

Suffizient Wohnen in Sulz

Klimagerechtes Bauen mit Holz, Stroh & Lehm
in Sulz, Vorarlberg

Diplomarbeit von Alexander Knünz



Diplomarbeit

Suffizient Wohnen in Sulz

Klimagerechtes Bauen mit Holz, Stroh & Lehm in Sulz, Vorarlberg

Ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des
akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von
Associate Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Fadai Alireza

E259-02
Forschungsbereich Tragwerksplanung und
Ingenieurholzbau

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung

von Alexander Knünz BSc.
01630079

Wien, am 24. Mai 2023

Kurzfassung

Rekordtemperaturen, Extremwetterereignisse und Höchstwerte in den globalen Treibhausgaskonzentrationen treffen Milliarden Menschen in der ganzen Welt. Allen vorausagen zum Trotz steigen Emissionen und Verbrauch aber weiterhin an. ^[1]

In der aktuellen Bauwirtschaft, aber auch teilweise im universitären Kontext wird die Relevanz von klimaschonendem Bauen zu wenig beachtet. Besonders Architektinnen und Architekten sind als Entwickler:innen von Lebensräumen für die Zukunft gefordert, Maßnahmen sowie Konzepte zum klimaoptimierten Bauen zu schaffen.

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit den Grundvoraussetzungen und aktuellen Entwicklungen in der Baubranche, sowie mit besonderem Augenmerk auf der Klimarelevanz in den einzelnen Teilen.

Darauf folgend werden Kriterien für ein klimagerechtes Bauen aufgestellt, in den verschiedenen Kategorien der Architektur - im Bezug auf Mobilität, technischen Grundsätzen, Freiflächen und auch sozialen Aspekten.

Dieser Analyse folgend, wird ein Nachverdichtungsprojekt in Sulz in Vorarlberg entworfen. Rückbaubare Systeme und geringe Materialverbräuche sollen den Entwurf kennzeichnen. Aber auch eine optimierte Performance des Gebäudes während seiner Lebensdauer ist angestrebt.

Der Projektentwurf zielt darauf ab, einen vorbildlichen Umgang mit der Umwelt zu demonstrieren und stellt die Herausforderung dar, Ressourceneffizienz als gesamtgesellschaftliches Konzept zu betrachten. Dies erfordert Abwägungen zwischen Form und

Funktion, sowie zwischen Verbrauch und Benutzung von Rohstoffen.

Anhand einer Stroh-Lehm-Holzkonstruktion, gepaart mit traditionellen Holzverbindungen und materialgleichen Verbindungsmitteln werden kreislauffähige Elemente entworfen und in den Zusammenhang gebracht.

In Kombination mit bauphysikalischen Vorgaben, wie dem Schallschutz, Brandschutz und Feuchteschutz, aber auch Sommerlicher Überhitzung stellt das Projekt verschiedene Aspekte unserer Architektur in Frage.

Die Ergebnisse dieser Diplomarbeit sollen einen beispielhaften Umgang mit Ressourcen in der Baubranche in Vorarlberg aufzeigen, sowie einen akademischen Beitrag zum aktuellen Diskurs in der Bauwirtschaft beitragen.

1 - United Nations: The Sustainable Development Goals Report 2022

Abstract

Record temperatures, extreme weather events, and record levels of greenhouse gas concentrations are affecting billions of people worldwide. Despite predictions to the contrary, emissions and consumption continue to rise. ^[1]

In the current construction industry, as well as in the academic context, the relevance of climate-friendly construction is often overlooked. Architects, in particular, are challenged as developers of living spaces for the future to create measures and concepts for climate-optimized construction.

This thesis examines the basic requirements and current developments in the construction industry, with a particular focus on the climate relevance in the individual parts.

Criteria for climate-friendly construction are then established in various categories of architecture, including mobility, technical principles, open spaces, and social aspects.

Following this analysis, a redevelopment project in Sulz, Vorarlberg is designed. Recyclable systems and low material consumption should characterize the design. However, an optimized performance of the building during its lifetime is also aimed for.

The project design aims to demonstrate exemplary environmental stewardship and represents the challenge of considering resource efficiency as a holistic concept. This requires weighing up form and function, as well as consumption and use of raw materials.

Circular elements are designed and integrated into the project through the use of a straw-clay-wood construction, paired with traditional wood connections and material-matching fasteners.

In combination with building physics requirements, such as sound insulation, fire protection, and moisture protection, as well as summer overheating, the project challenges various aspects of our architecture.

The results of this thesis aim to demonstrate an exemplary approach to resource use in the construction industry in Vorarlberg, as well as to make an academic contribution to the current discourse in the construction industry.

Eidesstattliche Erklärung

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

DIPLOMARBEIT

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit "Suffizient Wohnen in Sulz - Klimagerechtes Bauen mit Holz, Stroh & Lehm in Sulz, Vorarlberg" nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlung selbstständig und ohne fremde Hilfe ausgeführt, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt bzw. die wörtlich oder sinngemäß entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Wien, am 24. Mai 2023

Einverständniserklärung zur Plagiatsprüfung

Ich nehme zur Kenntnis, dass die vorgelegte Arbeit mit geeigneten und dem derzeitigen Stand der Technik entsprechenden Mitteln (Plagiat-Erkennungssoftware) elektronisch- technisch überprüft wird. Dies stellt einerseits sicher, dass bei der Erstellung der vorgelegten Arbeit die hohen Qualitätsvorgaben im Rahmen der ausgegebenen der an der TU Wien geltenden Regeln zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis - „Code of Conduct“ (Mitteilungsblatt 2007, 26. Stück, Nr. 257 idgF.) an der TU Wien eingehalten wurden. Zum anderen werden durch einen Abgleich mit anderen studentischen Abschlussarbeiten Verletzungen meines persönlichen Urheberrechts vermieden.

Wien, am 24. Mai 2023

Begriffs- und Abkürzungsverzeichnis

Suffizienz

beschreibt eine Nachhaltigkeitsstrategie, ergänzend zu Effizienz und Konsistenz, die auf reduziertem Konsum beruht.

Dies bedeutet Material und Energie zu sparen, steht aber einem Verlust von Lebensqualität gegenüber. Ziel der Suffizienz ist es, im Hinblick der begrenzten natürlichen Ressourcen, des Artenverlustes und vor allem des Klimawandels, Energie und Material zu sparen.

Allgemein

Grundsätzlich beruhen alle verwendeten Einheiten auf dem Internationalen Einheitensystem "SI"

Sektoren - in Klimaschutzprogrammen wird die Wirtschaft oftmals in 5 Sektoren geteilt - Energiewirtschaft, Gebäude, Verkehr, Industrie und Landwirtschaft. Klimaschädliche Auswirkungen werden den jeweiligen Sektoren zugeteilt und alle diese müssen sich nachweisbar verbessern.

Say'sches Theorem - beschreibt einen Kausalzusammenhang (Ursache & Wirkung). Gängige Zusammenfassung: Jedes Angebot schafft sich seine Nachfrage selbst.

MIV - Motorisierter Individualverkehr

Schwemmfach - Aufschüttungsform von Sedimenten, tritt besonders auf, wenn ein Fluss aus einem Gebirge in die Ebene austritt. ^[2]

Intermezzo - figurativ verwendet, als vorübergehendes Geschehnis.

ISO, EN, ÖNORM - bezeichnet von den jeweiligen Instituten herausgegebenen Richtlinien, Regeln, etc.

Normen sind Leitlinien und bis zur Fest-

schreibung im Gesetz nicht verpflichtend auszuführen.

Nachhaltigkeit

SDG - Sustainable Development Goals, sind 17, von den Vereinten Nationen festgelegte Ziele, die eine nachhaltige Entwicklung vorzeigen soll.

GWP - Global Warming Potential - bezeichnet das Treibhauspotentials eines Stoffes als Maß für ihren relativen Beitrag zum Treibhauseffekt

CO₂ Äquivalente - beschreibt die Einheit des GWP. Andere Treibhausgase, wie beispielsweise Methan werden zur Vereinfachung gleichwertig zum CO₂ gerechnet.

Urban Mining - beschreibt ein Konzept, das die gebaute Umwelt als Rohstoffmine betrachtet. Im Rückbau sollen dabei die Rohstoffe in den Gebäuden gesammelt und wiederverwertet werden.

DGNB - Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - soll nachhaltiges Planen, Bauen und Nutzen von Bauwerken fördern und zertifizieren.

OI3 Index - ist als Einzahlangabe eine vereinfachte Bewertung der ökologischen Qualität anhand der Umweltindikatoren Treibhauspotenzial, Versauerungspotenzial und den Bedarf an nicht-erneuerbarer Primärenergie

EPD - Environmental Product Declaration - ist ein Dokument in dem umweltrelevante Eigenschaften eines Produktes anhand von neutralen Daten abgebildet werden. Im Idealfall wird der ganze Lebensweg des Produkts berücksichtigt. ^[3]

2 - Schwemmfächer: in: Spektrum.de - Lexikon der Geographie

3 - Was ist eine EPD? | IBU - Institut Bauen und Umwelt

Bautechnik

OIB RL - Österreichisches Institut für Bautechnik Richtlinien - dienen der Harmonisierung der bautechnischen Vorschriften in Österreich und wurde in allen Bauordnungen der Bundesländer verbindlich erklärt. Von den Richtlinien kann abgewichen werden, wenn ein gleichwertiges Schutzniveau erreicht wird. Die Richtlinien sind in 6 Grundanforderungen gegliedert: Mechanische Festigkeit und Standsicherheit; Brandschutz; Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz; Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit; Schallschutz; Energieeinsparung und Wärmeschutz. ^[4]

AAD - Animal Aided Design - beschreibt eine Konzept in der Freiraumplanung in der Bedürfnisse von Tieren in die Planung integriert.

n-Spanner - ist eine Erschließungsform, in der die Anzahl der Wohnungen je Geschoss bezeichnet ist. So werden in einem 3-Spanner 3 Wohnungen / Geschoss erschlossen. Kann auch als Mehrspanner bezeichnet werden, wenn eine unterschiedliche Anzahl an Wohnungen erschlossen wird

GK - Gebäudeklasse - Gebäude werden nach Fläche, und besonders Höhe in verschiedene Gebäudeklassen kategorisiert, um verschiedene Bestimmungen der Bauordnungen leichter zu regeln.

CNC Maschinen - Computerized Numerical Control - werden elektronisch gesteuerte Werkzeugmaschinen genannt. Dies bildet die Grundlage für automatisierte Anlagen und genaue Herstellungsverfahren.

Bauphysik

Brand

REI - Résistance (Tragfähigkeit), Etanchéité (Raumabschluss) Isolation (Wärmedämmung) beschreibt die Anforderungen an den Feuerwiderstand.

Es sind auch einzelne Anforderungen möglich (bsp. R30 oder EI 30) Die Zahl hinter der Buchstabenkombination steht für die Widerstandsdauer gegenüber dem Brandfall. Es müssen alle Bedingungen für eine Zertifizierung gewährleistet sein.

Veraltet wurde auch die Bezeichnung F - Feuerwiderstandsklasse bezeichnet - teilweise in Kombination mit feuerhemmend (F30) bis höchstfeuerbeständig (F180). Diese Bezeichnungen wurden von der genaueren Bezeichnung REI abgelöst, werden aber in alten Gesetzestexten o.ä. teilweise noch verwendet.

Brandbeitrag A1, A2, B, C, D, E beschreibt den Beitrag eines Stoffes zum Brand von kein, bzw. vernachlässigbarer Beitrag zum Brand (A1, A2) bis zu hinnehmbares Brandverhalten (E). Mineralischer Werkstoffe sind grundsätzlich in der Kategorie A, Holzwerkstoffe abhängig von der Kategorisierung B (Harthölzer) bzw. D (Weichhölzer und Holzprodukte)

Äquivalent zum Brandbeitrag, werden in der Schweiz und im Liechtenstein die Baustoffe in Brandverhaltensgruppen RF - réaction au feu (Brandverhalten) 1 - 4 eingeteilt. RF1 beschreibt kein Brandbeitrag, wie Beton, Glas, Gips; RF2 geringer Beitrag, wie Hartholz, brandschutzbehandelte Stoffe, sowie RF3 zulässiger Brandbeitrag, wie die meisten anderen Holzarten

Licht

Tageslichtquotient DF - beschreibt das Verhältnis zwischen der Beleuchtungsstärke im Raum und im Freien bei bedecktem Himmel.

Feuchteschutz

Sd-Wert - ist die Kurzbezeichnung für die Kenngröße, welche die Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke angibt - also die Dicke der vergleichbaren Luftschicht, die der Wasserdampf durchwandern muss, um auf der anderen Seite anzukommen. Typische sd-Werte sind > 1500 bei Dampfsperren, 10 bei Gipskartonplatten, 50 bei OSB Platten.

Konvektion beschreibt im Feuchteschutz den Transport von Feuchtigkeit in das Bauteil durch durchströmende, wärmere Luft.

Schall

R_w - bezeichnet den Schalldämmwert eines Bauteils

$R_w(C, C_{tr})$ - bezeichnet die Anpassungswerte an jeweilige Spektren. Anpassungswert C berücksichtigt Wohnaktivitäten, Kinderspielen, Schienenverkehr, Autobahnverkehr, etc. C_{tr} - Spektrum berücksichtigt städtischen Straßenverkehr, tieffrequente und mittelfrequente Lärm, Diskomusik, etc. ^[5]

$D_{nt,w}$ - bezeichnet das Mindestschalldämmmaß zwischen zwei Räumen

Produkte

Holz

CLT - BSP - Cross-Laminated-Timber oder Brettsperrholz - ist eine in Kreuzlagen aus Holzlamellen verklebte Platte und optimiert dadurch die Eigenschaften des Holzes

OSB - Oriented Strand Board - ist eine Platte aus gerichteten, miteinander verklebten Spänen

MDF - Mitteldichte (Holz)Faserplatte - besteht aus fein zerfasertem Nadelholz, das mit Leim zu einer Platte verklebt wird

HDF - Hochdichte Faserplatte - werden analog der MDF Platte hergestellt, aber zusätzlich unter Druck und Hitze verpresst.

Kerven - bezeichnen eine Auskerbung in Platten oder Sparren zur kraftschlüssigen Verbindung mit anderen Hölzern, oder auch Aufbeton

Sonstige Materialien

RC-Beton - Recycling Beton - in diesem wird die Gesteinskörnung Kies durch gebrochenen, aufbereiteten Bauschutt teilweise oder ganz ersetzt.

EPDM - Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk - ist ein Synthesekautschuk, welcher zu Abdichtungszwecken in Bahnen oder fertig konfektioniert aufgebracht wird.

HFX Edelstahl - Hochflexibler Edelstahl - beschreibt eine herstellereigenspezifische Art von Edelstahllegierung. Diese soll im Vergleich zu anderen Edelstählen flexibler und dadurch leichter verarbeitbar sein.

Inhaltsverzeichnis

Klima in Bewegung	3
Rolle der Bauwirtschaft	6
Aufgabe	11
Bau in Vorarlberg	11
Kriterien für den Bau	11
Kriterien für die Mobilität	12
Technische Grundsätze	13
Freiflächen	14
Soziale Gesichtspunkte	15
Bauplatz „Im Studacker 12“	19
Grundvoraussetzungen in Sulz	19
Städtebauliche Situation	21
Struktur	23
Verdichteter Wohnbau	35
Städtebauliche Entwicklungen	35
Rechtliche Vorgaben	38
Anforderungen an Struktur, Zonierungen und Flexibilität	40
Vorarlberger Wohnbaulandschaft	45
Aktuelle Situation	45
Holzbauland	47
Steildach oder Flachdach	49
Neue Vorarlberger Bauschule	51
Referenzen	55
Strohballenhaus	55
Wohnen 500	61
Qulumbus	67
Entwurf	73
Volumenstudie	74
Lageplan und Freiraum	79
Erdgeschoss	85
1. Obergeschoss	87
2. Obergeschoss	89
Schnitte	91
Ansichten	97

Konstruktion und Nachhaltigkeit	107
Recyclingkreisläufe	107
Verwertungskreisläufe	108
Stoffströme	110
Bauplatzeigene Rohstoffe	115
Deckenkonstruktionen im mehrgeschossigen Wohnbau	118
Wandkonstruktionen im mehrgeschossigen Wohnbau	121
Außenwandkonstruktionen	121
Innenwandkonstruktionen	122
Holzverbindungen	123
Technische Aspekte	129
Tragwerk	129
Schallschutz	131
Lichteinfall	135
Sommerlicher Wärmeschutz	137
Elemente	141
Deckenelemente	141
Wandelemente	146
Schachtelemente	148
Baurechtliche Vorgaben und Zielwerte	149
Regionalität - Hersteller und Entfernungen	153
Details	157
Sockel	157
Sockel Eingangsbereich	159
Balkon - Fensteranschluss	161
Anschluss Außenwand - Balken - Stützen	163
Anschluss Außenwand - Dach - First	165
Anschluss Außenwand - Dach - Traufe	167
Wohnungstrennwand - Stiegenhaus	169
Oberflächen	172
Kreislaufpotenzial der Konstruktionen	173
Conclusio	177
Literaturverzeichnis	181
Anhang	193
Anhang A - Digitale Bodenkarte	193
Anhang B - Thesim3D Berichte	195
Anhang C - Baubook Bauteilberechnungen	205

Klimawandel, Ressourcen und deren Herausforderungen sind aktuell besonders intensiv diskutierte Themen.

Im folgenden Kapitel wird eine Einführung in den aktuellen Diskurs beschrieben, sowie Grundprinzipien, sowie das persönliche Verständnis über grundlegende Themen angeführt.

Diese werden im Laufe der Diplomarbeit weiter ergänzt, vertieft, oder konkret im Entwurf umgesetzt oder angedacht.

KLIMA IN BEWEGUNG

Klima in Bewegung

In den letzten Jahren, besonders aufgrund von Greta Thunberg und der von ihr angestoßenen Bewegung „Fridays for Future“ kam deutlich mehr Bewegung in der festgefahrenen Debatte über den Klimawandel. Die Thematisierung der bereits stattfindenden Klimaänderung findet in der Gesellschaft, nicht mehr ausschließlich unter Fachleuten, sondern auch besonders unter jungen Menschen positive Resonanz.

Die Dringlichkeit dieses, bis dahin größtenteils wissenschaftlich geführten Diskurses wird mittlerweile öfter öffentlich geführt. Aktuell werden besonders politische Entscheidungen häufig kritisiert, unwirksam, zu langsam oder einfach nicht ambitioniert genug zu sein. Sämtliche Klimaziele werden, besonders von den reichsten Nationen, verfehlt. Entscheidungen und Maßnahmen werden mit Schlagworten, wie beispielsweise „Klimaneutral 2050“ verschoben. Wie der Weg dahin aussieht, wie er finanzierbar ist, und dass man am besten gestern damit begonnen hätte ihn umzusetzen, fällt zu oft unter den Tisch.

Aktuelle Prognosen reichen von optimistischen Berechnung, bei der die 1,5° Grenze eingehalten wird, bis zu weit pessimistischeren Auslegungen, die die Überschreitung der 1,5° Grenze bereits vor 2050 prognostizieren, mit deutlich höherer Erwärmung bis 2100. ^[6] Damit einhergehend, verheerende, weltweite Folgen für alles Leben auf der Erde.

Wir können als Menschen uns unserer Verantwortung nicht durch die reine Ignoranz dem Thema des Klimawandels entziehen, weder als Privatperson, noch in beruflicher Hinsicht.

Daher muss, aus Sicht des Autors, besonders auch in universitärem Umfeld jegliche Möglichkeit zum verbessern des Status quo getroffen werden, sei es in theoretischer oder praktischer Natur. Die folgende Arbeit soll ein Beitrag dazu leisten, dass ökologisch orientiertes Bauen eine weitere Verbreitung, bzw. Akzeptanz findet.

Biodiversität

Großes Problem des Klimawandels ist der Verlust der Biodiversität. Über Jahrtausende mehr oder weniger stabile Systeme wurden und werden in relativ kurzer Zeit drastischen Änderungen unterzogen. Neben dem deutlichen Rückgang vieler Lebensräume durch die Zerstörung durch den Menschen werden die Ökosysteme durch die Wetterereignisse weiter gestört. Der Regenwald erholt sich langsamer und schlechter, je stärker er beansprucht wird. ^[7] Tausende Arten, teilweise dem Menschen noch unbekannt, sterben aus. Sind diese Tierarten einzige Nahrungsgrundlage für andere Wesen, sind dadurch auch diese bedroht. Ein System, dessen Komplexität kaum zu begreifen ist, beginnt zu kippen. Dass der Mensch damit seine eigene Lebensgrundlage zerstört, wie sehr die Biosystemdienstleistungen vom Menschen genutzt werden, ist den meisten nicht klar.

Grundsätzlich müssen Eingriffe in diese Ökosysteme überlegt und schonend passieren. Ausgleichsmaßnahmen sind dem Erhalt der Strukturen per se unterlegen, sollten aber die Mindestanforderung für sämtliche Eingriffe in ökologische Strukturen darstellen.

6 - Andrew Moore: Klima zum Ende des 21. Jahrhunderts, in: National Geographic, 23.08.2021

7 - Boulton, Chris: Pronounced loss of Amazon rainforest resilience since the early 2000s, in: Nature, 07.03.2022

Raubbau

Neben den relativ direkten Auswirkungen der Klimaerwärmungen durch das Verbrennen von fossilen Energien und der Rohstoffbenutzung wird immer wieder der Raubbau und dessen Auswirkungen übersehen, bzw. völlig ignoriert. Millionen Jahre alte Rohstoffe werden in riesigen Abbaustätten der Erde entzogen, um als unverwertbares Material nach ein paar Jahren, Monaten oder gar ein paar Stunden unbrauchbar in einer Deponie zu landen oder verbrannt zu werden. Dafür werden immer noch Wälder gerodet, Menschen umgesiedelt und Lebensräume tausender Tiere zerstört, um etwa Kohle aus dem Boden zu entnehmen, um Strom zu produzieren, oder um Aluminium abzubauen, um Einwegprodukte, wie Getränkedosen produzieren zu können. Der Verantwortungsvolle Umgang mit Ressourcen muss Teil des natürlichen Verständnisses werden, um der weiteren Zerstörung Einhalt gebieten zu können.

Endliche Ressourcen

Eng verknüpft mit dem Raubbau ist das Problem der endlichen Ressourcen. Nach dem Wasser ist die meistbenutzte Ressource Sand. Je nach Schätzung werden bis zu 50 Milliarden Tonnen im Jahr abgebaut. Neben der Bauindustrie vor allem zum aufschütten künstlicher Inseln und der Landerweiterung.^[8] Meist zum Leid der weniger wohlhabenden, oder der quasi gänzlich ungeschützten Flora und Fauna.

Landgewinnungsmaßnahmen und großinfrastrukturelle Projekte, die mit dem massiven Verbrauch von Ressourcen einhergehen, müssen gestoppt werden. Die Folgen davon wären beispielsweise keine wahnwitzigen

Projekte wie die Palmeninseln in den Vereinigten Arabischen Emiraten.

Schonende Eingriffe

Die Menschheit wächst, und sie braucht, zu deren Bequemlichkeit bzw. zum Überleben Produkte und Ressourcen. Dass diese aber nicht in der üblichen Form weiter konsumiert und bedenkenlos verbraucht werden können, gilt nicht nur in der Energiewirtschaft und dem Verkehr. Sämtliche Sektoren müssen über deren Wirkung und besonders der Verminderung aller Auswirkungen verpflichtet werden. Schonende Eingriffe in Landschaft, Systeme und besonders schonender Ressourcengebrauch ist aktueller denn je. Nicht erst 2100 oder 2050. Die sofortige Umsetzung nachhaltiger Strategien muss gewährleistet sein, um 2100 oder auch schon 2050 ein fortbestehen der aktuellen Flora, Fauna, aber auch der Menschheit gewährleisten zu können.

Technokratie

Ein Umdenken von einer aktuell gelebten Technokratie zur Low-Impact-Gesellschaft wäre wünschenswert. Konventionellen Verkehr durch Elektroautos zu ersetzen, löst ein Problem von vielen, kann aber nicht die Antwort auf die Mobilitätswende sein. Den austrocknenden Neusiedlersee durch einen Kanal von der Donau vor der Trockenheit zu bewahren auch nicht. Die Auswirkungen eines Kanals und damit der Wasserableitung der Donau kann für das aktuell noch größtenteils funktionierende Ökosystem in Zukunft einen großen negativen Einfluss haben.

Genauso zeigt es sich in Ostdeutschland beim Fluten der Kohlerestlöcher. Die viel zu

großen Restseen können aufgrund der erhöhten Verdunstungsrate den Wasserspiegel nicht halten. Der Zufluss durch die Spree reicht nicht. Als Lösung wird ein Kanal von einem 80 km entfernten Fluss angedacht. Dass diese Flüsse aber die Trinkwasserversorgung Berlins und Hamburgs sicherstellen und in Zukunft besonders durch den Klimawandel noch weniger Wasser führen werden ist bekannt, die Flutung der Seen ist aber bereits bewilligt und wird unentwegt weitergeführt.

Genauso verhält es sich mit der aktuellen Tendenz zu Klimaanlageanlagen. Weil es aufgrund des Klimawandels zu immer heißeren Sommern kommt, werden mehr Klimaanlageanlagen gebaut und betrieben, was neben dem Raubbau von Ressourcen auch einen enormen Energieaufwand bedeutet, welcher zu Spitzenzeiten dann wieder aus Gaskraftwerken „gewonnen“ wird.

Langfristige Lösungen in der Klimapolitik funktionieren besonders durch die Reduzierung des eigenen Verbrauchs, nicht nur in einzelnen Sektoren, sondern möglichst umfassend. So soll nicht der Bau eines Passivhauses den jährlichen Langstreckenflug oder den exzessiven technologischen Konsum ausgleichen oder argumentierbar machen.

CO₂ - Zertifikate und der Handel

Die Zertifizierung und auch Quantifizierung von ökologischen Auswirkungen zur Begrenzung der Schadstoffe und des Materialverbrauchs ist grundlegend ein Werkzeug, welches helfen könnte, den Verbrauch von Rohstoffen zu reduzieren, das Emittieren von Kohlendioxid bzw. Kohlendioxid-Äquivalenten Geld kostet. Die Entwicklung des Zertifikatehandels als Möglichkeit reicher

Industriestaaten ärmeren Staaten Zertifikate abzukaufen, um mehr emittieren zu können, scheint als eine Farce. So werden Zertifikate jährlich an Unternehmen verteilt, um deren Ausstoß quantifizieren. Bei Verbrauch eigener Zertifikate, und damit eigentlich der Erschöpfung des eigenen Ausstoßlimits werden Zertifikate an der Börse zugekauft. Diese Zertifikate stammen meist aus anderen, ärmeren Ländern, oder beispielsweise auch aus Ländern mit effizienterer oder CO₂ ärmerer Energieerzeugung.^[9] Wer den Handel mit den Zertifikaten kontrolliert, woher diese stammen, oder ob diese nicht bereits verbraucht wurden, ist schwierig zu beantworten.

Carbon - Offset

Ähnlich zum Zertifikatshandel funktioniert der Offset, also das Kompensieren von CO₂. Der sehr vereinfacht dargestellte Grundgedanke dahinter: Stöße man eine Tonne CO₂ aus, pflanze aber im Gegenzug einen Baum, welcher diese Tonne CO₂ wieder bindet, hat der CO₂ Ausstoß keine negativen Folgen. In der Realität werden teilweise Projekte, welche auch ohne die Finanzierung durch das Offset umgesetzt werden, als Offset gerechnet. So werden ohnehin notwendige Investitionen als CO₂ verringernd angesehen und beispielsweise die Produktion von Textilien und deren Verschiffung als CO₂ neutral bebworben.^[10]

Ebenfalls fragwürdig ist dabei die Zertifizierung und Berechnung von Holz. Werden Wälder gepflanzt, werden Offset-Zertifikate frei und verkauft. Bei Verwendung von Produkten im Bau, wird aber die CO₂ Speicherung des Holzes ebenfalls in den ökologischen Bereichen gewertet. In der

9 - EU-Emissionshandel: Treibhausgasemissionen mindern: in: WWF Deutschland, 23.11.2022

10 - Carbon Offsetting: Ablasshandel oder nützliches Tool? in: Umweltdialog.de, 23.06.2021

thermischen Verwertung wird am Ende des Lebenszyklus ebenfalls wieder damit argumentiert, dass der Baum nur das emittiert, was er einst gespeichert hat. So können aus 1 Tonne real gespeichertem Kohlendioxid 3 Tonnen werden, inklusive Marketingvermögen und damit des Anreizes, mehr davon zu konsumieren.

Grundsätzlich sind die Grundgedanken der Kontrolle und des Bepreisens von CO₂ verständlich, und auch richtig. Dass aber die Kontrolle verbessert und besonders der Handel damit unterbunden werden muss, steht dabei aus Autorensicht nicht zur Debatte. Genauso verhält es sich mit dem Carbon - Offset. Prinzipiell richtig, im aktuellen Ausmaß aber kontraproduktiv.

Rolle der Bauwirtschaft

Als angehender Architekt darf natürlich die Rolle der Bauindustrie nicht vergessen werden oder die Verantwortung beiseite schieben. Riesige Materialströme, Energieströme und dementsprechend große Abfallströme entspringen der Bauindustrie, oder dem Gebäudesektor allgemein. Energieintensiver Beton wird als Füllmaterial eingesetzt, beispielsweise bei Leerräumen unter Stiegen eingesetzt, weil es einfacher, wirtschaftlicher, oder wie im aktuellen Fall beides ist. Die Verwendung industriell hochprozessierter Produkte zum Erreichen von Gebäudestandards stellt die Gesellschaft nicht nur in Betrachtung der Lebenszykluskosten und CO₂-Ausstoß vor große Herausforderungen.

3 Säulen der Nachhaltigkeit

Der Begriff der Nachhaltigkeit, wenn auch meist als ökologische Nachhaltigkeit verwendet, beinhaltet aber auch die Säulen der

ökonomischen und auch sozialen Nachhaltigkeit. Es werden Bauten als nachhaltig ausgezeichnet, die in konventionellen Bauweisen gebaut werden, da sie in einer speziellen Form als sozial nachhaltig gelten. Dies kann in Form von Wohnformen, wie Generationenwohnen oder der Integration von Flüchtlingen, zuschaltbar genutzten Räumen, oder auch einfach über Quartierskonzepte zur Kinderbetreuung der Fall sein.

Unter der ökonomischen Nachhaltigkeit werden langfristig günstigere Konzepte verstanden, auch wenn diese in der Erstbetrachtung als teurer erscheinen, sei es durch den günstigeren Betrieb, wie beispielsweise bei Passivhäusern, oder auch durch günstige Rückbaukonzepte, durch Weiternutzungsszenarien für Bauteile. Leider ist letzteres selten der Fall, da Nutzungen für Bauteile, oder Rückbaukosten für die ferne Zukunft von mindestens 30-50 Jahren nur schwer, bzw. nicht kalkuliert werden können.

Am meisten mit dem Begriff der Nachhaltigkeit wird die ökologische Nachhaltigkeit verknüpft. Durch die sehr inflationäre Benutzung eines, zumindest noch nicht geschützten Begriffes und des teilweise sehr schwierigen Nachweises einer wirklichen Nachhaltigkeit, müssen politische Systeme genauere Regeln schaffen, was zur Nachhaltigkeit zählt, bzw. wie dies geprüft wird und wie damit geworben wird.

Nachhaltigkeit im Bau

Welche Rolle die Nachhaltigkeit in der Bauwirtschaft spielt, wird immer deutlicher. Zertifizierungssysteme und Produktdeklarationen gewinnen an Popularität, aber auch die verpflichtende Erstellung von Energieausweisen bei Wohnungen zeigt die

gewachsene Sensibilisierung von politischen Entscheidungsträgern.

„Das nachhaltigste Gebäude, ist das, das nicht gebaut wird“ [sehwa Architektur 2022] ^[11]

Im höchsten Sinne der Nachhaltigkeit, dürfte nicht mehr neu gebaut werden. Gebäudestrukturen, die bereits vorhanden sind müssten umgenutzt werden, saniert, oder einfach verkleinert. In Sulz sind viele alte, einst für Großfamilien gebaute Häuser nicht bewohnt, oder von Einzelpersonen bewohnt. Solange die nächste Generation nicht das Gesamtgebäude sanieren, oder an seine Bedürfnisse anpassen kann, ist der finanzielle, aber auch der persönliche Aufwand zu hoch. ^[12]

Nachhaltigkeit im Bau

Aktuell ist die Bauwirtschaft nur sehr punktuell ökologisch „nachhaltig“. Vereinzelt werden die ersten kreislauffähigen Gebäude vorgestellt. Urban-Mining-Konzepte beginnen sich im Diskurs zu häufen und von Investoren werden zertifiziert nachhaltige Gebäude zur Portfoliodiversifikation gefordert, in Zukunft vorrangig, um der europäischen Taxonomie Rechnung zu tragen. Der nachhaltige Bau ist gefordert und wird auch gerne propagiert. In der Realität sind dies jedoch meist Konzepte, die sich erst beim Rückbau in mehreren Jahrzehnten sich bewahrheiten können, oder sich im Bau noch nicht wie geplant umsetzen lassen.

Pilotprojekte müssen aber gebaut werden, als Referenzprojekte, auch wenn selbst nicht perfekt, können sie grundsätzlich funktionierende Systeme beweisen, sowie öffentliche Resonanz anregen.

Zertifizierungen

Um nicht nur den Verantwortlichen oder dem Marketing zur Nachhaltigkeit am Bau glauben schenken zu müssen, wurden diverse Zertifizierungssysteme angelegt. Der DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) oder der Klimaaktiv-Gebäudestandard sind bei uns die Bekanntesten davon. Die Zertifizierung soll durch die Verwendung von bezifferbaren Parametern, unter anderem der ökologischen Kennzahlen dem OI3 Index, also Global-Warming-Potential, nicht erneuerbare Primärenergiegehalte, und Versauerungspotenzial. Weitere Parameter für die Zertifizierungssysteme sind unter anderem neben der ökologischen Qualität auch die ökonomische Qualität, soziokulturelle und funktionale Qualität auch die technische -, Prozess - und Standortqualität. ^[13]

Neben den Zertifizierungen von Neubauten können auch nur Innenräume, oder auch ganze Quartiere zertifiziert werden. Mit diversen Vorzertifikaten wird geworben, selbst wenn das Bauwerk nur mit Bronze zertifiziert wird, zu dessen Erreichung aber nur 35% der Kriterien erfüllt werden müssen. ^[14] So kann es sein, dass auf Grund einer guten Prozessqualität, sowie einer ökonomischen Qualität ein Gebäude als nachhaltig zertifiziert wird, obwohl dieses in konventioneller Bauweise, ohne Rücksicht auf ökologische Komponenten und damit klimaschädlich erbaut wurde. Dem Endverbraucher wird jedoch eine „Klimazertifizierung“ suggeriert.

Die Zertifizierung einer öffentlich anerkannten Organisation, im Falle Deutschlands, und des Klimaschutzministeriums in Öster-

11 - Das nachhaltigste Gebäude ist das, das nicht gebaut wird - sehwa architektur: in: sehwa architektur.d 11.08.2022

12 - Lokalausweis Sulz

7 13 - Kriterienübersicht Gebäude Neubau | DGNB System: in: DGNB GmbH

14 - Das Zertifizierungssystem | DGNB System in: DGNB GmbH

reich muss in ökologischer Sicht strenger, oder zumindest deutlich transparenter werden. Vorzertifikate oder Planungszertifikate zu vergeben, damit Immobilienentwickler Werbung betreiben können, kann nicht im Sinne der Erfindung der Zertifizierungsstelle bzw. eines Klimaschutzministeriums sein.

Interessensvertretungen

Verständlicherweise versuchen Interessensvertretungen oder Lobbies durch Meinungsbildungen oder Aufklärungen eigene positive Aspekte der Produkte hervorzuheben und negative Auswirkungen möglichst effektiv in den Hintergrund zu rücken.

In der Baulobby sind besonders große, namhafte Firmen stark vertreten, besonders in der Betonindustrie. Im Vergleich dazu wirkt die Holzbaulobby, selbst im Holzbauland Österreich, winzig. Durch die Zurückhaltung oder „Schönung“ eigentlich negativer Berichte, wie beispielsweise des Abfallmonitoring Berichts ^[15] werden Massen, welche prinzipiell komplett deponiert werden, als zu 50 % recycelt ausgewiesen. Durch fehlende Qualitätsprinzipien werden beispielsweise Gipskartonplatten (in Deutschland), die recycelt werden, als Füllbaustoff für Kohle- restlöcher oder im Bergbau, sowie auch für den Deponiebau verwendet. Die Verwendung als Füllmaterial ausgehobener Löcher kann nicht im Sinne eines Recyclings sein. Deponierung wäre in diesem Fall der deutlich passendere Begriff.

Aber auch die Holzlobby wird besonders in Österreich zunehmend stärker. Unter anderem die Eintragung des negativen GWP (Global-Warming-Potentials) befürwortet eine massereiche Verwendung von Holzprodukten. Je mehr Holz verbraucht wird, desto

niedriger sind die endgültigen Umweltauswirkungen. Zumindest auf dem Papier. Ressourcenschonende Bauweisen, wie Rippendecken schneiden so in der Endbewertung schlechter ab als Vollholzdecken.

Kreislaufwirtschaft

Die Kreislaufwirtschaft und die Notwendigkeit zur Änderung der Wirtschaftsform wurde auch in einem Aktionsplan im Jahr 2020 von der Europäischen Kommission beschlossen. ^[16] Dabei sind neben nachhaltiger Produktnormen, welche das leichtere Reparieren und im Anschluss die Wiederverwendung der Bauteile sicherstellen sollen, auch die Positionsstärkung der Endverbraucher mit beschlossen. Zudem wurde die Konzentration auf ressourcenintensive Branchen festgelegt und eine Abfallvermeidungsstrategie festgelegt. Die Umsetzung dieser Strategien steht noch am Anfang und muss sich erst Marktwirtschaftlich durchsetzen. Ein rechtliches Durchsetzen dieser Strategien ist aber unumgänglich, um der geschlossenen Kreislaufwirtschaft zumindest näher zu kommen.

Bedeutung für die Arbeit

Die angesprochenen, aktuellen Themen, und der daraus resultierende Anspruch an die Gesellschaft sollen nicht nur kritisiert werden, sondern in der Arbeit einen Praxisbezug finden.

Als Architekt:innen planen wir die Zukunft für Menschen. Damit die Zukunft in den nächsten Jahrzehnten und Jahrhunderten noch erträglich lebbar ist, müssen sich Planende auf die ökologischen Themen einlassen. Ein stumpfes Weitermachen wie bisher ist in der ausführenden Branche zwar üblich, aber kurzsichtig.

15 - Mineralische Bauabfälle Monitoring 2018: in: Kreislaufwirtschaft Bau c/o Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V., 01.2021
16 - Änderung unserer Produktions- und Verbrauchsmuster in: Europäische Kommission, 10.03.2020

2

Im folgenden Kapitel wird die Grundvoraussetzung für den Entwurf definiert.

Neben dem Grundstück werden fünf Kriterien, bzw. Grundsätze definiert, an denen sich die weitere Arbeit orientiert.

Diese Grundsätze gliedern sich in folgende Kategorien:

- Kriterien für den Bau

- Kriterien für die Mobilität

- Technische Grundsätze

- Freiflächen

- Soziale Gesichtspunkte

Die Ausführung dieser Kriterien dient besonders zur Entscheidungsfindung, bzw. definiert ein Grundkonzept, auf welches sich der Entwurf stützt.

AUFGABE

Aufgabe

Bau in Vorarlberg

Auf einem leer stehenden, etwas über 2.500 m² großem Grundstück, in bester Bau- lage, im Studacker 12, angrenzend an das Kerngebiet in Sulz, in Vorarlberg soll als Gegenbeispiel zu den aktuell entstehenden mehrgeschossigen, hauptsächlich aus Stahl- beton bestehenden Wohnbauten ein ökolo- gisch und sozial nachhaltiges Wohngebäude entstehen.

Durch die Nachverdichtung der örtlichen Struktur, welche in Sulz ständigem Wachs- tum unterliegt, soll die Zersiedelung den Randzonen der Gemeinde unterbunden werden, sowie den Erhalt des öffentlichen Lebens und des öffentlichen Verkehrs stär- ken.

Neben der Komponente der Verdichtung spielt besonders die ökologische Betrach- tung des Gesamtgebäudes eine tragende Rolle. So soll das Gebäude mit geringerem Materialverbrauch als üblich aus einer lang- lebigen und auch einfach instandzuhalten- den, und im Falle des Rückbaus, einfach zu trennenden Bauweise hergestellt werden.

Die Arbeit soll eine Holz-Stroh-Lehm Bau- weise, mit dem Fokus auf schraubenarmes Bauen, mit modernen Holzverbindungen propagieren. Ebenfalls wichtig ist der Bezug der Materialien aus regionaler Herstellung. So soll das Holz, aber auch das Stroh aus den angrenzenden Gemeinden bezogen werden, im Falle des Lehmbaustoffes vom eigenen Bauplatz. Zur Herstellung der Fun- damentplatte ist Stahlbeton aktuell annä- hernd unumgänglich. Hier sollen zumindest Fertigteile verwendet werden, die im Ab- bruchfall weiter verwendet werden könnten.

Kriterien für den Bau

Reparierbar > Rezyklierbar

Das Bauvorhaben soll in erster Linie lang- lebig und aus diesen Zweck einfach re- parierbar sein. Oberflächen und verbaute Materialien mit möglichst hoher, bleibender Qualität werden priorisiert. Die Ausführung verschleißarmer Teile ist zu begünstigen. Sämtliche Einbauten sollen zerstörungsfrei wartbar, und auch austauschbar sein.

Verbaute Materialien müssen soweit irgend möglich, vollständig rezyklierbar sein, mit dem höchsten Qualitätserhalt. Können be- reits rezyklierte Materialien in realistischem Ausmaß verwendet werden, sind diese bevorzugt einzusetzen. Dies bedeutet vor allem der Verzicht auf verklebte Materialien, hochtechnologische Produkte oder komple- xe, schwer lösbare Verbindungen.

Struktur und Materialität

Die gebaute Struktur soll einfach umbaubar und am Ende der Reparaturzyklen einfach rückbaubar sein. Somit soll eine einfache Gliederung des Gebäudes gewählt werden, welche auch alternative Grundrisse oder sogar Nutzungen zulassen. Geschosshöhen sollen über den Mindestanforderungen liegen, um zumindest teilweise alternative Konzepte in den Räumen zuzulassen.

Aufgrund der aktuellen Energiekrise liegt ein Schwerpunkt des Entwurfes auf Mate- rialien und Fügungen mit einem möglichst geringen Energieinhalt und einer effizienten Verwendung von Rohstoffen. CO₂ Potenzia- le sind ebenfalls von Bedeutung. Massivholz ist aber mit einer schlechteren Performance zu werten wie Rippendecken oder anderen materialsparende Systeme.

Wohnliche Qualität

Um eine soziale Nachhaltigkeit schaffen zu können und einen möglichst langen Verwendungszyklus zu erreichen, sollen die Innenraumqualitäten einen hohen Standard vorweisen. Neben Holzoberflächen sollen auch Lehmwände der Raumluftqualität positiv zutragen. Durch die natürliche Alterung und Patina, besonders bei den Holzoberflächen soll der Werterhalt lange gewährleistet sein.

Vorfertigung

Um eine effiziente Arbeitsweise und hohe Qualitätsgrade zu erhalten werden Bauteile im Werk vorgefertigt und als Elemente auf die Baustelle geliefert und zusammgebaut. Der Rückbau sollte in der selben Weise erfolgen können, um diese vorgefertigten Teile in alternativen Bauwerken einsetzen zu können. Neben der höheren Ausführungsqualität sollen so auch genauere Überprüfungen der eingesetzten Materialien und der Einhaltung von spezifischen Details, und damit der Verbesserung der Materialdatenbank im Sinne des Urban Mining Konzepts ermöglicht werden.

Ausführung

Neben der Ausführungsqualität spricht auch der sehr kurze Transport für die Ausführung mit lokalen Firmen. So sollen Ansprechpartner und auch deren verarbeitetes Material nahe am Bauplatz situiert sein.

Im Falle von Lehm werden Baustoffe vom Bauplatz entnommen, bei Holzprodukten ist eine Auswahl von verarbeitenden Firmen mit eigenem Wald, bzw. die Entnahme aus lokalen Wäldern Voraussetzung. Neben den offensichtlichen Vorteilen ist die Auswahl

von lokalen Partnern auch für die Stärkung der Region von Vorteil. Die Investition in lokale und damit größtenteils kleine und mittelständische Betriebe bringt der Region Arbeitsplätze und somit auch Wohlstand.

Kriterien für die Mobilität

Frei nach dem Say'schem Theorem schafft das Angebot die Nachfrage.^[17] In der Mobilität bedeutet dies: Bereitstellung von Parkplätzen und die Erhöhung der Geschwindigkeit von Straßen erhöht den Einzugskreis des motorisierten individual Verkehrs und erhöht damit das Verkehrsaufkommen. Werden Entlastungsstrecken gebaut, sind nach wenigen Jahren nicht nur die Entlastungsstrecke überlastet, sondern auch die ursprüngliche Strecke ist einem höherem Verkehrsaufkommen ausgesetzt. Dies ist nicht nur bei der A23, Landstraßer Hauptstraße und S1 der Fall, sondern auch in diversen anderen Entlastungsstrecken.^[18]

Die Mobilitätswende und die eng damit verknüpften Klimaziele in der Mobilitätsbranche können nur erreicht werden, wenn der öffentliche Verkehr, aber auch die Fahrradinfrastruktur stark ausgebaut wird.^[19] Werden gute Möglichkeiten für öffentlichen Verkehr gestellt, fahren viele Menschen öffentlich. Sinngemäß genauso mit Fahrrädern, natürlich in Abhängigkeit von Entfernungen.

Der Entwurf soll den künftigen Anforderungen alternativer Mobilitätsformen Platz geben und fördern. Dies bedeutet neben großzügiger Fahrradabstellplätze innen wie außen, auch Möglichkeiten für Lastenräder und Ladestationen für E-Bikes.

17 - Saysches Theorem: in Wikipedia.org

18 - Dettner, Markus: Nachhaltigkeit von Entlastungswirkungen durch hochrangigen Straßenbau, Bachelorarbeit, TU Wien, 2019

19 - VCÖ - Mobilität mit Zukunft: VCÖ-Factsheet: Klimaziele nur mit mehr aktiver Mobilität erreichbar, in: vcoe.at, 07.2019

Rolle des Wohnbaus

80 % aller Wege beginnen und Enden im Wohnbau. ^[20] Schlechte, bzw. mit Hürden verbundene Fahrradräume erhöhen die Schwelle zur Benutzung von Fahrrädern. Aktuell werden viele Wohnbauten mit angedockter Tiefgarage gebaut. Durch die gewonnene Bequemlichkeit der Nutzung des Autos quasi direkt an der Wohnungstür (einzig durch den Lift getrennt) kann kein alternatives Verkehrsmittel ähnlich attraktiv bereitgestellt werden.

Die öffentlichen Belastungen für die Gemeinden durch Finanzierungen von Straßenbauprojekten und der deutlichen Klimarelevanz des Mobilitätssektors ist der Anschluss von Tiefgaragen an Wohnbauten auch unter sozialen Gesichtspunkten verbesserungswürdig. Daher soll im aktuellen Entwurf keine Parkmöglichkeit für Autos in Tiefgaragen geschaffen werden.

In Vorarlberg ist das öffentliche Mobilitätsangebot aktuell schon relativ gut ausgebaut, wichtige Verbindungen in die Grenzregionen und pendelstarken Regionen der Schweiz und Liechtenstein werden aktuell aber noch schlecht oder zu wenig bedient.

Autoprinzip zu Menschenprinzip

Im Entwurf soll von einem autogerechten Wohnbau abgesehen werden, hin zu einem menschenbasierten Entwurf unter den zuvor genannten Gesichtspunkten. Fahrradräume und alternative Mobilitätsformen sollen besonders gefördert werden, Stellplätze für den eigenen PKW soll es nicht geben. E-Lastenräder sollen als soziales Konzept zur freien Verfügung für alle Bewohner:innen des Quartiers gestellt werden.

Zum Ausgleich des Stellplatzverlustes sollen sich mehrere Wohneinheiten ein gemeinsames E-Auto teilen, um in Ausnahmefällen mobil sein zu können. Auch wenn in Vorarlberg die Mobilität noch hauptsächlich über den motorisierten Individualverkehr funktioniert, sollen alternative Konzepte einen deutlichen Vorzug erfahren.

Technische Grundsätze

Das Gebäude soll nach dem low-tech Prinzip gestaltet werden. Können bauliche, passive Lösungen gestaltet werden, sind diese technischen, aktiven Lösungen vorzuziehen, wie beispielsweise bei Verschattungen statt Klimaanlageanlagen.

Um den ökologischen Fußabdruck in der Nutzungsphase gering zu halten, soll das Quartier möglichst energieautark, aber auch effizient gestaltet sein.

Dazu sollen alle Dachflächen mit Fotovoltaik-Anlagen ausgestattet sein, als Ergänzung der PV-Anlage zur Bereitstellung der Nutzwärme soll eine geothermische Anlage dienen, welche in Kombination bei Überschussproduktionen quartiersübergreifend andere Anrainer:innen mit günstiger Energie versorgen. Das energetische Konzept und deren genaue Ausführung wird aber nicht Teil der Ausarbeitung sein, da rechtliche Hürden und die Ausführungsthematik den Rahmen des Entwurfes sprengen würde.

Als Anreiz zum Energiesparen sollen offene, transparente Verbrauchsanzeigen dienen. Dabei werden mit Smart-Metern aktuelle Verbrauchsanzeigen mit Gewinnanzeigen durch die Fotovoltaikanlage gekoppelt. Somit soll eindeutig und einfach für jegliche Bewohner:innen ablesbar sein, wie man

besser Energie sparen kann und im Fall von Energieüberschüssen, wie hoch der aktuelle tägliche Gewinn, gerechnet auf die Nutzungseinheit ist.

Der sommerlichen Überhitzung soll vor allem durch low-tech Lösungen entgegen gewirkt werden. Dazu zählen besonders Beschattungen, Dachbegrünungen und Retentionsflächen im Planungsgebiet. Technische Lösungen wären mit der Geothermieanlage zwar machbar, zur Reduktion des Energieverbrauches aber nicht angedacht.

Freiflächen

Im Entwurf sollen Freiflächen großzügig dimensioniert und für alle zugänglich sein. Die Minimierung von Eingriffen wird auch hier eine Rolle spielen. So soll der gewachsene Boden mit wenig Gebäudegrundfläche vollständig versiegelt werden, Erdarbeiten bei der Herstellung sollen dabei genauso berücksichtigt werden, um den tiefergreifenden Eingriff in die Bodenstruktur minimieren zu können.

Versiegelungen

Alle versiegelten Flächen sollen auf eigenem Grund durch Zusatzbegrünungen zumindest kompensiert werden. Versiegelungen abseits des Gebäudes sollen aber auf das notwendigste reduziert werden. Dies kann beispielsweise bei Zugangsflächen der Fall sein. Abstellplätze für die gemeinsam genutzten Autos und Fahrradabstellanlagen für Besucher sollen auf versickerungsfähigem Grund ausgeführt werden. Asphaltierungen sind im gegenständlichen Entwurf nicht vorgesehen.

Dachflächen

Im Dachbereich sollen Fotovoltaikanlagen mit Begrünungsstrategien gekoppelt werden, um diese durch die natürliche Kühlung effizienter zu gestalten, aber auch um diversen Insekten und anderen Tieren Unterschlupfmöglichkeiten zu bieten. Die Dachflächen sollen der Retention, Kühlung und Energiegewinnung vorbehalten sein, eine aktive Nutzung der Fläche von den bewohnenden Menschen ist nicht vorgesehen.

Privatflächen

Privatflächen von Bewohner:innen befinden sich ausschließlich in deren Wohnraum und auf den anschließenden Balkonen und Terrassen. Außenliegende Grünflächen sind für gemeinschaftliche Nutzungen und Bewirtschaftungsflächen, wie beispielsweise Beeten vorbehalten. Durch diesen Eingriff sollen soziale Strukturen gefördert werden, die Gemeinschaftsbildung der Bewohner:innen zunehmen und zu einer funktionierenden Hausgemeinschaft führen.

Gestaltung

Die Gestaltung der Grünflächen soll zaunlos erfolgen. Zonierungen in öffentliche, sowie halböffentliche Flächen sollen durch Bepflanzungen stattfinden. Ebenfalls sollen die Grünflächen Retentionsmöglichkeiten und andere, abwechslungsreiche Bewuchshöhen und Bepflanzungen bieten, sowie das Quartier zonieren. Neben gemeinschaftlichen Zonen wie Kinderspielplätzen oder Anpflanzflächen sollen Rückzugsmöglichkeiten für die Tierwelt bereitgestellt werden. Der lokalen Fauna soll durch spezielle Wiesenflächen, Sukzessionsflächen, aber auch spezielle Möblierungen Unterschlupf-

möglichkeiten geboten werden.

Die Bepflanzung wird ausschließlich mit heimischen Pflanzen zur Unterstützung der Fauna durchgeführt. Die zaunfreie Gestaltung ist auch hier für die Durchwegung der Wildtiere unabdingbar.

Beleuchtung

Leuchten, besonders bei Eingangsbereichen oder Wegeführungen müssen zur Verringerung der Lichtverschmutzung als „Smarte“ Leuchten ausgeführt werden. Diese sind nachts im Regelfall ausgeschaltet, werden durch Bewegungssensoren angesteuert und erhöhen ihre Lichtstärke bei Bewegung sanft, und senken diese rasch wieder ab. Neben der aktiven Energieeinsparungsmöglichkeiten soll dies auch nachtaktiven Tieren einem störungsfreieren Lebensraum ermöglichen.

Soziale Gesichtspunkte

Den gesellschaftlichen Zusammenhalt der Bewohner:innen findet der Autor persönlich als eine wünschenswerte Entwicklung, welche durch Architektur besonders gefördert werden kann. Dazu gehören neben attraktiver Erschließungsflächen, auf denen man sich begegnen kann und verweilen will, genutzte Gemeinschaftsflächen, attraktive Freiräume und auch gemeinschaftsfördernde Aktivitäten in der gemeinsam genutzten Zone.

Gemeinschaftsflächen

Zusätzlich zur Bereitstellung von Mobilitätsflächen, sollen viele gemeinsame bzw. halböffentliche Flächen generiert werden. Dies sind neben Gemeinschaftsflächen und Kinderspielplätzen andere gemeinschaftlich genutzte Flächen im Erdgeschoss. Dazu gehören beispielsweise Flächen für Büroräume, um dem aktuellen Trend des Homeoffice und dem Abbau von fixen Büroarbeitsplätzen entgegen zu wirken. Diese sollen flexibel, nicht nur für Bewohner:innen, anmietbar sein und Menschen ohne ein zusätzliches Zimmer oder anderer Möglichkeit einen Platz zum arbeiten bieten.

Auch im Garten sollen alle Freiflächen als "Fläche für Alle" nutzbar sein. Neben der bereits erwähnten gemeinschaftlichen Hochbeete soll auch für Kinder Platz außerhalb des verpflichtenden Kleinkinderspielplatzes sein. Kinder sollen in den verschiedenen Zonierungen des Freiraums verschiedene Raumsituationen und damit auch Möglichkeiten für verschiedene Aktivitäten vorfinden.

Durch Beobachten und Entdecken von Tie-

ren und das bewusste aufmerksam-machen der Lebensräume soll Kindern ein Bewusstsein für die umgebende Flora und Fauna mitgegeben werden.

Partizipation

Ebenfalls als soziales Konzept angedacht ist die partizipative Beteiligung im Ausbau und die Ausarbeitung der Wohnungsgrundrisse innerhalb der gegebenen Parameter. Zur reinen Planungsbeteiligung soll von den Bewohner:innen, sofern gewünscht, ein Innenausbau mit selbst hergestellten, ungebrannten Lehmbausteinen, sowie das Aufbringen des Lehmputzes erfolgen.

Erhoffte Wirkung dabei ist die Identifikation mit dem eigenen Raum, eine erhöhte Achtsamkeit gegenüber des Wohnraumes und damit einer Verlängerung der Lebensdauer des Gebäudes, bzw. der einzelnen Bauteile.

Kapitel 3 diskutiert die Kennzeichen des Bauplatzes in Sulz. Dabei werden die spezifischen Gegebenheiten vor Ort erörtert, aber auch rechtliche Vorgaben konkretisiert.

Neben baurechtlichen Vorgaben werden aber auch naturräumliche Gegebenheiten diskutiert, sowie städtebauliche Grundlagen des Bauplatzes dargestellt.

BAUPLATZ IM STUDACKER 12

neue, höher verdichtete Zonen ausgewiesen. Grundsätzlich liegt dies an der, laut des Gemeindevertreters, an der ohnehin schon sehr liberalen Flächenwidmung der Gemeinde in den Vorjahren.

Der aktuell gültige Bebauungsplan stammt aus 2001, aktualisiert wurden nur neu erschlossene Teilbereiche, im Jahr 2015 bzw. 2018. Schon damals beschlossen wurden im Misch-Kerngebiet bis zu 4 Vollgeschosse, mit einer Baunutzungszahl bis zu 80. In der reinen Wohnnutzung sind aktuell maximale Baunutzungszahlen von 70 und maximal 3 Vollgeschosse erlaubt.

Die aktuelle Entwicklung sieht laut Novak eher eine Harmonisierung der Widmungspläne mit den Nachbargemeinden vor, als die Ausweitung der Kernzone oder eine weitere Erhöhung der maximalen Geschosshöhe oder Baunutzungszahl. Sulz ist ohnehin

schon sehr attraktiv zum Bauen - aktuell sind 5 Mehrwohnungsgebäude, mit mehr als zwei Wohnungen, in Einreichung oder in der Bauphase. Und trotzdem könne man für die nächsten 50 Jahre weiterbauen, ohne mehr zu widmen, sofern die gewidmeten, aber freien Baugrundstücke auf den Markt kämen. [25]

Wie aber auch sonst üblich in Österreich werden viele Baugrundstücke, wie auch aktuell am gewählten Bauplatz vorgehalten, um den Kindern den Hausbau zu ermöglichen. Sind keine finanziellen Zwänge vorhanden, kommen so gewidmete Grundstücke teilweise jahrzehntlang nicht auf den Markt. Reagiert wird auf Gemeindeebene mit der Ausweisung neuer Baugrundstücke. Durch den neuen Entwicklungsplan aber mit Bauzwang. [26]

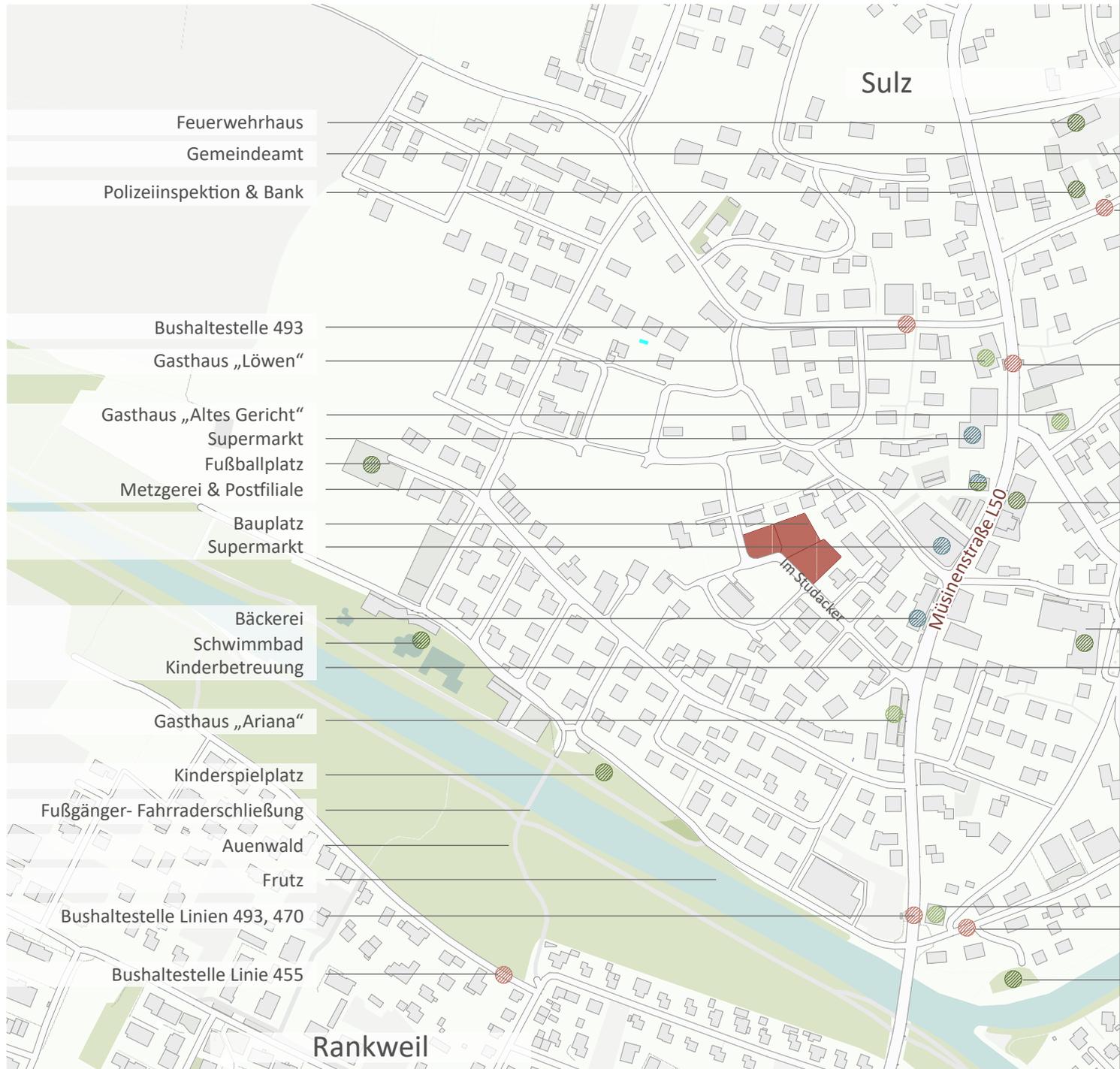
Bauplatz



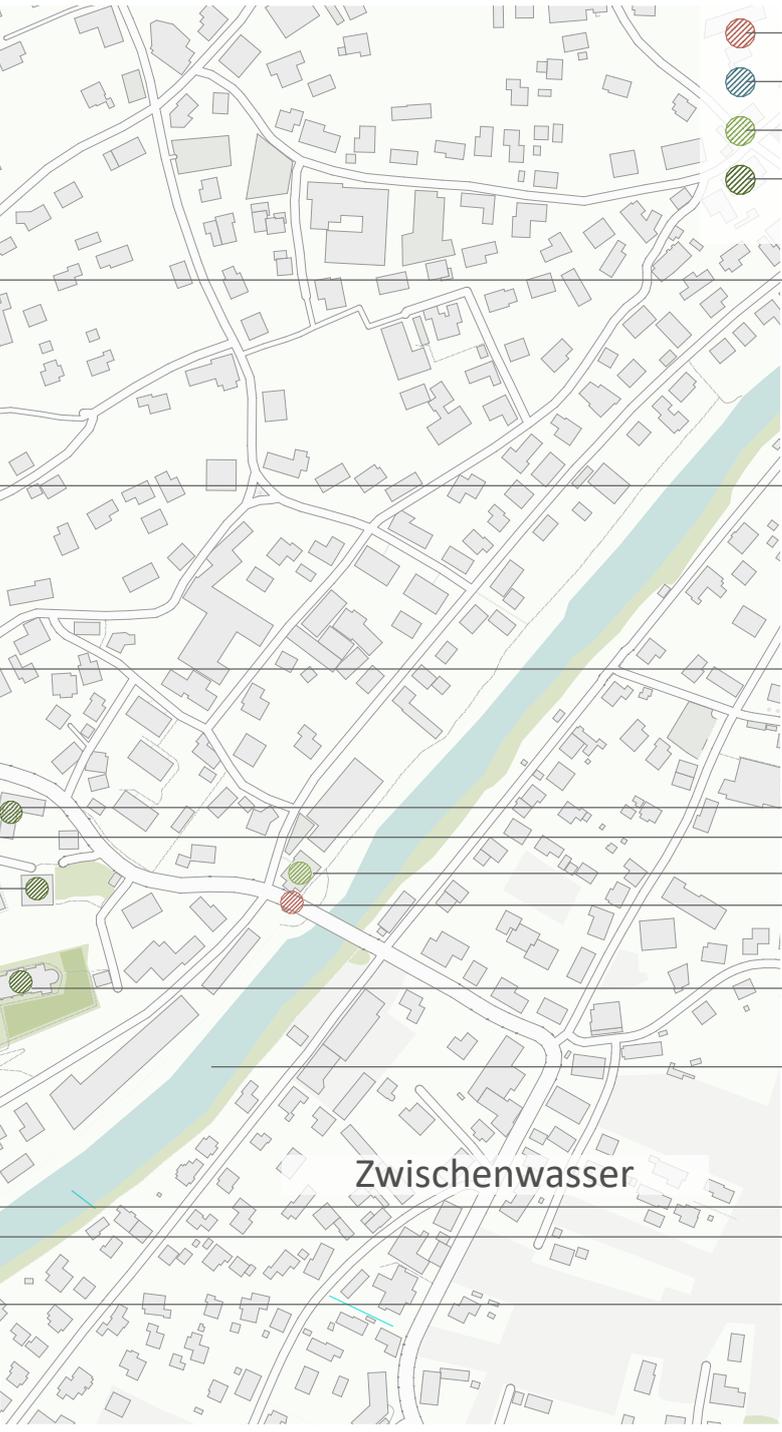
25 - Persönliche Kommunikation Rainer Novak, Gemeindevizeiter, Amtsleiter Gemeinde Sulz, am 16.11.2022
26 - ebenda

Städtebauliche Situation

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
 The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



- Haltestellen öffentlicher Verkehr
- Geschäfte und Lebensmittelläden
- Gasthäuser und Restaurants
- öffentliche Gebäude

Bushaltestelle Linien 430, 445, 470, 493, 494

Bushaltestelle Linien 430, 445, 470, 494

Bankfiliale

Kindergarten
Volksschule
Gasthaus „Trovado“
Bushaltestelle Linien 445, 494, 495

Pfarrkirche Sulz

Frödisch

Zwischenwasser

Gasthaus „Adler“
Bushaltestelle 495

Kinderspielplatz

Struktur

Verwendung

Der Bauplatz „Im Studacker 12“ erstreckt sich über 3 Grundstücke, mit den Nummern 2037, 2038 und 2039 mit einer Gesamtfläche von ca. 2.610 m². Die gesamte Baufläche wird aktuell als Auslauf und Trainingsfläche für mehrere Pferde genutzt. Eine hybride Nutzung mit der neuen Bebauung soll nicht stattfinden. Die Haltung von Nutz- oder Freizeittieren im Dorfgebiet auf gewidmetem Baugrund ist im Ermessen des Autors nach in der heutigen Zeit der Zersiedelung und Flächennutzung nicht mehr argumentierbar.

Am Bauplatz befinden sich aktuell sieben Bäume, drei davon Obstbäume in hohem Alter. Anhand des Zustandes der alten Apfelbäume kann davon ausgegangen werden, dass diese deren Höchstalter in den nächsten Jahren erreichen werden. Die weiteren vier Bäume sind relativ jung und durch

Umzäunungen von den Pferden geschützt. Die an das Grundstück angrenzende, öffentliche Straße führt an der Grundstücksgrenze drei weitere Bäume im unteren zweistelligen Alter. Aufgrund der relativ dichten Bepflanzung können wahrscheinlich nicht alle Bäume an deren Standort erhalten werden. Bei den jüngeren Bäumen sind Umpflanzungen möglich, bei den älteren Bäumen soll ein Erhalt stattfinden, das Schadloshalten der alten Bäume wird angestrebt, bezweifelt wird aber generell die mittelfristige Überlebensfähigkeit der Apfelbäume. Jedenfalls sollen Ersatzpflanzungen allfällige Umpflanzungen oder Verluste ausgleichen. Sämtliche Abschnitte oder Fällungen von Baumstrukturen am Standort sollen unbedingt in Form von Totholz als Nistplätze und Unterschlupf am Bauplatz verbleiben. Das Schließen des biotischen Kreislaufs wird dadurch gefördert.



Grundstück
M 1 : 2500



Bauplatz



Bebauung

In direkter Umgebung findet sich nördlich der 2022 abgeschlossene Neubau am Nachbargrundstück der Pferdekoppel mit zwei Wohneinheiten, sowie das aktuell im Bau befindliche mehrgeschossige Wohngebäude.

Westlich grenzt eine Reihe Einfamilienhäuser an, daran anschließend ein erst kürzlich (2015) gewidmetes, größtenteils leeres Bauland. Im Osten liegt ein aktuell leer stehendes, im nicht-fertiggestellten Umbau befindliches Mehrgenerationenhaus, sowie südöstlich ein mehrfach um- und zugebautes Mehrgenerationenhaus. Südlich des Bauplatzes befindet sich die Zufahrtsstraße „Im Studacker“, aus welcher der „Landwäibelweg“ abzweigt und auch wieder in den Studacker mündet. Zwischen diesen Straßen

„eingeschlossen“ steht ein 2019 fertiggestellter 3-geschossiger Wohnbau aus Stahlbeton.

Aktuell herrschen in Sulz noch hauptsächlich Einfamilienhäuser vor. Größere Strukturen waren bis vor relativ kurzer Zeit hauptsächlich Mehrgenerationenhäuser und Anbauten an Bestandsgebäude. In den letzten Jahren sind viele, meist dreigeschossige Wohnbauten entstanden, da die Bodenpreise, wie auch sonst in Österreich überproportional gestiegen sind.

Durch den rasanten Anstieg der Grundstückspreise wird der Bau eines Einfamilienhauses ohne Erbe kaum mehr möglich. In Sulz errichten Investoren und vor allem Bauträger Eigentumswohnungen.

Mietbarer Wohnungsbau wird besonders

von sozialen Wohnbauträgern errichtet, bzw. durch Umbauten von großen Mehr- generationswohnungen verfügbar. Die so aktuell geschaffenen Wohnbauten wurden und werden hauptsächlich in Stahlbeton ge- baut. Einfamilienhäuser entstehen großteils am Rand des Siedlungsgebietes oder bei geerbten Grundstücken.

Bodenbeschaffenheit

Der Bauplatz „Im Studacker 12“ liegt auf einem sogenannten Schwemmfach der Frutz. Diese Sedimente kennzeichnen sich durch eine kalkhaltige Lockersediment- Braunerde aus überwiegend grobem, oder feinem Schwemmmaterial. Bereits nach 20 cm Abtrag des Mutterbodens taucht schluffiger Lehm oder lehmiger Schluff auf, nach ca. 100 cm Grobsand mit geringem Groban- teil. ^[27] Grundsätzlich bedeutet dies eine gute Eignung für die Verwendung bauplatzeigener Rohstoffe, besonders der leicht zugänglichen Lehmschicht. Für Betonzuschlagsstoffe sind die Gesteinskörnungen wahrscheinlich etwas zu klein.

Das Schwemmfach bedingt neben der Ver-

fügbareit von nutzbarem Material auch für einen Bauplatz ein gutes Wasserverhält- nis. Der Bauplatz ist mäßig trocken, bietet eine geringe Speicherkraft und eine hohe Durchlässigkeit. Allerdings bedingt diese schlechte Speicherkraft ein schlechteres Pflanzenwachstum in Trockenperioden. ^[28] Um der Trockenheit entgegenzuwirken und den Erhalt der Biosystemdienstleistung zu stärken, sollten Retentionsbecken, sowie an- dere Wasserrückhaltesysteme am Bauplatz eingepflanzt werden.

Erschließung

Sulz, besonders in räumlicher Nähe der Müsinenstraße ist öffentlich gut erschlossen. Es führen gesamt 7 Linien durch Sulz, bzw. in direkter räumlicher Umgebung vorbei. Diese Linien 430 und 445 erschließen Sulz auf unterschiedlichen Strecken mit Götzis in nördlicher Richtung und Feldkirch im Süden. Die Linie 455 tangiert als Ringstrecke Sulz, auf deren Fahrt von Feldkirch nach Rankweil. Für die Pendlerverbindung ins Liechtenstein führt die Linie 470, haupt- sächlich zu Hauptverkehrszeiten. Die Linie 493, sowie 494 durchqueren Sulz auf dem Weg von Viktorsberg zum Bahnhof Sulz, bzw. von Dafins nach Muntlix. Die Linie 495 kommt von Laterns und führt nach Rankweil. Für eine ca. 2500 Einwohner - Ge- meinde ist Sulz, besonders an der L50 in der Nähe zu Rankweil überdurchschnittlich gut erschlossen.

Die nächste öffentlichen Haltestelle ist in ca. 350 Metern erreichbar, weitere Linien in ca. 450 Meter. Die Frequenztaktung je Linie ist in der Regel bei ca. 30 Minuten, die nächstgelegenen Haltestellen werden von je 4 Linien angefahren. Der Bahnhof Sulz ist

Abb.2.: Bodenzusammensetzung



27 - Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft: Digitale Bodenkarte Sulz

28 - ebenda

Bauplatz
Süd-West



in ca. 20 Minuten zu Fuß erreichbar, wird aber auch zu Stoßzeiten von einem Bus erschlossen. Zugverbindungen sind im Rheintal relativ dicht getaktet, der kleine Bahnhof Sulz-Röthis wird jedoch nur von der S1 halbstündlich angefahren.

Grundlegende Probleme im öffentlichen Nahverkehr gibt es nur Abends, bzw. Nachts oder bei Pendlern in die Schweiz. Die Verbindung in die Pendlerregionen des Liechtensteins funktionieren relativ gut, diverse Bus und Zuglinien wurden dafür in den letzten Jahren ausgebaut. Pendeln in die Schweiz, besonders in das nördliche Rheintal auf Schweizer Seite ist aktuell kaum öffentlich effizient erreichbar.

Fahrradinfrastruktur ist in Vorarlberg generell relativ gut ausgebaut, wird aber in den letzten Jahren unter anderem auch von Unternehmen gefördert. In Sulz hingegen

sind ausgewiesene Fahrradwege, besonders in den Nebenstraßen nicht bis kaum vorhanden, durch ein geringes Verkehrsaufkommen grundsätzlich aber nicht sonderlich problematisch. Im Bereich der Müsinnenstraße, als Teil der L50, welche die Vorderlandgemeinden untereinander verbindet, hingegen ist das Fehlen eines abgetrennten Fahrradweges, bzw. zumindest eines markierten Fahrradstreifens aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens deutlich problematischer. Durch die geringe Breite der Fahrspuren und der dafür verhältnismäßig hohen Geschwindigkeit (Tempo 50) ist auch das "an der Seite fahren" mit dem Fahrrad unangenehm und deutlich zu unsicher.

Positiv hingegen kann die Durchlässigkeit für den Fahrradverkehr des Auenwaldes bezeichnet werden. Dabei werden neben Abkürzungen durch das Waldgebiet auch



Bauplatz
Nord- Ost

Unterfahrungen von Hauptverkehrsachsen geschaffen, um ein rasches Vorwärtskommen zu sichern.

Motorisiert erschlossen ist Sulz perfekt. Der Bauplatz liegt in unmittelbarer Nähe zur L50, über die in ca. 3 km der Autobahnanschluss an die A14 (Rheintalautobahn) erreichbar ist. Parallel dazu ist auch die L190 zur Erschließung der nahegelegenen Einkaufs- und Industriezonen gut erreichbar.

Baurechtliche Vorgaben in Sulz

Grundsätzlich sind die rechtlichen Vorgaben in den Baugesetzen der Bundesländer geregelt. Diese sind den jeweils anderen Bundesländern gesetzlich ähnlich, in Teilstücken leicht abgewandelt. Angleichungen gab es besonders durch die erstmals in Kraft getretenen OIB-Richtlinien im Jahr 2008. Vorarlberg war dabei mit Tirol und Wien unter den ersten Bundesländern, bei denen die Angleichung der Baurechtlichen Vorgaben durchgeführt wurde.^[29] Die aktuellste Fassung, OIB-RL 2019 trat in Vorarlberg aber erst am 1. Jänner 2022 in Kraft.

Zusätzlich zur OIB und der Landesbauordnungen können die Gemeinden Bestimmungen im Bebauungsplan veröffentlichen, in denen Vorgaben zur Ortsbilderhaltung vorgeschrieben werden. Sulz ist dabei, wie auch bei den Widmungen recht progressiv und lässt beispielsweise alle Sattel-, Pult-, Walm- und Flachdächer zu.^[30]

Baurechtlich sind vom Landesgesetz besonders Abstandsflächen, Kinderspielplätze und Stellplätze für Kraftfahrzeuge und Fahrräder für die Planung interessant.

Die für die Bebauung relevante Abstandsfläche ist, vereinfacht, durch den Schatten-

punkt bzw. über den Mindestabstand von 3 Metern für Gebäude, bzw. 2 Meter für kleine Gebäude. Der Schattenpunkt wird aus dem Schnittpunkt der unbearbeiteten Geländeoberfläche mit der 45° Grad einfallenden Sonne über die Außenwand berechnet. Die Abstandsfläche muss sechs Zehntel der Tiefe des Abstands Schattenpunkt - Außenwand tief sein, und muss auf dem eigenen Baugrundstück liegen.

Bei angrenzenden Verkehrsflächen darf diese Abstandsfläche bis zur Mitte der Verkehrsfläche ragen.

Durch Abstandsnachsichten angrenzender Grundstücke kann von diesen Vorschriften abgerückt werden und dichtere Bebauungen zugelassen werden. Nicht unter die Regelungen der Mindestabstände fallen Zufahrten, Abstellplätze, sowie Einfriedungen bis 1,8 Meter über der Geländehöhe des Nachbargrundstücks.

Grundsätzlich sind die Abstandsregelungen für freistehende Gebäude sinnvoll gelöst, für Blockrandbebauungen oder zusammenhängende Quartiere müssen Alternativen bereitstehen, um den Umbau ursprünglich zusammenhängender Bauteile zu vereinfachen und damit Sanierungen zu beschleunigen.

Abstandsregelungen sind besonders für die Sicherstellung der Wohnqualität von Bestandsgebäuden wichtig. Eine Liberalisierung dieser Regelungen zur Reduktion des Flächenverbrauchs ist fragwürdig. Sinnvoller sind dabei andere Verdichtungskonzepte.

Geregelt in den Landesgesetzen werden auch Kinderspielplätze. Diese müssen nach dem Landesgesetz bei Bauten ab vier Wohnungen auf privaten Flächen in unmittelbarer Nähe zum Gebäude und in geeignetem

29 - OIB Richtlinien Inkrafttretung: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 05.2015
30 - Bebauungsplan 2001 Sulz: Gemeinde Sulz, 18.09.2003

Ausmaß errichtet werden. Bei unmittelbarer Nähe (unter 500 Metern) zum Grundstück bestehender öffentlicher Spielflächen kann die Spielplatzverpflichtung durch die Gemeinde aufgehoben werden. Dabei werden dann aber Ausgleichsabgaben für die öffentlichen Kinderspielplätze von 1.300 - 1.840 € je Wohnung erhoben. ^[31] Die Verpflichtung zur Spielplatzerrichtung sieht der Autor als grundlegend positiv, allerdings sind, wie auch bei Fahrrad- und Kinderwagenabstellplätzen genaue Größen zu definieren. „Geeignete“ Flächen auszuschreiben, ist aus Sicht des Autors viel zu schwammig definiert. Konkrete Flächenangaben als Mindestanforderungen sind sowohl für Spielplätze, als auch für Fahrradabstellräume wünschenswert, aber auch wichtig, um für Bewohner:innen geeignete Räume zu erhalten.

Regelungen für Autostellplätze werden im Vorarlberger Baugesetz festgelegt, die Anzahl der erforderlichen Stellplätze wird jedoch durch die Gemeinde definiert. In Sulz beträgt diese nach dem Bebauungsplan zwei je Wohnung. Es muss mindestens einen Einstell- und ein Abstellplatz errichtet werden. ^[32] Das eine genaue Anzahl, Größe und Beschaffenheit (geschützt und nicht geschützt) definiert wird, zeigt im Vergleich zu den anderen Verkehrsflächen die Notwendigkeit einer Überarbeitung dieser Regelungen zum Vorteil von alternativen Verkehrskonzepten.

Im Falle des folgenden Entwurfs wird die Vorgabe zur Stellplatzerrichtung aufgrund der bereits genannten Umstände zum Verkehr (Kriterien für die Mobilität S.11) zumindest teilweise ignoriert. Ausgleichend für die starke Begrenzung der Stellplätze sollen

alternative Verkehrskonzepte, besonders die Schaffung großräumiger Fahrradabstellflächen dienen. Abstellplätze für Besucher:innen sollen aber geschaffen werden, um dem, in Baugrundnähe teilweise üblichen „Aufdem-Gehsteig-Parken“ entgegen zu wirken. Sonstige Paragraphen aus dem Baugesetz sind vorrangig verfahrenstechnischer Natur und werden in dieser Arbeit nicht weiter behandelt.

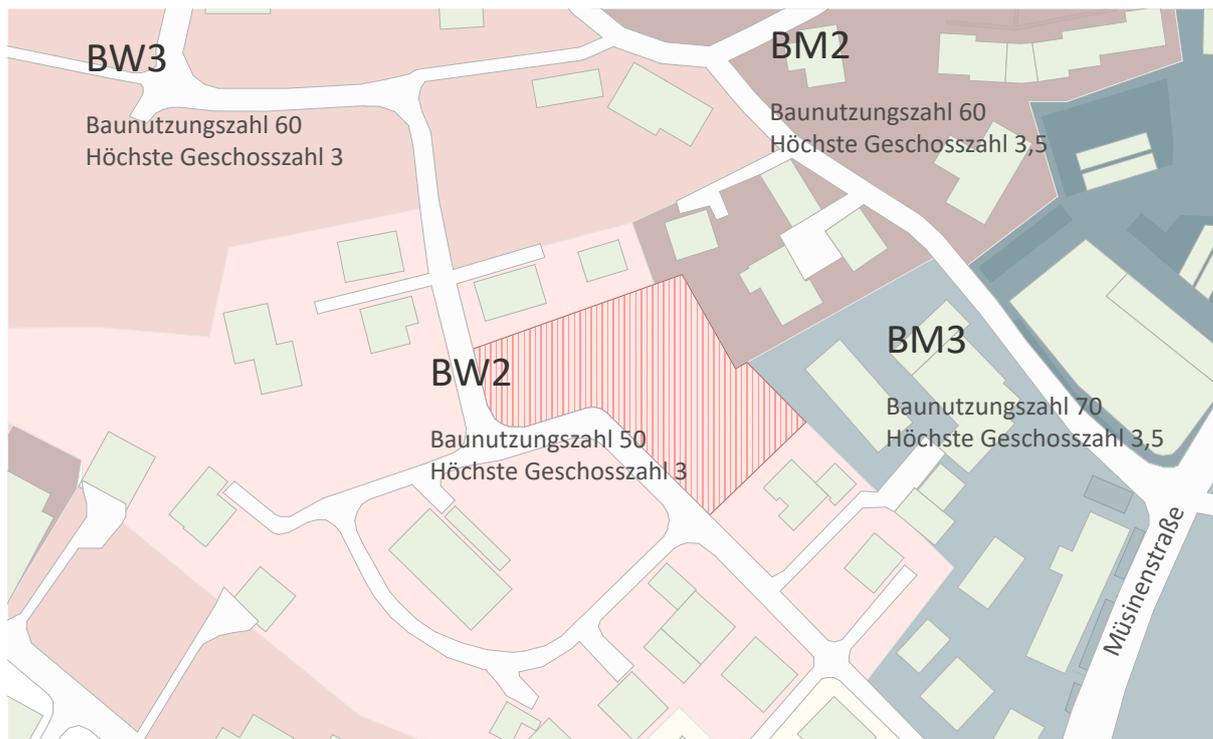
Relevant wird hingegen noch die Bautechnikverordnung. Darin werden die OIB Richtlinien beschlossen, aber auch diverse Ausnahmen dazu festgelegt.

Relevante Abweichungen für den Bau in Sulz, wären beispielsweise eine erlaubte niedrigere Raumhöhe von 2,40 m, aber auch die verminderte Anforderung an die Barrierefreiheit, die Aufzüge erst ab vier Geschossen, oder zehn Wohneinheiten vorschreiben, statt wie in der OIB RL4 ab zwei Geschossen.

Zusätzlich wird von der OIB RL6 (Energieeinsparung und Wärmeschutz) abgewichen, in der Berechnung des Referenz-Heizwärmebedarfs. Strengere Richtlinien gelten dabei an Anforderungen für wärmeübertragende Bauteile, beispielsweise bei Wänden gegen Außenluft (0,30 statt 0,35 W/m²K). Bei Wänden zwischen Wohneinheiten ist die Anforderung deutlich höher (0,9 statt 1,3 W/m²K). Bei Innentüren wird in Vorarlberg eine Anforderung gestellt (2,5 W/m²K), in der OIB sind diese ausgenommen. Ausgleichend dazu sind jedoch Kleinflächen (< 50 m² Summe der Bauteilflächen sowie < 10 % der konditionierten Hüllfläche). ^[33]

31 - Baugesetz Vorarlberg: in: RIS, 18.07.2022

32 - Bebauungsplan 2001 Sulz: Gemeinde Sulz, 18.09.2003



Flächenwidmung
M 1 : 1500

Widmung

Gewidmet sind in direkter Umgebung des Bauplatzes aktuell 4 verschiedene Widmungsarten, BW (Bauwohngebiet) 2 auf dem Bauplatz sowie südlich davon, mit einer Baunutzungszahl (BNZ) von 50 und Höchstgeschosshöhe (HGZ) von 3. nordöstlich grenzen die Widmungen BM (Baumischgebiet) 2 (BNZ 60, HGZ 3) sowie BM 3 (BNZ 70, HGZ 3,5) an. Ursprung hat diese Widmung in der teilweise noch bestehenden Gewerbenutzung am nördlichen Rand.

Die Verdichtungszone entlang der Müsinerstraße, mit der ausgeschriebenen Baumischnutzung (3) mit 3,5 Geschossen ist aus raumplanerischer Sicht sinnvoll, die weitere Unterteilung in BM2 / BW 2 / 3 in der aktuell

vorhandenen Kleinteiligkeit eher fragwürdig. Besonders, da am gegenständlichen Bauplatz 3 Widmungsarten direkt aufeinander treffen, die vierte nur durch ein weiteres Grundstück getrennt. Größer angelegte Flächenwidmung wäre hier, unter anderem auch aus "Fairnessgründen" wünschenswert.

Zum Vergleich der Widmungsdichte: in Wien werden aktuell bei Stadtentwicklungsprojekten am Stadtrand, wie beispielsweise der Wohnbauerweiterung im Oberen Hausfeld, nahe der Seestadt, quartiersübergreifende Geschossflächenzahlen von 2,5 angepeilt (BNZ von 250), mit 4 bis maximal 11-geschossigen Baukörpern. ^[34]

Nicht vorgeschrieben sind in der Widmung, wie teilweise in Wien üblich, Mindestdichten oder Gebäudeklassen, welche eine

Mindesthöhe erfordern. So kann trotz des Flächenfraßes noch ein Einfamilienhaus auf Grundstücke jeder Größe, und auch Widmungsart (bei Bauwidmung) errichtet werden, und somit eine effiziente Nutzung verhindern. Eine Überarbeitung dieser Richtlinien wäre auch aus raumplanerischer Sicht wünschenswert.

Bebauungsvorgaben

Von der Widmung vorgegeben ist die Bau-nutzungszahl von 50. Für den gegenständlichen Bauplatz bedeutet dies, von ca. 2.610 m² ausgehend, eine maximale Gesamtgeschossfläche von 1.305 m² (Baunutzungszahl = 100 x Gesamtgeschossfläche / Nettogrundfläche).

Nicht zur Gesamtgeschossfläche zählen laut Baubemessungsverordnung Flächen von Außenwänden, Balkonen, Loggien, Flächen für die Erschließung, sofern im Haus mehr als drei Wohnungen liegen, sowie Fahrrad-abstellräume auf Geländeneiveau.^[35]

Zur Minimierung des Flächenverbrauchs wird eine maximale Ausnutzung des gewidmeten Bauplatzes vorgesehen, daher auch eine maximale Gesamtgeschossfläche mit möglichst geringem Flächenverbrauch angestrebt. Für den Entwurf bedeutet dies eine dreigeschossige Bauweise

Natur

Durch den nahegelegenen Auenwald der Frutz an der Grenze zwischen Sulz und Rankweil bietet die nähere Umgebung neben attraktiven Naherholungsflächen auch Platz für die Biodiversität. Der Auenwald ist als Biotopverbund in der Flächenwidmung verankert, aber nicht als Schutzgebiet ausgezeichnet. Vom ursprünglichen Auen-

wald, welcher eine typische Ausprägung einer Eschen-Hartholzau besaß, ging durch Fichtenaufforstungen und aktuell zusätzlich durch Pilzbefall verloren. Durch gezielte Aufforstungen und Entnahmen von Bäumen sollen aber aus dem relativ jungen Nadelwald wieder einen Laub-Mischwald entstehen lassen.^[36]

Der Auenwald entlang der Frutz bietet für lokale Flora und Fauna neben der Bregenzerrache die einzige durchgehende Gehölzverbindung über das Rheintal hinweg. Aktuell kommen neben der Sumpfheidelbelle auch der, in der Schweiz auf der roten Liste stehende Pirol, aber auch Gelbspötter, Kleinspecht und Waldlaubsänger vor.^[37]

Generell können im Auengebiet, aber auch über der angrenzenden Dorfstruktur, und damit auch über dem künftigen Bauplatz eine Vielzahl an Vögeln, auch seltenere Raubvögeln wie Falken oder Rotmilane gesichtet werden. Ins Dorfgebiet wagen sich in Sulz aber auch regelmäßig Füchse und andere kleine Wildtiere.

Die Unterstützung dieser Wildtiere ist wichtiges Ansinnen in diesem Entwurf, aber zumindest teilweise auch von der Gemeindeverwaltung. So müssen, laut Bebauungsplan bestehende Obstbäume berücksichtigt und erhalten werden, bei Neupflanzungen sind Obstbäume oder hochstämmige Laubbäume der heimischen Flora zu verwenden. Auch Hecken sollen aus heimischen Sträuchern gepflanzt werden.^[38]

In der Realität wird darauf deutlich weniger geachtet, als beispielsweise in Wien, wo für Baumfällungen diverse Genehmigungsverfahren durchgeführt werden müssen.

35 - Gesamte Rechtsvorschrift für Baubemessungsverordnung Vorarlberg, RIS - Fassung vom 06.05.2023

36 - Mäser, Michael: Baumpilz wütet im Sulner Auwald, in: Vorarlberg Online, 18.01.2022

37 - Fachgrundlage Biotopverbund Vorarlberger Rheintal: 6.2.6 Frutz: in: Vorarlberg Atlas4, 2020

38 - Bebauungsplan 2001 Sulz: Gemeinde Sulz, 18.09.2003

Unterstützung

Als Grundsatz gilt im gegenständlichen Entwurf bei der Freiraumplanung das Konzept des Animal-Aided-Design (AAD). Das bedeutet, dass Interventionen und Gestaltungen an tierische Bedürfnisse angepasst werden. Grundlegend bedeutet dies, wie auch im Bebauungsplan vorgeschrieben, die ausschließliche Verwendung heimischer Fauna, aber auch das Bereitstellen von tierischer Infrastruktur.

Die lokal vorkommenden Wildtiere, also Pirol, Gelbspötter, Kleinspecht und Waldlaubsänger in den Vogelgattungen sollen in deren Nistplatzmöglichkeiten, natürlichen Nahrungsvorkommen aber auch Waschstätten oder Trinkmöglichkeiten unterstützt werden.

Im Insektenbereich sollen vor allem Wildbienen gefördert werden, sowie der in Vorarlberg vorkommende gefährdete Schmetterling „Großer Fuchs“.^[39]

Zu dem am Bauplatz geförderten Wildtieren gehört auch die, auf der Roten Liste Vorarlbergs stehenden Zauneidechse.^[40] Die Ausführung von Natursteinmauerwerken mit offenen Fugen soll den Echsen Versteckmöglichkeiten vor Katzen bieten.

Säugetiere, die durch das AAD am Bauplatz gefördert werden, sind besonders der Westigel, der noch weit verbreitet, aber von einer negativen Bestandsentwicklung, besonders durch den Straßenverkehr bedroht wird.^[41]

Durch die teilweise sehr spezifischen Anforderungen müssen für die vorkommenden Tiere ganzjährige Quartierslösungen gefunden werden. Bei breit gefächerten Anforderungen mancher Arten an deren Lebens-

raum können kleinere Hilfestellungen zu bestimmten Jahreszeiten ausreichend Unterstützung bieten.

39 - Huemer, Peter/Johannes Rüdisser: Rote Liste gefährdeter Schmetterlinge Vorarlbergs, inatura Erlebnis Naturschau GmbH, 2022 S.61
40 - Aschauer, Maria/Markus Grabher: Rote Liste Vorarlberg: Amphibien & Reptilien, 01.10.2021. S.96ff.
41 - Spitzberger, Friederike: Rote Liste gefährdeter Säugetiere Vorarlbergs, 01.01.2006. S.31 f

Das 4. Kapitel beleuchtet die Anforderung und Auswirkung im Wohnbau. Dabei soll besonders die Rolle des verdichteten Wohnbaus hervorgehoben werden und dessen Vorteile verdeutlicht werden.

Zudem werden Vorgaben zum Brandschutz im mehrgeschossigen Wohnbau analysiert, sowie Strukturen und Erschließungen geschildert.

VERDICHTETER WOHNBAU

Städtebauliche Entwicklungen

Der bereits angesprochene Bodenverbrauch und dessen Probleme stellt Gesellschaften weltweit vor Herausforderungen. Der jährliche Bodenverbrauch in der Europäischen Union beträgt ca. 1.000 km² [42] - im Vergleich, die gesamte Fläche Vorarlbergs bemisst ca. 2.530 km². Zumeist betroffen vom Bodenverbrauch sind landwirtschaftliche Flächen, welche neben dem Produktivitätserhalt und der Lebensmittelunabhängigkeit auch eine biologische Vielfalt gewährleisten können, sofern eine biologisch verträgliche Landbestellung durchgeführt wird.

Aufgrund von großflächigen Versiegelungen, ausgelöst durch Bevölkerungswachstum, aber auch aufgrund des Trends zu größeren Wohnungen und durchschnittlich höherer Wohnfläche pro Person [43] hat sich in den letzten 20 Jahren die weltweit verfügbare Ackerfläche pro Kopf halbiert. Prognosen gehen von einer weiteren Halbierung bis 2050 aus. [44] Die Versorgungssouveränität wurde in der Corona-Pandemie und besonders des aktuellen Ukraine Krieges auf die Probe gestellt. Umso deutlicher wurde die Sicherung der Nahrungsunabhängigkeit Österreichs vor Augen geführt. EU-weit werden von verschiedenen Akteuren in verschiedenen Maßstäben Konzepte und Strategien zur Erhöhung der Nahrungsmittelunabhängigkeit entwickelt.

CO₂ Speicher

Neben dem Verluste Landwirtschaftlicher Flächen darf der Boden als CO₂ Speicher nicht vergessen werden. So speichert Mutterboden - die oberen 30 cm - doppelt so viel

CO₂ wie aktuell in der gesamten Erdatmosphäre vorhanden ist. In den Böden der EU allein sind aktuell ca. 75 Milliarden Tonnen Kohlendioxid gespeichert [45] - im Vergleich zu ca. 3,5 Milliarden Tonnen jährlicher CO₂ Emission 2022. [46] Der Großteil der CO₂ Speicherkapazität liegt in Wäldern, besonders in schützenswerten, alten, feuchtorganischen Gebieten, wie Mooren und ähnlichen Ökosystemen.

Klimaschutz wird in Europa aber besonders als Geschäft interpretiert. Gerade deshalb rücken technokratische Ansätze wie E-Autos leider in Debatten ins Zentrum der Klimaschutzpolitik. Dabei kann beispielsweise im Verkehrssektor lediglich ca. die Hälfte der erforderlichen CO₂ Reduktion durch technologische Lösungen erfolgen. Die andere Hälfte muss durch Verhaltensänderungen erzielt werden. [47] Neben dem Schutz des Bodens als natürlicher Speicher, muss besonders in Europa die Wüstenbildung verhindert werden, um einen effektiven Klimaschutz gewährleisten zu können. Dies kann besonders durch nachhaltige landwirtschaftliche Nutzung und dem Erhalt natürlicher Feuchtgebiete und Wälder erreicht werden, aber auch durch das Verhindern der Übernutzung von landwirtschaftlichen Flächen. [48]

Versiegelung

Neben der Flächeninanspruchnahme und damit einhergehender Flächenverlust der Landwirtschaft ist die Bodenversiegelung eine große Herausforderung. 41 bis 42 % der in Anspruch genommenen Flächen wer-

42 - Flächeninanspruchnahme: in umweltbundesamt.at

43 - Durchschnittliche Wohnfläche pro Person in Hauptwohnsitzwohnungen in Österreich von 2011 bis 2021: in: statista.com, 04.04.2022

44 - Fitz, Angelika et al. Boden für Alle, Park Books, 19.11.2020. S.46

45 - Boden, Land und Klimawandel: in: European Environment Agency: eea.europa.eu

46 - EEA Report No 10/2022: in: European Environment Agency, 26.10.2022, in eea.europa.eu

47 - Fitz, Angelika et al. Boden für Alle, Park Books, 19.11.2020. S.141

48 - DEZA Ernährungssysteme: Wüstenbildung und Bodenerosion verhindern, in: Schweizerische Eidgenossenschaft - Internationale Zusammenarbeit, 03.03.2021

49 - Flächeninanspruchnahme in: umweltbundesamt.at

den versiegelt. ^[49] Besonders problematisch ist die Versiegelung beim Straßenbau. Im Wohnungsbau können bei Dachflächen Ausgleichsflächen in Form von extensiv oder intensiv Begrünungen erfolgen. Diese sind per se nicht gleichwertig zu natürlicher Grünfläche, allein schon aufgrund der geringen Aufbauhöhe auf Dächern, bieten aber im Vergleich zu unbegrüntem Dachflächen Vorteile, besonders im Sinne des Regenwassermanagements und der Verringerung von Hitzeinseln.

Im Straßenbau ist die Möglichkeit von Ausgleichsflächen sehr beschränkt. Einfamilienhausstrukturen verlangen aber nach verhältnismäßig viel Straßenflächen. ^[50] Ein freistehendes Einfamilienhaus benötigt etwa das Zehnfache der Erschließungskosten eines dichten, mehrgeschossigen Wohnbaus. Diese Kosten des Einfamilienhauses werden von den Bewohnern aber nur mit ca. 10 % durch Anschlusskosten gedeckt. ^[51]

Ausgehend von der Einfamilienhausdichte, mit 69 von 100 Wohngebäuden in Vorarlberg in 2011 ^[52] und der durchschnittlichen Haushaltsbelegung von 2,31 Einwohner in Sulz ^[53], wird bewusst, wie viel Strukturersparnis ein mehrgeschossiges Wohngebäude bringen kann. In der näheren Umgebung des Bauplatzes (im Umkreis von 150 Metern) befinden sich aktuell ca. 50 Ein- oder Zweifamilienhäuser, im Vergleich zu 3 Mehrfamilienhäusern, bzw. mehrgeschossige Wohnbauten.

Autofreie Quartiere sind ebenfalls eine gute Möglichkeit, Infrastruktur und damit einhergehend versiegelte Flächen zu sparen. Umgesetzt werden autofreie Quartiere aktuell vermehrt besonders in Wien, bei-

spielsweise beim Village im Dritten oder teilweise in den Superblocks der Seestadt Aspern. Hingegen ist die Entwicklung, besonders bei autofreien Quartieren, großflächige Tiefgaragen anzulegen, allerdings als kritisch anzusehen. Mit Bau der Tiefgaragen werden zwar oberflächliche Versiegelungen vermieden, die vollflächige unterirdische Versiegelung zerstört jedoch die gewachsene Bodenstruktur nachhaltig. Einmalig versiegelte Flächen, zu denen auch intensiv begrünte Tiefgaragenflächen gehören, sind nur schwer wieder dem Ökosystem zurückzuführen. Punktuelle Parkhäuser sind dabei besser, die Änderung von Mobilitätsverhalten wäre allerdings deutlich zu bevorzugen

Stadt der kurzen Wege

Besonders effiziente Strukturen, mit einer hohen Bodennutzungszahl sind nicht nur aufgrund des Versiegelungsgrades notwendig. Neben dem Erhalten von Ökosystemdienstleistungen profitieren auch soziale Strukturen von einer erhöhten Dichte im Bauen. Die Stadt der kurzen Wege ermöglicht einen funktionierenden öffentlichen Verkehr. Andere alternative Verkehrsformen, wie das Fahrrad, profitieren ebenfalls stark von verkürzten Wegstrecken. Auch jetzt schon besteht die Möglichkeit der Reduktion des motorisierten Individualverkehrs – selbst bei Wegelängen unter 2,5 km sind bis zu 40 % der zurückgelegten Wege mit dem MIV. ^[54] Möglichkeiten schaffen den Verkehr. Werden hochwertige Straßen und Parkplätze für den Individualverkehr geschaffen, wird dies auch genutzt. Sind hochwertige öffentliche Verkehrssysteme und sichere und gute Voraussetzungen, wie hochwertige Infrastruktur für Fahrräder

50 - Martin Putschögl: Hausbau-Mekka Österreich: Im Land der Versiegler: in: DER STANDARD, 29.01.2018

51 - Fitz, Angelika et al. Boden für Alle, Park Books, 19.11.2020. S.197

52 - Census 2011 Gebäude und Wohnungszählung: in: STATISTIK AUSTRIA

53 - Privathaushalte: in: STATISTIK AUSTRIA

54 - Amt der Vorarlberger Landesregierung/HERRY Consult GmbH: Mobilitätshebung Vorarlberg 2017,07.2018

geschaffen, steigt der Modal-Split in diesen Sektoren.

Mobilität beginnt im Wohnbau.

Die Stellplatzpflicht im Wohnungsbau ist nicht mehr zeitgemäß. Mobilitätsgarantien sind über ein vielfältiges Angebot von Car-sharing, Bikesharing, Radnetz und einer guten Anbindung an den öffentlichen Verkehr sicherzustellen. Je dichter, und zentraler der Wohnstandort, desto geringer ist der Motorisierungsgrad.^[55] Neben der ökologischen Komponente kann auch die Ökonomie zur Wegeverkürzung ins Feld geführt werden. Für den Bau eines Kilometers Gemeindestraße, inklusive Gehsteig, Beleuchtung, Kanal und Wasserleitung wurden im Jahr 2015 ca. 1,2 Millionen Euro gebraucht. Für den Erhalt fielen 2015 jährlich Folgekosten von zusätzlich 25.000 Euro an.^[56] Besonders deutlich wird dies beim Bau der aktuellen Stadtstraße Aspern, bei welcher für 3,2 km Strecke 460 Millionen Euro projektiert werden. Die aktuelle Rekordinflation ist aber bei dieser Prognose von Anfang 2021 nicht eingeflossen.^[57] Im Vergleich dazu: das gesamte Wiener Budget für Fahrradinfrastruktur betrug laut Mobilitätsstadträtin Ulli Sima im Jahr 2022 ganze 26 Millionen Euro. Erschreckenderweise stellt dies bereits eine Verfünffachung des bisherigen Gesamtbudgets im Jahr 2021 dar.^[58]

Bauland ist erschlossen, auch unbebautes, welches aber durch diese Bebauungslosigkeit kaum Gemeindesteuern erbringt. In Deutschland gibt es dazu bereits Initiativen, die schiere Dimension der Investitionen begreifbar zu machen. Darunter befinden sich beispielsweise Aufschlüsselungen von Kos-

ten aller Instandhaltungsarbeiten, einsehbar für alle Gemeinden.^[59]

Die Baulückenschließung mit unter anderem mehrgeschossigem Wohnbau, aber auch Sanierungsstrategien und Leerstandsmanagement ist in Vorarlberg zwingend notwendig, um das prognostizierte Bevölkerungswachstum in Vorarlberg bis 2050 auf ca. 427.000 (2020 ca. 397.000 Personen)^[60] ohne weitere großflächige Zersiedelung schaffen zu können.

Neben der Anpassung des Verkehrssektors an die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts, kann mit dichten Strukturen auch mehr Angebot an Nahversorgern, Ärzten, sozialen Einrichtungen, Bildungseinrichtungen uvm. geboten werden. Motorisierter Individualverkehr schränkt ein. Alle und jeden, außer den aktuellen Benutzer.

55 - VCÖ - Mobilität mit Zukunft: VCÖ-Factsheet: Klimaziele nur mit mehr aktiver Mobilität erreichbar, in: vcoe.at, 07.2019

56 - Fitz, Angelika et al. Boden für Alle, Park Books, 19.11.2020. S.144

57 - Krutzler, David: Wiener Stadtstraße um 143 Millionen Euro teurer als noch 2016 geplant, in: der Standard, 15.04.2021

58 - Hofer, David: Radwege in Wien: 2022 als Rekordjahr - für 2023 wieder große Pläne - Wien, in: MeinBezirk. at, 15.01.2023

59 - Fuhrhop, Daniel: Verbiestet das Bauen!: Streitschrift gegen Spekulation, Abriss und Flächenfraß, oekom verlag, 05.05.2020. S.71

60 - Landesstelle für Statistik, Amt der Vorarlberger Landesregierung: Regionale Bevölkerungsprognose 2020-2050, 02.2022

Rechtliche Vorgaben

Brandschutz

Im Vergleich der Bauordnungen Österreich mit der Schweiz, Liechtenstein und Süddeutschland, besonders Baden-Württemberg zeigt sich die liberale Einstellung der Schweizer Eidgenossenschaft und dadurch auch Liechtensteins an den Holzbau.

In Vorarlberg, bzw. Österreich sind dem Holzbau bis inklusive dem 6. Geschoss, Gebäudeklasse 5, annähernd alle Bauteile in reiner Holzkonstruktion erlaubt. Ausnahme dabei sind Brandabschnittsbildende Wände zu Bauplatzgrenzen, welche bereits ab Gebäudeklasse 3 in A2, nicht brennbar, konstruiert werden müssen.^[61] Abweichend zu den OIB Richtlinien gibt es in Vorarlberg Erleichterungen bei der GK5 (bis 6 Geschosse) in den oberirdischen Geschossen mit der Anforderung REI60 (bzw. R60) statt REI 90 (bzw. R90) bei folgenden Bauteilen: tragende Bauteile, Trennwände und Trenndecken. Aber auch Erleichterungen in Brandabschnittsgrößen, bzw. Trennungen, sowie Dämmstoffen, Brandschutzschotten, etc. sind in Vorarlberg in der Bautechnikverordnung ausgeschrieben.^[62]

In Liechtenstein und der Schweiz wird bis zur Hochhausgrenze von 30 m das Bauen in Holz sehr gefördert. Es werden dabei keine Tragwerksmaterialien vorgeschrieben oder bevorzugt. Es gilt bis auf die Beplankungen von Oberflächen in Fluchtwegen, bei vertikalen Fluchtwegen ohne Löschanlagenkonzept auch das Tragwerk, Zwischen- und Dämmschichten, die Anforderung RF3. Bei den genannten Ausnahmen gilt RF1.^[63] Als RF3 gelten in der Schweiz Oberflächen, mit zulässigem Brandbeitrag, unter anderem alle

Nadelhölzer, Holzfaserverplatten, Span- und Sperrholzplatten, aber auch Holzfußböden. Dies kann in mit den Brennbarkeitsklassen D (hinnehmbarer Beitrag zum Brand) oder E (hinnehmbares Brandverhalten) verglichen werden.. RF1 ist ähnlich der EU Bezeichnung A1 oder A2 (kein Beitrag zum Brand) und bezeichnet Glas, Beton, Zementgebundene Spanplatten oder Gipsplatten, grundlegend Baustoffe ohne Brandbeitrag. Zur Gruppe RF2, Baustoffe mit geringem Brandbeitrag gehörten Laubhölzer, wie Eiche, Robinie, Wenge, etc., welche in Österreich theoretisch mit B (sehr begrenzter Beitrag zum Brand) oder C (begrenzter Beitrag zum Brand) bezeichnet werden können.^{[64] [65]}

In Liechtenstein werden die Brandschutzvorschriften des VKF (Verein Kantonalen Feuerversicherungen), welche in der Schweiz beschlossen werden, einheitlich übernommen.

In Deutschland ist der Brandschutz Ländersache. Im Vergleich wird deshalb Baden-Württemberg durch die räumliche Nähe zu Vorarlberg gewählt. Auffallend ist, besonders im Vergleich zur Schweiz und Österreich, die unübersichtlichere Darstellung der Brandschutzordnung. So werden Gesetzestexte grundsätzlich für die Höchste Gebäudeklasse, ebenfalls GK5 definiert und durch Ausnahmeregelungen die unteren Gebäudeklassen von Brandschutzregelungen ausgenommen. Im Konkreten gelten dabei beispielsweise bei Gebäudeklasse 3 nichtbrennbare, oder feuerhemmende plus mindestens 30 Minuten gekapselte Stiegenhäuser. Grundsätzlich ist aber in Baden-Württemberg im Unterschied zu Österreich

61 - OIB Richtlinie 2: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 04.2019

62 - RIS - Bautechnikverordnung - Landesrecht konsolidiert Vorarlberg, Fassung vom 06.05.2023

63 - Brandschutzarbeitshilfe: in: Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen, 18.07.2018

64 - Wiederkehr, Reinhard: Einfach – klar – holzfreundlich Die neuen Schweizer Brandschutzvorschriften, in: Forum Holzbau, 2015

65 - Brennbarkeit - Beitrag zum Brand: in: Brandschutzinfo.at, 2017

auch die brandabschnittsbildende Wand zur Bauplatzgrenze im Holzbau möglich, sofern diese Hochfeuerhemmend (REI60)^[66] oder in derselben Ausführung wie die Tragwerkskonstruktion (Brandbelastung von innen nach außen) und feuerbeständig (REI90) für eine Brandbelastung von außen.^[67]

Bebauungsplan und Flächenwidmung

In Vorarlberg wird die Hochhausgrenze in der Gebäudeklasse 5 mit mehr als 6 Geschossen selten erreicht. Der Bebauungsplan und die Baunutzungs- und Geschosshöhen wirken meist begrenzend, kaum die Brandschutzverordnungen.

In Vorarlberg werden Geschosshöhen, Baunutzungsflächen, etc. nicht überall, wie beispielsweise in Wien öffentlich zugänglich gemacht. Grundsätzlich sind in Vorarlberg über den Digitalen Atlas Vorarlberg Informationen zum Flächenwidmungsplan zugänglich. Die bereitgestellten Informationen beschränken sich jedoch auf die Art der Baufläche, wie Kerngebiet, Wohngebiet, Straßen- und Freiflächen, sowie Grundstücksnummern. Definitionen von Höhenbegrenzungen durch Ausweisungen von Gebäudeklassen oder Mindestbebauung, Bauungstypen wie geschlossene Bauung, oder andere spezielle rechtliche Vorgaben werden von den Gemeinden selbst publiziert, liegen im Gemeindeamt zur allgemeinen Einsicht auf, oder werden teilweise über eine Baugrundlagenbestimmung mittels Antrags in der Gemeinde eingebracht.

Abhilfe soll die Novelle des Raumplanungsgesetzes 2019 schaffen. Darin wird ein „Räumlicher Entwicklungsplan“, bis dahin freiwillig als räumliches Entwicklungskonzept, für alle Gemeinden vorgeschrieben

und muss bis Ende 2022 veröffentlicht werden. Dieser muss zumindest grundsätzliche Aussagen zu wichtigen raumbezogenen Themen treffen. Diese sind beispielsweise Siedlungsschwerpunkte und mögliche Verdichtungszone, Stärkung von Ortskernen, sowie eine besondere Berücksichtigung von öffentlichem Verkehr, Fußgängern und Radfahrern.

Ebenfalls sind Verdichtungszone, bei denen eine Mindestnutzung vorgeschrieben ist, auszuschreiben. 10 Jahre nach der Ausweisung von Verdichtungszone können, nicht mit dem Mindestmaß bebaute Grundstücke entschädigungslos rückgewidmet werden. Ein Bau- oder Verkaufsdruck wird hierdurch erzeugt und der Baulandhortung entgegengesteuert. Auch Neuwidmungen sollen durch das Ausgeben von befristeten Widmungen mit Ausweisung einer Folgewidmung den notwendigen Bauungsdruck aufrecht halten.^[68]

Diese Entwicklungen im Raumplanungsgesetz sieht der Autor als sehr wünschenswert.

Auch die geplante Erweiterung der OIB Richtlinien mit den Richtlinien 7 und eventuell auch 8 mit den Themen der Rückbaubarkeit, Wiederverwendbarkeit und generell um kreislaufwirtschaftliche Vorgaben muss schnellstmöglich verabschiedet werden, um rechtliche Sicherheit bei der Wiederverwendung von Bauteilen zu bekommen, bzw. auch um die Kreislaufwirtschaft zu fördern.

66 - Grimm, Roland: Feuerwiderstandsklassen nach DIN 4102 & DIN EN 13501, in: baustoffwissen, 12.04.2022

67 - Allgemeine Ausführungsverordnung des Ministeriums für Landesentwicklung und Wohnen zur Landesbauordnung (LBOAVO),

39 in: Gewerbeaufsicht Baden Württemberg, 08.01.2022

68 - Neuerungen im Vorarlberger Raumplanung und Grundverkehrsrecht: in: Vorarlberg.at, 2019

Anforderungen an Struktur, Zonierungen und Flexibilität

Struktur und Erschließung

Einfache Strukturen, kompakte Gebäudehüllen und die Trennung von tragenden- und raumbildenden Strukturen im Innenraum führen zu effizienten Gebäuden, die einfach umbau- und dadurch unnutzbar sind. Je mehr Wohneinheiten in einem Gebäude vertort sind, desto geringer wird die Umweltbelastung je Wohneinheit sowohl durch Bau als auch durch Betrieb des Gebäudes. ^[69]

Tragwerke im Wohnbau stellen keine Anforderungen an besonders repräsentative oder baulich innovative Konzepte. Der ressourceneffiziente, moderne Wohnungsbau benötigt flexible Strukturen für wechselnde Bedingungen. Möglich wird dies durch eine einfache Gebäudestruktur. Schräge Säulen, spitze Ecken und winzige Räume lassen oftmals nur eine einzige Funktion oder Möblierung zu.

Die Schottenbauweise definiert langfristig die maximale Größe von Wohnungen, oder erzwingt teure Umbauarbeiten bei Zusammenlegungen. Außenwände sind auch ohne tragende Funktion, welche diese aber oftmals auch besitzen, komplexe Bauteile und daher teuer.

Änderungen in der Gebäudegeometrie, bzw. Hüllfläche werden, mitunter auch deshalb seltener vollzogen als Innenraumveränderungen. Neben der komplexen Planung von Umbauten mit Änderung der Gebäudegeometrie wird dies meist aufgrund rechtlicher Rahmenbedingungen nicht verändert. Umbauten in derart großem Maßstab können nicht einfach begonnen werden, oftmals sind langwierige Verfahren nicht nur mit den Behörden, sondern auch komplizierte oder teure Mieteransprüche limitierend.

Mit der Schottenbauweise wird oft eine einseitige Erschließung errichtet, als Innengang oder Laubengang. Die Bauweise mit innen-seitiger Gangerschließung erlaubt zwar große Gebäudetiefen und dadurch hohe Dichten, verringert aber die Wohnqualität durch einseitige Belichtungen. Durchsteckbare Wohnungen, und damit verschiedene Zonierungen, Möglichkeiten zur Querlüftung und eine allseitige Belichtbarkeit werden dadurch teilweise unmöglich. Auch sozial sind Gangerschließungen nicht. Gänge sind schlechte Kommunikationsräume, oft künstlich belichtet, meist niedrig und dunkel.

In der Laubengangerschließung kann die Durchlüftbarkeit und Belichtung gewährleistet werden, jedoch stellt die Privatheit der gangorientierten Räume die Bewohner:innen, bzw. Planer:innen vor Probleme. So ist auf Laubengangsseite meist eine Küche, oder über opake Glasflächen belichtete Bäder geplant. Ebenfalls negativ kann die Einschränkung durch Brandschutzvorschriften genannt werden (Fenster dürfen ohne Abstandsflächen nicht zum Fluchtweg offenbar geplant werden). Als Vorteile der Laubengangerschließung können die verbesserte Orientierungsmöglichkeit und das, im Vergleich zu anderen Erschließungen, hohe Kommunikationspotenzial genannt werden. Aber auch durch die Verbindung zum Freiraum kann der Laubengang bei entsprechender Größe und Planung zur halb-öffentlichen Vorzone mit Balkoncharakter werden. Gangerschließungen ermöglichen eine sehr wirtschaftliche Erschließungsform, besonders in Bezug auf Barrierefreiheit im Form von zusammengefassten Aufzügen.

Alternativ zur Schottenbauweise werden auch tragende Fassadenelemente, gepaart

69 - Harald Gmeiner: Ökologisch Bauen - Wegweiser für kostenbewusste Bauleute, in: Energieinstitut Vorarlberg, 09.2019. S.60

mit einer Punkterschließung und eventuell einer skelettartigen Zwischenstruktur, im Wohnungsbau verwendet. Durch die punktuelle Erschließung sind flexible, größtenteils durchsteckbare Grundrisse möglich, die allseitig belichtbar sind. Die Einteilung der Wohnungsgrößen ist unabhängig von der Tragkonstruktion, und auch einfacher und damit günstiger umbaubar. Wohnungszusammenlegungen und Abtrennungen sind einfacher möglich als in Schottenbauweise, da bei der Innenraumgestaltung keine tragenden Wände Barrieren darstellen. Die Erschließung mit Mehrspännern ist wirtschaftlich sinnvoll, bei ein- oder Zweispännern müssen die Wohnungsgrößen entsprechend zunehmen, um ein wirtschaftliches Verhältnis zwischen Wohnnutzfläche und Erschließungsfläche zu erhalten. ^[70]

Zonierungen

Die Einführung von Zonen im Wohngebäude ist besonders für eine effiziente Haustechnik von Vorteil. Die Anordnung von Nassräumen und Küchen in Schachtnähe führt zu kürzeren Leitungen und damit auch zu günstigeren Herstellungskosten. Die Schächte am Stiegenhauskern zu führen, bringt auch eine Zugänglichkeit der Schächte nach Fertigstellung des Gebäudes mit sich.

Neben der Zonierung in technische Anforderungen an Räume, sollte eine Zonierung in Ruhe- und Wohnräume erfolgen. So ist die Anordnung von Ruheräumen neben Lärmquellen ungünstig, beispielsweise sind an Liftanlagen grenzende Schlafräume oder bei nebeneinander liegenden Wohnungen Räume mit unterschiedlicher Nutzung (Wohnzimmer der Partei A an Schlafzimmer der Partei B) zu vermeiden. Sollten solche

Zonierungen aber unvermeidbar sein, müssen alternative Lösungen gefunden werden. Besseren Schallschutz der Wohnungstrennwände oder die Trennung von Strukturen zur Vermeidung von Schallübertragungen sind mögliche Modelle zur Störungsvermeidung.

Innerhalb von Wohnungen ist die Zonierung wichtig im Sinne von Heizkreisläufen gleicher Temperaturen. So vereinfachen nebeneinanderliegende Räume gleicher Temperatur die Herstellung von Heizkreisen, sowie der höheren Effizienz der Heizanlage. ^[71]

Als wichtiges Element gilt auch die Anordnung der Räume im Bezug auf das Sonnenlicht. Küchen und Essbereiche sind ostseitig optimal, Wohnzimmer sind besonders Abends genutzt und daher westseitig optimal. Dies erhöht nicht nur die Wohnqualität sondern senkt auch aktiv den Stromverbrauch durch Beleuchtungen.

70 - Heckmann, Oliver/Friederike Schneider/Zapel:Grundrissatlas Wohnungsbau, Birkhäuser, 2017. S.43ff.

71 - Harald Gmeiner: Ökologisch Bauen - Wegweiser für kostenbewusste Bauleute, in: Energieinstitut Vorarlberg, 09.2019. S.58 ff.

Flexibilität

Nicht zuletzt durch die Corona-Pandemie wurde die Anforderung an Flexibilität im Wohnungsbau deutlich. Dabei wurden Kinderzimmer zu Arbeitsplätzen umfunktio- niert bzw. wurde erkannt, dass Arbeiten im Schlafzimmer sich schwieriger gestaltet als gedacht. Immer schon stellen sich ändernde Lebensbedingungen die Nutzer:innen und auch die Wohnungen vor Herausforde- rungen. Möblierungen und Geschmäcker ändern sich, Stauraum wird mal mehr oder weniger benötigt und Kinder werden älter, benötigen ihren eigenen Lebensraum und ziehen schließlich aus. Die Lebenswandlung passiert meist aber nicht in der Wohnung. Kinderzimmer werden zu ungenutzten oder zu Stauflächen degradierten Räumen. Lang- fristig zuschaltbare Wohnungsteile oder Arbeitsplätze könnten hier zumindest eini- germaßen gut abfedern. Sind Familienwoh- nungen von Beginn an als teilbare – oder kleine Wohnungen als zusammenlegbare Konzepte geplant, könnten hier ungenutzte Flächen oder Bedarfsflächen einfacher hin- zugeschaltet werden.

Generell wirkt auch die Wahl des Tragwerks auf die Flexibilität des Gebäudes. Woh- nungen werden umbaubar, wenn tragende Elemente innerhalb der Wohnung auf ein Minimum reduziert wird. Zwischenwände können rasch und ohne großen Aufwand entfernt werden, wenn diese als nichttragen- de Elemente ausgeführt sind. Die Konzent- ration der Kraft auf eine Stütze bringt daher einen Mehrwert, selbst wenn diese innerhalb einer nichttragenden Wand platziert wird.

5

Welche Voraussetzungen bietet die Vorarlberger Wohnbaulandschaft, und welche Auswirkungen hat dies auf die lokale Architekturszene?

Was für Trends werden in Vorarlberg verfolgt, und warum ist der Holzbau in Vorarlberg ausgeprägter, als anderswo?

Und warum haben sich die Vorarlberger Architekturbüros im österreichischen Kontext durchgesetzt?

Diese Fragen werden im folgenden Kapitel behandelt und sollen Leser:innen näher an den Wohnbau in Vorarlberg bringen.

VORARLBERGER WOHNBAULANDSCHAFT

Vorarlberger Wohnbau-landschaft

Aktuelle Situation

Steigende Bautätigkeit

In Vorarlberg wird immer mehr gebaut. Seit 2014 steigt die Bautätigkeit kontinuierlich an - mit Ausnahme 2020 aufgrund der Corona-Situation.^[72] Vorarlberg gilt als Holzbauland. Vorarlberger Holzbauarchitekt:innen und -betriebe sind weltweit wegen ihrer Expertise bekannt. Entgegen der als allgemein als wahr angenommenen Aussage, dass Vorarlberg das Vorzeige-Holzbauland darstellt, dominiert im Baugewerbe, besonders bei den Mehrfamilienhäusern trotzdem hauptsächlich der Massivbau, insbesondere mit Stahlbeton. In Österreich wurden 2011 nur 13 % der Mehrfamilienhäuser aus Holz gebaut, bzw. mit relevantem Holzbauteil hergestellt. Aktuell kann von einem höheren Anteil ausgegangen werden, eine völlige Trendumkehr ist aber augenscheinlich noch nicht erreicht.^[73] Holzbauten kommen besonders oft in öffentlichen oder repräsentativen Bauten vor. Sie werden in der Gesellschaft als qualitativ höherwertiger angesehen als Stahlbeton, unter anderem dank luftverbessernder, optischer und akustischer Einflüsse. Deshalb werden repräsentative Bauten oder Bildungsbauten in Vorarlberg besonders gerne mit Holz gebaut.

Preisdruck im Wohnungsbau

Im modernen Wohnungsbau dominiert vor allem der Preisdruck die Wohnlandschaft, nicht nur in Vorarlberg. Enorm steigende Grundstückspreise und Materialpreise macht für viele Mieter:innen und Wohnungseigentümer:innen den Erstkaufpreis bzw. Mietpreis zum entscheidenden Faktor. So stieg zwischen 2016 bis 2022 der Boden-

preis um ca. 96 %.^[74] Die Errichtungskosten stiegen ebenfalls, aufgrund - auch der Corona-Pandemie - extrem fluktuierender Baustoffpreise stark, im selben Betrachtungszeitraum aber weniger stark an.^[75]

Bessere Aufenthaltsqualitäten oder Behaglichkeit ist, wenn überhaupt, nicht einfach messbar. Der Kaufpreis jedoch ist eindeutig. Zum Preisdruck kommt die Verfügbarkeit. Große Holzbaufirmen sind auch in Vorarlberg seltener als große Baufirmen. Lehrlings- und Facharbeiter:innenmangel stellen ebenso wie auch die Rohstoffversorgung die Betriebe vor große Herausforderungen.

Ein Umdenken muss in Zukunft stattfinden. Der Wohnraum kann nicht um jeden (Ersterrichtungs-) Preis gebaut werden. Besonders nicht, wenn diese Bauwerke in den Lebenszykluskosten im Betrieb und Abbruch deutlich schlechter abschneiden. Das Umdenken muss auch bei den Mieter:innen und Käufer:innen passieren, ist aber sehr viel schwieriger zu erreichen als durch Preis Anpassungen mittels CO₂-Bepreisungen und beispielsweise Strafzahlungen für kreislauf-fremde Materialverwendungen.

Wohnen 500

Entgegen dem Trend privater Wohnbau-träger oder Immobilienentwicklern stellt sich beispielsweise die VOGEWOSI (Vorarlberger Gemeinnützige Wohnungsbau- und Siedlungsgesellschaft m.b.H.) mit dem Projekt Wohnen 500, welches sich das Ziel setzt, mit 500 € Gesamtentgelt pro Monat eine 65 m² große Wohnung mit Betriebskosten zu vermieten. Möglich wird dies unter anderem durch einen hohen Vorfertigungsgrad in Holz-Modulbauweise. Auch sonst sind neue Wohnkonzepte, nicht nur in Vorarlberg,

72 - Österreichische Bauwirtschaft: Konjunkturerhebung Baugewerbe, in: wko.at, 25.03.2022

73 - Teischinger, Alfred: Holzbauteil in Österreich: Statistische Erhebung von Hochbauvorhaben, in: Zuschnitt Attachment, 09.2011

74 - Immobilienpreise Vorarlberg: in: immoverkauf24 GmbH

75 - Baupreis- und Baukostenindex in oenb.at

besonders in Wien, in Erprobungsphasen. Gemeinschaftliches Wohnen, generationsübergreifendes Wohnen aber auch andere soziale Wohnkonzepte häufen sich und zeigen positive Aspekte im Wohnungsbau.

Bodenproblematik

Auffällig in Vorarlberg sind aber, neben einiger positiver Entwicklungen in der Baulandschaft, Baulandverschwendungen wie Spekulationsobjekte, Baulandhortung, Einfamilienhaussiedlungen uvm. Weideflächen am Dorf und Stadtrand werden umgewidmet, aber oftmals viel zu wenig dicht oder gar nicht bebaut. So gehört Vorarlberg in Österreich zu den größten Baulandhortern. ^[76] Gesamt gibt es in Vorarlberg ca. 10.800 Ha gewidmetes Bauland, davon sind aber 34 % unbebaut. ^[77] Nebenprodukt dieser Entwicklung ist eine vermehrte Bautätigkeit auch im Straßenbau durch die großflächige Zersiedelung der Dörfer und Vorstädte. Dieser beansprucht seit 2013 4 bis 13,5 km² pro Jahr (gesamt Österreich). ^[78]

Der hohe Anteil an Ein- oder Zweifamilienhäusern (34,9 und 14,7 % - 2020) ^[79] und der damit einhergehende Bodenverlust durch ineffiziente Strukturen schadet in vielen Nuancen der gelebten Umwelt. Ökologisch durch den unwiederbringlichen Verlust von natürlichen Lebensräumen, dem verlängern von Wegen, etc., aber auch ökologisch, im Sinne der höheren Abhängigkeit von Nahrungsimpporten durch den Verlust von landwirtschaftlichen Flächen, höheren Gemeinkosten durch Straßenerhalt, etc.. Alternative Strukturen werden durch nur schwer oder nicht korrigierbaren Hoch- und Tiefbau-

strukturen verbaut.

Österreich ist europaweit führender Bodenverbraucher pro Person. ^[80] Um diesem Trend entgegen zu wirken, muss in Ortsmitte mehr nachverdichtet werden, bzw. strukturell erschlossenes Bauland mit Bauten hoher Dichte bebaut werden, um der wachsenden Bevölkerung, aber auch den wachsenden Ansprüchen gerecht zu werden.

Nachhaltigkeit nur im Bau, nicht in der Dichte

Nachhaltige Einfamilienhäuser stehen in Portfolios großer Holzbauarchitekten. Optimalerweise noch im Passivhausstandard. Dem eigenen Beitrag zur Abwendung der Klimakatastrophe ist mit dem Bau des Holzhauses nach Ansichten der Bauherrschaft genüge getan oder es wird zumindest als deutlicher Beitrag dazu angesehen. Dabei wird beim Bau von Einfamilienhäusern gern nur vom direkten Verbrauch durch den Wohnbetrieb gesprochen. Die negativen Auswirkungen auf den Bodenverbrauch, öffentlichen Verkehr oder den Primärmaterialverbrauch werden unterschätzt oder ignoriert. Zudem wird der „psychologische Rebound Effekt“ gerne vergessen. Effizienzgewinne in einem Sektor führen oftmals zu mehr Konsum. ^[81] Ändern muss sich diesbezüglich besonders die Einstellung zum Konsum, auch von Landkonsum. Suffizienz in sämtlichen Sektoren muss die erste Aktion zur Umsetzung von Klimaschutzziele sein.

76 - Fitz, Angelika et al. Boden für Alle, Park Books, 19.11.2020. S.131

77 - ebenda S.133

78 - Flächeninanspruchnahme: in: umweltbundesamt.at

79 - Schöber, Katrin: Wohnen 2020, Zahlen, Daten und Indikatoren der Wohnstatistik, in: statistik.at, 2021

80 - Fitz, Angelika et al. Boden für Alle, Park Books, 19.11.2020. S.139

81 - Fuhrhop, Daniel: Verbieta das Bauen!: Streitschrift gegen Spekulation, Abriss und Flächenfraß, oekom verlag, 05.05.2020. S.26

Holzbau land

Bewaldung

Das Vorarlberger Holzbau land profitiert einerseits von der dichten Bewaldung von ca. 36 % im Jahr 2018 – dies entspricht ca. 93.000 Ha (930 km²) Waldfläche - und damit einhergehend leichtem Zugang zu qualitativ hochwertigem Bauholz. Die Fichte ist mit ca. 50 % Waldanteil die wirtschaftlich wichtigste Baumart in Vorarlberg. Der Anteil der Laubhölzer nimmt aber in den letzten Jahren stetig zu. Neben der Forcierung von Mischwäldern ist der prozentuelle Rückgang der Fichte auf Auswirkungen des Klimawandels zurückzuführen.^[82] Das Holz ist in Vorarlberg in allen Qualitätsstufen gegeben. Von Fichte in Instrumentenbauerqualität- besonders für Orgel-, Klavier- und Geigenbauer in Laterns^[83] zu einem für Bundesschnitt hohen Totholz wert von bis zu 41,2 m³/ha.^[84]

Die regionale Verfügbarkeit der Materialien spielt in dieser Arbeit eine wichtige Rolle. Langstreckentransporte im Bausektor müssen, besonders in großvolumigen Gütern unterbunden werden. Eine materialgerechte Planung lokal verfügbarer Baustoffe kann neben dem ökologischen Vorteil auch eine Entscheidung in der Architektursprache beeinflussen. So wirken regionale Baustoffe authentisch und der Region angepasst.

Tradition und Entwicklung

Als Holzbau land kommt Vorarlberg nicht erst seit der Neuzeit in Frage. Rheintalhäuser, Montafonerhäuser, Walserhäuser und besonders Bregenzerwälderhäuser sind Zeitzeugen der Holzbau kultur Vorarlbergs. Verschiedene bäuerliche Haus- und Hofformen zeigen alte Zimmermannskunst, die bis heute hoch geschätzt und weiter-

entwickelt wird. Neben der Weitergabe der Holzbau kunst über Zimmermänner und deren Lehrlinge wurde vom Bregenzerwälder Zimmermann Johann Wilhelm 1668 die „Architectura civilis“ herausgebracht, die bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts als Standardwerk der Holzbau kunst galt.^[85]

Mit einem Intermezzo, das mit dem Aufkommen des Bürgertums im 19. Jahrhundert begonnen wurde, kam der Holzbau in Verruf. Ein Haus für arme Leute. Bis heute haften viele teils ungerechtfertigte Vorurteile dem Holzbau an. So wird dem Holzbau die fehlende thermische Masse und der schlechte Schallschutz nachgesagt. Auch die Dauerhaftigkeit wird beim Holzbau oftmals hinterfragt. Alles Aufgaben, welche beim Holzbau, sofern richtig geplant und gebaut, keine Probleme darstellen.

Die bäuerliche Hofform wird bis heute als Vorbild für neue Bauaufgaben verwendet und weiterentwickelt. Gegen Ende der 1960er Jahre wurde die Holzbau kultur von „Widerständlern“ neu entwickelt und mit alten Mustern und teilweise auch engen Baugesetzen gebrochen. Die Bewegung entwickelte sich zur Gegenformation der Architektenkammer in Vorarlberg und es wurde mit – meist jungen, innovativen – Zimmermeistern ein moderner Holzbau etabliert.

In die landesweite Diskussion trat auch der ORF (Österreichischer Rundfunk) mit einer Serie zur Architekturkritik, „Plus / Minus“, in der unter anderem die neue Holzbau kultur erörtert wurde. Auch die Landesraumplanung unterstütze die moderne Vorarlberger Bauschule durch eine großzügige Politik.^[86]

82 - Forstwesen, Amt der Vorarlberger Landesregierung: Wald in Vorarlberg - Zahlen, Daten, Fakten, in vorarlberg.at

83 - Isopp, Anne: Im Wald - Klangvolles Wachsen, 12.2014

84 - Forstwesen, Amt der Vorarlberger Landesregierung: Wald in Vorarlberg - Zahlen, Daten, Fakten, in vorarlberg.at

85 - Wikipedia-Autoren: Bregenzerwälderhaus, 03.10.2006

86 - Ammann, Matthias: Was macht den Holzbau in Vorarlberg seit Jahren so stark? in: forum-holzbau.com

Interessenvertretung und Lobby

1997 wurde von der Innung der Wirtschaftskammer Vorarlberg die „Interessengemeinschaft Vorarlberger Holzbaumarketing“ als selbstständige Organisation gegründet. Ebenfalls wurde 1997 der erste Vorarlberger Holzbaupreis ausgeschrieben. Dieser Preis brachte dem Holzbau in Vorarlberg einen großen Schub an regionalem, aber auch internationalem Interesse. Die Interessengemeinschaft machte vor allem Werbung mit dem Endprodukt: „Wer kauft Holz – außer für den Ofen?“^[87] Der Dachstuhlzimmerer wurde zum Holzbaumeister. Die Kompetenz und die Wahrnehmung der Öffentlichkeit zum Produkt Holzhaus stiegen. Auch heute noch arbeitet die Interessengemeinschaft stark daran, das Image des Holzbaus zu verbessern.

Holzbaupreise und Stahlbeton

Trotz der zahlreichen Einreichungen von Holzbauten bei den verschiedenen Holzbaupreisen der Länder werden immer wieder Siegerprojekte sichtbar, bei denen zumindest Teile des Tragwerks in Stahlbeton ausgeführt werden. Nicht nur in Vorarlberg, auch in anderen Teilen Europas werden Holzbaupreise an Hybridbauten ausgegeben. Nicht aber wegen fehlender Konkurrenz.

Die Bezeichnung eines Holzbaues ist zumindest in Österreich nicht geschützt oder über einen Mindestanteil geregelt. Grundsätzlich zählt der Baukörper auch als Holzbau, wenn dem Holz nur die Funktion des Raumabschlusses übergeben wird und die tragenden Elemente aus anderen Materialien gefertigt wurden. Dabei wäre ein Mindestholzanteil, um die Bezeichnung „Holzbau“ tragen zu dürfen nicht nur für die Holzbaufirmen

interessant.

Neben eines österreichischen Gütesiegels für den Holzbau, welcher Zimmermeister und Holzbaumeister unterstützt, wäre auch eine klare Regelung für den/die Endverbraucher:in sinnvoll. Die aktuelle Entwicklung, dem Massivbau eine Holzfassade vorzustellen, ihn als Holzbau zu titulieren und damit einhergehend höhere Immobilienpreise zu erreichen kann nicht im Interesse der ausführenden Holzbaufirmen sein. Dass sich die Immobilienwirtschaft diesem Problem bewusst ist, wird deutlich, weil höhere Stahlbetonanteile im Bau gerne verschwiegen werden und mit dem relativ geringen Holzanteil Werbung gemacht wird (HoHo in Wien, Qulumbus in Klaus, etliche andere).

Eventuell wäre bei Bauprojekten eine verpflichtende Aufführung der „Zutaten“, ähnlich der Lebensmittel, sinnvoll, besonders im Sinne der Transparenz und Kontrollmöglichkeit.

Traum vom eigenen Garten

Der hohe Anteil an Einfamilienhäusern wird auch durch Werbungen von Banken und Baumärkten weiter befeuert. Das Einfamilienhaus steht für Fleiß, Sparsamkeit, Bodenhaftung, Familien und Bürgersinn und Selbstständigkeit. Attribute, die Vorarlberger:innen gerne für sich beanspruchen. Dabei basiert diese Entwicklung auf billigen Grundstückspreisen, Eigenleistungen und günstige Wohnbaudarlehen. Aber auch die politische Riege trägt zum Eigenheimboom seit den 1950ern bei: Der Wohnbau ist bis in die 1960er von der damals christlichsozialen Partei (heute ÖVP) als Keimzelle proletarischen und tendenziell sozialistischen Milieus verschrien.^[88] Siedlungstechnisch war es

87 - Ammann, Matthias: Was macht den Holzbau in Vorarlberg seit Jahren so stark? in: forum-holzbau.com

88 - Energieinstitut Vorarlberg: Nachhaltiges Bauen in Vorarlberg,09.2016 S.10

früher für die Menschen besser, eng aneinander zu bauen. Die Stadt der kurzen Wege ist auch heute wieder ein stadtplanerisches Leitbild. Zersiedelte Strukturen und große Gärten fordern die Errichtung großer Verkehrsflächen, die finanziert werden möchten – die entstandenen Autosiedlungen und Dorfstrukturen sind sozial ungerecht. Statt großer und teurer Straßeninfrastruktur finanzieren zu müssen, könnten freigewordene Budgetmittel in den öffentlichen Verkehr oder Sektoren fließen. Die gesteigerte Wohnqualität durch weniger motorisierten Individualverkehr und damit verbunden weniger Lärmemissionen spielt dabei genauso eine Rolle.

Ein großer Garten sorgt neben sozialen Schwierigkeiten wie stetig und stark steigender Bodenpreise auch für Verkehrstechnisch schwierige Bedingungen. Die Funktionalität von öffentlichen Verkehrssystemen leidet stark unter offener Siedlungsstrukturen. Effiziente öffentliche Erschließungen sind kaum möglich oder nur unter hohem finanziellen Aufwand machbar, bzw. mit Taktverlängerungen und damit unattraktivem Angebot verbunden.

Die wichtigsten Argumente für ein Einfamilienhaus sind schnell gezählt: eigener Garten, Selbstbestimmung, Platz, die Kinder rauszulassen, Ruhe und Distanz von anderen. Ein Raum über den man selbst bestimmen kann.

In nachhaltigeren Gemeinschafts-Siedlungsformen braucht es, gegenüber den „Mietkasernen“, welche als Negativbeispiele für mehrgeschossigen Wohnbau dienen, mehr Selbstbestimmung, Freiraum, Garten, etc. welche als Teil einer Gemeinschaft nieder-

schwellig realisiert wird, anstatt abgegrenzter Kleingärten und allseitig gleicher Gestaltung. Werden diese Probleme behoben, bieten gute mehrgeschossige Wohnbauten besonders positive Entwicklungen im sozialen Umfeld, leistbareres Wohnen, und einen ökologisch geringeren Fußabdruck.

Steildach oder Flachdach

Traditionell hat in Vorarlberg das Steildach, besonders aufgrund fehlender technischer Möglichkeiten jahrhundertlang dominiert. Die Steildächer der Rheintalhäuser wurden mit Brettschindeln gedeckt, die mit Steinen beschwert wurden.^[89] Aber auch das Brengenerwälderhaus und das Montafonerhaus verfügen als traditionell typische Hausform über ein Satteldach.

Inzwischen dominiert im Vorarlberger Neubau das Flachdach. Durch die Entwicklung verschiedener ölbasierter Produkte, wie beispielsweise Bitumen, EPDM oder Kunststoffabdichtungsbahnen können Dächer dauerhaft abgedichtet werden. Grundlegender Vorteil des Flachdachs ist die günstigere Herstellung. Für das Steildach wird zusätzlich zur letzten Geschossdecke in der Regel ein Dachstuhl aufgebaut. Der Dachboden gilt hier oftmals als verlorene Fläche. Das Flachdach hingegen kann direkt auf die oberste Geschossdecke aufgetragen werden und verspricht zusätzlich nutzbare Fläche. Als begrünte Dachterrasse, als Fotovoltaikfläche oder einfach nur als wasserdichte Ebene mit Kiesauflage. Zudem gibt es keine störenden Dachschrägen im Innenraum.

89 - Wikipedia-Autoren: Rheintalhaus, in: de.wikipedia.org, 15.04.2019

Klimarelevanz

Die Ausformulierung der Dachform hat einen wichtigen Faktor auf die Klimabilanz des Gebäudes. Beim Flachdach werden im Regelfall Dampfsperren auf die Geschossdecke vollflächig aufgeklebt, bzw. geflämmt. Anschließend wird eine begehbare Dämmung, meist in Form von EPS oder PU-Hartschaumplatten verlegt und darauf, je nach Abdichtungsart ein-, zwei-, oder sogar dreilagig Abdichtungsbahnen verlegt oder verklebt. Auf dieses Paket wird anschließend ein Kunststoffvlies zum Schutz der Abdichtung gelegt und wiederum darauf eine Kiesbeschwerung.

Die gewachsene Anforderung an kreislauffähiges Bauen, bzw. der Verminderung von ölbasierten Baustoffen und der Recyclingfähigkeit, am besten noch Verrottungsfähigkeit widerspricht aber den Anforderungen an die Abdichtungen. Säurebeständig, UV-beständig und vor allem langlebig müssen die Baustoffe sein. Recycling wäre im besten Fall bei diesen Verbundwerkstoffen möglich, aufgrund des hohen Brennwertes werden diese aber meist verbrannt.^[90]

Bei Steildächern stellt sich ein teilweise gegensätzliches Bild dar. Ziegel aus Kunststoffabfällen, sortenreine Tonziegel oder völlig recycelbare Metaldächer dominieren den Steildachmarkt. Verbundmaterialien wie Faserzementplatten ausgenommen. Durch die Herstellung einer regensicheren Dachhaut, statt einer dichten Dachhaut können Ziegel auch ohne Verkleben, einzig durch Überlappungen und Falze hergestellt werden. Kunststoffe werden hauptsächlich in den Dampfbremsen oder Unterdachbahnen verwendet, dort auch verklebt, aber in

anderer Intensität und anderem Massenan teil an der Gesamtkonstruktion. Aber auch in der Wartungsintensität und der Langlebigkeit sind Steildächer den Flachdächern weit überlegen.

Einzig die Begrünungsmöglichkeit kann der Klimarelevanz von Flachdächern positiv angerechnet werden. Durch extensive oder sogar intensive Begrünungen wirken Flachdächer positiv auf das Mikroklima und bieten Flora und Fauna Raum, sich zu entwickeln. Auch können Retentionsflächen zur Wasserrückhaltung auf den Gründächern angelegt werden und somit eine Entlastung des Kanals darstellen.

Dächer sollten jährlich gewartet werden. Beim Steildach ist die optische Kontrolle, mit eventuellem Ziegeltausch bei Beschädigungen schnell und unkompliziert durchgeführt. Bei Flachdächern sind schadhafte Stellen oder Elemente deutlich schwieriger festzustellen, besonders unter der Auflast von Kies oder Begrünungen. Werden schadhafte Stellen beim Flachdach erkannt, ist oftmals eine aufwendige Sanierung des Daches notwendig, was einen erneuten, hohen Ressourcenaufwand zur Folge hat.

Als stabilste Dächer können Metaldächer herangezogen werden. Kupferdächer auf Kirchtürmen können Jahrhunderte quasi ohne Wartung überdauern. Dokumentiert und noch erhalten sind sogar Kupferdeckungen aus dem Jahre 1280.^[91]

Für den Entwurf bedeutet dies, dass selbst unter dem Aspekt der Begrünungsmöglichkeit ein Metaldach zu bevorzugen ist. Die Langlebigkeit, aber auch das Verbleiben des Materials im Kreislauf sprechen für diese Verwendung.

90 - Hillebrandt, Annette: Recycling Atlas: Gebäude als Materialressource, 01.01.2018. S.93

91 - Krupstedt, Jörg: Historie der Metaldächer, in: Baumetall, 04.2005

Neue Vorarlberger Bauschule

Die Vorarlberger Bauschule beschäftigte sich bereits in der ersten Generation in den 1960ern mit gemeinschaftlichem, ressourcenschonendem Bauen. Architekten der ersten Generation, wie Hans Purin, Leopold Kaufmann oder Rudolf Wäger prägten den Vorarlberger Holzbau. Die Entwicklung von nachhaltigen und funktionalen Holzbauten im Wohnbereich, abseits der Lehre und Forschung von Universitäten, brachte den Architekten früh internationale Aufmerksamkeit.

Die Bauschule, nicht nur als Ausdruck von Architektur, brachte, auch auf Bestreben einzelner, wie Hans Purin, künstlerische Förderungen oder auch Protestbewegungen gegen das geplante Atomkraftwerk in der Schweiz ins Laufen. So wurde auch der Vorarlberger Kulturbetrieb teilweise reformiert, besonders zugunsten kleiner Spielstätten, neu geschaffener Verbände und Vereine. So wurden teilweise Fördermittel von der Kommerzkultur der Bregenzer Festspiele auch auf regionale Kunst verschoben.^[92]

Größtenteils daran anknüpfend, aber auch teilweise parallel dazu, entwickelte sich zum Ende der 1970er die "Neue Vorarlberger Bauschule" innerhalb der Vorarlberger Holzbauschule.

Im Vergleich zur klassischen Vorarlberger Holzbauschule, die sich auf die Konstruktion von Wohnhäusern konzentrierte, beschäftigte sich die Neue Vorarlberger Bauschule verstärkt mit öffentlichen Bauten, wie zum Beispiel Schulen, Sporthallen oder Verwaltungsgebäuden.

Ein zentraler Aspekt der Neuen Vorarlberger Bauschule war auch die Möglichkeit, junger Architekten, direkt nach dem Studi-

um zu Bauen - bedingt durch ein Baugesetz, bei dem für amtliche Bewilligungen kein zivilrechtlich befugter Planer nötig ist.^[93]

Durch dieses Baugesetz konnten die frischen Architekten, aufgrund der Konflikte mit der Architektenkammer damals "Baukünstler" genannt, wie beispielsweise Bruno Spagolla, Hermann Kaufman, Helmut Dietrich, und einige andere sich direkt nach dem Studium an die Bauaufgabe wagen, ohne vorhergehende Praxisjahre in bestehenden Büros zu absolvieren.

Neue Konzepte, Themen und auch Materialien wurden besonders mit willigen Bauleuten ausprobiert. Davon gab es, auch durch den Schulterchluss der traditionell antibürokratisch und dezentralistische eingestellten Bürger genug.

Die Neue Vorarlberger Bauschule hatte, besonders im Vergleich zur vorhergehenden Vorarlberger Holzbauschule einen größeren Einfluss auf die österreichische Architekturszene. Seit den 1990ern wurde Vorarlberg mit deren Holzbauarchitektur Ziel vieler Architekturtouristen, welche nachhaltige, aber auch baukulturelle Impulse in ganz Europa verbreiten.^[94]

Dennoch gibt es auch Architekten, die sich gegen die Neue Vorarlberger Bauschule ausgesprochen haben. Kritisiert wurde vor allem die Verwendung von Stahl und Glas, die als unpersönlich und unpassend für die Landschaft empfunden wurden. Auch die oft hohe gestalterische Qualität der Gebäude wurde als übertrieben und unrealistisch angesehen.

92 - Kapfinger, Otto: Zur Entstehung und Wirkung einer Schule, die nie eine War, in: MODULØR Magazin, Bd. 2012/06, 06.2012

93 - ebenda

Insgesamt lässt sich sagen, dass die Neue Vorarlberger Bauschule eine wichtige Entwicklung in der österreichischen Architekturgeschichte darstellt. Durch die Verwendung neuer Materialien und Technologien wurde eine neue Formensprache und Ästhetik geschaffen, die auch heute noch viele Architekten inspiriert.

Die Verbindung von modernen Materialien mit traditionellem Holzbau hat die Vorarlberger Holzbauschule zu einem wichtigen Pionier der nachhaltigen Architektur gemacht und dazu beigetragen, dass Holz als Baustoff wieder mehr Beachtung findet.

In Vorarlberg sind die meisten Holzbauten öffentliche, repräsentative Bauten oder Einfamilienhäuser.

Im folgenden Kapitel werden aktuelle Entwicklungen verschiedener Bauweisen im Vorarlberger Wohnbau vorgestellt und anhand der Materialität, Kreislaufpotenzial, Standorte und Dichte, Technik, Soziales und der Umnutzbarkeit analysiert und kurz beschrieben. Auch eventuelle Besonderheiten werden ausgeführt.

Daraus sollen positive Aspekte für den folgenden Entwurf herausgenommen werden. Die kritische Auseinandersetzung mit den gebauten Objekten soll aber besonders im Sinne der Nachhaltigkeit geführt werden.

Die gewählten Referenzprojekte sind:

Strohballenhaus in Dornbirn

Georg Bechter Architektur+Design

Wohnen 500 in Mäder

Johannes Kaufmann und Partner

Qulumbus in Klaus

Baumschlager Eberle Architekten

Gewählt wurden diese Projekte aufgrund deren Materialität, wie beim Strohballenhaus, deren ökonomischer, sowie ökologischer Nachhaltigkeit, wie beim Wohnen 500 Projekt, oder aufgrund der Darstellung der aktuell marktüblichen Herstellung beim Projekt Qulumbus.

REFERENZEN

Referenzen

Strohballenhaus

Materialität

In Dornbirn wurde bereits 2014 ein lastabtragendes Strohballenhaus von Georg Bechter Architektur+Design fertiggestellt. Der Bungalow besteht aus tragenden Großformat-Strohballen, welche in der Regel aus dem Format 70 x 120 x 100-300 cm bestehen. Die Länge der Strohballen kann je nach Anforderung frei in 5cm Schritten eingestellt werden.^[95] Neben der Tragwerksfunktion wirkt das Stroh auch als Dämmmaterial (0,046 bzw. 0,082 W/(m.K) je nach Einbaulage – geprüfte Baustrohballen^[96]) und als Putzträger. Auch architektonisch bilden die Strohballen einen Mehrwert. In den Wandöffnungen werden Nischen geschaffen, welche als Verweilflächen mit Sitzmöglichkeiten, bzw. im Nassbereich mit einer Badewanne ausgeführt sind und den Bezug ins Freie ermöglichen. Verputzt wird im Innenraum mit Lehm, im Außenraum mit Kalk.

Die lastabtragenden Strohwände mit 120 cm dicke werden als zwei parallele Scheiben ausgeführt, welche einen großen, rechteckigen Raum aufspannen. Darauf werden vorgefertigte Deckenelemente eingehängt. Fenster und Türeinschnitte werden aus Gründen der einfacheren Konstruktionsweise raumhoch ausgeführt. Auf die Strohballen werden umlaufend Vollholzträger aufgelegt, zur Überspannung der Fensterausparung, wie auch zur Auflage der Deckenelemente, welche ebenfalls mit Stroh gedämmt wurden. In den offenen Grundriss werden vier Holzboxen zur Einteilung des Grundrisses eingestellt.

Kreislaufpotenzial

Das Strohballenhaus ist in der Betrachtung des Kreislaufpotenzials ein wegweisendes Projekt. Die Verwendung des eigentlichen Abfallstoffs Stroh als tragenden Baustoff in Kombination mit Lehm- bzw. Kalkputz und strohgedämmten Holzkastenelementen zeigt deutlich das Potenzial heimischer und altbekannter Materialien. Durch die Lieferung der Holzdeckenelemente als Fertigteile kann die Annahme getroffen werden, dass einer Weiterverwendung in anderen Gebäuden nur die Rechtssprechung im Weg steht. Untersuchungen zeigen bei Strohelementen eine Lebensdauer von bis zu 200 Jahren. Die Weiterverwendung des Bauteils und damit auch die Speicherung des Kohlendioxids im Stroh und Holz wäre für die Herausforderungen unserer Zeit besonders unterstützenswert.^[97]

Standort und Dichte

Das Strohballenhaus mit gesamt ca. 175 m² Wohnfläche plus Doppelgarage steht am Rande Dornbirns, in der Straße „Lange Äcker 14“, direkt angrenzend an das Dornbirner Ried. Neben der extrem hohen Flächenverbrauchs des für zwei Personen konzipierten Wohnhauses^[98] mit ca. 87 m² pro Person, zuzüglich Doppelgarage und Wandaufbau mit ca. 120 cm muss die ökologische Gesamtbilanz alleine aufgrund des Versiegelungsgrades der Riedlandschaft dieses Gebäudes in Frage gestellt werden. Immerhin ist trotz der Randlage die öffentliche Verkehrsanbindung an das Gebäude sehr gut (ca. 5 Minuten zu Fuß zur Bushaltestelle und 15 Minuten zu Fuß zur nächsten S-Bahn Haltestelle).

95 - asbn - austrian straw bale network: Baustrohballen, in: ASBN, 29.01.2021

96 - Bio-Baustrohballen: Baustoff und Dämmung: in: Sonnenklee, 20.08.2022, in: sonnenklee.a

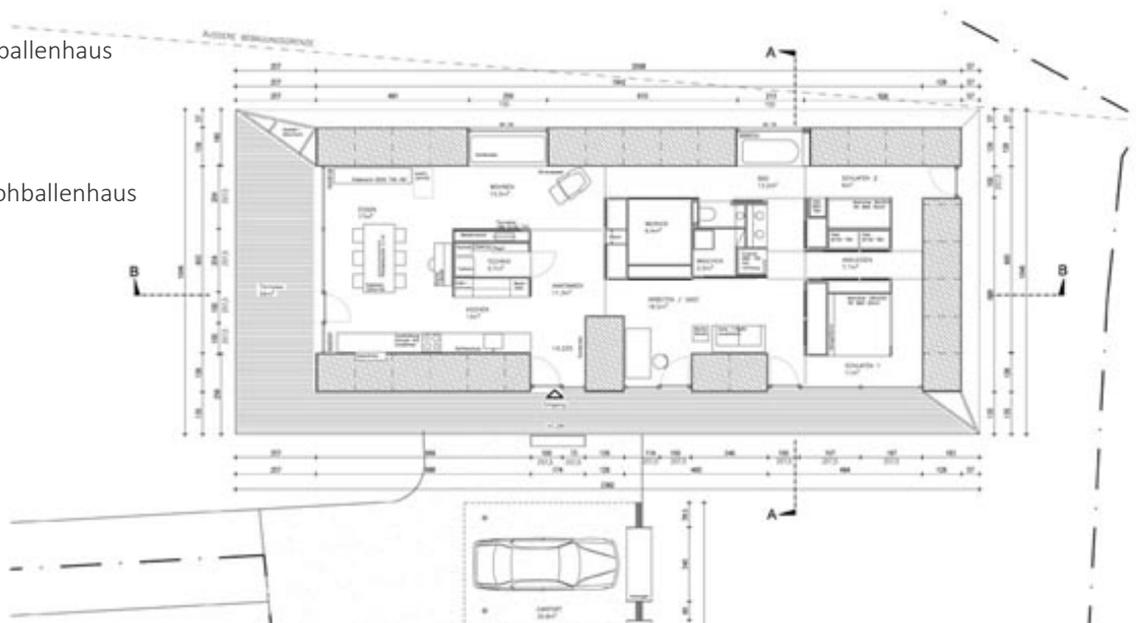
97 - Strohballenhäuser – am Lebensende Kompost: in: denkhausbremen.de, 17.12.2020

98 - Strohballenhaus Dornbirn: in: Baunetzwissen.de



Abb.3.: Ansicht Strohballenhaus

Abb.4.: Grundriss Strohballenhaus



Technik

Low-Tech als Technikkonzept: Die tiefen Laibungen und das große Vordach reduzieren den Energieeintrag über die Fenster im Sommer. Im Winter kann die Sonne durch den tiefen Sonnenstand weit in die Struktur eindringen und der solare Eintrag wird maximal genutzt. Zusätzlich wird das gesamte Haus über einen Kachelofen geheizt. Durch den Verbund des Fußbodens mit der Betonplatte und der relativ schweren Strohausenwände wird eine hohe Speichermasse des Gebäudes erreicht, und dadurch auch eine verhältnismäßig hohe Bauteilaktivierung. Neben dem Kachelofen ist der Warmwasserboiler die einzige Haustechnik. Dieser Ansatz einer möglichst geringen Technifizierung des Gebäudes ist besonders attraktiv in der Instandhaltung und im Rückbau. Aber auch die Errichtungskosten werden niedrig gehalten.

Soziales

Die bereits erwähnte, enorme Flächeninanspruchnahme stellt das Gebäude im Bezug zur sozialen Fairness deutlich schlechter dar, als mehrgeschossige Wohnbauten. Durch die Bungalow-Bauweise wird besonders viel wertvoller Baugrund verbraucht und das Angebot verkleinert. Neben der bereits erwähnten Schwierigkeit des öffentlichen Verkehrs, welcher besonders schwierig in Gebieten mit niedriger Dichte in attraktiver Taktung annähernd rentabel auszuführen ist, bleibt dieser Wohnbau der Oberschicht vorenthalten. 175 m² Wohnfläche für zwei Personen kann nicht als Standardwohnraum für die Gesamtbevölkerung bereitgestellt werden, weder von der Ressourceninanspruchnahme, des Flächenverbrauches, noch

der Bereitstellung eines funktionierenden öffentlichen Verkehrs.

Umnutzbarkeit

Durch das Einstellen von vier Holzboxen in die sonst relativ rigide Struktur können Räume einfach umgebaut werden, alternative Nutzungen in Büro und Wohnen bzw. eine Teilung in zwei unabhängige Wohnräume sind aber außerhalb der Familie aufgrund der Anschlüsse und der Haustechnik, Nasszellen, bzw. der reinen Wärmebereitstellung mittels eines Ofens kaum, bzw. nur unter hohen Aufwänden umsetzbar. Mittels Aufstockungen, welche für den tragenden Strohbau kein Problem darstellen sollte, könnte aber der personenbezogene Flächenverbrauch verringert werden.

Brandschutz

Stroh brennt ausgezeichnet. Aber nur lose. Gepresst in Ballen und verputzt (in diesem Beispiel innen mit Lehm und außen mit Kalk) wird der Strohballenwand die Brandwiderstandsklasse F90 bescheinigt.^[99] Selbst bei Rissbildung der Verputzschicht brennt das Stroh nicht. Die Strohballen verkohlen im Bereich des Risses und schützen durch die erhaltene Dämmwirkung den restlichen Strohballen. Neben dem Sauerstoffabschluss durch den Putz ist als weiterer Grund für die gute Performance in Brandversuchen der geringe Sauerstoffanteil im Ausgangstrohballen. Dieser wird durch die hohe Pressung und somit Dichte der Strohhalme niedrig gehalten.

In Dornbirn wäre der Brandschutz aufgrund der Klassifizierung in Gebäudeklasse 1 (Freistehende Gebäude mit einem Fluchtniveau unter 7m, bestehend aus einer Wohnung



Abb.5.:
Ansicht



Abb.6.:
Innenraum

unter 400m²)^[100] unter keiner Brandschutzanforderung gestanden, weder bei Anforderungen an Oberflächen, noch an Widerstandsdauer von Bauteilen.

In der damals gültigen OIB Version 2011 wäre, sofern statisch nachweisbar, der Bau eines reinen Strohballenhauses bis zur Gebäudeklasse 4 möglich gewesen (Brandabschnittsbildende Decken und Wände an Grundstücks oder Bauplatzgrenze ausgenommen).^[101]

Auch statisch ist das Gebäude in Dornbirn nicht an die Grenzen des Möglichen gestoßen. Referenzbeispiele in Italien bescheinigen dem Stroh auch die statische Kompetenz, als lastabtragendes Material bis zu 3 Geschosse tragen zu können.^[102]

Fazit

Das Strohballenhaus in Dornbirn zeigt viele positive Aspekte des nachhaltigen Bauens auf, besonders in der Materialisierung, Rückbaubarkeit und Gebäudetechnik.

Suffizient bei diesem Projekt ist besonders der Materialverbrauch, durch die Anwendung von Stroh für die Lastabtragung, aber auch für die Dämmung.

Der Verzicht auf Bodenbeläge, Technikflächen, komplexe Heiz- bzw. Lüftungssysteme unterstützt diesen Suffizienzgedanken

Bezüglich der Lage und Dichte des Gebäudes ist das Strohballenhaus deutlich verschwenderischer mit dem Vorhandenen umgegangen. Als mehrgeschossiger Wohnbau in der selben Ausführung hätte es als Standardwerk für suffizientes Wohnen gelten können.

Alleine an den Innenraumbildern kann aber von einem angenehmen Wohnraum, besonders durch die Materialität der ausgeführten Holzoberflächen und Lehmputze, geschlossen werden. Ziel eines jeden Wohnbaus muss ein angenehmes Wohnklima sein, welches in diesem Baukörper augenscheinlich erreicht wurde.

100 - Minke, Gernot/Benjamin Krick: Handbuch Strohballenbau: Grundlagen, Konstruktionen, Beispiele, 3., ökobuch, 30.04.2014. S.28

101 - OIB Richtlinie Begriffsbestimmung - Vers.2011: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 10.2011

102 - OIB Richtlinie 2 - Vers. 2011: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 10.2011



Abb.7.:
Innenraum



Abb.8.:
Ansicht

Wohnen 500

Eine etwas aktuellere Entwicklung ist ein für die VOGEWOSI im Jahr 2016 entwickeltes Konzept von Johannes Kaufmann und Partner. Umgesetzt wurden die Wohnen 500 Projekte bereits an diversen Standorten – beispielsweise Mäder, Röthis, Altsch, etc.

Weitere "Wohnen 500" Projekte sind aktuell in Vorbereitung, sowie im Bau und mehrere weitere Gemeinden sind an der Weiterführung des Projektes in der eigenen Gemeinde interessiert bzw. stehen am Beginn eines Wohnen 500 Projekts.

Der große Erfolg des von Johannes Kaufmann und Partner erstellten Konzepts basiert auf den niedrigen Errichtungskosten, gepaart mit einer hohen Ausführungs- und Aufenthaltsqualität. Erreicht wird dies durch eine Errichtung in Modulbauweise mit effizienten Strukturen, als Punkthaus mit Vierspannern oder als Zeilenbaukörper mit Laubengangerschließung.

In der weiteren Analyse wird das Projekt in Mäder betrachtet.

Materialität

Das Projekt mit gesamt 20 Wohnungen wurde als Doppel-Punkthäuser mit je 3 Geschossen realisiert. Die Wohnungen werden aus zwei bis vier Holzbaumodulen aus Brettsperrholz zusammengefügt. Die Module werden bereits mit außenseitiger Wanddämmung an die Baustelle geliefert, die Fertigstellung der Fassade, sowie das Stiegenhaus erfolgt mit dem Aufbau der Module. ^[103]

Durch den sehr hohen Vorfertigungsgrad mit kompletter innenseitiger Fertigstellung kann die Ausführungsqualität maximiert werden. Sämtliche innen liegenden Holzverkleidungen, wurden im Werk montiert,

einzig die Verbindungsstellen zwischen den Modulen wurden baustellenseitig verkleidet.

Die sehr geringe gesamt Baustellenzeit von gerade einmal vier Monaten (September bis Dezember 2016) kann nur mit der kellerlosen Modulbauweise sichergestellt werden. Neben der schnelleren Bauweise ist die Herstellung des Gebäudes ohne Keller auch im ökologischen Sinne als positiv zu bewerten. ^[104]

Kreislaufpotenzial

Die Wohnen 500 Bauten sind durch den hohen Verwendungsgrad von Vollholzelementen, bzw. CLT (Cross-Laminated-Timber oder auch Brettsperrholz genannt) Elementen weiterverwendbar. Prinzipiell könnten die Module als ganzes umgebaut und somit erneut eingesetzt werden, auch die Weiterverwertung der Holzelemente wäre möglich. Die Stiegenläufe, welche als Fertigteile auf die Brettsperrholzelemente aufgelegt sind, könnten genauso weiterverwendet werden. Die Bodenplatte und Dämmelemente stellen die Kreislaufwirtschaft besonders vor Herausforderungen.

Im Falle von Mineralwolle wird diese aktuell in den meisten Fällen deponiert, auch wenn eine stoffliche Weiterverarbeitung im Optimalfall möglich ist. ^[105] Mineralwolle kann aber besonders einfach durch andere Dämmstoffe ersetzt werden. Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, wie beispielsweise Flachs-, Hanf-, oder Holzfaserdämmungen erzielen in den relevanten Bereichen ähnliche Materialeigenschaften. Brandschutztechnisch relevant scheint auch hier die Dämmung aufgrund der Dreigeschoßigkeit nicht zu sein.

103 - Holzforschung Austria: Wohnen 500, Mäder, AT, in: dataholz.eu

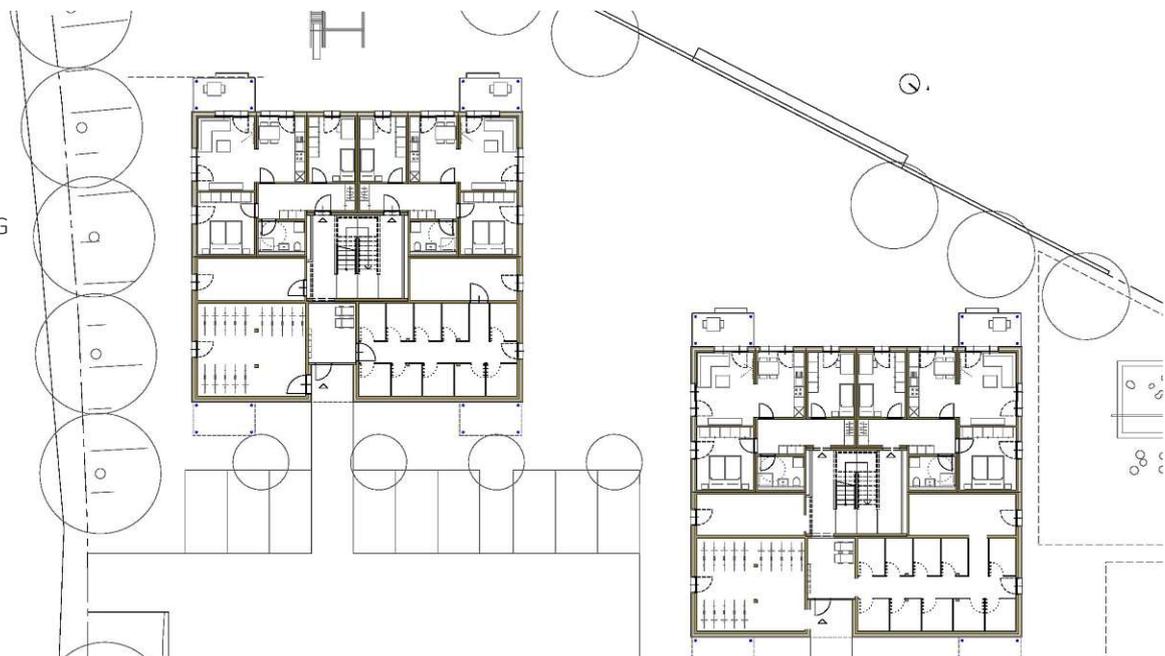
104 - Hartmann, C/Ö Özdemir/A Hafner: What is the impact of a basement on a building LCA and what role does the functional unit play?, in: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, Bd. 1078, Nr. 1, 01.09.2022

105 - Umweltbundesamt Deutschland: Fact Sheet - Mineralwolle, in: Umweltbundesamt.de, 15.05.2019



Abb.9.: Ansicht

Abb.10.: Grundriss EG



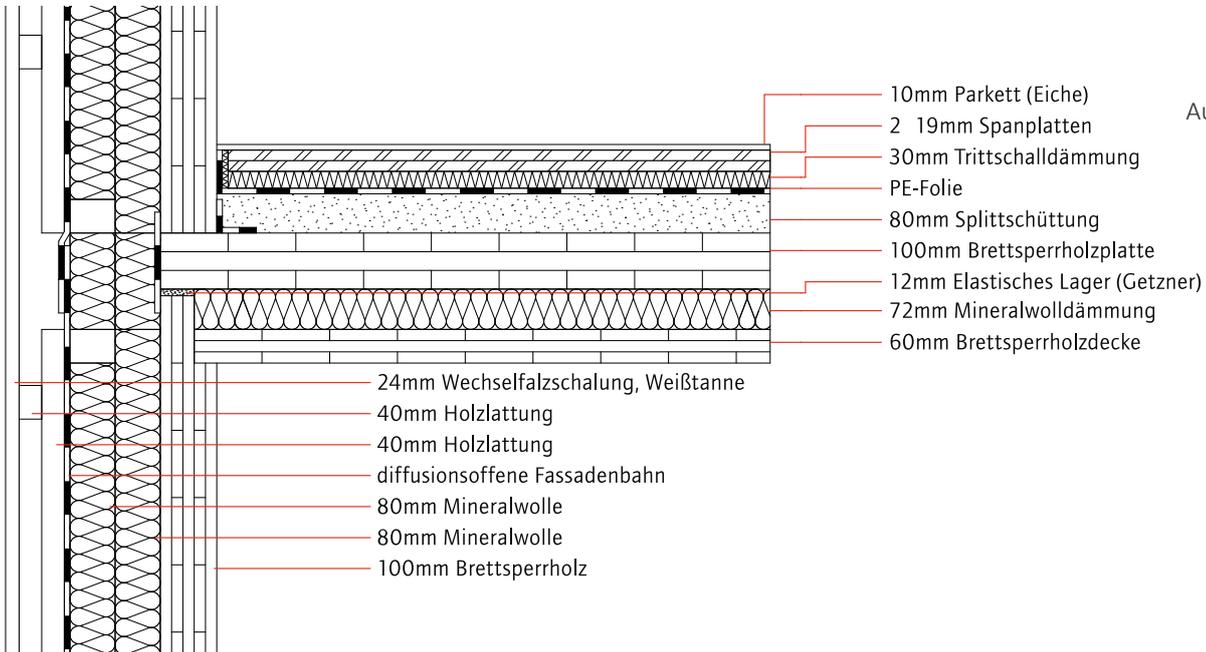


Abb.11.:
 Aufbau Module

Abb.12.:
 Detailschnitt

Standort und Dichte

Die Baukörper wurden in Mäder in der „Neuen Landstraße 81“ gebaut. Die Baukörper stehen am Siedlungsrand, nahe der Autobahnanschlussstelle Götzis. Mäder ist in den letzten Jahrzehnten extrem gewachsen, von 960 Einwohnern in 1961 auf 4.143 in 2022. ^[106] Der Gebäudekomplex ist mit gesamt 20 Wohnungen und 2.050 m² Bruttogeschossfläche auf ca 3.400 m² Grundstücksfläche und damit einhergehender Baunutzungszahl von 60. Theoretisch möglich wären in Mäder im dichten Wohn- oder Mischgebiet eine Baunutzungszahl von 70 mit einer Höchstgeschosszahl von 3. ^[107] Insofern hätten die Baukörper etwas größer ausfallen können, aufgrund architektonischer Gegebenheiten wurde darauf wahrscheinlich verzichtet.

Technik

Durch die Vorfertigung der Elemente wird die im Haus benötigte Technik bereits im Werk installiert und bei der Montage zusammengeslossen. Die Anordnung der Nassräume am Stiegenhaus lässt die Verteilung der Technikkomponenten in zwei Schächten für 4 Wohnungen zu. Einzig die Küchen verfügen noch über kleine Steigleitungen für die Wasserzu- und Abfuhr.

Durch die, wenn auch relativ klein dimensionierte Fotovoltaikanlage am Dach wird die Grundversorgung übernommen. Der Heizwärmebedarf mit 34 kWh/m²a ^[108] ist gut, könnte aber verbessert werden. Dieser Wert ist aktuell bei den Energieausweisen noch mit Klasse A (25-50 kWh/m²a) definiert.

In der damals gültigen OIB Richtlinie (RL 6 / 2011) sind 54,4 kWh/m²a Heizwärme-

bedarf als Maximalwert vorgegeben. ^[109]

Aktuell sind die Anforderung der Energieeinsparung und Wärmeschutz unter anderem über mehrere thermisch-energetische Qualitäten beschrieben. So muss nicht mehr nur das Bauteil und der Heizwärmebedarf ausgewiesen werden, sondern es gelten Anforderungen für Gesamtenergieeffizienz, in deren Berechnung Heizwärmebedarf und Kühlbedarf auch die Klimagunst und Nutzungseigenschaften sowie die energetische Qualität des technischen Gebäudesystems einbezogen werden, aber auch Anforderungen für den Primärenergiebedarf und CO₂ Emissionen. ^[110]

Durch diese Änderungen können die Anforderungen nicht mehr durch eine Zahl ausgedrückt werden, sondern müssen aufgrund der erhöhten Komplexität über Nachweise geführt werden. Dies macht in der äußerst komplexen Materie von Energieeffizienz auch deutlich mehr Sinn, als die gesamte technische Performance eines Gebäudes über eine Kennzahl zu definieren.

Soziales

Der geringe Mietpreis von 500 € pro Monat für 65 m² Wohnfläche stellt den sozialen Aspekt des Gebäudes in den Vordergrund. Alle Freiflächen sind für alle Bewohner:innen nutzbar, ein Kinderspielplatz ergänzt das Angebot. Durch den spitzen Zuschnitt des Bauplatzes ergeben sich weitere für die Bebauung unbenutzbare Flächen. Diese bieten aber als Freifläche allen Bewohner:innen Platz zum Spielen und Benutzen. Die nicht-barrierefreie Erschließung der Wohnungen in den Obergeschossen stellt in der Ansicht des Autors nach ein Problem für den Wohnbau dar. Die Barrierefreiheit ist aufgrund

106 - Mäder, Bevölkerungsentwicklung: in: Mäder, in: de.wikipedia.org

107 - Gemeinde Mäder: Bebauungsplan Mäder, in: maeder.at, 15.09.2014

108 - Austria, Holzforschung: Wohnen 500, Mäder, AT, in: dataholz.eu

109 - OIB Richtlinie 6 - Vers.2015: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 03.2015

110 - OIB Richtlinie 6 - Vers.2019: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 04.2019

der immer älter werdenden Bevölkerung gerade bei Neubauten immer stärker zu berücksichtigen.

Umnutzbarkeit

Die Herstellung der Wohnanlage mit fertigen Wohnmodulen stellt den Baukörper im Sinne der Umnutzbarkeit vor Herausforderungen, bzw. muss die Sinnhaftigkeit eines größeren Umbaus, in Folge von Nutzungsänderungen bedacht werden. Die Innenwände, welche aufgrund von Modulgrößen entstanden sind, können nicht einfach entfernt werden. Ausschnitte sind aber denkbar, durch die Leitungsführungen am Stiegenhaus wahrscheinlich auch an den meisten Stellen relativ problemlos durchführbar. Die Grundstruktur der Raummodule jedoch ist kaum umbaubar, sofern nicht der Gesamtbau mit den Modulen abgebaut oder umgestellt wird. Aufgrund des hohen Aufwands ist dies aber kaum realistisch oder kostentechnisch umsetzbar.

Eine alternative Nutzung außerhalb einer Wohnnutzung ist für den Wohnbau aktuell nur bedingt möglich. Abhängig von den Raumhöhen (Annahme Mindestvoraussetzung von 2,50 Meter), aber auch durch die Modulbauweise.

Einsparpotenzial

Um den besonders niedrigen Wohnpreis von 500 € für eine 65 m² große Wohnung, incl. Betriebskosten erreichen zu können, mussten in der Ausstattung der Wohnbauten diverse Einsparungen vorgenommen werden. Neben der Umsetzung ohne Keller und auch ohne Tiefgarage, welche sich deutlich in den Gesamtbaukosten, aber auch in der ökologischen Betrachtung positiv niederschlagen, wurde auch bei der Barrierefrei-

heit gespart. So sind laut VOGEWOSI keine Lifte eingebaut, somit auch nur die Wohnungen im Erdgeschoss barrierefrei. Ohne die Ausnahmeregelung im Vorarlberger Bautechnikgesetz wäre das so nicht baubar. Laut OIB Richtlinien wäre aber ein dreigeschossiger Wohnbau aktuell nicht ohne Lift errichtbar. Zudem ist die Barrierefreiheit ein Grundbestandteil von attraktiven, zukunftsfähigen Wohnbauten.

Das Fehlen von Tiefgaragenparkplätzen und Keller führt neben der Notwendigkeit von oberirdischen Parkplätzen auch zur Verortung von Lagerräumen, Fahrradabstellplätzen, sowie anderen dienenden Räumen im Erdgeschoss. Für Fahrradabstellräume bietet dies einen großen Vorteil, da ein Barrierefreier Zugang die Verwendung von Fahrrädern fördert. Für den Außenraum bedeutet diese Anordnung von Stellplätzen, Abstellräumen, Müllraum, etc. jedoch eine klare Teilung in attraktiver Außenraum vor den Wohnungen und einer unattraktiveren Erschließungsfläche.

Fazit

Das Projekt „Wohnen 500“ ist besonders in sozialer Hinsicht ein richtungsweisendes Konzept im Wohnbau. Aufgrund der mehrmaligen Ausführung zeigt es, dass der soziale Wohnbau in sämtlichen Belangen, besonders auch in der Materialität und damit Ressourceneinsparung mit konventionellen Bauvorhaben mithalten, wenn nicht sogar überholen kann. Als Vorbild für weitere Bauträger sollte es grenzüberschreitend gelten.



Abb.13.:
Ansicht

Abb.14.:
Ansicht



Qulumbus

Das Qulumbus in Klaus in Vorarlberg ist ein Nachverdichtungsprojekt in dessen Dorfmitte. Es bietet, aus zwei Baukörpern bestehend, 12 Wohnungen von 24 bis 102 m², sowie 2 Geschäftsflächen mit gesamt ca. 285m².

Materialität

Das Gebäude ist auf einem Stahlbeton Untergeschoss mit vorgefertigten Vollholz-Außenwänden hergestellt. Geliefert wurden die Außenwände als 2D-Fertigeile mit fertiger Fassade, jedoch ohne Fenster und Innenbekleidung.

Laut Architekten werden „nur“ die Decken und Sockel aus Stahlbeton hergestellt ^[111], laut Baustellenfotos wurden aber auch teilweise tragende Innenwände aus Stahlbeton angefertigt. ^[112] Durch die geringe Vorfabrikation und der hohe Ortbetongehalt benötigt das Projekt eine für einen Holzbau lange Herstellungszeit von 17 Monaten (Juni 20 - Oktober 21). Im Innenraum sind die Wände mit Gipskarton verkleidet. Der konsequente Holzbau wird als solcher nur an der Fassade realisiert.

Wie schon im Vorwort angesprochen, sind architektonische Entscheidungen auch Marketingtechnisch richtig zu kommunizieren. Dass ein Gebäude mit hohem Betongehalt als annähernd reiner Holzbau vermarktet wird, ist im Sinne der Transparenz gegenüber der künftigen Mieter:innen unfair.

Auch wenn der Holzbau noch in der Konzeptphase konsequent durchgeplant war, aufgrund der Kostenplanung aber Konstruktionsarten und Materialien geändert werden, muss dies gezwungenermaßen kommuniziert werden. Inwieweit Änderungen

oder einfach ungenaue Angaben das Holzbauprojekt „verwässert“ haben, ist unklar. Auch die Kommunikation mit den Mietern und sonstiges Marketing wurde nicht weiter untersucht.

Kreislaufpotenzial

Durch den hohen Verwendungsgrad von Stahlbeton und der Beplankung der Innenwände mit Gipskarton ist dieses Gebäude nur zu einem kleinen Teil im Kreislauf haltbar. Die Imprägnierung der Holzelemente an der Fassade stellt im Vergleich dazu ein nahezu vernachlässigbares Problem des Gebäudes dar. Auch durch die verschiedenen geknickten Fronten und der Anpassung an das Gelände, sowie der unübliche Traufenverlauf lassen die vorgefertigten Holzpaneele in der Fassade kaum Möglichkeit zur Weiterverwendung.

Standort und Dichte

Die zwei Baukörper integrieren sich gut in die bestehende Baustruktur durch das Aufgreifen von Farb- und Materialkonzepten in der Umgebung. Die Teilung des Gebäudes in zwei Baukörper respektiert typische Gebäudegrößen im Ortskern und orientiert sich daran. Neben der Schaffung von neuem Wohnraum werden im Qulumbus auch zwei Geschäftsflächen in der Klausener Ortsmitte geschaffen. Die Reaktivierung von Gemeindegärten durch Arbeitsmöglichkeiten ist im Sinne des Konzepts „Stadt der kurzen Wege“. Auch die optimale öffentliche Erschließung mit dem Bus ist durch die bestehende Bushaltestelle in 50 m Entfernung sichergestellt. Das Projekt besticht vor allem durch seine attraktive Lage.

111 - Dietrich Untertrifaller Architekten: Qulumbus, Klaus (AT), in: Dietrich Untertrifaller Architekten, 27.09.2022

112 - Inside96: Baustellenfotos Qulumbus, 21.02.2021



Abb.15.: Ansicht

Abb.16.: Grundriss EG

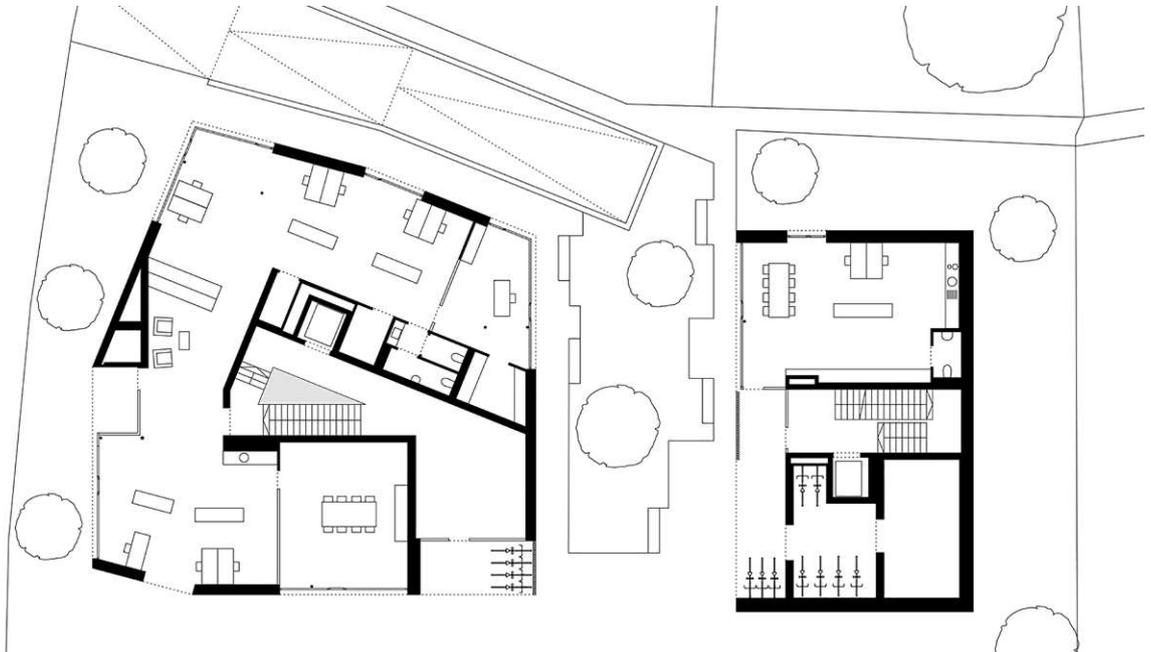




Abb.17.: Ansicht

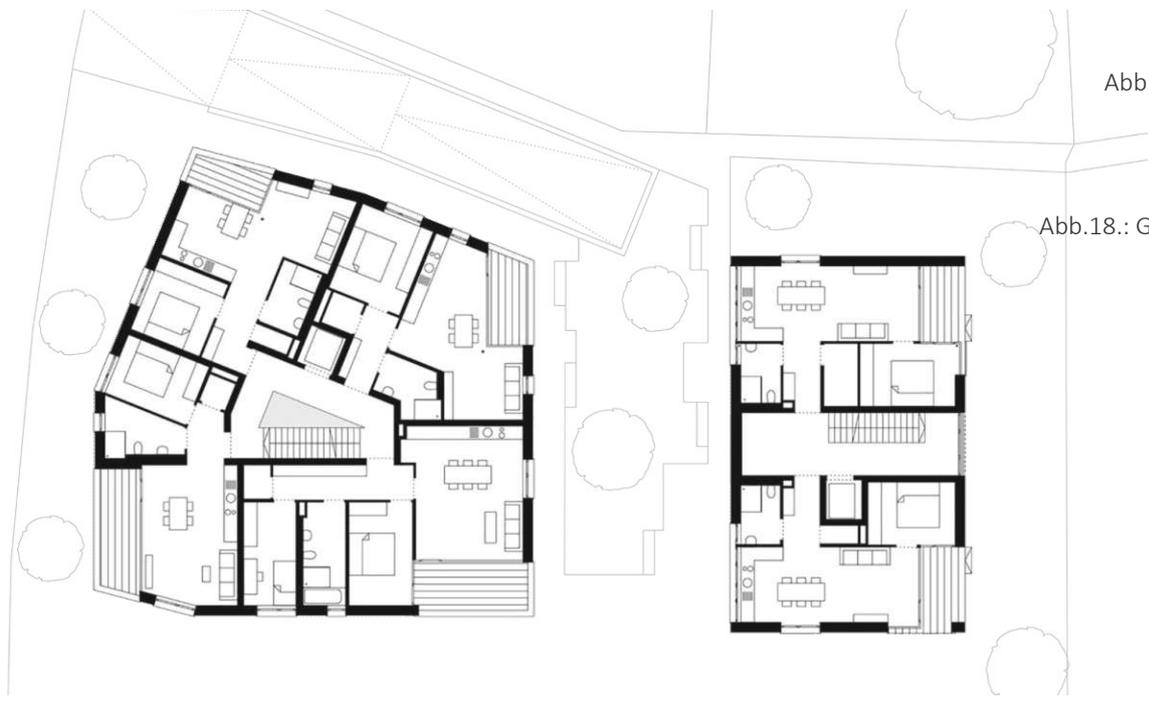


Abb.18.: Grundriss OG

Technik

Heiztechnisch versorgt wird das Gebäude mit einer Erdwärmepumpe. Zudem ist am Dach eine kleine Fotovoltaikanlage, welche auch hier zumindest einen Teil der Grundlast übernehmen kann. ^[113] Grundsätzlich bedingt die Nutzung als Bürofläche einen relativ großen technischen Aufwand für den Erhalt der Luftqualität dar. Für die Büroflächen werden oftmals große Lüftungsanlagen eingebaut, um die Performance des Gebäudes nicht an die Gebäudenutzer:innen zu binden.

Soziales

Auch auf die soziale Nachhaltigkeit wird hier weniger Wert gelegt. Sichtbar wird dies besonders an den deutlich höheren Mietpreisen - von 14 bis 18 € / m² je nach Wohnungsgröße ^[114], im Vergleich zu 7,60 € beim Projekt "Wohnen 500" ^[115]. Die Verbindung von Arbeiten und Wohnen hingegen lässt das Gebäude über den Tagesverlauf in ständiger Benutzung, was für den sozialen Aspekt und das Umfeld positiv betrachtet werden kann. Die Möglichkeit zur gemeinsamen Freiraumnutzung der Bewohner:innen kann auch als gut eingestuft werden.

Negativ für den sozialen Zusammenhalt, bzw. einer Gemeinschaftsbildung fällt hier, wie auch in den meisten Wohnbauprojekten die Tiefgarage auf. Durch die zwei Lifte in den jeweiligen Gebäudetrakten wird die Tiefgarage direkt erreicht. Durch diese Entwicklung findet eine Anonymisierung der Bewohner:innen statt. Darunter kann beispielsweise das Sicherheitsgefühl leiden.

Umnutzbarkeit

Prinzipiell ist das Gebäude umnutzbar, im Erdgeschoss sind auch andere Geschäftsflächen möglich. Für Verkaufsflächen oder bei anderen Nutzungen, welche höhere Geschosshöhen als Büroflächen benötigen, wird die Umnutzung durch die relativ niedrigen Decken beeinträchtigt. Adaptierungen sind aber besonders durch die rigide Struktur durch die Stahlbetoninnenwände schwer durchführbar. In den oberen Geschossen sind alternative Nutzungen statt der aktuellen Wohnnutzung kaum vorstellbar, besonders aufgrund der Geschosshöhe.

Generell sind die Wohnungen aber effizient geplant, Schächte im Kern des Gebäudes situiert und theoretisch Wohnungen zusammenlegbar, wenn auch im Falle von Stahlbetontrennwänden mit hohem Aufwand verbunden. Im hinteren Gebäudetrakt ist dies durch die Trennung der Wohnungen mit der Erschließung kaum möglich. Um eine effizientere Nutzung und leichtere Zusammenlegbarkeit von Wohnungen gewährleisten zu können, hätte das Stiegenhaus in den Zwischenraum der beiden Gebäudetrakte verlegt werden können. Durch das entstehende, attraktivere Stiegenhaus wären Begegnungsmöglichkeiten in der Erschließung angenehmer. Zudem würden sich die Herstellungskosten aufgrund der Zusammenlegung der beiden Stiegenhäuser und damit dem Wegfall eines Stiegenhauses und Aufzugs verringern.

113 - Spatenstich Wohn- und Geschäftshaus Qulumbus in Klaus: in: Wirtschaftszeit, 24.06.2020

114 - QULUMBUS | ERLEBEN NEU ENTDECKEN: in: QULUMBUS.at

115 - Holzforschung Austria: Wohnen 500, Mäder, AT, in: dataholz.eu

7

All diese theoretischen Ansätze, aber auch Untersuchungen von Referenzprojekten fließen nun zusammen.

Im Entwurf wird das theoretische Konzept am Bauplatz "Im Studacker 12" räumlich umgesetzt.

Welche Auswirkungen die untersuchten Referenzen, aber auch die definierten Kriterien auf einen Entwurf haben, wird hier gezeigt. Anforderungen und Entscheidungen werden konkretisiert und zu Papier gebracht.

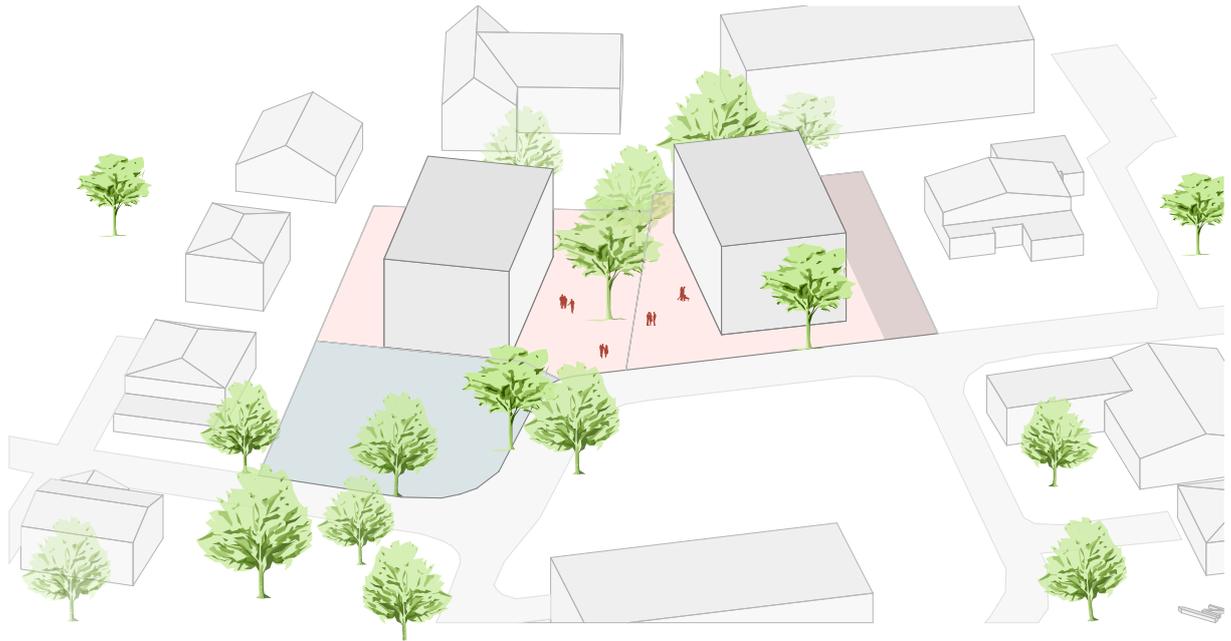
ENTWURF

Entwurf

Die approbierte, gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Volumenstudie



Zwei dreigeschossige, im Typus zwischen Punkt und Riegel liegende, freistehende Volumen positionieren sich am Studacker, beziehungsweise an der Verlängerungsachse der Erschließung und somit auf den beiden größeren Grundstücken. Die Aufteilung des Gesamtvolumina in zwei Baukörper, jeweils mit den Maßen von 22 x 13 x 11 Metern passen sich diese der bestehenden Umgebungsstruktur des Bauplatzes an. Dies erlaubt eine Teilung des Grundstücks in verschiedene Zonierungen. Für den westlichen Bauteil (im Bild links) wird im folgenden Bauteil A verwendet, für den östlichen (rechts) Bauteil B.

Die Baukörper positionieren sich an den vorgeschriebenen Abstandsflächen und fügen sich in die bestehende Altbaumstruktur ein. Bei beiden Baukörpern muss es jedoch aufgrund der dichten Baumstruktur zu einer Versetzung eines jungen Baumes kommen.

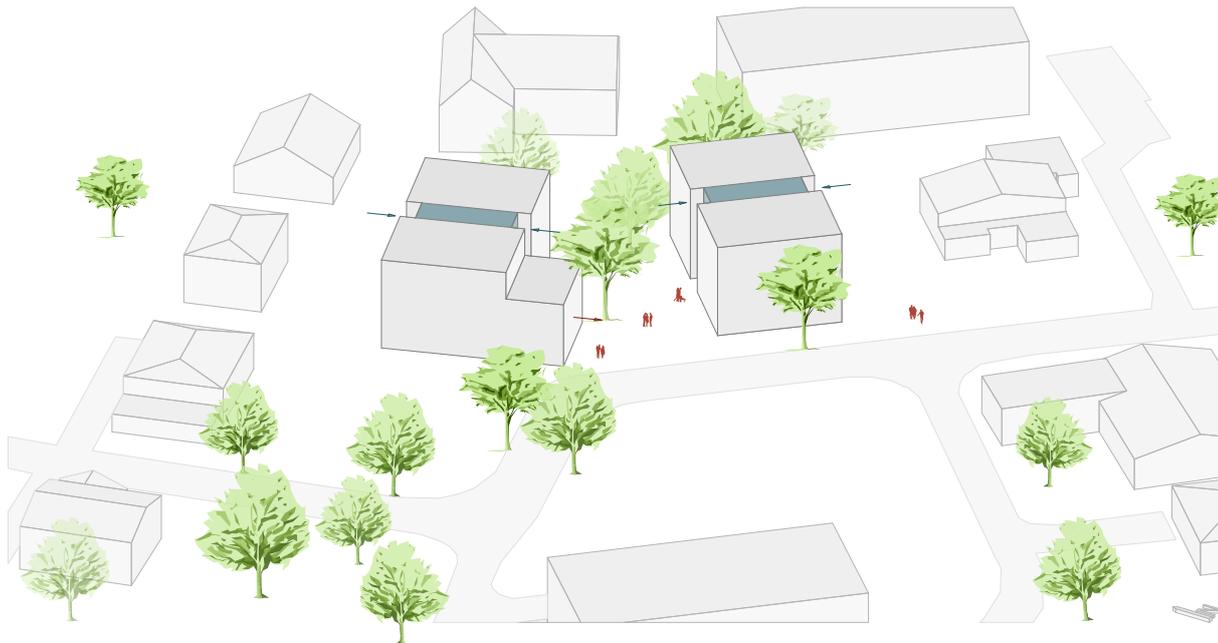
Durch die geringe Gebäudetiefe und dadurch annähernd unidirektionale Ausrichtung kann eine optimale Belichtung der Wohnungen gewährleistet werden.

Das Auffächern der beiden Volumina bildet räumlich eine Spannung zwischen den Baukörpern, was auch stehende Schallwellen vermindert und dadurch für eine bessere Akustik zwischen den Gebäuden sorgt.

Die gesamte Bebauung wird auf zwei Grundstücken ausgeführt, um Platz für eine in Zukunft mögliche Verdichtung bereitzuhalten. Durch die maximale 3-geschossige Bebauungsmöglichkeit kann der Fußabdruck der Struktur bei gleicher Baunutzungszahl kaum kleiner werden.

Das südwestlich liegende Grundstück soll besonders für die Kompensation des Flächenverbrauches, und somit als Erholungszone für Mensch und Tier genutzt werden.

Erschließung



Das Ausrücken des südwestlichen Gebäudeteils im Bauteil A bildet neben der Terrasierung des Gebäudes auch eine Identifikationsmöglichkeit zwischen den Baukörpern und definiert weiters die Mittenzonierung. Neben der räumlichen Zonierung soll die Ausrückung auch den Winddurchzug durch diese Mitte positiv beeinflussen und eine Verringerung der Windgeschwindigkeiten erreichen.

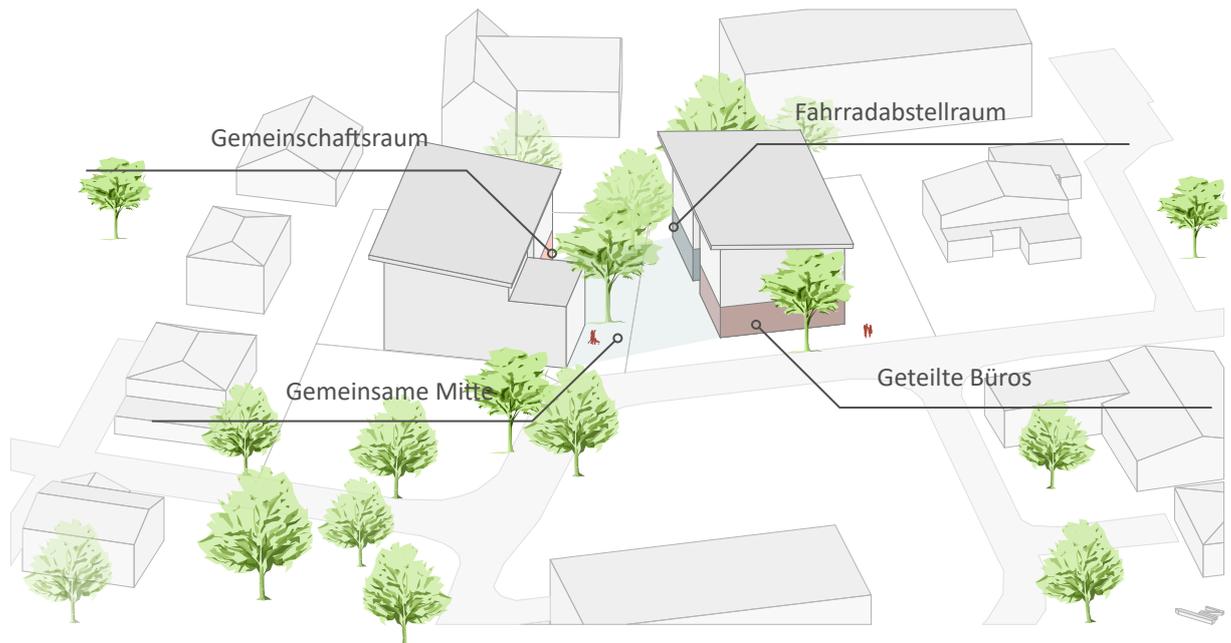
Um eine attraktive Erschließungsfläche zu erhalten, wird diese bei beiden Bauteilen durch den gesamten Baukörper durchgesteckt und beidseitig belichtet. Das Stiegenhaus wird somit ganztags hell beleuchtet und attraktiviert, südseitig aber durch die anderen Gebäudeteile verschattet, was zur besseren thermischen Performance im Sommer beitragen soll.

Durch die Zäsur im Bereich der Stiegenhäuser werden die beiden Baukörper in deren Erscheinung weiter verkleinert. Neben des optischen Vorteils schafft diese sichtbare Funktionstrennung wettergeschützte Hauseingänge und auch einen leichteren Überblick. Die Zugangsmöglichkeiten zu den Häusern sind dadurch klar gekennzeichnet.

Ebenfalls können in den frei werdenden Flächen der Einrückungen auch die Aufzüge platziert werden, ohne als Fremdkörper im, oder auch außerhalb des Gebäudes zu wirken.

Weiteren Witterungsschutz bringt die Ausbildung des Vordaches. Die Pultdächer vermindern durch den allseitigen Überstand die Belastung auf alle Bauteile bei Schlechtwetter und verringern den Feuchteintrag in das Gebäude und sorgen für langlebigere Gebäudeteile.

Gemeinschaftsflächen



Gekennzeichnet ist der Bauplatz durch eine gemeinsame Mitte. Diese Fläche soll den Bewohner:innen neben der Funktion als Erschließungsfläche auch als Treffpunkt dienen. Direkt angrenzend im Bauteil A, auch die gemeinsame Mitte verwendend, befindet sich der Gemeinschaftsraum. Darin sollen gemeinschaftliche Aktivitäten und Feste stattfinden können. Nordöstlich angrenzend zum Gemeinschaftsraum finden sich im Freiraum Hochbeete zum Anpflanzen verschiedener Obst- und Gemüsesorten, jeweils zugeordnet zu den Wohnungen, um Spannungen im Gemeinschaftsgefüge zu vermeiden.

Im straßenseitigen Bereich befinden sich anmietbare Gemeinschaftsbüros, welche Platz außerhalb der Wohnung für „Home-Office“ bieten sollen, aber auch Selbstständigen Raum für Verwirklichung bieten kann.

Im hinteren Teil des kleineren Baukörpers, Bauteil B, befindet sich ein großzügiger Fahrradabstellraum, mit Platz für ca. 60 Fahrräder, incl. E-Ladestationen, zuzüglich Flächen für Lastenräder und Kinderwagenabstellplätze. Dies soll den Stellplatzwegfall, bzw. teilweisen weglass kompensieren.

Freiflächen



Eine grundsätzliche Anforderung an moderne Wohnbauten beinhaltet die Bereitstellung von Freiflächen für alle Wohneinheiten. Dies wird im gegenständlichen Entwurf hauptsächlich durch das Ausziehen von Balkonen erreicht. Die Ausführung der Freiflächen durch Terrassen finden nur im Erdgeschoss und der Wohnung angrenzend zur Dachterrasse statt. Alle Balkonflächen sind annähernd gleich groß und bieten auf ca. 20 m² ausreichend Platz zur selbstbestimmten Benutzung

In den Wohnungen sind im Regelfall die Wohnräume nach innen, zur gemeinsamen Mitte orientiert, die Schlafräume nach außen, um eine nächtliche Störung zu vermeiden.

Zusätzlich sorgen Bepflanzungen zur Lärminderung zwischen den Gebäuden. Die bestehenden Bäume schlucken durch deren Blattwerk deutlich Schall.

Grünflächen



Zur Steigerung der Aufenthaltsqualität, aber vor allem zum Ausgleich der naturräumlichen Eingriffe werden vor allem, aber nicht nur im freibleibenden Grundstück diverse Maßnahmen getroffen.

Grundsätzlich werden raumbildende Bepflanzungen zur Wegeführung, aber auch Sichtachsenbeschränkung eingesetzt. Bäume werden besonders im Süd- und Nordbereich der Gebäude gepflanzt.

Im Zwischenbereich der Gebäude wird die Vegetation mit Ausnahme der bestehenden Bäume dünner gehalten, im Vorbereich der Erdgeschosswohnungen werden jedoch Büsche zum Erhalt der Privatsphäre gepflanzt.

Offensichtlich ist die deutliche Steigerung der Bepflanzung im südlichen Bereich, neben heimischen Laubbäumen auch die Verdichtung von Sträuchern, Büschen und Hecken, um verschiedenen Tierarten Unterschlupf, aber auch Nahrung zu bieten. Besonders wird dies im gestalteten „Nährstofflager“ ausgebildet. Darin soll eine Sukzessionsfläche entstehen, welche von Früchte-tragenden Büschen gekennzeichnet ist und durch eine Umzäunung mit Schlupflöchern Schutz vor Menschen, aber auch anderen Tieren bietet. Diese Intervention soll aber auch als Beobachtungsraum dienen.

Angrenzend daran bietet ein Kinderspielplatz mit einer Natursteinbegrenzung Aktivitätsraum. Die gesamte unbebaute Grundstücksfläche bleibt für die Gemeinschaft zugänglich.

Lageplan und Freiraum

Beide Gebäude sind im Kontext der Umgebung platziert und fügen sich in den Freiraum ein.

Besondere Bedeutung wurde im Freiraum der naturnahen Gestaltung zugemessen. Interventionen im Freibereich werden mit dem Leitgedanken des Animal-Aided-Design getroffen. Das bedeutet auch unter anderem, bei den Natursteinmauern offene Fugen, um Schmetterlingen Platz zu bieten.

Es findet sich auf der großen Freifläche ein Retentionsbecken, zur Wasserrückhaltung und als Lebensraum für Insekten, sowie Trinkmöglichkeit für alle Tiere, gespeist durch anfallendes Regenwasser von den Dächern. Zudem werden artenreiche Blumenwiesen und Sukzessionsflächen aus heimischen Gräsern und Gehölz in den Freibereichen geplant.

In der abgetrennten Futterstation werden beerentragende Sträucher gepflanzt, um verschiedenen Vogelarten Nahrung bieten zu können, aber auch Igel finden in Totholz-bereichen oder den Hochbeeten Überwinterungsplätze.

Am Dach werden Fotovoltaik-Module platziert, die umgebende helle Oberfläche der Metalldeckung soll eine Überhitzung der Module vermeiden, sowie den Reflexionsgrad der Dachhaut erhöhen.

Sämtliche Wege und befestigte Flächen im Freiraum werden mit hellen Natursteinplatten mit großen Fugen ausgeführt, um eine hohe Versickerungsquote zu erreichen und kühle Oberflächentemperaturen zu erhalten.





Felsenbirne

Sukzessionsfläche

Hochbeete

PV - Module

Kleinkinderspielplatz

Hauptzugang BT A

Gemeinschaftsbereiche um die alten Bäume mit Sitzplätzen

Vogelbeobachtungsstation

Gemeinsame Mitte

Sukzessionsfläche

Hauptzugang BT B

Schachtentlüftung

Fahrradzugang

Liftüberfahrt

Zugang Müllraum

Besucherparken

Straßenbegleitgrün mit Ahornbäumen

Dachdraufsicht M 1:300



Animal Aided Design

Die Interventionen im Animal-Aided-Design sind spezifischer Natur. Für den „großen Fuchs“, eine bedrohte Schmetterlingsart werden am Bauplatz die Zitterpappel, sowie die Salweide gepflanzt. Der große Fuchs legt seine Eier in Baumkronen von Laubbäumen, besonders gerne der Zitterpappel ab. Nahrung findet die Schmetterlingsart besonders bei blühenden Weiden, aber auch Baum-säfte aller Art sind gern gefundenes Fressen. Neben der am Bauplatz befindlichen Neupflanzungen sind auch im unmittelbaren Nahbereich Obst- und Laubbäume, die für das Vorkommen des großen Fuchses förderlich sind.

Die Zitterpappel bietet aber auch für den Menschen einen Mehrwert. Das Laub der Zitterpappel raschelt beim leisesten Windstoß und bietet eine beruhigende Wirkung. Der als „Schmetterlings-Magnet“ bekannte Laubbaum besiedelt auch karge Böden und entwickelt sich häufig malerisch mit einer Wuchshöhe von bis zu 20 Metern. ^[116]

Weitere Unterstützung für Insekten bietet die Pflanzung einer Felsenbirne. Der bis zu 8 Meter hohe Baum lockt Bienen, Hummeln und andere Insekten mit den weißen bis roséfarbenen Blüten und dem angenehmen Duft an. Ab den Sommermonaten bietet die Felsenbirne für viele Vogelarten und Insekten dunkelviolette Früchte und damit wichtige Nahrung. Die gute Verzweigung der Äste bietet Vögeln auch Schutz vor Jägern. ^[117]

Weitere Baumpflanzungen, die Insekten, aber auch dem Kleinspecht und dem Waldlaubsänger durch ihren lockeren Aufbau Nist-, aber auch Nahrungsplätze bieten, ist unter anderem die Roterle, welche Tro-

ckenperioden und Wärme, aber auch karge Böden gut übersteht und mit bis zu 30 Metern Wuchshöhe effektive Verschattung im Sommer bietet. ^[118]

Als wichtige Nahrungsquelle für Insekten im Frühjahr wird die Bachweide gepflanzt. Dieser hitze- und dürrerotolerante Busch besticht durch ihren dekorativen Charakter, besonders durch die purpurfarbenen Triebe. Der dichte Wuchs mit einer Maximalhöhe von ca. 4,5 Metern bietet für den Gelbspötter einen optimalen Nistplatz. Dieser baut sein Nest im Zentrum von dichten Sträuchern in einer Höhe von 1 - 4 Metern. ^[119]

Für den Pirol, den Gelbspötter, als auch den Waldlaubsänger müssen keine Winterquartiere geschaffen werden. Diese Zugvögel überwintern in südlichen Gefilden, im Fall des Gelbspötters erfolgt der Wegzug bereits Ende Juli bis Mitte September und er kehrt normalerweise erst Anfang bis Mitte Mai zurück. ^[120]

Der Kleinspecht, oder auch Buntspecht genannt, hingegen überwintert am Standort. Er baut sein Nest in stehendes Totholz oder in Bäume im Zerfallsstadium. Die am Standort bestehenden alten Apfelbäume dienen als optimale Niststätte. Als Nahrung dienen baumbewohnende Insekten, aber auch Beeren, Käfer und Falter. ^[121]

Für den Westigel werden in der Futterstation, aber auch bei den Hochbeeten Versteckmöglichkeiten eingeplant. In der Futterstation wird die Bepflanzung mit bedornten Büschen, wie der Hagebutte, welche zudem als optimaler Nahrungslieferant zählt, bepflanzt. Zudem bietet der Sand-Thymian als immergrüner Bodendecker Sichtschutz auch

116 - Zitterpappel / Espe - *Populus tremula*: in: Baumschule Horstmann

117 - Baum-Felsenbirne „Robin Hill“ - *Amelanchier arborea* „Robin Hill“: in: Baumschule Horstmann

118 - Roterle - *Alnus glutinosa*: in: Baumschule Horstmann

119 - Wikipedia-Autoren: Gelbspötter, in: de.wikipedia.org

120 - ebenda

121 - Wikipedia-Autoren: Kleinspecht, in: de.wikipedia.org, 29.05.2003

im Winter, sowie mit unscheinbaren Nüssen im Herbst auch Nahrung.^[122]

Als undurchdringlicher Großstrauch gilt auch der Eingriffelige Weißdorn. Neben der Funktion als Nährgehölz soll er in der Futterstation auch Katzen vor der Durchquerung abhalten, bzw. deren Jagdmöglichkeit einschränken.

Bei den Hochbeeten sollen im Bodenbereich Löcher in die Holzkonstruktion geschnitten werden, um dem Igel Zugang zur untersten Schicht des Beetes, bestehend aus Reisig und anderem Totholz, zu gewähren. Darin sollen Winterquartiere und Nistmöglichkeiten geschaffen werden.

Für die Zauneidechse ist besonders die Sukzessions- und Retentionsfläche wichtig. Die Echse bevorzugt Altgrasbestände, lockeres Substrat und einen sandigen Boden. Aber auch Gehölze oder andere Schuttfächen bieten der Zauneidechse Lebensraum. Die Einfriedung des Kinderspielplatzes soll als Natursteinmauer mit offenen Fugen verstecke bieten, die Sandfläche dessen bietet für die Zauneidechse Lebensraum. Für diese spezifische Art ist ein Wechsel aus offenen Abschnitten und dicht bewachsenen Bereichen wichtig.^[123]

Grundsätzlich kann für das Animal-Aided-Design online sehr leicht auf Informationen zugegriffen werden, um einhergehend auf spezifisch vorkommende Tierarten eingehen zu können, bzw. die benötigten Interventionen zu berücksichtigen. In Vorarlberg gibt die inatura Rote Listen zu Flora und Fauna aus, in denen auch Empfehlungen und Möglichkeiten zur Unterstützung der jeweiligen Tier- und Pflanzenarten beschrieben ist. In Wien wird vieles über Broschüren zu den

Stadttierarten geregelt.

Zu Bepflanzungen ist besonders in verschiedenen Baumschulen, wie beispielsweise hier verwendet der Baumschule Horstmann, sehr viel Information und genaue Beschreibung zu diversen Pflanzenarten zu finden. Neben allgemeinen Informationen zur Wuchshöhe und Standortvorlieben sind auch Informationen zu Bodenansprüchen, Wurzelsystemen, etc. sehr leicht zugänglich.

Allgemein kann gesagt werden, dass die Verwendung heimischer Pflanzen immer bevorzugt werden soll. Viele Tierarten, die oftmals nicht speziell angesprochen werden, profitieren von heimischen Sträuchern, Bäumen, aber auch natürlichen Wiesen. Das Ökosystem als Ganzes wird durch punktuelle Eingriffe und Unterstützungen gefördert und die Biodiversität kann erhalten und unterstützt werden.

Eine Freiraumplanung, die Flora und Fauna berücksichtigt, ist mit dem unterschwelligem Zugang zu Informationen sehr leicht möglich und bietet für den Menschen deutliche Vorteile.

122 - Sand-Thymian - *Thymus serpyllum*: in: Baumschule Horstmann

123 - Aschauer, Maria/Markus Grabher: Rote Liste Vorarlberg: Amphibien & Reptilien, 01.10.2021. S76 ff.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Erdgeschoss

Das Erdgeschoss des Entwurfes ist von Gemeinschaftszonen, frei zugänglichen Funktionen und attraktiven Flächen geprägt.

Zugänglich sind die beiden Baukörper von Süden, bedingt durch die angrenzende Zufahrtsstraße. Die Erschließung der Gebäude erfolgt über die gemeinsame Mitte, an der Platz für zufällige Begegnungen und Gespräche in einer entspannten Umgebung möglich sind.

Über die, durch die Zäsur markierten, Eingänge wird das durchgesteckte, und dadurch beidseitig belichtete Stiegenhaus erreicht. Beide Baukörper werden durch Aufzüge, situiert in den Einschnitten, komplett barrierefrei erschlossen. Die Stiege positioniert sich im Zentrum des Stiegenhauses. Sämtliche Stiegen wurden mit der Absicht positioniert, einen ständigen Sichtkontakt zum Außenraum, bzw. zur gemeinsamen Mitte zu haben.

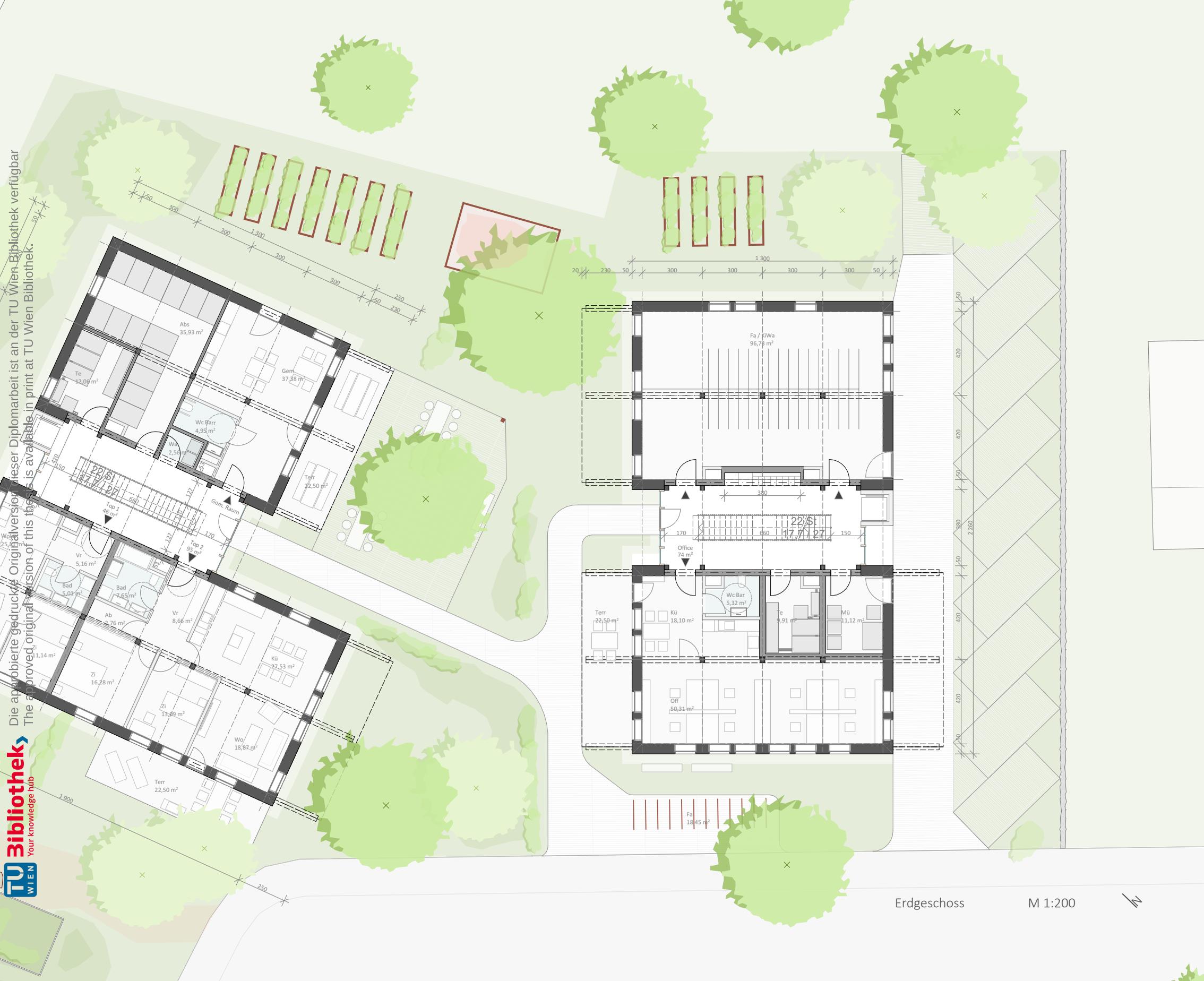
Im Bauteil B werden im Erdgeschoss das Gemeinschaftsbüro mit 8 Arbeitsplätzen mit Küchenzeile und Aufenthaltsbereich erschlossen, sowie der großzügige Fahrradraum mit Platz für ca. 60 Fahrräder, zuzüglich Lastenräder und Kinderwagenabstellplätze. Ebenfalls im Erdgeschoss des kleineren Baukörpers situiert ist ein Technikraum, sowie der baukörperübergreifende Müllraum. Südöstlich daran angrenzend befindet sich der Besucherparkplatz, sowie die Car-Sharing Station

Im größeren Baukörper, Bauteil A befinden sich im Erdgeschoss der Gemeinschaftsraum, mit zugehöriger Terrasse, sowie direktem Zugang in die gemeinsame Mitte, sowie zu den Hochbeeten und dem Kleinkinderspielplatz.

Anschließend an die Gemeinschaftszone befinden sich im nördlichen Bereich Lagerabteile und der Technikraum des Gebäudes. Gegenüberliegend situiert sind eine 3-, sowie 2-Zimmer Wohnung, mit 95, bzw. 46 m², jede davon mit Gartenzugang und Terrasse. Die Erdgeschosswohnungen erhalten durch die Situierung von Bepflanzungen halböffentliche Zonen vor den Privaträumen. Diese Sträucher und Büsche sollen besonders den direkten Blick in die Wohnungen unterbinden und so Privatsphäre schaffen. Zusätzlich dazu werden Wohnräume an die belebteren Zonen platziert, die Schlafräume jeweils weiter im inneren den Bauplatzes.



Die abgebildete gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



1. Obergeschoss

Mit Blick nach draußen, zur gemeinsamen Mitte von der Stiege oder auch dem Aufzug kommend, befinden sich zu beiden Seiten jeweils 3 Wohnungen. Im Bauteil A eine 2-Zimmer Wohnung mit ca. 46 m², sowie zwei 4-Zimmer Wohnungen mit ca. 97 m² und 94 m².

Im Bauteil B befinden sich ebenfalls 3 Wohnungen, zwei kompakte 2-Zimmer - mit je ca. 46 m², sowie eine 4-Zimmer Wohnung mit ca. 94 m². Allen Wohnungen werden bei den Wohnräumen Balkone mit ca. 20 m² vorgehängt. Diese sollen ausreichend außenliegende Privatflächen bieten.

Bei sämtlichen Wohnungsgrundrissen wurde auf eine Möglichkeit zum Abtrennen der Küche vom Wohnzimmer geachtet, falls dies von den zukünftigen Bewohnern gewünscht ist. Alle Wohnungen sind barrierefrei erschlossen, aber auch innerhalb der Wohnung, als auch im Freibereich wurde auf die Barrierefreiheit geachtet.

Es sind in beiden Baukörpern jeweils 4 Schächte an den Stiegenhäusern situiert. Diese Schächte werden zugunsten der späteren Zugangsmöglichkeiten ausschließlich am Stiegenhaus positioniert und zugänglich gehalten. Das soll die zerstörungsfreie Reparatur- bzw. Austauschmöglichkeit garantieren.





2. Obergeschoss

Im zweiten Obergeschoss befinden sich gesamt 4 Wohnungen, aufgeteilt in zwei großzügige 3-Zimmer Wohnungen, sowie eine 4- und eine etwas kompaktere 5-Zimmer Wohnung mit je ca. 94 m² Wohnfläche.

Auch hier verfügt jede Wohnung über Freiflächen, bei der südwestseitigen Wohnung fällt dieser aufgrund der Terrassierung des Baukörpers etwas größer aus. Die zusätzliche Fläche soll aber begrünt werden, um das Mikroklima angenehmer zu gestalten.

Bei der dichter gefügten 5-Zimmer Wohnung wird als Ausgleich zur geringeren Zimmergröße ein zweiter Balkon an die Wohnung angehängt. So wächst die Gesamtfläche der Wohnung inklusive der Freiräume auf ca. 134 m² an.

Auch in diesem Geschoss sind alle Schächte an der Erschließungszone situiert. Durch die konsequente Platzierung direkt übereinander sind keinerlei Schachtverzüge in den Decken nötig.



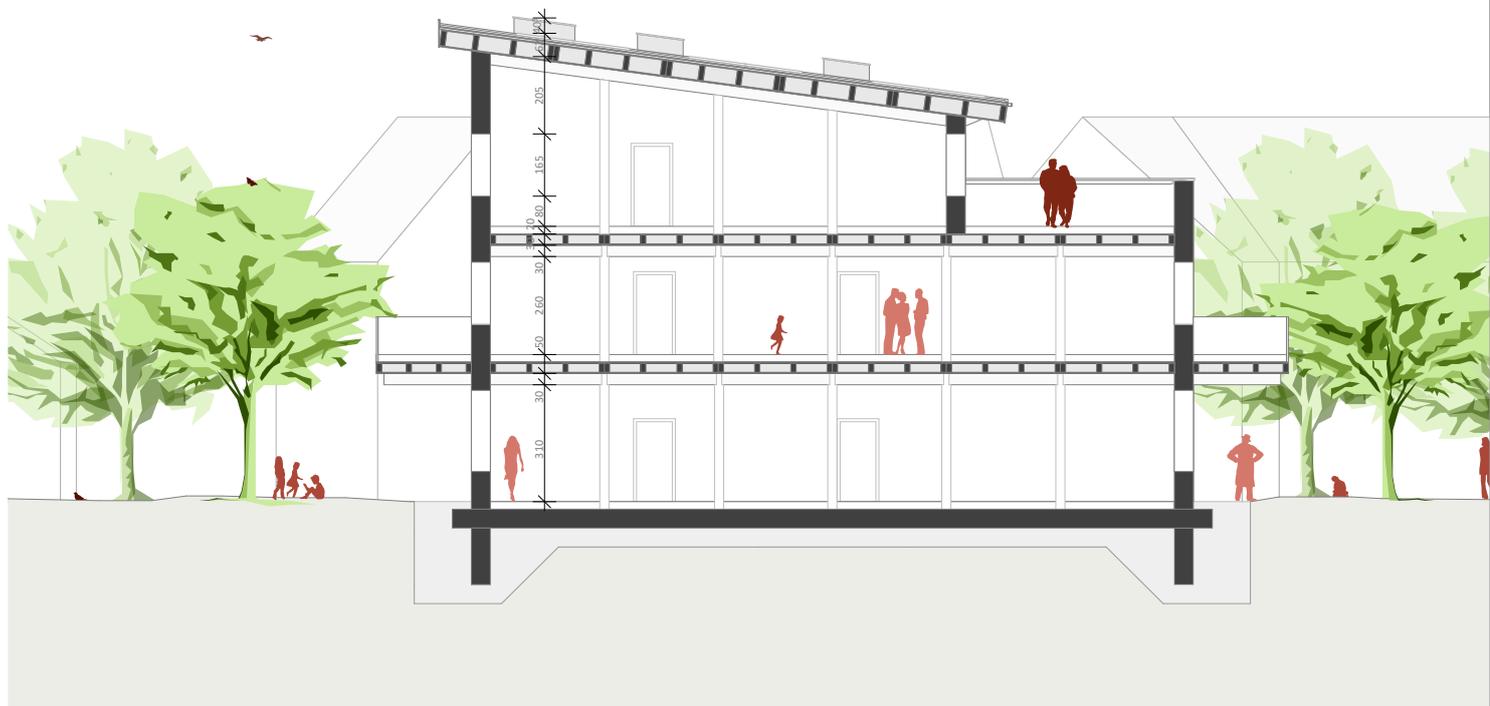


Schnitt - Blickrichtung Nordost

Im Schnitt durch beide Baukörper, in Blickrichtung Nord, werden die großzügigen Raumhöhen sichtbar, im Erdgeschoss aufgrund der gemeinsamen Nutzung bei den Büroräumlichkeiten, aber auch in der Gemeinschaftszone.

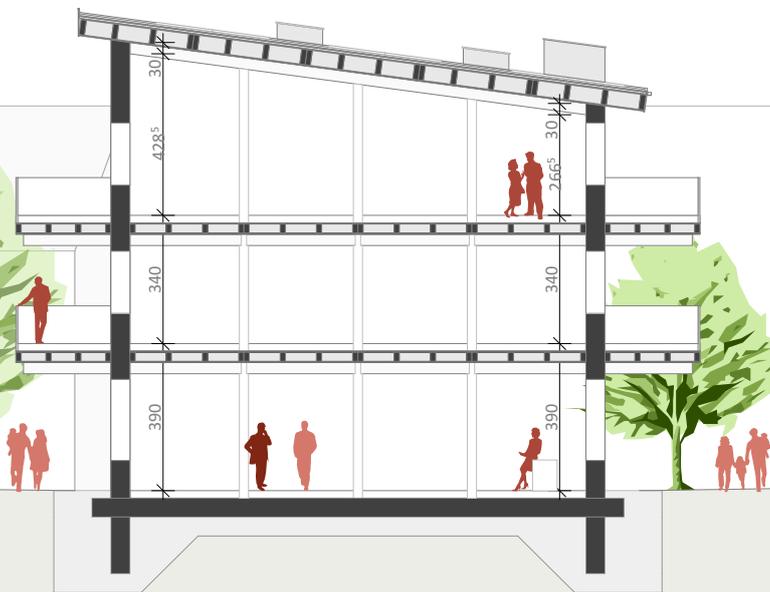
Die lichte Höhe zwischen Fußbodenoberkante und Balkenunterkante beträgt 3,10 Meter, zur Deckenunterkante sogar 3,40 Meter. In den oberen Geschossen reduziert sich dies auf 2,60 Meter und 2,90 Meter. Für einen Wohnneubau sind diese Höhen unüblich. Aufgrund der geringen Mehrkosten in der Herstellung aufgrund der maschinellen Fertigteileproduktion^[124] sind höhere Raumhöhen und die damit verbundenen Zugewinne in Flexibilität bezüglich der Nutzung und auch steigender Attraktivität der Räume argumentierbar.

Durch die relativ enge Rasterung der Stützen, von 3 x 4,10 Meter sind die tragenden Stützen, aber auch Balken mit relativ niedrigen Querschnitten möglich. Die Stützen sind im Auflagerbereich der Balken eingefräst, um eine zusätzliche Konsole zu verhindern, stechen aber bis zur Deckenplatte durch den Träger, um eine möglichst geringe Querverpressung der Träger, als auch der Deckenplatte zu ermöglichen.





Schnittverortung



Schnitt nach Nordost M 1:200

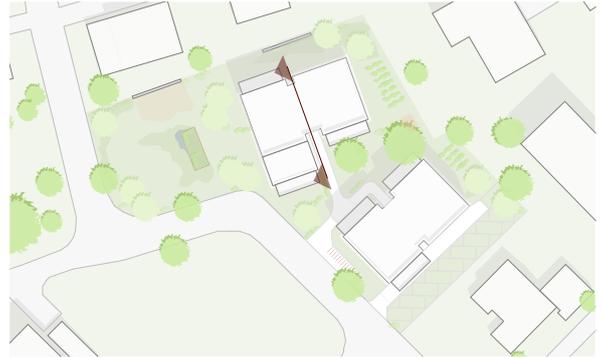
Schnitt BT A - Blickrichtung Südwest

Der Stiegenhausschnitt durch Baukörper A gibt die freie Sicht von der Erschließungszone in beide Richtungen in den Außenraum deutlich zu erkennen. Licht kann durch die Ost-West-Orientierung der Gebäude besonders in den Morgen- und Abendstunden tief in das Gebäude eindringen - zu Zeiten, in denen im Stiegenhaus eine hohe Fluktuation herrscht.

Die Absturzsicherung wird geschossübergreifend mit Holzelementen ausgeführt. Dies soll auch schon im Stiegenhaus eine Aufenthaltsqualität schaffen und damit mehr Kontakte der Bewohner:innen untereinander erhöhen.

Sichtbar werden zudem die tragenden Balken, die in der Zäsur an die Außenseite treten.





Schnittverortung



Schnitt nach Südwest M 1:200

Schnitt BT B - Blickrichtung Nordwest

Beim Längsschnitt durch den kleineren Baukörper, mit Blickrichtung nach Nordwest wird auch die Auswirkung der höheren Raumhöhe auf die Fahrradgarage sichtbar.

Für doppelstöckige Fahrradgaragen sind, je nach Hersteller Mindestraumhöhen von 2,80 Metern gefordert. ^[125] Durch die zur Verfügung stehenden 3,40 passen alle gängigen Doppelstockparksysteme für Fahrräder in den Fahrradabstellraum. Dies sorgt für eine platzoptimierte Lagermöglichkeit der Fahrräder. So können auf ca. 90 m² neben 60 Fahrrädern auch diverse Lastenräder, aber auch Kinderwagen abgestellt werden.

Für die optimale Funktion der Fotovoltaikmodule, aber auch deren annähernd unsichtbare Anbringung wurden die Dächer in südöstliche Richtung geneigt. Dies erzielt hohe Wirkungsgrade, aber auch komplexe Unterkonstruktionen können wegfallen. Befestigt werden diese mittels Falzklemmen auf dem Blechdach.

Im Technikraum sollen die Fotovoltaikmodule Speicher füllen, die Stromspitzen oder auch Überproduktionen ausgleichen.





Schnittverortung



Schnitt nach Nordwest M 1:200

Ansicht Süd

In der Südansicht wird der Unterschied zwischen der öffentlicheren Zone vor dem Gemeinschaftsbüro und der privateren Zone vor den Wohnungen sichtbar.

In der Erdgeschosszone vor den Büroflächen sind Fahrradabstellplätze situiert, besonders für Besucher und Kurzparker, es gibt halb-öffentliche Sitzplätze, in Süd-, aber auch in Westrichtung für Kaffeepausen in der Sonne. Zudem ändert sich die Bepflanzungsdichte bei den verschiedenen Nutzungen. Im Vorbereich der Gemeinschaftszone ist ein offener, mit freiem Ausblick ausgestalteter Platz erwünscht, der neben einer guten Arbeitsatmosphäre auch Möglichkeiten für Beobachtungen und zufällige Kontakte erlaubt.

Im Wohnbereich der Erdgeschosszone vor dem Bauteil A ist diese Offenheit nicht erwünscht. Bepflanzungen, auch dichter

Natur, schränken direkte Sichtachsen in die Wohnbereiche ein und bilden eine privaterer Zonierung.

Auffallend in der Südansicht sind auch verschieden dimensionierte Fenster. Standardmäßig sind zwei verschiedene Fensterdimensionen angedacht, gebaut nach Wunsch der Bewohner:innen, bzw. zur besseren Belichtung der Wohnbereiche. Dies soll auch zu einer Rhythmisierung in der Fassade führen und unterschiedliche Konfigurationen der Geschosse und Ansichten zulassen.

Auch in der Ansicht bemerkbar sind die Auskragungen der Balken im Balkonbereich. Diese Auskragungen tragen die aufgelegten Balkonplatten und springen zum Witterungsschutz der Balkenstirnseite leicht zurück.





Ansicht Verortung



Ansicht Süd

M 1:200

Ansicht BT B - West

Von der Mitte ausgehend, fällt in der Ansicht nach Westen besonders die großzügige Verglasung des Stiegenhauses auf. Wie bereits erwähnt, soll das attraktive Stiegenhaus besonders die Kommunikation der Bewohner untereinander fördern und auch zu das Stiegenhaus zu einem Wohlfühlraum werden.

Als Fassadenbekleidung wurde, typisch für Vorarlberg, eine Holzschindelfassade gewählt. Diese haben sich über die Jahrhunderte als besonders widerstandsfähig herausgestellt, können aus Vorarlberg bezogen werden und sorgen für eine kleinteilige, aber gleichmäßige Vergrauung über die Jahre.

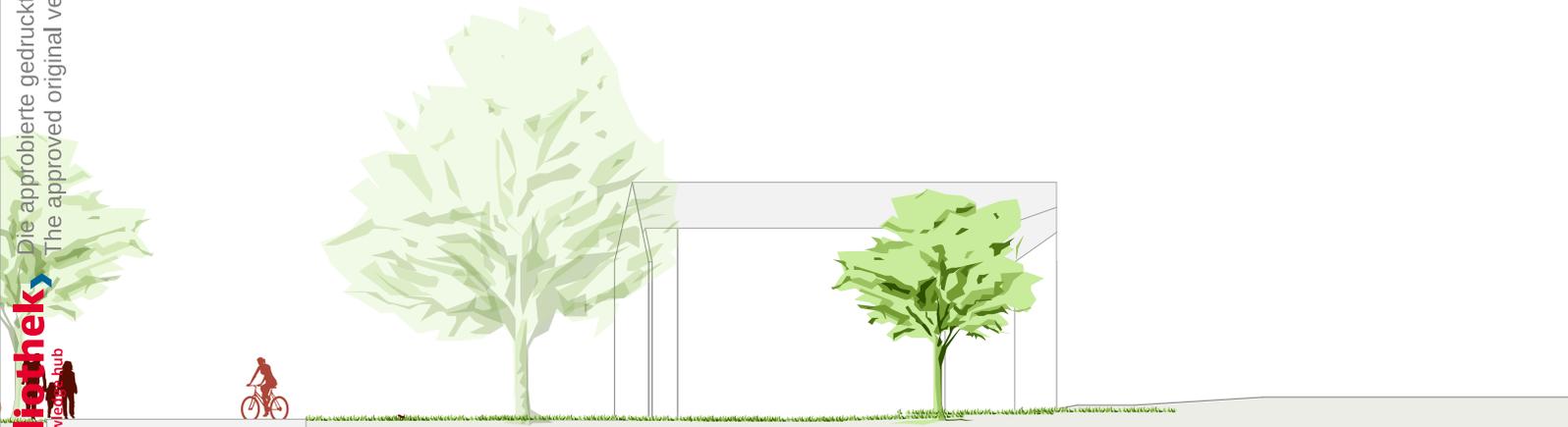
Aufgrund der Herstellung als Fertigteile müssen in den Fassadenelementen stockweise Unterteilungen, bzw. Abschlussstreifen vorgesehen werden. Auch unter den Fenstern sind diese Abschlussstreifen notwendig, um die Befestigung der Schindeln zu verdecken. Diese Ausführung von Abschlussstreifen ist aber typisch für Holzschindelfassaden und stellt keine Sonderlösung dar. Lediglich die geschossweise Unterteilung ist für diese Fassade unüblich

Die Absturzsicherungen, bzw. Balkongeländer werden ebenfalls mit Holzschindeln verkleidet, um der Anbringung von Sichtschutzelementen vorzubeugen. Eine ruhige, homogene Fassadenerscheinung ist hier gewünscht.





Ansicht Verortung



Ansicht BT B West M 1:200

Ansicht BT A - Ost

In der Ostansicht des Bauteils A, ist die gemeinsame Mitte mit den zugehörigen Funktionen im Freiraum, wie Kleinkinderspielplatz, Sitzflächen, Hochbeeten, etc. wichtiges Element. In der gemeinsamen Mitte wird als Attraktion und auch zur Unterstützung der Fauna eine Vogelfütterungsstation angebracht.

Angrenzend an den Baukörper liegt die gestaltete Freifläche, welche durch den Kinderspielplatz, aber auch die ausschließlich durch die Natur genutzte Vogelfütterungsstelle. Die verschieden dicht bewachsenen Freiraumzonen bieten nicht nur Flora und Fauna Platz zur Entwicklung, sondern auch Kindern Fläche zum Spielen und Entdecken





Ansicht Verortung



Ansicht BT A Ost

M 1:200

Ansicht BT B - Ost

Bei der Betrachtung der Ostseite des Bauteils B, fällt die Positionierung des Aufzuges in der Zäsur des Hauses auf. Das Absetzen des Aufzuges vom restlichen Gebäude wurde zur Minimierung von Schallübertragungswegen durchgeführt. Sichtbar sind zu den jeweiligen Seiten auch die Nebenein- und -ausgänge, welche den Fahrradraum und Müllraum möglichst schnell und mit wenig Aufwand erschließen.

Ostseitig sind im Bauteil B nur die Südlichen Wohnungen mit einem Balkon ausgestattet. Beim nördlichen Teil des Hauses richten sich die Wohnräume, wie Küchen und Wohnzimmer nur zur Westseite. Nach Osten werden hier nur Schlafräume situiert.





Ansicht Verortung



Ansicht BT B Ost

M 1:200

Im folgenden Kapitel werden die verschiedenen Systeme zum Re-Use bzw. Recycling erörtert sowie verschiedene Stoffströme betrachtet

Die im Bau verwendeten Materialien werden beleuchtet, aber auch alte wiederentdeckte Konzepte, wie Ein-Baustoff-Systeme oder bauplatzeigene Rohstoffe werden untersucht.

Durch die verwendeten Materialien werden Systeme, wie Deckenkonstruktionen oder Wandkonstruktionen definiert. Welche Auswirkungen dies für den Entwurf hat, wird hier untersucht.

Auch wird die Rückkehr zu traditionellen Verbindungen propagiert. Aus welchen Gründen und auch mit welchen Mitteln dies heute möglich ist, wird am Ende des Kapitels erörtert.

KONSTRUKTION UND NACHHALTIGKEIT

Konstruktion und Nachhaltigkeit

Recyclingkreisläufe

Der Begriff eines Recyclingkreislaufes wird in den letzten Jahren inflationär verwendet. Neben notwendigen Vorgaben der Europäischen Union zur Kreislaufwirtschaft, sind besonders Herstellerfirmen und Industrieverbände dazu verleitet, mit den Begriffen des geschlossenen Kreislaufs oder Recyclinganteilen absatzsteigernde Maßnahmen zu verknüpfen.

Diverse Unternehmen werben mit diesen Recyclingkreisläufen bei Trinkflaschen, Verpackungsmaterial, Textilien, aber auch in der Baubranche wird mit Recycling geworben. Betonhersteller und Interessensgemeinschaften verweisen beispielsweise auf die hohe Recyclingquote bei Beton und der sehr hohen Verwertungsquote von Baustellenabfällen von 98,7 % in Deutschland. (2018) ^[126] Welche Problematik hinter solchen Quoten und dem dazugehörigen Marketing steckt, soll kurz in den folgenden Absätzen erläutert werden.

Begriff Recycling

Der Recyclingbegriff umfasst im allgemeinen Sprachgebrauch zum Leidwesen des Verbrauchers / der Verbraucherin annähernd alle Stufen des Erhaltes bzw. genauso dem Verlusts von Qualität. So zählt die thermische Verwertung, also die Müllverbrennung genauso zum Recycling, wie auch die Hinterfüllung von Tagebaugruben oder anderen Restlöchern.

Beim Recycling wird auf Verbraucher:innen-Seite eine Wiederverwertung erwartet, also von Verpackung aufgearbeitet zu einer weiteren Verpackung.

Eine genauere Abgrenzung oder verpflichtende

Qualitätsbeschreibungen des Recyclings zur besseren Verbrauchersicherheit gibt es aber aktuell nicht und wäre daher aus Transparenzgründen wünschenswert.

Recycling nach Qualitäten

Grundsätzlich kann das Recycling einfach anhand des Qualitätsverbleibs bestimmt werden. Von vollständigem Qualitätserhalt spricht man bei einer Wiederverwendung eines Produktes. Dies bedeutet eine Verwendung ohne Aufbereitung oder Veränderung des Produktes in der gleichen Weise. Dies wäre die effizienteste und ressourcenschonendste Weise, Produkte im Kreislauf zu halten.

Im biotischen Kreislauf kann theoretisch auch von einem Qualitätserhalt gesprochen werden, wenn der unbehandelte Baustoff, störstofflos kompostiert wird.

Ein geringer Qualitätsverlust besteht bei der Wiederverwertung. Dabei werden Produkte ausgebaut, geringfügig verändert, beispielsweise zugeschnitten und der gleichen Nutzung zugeführt. Dies kann beispielsweise bei Holzbauteilen wie Balken oder Platten effizient eingesetzt werden.

Die Weiterverwertung stellt im Recyclingkreislauf den eigentlich letzten, annähernd geschlossenen Kreislauf dar. Dabei werden rückgebaute Materialien oder Produkte aufbereitet, also eingeschmolzen, gehäckselt, oder ähnlich weiterverarbeitet und durch zusätzliche Materialien zu anderen Produkten verarbeitet. Aus dem vorhin genannten Holzbauteil werden so beispielsweise Pressspanplatten oder Holzfaserspanplatten. Der Qualitätsverlust ist bereits deutlich merkbar. Ohne Zusatzstoffe ist bei dieser Recycling-

stufe kaum eine Weiterverwertung möglich. Zum Recycling-Begriff zugehörig, jedoch nicht im Recycling Kreislauf verbleibend, zählt die thermische Verwertung. Dabei werden Materialien verbrannt und dadurch deren Energie „weiterverwendet“. Aktuell (2017) werden in Österreich 71 % der Kunststoffabfälle so „recycelt“. Dies entspricht ca. 650.000 Tonnen Kunststoffabfälle pro Jahr. Dies liegt besonders an der hohen Nachfrage der Abfälle, da diese einen hohen Heizwert besitzen, sowie auch finanziell eine gute Alternative zu anderen Brennstoffen darstellen.^[127]

Ebenfalls zum Recycling-Begriff zählt die Verwertung. Dabei werden Abfallbaustoffe, welche für den Deponiebau oder zur Verfüllung von Bergbau-Abbaustätten verwendet werden, als verwertete Materialien bezeichnet und nicht als Deponierung oder Beseitigung der Produkte. So erreicht beispielsweise die Fraktion der Bauabfälle auf Gipsbasis eine Recyclingquote von 49,6 % (Deutschland, 2018), obwohl nur 4,7 % dem Kreislauf rückgeführt wurde.^[128]

Recyclingkreisläufe im Hochbau

Durch die sehr komplexen und vor allem teilweise sehr lang anhaltenden Kreisläufe im Hochbau sind Recyclingprozesse schwer darzustellen und nachzuweisen. So werden Problemstoffe und deren Verarbeitung oft erst Jahrzehnte nach deren Erscheinung als solche erkannt und vom Markt genommen.

Für ein effizientes Recycling sind besonders reine Materialien von großem Vorteil. Durch die im Hochbau häufige Verwendung von Verbundbaustoffen, Beschichtungen, Imprägnierungen oder auch Legierungen

werden Recyclingprozesse langfristig nicht nur erschwert, sondern teilweise gänzlich verhindert.

Verwertungskreisläufe

Im Vergleich zu den Recyclingkreisläufen stellen die Verwertungskreisläufe das zeitlich größere System des Recyclings dar und stellen größtenteils geschlossene Kreisläufe dar. Solche sind immer den nicht geschlossenen Verwertungen vorzuziehen. Grundsätzlich werden diese in zwei unterschiedlichen Systemen dargestellt. Biotische und technische Kreisläufe.

Biotischer Verwertungskreislauf

Als biotischer Verwertungskreislauf wird der in der Natur vorkommende, ständig stattfindende Prozess von Pflanzen bezeichnet. Pflanzen wachsen und verwenden Nährstoffe aus dem Boden und bilden damit eine Struktur, eine Art der Architektur - frei nach Vitruvs „Urhütte“. Nach dem Ende der Lebensdauer der Pflanze wird das Raumbildende durch Zerfallsprozesse und tierische Einwirkungen demontiert und kompostiert. Dies setzt die gebundenen Stoffe wieder frei und dient dadurch erneut Pflanzen zum Wachstum.

Der Eingriff des Menschen in diesen Kreislauf beginnt je nach Pflanze in verschiedenen Stadien des Pflanzenwachstums. Im Fall von Fichtenholz bei einem Lebensalter der Pflanze von 80 bis 120 Jahren.^[129] Die Fichte wird deutlich vor dem Erreichen des Endes ihrer Lebensdauer, welche bis zu 600 Jahren betragen könnte, gefällt und verschiedenen Produktionsschritten unterzogen.

Zugesägt und verarbeitet zu verschiedenen

127 - Umweltbundesamt: Kunststoffabfälle in Österreich Aufkommen und Behandlung, 2017

128 - Mineralische Bauabfälle Monitoring 2018: in: Kreislaufwirtschaft Bau c/o Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V., 01.2021

129 - Fichte: in: proholz Austria

Baustoffen wird die Fichte verbaut und durch verschiedenste Maßnahmen möglichst lange an der natürlichen Demontage und Kompostierung gehindert. Im Optimalfall wird das Fichtenholz in mehreren Recyclingzyklen innerhalb des Systems gehalten.

Nach Ablauf der Lebensdauer des Produktes wird es demontiert und kompostiert bzw. thermisch verwertet.

Im Fall der Kompostierung werden die gesamten biologischen Nährstoffe wieder abgebaut und für neue Pflanzen verwendet. Im Regelfall, der thermischen Verwertung, werden dem biotischen System Nährstoffe entzogen und der Boden würde ohne unterstützende Systeme langfristig ausgemergelt.

Technischer Verwertungskreislauf

Im Gegensatz zum biotischen Verwertungskreislauf ist der technische Kreislauf von Beginn an von einem Abbau bzw. Raubbau geprägt. Technische Rohstoffe werden in verschiedenen Arten und Intensitäten der Erde entnommen, welche in der Regel deutlich längere Entstehungszeiten besitzen, als biotische Grundlagen.

In einem der bekanntesten, österreichischen Fälle ist dies das Eisen, bzw. das Eisenerz des Erzberges. Diese Erzvorkommen der Grauwackenzone bzw. deren Gesteine wurden bereits in der variszischen Orogenese gefaltet und in der alpidischen Orogenese an der heutigen, bekannten Stelle abgelegt.^[130] Dies bedeutet, dass die Grundlage für den heutigen Eisenerzabbau vor zwischen 250 und 420 Millionen Jahren gelegt wurde.^[131]

Nach dem Abbau der technischen Rohstoffe werden diese, wie auch bei den biotischen Rohstoffen einer mehr oder weniger energie-

intensiven Produktion unterzogen und als Produkt, beispielsweise als Baustoff in der Architektur verwendet.

Optimalerweise erst am Lebensende des Bauteils, im Regelfall nach Lebensende des schwächsten Bauteils, wird der Baustoff demontiert, bzw. rückgebaut und aufbereitet, also sortenrein getrennt, eingeschmolzen, gemahlen oder ähnliches. Dieses Endprodukt sollte wieder als technischer Rohstoff der Produktion zur Verfügung stehen und somit im Kreislauf verbleiben.

Im technischen Verwertungskreislauf gibt es im Gegensatz zum biotischen Kreislauf keine Möglichkeit auf einen geschlossenen Kreislauf. Die Materialien unterliegen immer einem gewissen Verlust durch Abnutzung, Oxidierung aber auch bei der Trennung der Abfälle. Durch Verluste beim Schmelzen oder ähnlicher Verfahren gehen Rohstoffe unwiederbringlich verloren. Durch die meist extrem langen Entstehungszeiten sind diese Rohstoffe für den Menschen quasi immer endlich.

Solange Rohstoffe im Kreislauf gehalten werden, und die Neuproduktion hauptsächlich den Verlust durch Recyclingprozesse ausgleicht, stellen diese Systeme eine optimale Ressourcenverwertung dar. In der Realität werden aber durch Verklebungen, falsche Mülltrennungen oder ähnliches diese Kreisläufe gestört und Materialien verschwendet. Hinzu kommt der immer höhere Rohstoffverbrauch durch die Technologisierung und die wachsende Bevölkerung.

130 - Grauwackenzone: in: de.wikipedia.org

131 - Variszische Orogenese: in: de.wikipedia.org

Stoffströme

Stoffstrommanagement

Als Stoffströme werden alle rohstofflichen und energetischen Wege eines Produktes von der Rohgewinnung des Rohstoffes über den Energieeinsatz durch die Verarbeitung bis zur Entsorgung oder Verwertung gezählt. Eine Beeinflussung dieser Stoffströme zur Ressourcen- und Materialeffizienz ist nicht nur in der Primärerzeugung notwendig, sondern auch in der Sekundärverarbeitung und auch in der Abfallverarbeitung.

Neben der ökologischen Komponente können aber auch ökonomische Aspekte zum effizienten Stoffstrommanagement ins Feld geführt werden. So ist beispielsweise bei der Metallgewinnung, besonders bei Aluminium und Kupfer der Primärenergieeinsatz im Sekundärmaterial deutlich geringer, und somit der Rohstoffgewinn aus Recyclingmaterial kostengünstiger.

Als dritter, wesentlichen Punkt spricht für die Optimierung der Rohstoffkreisläufe und damit Minimierung des Ressourcenverbrauch die Herkunft vieler wesentlicher Materialien. So werden viele kritische Rohstoffe, wie beispielsweise Stahl, Aluminium, Sand, Kupfer, etc. aus wenigen Ländern mit fraglichen politischen oder klimapolitischen Systemen importiert, wie beispielsweise Brasilien, China, Chile, Russland, etc. Aber auch menschenrechtliche Bedenken in den Abbaugebieten sollten dabei berücksichtigt werden.

Im Fall von Sand werden ganze Strände illegal abgebaggert und Meeresböden für den begehrten Rohstoff zerstört. In Marokko kommt ca. 50 % des Jahresexportes an Sand aus illegalen Abbaustätten vor der Küste. ^[132]

Kupfer, Aluminium, aber auch Stahl wird in riesigen Tagebaustätten unter teilweise menschenverachtenden Umständen abgebaut und in bedeutenden Mengen exportiert. ^[133]

Bauwirtschaftliche Stoffströme

Die Bauwirtschaft hat mit weit über 50 % der gesamten Stoffströme in Österreich den größten Anteil am Ressourcenverbrauch und beim Abfallstrom. Geschlossene Kreisläufe sind nur ein kleiner Teil dieser Stoffströme. ^[134] Grund für diesen hohen Ressourcenverbrauch sind neben der extrem hohen Masse von Bauwerken, meist hergestellt aus massereichen mineralischen Baustoffen mit hohem Primärenergiegehalt und schlechter Recyclingfähigkeit - im Sinne des Werterhaltes beim Recycling - auch die Anlastung der Abfälle an den Endverbraucher / die Endverbraucherin. Durch diese Entwicklung ist die Herstellerfirma nur für die direkten Abfälle während der Produktion des Systems zuständig, verbaute Materialien fallen nicht in den Zuständigkeitsbereich der Hersteller und damit nicht in die Bilanzierung, bzw. fallen die Kosten zum Rückbau und Recycling den Endverbraucher:innen zu.

In Österreich fallen neben den 50 % der geförderten Werkstoffe, auch 50 % des Energieverbrauchs, sowie 30 % des Wasserverbrauchs auf die heimische Bauindustrie zurück. ^[135]

Um der Undurchsichtigkeit der Stoffströme durch lange Produktionsprozesse und dem Schönrechnen der Industrie entgegen zu wirken wurden EPD (Umweltproduktdeklarationen) eingeführt. EPD sollen eine Basis für Zertifizierungssysteme bilden. ^[136]

132 - UNEP: UNEP 2019. Sand and sustainability: Finding new solutions for environmental governance of global sand resourcesRID-Geneva, United Nations Environment Programme, Geneva, Switzerland., 02.2019

133 - Eisen- und Stahlindustrie profitiert von Sklaverei und Entwaldung: in: KoBra – Kooperation Brasilien e.V., 12.06.2012

134 - Umweltbundesamt Österreich: Kreislaufbauwirtschaft, in: Umweltbundesamt.at, 2021

135 - Energieinstitut Vorarlberg: Nachhaltiges Bauen in Vorarlberg, 09.2016

136 - Bau-EPD: Baustoffe, Produktdeklarationen, Produktbewertungen, in: bau-epd.at

Diese Deklarationen müssen unabhängig verifiziert werden, wie in der ISO 14025 und EN 15804 vorgeschrieben. Dies wird vor der Veröffentlichung durch die Herstellerfirmen nach den Kriterien der Plausibilität, Vollständigkeit und Konsistenz von unabhängigen Experten und Expertinnen, welche von der zertifizierenden Stelle bestellt werden, durchgeführt.^[137]

Studien zur Ökobilanz zeigen auf, dass der Einsatz von Recyclingbetonen in der Schweiz vor allem aufgrund des Verzichts auf Kiesabbau und durch die Einsparung von Deponieraum sinnvoll ist.^[138] Bezüglich CO₂-Emissionen ist der ökologische Mehrwert von Recyclingbetonen gegenüber Betonen aus natürlicher Gesteinskörnung (Sand, Kies) nicht ohne Weiteres gegeben. Denn Betone aus gebrochener Gesteinskörnung benötigen mehr Zement als jener aus den für Naturkies typischen runden, kubischen Gesteinskörnungen.^[139] Die Bilanz hängt dabei hauptsächlich von der verwendeten Zementmenge und -art sowie von der Kürze der Transportwege ab. Mit der Verwendung von klinkerreduzierten Zementen lässt sich die CO₂-Emission von Recyclingbetonen senken. Die Verringerung des Klinkeranteils im Zement wird dabei maßgeblich durch den Einsatz von weiteren Hauptbestandteilen vorangetrieben.

Beton alleine ist laut Studien für 8 % der weltweiten CO₂ Emissionen verantwortlich, großteils aus der Zementproduktion.^[140] Der gezwungenermaßen erhöhte Zementanteil bei RC-Betonen stellt daher ein großes Problem für die Industrie dar. Andererseits hat Recyclingbeton zwar einen höheren Primär-

energiegehalt durch erhöhten Zementverbrauch und Zuschlagsmittel, hat dafür aber weniger umweltschädlichen Abbau von Kies und Sand zu verantworten.^[141]

Endgültige Lösung kann RC-Beton in der aktuellen Form also angesehen werden.

Abfallwirtschaft

In der Abfallwirtschaft Österreichs wird das Gesamtabfallaufkommen in Abfallgruppen geteilt. Dabei sind Bau- und Abbruchabfälle mit 16,1 %, Holzabfälle mit 1,7 % sowie Aushubmaterialien mit 59,0 % der Gesamtmasse relevante Abfallgruppen für die Bauwirtschaft. Laut dem Statusbericht des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie wurden dabei von sämtlichen Abfällen 46 % deponiert, 7 % verbrannt, 11 % Verfüllt, 30 % dem Recycling zugeführt und 6 % sonstig aufbereitet.

Ohne das massereiche Aushubmaterial kommt die Deponierung auf 11 %, die Verbrennung auf 17 %, die Verfüllung auf 2 % und das Recycling auf 64%. Sonstige Aufbereitung bleibt bei 6 %.^[142] Deutlich sichtbar sind dabei die Volumina an Abfallmaterial, die von großflächigen Untergeschossen, oftmals Tiefgaragen produziert werden.

Aktuell sind in der Abfallwirtschaft Österreichs Recyclingraten nach stofflicher Zugehörigkeit und nicht nach deren Entstehung bzw. dem Verursachungsprinzip gegliedert. Besonders problematisch in der Rezyklierung zeigen sich kunststoffhaltige Abfälle mit einer thermischen Behandlung von ca. 90 %, nur 8 % stofflicher Verwertung und 2 % Deponierung.^[143]

137 - FAQ: Was bedeutet die Unabhängige Verifizierung durch Dritte und wie funktioniert sie? in: IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V., 24.01.2018

138 - Hillebrandt, Annette et al.: Atlas Recycling: Gebäude als Materialressource, Detail, 01.01.2018 S.69

139 - ebenda S.70

140 - Klimaschutz in der Beton und Zementindustrie: in:WWF Deutschland, 02.2019

141 - Kantonales Hochbauamt Thurgau/Amt für Umwelt Thurgau: Einsatz von Recyclingbeton im Hochbau, 2021

142 - Bundes-Abfallwirtschaftsplan (BAWP) 2017 Statusbericht 2021: in: BMK, 12.05.2021, S.16

143 - ebenda S.53

513.100 Tonnen Bau- und Abbruchholz, ohne Holzabfälle in der Holzproduktproduktion (Sägemehl, Schleifstäube, Spanplattenabfälle und andere verunreinigte Holzabfälle) werden jährlich von der Bauindustrie verursacht. ^[144]

Zur stofflichen Verwertung dieser und anderer Hölzer stehen in Österreich fünf Anlagen zur Herstellung von Span- und Faserplatten zur Verfügung, mit einer Mindestkapazität von ca. 1.7 Millionen Tonnen pro Jahr. ^[145] Trotzdem werden ca 120.000 Tonnen Altholz verbrannt. Die thermische Verwertung sollte immer am Ende der Kaskadennutzung erfolgen, solange Möglichkeiten zur stofflichen Verwertung gegeben sind, sollten zwingend diese genutzt werden.

Vorteile von metallischem Recycling

Besondere Vorteile zeichnen sich im Falle der Metalle ab. Nicht nur aufgrund der Materialeinsparung und somit der Nutzung des technischen Kreislaufs, sondern auch durch den deutlich geringere Energieaufwand im Recycling.

Am stärksten ausgeprägt ist dies bei Aluminium. Während in der Primärproduktion 121,5 GJ / t Gesamtenergie benötigt wird, ist bei der reinen Sekundärproduktion ein Energieeinsatz von 5,6 GJ / t nötig. Dies entspricht einer Einsparung von 95 %! ^[146]

Auch beim Kupfer-Recycling ist der Vergleich von Energieeinsatz bei der Neuproduktion und Recycling auffällig. Dabei wird bei der Primärproduktion ein Energiegehalt von 64,8 GJ / t benötigt, bei Sekundärkupfer 18,6 GJ / t. Dies entspricht einer Reduktion von 71 %. ^[147]

Im Falle von Stahl sind die Untersuchungen und Vergleiche nicht derart einfach und eindeutig, da durch verschiedene Arten von Öfen, wie beispielsweise Hochöfen oder Elektroöfen, deren Maximalschrottanteil und verschiedene Produktionsverfahren die Ergebnisse stark beeinflusst werden. ^[148] Aber auch hier sind positive Effekte in der Sekundärgewinnung vorhanden.

Unabhängig von den Energieeinsätzen bei Erzeugung und Recycling von metallischen Rohstoffen, dürfen andere ökologische Auswirkungen, sei es bei der Landinanspruchnahme beim Abbau, des Transports von Erzen oder Schrott, die Freisetzung von giftigen Gasen bei Recyclingprozessen oder sonstigen Prozessen in den verschiedenen Produktionsprozessen nicht übersehen werden.

So ist die Verwendung von Sekundärkupfer energetisch sinnvoll, wenn aber wie aktuell teilweise das Recyclingsystem nicht ordentlich funktioniert, kann dies anderweitig problematisch sein. Deutlich sichtbar wird das Recyclingproblem beispielsweise in Ghana, wo Elektroschrott verbrannt wird, um an die wertvollen Metalle zu kommen. Folge des „Recyclings“ sind vergiftete Menschen und Landstriche. ^[149]

144 - Bundes-Abfallwirtschaftsplan (BAWP) 2017 Statusbericht 2021: in: BMK, 12.05.2021, S.68f.

145 - ebenda S. 145

146 - Umweltbundesamt Österreich: Klimarelevanz ausgewählter Recyclingprozesse in Österreich, in: Umweltbundesamt.at, 2010 S.39

147 - ebenda S.47

148 - ebenda S.51

149 - Zeitler, Annika: Ghana: Giftiger Elektromüll, in: Afrika - Kultur - Planet Wissen, 03.12.2021

Ein-Baustoff-Systeme

Prinzip

Um einen einfachen und sortenreinen Rückbau zu ermöglichen, sollte möglichst auf ein „Ein-Baustoff-System“ zurückgegriffen werden.

Dies bedeutet, dass alle Einzelteile des Bauteils aus dem selben Primärstoff bestehen, wie beispielsweise bei Blockhäusern komplett aus Holz. Durch die einschalige Bauweise aus einem Primärstoff ist die Demontage, das Recycling und am Ende des Lebenszyklus des Werkstoffs die Entsorgung denkbar einfach. Dieses Prinzip wurde im Grunde bis zur Neuzeit konventionell angewandt, im bereits erwähnten Blockbau, aber auch in den gründerzeitlichen Bauten in Wien mit den Vollziegelwänden und den Holztramdecken.

Vorteil des Systems ist unter anderem, dass Verbindungen nicht lösbar sein müssen, um dem Recycling zugeführt werden zu können. Ein sortenreiner Rückbau kann großflächig durchgeführt werden, ohne auf Sortierarbeiten zurückgreifen zu müssen.

Mit zunehmender Technologisierung und der erhöhten Anforderung an Dämmleistungen wurden mehrschichtige und meist kaum trennbare Systeme geschaffen. Geklebte Wärmedämmverbundsysteme oder mehrschichtige Holzverbundkonstruktionen mit eingelegten Folien, mineralischen Dämmungen, Holz-Beton-Verbunddecken aber auch Stahlbeton per se (Beton und Stahlverbund) stellen besonders den sortenreinen Rückbau, der für eine effiziente und qualitätserhaltende Rezyklierung notwendig ist vor, im wahrsten Sinne des Wortes, heute unlösbare Herausforderungen.

Holzrahmen

Im Sinne einer Materialeffizienz, aus ökonomischen und auch ökologischen Zwängen, kann ein Blockhaus heute nicht mehr als realistische Alternative zum konventionellen Bauen gesehen werden. Stattdessen kommen hocheffiziente, mehrschalige Bauweisen aus einem Primärwerkstoff in Frage. So existieren bereits geprüfte "Ein-Baustoff-Systeme", mit der Einschränkung der Verklebungen von OSB Stößen, bzw. der Windbremse. Als Beispiel dient eine Außenwand aus einem Holzrahmen, mit Holzfaserdämmung oder Zellulose, außen MDF Platte und innen mit OSB Platte verkleidet. ^[150]

Einziges, in diesem Beispiel verwendetes Fremdelement, ist die Windbremse. Produkte auf Papier- und somit Holzbasis sind auf dem Markt verfügbar, durch die Behand-

lung mit Imprägniermittel und Kunststoffbeschichtungen aber nur sehr eingeschränkt stofflich rein. Durch den sehr geringen Massenanteil wird dies im aktuellen Beispiel aber vernachlässigt.

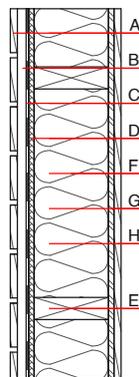


Abb.19.: Bsp. Dataholz Holzrahmenwand

	Dicke	Bauteil
A	19,0	Holz Lärche- Außenwandverkleidung senkrecht
B	30,0	Holz Lärche- Lattung quer (30/50) vom Untergrund abgehoben z.B. durch EPDM Pads
C		Windbremse sd ≤ 0,3 m
D	15,0	MDF
E	280,0	Konstruktionsholz (60 / ... ; e =625
F	280,0	Holzfaserdämmung [039; 50]
G	15,0	OSB
H	19,0	Holzschalung Nut und Feder

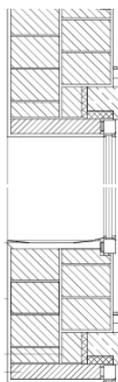
150 - Dataholz: Geprüfte/zugelassene Bauteile - Aussenwand: awrhh09a: Dataholz.eu, 20.12.2017

Ziegel

Aktuell sind verschiedene Ein-Baustoff-Systeme auch im Ziegelmassivbau im Diskurs, wie beispielsweise das Konzept "22 26" von Baumschlager Eberle Architekten, welches für die Seestadt in Wien weiterentwickelt und bereits mehrfach ausgeführt wurde. Dabei sind die 80 cm dicken Ziegelwände in ein statisches System und ein isolierendes System unterteilt.

Durch den Kalkputz an den Wänden, innen wie außen, werden Teile des Mauerwerks verunreinigt, im Gegenzug wurde aber auf das Einlegen von Kunststoffgeweben verzichtet. Dadurch ist die Verunreinigung für den weiteren Gebrauch der down-gecyclten Ziegel zu vernachlässigen. ^[151]

Im Ziegelmassivbau sind jedoch, besonders im Vergleich zu den Holzrahmenelementen deutlich höhere Bauteildicken durch die höhere Wärmeleitfähigkeit bedingt.



Reichen bei der vorhin genannten Holzrahmenkonstruktion ca. 40 cm Wandaufbau für einen Wärmeschutz mit U-Wert 0,15 W/m²K so mussten im 22 26 in Emmenweid (CH) ca. 80 cm dicke Ziegelwände gebaut werden, um einen vergleichbaren U-Wert von 0,14 W / (m²K) zu erreichen.

Abb.20.: Bsp. 22 26 Emmenweid

	Dicke	Bauteil
A	5,0	Kalkputz Spachtelung
B	15,0	Kalkzement Grundputz
C	365,0	statischer Ziegel
D	20,0	Mörtelschicht
E	365,0	isolierender Ziegel
F	20,0	Kalkzement Grundputz
G	5,0	gelöschter Kalkputz

151 - 22 26 Lustenau: in: Baumschlager Eberle Architekten, in: 2226.eu

Stahlbeton

Ein-Baustoff-Systeme aus Stahlbeton sind den heutigen Anforderungen an Schallschutz und Wärmeschutz längst nicht mehr gewachsen. Moderne Sichtbetonstrukturen mit beidseitigen Sichtflächen sind nur mehr als mehrschalige Konstruktionen mit eingelegerter Dämmung möglich oder durch innen liegende Dämmungen und damit einhergehend komplexeren Dämmungsdetails, schlechterem Wärmeschutz und erhöhter Schimmelfähigkeit. Durch den extrem hohen Energieaufwand und die enorme Ressourcenverschwendung sind besonders vorgehängte Stahlbetonelemente aus ästhetischen Gründen bevorzugt alternativ zu lösen.

Eingehängte Fassadenelemente

Um dem architektonischen Ausdruck mehr Möglichkeiten zu bieten, aber auch um einen einfachen Austausch der besonders beanspruchten Fassade zuzulassen, sind Einhänge-Systeme als Alternative zu konventionellen Verschraubungen oder Verklebungen vorzuziehen. Wichtig bei solchen Systemen ist besonders der Wissenstransfer, wie solche Elemente einfach und vor allem zerstörungsfrei getauscht werden können.

Ist das Bauteil "Fassade" vollständig, zerstörungsfrei und ohne großen Aufwand von der Wandkonstruktion lösbar, werden diese hier wie eigenständige Systeme betrachtet.

Einstoffliche Bauteile stellen den Optimalfall in der Kreislaufwirtschaft dar. Mit heutigen Produktionsmethoden lassen sich einstoffliche Bauweisen effizient und langlebig herstellen. Diese Bauteile sind jedenfalls mischstofflichen Bauteilen vorzuziehen.

Bauplatzeigene Rohstoffe

Lehm

Als Alternative zu hoch-verarbeiteten Rohstoffen, sei es aus Holz, wie OSB Platten oder auch auf mineralischer Basis wie Gipskartonplatten können bauplatzeigene Rohstoffe dienen. Quasi in ganz Österreich ist Lehm im Baugrund vorhanden, aus unterschiedlichen Zusammensetzungen, mit variierenden Tonanteilen (mager - fett, mit oder ohne Gesteinsanteile oder sogar als reiner Ton).

Im Fall des Bauplatzes im Studacker ist auf Basis der digitalen Bodenkarte ^[152] bereits ab einer Tiefe von ca. 20 cm mit schluffigem Lehm oder lehmigem Schluff zu rechnen. In tieferen Schichten ab 40 - 50 cm ist mit sandigem Lehm oder lehmigem Schluff und ab 100 cm mit Grobsand mit geringem Grobanteil zu rechnen. ^[153]

Für die Eigenproduktion von Lehmbaustoffen, für die Verwendung von Fußbodenaufbauten, Putze, etc. kann davon ausgegangen werden, dass der Lehm hierfür geeignet ist. Für sehr fette Anwendungsfälle müssten natürliche, fettende Zuschlagstoffe im vor Ort gewonnen Lehm ihren Anteil finden. Dies kann durch das Zumischen von stark tonhaltigem Lehm, reinem Ton, oder auch mittels Bentonitpulver funktionieren. ^[154]

Ein weiterer Vorteil des bauplatzeigenen Lehms ist die sehr einfache Verarbeitung. Durch den niederschweligen Zugang zum Material kann der Innenausbau auch von Leuten durchgeführt werden. Die partizipative Ausbauweise von den eigenen Objekten stellt eine Möglichkeit dar, die Identifikation der Bewohner:innen mit dem Objekt zu stärken.

Angewandt werden könnte dies im Bereich von Innenwänden, Verputzen oder der Herstellung von Stampflehmestrich. Für nicht-tragende Innenwände können Lehmsteine vorgefertigt und getrocknet werden, welche anschließend unter Anleitung, bzw. Hilfestellung zum Endausbau der eigenen Wände gestapelt und mit Lehm verputzt werden.

Zuschlag für Stahlbeton

Zur Reduzierung von globalen Raubbauten an Sanden oder anderen Betonzuschlagstoffen wie Steinen, etc. kann auch Aushubmaterial verschiedener Gesteinskörnungen verwendet werden. Anhand des Beispiels der Wiener Seestadt könnten Gesteinskörnungen in gewaschener, aber auch ungewaschener Form, dem benötigten Beton unterschiedlicher Qualitäten zugeschlagen werden.

Ein großer Vorteil der Verwendung bauplatzeigener Rohstoffe ist neben der Reduzierung der Logistik und des Abfallaufkommens, die psychologische Komponente. Werden irgendwo auf der Welt Rohstoffe abgebaut, sei es auch unter den widrigsten Bedingungen, ist dies im Endprodukt weder sichtbar noch fühlbar. Die Beziehung des eigenen Endproduktes wird kaum mit den massiven Umwelteinwirkungen in diversen Dokumentationen zu Landzerstörungen in Verbindung gebracht.

Wird jedoch am eigenen Bauplatz der Zuschlagstoff entnommen, findet möglicherweise eine Sensibilisierung im Zusammenhang mit dem Ressourcenverbrauch statt.

152 - Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft: Digitale Bodenkarte Sulz, in: bodenkarte.at

153 - Anhang A: Bodenkarte: Beschreibung der Bodenform - ID 28 | KB 94 | Bodentyp kLB; Beschreibung der Bodenform - ID 30 | KB 94 | Bodentyp kLB

154 - Minke, Gernot: Handbuch Lehm: Baustoffkunde, Techniken, Lehmarchitektur, 01.01.2009. S. 44

Stroh

Annähernd im Sinne von bauplatzeigen kann im Falle des Studackers auch Stroh bezeichnet werden. Die Verwendung von Stroh der Bauern aus Sulz und Umgebung macht ein Gebrauch, des eigentlichen Abfallstoffs der Getreideproduktion, noch effizienter. Für den Strohballenbau geeignet sind besonders Weizen, Dinkel und Roggenstroh, wenn möglich als Wintersaat.

Auch wenn aktuell in Vorarlberg hauptsächlich Mais auf ackerfähigem Boden angebaut wird, gibt es Bestrebungen, den Anteil aufgrund der Ernährungssicherheit in Vorarlberg, aber auch in ganz Österreich zu steigern.

Österreichweit werden aktuell gesamt ca. 540.000 Ha mit für den Strohballenbau geeigneten Getreidesorten angebaut.^[155] Pro Hektar Getreideanbau fallen, je nach Sorte ca. 3 Tonnen Stroh an, dies würde eine Ausbeute in Österreich von ca. 1,6 Mio Tonnen Stroh, welche für den Bau geeignet sind, bedeuten. Aktuell sind Hauptabnehmer:innen des Strohs in Vorarlberg die Landwirt:innen selbst für deren Viehhaltung, sowie Pferdehalter:innen für das Einstreu in den Koppeln.^[156]

Das Up-Cycling vom Abfallprodukt zum Baustoff wird durch einen minimalen Mehraufwand im Sinne einer Sortierung bzw. Kontrolle der Qualität durchgeführt und eventuell die Pressdichte beim Strohballen durch geeignete Maßnahmen erhöht (Verkleinerung des Presstunnels der Maschine, schnelleres Fahren des Traktors im Sammelvorgang, etc.).^[157]

Durch Verwenden von Stroh als Bauelement wird das gebundene CO₂ von ca. 420 kg / t^[158] länger im Kreislauf gehalten, bevor es verrottet oder verbrannt wird. Durch die Verwendung lokalen Strohs kann zudem von einem annähernd, auch lokal geschlossenem biologischen Kreislauf gesprochen werden, sofern das Stroh nach dem Rückbau verrottet.

Besonders hervorzuheben ist die Performance von Stroh in der Bindung von CO₂. Während Holz über Jahrzehnte langsam Kohlendioxid bindet, und bei Verbrennung schlagartig wieder freisetzt, findet bei Stroh die Bindung von CO₂ innerhalb einer Vegetationsperiode statt. Dies führt bereits kurzfristig zu einer Verbesserung des Status quo, nicht erst in Jahrzehnten. Trotzdem darf natürlich die CO₂ - Bindung nicht einfach erneut zur Kompensation anderer Ausstöße gegengerechnet werden.

In der Landwirtschaftsstrategie 2020 „Ökoland Vorarlberg – regional und fair“ ist Ausbau der Eigenversorgung, miteinhergehend auch mehr Getreide in Eigenproduktion geplant. Daher kann von einer Steigerung der Strohproduktion ausgegangen werden.^[159] Aktuell sind größere Mengen an „baufähigem“ Stroh aus Vorarlberg nur schwierig zu bekommen, bzw. nicht genau planbar und hauptsächlich durch lokale Kontakte erwerbbar.

155 - Getreideanbau und Getreidearten in Österreich: in: BML,in: info.bml.gv.at

156 - Persönliche Kommunikation mit Bruno Nachbaur, Landwirt, am 20.12.2022

157 - Minke, Gernot/Benjamin Krick: Handbuch Strohballenbau: Grundlagen, Konstruktionen, Beispiele, 3., ökobuch, 30.04.2014. S.14f

158 - ebenda S.29

159 - Ackerbau in Vorarlberg: Eigenversorgung adé: in: thema vorarlberg, 19.06.2017

Prüfungen und Voraussetzungen

Durch die Verwendung des eigenen Bodens als Baustoff bzw. Baustoffteil sind die ausführenden bzw. beratenden Ingenieur:innen und Facharbeiter:innen nicht, wie üblich durch Garantien der Herstellerfirmen gedeckt. Garantien oder Haftungen liegen hier beim Prüfenieur:innen bzw. den verarbeitenden Betrieben. Bei optischen Mängeln, sowie späteren, leichten Schäden kann jedoch der Lehm besonders einfach nachgearbeitet werden. Ein befeuchten des Baustoffes reicht aus, um den Lehm wieder zu "aktivieren".

Das Stroh muss besonders vor Einbau auf Feuchtegehalt, Beikräuter, etc. geprüft werden, um Bauschäden zu vermeiden. Wichtigstes Element in der Schadensvermeidung ist aber die ordentliche Planung von Anschlussstellen. Wie auch sonst beim Holzbau üblich, sind Details genau durchzuarbeiten und bei der Ausführung zu überwachen, um Bauschäden durch Planungs-, bzw. Ausführungsfehler zu vermeiden.

Anders ist dies beim Beton mit eigenem Zuschlagstoff. Dabei müssen Prüfwürfel, wie auch bei konventionellen Baustellen in anerkannte Institute gebracht werden und auf deren Festigkeit geprüft werden. Aber auch hier gilt, dass vorherige Analysen der Zuschlagstoffe und bei deren Verwendung nicht blind auf ein Datenblatt eines herstellenden Unternehmens, bzw. deren Haftung bei Schadensfällen vertraut werden kann.

Zudem müssen die verwendeten Gesteinskörnungen von Prüfenieur:innen untersucht werden und diese Untersuchungsgrundlagen in eine fachkundige Planung einfließen.

Generell kann davon ausgegangen werden, dass bei entsprechendem Fachwissen der Planenden, aber auch Ausführenden bei der Verwendung von bauplatz eigenen Rohstoffen "nur" die ökonomische Komponente im Weg steht.

Deckenkonstruktionen im mehrgeschossigen Wohnbau

Im mehrgeschossigen, ressourceneffizienten Wohnbau kommen besonders vorgefertigte Deckenelemente zum Einsatz. Die Vorfertigung ermöglicht die Produktion genauerer, auf das Tragwerksverhalten speziell angefertigter Deckenelemente. Die Wahl der Deckenkonstruktionen spielt neben der eigenen ökologischen Auswirkung eine große Rolle in der Gestaltung der Gebäudestruktur, aufgrund verschiedener Spannweiten und damit verbundenen Möglichkeiten.

Vollholzdecken

Als Grundlage für Vergleiche dient die Vollholzdecke, mittlerweile üblicherweise als Brettstapeldecke oder Brettsperrholzdecke ausgeführt. Grundlegender Unterschied der beiden Systeme ist das Tragverhalten in Spannrichtung. Durch die kreuzweise Verleimung beim Brettsperrholz wird ca. die Hälfte des Querschnittes bei einachsig gespannten Platten quer zur Faserrichtung beansprucht. Besonders zu berücksichtigen ist dies bei Bemessung auf Abbrand. Bei Brett-schichtholzdecken wird der ganze Querschnitt in Längsrichtung und damit in der Optimalrichtung des Holzes beansprucht.

Übliche Spannweiten von 6 Metern können mit Vollholzdecken mit einer normalen Aufbauhöhe von unter 25 cm Dicke erreicht werden, natürlich abhängig der einwirkenden Lasten und der Überdimensionierung durch Abbrand und anderen Faktoren, wie Schwingungsverhalten, Holzart und genaue Konstruktion. Besonders effizient sind die Decken generell aber bei kleineren Spannweiten und Brandschutzmaßnahmen. So können Spannweiten bis 4 m und einer Auflast von bis zu 3 kN/m² und einer R90 Qualifizierung bereits mit 15 cm konstruktivi-

ver Aufbauhöhe erreicht werden.^[160]

Aufgrund des hohen negativen GWP (Global-Warming-Potential) - Werts, sind Vollholzdecken in der ökologischen Betrachtung wünschenswert, ressourceneffizient ist dieses Deckensystem aber grundsätzlich nicht, besonders bei größeren Spannweiten.

In der Betrachtung des Recyclingpotenzials schneidet die Vollholzdecke sehr gut ab. Prinzipiell möglich wäre eine Weiterverwendung des Bauteils, sofern der Aufbau des Bauteils einfach von der Konstruktion trennbar ist. Aber auch andere Recyclingmöglichkeiten bestehen, besonders bei Brettstapeldecken aufgrund des, im Vergleich zu Brettsperrholzplatten, geringen Leimverbrauchs. Neben dem Möbelbau können die Deckensysteme mitunter zu anderen Holzprodukten weiterverarbeitet werden.

Für den Schallschutz sind Vollholzsysteme nicht optimal. Schallübertragungen müssen durch Entkopplungsbänder und besonders durch die Aufbauten vermindert werden. Auch stellt das Schwingungsverhalten der Konstruktionen weitere Anforderungen an Schutzmaßnahmen.

Holzrippen- und Kastendecken

In den Bereich der Rippendecken fallen zwei grundsätzlich sehr ähnliche Systeme. Als Rippendecken werden Systeme benannt, welche aus Rippen bestehen und über eine oberseitige Beplankung verfügen. Kastendecken verfügen zudem noch über unterseitige Beplankungen und meist über einen Randbalken.

Verfügbar sind diese Systeme entweder als fertige Elemente, welche in Werken zu einer Platte verarbeitet werden und über tragwerkoptimierte Querschnitte verfügen oder auch traditionelle Herstellungsweisen mit Platten auf Trägern. Der große Vorteil aller Rippendecken sind die materialoptimierten Querschnitte, ob als fertiges Element, Halbfertigteil oder auf der Baustelle hergestellt. Durch die effizientere Bauweise wird neben der Ressourcenoptimierung auch das Eigengewicht der Decke minimiert. Dies bedeutet, größere Spannweiten oder höhere Lasten bei gleichbleibender Tragwerkshöhe überspannen zu können. Die freibleibenden Querschnitte können dabei zusätzlich mit Haustechnik installiert werden, oder bei Kastendecken zur Verbesserung des Schallschutzes mit Dämmstoff ausgekleidet werden.

Grundsätzlich sind Rippendecken aufgrund der effizienteren Bauweise trotz des höheren, bzw. weniger negativen GWP Werts dem Vollholzelement zu bevorzugen. Im Recycling sind die Rippen und Kastendecken grundsätzlich auch weiterzuverwenden, besonders wenn diese als Fertigelemente auf die Baustelle geliefert und verbaut worden sind.

Ist die direkte Weiterverwendung als De-

ckenelement nicht mehr möglich, sondern sollen Teile einer alternativen Verwendung zugeführt werden, kann die Decke in ihre Einzelteile zerlegt werden, um beispielsweise die Rippen aus Holzbalken weiterverwenden zu können.

Dabei spielt nicht nur die Materialität der Verschiedenen Elemente der Decke eine Rolle, sondern auch deren Verbindung untereinander. So können beispielsweise optimierte, verleimte Systeme nur schwierig, bzw. kaum zerstörungsfrei voneinander getrennt werden, bei Rippendecken in konventioneller Herstellung reicht eine Trennung des Plattenmaterials von den Rippen durch Lösen von Schrauben oder dem Ausnageln der Platte.

Durch die verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten, Herstellerfirmen und Materialmixe können Rippendecken ökologisch als sehr gute Alternative angesehen werden, können aber auch in den einzelnen Aspekten, je nach Produkt oder Herstellungsverfahren deutlich schlechter Performen.

Holz-Beton-Verbunddecken

Deutlichen Aufschwung im Holzbau haben Holz-Beton-Verbunddecken (HBV-Decken) in den letzten Jahren erhalten. Projekte wie das HoHo in Wien, aber auch das Engagement verschiedener Baufirmen führte zu einer weiten Verbreitung der HBV Decken. Vorteil des Systems ist unter anderem das Einbringen einer hohen Masse und der Möglichkeit der Aufnahme von Druckkräften durch den Beton.

HBV Decken sind im Schallschutz, besonders im Schwingungsverhalten, der thermischen Masse und der Gesamtbelastbarkeit

(bei gleichen Bauteilhöhen) den reinen Holzdecken überlegen.

Im Vergleich zu reinen Betondecken punkten sie hingegen wieder durch ein geringeres Eigengewicht, sowie der positiven Aspekte durch Holzoberflächen (Behaglichkeit, Feuchteausgleich, etc.) Zudem sind die HBV Decken den Betondecken, bei Herstellung als Fertigteil den Ortbetondecken besonders in der Herstellungsdauer durch die trockene Einbringung überlegen.

HBV Decken können in Kombination mit Kreuzlagenholz oder in Kombination mit Rippen hergestellt werden. In Rippenbauweise besticht die Decke wieder durch effizienteren Materialverbrauch, muss aber in der Regel aus Brandschutzgründen beplankt werden, bietet aber Platz für Installationen.

Die Kombination mit CLT Elementen sorgt für eine ansprechende Deckenuntersicht und ist auch in der Betrachtung der Umweltauswirkungen durch die massereiche Verwendung von Holz positiver dargestellt.

Im Recycling werben Hersteller der HBV Decken mit den einfach trennbaren Materialien, sofern diese nur mit Kerben und nicht mit zusätzlichen Verschraubungen ausgeführt sind. Das Problem des Betonrecyclings besteht aber natürlich auch hier. Werden die Decken ausbaufähig verbaut und nicht vergossen oder gegeneinander verschraubt, wie aktuell üblich, könnte eine Weiterverwendung im Falle der Fertigteile, nicht bei den Halbfertigteilen mit Baustellen-Aufbeton, angedacht werden und so deren Verbleib im System gewährleistet werden. Ein Downcycling des Betons zu Schüttmaterial ist aber früher oder später unumgänglich.

Hohldielendecken oder Bubble-Decks

Eine weitere Alternative bieten Fertigteildecken aus Stahlbeton. Besonders Hohldielendecken oder Bubble-Decks. Durch die Optimierung der Querschnitte können im Vergleich zu den konventionellen Betondecken, wie auch bei den Holzrippendecken, Hohldielendecken höhere Spannweiten bei gleicher Aufbauhöhe überspannen. Zudem werden durch Spannseile im Aufbau Spannweiten von bis zu 18 Metern möglich. Bubble-Decks sind vergleichbar mit den Hohldielendecken, sparen aber abermals Beton, durch die höhere Hohlraumverteilung in zwei Achsen, statt, wie bei der Hohldielendecke in einer Achse ein.

Die Hohldielendecke ist bezüglich dem Recycling aber, wie auch das Bubble-Deck in der angestrebten zirkulären Bauwirtschaft nicht zu empfehlen. Auch im Schallschutz sind reine Betonbauteile sehr empfindlich auf Körperschall.

Generell sind Betonfertigteile, wenn auch materialtechnisch optimiert, aufgrund der diversen ökologischen Einflüsse, aber auch der ökonomischen Unsicherheiten in der Lebenszyklusanalyse, besonders in Sanierung und im Abriss und darauffolgender Entsorgung als kritisch zu sehen.

Wandkonstruktionen im mehrgeschossigen Wohnbau

Als Wandkonstruktionen kommen im Holzbau besonders häufig fertige 2D Elemente, also im Werk fertiggestellte geradlinige Wandbauteile vor. Teilweise werden diese mit fertigen Ausfachungen wie Fenstern, fertiger Fassade und innenseitiger Beplankung geliefert und auf der Baustelle bei Montage nur noch komplettiert.

Außenwandkonstruktionen

Gedämmte Vollholzwände

Ausgehend von der Strickholzbauweise, wie beim Bregenzerwälderhaus üblich oder auch als Blockbau bzw. Ständerbohlenbau bekannt, sind heute hauptsächlich, wie auch bei den Deckenkonstruktionen, Vollholzprodukte wie Brettspertholz als tragende Elemente in Verwendung.

Um den heutigen Anforderungen an thermische und schalltechnische Regeln gerecht zu werden, müssen Vollholzwände mit verschiedenen Dämmmaterialien verkleidet werden. Dabei können sämtliche konventionellen Baustoffe, aber auch Holzprodukte verwendet werden. Im Sinne der Ein-Baustoff-Systeme wäre die Herstellung mit Holzprodukten und einer Holzfassade zu bevorzugen.

Ausgedämmte Holzrahmenwände

Prinzipiell gleich wie bei den Deckensystemen verhält es sich in den Wandsystemen. Materialsparende Systeme sind den Vollholzsystemen vorzuziehen.

Im Holzbau sehr häufig anzutreffen sind aufgrund der Kostenersparnis ausgedämmte Holzrahmenwände bzw. Holzständerwände. Dabei werden unterschiedliche Dämmstoffe zwischen die tragenden Holzelemente

geklemmt und anschließend mit Plattenwerkstoffen oder Diagonalschalungen zu statisch wirksamen Scheiben verbunden. Großer Vorteil ist neben des geringeren Rohstoffverbrauchs die extrem hohe Vorfertigungsmöglichkeit.

Im Regelfall werden bei Außenwänden im mehrgeschossigen Holzbau vorgefertigte Holzrahmenwände in unterschiedlichen Vorfertigungsgraden angewendet. Je nach Wunsch bzw. Vorplanungsgrad können die 2D-Elemente mit fertiger Fassade, Fenstern, Installationen und fertiger Innenbeplankung geliefert werden. Für die Dämmebene kommen alle weichen, klemmbaren Dämmmaterialien zur Verwendung, ebenso wie alternative Dämmstoffe, wie Stroh, Flachs, Holzwolle oder auch Einblasdämmstoffe.

Ebenfalls sind Holzständerwände in der Gesamtdicke des Bauteils von Vorteil. Durch die zwischen der Konstruktion liegenden Dämmstoffe und der relativ schlechten Wärmeleitfähigkeit des Holzes kann die Schichtdicke der Isolation, mit nur 120 mm und Gesamtdicke von ca. 220 mm ^[161] ausgeführt werden, um den OIB Mindestanforderungen im Wärmeschutz mit einer Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) von maximal 0,35 W / m²K gerecht zu werden. ^[162] Im Vergleich zu anderen Wandkonstruktionen sind Holzständerwände auch bei der Wahl der Fassade und inneren Beplankungsmöglichkeiten sehr frei. Die durchgehende Holzkonstruktion erlaubt einen freien Aufbau und damit einhergehend alle möglichen Fassaden, ob als Putzfassade oder auch als hinterlüftete Fassade.

161 - Holzforschung Austria: Bauteil Aussenwand awrhh02a; in: dataholz.eu

162 - OIB Richtlinie 6: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 04.2019

Tragende Strohwände

Vom Nischendasein und Selbstbauer:innen kommend, bieten sich tragende Strohwände besonders im Sinne der Kreislaufwirtschaft an. Aus Abfallstoff ohne große Bearbeitung oder Verarbeitung Bauprodukte herzustellen, stellt das Optimum dar. Besonders hervorzuheben ist bei den Strohwänden, in Verbindung mit Lehmputz, die optimale Feuchteregulierungsmöglichkeit, sowie der optimale Brandwiderstand, welcher mit dem entsprechenden Lehmputz auf REI 90 geprüft wurde.^[163]

Bei der Herstellung von tragenden Stroh- wänden sind diverse Regeln, welche kon- ventionelle Wandarten nicht oder in sehr viel kleinerer Intensität betreffen, zu berück- sichtigen. Dazu zählt, neben der korrekten Verdichtung, das Einkalkulieren des starken Setzungsverhaltens der Strohballen, auch die Berücksichtigung des limitierenden Faktors von Wandhöhe zu Wandbreite von 6:1 je Geschoss.^[164]

Nachteile der tragenden Strohwände sind aktuell besonders das Fehlen der Verarbei- ter:innen. Durch die relativ „neue“ Bauweise sind Expert:innen im Strohbau rar.

Neben den verarbeitenden Firmen ist auch die Expertise bei Bauverwaltungen und Bewilligungsgeber:innen wichtig, um mög- lichst einfache Zulassungsverfahren ge- währleisten zu können. Aber auch die hohe Bauteildicke bei tragenden Strohwänden mit im Regelfall über einem Meter ist bei Grund- rissoptimierungen öfters ein Problem.

Werden die hohen Bauteildicken jedoch genutzt, wie beispielsweise als Sitznischen oder zur Optimierung des Sonneneinfalls, können die konstruktiven Gegebenheiten

des Strohbaus zu einem Mehrwert im Ge- bäude führen.

Innenwandkonstruktionen

Aktuell werden nichttragende Innenwände ausschließlich mit Gipskarton hergestellt. Alternativen sind wirtschaftlich kaum her- zustellen. Lehmbauplatten als ökologische Alternative sind für den Recyclingprozess von Vorteil. Die Herstellerindustrie ist in Deutschland oder Polen situiert, die Trans- portwege sind daher besonders für die Ökobilanzierung problematisch. Durch die vierfach höheren Preise der Lehmbauplatten ist allerdings kein ökologischer Vergleich sinnvoll.

Innenwände könnten aber auch alternativ aus anderen plattenartigen Materialien oder Putzgründen hergestellt werden. Besonders hervorzuheben ist dabei eine Holzständer- konstruktion mit Holzwoolldämmung oder Strohdämmung mit Lehmputz auf Schilf- matten im Leichtbau, bzw. für den Massiv- bau Lehmziegel, die verputzt werden.

Für Wohnungstrennwände müssen generell mehrschalige Aufbauten verwendet werden, um die Schallübertragung zwischen un- terschiedlichen Wohneinheiten zu minimieren. Diverse Masse-Feder-Masse Konstruktionen verhindern effektiv eine Schallübertragung.

163 - Minke, Gernot/Benjamin Krick: Handbuch Strohballenbau: Grundlagen, Konstruktionen, Beispiele, 3., ökobuch, 30.04.2014. S.27
164 - ebenda S.47

Holzverbindungen

Historische Holzverbindungen

Viele historisch verwendete Holzverbindungen finden sich auch heute noch in Bauwerken, im Bestand alter Bauernhäuser und Heustadel, aber auch durch die Überführung in Möbelstücke, in abgewandelter Form mit Stahlunterstützung durch Schrauben oder eingelegte Stahlverbinder.

Grundsätzlich gibt es vier verschiedene Arten von zimmermannsmäßigen Verbindungen^[165] (je nach Art der Kategorisierung auch mehr), mit einer unzähligen Unterkategorien. Eine vollständige Auflistung ist alleine aufgrund der unterschiedlichen japanischen Fügungen verwirrend und ausufernd. Japanische Zimmermannsverbindungen werden nach Art der Verbindung, aber auch nach deren spezifischen Einsatzort benannt. So heißen beispielsweise wandparallele Nuten "qiau", orthogonale zur Wand "gong".^[166] Dazu kommt, dass jede:r Zimmermannsmeister:in in Japan die Verbindungen im Laufe der Zeit leicht abwandelt, bzw. weiterentwickelt und an seine Schüler weitergibt. Als Zimmermannsverbindungen werden generell Holz-in-Holz Verbindungen bezeichnet, welche die spezifischen Eigenschaften des Holzes berücksichtigen und dadurch ohne weitere materialfremde Hilfsmittel auskommen.

Blatt, Zapfen, Schrägverbindung und Flächenverbindungen und deren Kombinationen untereinander sind traditionelle Verbindungstechniken von Holzelementen. Oftmals wurden diese Verbindungen durch Holznägel oder wie in japanischen Verbindungen mit Einschubkeilen teilweise verdeckt, gegen Verwinden oder Ausziehen gesichert.

Besonders Schrägverbindungen wie Versätze werden auch heute noch von Zimmermännern im Steildachbereich genutzt. Blätter, Zapfen und Zinken werden vor allem im Möbelbau verwendet, industriell gefertigt können sie aber auch in größeren Dimensionen in Holzbauten Einzug finden. Im Möbelbau, wie aber auch im zimmermannsmäßigen Holzbau, stellt der Aufwand zur Produktion der historischen Verbindungen das größte Problem dar. Durch Oberfräsen und andere "neue" strombetriebene Werkzeuge ist der Aufwand aber bereits deutlich geringer als noch mit Säge und Stemmeisen.

Prinzipiell sind im Holzbau stabilere Verbindungen komplizierter auszuführen, als instabilere. Aber auch verdeckte Verbindungen sind im Regelfall komplexer herzustellen, als sichtbare. So können einfache Blätter im Auflagerbereich durch 4 Schnitte hergestellt werden, da keine Anforderung an das Auseinanderziehen oder gar Verdrehen gestellt werden. Soll der selbe Längsstoß aber verdrehungssicher und / oder zugfest ausgeführt werden, muss beispielsweise ein Keilschloss angefertigt werden.^[167]

Durch die sehr komplexe Herstellungsweise von Keilschlössern, aber auch Kreuzverbindungen oder anderen verdeckten Verbindungsmitteln werden aktuell Holzverbindungen meist ingenieurmäßig gelöst.

Ingenieurmäßige Holzverbindungen

Als solche werden Holzverbindungen bezeichnet, die durch Verwendung von mechanischen Verbindungsmitteln geprägt sind. Dabei spielen besonders Blechformteile, Dübel, Bolzen, Nägel und Schrauben eine große Rolle. Vorteile dieser Verbindungen sind die schnellere Verarbeitung, aber auch

165 - Zwerger, Klaus: Das Holz und seine Verbindungen: Traditionelle Bautechniken in Europa, Japan und China, Walter de Gruyter, 05.11.2012 S.88 ff.
166 - ebenda S.267

167 - Graubner, Wolfram: Holzverbindungen: Gegenüberstellungen japanischer und europäischer Lösungen, 02.03.2015. S.79 f.

die einfachere Anwendbarkeit. Im Gegensatz zu Zimmermannsverbindungen sind ingenieurmäßige Verbindungen davon gekennzeichnet, bei der Montage einfach und schnell ausführbar zu sein. Halbfertigprodukte oder im Werk abgebundene Verbindungen lassen sich vor Ort genau einpassen und verschrauben oder mit Stahldübeln fixieren.

Neben der Verbindung der Holzteile untereinander spielt die Verbindung zu materialfremden Bauwerksteilen eine große Rolle. Pfostenanker, Balkenschuhe und Endverankerungen sind beim Übergang von Stahlbetonteilen zu Holzbauteilen wichtige Verbindungsmittel. Ohne diese Stahlverbindungsmittel können Balken kaum oder nur mit hohem Aufwand an materialfremde Gebäudeteile angeschlossen werden.

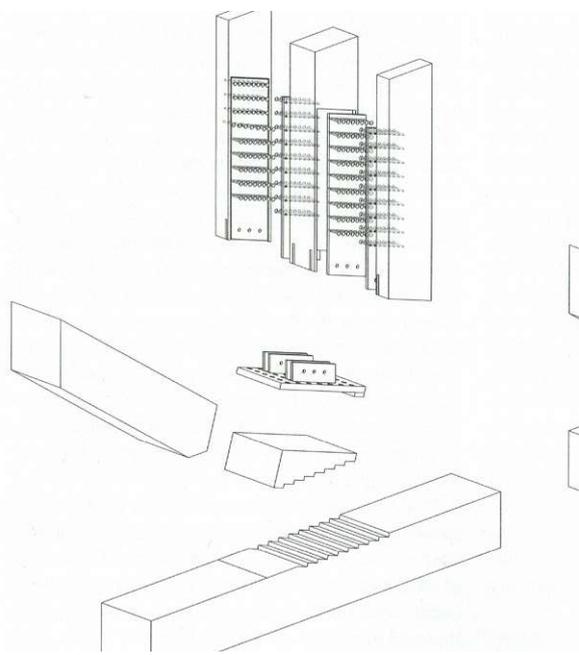


Abb.21.: Beispielhafter komplexer Diagonalanschluss am Gurt - Produktionshalle SWG Schraubenwerk

168 - Graubner, Wolfram: Holzverbindungen: Gegenüberstellungen japanischer und europäischer Lösungen, 02.03.2015. S.20

169 - Der Baustoff Holz - Thermische Eigenschaften in: IHBV Wiki: ihbv.at

170 - Graubner, Wolfram: Holzverbindungen: Gegenüberstellungen japanischer und europäischer Lösungen, 02.03.2015. S.20 f.

Problematik

Bei ingenieurmäßigen Verbindungen stellt für den Autor besonders der hohe Energiegehalt der Bauteile, wie beispielsweise Schrauben oder Stahlformteile ein großes Problem dar. Zudem werden, besonders in Verbindung mit hochbelasteten Anschlüssen, die Anschlussstellen hochkomplex. CNC Fertigungen sind notwendig, um die Dübelleisten mit Bohrungen für Stabdübel und andere Formteile ins Holz einpassen zu können. Besonders sichtbar werden diese hochkomplexen, mehrachsigen Knoten bei Hallen- oder Bogentragwerken, wie im gezeigten Beispiel.

Im Brandfall sind die Stahlbauteile besonders beansprucht. Offenliegende Stahlteile sind nicht nur ästhetisch wenig wünschenswert, sondern bieten auch im Brandfall ohne spezialchemische Behandlung keinerlei Widerstandsdauer. Durch die Wärmeleitung der Metallteile wird das Holz im Inneren des Querschnitts entzündet und die Verbindungsmittel brennen sich aus dem Holz heraus. ^[168] Völlig gegensätzlich dazu stehen die reinen Holzverbindungen. Durch die Wärmeentwicklung sinkt der Feuchtigkeitsgehalt im Holz, was eine Erhöhung der Festigkeitseigenschaften des Holzes zur Folge hat. Ebenfalls erfahren Holzbauteile durch Erwärmungen vergleichsweise geringe Längenänderungen, durch den geringen Wärmeausdehnungskoeffizient, welcher nur ca. 25 % dessen von Stahl entspricht ^[169] und erzeugen dadurch kaum Spannungen gegenüber der Auflagerpunkte. ^[170] Zusätzlich zum geringeren Ausdehnungskoeffizient kommt auch hier das Sinken der Holzfeuchte zum Zug. Niedrigere Holzfeuchte bedingt das Schwinden von Holz.

CNC Verbindungen

Immer öfter in Verwendung, nicht nur in Kombination mit Stahlformteilen, kommen CNC Verbindungen als Ersatz oder Erweiterung ingenieurmäßiger Verbindungen. Besäumungsanlagen fertigen vollautomatisch neben den gewünschten Längenzuschnitten auch Abtreppungen, Schwalbenschwänze, Sichelzapfen oder andere Endverbindungen in den Balken. Einlegeverbinder aus Holz kombinieren die Vorteile von Holzverbindungen mit einer raschen Bauzeit und einer einfachen Verarbeitung vor Ort. Im vorgefertigten Elementbau können dadurch passgenaue Teile gefertigt werden. Mit niedrigsten Toleranzen werden die gefertigten Elemente auf der Baustelle nur noch zusammengefügt und mittels Einlegeverbindern zusammengehalten.

Schwalbenschwanzverbinder

Besonders schwalbenschwanzförmige Fremdverbinder beseitigen Probleme im industriellen Abbund. Unter anderem den Längenverlust von Konstruktionshölzern bei Verbindungen sind Fremdverbinder im Vorteil.

Zudem kann bei schwer zugänglichen Verbindungen das Einlegen von Fremdverbindern aus Hartholz kompliziertes Einfädeln bei der Montage ersetzen. Dies stellt eine deutliche Erleichterung beim Montageablauf dar.

Diese neuen Holzverbindungen können die Materialreinheit sicherstellen und damit ein sortenreines Recycling gewährleisten. Verbindungen können ohne großen Aufwand und vor allem ohne Risiko der Werkzeugbeschädigung aufgetrennt und verarbeitet

werden.

Die Möglichkeit zur Weiterverarbeitung solcher Bauteile wird so für den künftigen Verarbeiter weniger risikobehaftet, aufwandsärmer und somit auch rentabler bzw. einfacher zu kalkulieren.

Grundsätzlich müssen bei der Verwendung neuer Befestigungsmittel, wie bisher bei Schrauben, Hersteller der Verbindungsmittel die Verbindungen prüfen oder bei Fremdeinlegeverbindern mittels Bauzulassungen sich die Tauglichkeit des Produkts bescheinigen lassen.

Dies stellt aber einen üblichen Prozess in der Bauprodukteherstellung dar. Durch moderne Bemessungssoftware können auch komplexere Knoten und Verbindungen von Statikern berechnet werden und somit die Einzelzulassung begünstigen. Mögliches Nebenprodukt der sortenreinen Verbindungsmittel können auch optimierte Bauabläufe darstellen. Statt teurer Verschraubungen im Zentimeterabstand können Schwalbenschwanzverbinder schneller, und damit auch kostengünstiger eingeschlagen werden.

Vorfabrikation

Die Herstellung von 2D-Holzelementen ist im Holzbau seit Jahrzehnten in der Baupraxis üblich. Durch die Vorfertigung der Elemente können Elemente deutlich schneller und genauer gefertigt werden, als dies bei einer Vor-Ort-Bauweise möglich ist. Durch den mittlerweile standardmäßigen Einsatz von CNC Fräsen und Abbundanlagen ist die Integration der alternativen Holzverbindungen relativ problemlos möglich, oftmals werden Schwalbenschwanzverbinder oder Sichelzapfen schon aufgrund der rascheren

Bauweise oder günstigeren Verbindungsart untereinander gewählt.

Holznägel

Aktuell werden in den Fertigungsstraßen viele Plattenelemente noch verschraubt oder vernagelt, wenn auch automatisiert. Seit 2020 besteht die bauaufsichtliche Zulassung für Schussnägel aus Holz für tragende Holzverbindungen, auch für die Herstellung von aussteifenden und mitragenden Wandtafeln. ^[171]

Damit können Plattenwerkstoffe sortenrein mit dem Holzelement befestigt werden und die Aussteifung auf die Plattenwerkstoffe übertragen. Neben der nicht-sichtbaren Verwendung in den Fertigteilen können die Holznägel auch für Fassadenelemente genutzt werden. Eine Korrosionsgefahr, wie bei Schrauben oder Nägeln besteht auch bei längerer, offener Bewitterung nicht. Das Abdunkeln des Holzes betrifft nicht mehr nur das Fassadenmaterial, sondern auch dessen Befestigung.

Auch die kurzzeitige Fixierung von Bauelementen in der Fertigung, wie beispielsweise Vernaglungen von Blattverbindungen bis zur Fixierung durch weitere Verarbeitungsschritte, sind hier denkbar. Die industrielle Anwendung dieser technischen Entwicklung ist vielseitig und kann für die zukünftige Entwicklung im Holzbau enorme Möglichkeiten bieten. Bauteiltechnisch gelten hier ähnliche Vorteile wie bei Einlegeverbindern aus Holz - besonders in Berücksichtigung der Kreislaufwirtschaft und dem sortenreinen Rückbau, was für künftige Nutzungen und Abbruchszenarien als Optimalfall gilt.

171 - LIGNOLOC® Holznägel: in: Beck-Fastening.com

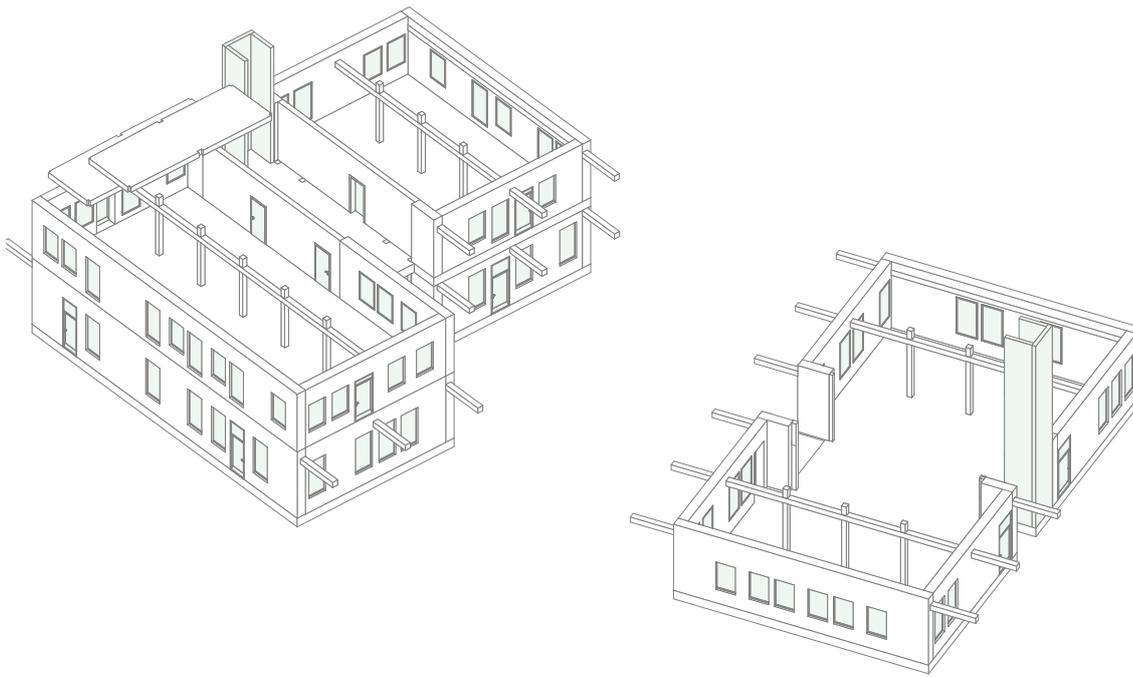
Die zuvor formulierten Konstruktionen werden nun in den Entwurf eingegliedert.

Zudem werden holzbaurelevante Themen, wie der Schallschutz oder auch thermische Behaglichkeit in diesem Kapitel erläutert und simuliert.

Die Rückschlüsse aus den technischen Aspekten werden anhand der gewählten Aufbauten und Elemente daraufhin veranschaulicht.

TECHNISCHE ASPEKTE

Tragwerk



Um flexible Grundrisse zu erhalten, gleichzeitig aber auch effiziente Strukturen zu ermöglichen, wurde als tragende Struktur eine Kombination von Wandscheibenelementen mit Skelettelementen gewählt.

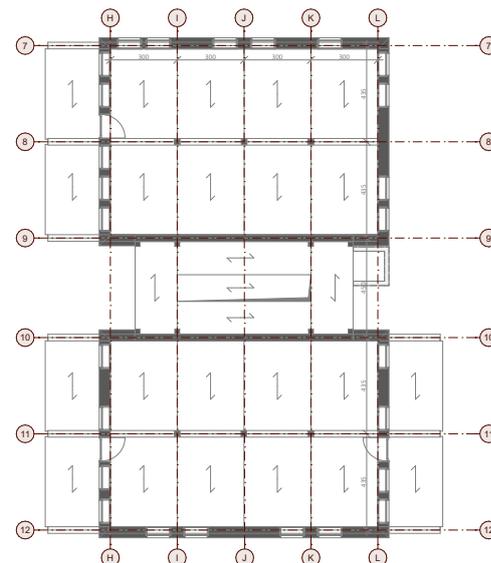
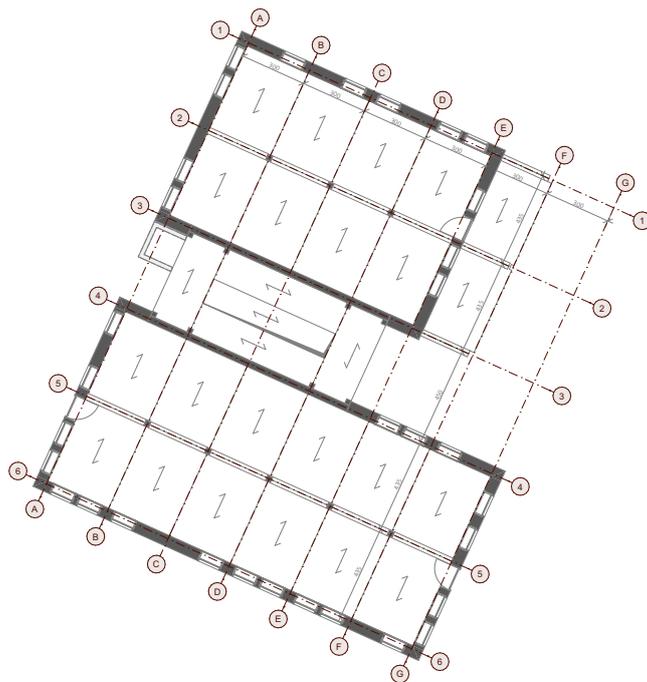
Die Wandelemente, gleichzeitig äußere Hülle und Tragwerk, bzw. aussteifende Ebene, bestehen aus Holzständerwand - Fertigteilern, die Skelettstruktur aus Stützen und Balken, die fertig besäumt auf die Baustelle geliefert werden. Die Skelettstruktur steht einem Raster von 4,10 Meter x 3 Meter zu Grunde. Diese definieren die Spannweiten der Träger mit 3 Meter Achsabstand, aber auch die der Deckenelemente mit 4,10 Metern.

Bei der Skelettstruktur werden die Stützen eingefräst, um dem Balken ein Auflager

zu bieten, ohne auf metallische Hilfsmittel zurückgreifen zu müssen. Die Stütze verlängert sich um die Dicke des Deckenelementes, um die Querpressung der Holzdecke zu verhindern. In dreigeschossigen Wohnbauten ist die Querpressung der Elemente noch im Rahmen der Möglichkeiten des Holzes, für die weitere Verwendung soll aber das Deckenelement möglichst unbeschadet deren Nutzung überstehen.

Im Bereich der auskragenden Balkone werden die Balken um die Auskragung durch die Außenwand verlängert, um der Balkonplatte ein Auflager zu bieten.

Das Stiegenhaus wird aus Schallschutzgründen von der restlichen Tragkonstruktion entkoppelt, bedient sich aber an gleichen bzw. ähnlichen Elementen wie das restliche



Tragwerk. Ausgesteift wird das Stiegenhaus über den Liftschacht, sowie über schallentkoppelte Verbindungen an den Eckpunkten der Konstruktion.

Durch das bei beiden Bauteilen, gleichbleibende Raster und ähnliche Formen können beide Gebäudeteile mit gleichen Elementen hergestellt werden. So sollen im Falle des Rückbaus der Gebäude die vielen gleichen Elemente kalkulierbare Möglichkeiten für nachfolgende Architekturschaffende bringen.

Wie schon im Vorfeld angesprochen, soll die Konzentration der Kräfte innerhalb des Wohnungsgrundrisses auf eine Stütze für Flexibilität sorgen. Alle auftretenden Lasten werden mittels der Querbalken gesammelt und auf die durchlaufenden Stützen über-

tragen.

Tragwerkstechnisch wichtig ist im Holzbau die direkte Durchleitung der Lasten. Können im Stahlbau oder auch im Massivbau (besonders Stahlbetonbau) Lasten über Träger einfacher umgeleitet werden, ist dies im Holzbau deutlich aufwändiger. Hier sind Umleitungen aufgrund der auftretenden Querkräfte ungünstig für ein gut funktionierendes Tragwerk und somit schmalen und damit einhergehend wirtschaftlichen Querschnitten.

Schallschutz

In Leichtbaukonstruktionen, wie auch in diesem Entwurf verwendet, stellt der Schallschutz ein häufig genanntes Problem dar. Dies ist, wie auch bei der thermischen Überhitzung, der fehlenden Masse der Grundstruktur des Leichtbaus geschuldet. Zudem sind Flankenübertragungen im Holzbau durch die direkten Auflager stärker zu berücksichtigen als im Massivbau.

Luftschallschutz

Beim Schallschutz muss aber zwischen Luftschall und Körperschall unterschieden werden. In der Übertragung des Luftschalls sind bei Wohnungstrennwänden leichtere Füllungen mit einer niedrigen dynamischen Steifheit im Vorteil. Hier sind Stroh-Einblasdämmungen mit niedrigerem Massenanteil pro m^3 von Vorteil. Dabei performen in Versuchen Stroh-Einblasdämmungen (bei gleichen Dicken) mit $63 \text{ kg} / \text{m}^3$ im kritischen unteren Frequenzbereich von ca. 100 - 300 Hz besser, als beispielsweise Einblasdämmungen mit $120 \text{ kg} / \text{m}^3$. Im Vergleich zur Mineralwolle sind die leichten Strohdämmungen, bis auf kleinere Abweichungen, in einer ähnlichen Performance-Region.^[172] Werden zum Schallschutz weitere Kennziffern, wie der OI3 Index, und damit die Klimaperformance betrachtet, schneiden Strohdämmungen zwischen Holzständern mit Lehmputz besonders gut ab. Werden stattdessen konventionelle Metallständer (CW-Profile) und Gipsbauplatten verwendet, ist die klimatechnische Performance des Stroh kaum ausschlaggebend. Haupttreiber des fossilen GWP sind bei Zwischenwänden Metallständer und Gipsbauplatten, nicht das Isolationsmaterial.^[173]

Körperschallschutz

Im Körperschallschutz ist, wie bereits erwähnt, die Masse der Konstruktion neben der dynamischen Steifigkeit sehr wichtig. Die Masse in Deckenkonstruktionen unterbindet das Schwingverhalten und verhindert somit das Übertragen von Schallwellen auf darunterliegende Gebäudeteile. Aufgrund der konstruktiv bedingten Ausführung von Leichtbau-Konstruktionen, wie im Entwurf mit Stroh gefüllten Holzkassetten-Fertigteilen, müssen alternative Schallschutzkonzepte bedacht werden.

Dafür können in die Kassetten-Elemente Schwingungstilger eingebracht werden oder durch abgehängte Decken eine zusätzliche Federschicht bekommen. Ebenfalls möglich sind schallverbessernde Wirkungen durch schwimmende Estriche auf Trittschalldämmplatten. Dabei ist die dynamische Steifigkeit des Systems ausschlaggebend. Üblicherweise werden hierfür Mineralfaserplatten mit Zementestrich kombiniert und Steifigkeiten von $5\text{-}25 \text{ MN} / \text{m}^3$ erreicht.^[174]

Als Alternative zu den genannten Fußbodenaufbauten mit niedrigem GWP bietet sich die Ausführung einer Trittschalldämmung mit Hanffasern, in Kombination mit Lehm an. Die Hanffasern, bzw. -späne absorbieren durch die Lehm-Ummantelung und damit der Verklebung der Fasern neben den einfacher zu dämpfenden hochfrequenten Schwingungen auch tieffrequente Schwingungen. Dabei sind aber teilweise höhere Aufbauhöhen zu beachten.

Im Falle von „LLS200“^[175] sind mit 140 mm Schütthöhe unter 50 mm Zementestrich Trittschallminderungswerte von 30 dB zu

172 - Neusser, Maximilian et al. Evaluation of the acoustic and environmental performance of different wall structures with particular emphasis on straw, in: Journal of Building Engineering, Bd. 66 (2023), 16.01.2023, S. 12ff.

173 - ebenda S. 19

174 - Holzbau Deutschland-Institut e.V.: Schallschutz im Holzbau – Grundlagen und Vorbemessung, in: Informationsdienst Holz, Bd. Reihe 3 Teil 3 Folge 1, 03.2019

175 - Nowotny, Rainer: Schallschüttung LLS_200 - HANFFASER Uckermark, in:hanffaser.de

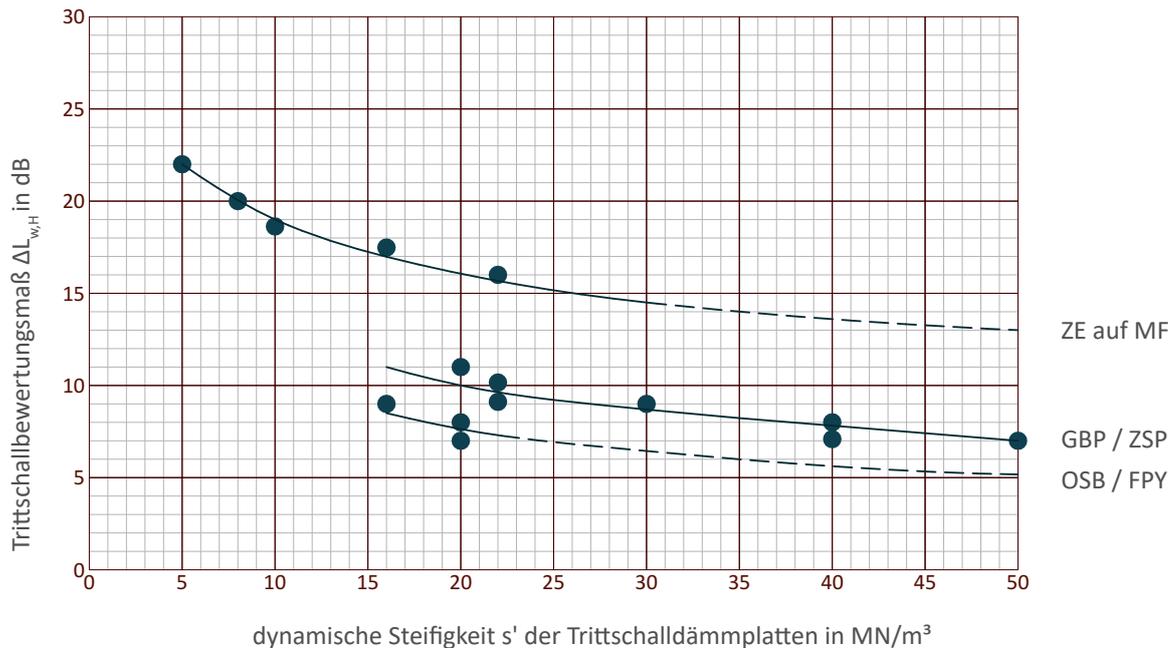


Abb.22.: Verbesserung der Trittschalldämmung durch einen schwimmenden Estrich auf Holzdecken.

Bewertete Trittschallminderung für verschiedene Estriche auf Mineralfaser-Trittschalldämmplatten unterschiedlicher dynamischer Steifigkeit

ZE auf MF = 50 mm Zementestrich auf Mineralfaser-Trittschalldämmplatten

ZSP = 22 mm Zementgebundene Spanplatte

GBP = 25 mm Gipsbauplatte

OSB = 18mm OSB-Verlegeplatte

FPY = 22 mm Verlegespanplatte

erreichen. Die Verbindung von lehmgebundenen Hanffasern als Trittschalldämmung mit einem Lehmeestrich, statt Zementestrich sind dem Autor keine zitierbaren Messdaten bekannt. Durch den weicheren Lehmeestrich und der dadurch niedrigeren dynamischen Steifigkeit im Vergleich zum Zementestrich ist aber eine bessere Performance im Trittschallbereich vorstellbar. Alternativ kann auch eine Fußbodenkonstruktion über Lagerhölzer trittschallentkoppelt werden. Dabei werden Schwingungen durch die biegeeweiche Unterkonstruktion bereits in dieser abgebaut bzw. vermindert.

Masseerhöhung

Trotz der getroffenen Maßnahmen im Trittschallschutz kann die Ausführung von Masseerhöhungen notwendig sein. Dabei ist ein vollflächiger Kontakt zur Rohdecke und damit einhergehender Dämpfung der Holzdecke sicherzustellen.

Dabei spielt die Art der Deckensysteme, sowie auch die Art der Masseeinbringung (Schüttung oder Plattenbeschwerung), eine Rolle in der schalltechnischen Performance, wie in der folgenden Grafik aufgezeigt.

Dämmung im Balkenzwischenraum

Ebenfalls eine relativ einfach anwendbare Schallverbesserungsmaßnahme stellt die Dämmung im Balkenzwischenraum dar. Besonders bei elastisch abgehängten Unterdecken. Dabei sind bei Vergleichsmessungen mit 200 mm starkem Faserdämmstoff Verbesserungen von 7 dB im genormten Trittschallpegel im Vergleich zum ungedämmten Zustand gemessen worden.^[176]

Sämtliche Beschwerungen und Schüttungen, bzw. Dämmungen in der Rohdecke

sind jedoch stark abhängig vom Zusammenspiel der verschiedenen Aufbauten.

Genau Frequenzgänge, Schallminderungswerte und Schwingungen können nur sehr schwer genau simuliert werden. Achsabstände von Befestigungen, aber auch andere Baustellenbezogene Ungenauigkeiten können die Schallübertragungen beeinflussen und verschlechtern.

Eine Prüfung der Bauteile, sofern nicht Konstruktionen von Standardkatalogen verwendet werden, ist daher anzustreben.

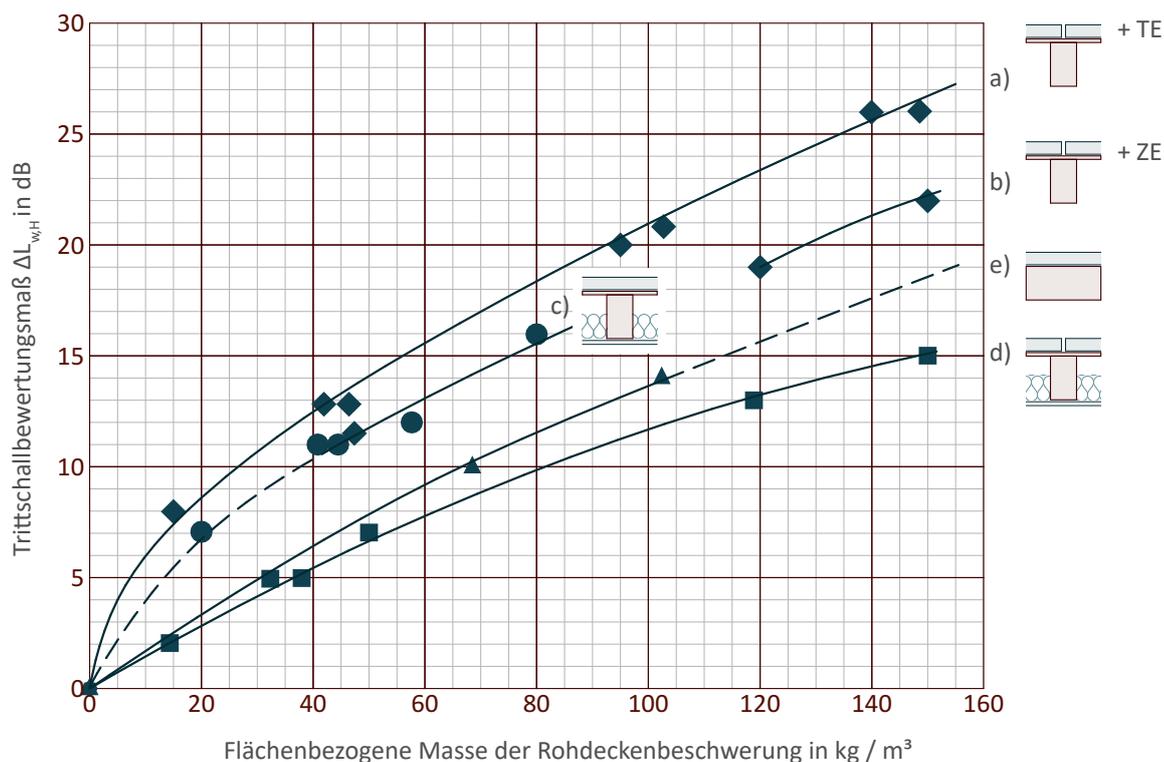


Abb.23.: Verbesserung der Trittschalldämmung durch Rohdeckenbeschwerungen.

- a) Plattenbeschwerung bei offenen Holzbalkendecken mit Trockenestrich
- b) Plattenbeschwerung bei offenen Holzbalkendecken mit Zementestrich
- c) Schüttungen auf Holzbalkendecke mit Unterdecke
- d) Plattenbeschwerung auf Holzbalkendecken mit Unterdecke
- e) Schüttungen auf Massivholzdecken

176 - vgl. Holzbau Deutschland-Institut e.V.: Schallschutz im Holzbau – Grundlagen und Vorbemessung, in: Informationsdienst Holz, Bd. Reihe 3 Teil 3 Folge 1, 03.2019

Unterschied zum Massivbau

Durch die Kombination der verschiedenen Schallschutzmaßnahmen können auch Holzleichtbauten verschiedenen Schallschutzanforderungen gerecht werden. Aber auch in diesem Kapitel des Holzbaus zeigt sich deutlich, dass beim Holzbau im Vergleich zum konventionellen Massivbau mehr berücksichtigt werden muss. Planer:innen verschiedenster Fachbereiche müssen früher und intensiver in die Planungsphase mit einbezogen werden, da diese Maßnahmen unterschiedliche Designaspekte beeinflussen.

Neben den Planungsaspekten spielen im Holzbau auch besonders Bauausführungen eine stärkere Rolle als im konventionellen Massivbau. Bei Einblasdämmungen werden unterschiedliche dynamische Steifigkeiten an den verschiedenen Stellen der Wandkonstruktion durch ungleiche Masseverteilungen erreicht. Hierdurch können sich verschiedene Resonanzfrequenzen innerhalb des Bauteils bilden.^[177] Aber auch falsch ausgeführte Masserhöhungen in Deckenbauteilen durch Setzungserscheinungen oder Verschiebungen beeinflussen die Schallübertragungen negativ.

Prinzipiell kann aber der Holzbau, richtig ausgeführt, eine ähnliche schalltechnische Performance aufweisen wie bei Massivbauten.

Auch werden in Diskussionen oftmals theoretische oder optimal ausgeführte Massivbauten mit Vorsatzschalen als Referenzbeispiele zu Holzbauten mit schlechter Schallschutzperformance, wie beispielsweise alte Bauernhäuser, verwendet.

Augenscheinlich funktionieren aber sogar Gründerzeitbauten schalltechnisch besser als moderne Stahlbetonbauten. Ausführungsfehler und persönliche Wahrnehmungen sind dabei eingeschlossen.

177 - Neusser, Maximilian et al. Evaluation of the acoustic and environmental performance of different wall structures with particular emphasis on straw, in: Journal of Building Engineering, Bd. 66 (2023), 16.01.2023, S. 12

Lichteinfall

Die Menge an einfallendem Sonnenlicht in Gebäuden beeinflusst nicht nur das Wohlbefinden und die Stimmung der Menschen ^[178], sondern trägt auch deutlich zum geringeren Energieverbrauch in den Wohnungen bei. Weniger direkt einfallendes Sonnenlicht bedeutet im Winter mehr Beleuchtungsenergie, einen größeren Wärmebedarf, im Umkehrschluss ist aber wenig direkte Sonneneinstrahlung effektivstes Mittel zur Vermeidung sommerlicher Überhitzung. Im Hinblick auf die immer heißer werdenden Sommer, ausgelöst durch den Klimawandel, sind immer größer werdende Belichtungsflächen nicht optimal. Behaglichkeit wird nicht nur vom Lichteinfall, sondern mit großer Beteiligung, auch von der Umgebungstemperatur definiert.

Nach OIB Vorschriften sind für jeden Aufenthaltsraum jedenfalls mindestens 12 % der Bodenfläche als Lichteintrittsfläche (architekturlichte Fenster - also Lichte zwischen den Laibungen) herzustellen. ^[179] Ohne jegliche Berücksichtigung des Standortes, Ausrichtung oder andere wichtige Einflussfaktoren.

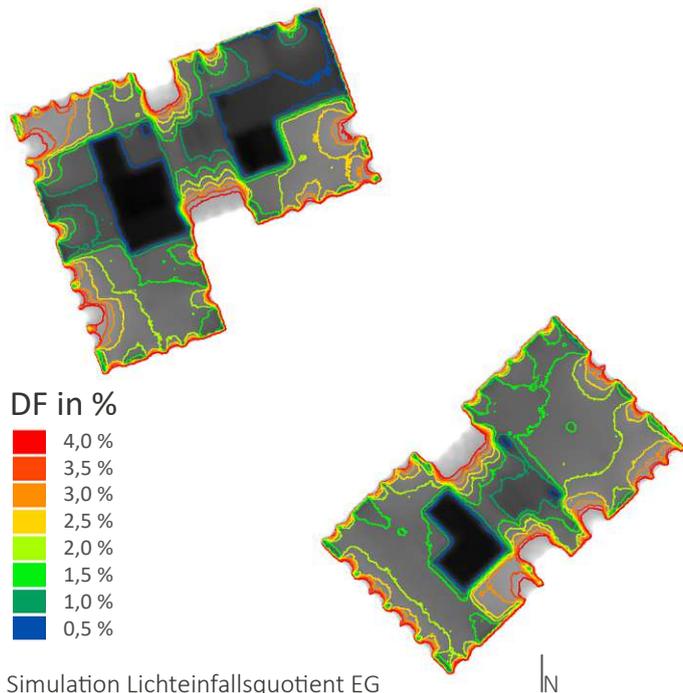
In der ÖNORM EN 17037 sind diese mit berücksichtigt. Normen gelten aber grundsätzlich als Empfehlungen, und sind nicht gesetzlich bindend, wie OIB Richtlinien. In dieser Norm werden für einfallendes Tageslicht verschiedene Empfehlungsstufen (Gering / Mittel / Hoch) ausgewiesen. Bei jeder dieser Stufen werden Zielbeleuchtungsstärken und Mindestziele ausgewiesen.

So sind in der Empfehlungsstufe "Gering" beispielsweise Zielbeleuchtungsstärken von 300 Lux oder ein Tageslichtquotient (DF) von 1,9% über 50 % der Raumfläche eines

Aufenthaltsraumes in einer Wohnung definiert, bzw. ein Mindestziel von 100 Lux oder einer DF von 0,6 % über 95% des Raumes.

Diese Anforderungen gelten bei 50 % der Tageslichtstunden. Die Empfehlungsstufe "Mittel" definiert ein Ziel von 500 Lux (DF 3,1) oder ein Minimum von 300 Lux (1,9%). In der Empfehlungsstufe "Hoch" werden 750 Lux (DF 4,7%) als Ziel ausgegeben und ein Mindestmaß von 500 Lux (DF 3,1 %). ^[180] Die zu verwendende Empfehlungsstufe ist nicht näher definiert. Zusätzlich zur reinen Belichtung über die Kennzahlen werden die Aussicht, Besonnungsdauer und der Blendenschutz in der Normung definiert.

Um relativ komplexen Anforderungen wiedergeben, bzw. prüfen zu können, müssen Lichteinfallssimulationen erstellt werden. Um grundlegende Aussagen zur Belichtungsstärke treffen zu können, wurden



178 - deutschlandfunkkultur.de: Biologie - Warum wir Licht brauchen - und welches, in: Deutschlandfunk Kultur, 21.12.2017

179 - OIB Richtlinie 3 - 2019: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 04.2019

Beleuchtungsstärken im Jahresdurchschnitt mit "Velux Daylight Visualizer 3" simuliert. Nachbarbebauungen sowie Bepflanzungen sind in dieser Simulation ausgenommen. Auffallend sind in dieser Simulation die deutlichen Unterschiede des Lichteinfalls in den unterschiedlichen Stockwerken, hauptsächlich durch Balkonüberdachungen ausgelöst. Auch durch das Abrücken der Fenster bei den Wohnungstrennwänden verringert den Lichteinfall deutlich. Positiv gewertet werden auch die gut belichteten Stiegenhäuser, welche durch die gute Beleuchtung eine hohe Aufenthaltsqualität besitzen.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass in sämtlichen Wohnungen die Empfehlungsstufe „Gering“ deutlich erreicht wurde, bei der Empfehlungsstufe "Mittel" wird es in der großen Erdgeschosswohnung im Bauteil

A knapp. In den oberen Geschossen wird die Empfehlungsstufe „Mittel“, durchgehend erreicht, in der südlichsten Wohnung jedenfalls die Empfehlungsstufe „Hoch“.

Andere Bewertungen des Lichteinfalls werden beispielsweise in den DGNB Kriterien ausgewiesen. Dabei bekommt das Gebäude die gesamten zu erreichenden Punkte, wenn bei 50 % der Nutzfläche ein Lichteinfallsquotient von 2 % erreicht wird. Bei 1,5 % sind noch 75 % der Punkte erreicht, bei DF von 1 % noch 50 % der Punkte. ^[181]

Für eine Auswertung dieser Kriterien müssten genauere Auswertungen über zugelassene Simulationsprogramme erfolgen. Pauschal kann aber gesagt werden, dass die Gebäude neben den gesetzlich vorgeschriebenen Lichteintrittsflächen auch größtenteils die freiwilligen Nachweise erfüllen.

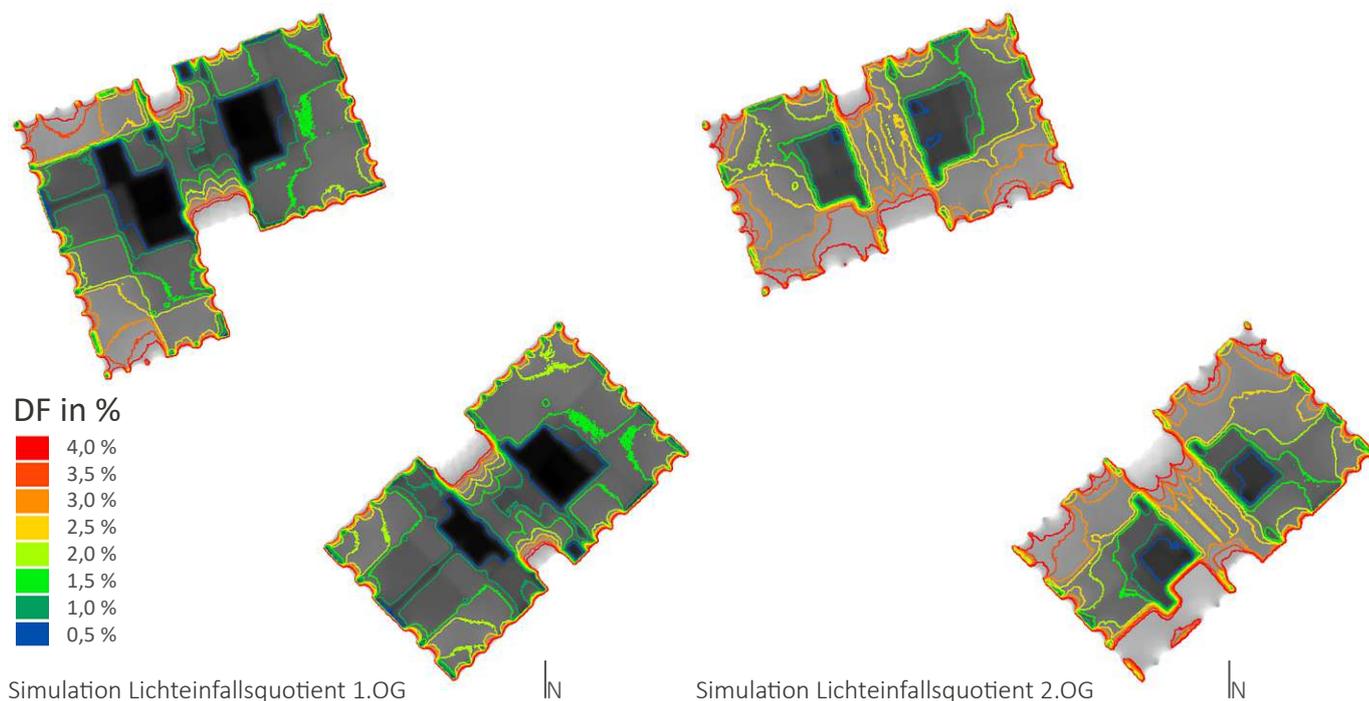


Abb.24.: Darstellungen simulierter Lichteinfallsquotient

Sommerlicher Wärmeschutz



Aufgrund der steigenden Anzahl an Hitzetagen, sowie der Extremwetterereignisse, wie Hitzeperioden mit steigenden Maximaltemperaturen, muss ein zukunftsfähiger, klimagerechter Bau den gesamten sommerlichen Wärmeschutz auch ohne zusätzliche Kühlleistung erreichen. Dies sorgt für ein energieeffizienteres Gebäude, vor allem aber auch für lebenswerte Wohnungen. Hitzewellen zählen dabei laut Hitzeschutzplan des Umweltbundesamtes zu den bedeutendsten direkten Gesundheitsbelastungen für den Menschen. ^[182]

In der Simulation, durchgeführt mit dem frei verfügbaren Browser-Simulationsprogramm "Thesim3D", werden in beiden Bauteilen die kritischsten Räume modelliert und simuliert.

Im Bauteil A wird das Wohnzimmer als kritischer Raum mit der großzügigen Verglasung im südöstlichen Bereich gewählt.

Die fehlende Verschattung durch das Vor-

dach, bzw. Balkon, mit der Geschossdecke als Flachdach, sowie die 6 Fenster lassen das Wohnzimmer mit ca. 25 m² als potenziell kritisch erscheinen.

In der Simulation unter Optimalbedingungen (8-20 Uhr geschlossene Jalousien und 20-8 Uhr sämtliche Fenster geöffnet) steigt die Innenraumtemperatur auf maximal 23,8 °C. Selbst unter schlechteren Bedingungen, mit nur einem nachts geöffnetem Fenster, bleibt das Wohnzimmer unter der Obergrenze von 27 °C. Der Raum überhitzt jedoch durch die großen Fensterflächen bei geöffneter Jalousie deutlich auf 31 °C, kann aber durch Querlüftmöglichkeiten sehr schnell wieder abgekühlt werden.

182 - Gesamtstaatlicher Hitzeschutzplan für Österreich: 2023

Simulationsergebnis Sommerlicher Wärmeschutz BT A

Modellierung kritischer Raum in Thesim3D

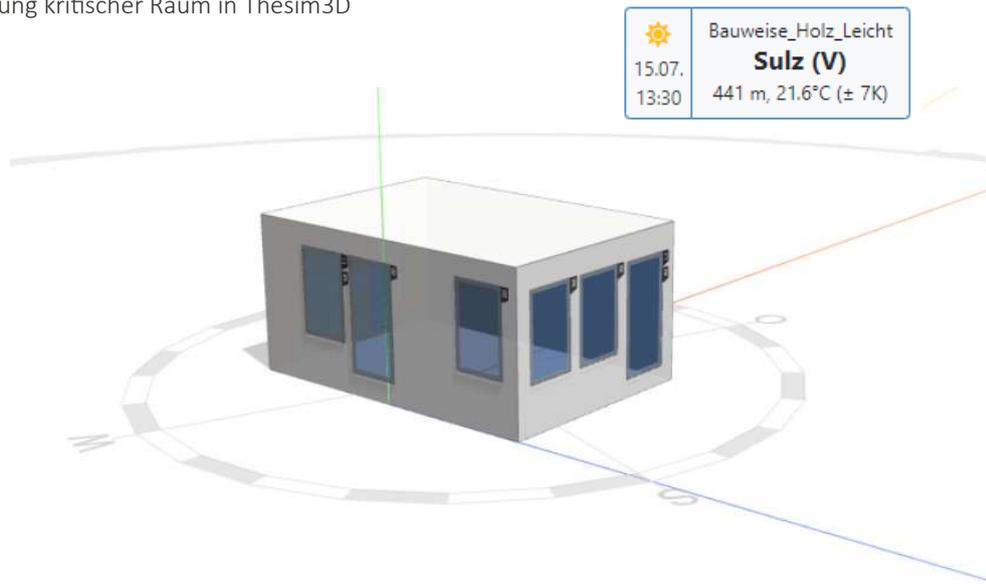
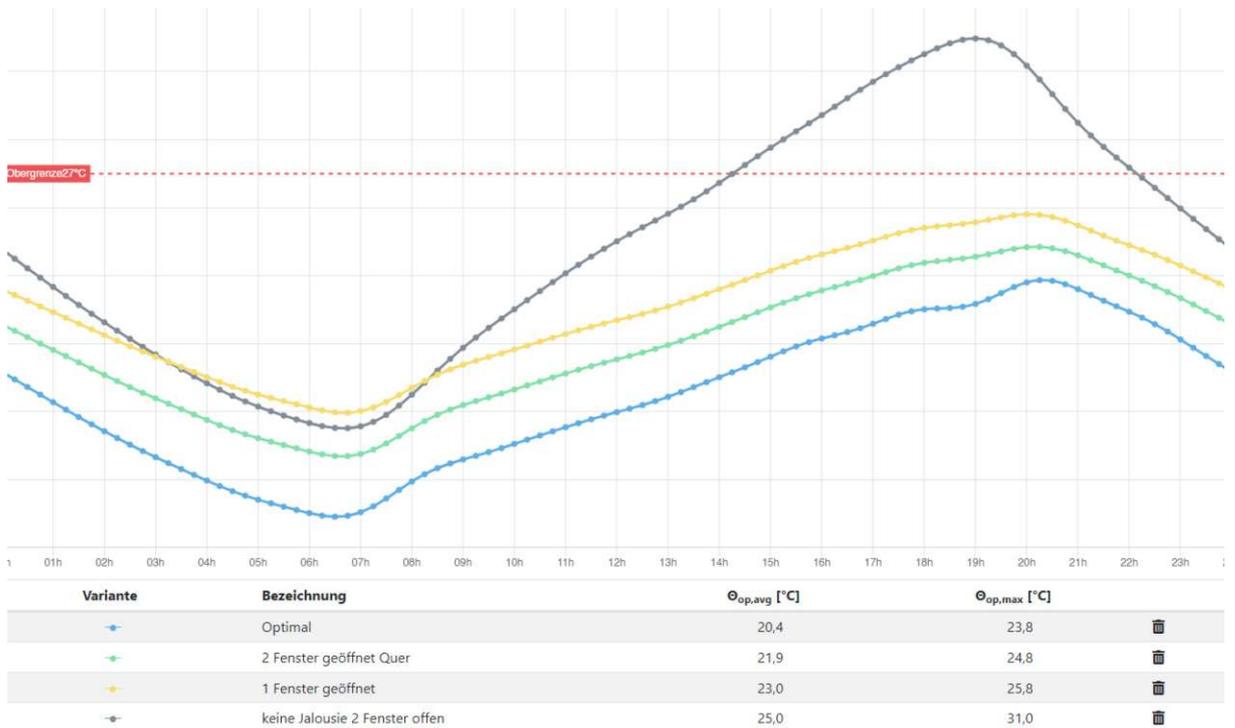


Abb.25.: Darstellung simulierter Raum



Warnung: Die Varianten werden zurzeit (noch) nicht mit dem Projekt gespeichert.

Abb.26.: Datenexport von Thesim3D

Im Bauteil B wird das laut Lichteinfallssimulation meist belichtete, im obersten Geschoss liegende Zimmer als Referenzzimmer verwendet.

Es besitzt drei großzügig dimensionierte Fensterflächen, in Südost-, sowie Südwestrichtung. Zudem neigt sich die Dachfläche in südöstlicher Richtung. Das Schlafzimmer ist mit ca. 12 m² Raumgröße relativ klein und neigt daher zur schnelleren Überhitzung als Räume mit größerem Luftvolumen.

Als Ausgangslage wird in der Simulation eine optimale Verschattung aller Fensterflächen durch die vorhandenen Jalousien von 8 - 20 Uhr sowie eine Lüftung des Balkonfensters von 20 - 8 Uhr angenommen. Dies stellt ein annähernd optimales Nutzerverhalten dar. Auf die Öffnung der weiteren Fenster zur Querlüftung wurde aufgrund des Schallschutzes verzichtet.

In dieser Konfiguration bleibt die Maximaltemperatur mit 23,6 °C deutlich unter der festgelegten Komfortobergrenze von 27 °C. Dies wird durch die sehr gute Isolation der Außenbauteile erreicht, aber auch durch die hohe Wärmekapazität der Lehmbauteile im Inneren. Die Abbildung der Fensterperformance ist jedoch, wie auch schon bei der vorhergehenden Simulation nicht exakt, Kastenfenster mit innen liegender Doppelverglasung und Jalousien in der Zwischenebene können in diesem Tool nicht modelliert werden. Alternativ dazu wurde eine 3-fach Verglasung mit außen liegender Jalousie gewählt.

Durch den erhöhten Isolationsgrad des Kastenfensters kann aber von ähnlichen Ergebnissen ausgegangen werden. Ohne eine Verschattung durch die Jalousien ist

die maximale Innenraumtemperatur bei 28,7 °C, bei fehlender Nachtlüftung steigert sich die Maximaltemperatur auf ca. 38,9 °C. Dabei sinkt, bedingt durch die hohe Masse und Speicherfähigkeit der Lehmwände, die nächtliche Raumtemperatur ohne Lüftung nur geringfügig, auf ca 37 °C ab.

Das Zimmer schafft, wie auch schon im Bauteil A, die Vorgaben zum sommerlichen Wärmeschutz deutlich, lediglich bei schlechtem Nutzerverhalten überhitzt der Raum. Die Anforderungen hierfür können ohne zusätzliche Kühlung kaum erreicht werden.

Durch die Möglichkeit, in allen Wohnungen quer lüften zu können, besteht aber selbst nach ungünstigem Nutzungsverhalten die Möglichkeit einen schnellen Wärmetausch innerhalb aller Wohnungen durchführen zu können. Sämtliche Wohnungen verfügen über eine Querlüftmöglichkeit "über Eck", in den größeren Wohnungen sind 3 - seitige Querlüftmöglichkeiten gegeben.

Da diese Simulation zudem die ungünstigsten Räume im Quartier zur Referenz zieht, kann von besserem Verhalten in anderen Zimmern und Wohnungen ausgegangen werden.

Die genauen Thesim3D Berichte werden zur besseren Nachvollziehbarkeit in Anhang B angeführt.

Simulationsergebnis Sommerlicher Wärmeschutz BT B

Modellierung kritischer Raum in Thesim3D

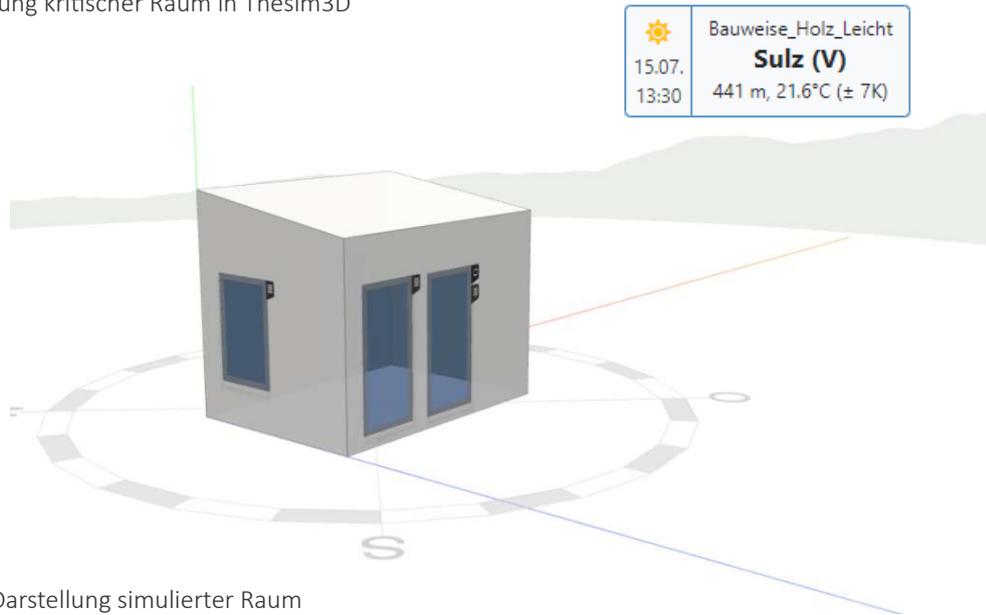
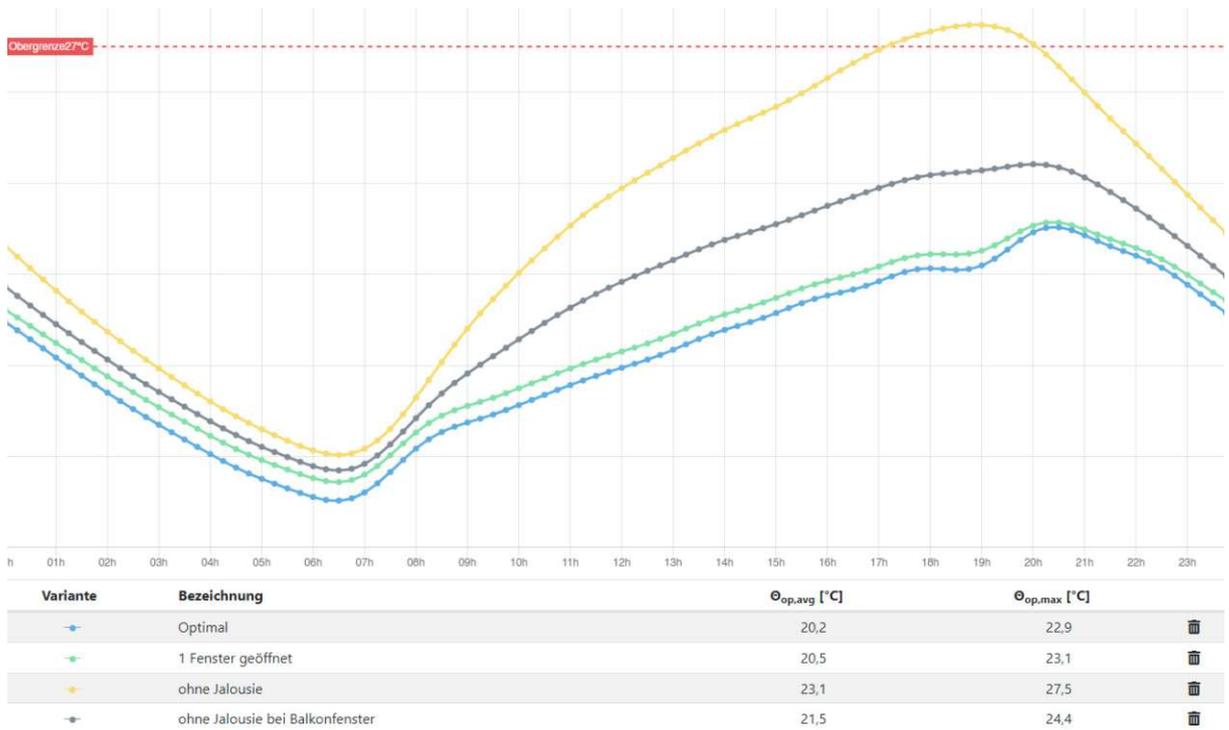


Abb.27.: Darstellung simulierter Raum



Anmerkung: Die Varianten werden zurzeit (noch) nicht mit dem Projekt gespeichert.

Abb.28.: Datenexport von Thesim3D

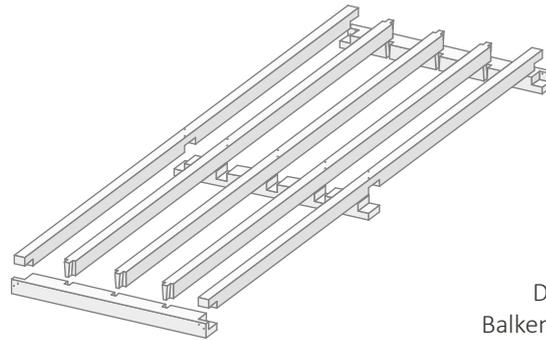
Elemente

Holzbauten, besonders mit dem Fokus auf Rückbaubarkeit, sind in der Konstruktion bzw. in deren Detaillierung besonders interessant. Anschlüsse, üblicherweise miteinander verklebte Schichten oder andere technische Herausforderungen, behindern eine effiziente Rezyklierbarkeit der verschiedenen Elemente. Im folgenden Abschnitt werden die im Entwurf angedachten Elemente und deren Herstellung bzw. Montage erläutert.

Deckenelemente

Zu den wichtigsten Elementen, besonders im Geschosswohnbau, zählen die Deckenelemente. Spannweiten, Aufbauhöhen, aber auch der Schallschutz gehören zu den grundlegenden Herausforderungen für Deckenelemente.

Für die Herstellung von recyclingfähigen Deckenelementen wird in diesem Entwurf eine Basis aus fünf raumüberspannenden Balken mittels CNC-gefräster Verbindung mit 3 Querbalken verwendet. Die Auflagerpunkte erfolgen in den Randbereichen mittels Blätter, die Balken innerhalb des Elementes werden zur optimalen Kraftübertragung mit Schwalbenschwanzverbindungen mit den Randbalken verbunden. Zudem werden die Deckenelemente zur statischen Optimierung als Mehrfeldträger ausgebil-

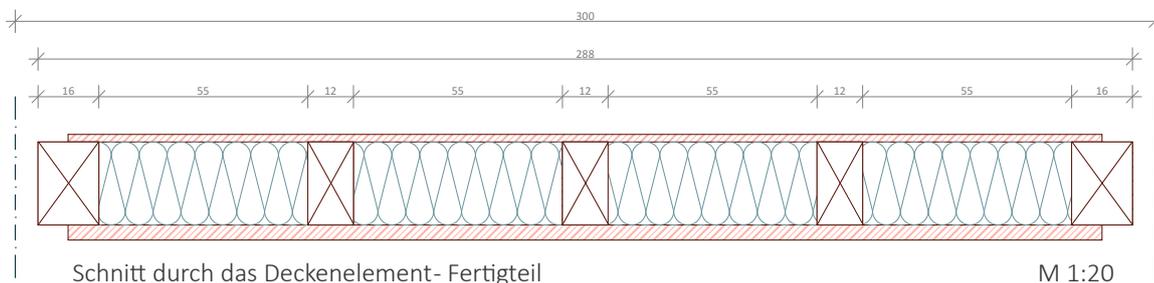


Deckenelement
Balkenverbindungen

det. Durch die geringe Feldlänge von 4,35 Metern kann das Element mit einer Gesamtlänge von 8,70 Metern und einer Breite von 2,88 Metern aber trotzdem effizient auf die Baustelle geliefert werden.

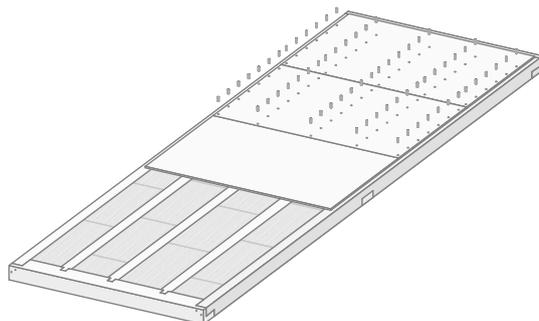
Der Mittelbalken wird nur mittels Überblattungen eingepasst. Dieser dient hauptsächlich zur Stabilisierung und zum Schutz vor Verdrehungen und Kraftüberleitung in die darunter liegenden Balken.

Während der Herstellungsphase werden die Überblattungen der Balken mit eingeschossenen Holznägeln befestigt. Diese Verbindungen dienen der Lagesicherung in der Herstellung.



4/4 22 2/4

Beplankung



Anschließend werden die miteinander verbundenen Balken mit einer Strohdämmung gefüllt. Diese werden in Form von Abschnitten von ganzen Ballen, um eine homogene Massenverteilung innerhalb der Dämmebene zu erhalten, eingebracht. Diese Dämmebene dient hauptsächlich der Schallschalldämmung.

Die Beplankung der Elemente mittels 3-Schicht-Platten übernimmt neben dem Raumabschluss auch die Schubaussteifung im Element, sowie den Brandschutz an der Deckenunterseite.

Durch die erhöhte Dimensionierung der Beplankung kann das Element auf Abbrand dimensioniert werden. Hierfür notwendig werden, bei einer Anforderung von einer Widerstandsdauer von 60 Minuten (REI 60 bei Gebäudeklasse 4 ^[183]), gesamt 39 mm Beplankungsstärke benötigt. Dies errechnet sich aus der Abbrandgeschwindigkeit von 0,65 mm / min ^[184] bei einseitiger Belastung.

Die Vernagelung der Beplankung erfolgt hier mittels der bereits genannten Holznägel. Auf Deckenunterseite werden dafür, im Gegensatz zur Deckenoberseite, Holznägel mit Kopf verwendet. Dies sorgt vor allem für eine bessere optische Integration der

Nägel in die spätere Sichtoberfläche.

Nach der Vernagelung werden die Fertigteile auf die Baustelle geliefert und auf die Skelettkonstruktion aufgelegt. Der beidseitige Abschluss mit Sperrholzplatten bietet neben dem mechanischen Schutz auf der Baustelle auch einen kurzfristigen Feuchteschutz. Ein zusätzliches Verpacken der Bauteile mit Kunststofffolien soll vermieden werden.

Durch die Herstellung als Zweifeldträger kann neben schlankeren Balkenquerschnitten auch eine kürzere Montagezeit sichergestellt werden.

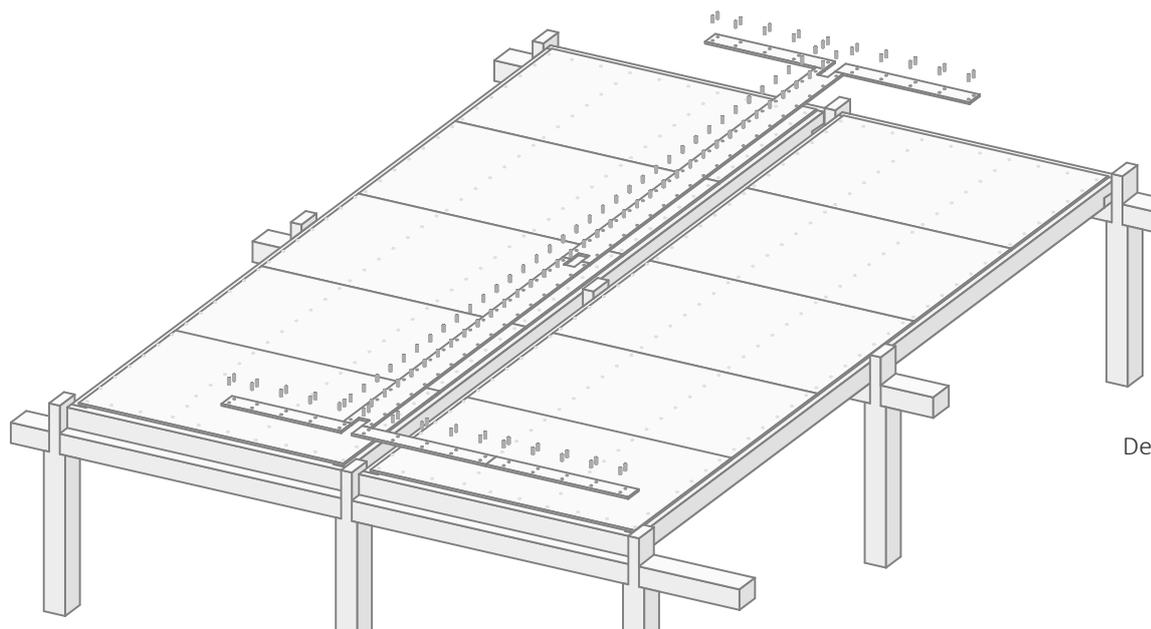
Bei der Montage werden die Elemente zwischen die eingefrästen Stützen gelegt. Die Entscheidung, Stützen als durchgehende Elemente zu verwenden, bedingt einen Montageabstand zwischen den Deckenelementen. Dieser Abstand wird vor Ort ausgedämmt und mittels Streifen aus Sperrholzplatten mit den angrenzenden Deckenelementen verbunden. Auch hier kommen wieder Holznägel zum Einsatz.

Diese Ergänzung der Streifen stellt auch die elementübergreifende schubsteife Ebene der Decke sicher. Durch diese Verbindung werden sämtliche angreifenden Horizontallasten auf die Wandelemente übertragen. Schallschutztechnisch können durch die Abstände zwischen den Elementen auch Flankenübertragungen eingedämmt werden.

183 - OIB Richtlinie 2 - 2019: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 04.2019

184 - Bemessung im Brandfall: in: der Teibinger, 01.2017

185 - Flachs - Dämmung für nachhaltiges Bauen, in: RENEWA GmbH, 22.07.2022

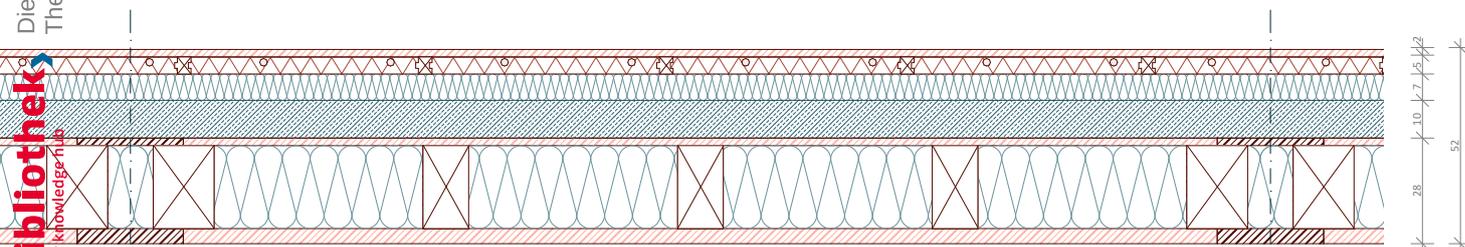


Deckenelement
Montage

Ergänzt vor Ort werden die Fertigteile mit einer 10 cm dicken Lehmschicht, welche hauptsächlich aus Schallschutzgründen eingebracht wird. Diese Lehmschicht wird direkt auf die Holzdecke aufgebracht und sorgt mit ihrem Flächengewicht von ca. 200 kg / m² für eine effektive Schallminderung. Diese Auflast sorgt für eine Verbesserung bei Schwingungsbelastungen, welche im Leichtbau oftmals als große Herausforderung angesehen wird.

Auf diese Lehmschicht ähnliche Ebene werden Lagerhölzer auf Filzentkopplungen aufgelegt, mit Flachs ausgedämmt und anschließend mit einer Trägerkonstruktion aus Lavastein die Fußbodenheizung eingebracht. Darauf wird der Dielenboden verlegt.

Auf Trennfolien wird in diesem Aufbau verzichtet, um die Feuchtigkeitsregulierende Fähigkeit des Lehms nutzen zu können. Durch die Verwendung von Flachs in seiner



Schnitt durch das Deckenelement - Fertiggestellt

M 1:20

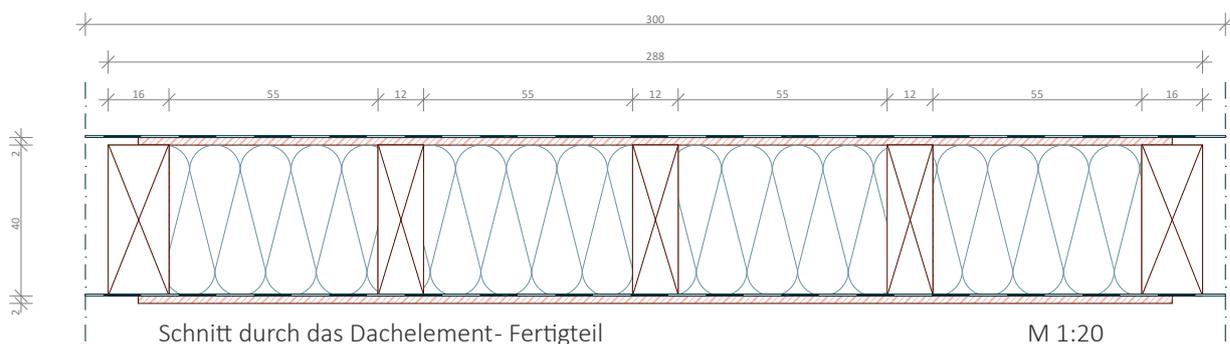
Reinform als Schüttung (ohne Stabilisierung durch Stützfasern und Brandschutzmitteln) kann durch den diffusionsoffenen Baustoff der Lehm zu gutem Raumklima beitragen. Flachs ist fäulnisresistent und stellt daher kein Problem für den Feuchtedurchgang im Bauteil dar. ^[185]

Die Dachelemente werden prinzipiell gleich hergestellt, im Unterschied zu den Deckenelementen sind die Anforderungen jedoch leicht unterschiedlich. Die gesunkenen Brandschutzanforderungen (R30 statt REI 60 in der obersten Geschossdecke ^[186]) werden durch die Anforderungen an Wärmedämmung, sowie Anforderungen an den Feuchteschutz ersetzt. Um den Anforderungen des Wärmeschutzes gerecht zu werden, welche laut OIB Richtlinie 4 einen U-Wert von 0,20 W/m²K bei Decken gegen Außenluft erfordern, wird bei gleichbleibendem Elementaufbau die Dämmebene auf 400 mm erhöht. Dies erzeugt im Gesamtaufbau einen U-Wert von 0,134 W/m²K ^[187] (bei der Annahme der Wärmeleitfähigkeit des genormten Baustrahlens, quer zur Halmrichtung von $\lambda = 0,051 \text{ W / mK}$ ^[188])

Die Anforderungen an den Feuchteschutz sind bei Dachelementen besonders hoch.

Innenseitig wird dafür eine Dampfbremse montiert, an der Außenseite des Fertigteils wird werksseitig eine Unterspannbahn montiert. Diese Spannbahnen bestehen allerdings aus Kunststoffen. Dabei ist die Auswahl der Produkte entscheidend. Neben der PVC Vermeidung ist auch der Ausschluss von halogenorganischen Stoffen in Dampfbremsen und Unterspannbahnen wichtig. Zudem sollte auf Verbundmaterialien verzichtet werden. Bei der Unterspannbahn und auch der Dampfbremse gibt es Produkte am Markt, die diese Voraussetzungen erfüllen. ^[189] Durch die werksseitige Ausführung mit Unterspannbahn ist das Bauteil bereits bei der Montage vor der Witterung geschützt und muss nicht zusätzlich abgedeckt werden. Die Überstände an den Elementrändern lassen eine schwachstellenarme Verklebung der Elemente untereinander zu. Zuvor wird aber auch hier der Sperrholzstreifen ergänzt.

Der weitere Ausbau am Dach erfolgt in konventioneller Weise. Auf die Unterspannbahn werden Konterlatten montiert, diese sorgen für die Hinterlüftungsebene. Anschließend kommt eine Schalungsebene aus 24 mm starken Vollholzbrettern. Auf diese wird



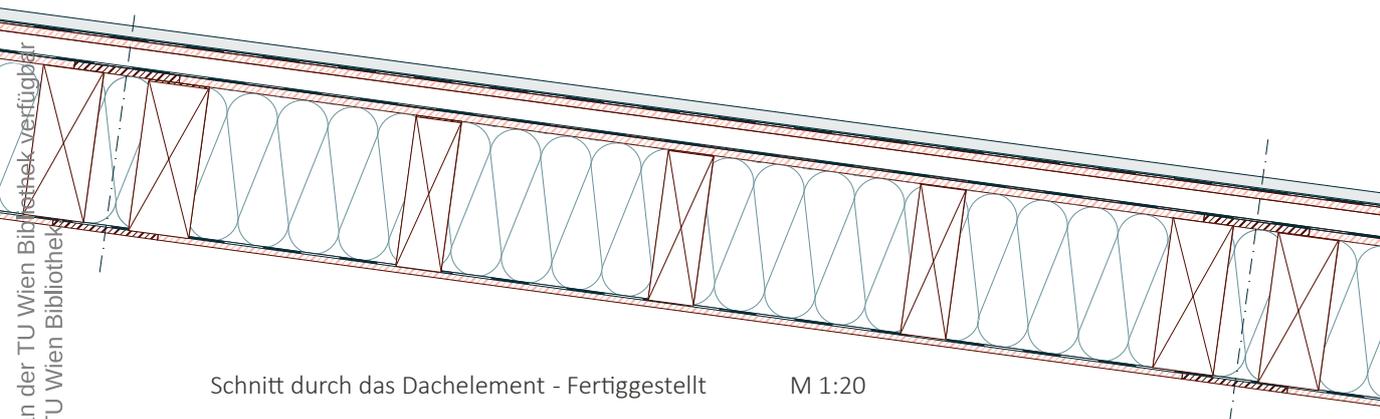
185 - Flachs - Dämmung für nachhaltiges Bauen, in: RENEWA GmbH, 22.07.2022

186 - OIB Richtlinie 2 - 2019: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 04.2019

187 - Berechnet mit: Baubook Bauteilrechner in: Energieinstitut Vorarlberg: <https://www.baubook.info/de/werkzeuge/rechner-bauteile>

188 - Minke, Gernot/Benjamin Krick: Handbuch Strohballenbau: Grundlagen, Konstruktionen, Beispiele, 3., ökobuch, 30.04.2014.S.6

189 - Beispiele mit den erfüllten Kriterien: Dampfbremse: Würth Wütop DB 10, sowie Unterdeck- und Unterspannbahn Wütop 170 SK in: baubook.info



Schnitt durch das Dachelement - Fertiggestellt

M 1:20

eine Metalldachtrennlage und anschließend eine Doppelstehfalzdeckung aus HFX-Edelstahl (Produkt Roofinox) aufgebracht.

Die Metalldachtrennlage dient als Drainageschicht für das Kondenswasser an der Blechunterseite und dient als Schallschutzelement vor Trommelgeräuschen bei Regenschauern. ^[190]

Die Entscheidung zur Edelstahl-Eindeckung wurde aufgrund der Korrosionsfreiheit und damit einhergehender Möglichkeit zur Einhaltung des theoretisch unendlichen technischen Recyclingkreislaufs getroffen.

Zudem ist die Eindeckung im Vergleich zu anderen Baustoffen relativ hell. Dies führt zu einem hohen Reflexionsgrad, damit einhergehend zu einem guten Albedowert. ^[191] Dieser ist wichtig, um die Wärmebelastung für das Quartier im Sommer gering zu halten und das Mikroklima positiv zu beeinflussen.

Blecheindeckungen eignen sich prinzipiell gut als Grundlage für Fotovoltaikanlagen. Die geringere Hitzeentwicklung aufgrund der hellen Oberfläche stellt sich auch hier positiv dar.

Mit Blecheindeckungen können Steildächer mit sehr niedrigen Neigungen errichtet werden. Das Mindestgefälle beträgt bei einer Doppelstehfalzdeckung standardmäßig 7°. ^[192] Dies ermöglicht ein sehr flach geneigtes Dach und damit eine Nutzung des darunter liegenden Geschosses als Vollgeschoss wie auch bei Flachdächern.

Im ökologischen Vergleich schneidet das Blechdach aufgrund der Klebefreiheit, der Robustheit und sowie auch Rezyklierungsmöglichkeit deutlich besser ab, als beispielsweise Flachdächer.

Im Vergleich zu Steildächern mit Tondeckungen ist der höhere Energieaufwand bei Blechdächern mit dem höheren Qualitätserhalt im Recycling argumentierbar.

190 - Paul Bauder GmbH & Co.: Metalldachtrennlagen

191 - Albedo: 22.12.2022, in:de.wikipedia.org

192 - Bundesinnung der Dachdecker, Glaser und Spengler: Fachregel für Bauspenglerarbeiten, in: WKO, 01.09.2014

Wandelemente

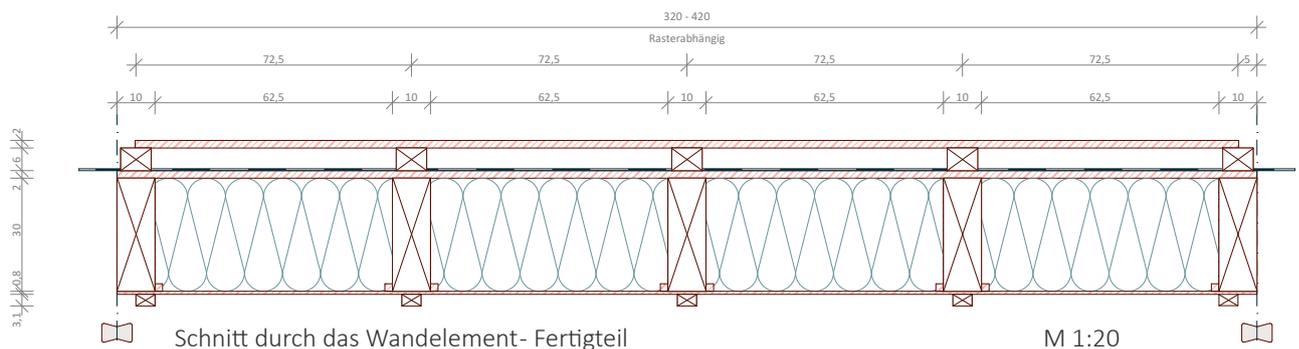
Die Wandelemente werden im gegenständlichen Projekt, ähnlich zu den Deckenelementen als Halbfertigteile geliefert. Teilelemente von 3,00 Metern sowie 4,20 Metern angepasst an das jeweilige Raster, können bereits im Werk zu mehreren Elementen zusammengebaut werden, um einen effizienteren Transport und Montageablauf gewährleisten zu können.

Die Elemente bestehen, analog zu den Deckenelementen, aus einer Rahmenkonstruktion mit 30 x 10 cm Holzbalken mit einer eingelegten Strohdämmung mit Achsabstand von 72,5 cm. Als äußere Bepunktung kommt eine Sperrholzplatte mit 19 mm Stärke zum Einsatz, welche die Aussteifung des Elements übernimmt. Innen wird eine fugenverklebte HDF-Platte (hochdichte Faserplatte oder high-density fiberboard) mit 8 mm Stärke als Raumabschluss für die Strohdämmung, aber auch als dampfbremmende Ebene verwendet. Mit einem sd-Wert (Luftschichtäquivalente) von ca. 1,5 Metern^[193] ist der dampfbremmende Effekt nicht besonders hoch, durch Verwendung von diffusionsoffenen Bauteilen an den äußeren Schichten und feuchtigkeitsausgleichenden Oberflächen innen ist der zu erwartende Feuchtig-

keitsanfall im Bauteil aber gering.

Geliefert wird das Wandelement innen mit vorbereiteter Installationsebene, außen vorbereitet mit der Fassadenschalung. Im Außenbereich muss somit nur noch die Holzschindelfassade aufgebracht werden, um die Fassade fertig zu stellen. Die Entscheidung, die Fassade vor Ort fertig zu stellen, beruht hauptsächlich darauf, Vertikalfugen und damit die Schwächung der Fassade zu vermeiden.

Innenseitig wird die Lehmputzoberfläche erst auf der Baustelle komplettiert, um Schäden an der fertigen Oberfläche zu vermeiden, aber auch um die konstruktiven Bauteile mit Einlegeverbindern vor Ort befestigen zu können. Dies soll mit Schwalbenschwanzverbindern in horizontaler Ebene geschehen, in vertikaler Ebene werden die Elemente mittels Verschraubungen mit der darunter liegenden Konstruktion verbunden. Generell werden auch hier die einzelnen Baustoffe mit Holznägeln, soweit möglich, miteinander verbunden. Verschraubungen werden nur baustellenseitig im Mindestmaß durchgeführt.



Nach der konstruktiven Verbindung der Wandelemente mit den darunterliegenden Bauteilen wird innenseitig die Technik installiert und anschließend mit einer 2 cm dicken Schilf-Putzträgerplatte verschlossen.

Auf diese Putzträgerplatte wird anschließend ein ca. 3 cm dicker Lehmputz aufgebracht. In der Unterputzschicht wird der Lehmputz mit Strohfasern verstärkt, in der Oberputzschicht mit Feinsand vermischt. Dieser Lehmputz sorgt für ein angenehmes Raumklima durch die Feuchtigkeitsregulierung und kann Schadstoffe aus der Luft filtern. ^[194] Zudem ist Lehmputz jederzeit reparierbar und stammt im Optimalfall vom eigenen Bauplatz.

Neben der Feuchteregulierung übernimmt der Lehm in den Bauteilen auch eine thermische Funktion. Durch die hohe Masse (je nach Lehmmischung zwischen ca. 1850 - 2300 kg / m³) ^[195] erfüllt der Lehmputz auch seine Funktion als thermische Speichermasse. So soll der Lehmputz im Sommer das Raumklima stabilisieren.

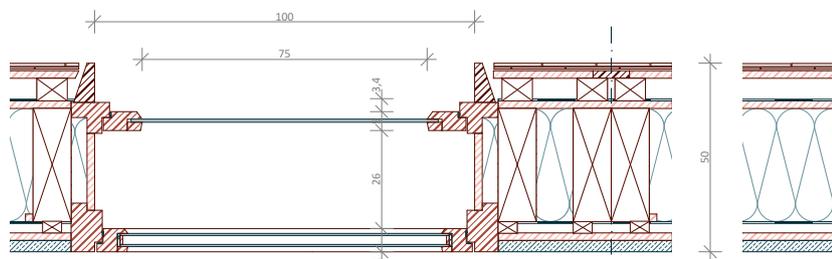
Die Fenster werden bereits im Werk eingebaut, standardmäßig in den Größen 160 x 100 cm (HxB), bzw. 210 x 100 cm. Sämtliche Fenster sind in einem fixen Rasterabschnitt eingebaut, um in der Fassade eine gleichmäßige Rhythmisierung zu erhalten.

Durch verschieden große Fenster wird diese Rhythmisierung lebhafter. Zudem ist die Anforderung an den Abstand zu Wohnungstrennwänden gegeben (50 cm von Wohnungstrennwand)

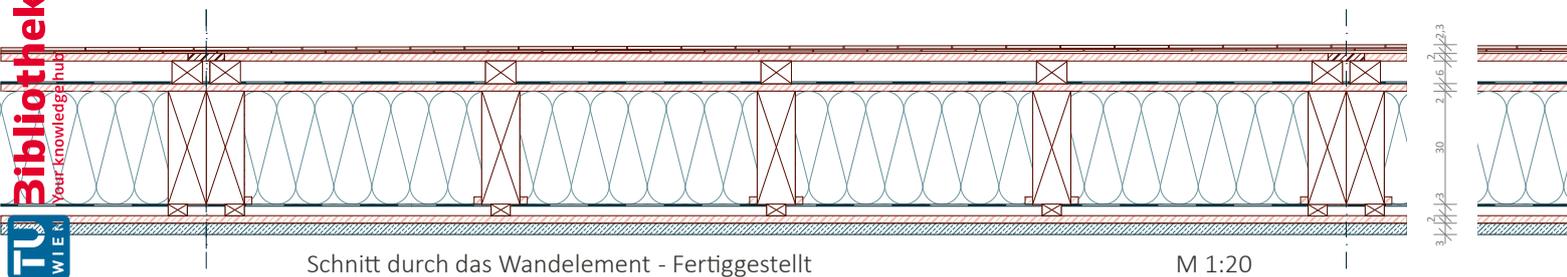
Die Ausführung erfolgt als Kastenfenster mit einer innenseitig doppelten Verglasung zum besseren Wärmeschutz. Im Vergleich zu herkömmlichen, modernen Fenstern bieten die beiden Ebenen auch einen besseren Laibungsanschluss und somit eine Minimierung von Wärmebrücken.

Zwischen den beiden Flügeln wird im Sturz ein Raffstore angebracht, um den Wärmeeintrag im Sommer zu vermeiden. Durch den witterungsgeschützten Einbau kann von einer längeren Lebensdauer des Raffstore-Elementes ausgegangen werden.

Die Fenster werden als reine Holzfenster aus witterungsbeständigem Lärchenholz ausgeführt und sollen zur einfacheren Wartung nur geölt werden.



Schnitt durch das Wandelement - Fenster M 1:20



Schnitt durch das Wandelement - Fertiggestellt M 1:20

194 - Volhard, Franz: Bauen mit Leichtlehm: Handbuch für das Bauen mit Holz und Lehm, Birkhäuser, 11.04.2016.S.169 f

195 - Kapfinger, Otto/Marko Sauer: Martin Rauch: Gebaute Erde: Gestalten & Konstruieren mit Stampflehm, Detail, 01.01.2022.S. 117

Schachtelemente

Der Liftschacht wird, wie auch die anderen Elemente, ebenfalls als fertige Elemente auf die Baustelle geliefert. Durch die Anforderungen an den Brandschutz (REI 90), sowie der statischen Anforderung, werden diese als Fertigteile aus Brettsperrholz gefertigt und geschossübergreifend auf die Baustelle geliefert. Beide Liftschächte werden aufgrund der Liftüberfahrt über das Dach gezogen.

Die Versorgungsschächte werden vor Ort, aus Brand- und Schallschutzgründen aus ungebrannten Lehmziegeln gemauert. Dies stellt die Anforderung an Brandabschnittswände (REI 90 bei GK 4) durch die Herstellung mit unbrennbaren Materialien sicher. Mittels eingelegter Schienen können Versorgungsleitungen an der Schachtwand in regelmäßigen Abständen fixiert werden.

Der Versorgungsschacht bietet mit einer Größe von 50 x 80 cm genug Platz für alle technischen Leitungen, aber auch für weitere Versorgungsleitungen.

Jede Wohnung pro Geschoss wird aus Schall- und Brandschutzgründen von einem eigenen Schacht erschlossen. Zudem sind die Schächte brandabgeschottet. Die Konstruktion mit Lehmziegeln vereint den Vorteil mineralischer Baustoffe im Brandschutz mit einer niedrig technologischen und damit auch energiearmen Verarbeitung.

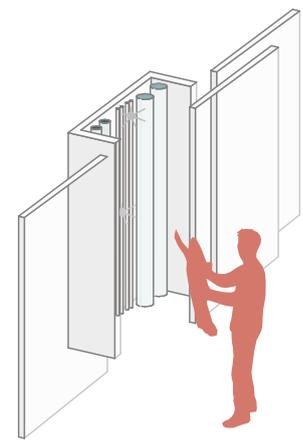
Sämtliche Schächte sind vom Stiegenhaus aus zugänglich, durch eine öffnenbare Abdeckung auch zerstörungsfrei wartbar. Somit können Leitungen auch nach Fertigstellung des Gebäudes ausgetauscht, ergänzt oder repariert werden.



Schachtelemente in der Herstellung



in der Benutzungsphase



und in der Reparatur

Baurechtliche Vorgaben und Zielwerte

In der folgenden Tabelle werden zu erreichende Anforderungen, vorgegeben in den Bauordnungen, OIB Richtlinien, o.ä. mit den erreichten Zielen, Kennwerten, sofern realistisch abbildbar verglichen. Im Fall von Ausnahmeregelungen werden diese, bei zutreffen, hier angeführt.

Brandschutz GK 4	Vorgabe	Ausgeführt
tragende Bauteile:		Dimensionierung auf Abbrand bei Stützen
oberstes Geschoss	R30	Außenwände mit 3 cm Lehm verputzt - Schutzdauer
sonstigen oberirdischen-	R60	des Lehms ca. 30 min, danach auf Abbrand ^[196]
Trennwände:		
oberstes Geschoss	REI60	Beidseitige 3 cm Lehmverkleidung, sowie versetzte
sonstigen oberirdischen Geschossen	REI60	Holzständer und innen liegende 3cm Lehmschicht
zwischen Wohnungen	REI60	Annahme bei einseitiger Brandbelastung REI 60
Decken und Dach:		
über obersten Geschoss	R30	R30, Abbrand dimensioniert - 19 mm 3S-Platte
über sonstigen oberirdischen Gesch.	REI 60	REI 60, Abbrand - 40 mm 3S-Platte
Balkenplatten	R30 oder A2	R30, Abbrand - 19 mm 3S-Platte
Treppenhäuser:		
Wände	REI 60	REI 60, analog Trennwände
Decke über Treppenhaus	REI 60	REI 60, 3 cm Lehmputz zw. Balken auf 19mm 3S-Platte
Türen in Wänden	EI ₂ 30-C-S ₂₀₀	EI ₂ 30-C-S ₂₀₀
Treppenläufe und Podeste	R60 und A2	R60 und A2, Ausgeführt in Stahlbeton Fertigteilen
Geländerfüllungen	B	B, Eiche geölt
Brandverhalten		
Fassaden Gesamtsystem	B, bzw. D bei Holz	D - Lärchenholz
Gänge und Treppen:		
Wandbekleidung Gesamt	C	A2 - Lehmputz
Bodenbeläge	C _{fi} -s1	A2 - Stampflehm
Treppenhäuser:		
Wandbekleidung gesamt	B	A2 - Lehmputz
Bodenbeläge	B _{fi} -s1	A2 - Stampflehm
Dächer:		
Eindeckung	B _{ROOF} (t1)	A2 - Chromstahldeckung
Dämmschicht	B, bzw. E	E - Strohdämmung erlaubt aufgrund der Neigung > 20°m Herstellung in A2 und Feuerwiderstandsdauer auch mit Leistungseigenschaft E erfüllt.

Wärmeschutz	Vorgabe	Ausgeführt
A/V Wert	-	0,49 m ⁻¹
l_c	-	2,05 m
	in W/m ² K	in W/m ² K
Wände gegen Außenluft	0,3	0,171
Wände gegen unbeheizt (Gang)	0,3	0,237
Wände zwischen Wohnungen	0,9	0,237
Transparente Bauteile gegen Außenluft	1,4	$U_{g(\text{glazing})}$ 0,85 - Überschlagsmäßig mit Einfaßscheibe R (Wärmedurchgangswiderstand): 0,18; 300 mm Luft stehend: 0,16 und Isolierglas 2 fach: 0,83 W/mK
Innentüren	2,5	1,72- Vollholz Lärche 42 mm
Decken und Dachschrägen gegen Außenluft	0,2	0,134
Decken gegen getrennte Wohneinheiten	0,9	0,16
Böden erdberührt	0,4	0,244 - ohne Schüttung unter der Stahlbetonplatte

OI3 Index	Δ OI3	GWP-Total	Primärenergie (nicht ern.)
		in kg CO ₂ equ./m ²	in MJ / m ²
Wände gegen Außenluft	4	-115	315
Wände gegen unbeheizt (Gang)	1	-43,9	108
Wände zwischen Wohnungen	1	-43,9	108
Innenwände	1	-22,5	66,2
Decken gegen Außenluft	41	-86,3	755
Deckenelement	7	-92,3	267
Decken gegen getrennte Wohneinheiten	17	-103	437
Böden erdberührt	117	55,4	1.558
Aufbau Fußboden	0	-44,4	78

Vergleich konventionell

ähnliche thermische Performance

Stahlbeton Außenwand WDVS	104	104	1.370
Ziegel Außenwand WDVS	122	93,8	1.281
HBV Decke	101	-45,2	1.522
Stahlbetondecke	120	118	1.469

Die brandschutzrechtlichen Vorgaben stellen, besonders in der Gebäudeklasse 1-4 für den Holzbau kaum ein Problem dar. Kapselungen, oder wie im aktuellen Entwurf geplant, auf Abbrand dimensionierte Bauteile können ohne großen Zusatzaufwand hergestellt werden. Einzig, nicht als Holzbauteil ausführbar ist in diesem Entwurf der Stiegenlauf, sowie die Podeste, welche mit einem Brandverhalten der Oberfläche von A2 ausgestattet sein müssen. Aufgrund der Sortenreinheit, im Sinne des Ein-Baustoff-Systems wurde das ganze System in Sicht-Stahlbeton ausgeführt.

Unterirdisch, oder auch Brandabschnittsbildende Wände oder Decken an Bauplatzgrenzen stellen für den Holzbau eine Herausforderung dar. Unterirdische Gebäudeteile sind aber allein schon aufgrund des Feuchteschutzes kaum realistisch in Holzbauweise zu entwerfen. Bauplatzgrenzen müssen bereits ab Gebäudeklasse 3 in REI 90 und A2 ausgeführt werden. Durch den Wegfall der Tiefgarage stellt dies im gegenständlichen Projekt kein Problem dar.

Der Wärmeschutz ist im Holzbau grundsätzlich leicht zu erreichen. Die relativ schlechte Wärmeleitfähigkeit von $0,13 \text{ W/mK}$ (im Vergleich Stahlbeton $2,3 \text{ W/mK}$ ist besonders bei durchdringenden Bauteilen, wie den Balkonauflagern von Vorteil.

Die Kompaktheit des Baukörpers (A/V), also Baukörperoberfläche zu Volumen und damit auch großer Teil der thermischen Performance des Gebäudes, hängt rein von der Gebäudeform ab. Der erreichte Kennwert von $0,49$ stellt dabei für Mehrfamilienhäuser ein typisches Verhältnis dar. ^[197] Aufgrund der geringen Bauteiltiefe könnte der Wert

aber besser ausfallen.

Für die Kastenfenster konnte kein übliches, geprüftes Bauteil angenommen werden, daher wurden übliche Wärmedurchgangswiderstände einer Einfachverglasung, einer stehenden Luftschicht von 300 mm sowie einer 2-fach Isolierverglasung addiert. Aufgrund der Notwendigkeit einer genaueren Analyse, sowie der Flankenübertragungen, Rahmenanteile, etc. wurde hier lediglich der U-Wert der Gläser ausgeschrieben und nicht des Gesamtbauteils Fenster mit dem Rahmen.

Auch sind schalltechnische Zielwerte hier nicht beschrieben, da keine definitiven Berechnungen angestellt wurden, sondern in den jeweiligen Bereichen lediglich Annahmen getroffen wurden. Dieser Annahmen zugrunde liegen geprüfte Bauteile, besonders von dataholz.eu. Grundsätzlich wurden dabei Dämmstoffe ausgewechselt, Stroh oder Flachs statt Mineralwolle, sowie Lehmputz statt Gipskartonplatten verwendet.

Schallmessungen anhand Prüfkörper, oder auch genauere akustische Berechnungen sind hier grundsätzlich anzustellen und zu simulieren, bevor genaue Prüfwerte ausgestellt werden, bzw. das Bauteil in die Ausführung gelangt.

In den betrachteten Umwelteinwirkungen, sowohl im OI3 Index, aber auch in den Einzelbetrachtungen schneiden die Holzbauten sehr gut ab.

In den ausgeführten Elementen, besonders der Fertigteilwände, sowie -decken gegen getrennte Wohneinheiten fallen sowohl im OI3 Index, aber auch in der Einzelbetrachtung von GWP-Total und nicht erneuerbarer Primärenergie sehr positiv auf.

Vergleicht man diese mit konventionellen Wand und Deckenaufbauten, mit einer ähnlichen thermischen Performance fällt besonders der hohe OI3 Index bei der Stahlbeton-, aber auch Ziegelaußenwand auf.

Dies kommt durch einen hohen GWP, wie auch einen deutlich höheren Primärenergiebedarf im Vergleich zu den ökologisch optimierten Bauteilen zustande.

Bei der Holz-Beton-Verbunddecke schneidet der OI3 Index, trotz negativem GWP-Werts schlecht ab. Dies ist auf den hohen nicht-erneuerbaren Energieverbrauch der Aufbetonschicht zurückzuführen.

In dieser Kalkulation ist jedoch nur die Erstherstellung und deren Umweltwirkung kalkuliert, nicht die Austauschhäufigkeit, die sich besonders beim Wärmedämmverbundsystem (WDVS) problematisch darstellt. Ebenfalls nicht berücksichtigt sind im Index die Entsorgung, bzw. der Rückbau der Bauteile, welcher sich, wie in vorherigen Kapiteln bereits erwähnt bei Verbundbauteilen, wie bei den konventionellen Bauteilen als deutlich schwieriger darstellt.

Die Kalkulationen zum OI3 Index, aber auch zur Wärmeeinsparung wurden mit dem Baubook-Rechner durchgeführt und sind im Anhang C angeführt.

Dabei wurden teils nicht vorhandene Materialien, wie beispielsweise Schilfputzträgerplatten durch ähnliche Materialien, wie eine Schilfdämmplatte adäquat ersetzt. Auch bei der Fußbodendämmung wurde aufgrund der fehlenden Kennwerte die Lavasteinplatte durch Blähton ersetzt, sowie die Flachsdämmung durch Strohhallen ersetzt.

Brandschutzvorgaben wurden anhand ähnlicher Bauteile, bzw. üblicher Abbrandraten angenommen. Die Nachweise, besonders Standfestigkeit im Brandfall, die bei einer Ausführung notwendig wären, wurden hier nicht weiter durchgeführt.

Regionalität - Hersteller und Entfernungen

Im Bezug auf Transportwege und damit einhergehend der Regionalität sind in Vorarlberg sehr gute Grundvoraussetzungen geschaffen, sowohl für den Holzbau, als auch für den Massivbau. Viele mittelständische Betriebe, aber auch Industrien produzieren in Vorarlberg, bzw. im Rheintal.

Grundsätzlich wird in der vorliegenden Betrachtung beim Transportweg lediglich die Lieferung des Produktes vom Hersteller zum Bauplatz angenommen. Bei Stahlbetonfertigteilen, aber auch bei Holzprodukten, sowie anderen verarbeiteten Rohstoffen wird, aufgrund der deutlich zu hohen Komplexität an Zuliefer- und Logistikketten, lediglich der Letztverarbeitungsstandort als Bezugsstandort ausgewiesen, nicht aber Handelsstandorte, die besonders bei großen Herstellern weltweit flächendeckend vorhanden sind.

Bei Dämmflachs oder allen metallischen Produkten kann aufgrund der hohen Importquoten die Regionalität ohne weiterführende Nachforschungen nicht nachgewiesen. ^[198]

Bei den Holzfertigteilen wird nicht der Transport von der Zimmerei, sondern von den Produktherstellern (Sägewerk, Holznägel, Schrauben, Schilfmatten, Klebebänder, etc.) zum Bauplatz. Dies soll ein, sofern möglich unverfälschteres Bild zeichnen.

Grundsätzlich sollten die Hauptbestandteile der verwendeten Bauteile großteils aus der Region bestehen. Geht man von Holz aus den nahegelegenen Wäldern aus, was beim Sägewerk "Welte Holz" laut Eigenauskunft vorherrscht, kann beim Großteil der Holzwerkstoffe von einem regionalem Produkt gesprochen werden. ^[199] Bei den massereichen mineralischen Bestandteilen, wie Kies

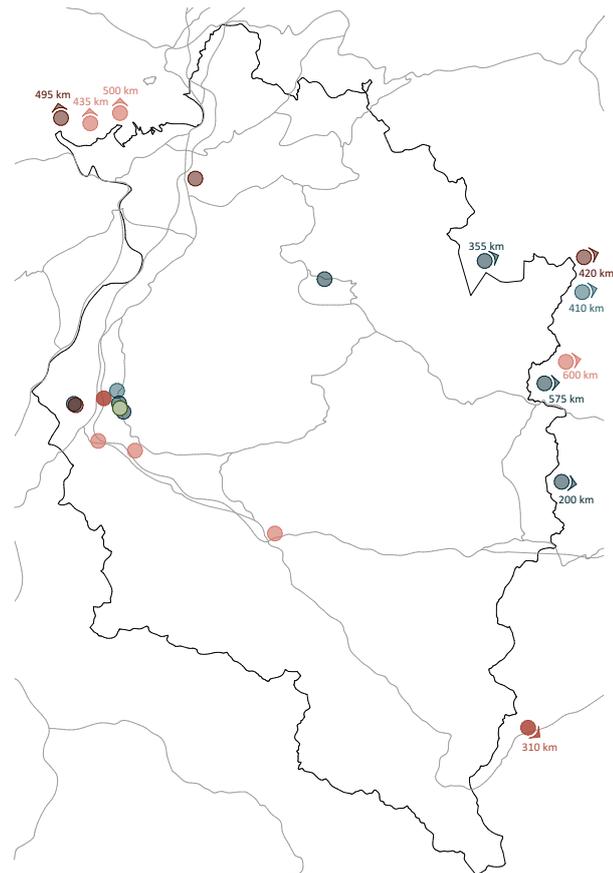


Abb.29.: Verortung Hersteller

- Bauplatz
- Mineralische Baustoffe
- Holz und Holzprodukte
- Dämmstoffe
- Metalle
- Sonstige Produkte
- Hersteller außerhalb Kartenbereich

und Sand aus dem Kieswerk Paspels, sowie Stahlbeton aus dem Betonfertigteilterwerk in Röthis trifft dies ebenfalls zu.

Besonders hoch zeichnen sich die Transportwege bei hochtechnologischen Produkten, wie EPDM Folien, Holznägel, aber auch Produkten mit geringem Massenanteil, wie Schrauben, Schilfmatten, Klebebänder und Dampfsperren ab.

198 - Flachs - Forum Nachhaltiges Bauen, Baustoffe, Ökobilanz, Dämmstoffe: in: nachhaltiges-bauen.at, 2023,

199 - Über uns | WELTE Holz: in: welte-holz.com

Baustoff	Hersteller	Ort	Enf.
Mineralische Baustoffe			
Stahlbeton Fertigteile	Nägele Betonfertigteil- und Transportbetonwerk GmbH	Röthis	4 km
Kies und Schotter	Kieswerk Paspel, bzw. Aushub	Feldkirch	7 km
Lehm	Aushub vor Ort	Sulz	
Glasschaumschotter	Schlüsselbauer Geomaterials	Gaspoltshofen	420 km
Lavastein-Element FB	Lithotherm Deutschland GmbH	Uhler, D	495 km
Naturstein	Bild-Stein Sand-Steinbruch GmbH	Bildstein	30 km
Holz und Holzprodukte			
Holzprodukte vor Ort	Welte Holz GmbH (Sägewerk)	Feldkirch	7 km
	diverse Zimmereien im Umkreis z.B. Summer	Röthis	1 km
	Holzbau, Marte Holzbau	Rankweil	1 km
HDF Platte	Fundermax GmbH	St. Veit a.d. Glan	575 km
3-Schicht Platte	Binderholz GmbH Brettschichtholzwerk	Jenbach	200 km
Lärchenschindeln	Greussing Holzschindeln	Bizau	46 km
Lignoloc Holznägel	Raimund Beck KG	Mauerkirchen	355 km
Dämmstoffe			
Stroh	Nachbaur & Stachniss	Klaus	4 km
Flachs Einblasdämmung	Dämmflachs Reichel & Naar GmbH	Geboltskirchen	410 km
Metalle			
HFX Edelstahl	Roofinox GmbH	Sulz	4km
Schrauben + Stahlteile	Rothoblaas	Kurtatsch IT	310 km
Sonstige Produkte			
Abdichtung	Sika Österreich GmbH	Bings	32 km
EPDM	Carlisle Construction Materials GmbH	Waltershausen D	500 km
Dampfbremsen und Kleber	Würth GmbH	Böheimkirchen	600 km
Schilfmatte	Elmar Jung Product Solutions GmbH	Neunkirchen, D	435 km
Glasprodukte	Glas-Müller GmbH	Frastanz	11 km
PV - Elemente	Doma VKW	Satteins	10 km

Im gegenständlichen Projekt kann aufgrund der hohen Masseanteile regionaler Baustoffe von einem Holzbau mit starkem regionalem Bezug gesprochen werden. Möglich durch eigenen Lehm, Stroh von Nachbargemeinden und Holz aus den nahegelegenen Wäldern.

Grundsätzlich kann gesagt werden, je niedriger technologischer, öfter und auch massereicher verwendet das Produkt ist, desto näher können Herstellerfirmen prinzipiell am Bauplatz situiert sein. Niedrige Investitionsschwellen fördern regionales Bauen.

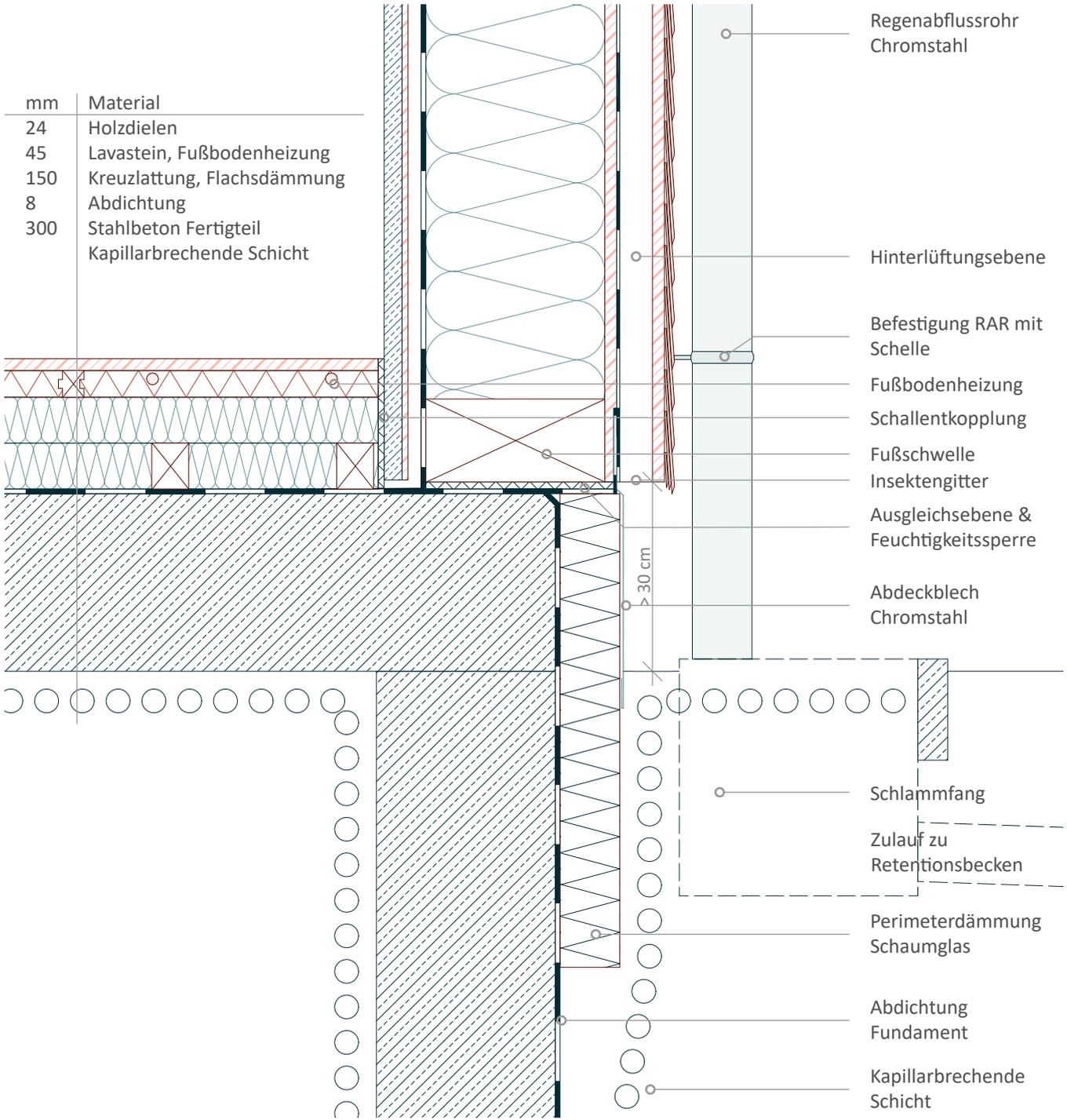
Der Holzbau definiert sich über die Details. Funktionierende Schnittpunkte stellen nicht nur die Langlebigkeit und Standfestigkeit des Bauwerks sicher, sondern formulieren unter anderem auch ästhetische Übergänge der verschiedenen Elemente.

Technisch - künstlerisch zusammengeführt sollen diese Details sämtlichen Aspekten, theoretischer, aber auch praktischer Natur der in dieser Diplomarbeit diskutierten Themen Ausdruck verleihen.

DETAILS

Sockel

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
 The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Regeldetail Sockel

M 1:10

Im Sockelbereich ist der Holzbau hohen Anforderungen ausgesetzt. Spritzwasser und aufsteigende Feuchtigkeit aus dem Grund können bei fehlerhafter Planung oder Ausführung schnell zu Schäden führen.

Die Bodenplatte tritt aus dem Baugrund heraus, um die Holzelemente gänzlich aus dem Spritzwasserbereich zu führen. Nach der Abdichtung der Grundplatte, werden die Wandelemente über eine Ausgleichsebene auf die Außenkante der Bodenplatte gesetzt und durch eine Abdichtung vor der aufsteigenden Feuchtigkeit geschützt. Auch innenseitig wird die Dampfbremse (HDF-Platte) mit der Abdichtung verklebt.

Im gegenständlichen Entwurf wird die Bodenplatte aus Beton-Fertigteilen hergestellt und mittels Frostschrützen vor Fundamentabsenkungen durch gefrierendes Wasser geschützt. Die Herstellung in Betonfertigteilen soll die Weiterverwendungsmöglichkeit der Fundamentplatte, bzw. der Frostschrützen ermöglichen. Als Perimeterdämmung werden Schaumglasplatten verwendet, die kapillARBrechende Schicht besteht aus ausgewaschenem Kies aus der Aushubmasse. Reichen die Aushubmassen und damit die gewonnenen Gesteinskörnungen nicht für die gesamt benötigte Menge aus, sollen Kiesmischungen aus dem nahegelegenen Kieswerk Paspels in Rankweil (ca. 7 km vom Bauplatz) zugekauft werden.

Die Unterkante des Holzriegelelements ragt mindestens 30 cm aus dem Gelände heraus, um Feuchtigkeitseinträge in die Holzkonstruktion, aber auch in die Fassade zu unterbinden. Der Sockel wird mit einer Perimeterdämmung gedämmt, um Wärmebrücken zu verhindern und anschließend mit einem

Chromstahlblech zum Schutz vor eindringendem Wasser verkleidet. Das Blech wird vor Ort in die winddichte Ebene der Fassade eingebunden und deckt bis unter Geländeoberkante die Perimeterdämmung ab. Die Ausführung in Chromstahl stellt eine langfristige, rostfreie Abdeckung sicher.

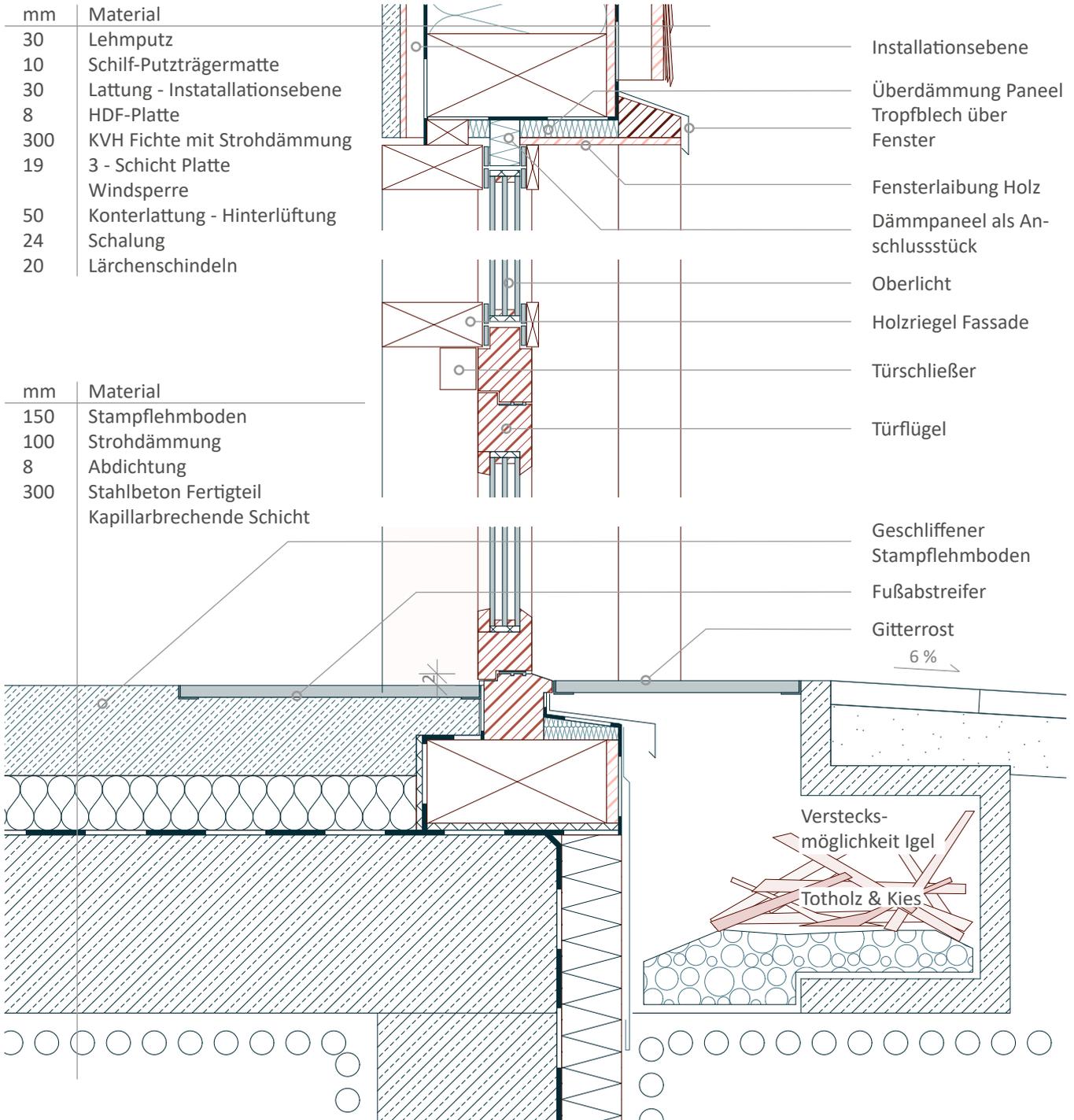
Fixiert werden die Wandelemente über Stahlwinkel mit der Bodenplatte, die neben der Lagesicherung auch die Übertragung von Erdbebenkräften und anderen Horizontalkräften in das Fundament übernehmen.

Auf der abgedichteten Fundamentplatte wird eine Kreuzlattung mit einer Gesamthöhe von 15 cm (8 + 6 cm Kreuzlattung + 1 cm Entkopplungsvlies) mit Flachsfüllung zur Wärme- und Schalldämmung ausgeführt. Darauf wird zwischen Holzprofilleisten als lastverteilende Schicht eine konfektionierte Formplatte aus Lavasplit und Tongranulaten mit aufgelegt, in welche die Fußbodenheizungsrohre eingelegt werden.^[200]

Um eine Schallweiterleitung über die Flanken zu verhindern, wird im Randbereich ein Dämmstreifen eingelegt. Dies soll einen Kontakt der Lagerhölzer, Formplatte und auch des Dielenbodens mit der zuvor fertiggestellten Wandkonstruktion verhindern.

Der Dielenboden soll neben einer natürlichen, strapazierfähigen Oberfläche auch eine längere Lebensdauer gewährleisten. Durch die Möglichkeit, Vollholzdielen abschleifen zu können, ist eine Oberflächensanierung mehrmals möglich. Die Dielen werden mit der Holzprofilleiste verschraubt und können so nach dem Ablauf der Lebensdauer wieder entfernt werden.

Sockel Eingangsbereich



Detail Eingangsbereich M 1:10

Im Eingangsbereich der beiden Baukörper muss aufgrund der relativ hohen Bodenplatte eine Geländeanpassung im Freiraum stattfinden. Die aus Gründen der Barrierefreiheit mit 6 % Neigung ausgeführte Rampe wird durch ein eingegrabenes Stahlbeton Fertigteil in der Position gehalten.

Durch die spezielle Form des Fertigteils wird nicht nur der Randstein der Rampe definiert, sondern auch ein Auflager für den Gitterrost und somit ein guter Wasserabfluss vor dem Türflügel erreicht, aber auch durch Kiesschüttungen und Totholzablagerungen in der Zäsur eine Versteck- und Rückzugsmöglichkeit für den Westigel, sowie die Zauneidechse geschaffen, ohne den Wasserabfluss zu behindern.

Um tierische Mitbewohner innerhalb der Konstruktion im Sockelbereich der Pfosten-Riegel-Fassade zu verhindern, werden sämtliche Oberflächen zum Erdbereich mit Chromstahlblechen abgedeckt, sowie darunter abgedichtet und Fugen verschlossen.

Auf der durchlaufenden Fußpfette wird die Glasfassade bereits im Werk montiert und als Fertigteil auf die Baustelle geliefert. Vor Ort wird nur noch der Innenausbau fertiggestellt und der Gitterrost vor dem Türflügel eingehängt, sowie die Abdichtungen ergänzt und mit Blechen verkleidet.

Zur Verbesserung der Barrierefreiheit soll der Türflügel durch einen Türöffner verfügen, welcher beim Öffnen der verhältnismäßig schweren, 3-fach verglasten Außentüre unterstützt. Ebenfalls aus Gründen der Barrierefreiheit wird die Schwelle mit maximal 2 cm Höhe ausgeführt.

Im Innenbereich wird ein Stampflehmboden hergestellt. Zur erhöhten Standfestigkeit

wird dieser in 15 cm Stärke errichtet.

Der Lehm Boden wird zudem abgeschliffen und legt dadurch die stabilisierenden Zuschlagstoffe frei. Dies bedeutet eine erhöhte Abriebfestigkeit, ohne mit zusätzlichen Schutzmitteln außerhalb der üblichen Wachsbeschichtung zu arbeiten.^[201] Im direkten Eingangsbereich wird ein Fußabstreifer mittels eines Edelstahlprofils eingelegt, um den stark erhöhten Feuchteintrag, besonders in den Wintermonaten im Türbereich abzufangen.

Auch im Stiegenhaus wird die unterste Geschosdecke gedämmt, besonders um die thermische Hülle zu verkleinern und die Anforderungen an die Wohnungstrennwände zu reduzieren.

Die Pfosten-Riegel-Fassade mit Holzelementen und Glasfüllungen wird zur Attraktivierung des Stiegenhauses mit größtmöglicher Verglasungsfläche ausgeführt. Glaselemente werden 3-fach verglast ausgeführt, als Anschlusselement an die Wandelemente wird ein Dämmpaneel eingesetzt, welches auch winddicht eingebunden wird, sowie als Anschlagpunkt für die Überdämmung des Stocks dient. Verdeckt wird dies durch eine Fensterlaibung aus Lärchenholz.

Innenseitig wird die Pfosten-Riegel-Fassade mit der Dampfbremse verklebt, um Feuchteinträge in die Anschlussstellen durch Konvektion zu verhindern.

Balkon - Fensteranschluss

Im Holzbau können Balkone generell auf zwei Arten angebracht werden, als vorgestellte Konstruktion, oder über auskragende Balken. Durch ingenieurmäßige Verbindungen, wie beispielsweise Stahlverbinder stehen dem modernen Holzbau auch weitere Befestigungsarten, durch thermisch-getrennten Anschlussplatten, oder Abhängungen zur Verfügung.

Beim Bau in Sulz werden die Balkonplatten von auskragenden Balken getragen. Dies definiert neben der Ausgangshöhe der Konstruktion auch die Situierung der Balkone in Ost-West-Richtung. Die Durchdringung der Balken muss durch verschiedene Bänder langfristig luftdicht und wärmeisolierend, aber auch schallisierend sichergestellt werden. Zum Schutz der Stirnseiten vor Schlagregen werden die Balken 20 cm zurückgezogen. Die Balkonplatte wird analog zu den Deckenelementen im Werk hergestellt.

Abdichtungen sind im Holzbau definierendes Element. Bei den Balkonen wird dies durch eine EPDM Folie in 3 % Gefälle ausgeführt. Die gesamte Folie wird von Blechen, bzw. dem Gehwegbelag und einem Vlies vor UV Strahlung geschützt. Dies soll zu einer verlängerten Lebensdauer beitragen. Zudem können EPDM Folien einlagig hergestellt werden und ohne, bzw. mit wenig Verklebungen ausgeführt werden. Im Hochzugsbereich wird die Folie mittels Lastverteiler Elemente angeschraubt.

Im Vorbereich des Balkonfensters wird ein Rigol angebracht, das seitlich zur Balkonentwässerung führt. Zusätzlich werden die Balkone, bzw. die Balkontüren durch die Vordächer, bzw. den darüberliegenden Balkonen vor starkem Schlagregen und somit

hoher Belastung der Balkontüre geschützt.

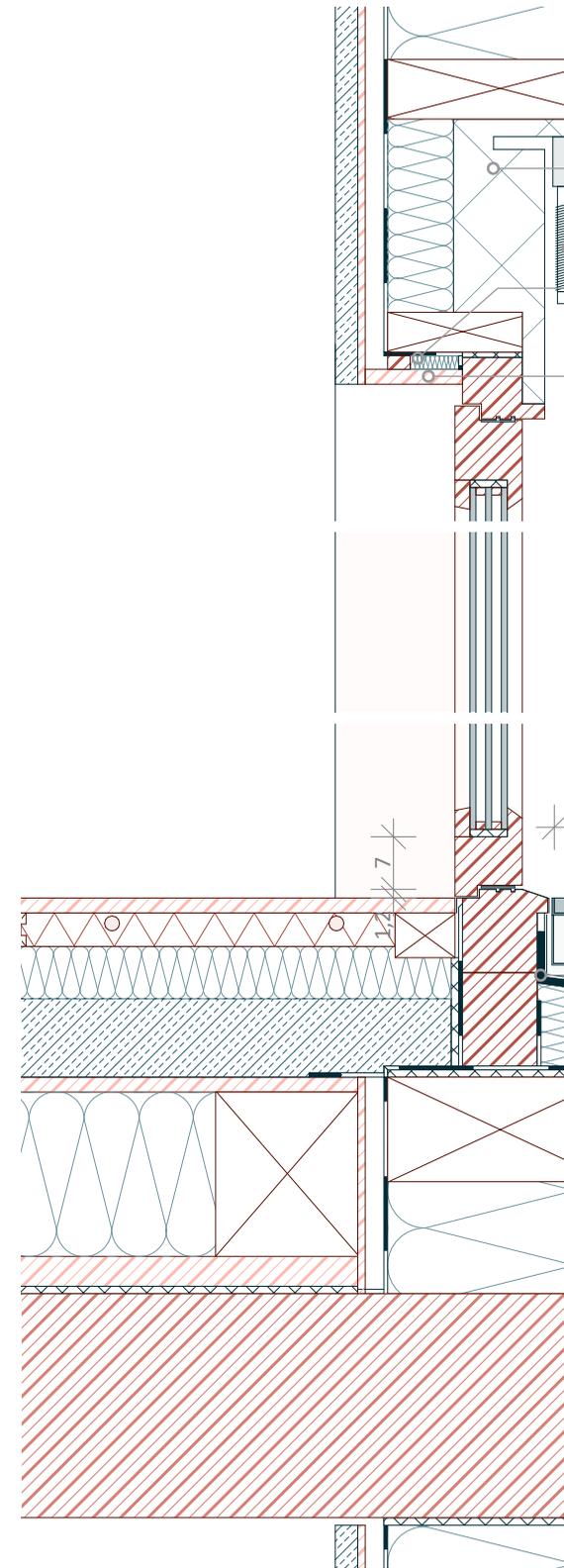
Die Standardentwässerung bei den Balkonen wird mittels Rohrpfeifen angeschlossen, welche bei einem Rohrverschluss überlaufen können, ohne einen Rückstau auf den Balkon zu generieren.

Auf der gegenüberliegenden Seite des Abflaufs wird ein Notüberlauf eingebaut, um bei Stutzenverstopfung den Wasserablauf zu gewährleisten. Die Unterkante des Notüberlaufs befindet sich ca. 5 cm über der Unterkante des regulären Abflaufs.

Aufgrund der gewünschten Integration der Balkone in den restlichen Baukörper und der dadurch vorgegebenen homogenen Darstellung des Geländers wird auch dieses mit den Holzschindeln gedeckt. Die Attikaverblechung wird analog zur Dachdeckung, den Regenrohren und den Hochzugsabdeckungen (UV-Schutzblech) aus Chromstahl hergestellt.

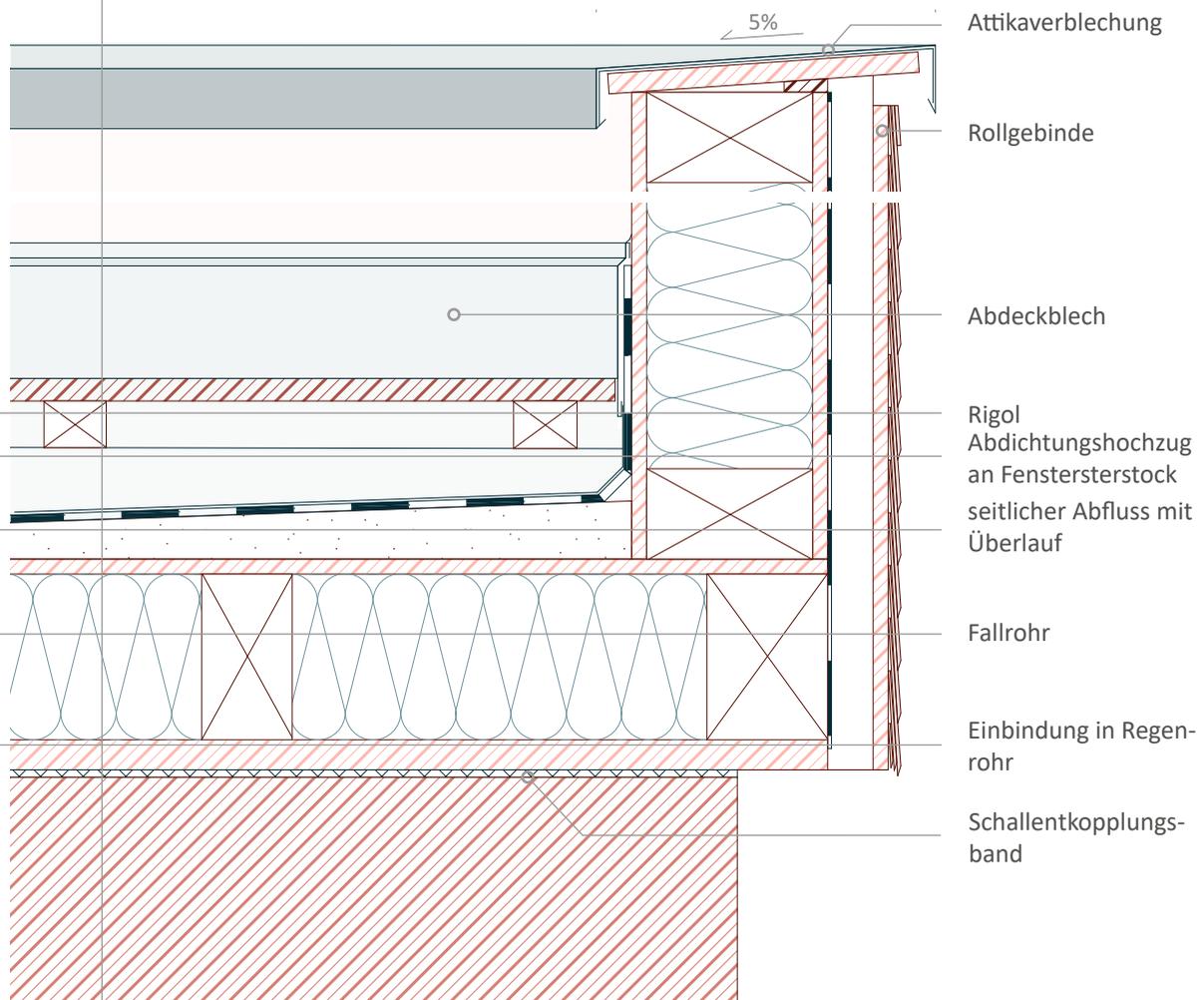
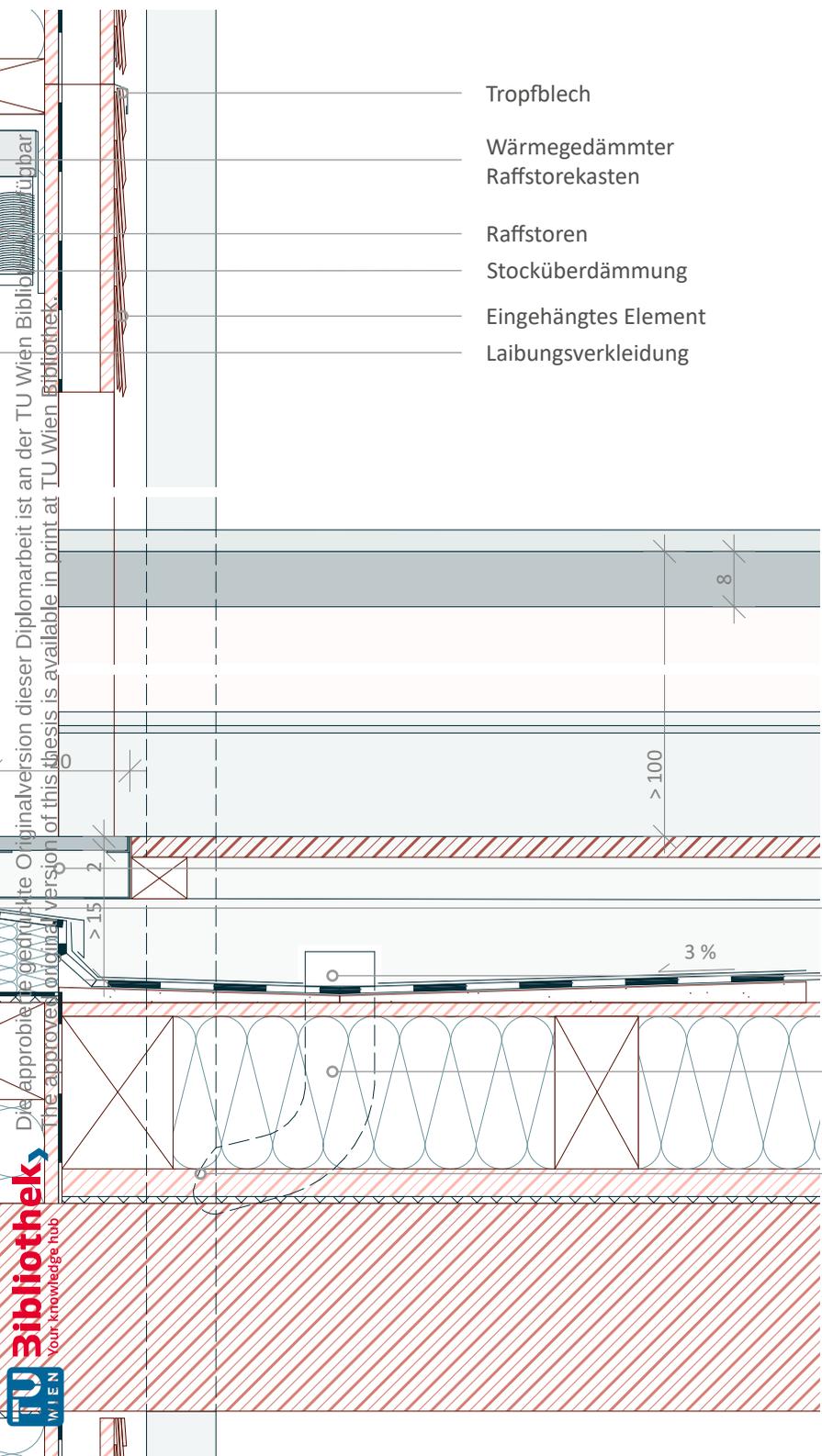
Im Türbereich wird durch die niedrige Schwelle auf die Barrierefreiheit Rücksicht genommen, im Sturzbereich wird, wie auch bei allen anderen Fenstern ein Raffstore eingebaut. Dies dient besonders zur Vermeidung der sommerlichen Überhitzung.

Das vorgesetzte Fassadenelement beim Raffstore wird abnehmbar gestaltet, um Wartungen oder auch den Tausch des Raffstore-Elements durchführen zu können. Das Fassadenelement wird dafür im Werk fertiggestellt und unter das Tropfblech der darüberliegenden Fassade eingehängt und mittels Verschraubungen fixiert.



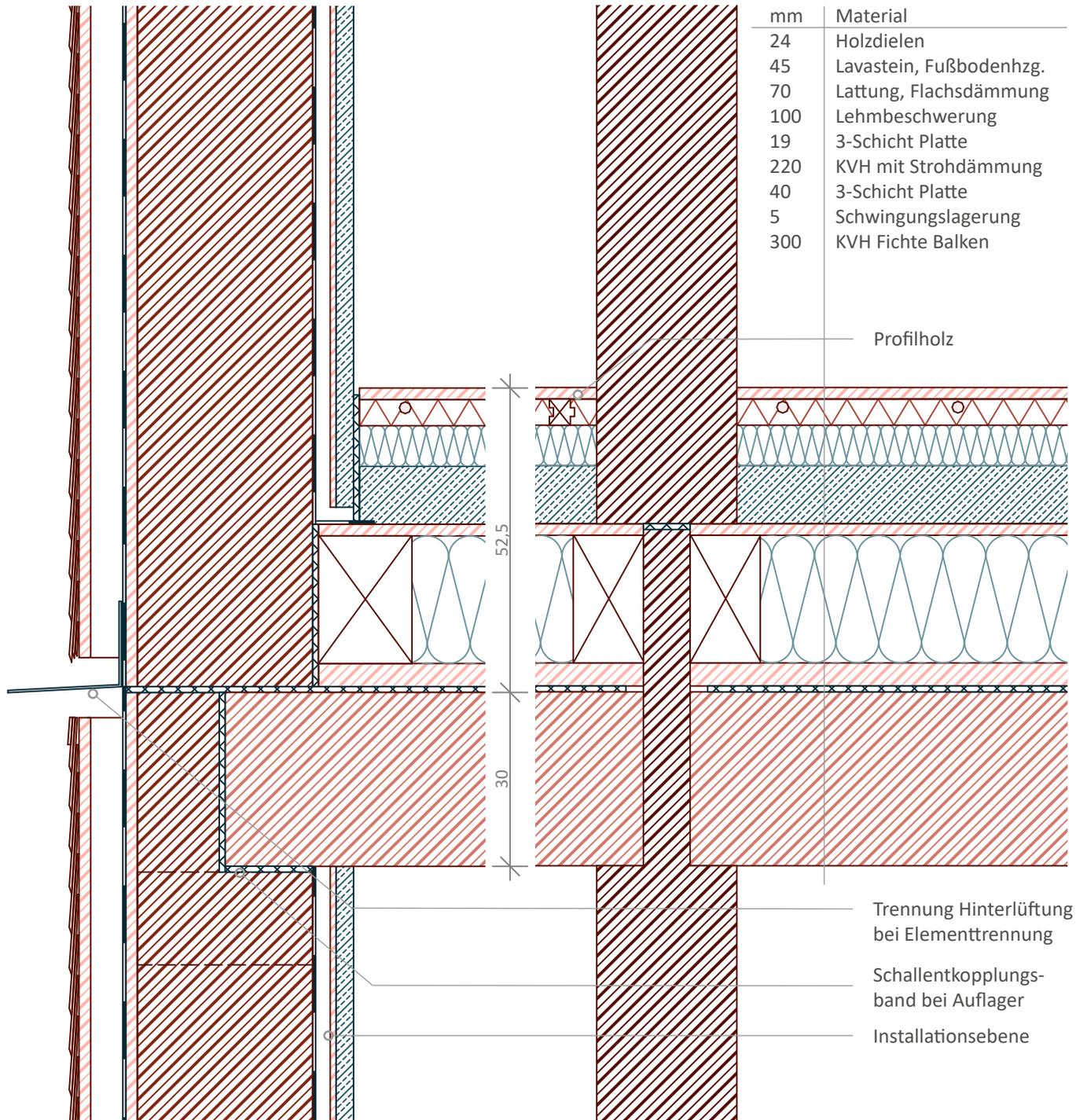
- Tropfblech
- Wärme gedämmter Raffstorekasten
- Raffstoren
- Stocküberdämmung
- Eingehängtes Element
- Laibungsverkleidung

mm	Material
24	Lärchendielen - Thermobehandelt
	Unterkonstruktion Lärche
5	Schutzvlies
2	EPDM Folie
2-10	Gefälleschüttung
19	3-Schicht Platte
220	KVH Fichte mit Strohdämmung
40	3-Schicht Platte
5	Schwingungslagerung
300	KVH Fichte Balken



Detail Anschluss Balkon M 1:10

Anschluss Außenwand - Balken - Stützen



Detail Anschluss Außenwand - Balken - Stütze M 1:10

Beim Schnitt durch den Anschluss der Außenwand mit Balken und der Stütze wird besonders die Wichtigkeit der Schallentkopplung deutlich. Um direkte Übertragungen durch das Tragwerk zu verhindern, werden Elastomerunterlagen an allen Kontaktstellen des Tragwerks unterlegt. Diese sorgen besonders für eine Stoßwellendämpfung und können, optimale Platzierung und richtiges Produkt vorausgesetzt, bei Schallspitzen bis zu 20 dB verringern. ^[202]

Der horizontale Balken, auf dem die Deckenelemente liegen, wird beidseitig in die vertikale Lastabtragung eingeschoben. Im Auflagerbereich der Außenwand liegt der Balken nicht auf der Kopfschwelle, sondern auf einem durchgehenden Ständer. Dies soll die Querverpressung dieser Kopfschwelle verhindern. Die Einfräsung des durchlaufenden Ständers ermöglicht ein stahlfreies Auflager für den Balken. Auf dem verbleibenden Restquerschnitt kann der Ständer des nächsten Geschosses zur optimalen Kraftübertragung direkt aufgestellt werden.

Im Stützenbereich funktioniert das ähnlich. Die zweiseitige Einfräsung mit je 8 cm der Stütze lässt die Balken aufliegen, bietet aber noch genug Materialstärke, um die Kräfte der darüberliegenden Stütze aufzunehmen.

Im Brandfall bleiben, durch die Dimensionierung mittels Abbrand, von den 8 cm nach 60 Minuten Vollbrand noch ca. 4 cm Auflager für den Balken bestehen. Durch die symmetrische Belastung der relativ schlanken Stütze mit 24 x 24 cm wird eine ungünstige einseitige Belastung der Stütze vermieden.

In der Fassade werden die Elemente durch ein Aluminium - Trennblech voneinander getrennt. Dies soll nicht nur als Brandsper-

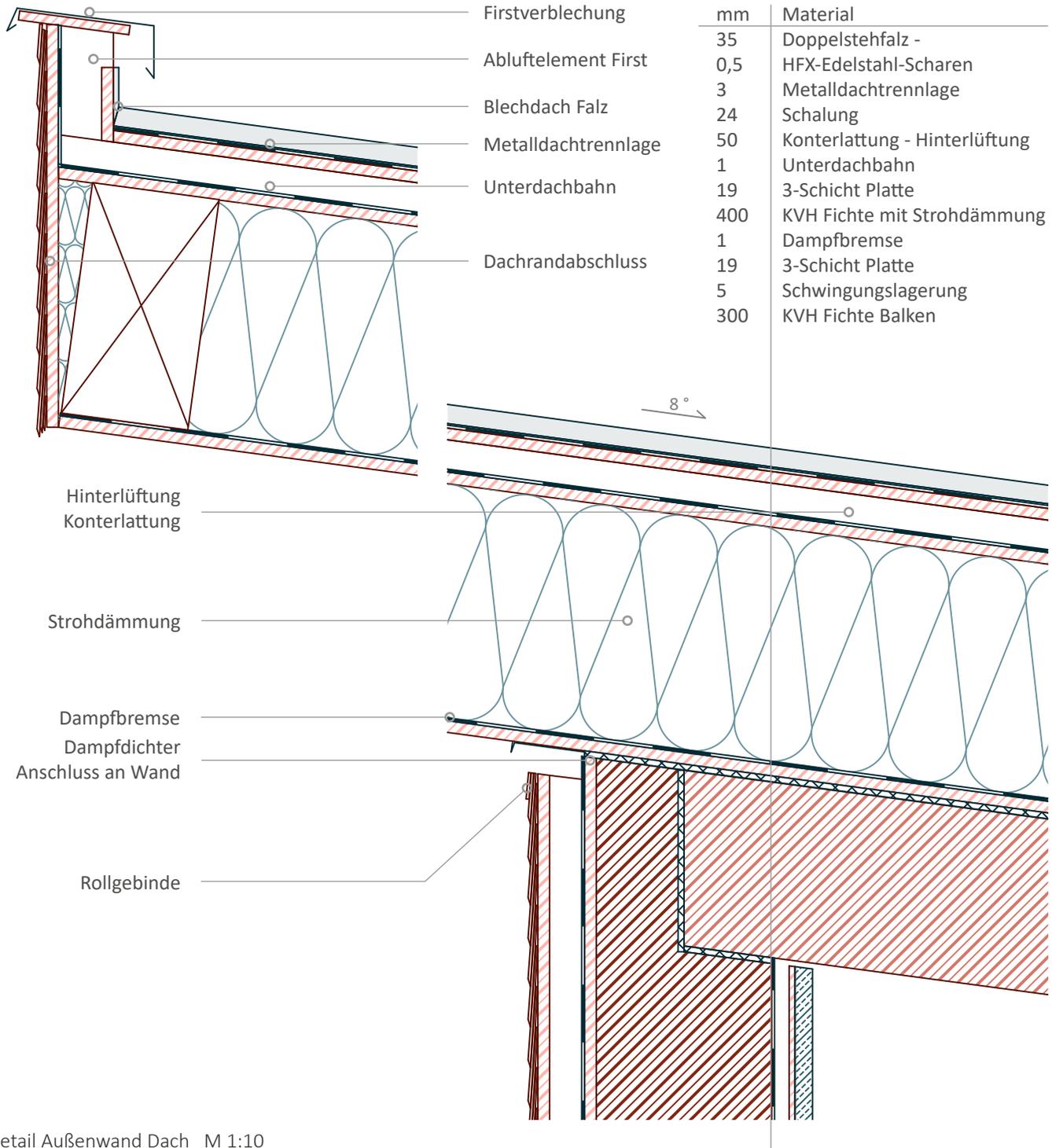
re im Fall eines Fassadenbrandes dienen, sondern auch bei anfallendem Wasser bei Schlagregen, aber auch Kondensat in der Hinterlüftungsebene aus der Konstruktion bringen.

Die Trennung erfolgt bei den ohnehin entstehenden Elementteilungen und wird bereits im Werk an der jeweiligen Fußkante befestigt.

Durch die zusätzliche Funktion als Abtropfblech soll das Rollgebäude des darunter liegenden Fassadenelements schützen.

Zudem sorgen die Tropfbleche für eine gleichmäßigere Belastung und somit eine einheitlichere Vergrauung der Fassade über sämtliche Geschosse.

Anschluss Aussenwand - Dach - First



Detail Außenwand Dach M 1:10

Beim Aufeinandertreffen der Wand- und Dachelemente muss die Wind- und Dampfdichtheit sichergestellt werden. Unter der Sperrholzplatte wird im Dachelement zusätzlich eine Dampfbremse angebracht. Diese muss in den Wandübergängen mit den HDF-Platten verklebt werden, um das durchströmen der warmen Luft und somit der Feuchtigkeit nach außen, bzw. einen Kondensatausfall in der Dämmebene zu verhindern.

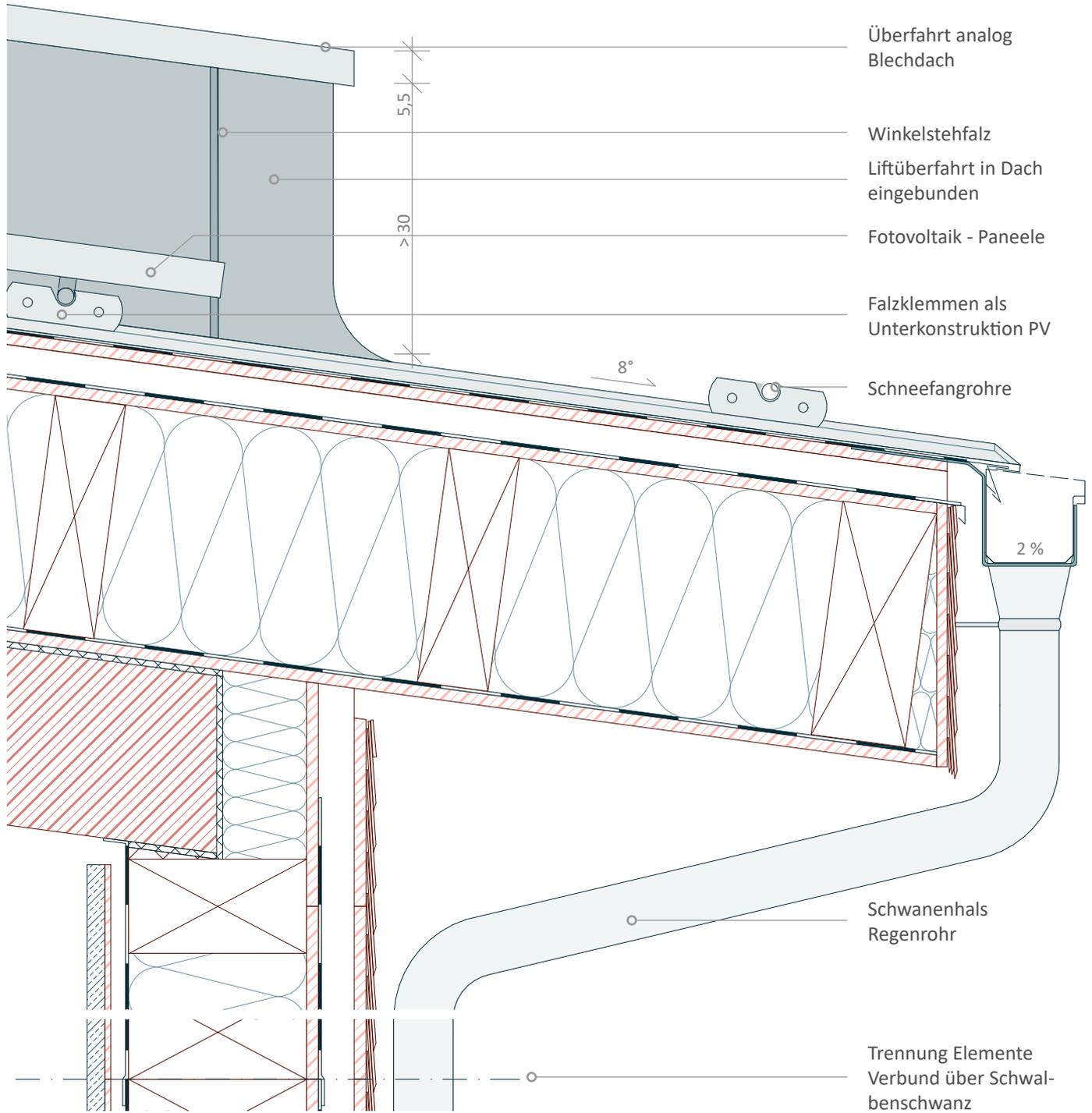
Bei der Außenwand, genauer der hinterlüfteten Fassade, wird die winddichte Folie an das Dachelement angeschlossen. Eine Durchdringung der Außenwand durch die Balken findet hier, im Gegensatz zu den Balkonen, im Regelfall nicht statt. Die Querbalken der Dachelemente übernehmen die auskragende Funktion. Die Fassade endet mit einem Rollgebilde als Abschluss, zur Sicherstellung der Durchströmungsmöglichkeit 5 cm unter dem Dachelement.

Zum Schutz des Dachelementes vor der feuchten Luft wird im Abluftbereich ein Schutzblech angebracht. Daran kann die feuchte Luft störungsfrei vorbeiströmen. Eventuell anfallendes Kondensat wird damit auch vor dem Eindringen in den Anschluss Wand - Decke gehindert.

Auch im Firstelement wird eine Abluftöffnung durch ein aufgesetztes Element für die durchströmende Luft hergestellt. Wie auch bei sonst allen Hinterlüftungsebenen wird beim Abschluss ein Insektengitter angebracht. Die geringere Luftgeschwindigkeit im Vergleich zur Fassade bedingt eine etwas größere Abluftöffnung, um anfallende Kondensate unter der Blechdeckung schnellstmöglich abführen zu können.

Das Blechdach, als Kaltdach ausgeführt, liegt auf einer Rauschaltung mit 24 mm Stärke, mit einer Metalldachtrennlage als Zwischenschicht. Aufgrund der geringen Dachneigung von 8° werden die Falze als Doppelstehfalz mit erhöhter Falzhöhe von 35 mm ausgeführt.

Anschluss Außenwand - Dach - Traufe



Überfahrt analog
Blechdach

Winkelstehfalz

Liftüberfahrt in Dach
eingebunden

Fotovoltaik - Paneele

Falzklemmen als
Unterkonstruktion PV

Schneefangrohre

2 %

Schwanenhals
Regenrohr

Trennung Elemente
Verbund über Schwalbenschwanz

Detail Außenwand- Traufe M 1:10

Auf den Falzen des Blechdaches werden die Fotovoltaikpaneele mittels Falzklemmen befestigt. Durch die erhöhte Falzhöhe von 35 mm wird die Kapillarwirkung durch die anliegenden Falzklemmen verringert. Der Schneefang wird über ein mit Falzklemmen befestigtes Rohr sichergestellt. Diese Klemmen sind demontierbar und theoretisch endlos weiterverwendbar.

Im Traufbereich wird das Blechdach in einen Patensaumstreifen eingehängt, der die Längendehnung der Blechscharen aufnehmen kann. Dieser wiederum bildet das Einlaufblech in die Ablaufrinne.

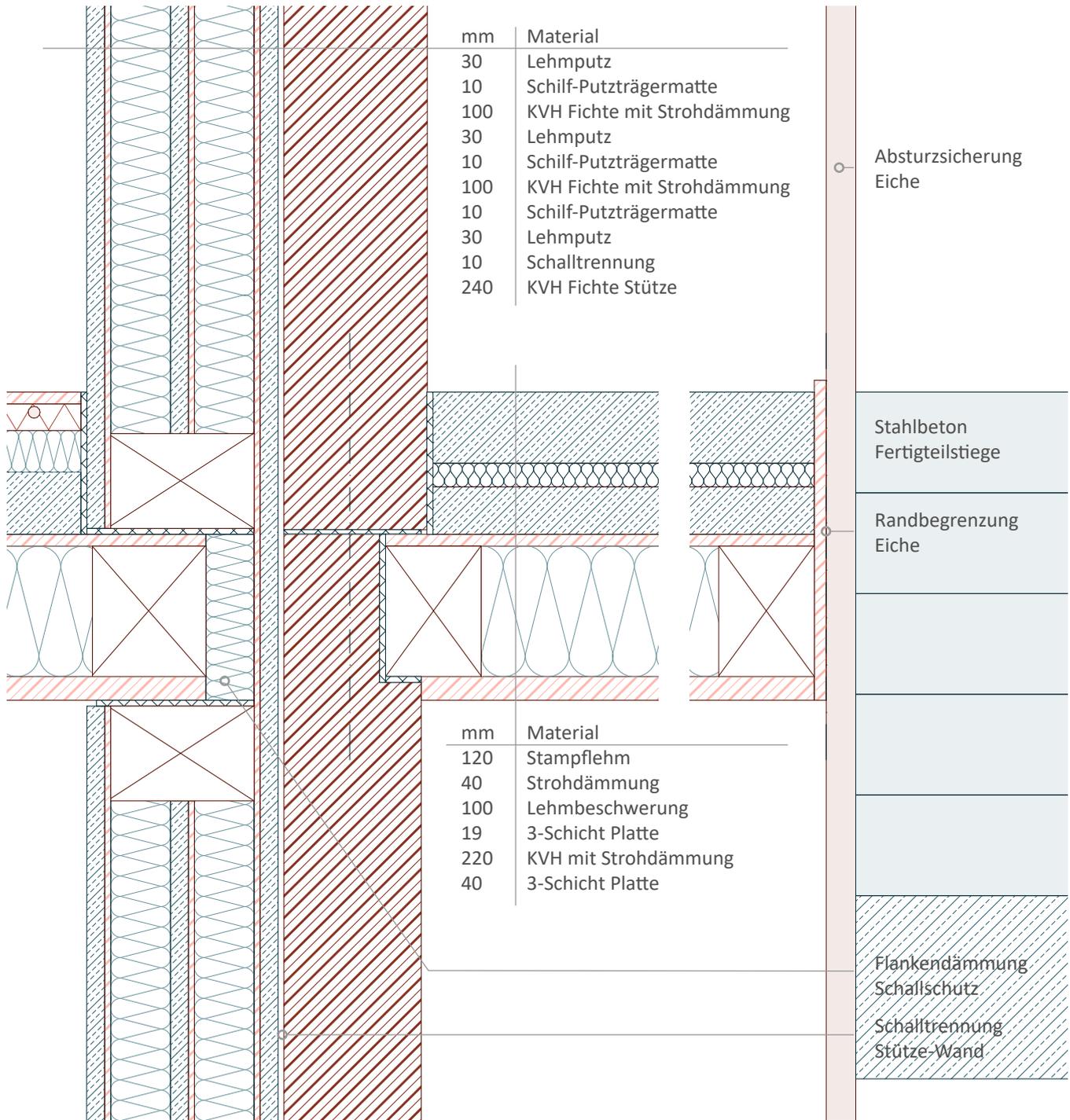
Die Dachdurchdringungen, wie beispielsweise die Liftüberfahrt oder die Schachtentlüftungen, werden in das Blechdach eingebunden und mit Blecheindeckungen, bzw. Fassadenverblechungen regensicher ausgeführt.

Bei Undichtheiten der Dachhaut läuft das Wasser über die Kaschierung oder das Unterdach zur Traufe und läuft über das Tropfblech an der Regenrinne vorbei. Dadurch können eventuelle Undichtheiten im Dach schnell entdeckt werden.

Die Regenrinne wird mit Rinnenhaken am Dachelement befestigt und wird mit 2 % Gefälle zu den Stützen ausgeführt. Diese entwässern über einen Schwanenhals in die Rohre, in die auch die Balkonentwässerung eingebunden ist.

Auch hier wird der Dachrand zur optischen Homogenität mit der Schindelfassade ausgeführt. Leicht unterschiedliche Vergrauungsgrade der Fassade aufgrund der verschiedenen Bewitterung sind gewünscht und sollen die Natürlichkeit der Fassade herausheben.

Wohnungstrennwand - Stiegenhaus



Detail Wohnungstrennwand- Stiegenhaus M 1:10

Um Bewohner:innen vor nächtlichen oder auch täglichen Störungen durch Trittschall aus dem Stiegenhaus zu schützen, werden zwei Hauptmaßnahmen getroffen.

Als erster Punkt wird das Stiegenhaus konstruktiv von den Wohneinheiten getrennt. Die Trennung der Deckenelemente, aber auch der Stützen und Balken von den Wandelementen, verhindert die direkte und auch die Flankenübertragung des Trittschalls an die angrenzenden Bauteile. Sämtliche Verbindungen zwischen Stiegenhaus und Wohnung bzw. Wohnungstrennwand wird schallentkoppelt ausgeführt und soll keinerlei direkten Kontakt erlauben. Die Stützen stehen hierfür mit einem Abstand von 1 cm von der Wohnungstrennwand entfernt und sind, sofern aus Aussteifungsgründen notwendig, mit entkoppelten Winkeln zur Horizontalkraftübertragung an den Wohnungstrennwänden bzw. bevorzugt in den Anschlussstellen an den Stirnseiten der Außenwände befestigt.

Zwischen den Stützen wird auch hier horizontal mit Entkopplungsbändern gearbeitet, zudem sind die Deckenelemente schwimmend in den Stützen gelagert. Die Masseerhöhung der Deckenelemente wird auch im Stiegenhaus durchgeführt, der weitere Aufbau der Stiegenhausdecke wird mit einer Trittschalldämmung und dem geschliffenen Stampflehm Boden ausgeführt.

Die zweite Schallschutzmaßnahme betrifft die Wohnungstrennwand.

Angelehnt, an eine geprüfte Trennwand von dataholz.eu, mit einem bewerteten Schalldämmmaß von $R_w (C, C_{tr}) 60 (-3-10)$ ^[203], die mit Gipsfaserplatten, Mineralwolle und OSB Platten ausgeführt wird, wurde eine äh-

liche Konstruktion mit Lehmausführung entwickelt.

Hier werden die Holzständer versetzt an innen- und Außenseite der Trennwand ausgeführt und durch einen Lehmputz auf einer Schilfmatte getrennt. Dies hat eine Schallentkopplung der beiden Oberflächen zur Folge und verringert den übertragenen Schall stark. Durch den dicken Lehmputz von 3 cm und der Strohdämmung ist die Masse-Feder-Masse Wirkung besonders stark und effektiv. Um eine effektivere Schalldämmung zu erreichen, wird die Strohdämmung, nicht wie in den anderen Bauteilen aus ganzen Strohballen eingepresst, sondern gehäckselt und eingeblasen. Die verringerte Dichte der Einblasdämmung (unter $100 \text{ kg} / \text{m}^3$) verbessert die Schallwirkung aufgrund der schlechteren dynamischen Rückkopplung der beiden Schalen. ^[204] Eine gleichmäßige Einblasung ist jedoch sicherzustellen, um Strohnester mit höheren Steifigkeiten zu vermeiden.

Für Wohnungstrennwände sind Schallpegeldifferenzen ($D_{nT,w}$) von mindestens 55 dB zwischen Aufenthaltsräumen verschiedener Nutzungseinheiten zu erreichen. Aufgrund unterschiedlicher Begrifflichkeiten müssen aber genauere Schallberechnungen zum Nachweis der Eignung getroffen werden.

R_w bezeichnet das Dämmmaß der Wand, ohne Anschlüsse, etc. $D_{nT,w}$ hingegen die gemessene Differenz im Send- und Empfangsraum. Beide Kenngrößen sind, unter gewissen Umständen, gleichzusetzen (Verhältnis von Raumvolumen zu Trennbauteil), suboptimale Raumgrößen, Raumhöhen, etc. können aber höhere R_w - Werte erfordern, um die geforderte Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$

203 - Holzforschung Austria: Bauteil Trennwand twrxxo01, in: dataholz.eu

204 - Neusser, Maximilian et al. Evaluation of the acoustic and environmental performance of different wall structures with particular emphasis on straw, in: Journal of Building Engineering, Bd. 66 (2023), 16.01.2023, S. 18

zu erreichen.

Brandschutztechnisch ist die Wohnungstrennwand durch den beidseitigen 3 cm dicken Lehmputz, sowie die Innenlage geschützt. Der Feuerwiderstand von mit Lehm verputzten, nichttragenden Wänden wurde bereits in der ÖNORM B3800 mit F90 ausgewiesen. ^[205] Aufgrund der verkohlenden Schilfmatte, und dadurch dem Wegfallen des Trägermaterials nach 30 min kann aber von einem Versagen der äußeren Brandschutzschicht ausgegangen werden. Für das Erreichen der Brandschutzanforderung mit REI 60 sorgt die Lehmschicht in der Mittel- lage des Bauteils.

Daher wird angenommen, dass der Brandwiderstand aufgrund der Lehmbeplankung die Anforderung der Gebäudeklasse 4 (REI 60) erfüllt, auch wenn diese Wände im Stiegenhausbereich tragend ausgeführt sind. Für Sonderfälle und nicht-genormte Bauteile muss der Nachweis in Versuchen nachgewiesen werden.

Die Ausführung der Absturzsicherung mit Eiche ist unter anderem aus Brandschutzgründen getroffen worden. Eiche ist schwerer entflammbar als beispielsweise Fichte und bietet eine längere Widerstandsdauer.

In der OIB RL 2 dürfen Geländerfüllungen in Treppenhäusern in der Gebäudeklasse 4 mit Baustoffen mit Brandbeitrag "B" ausgeführt werden, sowie Laubhölzer mit einer Mindestdicke von 15 mm. ^[206]

Zudem ist das Hartholz deutlich abriebfester und bietet langfristig optisch schönere Oberflächen.

Die Bodenbeläge im Stiegenhaus sind mit geschliffenem Stampflehm auf einer Trittschalldämmung ausgeführt, auch hier gibt es Deckenbeschwerungen durch Lehmaufbauten.

Die Stahlbetonstiege bleibt ohne zusätzliche Oberflächenverkleidung und genügt den Anforderung der OIB RL 2 mit einer Anforderung an den Treppenlauf von R60 und A2, also unbrennbar. Die Herstellung der Treppenläufe als Fertigteil garantiert optisch ansprechende Oberflächen, aber auch die Trennbarkeit vom restlichen Baukörper. Nach Ablauf der Nutzungsdauer, bzw. beim Rückbau, sollen die Stahlbetonteile weitere Verwendung in anderen Bauten finden.

Aufgrund der relativ hohen Raumhöhe und des dadurch erforderlichen Podestes in Laufmitte ist diese Aufgabe aber erschwert.

205 - Minke, Gernot/Benjamin Krick: Handbuch Strohhallenbau: Grundlagen, Konstruktionen, Beispiele, 3., ökobuch, 30.04.2014.S.6
206 - OIB Richtlinie 2 - 2019: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 04.2019

Oberflächen

Im gesamten Entwurf des Gebäudes „Im Studacker 12“ sollen Oberflächen und verwendete Materialien wenn möglich offen gezeigt werden. Holzelemente werden auf Abbrand dimensioniert, um Kapselungen oder Beplankungen zu vermeiden.

Wie schon in den Elementen ausgeführt, werden grundsätzlich die Wandoberflächen mit Lehmputzen ausgeführt. Diese Ausführung ist, aufgrund, soweit möglich, aufgrund der Verwendung der bauplatzigen Rohstoffe günstig und CO₂-arm.

Als Träger kommen Schilfplatten zum Einsatz, eine schnellere Herstellung der Lehmputze wäre mit Lehmbauplatten möglich. Aufgrund der preislichen Situation, aber auch der weiten Anfahrtstrecken, werden diese im Regelfall nicht verwendet.

Die Deckenoberflächen sind generell in Sichtholz, wie auch die Deckenträger und Stützen. Diese Elemente werden auf Abbrand bemessen und benötigen daher keinen weiteren Brandschutz. Als Oberflächenbehandlung kommt für diese Elemente aber eine Lasur, bzw. Wachse oder Öle in Frage. Dies soll die Holzfasern vor Schmutzeintrag schützen.

In den Nassräumen werden zum Feuchteausgleich, wie auch schon bei den anderen Räumen, Lehmputze ausgeführt, im Spritzwasserbereich würden diese aber ausgewaschen. Daher werden Glaskeramik-Oberflächen angestrebt, die über Profilleisten an die Wand, bzw. den Boden geklemmt werden und somit austauschbar bleiben. Glaskeramik wird aus Glasproduktionsabfällen hergestellt und kann auch nach der Benutzung wieder dem Glasproduktionskreislauf zugeführt werden. ^[207]

Die Abdichtungsebene erfolgt unter der Glaskeramik, um den Holzbau vor ungewolltem Feuchteintrag zu schützen.

Im Stiegenhaus findet ein Belagswechsel beim Stiegenlauf statt. Von einer geschliffenen Stampflehmoberfläche wechselt der Belag auf ein Stahlbeton-Fertigteilelement. Der Stiegenlauf muss aus Brandschutzgründen mit einer unbrennbaren Oberfläche bekleidet sein. Da aber Verbundkonstruktionen oder Beplankungen nicht erwünscht sind, wird der Stiegenlauf als Betonfertigteile ausgeführt. Sämtliche Oberflächen bleiben dabei sichtbar.

Im Außenbereich sollen die Oberflächen, wie bereits erwähnt wasserdurchlässlich sein. Dies soll besonders für die Kühlung des Quartiers dienen und den Versiegelungsgrad minimieren. Im Gehwegbereich, bzw. auf den Parkflächen sollen Natursteinflächen mit verhältnismäßig großen, offenen Fugen entstehen. Als Naturstein kommt Hartsandstein aus Vorarlberg in Frage. Dieser ist abriebfest, hellgrau gefärbt, frost- und tausalzicher. ^[208] Dieser Naturstein wird in ca. 30 km Entfernung zum Bauplatz gewonnen und stellt damit den nächsten Steinbruch für Bodenbeläge dar.

207 - Glaskeramik: in: Magna Glaskeramik, in: magna-glaskeramik.de

208 - Schwarztobler Sandstein: in: Bild-Stein Sand-Steinbruch GmbH, 20.06.2022

Kreislaufpotenzial der Konstruktionen

Alle vorhin gezeigten Konstruktionen müssen für den Rückbau und in Anschluss für den Re-Use bzw. das Recycling geeignet sein. Vorzugsweise werden die verwendeten Elemente von den vor Ort ergänzten Oberflächen, wie Lehmputzen, Fußböden und auch der Deckenbeschwerung befreit und abgebaut. Dies soll durch möglichst wenig, dafür aber gut dokumentierte Verschraubungen effizient und zerstörungsfrei erfolgen.

Die ausgebauten Elemente können anschließend in Neubauten weiterverwendet werden. Dies stellt den angedachten Optimalfall dar.

Findet die Weiterverwendung nicht statt, werden die Elemente im Werk rückgebaut und die Bauteile nach den hier angeführten Qualitäten recycelt.

Für alle Arten von verarbeitetem Lehm wird die Wiederverwertung ausgeschrieben, da sämtliche Lehme einzig durch nassen erneut verbaubar sind.



Wiederverwendung

verwendet, sofern eine direkte Verwendung des Baustoffs möglich ist, wie bsp. bei Glaskeramiktafeln, Sandschüttungen, Schaumglasschotter, Natursteinplatten, hochwertige Hölzer, etc. Grundsätzlich müssen die Baustoffe für eine Wiederverwendung großformatig, langlebig oder modular sein, bzw. hochwertig und formstabil oder verrottungsfest.

In diesen Details zur Wiederverwendung ausgeführte Materialien:

- Lavastein
- Kapillarbrechende Schicht (Kies)

- Stahlbeton Fertigteil
- Naturstein
- Schüttungen
- Schneefangrohre und Falzklemmen



Weiterverwendung

Ist das Bauprodukt nochmals einsetzbar, ohne Aufbereitung, jedoch unter geringerer Qualitätsstufe oder anderem Verwendungszweck, handelt es sich um eine Weiterverwendung.

Verwendete Materialien zur späteren Weiterverwendung:

- Stahlbeton - Fertigteil
- Verglasungen
- Schallentkopplungsbänder
- KVH Fichte und Lärche Balken und Stützen mit geeignetem Durchmesser
- Absturzsicherung (Eiche)



Herstellerrücknahme

Hier gibt es aktuell Zusagen der Hersteller, die verwendeten Produkte zurückzunehmen, um diese in der eigenen Produktion erneut einzusetzen. Bekanntes Beispiel hierfür ist Schafwolleddämmung.

Im Entwurf verwendete Bauteile:

- EPDM Folie



Wiederverwertung

Unter Auflösung der Produktgestalt in einem geschlossenen Verwertungskreislauf werden qualitativ gleichwertige Produkte hergestellt. Darunter fallen sämtliche Metalle oder auch Lehm.

Verwendet wurden hier:

- HFX Edelstahl
- Stampflehm
- Lehmputze
- Rigole und Gitterroste
- Tropf- und Insektenbleche
- Fußbodenheizungsrohre



Weiterverwertung

Auch als Down-Cycling benannt, werden aus den Altstoffen in einem Verwertungsprozess neue Produkte mit einem Qualitätsverlust hergestellt. Dies wird unter anderem bei Beton, Althölzern, aber auch unter bestimmten Umständen auf sortenreine Kunststoffe.

- KVH Fichte und Lärche, Lattungen, Schalungen, Lager- und Profilhölzer, Pfosten-Riegel-Elemente, Dielen, Handläufe, etc.
- HDF-Platten
- Betonfertigteile, sofern keine Weiterverwertung stattfinden kann



Kompostierung

Zum schließen biotischer Kreisläufe könnten in Zukunft naturbelassene Materialien in Kompostierungsanlagen verwertet werden. Die Bindung von CO₂ wird hier, analog zur thermischen Verwertung aufgehoben. Bei der Kompostierung kann von einem Mehrwert in Form von Dünger ausgegangen werden.

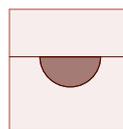
- Schilfputzträgermatte
- Strohdämmung
- Flachsdämmung



Energetische Verwertung

Heute großteils noch üblich für Holz und Holzwerkstoffe, aber auch Folien, Kunststoffe, und viele andere Werkstoffe stellt die energetische Verwertung in dieser Arbeit den schlechtesten Verwertungsfall dar.

- Abdichtungsmaterialien
- Wärmedämmter Raffstorekasten
- Schutzvlies
- Metaldachtrennlage
- Unterdachbahn
- Dampfbremse



Deponierung

Nicht recyclingfähige oder brennbare Materialien müssen Deponiert werden.

Aktuell werden Wärmedämmungen, wie Mineralwolle, aber Gipskartonplatten und ähnliche Stoffe deponiert.

In den hier vorgestellten Konstruktionen wird kein Baustoff nach dem Ablauf der Nutzungszeit deponiert.

Bei einzelnen Bestandteilen der Fotovoltaik-Paneele kann es möglich sein, dass diese deponiert werden müssen. Großteils bestehen diese jedoch aus Metallen und Glas, bei denen eine Wieder- oder Weiterverwertung in Frage kommt.

CONCLUSIO

Conclusio

Nachhaltigkeit und ressourcenschonendes Entwerfen erfordert einen veränderten Denkansatz in der Architektur. Neue, innovative, aber auch teilweise altbewährte Systeme und Prozesse müssen zur Minimierung der Umweltbelastung der Bauindustrie vorangetrieben werden. Regionales Bauen bietet neben ressourcenschonender Lösungen auch die Chance einzigartige, heimische Architektur zu schaffen, statt weltweit gleicher Bautypen und Architektursprachen.

In Vorarlberg bietet die lokale Holzbauszene und auch das Gewerbe, bzw. die Industrie beste Voraussetzungen für den Holzbau.

Abseits der Einfamilienhäuser und repräsentativer Bauten können besonders bei Mehrfamilienhäusern, bzw. mehrgeschossigem Wohnbau durch deren Grundspezifika nachhaltige Lösungen gefunden werden.

Derzeit gibt es deutliche, positive Entwicklungen in der Holzbauindustrie, aber auch in der politischen Debatte zugunsten des Holzbaus. Dieser wird in Zukunft zu einem deutlich wichtigeren Bestandteil der Bau-landschaft in Österreich, insbesondere im Hinblick auf den "European Green Deal".

Die Bauindustrie treibt den Holzbau mit neuartigen Produkten und Entwicklungen voran. Der Innovationsdruck und auch die Technologieoffenheit zeigt sich an Produkten, wie Strohbauplatten und Holz Nägeln. Diese Fabrikate haben in einigen Bereichen deutliche Vorteile gegenüber konventionellen Produkten, sei es in der Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen, Sekundär- und Abfallstoffen oder der verwendeten Primärenergie.

Aber auch in den Gesetzen, Normen und sonstigen Richtlinien wird eine liberalere

Einstellung zum Holzbau sichtbar. Die Vorgaben zum Brandschutz haben sich früher deutlicher am Stahlbeton orientiert. Vorgaben zur Unbrennbarkeit von Oberflächen wurden reduziert und somit eine Möglichkeit zum effizienten Holzbau ohne Kapselungen oder speziellen Brandschutzkonzepten geschaffen.

Durch diese Liberalisierung der OIB Richtlinien sind besonders 3 bis 4 geschossige Holzbauten Brandschutztechnisch relativ einfach, und somit effizient umsetzbar. Ab der Gebäudeklasse V, besonders über 6 Geschosse bleibt der reine Holzbau aktuell unrealistisch. Hybride Systeme mit Betonverstärkungen, Kapselungen, oder komplexen Brandschutzkonzepten bleiben im Hochhaussektor vorherrschend.

Auch in der Statik sind 3 - 4 geschossige Holzbauten im Vorteil. Niedrige Querschnitte sind in den Stützen, Balken und auch Decken möglich. Querpressungen sind ab dem fünften Geschoss ein zu berücksichtigender Faktor im Entwerfen von Holzbauten.

Aber selbst bei den Gebäudeklassen 3 und 4 erfordert der Holzbau, besonders im Hinblick auf das nachhaltige Bauen, zahlreiche komplexe Entscheidungen, bei denen unterschiedliche Faktoren zeitgleich berücksichtigt werden müssen, darunter ökologische, soziale und, in dieser Arbeit nicht weiter berücksichtigt, ökonomische Aspekte. Dazu kommen natürlich noch spezifische Anforderungen an Gebäude und Nutzer.

Von der Fundierung über Außenwandelemente mit Glaselementen bis zum Dach stellt ein nachhaltiges Gebäude einen, in der ohnehin schon sehr komplexen Planungsaufgabe eines Gebäudes, deutlichen Mehr-

aufwand durch Recherchen, Abwägungen, aber auch Detaillierungen dar.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass selbst unter der Berücksichtigung möglichst vieler Nachhaltigkeitsaspekte kein System perfekt ist. Erwähnte Abwägungen zwischen räumlichen, optischen und materialtechnischen Anforderungen zwingen zu Kompromissen im Bau.

Besonders in den Feuchtebereichen, also Dach und Fundament müssen Entscheidungen zum augenscheinlich kleineren Übel getroffen werden. So können diese Beschlüsse zum energieintensiven Steildach ohne Begrünungsmöglichkeit, oder das hoch-prozessierte und verklebte, schwer trennbare, Flachdach hinterfragt, teilweise auch kritisiert werden.

Im Bezug auf diese Entscheidungsfindung ist es wichtig zu betonen, dass es selten eine Lösung gibt, die allen Anforderungen gerecht wird. Vielmehr geht es darum, bewusste Entscheidungen zu treffen, die auf einer umfassenden Abwägung der verschiedenen Faktoren basieren.

Zu wenig Beachtung wird großteils noch der Rückbaubarkeit gewidmet, aber auch der Reparierbarkeit von Bauteilen. Gebäude in höherer Qualität, mit Bauteilen erhöhter Lebensdauer bieten die Möglichkeit, in Zukunft ressourcenschonender Wohnraum bereit zu stellen, als durch Neubau. Sanierungen sollen üblich werden, statt des Abrisses und Neubaus. In flexiblen Holzbauten einfacher umsetzbar, als im üblichen Stahlbetonbau.

Hoffnung liegt dabei auf der bald kommenden OIB Richtlinie 7, mit Vorgaben zur Nachhaltigkeit, aber auch an diversen

Gesetzen der Europäischen Union zur verbesserten Reparierbarkeit.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass nachhaltiges Bauen eine komplexe und anspruchsvolle Aufgabe darstellt, bei der viele Faktoren berücksichtigt werden müssen. Die Bauindustrie befindet sich teilweise auf einem guten Weg, um umweltfreundlichere und ressourcenschonendere Bauweisen zu entwickeln und umzusetzen.

Die Politik spielt dabei eine wichtige Rolle, indem sie Anreize für nachhaltiges Bauen schafft und umweltschädliche Praktiken einschränkt. Durch Pilotprojekte, Best-Practice-Beispiele und Forschungen können weitere Fortschritte erzielt werden, um in Zukunft noch nachhaltiger zu bauen.

Danksagung

Zu allererst danke ich meiner Partnerin, Franziska - mit der ich gemeinsam große Teile meines Studiums absolviert habe, die mich in meiner Diplomarbeit sowohl in architektonischer, aber auch persönlicher Natur unterstützt hat, für die gemeinsame Arbeitszeit, immer hilfreiche Anmerkungen und Kommentare, aber auch für ihre motivierende Art, ohne welche die Diplomarbeit entweder deutlich später, oder deutlich weniger umfangreich ausgefallen wäre.

Weiters möchte ich mich bei meinem Betreuer, Alireza Fadaei bedanken, für die aufgewendete Zeit, immer passende Vorschläge und Ergänzungen, seiner fachlichen Expertise aber auch den motivierenden Worten und seiner grundlegenden positiven Einstellung.

Grundlegender Dank gilt auch meinen Eltern, die mir das Studium ermöglicht haben, durch finanzielle Hilfe, aber auch durch bestärkende Worte und Verständnis.

Zu guter Letzt sei auch den Seilschaften, Freunden, aber auch Betreuern gedankt, ohne welche die Studienzeit nur annähernd so ertragsreich und gefüllt mit größtenteils positiven Erinnerungen an die vielen Tage und auch Nächte verblieben wäre.

sekretär, Amtsleiter Gemeinde Sulz, am 16.11.2022

27 Vgl. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft: Digitale Bodenkarte Sulz, o. D., <https://bodenkarte.at/#/center/9.6596,47.2852/zoom/15.4>.

28 Vgl. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft: Digitale Bodenkarte Sulz, o. D., <https://bodenkarte.at/#/center/9.6596,47.2852/zoom/15.4>.

29 vgl. OIB Richtlinien Inkrafttretung: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 05.2015, <https://www.oib.or.at/de/inkrafttreten-2007> (abgerufen am 26.03.2023).

30 Vgl. Bebauungsplan 2001 Sulz: Gemeinde Sulz, 18.09.2003, <https://www.gemeinde-sulz.at/buergerservice/service/bauen/bebauungs-und-teilbebauungsplaene>.

31 Vgl. Baugesetz Vorarlberg: in: RIS, 18.07.2022, <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrVbg&Gesetzesnummer=20000734> (abgerufen am 05.11.2022).§5 - §13a

32 Vgl. Bebauungsplan 2001 Sulz: Gemeinde Sulz, 18.09.2003, <https://www.gemeinde-sulz.at/buergerservice/service/bauen/bebauungs-und-teilbebauungsplaene>.

33 vgl. RIS - Bautechnikverordnung - Landesrecht konsolidiert Vorarlberg, Fassung vom 06.05.2023: o. D., <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrVbg&Gesetzesnummer=20000735>. §26, 35 sowie 41

34 Vgl. MA 21 Stadtteilplanung & Flächennutzung: STEK Rahmenplan Hausfeld, in: wien.gv, 08.11.2016, <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/zielgebiete/donaustadt-aspern/pdf/stek-rahmenplan-hausfeld.pdf> (abgerufen am 29.01.2023).

35 vgl. Gesamte Rechtsvorschrift für Baubemessungsverordnung Vorarlberg: in: RIS, o. D., <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrVbg&Gesetzesnummer=20000656> (abgerufen am 22.03.2023).

36 Vgl. Mäser, Michael: Baumpilz wütet im Sulner Auwald, in: Vorarlberg Online, 18.01.2022, <https://www.vol.at/baumpilz-wuetet-im-sulner-auwald/7261170>.

37 Vgl. Fachgrundlage Biotopverbund Vorarlberger Rheintal: 6.2.6 Frutz: in: Vorarlberg Atlas4, 2020, http://apps.vorarlberg.at/archiv/umweltschutz/biotope/Biotopverbund/BVF_KO_06.pdf (abgerufen am 03.01.2023).

38 vgl. Bebauungsplan 2001 Sulz: Gemeinde Sulz, 18.09.2003, <https://www.gemeinde-sulz.at/buergerservice/service/bauen/bebauungs-und-teilbebauungsplaene>.

39 vgl. Huemer, Peter/Johannes Rüdissler: Rote Liste gefährdeter Schmetterlinge Vorarlbergs, 1. Aufl., inatura Erlebnis Naturschau GmbH, 2022.

40 vgl. Aschauer, Maria/Markus Grabher: Rote Liste Vorarlberg: Amphibien & Reptilien, 01.10.2021b. S.96ff.

41 vgl. Spitzenberger, Friederike: Rote Liste gefährdeter Säugetiere Vorarlbergs, 01.01.2006. S.31 f

42 Vgl. Flächeninanspruchnahme: o. D., <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/boden/flaecheninanspruchnahme> (abgerufen am 28.10.2022).

43 Vgl. Durchschnittliche Wohnfläche pro Person in Hauptwohnsitzwohnungen in Österreich von 2011 bis 2021: in: statista.com, 04.04.2022, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/512938/umfrage/wohnflaeche-pro-person-in-hauptwohnsitzwohnungen-in-oesterreich/> (abgerufen am 22.01.2023).

44 Vgl. Fitz, Angelika/Karoline Mayer/Katharina Ritter/Architekturzentrum Wien Az W/Saskia Sassen/Gerhard Senft/Vandana Shiva/Robert Temel/Gerlind Weber: Boden für Alle, 1. Aufl., Park Books, 19.11.2020. S.46

45 Vgl. Boden, Land und Klimawandel: in: European Environment Agency, o. D., <https://www.eea.europa.eu/de/signale/eua-signale-2019/artikel/boden-land-und-klimawandel> (abgerufen am 29.10.2022).

46 Vgl. EEA Report No 10/2022: in: European Environment Agency, 26.10.2022, <https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-europe-2022> (abgerufen am 29.10.2022).

47 Vgl. Fitz, Angelika/Karoline Mayer/Katharina Ritter/Architekturzentrum Wien Az W/Saskia Sassen/Gerhard Senft/Vandana Shiva/Robert Temel/Gerlind Weber: Boden für Alle, 1. Aufl., Park Books, 19.11.2020. S.141

48 Vgl. DEZA Ernährungssysteme: Wüstenbildung und Boden-erosion verhindern, in: Schweizerische Eidgenossenschaft - Internationale Zusammenarbeit, 03.03.2021, https://www.eda.admin.ch/deza/de/home/themen/landwirtschaft_undernaehrungssicherheit/desertifikation2.html (abgerufen am 22.01.2023).

49 Vgl. Flächeninanspruchnahme: o. D., <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/boden/flaecheninanspruchnahme> (abgerufen am 28.10.2022).

50 Vgl. Hausbau-Mekka Österreich: Im Land der Versiegler: in: DER STANDARD, Martin Putschögl, 29.01.2018, <https://www.derstandard.at/content/tcf/story/2000073061110/oesterreich-nationaler-hausbauer-im-land-der-versiegler> (abgerufen am 29.10.2022)

51 Vgl. Fitz, Angelika/Karoline Mayer/Katharina Ritter/Architekturzentrum Wien Az W/Saskia Sassen/Gerhard Senft/Vandana Shiva/Robert Temel/Gerlind Weber: Boden für Alle, 1. Aufl., Park Books, 19.11.2020. S. 197

52 Vgl. Census 2011 Gebäude und Wohnungszählung: in: STATISTIK AUSTRIA, o. D., <https://www.statistik.at/filead->

min/publications/Census_2011_-_Gebaeude-_und_Wohnungszaehlung.pdf (abgerufen am 29.10.2022).

53 Vgl. Privathaushalte: in: STATISTIK AUSTRIA, o. D., <https://www.statistik.at/statistiken/bevoelkerung-und-soziales/bevoelkerung/familien-haushalte-lebensformen/privathaushalte> (abgerufen am 29.10.2022).

54 Vgl. Amt der Vorarlberger Landesregierung/HERRY Consult GmbH: Mobilitätserhebung Vorarlberg 2017, 07.2018, <https://vorarlberg.at/documents/302033/472144/Verkehrsbefragungkontiv2017.pdf/8a3127a1-7583-112b-0ed0-bd6143b734e1?t=1616166076423> (abgerufen am 29.10.2022). S.90

55 vgl. VCÖ - Mobilität mit Zukunft: VCÖ-Factsheet: Klimaziele nur mit mehr aktiver Mobilität erreichbar, in: vcoe.at, 07.2019, <https://vcoe.at/publikationen/vcoe-factsheets/detail/vcoe-factsheet-2019-07-klimaziele-nur-mit-mehr-aktiver-mobilitaet-erreichbar> (abgerufen am 20.12.2022).g

56 Vgl. Fitz, Angelika/Karoline Mayer/Katharina Ritter/Architekturzentrum Wien Az W/Saskia Sassen/Gerhard Senft/Vandana Shiva/Robert Temel/Gerlind Weber: Boden für Alle, 1. Aufl., Park Books, 19.11.2020. S.144

57 vgl. Krutzler, David: Wiener Stadtstraße um 143 Millionen Euro teurer als noch 2016 geplant, in: der Standard, 15.04.2021, <https://www.derstandard.at/story/2000125882180/wiener-stadtstrasse-um-143-millionen-euro-teurer-als-noch-2016>.

58 vgl. Hofer, David: Radwege in Wien: 2022 als Rekordjahr - für 2023 wieder große Pläne - Wien, in: MeinBezirk.at, 15.01.2023, https://www.meinbezirk.at/wien/c-politik/2022-als-rekordjahr-fuer-2023-wieder-grosse-plaene_a5815285 (abgerufen am 26.03.2023).

59 Vgl. Fuhrhop, Daniel: Verboten das Bauen! Streitschrift gegen Spekulation, Abriss und Flächenfraß, oekom verlag, 05.05.2020. S.71

60 Vgl. Landesstelle für Statistik, Amt der Vorarlberger Landesregierung: Regionale Bevölkerungsprognose 2020-2050, 02.2022, <https://vorarlberg.at/documents/302033/472239/Regionale+Bev%C3%B6lkerungsprognose+2022+bis+2050.pdf/d74924eb-7b89-6129-3bac-0e89ca015152?t=1644489177226> (abgerufen am 29.10.2022). S.28

61 vgl. OIB Richtlinie 2: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 04.2019, https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_2_12.04.19_0.pdf (abgerufen am 06.11.2022).

62 vgl. RIS - Bautechnikverordnung - Landesrecht konsolidiert Vorarlberg, Fassung vom 06.05.2023: o. D., <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrVbg&Gesetzesnummer=20000735>. §11

63 Vgl. Brandschutzarbeitshilfe: in: Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen, 18.07.2018, <https://services.vkg.ch/rest/public/georg/bs/publikation/documents/BSPUB-1394520214-185.pdf/content> (abgerufen am 06.11.2022).

64 Vgl. Wiederkehr, Reinhard: Einfach – klar – holzfreundlich Die neuen Schweizer Brandschutzvorschriften im Innenausbau, in: Forum Holzbau, 2015, https://www.forum-holzbau.com/pdf/29_HBS_2015_Wiederkehr.pdf (abgerufen am 06.11.2022)

65 Vgl. Brennbarkeit - Beitrag zum Brand: in: Brandschutz-info.at, 2017, http://www.brandschutz-info.at/wbinfo/media/download_gallery/BRANDSCHUTZ-Info_Nr._51_Bauprodukte_2.pdf (abgerufen am 22.01.2023).

66 Vgl. Grimm, Roland: Feuerwiderstandsklassen nach DIN 4102 & DIN EN 13501, in: baustoffwissen.de, 12.04.2022, <https://www.baustoffwissen.de/baustoffe/baustoffknowhow/baurecht/erklart-feuerwiderstandsklassen/> (abgerufen am 06.11.2022).

67 Vgl. Ministeriums für Landesentwicklung und Wohnen: Allgemeine Ausführungsverordnung des Ministeriums für Landesentwicklung und Wohnen zur Landesbauordnung (LBOA-VO), in: Gewerbeaufsicht Baden Württemberg, 08.01.2022, https://gewerbeaufsicht.baden-wuerttemberg.de/documents/20121/49165/2_2_01.pdf (abgerufen am 06.11.2022).

68 Vgl. Neuerungen im Vorarlberger Raumplanungs und Grundverkehrsrecht: in: Vorarlberg.at, 2019, https://vorarlberg.at/documents/302033/472927/Neuerungen_im_RPG_und_GVG.pdf/a166f476-184b-5133-4225-606ee6465af4 (abgerufen am 06.11.2022).

69 Vgl. Harald Gmeiner: Ökologisch Bauen - Wegweiser für kostenbewusste Bauleute, in: Energieinstitut Vorarlberg, 09.2019. S.60

70 Vgl. Heckmann, Oliver/Friederike Schneider/Zapel: Grundrissatlas Wohnungsbau, Birkhäuser, 2017. S.43ff.

71 vgl. Harald Gmeiner: Ökologisch Bauen - Wegweiser für kostenbewusste Bauleute, in: Energieinstitut Vorarlberg, 09.2019. S.58ff.

72 vgl. Österreichische Bauwirtschaft: Konjunkturerhebung Baugewerbe, in: wko.at, 25.03.2022, <https://www.wko.at/branchen/gewerbe-handwerk/bau/statistik-folder-2023.pdf> (abgerufen am 07.12.2022).

73 vgl. Teischinger, Alfred: Holzbauanteil in Österreich: Statistische Erhebung von Hochbauvorhaben, in: Zuschnitt Attachment, 09.2011, https://www.proholz.at/fileadmin/proholz/media/shop/Fokus_Covers_und_pdf/Holzbauanteil.pdf.

74 Vgl. Immobilienpreise Vorarlberg: in: immoverkauf24 GmbH, o. D., <https://www.immoverkauf24.at/immobilienpreise/immobilienpreise-vorarlberg/> (abgerufen am 02.11.2022).

75 Vgl. Baupreis- und Baukostenindex: o. D., <https://www.oenb>.

- at/isaweb/report.do?report=6.5 (abgerufen am 02.11.2022).
- 76 Vgl. Fitz, Angelika/Karoline Mayer/Katharina Ritter/Architekturzentrum Wien Az W/Saskia Sassen/Gerhard Senft/Vandana Shiva/Robert Temel/Gerlind Weber: Boden für Alle, 1. Aufl., Park Books, 19.11.2020.
- 77 Vgl. Fitz, Angelika/Karoline Mayer/Katharina Ritter/Architekturzentrum Wien Az W/Saskia Sassen/Gerhard Senft/Vandana Shiva/Robert Temel/Gerlind Weber: Boden für Alle, 1. Aufl., Park Books, 19.11.2020. S.133
- 78 Flächeninanspruchnahme: o. D., [online] <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/boden/flaecheninanspruchnahme> (abgerufen am 28.10.2022).
- 79 Anteil EFH Schöber, Katrin: Wohnen 2020, Zahlen, Daten und Indikatoren der Wohnstatistik, in: www.statistik.at, 2021, [online] https://www.statistik.at/fileadmin/publications/Wohnen_2020_-_Zahlen_Daten_und_Indikatoren_der_Wohnstatistik.pdf (abgerufen am 28.10.2022) S.25
- 80 Vgl. Fitz, Angelika/Karoline Mayer/Katharina Ritter/Architekturzentrum Wien Az W/Saskia Sassen/Gerhard Senft/Vandana Shiva/Robert Temel/Gerlind Weber: Boden für Alle, 1. Aufl., Park Books, 19.11.2020. S.139
- 81 Fuhrhop, Daniel: Verbiestet das Bauen!: Streitschrift gegen Spekulation, Abriss und Flächenfraß, oekom verlag, 05.05.2020. S.26
- 82 Forstwesen, Amt der Vorarlberger Landesregierung: Wald in Vorarlberg - Zahlen, Daten, Fakten, o. D., [online] <https://vorarlberg.at/documents/302033/472057/Zahlen%2C+Daten%2C+Fakten.pdf/51d3bc25-9c15-cbcc-06cb-07d966de-9bee?t=1616167598581> (abgerufen am 27.10.2022).
- 83 Isopp, Anne: Im Wald - Klangvolles Wachsen, 12.2014, [online] <https://www.proholz.at/zuschnitt/56/im-wald> (abgerufen am 28.10.2022).
- 84 Forstwesen, Amt der Vorarlberger Landesregierung: Wald in Vorarlberg - Zahlen, Daten, Fakten, o. D., [online] <https://vorarlberg.at/documents/302033/472057/Zahlen%2C+Daten%2C+Fakten.pdf/51d3bc25-9c15-cbcc-06cb-07d966de-9bee?t=1616167598581> (abgerufen am 27.10.2022). Abb.11
- 85 Wikipedia-Autoren: Bregenzerwälderhaus, 03.10.2006, [online] <https://de.wikipedia.org/wiki/Bregenzerw%C3%A4lderhaus> (abgerufen am 28.10.2022).
- 86 Ammann, Matthias: Was macht den Holzbau in Vorarlberg seit Jahren so stark?, o. D., [online] https://www.forum-holzbau.com/pdf/ihf10_ammann.pdf (abgerufen am 27.10.2022).
- 87 Ammann, Matthias: Was macht den Holzbau in Vorarlberg seit Jahren so stark?, o. D., [online] https://www.forum-holzbau.com/pdf/ihf10_ammann.pdf (abgerufen am 27.10.2022).
- 88 Vgl. Energieinstitut Vorarlberg: Nachhaltiges Bauen in Vorarlberg, 09.2016, <https://www.energieinstitut.at/nbv/publikation/> S. 10f.
- 89 vgl. Wikipedia-Autoren: Rheintalhaus, in: de.wikipedia.org, 15.04.2019, <https://de.wikipedia.org/wiki/Rheintalhaus>.
- 90 vgl. Hillebrandt, Annette: Recycling Atlas: Gebäude als Materialressource, 01.01.2018.S.93
- 91 vgl. Krupstedt, Jörg: Historie der Metalldächer, in: Baumental, 04.2005.
- 92 vgl. Kapfinger, Otto: Zur Entstehung und Wirkung einer Schule, die nie eine War, in: MODULØR Magazin, Bd. 2012/06, 06.2012, http://www.cn-architekten.at/wp-content/uploads/2016/10/CN_PORTRAIT-MODULOR.pdf.
- 93 vgl. Kapfinger, Otto: Zur Entstehung und Wirkung einer Schule, die nie eine War, in: MODULØR Magazin, Bd. 2012/06, 06.2012, http://www.cn-architekten.at/wp-content/uploads/2016/10/CN_PORTRAIT-MODULOR.pdf.
- 94 vgl. Aicher, Florian: Holzbauten in Vorarlberg, 1. Aufl., Detail Business Information GmbH, Sandra Hofmeister, 01.01.2017.
- 95 Vgl. asbn - austrian straw bale network: Baustrohballen, in: ASBN, 29.01.2021, <https://baubiologie.at/strohballenbau/baustrohballen/> (abgerufen am 28.10.2022).
- 96 Vgl. Bio-Baustrohballen: Baustoff und Dämmung: in: Sonnenklee, 20.08.2022, <https://www.sonnenklee.at/natuerliche-daemmstoffe/baustroh/bio-baustrohballen/> (abgerufen am 28.10.2022).
- 97 Vgl. Strohhallenhäuser – am Lebensende Kompost: in: denkhausbremen.de, 17.12.2020, <https://denkhausbremen.de/dirk-scharmer-strohballenhaeuser-am-lebensende-kompost/> (abgerufen am 02.01.2023).
- 98 Vgl. Strohhallenhaus Dornbirn: in: Baunetzwissen, o. D., <https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/objekte/wohnen/strohhaus-in-dornbirn-4711618> (abgerufen am 23.12.2022).
- 99 Vgl. Minke, Gernot/Benjamin Krick: Handbuch Strohhallenbau: Grundlagen, Konstruktionen, Beispiele, 3., ökobuch, 30.04.2014. S.28
- 100 Vgl. OIB Richtlinie Begriffsbestimmung - Vers.2011: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 10.2011, https://www.oib.or.at/sites/default/files/bb_061011.pdf (abgerufen am 12.11.2022).
- 101 Vgl. OIB Richtlinie 2 - Vers. 2011: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 10.2011, https://www.oib.or.at/sites/default/files/rl2_301211_revision_0.pdf (abgerufen am 12.11.2022).
- 102 Vgl. Minke, Gernot/Benjamin Krick: Handbuch Strohhallenbau: Grundlagen, Konstruktionen, Beispiele, 3., ökobuch, 30.04.2014.S.107

- 103 Vgl. Holzforschung Austria: Wohnen 500, Mäder, AT, in: dataholz.eu, o. D., <https://www.dataholz.eu/anwendungen/holzbau-projekte/wohnen-500-maeder-at.htm> (abgerufen am 28.10.2022).
- 104 Vgl. Hartmann, C/Ö Özdemir/A Hafner: What is the impact of a basement on a building LCA and what role does the functional unit play?, in: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, Bd. 1078, Nr. 1, 01.09.2022, doi:10.1088/1755-1315/1078/1/012094.
- 105 Vgl. Umweltbundesamt Deutschland: Fact Sheet - Mineralwolle, in: Umweltbundesamt.de, 15.05.2019, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/dokumente/factsheet_mineralwolle_fi_barrierefrei.pdf (abgerufen am 02.01.2023).
- 106 Vgl. Mäder, Bevölkerungsentwicklung: in: Mäder, o. D., <https://de.wikipedia.org/wiki/M%C3%A4der> (abgerufen am 02.01.2023).
- 107 Vgl. Gemeinde Mäder: Bebauungsplan Mäder, in: maeder.at, 15.09.2014, <https://maeder.at/app/uploads/sites/6/2022/02/bebauungsplan-mass-der-baulichen-nutzung.pdf> (abgerufen am 02.01.2023).
- 108 Vgl. Austria, Holzforschung: Wohnen 500, Mäder, AT, in: dataholz.eu, o. D., <https://www.dataholz.eu/anwendungen/holzbau-projekte/wohnen-500-maeder-at.htm> (abgerufen am 02.01.2023).
- 109 vgl. OIB Richtlinie 6 - Vers.2015: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 03.2015, https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_6_26.03.15.pdf (abgerufen am 26.03.2023).
- 110 vgl. OIB Richtlinie 6: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 04.2019, https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_6_12.04.19_1.pdf (abgerufen am 04.01.2023). S.4 ff.
- 111 Dietrich Untertrifaller Architekten: Qulumbus, Klaus (AT), in: Dietrich Untertrifaller Architekten, 27.09.2022, [online] <https://www.dietrich.untertrifaller.com/projekte/qulumbus-klaus-at/> (abgerufen am 28.10.2022).
- 112 Inside96: Baustellenfotos Qulumbus, 21.02.2021, [online] <https://www.facebook.com/inside96/posts/qulumbus-erleben-neu-entdeckenin-klaus-geht-es-im-eiltempo-voran-im-haus-1-wird-/875178789724949/> (abgerufen am 28.10.2022).
- 113 Vgl. Spatenstich Wohn- und Geschäftshaus Qulumbus in Klaus: in: Wirtschaftszeit, 24.06.2020, <https://www.wirtschaftszeit.at/news/spatenstich-wohn-und-geschaefts-haus-qulumbus-in-klaus/> (abgerufen am 02.01.2023).
- 114 Vgl. QULUMBUS | ERLEBEN NEU ENTDECKEN: in: QULUMBUS, o. D., <https://www.qulumbus.at/wohnen> (abgerufen am 28.10.2022).
- 115 Holzforschung Austria: Wohnen 500, Mäder, AT, in: dataholz.eu, o. D., [online] <https://www.dataholz.eu/anwendungen/holzbauprojekte/wohnen-500-maeder-at.htm> (abgerufen am 28.10.2022).
- 116 vgl. Zitterpappel / Espe - Populus tremula: in: Baumschule Horstmann, o. D., <https://www.baumschule-horstmann.de/shop/exec/product/687/14244/Zitterpappel-Espe.html> (abgerufen am 16.04.2023).
- 117 vgl. Baum-Felsenbirne „Robin Hill“ - Amelanchier arborea „Robin Hill“: in: Baumschule Horstmann, o. D., <https://www.baumschule-horstmann.de/shop/exec/product/729/10337/Baum-Felsenbirne-Robin-Hill.html> (abgerufen am 16.04.2023).
- 118 vgl. Roterle - Alnus glutinosa: in: Baumschule Horstmann, o. D., <https://www.baumschule-horstmann.de/shop/exec/product/688/8986/Roterle.html> (abgerufen am 16.04.2023).
- 119 vgl. Wikipedia-Autoren: Gelbspötter, in: de.wikipedia.org, 24.01.2005, <https://de.wikipedia.org/wiki/Gelbsp%C3%B6tter>.
- 120 vgl. Wikipedia-Autoren: Gelbspötter, in: de.wikipedia.org, 24.01.2005, <https://de.wikipedia.org/wiki/Gelbsp%C3%B6tter>.
- 121 vgl. Wikipedia-Autoren: Kleinspecht, in: de.wikipedia.org, 29.05.2003b, <https://de.wikipedia.org/wiki/Kleinspecht>.
- 122 vgl. Sand-Thymian - Thymus serpyllum: in: Baumschule Horstmann, o. D., <https://www.baumschule-horstmann.de/shop/exec/product/696/11275/Sand-Thymian.html> (abgerufen am 16.04.2023).
- 123 vgl. Aschauer, Maria/Markus Grabher: Rote Liste Vorarlberg: Amphibien & Reptilien, 01.10.2021. S76 ff.
- 124 vgl. Weissenseer: Werkbericht Weissen-seer: Holz-System-Bau, 25.11.2022.
- 125 vgl. Ziegler Metallbearbeitung GmbH: Doppelstock Fahrradparksystem, in: ZIEGLER, o. D., <https://www.ziegler-metall.de/doppelstock-fahrradparksystem-flexhub> (abgerufen am 23.03.2023).
- 126 Vgl. Mineralische Bauabfälle Monitoring 2018: in: Kreislaufwirtschaft Bau c/o Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V., 01.2021, <https://kreislaufwirtschaft-bau.de/Download/Bericht-12.pdf> (abgerufen am 23.10.2022).
- 127 vgl. Umweltbundesamt: Kunststoffabfälle in Österreich Aufkommen und Behandlung, 2017, <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0650.pdf>.
- 128 Vgl. Mineralische Bauabfälle Monitoring 2018: in: Kreislaufwirtschaft Bau c/o Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V., 01.2021, <https://kreislaufwirtschaft-bau.de/Download/Bericht-12.pdf> (abgerufen am 23.10.2022).
- 129 Vgl. Fichte: in: proholz Austria, o. D., <https://www.proholz.at/holzarten/fichte> (abgerufen am 11.12.2022).
- 130 Vgl. Grauwackenzone: o. D., <https://de.wikipedia.org/>

wiki/Grauwackenzone (abgerufen am 11.12.2022).

131 Vgl. Variszische Orogenese: o. D., https://de.wikipedia.org/wiki/Variszische_Orogenese (abgerufen am 11.12.2022).

132 Vgl. UNEP: UNEP 2019. Sand and sustainability: Finding new solutions for environmental governance of global sand resourcesRID-Geneva, United Nations Environment Programme, Geneva, Switzerland., 02.2019, <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/28163> (abgerufen am 17.12.2022). S.7

133 Vgl. Eisen- und Stahlindustrie profitiert von Sklaverei und Entwaldung: in: KoBra – Kooperation Brasilien e.V., 12.06.2012, <https://www.kooperation-brasilien.org/de/themen/menschenrechte-gesellschaft/eisen-und-stahlindustrie-profitiert-von-sklaverei-und-entwaldung> (abgerufen am 17.12.2022).

134 Vgl. Umweltbundesamt Österreich: Kreislaufbauwirtschaft, in: Umweltbundesamt.at, 2021, https://www.umweltbundesamt.at/studien-reports/publikationsdetail?pub_id=2378&cHash=4c8d69f35c2da94bbb01b0f6876575c2 (abgerufen am 15.12.2022).

135 Vgl. Energieinstitut Vorarlberg: Nachhaltiges Bauen in Vorarlberg, 09.2016, <https://www.energieinstitut.at/nbv/publikation/>. S.13

136 Vgl. Bau-EPD: Baustoffe, Produktdeklarationen, Produktbewertungen: o. D., <https://www.bau-epd.at/epd/was-ist-eine-epd> (abgerufen am 17.12.2022).

137 Vgl. Häufig gestellte Fragen: Was bedeutet die Unabhängige Verifizierung durch Dritte und wie funktioniert sie? in: IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V., 24.01.2018, <https://ibu-epd.com/faq/> (abgerufen am 17.12.2022).

138 vgl. Hillebrandt, Annette/Petra Riegler-Floors/Anja Rosen/Johanna-Katharina Seggewies: Atlas Recycling: Gebäude als Materialressource, Detail, 01.01.2018.

139 vgl. Hillebrandt, Annette/Petra Riegler-Floors/Anja Rosen/Johanna-Katharina Seggewies: Atlas Recycling: Gebäude als Materialressource, Detail, 01.01.2018. S.70

140 Vgl. Klimaschutz in der Beton und Zementindustrie: in: WWF Deutschland, 02.2019, https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Klimaschutz_in_der_Beton-_und_Zementindustrie_WEB.pdf (abgerufen am 17.12.2022).

141 Vgl. Kantonales Hochbauamt Thurgau/Amt für Umwelt Thurgau: Einsatz von Recyclingbeton im Hochbau, 2021, <https://umwelt.tg.ch/public/upload/as-sets/111358/Einsatz-von-Recyclingbeton-im-Hochbau.pdf?fp=1616750409000> (abgerufen am 17.12.2022). S.25

142 Vgl. Bundes-Abfallwirtschaftsplan (BAWP) 2017 Statusbericht 2021: in: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 12.05.2021,

https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/aws/bundes_awp/bawp.html (abgerufen am 15.12.2022). S.16

143 Vgl. Bundes-Abfallwirtschaftsplan (BAWP) 2017 Statusbericht 2021: in: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 12.05.2021, https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/aws/bundes_awp/bawp.html (abgerufen am 15.12.2022). S.53

144 Vgl. Bundes-Abfallwirtschaftsplan (BAWP) 2017 Statusbericht 2021: in: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 12.05.2021, https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/aws/bundes_awp/bawp.html (abgerufen am 15.12.2022). S.68f.

145 Vgl. Bundes-Abfallwirtschaftsplan (BAWP) 2017 Statusbericht 2021: in: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 12.05.2021, https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/aws/bundes_awp/bawp.html (abgerufen am 15.12.2022). S.145

146 Vgl. Umweltbundesamt Österreich: Klimarelevanz ausgewählter Recyclingprozesse in Österreich, in: Umweltbundesamt.at, 2010, https://www.umweltbundesamt.at/studien-reports/publikationsdetail?pub_id=1886&cHash=213c3ad7a65a-2a5d7b8ab0bf578a7459 (abgerufen am 11.12.2022). S.39

147 Vgl. Umweltbundesamt Österreich: Klimarelevanz ausgewählter Recyclingprozesse in Österreich, in: Umweltbundesamt.at, 2010, https://www.umweltbundesamt.at/studien-reports/publikationsdetail?pub_id=1886&cHash=213c3ad7a65a-2a5d7b8ab0bf578a7459 (abgerufen am 11.12.2022). S.47

148 Vgl. Umweltbundesamt Österreich: Klimarelevanz ausgewählter Recyclingprozesse in Österreich, in: Umweltbundesamt.at, 2010, https://www.umweltbundesamt.at/studien-reports/publikationsdetail?pub_id=1886&cHash=213c3ad7a65a-2a5d7b8ab0bf578a7459 (abgerufen am 11.12.2022). S.51

149 Vgl. Zeitler, Annika: Ghana: Giftiger Elektromüll, in: Afrika - Kultur - Planet Wissen, 03.12.2021, <https://www.planet-wissen.de/kultur/afrika/ghana/pwiegiftige-relektromuell100.html> (abgerufen am 04.01.2023).

150 Vgl. Dataholz: Geprüfte/zugelassene Bauteile - Aussenwand: awrhh09a: Dataholz.eu, 20.12.2017, <https://www.dataholz.eu/nc/bauteile/aussehttps://www.dataholz.eu/nc/bauteile/aussenwand/detail/kz/awrhh09a.html>

151 Vgl. 22 26 Lustenau: in: Baumschlagler Eberle Architekten, o. D., <https://www.2226.eu/die-umsetzung/projekte-details/2226-lustenau-1/> (abgerufen am 17.12.2022).

152 Vgl. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft: Digitale Bodenkarte Sulz, o. D., <https://bodenkarte.at/#/center/9.6596,47.2852/zoom/15.4>

- 153 Anhang Bodenkarte: Beschreibung der Bodenform - ID 28 | KB 94 | Bodentyp KLB, sowie Beschreibung der Bodenform - ID 30 | KB 94 | Bodentyp KLB
- 154 vgl. Minke, Gernot: Handbuch Lehm- und Ziegelbau: Baustoffkunde, Techniken, Lehmarchitektur, 01.01.2009. S. 44
- 155 Vgl. Getreideanbau und Getreidearten in Österreich: in: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, o. D., <https://info.bml.gv.at/themen/landwirtschaft/landwirtschaft-in-oesterreich/pflanzliche-produktion/getreide/Getreide.html> (abgerufen am 17.12.2022).
- Zahlen für Weichweizen, Gerste, Roggen, Triticale, Hartweizen, Hafer und Dinkel. Bei Aussaat von Winter- und Sommersaat werden beide Flächen addiert - das bedeutet Doppelzählungen der Flächen sind möglich - Gesamt ca. 538.700 Ha
- 156 Persönliche Kommunikation mit Bruno Nachbaur, Landwirt, am 20.12.2022
- 157 Vgl. Minke, Gernot/Benjamin Krick: Handbuch Strohballenbau: Grundlagen, Konstruktionen, Beispiele, 3., ökobuch, 30.04.2014. S.14f.
- 158 Vgl. Minke, Gernot/Benjamin Krick: Handbuch Strohballenbau: Grundlagen, Konstruktionen, Beispiele, 3., ökobuch, 30.04.2014. S.29
- 159 Vgl. Ackerbau in Vorarlberg: Eigenversorgung adé: in: thema vorarlberg, 19.06.2017, <https://thema-vorarlberg.at/wirtschaft/ackerbau-vorarlberg-eigenversorgung-ade> (abgerufen am 17.12.2022).
- 160 Vgl. KLH Massivholz GmbH: KLH Vorbemessungstabellen, 12.2020, <https://www.klh.at/wp-content/uploads/2019/07/klh-vorbemessungstabellen.pdf>. S.12
- 161 Vgl. Holzforschung Austria: Bauteil Aussenwand awrhh02a, in: dataholz.eu, o. D., <https://www.dataholz.eu/bauteile/aussenwand/detail/kz/awrhh02a.htm> (abgerufen am 04.01.2023a).
- 162 Vgl. OIB Richtlinie 6: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 04.2019, https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_6_12.04.19_1.pdf (abgerufen am 04.01.2023).
- 163 Vgl. Minke, Gernot/Benjamin Krick: Handbuch Strohballenbau: Grundlagen, Konstruktionen, Beispiele, 3., ökobuch, 30.04.2014. S.27
- 164 Vgl. Minke, Gernot/Benjamin Krick: Handbuch Strohballenbau: Grundlagen, Konstruktionen, Beispiele, 3., ökobuch, 30.04.2014. S.47
- 165 vgl. Zwerger, Klaus: Das Holz und seine Verbindungen: Traditionelle Bautechniken in Europa, Japan und China, Walter de Gruyter, 05.11.2012. S.88 ff.
- 166 vgl. Zwerger, Klaus: Das Holz und seine Verbindungen: Traditionelle Bautechniken in Europa, Japan und China, Walter de Gruyter, 05.11.2012. S.267
- 167 vgl. Graubner, Wolfram: Holzverbindungen: Gegenüberstellungen japanischer und europäischer Lösungen, 02.03.2015. S.79 f.
- 168 vgl. Graubner, Wolfram: Holzverbindungen: Gegenüberstellungen japanischer und europäischer Lösungen, 02.03.2015. S.20
- 169 vgl. Der Baustoff Holz [IHBV Wiki]: o. D., https://www.ihbv.at/wiki/doku.php?id=ihbv:maintenance_2018:infos_timber:timber#thermische_eigenschaften (abgerufen am 23.03.2023).
- 170 vgl. Graubner, Wolfram: Holzverbindungen: Gegenüberstellungen japanischer und europäischer Lösungen, 02.03.2015. S.20 f.
- 171 vgl. LIGNOLOC® Holznägel: in: Beck Fastening, o. D., <https://www.beck-fastening.com/de/lignoloc-holznaegel-f60-5-3~p2496#product-downloads> (abgerufen am 08.03.2023).
- 172 vgl. Neusser, Maximilian/Franz Dolezal/Markus Wurm/Herbert Müllner/Thomas Bednar: Evaluation of the acoustic and environmental performance of different wall structures with particular emphasis on straw, in: Journal of Building Engineering, Bd. 66 (2023), 16.01.2023, <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.105922>. S. 12 ff.
- 173 vgl. Neusser, Maximilian/Franz Dolezal/Markus Wurm/Herbert Müllner/Thomas Bednar: Evaluation of the acoustic and environmental performance of different wall structures with particular emphasis on straw, in: Journal of Building Engineering, Bd. 66 (2023), 16.01.2023, <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.105922>. S.19
- 174 vgl. Holzbau Deutschland-Institut e.V.: Schallschutz im Holzbau – Grundlagen und Vorbemessung, in: Informationsdienst Holz, Bd. Reihe 3 Teil 3 Folge 1, 03.2019, https://informationsdienst-holz.de/fileadmin/Publikationen/2_Holzbau_Handbuch/R03_T03_F01_Schallschutz_Grundlagen_Vorbemessung_2019.pdf.
- 175 vgl. Nowotny, Rainer: Schallschüttung LLS_200 - HANFFASER Uckermark, o. D., <https://www.hanffaser.de/uckermark/index.php/produkte/hanf-lehm-schallschuetting> (abgerufen am 08.03.2023).
- 176 vgl. Holzbau Deutschland-Institut e.V.: Schallschutz im Holzbau – Grundlagen und Vorbemessung, in: Informationsdienst Holz, Bd. Reihe 3 Teil 3 Folge 1, 03.2019, https://informationsdienst-holz.de/fileadmin/Publikationen/2_Holzbau_Handbuch/R03_T03_F01_Schallschutz_Grundlagen_Vorbemessung_2019.pdf. S. 39f.
- 177 vgl. Neusser, Maximilian/Franz Dolezal/Markus Wurm/Herbert Müllner/Thomas Bednar: Evaluation of the acoustic and environmental performance of different wall structures with particular emphasis on straw, in: Journal of Building Engineering, Bd. 66 (2023), 16.01.2023, <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.105922>. S. 12

178 vgl. deutschlandfunkkultur.de: Biologie - Warum wir Licht brauchen - und welches, in: Deutschlandfunk Kultur, 21.12.2017, <https://www.deutschlandfunkkultur.de/biologie-warum-wir-licht-brauen-und-welches-100.html> (abgerufen am 14.04.2023).

179 vgl. OIB Richtlinie 3: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 04.2019, https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_3_12.04.19_0.pdf (abgerufen am 14.04.2023).S. 7

180 vgl. ÖNORM EN17037 Tageslicht in Gebäuden: Austrian Standards International, 15.05.2022. S.15 ff.

181 vgl. DGNB Visueller Komfort: in: DGNB, 2018, https://static.dgnb.de/fileadmin/dgnb-system/de/gebäude/neubau/kriterien/04_SOC1.4_Visuelle-Komfort.pdf (abgerufen am 08.04.2023).

182 vgl. Gesamtstaatlicher Hitzeschutzplan für Österreich: 2023, <https://www.klimawandelanpassung.at/newsletter/nl25/kwa-gesamtstaatl-hitzeschutzplan> (abgerufen am 16.04.2023).

183 vgl. OIB Richtlinie 2: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 04.2019, https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_2_12.04.19_0.pdf (abgerufen am 06.11.2022). S.22f.

184 vgl. Bemessung im Brandfall: in: der Teibinger, 01.2017, https://derteibinger.at/wordpress/wp-content/uploads/2017/01/Bemessung_im_Brandfall.pdf (abgerufen am 02.04.2023).

185 vgl. Flachs - Dämmung für nachhaltiges Bauen, in: RE-NEWA GmbH, 22.07.2022, <https://www.energieheld.de/daemmung/daemmstoffe/flachs> (abgerufen am 09.04.2023).

186 vgl. OIB Richtlinie 2: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 04.2019, https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_2_12.04.19_0.pdf (abgerufen am 06.11.2022).S. 22f.

187 Berechnet mit dem Baubook Bauteilrechner des Energieinstitutes Vorarlberg: <https://www.baubook.info/de/werkzeuge/rechner-bauteile>

188 vgl. Minke, Gernot/Benjamin Krick: Handbuch Strohballenbau: Grundlagen, Konstruktionen, Beispiele, 3., ökobuch, 30.04.2014.S.6

189 Beispiele mit den erfüllten Kriterien:
Dampfbremse: Würth Wütop DB 10: https://www.baubook.at/m/PHP/Einreichung/Infoauswahl/index.php?Minibox=l_PRW_S&iSS=0&SI=2142718759&Balken=n&SW=5&LU=1823786223&qJ=17&LP=hlZjQ&SBT_open=573665

Unterspannbahn: https://www.baubook.at/m/PHP/Einreichung/Infoauswahl/index.php?Minibox=l_PRW_S&iSS=0&SI=2142718766&Balken=n&SW=5&LU=1823786223&qJ=17&LP=hlZjQ&SBT_open=573665

190 vgl. Paul Bauder GmbH & Co.: Metalldachtrennlagen, o. D., <https://www.bauder.at/at/steildach/steildach-produkte/steildachbahnen/metalldachtrennlagen.html> (abgerufen am 09.04.2023).

191 vgl. Albedo: 22.12.2022, <https://de.wikipedia.org/wiki/Albedo> (abgerufen am 09.04.2023).

192 vgl. Bundesinnung der Dachdecker, Glaser und Spengler: Fachregel für Bauspenglerarbeiten, in: WKO, 01.09.2014, <https://www.wko.at/branchen/gewerbe-handwerk/spengler/fachregel-bauspenglerarbeiten-l.pdf> (abgerufen am 09.04.2023). S.28

193 vgl. Produktdatenblatt HDF - Funderplan: in: dataholz.eu, 10.05.2022, https://www.dataholz.eu/fileadmin/dataholz/media/baustoffe/infos_hersteller/FunderPlan_Produktdatenblatt_web_biofaser_2020.pdf (abgerufen am 09.04.2023).

194 vgl. Volhard, Franz: Bauen mit Leichtlehm: Handbuch für das Bauen mit Holz und Lehm, Birkhäuser, 11.04.2016.S.169 f.

195 vgl. Kapfinger, Otto/Marko Sauer: Martin Rauch: Gebaute Erde: Gestalten & Konstruieren mit Stampflehm, Detail, 01.01.2022.S. 117

196 vgl. Liblik, Johanna/Alar Just/Judith Küppers: Eigenschaften von Lehmputzen für den Brandschutz von Holzkonstruktionen, in: Lehm 2020, 2020, https://www.dachverband-lehm.de/lehm2020_online/pdf/lehm2020_b_liblik-just-kueppers_de.pdf.

197 vgl. A/V-Verhältnis | Dämmstoffe | Glossar | Baunetz Wissen: Baunetz - Wissen, o. D., <https://www.baunetzwissen.de/glossar/a/a-v-verhaeltnis-724354> (abgerufen am 10.05.2023).

198 vgl. Flachs - Forum Nachhaltiges Bauen, Baustoffe, Ökobilanz, Dämmstoffe: in: nachhaltiges-bauen.at, 2023, <https://nachhaltiges-bauen.de/baustoffe/Flachs%20D%C3%A4mmstoffe> (abgerufen am 15.05.2023).

199 vgl. Über uns | WELTE Holz: o. D., <https://www.welte-holz.com/ueber-uns/#zertifikate> (abgerufen am 16.05.2023).

200 vgl. Wälderhaus Handels GmbH & Co Kg: Lithotherm Fussbodenheizung, in: Wälderhaus Handels GmbH & Co KG, o. D., <https://www.waelderhaus.at/baustoffe/lithotherm-fussbodenheizung> (abgerufen am 12.04.2023)

201 vgl. Kapfinger, Otto/Marko Sauer: Martin Rauch: Gebaute Erde: Gestalten & Konstruieren mit Stampflehm, Detail, 01.01.2022.S.58 f.

202 vgl. Ferk, Heinz: Anforderungen und Funktion der Gebäudehülle - Lösungen im Holzbau: ProHolz Webinar: Neue Dimensionen im Holzbau, 13.04.2022, <https://www.proholz.at/fileadmin/proholz/media/Webinare/2023/3-2023/proHolz-Webinar-1-2023-Modul3-Ferk.pdf>.

203 vgl. Holzforschung Austria: Bauteil Trennwand twrxo01, in: dataholz.eu, o. D.b, <https://www.dataholz.eu/bauteile/trennwand/detail/kz/twrxo01b.htm> (abgerufen am 11.02.2023).

204 vgl. Neusser, Maximilian/Franz Dolezal/Markus Wurm/Herbert Müllner/Thomas Bednar: Evaluation of the acous-

tic and environmental performance of different wall structures with particular emphasis on straw, in: Journal of Building Engineering, Bd. 66 (2023), 16.01.2023, <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2023.105922>. S.18

205 vgl. Minke, Gernot/Benjamin Krick: Handbuch Strohballenbau: Grundlagen, Konstruktionen, Beispiele, 3., ökobuch, 30.04.2014.S.6

206 vgl. OIB Richtlinie 2: in: Österreichisches Institut für Bautechnik, 04.2019, https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_2_12.04.19_0.pdf (abgerufen am 06.11.2022).S.23 f.

207 vgl. Glaskeramik: in: Magna Glaskeramik, o. D., <https://magna-glaskeramik.de/service/faq> (abgerufen am 15.04.2023).

208 vgl. Schwarzachtobler Sandstein: in: Bild-Stein Sandsteinbruch GmbH, 20.06.2022, <https://www.schwarzachtobler.com/#oberflaechen> (abgerufen am 16.04.2023).

Abbildungsverzeichnis

Sämtliche gezeigten, hier nicht angeführten Fotografien, Grafiken, Zeichnungen und Abbildungen jeglicher Art wurden von Alexander Knünz erstellt.

Abb.1.: Lage Sulz in Vorarlberg

basierend auf:

Vemaps: Outline Map of Austria | Free Vector Maps, in: vemaps.com, 03.01.2019, <https://vemaps.com/austria/at-01> (abgerufen am 12.12.2022).

Abb.2.: Bodenzusammensetzung

Bundesministerium für Wald: EBOD2: Bodenkarte Österreich, in: bodenkarte.at, o. D., <https://bodenkarte.at/#/center/9.64984,47.28438/zoom/17.9> (abgerufen am 07.10.2022).

Abb.3.: Ansicht Strohballenhaus

Strohballenhaus: in: Baunetzwissen.de, o. D., <https://www.baunetzwissen.de/imgs/2/0/0/8/6/9/0/aeda2554b07d2539.jpg#slides/1> (abgerufen am 23.12.2022).

Abb.4.: Grundriss Strohballenhaus

Georg Bechter Architektur+Design
Gruber, Herbert: Lasttragendes Strohballenhaus in Dornbirn, in: ASBN, 07.01.2016, <https://baubiologie.at/strohballenbau/lasttragendes-strohballenhaus-in-dornbirn-5/>. (abgerufen am 12.11.2022)

Abb.5.:

Ansicht

Strohhaus - Georg Bechter Architektur: o. D., <https://bechter.eu/strohhaus/1e-de#slides/1strohhaus/1e-de#slides/1> (abgerufen am 12.11.2022).

Abb.6.:

Innenraum

Strohhaus - Georg Bechter Architektur: o. D.b, <https://bechter.eu/strohhaus/1e-de#slides/1strohhaus/1e-de#slides/1%20strohballenbau/lasttragendes-strohballenhaus-in-dornbirn-5/> (abgerufen am 12.11.2022).

Abb.7.:

Innenraum

Strohhaus - Georg Bechter Architektur: o. D.a, <https://bechter.eu/strohhaus/1e-de#slides/1strohhaus/1e-de#slides/1> (abgerufen am 12.11.2022).

Abb.8.:

Ansicht

Strohhaus - Georg Bechter Architektur: o. D.b, <https://bechter.eu/strohhaus/1e-de#slides/1strohhaus/1e-de#slides/1%20strohballenbau/lasttragendes-strohballenhaus-in-dornbirn-5/> (abgerufen am 12.11.2022).

Abb.9.: Ansicht

Wohnen 500 Mäder: in: Kaufmann Bausysteme, o. D., <https://kaufmannbausysteme.at/de/wohnanla%ADge-wohnen-500-vogewosi-m%C3%A4der> (abgerufen am 12.12.2022).

Abb.10.: Grundriss EG

Wohnen 500 Mäder: in: Holzbaukunst.at, o. D.b, <https://holzbaukunst.at/holzbau/objekt/388.html> (abgerufen am 12.12.2022).

Abb.11.:

Aufbau Module

<https://www.vn.at/2019/07/am-dienstag-wur%ADden-die-letzten-module-in-768x512.jpg>: in: Vorarlberger Nachrichten.at, o. D., <https://www.vn.at/2019/07/am-dienstag-wur%ADden-die-letzten-module-in-768x512.jpg> (abgerufen am 12.12.2022).

Abb.12.:

Detailschnitt

Wohnen 500 Mäder: in: Dataholz.eu, o. D.c, <https://www.dataholz.eu/anwendungen/holzbauprojekte/woh%ADnen-500-maeder-at.htm> (abgerufen am 12.12.2022).

Abb.13.:

Ansicht

Wohnen 500 Mäder: in: Kaufmann Bausysteme, o. D.a, <https://kaufmannbausysteme.at/de/wohnanla%ADge-wohnen-500-vogewosi-m%C3%A4der> (abgerufen am 12.12.2022).

Abb.14.:

Ansicht

Wohnen 500 Mäder: in: Kaufmann Bausysteme, o. D.a, <https://kaufmannbausysteme.at/de/wohnanla%ADge-wohnen-500-vogewosi-m%C3%A4der> (abgerufen am 12.12.2022).

Abb.15.: Ansicht

Qulumbus Klaus: in: Dietrich.Untertrifaller.com, o. D., <https://www.dietrich.untertrifaller.com/projekte/qulumbus-klaus-at/> (abgerufen am 12.12.2022).

Abb.16.: Grundriss EG

Qulumbus Klaus: in: Dietrich.Untertrifaller.com, o. D., <https://www.dietrich.untertrifaller.com/projekte/qulumbus-klaus-at/> (abgerufen am 12.12.2022).

Abb.18.: Grundriss OG

Qulumbus Klaus: in: Dietrich.Untertrifaller.com, o. D., <https://www.dietrich.untertrifaller.com/projekte/qulumbus-klaus-at/> (abgerufen am 12.12.2022).

Abb.17.: Ansicht

Qulumbus Klaus: in: Dietrich.Untertrifaller.com, o. D., <https://www.dietrich.untertrifaller.com/projekte/qulumbus-klaus-at/> (abgerufen am 12.12.2022). <https://www.dietrich.untertrifaller.com/projekte/qulumbus-klaus-at/>

Abb.19.: Bsp. Dataholz Holzrahmenwand

Holzrahmenwand Aussenwand awrhho09a-06: in: Dataholz.eu, 20.12.2017, <https://www.dataholz.eu/bauteile/aussen%ADwand/variante/kz/awrhho09a/nr/6.htm> (abgerufen am 10.02.2023). <https://www.dataholz.eu/bauteile/aussen%ADwand/variante/kz/awrhho09a/nr/6.htm>

Abb.20.: Bsp. 22 26 Emmenweid
22 26 Emmenweid CH: in: DeutscheBauzeitschrift.de, o. D.,
https://www.dbz.de/artikel/dbz_2226_Emmenweid_Emmenbruecke_CH-3595269.html (abgerufen am 12.02.2023).

Abb.21.: Beispielhafter komplexer Diagonalanschluss am Gurt -
Produktionshalle SWG Schraubenwerk
in, Sauer, Marko: Corporate Timber. Schraubenwerk
MIT Holz: Die Grenzen Von Laubholz Ausloten / Pushing the Limits of Hardwood, Detail, 01.01.2021. S.72

Abb.22.: Verbesserung der Trittschalldämmung durch einen schwimmenden Estrich auf Holzdecken.
Eigene Darstellung auf Basis von Daten von:
Holzbau Deutschland-Institut e.V.: Schallschutz im Holzbau – Grundlagen und Vorbemessung, in: Informationsdienst Holz, Bd. Reihe 3 Teil 3 Folge 1, 03.2019, https://informationsdienst-holz.de/fileadmin/Publikationen/2_Holzbau_Handbuch/R03_T03_F01_Schallschutz_Grundlagen_Vorbemessung_2019.pdf. S. 37 Abb. 3.13

Abb.23.: Verbesserung der Trittschalldämmung durch Rohdeckenbeschwerungen.
Eigene Darstellung auf Basis von Daten von:
Holzbau Deutschland-Institut e.V.: Schallschutz im Holzbau – Grundlagen und Vorbemessung, in: Informationsdienst Holz, Bd. Reihe 3 Teil 3 Folge 1, 03.2019, https://informationsdienst-holz.de/fileadmin/Publikationen/2_Holzbau_Handbuch/R03_T03_F01_Schallschutz_Grundlagen_Vorbemessung_2019.pdf. S. 38 Abb. 3.14

Abb.24.: Darstellungen simulierter Lichteinfallquotient
Export aus: Velux Dazlight Visualiyer 3, Entwickelt von Luxion für die Velux Gruppe

Abb.25.: Darstellung simulierter Raum
aus: Thesim 3D - Online - Berechnungssoftware der Architektur- und Bauforschung GesbR, von Nackler Joachim, Krec Klaus

Abb.26.: Datenexport von Thesim3D
aus: Thesim 3D - Online - Berechnungssoftware der Architektur- und Bauforschung GesbR, von Nackler Joachim, Krec Klaus

Abb.27.: Darstellung simulierter Raum
aus: Thesim 3D - Online - Berechnungssoftware der Architektur- und Bauforschung GesbR, von Nackler Joachim, Krec Klaus

Abb.28.: Datenexport von Thesim3D
aus: Thesim 3D - Online - Berechnungssoftware der Architektur- und Bauforschung GesbR, von Nackler Joachim, Krec Klaus

Abb.29.: Verortung Hersteller
Grundlage basierend auf: https://d-maps.com/m/europa/austria/vorarlberg_de/vorarlberg_de12.pdf

Anhang

Anhang A - Digitale Bodenkarte

Export der kartierten Böden am Bauplatz "Im Studacker 12" aus "bodenkarte.at"

Beschreibung der Bodenform ID 28 | KB 94 | Bodentyp kLB

Größe der Bodenform

154 ha = 1,4 % der kart. Fläche

Lage und Vorkommen

im Gebiet der Schwemmfächer und Terrassen, eben; auf Schwemmfächern

Bodentyp

kalkhaltige Lockersediment-Braunerde aus feinem Schwemmaterial

Wasserverhältnisse

gut versorgt; hohe Speicherkraft, geringe Durchlässigkeit

Horizonte

(jeweils untere Begrenzung in cm)

A(20); AB1(40-50); AB2(70-85); D(100)

Bodenart und Grobanteil

A,AB1 schluffiger Lehm oder lehmiger Schluff

AB2 sandiger Lehm oder lehmiger Schluff

D Grobsand mit geringem Grobanteil (Kies)

Humusverhältnisse

A stark humos; Mull

AB1,AB2 mittelhumos; Mull

Kalkgehalt

A kalkarm bis mäßig kalkhaltig; darunter stark kalkhaltig

Bodenreaktion

A schwach sauer oder neutral; darunter alkalisch

Erosionsgefahr

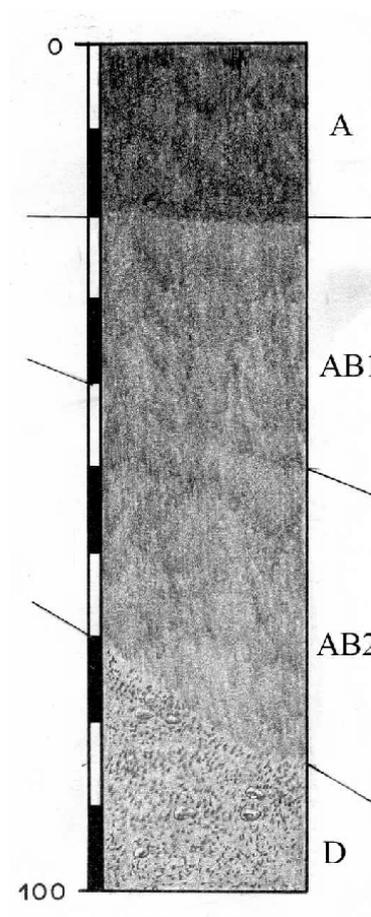
nicht gefährdet

Bearbeitbarkeit

gut befahrbar, gut beweidbar

Natürlicher Bodenwert

hochwertiges Grünland



Beschreibung der Bodenform ID 30 | KB 94 | Bodentyp kLB

Größe der Bodenform

248 ha = 2,2 % der kart. Fläche

Lage und Vorkommen

im Gebiet der Schwemmfächer und Terrassen; eben bis leicht hängig; auf Schwemmfächern

Bodentyp

kalkhaltige Lockersediment-Braunerde aus überwiegend grobem Schwemmaterial

Wasserverhältnisse

mäßig trocken; geringe Speicherkraft, hohe Durchlässigkeit

Horizonte

(jeweils untere Begrenzung in cm)

A(15-20); AB(30-40); BC(100)

Bodenart und Grobanteil

- A sandiger Schluff oder lehmiger Schluff mit mäßigem Grobanteil (Kies, Schotter)
- AB lehmiger Sand mit hohem oder sehr hohem Grobanteil (Kies, Schotter)
- BC vorherrschend Grobanteil (Kies, Schotter, Grobschotter), dazwischen lehmiger Sand

Humusverhältnisse

- A stark humos; Mull
- AB mittelhumos; Mull

Kalkgehalt

- A,AB kalkarm oder stark kalkhaltig
- BC stark kalkhaltig

Bodenreaktion

- A schwach sauer oder neutral
- AB,BC neutral oder alkalisch

Erosionsgefahr

nicht gefährdet

Bearbeitbarkeit

gut befahrbar; in Trockenperioden schlecht beweidbar infolge geringen Futternachwuchses

Natürlicher Bodenwert

mittelwertiges Grünland

Sonstige Angaben

stellenweise Schotterkörper weniger mächtig, ab etwa 70 cm Schottermenge abnehmend

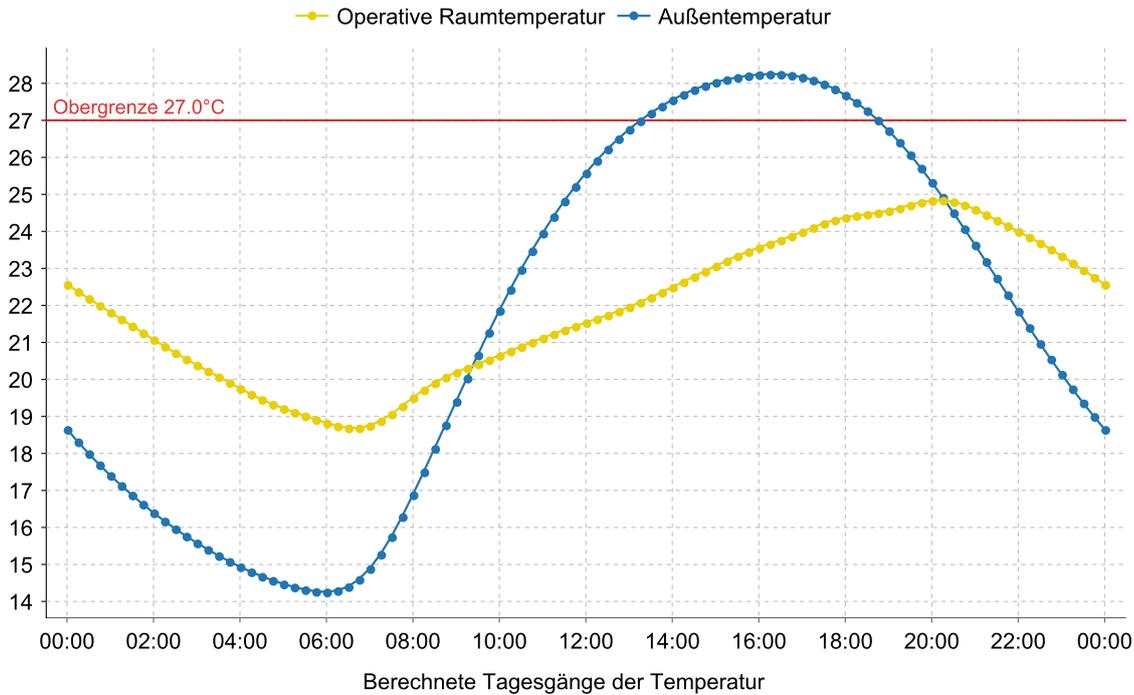
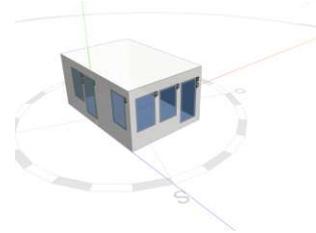
Anhang B - Thesim3D Berichte

Export der PDF-Berichte der erstellten Simulationen am Bauplatz "Im Studacker 12" aus "thesim.at"

BT A

Thermische, dynamische Raumsimulation zur Vermeidung der sommerlichen Überwärmung

Fragestellung: operative Temperatur
 Zeitzone: mitteleuropäische Sommerzeit (UTC+2)



	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
•• Operative Raumtemperatur	22,6	21,8	21,1	20,4	19,8	19,2	18,8	18,8	19,5	20,2	20,7	21,1	21,5
•• Außentemperatur	18,7	17,4	16,4	15,6	14,9	14,5	14,3	14,9	16,9	19,4	21,9	24,0	25,6

	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	Max
•• Operative Raumtemperatur	22,0	22,5	23,1	23,6	24,0	24,4	24,6	24,8	24,6	24,0	23,3	22,6	24,8
•• Außentemperatur	26,8	27,6	28,0	28,2	28,2	27,7	26,7	25,3	23,6	21,8	20,1	18,7	28,2

Validierung: Der Rechenkern von Thesim 3D, das thermisch dynamische Gebäudesimulationsprogramm GEBA V10.0 ist nach ÖNORM EN ISO 13792:2012 Klasse 1 validiert. Die Verschattungsberechnung von Thesim 3D ist nach ÖNORM EN ISO 13791:2012 validiert. Disclaimer: Thesim 3D ist das Ergebnis akademischer Forschung und wird zur Nutzung "as is" zur Verfügung gestellt. Es wird keine Gewährleistung übernommen, insbesondere nicht dafür, dass Thesim 3D für bestimmte Zwecke geeignet ist oder dass die durch die Nutzung von Thesim 3D erzielten Ergebnisse fehlerfrei sind. Schadenersatzansprüche sind ausgeschlossen. Thesim 3D ist urheberrechtlich geschützt, © 2017-2020, Thesim 3D, DDI Dr.techn. J.N.Nackler und Univ.Prof.i.R. DI Dr.techn. K.Krec, Architektur- und Bauforschung GesbR.

Standortdaten

Standort:	Sulz (V)		47° 18' N, 9° 39' O
	Seehöhe:		441,0 m
Außenklima:	Lufttemperatur:	Tagesmittelwert:	21,6°C
		Tagesschwankung:	14,0 K
	Bodentemperatur:	Tagesmittelwert:	20,0°C
		Sonnenstrahlung:	Trübungsfaktor nach Linke:
		Diffusstrahlungsfaktor nach Reitz:	0,333
		Reflexionszahl der Umgebung (Albedo)	0,200
		Datum	15.7.
		Sonnenaufgang (berechnet)	5:41
	Sonnenuntergang (berechnet)	21:13	

Liste opaker Bauteile

Bauteil Nr. 1 Bezeichnung: **AW Holz-Leicht (Standard)**

Schichtaufbau:		Schicht- dicke [cm]	Wärmeleit- fähigkeit [W/(m·K)]	Massen- dichte [kg/m³]	Spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg·K)]	Durchlass- widerstand [m²·K/W]
außen						0,040
1	Holz und Sperrholz 500	2,0	0,130	500,0	2,500	0,154
2	Stroh 82%	30,0	0,042	110,0	2,000	
	Holz 18%		0,120	450,0	1,600	5,701
3	Holzfaserverplatten (hart) 800	0,8	0,180	800,0	1,700	0,044
4	Luft	3,0	0,025	1,0	1,008	1,200
5	Schilfmatte	2,0	0,065	190,0	1,300	0,308
6	Lehmputz	3,0	0,790	1600,0	1,130	0,038
innen						0,130

Kenngößen:

Dicke des Bauteils:	40,8 [cm]
Flächenbezogene Masse:	203,2 [kg·m ⁻²]
Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert):	0,13 [W·m ⁻² ·K ⁻¹]
Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität außen:	32,837 [kJ·m ⁻² ·K ⁻¹]
Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität innen:	59,890 [kJ·m ⁻² ·K ⁻¹]

Liste opaker Bauteile

Bauteil Nr. 2 Bezeichnung: IW Holz-Leicht (Standard)

Schichtaufbau:		Schicht- dicke [cm]	Wärmeleit- fähigkeit [W/(m·K)]	Massen- dichte [kg/m³]	Spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg·K)]	Durchlass- widerstand [m²·K/W]
	außen					0,130
1	Lehm	3,0	0,320	1600,0	1,130	0,094
2	Schilf	2,0	0,065	190,0	1,300	0,308
3	Stroh 90%	10,0	0,042	110,0	2,000	
	Holz 10%		0,120	450,0	1,600	2,121
4	Schilf	2,0	0,065	190,0	1,300	0,308
5	Lehm	3,0	0,320	1600,0	1,130	0,094
	innen					0,130

Kenngrößen:

Dicke des Bauteils:	20,0 [cm]
Flächenbezogene Masse:	148,6 [kg·m ⁻²]
Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert):	0,31 [W·m ⁻² ·K ⁻¹]
Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität außen:	63,919 [kJ·m ⁻² ·K ⁻¹]
Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität innen:	63,919 [kJ·m ⁻² ·K ⁻¹]

Bauteil Nr. 3 Bezeichnung: FB Holz-Leicht (Standard)

Schichtaufbau:		Schicht- dicke [cm]	Wärmeleit- fähigkeit [W/(m·K)]	Massen- dichte [kg/m³]	Spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg·K)]	Durchlass- widerstand [m²·K/W]
	außen					0,130
1	Holz und Sperrholz 500	4,0	0,130	500,0	2,500	0,308
2	Stroh 80%	28,0	0,042	110,0	2,000	
	Holz 20%		0,120	450,0	1,600	5,313
3	Lehm	10,0	0,790	1600,0	1,130	0,127
4	Flachs 25	7,0	0,040	25,0	1,700	1,750
5	Naturbims 400	4,5	0,120	400,0	1,000	0,375
6	Dielenboden	2,0	0,130	500,0	2,500	0,154
	innen					0,130

Kenngrößen:

Dicke des Bauteils:	55,5 [cm]
Flächenbezogene Masse:	335,8 [kg·m ⁻²]
Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert):	0,12 [W·m ⁻² ·K ⁻¹]
Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität außen:	46,298 [kJ·m ⁻² ·K ⁻¹]
Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität innen:	37,116 [kJ·m ⁻² ·K ⁻¹]

Liste opaker Bauteile

Bauteil Nr. 4 Bezeichnung: DA Holz-Leicht (Standard)

Schichtaufbau:		Schicht- dicke [cm]	Wärmeleit- fähigkeit [W/(m·K)]	Massen- dichte [kg/m³]	Spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg·K)]	Durchlass- widerstand [m²·K/W]
außen						0,040
1	Holz und Sperrholz 500	2,5	0,130	500,0	2,500	0,192
2	MW (Steinwolle) 82%	30,0	0,043	1000,0	1,030	
	Holz 18%					
3	Holz und Sperrholz 500	1,8	0,130	500,0	2,500	0,138
innen						0,130

Kenngößen:

Dicke des Bauteils:	34,3 [cm]
Flächenbezogene Masse:	171,5 [kg·m ⁻²]
Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert):	0,17 [W·m ⁻² ·K ⁻¹]
Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität außen:	41,501 [kJ·m ⁻² ·K ⁻¹]
Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität innen:	37,898 [kJ·m ⁻² ·K ⁻¹]

Bauteil Nr. 5 Bezeichnung: Holztüre

Schichtaufbau:		Schicht- dicke [cm]	Wärmeleit- fähigkeit [W/(m·K)]	Massen- dichte [kg/m³]	Spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg·K)]	Durchlass- widerstand [m²·K/W]
außen						0,040
1	Sperrholz und Furnierschichtholz	1,4	0,120	475,0	1,600	0,117
2	PUR-DO	2,0	0,030	32,0	1,400	
	Sperrholz und Furnierschichtholz					
innen						0,130

Kenngößen:

Dicke des Bauteils:	4,8 [cm]
Flächenbezogene Masse:	13,9 [kg·m ⁻²]
Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert):	0,93 [W·m ⁻² ·K ⁻¹]
Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität außen:	11,080 [kJ·m ⁻² ·K ⁻¹]
Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität innen:	11,080 [kJ·m ⁻² ·K ⁻¹]

Liste transparenter Bauteile

Anzahl Glas-Typen: 1

Glastyp Nr. 1 **Bezeichnung: 3S-Wärmeschutzglas beschichtet 4-8-4-8-4 (Kr)**

Schichtaufbau:		Schicht- dicke [cm]	Wärmeleit- fähigkeit [W/(m·K)]	Massen- dichte [kg/m³]	Spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg·K)]	Durchlass- widerstand [m²·K/W]
	außen					0,040
1	Scheibe	0,4	0,814	2500,0	0,921	0,005
2	SZR	0,8				0,625
3	Scheibe	0,4	0,814	2500,0	0,921	0,005
4	SZR	0,8				0,625
5	Scheibe	0,4	0,814	2500,0	0,921	0,005
	innen					0,130

Anmerkung: SZR ... Scheibenzwischenraum

Wärmetechnische Kenngrößen:

Dicke des Bauteils:	2,8 [cm]
Flächenbezogene Masse:	30,0 [kg·m ⁻²]
Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert):	0,7 [W·m ⁻² ·K ⁻¹]

Strahlungstechnische Kenngrößen:

Gesamtenergiedurchlassgrad:	0,45
Strahlungstransmissionsgrad:	0,29
Strahlungsreflexionsgrad:	0,35
Exponent:	1,50

Anzahl Rahmen-Typen: 2

Rahmentyp 1	Bezeichnung:	Holzrahmen		
	U-Wert:	1,36 [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	Rahmenanteil:	25 %
Rahmentyp 2	Bezeichnung:	Holzrahmen		
	U-Wert:	1,36 [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	Rahmenanteil:	25 %

Anzahl Fenster: 6

Daten zur Raumnutzung

Tagesgang der Personenbelegung [Personen]

01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	0,64	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
0,51	0,77	0,77	0,77	0,90	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03

Wärmeabgabeleistung pro Person: 90 W

Tagesgang der Wärmeabgabeleistung von Beleuchtung und Geräten [W]

01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
42,20	42,70	44,30	54,30	103,00	133,60	161,90	183,40	161,80	147,40	120,30	93,20
13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
83,70	107,00	143,60	172,40	177,40	159,70	143,10	119,20	91,50	71,50	57,60	57,60

Angaben zur Raumlüftung

Luftwechselzahl bautechnischer Luftwechsel: 0,05 1/h

Tagesgang des hygienisch erforderlichen Luftwechsels [1/h]

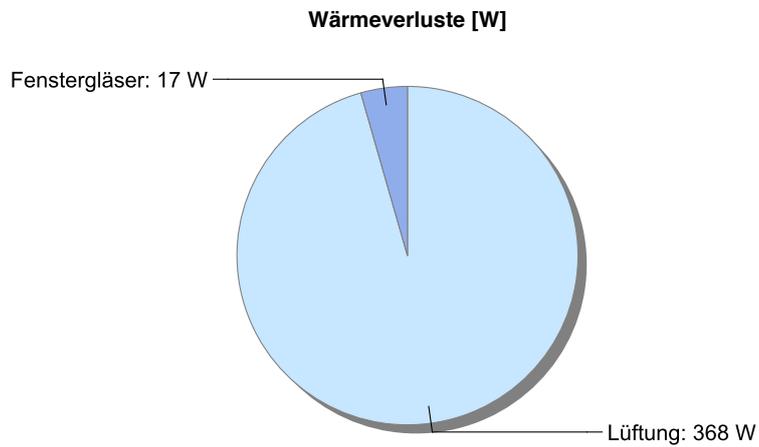
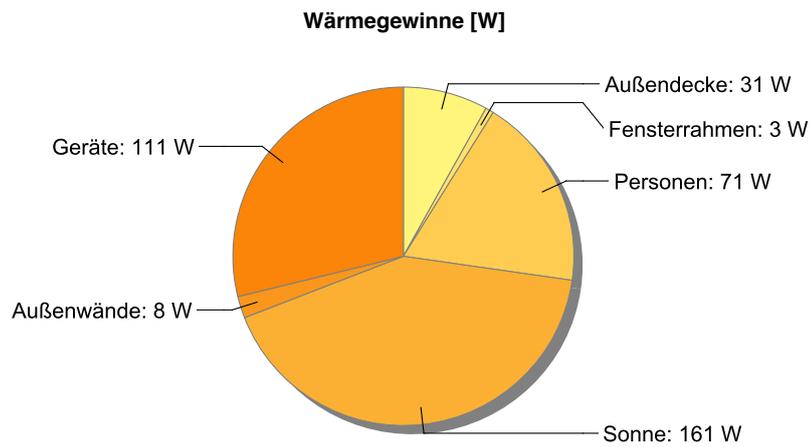
01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,30	0,12	0,12	0,12	0,12
13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
0,12	0,24	0,36	0,36	0,36	0,43	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49

Fensterlüftung:

Öffnung

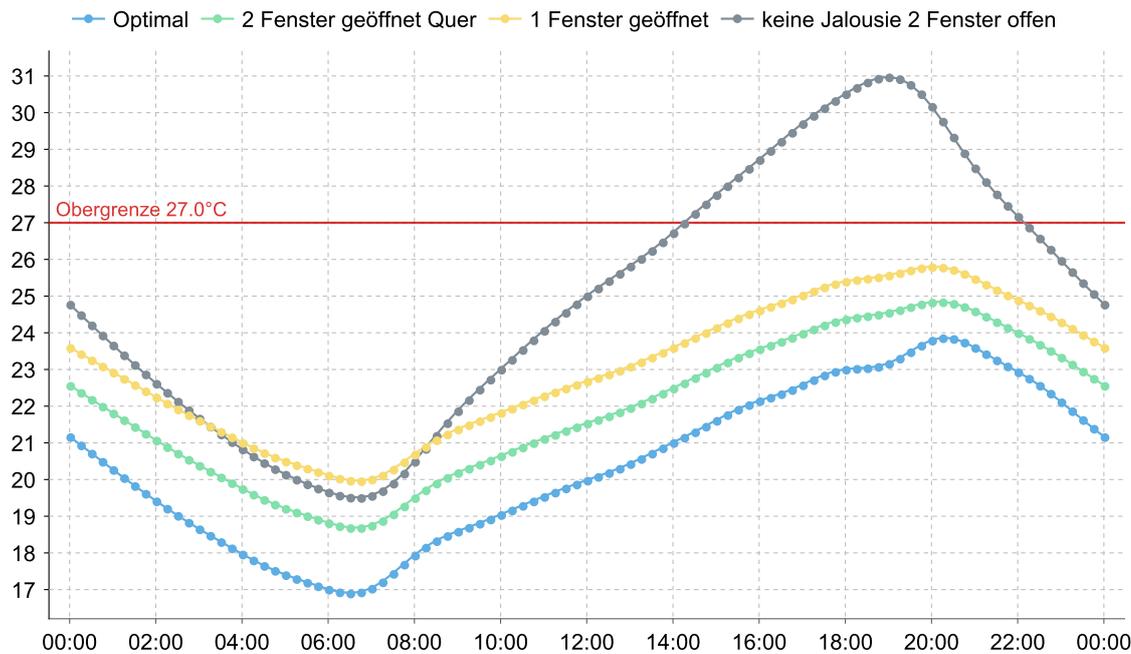
20:00-08:00

Wärmebilanz – Tagesmittelwerte



Anmerkung: Die Summe der Tagesmittelwerte der Wärmegewinne (385 W) entspricht der Summe der Tagesmittelwerte der Wärmeverluste (385 W)

Variantenvergleich / Parameterstudien:



Berechnete Tagesgänge der operativen Temperatur

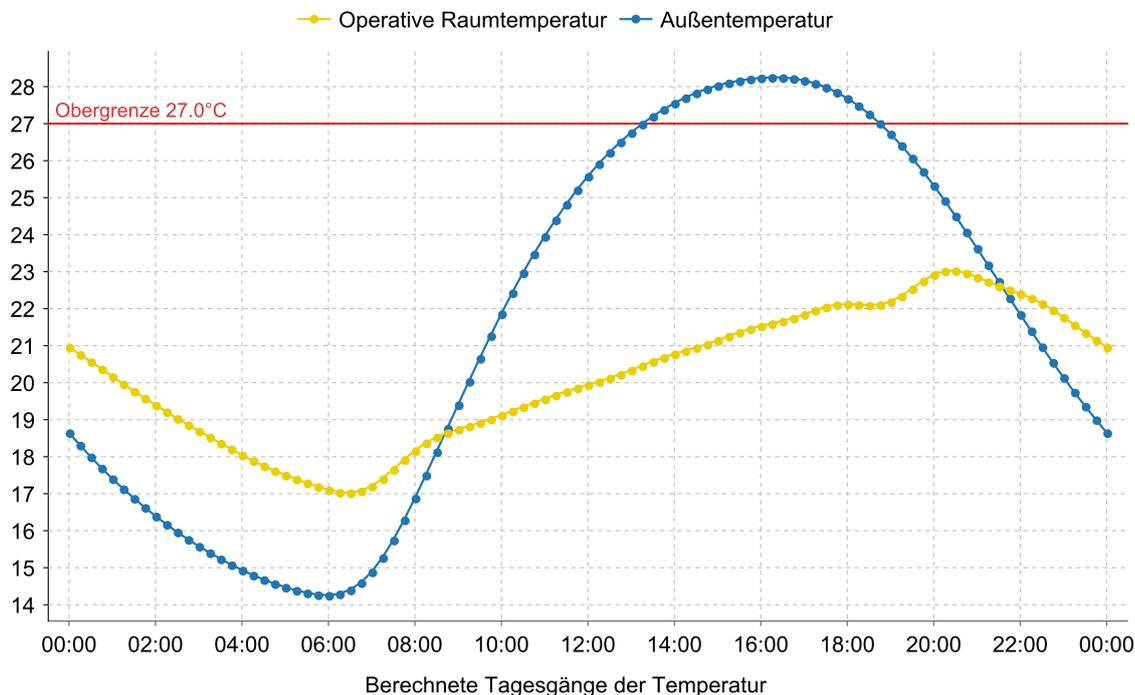
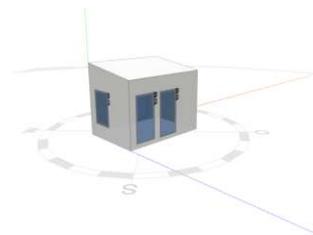
	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
•• Optimal	21,2	20,3	19,4	18,7	18,0	17,4	17,0	17,0	17,9	18,6	19,0	19,5	20,0
•• 2 Fenster geöffnet Quer	22,6	21,8	21,1	20,4	19,8	19,2	18,8	18,8	19,5	20,2	20,7	21,1	21,5
•• 1 Fenster geöffnet	23,6	22,9	22,3	21,6	21,0	20,5	20,1	20,0	20,7	21,4	21,8	22,3	22,7
•• keine Jalousie 2 Fenster offen	24,8	23,7	22,6	21,7	20,8	20,1	19,7	19,6	20,5	21,9	23,0	24,1	25,0

	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	Max
•• Optimal	20,4	21,0	21,6	22,2	22,6	23,0	23,2	23,8	23,6	22,9	22,1	21,2	23,8
•• 2 Fenster geöffnet Quer	22,0	22,5	23,1	23,6	24,0	24,4	24,6	24,8	24,6	24,0	23,3	22,6	24,8
•• 1 Fenster geöffnet	23,1	23,6	24,1	24,6	25,0	25,4	25,6	25,8	25,5	24,9	24,3	23,6	25,8
•• keine Jalousie 2 Fenster offen	25,8	26,7	27,8	28,7	29,7	30,5	31,0	30,2	28,5	27,2	26,0	24,8	31,0

BT B

Thermische, dynamische Raumsimulation
zur Vermeidung der sommerlichen Überwärmung

Fragestellung: operative Temperatur
Zeitzone: mitteleuropäische Sommerzeit (UTC+2)



	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
Operative Raumtemperatur	21,0	20,2	19,4	18,7	18,1	17,5	17,1	17,2	18,2	18,7	19,1	19,6	19,9
Außentemperatur	18,7	17,4	16,4	15,6	14,9	14,5	14,3	14,9	16,9	19,4	21,9	24,0	25,6

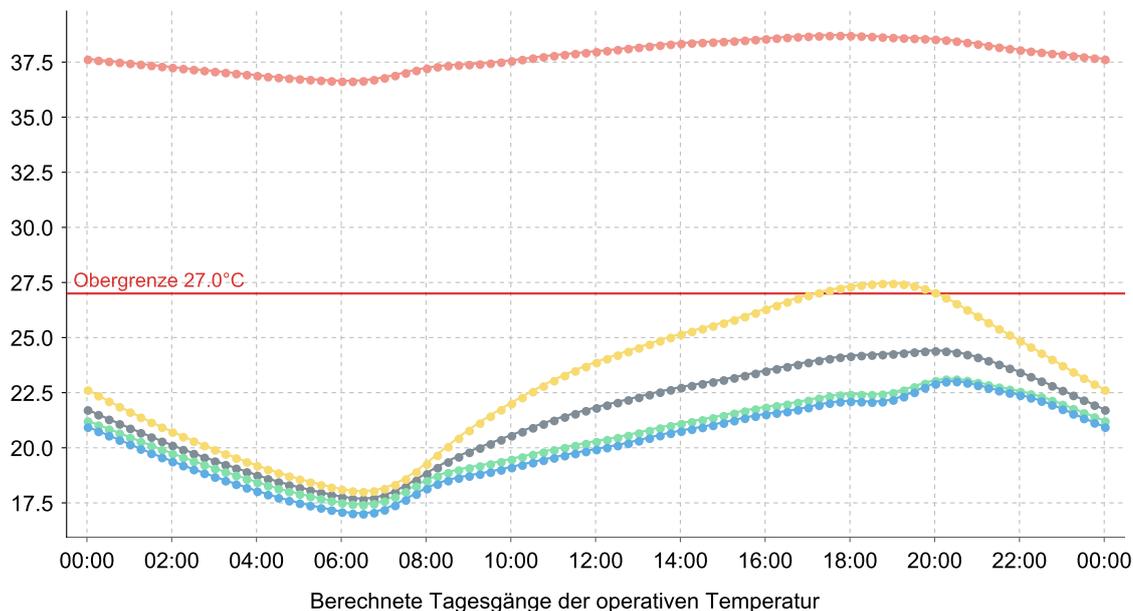
	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	Max
Operative Raumtemperatur	20,3	20,8	21,1	21,5	21,8	22,1	22,2	22,9	22,9	22,4	21,8	21,0	22,9
Außentemperatur	26,8	27,6	28,0	28,2	28,2	27,7	26,7	25,3	23,6	21,8	20,1	18,7	28,2

Validierung: Der Rechenkern von Thesim 3D, das thermisch dynamische Gebäudesimulationsprogramm GEBA V10.0 ist nach ÖNORM EN ISO 13792:2012 Klasse 1 validiert. Die Verschattungsberechnung von Thesim 3D ist nach ÖNORM EN ISO 13791:2012 validiert. Disclaimer: Thesim 3D ist das Ergebnis akademischer Forschung und wird zur Nutzung "as is" zur Verfügung gestellt. Es wird keine Gewährleistung übernommen, insbesondere nicht dafür, dass Thesim 3D für bestimmte Zwecke geeignet ist oder dass die durch die Nutzung von Thesim 3D erzielten Ergebnisse fehlerfrei sind. Schadenersatzansprüche sind ausgeschlossen. Thesim 3D ist urheberrechtlich geschützt, © 2017-2020, Thesim 3D, DDI Dr.techn. J.N.Nackler und Univ.Prof.i.R. DI Dr.techn. K.Krec, Architektur- und Bauforschung GesbR.

Bauteile und Aufbauten analog BT A, hier nicht erneut angeführt

Variantenvergleich / Parameterstudien:

- Optimal
- 1 Fenster geöffnet
- ohne Jalousie
- ohne Jalousie bei Balkonfenster
- ohne Lüftung mit Jalousie



Berechnete Tagesgänge der operativen Temperatur

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
● Optimal	21,0	20,2	19,4	18,7	18,1	17,5	17,1	17,2	18,2	18,7	19,1	19,6	19,9
● 1 Fenster geöffnet	21,2	20,5	19,8	19,1	18,5	17,9	17,5	17,6	18,5	19,1	19,5	19,9	20,3
● ohne Jalousie	22,6	21,6	20,7	19,9	19,2	18,6	18,1	18,2	19,3	20,8	22,0	23,1	23,9
● ohne Jalousie bei Balkonfenster	21,7	20,9	20,1	19,4	18,8	18,2	17,8	17,8	18,8	19,8	20,6	21,3	21,8
● ohne Lüftung mit Jalousie	37,7	37,5	37,3	37,1	36,9	36,8	36,7	36,8	37,2	37,4	37,6	37,8	38,0

	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	Max
● Optimal	20,3	20,8	21,1	21,5	21,8	22,1	22,2	22,9	22,9	22,4	21,8	21,0	22,9
● 1 Fenster geöffnet	20,7	21,1	21,5	21,9	22,2	22,4	22,5	23,1	23,0	22,6	22,0	21,2	23,1
● ohne Jalousie	24,6	25,2	25,7	26,3	26,9	27,3	27,5	27,1	26,0	24,9	23,7	22,6	27,5
● ohne Jalousie bei Balkonfenster	22,3	22,8	23,1	23,5	23,9	24,2	24,3	24,4	24,1	23,4	22,6	21,7	24,4
● ohne Lüftung mit Jalousie	38,2	38,4	38,5	38,6	38,7	38,7	38,6	38,6	38,3	38,1	37,9	37,7	38,7

Anhang C - Baubook Bauteilberechnungen

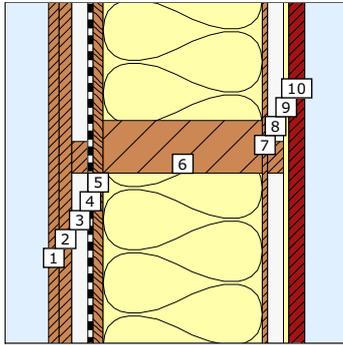
Export der PDF-Berichte der erstellten Bauteile mittels des Baubook Rechners aus "baubook.at"

11. 5. 2023
Alexander Knünz (P26678)

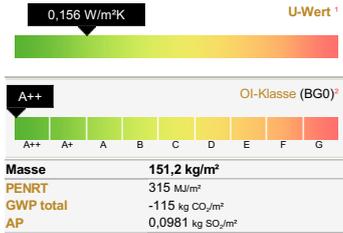


Außenwand mit Fassade

Wand: gegen Außenluft - hinterlüftet (BG0) – IBO-Richtwerte 2020

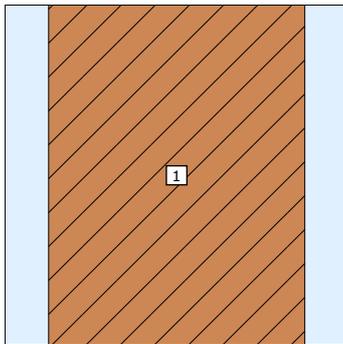


Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1	■	Nutzholz (525 kg/m³ - zB Lärche) - rau, luftgetrocknet	2,00	0,130	0,15	-1
2	■	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rau, luftgetrocknet	2,40	0,120	0,20	-1
3	■	Inhomogen (Elemente horizontal)	3,00			
		56,5 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal 25	3,00	0,176	0,17	0
		6 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rau, luft	3,00	0,120	0,25	0
4	■	Würth Fassadenbahn Wütop Duo Fassade Plus	0,05	0,230	0,00	1
5	■	Binderholz Massivholzplatte 3- oder mehrschichtig verleimt in N	1,90	0,120	0,16	5
6	■	Inhomogen (Elemente horizontal)	30,00			
		62,5 cm (86%) Baustrohballen (109 kg/m³)	30,00	0,051	5,88	-2
		10 cm (14%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rau, lu	30,00	0,120	2,50	-2
7	■	FUNDERMAX Biofaser FunderPlan	0,80	0,180	0,04	4
8	■	Inhomogen (Elemente horizontal)	3,00			
		56,5 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal 25	3,00	0,176	0,17	0
		6 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rau, luft	3,00	0,120	0,25	0
9	■	Schilfdämmplatte (145 kg/m³)	1,00	0,061	0,16	0
10	■	Lehm - Massivlehm 2000 kg/m³	3,00	1,000	0,03	2
			$R_{s,i} / R_{s,e} =$		0,130 / 0,130	
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 1,2%) =		6,471 / 6,322	
Bauteil			47,15	6,396	4	

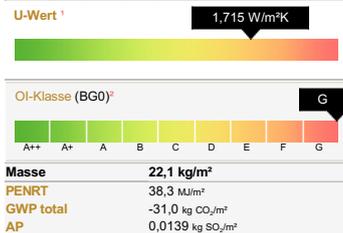


Innentüre

Wand: Trennwand zwischen Wohn oder Betriebseinheiten (BG0) – IBO-Richtwerte 2020

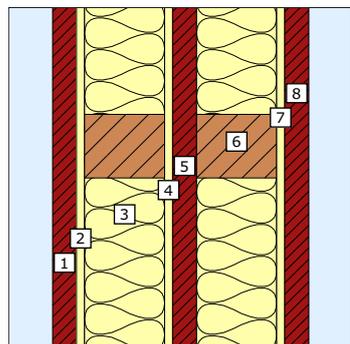


Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1	■	Nutzholz (525 kg/m³ - zB Lärche) - rau, luftgetrocknet	4,20	0,130	0,32	-2
			$R_{s,i} / R_{s,e} =$		0,130 / 0,130	
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		0,583 / 0,583	
Bauteil			4,20	0,583	-2	



Innenwand

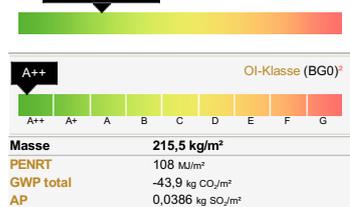
Wand: gegen unbeheizte, frostfrei zu haltende Gebäudeteile (ausgenommen Dachräume) (BG0) – IBO-Richtwerte 2020



Nr.	Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOIB Pkt/m ²
1	Lehm - Massivlehm 2000 kg/m ³	3,00	1,000	0,03	2
2	Schilfdämmplatte (145 kg/m ³)	1,00	0,061	0,16	0
3	Inhomogen (Elemente horizontal) 54,5 cm (87%) Baustrohballen (109 kg/m ³) 8 cm (13%) Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rau, luft	10,00	0,051	1,96	-1
4	Schilfdämmplatte (145 kg/m ³)	1,00	0,061	0,16	0
5	Lehm - Massivlehm 2000 kg/m ³	3,00	1,000	0,03	2
6	Inhomogen (Elemente horizontal) 54,5 cm (87%) Baustrohballen (109 kg/m ³) 8 cm (13%) Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rau, luft	10,00	0,051	1,96	-1
7	Schilfdämmplatte (145 kg/m ³)	1,00	0,061	0,16	0
8	Lehm - Massivlehm 2000 kg/m ³	3,00	1,000	0,03	2
				$R_{si} / R_{se} =$	0,130 / 0,130
				R' / R'' (max. relativer Fehler: 1,0%) =	4,272 / 4,184
Bauteil		32,00		4,228	1

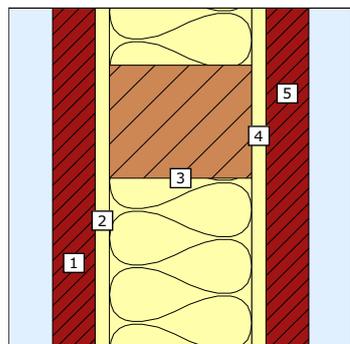
0,237 W/m²K

U-Wert †



Innenwand nichttragend

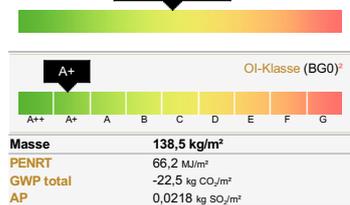
Wand: gegen unbeheizte, frostfrei zu haltende Gebäudeteile (ausgenommen Dachräume) (BG0) – IBO-Richtwerte 2020



Nr.	Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOIB Pkt/m ²
1	Lehm - Massivlehm 2000 kg/m ³	3,00	1,000	0,03	2
2	Schilfdämmplatte (145 kg/m ³)	1,00	0,061	0,16	0
3	Inhomogen (Elemente horizontal) 54,5 cm (87%) Baustrohballen (109 kg/m ³) 8 cm (13%) Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rau, luft	10,00	0,051	1,96	-1
4	Schilfdämmplatte (145 kg/m ³)	1,00	0,061	0,16	0
5	Lehm - Massivlehm 2000 kg/m ³	3,00	1,000	0,03	2
				$R_{si} / R_{se} =$	0,130 / 0,130
				R' / R'' (max. relativer Fehler: 1,2%) =	2,377 / 2,319
Bauteil		18,00		2,348	1

0,426 W/m²K

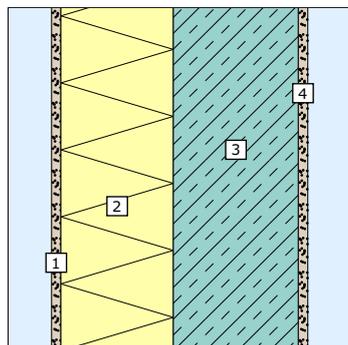
U-Wert †



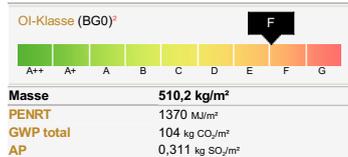
11. 5. 2023
Alexander Knüenz (P26678)



Vgl. STB Aussenwand Verputzt



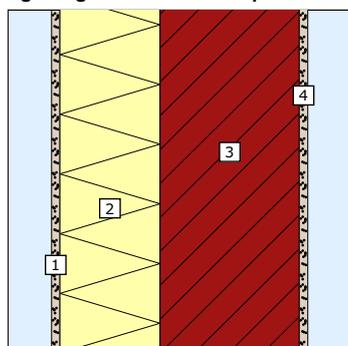
0,158 W/m²K U-Wert¹



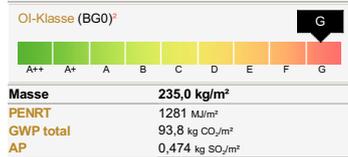
Wand: gegen Außenluft - nicht hinterlüftet (BG0) – IBO-Richtwerte 2020

Nr.	Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1	Sto-Isopollit K	1,50	0,700	0,02	24
2	FLAPORplus DUO S 030 Fassadendämmplatte EPS-F	18,00	0,030	6,00	18
3	Normalbeton mit Bewehrung 1 % (2300 kg/m³)	20,00	2,300	0,09	61
4	Synthesa Capatect MK-Uniputz	1,50	0,350	0,04	2
		$R_{si} / R_{se} =$		0,130 / 0,040	
		R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		6,321 / 6,321	
Bauteil		41,00	6,321	104	

Vgl. Ziegel Außenwand Verputzt



0,174 W/m²K U-Wert¹

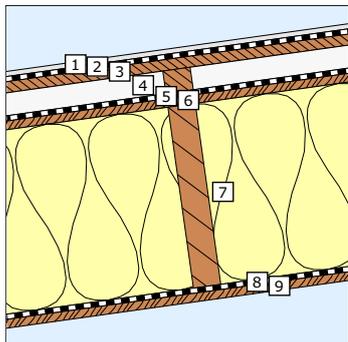


Wand: gegen Außenluft - nicht hinterlüftet (BG0) – IBO-Richtwerte 2020

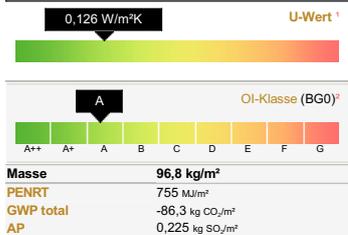
Nr.	Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1	Sto-Isopollit K	1,50	0,700	0,02	24
2	KI Putzträgerplatte FKD C1	18,00	0,039	4,62	65
3	Hochlochziegel < 17 cm + Normalmauermörtel (650 kg/m³)	25,00	0,280	0,89	31
4	Synthesa Capatect MK-Uniputz	1,50	0,350	0,04	2
		$R_{si} / R_{se} =$		0,130 / 0,040	
		R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		5,743 / 5,743	
Bauteil		46,00	5,743	122	

Blechdach

Decke, Dach, 8°: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - hinterlüftet - Wärmestrom nach oben (BG0) – IBO-Richtwerte 2020

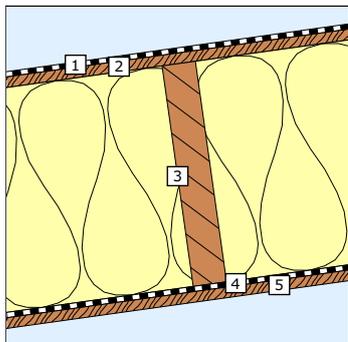


Nr.	Typ Schicht	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOIB Pkt/m²
1	Edelstahl	0,05	30,000	0,00	23
2	Trennlage Wütop Metall SK	0,88	0,220	0,04	12
3	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, luftgetrocknet	2,40	0,120	0,20	-1
4	Inhomogen (Elemente quer bzw. parallel zur Traufe)	5,00			
	56,5 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal	45	5,00	0,278	0
	6 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, luft		5,00	0,120	0,42
5	Unterdeck- und Unterspannbahn Wütop 170 SK	0,10	0,220	0,00	1
6	Binderholz Massivholzplatte 3- oder mehrschichtig verleimt in H	1,90	0,120	0,16	5
7	Inhomogen (Elemente quer bzw. parallel zur Traufe)	40,00			
	55 cm (90%) Baustrohballen (109 kg/m³)		40,00	0,051	7,84
	6 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, luft		40,00	0,120	3,33
8	Würth Dampfbremse Wütop DB 10	0,05	0,230	0,00	1
9	Binderholz Massivholzplatte 3- oder mehrschichtig verleimt in H	1,90	0,120	0,16	5
		$R_{is} / R_{se} =$		0,100 / 0,100	
		R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,7%) =		7,982 / 7,873	
Bauteil		52,28	7,928	41	

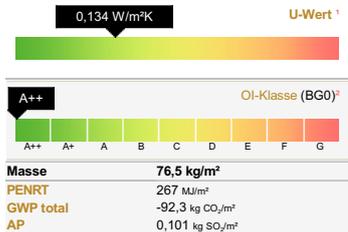


Dachelemente

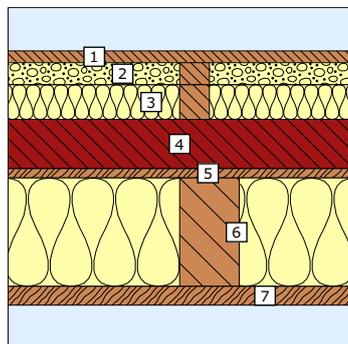
Decke, Dach, 8°: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - hinterlüftet - Wärmestrom nach oben (BG0) – IBO-Richtwerte 2020



Nr.	Typ Schicht	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOIB Pkt/m²
1	Unterdeck- und Unterspannbahn Wütop 170 SK	0,10	0,220	0,00	1
2	Binderholz Massivholzplatte 3- oder mehrschichtig verleimt in H	1,90	0,120	0,16	5
3	Inhomogen (Elemente quer bzw. parallel zur Traufe)	40,00			
	55 cm (90%) Baustrohballen (109 kg/m³)		40,00	0,051	7,84
	6 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, luft		40,00	0,120	3,33
4	Würth Dampfbremse Wütop DB 10	0,05	0,230	0,00	1
5	Binderholz Massivholzplatte 3- oder mehrschichtig verleimt in H	1,90	0,120	0,16	5
		$R_{is} / R_{se} =$		0,100 / 0,100	
		R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,4%) =		7,503 / 7,445	
Bauteil		43,95	7,474	7	

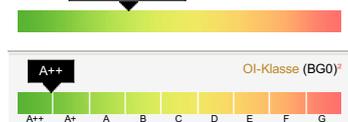


Geschossdecke **Decke, Dach:** Decke gegen getrennte u. beheizte Wohn- und Betriebseinheiten - Wärmestrom nach oben (BG0) – IBO-Richtwerte 2020



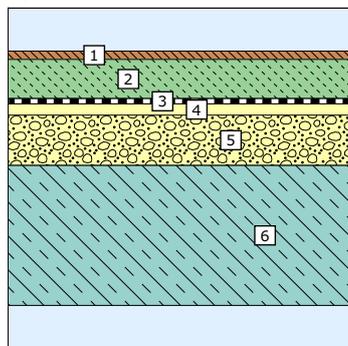
Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 m²K/W Pkt/m²
1	■	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rau, luftgetrocknet	2,40	0,120	0,20	-1
2	■	Inhomogen (Elemente quer bzw. parallel zur Traufe) 56,5 cm (90%) Blähton-Trockenschüttung (275 kg/m³) 6 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rau, luft	4,50	0,100	0,45	3
3	■	Inhomogen (Elemente quer bzw. parallel zur Traufe) 56,5 cm (90%) Baustrohballen (109 kg/m³) 6 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rau, luft	7,00	0,051	1,37	0
4	■	Lehm - Massivlehm 2000 kg/m³	10,00	1,000	0,10	5
5	■	Massivholzplatten (3-Schicht, 5-Schicht), Fichte/Tanne (475 kg)	1,90	0,120	0,16	5
6	■	Inhomogen (Elemente quer bzw. parallel zur Traufe) 55 cm (82%) Baustrohballen (109 kg/m³) 12 cm (18%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rau, lu	22,00	0,051	4,31	-1
7	■	Massivholzplatten (3-Schicht, 5-Schicht), Fichte/Tanne (475 kg)	3,80	0,120	0,32	9
			$R_{si} / R_{se} =$		0,100 / 0,100	
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 2,3%) =		6,390 / 6,104	
Bauteil			51,60	6,247	17	

0,160 W/m²K U-Wert †



Masse	300,2 kg/m²
PENRT	437 MJ/m²
GWP total	-103 kg CO₂/m²
AP	0,151 kg SO₂/m²

Vgl Betondecke **Decke, Dach:** Decke gegen getrennte u. beheizte Wohn- und Betriebseinheiten - Wärmestrom nach oben (BG0) – IBO-Richtwerte 2020



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 m²K/W Pkt/m²
1	■	Massivparkett	1,50	0,160	0,09	6
2	■	Baunit Estriche	7,00	1,400	0,05	16
3	■	PE-Folie (BACHL PE-Dampfbremsfolie Klasse F, nicht B2, 10l)	0,01	0,500	0,00	0
4	■	ISOVER Trittschall-Dämmplatte T TDPT	2,00	0,033	0,61	8
5	■	BACHL ES-Perlit	9,00	0,052	1,73	3
6	■	Stahlbeton 100 kg/m³ Armierungsstahl (1,25 Vol.%)	25,00	2,300	0,11	87
			$R_{si} / R_{se} =$		0,100 / 0,100	
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		2,789 / 2,789	
Bauteil			44,51	2,789	120	

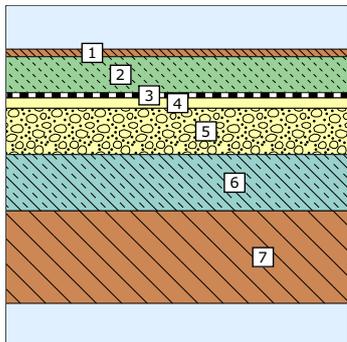
U-Wert † 0,358 W/m²K



Masse	742,6 kg/m²
PENRT	1469 MJ/m²
GWP total	118 kg CO₂/m²
AP	0,383 kg SO₂/m²

Vgl Holz-Beton Verbunddecke

Decke, Dach: Decke gegen getrennte u. beheizte Wohn- und Betriebseinheiten - Wärmestrom nach oben (BG0) – IBO-Richtwerte 2020

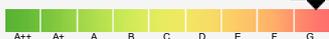


Nr.	Typ Schicht	d cm	λ W/mK	R m²KW	ΔOIB Pkt/m²
1	Massivparkett	1,50	0,160	0,09	6
2	Baunit Estriche	7,00	1,400	0,05	16
3	PE-Folie (BACHL PE-Dampfbremsfolie Klasse F, nicht B2, 10l)	0,01	0,500	0,00	0
4	ISOVER Trittschal-Dämmplatte T TDPT	2,00	0,033	0,61	8
5	BACHL ES-Perlit	9,00	0,052	1,73	3
6	Stahlbeton 100 kg/m³ Armierungsstahl (1,25 Vol.%)	11,00	2,300	0,05	38
7	MM masterline (Brettschichtholz) Fichte	18,00	0,120	1,50	30
		$R_{s1} / R_{s2} =$		0,100 / 0,100	
		R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		4,229 / 4,229	
Bauteil		48,51	4,229	101	

0,236 W/m²K U-Wert †



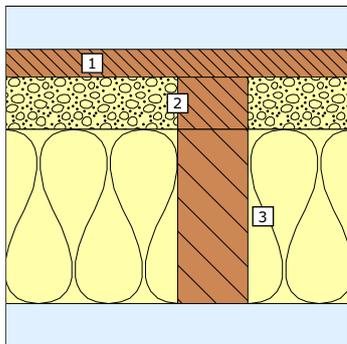
OI-Klasse (BG0) †



Masse	502,6 kg/m³
PENRT	1522 MJ/m²
GWP total	-45,2 kg CO₂/m²
AP	0,437 kg SO₂/m²

Aufbau Fußboden EG

Boden: erdberührt - Wärmestrom nach unten (BG0) – IBO-Richtwerte 2020



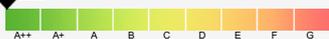
Nr.	Typ Schicht	d cm	λ W/mK	R m²KW	ΔOIB Pkt/m²
1	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, luftgetrocknet	2,40	0,120	0,20	-1
2	Inhomogen (Elemente quer)	4,50			
	56,5 cm (90%) Blähton-Trockenschüttung (275 kg/m³)	4,50	0,100	0,45	3
	6 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, luft	4,50	0,120	0,38	0
3	Inhomogen (Elemente quer)	15,00			
	56,5 cm (90%) Baustrohballen (109 kg/m³)	15,00	0,051	2,94	-1
	6 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, luft	15,00	0,120	1,25	-1
		$R_{s1} / R_{s2} =$		0,170 / 0,000	
		R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,8%) =		3,467 / 3,415	
Bauteil		21,90	3,441	0	

0,291 W/m²K U-Wert †



A++

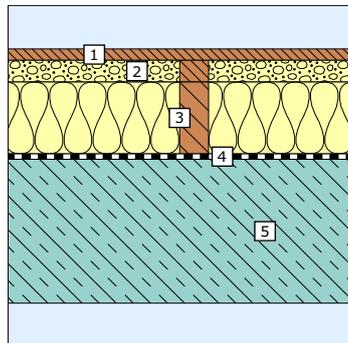
OI-Klasse (BG0) †



Masse	46,3 kg/m³
PENRT	78,0 MJ/m²
GWP total	-44,4 kg CO₂/m²
AP	0,0389 kg SO₂/m²

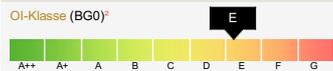
FB Erdberührt

Boden: erdberührt - Wärmestrom nach unten (BG0) – IBO-Richtwerte 2020



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pk/m²
1	■	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, luftgetrocknet	2,40	0,120	0,20	-1
2	■	Inhomogen (Elemente quer)	4,50			
		56,5 cm (90%) Blähton-Trockenschüttung (275 kg/m³)	4,50	0,100	0,45	3
		6 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, luft	4,50	0,120	0,38	0
3	■	Inhomogen (Elemente quer)	15,00			
		56,5 cm (90%) Baustrohballen (109 kg/m³)	15,00	0,051	2,94	-1
		6 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, luft	15,00	0,120	1,25	-1
4	■	Bauder Elastomerbitumenbahn E-KV-5 feinbestreut	0,50	0,170	0,03	13
5	■	Stahlbeton 100 kg/m³ Armierungsstahl (1,25 Vol.%)	30,00	2,300	0,13	104
			$R_{si} / R_{se} =$			
			0,170 / 0,000			
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,8%) =			
			3,635 / 3,574			
Bauteil			52,40	3,605	117	

0,277 W/m²K U-Wert¹



Masse	749,5 kg/m²
PENRT	1558 MJ/m²
GWP total	83,2 kg CO ₂ /m²
AP	0,386 kg SO ₂ /m²

¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. ² Für die OI-Klasse wird neben den ökologischen Kennzahlen auch der U-Wert des Bauteils berücksichtigt