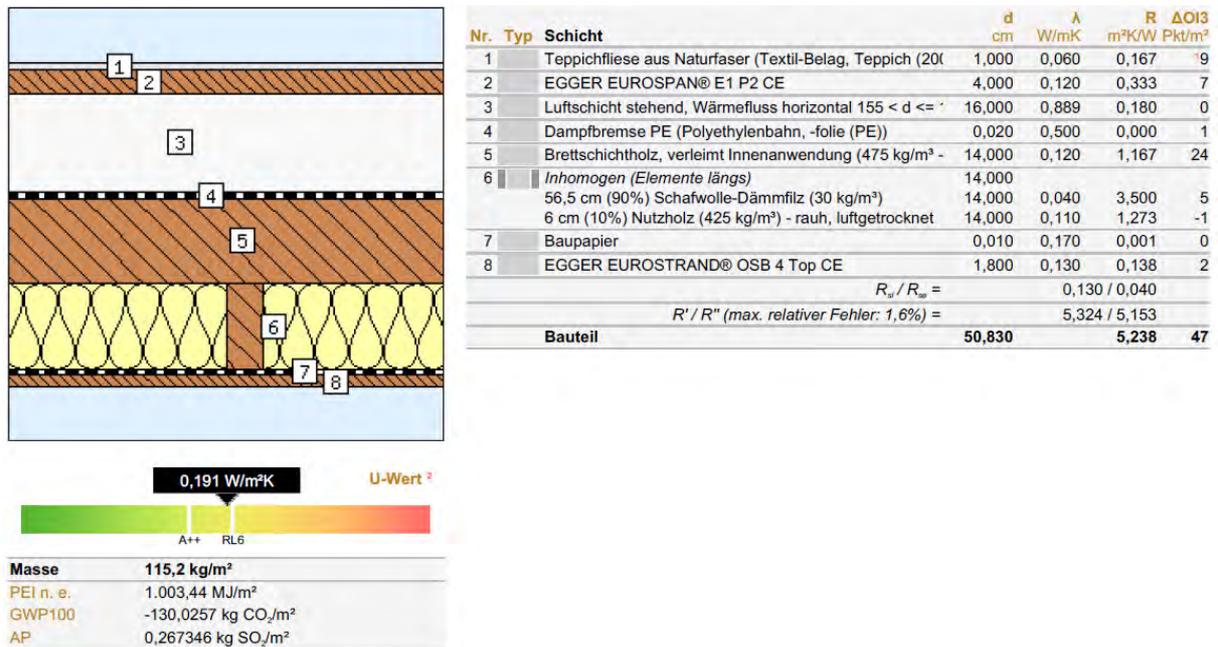


Abbildung 97: Bewertung Fundamentplatte

Durch die Aufständigung der Fundamentplatte kann eine Bitumenabdichtung entfallen. Der Erdaushub wird minimiert, da nur Einzelfundamente zur Ausführung kommen. Darüber hinaus können statt der erdanliegenden Perimeterdämmung aus XPS-Platten ökologischere Dämmmaterialien (z.B. Schafwolle) verwendet werden.

Ökologische Bewertung gemäß Kapitel 6.2.1:

OI3-Wert gemäß baubook-Rechner: 47 3

Bewertung der Trennbarkeit gemäß Kapitel 6.2.2.:

Teppichfliese aus Naturfaser	aufgelegt	2
Doppelboden auf Stützen	geschraubt	3
BSH Massivholzplatte	eingehängt	2
Schafwolle	geklemmt	2
Konstruktionsholz 6/16	geschraubt	3
OSB-Platte	geschraubt	3

Bewertung der Wiederverwendung gemäß Kapitel 6.2.3.:

Teppichfliese aus Naturfaser	aufgelegt	1
Doppelboden auf Stützen	geschraubt	1
BSH Massivholzplatte	eingehängt	3
Schafwolle	geklemmt	3
Konstruktionsholz 6/16	geschraubt	3
OSB-Platte	geschraubt	3

Bewertung der Verwertung gemäß Kapitel 6.2.4.:

Teppichfliese aus Naturfaser	nicht erforderlich	1
Doppelboden auf Stützen	nicht erforderlich	1
BSH Massivholzplatte	nicht erforderlich	1
Schafwolle	nicht erforderlich	1
Konstruktionsholz 6/16	nicht erforderlich	1
OSB-Platte	nicht erforderlich	1

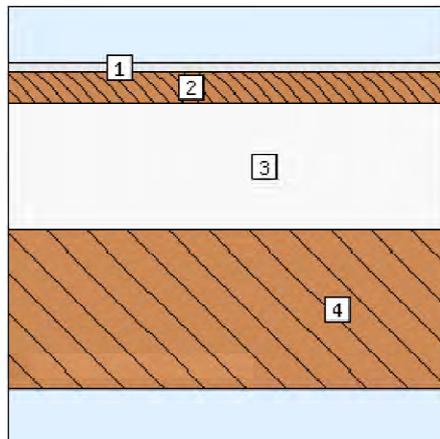
Bewertung der Entsorgung gemäß Kapitel 6.2.5.:

Teppichfliese aus Naturfaser	nicht erforderlich	1
Doppelboden auf Stützen	nicht erforderlich	1
BSH Massivholzplatte	nicht erforderlich	1
Schafwolle	nicht erforderlich	1
Konstruktionsholz 6/16	nicht erforderlich	1
OSB-Platte	nicht erforderlich	1

Bewertung der Nutzungsdauer gemäß Kapitel 6.2.6.:

Teppichfliese aus Naturfaser	4
Doppelboden auf Stützen	3
BSH Massivholzplatte	2
Schafwolle	3
Konstruktionsholz 6/16	3
OSB-Platte	3

7.3.2. Bewertung Zwischendecke



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1		Teppichfliese aus Naturfaser (Textil-Belag, Teppich (20t	1,000	0,060	0,167	9
2		EGGER EUROSPAN® E1 P2 CE	4,000	0,120	0,333	7
3		Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal 155 < d <=	16,000	0,889	0,180	0
4		Brett-schichtholz, verleimt Innenanwendung (475 kg/m ³ -	20,000	0,120	1,667	34
			$R_s / R_{s,e} =$		0,170 / 0,170	
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		2,687 / 2,687	
Bauteil			41,000		2,687	50

U-Wert:	0,372 W/m ² K ²
Masse	123,2 kg/m ²
PEI n. e.	1,037,96 MJ/m ²
GWP100	-144,1663 kg CO ₂ /m ²
AP	0,295333 kg SO ₂ /m ²

Abbildung 98: Bewertung Zwischendecke

Ökologische Bewertung gemäß Kapitel 6.2.1:

OI3-Wert gemäß baubook-Rechner: 50 3

Bewertung der Trennbarkeit gemäß Kapitel 6.2.2.:

Teppichfliese aus Naturfaser	aufgelegt	2
Doppelboden auf Stützen	geschraubt	3
BSH Massivholzplatte	eingehängt	2

Bewertung der Wiederverwendung gemäß Kapitel 6.2.3.:

Teppichfliese aus Naturfaser	aufgelegt	1
Doppelboden auf Stützen	geschraubt	1
BSH Massivholzplatte	eingehängt	3

Bewertung der Verwertung gemäß Kapitel 6.2.4.:

Teppichfliese aus Naturfaser	nicht erforderlich	1
Doppelboden auf Stützen	nicht erforderlich	1
BSH Massivholzplatte	nicht erforderlich	1

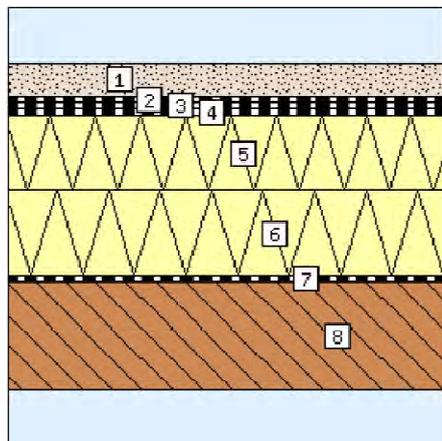
Bewertung der Entsorgung gemäß Kapitel 6.2.5.:

Teppichfliese aus Naturfaser	nicht erforderlich	1
Doppelboden auf Stützen	nicht erforderlich	1
BSH Massivholzplatte	nicht erforderlich	1

Bewertung der Nutzungsdauer gemäß Kapitel 6.2.6.:

Teppichfliese aus Naturfaser	4
Doppelboden auf Stützen	3
BSH Massivholzplatte	2

7.3.3. Dach



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkl/m²
1		Sand, Kies jeweils lufttrocken	6,000	0,700	0,086	2
2		Hakofelt T (PP-Vlies)	0,200	0,100	0,020	5
3		Schutzvlies 300g/m2 (Hakofelt T (PP-Vlies))	0,300	0,100	0,030	8
4		Sarnafil TG 66	0,200	0,170	0,012	7
5		Holzfaser Gefälledämmung (Holzfaser WF-WD (130 kg/	14,000	0,046	3,043	16
6		Holzfaser-Dämmung (Holzfaser WF-WD (130 kg/m³))	16,000	0,046	3,478	18
7		Dampfbremse PE (Polyethylenbahn, -folie (PE))	0,020	0,500	0,000	1
8		Brettschichtholz, verleimt Innenanwendung (475 kg/m³ -	20,000	0,120	1,667	34
				$R_s / R_{s0} =$	0,100 / 0,040	
				R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =	8,476 / 8,476	
Bauteil			56,720		8,476	92

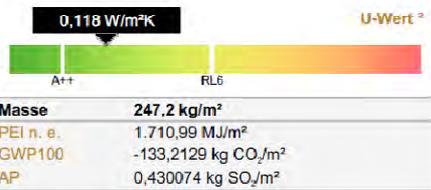


Abbildung 99: Bewertung Dach

Ökologische Bewertung gemäß Kapitel 6.2.1:

OI3-Wert gemäß baubook-Rechner: 92 4

Bewertung der Trennbarkeit gemäß Kapitel 6.2.2.:

Kiesschüttung 16/32	aufgelegt	2
Vlies	aufgelegt	2
Kunststofffoliendach FPO 2,0 mm	aufgelegt	2
Schutzvlies 300g/m2	aufgelegt	2
Holzfaser-Gefälledämmung 2 %	aufgelegt	2
Dampfbremse	aufgelegt	2
BSH Massivholzplatte	eingehängt	2

Bewertung der Wiederverwendung gemäß Kapitel 6.2.3.:

Kiesschüttung 16/32	aufgelegt	1
Vlies	aufgelegt	3
Kunststofffoliendach FPO 2,0 mm	aufgelegt	3
Schutzvlies 300g/m2	aufgelegt	3
Holzfaser-Gefälledämmung 2 %	aufgelegt	3
Dampfbremse	aufgelegt	3
BSH Massivholzplatte	eingehängt	3

Bewertung der Verwertung gemäß Kapitel 6.2.4.:

Kiesschüttung 16/32	nicht erforderlich	1
Vlies	nicht erforderlich	1
Kunststofffoliendach FPO 2,0 mm	nicht erforderlich	1
Schutzvlies 300g/m2	nicht erforderlich	1

Holzfaser-Gefälledämmung 2 %	nicht erforderlich	1
Dampfbremse	nicht erforderlich	1
BSH Massivholzplatte	nicht erforderlich	1

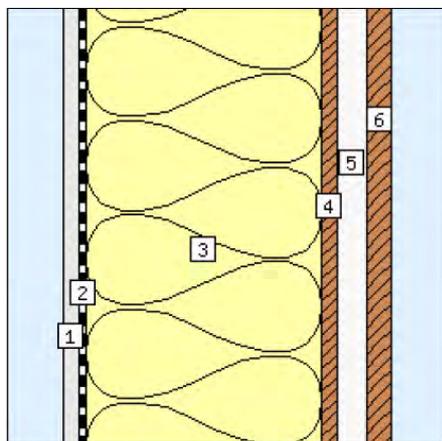
Bewertung der Entsorgung gemäß Kapitel 6.2.5.:

Kiesschüttung 16/32	nicht erforderlich	1
Vlies	nicht erforderlich	1
Kunststofffoliendach FPO 2,0 mm	nicht erforderlich	1
Schutzvlies 300g/m ²	nicht erforderlich	1
Holzfaser-Gefälledämmung 2 %	nicht erforderlich	1
Dampfbremse	nicht erforderlich	1
BSH Massivholzplatte	nicht erforderlich	1

Bewertung der Nutzungsdauer gemäß Kapitel 6.2.6.:

Kiesschüttung 16/32	1
Vlies	3
Kunststofffoliendach FPO 2,0 mm	3
Schutzvlies 300g/m ²	3
Holzfaser-Gefälledämmung 2 %	3
Dampfbremse	3
BSH Massivholzplatte	2

7.3.4. Außenwand



Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOI3 Pkt/m ²
1	FERMACELL	Gipsfaser-Platte	1,500	0,320	0,047	7
2		Dampfbremse Polyethylen (PE)	0,010	0,500	0,000	0
3		Inhomogen (Elemente horizontal)	24,000			
		56,5 cm (90%) Schafwolle-Dämmfilz (30 kg/m ³)	24,000	0,040	6,000	8
		6 cm (10%) Holz - Schnittholz Nadel, rauh, technisch ge	24,000	0,120	2,000	-1
4		MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m ³)	1,500	0,120	0,125	7
5		Inhomogen (Elemente horizontal)	3,000			
		57,5 cm (92%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach ol	3,000	1	1	0
		5 cm (8%) Holz - Schnittholz Nadel, rauh, lufttrocken (Al	3,000	1	1	0
6		Holz - Schnittholz Nadel, gehobelt, technisch getrocknet	2,500	1	1	1
			$R_s / R_{s0} =$		0,130 / 0,130	
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,8%) =		5,555 / 5,466	
Bauteil			32,510		5,510	22

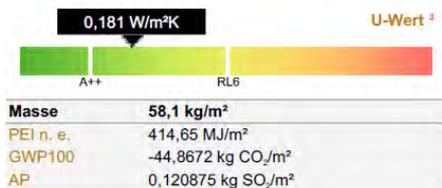


Abbildung 100: Detail Außenwand

Ökologische Bewertung gemäß Kapitel 6.2.1:

OI3-Wert gemäß baubook-Rechner: 22 2

Bewertung der Trennbarkeit gemäß Kapitel 6.2.2.:

Lärche Rautenschalung 24/70mm	geschraubt	3
Holzlattung 30/50mm	geschraubt	3
MDF-Platte	geschraubt	3
Schafwolldämmung	geklemmt	2
Konstruktionsholz 6/24cm	geschraubt	3
Dampfbremse	geheftet	5
Gipsfaserplatte	geschraubt	3

Bewertung der Wiederverwendung gemäß Kapitel 6.2.3.:

Lärche Rautenschalung 24/70mm	geschraubt	3
Holzlattung 30/50mm	geschraubt	3
MDF-Platte	geschraubt	3
Schafwolldämmung	geklemmt	3
Konstruktionsholz 6/24cm	geschraubt	3
Dampfbremse	geheftet	5
Gipsfaserplatte	geschraubt	3

Bewertung der Verwertung gemäß Kapitel 6.2.4.:

Lärche Rautenschalung 24/70mm	nicht erforderlich	1
Holzlattung 30/50mm	nicht erforderlich	1
MDF-Platte	nicht erforderlich	1
Schafwolldämmung	nicht erforderlich	1
Konstruktionsholz 6/24cm	nicht erforderlich	1
Dampfbremse	geheftet	3
Gipsfaserplatte	nicht erforderlich	1

Bewertung der Entsorgung gemäß Kapitel 6.2.5.:

Lärche Rautenschalung 24/70mm	nicht erforderlich	1
Holzlattung 30/50mm	nicht erforderlich	1
MDF-Platte	nicht erforderlich	1
Schafwolldämmung	nicht erforderlich	1
Konstruktionsholz 6/24cm	nicht erforderlich	1
Dampfbremse	nicht erforderlich	1
Gipsfaserplatte	nicht erforderlich	1

Bewertung der Nutzungsdauer gemäß Kapitel 6.2.6.:

Lärche Rautenschalung 24/70mm	3
Holzlattung 30/50mm	3
MDF-Platte	3
Schafwolldämmung	3
Konstruktionsholz 6/24cm	2
Dampfbremse	3
Gipsfaserplatte	3

8. Ergebnis / Schlussbemerkung

Die Analyse zeigt, dass die Kosten der Rückbaubarkeit ein wichtiger Bestandteil der Gesamtkosten eines Gebäudes sind und von Architekten daher schon in der Planungsphase berücksichtigt werden müssen.

Es ist zu erwarten, dass es in Zukunft zahlreiche staatliche Maßnahmen (gesetzliche Bestimmungen, Förderungen) zur CO₂-Reduktion geben wird. Diese werden auch die Kosten eines Gebäudes beeinflussen: die Verwendung nachhaltiger Materialien wird nicht mehr nur aus ökologischen, sondern auch aus Kostengründen in den Mittelpunkt rücken.

Der Wert einer Immobilie wird zunehmend auch von diesen Faktoren beeinflusst werden.

Die wichtigsten Prinzipien beim Entwurf für Rückbaubarkeit sind daher:

- Flexibilität der Gebäudenutzung
- Baudokumentation: Archivierung der Bestandspläne, verwendete Komponenten, verwendete Materialien, Fotografien usw.
- Verwendung standardisierter, vorgefertigter Konstruktionen
- Verwendung von wiederverwendbaren und verwertbaren Materialien
- Berücksichtigung der Lebenszykluskosten von Materialien
- Verwendung von möglichst wenig verschiedenen Materialien
- Verwendung von recycelten Materialien
- Vermeidung gefährlicher Stoffe
- Vermeidung von Materialien mit großem Energieaufwand in der Produktion
- Vermeidung von Verbundwerkstoffen
- Vermeidung von Klebstoffen
- Verwendung von standardisierten Bauteil-Anschlüssen

9. Anhang

9.1. Literaturverzeichnis

- [1]. **Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie.** *Gesamte Rechtsvorschrift für Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien.* Wien : s.n., 1991.
- [2]. **Redaktionsbeirat "Arbeitshilfen Recycling", Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bundesministerium der Verteidigung.** *Arbeitshilfen Recycling, Arbeitshilfen zum Umgang mit Bau- und Abbruchabfällen sowie zum Einsatz von Recycling - Baustoffen auf Liegenschaften des Bundes.* Berlin-Bonn : s.n., 2008.
- [3]. **Österreichisches Ökologie-Institut und Kanzlei Dr. Bruck.** *TQ- Total Quality Planung und Bewertung, Kapitel 9 Kosten.* Wien : s.n., 2002.
- [4]. **Österreichisches Ökologie-Institut und Kanzlei Dr.Bruck.** *TQ- Total Quality Planung und Bewertung, Kapitel 6 Planungsqualität.* Wien : s.n., 2002.
- [5]. **ZELGER, Thomas, et al: IBO Österreichisches Institut für Baubiologie und – ökologie GmbH.** *Erweiterung des OI3-Index um die Nutzungsdauer von Baustoffen und Bauteilen.* Wien : s.n., 2009.
- [6]. **INITIATIVE „Abfallvermeidung in Wien“.** *Abfallvermeidung im Bausektor, Bewertung gängiger Konstruktionen und Baustoffe.* Wien : s.n.
- [7]. **DIN e.V.** *DIN 8580, Fertigungsverfahren - Begriffe, Einteilung.* Berlin : s.n., 2003.
- [8]. http://www.detail.de/artikel_cellophane-house-kierantimberlake-architects_24305_De.htm. [Online] [Zitat vom: 4. Mai 2014.]
- [9]. **BRAND, Stewart.** *How Buildings Learn.* 1994.
- [10]. *Bundesgesetz über die Koordination bei Bauarbeiten (Bauarbeitenkoordinationsgesetz - BauKG).* Wien : s.n., 2012.
- [11]. **SCHNEIDER U., BÖCK M., MÖTZL H. et al.** *recyclingfähig konstruieren, Subprojekt 3 zum Leitprojekt „gugler! build & print triple zero“.* Wien : s.n., 2011.
- [12]. **GRUND-LUDWIG, Pia.** <http://www.enbause.de/daemmung-fassade/aktuelles/artikel/projekt-zu-recycling-von-wdvs-startet-3132.html>. [Online] [Zitat vom: 6. Mai 2014.]
- [13]. **MÖTZL, Hildegund, et al.** *Interreg III A- Projekt; Ökologisches Bauen und Beschaffen für Kommunen in der Bodensee-Region; Planungsleitfaden: Ökologische Baustoffwahl.* Wien : IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH, 2007.

- [14]. **Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen e.V.** *DAS DEUTSCHE GÜTESIEGEL NACHHALTIGES BAUEN, Aufbau – Anwendung – Kriterien.* Stuttgart : s.n., 2009.
- [15]. **KUCHAR, Franz.** *Energieausweis für Wohngebäude in Wien, Energieeffizienz auf einen Blick.* Wien : s.n., 2012.
- [16]. **GEISLER, Susanne und Österreichische Energieagentur, Gebäude und Raumwärme.** *Gebäudebewertungen mit Nachhaltigkeitsanspruch.* Wien : s.n.
- [17]. **LIPP, Bernhard und MÖTZL, Hildegund.** *IBO Magazin 2/12.* Wien : IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie, 2012.
- [18]. http://www.dataholz.at/de/bauteil_info.htm. [Online] [Zitat vom: 20. Mai 2014.]
- [19]. <http://www.brvt.at/service/pg16>. [Online] 2011. [Zitat vom: 20. Mai 2014.]
- [20]. **MARTIN, Peter.** *Neue Bürokonzepte - Was leisten sie?* 2007.
- [21]. **PFEIFFER, Berthold.** *Das Mobilitätsverhalten der Wohnbevölkerung und das Verkehrsaufkommen im Bezirk VÖCKLABRUCK.* Linz : Amt der Oö. Landesregierung, Direktion Straßenbau und Verkehr, Abteilung Gesamtverkehrsplanung und öffentlicher Verkehr, 2014.
- [22]. **Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.** *Arbeitshilfen Recycling.* 2008.
- [23]. http://bs-wiki.de/mediawiki/index.php?title=Kraftschl%C3%BCssige_Verbindungen. [Online] [Zitat vom: 1. Mai 2014.]
- [24]. http://www.ich-spanne.de/Matrix_Spannsysteme_und_Formspannsysteme/knowledge_base.html. [Online] [Zitat vom: 1. Mai 2014.]
- [25]. **Bundeministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen.** *Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Anlage 6, Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden und Liegenschaften.* s.l. : Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, 2001.
- [26]. **FAIPARI, MERNÖKI und SOPRON, KAR.** *Bauen mit Holz.* s.l. : EU-Kompetenzzentrum der WK Bgld., Pro Holz Burgenland.
- [27]. **JODL, Hans Georg, Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Wien.** *Planung ist billig – billige Planung kostet: Gesamtkostenbetrachtung über die Nutzungsdauer.* Wien : s.n., 2009.

[28]. **KALUSCHE, Wolfdietrich: Brandenburgische Technische Universität (BTU) Cottbus, Lehrstuhl Planungs- und Bauökonomie.** *Die neue DIN 18960 Nutzungskosten im Hochbau.* Cottbus : s.n.

9.2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verteilung der Gesamtinvestitionen im Baubereich in Neubau und Erneuerung über der Zeit (Quelle: DIB, 7/8-2006).....	12
Abbildung 2: Übersicht über Errichtungs-, Nutzungs- und Beseitigungskosten nach Ö-Norm B1801-1 und B1801-2 (Quelle: ÖNORM B 1801-2 Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 2, Wien, Österreichisches Normungsinstitut, 2011)	14
Abbildung 3: Kostenhauptgruppen der ÖNORM B1801-2 (Quelle: ÖNORM B 1801-2 Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 2, Wien, Österreichisches Normungsinstitut, 2011)	15
Abbildung 4: Nutzungsbedingte Folgekosten von Wohn- und Bürobauten (Quelle: Jodl, Hans Georg, Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Wien: Planung ist billig – billige Planung kostet: Gesamtkostenbetrachtung über die Nutzungsdauer, Wien, 2000)	16
Abbildung 5: Jährliche und mehrjährige Kosten (Quelle: Floegl, Helmut; Ilg, Monika; Mötzl, Hildegund: Ökonomische und ökologische Lebenszyklusanalyse, Arch+Ing Akademie, Wien, 2013)	17
Abbildung 6: Struktur der Lebenszykluskosten (Quelle: ÖNORM B 1801-2 Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 2, Wien, Österreichisches Normungsinstitut, 2011)	17
Abbildung 7: Lebenszyklusberechnung nach LEKOS (Quelle: Floegl, Helmut; Ilg, Monika; Mötzl, Hildegund: Ökonomische und ökologische Lebenszyklusanalyse, Arch+Ing Akademie, Wien, 2013)	19
Abbildung 8: Anteil der Planungskosten an den Anschaffungskosten (Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut und Kanzlei Dr. Bruck, TQ- Total Quality Planung und Bewertung, Kapitel 6 Planungsqualität, Wien, 2002)	20
Abbildung 9: Anteil der Planungskosten umgerechnet auf die geschätzten Lebenszykluskosten. (Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut und Kanzlei Dr. Bruck, TQ- Total Quality Planung und Bewertung, Kapitel 6 Planungsqualität, Wien, 2002)	20
Abbildung 10: Schraubverbindungen (Quelle: http://www.bauforumstahl.de)	28
Abbildung 11: Bolzenverbindung (Quelle Graf-Holzbau, http://www.graf-holztechnik.at/at/index/produktion/bsb_verbindungen)	28
Abbildung 12: Hakenblatt, schräger Zapfen, Kreuzblatt	29
Abbildung 13: Nagelplattenverbindung (Quelle: http://www.payer.de/tropenarchitektur/troparch0452.htm)	30

Abbildung 14: Nagelplattenbinder (Quelle: http://www.opitz-holzbau.de/s296/nagelplattenbinder/nagelplattenkonstruktionen.html).....	30
Abbildung 15: Nagelverbindung (Quelle: http://www.pcae.de)	31
Abbildung 16: Mörtelverbindung (Quelle: http://www.haus-infos.net/bauen/mauern.php)	32
Abbildung 17: Dünnbettmörtelverbindung (Quelle: http://www.pro-casa-bau.de/index.php?46c5bc2a0a5d6	32
Abbildung 18: Schul- und Bürocontainer (Quelle: http://www.containerland.de)	34
Abbildung 19: Loblolly Haus, Taylors Island, Maryland (Quelle: http://archrecord.construction.com/news/daily/archives/080107aia/ss1/5.asp	34
Abbildung 20: Cellophane House (Quelle: http://www.viahouse.com/2010/09/cellophane-house-a-modern-prefab-architecture/cellophane-house-a-modern-prefab-architecture-overview/)	35
Abbildung 21: Nomad Home (Quelle: http://www.nomadhome.com/)	36
Abbildung 22: Bürohaus 2226 von Baumschlager-Eberle (Quelle: Wienerberger Ziegelindustrie GmbH)	37
Abbildung 23: Nutzungsdauer-Elemente (Quelle: Stewart Brand, How Buildings Learn) .	38
Abbildung 24: Fertigwandelement (Quelle: Fa. Hösch)	38
Abbildung 25: Glasfaserbetonfassade (Quelle: fibreC Öko Skin der Fa. Rieder).....	40
Abbildung 26: Holzfassade Haus Rainer, Graz	41
Abbildung 27: Stegdecke mit integrierter Haustechnik (Quelle: RWTH Aachen)	42
Abbildung 28: abgehängte Gipskartondecke (Quelle: Fa. Knauf).....	43
Abbildung 29: abgehängte Blechkassetendecke (Quelle: Fa. Armstrong).....	44
Abbildung 30: (Quelle: http://www.bausewein.com/metallkassetten/germany.htm)	44
Abbildung 31: Gipskartonvorsatzschale (Quelle: Fa. Knauf)	44
Abbildung 32: Trockenestrich (Quelle: Fa. Knauf)	45
Abbildung 33: Doppelbodensystem (Quelle: Fa. Knauf)	46
Abbildung 34: Hinterfüllung von Gebäuden mit Ziegelbruch (Quelle: https://brunmeir.wordpress.com/category/allgemein/page/8/)	48
Abbildung 35: erdberührte Stahlbeton-Außenwand (Quelle: IBO-Passivhaus Bauteilkatalog)	59
Abbildung 36: erdberührte Dichtbeton-Außenwand mit Glasschaumschotter (Quelle: IBO-Passivhaus Bauteilkatalog)	60

Abbildung 37: erdberührte Keller- Fundamentplatte (Quelle: IBO-Passivhaus Bauteilkatalog).....	60
Abbildung 38: erdberührte Keller- Fundamentplatte mit Glasschaumschotter (Quelle: IBO-Passivhaus Bauteilkatalog)	61
Abbildung 39: erdberührte Fundamentplatte (Quelle: IBO-Passivhaus Bauteilkatalog)...	62
Abbildung 40: aufgeständerte Fundamentplatte (Quelle: IBO-Passivhaus Bauteilkatalog)	62
Abbildung 41: Außenwand mit WDVS (Quelle: IBO-Passivhaus Bauteilkatalog).....	63
Abbildung 42: Außenwand mit 50er Hochlochziegel (Quelle: IBO-Passivhaus Bauteilkatalog).....	64
Abbildung 43: Holzständer-Außenwand, verputzt (Quelle: IBO-Passivhaus Bauteilkatalog)	64
Abbildung 44: Stahlbetonecke mit Bitumen-Warmdach (Quelle: IBO-Passivhaus Bauteilkatalog).....	65
Abbildung 45: Stahlbetondecke mit FPO-Folie (Quelle: IBO-Passivhaus Bauteilkatalog) .	66
Abbildung 46: Zellenbüro (Quelle: MARTIN, Peter; Neue Bürokonzepte - Was leisten sie?, 2007)	78
Abbildung 47: Großraumbüro (Quelle: MARTIN, Peter; Neue Bürokonzepte - Was leisten sie?, 2007)	79
Abbildung 48: Gruppenbüro (Quelle: MARTIN, Peter; Neue Bürokonzepte - Was leisten sie?, 2007)	80
Abbildung 49: Kombibüro (Quelle: MARTIN, Peter; Neue Bürokonzepte - Was leisten sie?, 2007)	81
Abbildung 50: Luftbild Vöcklabruck, Digitale Oberösterreichische Raum-Informationssystem (DORIS) OÖ	82
Abbildung 51: Strukturplan 1:500.....	84
Abbildung 52: Lageplan 1:2000.....	85
Abbildung 53: Grundriss EG 1:500.....	86
Abbildung 54: Grundriss 1.OG 1:500	87
Abbildung 55: Grundriss 2.OG 1:500	87
Abbildung 56: Längsschnitt 1:500	88
Abbildung 57: Stiegenschnitt 1:500	88
Abbildung 58: Querschnitt 1:500.....	88
Abbildung 59: Stiegenschnitt 1:200	89

Abbildung 60: Regelquerschnitt 1:200	89
Abbildung 61: Längsschnitt 1:200	90
Abbildung 62: Nutzungsvariante Kombibüro.....	91
Abbildung 63: Nutzungsvariante Einzel-, Gruppen- und Kombibüro.....	92
Abbildung 64: Nutzungsvariante Mischform	93
Abbildung 65: Ansicht Südwest 1:500	94
Abbildung 66: Ansicht Nordost 1:500	94
Abbildung 67: Ansicht Südost 1:500	94
Abbildung 68: Ansicht Nordost 1:500	94
Abbildung 69: Konstruktion	95
Abbildung 70: Einzelfundamente	96
Abbildung 71: untere Lage der Träger	96
Abbildung 72: 1. Lage der Stützen.....	96
Abbildung 73: 2. Lage der Stützen.....	97
Abbildung 74: Deckenelemente EG	97
Abbildung 75: 2. Lage der Deckenelemente	97
Abbildung 76: 2. Lage der Stützen.....	98
Abbildung 77: 3. Lage der Träger	98
Abbildung 78: 3. Lage der Deckenelemente	98
Abbildung 79: 4. Lage der Stützen.....	99
Abbildung 80: 4. Lage der Träger	99
Abbildung 81: 4. Lage der Deckenelemente	99
Abbildung 82: Fassadenelemente	100
Abbildung 83: Fensterelemente	100
Abbildung 84: Fassadenelemente	100
Abbildung 85: Dach	101
Abbildung 86: Fassadenschnitt.....	102
Abbildung 87: Sockeldetail	103
Abbildung 88: Detail Zwischendecke	104

Abbildung 89: Traufendetail	105
Abbildung 90: Zwischenwand	106
Abbildung 91: Verbindung Stütze-Träger mit System-Holzverbinder	107
Abbildung 92: System-Holzverbinder (Quelle: Sherpa Connections Systems)	107
Abbildung 93: Innenperspektive	109
Abbildung 94: Innenperspektive	110
Abbildung 95: Innenperspektive	111
Abbildung 96: Innenperspektive	112
Abbildung 97: Bewertung Fundamentplatte	113
Abbildung 98: Bewertung Zwischendecke	115
Abbildung 99: Bewertung Dach	116
Abbildung 100: Detail Außenwand	117

9.3. Formelverzeichnis

Formel 1: Lebenszykluskosten (Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut und Kanzlei Dr. Bruck, TQ- Total Quality Planung und Bewertung, Kapitel 9 Kosten, Wien, 2002).....	18
---	----

9.4. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die wirtschaftliche Nutzungsdauer von Gebäuden (Auszug) (Quelle: Kleiber, Wolfgang; Simon, Jürgen; Weyers, Gustav: Verkehrswertermittlung von Grundstücken. 3. Aufl. Köln : Bundesanzeiger, 1998. - S. 2123).....	22
Tabelle 2: Produkteinstufung für Materialien (Quelle: Planungsleitfaden „Interreg III A-Projekt. Ökologisches Bauen und Beschaffen für Kommunen in der Bodensee-Region. Planungsleitfaden: Ökologische Baustoffwahl“, Seite 8, 14-15, 22-23, 32-33, 42, 47, 51, 57, 61).....	58

9.5. Anhang 1: Nutzungsdauer von Bauteilen

Quelle: Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB), Stand 03.11.2011, Geschäftsstelle Nachhaltiges Bauen im Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Berlin

KG - 3. Ebene	Bauteil / Material	a	Ersatz in 50a
322 Flachgründungen			
	Einzel- / Streifenfundamente	≥ 50	0
	Fundamentplatten	≥ 50	0
323 Tiefgründungen			
	Bohrpfähle, Presspfähle, Ramppfähle, Pfahlwände, Schlitzwände, Spundwände, Trägerbohlwände	≥ 50	0
324 Unterböden und Bodenplatten			
	Bodenplatte	≥ 50	0
326 Bauwerksabdichtung			
	Abdichtung gegen nichtdrückendes Wasser	35	1
331 Tragende Außenwände			
	Mauerwerkswand	≥ 50	0
	Betonwand	≥ 50	0
	Holz wand	≥ 50	0
	Stahlbauwand	≥ 50	0
	Lehmbauwand	≥ 50	0
	Formsteine mit Betonfüllung	≥ 50	0
333 Außenstützen			
	Mauerwerksstütze	≥ 50	0
	Betonstütze	≥ 50	0
	Holzstütze	≥ 50	0
	Stahlstütze	≥ 50	0
334 Außentüren und -fenster			
334 Außentüren und -fenster	Außentüren		
	Standardtüren: Laubholz	≥ 50	0
	Standardtüren: Metall	≥ 50	0
	Standardtüren: Holzwerkstoff	40	1
	Standardtüren: Kunststoff	40	1
	Standardtüren: Nadelholz	35	1
	Brandschutztüren	≥ 50	0
	Sondertüren: Schallschutztüren, Glastüren	≥ 50	0
	Sondertüren: Automatiktüren	20	2
	Sondertüren: Schiebetüren, Rotationstüren	30	1
334 Außentüren und -fenster	Außenfenster		
	Fenster (Rahmen und Flügel): Aluminium, Aluminium-Holz-Komposit, Aluminium-Kunststoff-Komposit, Laubholz behandelt, Stahl	≥ 50	0
	Fenster (Rahmen und Flügel): Kunststoff, Nadelholz behandelt	40	1
334 Außentüren und -fenster	sonstiges		
	Beschläge: einfache Beschläge, Schiebebeschläge	30	1
	Beschläge: Drehklippbeschläge, Schwingflügelbeschläge, Hebedrehklippbeschläge	25	1
	Türschlösser, Türanschlagdämpfer, Panikverschlüsse	25	1
	Türschließer	20	2
	Türantriebe	15	3

	Verglasung: Sicherheits-Isolierglas, 3-Scheiben-Wärmeschutz-Isolierglas, 2-Scheiben-Wärmeschutz-Isolierglas, Brandschutz-Isolierglas, Schallschutz-Isolierglas, Angriffshemmendes Isolierglas, Sonnenschutz-Isolierglas	30	1
	Dichtungsprofile	20	2
	Dichtstoffe	12	4
	Rolläden	40	1
335 Außenwandbe- kleidungen, außen			
335 Außenwandbe- kleidungen, außen	Abdichtung und Dämmung erdberührt		
	Abdichtungen erdberührt, gegen drückendes Wasser: Dichtungsbahnen	≥ 50	0
	Abdichtungen erdberührt, gegen drückendes Wasser: Bentonit	40	1
	Abdichtungen erdberührt: Konstruktionen aus wasserundurchlässigem Beton	≥ 50	0
	Abdichtungen erdberührt, gegen nichtdrückendes Wasser: Dichtungsbahnen aus Bitumen, Spachtelmasse	40	1
	Abdichtungen erdberührt, gegen nichtdrückendes Wasser: Beschichtungen und Anstriche	30	1
	Abdichtungen erdberührt nachträglich: Querschnittsabdichtung gegen aufsteigende Feuchtigkeit durch mechanische Injektion	40	1
	Abdichtungen erdberührt nachträglich: Vergelung, Schleierinjektion	20	2
	Abdichtungen erdberührt: Abdichtungsschutz aus Schutzmauern (Beton, Ziegel, Hartbrandklinker)	≥ 50	0
	Abdichtungen erdberührt: Abdichtungsschutz aus Hartschaumplatten Polystyrol, Noppenbahnen (Polyethylen Polypropylen), Wellplatten faserverstärkt auf Zementbasis	40	1
	Abdichtungen erdberührt: Abdichtungsschutz aus Granulatmatten, Wellplatten	30	1
	Wärmedämmung erdberührter Bauteile: Perimeterdämmung Schaumglas	≥ 50	0
	Wärmedämmung erdberührter Bauteile: Perimeterdämmung Extrudiertes Polystyrol	40	1
335 Außenwandbe- kleidungen, außen	Oberflächenbehandlung		
	Außenanstriche, mineralischer Untergrund: Dispersionsfarbe, Dispersions-Silikatfarbe, Weißzementfarbe, Kunststoffbeschichtungen auf Beton	20	2
	Außenanstriche, mineralischer Untergrund: Silikonharzfarbe, Silikatfarbe, Polymerisatharzfarben	15	3
	Außenanstriche, mineralischer Untergrund: Kaseinfarbe	10	4
	Außenanstriche, mineralischer Untergrund: Kalkfarbe	8	6
	Außenanstriche, mineralischer Untergrund: Imprägnierung auf Mauerwerk	15	3
	Außenanstriche, mineralischer Untergrund: Lasur, Graffitienschutz	10	4
	Holzschutzanstriche, außen: Holzlacke, Holzlasuren	8	6
	Holzschutzanstriche, außen: Holzöle/-waxse	5	9
	Holzschutzimprägnierungen, außen: Druckimprägnierung	18	2
335 Außenwandbe- kleidungen, außen	Putz		
	Putz auf monolithischer Tragschicht: hochhydraulischer Kalkmörtel, Mörtel mit Putz- und Mauerbinder, Kalkzementmörtel, Zementmörtel mit Zusatz von Luftkalk, Zementmörtel, Luftkalkmörtel, Hydraulischer Kalkmörtel, Wasserkalkmörtel	45	1
	Putz auf monolithischer Tragschicht: Sanierputzsysteme, mineralische Leichtputzsysteme auf porosierter Tragschicht	40	1
	Putz auf monolithischer Tragschicht: Silikatputze, Silikonharzputze, Kunstharzputze	30	1
	Putz auf Wärmedämmung: mineralische Putzsysteme, silikatische Putzsysteme, Kunstharzputzsysteme, Silikonharzputzsysteme	30	1
335 Außenwandbe- kleidungen, außen	Mauerwerk		

	Bekleidungen: Klinker, Kalksandstein, Sichtbeton	≥ 50	0
335 Außenwandbekleidungen, außen	Platten, Stein		
	Bekleidungen: Naturstein, Kunststein, Betonsteinplatten, Faserzementplatten, Kunstharzstein, Ziegelplatten, keramische Fliesen und Platten, Feinsteinzeug, Steinzeug und Spaltplatten	≥ 50	0
	Verfugungsmassen	30	1
	Bekleidungen: harte Belagsmaterialien auf Wärmedämmung	30	1
335 Außenwandbekleidungen, außen	Dämmung		
	Dämmschicht als Kerndämmung: Mineralwolleplattens, Polyurethandämmplatten, Polystyrol, Blähschiefergranulat, Blähglasgranulat, Blähtongranulat	≥ 50	0
	Dämmschicht hinter Vorsatzschale hinterlüftet: Mineralschaumplatten, Schaumglasplatten	≥ 50	0
	Dämmschicht hinter Vorsatzschale: Vakuumdämmpaneele	30	1
	Wärmedämmverbundsystem: Mineralwolleplattens, Polystyrolplattens, Polyurethandämmplatten, Holzfaserdämmplatten, Holzwoleleichtbauplatten, Korkplatten	40	1
	Wärmedämmverbundsystem transparent	20	2
335 Außenwandbekleidungen, außen	Holz		
	Holzbekleidung: Nadelholz behandelt, Laubholz, Holzwerkstoff-Systeme	40	1
	Holzbekleidung: Nadelholz unbehandelt	30	1
	Holzbekleidung: Holzschindeln	≥ 50	0
335 Außenwandbekleidungen, außen	Metall		
	Metallbekleidungen: Zink, Kupfer, Aluminium eloxiert, Aluminium lackiert, Stahl nicht rostend	≥ 50	0
	Metallbekleidungen: Stahl galvanisch verzinkt	40	1
	Vorsatzschale hinterlüftet: Kupferblech	≥ 50	0
	Vorsatzschale hinterlüftet: Zink, Stahl nicht rostend	45	1
	Vorsatzschale hinterlüftet: Aluminium-Verbundplatten, korrosionsreduzierter Stahl, Stahl galvanisch verzinkt und beschichtet	30	1
335 Außenwandbekleidungen, außen	sonstige		
	Vorsatzschale, hinterlüftet: Glas	≥ 50	0
	Kunststoffstegplatten transparent: Acrylglasplatten	40	1
	Kunststoffstegplatten transparent: Polycarbonatplatten	30	1
	Vorsatzschale, hinterlüftet: faserverstärkte Harzkompositplatten	30	1
	Wandbekleidungen (Systeme): Kunststoff, Mehrschichtleichtbauplatten	40	1
	Vorsatzschale: Fugen- und Kompriband, Verfugung, Dehnungsfuge, Profil	40	1
	Vorsatzschale: Unterkonstruktion	≥ 50	0
336 Außenwandbekleidungen, innen			
	Bekleidung Dämmplatten: Mineralschaumdämmplatten, Calciumsilikatplatten	≥ 50	0
338 Sonnenschutz			
	Jalousien: Kunststoff	25	1
	Jalousien: Aluminium	15	3
	Markisen	15	3
	Sonnenschutz, feststehend: Aluminium	≥ 50	0
339 Außenwände, sonstiges			
339 Außenwände, sonstiges	Balkone		
	frei stehende Konstruktion: Mauerwerk, Stahlbeton, Stahl nicht rostend, Stahl feuerverzinkt (stückverzinkt), Aluminium beschichtet, Laubholz, Kunststoff-Komposit	≥ 50	0

	frei stehende Konstruktion: Nadelholz, behandelt	45	1
	Brüstung: Stahlgitterkonstruktion feuerverzinkt (stückverzinkt), Glas, Mauerwerk, Stahlbeton	≥ 50	0
	Brüstung aus Holzkonstruktion	30	1
	Brüstungsbekleidung aus Aluminiumplatten, Glasplatten	≥ 50	0
	Brüstungsbekleidung aus Kunststoffplatten	40	1
341 Tragende Innenwände			
	Mauerwerkswand	≥ 50	0
	Betonwand	≥ 50	0
	Holz wand	≥ 50	0
342 Nichttragende Innenwände			
	Mauerwerkswand	≥ 50	0
	Betonwand	≥ 50	0
	Holz wand	≥ 50	0
	Ständersysteme	≥ 50	0
	Gips-Wandbauplatten	≥ 50	0
343 Innenstützen			
	Mauerwerksstütze	≥ 50	0
	Betonstütze	≥ 50	0
	Holzstütze	≥ 50	0
	Stahlstütze	≥ 50	0
344 Innentüren und -fenster			
344 Innentüren und -fenster	Innentüren		
	Standardtüren: Holztüren, Holzwerkstofftüren, Aluminiumtüren, Kunststofftüren, Holzwerkstofftüren, Stahltüren und Stahltüren rostfrei	≥ 50	0
	Sondertüren: Glastüren, Rauchschutztüren, Schallschutztüren	≥ 50	0
	Brandschutztüren	≥ 50	0
	Sondertüren: Feuchtraumtüren	40	1
	Sondertüren: Schiebetüren, Rotationstüren	30	1
	Sondertüren: Automatiktüren	20	2
	Tore: Brandschutztore	30	1
344 Innentüren und -fenster	Innenfenster		
	Fenster (Rahmen und Flügel)	≥ 50	0
344 Innentüren und -fenster	sonstiges		
	Beschläge: einfache Beschläge	≥ 50	0
	Beschläge: Schwingflügelbeschläge, Falttürbeschläge, Schiebebeschläge, Drehkippsbeschläge, Hebedrehkippsbeschläge	30	1
	Türschließer, Türschlösser, Fensterschlösser	30	1
	Panikverschlüsse	25	1
	Türantriebe	15	3
	Türanschlagdämpfer	20	2
	Fenster- und Türenverglasung: Einfachverglasung	≥ 50	0
	Fenster- und Türenverglasung: angriffhemmendes Isolierglas, Sicherheits-Isolierglas, Brandschutz-Isolierglas, Schallschutz-Isolierglas	40	1
	Dichtungsprofile	30	1
	Dichtstoffe	20	2
345 Innenwand-bekleidungen			
345 Innenwand-bekleidungen	Beschichtungen		
	Innenanstriche: Dispersionsfarbe, Dispersions-Silikatfarbe, Silikatfarbe, Silikonharzfarbe, Polymerisatharzfarben, Weißzementfarbe, Kaseinfarbe, Kalkfarbe, Leimfarbe	15	3
	Innenanstriche: Latexfarbe	10	4
	Innenanstriche: Lasur	18	2

345 Innenwand-bekleidungen	Putz		
	Standard-Innenputze: Gipsputz, Anhydritputz, Kalkputz, Kalkgipsputz, Kalkzementputz, Kunstharzputz, Lehmputz	≥ 50	0
	mineralische Deckputze: Zementputz, Trasskalkputz, Trasszementputz	≥ 50	0
	Spezialputze: Sanierputz/-Systeme	15	3
	Spezialputze: Akustikputz, Strahlenschutzputz	≥ 50	0
	Putzprofile: Kunststoff, Stahl, Glasfaser	≥ 50	0
	Putzträger: Stahldrahtnetz, Rippenstreckmetall, Kunststoffgewebe	≥ 50	0
345 Innenwand-bekleidungen	Bekleidung		
	Bekleidungen: Holz, Holzwerkstoff und Mehrschichtleichtbauplatten, Aluminium, Stahl, Kupfer, Zink, Naturstein, Kunststein, keramische Fliesen und Platten, Feinsteinzeug, Steinzeug, Steingut und Spaltplatten, Glasmosaik	≥ 50	0
	Bekleidungen (Systeme): Gipskartonplatten, Gipskartonverbundplatten	≥ 50	0
	Bekleidungen: Kunststoff (PVC, PE, PP)	40	1
	Bekleidungen: Sonderkonstruktionen aus Glas	≥ 50	0
	Spezial-Bekleidungen: Brandschutz, Schallschutz, Wärmeschutz (Innendämmung), feuchteressistente Bekleidungen	≥ 50	0
345 Innenwand-bekleidungen	Tapeten		
	Tapeten: Papier, Kunststoff, Tapeten nicht überstreichbar, Tapeten überstreichbar	10	4
	Tapeten: Textil, Webstoff	15	3
346 Elementierte Innenwände			
	Sanitärtrennwände: Toilettentrennwände, Urinaltrennwände	30	1
	Sanitärtrennwände: Duschtrennwände	25	1
	Umkleidekabinen	30	1
349 Innenwände, sonstiges			
	Treppengeländer: Handläufe aus Aluminium, Laubholz, Stahl	≥ 50	0
	Treppengeländer: Handläufe aus Kunststoff, Nadelholz	30	1
351 Decken-konstruktionen			
	Betondecken: Vollbetondecke, STB-Hohlraumdecke, Porenbetondecke	≥ 50	0
	Fertigteildecken: Gitterträgerdecke, Rippendecke	≥ 50	0
	Metalldecken: Stahlverbunddecke, Stahlträgerdecke	≥ 50	0
	Holzdecken: Massivholzdecke, Holzbalkendecke, Holz-Fertigteilelemente, Holz-Beton-Verbunddecke	≥ 50	0
	Treppe: Tragkonstruktion aus Stahlbeton, Stahl, Holz, Aluminium	≥ 50	0
352 Deckenbeläge			
	Fließestriche: Zementestrich, Gussasphaltestrich, Anhydritestrich, Magnesiaestrich	≥ 50	0
	Trockenestriche (Systeme): Holzwerkstoffplatten, Gipsfaserplatten, Gipskartonplatten	≥ 50	0
	Estriche als Verschleißboden	≥ 50	0
	Trittschalldämmung	≥ 50	0
	Fussbodendämmung, einschl. Dämmung der obersten Geschossdecke	≥ 50	0
	Natursteinbeläge	≥ 50	0
	Kunststeinbeläge	≥ 50	0
	keramische Fliesen und Platten: Feinsteinzeug, Steinzeug, Steingut, Spaltplatten, Glasmosaik	≥ 50	0
	Gussböden: Kunstharz	30	1
	Gussböden: Terrazzo	≥ 50	0
	textile Beläge: Baumwolle, Wolle, Synthetikfaser, Sisal, Naturfasergemisch, Jute, Naturfasergemisch, Kokos	10	4

	Linoleum, Laminat, PVC, Kunststoff-Parkett, Kork, Kautschuk, Sporthallenbeläge	20	2
	Vollholzparkett, Holzdielen, Holzpflaster	≥ 50	0
	Holz-Mehrschichtparkett	40	1
	Holzschutzanstriche für Bodenbeläge: Holzlacke	8	6
	Holzschutzanstriche für Bodenbeläge: Holzversiegelungen	10	4
	Holzschutzanstriche für Bodenbeläge: Holzimprägnierungen, Holzöle/-wachse	5	9
352 Deckenbeläge	sonstiges		
	Doppelböden und Hohlraumböden	≥ 50	0
	Doppelbodenstützen und Hohlraumbodenstützen: Stahl	≥ 50	0
	Schwingböden: Holz, Kunststoff	45	1
	Sockelleisten: Naturstein, Kunststein, Klinker, Keramik, Holz	≥ 50	0
	Schmutzfangbeläge: Synthetikfaser, Kunststoff, Baumwolle, Sisal, Jute, Kokos	8	6
	Oberflächenbehandlung: Versiegelung	12	4
	Oberflächenbehandlung: Beschichtung auf Kunststoffbasis	10	4
	Oberflächenbehandlung: Beschichtung auf Wachs- oder Ölbasis	8	6
353 Deckenbekleidungen			
	Gipskartonbekleidungen	≥ 50	0
	Metallbekleidungen: Aluminium, Stahl, Kupfer, Zink	≥ 50	0
	Holzbekleidungen: Holz, Holzwerkstoff und Mehrschichtleichtbauplatten	≥ 50	0
	Sonderkonstruktionen inkl. Befestigung: Mineralfaserplatten, Kunststoffplatten, Glasplatten	≥ 50	0
	Sonderkonstruktionen inkl. Befestigung: Brandschutz-Unterdecken	40	1
	Sonderkonstruktionen inkl. Befestigung: Akustikdecken, Akustikelemente, Akustikschaum, Schallabsorber	40	1
	Sonderkonstruktionen inkl. Befestigung: Lichtdecken	25	1
	Dämmung der Kellerdecke	≥ 50	0
	Tapeten: überstreichbar	10	4
	Tapeten: Kunststoff, Textil, Webstoff, Papier nicht überstreichbar	5	9
	Unterkonstruktionen: Trockenbauprofile (Stahl, Holz)	≥ 50	0
359 Decken, sonstiges			
	Geländer, Gitter, Roste, Leitern: Stahl, Aluminium, Holz, Holzwerkstoff, Gusseisen	≥ 50	0
	Gitter und Roste: Kunststoff	40	1
361 Dachkonstruktion			
	Tragkonstruktion: Schrägdach	≥ 50	0
	Tragkonstruktion: Flachdach	≥ 50	0
362 Dachfenster, Dachöffnungen, Überdachungen			
	Dachflächenfenster (Rahmen): Aluminium, Kunststoff, Aluminium-Holz-Komposit	≥ 50	0
	Dachflächenfenster (Rahmen): Aluminium-Kunststoff-Komposit	35	1
	Dachflächenfenster (Rahmen): Laubholz, behandelt	40	1
	Dachflächenfenster (Rahmen): Nadelholz, behandelt	25	1
	Lichtkuppeln	25	1
	Lichtbänder	20	2
	Dachausstiege und Luken: Stahl feuerverzinkt (stückverzinkt)	40	1
	Dachausstiege und Luken: Kunststoff	30	1
	Antriebe für Öffnungen: Handantrieb	35	1
	Antriebe für Öffnungen: elektrischer Antrieb	25	1
	Antriebe für Öffnungen: pneumatischer Antrieb	20	2
363 Dachbeläge			
363 Dachbeläge	Flachdachabdichtung		

	Abdichtungsbahnen: Elastomerbahnen, Kunststoffbahnen unterhalb der Dämmung	40	1
	Abdichtungsbahnen: Bitumenbahnen unterhalb der Dämmung	30	1
	Abdichtungsbahnen: Bitumenbahnen, Elastomerbahnen, Kunststoffbahnen oberhalb Dämmung mit schwerer Schutzschicht	30	1
	Abdichtungsbahnen: Bitumenbahnen, Elastomerbahnen, Kunststoffbahnen oberhalb Dämmung mit leichter Schutzschicht	20	2
	Abdichtmassen: Asphaltmastix, Flüssigabdichtung, Gussasphalt unterhalb der Dämmung	40	1
	Abdichtmassen: Asphaltmastix, Flüssigabdichtung, Gussasphalt oberhalb Dämmung mit schwerer Schutzschicht	30	1
	Abdichtmassen: Asphaltmastix, Flüssigabdichtung, Gussasphalt oberhalb Dämmung mit leichter Schutzschicht	20	2
	Abdichtmassen: Flüssigabdichtung oberhalb Dämmung ohne Schutzschicht	20	2
	Schwere Schutzschicht: Extensive Begrünung	40	1
	Schwere Schutzschicht: Bekiesung, Verlegeplatten, Intensive Begrünung	30	1
	Leichte Schutzschicht: Besplitterung vor Ort, werkseitige Bestreuung	15	3
	Beschichtungen: Metallanstrich	12	4
363 Dachbeläge	Dachdeckung		
	Deckungen: Schiefer	≥ 50	0
	Deckungen: Ziegel	≥ 50	0
	Deckungen: Beton, Faserzement	≥ 50	0
	Deckungen: Zink, Kupferblech, Stahl nicht rostend	≥ 50	0
	Deckungen: Holzschindeln	≥ 50	0
	Deckungen: Stahl galvanisch verzinkt und beschichtet	45	1
	Deckungen: Stahl galvanisch verzinkt, Aluminium	40	1
	Deckungen: Glas	30	1
	Deckungen: Bitumenschindeln, Bitumen-Wellplatten	25	1
	Metallbanddeckungen: Stahl nicht rostend, Kupfer	≥ 50	0
	Metallbanddeckungen: Stahlblech galvanisch verzinkt und beschichtet	45	1
	Metallbanddeckungen: Aluminiumblech, galvanisch verzinktes Stahlblech	40	1
	Deckungen: Reet	30	1
	Dämmschicht als Auf- und Zwischensparrendämmung: Schaumglasplatten, Mineralwollplatten, extrudierte Polystyrolplatten, expandierte Polystyrolplatten, Polyurethanplatten, Faserplatten aus Holz, Hanf, Zellulose	≥ 50	0
363 Dachbeläge	Attikaabdeckung		
	Attikaabdeckungen: Naturstein, Kunststein, Betonfertigteile, Betonsteinplatten, keramische Fliesen und Platten, Feinsteinzeug, Steinzeug, Spaltplatten, Kupfer, Stahl nicht rostend, Zink	≥ 50	0
	Attikaabdeckungen: Aluminium, Faserzement	40	1
	Attikaabdeckungen: Stahl galvanisch verzinkt	30	1
	Attikaabdeckungen: Kunststoff	20	2
363 Dachbeläge	Entwässerung		
	Entwässerung (Dachrinnen, Regenfallrohre, Dachabläufe): Stahl nicht rostend, Kupfer, Zink, Alu	≥ 50	0
	Entwässerung (Dachrinnen, Regenfallrohre, Dachabläufe): Stahl galvanisch verzinkt und beschichtet	40	1
	Entwässerung (Dachrinnen, Regenfallrohre, Dachabläufe): Stahl galvanisch verzinkt	30	1
	Entwässerung (Dachrinnen, Regenfallrohre, Dachabläufe): Kunststoff	20	2
364 Dachbekleidungen			
	Unterdach: Bitumen-Holzfaserplatten	≥ 50	0
	Unterdach: Imprägnierte Faserplatten aus Holz, Hanf, Zellulose	30	1

	Unterdach: dampfdiffusionsoffene Kunststofffolien	30	1
	Zwischen-, Auf- und Untersparrendämmung: Mineralwolle, Polystyrol, Polyurethan, Blähgranult, nachwachsende Dämmstoffe (z. B. Holzdämmstoffe, Zellulose, Kork, Leichtlehmischung, Flachs, Wiesengras, Hanf)	≥ 50	0
369 Dächer, sonstiges			
369 Dächer, sonstiges	Überdachungen		
	Eingangsüberdachung: Stahlbaukonstruktion, Stahl-Glas-Konstruktion, Stahlbetonkonstruktion, Spannbetonkonstruktion, Holzkonstruktion (bekleidet)	≥ 50	0
	Eingangsüberdachung: Holzkonstruktion (unbekleidet), Holz-Glas- Konstruktionen, Glaskonstruktion (tragend)	40	1
	Hofüberdachung: Stahl-Glas-Konstruktionen	≥ 50	0
	Hofüberdachung: Holz-Glas-Konstruktionen, Seilnetzkonstruktionen	40	1
	Hofüberdachung: Textile Konstruktionen	8	6
369 Dächer, sonstiges	Geländer, Gitter, Roste, Leitern		
	Stahl nicht rostend, Stahl feuerverzinkt (stückverzinkt)	≥ 50	0
	Aluminium, Laubholz behandelt	45	1
	Laubholz unbehandelt, Nadelholz behandelt, Holzwerkstoff beschichtet	30	1
	Nadelholz unbehandelt	20	2
369 Dächer, sonstiges	sonstiges		
	Absturzsicherung, Trittstufen, Laufflächen, Laub- und Schneefangvorrichtungen, Blitzschutzanlagen: Stahl feuerverzinkt (stückverzinkt), Stahl nicht rostend	≥ 50	0
	Dachbe- und Dachentlüftung Stahl galvanisch verzinkt	25	1
	Entlüftungsröhre Kunststoff	25	1
371 Allgemeine Einbauten			
	Möblierungssysteme: Büros, Laboratorien	30	1
	Möblierungssysteme: Bildschirmarbeitsplätze, Konferenzräume	10	4
	Möblierungssysteme: Bibliotheken, Schutzräume	40	1
	Möblierungssysteme: Kantinen, Rechenzentren	15	3
	Möblierungssysteme: Schulungsräume, Schulen	20	2
	Möblierungssysteme: Kontrollräume, Leitstellen	25	1
	Regale: Stahl, Aluminium, Holzwerkstoff, Kunststoff	40	1
	Schrankmöbel: Stahl, Stahl nicht rostend, Aluminium, Holzwerkstoff, Kunststoff, Holz	30	1
	Garderobeneinrichtungen: Stahl, Stahl nicht rostend, Messing, Holz, Aluminium	20	2
	Garderobeneinrichtungen: Kunststoff	15	3