

LEHM

im Holzsystem

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.

Hybridlösungen für nachhaltiges Bauen in der Stadt

Marten Wolbert

Diplomarbeit

Diplomarbeit:

LEHM im Holzsystem

Hybridlösungen für nachhaltiges Bauen in der Stadt

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

unter der Leitung:

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.phil. Andrea Rieger-Jandl

E251-01 - Institut für Kunstgeschichte, Bauforschung und Denkmalpflege
Fachbereich Baugeschichte und Bauforschung

eingereicht an der Technischen Universität Wien

von

Marten Wolbert, 12030175

Wien, 27.05.2024



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

Abstract

DE

Die vorliegende Diplomarbeit untersucht die Maximierung des Einsatzes von Lehm im Geschosswohnungsbau, um ökologisch nachhaltiges Bauen zu fördern. Ziel der Arbeit ist es, ressourcenintensive Baustoffe durch nachhaltige und rückführbare Lehmbauprodukte sowie weitere nachwachsende Rohstoffe zu ersetzen und damit den ökologischen Fußabdruck des Bauwesens zu verringern.

Die zentralen Forschungsfragen lauten: Wie können ressourcenintensive Baustoffe durch nachhaltige Lehmbauprodukte ersetzt werden, und in welchen Bereichen kann Lehm als Ersatzbaustoff in einem konkreten Entwurf verwendet werden? Um diese Fragen zu beantworten, wurde ein Expertinnen-Interview mit einem Architekturbüro durchgeführt, das im Wohnbau erfahren ist und den Grundlagenentwurf für das Projekt geliefert hat.

Als Grundlage dieser Arbeit diente ein Wohn- und Geschäftshaus in einem Stadtentwicklungsgebiet, das in einem Lehm-Holz-System neu gedacht wurde. Dieser Entwurf dient als alternative Lösung zu dem bereits gebauten Projekt mit Beton-Sandwichpaneelen. Durch die Analyse der Grundrisse und die Recherche zu Bauprodukten wurden mithilfe einfacher Bewertungstools Bauteile erstellt und ökologisch bewertet. Der Entwurf greift auf bestehende

Vorteile im Holzsystembau zurück, insbesondere im Hinblick auf Vorfertigung und Ressourceneffizienz, und entwickelt ein System, das auf den Wohnbau skalierbar ist. Zudem werden Leitdetails in der Lehm-Holz-Kombination weiterentwickelt.

Die Schlussfolgerungen dieser Arbeit demonstrieren exemplarisch, wie Lehm als nachhaltiger Baustoff in der Praxis angewendet werden kann. Der dargestellte Entwurf und die Leitdetails verdeutlichen, dass Lehm in Kombination mit dem Holzsystembau eine vielversprechende Alternative zu konventionellen Baustoffen darstellt und signifikante ökologische Vorteile bietet.

EN

This diploma thesis examines the maximization of the use of clay building products in multi-story residential buildings in order to promote ecologically sustainable construction.

Aim of the thesis is to replace resource-intensive building materials with sustainable and recyclable clay building products and other renewable materials, thereby reducing the ecological footprint of the construction industry.

In the following the main research questions:

How can resource-intensive building materials be replaced by sustainable clay building products? In which areas can clay be used as a substitute building material in a specific building design?

To answer these questions, an expert interview was conducted with an architectural firm experienced in residential building constructions and which provided the basic design for the project.

Basis of this thesis is a residential and commercial building in an urban development area rethought by using a clay-wood system.

This design is intended to show an alternative solution to the already existing project built with concrete sandwich panels. By analyzing the floor plans and researching building products, components were created and ecologically evaluated using simple assessment tools.

The design uses existing advantages of

timber system construction, particularly with regard to prefabrication and resource efficiency, and develops a system scalable to residential construction. In addition, key details in the clay-wood combination are further developed.

The conclusions of this thesis demonstrate in an exemplary manner how in practice clay can be used as a sustainable building material.

The presented design and the key details make clear that clay combined with timber system constructions represents a promising alternative to conventional building materials and that it offers significant ecological advantages.

Inhaltsverzeichnis

Abstract

Einleitung
Fragestellung | Methoden

1	Der Lehmbau	
1.1	Der Rohstoff Lehm	18
1.2	Zusammensetzung und Vorkommen	22
1.3	Lehmbaumstoffe	26
	Stampflehm	
	Wellerlehm	
	Stroh- & Faserlehm	
	Leichtlehm	
	Lehmschüttungen	
	Lehmsteine	
	Lehmbauplatten	
	Lehmputze	
	Lehmmörtel	
1.4	Das aktuelle Bauprodukt	36
2	Exkurse	
2.1	Nachhaltigkeit	42
	SDGs	
	ökonomische Dimension	
	ökologische Dimension	
	soziokulturelle Dimension	
2.2	Holzbau	46
	Holzsystembau	
	Vorfertigung	
	Holzskelettbau	
	Holztafelbau	
	Brettsperrholz	
2.3	Schutzfunktionen- und maßnahmen	56
	Brandschutz	
	Schallschutz	
	Sommerlicher und winterlicher Wärmeschutz	
	konstruktiver Feuchteschutz	
	Holzfassaden	

3	Grundlagenentwurf	
3.1	Planungsgrundlagen	66
3.2	Das Gespräch:	68
	Das Büro	
	Nachhaltigkeit und Konstruktion	
	Planungsgrundlagen	
	Stadtelefant	
	Ausblick	
	kurz gefasst_	
3.3	Der Stadtelefant	84
	Grundrissstruktur	
	Arbeiten	
	Wohnen	
	Konstruktion	
3.4	Analyse	96
4	Bauteilkatalog	
4.1	Ökobilanzierung	102
	013- baubook	
4.2	Ökologischer Bauteilvergleich	104
	Dämmstoffe	
	Tragende Grundbaustoffe	
	Innenwände Trennwände	
	Wohnungs- und Bürotrennwände	
	Außenwände	
	horizontale Element	
	Deckenaufbauten	
	Dachaufbauten	
4.3	Bauteileinordnung	128

Entwurf

5 LEHM im Holzsystem

5.1 Verortung	136
Stadtentwicklung Wien Sonnenwendviertel Lageplan	
5.2 Entwurf	142
Grundrisse Schnitte Ansichten	
5.3 Struktur	158
Primärstruktur Raster und Austeifung Fügung Vorfertigung Fassadenansicht Fassadenschnitt	
5.4 Leitdetails	172
Innenwände Deckenaufbau	
 Das Außenwandelement	
 Sockelanschluss Vordachanschluss Balkonanschluss Geschossübergang Dachaufbau	

Epilog | Ausblick

194

Anhang

205

Literaturverzeichnis
Richtlinien und Normen
Datenbanken | Allgemeine Ressourcen
Hersteller, Produktkataloge, Datenblätter
Abbildungsverzeichnis

Einleitung

Lehm im Holzsystem -Wie können wir mit Lehm in der Stadt bauen? Nachhaltige Lösungen mit Lehm für die wachsende Wohnungsnot und Ressourcenknappheit

Die Schlagzeilen sind geprägt von einem dringenden Bedarf an Wohnraum: Bis 2030 strebt die Bundesrepublik Deutschland an, die Treibhausgasemissionen um 65 Prozent im Vergleich zu 1990 zu reduzieren. Gleichzeitig trägt der Gebäudesektor mit 40 Prozent zu den globalen CO₂-Emissionen bei. Die bestehende Wohnungsnot in Mitteleuropas Städten zwingt die aktuelle Regierung Deutschlands dazu, jährlich 400.000 neue Wohnungen zu bauen.¹ Auch die Stadt Wien meldet 2023 das Überschreiten der Zwei-Millionen-Einwohner-Marke und prognostiziert weiteres Bevölkerungswachstum.² Diese Entwicklungen verdeutlichen, dass trotz demografischen Wandels und Rückgang der Bevölkerungszahlen die Nachfrage nach gebautem Raum weiterhin besteht. Der anhaltende Zuzug in die mitteleuropäischen städtischen Zentren verstärkt die Wohnungsnot und stellt die Bauindustrie vor die Herausforderung, den steigenden Bedarf an Wohn- und Arbeitsraum zu decken. Gleichzeitig steht diese Dringlichkeit im Widerspruch zu ökologischen Bedenken, da der Bauboom den Ressourcenverbrauch erhöht und somit in Zukunft das Abfallaufkommen erhöht und einen erheb-

lichen CO₂-Fußabdruck hinterlässt. Unter diesen Voraussetzungen gilt es Antworten auf den Konflikt der Klimakrise, Ressourcenknappheit und mangelnden Wohnraum zu finden.

Wie können wir unter diesen Bedingungen auf eine Bau- und Materialwende hinarbeiten? Welche Rolle kann der Baustoff Lehm als vollständig recycelbarer Baustoff dabei spielen und welche positiven Auswirkungen kann er haben? Wie können aber auch baustatische und bauphysikalische Schwächen dieses Baustoffes durch eine Kombination in Hybridbauweise mit Holz ausgeglichen werden?

Diese Diplomarbeit versucht mit der Entwurfsaufgabe eine vorausschauende Planung unter Einbeziehung der Ökobilanzen und logistischer Bauaspekte zu gewährleisten. Bei Betrachtung aller Dimensionen der Nachhaltigkeit soll der Lehmbau mit nachwachsenden Rohstoffen eine Antwort geben.

¹ vgl. Bundesregierung, 2022

² vgl. wien.gv, Bevölkerungsprognose

FRAGESTELLUNG

Im Mittelpunkt dieser Diplomarbeit steht die Etablierung des Lehms als herausragender Baustoff in der Baubranche der Zukunft.

Wie kann dieser Baustoff im urbanen Umfeld Mitteleuropas eingeführt und in Zukunft positioniert werden? Besonderes Augenmerk liegt auf der Integration bereits industriell gefertigter Lehmbauprodukte und aktueller Forschungsentwicklungen: Wie kann bereits heute mit Lehm gebaut werden? Dabei soll auch die Verwendung von Holz als potenzieller Hybridbaustoff betrachtet werden. Welche Anforderungen müssen diese Baustoffe erfüllen und welche erfüllen sie bereits?

Im Rahmen der Diplomarbeit wird der Entwurf des etablierten Wiener Architekturbüros Franz&Sue analysiert, der eine baukonstruktive, ökologische Neukonzeption eines klassischen Wohn- und Geschäftshauses anstrebt. Parallel dazu wird ein Bauteilvergleich mit Schwerpunkt auf den Oekoindex-OI3, die Kreislauffähigkeit und Konstruktion erstellt.

In dieser Arbeit wird der aktuelle Stand der Technik, der Wissenschaft und der Forschung vorgestellt und diskutiert. Durch die Darstellung der konkreten Planungsaufgabe in Wien wird veranschaulicht, wie der Lehm in den kommenden Jahren insbesondere den ressourcenintensiven und klimaschädli-

chen Stahlbetonbau und die verklebten, nicht trennbaren, und energieintensiven Verbundbaustoffe ersetzen und somit auf eine Bauwende hingearbeitet werden kann.

Der abschließend konzipierte alternative Entwurf mit Leitdetails, begleitet von einem schematischen Bauteilvergleich als Planungsleitfaden mit Einordnung des OI3-Indexes einzelner Bauteile, soll einen exemplarischen Lösungsansatz und Antworten auf folgende Forschungsfragen liefern:

- 1. Wie können ressourcenintensive Baustoffe durch nachhaltige und rückführbare Lehmbauprodukte und weitere nachwachsende Rohstoffe ersetzt werden, um den ökologischen Fußabdruck des Bauwesens zu verringern?**
- 2. In welchen Bereichen kann Lehm in einem konkreten Entwurf beispielhaft als Ersatzbaustoff verwendet werden? Wie kann sein Einsatz in der Bauplanung maximiert und optimiert werden?**

METHODEN

Die angewandte Methodik basiert auf einem ganzheitlichen Ansatz, der eine präzise Einführung in Baustile und -techniken im Lehm- und Holzbaubereich sowie die Klärung von Begriffsdefinitionen und grundlegendem Wissen im Bereich des Holzbaus und nachhaltigen Bauens einschließt.

Als Grundlage dieser Diplomarbeit dient der vorhandene Entwurf des Wiener Quartiershauses „Stadtelefant“, ein Gebäude mit Wohn- und Geschäftseinheiten des renommierten Architekturbüros Franz&Sue. Durch eine Analyse dieses Entwurfs wird untersucht, welche Bauteile und Baustoffe durch Lehm- und Holzbaustoffe ersetzt werden können und welche neuen Aufbauten sich daraus ergeben. Parallel dazu wird ein Katalog mit Bauteilaufbauten aus Lehm-Holz-Hybrid-Konstruktionen erstellt und die ökologische Qualität sowie die Einsatzmöglichkeiten dieser Aufbauten mit dem gebauten Quartiershaus verglichen und bewertet.

Durch ein umfassendes journalistisches Interview mit dem verantwortlichen Architekturbüro wird die Grundkonzeption des Entwurfs erörtert, konstruktive Entscheidungen werden analysiert, und potenzielle Hürden und Herausforderungen im Zusammenhang mit der Verwendung nachhaltiger Materialien wie Lehm- und Holzbaustoffen als alternative Baustoffe werden identifiziert.

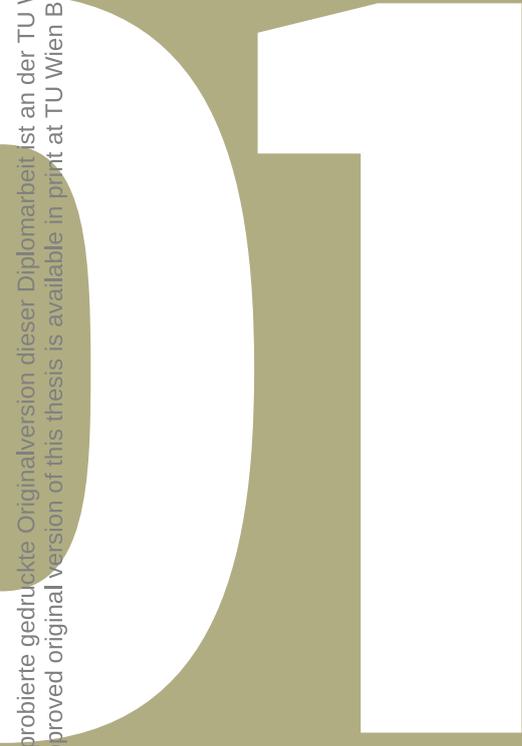
Diese Arbeit beabsichtigt, eine breite Palette bereits verfügbarer Lehm- und Holzbauprodukte, aktueller Techniken, Forschungsstände sowie -ansätze aus aktuellen Publikationen und teilweise historischen Techniken aufzuzeigen. Dabei werden bauphysikalische Vorteile hervorgehoben, und es wird versucht, Lösungsansätze für planerische und logistische Herausforderungen zu finden.

Ebenso wird die stoffliche Abhängigkeit der Primär- von der Sekundärkonstruktion angerissen, wodurch die Kombinierbarkeit von Lehm mit anderen Baustoffen, beispielsweise in Holzhybridkombinationen, betrachtet wird.

Durch Literaturrecherche und das Interview mit dem Architekturbüro werden die verschiedenen Parameter für den Bauteilkatalog festgelegt. Anhand eines gebauten Objekts wird analysiert, inwieweit der Anteil vollständig recycelbarer Lehm- und Holzbaustoffe maximiert werden kann, und wie sich dies auf die Primär- und Sekundärstruktur sowie auf Entwürfe in der Zukunft auswirken kann.

Der auf dem erstellten Bauteilkatalog basierende Alternativentwurf stellt einen Vergleich zu einem konventionell geplanten und gebauten Gebäude dar und integriert die gewonnenen Erkenntnisse.

Aus dem Vergleich und abschließenden Entwurf wird erkenntlich inwieweit der Anteil von Lehmstoffen aktuell maximiert werden kann und sich dieses auf die Primär- und Sekundärkonstruktion in der Planung auswirkt.



Der Lehmbau

1.1. Der Rohstoff Lehm	18
1.2. Zusammensetzung und Vorkommen Vorkommen in Mitteleuropa	20
1.3. Lehmstoffe Stampflehm Wellerlehm Stroh- & Faserlehm Leichtlehm Lehmschüttungen Lehmputze und -mörtel	26
1.4. Lehm als aktuelles Bauprodukt	36

011

Der Rohstoff Lehm

Lehm ist eine aus Sand, Schluff und gegebenenfalls Kies durch Verwitterung von Gesteinsschichten entstehende natürliche Mischung, wobei die genaue Zusammensetzung je nach geografischer Lage und geologischen Bedingungen variiert. Sand verleiht dem Lehm Stabilität und verbessert die Druckfestigkeit, während Schluff für Kompaktheit und Festigkeit sorgt. Ton als Bindemittel in diesem Gemisch wiederum verleiht dem Lehm seine plastischen Eigenschaften und ermöglicht die Formbarkeit.

Diese einzigartige Kombination von Bestandteilen macht Lehm zu einem vielseitigen Baumaterial, das seit Jahrtausenden in verschiedenen Kulturen und in verschiedensten Bauformen und Kombinationen abhängig vom Vorkommen verwendet wird.³

Lehm ist weltweit verbreitet und findet sich in verschiedenen geologischen Formationen. In Österreich und Mitteleuropa ist Lehm in den vergangenen Jahrhunderten in Vergessenheit geraten und erlebt in den letzten Jahrzehnten eine Renaissance.⁴ Generell ist er insbesondere in Flussniederungen, Auenlandschaften sowie in Gebieten mit ehemaligen Gletscherablagerungen anzutreffen.⁵

⁴ db-online 03.2007

⁵ Schroeder 2019
S.62

³ vgl. Schroeder 2019
S.2

⁶ geschichtewiki.wien.gv
Ziegeleien

⁷ vgl. Kammel 2011

⁸ Vgl. Schroeder 2019
S.449/ S.548

Daher ist er auch im Wiener Großraum besonders verbreitet. In seiner traditionellen Ausformulierung ist Lehm im Weinviertel und Burgenland zum Beispiel spätestens durch die Kellergassen und die lokalen Lehmgruben erkennbar.⁶

Die hohe Verfügbarkeit von Lehm in diesen Regionen macht ihn zu einem lokalen Baumaterial, das historisch und kulturell in der Bautradition nicht wegzudenken ist. Aber auch Wien und seine urbane Entwicklung sind und standen immer in Abhängigkeit zum Bauen mit Lehm. Denn ohne den gebrannten Ziegel, welcher aus Lehm besteht und bis heute noch am Wienerberg produziert wird, hätten die Stadterweiterungen im Ausmaß des 19. Jahrhunderts nicht stattfinden können.⁷

Ungebrannter Lehm hingegen weist eine Reihe von bauphysikalischen Vorteilen auf, die ihn zu einem attraktiven Baustoff machen.

Zum einen hat Lehm die Fähigkeit, Feuchtigkeit aus der Luft aufzunehmen und bei Bedarf wieder abzugeben, was zu einem ausgeglichenen und angenehmen Raumklima führt. Diese natürliche Feuchtigkeitsregulierung trägt zur Vermeidung von Schimmelbildung und zur Verbesserung der Luftqualität bei.

Darüber hinaus besitzt Lehm eine hohe Wärmespeicherkapazität. Das bedeutet, dass Lehm Wärme effizient speichern und langsam wieder abgeben kann. Dies wiederum führt zu einem stabilen Raumklima und reduziert den Bedarf an zusätz-

licher Heizung oder Kühlung, was folglich Energie einspart.

Der Lehmbau bietet eine Vielzahl von Vorteilen im Hinblick auf Nachhaltigkeit und ökologischen Fußabdruck.

Erstens ist Lehm als Baumaterial fast überall verfügbar (s. Abb. Lehmbauten in Europa S.25), was seine Beschaffung und Verarbeitung im Vergleich zu anderen Baumaterialien erleichtert. Dies reduziert den Transportaufwand und die Umweltbelastung durch lange Lieferketten. Zweitens hat die Herstellung von Lehm einen vergleichsweise geringen ökologischen Fußabdruck (bessere Ökobilanz), da im Vergleich zu energieintensiven Materialien wie Zement oder Stahl (Stahlbeton) wesentlich weniger Energie für die Produktion benötigt wird.

Darüber hinaus können Lehmbauten durch ihre lange Lebensdauer und die Möglichkeit zur Wiederverwendung und Recycling von Baumaterialien zu einer geschlossenen Kreislaufwirtschaft (Abb. rechts: Stoffkreislauf Lehm) beitragen, was die Ressourcennutzung optimiert und Abfall reduziert.⁸

Insgesamt bietet Lehm als Baumaterial eine nachhaltige und umweltfreundliche Alternative im Bauwesen, die durch ihre Verfügbarkeit, ihre bauphysikalischen Eigenschaften und ihre ökologischen Vorteile dazu beiträgt, die Herausforderungen des modernen Bauens anzugehen.



Abb.: Kreislauf von Lehmstoffen

01.2

Zusammensetzung und Vorkommen

Lehme entstehen unter Einfluss von Witterung von Gesteinsschichten im obersten Bereich der Erdkruste.

Abhängig von der geografischen Lage mit Einfluss auf den Ton-, Sand-, Schluffanteil hat Lehm unterschiedliche Eigenschaften. Grundsätzlich unterscheiden wir zwischen Berg-, Gehänge-, Geschiebe-, Schwemm- und Lösslehm. Die einzelnen Bezeichnungen deuten auf die Herkunft hin.¹¹

Berg- und Gehängelehm ist besonders mit Gesteinsbrocken unterschiedlicher Größe durchsetzt und eignet sich bei einem gewissen Tongehalt besonders für den Stampflehmbau.¹²

Der Geschiebelehm entstand oder entsteht bei der Verwitterung von

glazialem Sediment am Fuße von Gletschern. Dadurch ist er meist sehr kalkhaltig und kann folglich bei den meisten Lehmbauweisen zu Problemen führen. Bei einem besonders hohen Kalkanteil spricht man von Geschiebemergel, der daher eine sehr geringe Bindekraft aufweist.¹³

Schwemtlehm beschreibt den zuvor genannten Geschiebelehm, der von seiner Lagerstätte durch Wasser weggeschwemmt wurde. Durch das Geschiebe enthält der Lehm oft organische Beimengungen wie Humus und anorganische Beimengungen in Form von Sand, Kies und Geröll.¹⁴

¹¹ Schroeder 2019 S.71

¹² ebd.S. 176

¹³ ebd.S.71

¹⁴ Minke 2019/2001 S.28

¹⁵ Schroeder 2019
S.69

¹⁶ ebd. S.48

¹⁷ ebd. S.94

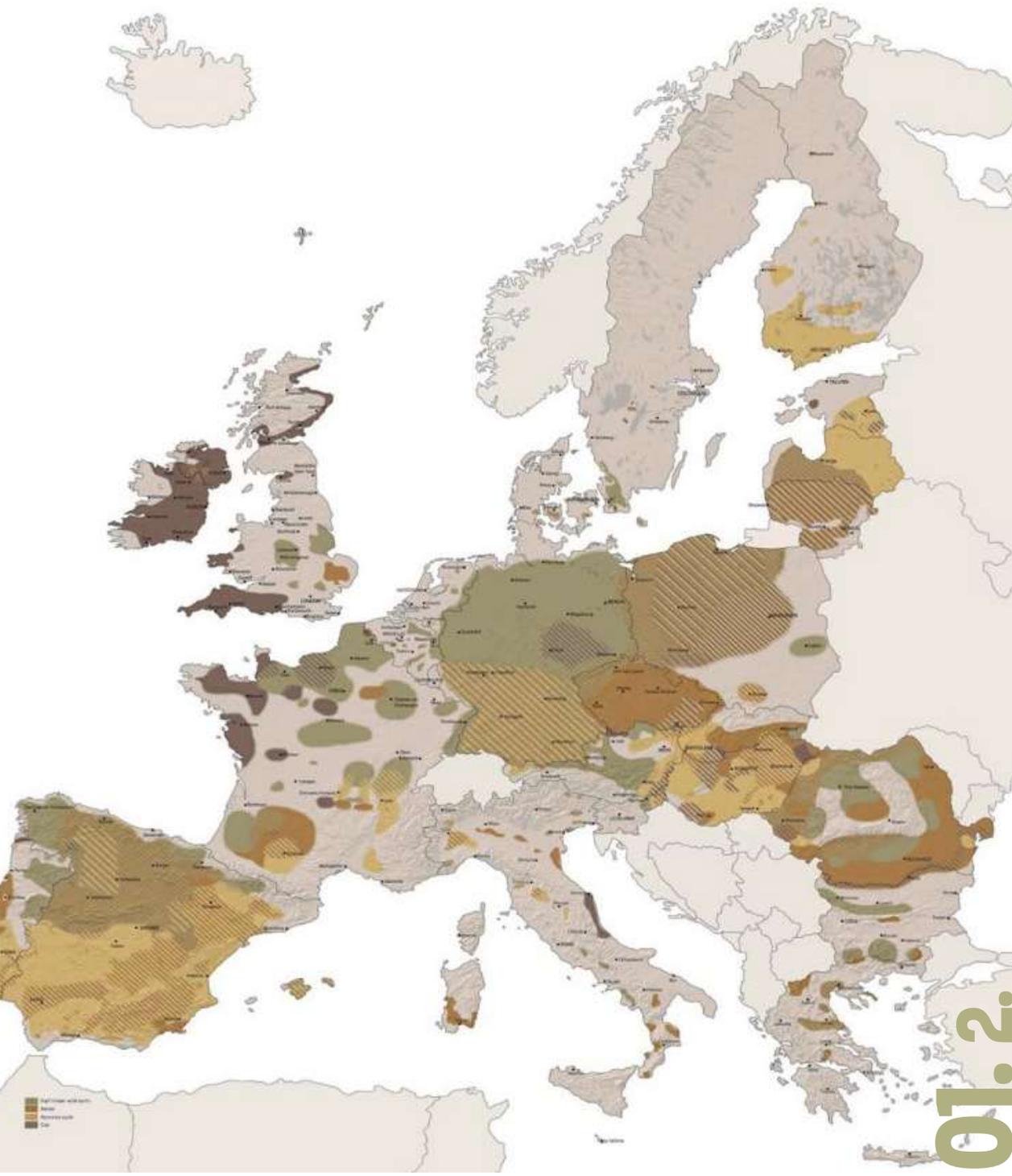
Durch Verlagerung durch Wind wird im Lehm der Kalk ausgewaschen und es entsteht ton- und kalkhaltiger Feinsand im Lehm. Dieser Lehm, Lösslehm genannt, hat durch seinen als Schluff bezeichneten Feinanteil und seinen geringen Tongehalt eine geringe Bindekraft.¹⁵

Die dargestellte Karte beweist dies und deutet mit den dargestellten und verorteten Lehmbauweisen auf Bauende die Beschaffenheit der Böden hin.

Grundsätzlich lässt sich Aushublehm somit europaweit vorfinden, aber erweist sich nur bedingt ohne weitere Prüfung, Erfahrung und Veränderung der Bestandteile direkt als Bauprodukt im seriellen Bauen.

Mithilfe von Prüfverfahren lassen sich Ton, Sand, Schluff und Kies bestimmen. Durch Hinzufügen von Zuschlägen lässt sich der Lehm in seinen Eigenschaften verbessern und zum Baulehm mit den gewünschten Eigenschaften anpassen.¹⁶

Mineralische oder organische Zuschläge können bauphysikalische Eigenschaften wie das Schwindverhalten und die Rissbildung verringern oder positiven Einfluss auf die Wärmeleitfähigkeit und die Festigkeit der Baustoffe nehmen.¹⁷



013

Lehmbaustoffe

Aus dem ungebrannten Lehm lassen sich die verschiedensten geformten (Platten und Steine, Fertigteilelemente) und ungeformten Baustoffe (Schüttungen, Leichtlehme für Ausfachungen, Putze) herstellen, die durch Austrocknen fest werden und durch Zugabe von Wasser wieder plastisch werden.

So kann Lehm uneingeschränkt oft neu geformt oder in die Umwelt zurückgeführt werden. Lehm als Rohstoff ist somit ungebrannt und ohne anorganische Zuschläge in Form von chemischen Abbindern gänzlich kreislauffähig. (s. Abb. Kreislauf Lehmbaustoffe S.21).

Im Folgenden werden die Lehmbaustoffe im Allgemeinen erläutert. Im Rahmen des Entwurfes wurde sich aufgrund der Planbarkeit auf industriell gefertigte und am Markt verfügbare Lehmbaustoffe beschränkt.

Stampflehm

¹⁹ Minke, 1994/2001, S.100

²⁰ Claytec Produktblatt Stampflehm

¹⁸ Dachverband Lehm online

²¹ vgl. Lehmbau Regeln

Beim Stampflehmbau wird meist erdfeuchter Baulehm in Schichten in eine Schalung eingebracht und mechanisch durch Stampfen verdichtet. Dieser meist magere bis fette Baulehm weist einen sehr hohen Gesteinskörnungsanteil auf. Daher tritt der Stampflehmbau traditionell besonders in den Regionen mit Berg-, Gehänge sowie Geschiebelehm in Erscheinung.¹⁸

Kies, Splitt und Grobsand werden zur weiteren Stabilisierung dem Baulehm beigemischt. Organische Zuschläge werden nur in geringen Teilen beigemischt. Diese sind eher im Wellerbau vorzufinden.

Der Stampflehm wird hauptsächlich entsprechend seiner Eigenschaften - hohe Druck- und Abriebfestigkeit - als tragende oder nichttragende Wand, als Fußboden oder teilweise auch als Lehmstein (s. Lehmsteine) ausgeführt.

Beim Herstellen von Stampflehm entstehen durch das mechanische Verdichten der einzelnen Schichten enorme mechanische Kräfte auf den Untergrund oder die Schalung. Dies bedeutet, dass Stampflehmböden nur vor Ort auf einem unnachgiebigen Untergrund hergestellt werden können. Außerdem hat Stampflehm in der Regel keine kapillarbrechende Wirkung. Somit sollte der Untergrund vor aufsteigender Feuchtigkeit gesperrt werden.

Die Herstellung und Dimensionierung von vertikalen Bauteilen ist besonders durch das gewählte Schalungssystem und die Festigkeitseigenschaften des

Rohmaterials bestimmt.¹⁹

Durch das Einbringen von 10–15 cm hohen Lehmschichten und das Verdichten auf zwei Drittel der Einfüllhöhe wird das Bauteil Schicht für Schicht additiv erstellt.²⁰ Diese Schichten werden nach dem Ausschalen durch horizontale Fugen im Bauteil erkennbar, welche aus ästhetischen Gesichtspunkten oftmals den Stampflehmbau befürworten. Durch Einbringen von Leisten, Ziegelbruch, Steinplatten oder ähnlichem kann ein Haftgrund für Putz geschaffen werden, oder diese Lagen können als Erosionsbremsen in Außenbauteilen genutzt werden und der Abrieb dimensioniert werden.²¹

Wellerlehm

Wellerlehm auch „G'satzer Lehm“ im Österreichischem oder „cob“ im Englischen ist dem Stampflehmbau sehr ähnlich und wird auch dem Massivlehmbau zugeordnet. Hier wird jedoch das Lehmgemisch, welches oftmals auch organische Stoffe wie Pflanzenfasern, Stroh oder Kuhdung als Zuschläge zur Stabilisierung beinhaltet, ohne Schalung lediglich in 40–60 cm hohen Lagen aufeinandergeschichtet, verdichtet und abschließend plan abgestochen.

Aufgrund der Zuschläge hat der Wellerlehm nach dem Austrocknen eine geringere Dichte als der Stampflehm und hat mit 1500–1800 kg/m³ dennoch ein sehr hohes flächenspezifisches Gewicht. Die Zuschläge und die fehlende Schalung schränken insbesondere die Produktions- und Herstellungszeiten ein, da die einzelnen Schichten erst austrocknen müssen, bevor die folgende Lage aufgebracht werden kann. Wellerlehm ist in verschiedenen Teilen der Welt aufgrund der einfachen, kostengünstigen und regionalen Herstellung verbreitet. Auch in Österreich und Deutschland hat diese Bautechnik eine lange Tradition, wird jedoch lediglich für die Instandhaltung und Restaurierung von bestehende Wellerbauten angewendet.²²

Durch Hinzufügen der kostengünstigen regionalen, meist organischen Zuschlä-

ge und wegen seiner hohen Masse hat der Wellerlehm insbesondere im Rahmen des Schallschutzes besonders gute Eigenschaften. Daher forscht auch das Forschungsprojekt „Die Brandenburgischen Alhambra“ an einer Wellerlehm-pressen, die versucht, in Feldfabriken große Lehmblöcke für Schallschutzwände herzustellen.²³

²³ vgl. Zentrum für Peripherie online

²² vgl. Schäfer 2021 S.47 ff

Stroh- & Faserlehm

Baulehm vermennt mit hohem Anteil an Pflanzenfasern oder Stroh aufbereitet nennt man Stroh- oder Faserlehm. Die Rohdichte ist mit 1200 kg/m^3 und 1700 kg/m^3 ²⁴ wesentlich geringer als der massive Wellerlehm und erhält somit verbesserte Wärmedämmeigenschaften. Jahrhundertlang wurden diese leichten Lehmmischungen traditionell in Mitteleuropa zur Ausfachung von Fachwerkbauten verwendet.

Stroh- und Faserlehm lässt sich gut durch seine Plastizität in sehr leichte Ziegel formen oder in Hohlräume füllen, dient dem Restaurieren von Rissen oder Abbrüchen oder wird klassisch für Ausfachung verwendet.

Heute wird Baulehm mit Stroh oder Fasern vermennt und von Lehmprodukt-herstellern zu Schüttungen, Steinen oder Plattenbaustoffen industriell verarbeitet. Er ist als zertifiziertes Produkt am Markt erhältlich und nach Herstellerangaben zu verarbeiten.²⁴

²⁴ Schroeder. 2019, S.181

²⁵ Schroeder. 2019, S.182

²⁶ vgl. Vollhart.2013

Leichtlehm

Leichtlehm weist mit einer Rohdichte von 400 kg/m^3 bis max. 1200 kg/m^3 besonders gute Dämmeigenschaften auf, welche entweder durch Zugabe von organischen Zuschlägen wie Stroh oder Holzfasern oder mineralischen Zuschlägen wie Blähton erreicht werden. Aufgrund der geringen Druckfestigkeit kann Leichtlehm keine tragende Funktion übernehmen.

Nur in Verbindung mit Tragwerken, vorzugsweise aus Holz als nachwachsendem Rohstoff, aber auch auf Metallständern oder monolithischen Bauteilen ist diese Bauweise anzuwenden.²⁵

Zurzeit wird Leichtlehm maßgeblich im Bereich der Althaussanierung eingesetzt. In Decken und Böden wird Leichtlehm waagrecht eingebracht und kommt als Leichtlehmschüttung meist im erdfeuchten Zustand zum Einsatz.

Leichtlehm kann lose in eine Schalung eingebracht oder zu Leichtlehmziegeln beziehungsweise zu Platten geformt, getrocknet und verarbeitet werden.²⁶

Lehmschüttungen

Lehmschüttungen beschreiben lediglich rieselfähige Lehmgranulate für das Verfüllen von Hohlräumen, wobei nahezu jeder Baulehm zu ihrer Herstellung geeignet ist. Vornehmlich wird die Schüttung als Decken- und Fußbodenaufbau oder als Zwischenbalken und Sparrenfüllung, aber auch als Hohlwandfüllung verwendet. Hierbei ist auf die Dichtheit der Hohlräume zu achten. Papiere oder Vliese verhindern das Herausrieseln des Lehmes.

Als Leichtlehm eingebracht, übernimmt die Lehmschüttung wärmedämmende Funktionen.

Gegenteilig kann die Lehmschüttung auch ohne Zuschläge mit einer höheren Rohdichte als schwere Füllung eingebracht werden und verbessert somit die Schall-dämmeigenschaften leichter tragender Bauteile wie zum Beispiel die im Entwurf gewählten Hohlkastendecken im Holzsystembau. Durch Klopfen, Stampfen und Einbringen in mehreren Lagen kann die Dichte zusätzlich erhöht werden.

Das Lehmgranulat wird je nach Verarbeitungsschritt sowohl im erdfeuchten (besser zu verdichten) als auch im trocknen Zustand (feinkörniger und maschinenpumpfähig) eingebracht.²⁷

Als industrielles Produkt sind Lehmgranulate als Schüttungen in verschiedenen Dichten mit verschiedenen Zuschlägen und Feuchtezuständen erhältlich.²⁸

Abhängig vom Feuchtegehalt fallen verschiedene Trocknungszeiten an, die

zwischen wenigen Tagen und mehreren Wochen betragen können. Erst im trockenen Zustand dürfen mit Lehm gefüllte Hohlräume geschlossen werden, um Schimmelbildung im Bauteil zu vermeiden.

Beim richtigen Einsatz und der Wahl des Lehmgranulats können die bauphysikalischen Eigenschaften wie Feuchteregulierung und Brandschutz und Schallschutz von nicht monolithischen Bauteilen verbessert werden.

²⁷ Schroeder, 2019
S.184

²⁸ vgl. Claytec, Conluto,
Levita etc.

Lehmsteine

Lehmsteine werden aus aufbereitetem Baulehm oder anderen Lehmbaustoffen hergestellt und sind in der Regel quaderförmige Steine, bei denen Tonfraktionen das alleinige Bindemittel sind. Lehm enthält neben der Tonfraktion auch schluffige, sandige bis steinige Bestandteile als Verwitterungsprodukt natürlicher Gesteine. Die üblichen Herstellungsverfahren für Lehmsteine sind das Handstrichverfahren, das Pressen und das Strangpressen.

In den vernakulären Kontexten sind zudem auch oftmals das klassische Schlagen und Stampfen in Ziegelmodeln bekannt.

Die Lehmsteine werden je nach Anwendungsbereich in Anwendungsklassen unterteilt:

- Verputztes, der Witterung ausgesetztes Außenmauerwerk von Sichtfachwerk-wänden,
- Durchgängig verputztes, der Witterung ausgesetztes Außenmauerwerk,
- Verkleidetes, witterungsgeschütztes Außenmauerwerk,
- Innermauerwerk,
- Trockene Anwendungen.

Die Abmessungen der Lehmsteine richten sich nach dem im Bauhandwerk verbreiteten und in der Keramikindustrie üblichen oktametrischen entwickelten Maßsystemen sowie den üblichen Formatbezeichnungen von Dünn- und Normalformaten.²⁹

Die Anwendung von Lehmsteinen wurde bisher in Deutschland in den Lehm-bau-Regeln des Dachverbands Lehm auf zwei Geschosse und zwei Wohneinheiten beschränkt. Dies brachte insbesondere für öffentliche Gebäude wie Kindergärten oder Schulen Nachteile mit sich, da sie Sondergenehmigungen benötigten. Mit der neuerlichen Einführung der DIN 18940 im Juni 2023 für tragendes Lehmsteinmauerwerk – Konstruktion, Bemessung und Ausführung ist nun eine breite Anwendung des klima- und ressourcenschonenden und massentauglichen Baustoffes möglich. Dies Norm kann nun auch für Gebäude der Klassen I bis IV in Deutschland angewendet werden.

In Österreich gibt es bisher keine eigene Norm für den Einsatz von Lehmziegeln. In der Regel wird sich weitestgehend an europäischen und bestehenden Standards orientiert. Eine der relevanten Normen ist die ÖNORM B 3310-1 "Mauerziegel – Teil 1: Definitionen, Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung", die Spezifikationen für Lehmziegel und deren Anwendungsbereiche festlegt. Darüber hinaus können lokale Bauvorschriften und Richtlinien weitere Anforderungen und Bestimmungen für den Einsatz von Lehmziegeln enthalten.

²⁹ Schroeder 2019
S.204/205

Lehmplatten

Lehmbauplatten sind ebenfalls geformte plattenförmige Lehmabaustoffe, die vor allem zur Verkleidung von Wandelementen, Dachschrägen, Vorsatzschalen, Trockenputz sowie gelegentlich als Fußbodenheizung oder Trockenestrichplatte verwendet werden.

Sie bestehen aus geeignetem Baulehm und ausgewählten Zuschlagstoffen, meist Faserstoffen, um die Biege- und Zugfestigkeit zu erhöhen. Diese Platten werden industriell gefertigt, getrocknet und sind in einer Vielzahl von Formaten und Stärken erhältlich, wobei die Formate auf die klassischen Maße im (Holz-)Trockenbau und die Handhabung in der Verarbeitung zurückzuführen sind.³⁰

Lehmplatten dienen als Alternative zu herkömmlichen Trockenbauplatten (wie zum Beispiel Gipsfaserplatten) und werden in dünne und dicke oder in schwere und leichte Platten unterschieden.³¹

Dünne Lehmplatten werden meist mit Tonmehl angereichert und mit organischen oder anorganischen Matten oder Faserstoffen armiert. Sie werden auf eine Unterkonstruktion aufgebracht und dienen beispielsweise als Alternative zu Lehmgrobputzen. Sie ermöglichen eine effizientere Baustellenabwicklung durch kürzere Trocknungszeiten. Grundsätzlich können Lehmbauplatten keine tragenden oder aussteifenden Funktionen übernehmen. Insbesondere beim Aufbringen von Lehmplatten auf die tragende Konstruk-

tion ist auf die Fugenbildung zu achten, da durch Bewegung im Tragwerk zu Brücken und Rissen kommen kann.

Dickere Lehmplatten über 50 mm Stärke benötigen nicht zwingend eine Unterkonstruktion und können als selbsttragende Trennwände im Trockenbau verwendet werden, sind aber wegen ihrer Handhabung seltener am Markt vertreten. Durch das additive Fügen sind sie den Lehmsteinen sehr ähnlich. Sie finden auch Verwendung im Fußboden-, Decken- und Dachaufbau, um die Masse für den Schallschutz zu erhöhen.

Lehmplatten als Leichtlehmplatten haben zum Beispiel durch Stroh- und Schilfzuschläge oder Armierungen eine gute Wärmedämmung und können vielseitig eingesetzt werden. Dennoch beeinflussen Faserstoffe im Lehm das Brandverhalten. Einige Hersteller haben ihre Produkte soweit optimiert und Prüfungen durchgeführt, dass nach deren Angaben bei Lehmplattenkonstruktionen ein Brandwiderstand bis 120 min möglich ist und massive Lehmbauplatten - meist ohne Zuschläge - sich besonders gut auch für ökologische Brandschutzkonzepte in allen Gebäudeklassen eignen.³³

³⁰ vgl. Claytec Leitfaden

³¹ Schroeder. 2019, S. 213/221

³² DIN 18948

³³ vgl. Lemix Claytec online

Lehmputze und -mörtel

Lehmputze und -mörtel sind die momentan häufigste Anwendungsform des Lehmbaus. Sie werden als Baulehm mit feinkörnigen und/oder feinfaserigen Zuschlagstoffen wie Strohhäckseln angereichert.

Für industriell hergestellte Lehmmörtel gelten in Deutschland bereits Normen. Die DIN 18946 beschreibt den Lehmmauermörtel und die DIN 18947 den Lehmputzmörtel. Je nach Verwendungszweck werden sie als Lehmmauermörtel, Lehmspritzmörtel oder Lehmputzmörtel gegliedert. Ihre Trockendichte ist mit größer als 1200 kg/m³ definiert.³⁴

Lehmmauermörtel werden verwendet, um Lehmsteine sowie künstliche, gebrannte oder Natursteine zu vermauern. Sie werden üblicherweise mit Sand versetzt.

Lehmspritzmörtel werden für die Ausfachung von Fachwerkstrukturen, die Erstellung von Vorsatzschalen und Innenwänden sowie als Deckenfüllung genutzt. Sie enthalten mineralische und/oder maschinengängige organische Leichtzuschläge und werden wie Spritzputz mehrlagig aufgetragen, um Hohlräume auszufüllen oder die gewünschte Dicke zu erreichen.³⁵

Lehmputzmörtel kommen beim Verputzen von Innen- und Außenwandflächen zum Einsatz, entweder im Innenbereich

oder an Außenwänden, die vor Schlagregen geschützt sind. Sie werden mit Sand, Stroh oder anderen pflanzlichen Faserstoffen versetzt. Die Faserstoffe dienen zur Armierung des Putzes und verhindern Risse nach dem Auftragen und während des Trocknens. Die regulierende Wirkung auf die Luftfeuchtigkeit im Innenraum macht Lehmputze besonders beliebt.

Heutzutage sind Lehmputze in einer Vielzahl von Rohdichteklassen mit verschiedenen Zuschlagstoffen und in verschiedenen Farben als Fertigprodukte in verschiedenen Verpackungsformen erhältlich. Da Lehmputze nicht aushärten müssen bzw. mit Wasser wieder angefeuchtet werden können, kann dieser auch feucht als Rohware geliefert und in größeren Mengen gelagert werden, was kosteneffizienter ist, da eventuelle mechanische Trocknungen oder natürliche Trocknungszeiten nicht notwendig sind.³⁶

Das Brandverhalten von Lehmputzen und -putzen kann nach DIN 18946 und DIN 18947 gemäß DIN 4102-4 weiterhin ohne Prüfung in die Baustoffklasse A1 eingestuft werden.

Als Baulehm eignen sich für Lehmputzmörtel schluffige und sandige Lösslehme.

Lehmputzmörtel werden in der Regel in Dicken von mindestens 3 mm aufgetragen, oftmals auch mehrlagig auf

³⁴ DIN 18947

³⁶ vgl. Produktkataloge. Claytec, Conluto, Levita, Lemix, lehmorange

³⁵ Schroeder, 2019 S.189-191

die diversen Putzuntergründe. Je nach Dicke des Auftrages, der Zusammensetzung und Verwendung werden die Putze in Unterputzmörtel, Dünnlagenputz- und Beschichtung, Spachtelmasse, Lehmkleber und Anstrichstoffe unterschieden.

Oberputze und Anstriche bilden hierbei den Oberflächenabschluss eines Bauteils, die vor mechanischen oder witterungsbedingten Schäden schützen.³⁷

Dennoch ist bei der Ausführung aufgrund der Porosität der Oberfläche ein besonderes Augenmerk auf die Abrieb-

festigkeit, aber auch die Kantenfestigkeit und den Schutz vor Feuchtigkeit zu achten. Um Bauschäden im Lehmbau zu vermeiden, muss beim Oberflächenabschluss besonders auf die Diffusionsoffenheit und Elastizität geachtet werden.³⁸

Insgesamt ist anzumerken, dass die durch Anwendung von Lehmputzen notwendigen Schutzmaßnahmen wie Sockelleisten, Abdeckungen und Fassaden- und Kantenschutz bereits im Entwurf eine wichtige Rolle spielen.

³⁸ Minke, Ziegert. DVL, 2008

³⁷ Schroeder. 2019 S.193

	Stampflehm	Wellerlehm	Strohlehm	Leichtlehm	Lehmschüttung	Lehmmörtel	Lehmsteine	Lehmplatten
	UNGEFORMTE LEHMBAUSTOFFE					GEFORMT		
Fußboden	○				○			
Wand tragend	○	○				○	○	
Wand nichttragend	○	○	○	○		○	○	○
Decken & Dach			○	○	○		○	○
Trockenbau							○	○
Putz		○	○	○		○		

Abb: Verwendung von Lehmstoffen

01.4

Lehm als aktuelles Bauprodukt

Wie im vorangegangenen Artikel erwähnt, hat Lehm eine lange geschichtliche Tradition als Baustoff und erlebt in jüngster Zeit eine Renaissance im Bauwesen, angetrieben durch das wachsende Interesse an nachhaltigen Baustoffen und -technologien.³⁹

Zahlreiche Forschungsprojekte unterstreichen dies und befassen sich daher mit der Wiedereinführung von Lehm als zeitgemäßem Bauprodukt aufgrund seiner nahezu unbeschränkten Verfügbarkeit und ökologischen Effizienz.

Die fortschreitende Digitalisierung und die technologische Entwicklung im Bauwesen haben dazu geführt, dass Lehm insbesondere in Kombination mit modernen additiven Fertigungstechniken untersucht wird. Methoden wie das

Stampfen, Stapeln, Schichten, Drucken und Formen mit Robotertechnik und Drohnen werden auf Baustellen und in Laboren erforscht.

Eine der Herausforderungen bei der Verwendung von additiven Techniken liegt jedoch in den langen Trocknungszeiten, die erforderlich sind, damit jede Schicht richtig aushärtet, bevor die nächste aufgetragen werden kann.⁴⁰

Oftmals wird hierbei zur Stabilisation und Beschleunigung der Prozesse auf chemische oder mineralische Bindemittel zurückgegriffen, die die Grundidee dieser Arbeit stören, den Lehm als gänzlich reversiblen und kreislauffähigen Baustoff zu verwenden.

Darüber hinaus werden massive Lehmteile teilweise auch dezentral in Werkshallen oder Feldfabriken vorgefertigt und erst auf der Baustelle ge-

³⁹ vgl. dbz online, 03/2007

⁴⁰ vgl. Mudd architects. Hortus. Lehmag.

⁴³ vgl. Fodor, 2022

fügt. Dies erfordert nicht nur eine hohe Spezialisierung der Fachkräfte, sondern schränkt auch die ökologische und ökonomische Effizienz dieser Bauteile wegen des hohen Transportgewichts und des zwischenzeitlichen Raumbedarfs für die Lagerstätten sowie der teilweise aktiven Trocknung stark ein.⁴¹

⁴¹ vgl. Kloft, Dechster, Loccarini, Joschua, 2019

Positiv anzumerken ist, dass durch dieses Prestigeobjekt mit additiven Bautechniken das allgemeine Interesse am nachhaltigen Bauen mit Lehm stark gefördert wird, sodass immer mehr Auftraggeber:innen und Bauherr:innen Lehm als Baustoff nachfragen. Der Marktanteil des Lehmbaus im Häuserbau beträgt dennoch derzeit nach Schätzungen des Dachverbands in Deutschland nur 0,5 Prozent und bietet somit ein großes Marktsteigerungspotential.⁴² Die Bestrebungen nach nachhaltigem Bauen mit Lehm im Wohnen sind bisher sehr vom Selbstbau und auch vom Ein- bis Zweifamilienhausbau geprägt.

⁴² focus-online, 20.05.2023

Michaela Fodor stellt hierzu bereits in Ihrer Diplomarbeit einige Lehmfertigbauteile vor, die meist auf additiven oder vernakulären Bautechniken wie Stampflehm, Wellerlehm, Leichtlehm mit sehr langen Trocknungszeiten zurückzuführen sind. Aus ihrer Recherche lässt sich ableiten, welche brandschützenden, wärmeschützenden und allgemeinen

positiven Eigenschaften auf das Raumklima durch Lehmteile gewährt werden können.⁴³

Durch die Einführung der DIN 18945 wird erkenntlich, dass viele Bestrebungen in die Richtung gehen, den Lehm als ökologisch nachhaltiges Baumaterial auch für den mehrgeschossigen Bau zu fördern. Jedoch ist der Einsatz von tragenden Lehmsteinen noch auf Gebäudeklasse IV beschränkt, sodass sich im Entwurf aufgrund gesetzlicher Vorgaben sowie aus Vorfertigungsgründen sich gegen Lehmsteine entschieden wurde.

In der Auseinandersetzung dieser Diplomarbeit auch mit Blick auf die Gespräche mit dem Büro Franz&Sue über Planungsgrundlagen und den Umgang mit nachhaltigen Baustoffen wurde entschieden, mit Lehm als nichttragendem Element in Gebäudeklasse V zu planen.

Grundsätzlich ist ersichtlich, dass Lehmstoffe schon ausreichend am Markt verfügbar sind. Hervorzuheben sind hier die geformten Baustoffe und Schüttbaustoff. Als Leichtlehme mit Zuschlägen zur Verbesserung der Wärmedämmung oder schwere Lehmstoffe sind sie bereits in ihren Eigenschaften auf ihren Anwendungszweck abgestimmt. Mit Ausblick auf die Vor-

fertigung wird sich hier für trockene Schüttungen, Putze und Lehmbauplatten entschieden. Lehmbauerhersteller wie Conluto, CLaytec, Levita und Lemix bieten bereits teils DIN gestützt und teils selbst geprüfte Produkte an, die den hohen Anforderungen an das Wohnen in der Stadt standhalten können. Durch Normierungen und Produkthandbücher werden Lehmprodukte planbarer, und durch Dimensionierung auf Standardmaße des Holzbaus werden neue Rohstoffe auch einer breiten Masse verfügbarer.⁴⁴

Dies bedingt die Entscheidung des nachhaltigen Holzsystembaus als Primärtragsystem, mit einem besonders hohen Vorfertigungsgrad, kombiniert mit Lehmstoffen zum Schutz und Optimierung des nachhaltigen Bauens.

⁴⁴ vgl. Gau, Kapitel 3.1

22

Exkurse

2.1. Nachhaltigkeit	42
ökonomische Dimension	
ökologische Dimension	
soziokulturelle Dimension	
2.2. Holzbau	46
Holzsystembau	
Vorfertigung	
Skelettbau	
Holztafelbau	
Brettsperrholzelemente	
2.3. Schutzfunktionen und Maßnahmen	56
Brandschutz	
Schallschutz	
konstruktiver Feuchteschutz	
sommerlicher und winterlicher Wärmeschutz	
Holzfassaden	

2.1

Nachhaltigkeit

Der Begriff der Nachhaltigkeit wurde erstmals 1713 in Bezug auf die Forstwirtschaft von Hannß Carl von Carlowitz in seinem Werk „Sylvicultura oeconomica“⁴⁵ diskutiert. Angesichts der drohenden Rohstoffkrise empfahl Carlowitz, dass lediglich die Menge Holz geschlagen werden sollte, wie durch planmäßige Aufforstung nachwachsen kann.

Für die heutige Zeit veröffentlichte die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung den als Brundtland-Report bekannten Bericht „Our Common Future“⁴⁶, welcher eine weltweite Debatte über das Thema Nachhaltigkeit anstieß.

Dem Bericht nach bedarf es einer

*„Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, daß [sic!] künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“*⁴⁷

Die Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages „Schutz des Menschen und der Umwelt“ veröffentlichte im Anschluss an den Brundtland-Report das Drei-Säulen-Modell für die nachhaltige Entwicklung.⁴⁸ Die Urheberschaft dieses Modells lässt sich nicht eindeutig belegen, da verschiedene Autoren vergleichbare Modelle im selben Zeitraum publizierten.⁴⁹

Die Enquete-Kommission beruft sich jedoch auf den vorangegangenen Brundtland-Report und die daraus resultierende integrative Auffassung von Nachhaltigkeit.⁵⁰

⁴⁷ Hauff.1987, S. 51.

⁴⁵ Carlowitz, 1713.

⁴⁸ BT-Drs. 13/11200. 1998.

⁴⁹ Heins.1998, Kopfmüller 2001, S. 47, Tremmel 2003, S. 153ff.

⁴⁶ World Commission on Environment and Development 1987.

⁵⁰ BT-Drs. 13/11200 1998, S. 218.

⁵¹ European Commission
online

In Österreich haben die gesetzgebenden Institutionen, vergleichbar mit der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages, einen Rahmen für nachhaltige Entwicklung geschaffen. Dabei orientieren sie sich an einem integrativen Verständnis von Nachhaltigkeit, das auf den Prinzipien des Brundtland-Berichts basiert.

Die Kernaussage der Enquete-Kommission besagt, dass die Umsetzung von Nachhaltigkeit nur durch eine gleichzeitige und vor allem gleichberechtigte Bewertung der ökologischen, ökonomischen und soziokulturellen sowie funktionalen Dimensionen erreicht werden kann. Diese Dimensionen werden im Folgenden erläutert.

SDGs

Auf EU-Ebene haben die **Sustainable Development Goals (SDGs)** einen wichtigen Rahmen für die Förderung von Nachhaltigkeit im Bauwesen geschaffen. Diese Ziele betonen die Notwendigkeit einer integrierten Herangehensweise, die ökologische, ökonomische und soziale Aspekte gleichermaßen berücksichtigt, um eine nachhaltige Entwicklung zu fördern und die Herausforderungen des modernen Bauens anzugehen. Dabei streben die SDGs eine umfassende und ausgewogene Betrachtung von Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft an, um eine lebenswerte Zukunft für alle zu gewährleisten.⁵¹

ökonomische Dimension

Da Baufolgekosten die Errichtungskosten weitaus überschreiten können, muss bei ökonomisch nachhaltiger Betrachtung ein besonderes Augenmerk auf die Lebenszykluskosten gelegt werden. Mit Hilfe der Lebenszykluskostenanalyse werden die gesamten Faktoren von Errichtungskosten über Nutzungs- bis hin zu den Rückbaukosten analysiert. Ebenso muss sowohl eine Optimierung der Wirtschaftlichkeit des Gebäudes, also eine Beurteilung der eingebrachten Mittel zu einem erreichbaren Ergebnis, als auch der Wert- und Kapitalerhalt des Gebäudes angestrebt werden.⁵²

ökologische Dimension

Während der Herstellung, Errichtung, Nutzung und Entsorgung wird durch das Gebäude Energie verbraucht, die einen Eingriff in das Ökosystem bedeutet. Die Summe der gesamten aufgewendeten Energie wird daher auch als graue Energie bezeichnet und ist komplex zu berechnen, weshalb vereinfachte Annahmen getroffen werden.⁵³

Dennoch versucht diese Diplomarbeit in Kapitel 4 den ökologischen Wert von den einzelnen Bauteilen mit dem baubook zu vergleichen und zu optimieren.

soziokulturelle und funktionale Dimension

Die soziokulturelle und funktionelle Dimension beschreibt die Ästhetik, welche insbesondere durch städtebauliche und gestalterische Entwurfsentscheidungen beeinflusst wird. Hinzu kommen die Gesichtspunkte des Gesundheitsschutzes, Schaffung bedarfsgerechten Wohnraums, beispielsweise durch die Auswahl der Baustoffe und das Wohlbefinden der Nutzer des Objektes. Hierzu zählen u. a. Wärmeschutz im Sommer und Winter, Barrierefreiheit und Schallschutz.⁵⁴

⁵⁴ Zeumer, John und Hartwig 2009, S. 38ff./ S. 41ff.

⁵² Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat 2019, S. 15f.

⁵³ Zeumer, John und Hartwig 2009, S. 54ff.

2022

Holzbau

Nach dem Prinzip von von Carlowitz setzte sich ab dem 18. Jahrhundert die intensive Waldwirtschaft in Europa unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit durch. Er plädierte dafür, wie bereits in Kapitel 2.1 erwähnt, nicht mehr Holz zu schlagen als nachwächst. Dies führte dazu, dass sich Europas Wälder zu Kultur- und Wirtschaftswäldern entwickeln konnten und die Holzvorräte in den darauffolgenden Jahrhunderten stiegen.⁵⁶

In den vergangenen Jahrzehnten manifestierte sich der Klimawandel durch vermehrte Windwürfe sowie extreme Trockenheitsperioden, welche in Waldbrände, Dürreepisoden und gesteigerte Schädlingsbefallereignisse auf den Arealen des Wirtschaftswaldes resultierten. Dennoch sind Waldflächen in Deutschland und Österreich stetig gestiegen

und die Holzvorräte immer noch hoch. Modellrechnungen aus dem Jahre 2018 geben an, das mit etwa der Hälfte der deutschen Holzernte Deutschlands gesamtes Neubauvolumen in Holz erreicht werden könnte.⁵⁷

Holz ist eine besonders regionale Ressource, weshalb es sich als Baustoff in mehreren Punkten auszeichnet. Zum einen sprechen die positiven Umweltfaktoren wie die Verringerung von CO₂-Emissionen, die Recyclingfähigkeit und die geringe Verwendung fossiler Brennstoffe beim Abbau für eine Verwendung von Holz.

⁵⁷ gesehen in Wegener in Kaufmann, Krötsch und Winter 2022, S. 17ff.

⁵⁶ Wegener in Kaufmann, Krötsch und Winter 2017, S. 14ff.

⁵⁸ Ebd.

Holzsystembau

Zum anderen ist Holz wertbeständig, kostengünstig, gesundheitsfördernd und einfach zu verarbeiten.⁵⁸ In diesem Kapitel wird daher der Holzsystembau als nachhaltige Konstruktionsmethode vorgestellt

⁵⁸ Wegener in Kaufmann, Krötsch und Winter 2017, S. 14ff.

Mit Blick auf den Ressourcenverbrauch und die Nachhaltigkeit und Effizienz wurde im Entwurf stetig eine Abwägung der Bauweisen und Techniken im Holzbau getätigt.

⁶⁰ Kaufmann et al. in Kaufmann, Krötsch und Winter 2017, S.39

Die große Verfügbarkeit, die erwähnten Nachhaltigkeitsaspekte sowie die bauphysikalischen Vorteile der Kombination von Lehm und Holz bedingen den Holzsystembau für den Entwurf als Konstruktionsmethode.

⁶¹ ebd. S.41

Der Holzsystembau beschreibt die zeitgenössische Art des Holzbaus. Der Holzbau entwickelte sich vom Skelett- und Fachwerkbau zu modularen Systemen mit vorgefertigten Bauelementen, die sowohl horizontal als auch vertikal verbaut werden.

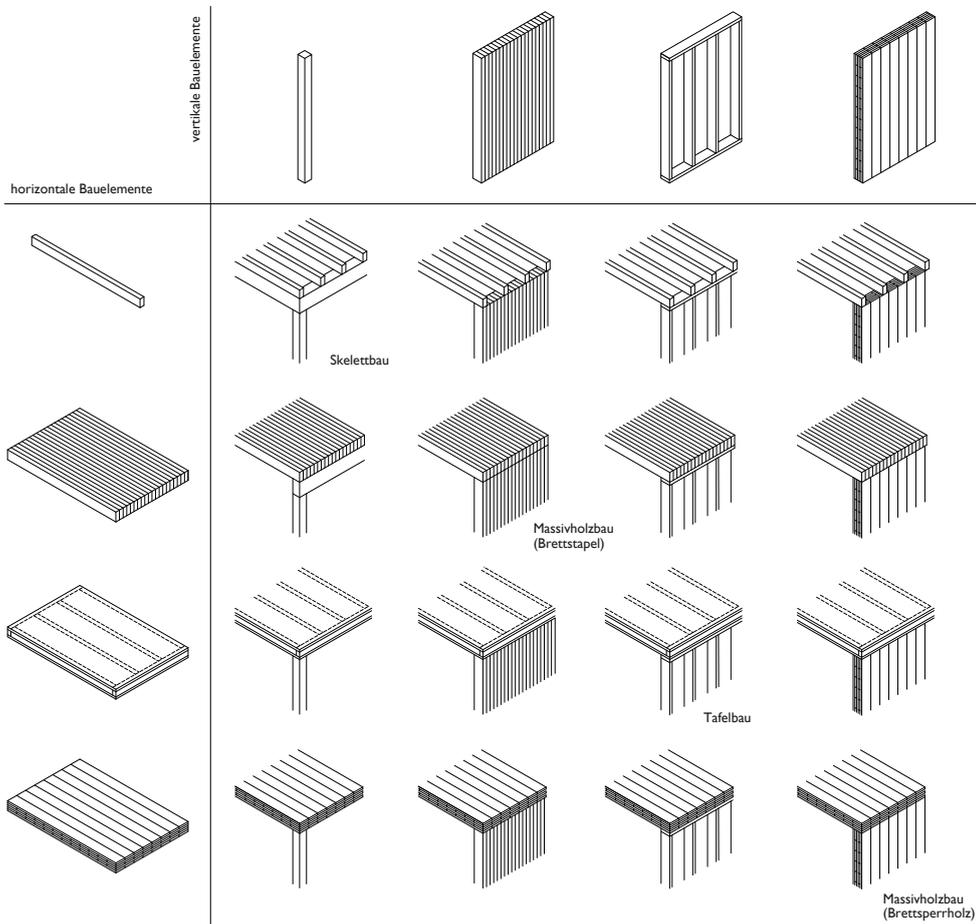
Anhand des Aufbaus der Wandkonstruktion, Dämmung und der Position der Tragstruktur in Form von Stützen, Ständern, Beplankung oder tragenden Platten lassen sich die Elemente hauptsächlich in Massiv- und Leichtbauweise untergliedern.⁵⁹ Wie die Abbildung zeigt, werden die Lasten innerhalb der

⁵⁹ Dangel. 2016, S. 84ff.

Bauweisen differenziert durch eben genannte Strukturen abgetragen.

Grundsätzlich lassen sich die Bauteile in die vertikalen Elemente der Stützen und Wände sowie horizontalen Elemente der Träger und Decken unterteilen, die in den gängigen Systemen in der Regel zu Platten gefügt werden und somit als Platte oder Scheibe wirken.⁶⁰ Um sich für eine Bauweise zu entscheiden, muss im Entwurf auf die örtlichen sowie bauaufsichtlichen Anforderungen Rücksicht genommen werden. Es ist dennoch möglich, jegliche Systeme frei zu wählen und miteinander zu kombinieren, um die Vorteile der einzelnen Bauelemente zu nutzen.⁶¹

In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Systeme, welche für den Entwurf entscheidend sind, mit ihren spezifischen Eigenschaften kompakt erläutert.



Kombination verschiedener Bauelemente

Vorfertigung

Ein wesentliches Merkmal des modernen Holzsystembaus ist die Verwendung von industriell gefertigten Bauelementen. Die verschiedenen Holzbauweisen können je nach Art und Beschaffenheit als lineare, flächige oder als raumhaltige Module bereits in den Zimmereien oder in industriellen Fertigungsstraßen vorelementiert und auf die Baustelle geliefert werden.

Die Verlagerung von Produktionsschritten in die Werkstatt verkürzt die Montagezeit auf der Baustelle. Die Erhöhung des Vorfertigungsgrades hat zum Vorteil, dass der feuchteempfindliche Baustoff Holz bis zur Fertigung der Gebäudehülle weniger abhängig von Witterungsbedingungen wird. Nutzungsausfälle beim Bauen im Bestand sowie im laufenden Betrieb können so ebenfalls verringert werden, was Ersatzneubauten und Erweiterungsbauten weniger notwendig macht. Negative Emissionen in Form von Lärm und Baustellenverkehr lassen sich eindämmen.⁶² Hinzu kommt, dass sich die Arbeitsbedingungen für den Beruf des Zimmermanns durch moderne Fertigungsverfahren wie CNC-Fräsen, den Einsatz von anpassbaren Arbeitstischen und die Fertigung in geschlossenen Gebäuden enorm verbessert haben.⁶³ In der Vorfertigung wird zwischen linearen, flächigen und raumhaltigen Elementen unterschieden. Unter linearen Elementen werden Tragwerkskonstruktionen aus Stäben verstanden, die mit flächigen Elementen kombiniert werden, um ein Tragwerk zu bilden. Flä-

chige Elemente sind massive flächige und/oder raumbildende Bauelemente für Wände, Decken und Dächer und werden am häufigsten vorgefertigt. Diese können bereits Anschlüsse, Leitungsführungen, Fenstereinbauten sowie Fassadenelemente enthalten und müssen auf der Baustelle lediglich elementiert und zusammengeslossen werden. Im Fall von vertikalen Bauteilen wie Innen- oder Außenwänden ist es sogar möglich „eine komplette Vorfertigung mit allen Schichten und der Integration von Fenstern und Türen“⁶⁴ durchzuführen.

Raumhaltige Elemente beschreiben Raumzellen, die neben- oder übereinandergestapelt werden können. Durch die Vorfertigung ganzer Räume lässt sich die Dauer der Montage auf ein Minimum reduzieren.⁶⁵

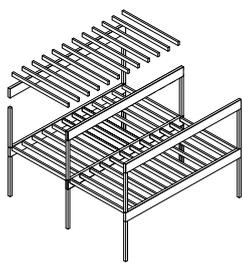
Somit besteht eine Abhängigkeit zwischen Vorfertigungsgrad und Montagedauer. Je höher der Vorfertigungsgrad, desto geringer die Montagezeit auf der Baustelle. Die Größe der einzelnen Elemente ist abhängig von der Transportform, da der Transport in der Regel per Lkw erfolgt. Im Anschluss an die Vorfertigung werden nun die entwurfsbestimmenden Holzbauweisen vorgestellt.

⁶⁴ Huß in Kaufmann, Krötsch und Winter 2017, 145f.

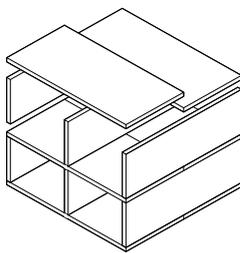
⁶⁵ ebd., 145f.

⁶² Huß in Kaufmann, Krötsch und Winter 2017, 144f.

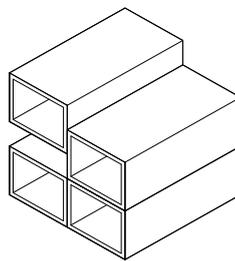
⁶³ Dangel 2016, S. 77.



Lineare Elemente



Flächige Elemente



Raumhaltige Elemente



Abb.: Vorfertigungsgrad verschiedener Bauweisen

Holzskelettbau

Die Grundelemente des Holzskelettbau sind ein Traggerüst, häufig als Skelett bezeichnet, aus senkrechten Holzstützen und horizontalen Trägern. Der moderne Holzskelettbau knüpft in seiner Bauweise und Tragstruktur an den traditionellen Fachwerkbau an, ist jedoch nicht mehr durch Baumlängen begrenzt. In modernen Verfahren werden durch Keilverzinkung Konstruktionsvollhölzer und durch Verleimen Brettschicht-hölzer hergestellt, welche längenmäßig nicht mehr begrenzt sind.⁶⁶ Dies führt dazu, dass Konstruktionsraster bei statischen Gegebenheiten bis zur Transportgrenze von 12 Metern ausgereizt werden.

⁶⁶ Dangel 2016, S. 88.

Die raumbildenden Elemente sind konstruktiv völlig vom Tragwerk getrennt. Somit können sie freigestellt und wieder entnommen werden, ohne auf statische Aspekte Rücksicht zu nehmen. Ebenso ist die Fassade nicht statisch wirksam und kann auch frei gestaltet werden, da sie meist vor das Tragskelett gestellt oder gehangen wird.⁶⁷

⁶⁸ Kaufmann et al. in Kaufmann, Krötsch und Winter 2017, S. 46f.

⁶⁷ Dangel 2016, S. 88.

Sowohl aus Gründen des Witterungsschutzes als auch aus bauphysikalischen Gründen wie Wärmeschutz und Winddichtigkeit wird die Fassade nicht mehr in den Ausfachungen hergestellt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich der Holzskelettbau durch eine besonders freie Grundriss- und Fassadengestaltung auszeichnet und eine sehr leichte Bauweise ist.

Stützen, Träger und Knotenpunkte bilden das Haupttragwerk und müssen so dimensioniert sein, dass sie die Lasten in die Gründung abtragen und den Brandschutz erfüllen. Somit kann die Holzskelettbauweise nach den aktuellen gesetzlichen Vorgaben meist nicht die Dimensionen eines Stahl- oder Betonskelettbau erreichen.

Ein besonderer Planungsaufwand beim Holzskelettbau muss auch auf das Aussteifungssystem gelegt werden, da das Skelett auszuknicken droht und sich in der Regel nicht selbst aussteift. Diese Aussteifungen können unterschiedlich hergestellt werden.⁶⁸

Horizontale Auskreuzungen können über diagonal angeordnete Stahlkreuzungen, Windrispenbänder oder Holzwerkstoffplatten hergestellt werden. Vertikale Aussteifungen erfolgen meist über diagonal angeordnete Massivholz- oder Stahlkreuze, Holzwerkstoffplatten sowie massive Einbauten wie Liftschächte und Treppenhäuser. Aufgrund der hohen Grundrissvariabilität und der weiten Spannweiten findet der Holzskelettbau meist Anwendung im Verwaltungs-, Schul- und Hallenbau sowie bei Hochhäusern.

Holztafelbau

Die Begriffe Holzrahmenbau und Holztafelbau werden im deutschsprachigen Raum meist synonym verwendet. Der Holztafelbau umfasst die industrielle Vorfertigung von Wandelementen inklusive aller Einbauten, Oberflächen und Fassaden, wohingegen die Holzrahmenbauelemente lediglich in Teilen oder Teilwerkstücken auf der Baustelle errichtet werden.

Das Grundelement des Holztafelbaus ist das Ständerwerk mit vertikalen Stützen, einem horizontalen Rähm als Obergurt, einer Schwelle als Unter-gurt und der aussteifenden Beplankung. (s.Abb. oben)⁶⁹

Vertikale Lasten werden von dem Rähm über die Ständer auf die Schwelle verteilt.

Durch die Beplankung werden Windlasten aufgenommen und die Ständer sind gegen seitliches Knicken in der Scheibenebene gesichert. Diese Verbundwirkung von Ständerwerk und Beplankung bewirkt, dass horizontale und vertikale Lasten durch Ständer, Rähm und Schwelle aufgenommen werden und die Lasten geschossweise auf die darunterliegenden Decken, Wände, Stützen oder Gründung abgetragen werden.⁷⁰

Da die Holztafelbauweise sowohl für tragende und nichttragende Innen- und Außenwände verwendet wird,

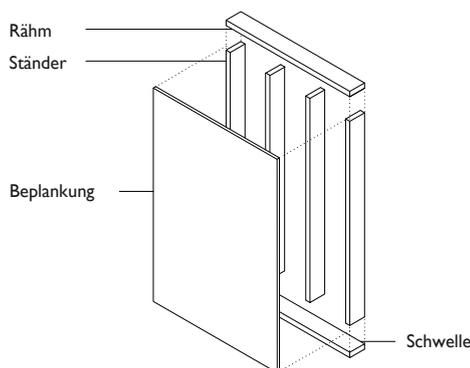


Abb.: Schematischer Aufbau Tafelbauwand

ist die Dimensionierung der Beplankung und des Ständerwerks abhängig von den bauphysikalischen, statischen und ästhetischen Anforderungen des Wandelements.

Die Ständer stehen in einem gleichmäßigen Achsabstand, meist angepasst auf Werkstoffplattenformate. Öffnungen lassen sich an beliebiger Stelle einfügen, indem man durch Auswechslung durchlaufende Ständer überbrückt. Statisch zusätzlich notwendige Ständer können einfach in den Ausfachungen beliebig eingefügt werden.

Des Weiteren ermöglicht die Ausfachung Dämmung und Leerrohre für Elektro- und Sanitärleitungsführung einzulegen, welche im Vergleich zu anderen Systembauarten einen geringeren Querschnitt ermöglichen. Der Holztafelbau ermöglicht einen ausgeprägt hohen Vorfertigungsgrad, in dem die Wände als geschlossene

⁶⁹ Cheret und Schwaner 2014, S.114f.

⁷⁰ Krötsch und Huß in Kaufmann, Krötsch und Winter 2017, S. 52.

⁷¹ Krötsch und Huß in Kaufmann, Krötsch und Winter 2017, S. 54 u. S. 62.

Bauteile inklusive Fenster, Türen, Leitungsführung und Außenwandbekleidung vorgefertigt werden. Dieser hohe Vorfertigungsgrad erfordert einen hohen Vorplanungsaufwand, verkürzt hierfür jedoch wesentlich die Rohbaumontage und die Baustellenzeiten.

Durch die kompakte und flächensparende Bauweise eignet sich der Holztafelbau besonders für wirtschaftliche und energieeffiziente Bauten.

Brettsperrholzelemente

Brettsperrholzkonstruktionen können im mehrgeschossigen Hochbau sowohl als Deckenelemente als auch für Wandkonstruktionen verwendet werden.

Brettsperrholzelemente bestehen aus kreuzweisen angeordneten Lagen von Brettern, welche zu großen Platten verleimt werden, auch im deutschen oftmals mit dem englischen Begriff Cross-Laminated-Timber (CLT) beschrieben.

Sie werden als massive statische sogenannte Vollholzplatten in industriellen Fertigungsstraßen produziert. Dort werden sie bereits mit vorgesehenen Ausschnitten und Einfräsungen versehen und auf der Baustelle als Platten oder Scheiben mit Hilfe von einfachen Verbindungen wie stumpfen Stößen, Überlappungen oder kreuzweisen Verschraubungen verbaut. Ihre Abmessungen sind lediglich durch den Herstellungsprozess und Transportmaße begrenzt.⁷¹

Durch die kreuzweise Verleimung wirken die Bauelemente und Bauteile als relativ homogene Platten und können daher in Haupt- und Nebenspannrichtung auskragen. Die Spannweiten der Decken sind abhängig von Plattenstärken und Auflagerpunkten. Um asymmetrische Spannungen zu vermeiden, werden die Bretter immer mit einer ungeraden Anzahl von Decklagen zu

Platten mit Stärken von 60 mm–400 mm verleimt. Durch Flankenverleimung entstehen luft- und rauchdichte Elemente. Durch dieses und eine entsprechende Dimensionierung können Brettsperrholzelemente brandschutztechnisch vergleichbar zu Beton eingesetzt werden, um die Brandausbreitung und Weiterleitung zu verringern. Dies bedeutet, dass die Elemente sich auch für Treppenhäuser, Fahrstuhlschächte oder auch als Brandriegel in Fassaden eignen. Ebenso können bei entsprechender Dimensionierung bereits werksseitig Profilierungen und Einfräsungen vorgenommen werden, die sich positiv auf den Brandschutz auszuwirken.⁷²

Durch die Einführung des Brettsperrholzes und Furnierschichtholzes und durch die bauaufsichtliche Zulassung in Deutschland und Österreich im Jahr 2000 verschob sich „[d]as »Grundelement« des aktuellen Holzbaus“.⁷³ Letzteres „ist konsequenterweise die Platte, nicht mehr der Stab.“⁷⁴

Im Rahmen der Recherche zu dieser Arbeit wurden auch Lösungsansätze mit gedübelten und unverklebten Bauelementen angestellt. Vereinzelt Systeme bestehen bereits für die Gebäudeklasse I und II als Holzmassivbausysteme.

Derzeit sind diese Systeme noch nicht in der Lage, die erforderlichen Maßnahmen bezüglich des Brandschutzes und der Luftdichtigkeit zu gewährleisten. Im Hinblick auf Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz wird im weiteren Verlauf die Planung von Hybridkonstruktionen aus stabförmigen und flächigen Systemen angestrebt. Somit wird der Einsatz von Massivholzplatten im Entwurf durch CLT-Hohlkastensysteme sowie der Kombination mit Holzständersystemen auf ein Minimum reduziert.

⁷² Winter in Kaufmann, Krötsch und Winter. 2017, S. 72

⁷³ Deplazes. 2000, S. 23.

⁷⁴ ebd.

2.3

Schutzfunktionen und -maßnahmen

Wie bei jeder konventionellen Bauweise muss auch beim Planen und Konstruieren mit Lehm und Holz darauf geachtet werden, dass gewisse Schutzziele erfüllt werden, die mit Hilfe der Einteilung in Gebäudeklassen in den einzelnen Normen und Richtlinien der Staaten und Länder geregelt sind.

Ein besonderes Augenmerk bei der Verwendung von Holz, Lehm und natürlichen Baustoffen muss auf den Brand- und Schallschutz, den sommerlichen und winterlichen Wärmeeintrag sowie den Feuchteschutz gelegt werden. Bei Beachtung dieser Aspekte bereits im Entwurf und in den Planungsprozessen sind diese im Sinne der Nachhaltigkeit sehr gut zu erfüllen.

Lehm hat Gegensatz zu Holzbaustoffen eine wesentlich höhere Dichte, wirkt feuchtigkeitsregulierend und ist generell ohne Zuschläge als nicht brennbar einzustufen.

Somit kann der Lehm den Holzbau mit seinen biophysikalischen-Eigenschaften schützen und die Anforderung an das mehrgeschossige Bauen in Mitteleuropa erfüllen.⁷⁶ Dies bedingt auch die Entscheidung für die Holz-Lehmhybridbauweise im Entwurf.

⁷⁶ vgl. Zuschnitt 87. 2022.

Folgend werden die Anforderungen, die Schutzfunktionen sowie Maßnahmen kurz erläutert.

Brandschutz

Im Vergleich zu Materialien wie Stahlbeton, Mauerwerk, Stahl oder Lehm ist Holz selbst brennbar. Dennoch hängt das Risiko der Brandentstehung in mehrstöckigen Wohngebäuden im Wesentlichen von fehlerhaften technischen Installationen und menschlichem Fehlverhalten ab. Dies ist unabhängig von den angewandten Konstruktionsmethoden. Gleiches ist auch für Verwaltungsbauten anzunehmen.⁷⁷

⁷⁷ Werner. 2004, S.8-18

Dass Holz im Falle eines Brandes eine Brandlast darstellt und anhaltende Vorurteile gegen diesen Baustoff bestehen, sorgt für eine zu langsame fortlaufende Anpassung der Brandschutzvorschriften.

⁷⁹ Minke 1994/2001, S.20

Grundsätzlich gilt es, die Entstehung von Feuer und den Durchlass von Rauch zu verhindern. Besonders über die Fassaden kann der Brand in die nächsten Geschosse überschlagen. Dieses erfordert als Folge besonders konstruktive Schutzmaßnahmen.

⁸⁰ Liblik et al. 2020

Zudem muss gewährleistet sein, dass der Feuerwehr die Löschung des Brandes und die Evakuierung des Gebäudes ermöglicht wird.⁷⁸

⁷⁸ Werner. 2004, S.8-18

Die wesentlichen Vorschriften für den Brandschutz sind größtenteils länderspezifisch. Hierfür werden die Musterbauordnung als Grundlage für Landesbauordnungen in Deutschland und die OIB-2 Richtlinien in Österreich für den Brandschutz angesetzt.

Die Feuerwiderstandsklassen können dort der Gebäudeklasse entsprechend abgelesen werden (s. Abb.)

Im Wesentlichen muss jedoch bei der Planung beachtet werden, dass zwischen der Brennbarkeit der Baustoffe und dem Feuerwiderstand von Bauteilen unterschieden wird.

Die Brennbarkeit eines Baustoffes beeinflusst im Wesentlichen die Weiterleitung und Ausbreitung eines Brandes. Die DIN 4102 und die OIB2 unterscheiden zwischen nicht brennbaren und brennbaren Bauteilen.

Grundsätzlich ist Lehm in die Baustoffklasse A1 als nicht brennbar einzuordnen, Zuschläge können jedoch das Brandverhalten verändern.⁷⁹ Einige Lehmprodukt Hersteller haben bereits die Brennbarkeit ihrer Bauprodukte geprüft, da Zuschläge die Brennbarkeit von Lehm Baustoffen beeinflussen. Ebenso stellen aber erste Forschungen dar, dass Lehmputz bereits für den Brandschutz eingesetzt werden kann, da er als nicht brennbar gilt.⁸⁰

Vereinfacht ist die Brennbarkeit von Baustoffen erklärt, denn

„eine Glasscheibe ist nicht brennbar, lässt aber einen nahezu sofortigen Wärmedurchgang zu. Eine 30 mm dicke Platte aus Holzweichfaser brennt zwar, behindert aber den Wärmedurchgang

wesentlich und führt nach 15 Minuten zu einer Temperaturerhöhung.“⁸¹

Der Feuerwiderstand hingegen beschreibt, wie lange die Bauteile standsicher bleiben und den Durchgang von Wärme und Rauchgasen verhindern:

„Eine Stahlstütze [...], verliert im Regelfall spätestens nach 30 Minuten ihre Tragfähigkeit. Eine Stütze aus Brettschichtholz brennt zwar an ihrer Außenseite ab kann aber auf mehr als 90 Minuten [...] bemessen werden.“⁸²

Wie sich Holzbauteile beim Brand verhalten, hängt vom Verhältnis der Oberfläche zum Querschnitt und der Rohdichte des verwendeten Holzes ab. Einerseits trägt das abrennende Holz

zur Brandlast bei. Andererseits kann durch eine Überdimensionierung der Bauteile der Brandschutz ohne zusätzliche Maßnahmen erfüllt werden. Massive Holzbauelemente können somit verhindern, dass Feuer in dahinterliegende Hohlräume gelangt. Ansonsten könnte sich der Brand über die Hohlräume unkontrolliert verbreiten.⁸³

Dennoch können Lehmbauprodukte, welche als nicht brennbar eingestuft werden, genutzt werden, um Brandweiterleitung zu verhindern und den Feuerwiderstand von Holzbauteilen zu erhöhen. Dies bedingt ebenfalls die Wahl von Lehm-Holz-Systemkonstruktion für den Entwurf dieser Diplomarbeit.

⁸¹ Winter in Kaufmann, Krötsch und Winter, 2017, S. 75

⁸² Gräfe und Winter in Cheret, Schwaner und Seidel, 2014, S. 164-169

⁸³ Winter in Kaufmann, Krötsch und Winter, 2017, S. 75

Gebäudeklassen gem. MBO 2002				
1	2	3	4	5
freistehend land- oder forstwirtschaftlich genutzt	freistehend OKFS 7 m und ≤ 2 NE und ≤ 400 m ² gesamt *)	nicht freistehend OKFS 7 m und ≤ 2 NE und ≤ 400 m ² gesamt *)	sonstige Gebäude OKFS ≤ 7 m	OKFS ≤ 13 m und ≤ 400 m ² je NE
				13 m < OKF ≤ 22 m oder > 400 m ² je NE
Bauaufsichtliche Anforderungen nach MBO 2002 (tragende und ausstufende Wände, Stützinnenwände, Decken zwischen NE)				
keine Forderungen		feuerhemmend	hochfeuerhemmend	feuerbeständig
Feuerwehreinsatz mit Steckleiter möglich			Drehleiter nötig	

■ NE = Nutzungseinheit
■ OKF= Oberkante des Fußbodens des höchstgelegenen Geschosses mit Aufenthaltsraum, ab OK Gelände
*) = Brutto-Grundfläche der Nutzungseinheiten ohne Kellergeschoss

Abb.: Einteilung in Gebäudeklassen

Schallschutz

Die schallschutztechnischen Anforderungen an ein Gebäude umfassen sowohl den Schallschutz als auch die Raumakustik. Das Ziel sollte sein, bei normaler Sprachlautstärke die Privatsphäre zu wahren und sehr starke Lärmbelastigungen auf ein angenehmes Niveau zu senken.

Nach der Bauverordnung der EU ist der Schallpegel so zu halten, dass er nicht gesundheitsgefährdend ist und bei dem zufriedenstellende Nachtruhe Freizeit- und Arbeitsbedingungen sichergestellt sind.⁸⁴

⁸⁴ Verordnung Nr 305/2011

Diese Anforderungen sind jedoch für jegliche Art von Bauwerken zu gewährleisten. Aufgrund der geringen Dichte und des Eigengewichts von Holzbauteilen im Gegensatz zu massiven Bauweisen wie dem reinen Stahlbetonbau, dem Mauerwerks- oder auch dem Lehmbau hat der Holzbau geringe Nachteile, was die Verbreitung von Luft und den Trittschall angeht. Daher empfiehlt es sich durch Schüttung oder ähnliche Mittel zusätzliche Masse in den Gebäudekörper einzubringen, da diese eine größere Trägheit besitzen und sich positiv auf den Schall und die Stoßbeanspruchung auswirken.⁸⁵

⁸⁵ Winter in Kaufmann, Krötsch und Winter 2017, S. 82-84

Hierzu werden im Verlauf der Diplomarbeit Hohlraumelemente diskutiert, um mit Lehmschüttungen positiv auf den Schallschutz einwirken zu können.

sommerlicher und winterlicher Wärmeschutz

Das Hauptziel des sommerlichen und winterlichen Wärmeschutzes besteht darin, über die Jahreszeiten hinweg ein behagliches Raumklima in Gebäuden sicherzustellen und den Energieverbrauch zu optimieren.

Im Sommer soll der Wärmeschutz verhindern, dass sich die Räume übermäßig aufheizen, während im Winter die Wärmedämmung sicherstellen soll, dass die Wärme im Gebäude gehalten wird. Durch die Erfüllung dieser Ziele wird nicht nur der Komfort der Bewohner verbessert, sondern auch der Energieverbrauch und die Umweltauswirkungen von Gebäuden reduziert.⁸⁶

Die Speicherfähigkeit von Gebäuden bezieht sich auf ihre Fähigkeit, Wärme zu absorbieren und zu speichern. Materialien mit hoher Speicherfähigkeit wie Lehm können Wärme über längere Zeiträume aufnehmen und langsam wieder abgeben, was zu einem ausgeglichenen Raumklima beiträgt und Temperaturschwankungen kompensiert.⁸⁷

Der Wärmedurchgangskoeffizient, welcher als U-Wert bezeichnet wird, und die Wärmeleitfähigkeit sind wichtige Kenngrößen für den Wärmeschutz von Gebäuden. Der U-Wert ($W/(m^2K)$) gibt an, wie viel Wärmeenergie pro Flächeneinheit und Temperaturdifferenz zwischen innen und außen durch ein Bauteil diffundiert. Je

niedriger der U-Wert, desto besser ist die Wärmedämmung des Bauteils.

Die Wärmeleitfähigkeit eines Materials beschreibt seine Fähigkeit, Wärme zu leiten. Materialien mit niedriger Wärmeleitfähigkeit sind gute Isolatoren und tragen zu einem effektiven Wärmeschutz bei.

In Deutschland regelt die Energieeinsparverordnung (EnEV) die Anforderungen an den Wärmeschutz von Gebäuden. Sie legt unter anderem Grenzwerte für den maximalen U-Wert von Bauteilen fest und definiert Standards für den sommerlichen Wärmeschutz. In Österreich sind die entsprechenden Regelungen im Baugesetz und in der Bautechnikverordnung (OIB-Richtlinie 6) festgelegt, die ebenfalls Anforderungen an den Wärmeschutz von Gebäuden sowie an den sommerlichen Wärmeschutz enthalten.

⁸⁶ Winter in Kaufmann, Krötsch und Winter, 2017, S. 86-87

⁸⁷ Rüdiger in Kaufmann, Krötsch und Winter, 2022, S. 82-84

konstruktiver Feuchteschutz

Hauptaufgabe des konstruktiver Feuchteschutze ist es, die die Bauteile und die Konstruktion bzw. das Holz und den Lehm vor Schädlingsbefall und biologischem Zerfall zu schützen. Grundsätzlich lässt sich durch dauerhaftes Trockenhalten des Holzes (Holzfeuchte < 20 %) der Befall durch holzerstörende Pilze verhindern, da diese keinen Nährboden finden. In hybriden Konstruktionen kann die feuchteregulierende Wirkung vom Lehm besonders gut Bauteile konservieren und den Wassergehalt in Holzbauteilen konstant halten.

Ein Insektenbefall in allen Konstruktionsschichten kann durch bauliche Maßnahmen wie vollgedämmte Konstruktionen mit allseitigen Abdeckungen, welche die Anflugmöglichkeiten verhindern, vermieden werden.⁸⁸

Durch technische Trocknung können im Holz die Larven von Frischholzinsekten abgetötet werden. Dabei werden die Inhaltsstoffe so umgewandelt, dass das Holz für Trockenholzschädlinge nicht mehr anfällig ist. Die Brandschutzanforderungen stehen immer in Abhängigkeit der Gebäudeklasse, dem Brandverhalten der Baustoffe und dem Feuerwiderstand von Bauteilen, der Rauchweiterleitung

Sollte es dennoch durch bauliche Einbausituationen wie beispielsweise im Garten und Landschaftsbau oder bei

Fassaden- und Sockelanschlüssen zu einem erhöhten Feuchteaufkommen oder Schädlingsanflug kommen, kann auf resistendere, thermisch vorbehandelte Hölzer als die üblichen Konstruktionsvollhölzer aus Nadelholz zurückgegriffen werden.

Kurzfristige Erhöhungen des Feuchtegehalts an den Oberflächen von Holzbekleidungen, Fassaden oder Innenwandbeplankungen sind unkritisch, solange ein Rücktrocknen, durch Hinterlüftung ermöglicht wird. Daher hat sich in den letzten Jahrzehnten die von innen nach außen diffusionsoffener Bauweise besonders im Holzbau-systembau durchgesetzt.

Demnach kann auf chemischen Holzschutz, wie er in den 70er und 80er Jahren praktiziert worden ist, verzichtet werden kann, solange die Konstruktion dauerhaft trocken gehalten wird.⁸⁹

Die Vermeidung von gefährlichen Stoffen in Wohn- und Arbeitsbereichen (soziokulturelle Nachhaltigkeit) und die Recyclingfähigkeit (ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit) sprechen für die natürliche Verarbeitung Holz- und Lehmabbaustoffen und entsprechenden den aktuellen Nachhaltigkeitsgedanken.

⁸⁸ vgl. Winter in Kaufmann, Krötsch und Winter. 2017, S. 84

⁸⁹ Borsch-Laaks in Cheret, Schwaner, Seidel 2014

Holzfassaden

Eine weitere wesentliche Rolle im Feuchteschutz, aber auch als Bauteil für die Wärmedämmung und den Schallschutz außen, fällt auf die Fassade, welche die Konstruktion vor dem Eindringen der Feuchtigkeit von außen schützt. Fassaden können ebenso wie bei konventionellen Bauten in jeder erdenklichen Weise ausgeführt werden.⁹⁰

Oftmals werden Holzfassaden erwünscht, um konzeptionell die hölzerne Tragkonstruktion und ökologische Aspekte mit den Fassaden zu verbinden. Aus Gründen der Pflege und auch aus weiteren ökologisch und ökonomisch nachhaltigen Aspekten empfiehlt es sich, auf chemische Maßnahmen zu verzichten. Für die Holzfassade gilt ebenso wie für die Konstruktion das Vermeiden von dauerhafter Nässe und die Möglichkeit der Abtrocknung. Es empfehlen sich hinterlüftete Fassaden und Tropfkanten, damit es nicht zur Stauwasserbildung kommt. Auch Sockel, Dachüberstände und auskragende Decken nehmen positiven Einfluss auf Spritzwasser und Fassadenschutz.

Fassaden aus unbehandelten Hölzern verändern durch Photooxidation ihre Farbe.

Meist werden, wie im Absatz „Konstruktiver Feuchteschutz“ bereits erwähnt, witterungsbeständigere Hölzer im Außenbereich verwendet.

Um regionale Ressourcen zu nutzen und Hölzer witterungsbeständiger zu machen, kann auch auf thermisch vorbehandeltes oder vorbewittertes Holz zurückgegriffen werden.

Im Entwurfsprozess sollte dennoch beachtet werden, dass eine Vergrauung und ungleichmäßige Farbveränderung der Fassade entstehen, was im Gegenzug jedoch die Natürlichkeit der Fassade widerspiegelt.

⁹⁰ Winter in Kaufmann, Krötsch und Winter. 2017, S. 83-85

33

Grundlagenentwurf

3.1. Planungsgrundlage	66
3.2. Im Gespräch	68
Das Büro	
Nachhaltigkeit und Konstruktion	
Planungsgrundlagen	
Stadtelefant	
Ausblick	
kurz gefasst _	
3.3. Der Stadtelefant	84
Grundrissstruktur	
Arbeiten	
Wohnen	
Konstruktion	
3.4. Analyse	96

3.1

Planungsgrundlage

Im Zentrum dieser Arbeit steht der intensive Austausch mit dem renommierten Architekturbüro Franz&Sue und dem Stadtelefanten als Grundlagenentwurf. Nachfolgend wird der intensive Austausch mit dem Büro in einem journalistischen Interview zusammengefasst, der den Umgang mit neuen Bauprodukten und nachhaltigen Baustoffen sowie die Entwurfsparameter thematisiert.

Das Interview gliedert sich in verschiedene Themenbereiche, beginnend mit allgemeinen Fragen zum Büro und dessen Arbeitsweise, gefolgt von vertiefenden Diskussionen zur Nachhaltigkeit und den angewandten Konstruktionstechniken. Insbesondere wird auf die Planungsgrundlagen für neue Bautechniken eingegangen, bevor der Fokus auf den detaillierten Entwurf

des Stadtelefanten gelegt wird. Kapitel 3 stellt ausführlich Grundrisse und Konstruktion des Stadtelefanten auf Grundlage der Gespräche, der Bauantragsplanung und Publikationen dar.

Die Darstellung des Grundlagenentwurfs in diesem Kapitel umfasst nicht nur die Grundrisse für Wohn- und Arbeitsbereiche, sondern bietet auch Einblicke in den Schnitt und die konstruktiven Details des Gebäudes.

Abschließend wird in Kapitel 3.4 ein Fazit gezogen, in dem die Erkenntnisse aus dem Interview und dem Grundlagenentwurf reflektiert werden und welche Parameter sich für den Entwurf und die Entwicklung der konstruktiven Details in Kapitel 5 geben.

3.2

Im Gespräch:

Marten Wolbert
mit Ursula Gau (Leitung Wohnbau)

- **Franz&Sue** -

im Sonnenwendviertel Wien

- **Stadtelefant** -

am 26.01.2024

Dieses Interview wurde persönlich mit Frau Gau geführt. Tonaufnahmen des Gesprächs und Transkript wurden erstellt. Korrekturen und Ergänzungen wurden nach Rücksprache durchgeführt und journalistisch aufbereitet.

Das Büro

Sehr geehrte Frau Gau, Sie sind Leiterin der Wohnbauabteilung bei Franz&Sue. Einleitend würde ich mich freuen, wenn Sie mir in kurzen Worten die Schwerpunkte und das Profil des Architekturbüros Franz&Sue beschreiben können.

Sehr gerne. Unser Büro legt die Schwerpunkte auf klare, reduzierte, hochwertige Architektur.

Wir sind Generalplaner, die in großen interdisziplinären Teams arbeiten. Dabei haben wir gelernt, genau zuzuhören und der besten Idee mehr Raum zu geben als hierarchischen Strukturen. Wir sind davon überzeugt, dass Architektur dann wirklich gut werden kann, wenn etwas gemeinsam entsteht und jeder seine Eitelkeit ab und zu begräbt

Außerdem sind wir natürlich auch Planer und Bauherr für das Quartiershaus hier im Sonnenwendviertel, – dem Stadtelefanten – unser eigenes Büro.

Sind Sie der Meinung, dass das Profil des Büros sich auch sehr stark über bestimmte Materialien und Bauweisen definiert? Beispielhaft haben wir den Stadtelefanten schon genannt, den wir später auch intensiver besprechen werden?

Können Sie mir hierzu vielleicht weitere von Ihnen gebaute Beispiele nennen, wodurch Franz&Sue sich

klar definiert und welche die verschiedenen Typologien veranschaulichen?

Für jedes Projekt und für jede Aufgabenstellung werden bei uns individuelle Lösungen geplant.

In Wien wird aktuell das Wohnhochhaus im Nordbahnviertel fertiggestellt. Ein sehr schönes Projekt mit einer charakteristischen Fassadengestaltung. Vor allem hier in dieser Stadt haben wir einige Wohnbauten realisiert. Unter anderem der Stadtelefant, in dem neben unserem und weiteren Büros auch Wohnungen untergebracht sind.

Ebenso gibt's Großprojekte in Berlin, in Nürnberg und Konstanz - die wieder ganz anders in der Funktion, Wertigkeit, Materialität und auch im Erscheinungsbild sind.

Wir planen und realisieren sowohl Holzfassaden als auch die ganz klassischen Vollwärmeschutzfassaden. Dann haben wir Sichtbetonoberflächen wie hier in unseren Büros oder, ein sehr aktuelles Projekt, die Schule in der Leopold-Kohr-Straße im 22. Wiener Gemeindebezirk, ein Hybridgebäude mit Stahlbeton und Holzfassade. (Abb. rechts oben)



Abb.: 6 LKS- Schulneubau mit Holzfassade

Sind es lediglich Holzfassaden oder werden auch Holzkonstruktionen entwickelt oder verwendet?

Entwickelt ist das falsche Wort – sagen wir eher geplant und verwendet. Aber ja, es gibt Projekte, die konstruktiv komplett in Holz sind bzw. umgesetzt worden sind- leider sehr wenige.

Nachhaltigkeit und Konstruktion

Inwieweit besteht der Wunsch in Ihrem Büro einen größeren Schwerpunkt auf Nachhaltigkeit, Kreislaufwirtschaft, recycelbare Baustoffe zu legen, und wie definieren Sie Nachhaltigkeit bei Franz&Sue intern?

Also es wird in absehbarer Zukunft eine Stelle mit dem Schwerpunkt Nachhaltigkeit geben. Diese Position ist bereits ausgeschrieben. Die Inten-

tion ist, mit dieser Person, die diese Stelle besetzen wird, diese Themen der Nachhaltigkeit noch mehr in den Fokus von unseren Planungen zu setzen. Das betrifft alle Aspekte der Nachhaltigkeit, Soziologie, Kreislaufwirtschaft, Konstruktion, Materialien sowie alle erdenklichen Zertifizierungen, die am Markt gegeben sind. Es wird ein breit gefächertes Themenfeld sein und für die Person sicher eine spannende Herausforderung werden.

Sind diese angesprochenen Themen mittlerweile auch Teil der Entwurfsaufgabe, beziehungsweise werden diese Aspekte und Parameter von Auftraggeber:innen oder Auslober:innen, zum Beispiel Bauträger:innen oder Wettbewerbsausschreibungen, aber auch aus politischer und rechtlicher Sicht gefordert?

⁹⁰Klimaaktiv:
die Klimaschutz-
initiative des
Bundesministeriums
für Klimaschutz,
Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation
und Technologie

⁹¹EU-Taxonomie:
EU-weit gülti-
ges System zur
Klassifizierung von
nachhaltigen Wirt-
schaftsaktivitäten

Zertifizierungen generell werden immer attraktiver und sie werden auch immer mehr gefordert und gefördert. Im Wohnbau wurden Projekte während der Planungsphase auf *klimaaktiv*⁹⁰ umgestellt. Das heißt, dass größere Umplanungen wie geänderte Dämmstärken oder mehr Fahrradstellplätze teilweise noch nachträglich eingeplant werden müssen.

Dann glaube ich, dass die *EU-Taxonomie*⁹¹ eigentlich schon die richtige Richtung anstrebt. Ich sehe, dass auch schon das politische Ansinnen insbesondere in Form von landesspezifischen Förderungen gegeben ist.

Es viele Aspekte und Anreize, die man noch ausbauen kann, die somit in den Planungsphasen immer wichtiger werden und die zukünftig sicherlich mehr in den Fokus rücken.

Inwieweit können und konnten Sie sich mit diesen neuen Konzepten bereits durchsetzen, die auf nachhaltigen kreislauffähigen Baustoffen beruhen? Gibt es zum Beispiel bereits Erfahrungen mit Holzbauten und haben Sie bereits auch schon Lehmbauprodukte in Ihrem Portfolio anwenden können?

Lehm als Baumaterial haben wir bis jetzt nur in der Schule in Puntigam umgesetzt (s. Abb. rechts) und kürzlich fertiggestellt. Nun würde mich

interessieren, ob die Nutzer mit dieser Lehmputzoberfläche zufrieden sind. Weiteres haben wir Bauten mit einer Holzfassade in einem Kindergarten in Immendorf, bei einem Wohnbau in Oberwagram, im Krankenhaus Liezen und im Technologiepark in Pasching realisieren können.

In welchen Planungsphasen entstanden bzw. entstehen denn die größten Schwierigkeiten mit diesen angesprochenen neuen und nachhaltigen Baustoffen, zum Beispiel in denen von Ihnen versucht wird, Lehm durchzusetzen oder auch Holzkonstruktionen zu verwenden?

Ja, das ist leider oft ein Streitpunkt - der wird immer in dem Korsett der Kosten relevant sein. Beziehungsweise zurzeit nicht umgesetzt werden, weil der Holzbau doch noch einfach ungefähr 30 Prozent teurer ist als z. B. das konventionelle Bauen. Beim Lehm-bau kann ich es nicht so genau sagen. Ich vermute mal, es geht in dieselbe Richtung. Es gilt für uns Architekten mehr Wertigkeit durchzusetzen, beziehungsweise mehr Druck aufzubauen auf die Auftraggeber, damit man dies dann wirklich wertschätzen und umsetzen wird.

**Das ist ein guter Aspekt!
Da würde ich mal gern einhaken:**



Abb.: Lehmputz im Bildungscampus Graz-Puntigam

Planungsgrundlagen

Finanzielle Aspekte sind oftmals ausschlaggebend, aber glauben Sie, dass es an der fehlenden Offenheit der Auftraggeber:innen mangelt? Oder mangelt es vielleicht auch an den fehlenden Planungsgrundlagen, dass es sozusagen gebaute Referenzen braucht? Sind die Auftraggeber:innen im Allgemeinen offen für neue nachhaltige Konzepte?

Je mehr ein Produkt verwendet wird, desto mehr steigt auch die Wertschätzung und Anerkennung im Allgemeinen. Sobald es in eine Rentabilität durch Massenproduktion erfährt, wird ein Baustoff auch leistbarer und somit attraktiver für Auftraggeber und Planer.

Sind Sie trotz dessen auch der Meinung, dass es an Planungsgrundlagen für nachhaltige Baustoffe im Allgemeinen, wie Holz und natürlichen Dämmstoffen, aber auch insbesondere Lehmbaustoffe noch mangelt?

Beim Lehmbau sehe ich das Problem, dass es kaum Normierungen in Österreich gibt!

Dies stellt somit eigentlich das Problem dar, dass das Risiko für uns nicht kalkulierbar ist.

Wenn wir bei Lehmbau oder mit Lehm einen Bauschaden oder irgendetwas anderes generieren – dann stellt sich sofort die Frage: Wer haftet dafür, wenn ich keine Norm habe, die ich einhalten muss oder kann und als Grundlage dafür verwenden kann?

Also im Holzbau und bei den Holzbauetails sieht es meines Erachtens mittlerweile schon ganz anders aus.

Es gibt sehr viele Grundlagen, zum Beispiel vom IBO bzw. baubook und anderen Institutionen. Dort sehe ich eher nicht das Problem. Beim Lehm-bau ist es einfach die fehlende Normierung!

Deswegen stellt sich auch die Frage, auf welcher Grundlage entwerfen Sie in den verschiedenen Planungsphasen und auf welche Quellen und Ressourcen greifen Sie zurück?

In welchem Bereich werden Fachplaner:innen hinzugezogen, oder vielleicht gibt es auch Fachplaner:innen schon im Haus, wenn jetzt schon sogenannte Holzbauprojekte umgesetzt worden sind?

Grundlagen sind die Erfahrungen aus eigenen Projekten, sämtliche Publikationen und die bekannte Fachliteratur und Datenbanken, die zur Verfügung stehen. Auf die werden bei uns immer zugegriffen.

- „Man muss das Rad ja nicht neu erfinden. – man muss man nur richtig einsetzen können.“

Außerdem gibt es diverse Sub-Planer, also Spezialisten für diverse Sachen und Fragen, die man eventuell mit einplanen muss. Das ist egal, ob für ein Krankenhaus oder sonstige besondere Anforderungen und Planungsaufgaben. Für die haben wir immer Spezialisten mit an Bord.

Standarddetails gibt es auf jeden Fall auch bürointern. Es gibt eine eigene Leitdetailabteilung im Haus, die quasi einen Katalog erstellen und stetig aufbauen, auf den man zurückgreifen kann. Diese stehen uns dann auch als Grundlagen für Wettbewerbe, Vorentwurf, Entwurf und weitere Planungen zur Verfügung.

Inwieweit werden im Allgemeinen aber auch in den verschiedenen Planungsphasen bereits Lebenszyklusanalysen, -kosten und Ökobilanzierung durchgeführt und somit für Entscheidungsprozesse hinzugezogen? Und wird bereits im Wettbewerb über Themen wie graue Energie gesprochen?

Graue Energie –so spezifisch wird es im Wettbewerb meines Wissens nicht. Es gibt sehr detaillierte Auslobungsunterlagen, die die Basis bilden und die Grundlagen für unsere Entwürfe sind. Klassisch enthalten Sie den Masterplan, Nutzungsvorgaben sowie Widmungen und einzelne gesonderte Bestimmungen - Das sind die Grundlagen, die eigentlich für uns und den Wettbewerb relevant sind.

Was die Konstruktion und die Fassade betrifft, die wird detailliert im Wettbewerb ausformuliert.

Diese Themen kommen dann zu einem späteren Zeitpunkt? - Also der Wettbewerb wird nur recht konzeptionell ausgearbeitet? Später kommen Lebenszyklusanalysen, Ökobilanzierung und solche Themen hinzu, um sozusagen das Projekt zu optimieren?

Grundsätzlich sind, wie erwähnt, Konstruktionen, Fassaden sowie

Materialität ziemlich klar definiert, aber jetzt Innenoberflächen und -ausbauten und weiteres eher rudimentär. Also, in dem Zusammenhang wird es später im Vorentwurf wesentlich spezifischer.

Nehmen denn Anpassung von Normierung und Zertifizierung von neuen nachhaltigen Baustoffen Einfluss auf Ihre zukünftige Planung oder auch auf die Vergabe?

Wie bereits erwähnt, wird es zukünftig diese Stelle des Nachhaltigkeitsbeauftragten geben, und dahingehend werden wir auch sicherlich noch mehr Fokus auf diese Themen legen können.

Im Wesentlichen gibt es die bestehenden Normen. Die, die in den diversen Normungsausschüssen definiert und entwickelt werden sowie von der Industrie unterstützt sind und stetig neue Planungsgrundlagen bilden.

Wie ich bereits angedeutet habe, würde es zum Beispiel eine Normierung für Lehm geben, würde diese auch gezielter und mehr angewendet werden, da dann die rechtliche Situation und Haftbarkeit für uns Planende geklärt ist.

Wie können Sie als Architekturbüro bei der Einführung und Etablierung von Bauprodukten mitwirken beziehungsweise inwieweit entwickeln Sie auch neue Bauprodukte?

Neue Bauprodukte entwickeln wir nicht direkt. Aber es gibt den einen oder anderen Diskurs mit Baustoffherstellern oder ausführenden Firmen, die zu einer Optimierung oder Anpassung diverser Materialien oder Leitdetails führt.

Wir sind als Architekturbüro auch sehr bemüht, dass wir einen regen Austausch über Neuigkeiten und Möglichkeiten am Markt abtasten.

Bei uns gibt es die Franz&Sue-Akademie, die vier Mal im Jahr stattfindet und in der wir neue Schwerpunktthemen behandeln, wie vor kurzem Holzbau, oder viele andere aktuelle Themen.

In der Richtung gibt's schon reges Interesse und Bemühungen, etwas voranzutreiben, das Interesse unserer Mitarbeitenden zu wecken und sie stetig weiterzubilden.

Stadtelefant

Diese Diplomarbeit wird im Front Office den Stadtelefanten im Zentrum des Sonnenwendviertels genau beleuchten und auf Grundlage dessen einen konstruktiven Alternativentwurf zum konventionellen Bauen in Wien darstellen. Können Sie mir kurz über die Entstehung und die Planungsaufgabe des besonderen Projektes erzählen?

Es hat die Intention gegeben, dass ein eigenes Büro gebaut werden soll.

Und der erste Gedanke ist natürlich gewesen, wo baut man das?

Dann hat sich die Möglichkeit von einem Neubau in diesem Stadtentwicklungsgebiet ergeben.

Ziel war es auch verschiedene Architekturbüros und Fachplaner gemeinsam an diesem Standort zu verbinden und einen möglichst engen Austausch mit all diesen Personen zu erreichen.

Daraufhin entstand die Idee, ein Haus für mehrere Planungsbüros und auch zum Wohnen zu bauen. Ein Kreativcluster wurde entwickelt, sodass wir unsere Arbeitsweisen, Denkweisen, Vernetzungsmöglichkeiten unter einem Dach vereinen können- das möglichst bunt gemischt.

All dies bietet uns der Stadtelefant und das Sonnenwendviertel! Unterstützt wird diese durch die Infrastruktur, Co-Working-Spaces und die ganze Grätzlstruktur, die es da hat.

Sie haben an diesem Projekt mit Ihrem Büro als auftraggebende als auch auftragnehmende Partei agiert. Wie genau haben sich hier die verschiedenen Stakeholder zusammengesetzt und auch miteinander geplant? Was macht den Stadtelefanten aus? Wie ist diese Zusammenkunft halt entstanden?

Es hat immer eine aktive Zusammenarbeit mit anderen Architekturbüros, aber auch Fachplanern gegeben. Insbesondere von Franz&Sue, also damals noch „Franz“ und „Sue“ als getrennte Büros.

Das war ein wichtiges Anliegen, diese Synergien zu nutzen und dann weitere Architekturschaffende und Planende wie Brandschutzplaner und ähnliche mit einzubeziehen.

Innerhalb von unserem Büro hat es klar aufgeteilte Rollen gegeben. Es hat eine definierte Person geben, die als Auftraggeber bestimmt wurde- also die Interessen von dem Auftraggeber mit dem Team zusammen vertritt – und die andere Seite war dann quasi die Planung. Und so hat man sich wie bei einem herkömmlichen Projekt die Struktur abgeschaut- nur halt alles bürointern.

Für uns war es sehr wichtig und spannend, auch mal die beiden Seiten, speziell die Auftraggeberseite wahr-

zunehmen und die anderen Probleme und Prioritäten kennenzulernen.

Inwieweit spielten die Themen Nachhaltigkeit, Kreislaufwirtschaft, recycelbare Baustoffe bei Konzeption und Planung des Stadtelefanten bereits eine Rolle?

Es war wichtig, dass wir ein nachhaltiges Objekt bauen, das langfristig nutzbar ist. Sprich: freie Grundrisse, dass man sowohl Arbeiten als auch Wohnen implementieren kann.

Wichtig war es somit frei von der Konstruktion zu sein und die Grundrissgestaltung grundsätzlich flexibel zu halten.

Mit diesen vorgefertigten Betonsandwichpaneelen als tragende Außenhülle erreicht man sehr hohen Vorfertigungsgrade, somit ist man während der Bauphase schnell und braucht nur punktuelle Stützgerüste – man spart sich unter anderem auch das aufwendige umlaufende Baugerüst vorzuhalten und aufzustellen.

Die soziale Nachhaltigkeit ist uns aber auch ein wichtiger Entwurfsaspekt. Wir haben das Lokal im Erdgeschoss entworfen, das öffentlich zugänglich ist. Und nicht nur das ganze Haus zum Mittag, sondern auch das Grätzel versorgt und somit Bindeglied hier ist.

Bei der Planung wurde sich für eine unkonventionell von Ihnen entwickelte Betonbauweise entschieden. Beschreiben Sie bitte kurz den konstruktiven Aufbau und können Sie mir hier die Gründe und Vorteile für diese Bauweise nennen?

Der Hauptgrund für die Betonbauweise war die Möglichkeit, ein sehr flexibles Gebäude mit vielen Nutzungsmischungen, das heißt: Gastronomie, Arbeiten und Wohnen zu bauen und zu vereinen. Daher war die freie Grundrissgestaltung mit tragenden Außenwänden und entsprechenden Raumhöhen, ein recht wichtiger Aspekt in dem Entwurf unseres Quartiershauses.

Dies sehe ich auch als größte Herausforderung für einen alternativen Entwurf: Dass die Grundrisse im „Lehmbau“- und deinem Alternativentwurf so frei gestaltbar bleiben.

Das macht mich besonders neugierig!

Gab es alternative Überlegungen im Entwurfsprozess zur Materialität und zur Konstruktion?

In einem der ersten Entwürfe war im Süden eine großzügige Glasfassade geplant und die ist dann aus wirtschaftlichen und funktionalen Gründen abgeändert worden. Am Ende war das Kosten- und Nachhaltigkeits-

thema beziehungsweise das Verhältnis das Ausschlaggebende.

Welche Vorteile erhoffen Sie sich mit dieser Bauweise - insbesondere mit Blick auf den Wohnbau in Wien und Mitteleuropa, wo Ihr Haupttätigkeitsgebiet liegt?

Die Vorteile sind eigentlich, wie bereits zuvor beim Stadtelefanten gesagt: Wir hoffen, dass wir die Entstehungsprozesse, Entwicklungsprozesse damit weiterbringen können, egal in welche Richtung. Fokus liegt hier auf auch auf Nachhaltigkeit.

Eine Besonderheit besteht beim Stadtelefanten bei den fertigen Betonsandwichelementen, die die Fassade klar gliedern, unterstrichen aber auch durch den Sichtbeton innen wie außen eine besondere Ästhetik ausstrahlen. Ist die Materialität nur aus ästhetischen, sondern auch mit Nutzen begründet?

Naja, Sichtbetonflächen sind immer ein ästhetisches Statement: Glatte Oberflächen und klare Gliederung. Das ist nicht in jedem Geschoss gleich, jedoch sehr ähnlich und zieht sich durch.

In den Wohnungen ist es etwas individueller- auch meist gespachtelt und gemalt oder teilweise nur mit Sicht-

beton an den Decken belassen. Aber ja, es ist schon ein sehr gestalterisches Statement.

Die Fertigteile sind von Trepka. Dieses Sandwichsystem ist ein marktübliches Produkt, was wir davon konzipiert haben, sind eben die gestalterischen Aspekte wie die geschosshohen Elemente, die großen Fensteröffnungen und die gestalterisch eingesetzte Fugenteilung. Diese Aspekte kommen natürlich von uns, weil diese für unseren Entwurf sehr ausschlaggebend waren- aber so an sich gibt's das Architekturbetonelement schon länger am Markt.

Der sehr hohe Anteil an Sichtbetonflächen bringt sehr viel speicherbare Masse mit sich. Dennoch benötigt es besonders im Wohnungs- aber auch im Gewerbebau oftmals für die Flexibilität einfache Lösungen und technische Ausgleich- und Anschlussflächen. Wie wurden diese Problematiken gelöst beziehungsweise vielleicht auch in Chancen umgewandelt?

Ja, alle Leitungen werden bereits im Wandelement vereint und im Werk hineingelegt.

Das bedeutet, der Vorplanungsaufwand ist sehr hoch, welcher im Vorfeld zu einem sehr intensiven Planungsprozess führt. Da jede Öffnung, jede

Fuge, jede Leitung und jede Steckdose, alles schon vor der Produktion des Elements vorskizziert und festgelegt sein muss.

Ansonsten ist halt alles andere über die Ortbetondecken geregelt wie Heizen und Kühlen, vorkonditionierte Außenluft, und mechanische Zu- und Abluftanlage für die Büros- fast alles in der Decke verbaut.

Wie sind technische Lösungen, Leitungsführung und Elektronik gelöst?

Also die Deckenleuchten sind in der Sichtbetondeckenuntersicht, die Bauteilaktivierung im Bauteil und vieles mehr ist im Bodenaufbau.

Konnten Sie diese von Ihnen „weiterentwickelte“ Bautechnik wie beim Stadtelefanten bei weiteren Projekten einsetzen oder realisieren? Und auf welche Besonderheiten muss bei dieser Bauweise geachtet werden?

In der Grete-Zimmer-Gasse in der Nähe der Hausfeldsiedlung ist ein sehr ähnliches Projekt, das in etwa dieselbe Bauweise hat. Besonderes Augenmerk muss hier auf die Ausbildung der ganzen Leitdetailanschlüsse und insbesondere die Vorplanung, bedingt durch die hohe Vorfertigung, gelegt werden. Also speziell Fensteranschlüsse, Attikaabschlüsse und der-

gleichen. Aber das bringt projektspezifisches Arbeiten immer mit sich. Da sind wir grundsätzlich gefordert, egal welches Material es ist, am Ende müssen wir schauen, dass wir bautechnisch die Ausführung korrekt machen.

Das Konzept des Stadtelefanten beinhaltet nicht nur die Sichtbeton-Sandwichmodule, sondern auch viele andere nachhaltige Aspekte. Worin sehen Sie Kernaspekte, die auch bei einer Anpassung der konstruktiven Planung auf einem maximalen Holz-Lehmanteil bestehen bleiben müssen, um den Charakter des Gebäudes beizubehalten?

Ich bin der Meinung, dass sobald man die Materialität ändert, sprich das Gebäude aus oder mit Lehm baut, wird es sowieso einen anderen Charakter haben. So kann ich gar nicht sagen, möchte ich den eigentlich beibehalten? Ich glaube, Materialität hat eine eigene Sprache, es wird mit Lehm ein anderer Ausdruck sein.

Die Herausforderung ist, dass man einfach diese an die Gründerzeitbauten angelegten Raumhöhen schafft, dass die Grundrisse frei gestaltbar bleiben und die relativ großen Fensteröffnungen für die großzügige Belichtung beibehält. Das werden die Entwurfsherausforderungen sein.

Ausblick

Ja, wenn ich Sie richtig verstehe, ist die Nachhaltigkeitsdefinition von Franz&Sue zu diesem Gebäude: gründerzeitliche Raumhöhen für die Flexibilität der Grundrisse – freie Grundrissgestaltung sowie Langlebigkeit.

Abschließen möchte ich mit der Frage:

Können Sie sich vorstellen, Ihre Planung komplett auf Lehm- und Holzkonstruktionen und natürlichen Dämmungen umzustellen und somit einen positiven Beitrag mit der Architektur für die Probleme unserer Zeit zu leisten?

In welchem Bereich ist und bleibt der Beton für Sie unverzichtbar?

Es wird immer projektspezifische Bewertung geben müssen und Entwurfsentscheidungen getroffen werden. Große Spannweiten, besondere Formen werden wahrscheinlich auch die Wahl der Konstruktion und Materialität dementsprechend beeinflussen. Aber es ist definitiv unser Anliegen, auch konkret mehr mit Lehm und sonstigen ressourcenschonenden und nachhaltigen Baustoffen zu arbeiten – auch neue oder wieder entdeckte Baustoffe zu implementieren.

Fragen an Sie und Ihre Diplomarbeit sind daher insbesondere: Wie man so

große Außenflächen vor Wasser und Witterung schützt - oder wie groß der Erhaltungsaufwand wird?

Wie langlebig das Gebäude tatsächlich ist, wenn man dies komplett in Lehm umsetzen würde? Ist dieses möglich? Wie sieht die Sockelausbildung aus? Wie sieht die Dachausbildung aus? Wie kann die Hülle möglichst lange bestehen bleiben? Als konkrete Frage: Wie funktioniert der Fassadenschnitt? Ich stell mir vor, das sind lange Trocknungsprozesse im Lehm- und Holzbau. Nehmen diese Einfluss oder wie sind die Ansätze, dies in den Griff zu bekommen? Was ändert sich im Bauprozess? Was verändert sich durch das Trocknen vom Lehm? Durch das Trocknen verändert sich das Volumen. Wie fängt man solche Toleranzen ab und wie bewertet man so etwas? Und Lehm kommt auch nicht überall vor? Habe ich somit lange Anfahrten zu Baustellen und somit lange Transportwege? Wie schauen zukünftige Genehmigungsverfahren mit Lehmprodukten aus? Was für Grundlagen muss man schaffen, damit Planungen auch entsprechend einreicht werden können? Dies natürlich gilt auch für die bauphysikalische und statische Bewertung und Bemessung.

Welche Lehm- und Holzbauteile kommen grundsätzlich für solche Projekte infrage?

Ist es Stampflehm in der Konstruktion, oder sind es lediglich Platten? Wenn ich Lehmplatten verwende, was habe ich für eine Kernkonstruktion, die den statischen Herausforderungen gewachsen ist? Habe ich Vorteile, wenn ich Lehm fürs Wärmedämmverhalten im Winter und Sommer nutze? Ich bin sehr gespannt auf deine Ergebnisse und Auseinandersetzung mit dem Thema Lehm.

Ich hoffe, einige Ihrer offenen Fragen beantworten zu können und so Ihnen das Thema Lehm näher zu bringen. Vielen Dank für das ausführliche Gespräch!

kurz gefasst

Frau Gau beschreibt als Leiterin der Wohnbauabteilung bei Franz&Sue und Bauexpertin in dem vorangegangenen Gespräch die Haltung und den Umgang mit Nachhaltigkeit, Baustoffen und den Entwurfsaufgaben in ihrem Büro.

Franz&Sue ist Teil eines breit aufgestellten Architekturbüros mit vielseitigen Planungsaufgaben, unter anderem den Stadtelefanten, der die Grundlage für den Entwurf und Katalog bildet.

Nach Aussage des Büros wird:

"Für jedes Projekt und Aufgabenstellung werden [bei uns] individuelle Lösungen geplant".

Erkenntlich wird in der Unterhaltung aber auch, dass diese immer im Kontext der Kosten und der Auftraggeber:innen stehen. Ebenso bedarf es gebauter Referenzen, in denen neue oder auch alte, nicht zertifizierte Bauprodukte verwendet werden, damit durch Massenproduktion auch finanzielle Rentabilität erzielt wird und somit die Nachfrage bei den Auftraggebern steigt. Dies ist einer der Gründe, warum der Lehm-bau bisher sehr zurückhaltend eingesetzt wird.

"Beim Lehm-bau sehe ich das Problem, dass es kaum Normierungen in Österreich gibt!",
betont Frau Gau.

Sie deutet hier an, dass die Verantwortung und Entwicklung von neuen nachhaltigen Produkten und Konzepten durch Vorschriften, Normen und Haftungsgrundlagen bei den Herstellern, der Industrie und politischen Entscheidungen liegt.

Entscheidungen im Entwurfsprozess werden bei Franz&Sue größtenteils auf der Grundlage vorhandenen Wissens in Datenbanken, eigener Erfahrungen sowie publizierten Detailkatalogen und in Abstimmung mit Fachplanern:innen getroffen. Ihrer Meinung nach besteht dieses Wissen bereits für das konventionelle Bauen und auch für den Holzbau, jedoch noch nicht für den Lehm-bau.

Es wird in dem Gespräch erkenntlich, dass in Zukunft ein größerer Schwerpunkt auf Nachhaltigkeit gelegt werden soll. Dies soll eine neu ausgeschriebene Stelle ermöglichen, die Zertifizierungen, Normierungen und die Gegebenheiten am Markt prüfen und in der Planung implementieren soll. Generell ist das Architekturbüro sehr aufgeschlossen für neue Konzepte, bemüht sich, neues Wissen intern zu sammeln und weiterzugeben, und regt durch Schulungen stetig das Interesse aller Mitarbeiter:innen an neuen Bauprodukten an.

Zudem erklärt Frau Gau, dass ihr Büro keine Bauprodukte direkt entwickelt, sondern vorhandene eher anpasst und für ihre Entwürfe optimiert.

„Aber es gibt den einen oder anderen Diskurs mit Baustoffherstellern oder ausführenden Firmen, die zu einer Optimierung oder Anpassung diverser Materialien oder Leitdetails führen.“

Hinsichtlich der Materialität und Konstruktion beim Stadtelefanten, beschreibt Frau Gau die Bedeutung von Sichtbetonflächen in diesem konkreten Entwurf:

"Sichtbetonflächen sind immer ein ästhetisches Statement: Glatte Oberflächen und klare Gliederung."

Diese ästhetische Entscheidung zieht sich durch das gesamte Projekt und trägt maßgeblich zur gestalterischen Qualität des Gebäudes bei. Der Beton wurde aber auch aus Nachhaltigkeitsgründen gewählt, um eine freie Grundrissgestaltung, entsprechende Deckenhöhen und Langlebigkeit zu ermöglichen.

Franz&Sue ist zuzustimmen, dass grundsätzlich bei allen Projekten alle ökologischen, ökonomischen und soziologischen Dimensionen der

Nachhaltigkeit zu berücksichtigen sind.

Inwieweit auf Beton verzichtet werden kann, wird bei Franz&Sue in Zukunft aber immer projektspezifisch entschieden werden müssen.

Abschließend wird deutlich, dass diese Arbeit noch viele offenen Fragen beim Bauen mit Lehm beantworten muss. Im intensiven Austausch mit Franz&Sue wird erhofft, dass diese Diplomarbeit mehr Wissen über die Anwendung von Lehm generiert und publiziert, um nachhaltiges Bauen zu fördern.

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



3.3



Der Stadtelefant

Der Stadtelefant ist ein Quartiershaus im Sonnenwendviertel in Wien, entworfen und vielfach publiziert durch das Architekturbüro Franz&Sue, welches als eigenes Wohn- und Geschäftshaus genutzt wird. Es zeichnet sich durch seine markanten Sichtbetonflächen und seine gegliederte Fassade aus, die auf einen sehr hohen Vorfertigungsgrad mit Sandwichmodulen zurückzuführen ist (s. Abb links). Auf den folgenden Seiten wird das Gebäude in seiner Struktur anhand der Grundrisse, des Schnittes und der Konstruktion genauer erläutert.

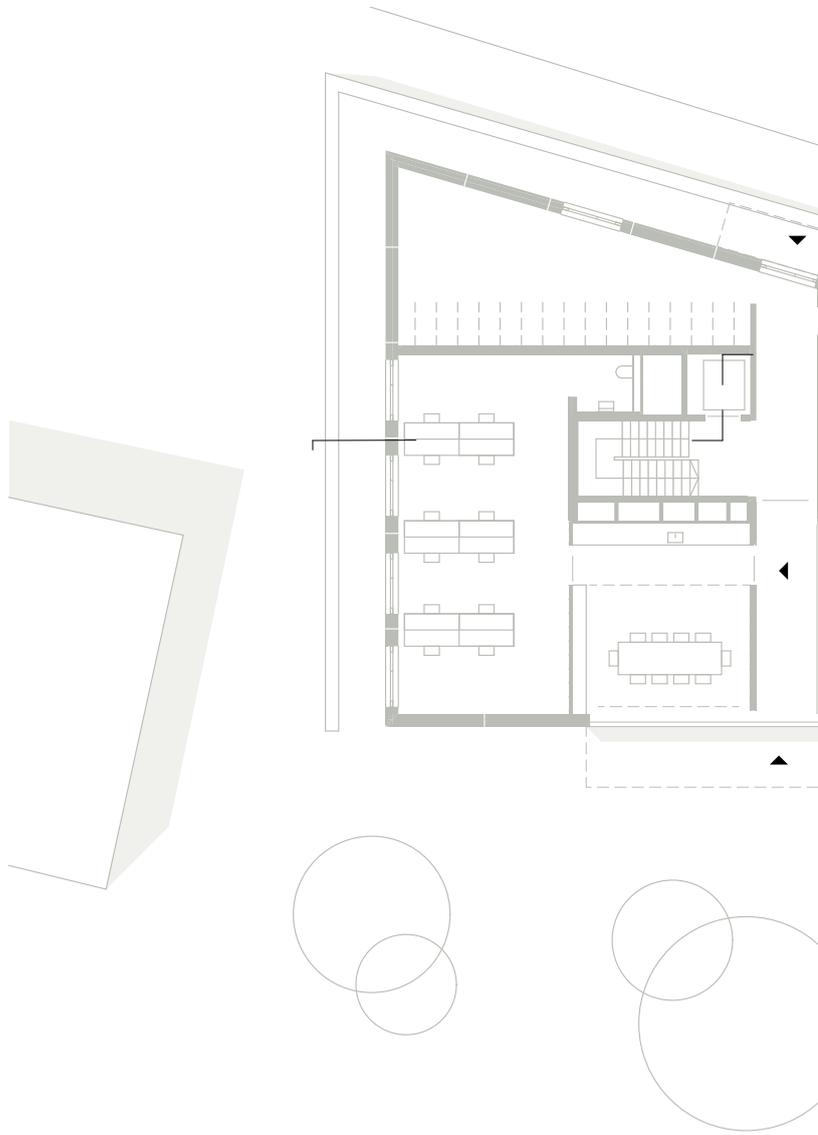
Dieses Projekt wurde in Absprache mit dem Architekturbüro aus ihrem Portfolio ausgewählt und bildet die Grundlage für den ökologischen Bauteilvergleich in Kapitel 4 sowie den abschließenden Entwurf in Kapitel

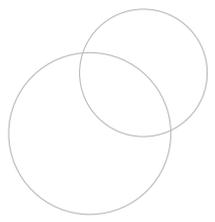
5. Alle Zeichnungen sind vereinfacht und interpoliert dargestellt und basieren auf vom Büro publizierten Zeichnungen, dem vorliegenden journalistischen Interview⁹³ und den übergebenen Bauantragszeichnungen mit Bauteilaufbauten und Informationen aus vereinzelt Rücksprachen. Sie wurden besten Gewissens erstellt.

Die Darstellung ist notwendig, um Entwurfsparameter und Entscheidungen der nachfolgenden Kapitel nachvollziehen zu können

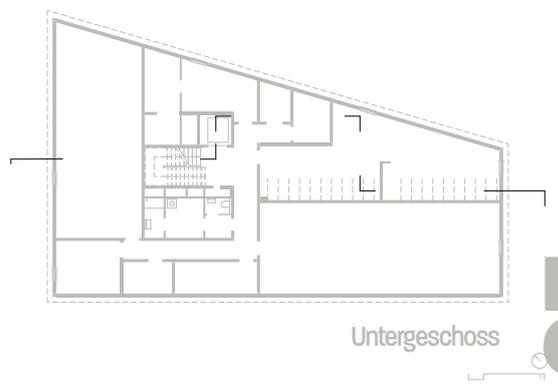
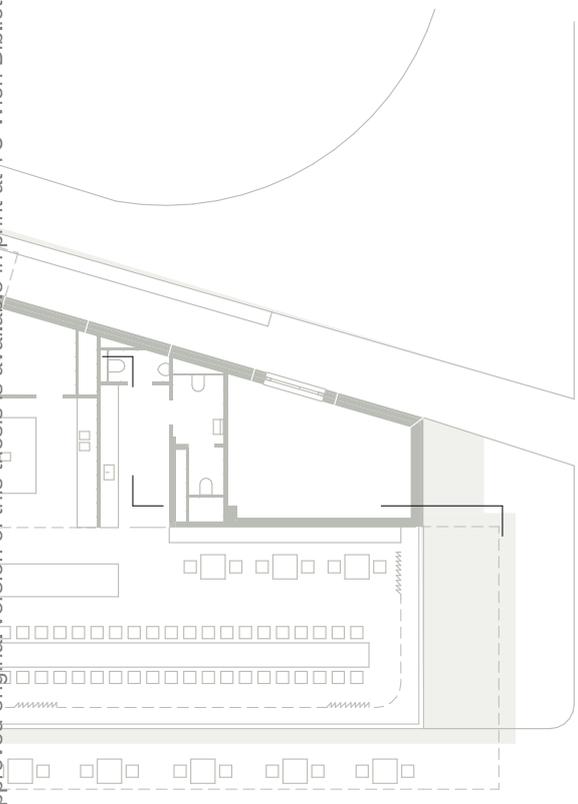
⁹³ vgl. Kapitel 3.3

Stadtelefon





Erdgeschoss



Untergeschoss



Grundrissstruktur

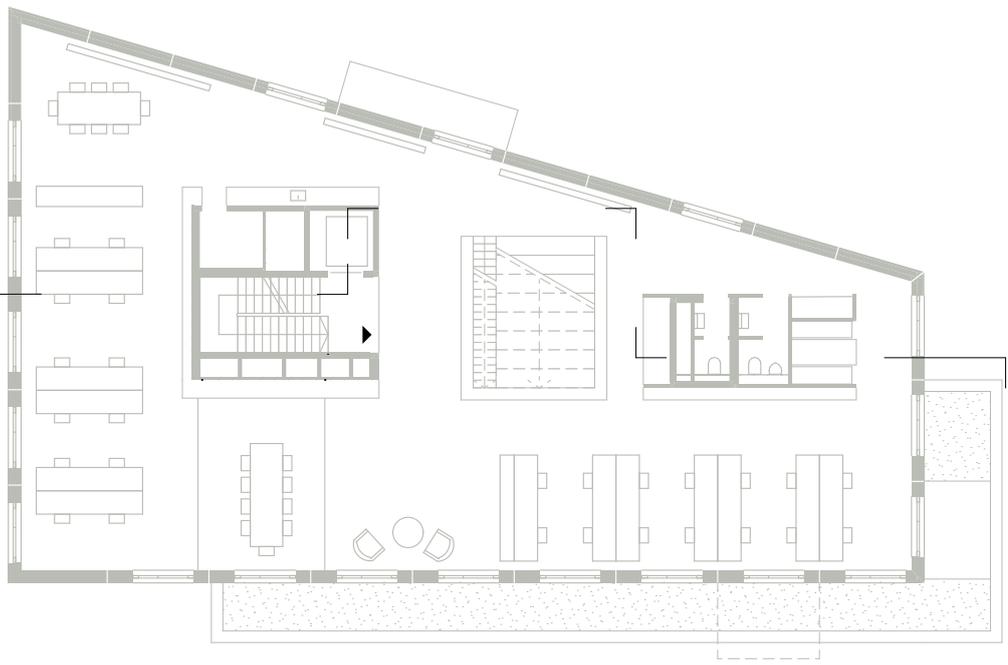
Aufbauend auf das Untergeschoss (Abb. S. 88), welches alle Facilities wie Fahrradkeller und Lagerräume beherbergt, öffnet sich das Erdgeschoss (Abb. S. 88), mit dem Café unter dem auskragenden Dach, der Terrasse und großen Glasfassade zum Grätzl – dem Sonnenwendviertel. Im Erdgeschoss ist die Hauptschließung für das Geschäftshaus mit Co-Working-Spaces sowie rückseitig introvertierten Wohnungs- und Versorgungseingängen.

Die Obergeschosse hingegen sind durch ihre Struktur frei gestaltbar und bilden somit die Regelgeschossgrundrisse. Grundsätzlich werden alle

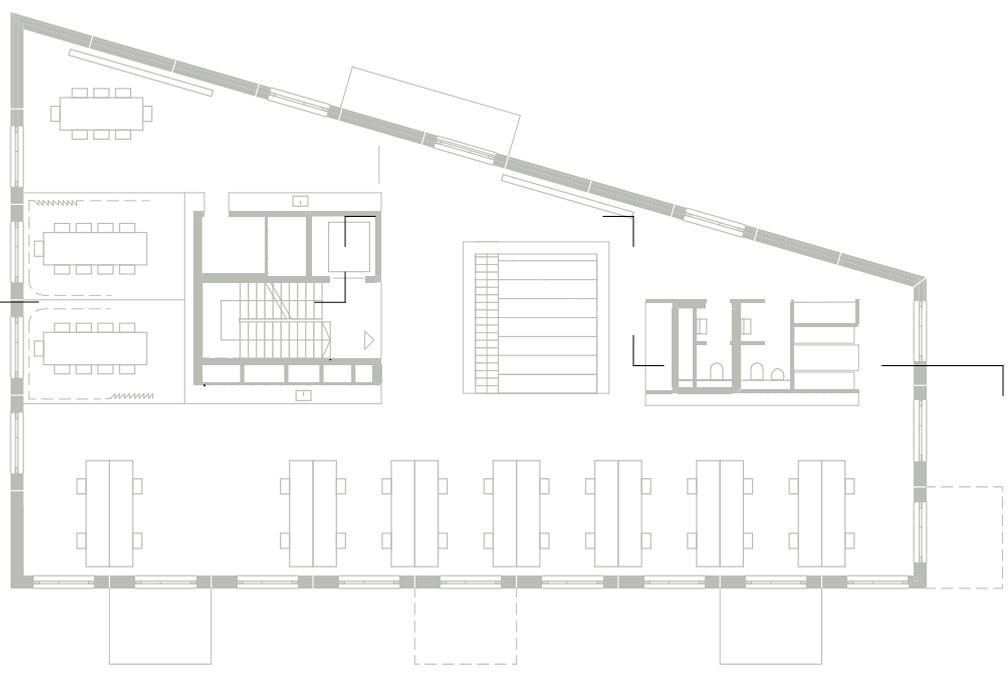
Geschosse um den zur linken Hand liegenden Treppenkern erschlossen. Ebenso sind hier und in einem weiteren Betonschacht die Versorgungsleitungen der einzelnen Einheiten geregelt. Diese beiden Betonkerne und die tragenden Außenwände ermöglichen somit eine maximale Grundrissfreiheit, die auch vertikale Verbindungen wie die große Sitztreppe im Zentrum erlaubt. (s. OG1 und 2 und Foto)

Weitere Einbauten werden lediglich durch nichttragende Elemente oder Glastrennwände ermöglicht. Außenwände und Decke bleiben in Sichtbetonoptik.





Obergeschoss 1



Obergeschoss 2



⁹³ vgl. Stadtelefant online

Arbeiten

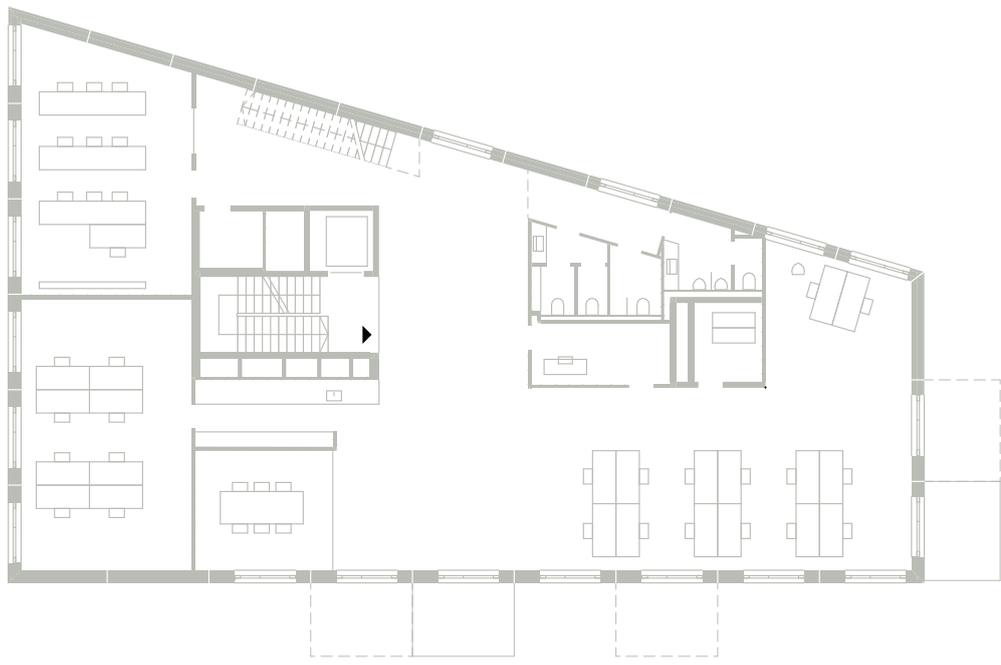
Hauptsächlich werden die Geschosse I–VI des Gebäudes als Büro- bzw. Geschäftsräume genutzt. Wie im Interview beschrieben, wurde es ursprünglich als Architekturcluster, an dem drei Architekturbüros sowie ein Bausoftwareunternehmen und ein Brandschutzplanungsbüro beteiligt waren, geplant und immer noch genutzt. Ergänzt wird dies durch das im Erdgeschoss ansässige Architekturvermittlungskollektiv im Co-Working-Space, in dem Expert:innen unter einem Dach vereint sind. Aufgrund der 3,20m hohen Räumlichkeiten besteht eine besonders hohe Nutzungsvielfalt, die auch für Nachnutzungen vorgesehen ist.

Die freie Grundrissgestaltung ist gemäß den Planer:innen des Stadtelefanten an die Grundrisse und Entwurfparameter der historischen Gründerzeithäuser Wiens angelehnt – auch liebevoll "Gründerzeithaus 2.0."⁹³ genannt. Teilweise erstrecken sich die einzelnen Büro- und Geschäftseinheiten über zwei Geschosse und werden intern zusätzlich über einläufige Treppen erschlossen. Mehrere Geschäftseinheiten innerhalb eines Geschosses werden in der Regel mit nichttragenden Wohnungs- und Bürotrennwänden somit brand- und schallschutztechnisch separiert.

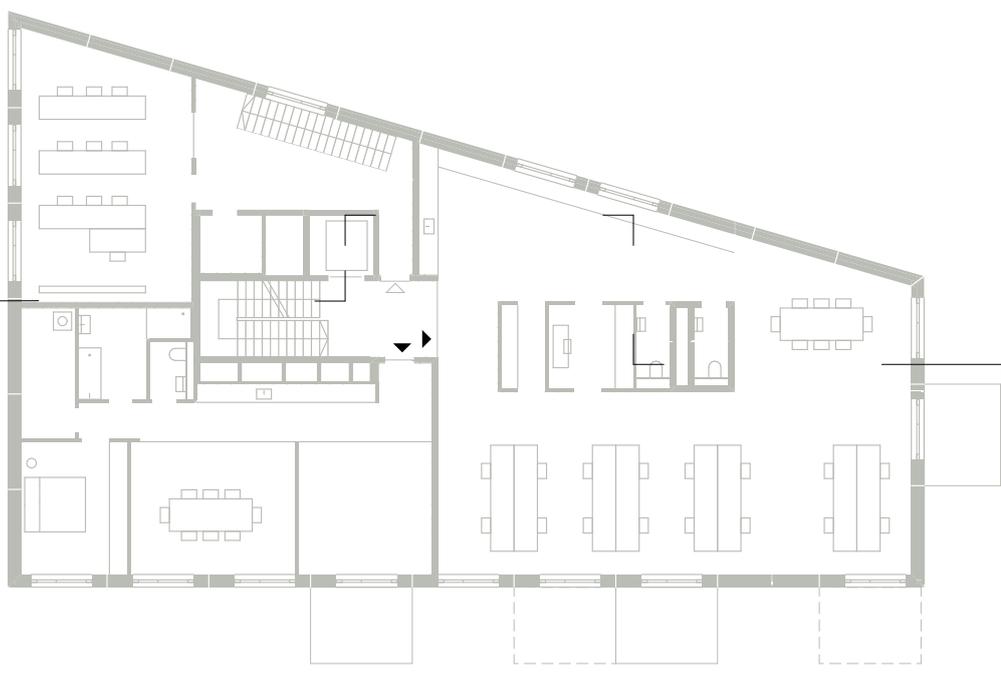
Dennoch sind bereits Umbauten bzw. Nachnutzungen angedacht und

vollzogen worden. Ein Beispiel ist die Einheit im Obergeschoss (Abb. unten rechts), wo bereits Wohnen und Arbeiten in Atelierform angedeutet wird, ohne dass bauliche Änderungen erforderlich sind.

Unterstützt wird dies durch die großzügig verteilten Fensterelemente und Balkone, die für neu errichtete Büros unüblich sind und somit nicht nur Nachnutzung ermöglichen, sondern auch durch Licht und die Möglichkeit eines kurzen Austritts die Arbeitsplatzqualität steigern. Die dargestellten Möblierungen in den gesamten Grundrissen dienen nur als Anhaltspunkt. Einbauten und Möblierungen haben keine Auswirkung auf die bauliche Struktur des Stadtelefanten. Teilweise sind detaillierte Informationen über Möblierungen bzw. Einbauten nicht bekannt, und die vereinfachte Darstellung dient dem Schutz der Privatsphäre der Nutzer:innen und Bewohner:innen.



Obergeschoss 3



Obergeschoss 4

Wohnen

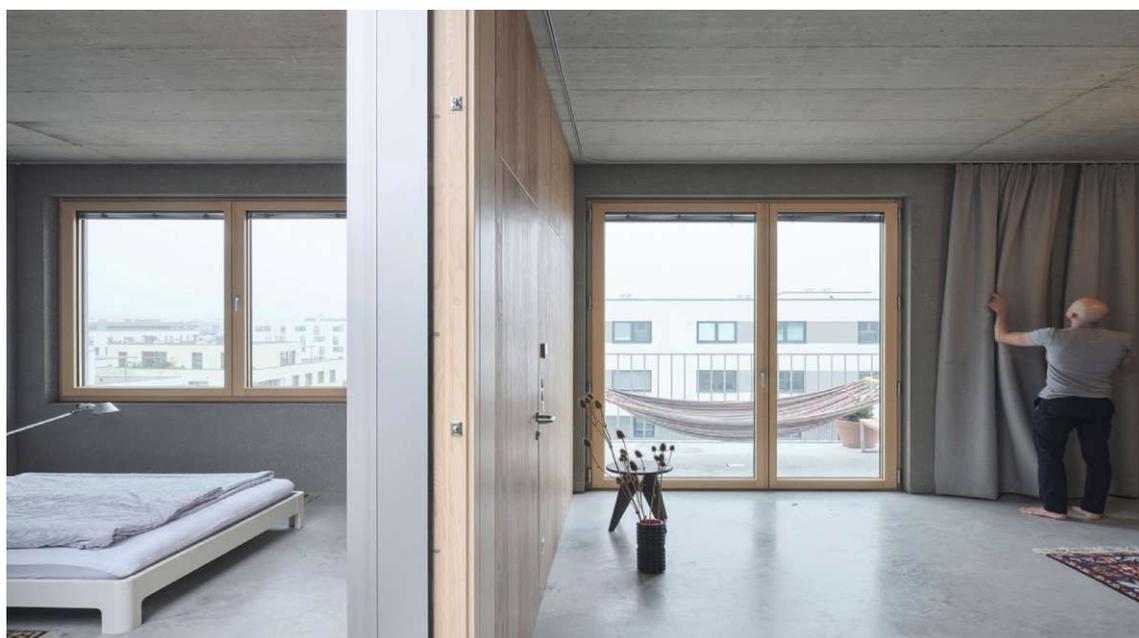
In den beiden obersten Geschossen befinden sich vier großzügige Wohnungen mit verschachtelten Grundrissen, was durch die freie Grundstruktur ermöglicht wird und auch den getrennt liegenden Schächten geschuldet ist.

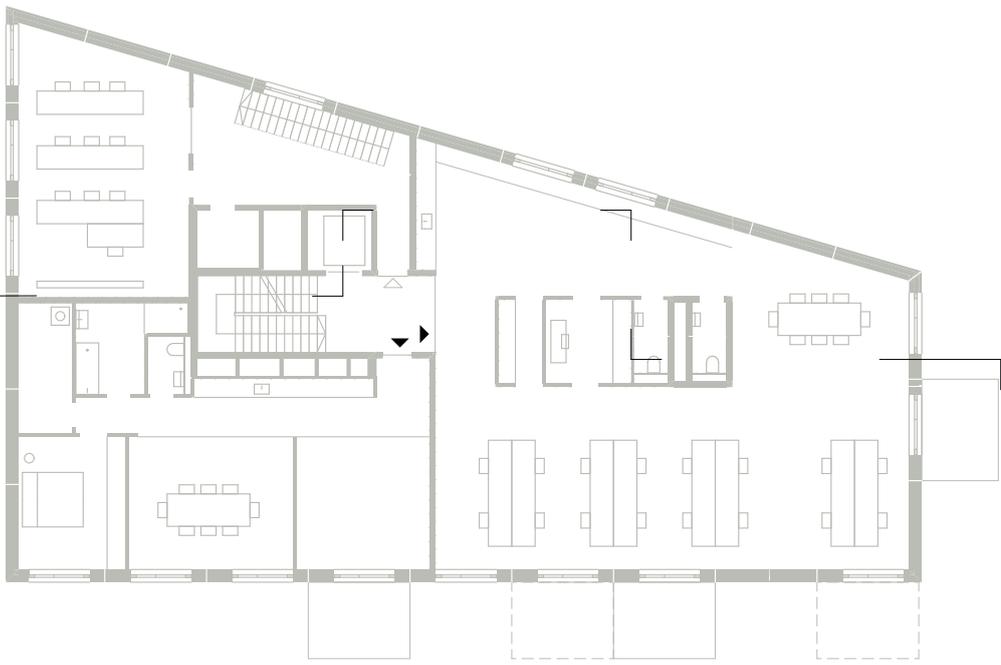
Im 6. Obergeschoss werden die großzügigen Balkone durch private Patios ergänzt und erweitern somit die Wohnfläche im Außenraum.

Im 7. Geschoss, dem Staffelgeschoss, befinden sich Maisonettewohnungen mit großzügigen Dachterrassen. Alle

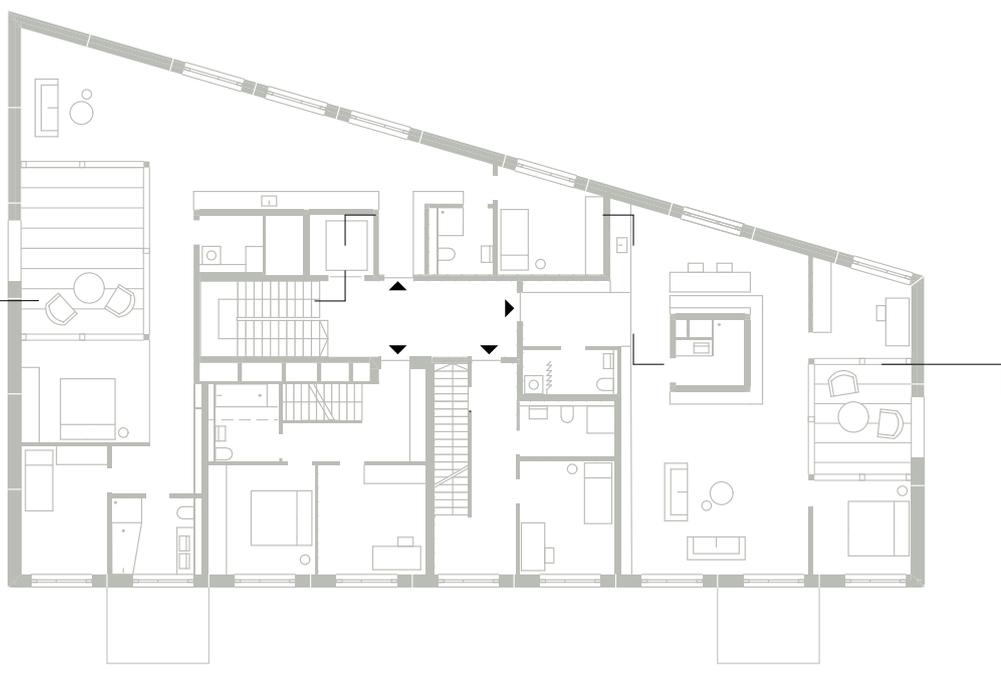
Wohnungen unterscheiden sich in Größe und Ausstattung. Sie wurden sehr individuell gestaltet, teilweise gespachtelt und in Sichtbetonoptik belassen, ergänzt durch Einbauten aus nichttragenden Holzelementen.

Auch hier wurde konsequent die Grundrissfreiheit beibehalten und Geschosshöhen von drei Metern für eventuelle Nachnutzungen eingeplant. Grundsätzlich wären in diesen Geschossen auch Büros denkbar, und die Wohnungsgrundrisse könnten auch auf die unteren Geschosse übertragen werden.





Obergeschoss 5



Obergeschoss 6

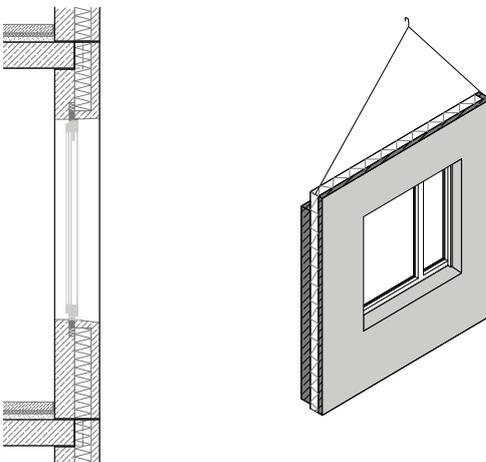
Konstruktion

Das Gebäude ist in seiner Primärstruktur auf zwei Stahlbetonkernen und den tragenden Außenwänden mit Architekturbetonen von der Firma Trepka gebaut.

In den Sandwichelementen sind bereits alle Ausnehmungen und Leistungsverteilungen für Einbauten integriert. Sie sind sowohl außen als auch innen fertig sandgestrahlt. Zwischen der tragenden Betoninnenschale und der außen liegenden Fassadenschale ist die Wärmedämmung eingelegt. Auf der Baustelle werden die Fassadenelemente untereinander und mit Ortbeton-Decken sowie den Balkonen über Isokörbe kraftschlüssig verbunden (siehe Abb.). Abschließend werden die Elemente innen lediglich noch gespachtelt. In den Ortbeton-

decken werden bereits die Elemente für die Bauteilkernaktivierungen und weitere Technik in Bewehrungskörbe eingefügt. Somit ist der Rohbau nach den Stahlbetonarbeiten abgeschlossen, und es können die nichttragenden Trennwände sowie die Fußbodenaufbauten eingebracht werden.

Diese Bauweise bringt einen sehr hohen Vorfertigungsgrad mit sich, der ästhetisch auch im Entwurf eingesetzt wurde. Die Konstruktion wird durch die Fugenteilung der geschosshohen Elemente innen wie außen stark sichtbar und inszeniert. Auch die Decken bleiben im Großteil des Gebäudes in Sichtbeton. Teilweise mussten aufgrund harter Bodenbeläge zusätzlich die Decken abgehängt werden, um Schallschutzproblemen vorzubeugen. Im Schnitt wird deutlich, dass in den beiden oberen von vornherein festgelegten Wohngeschossen zusätzliche Fußbodenaufbauten notwendig waren, damit auch weitere Leitungen auf den Decken verlegt werden konnten.





Obergeschoss 7



3.4

Analyse

Nach ausführlichen Gesprächen und in Abstimmung mit der Aufgabenstellung der vorliegenden Diplomarbeit wurde sich gemeinsam mit dem Architekturbüro Franz&Sue, für das Quartiershaus, den Stadtelefanten im Sonnwendviertel, entschieden. Diese haben hier als Planer:innen und Auftraggeber:innen agiert.

Im Stadtelefanten befinden sich neben dem eigenen Büro weitere Geschäftsflächen, Co-Working-Spaces, ein Café und auch Wohneinheiten. Der Entwurf basiert in seiner Struktur und Konstruktion bereits auf einigen Aspekten der sozialen und ökonomischen Nachhaltigkeit.

Das ausführlich dokumentierte Gespräch mit Frau Gau und Einblick in ihre Planungsunterlagen beeinflussten ein Großteil der Planungsentscheidungen dieser Diplomarbeit.⁹⁴

⁹⁴ vgl. Kapitel 3.3

Im Interview mit Frau Gau wird deutlich, dass das Architekturbüro anstrebt, nachhaltige Bauweisen zukünftig intensiver in die Planung zu integrieren. Franz&Sue sind bemüht, ihre Mitarbeitenden laufend in diesen Themen und neuen Baustoffen über die Franz&Sue-Akademie aber auch durch fortlaufende Anpassung interner Detailkataloge weiterzubilden.

Zurzeit ist auch eine Stelle eines Nachhaltigkeitsbeauftragten ausgeschrieben, um die Optionen am Markt und Möglichkeiten abzutasten und das Thema Nachhaltigkeit näher an die Planung heranzubringen.

Ihre Offenheit gegenüber den Themen Nachhaltigkeit, Recycling, Kreislaufwirtschaften und Bauen mit nachwachsenden Rohstoffen wird spätestens durch die Bereitschaft und Offenheit dieses Projektes belegt.

Frau Gau betont, dass Entwurfsgrundlagen in Form von Leitdetails und Publikationen zwar ausreichend für Holz, aber nicht für Lehm vorhanden sind. Sie behauptet, dass durch gebaute Referenzen und auch Anpassungen in den Normierungen die Attraktivität für Lehmbaustoffe steigt. Denn wenn Haftungsfragen geklärt sind und der Baustoff durch Massenproduktion rentabel wird, können sie die Baustoffe auch anwenden.

Daher wurde entschieden, im folgenden Entwurf ein besonderes Augenmerk auf bereits vorhandene Produkte am Markt zu legen. Diese Diplomarbeit soll somit einen Anstoß geben, bereits mit industriell gefertigten nachwachsenden Rohstoffen und Lehmbauprodukten zu planen.

Da zahlreiche nachhaltige Baustoffe, insbesondere aus Holz und Lehm, bereits in Mitteleuropa hergestellt wer-

den und frei auf dem Markt erhältlich sind, ist ihre Verfügbarkeit weitreichend gegeben. Es fehlt zwar teilweise an Normierungen, daher müssen in einzelnen Bereichen Bauteilzertifizierungen durchgeführt werden, falls die Hersteller ihre Produkte nicht bereits geprüft haben.

Daher wird versucht, im folgenden Kapitel Bauteile zu entwickeln und zu vergleichen, die mit den IO3- Kennzahlen im baubook vom IBO dargestellt werden können und somit eine Sondierung aus ökologisch nachhaltiger Sicht erlauben.

Entwurfsparameter

Franz&Sue sind Experten im Bereich der Architektur in Wien und Mitteleuropa, was viele Wettbewerbsgewinne und Auszeichnungen belegen, aber auch die vielfache Publikation des Stadtelefanten unterstreicht.⁹⁵

Die wichtigsten Entwurfsparameter in Hinblick auf diesen Entwurf und die Nachhaltigkeit sind eine massive Konstruktion mit einem sehr hohen Vorfertigungsgrad. Dies wird durch die fertigen lastabtragenden Außenwände als Sandwichbetonelement erreicht. Außerdem ermöglicht die freie Grundrissgestaltung mit den lichten Geschosshöhen von 3–3,2 Metern eine besondere Nutzungsvielfalt und erleichtert eine eventuelle Nachnutzung vom Arbeiten zum Wohnen oder vom Wohnen zum Arbeiten. Dennoch ist anzufügen, dass Fußboden- und Deckenaufbauten verklebt und mit Estrichbeton sowie Ausgleichschüttungen vergossen sind. Im Sinne der ökologischen Nachhaltigkeit wird dieses im Entwurf hinterfragt. Denn Recyclingfähigkeit und eine spätere Umbaubarkeit soll im Alternativentwurf gewährleistet werden. Deswegen wird im Alternativentwurf auf gebundene Schüttungen verzichtet, sodass alle Bauteile jederzeit reversibel sind.

Für Aspekte der sozialen Nachhaltigkeit sprechen besonders das Café und die Co-Working-Spaces im Erdgeschoss, welche die Verbindung auch

zum Grätzl schaffen und somit die Eingliederung des Arbeitens in einem Wohnquartier ermöglichen.

Die großen Fensteröffnungen und Balkone sorgen für viel Tageslicht und Ausgleichsflächen sowohl im Wohnen als auch Arbeiten und unterstreichen die Akzeptanz und Nutzerzufriedenheit. Die Ästhetik stellt einen weiteren wichtigen Aspekt des Entwurfs von Franz&Sue dar. Es wurde gezielt auf glatte Oberflächen und eine klare Gliederung gesetzt, die nach Meinung von Frau Gau eine besondere Ästhetik ausstrahlen und auch mit der Massivität und Langlebigkeit begründet werden können.⁹⁶

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass Franz&Sue in ihrem Entwurf mit den gründerzeitlichen Strukturen, dem sehr hohen **Vorfertigungsgrad**, massiven und **langlebigen Strukturen**, **Ästhetik**, **Atmosphäre**, **Nutzerfreundlichkeit**, minimalen Lüftungen und einfachen technischen Lösungen viele nachhaltige Aspekte bedienen, insbesondere in der ökonomischen und soziologischen Dimension,⁹⁷ die auch in den Folgeentwurf übertragen und durch die ökologische Dimension noch ergänzt und optimiert werden sollen.

⁹⁵ vgl. Stadtelefant online

⁹⁶ vgl. Kapitel 3.2

⁹⁷ vgl. Kapitel 3.2

34

Bauteilkatalog

4.1. ökologische Bewertungskriterien	102
013-Bewertung - baubook	
4.2. Bauteilvergleich	106
Dämmstoffe	
tragende Grundbaustoffe	
Innenwände	
Trennwände	
Vorsatzschalen Schichtwände	
Wohnungs-und Bürotrennwände	
Außenwände	
horizontale Elemente	
Deckenaufbau Büro	
Deckenaufbau Wohnen	
Dachaufbau	
4.3. Bauteileinordnung	128

041

ökologische Bewertungskriterien

Im folgenden Kapitel werden verschiedene Baustoffe und Aufbauten, die im Stadtelefanten zur Anwendung kamen und die entwickelten Konstruktionen im Vergleich dargestellt. Ein besonderes Augenmerk liegt hierbei auf der Bewertung mit dem OI3-Index des Österreichischen Institut für Bauökologie (IBO), um die ökologische Qualität zu bewerten. Diese wird ebenso nachfolgend kurz erläutert. Es wird untersucht, ob bestimmte Aufbauten umweltfreundlich sind oder zumindest Umwelteinwirkungen im Vergleich zu der gebauten Referenz reduzieren können.

Im Rahmen der Bewertung wurde der Entwurf von Franz&Sue auf die grundlegenden Bauteilaufbauten reduziert und im Bauteilrechner des baubooks angelegt. Parallel zum in Kapitel 5 dargestellten Fassadenschnitt und den

Details wird im Entwurf ein Vergleich mit den Datensätzen des IBO im baubook vollzogen und Entscheidungen abgewogen.

Die Betrachtung dieses Kapitels betrachtet explizit die Dämmstoffe, die Grundkonstruktionsbaustoffe, Decken- und Dachaufbauten, nicht-tragende Innenwände, Wohnungstrennwände und Außenwände, da viele Bauteile wie die Stahlbetonkerne, der Keller und die Fenster bestehen bleiben. Für eine gesamte und vergleichende Ökobilanzierung der Gebäude sind die vorliegenden Unterlagen und Daten nicht ausreichend. Der Bauteilvergleich gibt jedoch eine deutliche Einordnung über die Grundaufbauten des Fassadenschnittes und stellt dar, wie der Bauteilrechner des baubooks auch als Entwurfstool genutzt werden kann.

OI3 - baubook

Eine Ökobilanzierung, auch Lebenszyklusanalyse (LCA) genannt, schätzt die Auswirkungen verschiedener Produkte und Prozesse auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit ab. Zur Standardisierung der Lebenszyklusanalyse hat die EU internationale Normen eingeführt, die in Österreich durch die ÖNORM EN ISO 14040 geregelt sind. Mithilfe der OI3-Bewertung und der Datenbank Baubook des IBO sowie des Berechnungstools für Bauteile wird im Folgenden eine Ökobilanz einzelner Bauteile durchgeführt. Dadurch können eine vorläufige Abschätzung und Abwägung der Auswirkungen des Entwurfs, der gewählten Konstruktion und Ausführung von Produkten oder Prozessen auf die Umwelt erfolgen. Dabei wird der gesamte Lebenszyklus von Baustoffen und Bauteilen basierend auf ökologischen Kennwerten und ihrer Bedeutung betrachtet. In Bezug auf die Nachhaltigkeitsdefinition wird in einer Ökobilanz jedoch nur die ökologische Dimension berücksichtigt, nicht aber die soziale und ökonomische Dimension.

Die OI3-Bewertung für Baustoffe, Konstruktionen und Gebäude, entwickelt vom Österreichischen Institut für Bauökologie (IBO), basiert auf den Kenngrößen des Primärenergieinhalts (Primary Energy Indicator total – PENERT), dem globalen Erwärmungspotenzials (GWP – Global

Warming Potential) und dem Versauerungspotenzials (AP – Acidification Potential), die jeweils zu einem Drittel als Indikator in die Punktebewertung einfließen.

Der PENERT gibt den Gesamtbedarf an energetischen Ressourcen zur Herstellung eines Produkts oder einer Energie an und unterscheidet zwischen erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energie. Dieser Kennwert wird verwendet, um eine Einschätzung der grauen Energie eines Stoffes oder Bauteils zu geben.

Das GWP gibt den Beitrag treibhauswirksamer Gase zur globalen Erderwärmung in CO₂ in Bezug auf die Masse in kg an. Neben CO₂ haben andere Gase wie Methan und Lachgas großen Anteil am Treibhauseffekt, wobei Kohlenstoffdioxid hier als Referenzsubstanz für die Berechnung der Ökobilanz angenommen wird, da dieses in Relation in der Atmosphäre am meisten vorhanden ist.

Das AP, angegeben in Schwefeldioxid in Relation zum Gewicht in kg, stellt den Beitrag einer bestimmten Aktivität oder eines Produkts zur Versauerung der Umwelt dar. Das Versauerungspotential bezieht sich insbesondere auf das Wasser, die Luft und den Boden. Typische Quellen von Versauerungspotenzialen sind Emissionen saurer Gase wie Schwefeldioxid (SO₂) und

Stickoxide (NO_x) aus Industrie-, Verkehrs- und Verbrennungsprozessen. Diese Gase können in der Atmosphäre chemische Reaktionen eingehen und sauren Regen verursachen und somit Böden und Gewässer versauern.⁹⁸

Je niedriger die OI3-Punktzahl eines Objekts, Bauteils oder einer Bauteilschicht ist, desto geringer ist die Wirkung auf die Umwelt, und somit ist die ökologische Nachhaltigkeit positiver zu bewerten. Ein Beispiel des IBO veranschaulicht die Handhabung und gibt eine Einordnung:

Eine konventionelle Außenwand mit Hochlochziegel weist 73 Punkte in der OI3-Bewertung auf, während die ökologisch optimierte Wandkonstruktion lediglich 59 Punkte aufweist. (jedoch in Gebäudeklasse I mit reduzierten Anforderungen).⁹⁹

Folgend wird der Vergleich von Aufbauten des realisierten Stadtelefanten von Franz&Sue sowie die entstandenen Holzlehmhybrid-Aufbauten, welche im Rahmen dieser Diplomarbeit entwickelt wurden, dargestellt und erläutert.

Der Vergleich, durchgeführt mit dem Bauteilrechner des baubooks, beinhaltet Bauteildicken sowie die flächenspezifischen Wärmedurchgangskoeffizienten und den OI3-Wert, um Rückschlüsse auf die ökologische

Qualität und die Bauweise ziehen zu können.

Diese Darstellung greift in großen Teilen dem folgenden Kapitel und den dort dargestellten Details und Konstruktionen vorweg. Die Auswahl der Konstruktion basierend auf Details und Informationen von Dataholz.eu, Produktdatenblättern, Herstellerangaben, Beispielaufbauten aus dem Baubook und weiteren Referenzen wurde fortlaufend im Entwurfsprozess entwickelt.

Der Stadtelefant, die bestehenden und in Teilen weiterentwickelten Grundrisse, ästhetischen Aspekte und die Konstruktion waren ebenso ausschlaggebend für das Entwerfen der Details wie das Erreichen annähernder Bauteildicken und bauphysikalischer Eigenschaften. Hierzu erwiesen sich das baubook und der Bauteilrechner als gutes Entwurfstool, das die Wärmeleitfähigkeit, die Bauteilstärke und das flächenspezifische Gewicht darstellt und somit eine Einordnung ermöglicht.

In dem folgenden Vergleich kommen insbesondere Bauteile zur Auswahl, die in der Bauteilstärke dem Stadtelefanten sehr nahekommen und versuchen, die gleichen bauphysikalischen Eigenschaften zu erreichen

⁹⁸ vgl. IBO: Leitfaden 2023 IBO: Oekoindex.2016

⁹⁹ IBO: Oekoindex.2016



04.2

Bauteilvergleich

Mit dem OI3 Werte wird hier im folgenden Bauteilkatalog eine Einschätzung über den ökologischen Wert von gewählten und verbauten Dämmstoffen, der Grundkonstruktionsbaustoffe, nichttragenden Innenwände, Wohnungstrennwänden und Außenwänden sowie Balkonen, Decken und die jeweiligen Aufbauten gegeben.

Das PENERT, GWP Total und AP geben hier noch einen spezifischeren Einblick in der Herleitung dieses Wertes durch den Bauteilrechner.

Der folgende Vergleich greift in Teilen dem Kapitel 5 vorweg, da die Auswahl der Konstruktion basierend auf Details und Information von Dataholz, Produktdatenblättern, Herstellerangaben, Beispielaufbauten aus dem baubook, Publikationen und Annahmen fortlaufend dieser Arbeit

entwickelt wurden.

Hierzu erwies sich das baubook mit dem entsprechenden Bauteilrechner als gutes Entwurfstool, indem die Wärmeleitfähigkeit, die Bauteilstärke und das flächenspezifische Gewicht darstellt und somit eine stetige Einordnung ermöglicht.

Im Entwurf wurden insbesondere die Parameter genutzt, um sich den Grundlagen des Stadtelphanten mit seinen spezifischen Eigenschaften anzunähern.

Aber auch Aspekte der spezifischen Konstruktion im Holzsystembau, Erhöhung des Vorfertigungsgrad, Verbesserung der Reversibilität sowie die in Kapitel 2 angerissenen Themen Schutzfunktionen und weiteren Nachhaltigkeitsdimensionen werden hier mit beleuchtet

Dämmstoffe

Im Rahmen dieser Arbeit wurden insbesondere Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen genauer untersucht und stetig anhand vorhandener baubook-Daten verglichen. Das Angebot an Dämmstoffen ist äußerst vielfältig und abhängig von der Bauweise sowie den Anforderungen an Wärme-, Brand- und Schallschutz. Die Auswahl muss daher immer unter Berücksichtigung der Gebäudeklasse und Bauweise projektbezogen getroffen werden.

In der Datenbank baubook dominieren Holzfaserdämmstoffe, da sie bereits auf dem Markt verbreitet sind. Daten aus neuen Studien und der Forschung, die eine direkte Gegenüberstellung der nachwachsenden Rohstoffe ermöglichen, sind noch nicht ausreichend vorhanden und können nur teilweise abgebildet werden.

Die dargestellten Holzfaserdämmplatten sind meist energieintensiv im Nassverfahren hergestellt worden oder im Trockenverfahren gegen Schädlingsbefall sowie für brandhemmende und formstabile Eigenschaften mit Zusätzen wie Bohrsalzen und Harzen versehen. Generell wurde sich gegen den Einsatz von Holzfaserdämmstoffen entschieden.

Bei der Recherche wurde festgestellt, dass Einblasdämmungen generell einen besseren ökobilanziellen Wert aufweisen. Ein Beispiel hierfür ist, dass Zellulose-Einblasdämmung bei einer Dämmstärke von 16 cm einen OI3-Wert von 5

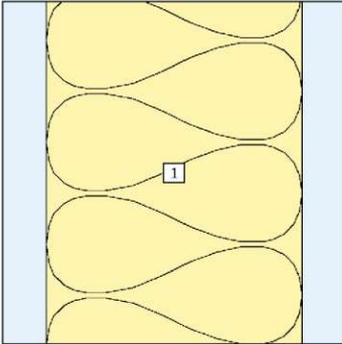
aufweist, wohingegen Zellulose-Wärmedämmplatten einen OI3-Wert von 13 haben.

Im Entwurf wurde aufgrund der einfacheren Verarbeitung, der Bauteilfügung sowie der späteren Um- und Rückbaubarkeit mit Klemmvliesen und Dämmplatten geplant. Dabei wurden Empfehlungen aus technischen Datenblättern von Lehmbauprodukten, Kork-, Hanf- und Holzfaserdämmstoffen berücksichtigt.

Es wird deutlich, dass Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen minimal höhere Wärmedurchgangskoeffizienten aufweisen als mineralische Dämmstoffe. Dennoch bieten sie wesentlich bessere OI3-Bewertungen und einen guten Wärmeschutz, was die Wahl von nachwachsenden Rohstoffen stützt.

Obwohl Korkdämmplatten die besten Bilanzwerte aufweisen, wurde sich aufgrund der Entfernung zu den Anbauorten im Mittelmeerraum gegen Kork entschieden. Stattdessen wurde primär mit regional verfügbaren Hanffaserdämmstoffen geplant, die dank natürlicher Eigenschaften wie eingelagerter Kieselsäure gegen Schimmel, Fäulnis und Verrottung geschützt sind. Hanffaserdämmstoffe bieten zudem mechanische Barrieren gegen Feuchtigkeit und das Eindringen von Insekten und Nagern, was sie zu einer optimalen Wahl für eine diffusionsoffene und chemiefreie Bauweise macht.

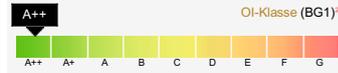
Hanf Gefache



Wand: gegen Außenluft - hinterlüftet (BG1) – IBO-Richtwerte 2020

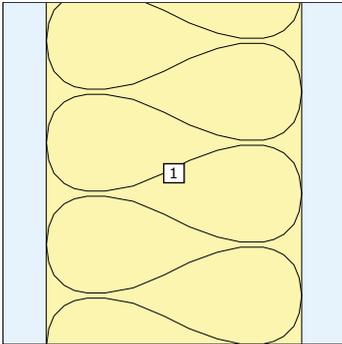
Nr.	Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1	Hanfaserdämmstoff (41 kg/m ³)	16,00	0,045	3,56	7
		$R_{si} / R_{se} =$		0,130 / 0,130	
		R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		3,816 / 3,816	
Bauteil		16,00	3,816	7	

0,262 W/m²K U-Wert †



Masse	6,6 kg/m²
PENRT	113 MJ/m ²
GWP total	-3,28 kg CO ₂ /m ²
AP	0,0260 kg SO ₂ /m ²

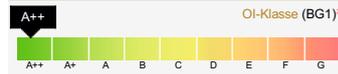
Holzfaserdämmung-Gefache



Wand: gegen Außenluft - hinterlüftet (BG1) – IBO-Richtwerte 2020

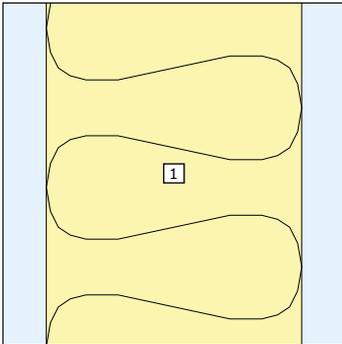
Nr.	Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1	STEICOflex 036	16,00	0,037	4,32	8
		$R_{si} / R_{se} =$		0,130 / 0,130	
		R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		4,584 / 4,584	
Bauteil		16,00	4,584	8	

0,218 W/m²K U-Wert †



Masse	9,6 kg/m²
PENRT	142 MJ/m ²
GWP total	-7,11 kg CO ₂ /m ²
AP	0,0328 kg SO ₂ /m ²

Kork Dämmplatten



Wand: gegen Außenluft - hinterlüftet (BG1) – IBO-Richtwerte 2020

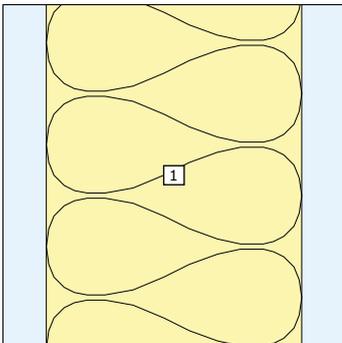
Nr.	Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1	RÖFIX CORKTHERM 040 Kork-Fassadendämmplatte	16,00	0,045	3,56	5
		$R_{si} / R_{se} =$		0,130 / 0,130	
		R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		3,816 / 3,816	
Bauteil		16,00	3,816	5	

0,262 W/m²K U-Wert †



Masse	20,8 kg/m²
PENRT	134 MJ/m ²
GWP total	-25,5 kg CO ₂ /m ²
AP	0,0394 kg SO ₂ /m ²

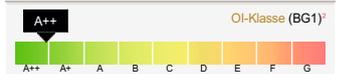
Mineralwolle KLEMMFILZ



Wand: gegen Außenluft - hinterlüftet (BG1) – IBO-Richtwerte 2020

Nr.	Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1	ISOVER ULTIMATE HBF-031 Holzbaufilz, vlieskaschiert	16,00	0,031	5,16	21
		$R_{si} / R_{se} =$		0,130 / 0,130	
		R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		5,421 / 5,421	
Bauteil		16,00	5,421	21	

0,184 W/m²K U-Wert †



Masse	6,0 kg/m²
PENRT	296 MJ/m ²
GWP total	16,1 kg CO ₂ /m ²
AP	0,0628 kg SO ₂ /m ²

tragende Grundbaustoffe

An dieser Stelle wird die ökologische Effizienz von flächig, tragenden und aussteifenden Bauteilen in Bezug auf ihre einfache Stofflichkeit und ihre ökologischen Auswirkungen anhand des OI3-Werts und des flächenspezifischen Gewichts dargestellt.

Zur Einordnung und Vorauswahl im Entwurf wurde ein Vergleich mit dem baubook-Datensatz erstellt, inwieweit bestimmte Baustoffe ökologisch einzusortieren sind. Hier wird ein vertikales Element mit 20 cm angenommen. Abgebildet ist Stahlbeton, Konstruktionsvollholz (KVH), Brettsperrholz (CLT: Crosslaminated-Timber), und Massivlehm.

Es wird ersichtlich, dass Konstruktionsvollholz den bei Weite besten ökobilanziellen Wert aufweist. Aufgrund ihrer natürlichen Beschränkungen in Bezug auf Länge und Tragfähigkeit wird häufig auf verleimte Hölzer zurückgegriffen, um die Aussteifung von Außenwänden, Decken und tragenden Skelettstrukturen zu ermöglichen. Trotzdem wird, so weit wie möglich, Konstruktionsvollholz als stabförmiges Element innerhalb von nichttragenden Bauteilaufbauten, als Vorsatzschalen und Lagerholz eingesetzt, um die ökologische Effizienz dieses Entwurfs zu maximieren.

Für die weitere Ausformulierung muss im Entwurf auf Brett-schicht- und Brettsperrhölzer zurückgegriffen werden, da diese nicht wie Vollhölzer in den

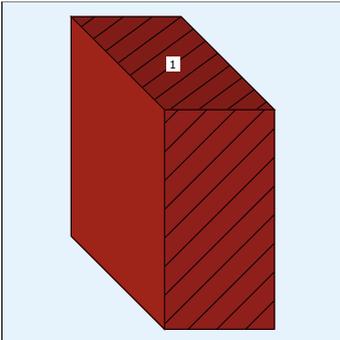
Dimensionierungen beschränkt sind. Durch die kreuzweise Verleimung ist CLT sowohl als statisch tragende und aussteifende Scheibe anwendbar und minimiert durch die Luftdichtheit weiter konstruktive Schichten.

Bei Franz&Sue ist Stahlbeton sowohl konstruktiv als auch ästhetisch ein grundlegendes Element. Im Alternativentwurf wird sein Einsatz jedoch auf ein Minimum reduziert, hauptsächlich auf die Gründung und die aussteifenden Stahlbetonkerne. Diese Entscheidung basiert nicht nur auf dem verhältnismäßig hohen OI3-Wert im Vergleich zu anderen Baumaterialien, sondern wird auch bei direktem Vergleich mit Holzbaustoffen deutlich. Während Stahlbeton ein hohes GWP aufweist, zeigen CLT und KVH negative GWP-Werte, was darauf hinweist, dass sie CO₂ speichern können und somit zur Verringerung der Erderwärmung beitragen.

Bei Betrachtung der flächenspezifische Masse und der Relevanz wird hier Massivlehm mit dargestellt. Erkenntlich wird, dass Lehm bei gleicher Dimension wie Stahlbeton nur etwa 15 % der ökologischen Einwirkung hat. Dennoch ist anzunehmen, dass bei regionaler und nahezu direkter Verarbeitung ohne große technische Aufbereitung Lehm-baustoffe bessere ökobilanzielle Bewertungen aufweisen.

Der dargestellte Vergleich der Bauteile dient der allgemeinen ökologischen und flächenspezifischen Einordnung unabhängig vom bauphysikalischen und statischen Verhalten der Baustoffe.

Massivlehm

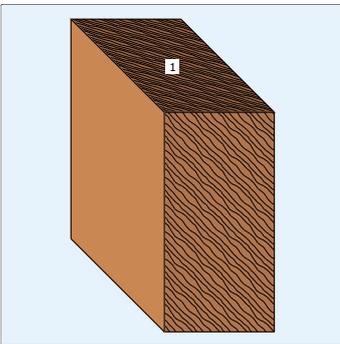


Wand: innerhalb einer Wohn- und Betriebseinh. ohne U-Wert-Anforderung (BG1) – IBO-Richtwerte 2020

Nr.	Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOI3 Pkt/m ²
1	Lehm - Massivlehm 2000 kg/m ³	20,00	1,000	0,20	10
Bauteil		20,00			10

Masse	400,0 kg/m²
PENRT	148 MJ/m ²
GWP total	8,38 kg CO ₂ /m ²
AP	0,0288 kg SO ₂ /m ²

Konstruktionsvollholz KVH

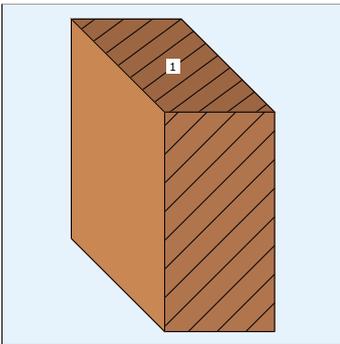


Wand: innerhalb einer Wohn- und Betriebseinh. ohne U-Wert-Anforderung (BG1) – IBO-Richtwerte 2020

Nr.	Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOI3 Pkt/m ²
1	Konstruktionsvollholz (KVH)	20,00	0,120	1,67	5
Bauteil		20,00			5

Masse	95,0 kg/m²
PENRT	341 MJ/m ²
GWP total	-137 kg CO ₂ /m ²
AP	0,122 kg SO ₂ /m ²

Brettsper Holz (CLT)

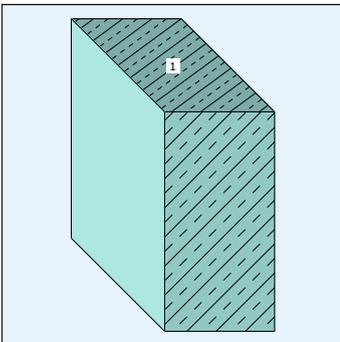


Wand: innerhalb einer Wohn- und Betriebseinh. ohne U-Wert-Anforderung (BG1) – IBO-Richtwerte 2020

Nr.	Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOI3 Pkt/m ²
1	binderholz Brettsper Holz BBS (Fichte)	20,00	0,120	1,67	31
Bauteil		20,00			31

Masse	90,0 kg/m²
PENRT	663 MJ/m ²
GWP total	-100 kg CO ₂ /m ²
AP	0,195 kg SO ₂ /m ²

Stahlbeton



Wand: innerhalb einer Wohn- und Betriebseinh. ohne U-Wert-Anforderung (BG1) – IBO-Richtwerte 2020

Nr.	Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOI3 Pkt/m ²
1	Stahlbeton 120 kg/m ³ Armierungsstahl (1,5 Vol.%)	20,00	2,400	0,08	78
Bauteil		20,00			78

Masse	470,0 kg/m²
PENRT	935 MJ/m ²
GWP total	90,4 kg CO ₂ /m ²
AP	0,238 kg SO ₂ /m ²

¹⁰⁰ vgl. Claytec Trockenbau Lemix

Innenwände | Trennwände

Die Bauantragsunterlagen des Stadtelementen enthalten über 20 Wandsysteme mit verschiedenen Bauteilaufbauten und statischen sowie bauphysikalischen Anforderungen. Im Alternativentwurf wurde sich für einen Skelettbau ohne tragende Innenwände entschieden, was ein einfaches Nachrüsten und Versetzen von Wänden im Lebenszyklus des Gebäudes ermöglicht.

In der Betrachtung reduzierter einfacher Trennwände innerhalb einer Betriebseinheit mit einer 10 cm Installationsebene werden keine bauphysikalischen Anforderungen herangezogen. Es wird sofort ersichtlich, dass die entwickelte Holzständerwand mit 22 mm Lehmbauplatten, die die Selbstaussteifung übernehmen, den besten OI3-Index aufweist. Als positiver Nebeneffekt wird angemerkt, dass Lehmbaustoffhersteller ähnliche Konstruktionen mit Feuerwiderstand von 90 Minuten (F90) bewerten, was beim Vergleich der Schachtwände und Wohnungstrennwände genauer beleuchtet wird.¹⁰⁰

Die Entwicklung eines Bauteils mit Brettsperrholzelementen erhöht diesen Index bereits um 50 % auf 16 und spricht gegen den Einsatz von CLT-Platten im Innenbereich. Zusätzlich wird eine klassische nichttragende Ziegelwand dargestellt, die entgegen vorheriger Annahmen bei ihrer Bilanzierung schlechter abschneidet als der klassische Metallständeraufbau von

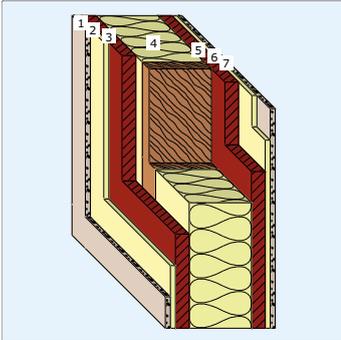
Franz&Sue.

Generell hat auch eine leichte Metallständerkonstruktion aufgrund ihres geringen Traggewichts eine gute Ökobilanz, jedoch ist der Einsatz von nicht nachwachsenden Rohstoffen und die Vorfertigung kritisch zu betrachten. Es ist anzumerken, dass eine Metallständerwand, wenn sie erhöhte Anforderungen an bauphysikalische Eigenschaften hat, mit weiteren Gipsfaserplatten aufgedoppelt oder durch andere Konstruktionen ersetzt werden muss.

Aufgrund dieser Argumente werden im Entwurf die Innenwände als nichttragende Holzständerkonstruktionen mit Lehmbauplatten und Lehmputz angenommen. Die einfache Trennwand dient auch als Grundkonstruktion für die folgend erläuterten Vorsatzschalen, Schachtaufbauten und Wohnungstrennwände.

Holzständer | Lehmbauplatte | Hanfaser

Wand: innerhalb einer Wohn- und Betriebseinh. ohne U-Wert-Anforderung (BG0) – IBO-Richtwerte 2020

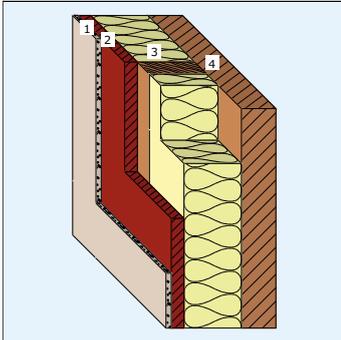


Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOI3 Pkt/m ²
1		Levita Lehmoberputz OP1	0,50	0,910	0,01	1
2		Armierungsgewebe (Hanfaserdämmstoff) (41 kg/m ²)	0,40	0,045	0,09	0
3		Lehmbauplatte	2,20	0,140	0,16	2
4		Inhomogen (Elemente vertikal) 57,5 cm (92%) Hanfaserdämmstoff (41 kg/m ²) 5 cm (8%) Konstruktionsvollholz (KVH)	10,00 10,00	0,045 0,120	2,22 0,83	4 0
5		Lehmbauplatte	2,20	0,140	0,16	2
6		Armierungsgewebe (Hanfaserdämmstoff) (41 kg/m ²)	0,40	0,045	0,09	0
7		Levita Lehmoberputz OP1	0,50	0,910	0,01	1
Bauteil			16,20			10

Masse	47,7 kg/m²
PENRT	173 MJ/m ²
GWP total	-6,70 kg CO ₂ /m ²
AP	0,0386 kg SO ₂ /m ²

Brettspertholz Innenwand

Wand: innerhalb einer Wohn- und Betriebseinh. ohne U-Wert-Anforderung (BG0) – IBO-Richtwerte 2020



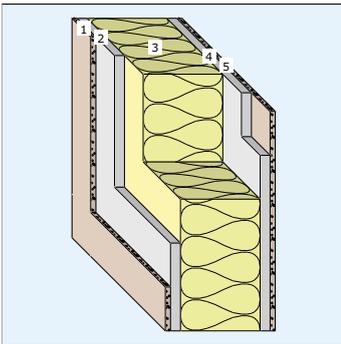
Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOI3 Pkt/m ²
1		Levita Lehmoberputz OP1	0,50	0,910	0,01	1
2		Lehmbauplatte	2,20	0,140	0,16	2
3		Inhomogen (Elemente vertikal) 57,5 cm (92%) Hanfaserdämmstoff (41 kg/m ²) 5 cm (8%) Konstruktionsvollholz (KVH)	10,00 10,00	0,045 0,120	2,22 0,83	4 0
4		binderholz Brettspertholz BBS (Fichte)	6,00	0,120	0,50	9
Bauteil			18,70			16

Masse	54,4 kg/m²
PENRT	322 MJ/m ²
GWP total	-37,0 kg CO ₂ /m ²
AP	0,0871 kg SO ₂ /m ²

Metallständerwand (CW 100) | Franz&Sue Standard

Wand: innerhalb einer Wohn- und Betriebseinh. ohne U-Wert-Anforderung (BG0) – IBO-Richtwerte 2020

Projekt: Rsi=0,13;
Rse=0,13;



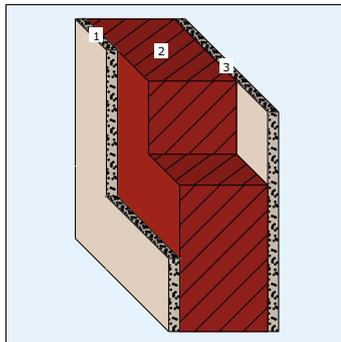
Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOI3 Pkt/m ²
1		Gipsputze (800 kg/m ³)	0,30	0,290	0,01	0
2		Gipskartonplatte (700 kg/m ³)	1,25	0,210	0,06	2
3		Glaswolle MW(GW)-W (24 kg/m ³)	10,00	0,036	2,78	9
4		Gipskartonplatte (700 kg/m ³)	1,25	0,210	0,06	2
5		Gipsputze (800 kg/m ³)	0,30	0,290	0,01	0
Weitere Bestandteile (nicht U-Wert relevant, ohne Bauteilaufbau): (Menge pro m ² Bauteil)						
0,67 kg CW 100 Profil (oben+unten) (Stahlblech, verzinkt)						2
1,9 kg CW 100 Profil vertikal (Stahlblech, verzinkt)						6
Bauteil			13,10			22

Masse	27,3 kg/m²
PENRT	273 MJ/m ²
GWP total	16,0 kg CO ₂ /m ²
AP	0,0761 kg SO ₂ /m ²

Nichttragende Ziegelwand (12 cm)- Vergleich

Wand: innerhalb einer Wohn- und Betriebseinh. ohne U-Wert-Anforderung (BG0) – IBO-Richtwerte 2020

Projekt: Rsi=0,13;
Rse=0,13;



Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOI3 Pkt/m ²
1		Normalputzmörtel GP Kalk (1300 kg/m ³)	1,50	-	-	3
2		Hochlochziegel < 17 cm Normalmauerm. 800 kg/m ³ (Hochloch)	12,00	-	-	18
3		Normalputzmörtel GP Kalk (1300 kg/m ³)	1,50	-	-	3
Bauteil			15,00			24

Masse	135,0 kg/m²
PENRT	311 MJ/m ²
GWP total	25,7 kg CO ₂ /m ²
AP	0,0739 kg SO ₂ /m ²

¹⁰¹ vgl. Claytec Trockenbau Lemix

Vorsatzschalen | Schachtwände

Wohnungs- und Bürotrennwände schließen Nutzungseinheiten voneinander ab und müssen somit bestimmte der Gebäudeklasse entsprechende U-Werte aufweisen, damit gewährleistet wird, dass keine übermäßigen Wärmeverluste zur Nachbareinheit oder anderen Gebäudeteilen, wie Stiegenhäuser oder Fluren auftreten. Außerdem haben sie im Gegensatz zu einfachen Trennwänden besondere Schallschutz- und Brandschutzfunktionen, die bei der Entwicklung neuer Bauteilaufbauten beachtet werden müssen.

Obwohl die Metallständerkonstruktion von Franz&Sue bereits nach dem OI3-Index als nachhaltig eingestuft werden kann, wurde ein ökologisch effizienteres Holzständersystem mit Lehm- bauplatten auf Grundlage von Produktkatalogen, Herstellerangaben und Referenzen entwickelt.

Grundsätzlich baut die Wohnungstrennwand auf dem zuvor entwickelten einfachen Trennwandsystem und Vorsatzschalensystem auf, die einfach aus diesen zwei selbsttragenden Elementen gefügt werden. Im Rahmen des Entwurfes wurde eine Vereinheitlichung der Wandsysteme und eine einfachere Handhabung auf der Baustelle angestrebt, die durch zwei selbsttragende getrennte Hohlständerkonstruktionen erzielt wird. Dies hat zum Vorteil,

dass einzelne Schichten und Wände bei Umbauten rückgebaut beziehungsweise einfache Trennwände nachträglich durch Aufdopplung zu Wohnungs- oder Bürotrennwänden angepasst werden können.

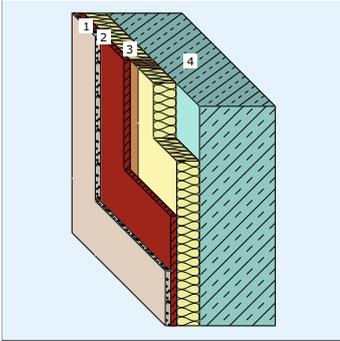
Die zusätzliche Aufdopplung der innenliegenden Bepunktung erhöht den Feuerwiderstand beider Bauteilschichten erheblich, indem sie mit einem Feuerwiderstand von mindestens 90 Minuten (F90) eine Brandweiterleitung wesentlich verzögert.¹⁰¹

Insgesamt wirkt sich diese Bauweise auch besonders auf das flächenspezifische Gewicht dieser Wände aus, was die Annahme zulässt, dass der Schallschutz besser ist als bei den leichteren Gipskartonplatten. Außerdem bewirkt die Trennung der Bauteile auch, dass beide Dämmebenen für Installationen genutzt werden können und dennoch brandtechnisch geschützt sind.

Insgesamt erreichen die Wärmedurchgangskoeffizienten annähernde Werte. Somit sind die Bauteile im Wärmeschutz gleich zu bewerten, wohingegen im Entwurf die ökologische Effizienz wesentlich gesteigert werden konnte.

Entwurf Vorsatzschalen | Schachtwände

Wand: Trennwand zwischen Wohn oder Betriebseinheiten (BG1) – IBO-Richtwerte 2020



Nr.	Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1	Levita Lehmoberputz OP1	0,50	0,910	0,01	1
2	Lehmbauplatte	1,60	0,140	0,11	1
3	Inhomogen (Elemente vertikal)	6,00			
	57,5 cm (92%) Hanffaserdämmstoff (41 kg/m³)	6,00	0,045	1,33	2
	5 cm (8%) Konstruktionsvollholz (KVH)	6,00	0,120	0,50	0
		$R_{se} / R_{sw} =$		0,130 / 0,130	
		R' / R'' (max. relativer Fehler: 1,1%) =		1,592 / 1,556	
Bauteil		8,10	1,574	5	

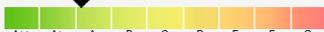
U-Wert ¹

0,635 W/m²K



A

OI-Klasse (BG1)²

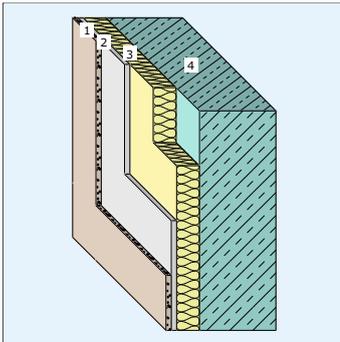


Masse	21,4 kg/m²
PENRT	83,0 MJ/m²
GWP total	-3,90 kg CO ₂ /m²
AP	0,0189 kg SO ₂ /m²

Vorsatzschalen | Schachtwände

Wand: Trennwand zwischen Wohn oder Betriebseinheiten (BG1) – IBO-Richtwerte 2020

Projekt: Rsi=0.13;
Rse=0.13;



Nr.	Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1	Gipsputze (1300 kg/m³)	0,50	0,570	0,01	1
2	Gipskartonplatte (700 kg/m³)	1,25	0,210	0,06	2
3	Glaswolle MW(GW)-W (24 kg/m³)	6,00	0,036	1,67	6
Weitere Bestandteile (nicht U-Wert relevant, ohne Bauteilaufbau): (Menge pro m² Bauteil)					
0,58 kg CW 75 Profil (oben+unten) (Stahlblech, verzinkt)					2
1,7 kg CW 75 Profil vertikal (Stahlblech, verzinkt)					5
		$R_{se} / R_{sw} =$		0,130 / 0,130	
		R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		1,995 / 1,995	
Bauteil		7,75	1,995	16	

0,501 W/m²K

U-Wert ¹



A

OI-Klasse (BG1)²



Masse	19,0 kg/m²
PENRT	192 MJ/m²

¹ Schicht ist OI3-relevant ab BG3 ² U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. ³ Für die OI-Klasse wird neben den ökologischen Kennzahlen auch der U-Wert des Bauteils berücksichtigt

Wohnungs- | Bürotrennwände

Wohnungs- und Bürotrennwände schließen Nutzungseinheiten voneinander ab und müssen somit bestimmte der Gebäudeklasse entsprechende U-Werte aufweisen, damit gewährleistet wird, dass keine übermäßigen Wärmeverluste zur Nachbareinheit oder anderen Gebäudeteilen, wie Stiegenhäuser oder Fluren auftreten. Außerdem haben sie im Gegensatz zu einfachen Trennwänden besondere Schallschutz- und Brandschutzfunktionen, die bei der Entwicklung neuer Bauteilaufbauten beachtet werden müssen.

Obwohl die Metallständerkonstruktion von Franz&Sue bereits nach dem OI3-Index als nachhaltig eingestuft werden kann, wurde ein ökologisch effizienteres Holzständersystem mit Lehm- und Gipsbauplatten auf Grundlage von Produktkatalogen, Herstellerangaben und Referenzen entwickelt.

Grundsätzlich baut die Wohnungstrennwand auf dem zuvor entwickelten einfachen Trennwandsystem und Vorsatzschalensystem auf, die einfach aus diesen zwei selbsttragenden Elementen gefügt werden. Im Rahmen des Entwurfes wurde eine Vereinheitlichung der Wandsysteme und eine einfachere Handhabung auf der Baustelle angestrebt, die durch zwei selbsttragende getrennte Hohlständerkonstruktionen erzielt wird. Dies hat

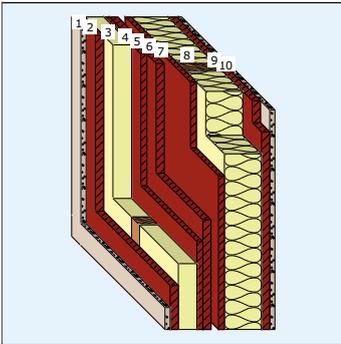
zum Vorteil, dass einzelne Schichten und Wände bei Umbauten rückgebaut beziehungsweise einfache Trennwände nachträglich durch Aufdopplung zu Wohnungs- oder Bürotrennwänden angepasst werden können.

Die zusätzliche Aufdopplung der innenliegenden Beplankung erhöht den Feuerwiderstand beider Bauteilschichten erheblich, indem sie mit einem Feuerwiderstand von mindestens 90 Minuten (F90) eine Brandweiterleitung wesentlich verzögert.¹⁰²

Insgesamt wirkt sich diese Bauweise auch besonders auf das flächenspezifische Gewicht dieser Wände aus, was die Annahme zulässt, dass der Schallschutz besser ist als bei den leichteren Gipskartonplatten. Außerdem bewirkt die Trennung der Bauteile auch, dass beide Dämmebenen für Installationen genutzt werden können und dennoch brandtechnisch geschützt sind.

Insgesamt erreichen die Wärmedurchgangskoeffizienten annähernde Werte. Somit sind die Bauteile im Wärmeschutz gleich zu bewerten, wohingegen im Entwurf die ökologische Effizienz wesentlich gesteigert werden konnte.

Entwurf Wohnungstrennwand



0,231 W/m²K U-Wert ¹

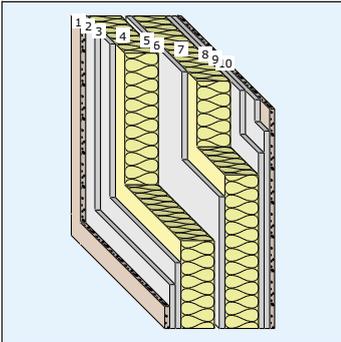


Masse 82,5 kg/m²
PENRT 340 MJ/m²
GWP total -12,7 kg CO₂/m²
AP 0,0790 kg SO₂/m²

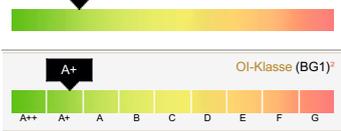
Wand: Trennwand zwischen Wohn oder Betriebseinheiten (BG1) – IBO-Richtwerte 2020

Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1	Levita	Lehmoberputz OP1	0,50	0,910	0,01	1
2	Lehm	bauplatte	2,20	0,140	0,16	2
3	Inhomogen	(Elemente vertikal) 57,5 cm (92%) Glaswolle MW(GW)-W (18 kg/m³) 5 cm (8%) Konstruktionsvollholz (KVH)	5,00	0,038	1,32	3
4	Lehm	bauplatte	1,60	0,140	0,11	1
5	Lehm	bauplatte	2,20	0,140	0,16	2
6	Lufts	schicht stehend, Wärmefluss horizontal 15 < d <= 20 mm	2,00	0,118	0,17	0
7	Lehm	bauplatte	1,60	0,140	0,11	1
8	Inhomogen	(Elemente vertikal) 57,5 cm (92%) Synthesa Capatect Hanf Silent TBS (Trockenba 5 cm (8%) Konstruktionsvollholz (KVH)	10,00	0,044	2,27	6
9	Lehm	bauplatte	2,20	0,140	0,16	2
10	Levita	Lehmoberputz OP1	0,50	0,910	0,01	1
				R _{si} / R _{se} =	0,130 / 0,130	
				R' / R" (max. relativer Fehler: 1,5%) =	4,386 / 4,259	
Bauteil			27,80	4,323	20	

Metalldübelwand- WHG-Trennwand Franz und Sue



0,206 W/m²K U-Wert ¹



Masse 57,4 kg/m²
PENRT 419 MJ/m²
GWP total 23,4 kg CO₂/m²
AP 0,105 kg SO₂/m²

Wand: Trennwand zwischen Wohn oder Betriebseinheiten (BG1) – IBO-Richtwerte 2020

Projekt: R_{si}=0.13;
R_{se}=0.13;

Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1	Gips	putze (1300 kg/m³)	0,30	0,570	0,01	1
2	Gips	kartonplatte (700 kg/m³)	1,25	0,210	0,06	2
3	Gips	kartonplatte (700 kg/m³)	1,25	0,210	0,06	2
4	Glas	wolle MW(GW)-W (24 kg/m³)	7,50	0,036	2,08	7
5	Lufts	schicht stehend, Wärmefluss horizontal d <= 6 mm	0,50	0,042	0,12	0
6	Gips	kartonplatte (700 kg/m³)	1,25	0,210	0,06	2
7	Glas	wolle MW(GW)-W (24 kg/m³)	7,50	0,036	2,08	7
8	Gips	kartonplatte (700 kg/m³)	1,25	0,210	0,06	2
9	Gips	kartonplatte (700 kg/m³)	1,25	0,210	0,06	2
10	Gips	putze (1300 kg/m³)	0,30	0,570	0,01	1
Weitere Bestandteile (nicht U-Wert relevant, ohne Bauteilaufbau): (Menge pro m² Bauteil)						
0,58 kg CW 75 Profil (oben+unten) (Stahlblech, verzinkt)						2
1,7 kg CW 75 Profil vertikal (Stahlblech, verzinkt)						5
				R _{si} / R _{se} =	0,130 / 0,130	
				R' / R" (max. relativer Fehler: 0,0%) =	4,854 / 4,854	
Bauteil			22,35	4,854	32	

¹ Schicht ist OI3-relevant ab BG3 ¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ONORMEN ISO 6946. ¹ Für die OI-Klasse wird neben den ökologischen Kennzahlen auch der U-Wert des Bauteils berücksichtigt

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.

Außenwände

Der Stadtelefant ist optisch und konstruktiv stark auf die Architekturbeton-elemente zurückzuführen. Sie geben dem Gebäude das äußerliche Erscheinungsbild, welches von der Gliederung und Fügung der Fertigteilelemente in der Fassade geprägt ist.

Dieses Element wurde hier mit den vorhandenen Daten des baubooks nachgebildet und zum Vergleich dargestellt. Hierbei wurde deutlich, dass Betonbauteile durch den sehr hohen Vorfertigungsgrad in der ökonomischen Dimension der Nachhaltigkeit eingeordnet werden können, dies aber nicht im Gleichgewicht mit der ökologischen Dimension steht.

Daraufhin wurde im Zuge des Alternativenentwurfs ebenfalls eine mehrschichtige diffusionsoffene Fertigteilaußenwand entwickelt, die mit dem tragenden Holzskelettbau gefügt wird. Mit Hilfe von CLT-Platten sollen diese Elemente teils tragende, aber insbesondere aussteifende Funktionen übernehmen.

Der mehrschichtige Aufbau der entwickelten vorgefertigten Außenwand ist den Schutzfunktionen und den allgemein hohen Anforderungen an die äußere Gebäudehülle begründet.

Die nichttragende Vorsatzschale schützt die CLT-Platte als tragende und luftdichte Ebene,¹⁰³ sodass im Lebenszyklus die Anpassung von Leitungsführungen und das Versetzen von Wänden im Gebäude möglich sind. Verputzte

Lehmbauplatten werden aus ökologischen Aspekten hier innen für den Brandwiderstand gewählt.

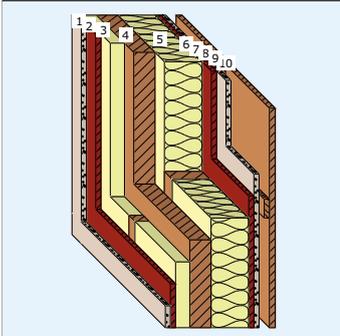
Die außen im selbsttragenden Ständerwerk auf der CLT-Platte liegende Gefachedämmung erfüllt die besonders hohen Anforderungen an den U-Wert der Außenhülle. Durch bereits im Werk verputzte Lehmplatten wird die Hanffaserdämmung vor Eindringen von Feuer geschützt. Horizontale Bremsen verhindern eine Brandweiterleitung über die Fassade und die Geschosse hinweg. Die Fassadengestaltung und Fügung der vertikalen und horizontalen Bauteile sowie der Bauablauf und sind im Kapitel 5 genauer erläutert.

Bei dieser Gegenüberstellung ist unmittelbar erkennbar, dass die entworfene Außenwand ausgezeichnete Werte in Bezug auf ihre ökologische Qualität aufweist. Sogar die Vergleichsbauteile aus Holzbaustoffen, wie sie im baubook dargestellt sind, weisen bis zu dreifach höhere OI3-Werte auf. Dies ist insbesondere auf das negative GWP von Holz und nachwachsenden Rohstoffen zurückzuführen, welches die CO₂-Speicherfähigkeit des Holzes widerspiegelt.

Durch eine detaillierte und umfassende Auseinandersetzung mit den einzelnen tragenden, dämmenden, abdichtenden und schützenden Schichten ist ein sehr komplexes reversibles Fertigteilelement entstanden, das allen Aspekten der Nachhaltigkeit entsprechen kann.

Entwurf : CLT | Holzständerfassade

Wand: gegen Außenluft - hinterlüftet (BG0) – IBO-Richtwerte 2020

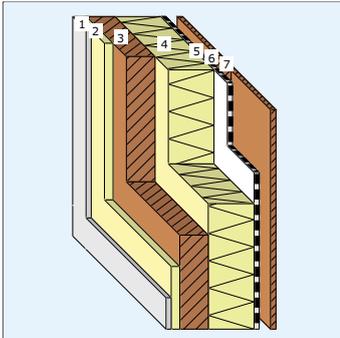


Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²KW	$\Delta OI3$ Pkt/m²
1	Levita Lehmunterputz UP2		0,50	1,100	0,00	1
2	Lehmbauplatte		2,20	0,140	0,16	2
3	Konstruktionsvollholz (e=625) / Mineralwolle		6,00			
		56,5 cm (90%) Hanfaserdämmstoff (41 kg/m³)	6,00	0,045	1,33	2
		6 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, tec	6,00	0,120	0,50	0
4	Brettsper Holz BBS (5-lagig) (binderholz Brettsper Holz BBS (F		9,00	0,120	0,75	14
5	Konstruktionsvollholz (e=625) / Mineralwolle		16,00			
		54,5 cm (87%) Hanfaserdämmstoff (41 kg/m³)	16,00	0,045	3,56	6
		8 cm (13%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, tec	16,00	0,120	1,33	0
6	Lehmbauplatte		2,20	0,140	0,16	2
7	Levita Lehmoberputz OP1		0,50	0,910	0,01	1
8	Lattung		2,20			
		54,5 cm (87%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben 21	2,20	0,167	0,13	0
		8 cm (13%) Konstruktionsvollholz (KVH)	2,20	0,120	0,18	0
9	Lattung		2,20			
		54,5 cm (87%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben 21	2,20	0,167	0,13	0
		8 cm (13%) Konstruktionsvollholz (KVH)	2,20	0,120	0,18	0
10	Holz Außenwandverkleidung (Nutzholz (525 kg/m³ - zB Lärche		2,50			
					1	2
		$R_{s1} / R_{s2} =$		0,130 / 0,130		
		R' / R'' (max. relativer Fehler: 1,9%) =		5,910 / 5,687		
Bauteil			43,30	5,799	27	



Wand: gegen Außenluft - hinterlüftet (BG0) – IBO-Richtwerte 2020

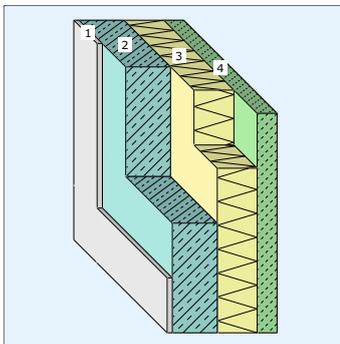
Vergleich Außenwand Bauteilkatalog



Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²KW	$\Delta OI3$ Pkt/m²
1	Rigips Feuerschutzplatte (Rigips Feuerschutzplatte)		1,25	0,250	0,05	2
2	Rigips Federschiene (27 mm; e=625) / MW 40 mm im Gefach		3,00	0,034	0,88	6
3	Brettsper Holz BBS (5-lagig) (binderholz Brettsper Holz BBS (F		10,00	0,120	0,83	16
4	Mineralwolle vollflächig, zB Isover Sillatherm WVP1-035 (ISO)		16,00	0,034	4,71	68
5	Unterspannbahn (Dichtungsbahn Polyethylen (PE))		0,02	0,500	0,00	1
6	Holzattung (40/60, e=625)		4,00			
		56,5 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben 36	4,00	?	?	?
		6 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, tec	4,00	?	?	?
7	Holz Außenwandverkleidung, plattenförmig ohne Fugen (Nutzh		1,90			?
Weitere Bestandteile (nicht U-Wert relevant, ohne Bauteilaufbau): (Menge pro m² Bauteil)						
1,1 kg Stahlblech, verzinkt						
		$R_{s1} / R_{s2} =$		0,130 / 0,130		?
		R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		6,732 / 6,732		
Bauteil			36,17	6,732	91	



Franz&Sue Außenwand Wand: gegen Außenluft - nicht hinterlüftet (BG0) – IBO-Richtwerte 2020



Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²KW	$\Delta OI3$ Pkt/m²
1	Epoxidharz-Beschichtung		0,20	0,200	0,01	18
2	Stahlbeton 120 kg/m³ Armierungsstahl (1,5 Vol.%)		18,00	2,400	0,08	70
3	Dämmung EPS Plus (AUSTROTHERM EPS W25 PLUS)		16,00	0,031	5,16	22
4	Fassadenplatte Beton (Betonplatten)		8,00	2,000	0,04	12
		$R_{s1} / R_{s2} =$		0,130 / 0,040		
		R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		5,456 / 5,456		
Bauteil			42,20	5,456	122	



¹ Schicht ist OI3-relevant ab BG3 ² U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. ³ Für die OI-Klasse wird neben den ökologischen Kennzahlen auch der U-Wert des Bauteils berücksichtigt

¹⁰⁴ vgl. Hersteller:
Schneider Holz,
Lignatur,
openly

horizontale Elemente

In diesem Abschnitt erfolgt ein kurzer Vergleich der Effizienz von horizontalen Bauteilen, die flächig tragend und aussteifend sind. Beim Deckensystem muss aufgrund der besonderen Anforderungen an den Schallschutz ein besonderes Augenmerk auf das flächenspezifische Gewicht und die Trennung der Nutzungseinheiten gelegt werden. Ebenso wurde sich im Rahmen des Entwurfes für eine Holzdeckenuntersicht entschieden.

Für eine erste statische und brandschutztechnische Einordnung wurde auf die Software best wood STATICS von Schneider Holz zurückgegriffen. Diese vergleicht klassische Brettsperholzsysteme aus ihrem Produktkatalog hinsichtlich der Schwingung, Schallschutzes, des Brandschutzes und der Tragfähigkeit.

Im Vergleich wird die im Entwurf angewandte Hohlkastendecke¹⁰⁴ mit Lehm-schüttung, eine einfache CLT-Decke, ein Holz-Beton-Verbundsystem und gebaute Stahlbetondecke des Stadtelefant dargestellt, die in der dargestellten Dimensionierung in etwa die gleiche Trag- und Aussteifungsfunktion übernehmen können.

Obwohl das spezifische Eigengewicht hoch ist, wurde im Grunde genommen aus ökologischen und Vorfertigungsaspekten heraus, gegen klassische Holz-Beton-Verbunddeckensysteme ent-

schieden.

Einfache CLT-Platten können sehr gut als Platte ausgesteift und auf Abbrand dimensioniert werden. Aufgrund der geringen spezifischen Masse, des Schwingungsverhaltens und des hieraus resultierenden negativen Schallschutzes muss in der Folge aber mit erheblich stärkeren Deckenaufbauten oder -abhängungen geplant werden. Dieses spricht wiederum für die Wahl von flächeneffizienten CLT-Hohlkastensystemen.

Diese sind bereits am Markt bei Herstellern wie Lignatur und Schneider Holz erhältlich. Diese Systeme werden als Scheibe mit entsprechendem Brandschutz ausgeführt. Der Gefacheschallschutz ist bereits im Werk eingelegt und wirkt sich positiv auf den Trittschall im tiefenfrequenten Bereich aus.

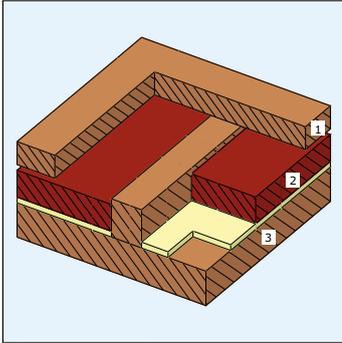
Im Entwurf werden die Hohlkastendecken auf der Baustelle mittels kleiner Revisionsöffnungen mit Lehmgranulatschüttungen gefüllt. An diese Schüttung bestehen keine spezifischen Anforderungen und sie kann somit auch direkt aus Aushublehm hergestellt werden.

Im Rahmen der Vorfertigung und Baustellenlogistik bringt es neben dem sehr guten OI3-Wert auch wesentliche Vorteile mit sich.

In Decken- und Dachaufbauten werden die weiteren Vorteile mit Sicht auf die Schutzfunktionen von Bauteilen und der Reversibilität ersichtlich.

Entwurf: Hohlkastendecke | Lehmschüttung

Decke, Dach: Decke innerhalb von beheizten Wohn- und Betriebseinh. ohne U-Wert-Anforderung (BG0) – IBO-Richtwerte 2020

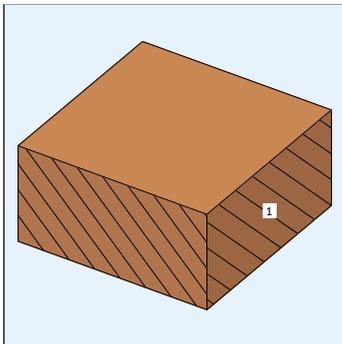


Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² KW	ΔOI3 Pkt/m ²
1		binderholz Brettsperrholz BBS (Fichte)	6,00	0,120	0,50	9
2		Inhomogen (Elemente quer bzw. parallel zur Traufe)	10,00			
		112 cm (14%) Luftschicht stehend, Wärmeﬂuss nach oben	1,50	0,103	0,15	0
		112 cm (65%) Lehm - Massivlehm 2000 kg/m ³	7,00	1,000	0,07	3
		112 cm (14%) Hanffaserdämmplatten für WDVS	1,50	0,045	0,33	1
		8 cm (7%) Brettstichholz (BSH)	10,00	0,130	0,77	1
3		binderholz Brettsperrholz BBS (Fichte)	9,00	0,120	0,75	14
Bauteil			25,00			29

Masse	203,1 kg/m²
PENRT	591 MJ/m ²
GWP total	-77,6 kg CO ₂ /m ²
AP	0,169 kg SO ₂ /m ²

Vergleich Brettsperrholzdecke (CLT)

Decke, Dach: Decke innerhalb von beheizten Wohn- und Betriebseinh. ohne U-Wert-Anforderung (BG0) – IBO-Richtwerte 2020

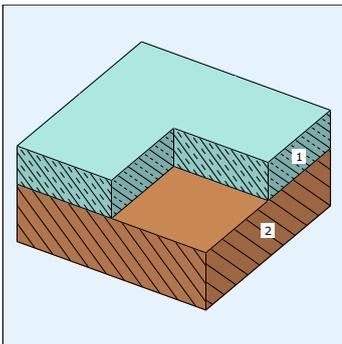


Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² KW	ΔOI3 Pkt/m ²
1		binderholz Brettsperrholz BBS (Fichte)	22,00	0,120	1,83	35
Bauteil			22,00			35

Masse	99,0 kg/m²
PENRT	729 MJ/m ²
GWP total	-110 kg CO ₂ /m ²
AP	0,215 kg SO ₂ /m ²

Vergleich: Holz-Beton-Verbund-Decke

Decke, Dach: Decke innerhalb von beheizten Wohn- und Betriebseinh. ohne U-Wert-Anforderung (BG0) – IBO-Richtwerte 2020

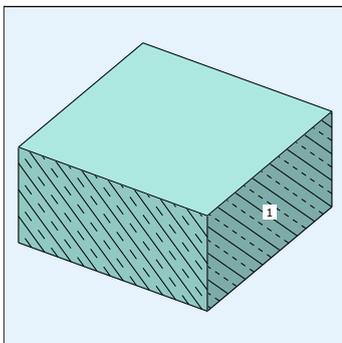


Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² KW	ΔOI3 Pkt/m ²
1		Stahlbeton 60 kg/m ³ Armierungsstahl (0,75 Vol.%)	10,00	2,300	0,04	26
2		binderholz Brettsperrholz BBS (Fichte)	15,00	0,120	1,25	24
Bauteil			25,00			50

Masse	295,0 kg/m²
PENRT	805 MJ/m ²
GWP total	-42,6 kg CO ₂ /m ²
AP	0,224 kg SO ₂ /m ²

Decke | Balkon Franz & Sue Standard

Decke, Dach: Decke innerhalb von beheizten Wohn- und Betriebseinh. ohne U-Wert-Anforderung (BG0) – IBO-Richtwerte 2020



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² KW	ΔOI3 Pkt/m ²
1		Stahlbeton 140 kg/m ³ Armierungsstahl (1,75 Vol.%)	25,00	2,500	0,10	108
Bauteil			25,00			108

Masse	593,8 kg/m²
PENRT	1304 MJ/m ²
GWP total	124 kg CO ₂ /m ²
AP	0,333 kg SO ₂ /m ²

¹⁰⁶ vgl. Hersteller
Lethotherm

¹⁰⁵ vgl. Kapitel 4.2
horizontale Elemente

Deckenaufbauten Arbeiten

Basierend auf der Auswahl von Hohlkastenelementen als horizontale Deckenelemente werden in diesem Abschnitt die entwickelten Deckenaufbauten präsentiert und direkt mit den Deckenaufbauten des Stadtelefanten verglichen.

Ein wesentlicher Anspruch an den Alternativentwurf bestand darin, Verklebungen und zementgebundene Baustoffe zu vermeiden, um eine Reversibilität der einzelnen Schichten sicherzustellen und Umbauten während des Lebenszyklus zu ermöglichen.

Die Hohlkastenelemente bilden gemeinsam mit der unteren CLT-Platte die luftdichte und brandschützende Schicht zwischen den Nutzungseinheiten. Oberhalb sind diese Elemente bereits im Werk mit Revisionsöffnungen ausgestattet, die nicht nur die Einfügung von Lehmschüttungen ermöglichen, sondern auch das Verlegen und Verbinden von Leitungen wie beispielsweise Lüftungsleitungen mit hohem Querschnitt in der Ebene der Hohlkästen.¹⁰⁵

Im Sinne der Reversibilität, eventuelle kleinerer Schadensbehebungen und Anpassung an den technischen Fortschritt wird aber hauptsächlich mit Leitungsführungen auf den tragenden Decken geplant.

Aufbauend auf das Deckenelement befindet sich eine Trittschalldämmung mit Lehm als gebundener Ausgleichsschüttung und einer zusätzlichen Dämmebene

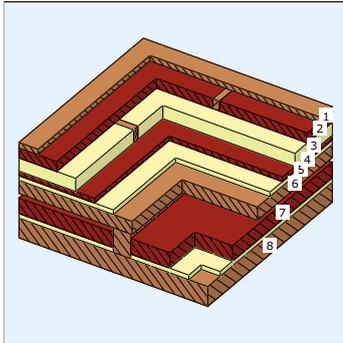
unterhalb des massiven Dielenparketts befinden sich vorgefertigte Lehm-Heizplatenelemente.¹⁰⁶

Durch diese kompakte Schichtung wurde ein Aufbau von lediglich 17 cm in den Geschossen 1–5 geplant, der direkt mit dem Aufbau von Franz&Sue verglichen werden kann. Es ist besonders hervorzuheben, dass Lüftungs- und Elektroleitungen, technische Leitungsführungen sowie Elemente der Bauteilkernaktivierung nicht starr vergossen werden und das Gebäude kontinuierlich an den technischen Fortschritt angepasst werden kann.

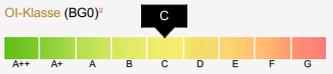
Der Vergleich zeigt deutlich, dass die ökologische Bilanz bei Verzicht auf zementgebundene Baustoffe wie Stahlbeton und Estriche verbessert wird. Der OI3-Index der Hohlkastendecke mit Aufbau beträgt hier lediglich 35% im Vergleich zur Stahlbetondecke.

Es ist auch zu betonen, dass nicht nur die negative Umweltauswirkung stark reduziert wurde, sondern auch der Vorfertigungsgrad durch Fertigteile anstelle von Ortbetondecken und Schichten erhöht wurde. Insgesamt wurde die Wärmedämmung deutlich verbessert, wie durch den U-Wert dargestellt.

Entwurf: Hohlkastendecke | Lehmschüttung (17cm)



0,233 W/m²K U-Wert¹

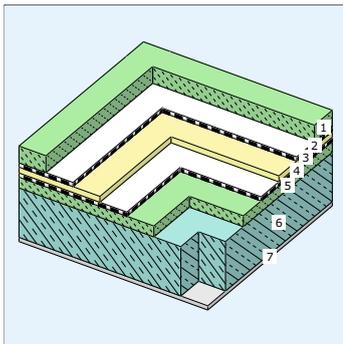


Masse	265,7 kg/m ³
PENRT	930 MJ/m ³
GWP total	-107 kg CO ₂ /m ³
AP	0,270 kg SO ₂ /m ³

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	μ m ² /KW	R m ² /K	ΔOI3 Pkt/m ²
1		Massivparkett	2,50	0,160	0,16	10	
2	Inhomogen (Elemente quer bzw. parallel zur Traufe)	47 cm (94%) Lehmbauplatte 3 cm (6%) Konstruktionsvollholz (KVH)	4,50	0,140	0,32	4	
3	Inhomogen (Elemente längs bzw. normal zur Traufe)	59,5 cm (95%) Hanffaserdämmstoff (41 kg/m ³) 3 cm (5%) Konstruktionsvollholz (KVH)	6,00	0,045	1,33	2	
4		Lehm - Leichtlehm 600 - 800 kg/m ³	2,00	0,160	0,13	3	
5		Hanffaserdämmplatten für WDVS	2,00	0,045	0,44	1	
6		binderholz Brettspertholz BBS (Fichte)	6,00	0,120	0,50	9	
7	Inhomogen (Elemente quer bzw. parallel zur Traufe)	112 cm (14%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben 11 112 cm (65%) Lehm - Massivlehm 2000 kg/m ³ 112 cm (14%) Hanffaserdämmplatten für WDVS 8 cm (7%) Brettschichtholz (BSH)	10,00	1,50	0,103	0,15	0
8		binderholz Brettspertholz BBS (Fichte)	9,00	0,120	0,75	14	
			$R_{ext} / R_{int} =$		0,100 / 0,100		
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 1,2%) =		4,348 / 4,248		
Bauteil			42,00	4,298	49		

Franz&Sue Deckenaufbau Standard (17)



0,743 W/m²K U-Wert²



Masse	805,2 kg/m ³
PENRT	1646 MJ/m ³
GWP total	146 kg CO ₂ /m ³
AP	0,434 kg SO ₂ /m ³

Decke, Dach: Decke gegen getrennte u. beheizte Wohn- und Betriebseinheiten - Wärmestrom nach oben (BG0) – IBO-Richtwerte 2012

Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	μ m ² /KW	R m ² /K	ΔOI3 Pkt/m ²
1		HeizestrichE300 (Zement- und Zementfließestrich (2000 kg/m ³	8,50	1,330	0,06	16	
2		PE-Folie (BACHL PE-Dampfbremssfolie Klasse E, B2, 200μm)	0,02	0,500	0,00	1	
3		EPS-T 650 (11 kg/m ³)	3,00	0,044	0,68	2	
4		Dampfbremse Polyethylen (PE)	0,02	0,500	0,00	1	
5		Polystyrolbeton (Beton mit EPS-Zuschlag (700 kg/m ³))	5,50	0,190	0,29	22	
6		Stahlbeton 140 kg/m ³ Armierungsstahl (1,75 Vol.%)	25,00	2,500	0,10	79	
7		Epoxidharz-Beschichtung	0,20	0,200	0,01	18	
			$R_{ext} / R_{int} =$		0,100 / 0,100		
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		1,346 / 1,346		
Bauteil			42,24	1,346	137		

¹ Schicht ist OI3-relevant ab BG3 ² U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ONORMEN ISO 6946. ³ Für die OI-Klasse wird neben den ökologischen Kennzahlen auch der U-Wert des Bauteils berücksichtigt

¹⁰⁶ vgl. Kapitel 5.3
Leitdetails:
Deckenaufbauten

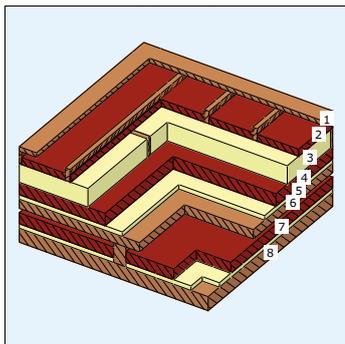
Deckenaufbauten Wohnen

Im Bereich der reinen Wohngeschosse im 6. und 7. Geschoss wurde ein erhöhter Fußbodenaufbau geplant, der den ursprünglichen Bauantragsunterlagen entnommen wurde und weiteren erhöhten Schallschutzanforderungen gerecht wird. Ein Vorteil dieses Aufbaus besteht darin, dass die Leitungsführung auf dem Deckenelement in Schüttungen und Dämmebenen erfolgen kann, was zusätzlich die Grundrissfreiheit erhöht.¹⁰⁶

Die Deckenaufbauten in den obersten Wohngeschossen entsprechen weitgehend den zuvor beschriebenen. Lediglich die Schichtstärken wurden an die spezifischen Anforderungen angepasst. Dies ermöglicht eine weitere Senkung des U-Wertes und eine Erhöhung der spezifischen Masse, was sich positiv auf den Wärme- und Schallschutz auswirkt.

Auch hier wird deutlich, dass der entwickelte Schichtaufbau im Vergleich zu den Deckenaufbauten von Franz&Sue besser einzuordnen ist, insbesondere hinsichtlich seiner Schutzfunktionen. Der OI3-Wert kann durch den Einsatz des vorgestellten Schichtaufbaus im Vergleich zum Stadtelefanten um mehr als 100 Punkte gesenkt werden. Dies spricht für eine ökologisch besonders gute Bewertung und unterstreicht die Vorteile des Entwurfs für die Hohlkastendecken.

Entwurf: Hohlkastendecke | Lehmschüttung (33cm)



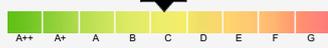
0,164 W/m²K

U-Wert ¹



C

OI-Klasse (BG0)



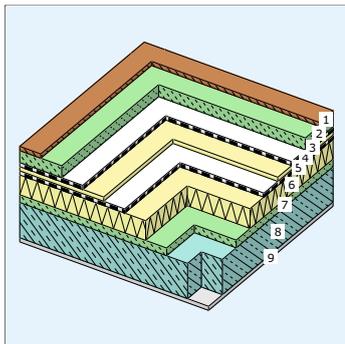
Masse	319,0 kg/m ²
PENRT	1121 MJ/m ²
GWP total	-115 kg CO ₂ /m ²
AP	0,311 kg SO ₂ /m ²

Decke, Dach: Decke gegen getrennte u. beheizte Wohn- und Betriebseinheiten - Wärmestrom nach oben (BGO) – IBO-Richtwerte 2020

Nr.	Typ Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOI3 Pkt/m ²	
1	Massivparkett	2,50	0,160	0,16	10	
2	Inhomogen (Elemente quer bzw. parallel zur Traufe)	8,00				
	28,5 cm (40%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben	31	3,50	0,219	0,16	0
	28,5 cm (51%) Lehmbauplatte		4,50	0,140	0,32	3
	3 cm (10%) Konstruktionsvollholz (KVH)		8,00	0,120	0,67	0
3	Inhomogen (Elemente längs bzw. normal zur Traufe)	12,00				
	59,5 cm (95%) Hanffaserdämmstoff (41 kg/m ³)		12,00	0,045	2,67	5
	3 cm (5%) Konstruktionsvollholz (KVH)		12,00	0,120	1,00	0
4	Lehm - Leichtlehm 600 - 800 kg/m ³		8,00	0,160	0,50	11
5	Hanffaserdämmplatten für WDVS		2,00	0,045	0,44	1
6	binderholz Brettsperrholz BBS (Fichte)		6,00	0,120	0,50	9
7	Inhomogen (Elemente quer bzw. parallel zur Traufe)	10,00				
	112 cm (14%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben	11	1,50	0,103	0,15	0
	112 cm (65%) Lehm - Massivlehm 2000 kg/m ³		7,00	1,000	0,07	3
	112 cm (14%) Hanffaserdämmplatten für WDVS		1,50	0,045	0,33	1
	8 cm (7%) Brettchichholz (BSH)		10,00	0,130	0,77	1
8	binderholz Brettsperrholz BBS (Fichte)		9,00	0,120	0,75	14
			R ₀ / R _{0a} =	0,100 / 0,100		
			R' / R" (max. relativer Fehler: 1,2%) =	6,172 / 6,026		
Bauteil			57,50	6,099	60	

Franz&Sue Deckenaufbau Standard

Decke, Dach: Decke gegen getrennte u. beheizte Wohn- und Betriebseinheiten - Wärmestrom nach oben (BGO) – IBO-Richtwerte 2012



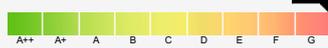
0,208 W/m²K

U-Wert ²



OI-Klasse (BG0)

G



Masse	821,9 kg/m ²
PENRT	2095 MJ/m ²
GWP total	155 kg CO ₂ /m ²
AP	0,538 kg SO ₂ /m ²

Nr.	Typ Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOI3 Pkt/m ²	
1	Massivparkett	2,00	0,160	0,13	19	
2	HeizestrichE300 (Zement- und Zementfließestrich (2000 kg/m ³))	8,50	1,330	0,06	16	
3	BACHL PE-Dampfbremssfolie Klasse E, B2, 200µm		0,02	0,500	0,00	1
4	EPS-T 650 (11 kg/m ³)		3,00	0,044	0,68	2
5	Dampfbremse Polyethylen (PE)		0,02	0,500	0,00	1
6	EPS-W 15 (13,5 kg/m ³)		14,00	0,042	3,33	11
7	Beton mit EPS-Zuschlag (700 kg/m ³)		5,50	0,190	0,29	22
8	Stahlbeton 140 kg/m ³ Armierungsstahl (1,75 Vol.%)		25,00	2,500	0,10	79
9	Epoxidharz-Beschichtung		0,20	0,200	0,01	18
			R ₀ / R _{0a} =	0,100 / 0,100		
			R' / R" (max. relativer Fehler: 0,0%) =	4,804 / 4,804		
Bauteil			58,24	4,804	167	

¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ONORM EN ISO 6946.

² Für die OI-Klasse wird neben den ökologischen Kennzahlen auch der U-Wert des Bauteils berücksichtigt

Dachaufbau

Exemplarisch werden hier nur die standardisierten Dachaufbauten bis zur Kiesschicht dargestellt, wobei aufgeständerte Terrassen, Retentionskästen und Begrünung gleichermaßen im Stadtelefanten wie im Alternativentwurf angewendet werden.

Das Dach bildet die abschließende Hülle des Gebäudes und hat somit besonders hohe Schutzanforderungen.

Im Entwurf musste ein besonderes Augenmerk auf den Feuchtschutz gelegt werden, wodurch auf verklebte Abdichtungsbahnen zurückgegriffen werden musste, welche nicht durch Nawarohs-Baustoffe ersetzt werden können.

Im Vergleich wird deutlich, dass insbesondere auch die XPS-Dämmung, neben dem ressourcenintensiven Stahlbeton im Stadtelefanten den OI3-Wert stark erhöht und somit ein großes Verbesserungspotential in den Dämmebenen besteht.

Positiv hinzufügen ist, dass die im Entwurf gewählten Hohlkastendeckenelemente im Dach keinen zusätzlichen Schallschutz benötigen. Daher kann anstelle der Lehmschüttung wie in den Trenndeckenaufbauten eine Ausfachung mit Hanffaserdämmung erfolgen, die den reinen Wärmeschutz des Hohlkastenbauteils erhöht und somit den Dämmaufbau reduziert.

Als trittsichere Dämmung wurde

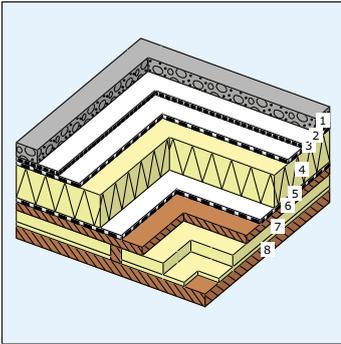
anstatt von XPS auf Dämmkork zurückgegriffen, der als nachwachsender Rohstoff in seiner ökologischen Bilanz wesentlich besser einzustufen ist.

Durch die Verklebung oberhalb der Dämmebene sind die Hohlkastendecken zum Gebäudeinneren diffusions-offen auszuführen.

Insgesamt können mit einem geringeren Deckenaufbau gleiche wärmedämmende Eigenschaften erzielt werden. Dies verdeutlicht nochmals die Effizienz von Hohlkastenelementen zum reinen Massivholzbau.

Entwurf: Dach

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben (BG1) – IBO-Richtwerte 2012



0,112 W/m²K

U-Wert ²



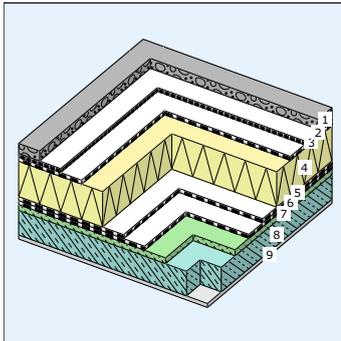
Ol-Klasse (BG1)¹

Masse	297,1 kg/m ²
PENRT	1349 MJ/m ²
GWP total	-105 kg CO ₂ /m ²
AP	0,312 kg SO ₂ /m ²
GWP total	-115 kg CO ₂ /m ²
AP	0,311 kg SO ₂ /m ²

Nr. Typ Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOI3 PK/m ²
1 Schüttungen aus Sand, Kies, Splitt (1800 kg/m ³)	10,00	0,700	0,14	2
2 Bitumierte Drainageplatte	1,50	1,000	0,02	1
3 Polymerbitumen-Dichtungsbahn	0,80	0,230	0,03	20
4 Gefälledämmung Dämmkork (Dämmkork (130 kg/m ³))	24,00	0,045	5,33	8
5 Notabdichtung (Dampfbremse Polyethylen (PE))	0,18	0,500	0,00	5
6 binderholz Brettsperrholz BBS (Fichte)	6,00	0,120	0,50	10
7 Inhomogen (Elemente quer bzw. parallel zur Traufe)	10,00			
112 cm (79%) Hanfaserdämmstoff (41 kg/m ³)	8,50	0,045	1,89	5
112 cm (14%) Hanfaserdämmplatten für WDVS	1,50	0,045	0,33	1
8 cm (7%) Brettstichholz (BSH)	10,00	0,130	0,77	1
8 binderholz Brettsperrholz BBS (Fichte)	9,00	0,120	0,75	15
$R_{s0} / R_{s1} =$				0,100 / 0,040
R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,8%) =				9,028 / 8,893
Bauteil	61,48	8,961	69	

Franz&Sue Dachaufbau Standard

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben (BG1) – IBO-Richtwerte 2012



0,110 W/m²K

U-Wert ²



Masse	918,0 kg/m ²
PENRT	3303 MJ/m ²
GWP total	185 kg CO ₂ /m ²
AP	0,654 kg SO ₂ /m ²

Nr. Typ Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOI3 PK/m ²
1 Schüttungen aus Sand, Kies, Splitt (1800 kg/m ³)	10,00	0,700	0,14	2
2 Bitumierte Drainageplatte	1,50	1,000	0,02	1
3 Polymerbitumen-Dichtungsbahn	1,00	0,230	0,04	25
4 XPS-G 30 > 180 mm (32 kg/m ³)	36,00	0,042	8,57	68
5 Feuchtigkeitsabdichtung (IZOELAST E-KV-5K)	0,50	0,230	0,02	12
6 Feuchtigkeitsabdichtung (IZOELAST E-KV-5K)	0,50	0,230	0,02	12
7 Gefällbeton (Zement- und Zementfließestrich (1800 kg/m ³))	6,00	1,100	0,05	10
8 Stahlbeton 140 kg/m ³ Armierungsstahl (1,75 Vol.%)	25,00	2,500	0,10	79
9 Epoxidharz-Beschichtung	0,20	0,200	0,01	18
$R_{s0} / R_{s1} =$				0,100 / 0,040
R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =				9,121 / 9,121
Bauteil	80,70	9,121	228	

¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ONORM EN ISO 6946.

² Für die Ol-Klasse wird neben den ökologischen Kennzahlen auch der U-Wert des Bauteils berücksichtigt

04.3

Bauteileinordnung

Das Kapitel 4 bietet eine umfassende Übersicht über die kontinuierlichen Abwägungen und Entscheidungen, die hauptsächlich auf ökologischen Nachhaltigkeitsaspekten beruhen und letztlich in den Entwurf im Kapitel 5 eingeflossen sind.

Hierbei wurde ein Holzskelettbau mit aussteifenden Außenwänden und Deckenelementen sowie nichttragenden Holzständer-Innenwänden auf den ursprünglichen Grundrissen von Franz&Sue entwickelt. Die vertikalen und horizontalen Bauteile wurden dabei in ihren einzelnen Schichten sorgfältig untersucht und weiterentwickelt.

Diese Vorstellung gibt bereits einen Ausblick auf die umfassende Darstellung im Kapitel 5 und erläutert die Entscheidung für den Lehm- als Hybrid mit dem Holzsystembau und Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen. Die Abwä-

gungen und Vergleiche können mithilfe des Bauteilrechners des baubooks sowie anhand ökologischer Kenndaten, des flächenspezifischen Gewichts und der Darstellung des U-Werts nachvollzogen werden.

Im Rahmen der Ausarbeitung wurde deutlich, dass eine abschließende vergleichende Ökobilanzierung des Gebauten und des Entwurfs aufgrund fehlender Daten und einer hohen Fehleranfälligkeit nicht möglich war. Daher wurde sich lediglich auf die Innenkonstruktion, Außenwände sowie Decken- und Dachaufbauten beschränkt. Dennoch geben diese einen guten Überblick über die ökologische Einordnung der entwickelten Bauteile mit Schichtaufbauten und eine allgemeine Einordnung von Holz als Primärtragkonstruktion

Es ist festzuhalten, dass sich das baubook mit dem Bauteilrechner als gutes Entwurfstool erwiesen hat. Hierbei können schichtweise einzelne Bauteile schematisch nachgebildet und aufgebaut werden. Dadurch war es möglich, die grundlegenden Entscheidungen für einen Holzskelettbau gleichzeitig mit anderen Schutzfunktionen und Entwurfszielen zu überprüfen. Eine detaillierte Analyse der endgültigen Vergleiche zwischen dem Stadtelefanten und dem Alternativentwurf ist den vorangegangenen Seiten zu entnehmen.

Durch den Vergleich der U-Werte wird nachgewiesen, dass Dämmungen aus nachwachsenden Rohstoffen dieselben Schutzeigenschaften aufweisen können bei einer wesentlich besseren Effizienz der ökologischen Nachhaltigkeit. Im Zuge dessen wurde sich hier primär für regionale Hanffaserdämmung als Klemmvliese entschieden.

Zur Einordnung des Tragsystems wurden die verschiedenen Grundbaustoffe miteinander verglichen. Bei den grundsätzlichen Tragkonstruktionen sind insbesondere Holzbaustoffe hervorzuheben. Mit negativen GWP-Werten werden sie als CO₂-speichernd oder -reduzierend eingestuft, was ihren OI3-Index im Durchschnitt auf 1/3 reduziert. Konstruktionsvollhölzer sind hierbei besonders erwähnenswert, da sie nicht verdübelt oder verleimt werden. Somit wird für den Entwurf mit

nichttragenden und flächeneffizienten Lehm-Holztafelsystemen geplant, mit Ständern aus KVH und Ausfachungen für Dämmungen und Leitungsführungen.

Die Außenwand wird zur statischen Aussteifung und für die Luftdichtheit mit einem Kern aus CLT-Platten geplant und Massivholzabwendung möglichst gering gehalten. Im Sinne der Nachhaltigkeit und auch mit Blick auf die massive Verwendung von Holz und Reversibilität wird flächeneffizient innenseitig mit KVH eine Vorsatzschale geplant, die Leitungsführung ermöglicht. Die Hanffaserwärmedämmung erfolgt innerhalb des Gefaches unter der Holzfassade.

Alle Holzständerkonstruktionen werden mit vollkommen kreislauffähigen Lehm- bauplatten und Lehmputzen, insbesondere für den Brandschutz, der Erhöhung der schallschutzwirksamen Masse, dem Raumklima und auch für ästhetische Zwecke, verkleidet. Diese Effizienz zeigt sich besonders im Vergleich von verbauten Gipskartonplatten (siehe Vergleich Vorsatzschalen) im Stadtelefanten mit den Lehm- bauplatten im Alternativentwurf.

Im Entwurf liegt der Fokus auf Vereinheitlichung der Systeme im Trockenbau für eine Vereinfachung der Handhabung und Erhöhung des Vorfertigungsgrades. Um Wände- und Deckensysteme in ihren Schutz-, Trag- und technischen

Funktionen zu verbessern, können die einzelnen Lehmschichten, Lehmputze und -platten in der Regel in größeren Dimensionen verwendet oder aufgedoppelt werden.

Die Decken, Balkone und des Daches werden mit einem einheitlichen System von scheibensteifen Hohlkastendecken aus CLT-Platten geplant. Alle Untersichten sind mit der Brettspertholzansicht geplant, welche nicht nur aus ästhetischen Gründen gewählt wurde, sondern auch für den Brandschutz und als luftdichte Ebene vordimensioniert sind. Die Hohlkästen werden entsprechend der Anforderungen an das Bauteil effizient genutzt.

Die Trenndecken erhalten durch Hohlraumfüllung mit Lehm einen wesentlich verbesserten Schallschutz. Obwohl der Lehm nicht die Masse des reinen Stahlbetons erhält, kann auf Zement verzichtet werden, was eine verbesserte Nachhaltigkeit darstellt. Es ist anzunehmen, dass dieser zusammen mit dem Fußbodenaufbau ausreichend dimensioniert ist.

Im Bereich der Balkone kann innerhalb der Hohlkästen der Anschluss und die hierfür benötigte flankierende Dämmung erfolgen. Der Dachaufbau kann durch Dämmung innerhalb des Bauteils im Vergleich zum monolithischen Dach um annähernd 20 cm reduziert werden. Insgesamt ist in den horizontalen Bauteilen und Aufbauten die Steige-

rung der Ökobilanz am besten ersichtlich. Im ökologischen Vergleich zeigt sich, dass besonders in den horizontalen Elementen und Aufbauten die größte Differenz und somit Verbesserung des OI3-Wertes zu erzielen war.

Dies ist auf die Flächeneffizienz der Hohlkastenelemente, aber auch auf die Reduzierung des Stahlbetons zurückzuführen.

Im Verlauf des fortlaufenden Vergleiches fällt auf, dass viele Datensätze, insbesondere neuere Bauprodukte wie Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, teils überhaupt nicht oder nur unzureichend abgebildet sind.

Im Bauteilrechner werden schwere Lehm- baustoffe grundsätzlich anhand der Werte von Stampflehm behandelt. Um die geringere Dichte darzustellen, werden bei der Berechnung von Schüttungen Luftschichten miteinbezogen.

Ergänzend ist anzumerken, dass die Datenlage unzureichend ist, da im Rahmen des Entwurfs mit dem Bauteilrechner keine Bewertung des Ursprungs des Baustoffs oder der potenzielle Nutzen als direkter Aushubslehm in die ökologische Bewertung integriert werden konnte. Das IBO beabsichtigt diese Datensätze anhand neuer Forschungsergebnisse zu aktualisieren.

Abschließend ist dennoch ein positiv anzumerken, dass hier Bauteile entwickelt werden konnten, die trotz fehlender Datensätze auf den ersten Blick mit

Hilfe der OI3 als ökologisch ersichtlich werden und bei einer differenzierteren Betrachtung der ökologischen Bilanz und Ergänzung der Datensätze noch wesentlich besser einzustufen sind.

Viele Details sind angelehnt an die Darstellung und Publikationen in Fachzeitschriften, Produktdatenblätter und insbesondere auch aus den Details Dataholz. Selbst dort fehlen einige korrekte Angaben.

In der Gesamtbetrachtung ergibt sich eine äußerst positive Bewertung im Hinblick auf die ökologische Einordnung. Bei eingehender Analyse wird deutlich, dass insbesondere die graue Energie der Bauteile, dargestellt durch das GWP, negative Werte aufweist, was sich positiv auf das Klima auswirkt. Diese Entwicklung ist maßgeblich auf den hohen Anteil an Holz- und Lehmstoffen zurückzuführen, die in der Lage sind, CO₂ zu speichern. Im Durchschnitt wurde der OI3-Index der entwickelten Bauteile um 50–70 % reduziert. Es lässt sich daher mit Sicherheit sagen, dass eine umfassende ökobilanzielle Bewertung beider Gebäude unter Berücksichtigung zahlreicher weiterer Aspekte für den Alternativentwurf äußerst positiv ausfallen würde.

35

Lehm im Holzsystem

5.1. Verortung	136
Stadtentwicklungsgebiete Wien Lageplan Sonennwendviertel	
5.2. Der Entwurf	140
Erschließung Grundrisse Schnitte Ansichten	
5.3. Struktur	158
Primärstruktur Raster und Aussteifung Fügung Vorfertigung Fassadenansicht Fassadenschnitt	
5.4. Leitdetails	172
Innenwände Deckenkonstruktionen	
Das Außenwandelement	
Sockelanschluss Vordachanschluss Balkonanschluss Geschossübergang Dachaufbau	

5.1

Verortung

Wien gehört zu den stärksten wachsenden Städten Europas und vermeldet 2023 über zwei Millionen Einwohner:innen und prognostiziert ein weiteres Wachstum um mehr als 310000 Menschen bis 2053.¹⁰⁷

Der steigende Wohnraum- und auch Arbeitsplatzbedarf kann in diesen Dimensionen nicht nur durch Leerstandsaktivierung erfolgen. In den großen Stadtentwicklungsgebieten der Metropolen macht sich somit der Ressourceneinsatz durch die Bauindustrie besonders bemerkbar.

Zu nennen sind hier in Wien neben der Seestadt Aspern, das Nordbahnviertel, das Nordwestbahnareal, das Village im 3., sowie das bereits fertiggestellte Sonnenwendviertel.

Das nachfolgend entwickelte System soll für derartige Gebiete einen Anstoß

geben mit ressourcenschonenden Nawarohs zu planen. Exemplarisch am Entwurf wird dargelegt, wie Lehm in der Kombination mit Holz einen Beitrag zum nachhaltigen seriellen Bauen bieten kann.

Gemeinsam im Austausch mit den Wiener Architekturschaffenden Franz&Sue wurde das eigene Wohn- und Geschäftshaus der „Stadtelefant“ ausgewählt.

Das Quartiershaus im Zentrum der Bloch-Bauer-Promenade im letzten Bauabschnitt des Sonnenwendviertels bildet hierbei ein Beispiel für die Anwendung zeitgenössischer Architektur. Die in den Gesprächen erläuterten Parameter und Grundrisse des Entwurfs bilden die Grundlage für die konstruktiven nachhaltigen Neukonzeption in Holz und Lehm.

¹⁰⁷ vgl. wien.gv
Bevölkerungsprognose

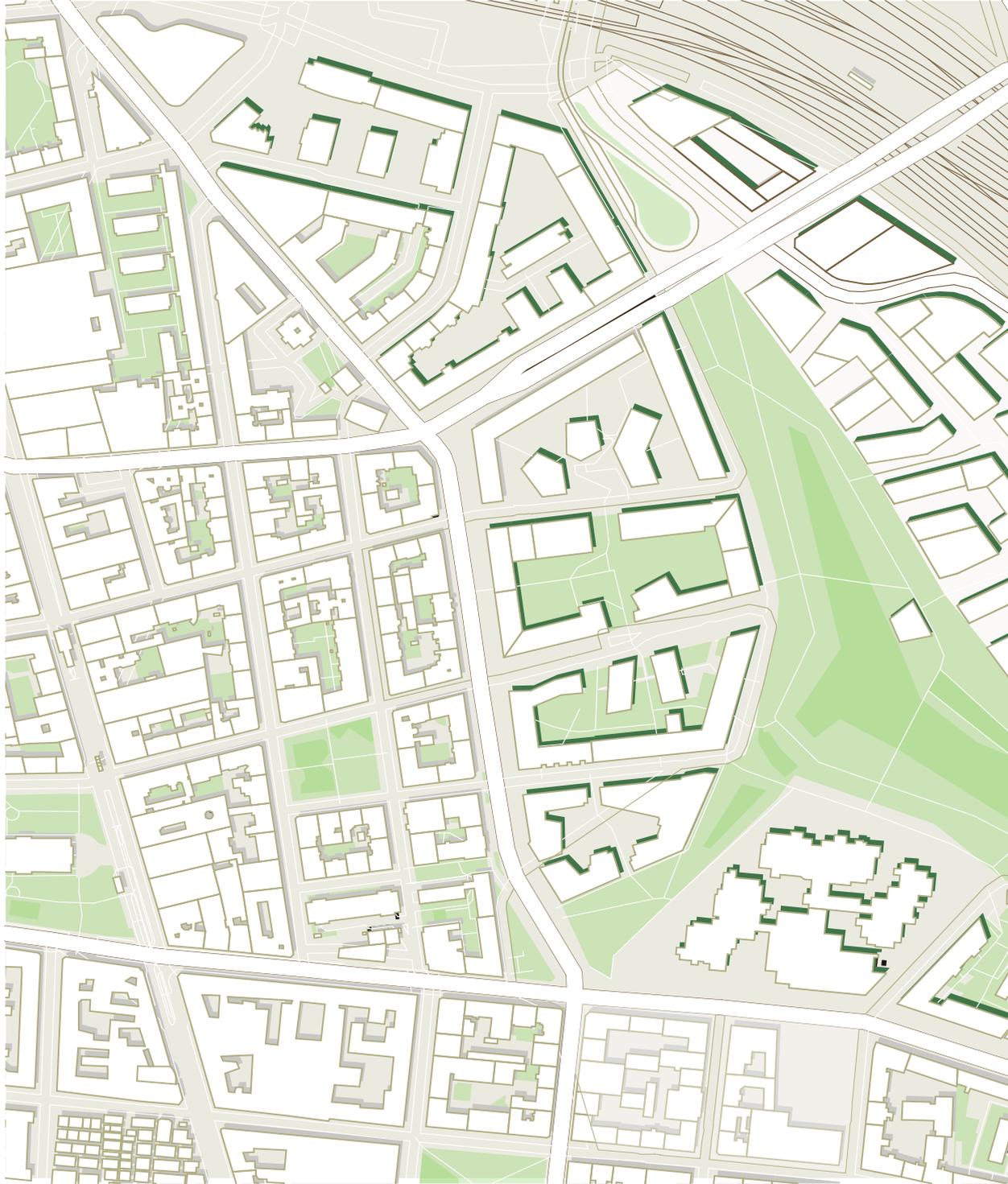
Stadtentwicklung Wien



- 1 Sonnenwendviertel
- 2 Das Village im Dritten
- 3 Nordwestbahnareal
- 4 Nordbahnviertel
- 5 Seestadt Aspern

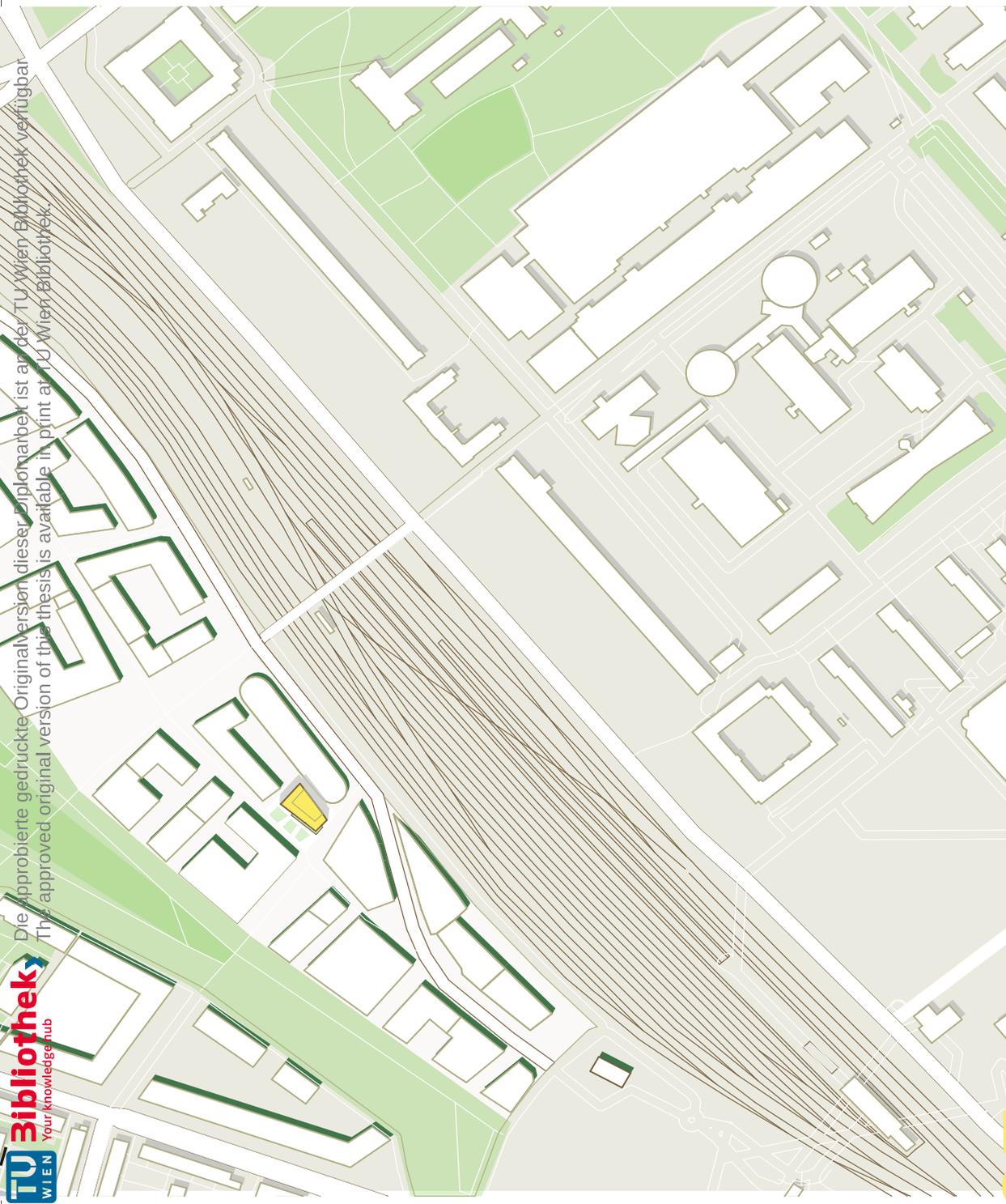


Sonnenwendviertel



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.



Lageplan

5.2

Der Entwurf

Der Entwurf des Quartiershaus im Sonnenwendviertel fungiert als zentraler Ankerpunkt auf einem äußerst begrenzten Baufeld. Es beherbergt derzeit umfangreiche Wohn- und Geschäftseinheiten sowie gastronomische Einrichtungen und Co-Working-Spaces im Erdgeschoss.

Die Nachhaltigkeitskonzepte des „Gründerzeithauses 2.0“, die auf großzügige Raumhöhen und Grundrissgestaltung basieren, sind integraler Bestandteil des Entwurfs. Das Nutzungskonzept des Architekturclusters, kombiniert mit Wohnraum und dem Grätzl-Café, wurde in den Grundrissen berücksichtigt. Ein zentraler Aspekt des Alternativentwurfs war die Schaffung eines Gebäudes mit einer langfristigen Mischung von Nutzungen und maximaler Flexibilität des Grundrisses über den gesamten Lebenszyklus hinweg.

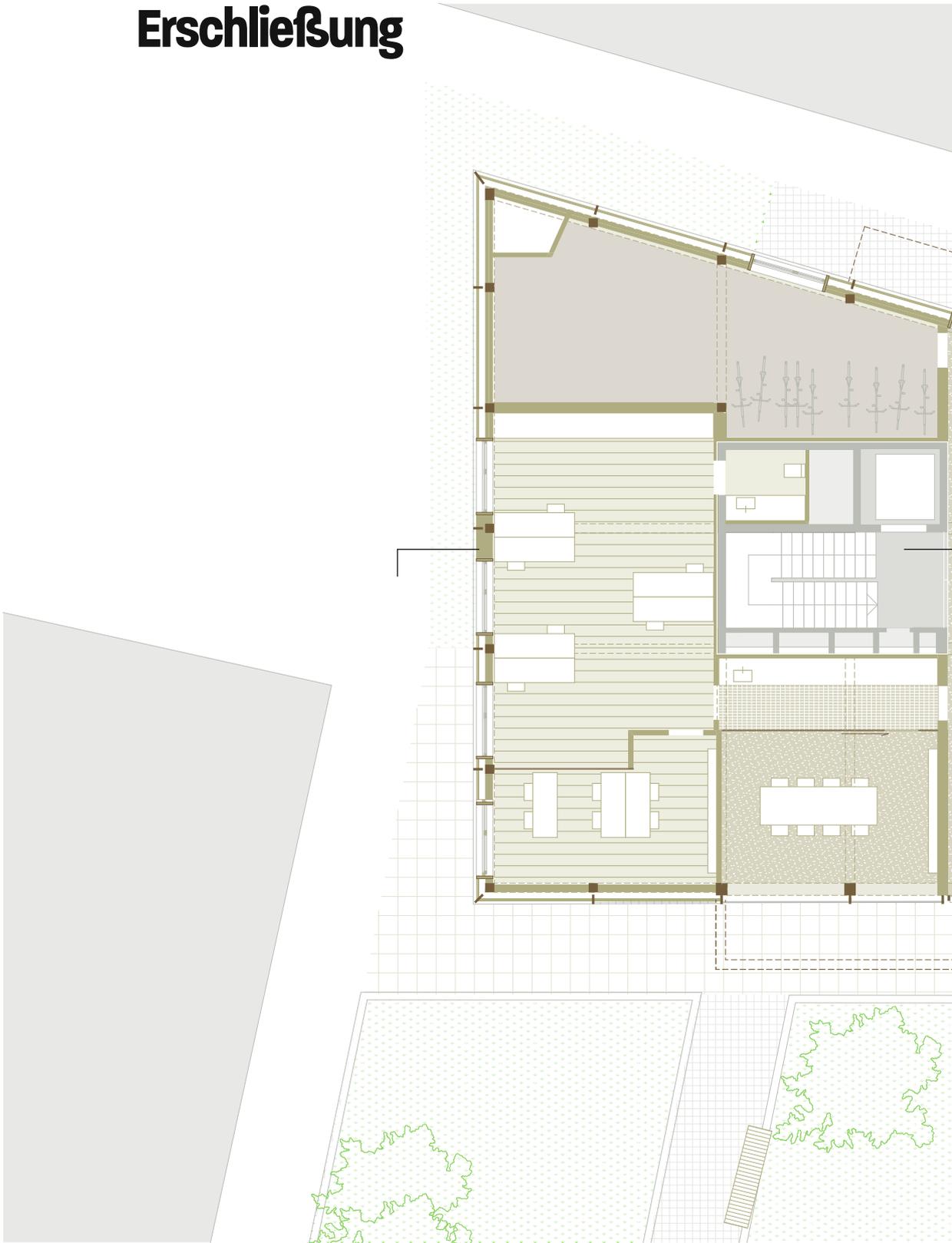
Dieser Aspekt, zusammen mit den ökologischen Aspekten, die in Kapitel 4 behandelt werden, unterstützt das Streben nach reversibler Konstruktion und erhöhtem Grad der Vorfertigung.

Die Ästhetik des Lehm-Holz-Systembaus, die in diesem Entwurf entwickelt wurde, prägt eine spezifische Materialsprache, die sich deutlich in den Grundrissrastern, den Oberflächen und den Konstruktionen widerspiegelt.

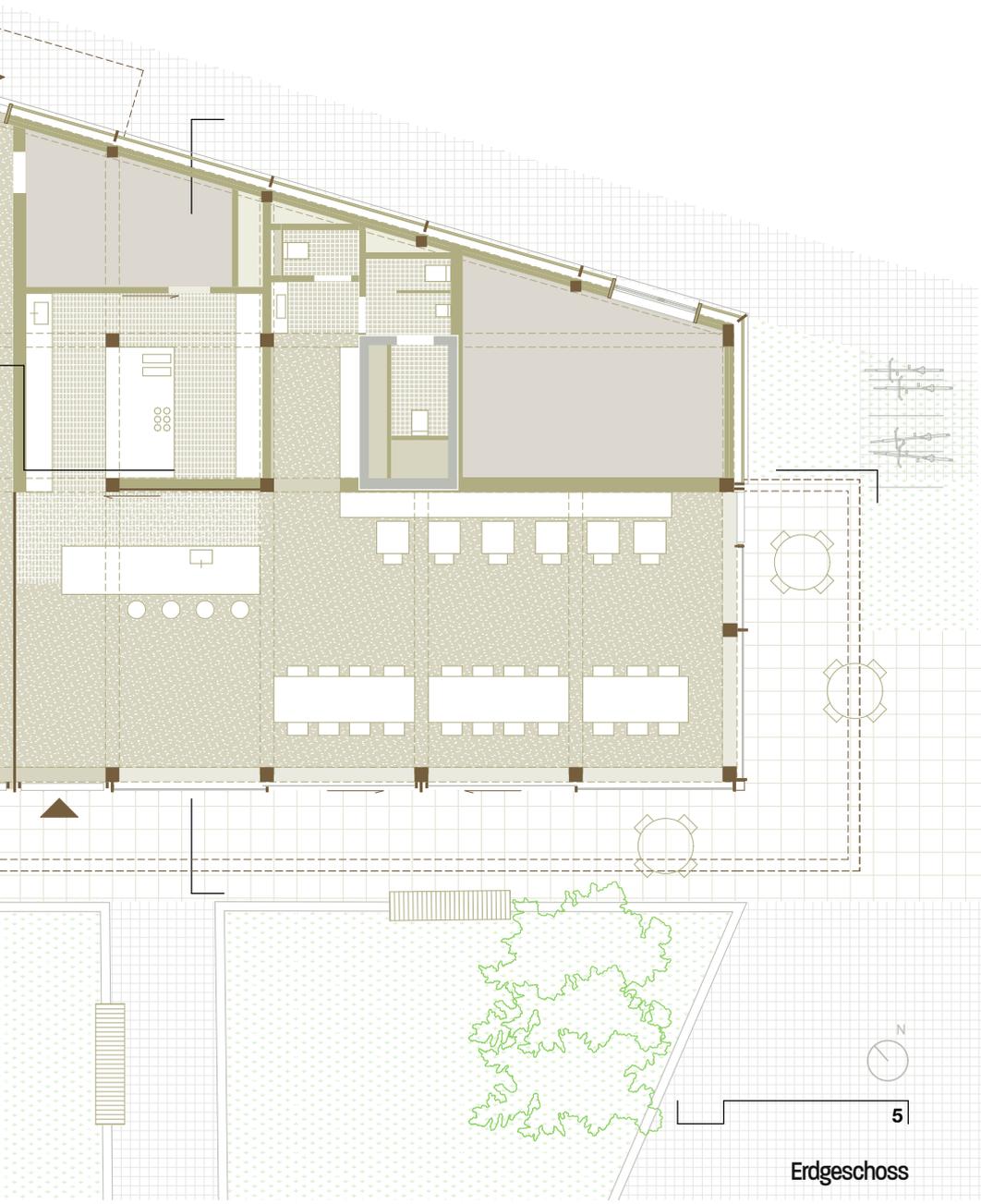
Die flächeneffiziente Bauweise des Skelettbau mit aussteifenden Außenwänden wird in den folgenden Grundrissen, Schnitten und Ansichten erkenntlich. Die Struktur und die Details werden im Rückblick auf die Gespräche, die Abwägungen und die Bauteilvergleiche anschaulich dargestellt.

Erschließung

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.



Erdgeschoss

Grundrisse

Durch die Anwendung eines hölzernen Stützenrasters und von Stampflehm-boden im Grätzl-Café öffnet sich das Erdgeschoss des Sonnenwendviertels und wird somit zugänglich gestaltet. Die Wahl von Lehm und Holz als Materialien lenkt die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit auf nachhaltige Rohstoffe und die neue Zugänglichkeit.

Über der Glasfassade und dem Vordach werden die öffentliche Terrasse zониert und die Eingangsbereiche inszeniert. Gleichzeitig werden der Sockel und die Terrasse konstruktiv vor Witterung geschützt.

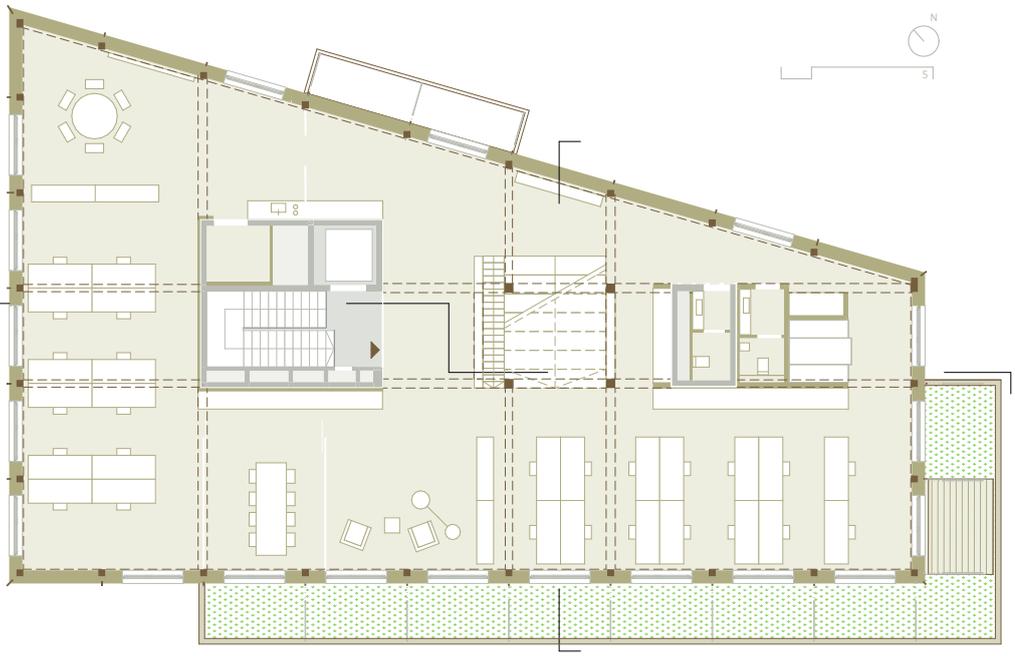
Die Grundstruktur und das Raster des Gebäudes werden durch die hölzernen Stützen, Träger und den aussteifenden Stahlbetonkern in allen Geschossen unmittelbar erkennbar gemacht. Die vertikale Erschließung sowie die Ver- und Entsorgung des Gebäudes werden durch die Stahlbetonkerne ermöglicht, die vom Untergeschoss aufsteigen.

Die maximale Grundrissfreiheit des entworfenen Holzskelettbaus wird besonders in den Obergeschossen 1 und 2 reflektiert. Die vier zentralen Stützen bilden gemeinsam mit der großen Sitz-treppe das Zentrum des zweigeschos-sigen Großraumbüros. Durch die Ver-setzung des Unterzuges wird ein großer Durchbruch für das interne Erschlie-ßungs- und Sitzmöbel zwischen den beiden Regelgeschossen ermöglicht.

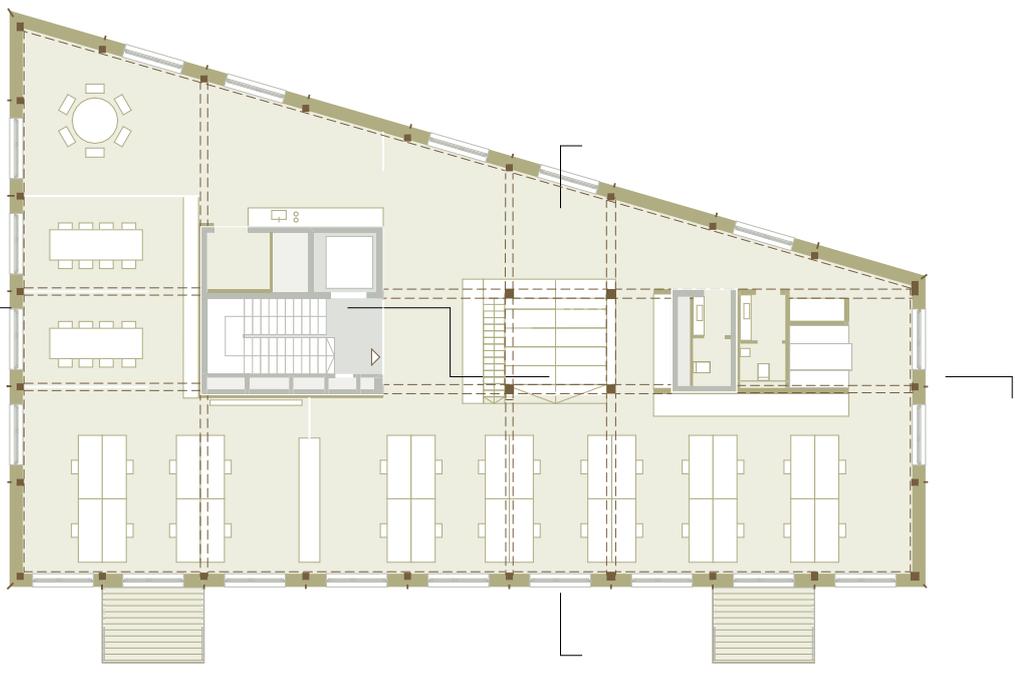
Es wird demonstriert, dass wäh-rend des gesamten Lebenszyklus des Gebäudes durch das Einbringen von Wechslern unterhalb der Brettsperr-holzdecken vertikale Durchbrüche ermöglicht werden. Hierdurch ist die Neuordnung der Grundrissstruk-turen und Betriebseinheiten über mehrere Geschosse hinweg möglich.

Die lastabtragenden Stützen in den Außenwänden verdeutlichen das Tragwerk, den Fertigelementbau und die Gebäudestruktur. Die Brett-schichtholzstützen treten minimal aus der Ebene der Außenwand her-vor, sind entsprechend auf Abbrand dimensioniert und gewährleisten den Anschluss der Fertigteile sowie den Schutz der Lehmbauteile vor Abplatzungen und Kantenstößen.

Das abgehängte begrünte Vordach des Cafés und die Balkone dienen der Abgrenzung öffentlicher und privater Bereiche des Entwurfs und fungieren gleichzeitig als Bindeglied zwischen Innenraum und Quartier. Über die abgehängten Balkone und Terrassen sind Austritte in allen Geschossen des Wohn- und Arbeits-bereiches jederzeit möglich.



1. Obergeschoss



2. Obergeschoss

Arbeiten und Wohnen

In den oberen Wohn- und Arbeitsgeschossen dienen die vorgehängten Balkone als Alternative zu den Vordächern und Terrassen und bieten den Nutzer:innen einen privaten Bereich und eine Verbindung zum Stadtquartier.

Die großen, in die Außenwand eingefügten Holzgerahmten Fenster, fügen sich technisch und atmosphärisch in die Lehmoberflächen ein, die das Holzstützenraster umgeben. Textile Fenstermarkisen sorgen für Beschattung und Intimität.

Die großzügigen Öffnungen ermöglichen eine natürliche Belichtung und Belüftung der Wohn- und Geschäftsräumlichkeiten, wodurch die Aktivierung der thermischen Masse des Lehms auf den Oberflächen der Innenräume unterstützt wird. Dies reduziert den Bedarf an technischer Belüftung und zusätzlicher Beleuchtung und trägt zur Behaglichkeit bei.

Das Stützenraster mit den Kernen übernimmt in allen Geschossen die statische Funktion des Gebäudes, wodurch Innenwände als nichttragende Elemente konzipiert werden können.

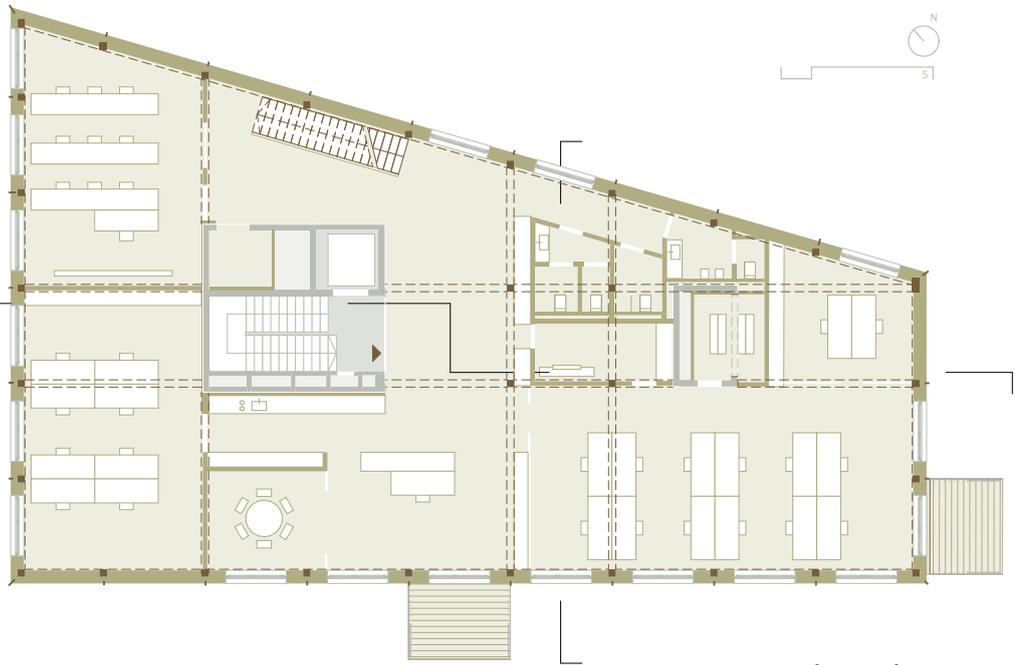
Die entwickelten Holz-Lehm-Innenwandsysteme werden direkt auf dem CLT-Hohlkastendeckensystem montiert (s. Detail Kap. 5) und erfüllen zudem schalldämmende, wohntrennende und technische Funktionen.

Zu nennen sind hier die Lehm-Holz-Ständerwände als Vorsatzschalen, Wohnungs- und Bürotrennwände und einfache Trennwände, die im Grundriss durch ihre Oberflächen erkenntlich werden.

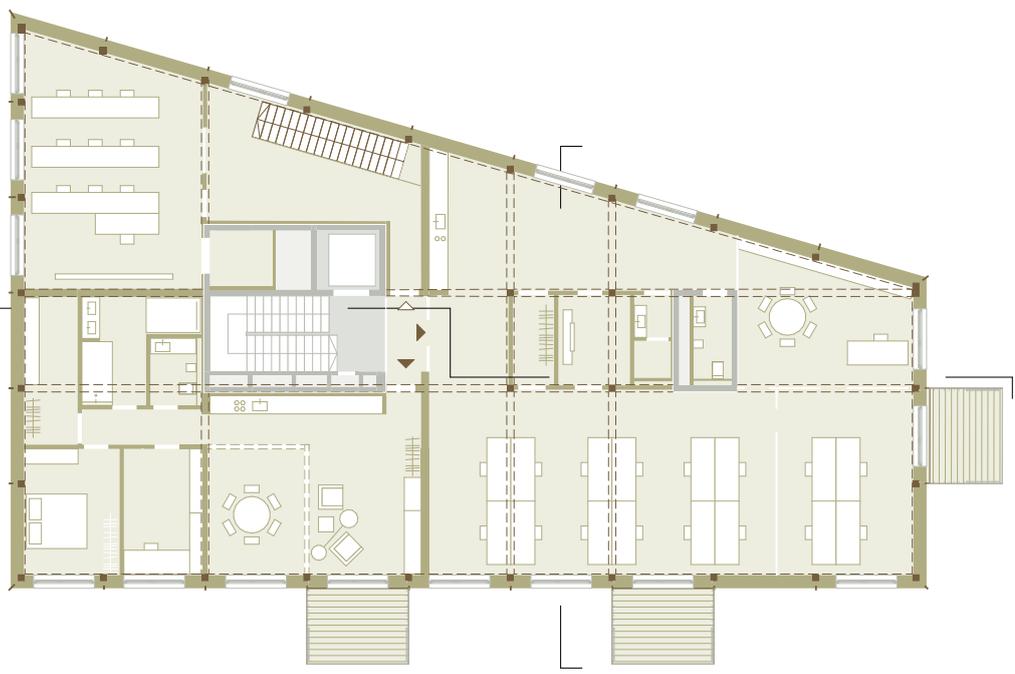
Einbaumöbel wie die Sitztreppen und Schranksysteme und ebenso Glastrennwände ohne spezifische biophysikalische Anforderungen werden frei auf den Fertigboden platziert, wodurch alle Innenraumelemente frei von Stützrastern und Stahlbetonkernen sind.

Facilities mit einem erhöhten Leitungsbedarf wie Badezimmer und Küchen werden nahe den Kernen positioniert, um technische Vorsatzschalen und Aufbauten zu vermeiden und Baustoffressourcen zu schonen. Elektroleitungen werden innerhalb der Wände oder unterhalb des Holzdielenbodens verlegt, um eine direkte Zugänglichkeit im gesamten Grundriss zu gewährleisten.

Daher ist in den rechts dargestellten Grundrissen ein reduzierter Fußbodenaufbau von 17 cm geplant, wobei die Entwässerung entlang des Kerns angeordnet ist.



3. Obergeschoss



4. Obergeschoss

Nutzungsmischung

Im vierten Obergeschoss wird deutlich, dass Wohnen grundsätzlich aus technischer Sicht im gesamten Gebäude realisierbar ist, wie bereits im ursprünglichen Entwurf angedeutet wurde. Die Möglichkeit des Atelierwohnens ist in allen Betriebseinheiten bereits realisierbar.

Das fünfte Obergeschoss ist in dieser Darstellung und bei der aktuellen Nutzung noch rein mit Arbeiten belegt. Die Obergeschosse I–V können sowohl konstruktiv als auch nutzungstechnisch zwischen Arbeits- und Wohnfunktion wechseln, was eine fortwährende Nutzungsdurchmischung über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes ermöglicht. Diese Nutzungsmischung von Wohnen und Arbeiten wird im Sinne ökologischer und sozialer Nachhaltigkeit besonders angestrebt, da sich Veränderungen in Lebensstilen und Arbeitsplatzstrukturen in der Reversibilität der Konstruktion und Grundrisse widerspiegeln.

Alle Deckenaufbauten und Innenwände können während des Gebäudelebenszyklus abgebaut und neu positioniert werden, was eine Neugestaltung der Betriebseinheiten ohne Veränderung des statischen Grundgerüsts ermöglicht.

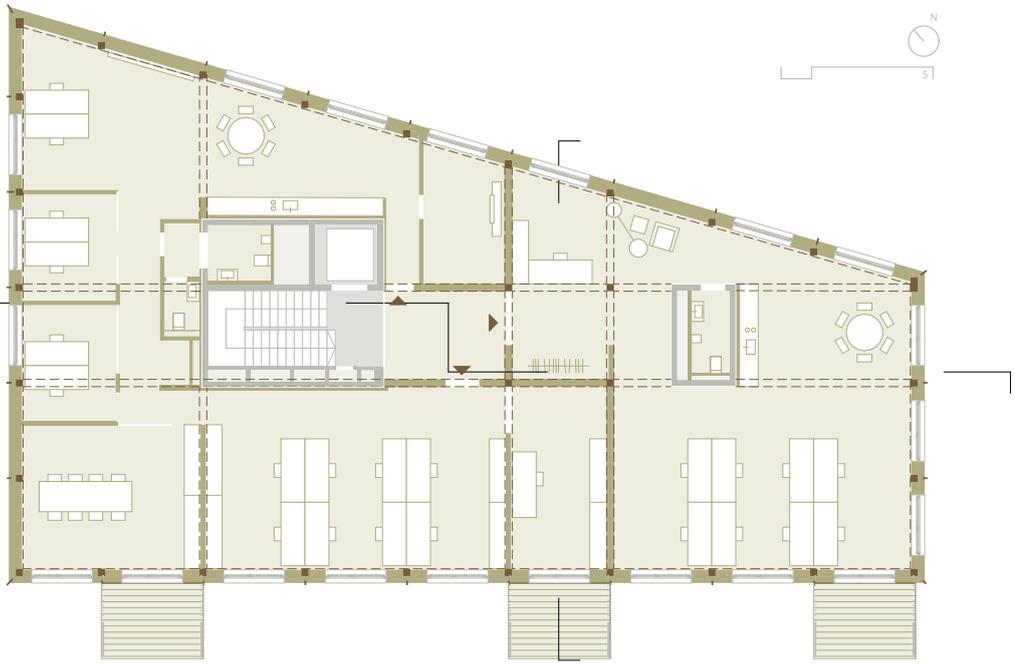
Im sechsten sowie im siebten Obergeschoss sind besondere Situationen zu berücksichtigen. Hier werden ein

erhöhter Fußbodenaufbau und zusätzliche Stützen eingeplant, um die Grundrissfreiheit weiter zu maximieren und Facilities auch außerhalb der Kernbereiche zu platzieren. Diese Maßnahmen ermöglichen die Parzellierung in kleinere, intimere Flächen und unterstützen die Umsetzung der verwinkelten und vorgegebenen Grundrisse aus dem Ursprungsentwurf.

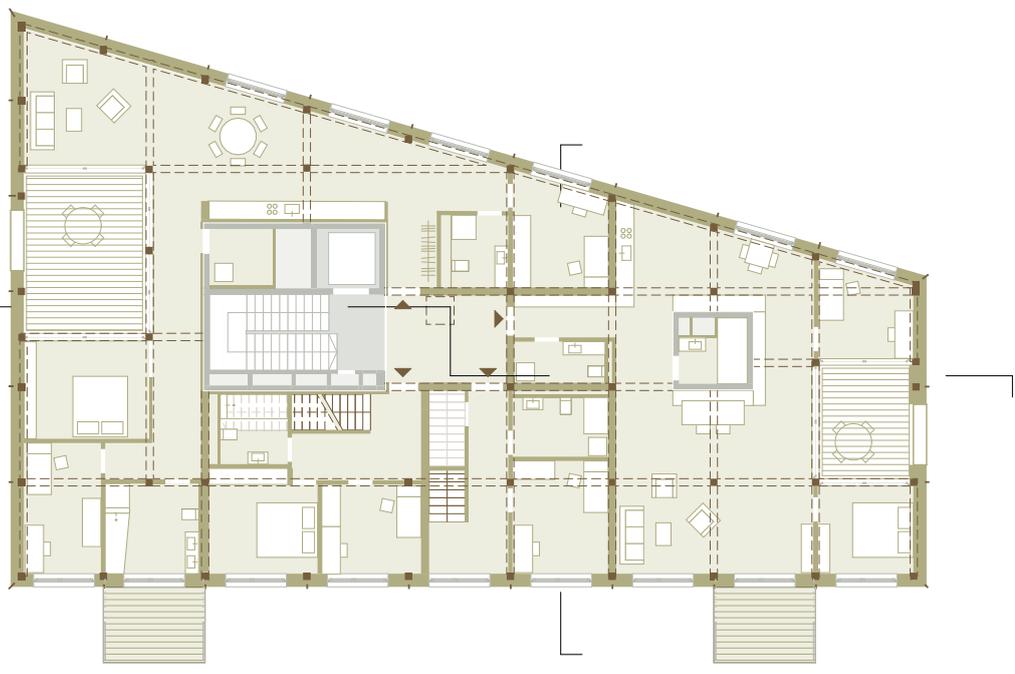
Patios und großzügige Terrassen erhöhen den Wohnkomfort in den obersten Geschossen durch die Einbindung von Außenraum.

In allen Grundrissen wird ein Gesamtraster des Systems von 3,15mx 3,35m angewendet, was verdeutlicht, dass die Struktur und das Raster im Entwurf allgegenwärtig sind. Diese Grundstruktur wird auch in der Fassade klar ersichtlich, wodurch die vorgefertigte Konstruktion, das Stützraster sowie die Wand- und Deckenelemente deutlich erkennbar sind.

Die großzügigen Fensterflächen und abgehängten Balkone schaffen ein Bindeglied zwischen Wohnen, Arbeiten und sozialem Austausch im Quartier. Im Folgenden werden die Struktur und die Details der Konstruktion weiter ausgeführt.



5. Obergeschoss



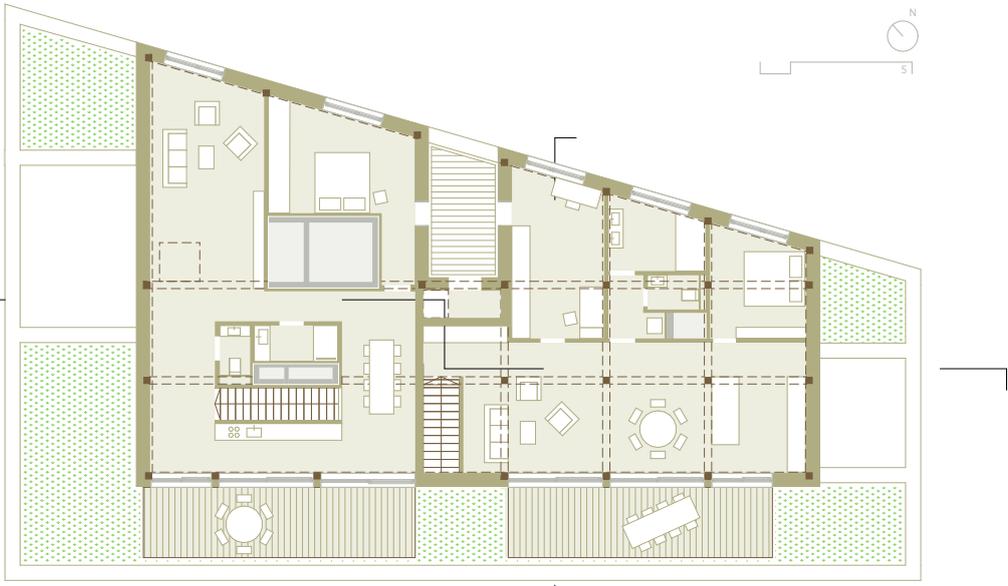
6. Obergeschoss

Ansichten und Schnitte

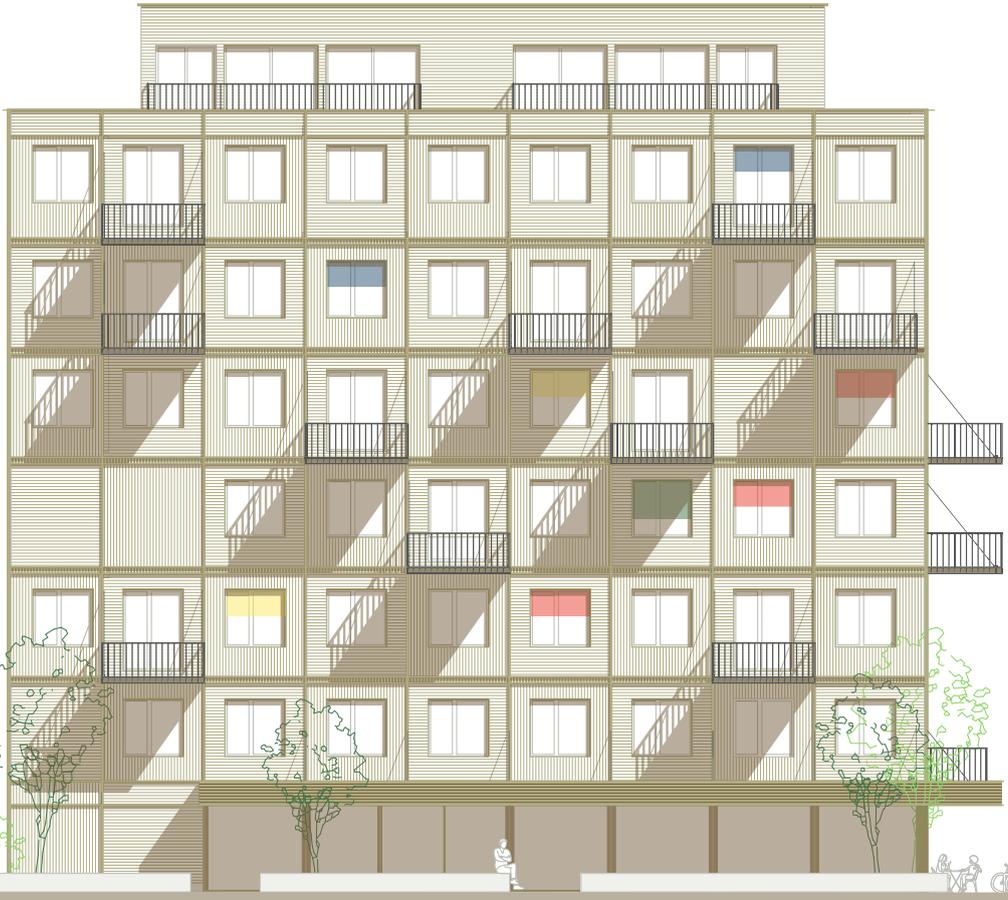


Schnitt

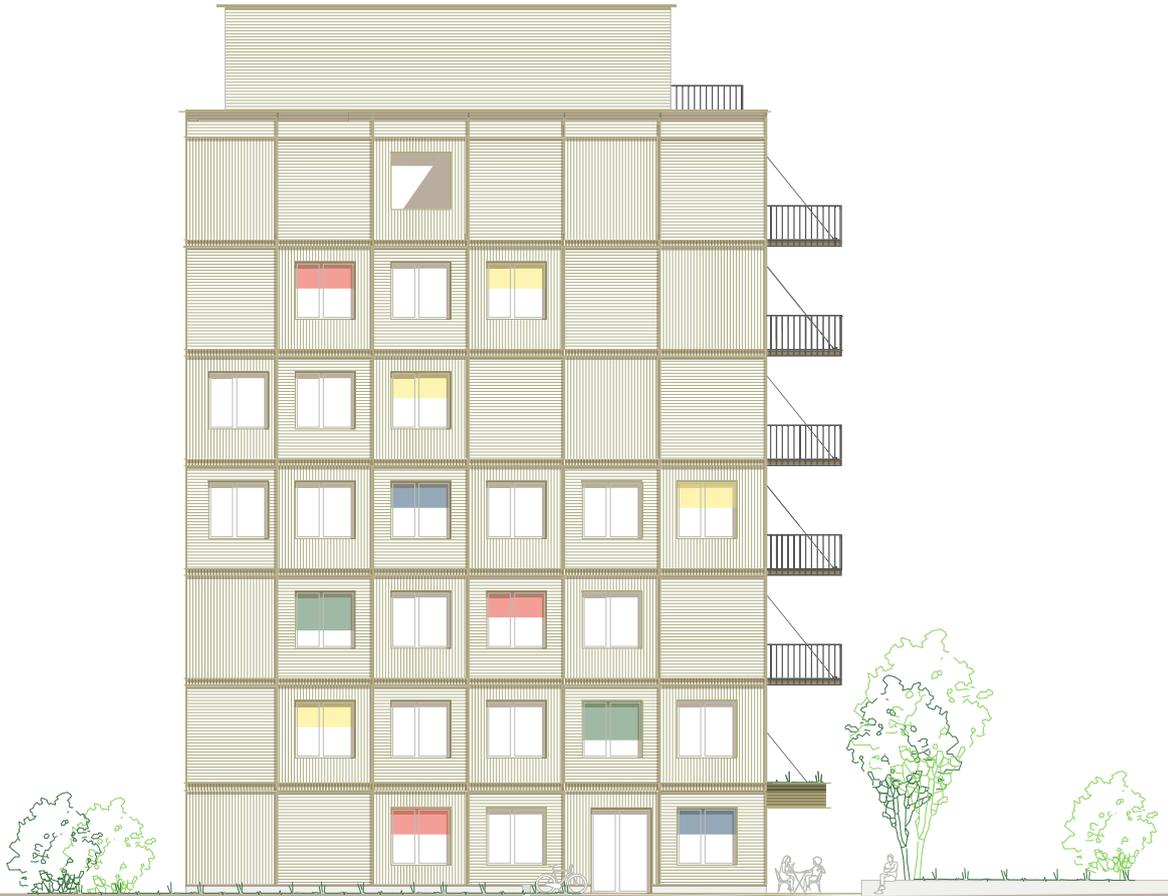
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

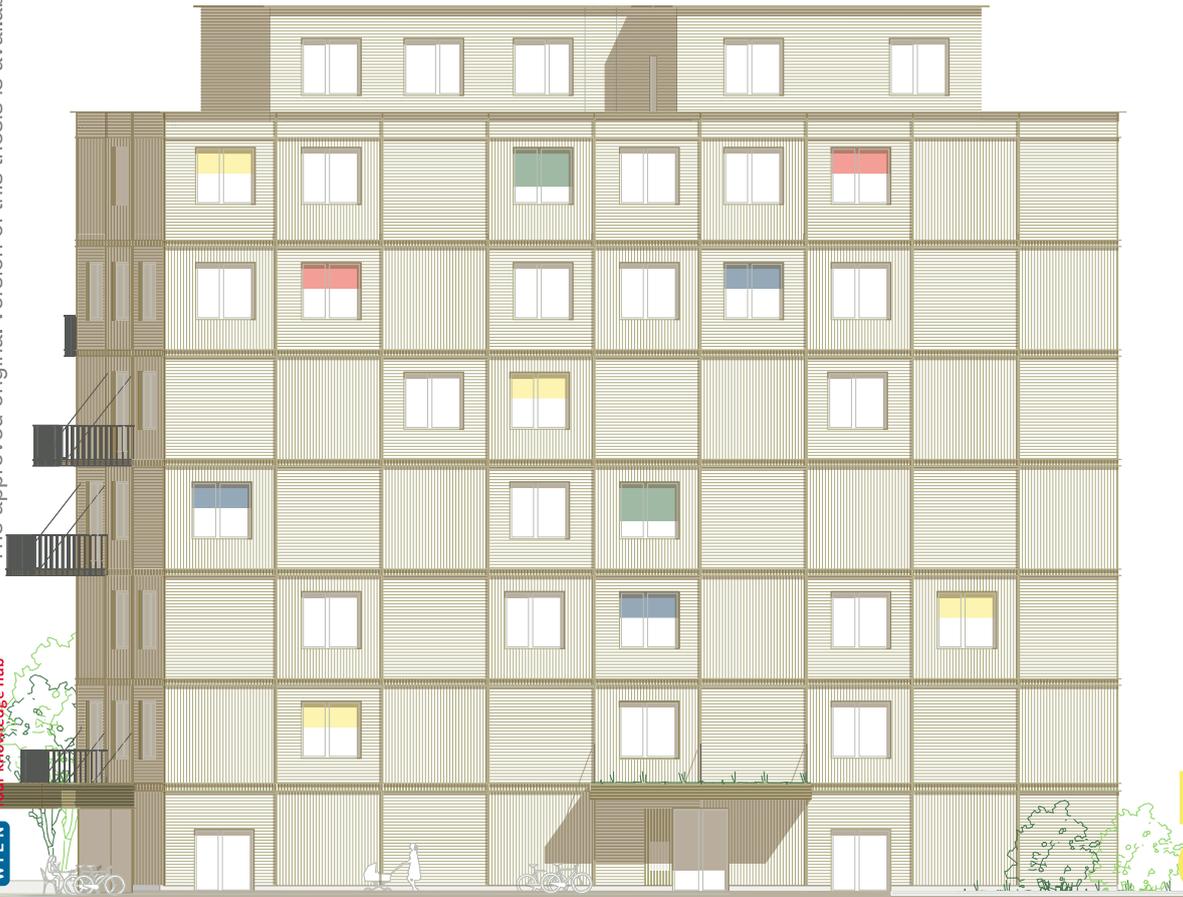


7. Obergeschoss



Süd-West





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.





Schnitt

5.3

Struktur

In den Grundrissen, Schnitten und Ansichten wird im Entwurf deutlich, dass die Tragkonstruktion stark durch das Stützenraster bestimmt wird. Hierbei wird eine maximale Grundrissfreiheit gewährleistet.

Im Zuge des Entwurfsprozesses wurde aus ökologischen Überlegungen, der Berücksichtigung der Flächeneffizienz und der Parameter der Vorfertigung die Entscheidung für einen Holzskelettbau als Primärstruktur getroffen.

Dieser Holzskelettbau zeichnet sich durch aussteifende Stahlbetonversorgungs- und -erschließungskerne und Fertigelementwände aus. Diese Kombination ermöglicht die Realisierung eines neu entwickelten reversiblen Systems aus Lehm und nachwachsenden Rohstoffen. Als Beleg für diese Entscheidung wurden alle Grundrisse von Franz&Sue mit minimalen Änderungen verwendet.

Primärstruktur

Im Rohbau des Regelgeschosses wird deutlich, dass die Grundrissfreiheit und das Raster des Skelettbaus klar erkennbar sind. Die vertikale Erschließung und Versorgung des Gebäudes erfolgen über die Stahlbetonkerne. Diese sind mit aussteifenden und tragenden Unterzügen verbunden, die die Lasten der Decken auf die vertikalen Stützen übertragen.

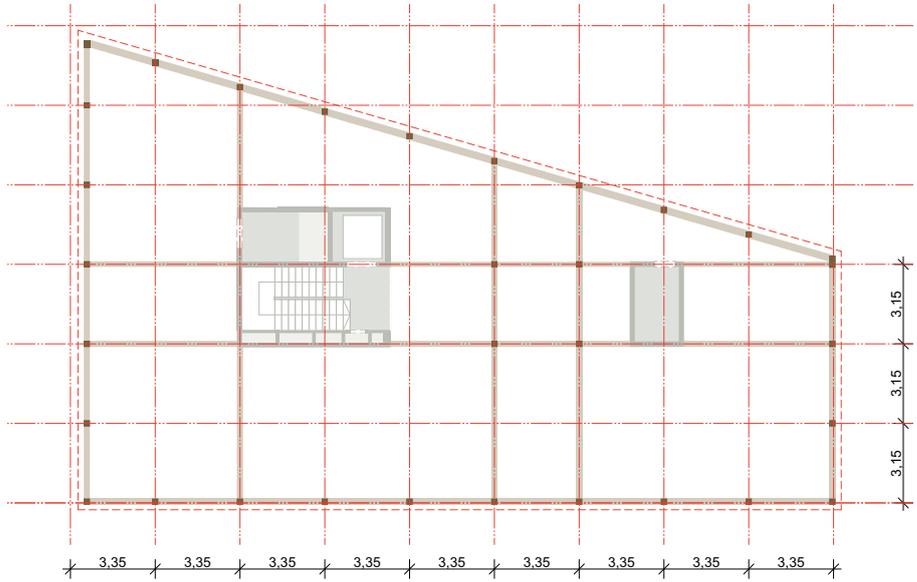
Die vorgefertigten Außenwandelemente fungieren dabei als Aussteifungselemente der Stützen in der Fassadenebene und bilden gleichzeitig die thermische Hülle des Gebäudes. Das Raster des Skelettbaus und des Holz-Lehm-Elementbaus ist an der Außenfassade durch einzelne Elemente und Anschlussbereiche erkennbar.

Die Implementierung des Lehmmassivbaus, aktueller Forschungsprojekte und vorhandener Lehmfertigungsteilsysteme wurde mit Blick auf die Anpassung an die Grundrisse des Ursprungsentwurfs und die Einhaltung der Gebäudeklasse V ausgeschlossen.

Die Primärtragstruktur wird hier durch den Holzsystembau realisiert, während der Lehmbau aufgrund seiner positiven bauphysikalischen Eigenschaften als Sekundärstruktur eingesetzt wird.

Im Sinne einer umfassenden Nachhaltigkeitsbetrachtung wurde hier die maximale Reversibilität innerhalb der Holztragstruktur angestrebt. Dabei werden keine statischen Funktionen von den Innenwänden übernommen, sondern sie dienen lediglich den Schutzmaßnahmen wie der Trennung von Betriebseinheiten und somit dem Wärmeschutz und Schallschutz.





Stützen | Träger



Deckenelemente



Außenwände

Raster und Aussteifung

Der Holzskelettbau fungiert als Primärstruktur zur vertikalen Lastabtragung im Gebäude. Vier zentral gesetzte Stützen bilden zusammen mit den aussteifenden Stahlbetonkernen das Traggerüst. Die Dimensionierung aller Holzstützen und -unterzüge erfolgt unter Berücksichtigung des Brandverhaltens und dient gleichzeitig der räumlichen und atmosphärischen Gliederung des Entwurfs.

CLT-Hohlkastenelemente werden zur horizontalen Aussteifung des Skelettbauwerks eingesetzt. Sie werden auf das Traggerüst aufgelegt und kraftschlüssig miteinander verbunden. Die Deckenelemente bleiben in Holzuntersicht. Die Hohlkästen fungieren auch als luftdichte und brandschützende Trennebene zwischen den Betriebseinheiten.

Die vorgefertigten Außenwände übernehmen die vertikale Aussteifung des Skelettbaus mittels CLT-Platten. Diese scheibensteife Ebene im Kern ermöglicht auch die großen Durchbrüche für Fenster und Türen.

Zuletzt werden die Balkone und Vordächer als Hohlkastenelementen ebenfalls im Raster an die Stützen befestigt.

Das Konstruktionsraster von 3,35 m x 3,15 m orientiert sich an den klassischen Abmessungen im Wohn- und Holzbau und ermöglicht somit eine maximale Grundrissfreiheit.

Fügung

Im Rahmen des Entwurfs wurde die Vorfertigung als ein wesentlicher Entwurfsparameter berücksichtigt. Durch die industrielle Vorproduktion können Bauzeiten erheblich verkürzt werden und effizient neuer Wohnraum geschaffen werden. Zudem können die Emissionen für das umliegende Quartier durch die Vorfertigung minimiert werden.

Die Bauweise basiert auf dem Skelett- und Elementbau. Alle statischen Bauteile werden mittels CNC-Techniken präzise im Werk vorgefertigt und als Trockenbauelemente auf die Baustelle geliefert. Im Sinne logistischer Effizienz wurde der Elementbau dem Modulbau vorgezogen.

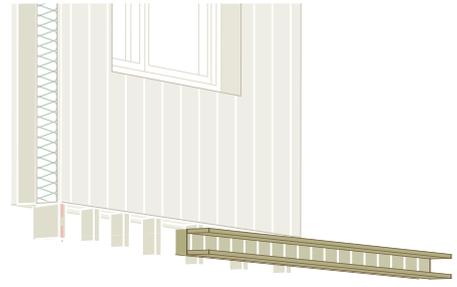
Der Rohbau erfolgt ohne Trocknungszeiten. Nach Fertigstellung der notwendigen Stahlbetonkerne werden geschossweise zunächst die Stützen und Träger montiert. Anschließend erfolgt die Aussteifung des Holzskeletts in den einzelnen Ebenen durch Hohlkastendecken und Außenwandelemente mit integrierten CLT-Platten. Zum Abschluss werden in den Anschlussbereichen der äußeren Hülle Abdeckungen angebracht und die Balkone mittels Schlitzblechen und Stahlseilen abgehängt.

Innerhalb weniger Tage kann der Rohbau mithilfe eines Krans ohne umlaufende, kostenintensive Gerüste errichtet und die äußere Gebäudehülle erstellt

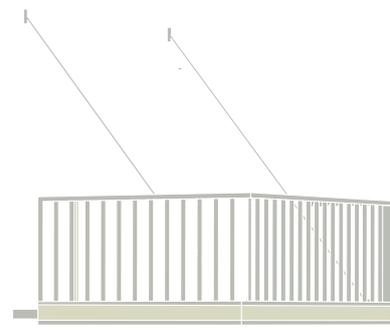
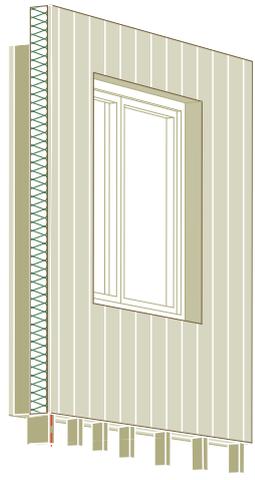
werden. Die trockene Skelett- und Elementbauweise minimiert die Bauzeit und maximiert die Vorfertigung.

Die einzelnen Elemente und Anschlüsse der Vorfertigung werden im Folgendem anhand des Fassadenschnitts und der Leitdetails genauer beschrieben.





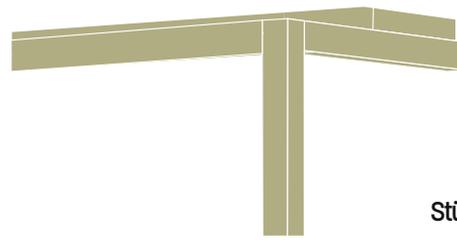
Anschluss



Balkon



Hohlkastendecken



Stützen | Träger

Vorfertigung

Die Vorfertigung beeinflusst durch die Wahl der Elemente maßgeblich die Baustellenmontagezeit und somit den Bauablauf (vgl. Kapitel 2).

Die linearen Tragelemente des Skelettbaus werden bereits im Werk unter Verwendung von Abbundmaschinen auf entsprechende Länge geschnitten. Stützen und Träger aus Brettschichthölzern werden hier bereits für die Fügung auf der Baustelle mit Einfräsungen und notwendigen Zapfen versehen.

Die Hohlkastendecken werden aus zwei CLT-Platten und stabförmigen Brettschichtholzträgern zu einem Element verklebt. Dämmmatten für den Tiefenschall werden bereits im Werk eingelegt. Um flächenspezifisches Gewicht beim Transport zu sparen, wird erst auf der Baustelle die trockene schwere Lehmgranulatmischung über Revisionsöffnungen ins Bauteil eingepumpt. Hier kann auch Aushublehm verwendet werden.

Die Hohlkastendecken-Dachelemente werden bereits im Werk ausgedämmt. Die Balkenelemente erfüllen keine schallschützenden oder wärmedämmenden Funktionen. Sie werden durch Schlitzbleche statisch mit den Decken gefügt.

In diesem System weist die komplexe

Außenwand den höchsten Grad an Vorfertigung auf. Innenseitig dieses Elements sind bereits die Vorsatzschale für Leitungsführung sowie die Lehm- bauplatte als Putzgrund appliziert. Die CLT-Platte im Kern ermöglicht die Scheibenwirkung der Außenwand, die zur Aussteifung des Skelettbauwerks dient. Fenster werden bereits im Vorfertigungswerk inklusive Verschattungselement luftdicht in die Dämmebene gefügt.

Während des Rohbaus können parallel bereits die vorgefertigten Innenwand- systeme installiert werden. Abschließend müssen auf der Baustelle Hohldecken mit Lehm gefüllt, Lehmelemente geputzt und Deckenaufbauten erstellt werden.

Die Wärmedämmung und die Holzfasade mit Profilverbretterung sind außen im Gefache montiert und befinden sich oberhalb der Lehm- bauplatte im Fertigteil. Beim Verlassen des Werks ist das Außenwandelement bereits mit der Fassade versehen, die die Lehmelemente vor Verwitterung und während der Baustellmontage schützt. Dennoch bleiben alle Bauteilschichten, insbesondere die Verschattungselemente, für Reparaturen von allen Seiten jederzeit zugänglich.

Die durchlaufenden Holzständer der Außenwand ermöglichen einen kraftschlüssigen und bauphysikalisch luftdichten Anschluss der Elemente.

Dieser Anschlussbereich kann entweder mit den Balkonen oder durch Deckplatten nach bauseitiger Dämmung geschlossen werden. Diese Bereiche gliedern die Fassade horizontal im Außenbereich.

Bereits nach Fertigstellung des Rohbaus ergibt sich somit die nebenstehende Fassadenansicht.



Ausschnitt Fassadenansicht



Ausschnitt Fassadenschnitt

Fassadenschnitt

Die Darstellungen Fassadenansicht (Abb.: S.169) und Fassadenschnitt (Abb.: links) detaillieren strukturell das Lehm-Holz-System sowie die Anschlusspunkte, die in den Leitdetails weiter ausgeführt werden. Der Anteil an Lehm wird insbesondere durch horizontale Ebenen und die Oberflächen sichtbar gemacht.

Im Erdgeschoss-Café kann aus ästhetischen und repräsentativen Gründen ein aufwendiger Stampflehmbofen über dem Stahlbetonkeller geplant werden. Der Lehmbofen wird über die große Glasfassade für das Quartier ersichtlich.

Alle Deckenelemente mit Holzunterstützung werden im Rohbau mit Lehm gefüllt und verschlossen. Hier in den horizontalen Bereichen findet sich der größte Lehmeintrag. Es ist anzumerken, dass bei der Befüllung der Hohlkästen jegliche Art von Lehm, einschließlich Baustellen- und Aushublehm, verwendet werden kann.

Im Entwurf wird auf Trockenschüttungen zurückgegriffen, um Schimmelbildungen während des effizienten Bauablaufs zu vermeiden.

Unterhalb des Massivholzbodens befinden sich weitere trockene Lehmschüttungen sowie Lehmheizplatten. Diese trockene Bauweise hat zum Vorteil, dass relativ wenig Feuchtigkeit ins Gebäude eingebracht wird., Dämmung aus Nawa-

rohs verwendet werden können und die Bauzeiten durch nicht vorhandene Trocknungszeiten minimiert wird. In Schüttungen und Dämmungen unter den Heizelementen sind Leitungsführungen jederzeit möglich.

Der Lehm ist atmosphärisch und visuell insbesondere an Innen- und Außenwänden präsent. Die Lehmplatten in den Außen- und Innenwänden sind bei der Rohbaumontage bereits vormontiert und müssen lediglich mit Lehmfeinputz versiegelt werden. Holzstützen und Fensterlaibungen übernehmen hierbei einen besonderen Kantenschutz für den porösen Lehm. Die Putzoberflächen wirken sich besonders positiv auf das Raumklima und die Schallabsorption aus. Zudem werden durch den Oberflächenabschluss mit nicht brennbarem Putz Stoßfugen verschlossen, sodass Hohlräume und Ständer Elemente vor Eindringen von Feuer geschützt sind.

5.4

Leitdetails

Im Bereich des Systembaus sind Leitdetails und Anschlüsse bereits im Entwurfsstadium von entscheidender Bedeutung, da der hohe Grad der Vorfertigung und die Ausarbeitung der Anschlusslösungen erforderlich sind, um Bauteile präzise im Werk vorzufertigen und diese dann auf der Baustelle mit einfachen Verbindungsmitteln zu fügen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden kontinuierlich Bauteilvergleiche durchgeführt, welche in Kapitel 4 unter Berücksichtigung der ökologischen Bilanz nachvollzogen werden können. Dabei wurden auch fortlaufend massive Lehmkonstruktionen sowie bereits vorhandene Lehmhybridlösungen mit den Entwurfsparametern von maximaler Vorfertigung, Grundrissfreiheit und Verwendung nachwachsender Rohstoffe sowie den gesetzlichen Vorgaben abge-

wogen.

Schlussendlich resultierte daraus ein Holzsystembau mit maximaler Anwendung von Lehm.

Im Folgenden werden die Leitdetails entlang des Fassadenschnittes behandelt, wodurch deutlich wird, wie der Holzsystembau in Verbindung mit den Lehmbauteilen eine geschlossene Gebäudeeinheit bildet. Dabei übernehmen Holzbauteile hauptsächlich statische Funktionen, während Lehmplatten dem Brandschutz dienen und Schüttungen die schallschutzwirksame Masse bereitstellen.

Innenwände

In diesem Abschnitt werden die bereits im Bauteilvergleich erläuterten Innenwandsysteme dargestellt.

Sämtliche Innenwände sind als flächeneffiziente Holzrahmensysteme konzipiert. Abhängig von der Leitungsführung können die Ständerbreiten und somit die Ausfachungen angepasst werden.

Generell können alle Innenwände entweder bereits dezentral in der Fabrik vorgefertigt oder vor Ort im Laufe des Gebäudelebenszyklus errichtet werden. Die Montage zwischen den Rohdecken erfolgt mit natürlicher Schalldämmung aus Wellpappe und Sand, auch bekannt als „Phone-Strips“.

Vormontierte Sockelleisten dienen dem Schutz der Lehm- und Gipsplatten während des Transports und auf der Baustelle und fungieren gleichzeitig als Anputzleiste. Nach der Fertigstellung sind sie nicht mehr sichtbar, da sie in der Ausgleichsschüttung verschwinden.

Eine einfache Trennwand innerhalb einer Einheit wird beidseitig mit Lehm- und Gipsplatten beplankt und auf der Baustelle lediglich verputzt.

Die Trennwand zwischen Wohn- und Arbeitsbereich besteht aus zwei separaten Holzständerwänden, die statisch voneinander getrennt sind. Die Innenseite ist mit doppelter Lehm- und Gipsplatte

beplankung versehen. Durch den Versatz der Platten werden die Stoßfugen geschlossen. Die doppelte Beplankung verhindert eine Weiterleitung von Rauch und Feuer über die Fugen und somit über beide separate Elemente der Trennwand.

Durch einfache Vorsatzschalen können Leitungen aus dem Deckenbereich und den Schächten vertikal verteilt werden. Ebenso verbessern Vorsatzschalen den Schall- und Brandschutz. Bei speziellen Anforderungen kann diese Funktion durch zusätzliche Beplankungen und Auswahl der Plattenstärke weiter optimiert werden.

Generell ist zu beachten, dass einfache Lehm- und Gipsplatten ohne natürliche Armierung als nicht brennbar klassifiziert sind. Sie bieten daher im Bereich von Wandsystemen, insbesondere in Kombination mit Holzbauteilen und Hohlraumkonstruktionen, einen Schutz vor Feuer.

Darüber hinaus erfüllt der erhöhte Fußbodenaufbau im Wohnbereich nicht nur den Zweck des Schallschutzes und der Minimierung des Wärmeverlustes, sondern trägt insbesondere auch zur Leitungsführung entgegen der Spannrichtung der Decken bei.

Deckenaufbau

Die Hohlkastendecken werden im Rohbau luftdicht, schallentkoppelt, und brandschutzsicher miteinander verbunden. Dies erfolgt durch die Einbringung einfacher, schwerer trockener Lehmschüttungen mittels Revisionsöffnungen, um die schallschutzwirksame Masse zu erhöhen, bevor die Decke geschlossen wird.

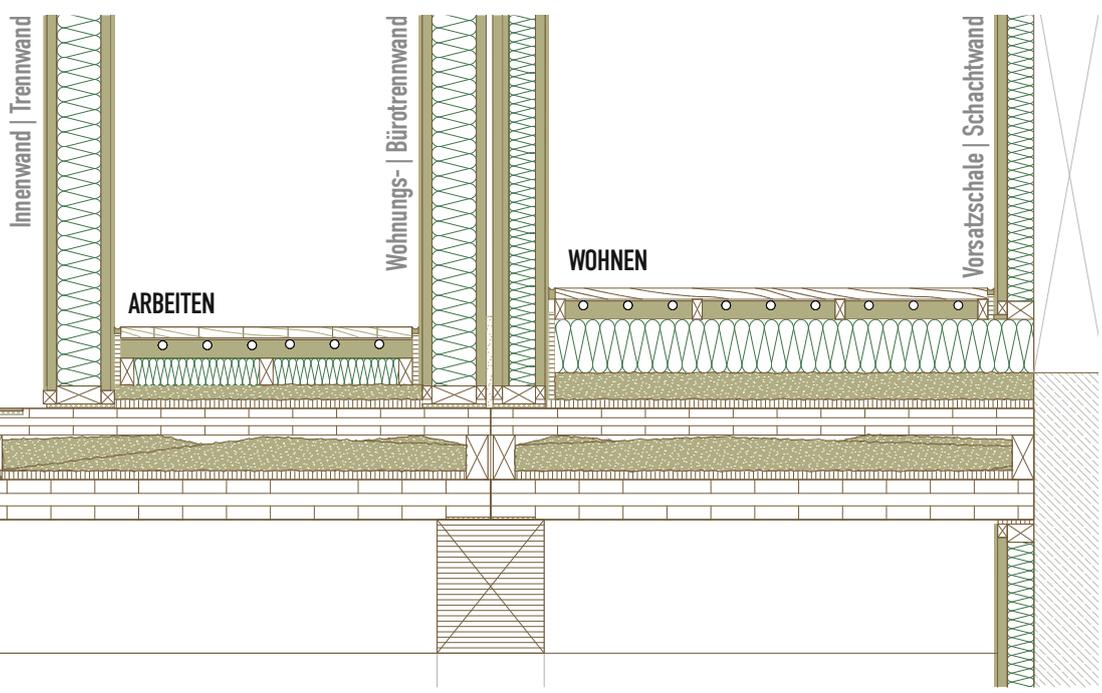
Bereits im Rohbau können vorgefertigte Innenwandssysteme aufgestellt werden, wobei die Vorfertigung berücksichtigt wird.

Der erhöhte Fußbodenaufbau im Wohnbereich dient nicht nur dem Schutz vor Schall und Wärmeverlust, sondern insbesondere der Leitungsführung ent-

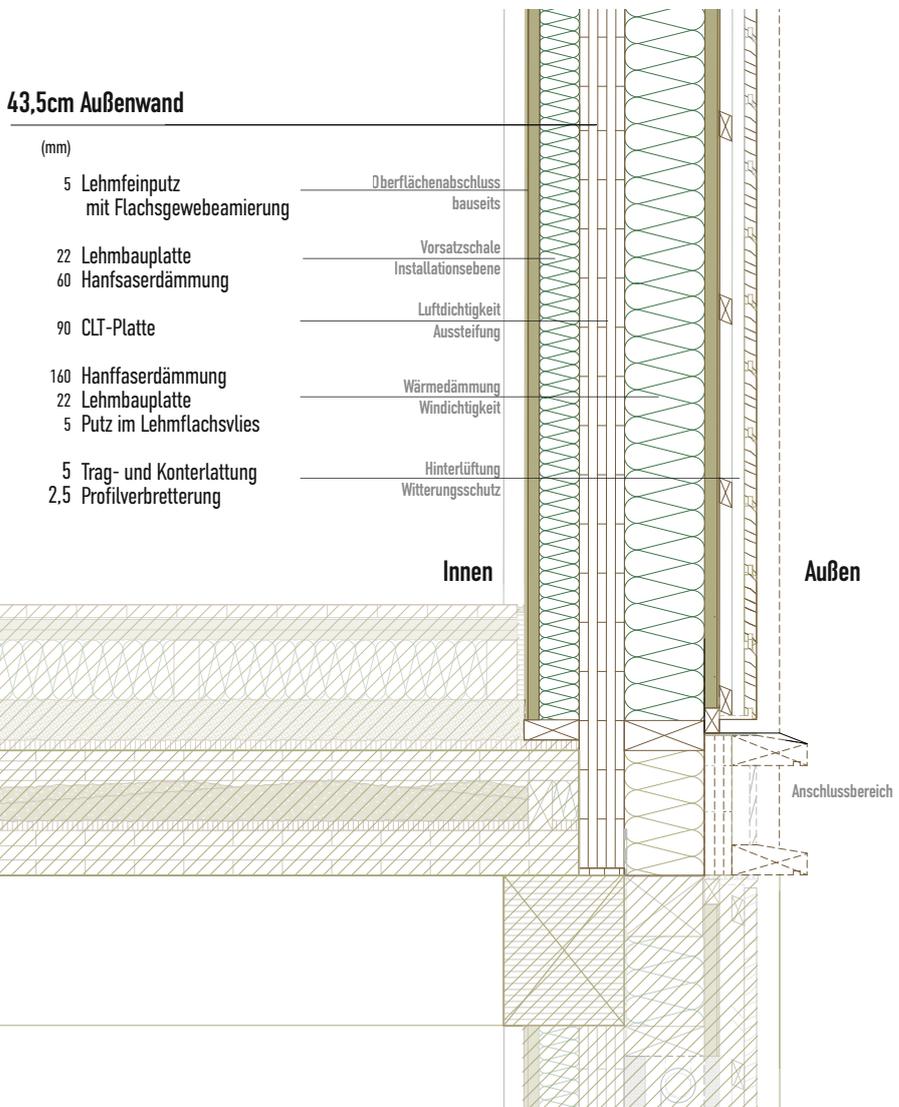
gegen der Spannrichtung der Decken. Hierbei werden schichtweise Leitungen, Ausgleichschüttungen und Dämmungen auf die Hohlkästen aufgebracht. Massivholzdielen dienen als Oberflächenabschluss oberhalb der Lehm-trockenheizplattenelemente.

Im Sinne der Reversibilität und Anpassung des Gebäudes können die einzelnen Schichten geöffnet und Leitungsführungen eingebracht werden.

Detaillierte Schichtaufbauten können den folgenden Darstellungen und dem Bauteilvergleich in Kapitel 4.2 entnommen werden.



Das Außenwandelement



Die Außenwand weist einen besonders hohen Vorfertigungsgrad auf, da diese bereits ab Werk mit witterungsbeständiger Holzverschalung und innenseitiger Lehmbeplankung als Putzgrund geliefert wird. Nach der Rohbaumontage muss lediglich Feinputz aufgetragen werden.

Der Abbildung links sind die einzelnen Schichten der Gebäudehülle zu entnehmen. Wie bereits im Kapitel Bauteilvergleich erläutert, erfüllt diese den erforderlichen Wärmeschutz.

Besonders hervorzuheben ist hier die ökologische sowie Flächeneffizienz. Dies ist auf die von innen nach außen diffusionsoffene mehrschichtige Konstruktion zurückzuführen. Jede Bauteilschicht ist einzelnen Funktionen zuzuordnen.

Innen bildet der Feinputz auf der Lehmbeplankung den Oberflächenabschluss und wirkt sich mit seiner ökologischen Massivität und Sorptionsfähigkeit positiv auf das Raumklima aus. Die Installationsebene ermöglicht Einbauten und Leitungsführungen im Bauteil während des Lebenszyklus des Gebäudes, ohne die CLT-Platte zu beschädigen.

Die CLT-Platte wirkt sowohl als luftdichte Ebene als auch als aussteifendes Element des Holzskelettbaus. Außenseitig der luftdichten Ebene erfolgt die

Wärmedämmung mittels Hanfklebvlies zwischen Holzständern.

Das Holzständerwerk ist selbsttragend, um die Lasten gesondert vom Tragwerk abzutragen und somit die Dimensionierung der CLT-Platte zu verringern. Das Ständerwerk in der Dämmebene wird ohne Untergurt ausgeführt, um einen Anschlussbereich zwischen den Geschossen zu gewährleisten.

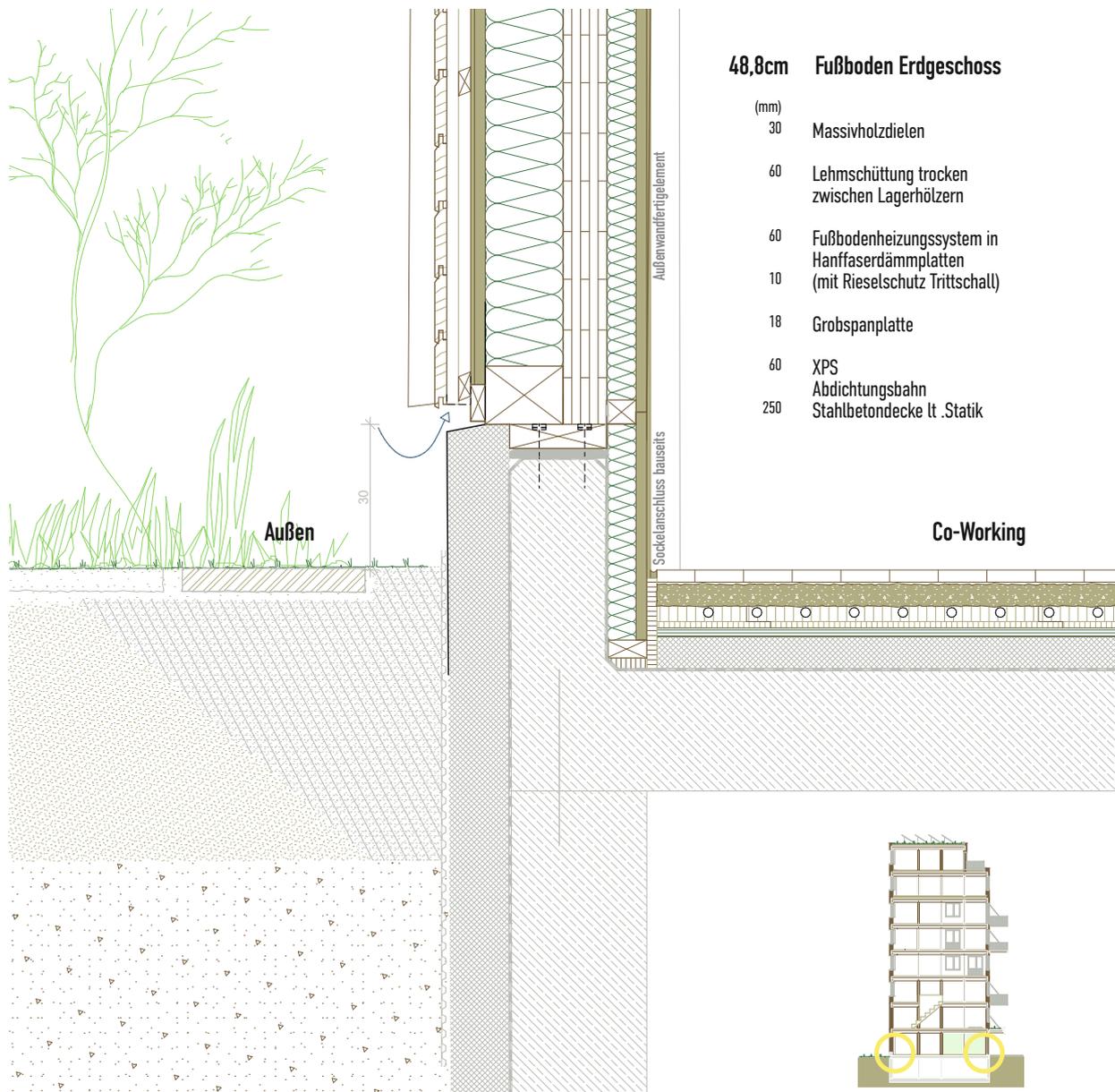
Um das Eindringen von Feuer in das Ständerwerk zu verhindern, wird die Hanfdämmung bereits werkseitig mit Lehmbeplankung und Lehmputz für die Winddichtigkeit versehen.

Die Konterlattung wird mittels Distanzverschraubungen am Ständerwerk montiert.

Die Fassade wird mit einer naturbelassenen Profilverbretterung ausgeführt, um einen größtmöglichen Witterungsschutz zu gewährleisten. Die Brandschutzbleche auf den Anschlussbereichen verhindern die Brandweiterleitung über die Hinterlüftung und Geschosse hinweg.

Auf Pestizide und chemische Mittel kann mittels einfacher mechanischer Insektenschutzgitter verzichtet werden. Somit ist die Konstruktion aus Nawaroh ökologisch und technisch vor Schädlingsbefall geschützt. Alle Schichten sind jederzeit zugänglich und reversibel.

Sockelanschluss



48,8cm Fußboden Stampflehm Erdgeschoss

- (mm)
- 15 Oberflächenbehandlung geschliffen
Carnaubawachs
- 120 Stampflehm in Schichten (2x60)
- 20 Fußbodenheizung im Sandbett
- 60 Grobspanplatte
(Rieselschutz, Lastverteilung)
- 250 XPS
Abdichtungsbahn
Stahlbetondecke lt. Statik

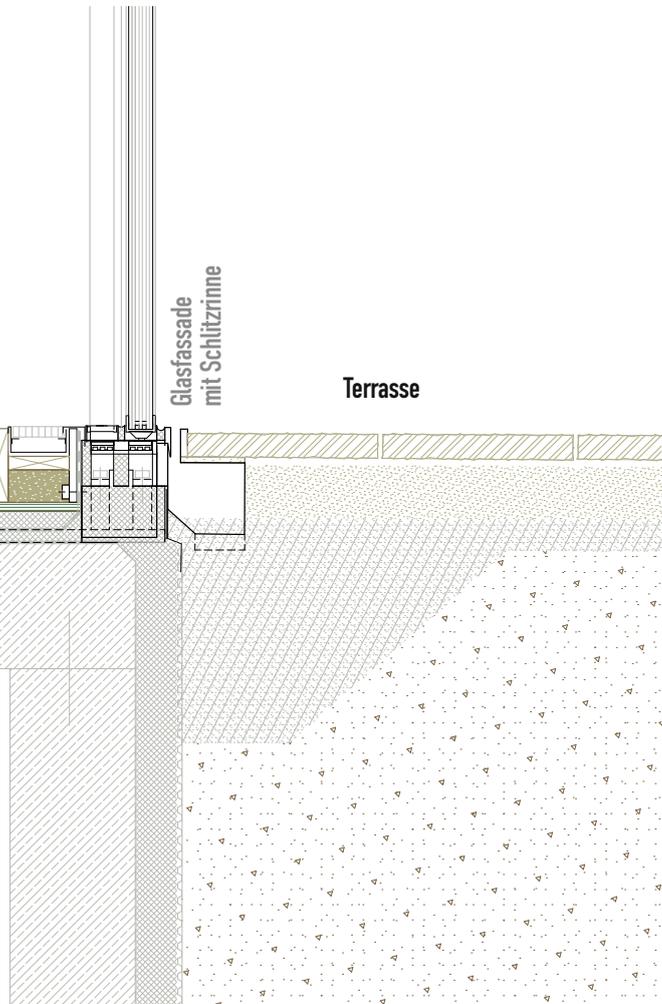
Vordach

Café

Glasfassade
mit Schlitzrinne

Terrasse

Keller



Vordachanschluss

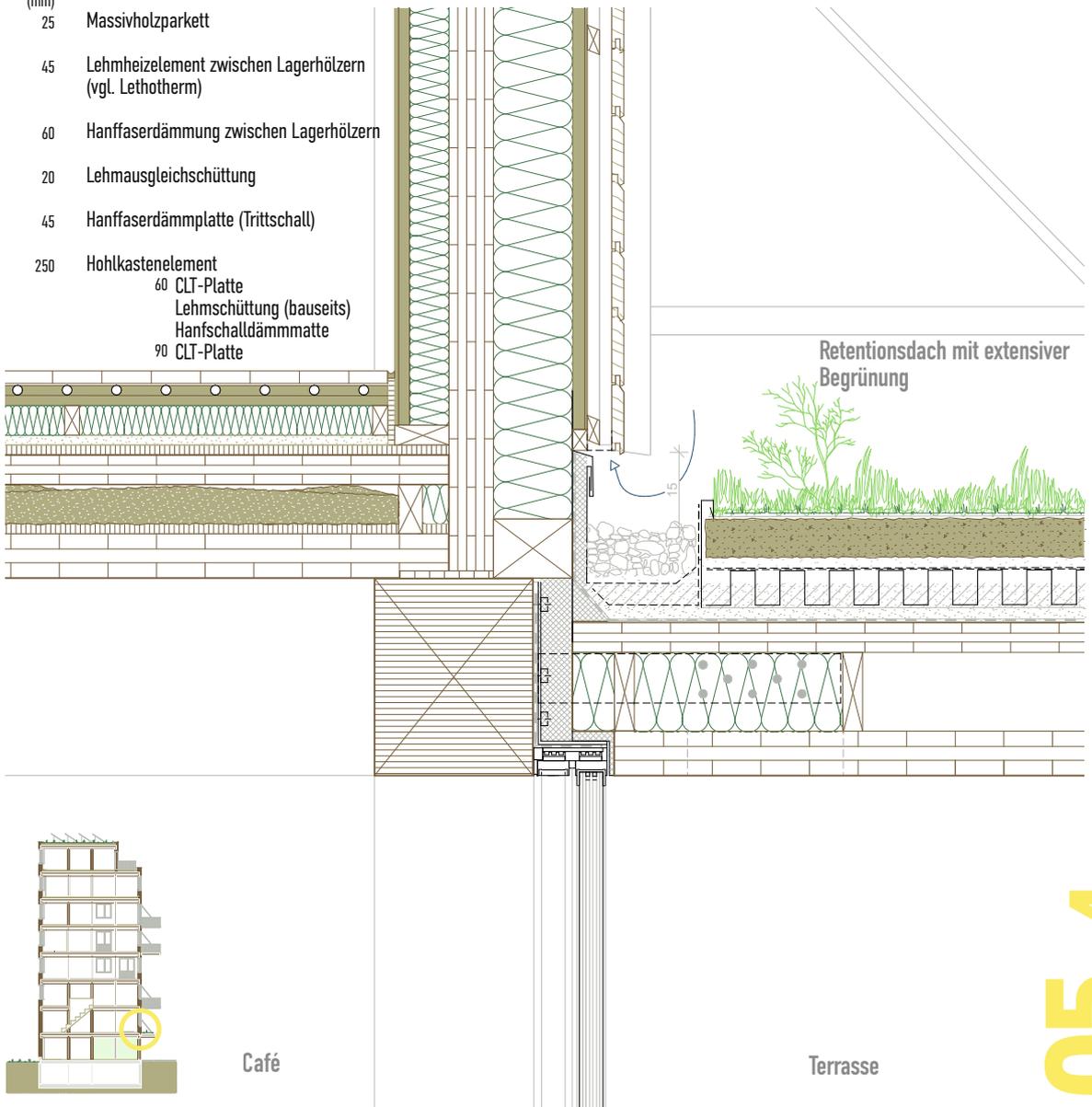
Das Vordach wird mittels Retentionskästen (s. Leitdetail Dachaufbau)begrünt. Abhängungen und Schlitzbleche tragen die Lasten auf das Tragskelett ab, sodass ein schwebender Witterungsschutz über der Terrasse generiert wird.

Auf den Retentionskästen sind in Teilbereichen auch Terrassenanordnungen mittels Stelzlager möglich. Hierbei sind aber Dimensionierung und statische Eigenschaften von dem freischwebenden Element zu beachten.

Die Lasten oberhalb der Glasfassade im Bereich des Cafés werden mittels sichtbarer Unterzüge auf den Sockel abgefangen und somit räumlich und atmosphärisch im Café wahrnehmbar.

42cm Deckenaufbau Arbeiten

- | | |
|------|--|
| (mm) | |
| 25 | Massivholzparkett |
| 45 | Lehmheizelement zwischen Lagerhölzern
(vgl. Lethotherm) |
| 60 | Hanffaserdämmung zwischen Lagerhölzern |
| 20 | Lehmausgleichschüttung |
| 45 | Hanffaserdämmplatte (Trittschall) |
| 250 | Hohlkastenelement
60 CLT-Platte
Lehmschüttung (bauseits)
Hanfschalldämmmatte
90 CLT-Platte |



Retentionsdach mit extensiver
Begrünung

Café

Terrasse

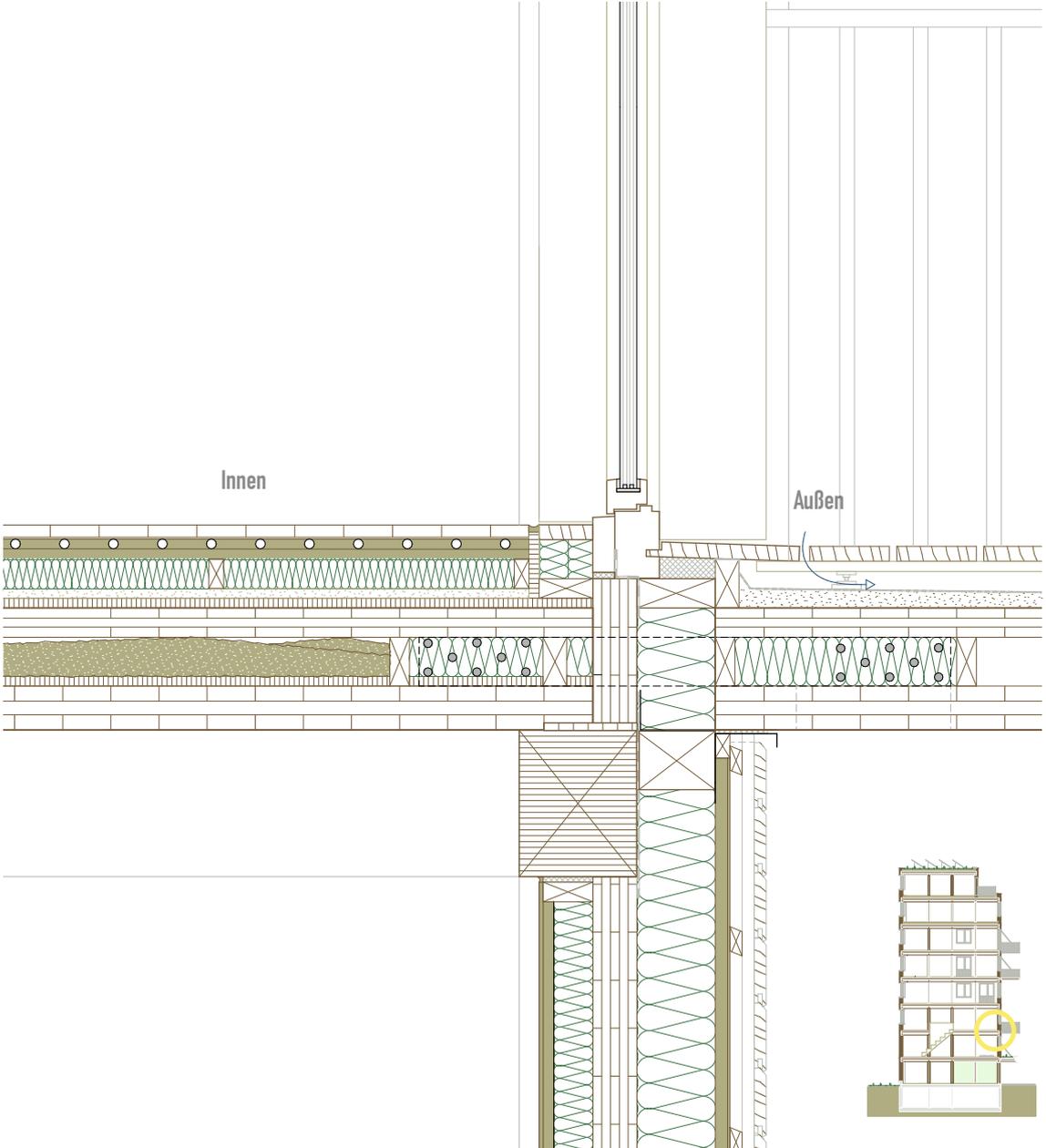


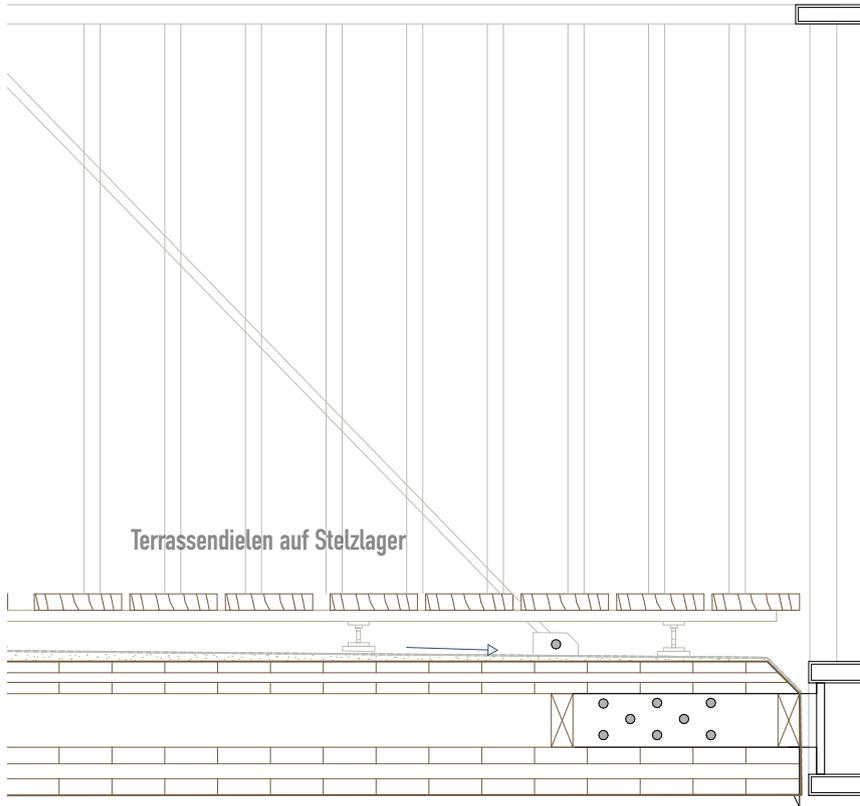
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



05.4.

Balkonanschluss





Das Vordach und die Balkone als Hohlkästen, verteilt über die gesamte Fassade und Geschosse, werden als Fertigteil bereits mit dem Rohbau gefügt. In den Anschlussbereichen der Decke und der Außenwand werden sie mittels Schlitzblechen und Stahlseilabhängungen montiert.

Die flankierende Dämmung innerhalb der Hohlkästen verhindert den Wärmeübergang vom Außen- in den Innenraum.

Nach der Rohbaumontage werden die Terrassendielen mithilfe des Stelzlagers aufgelegt.



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.



Geschossübergang

Der Regelgeschossübergang ohne Balkon dient dem luftdichten, brandsicheren und winddichten Anschluss der Gebäudehülle mit der Tragkonstruktion.

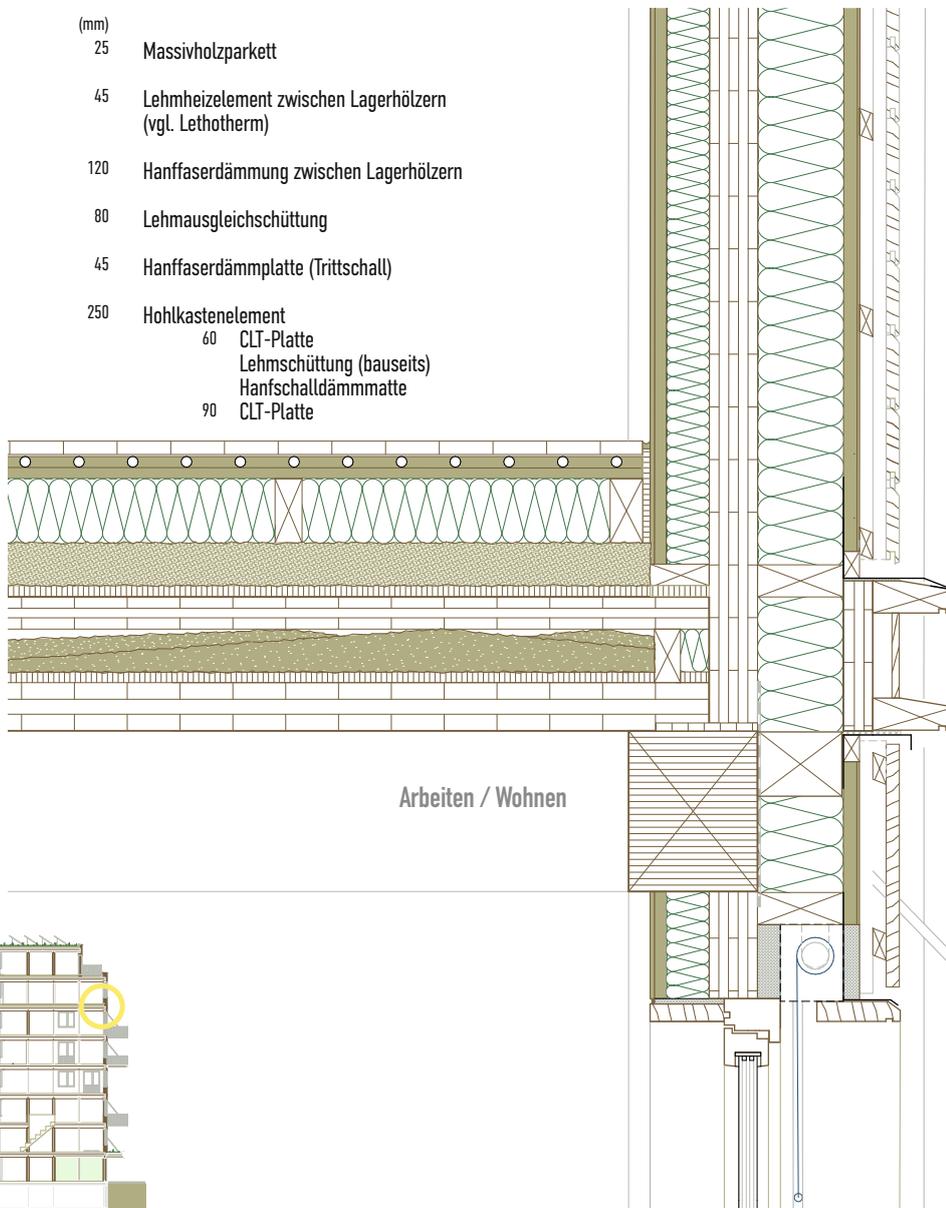
Wie bereits in den Außenwänden erläutert, wird der Anschlussbereich auf der Baustelle gedämmt und mittels Deckelement geschlossen.

Die Anschlussbereiche werden in den Ansichten und der Außenwahrnehmung durch die horizontale Gliederung besonders deutlich.



57,5cm Deckenaufbau Wohnen

- (mm)
- 25 Massivholzparkett
- 45 Lehmheizelement zwischen Lagerhölzern (vgl. Lethotherm)
- 120 Hanffaserdämmung zwischen Lagerhölzern
- 80 Lehmausgleichschüttung
- 45 Hanffaserdämmplatte (Trittschall)
- 250 Hohlkastenelement
 - 60 CLT-Platte
 - Lehmschüttung (bauseits)
 - Hanfschalldämmmatte
 - 90 CLT-Platte



Dachaufbau

Im Bereich der horizontalen Hülle des Gebäudes ist ein besonderes Augenmerk auf die Dachabdichtung zu legen.

Dieses Detail veranschaulicht, dass in diesem System Gründächer möglich sind. Mithilfe von Retentionsdächern kann hier auch Wasser gesammelt werden, um einen positiven ökologischen Beitrag als Teil zeitgenössischer Schwammstadtkonzepte zu leisten.

Zum einen sorgen die Retentionskästen für eine stetige und langsame Verdunstung des Wassers im Quartier, zum anderen werden die Entwässerungssysteme insbesondere auch bei Starkregenereignissen wesentlich entlastet.

Auf die Retentionskästen können auch Terrassen mittels Stelzlager aufgesetzt werden. Somit wird im Staffelgeschoss und auf dem Dach ein großer Freiraum geschaffen.

Retentionsdach

(mm)

(Terrassenaufständering, Photovoltaikanlage)

mind. 230

extensive Begrünung (vgl. Optigrün)
Pflanzensubstrat
Retentionskästen
Sand-Kies Ausgleichschüttung
Filterkies

Abdichtungsbahn 2-lagig

mind. 20

Dämmkork im Gefälle

200

Dämmkork

18

Notabdichtung

18

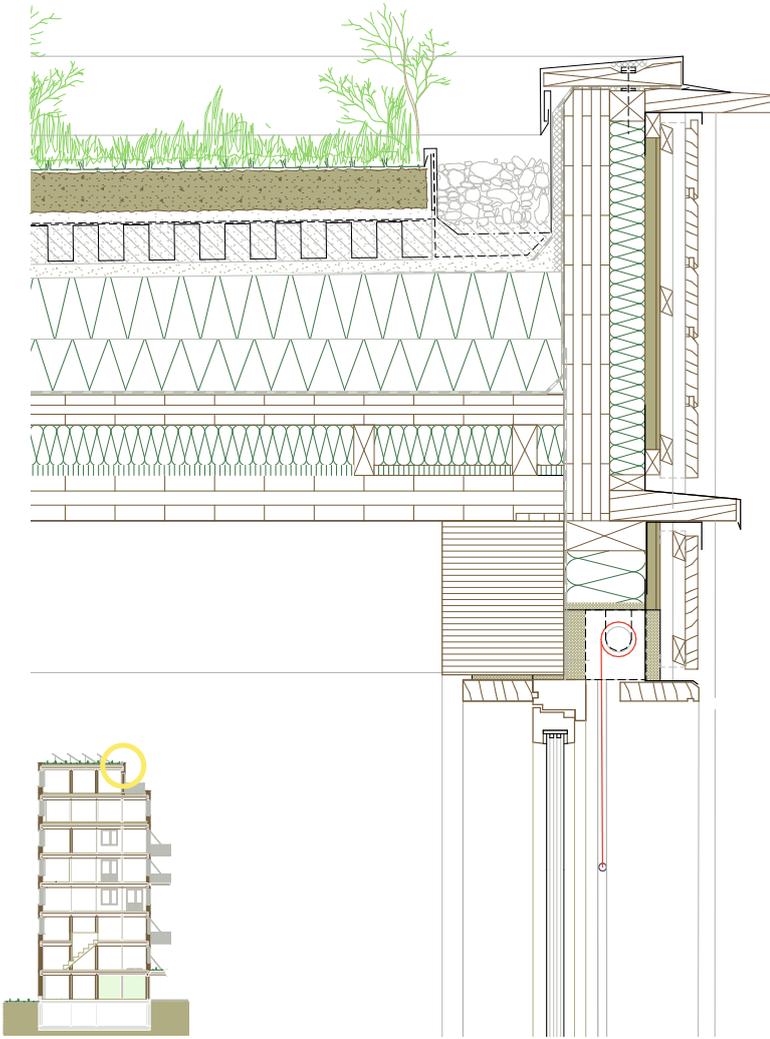
Hohlkastenelement (vgl. Lignatur)

CLT-Platte

Hanfweichfaserdämmung (ab Werk)

Hanfschalldämmmatte (ab Werk)

CLT-Platte



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 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.



Epilog

Die vorgestellte Arbeit präsentiert einen Entwurf, der verdeutlicht, dass es bereits heute möglich ist, mit Lehm- baustoffen und nachwachsenden Roh- stoffen zu planen und zu bauen. Trotz vorhandener Herausforderungen regt dieser Entwurf dazu an, das gegenwärtige Bauwesen kritisch zu reflektieren. Besonderes Augenmerk wird hierbei auf die Verwendung von Lehm als voll- kommen kreislauffähigen Bauprodukt, nachwachsenden Rohstoffen, die Reversibilität von Baumaßnahmen und die Förderung ökologischer Nachhaltigkeit gelegt.

Während der Erarbeitung dieses Pro- jekts wurde intensiv mit Fachexpert:in- nen aus den Bereichen Architektur und Planung sowie mit rechtlichen Vorgaben, statischen und bauphysi- kalische Eigenschaften von Baustoffen und Vorfertigungsaspekten gearbeitet. Diese Auseinandersetzung ermöglichte die Entwicklung eines Systems, das die Potenziale nachhaltiger Bauweisen anschaulich darlegt.

Die intensive Analyse des Lehmbaus in Verbindung mit einem Wohn- und Geschäftshaus in Wien verdeutlicht, dass bisher keine Fertigsysteme existieren, die reinen Lehm- bau bis zur Gebäudeklasse V im Geschosswoh- nungsbau umsetzen können. Daher wird die Kombination von Lehm und Holzsystembau als aktuelle Lösung für

zeitgemäßes Bauen im urbanen Umfeld betrachtet. Die vorliegende Arbeit hebt die zentrale Bedeutung von Lehm- und Holzbausystembauweisen im Rahmen einer nachhaltigen Architektur hervor. Die Verwendung von Holz und Lehm bietet nicht nur offensichtliche ökolo- gische Vorteile, sondern zeigt auch ein erhebliches Potenzial zur Reduzierung des Zertifizierungsaufwands und zur Förderung lokaler Ressourcen in Stadt- entwicklungsprojekten, um nachhaltig Wohnraum zu schaffen.

Hierzu wurde das Lehm-Holz-System exemplarisch anhand des konkreten Entwurfes im Sonnenwendviertel ent- wickelt. Es ist zu betonen, dass dieses Trockenbausystem aufgrund der ein- fachen Wandelbarkeit, Gliederung und Rasterung sowie den Rückgriff auf die industrielle Fertigung große Potenziale bietet, seriell im Wohnungsbau einge- setzt zu werden. Dies bedingt wiederum die Interdisziplinarität aller Beteiligten.

Der intensive Austausch mit dem architekturentscheidenden Büro verdeut- licht, dass es Referenzen benötigt, um eine Wertigkeit in der ökologischen Architektur bei den Auftraggeber:in- nen durchzusetzen. Diese stehen auch immer im Kontext der Kosten und Komplexität von Bauaufgaben. Im Rahmen der akademischen Freiheit konnten finanzielle Aspekte ausgeblen- det werden, um zu veranschaulichen,

was aus technischer Sicht möglich ist. Somit wurde ein Fokus auf die ökologischen und soziologischen Parameter der Nachhaltigkeit gelegt.

Im Bereich der NaWaRoh-Dämmstoffe und Holzbaustoffe ist bereits ein Wandel ersichtlich. Besonders Konstruktionen und Dämmstoffe aus Holz rücken immer weiter in den Fokus. In vorhandenen Datenbanken wie dem baubook und dataholz.eu ist dieser Rohstoff, wenn auch oftmals in Kombination mit mineralischen Verbund- und Klebstoffen bereits aufgeführt. Diese Konstruktionen wurden im Rahmen der Reversibilität und Recyclingfähigkeit hinterfragt und Lösungen im Lehm-Holzsystem mit Dämmungen hauptsächlich aus Hanffaser weiterentwickelt, um auf die Themen wie Brandschutz und Wärmeschutz ökologische Antworten geben zu können.

Im Zuge der intensiven Recherche wurde deutlich, dass es bereits eine Vielzahl an Lehmbaustoffen gibt, die die konventionellen, verklebten Bauprodukte und Verbundstoffe ökologisch nachhaltig ersetzen können. Hersteller:innen weisen für einzelne Produkte und Baustoffe einzelne Nachweise in Bezug auf Brandschutz und Schallschutz auf.

Allerdings offenbart die vorliegende Arbeit auch bedeutende Herausforderungen im Bereich der Datenqualität

und der Zertifizierungsstandards, die die breitere Akzeptanz dieser Bautechniken behindern. Diese Erkenntnis unterstreicht die dringende Notwendigkeit weiterer Forschung und Entwicklung, um diese Hindernisse zu überwinden und den Einsatz von Holz- und Lehm im Bauwesen zu fördern. Eine verstärkte Zusammenarbeit zwischen Akteur:innen der Bauindustrie, Forschungseinrichtungen und Regierungsbehörden ist hierbei von entscheidender Bedeutung, um innovative Lösungen zu entwickeln und diese in die Praxis umzusetzen. Hier liegt auch die Verantwortung der Planer:innen als Vermittler:innen bei komplexen Bauaufgaben, die Wertigkeit von ökologischen Lehm- und NawaRo-Bauprodukten zu vermitteln sowie Leitdetails weiter zu entwickeln.

Projekte wie BC Material und Cycle Terre geben hierbei bereits erste Anstöße, mit urbanen Aushublehm zu arbeiten und Zertifizierungen zu vereinfachen.

Mit regionaler industrieller Fertigung von Lehmbauprodukten geben sie einen Ausblick, auch ökonomische Parameter des Lehmbaus in den Griff zu bekommen. Grundbaustoffe werden regional entsprechend ihrer bauphysikalischen Eigenschaften für das Bauen aufbereitet und können somit bereits teilweise konventionelle Baustoffe einfach ersetzen.

Der präsentierte Entwurf dient dabei als beispielhaftes System, wie effizienter und nachhaltiger Raum im urbanen Kontext gestaltet werden kann. Er bietet nicht nur eine technische Lösung, sondern auch einen Impuls für eine transformative Veränderung in der Baubranche hin zu umweltverträglicheren Bauweisen. Die umfassende Betrachtung ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte bei Bauvorhaben wird als essenziell für eine zukunftsfähige Baukultur herausgestellt.

Insgesamt verdeutlicht die vorliegende Studie die Dringlichkeit und die Chancen einer ganzheitlichen und nachhaltigen Herangehensweise an Bauvorhaben. Sie betont die Verantwortung der Baubranche, aktiv zu einer ökologisch und sozialverträglichen Gestaltung der gebauten Umwelt beizutragen und damit einen bedeutenden Beitrag zum globalen Klimaschutz zu leisten.

Literaturverzeichnis

BT-Drs. 13/11200 (1998). Abschlußbericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachträglich zukunftsverträglichen Entwicklung“.

Bosch-Laaks (2014). Tauwasserschutz im Hochbau. In: Handbuch und Planungshilfe: Urbaner Holzbau: Chancen und Potenziale für die Stadt. P.Cheret, Kurt Schwaner und A.Seidel DOM Berlin, 2014

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (2019). Leitfaden für nachhaltiges Bauen: Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden. Berlin, Bundesinstitut für Bau-, Stadt und Raumforschung.

Bundesregierung (2022) Koalitionsvertrag 2021-2025 . SPD. Grünen. FDP
Abgerufen 15.05.2024, (https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Koalitionsvertrag/Koalitionsvertrag_2021-2025.pdf.)

Carlowitz, Hannß Carl (1713). Sylvicultura oeconomica, oder haußwirtliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur wilden Baum-Zucht. Leipzig, Johann-Friedrich Braun.

Cheret, Peter und Schwaner, Kurt (2014). Holzbausysteme eine Übersicht. In: Handbuch und Planungshilfe: Urbaner Holzbau: Chancen und Potenziale für die Stadt. P.Cheret, Kurt Schwaner und A.Seidel DOM Berlin, 2014

Dachverband Lehm e.V. (Hg.). (1999/200). Lehmbau Regeln, Begriffe - Baustoff - Bauteile. Wiesbaden, Vieweg und Teubner/ GWV Fachverlag GmbH

Dangel, Ulrich (2016). Wendepunkt im Holzbau: Neue Wirtschaftsformen. Basel, Birkhäuser.

Deplazes, Andrea (2000). Holz: indifferent, synthetisch. In: DETAIL 40 (1): 22–25

Fodor, Michaela (2022). Eco Prefab Lembautechniken im Fertigteil. Diplomarbeit. Technische Universität Wien

Gerber, Christian, Quast, Ulrich und Steffens, Robert (1993). Balkenschuhe als Verbundmittel für Holzbalkendecken mit mitttragender Stahlbetondecke. In: Beton- und Stahlbetonbau 88, Heft 9: 237–240.

Gräfe, Martin und Winter, Stefan (2014). Baurechtliche Grundlagen. In Handbuch und Planungshilfe: Urbaner Holzbau: Chancen und Potenziale für die Stadt. P. Cheret, K. Schwaner und A. Seidel DOM Berlin, 2014

Hauff, Volker (1987). Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Greven, Eggenkamp.

Hafner, Anette und König, Holger (2017). Lebenszyklusanalyse. In: ATLAS-Mehrgeschossiger Holzbau. H. Kaufmann, Hermann, Huß, Wolfgang, Krötsch, Stefan und Winter, Stefan (2017): Struktur und Tragwerk. In: ATLAS-Mehrgeschossiger Holzbau. H. Kaufmann, S. Krötsch und S. Winter. München, Edition DETAIL: 38–49.

IBO: Oekoindex (2016). Oekoindex 3 Anwendungen. Broschüre. Version 8,2016
Abgerufen am: 10.04.2024, https://www.ibo.at/fileadmin/ibo/materialoekologie/oi3_broschure_anwendung_2017.pdf

IBO: Leitfaden (2023). des Oekoindex OI3 und des Globalen Erwärmungspotenzials für Bauteile und Gebäude
Version 09,2023
Abgerufen am: 13.05.2024, https://www.ibo.at/fileadmin/ibo/materialoekologie/OI-Berechnungsleitfaden_V5_Sept2023.pdf

Kaufmann, Hermann, Krötsch, Stefan und Winter, Stefan (2017). ATLAS-Mehrgeschossiger Holzbau. München, Edition DETAIL.

Kammel, F. M. (2011). Bausteine der Geschichte. Historische Ziegel aus Westpreußen, Berlin, Wien, Werdau. KulturGut: aus der Forschung des Germanischen Nationalmuseums

Kopfmüller, Jürgen (2001). Nachhaltige Entwicklung integrativ betrachtet: konstitutive Elemente, Regeln, Indikatoren. Berlin, Edition Sigma.

Krötsch, Stefan (2019). „Geschichte des Holzbaus: Bauweisen von den Anfängen bis heute.“
Abgerufen am: 10.04.2024, von <https://www.baunetzwissen.de/holz/fachwissen/einfuehrung/geschichte-des-holzbaus-6640622>.

Krötsch, Stefan und Huß, Wolfgang (2017). Bauteile und Bauelemente. In: ATLAS-Mehrgeschossiger Holzbau. H. Kaufmann, S. Krötsch und S. Winter. München, Edition DETAIL: 50–69.

Krötsch, Stefan und Müller, Lutz (2017). Entwicklung des mehrgeschossigen Holzbaus. In: ATLAS-Mehrgeschossiger Holzbau. H. Kaufmann, S. Krötsch und S. Winter. München, Edition DETAIL: 10–13.

Landsberg, Heike und Pinkau, Stephan (1999). Holzsysteme für den Hochbau: Grundlagen, Systeme, Beispiele. Stuttgart, Berlin, Köln, Kohlhammer.

Lißner, Karin und Rug, Wolfgang (2000). Holzbau – Eine Geschichte innovativer Bautechnik. In: Holzbau-sanierung. K. Lißner und W. Rug. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag: 4–18.

Liblik, Küppers, Maaten, Just.(2020). “Fire Protection Provided by Clay and Lime Plasters.” Wood Material
Abgerufen am: 10.04.2024, <https://doi.org/10.1080/17480272.2020.1714726>
deutsche Version verfügbar: “Eigenschaften von Lehmputzen für den Brandschutz von Holzkonstruktionen“:
https://www.dachverband-lehm.de/lehm2020_online/pdf/lehm2020_b_liblik-just-kueppers_de.pdf

Minke, Gernot (1994/2001). Das neue Lehmhandbuch Baustoffkunde - Konstruktion - Lehmarchitektur. Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg

Minke, Gernot und Ziegert, Christof (2008). Das Technische Merkblatt „Anforderungen an Lehmputze“ des Dachverbandes Lehm e.V. in LEHM
Abgerufen am: 20.05.2024, https://www.iglehm.ch/application/files/8615/4256/9624/lehm2008__b_minke-ziegert.pdf

Rüdisser, Daniel (2022). Sommerlicher Wärmeschutz eine Planungsfrage. In: ATLAS-Mehrgeschossiger Holzbau. H. Kaufmann, S. Krötsch und S. Winter. München, Edition DETAIL: 94–97.

Rug, Wolfgang (2006). 100 Jahre Hetzer-Patent. In: Bautechnik 83 (8): 533–540.

Schäfer, Dietmar (2021). Massivbauweisen mit Lehm. Beispiele für eine historische und moderne Bauweise. Wiesbaden, Springer Verlag

Schroeder, Horst (2010). Lehmbau, mit Lehm ökologisch planen und bauen. Wiesbaden, Springer Verlag

Schroeder, Horst (2019). Lehmbau, mit Lehm ökologisch planen und bauen. Wiesbaden, Springer Vieweg Verlag

Vollhard, Franz (1983/2013). Bauen mit Leichtlehm, Handbuch für das Bauen mit Holz und Lehm. Wien, Springer Verlag

Tremmel, Jörg (2001). Nachhaltigkeit als politische und analytische Kategorie: der deutsche Diskurs um nachhaltige Entwicklung im Spiegel der Interessen der Akteure. München, Oekom.

Wegener, Gerd (2017). Ressource Holz. In: ATLAS-Mehrgeschossiger Holzbau. H. Kaufmann, S. Krötsch und S. Winter. München, Edition DETAIL: 14–17.

Werner, Ulf-Jürgen (2004). Bautechnischer Brandschutz. Birkhäuser, Basel

Winter, Stefan (2017). Schutzfunktionen. In: ATLAS-Mehrgeschossiger Holzbau. H. Kaufmann, S. Krötsch und S. Winter. München, Edition DETAIL: 72–87.

World Commission on Environment and Development (1987). Our Common Future. New York, Oxford University Press.

Zeumer, Martin, John, Viola und Hartwig, Joost (2009). Nachhaltiger Materialeinsatz – Graue Energie im Lebenszyklus. In: DETAIL Green 1 (1): 54–60.

Zuschnitt 87 (2022) Holz, Lehm, Stroh. Zuschnitt 87. proHolz Austria. Ausgabe 12/22

Onlineressourcen

baunetz online: Brettsper Holz

Abgerufen am: 17.05.2024,- <https://www.baunetzwissen.de/holz/fachwissen/baustoff-holz/brettsperholz-6940427>

bc materials

Abgerufen am: 17.05.2024,- <https://bcmaterials.org>

cycle Terre

Abgerufen am: 17.05.2024,- <https://www.cycle-terre.eu>

<https://bcmaterials.org>

Dachverband Lehm: Lehm Baustoffe

Abgerufen am: 10.05.2024, - <https://www.dachverband-lehm.de/lehmbau/lehmbaustoffe>

db-online. 03.2007. Bauen mit Lehm- Renaissance eines traditionellen Baustoffes

Abgerufen am: 17.05.2024,- <https://www.db-bauzeitung.de/wissen/technik/bauen-mit-lehm/>

European Commission online Sustainable Development: EU sets out its priorities:

Abgerufen am: 13.05.2024, - https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/sustainable-development-goals_en

Focus online 20.05.2023 In Deutschland entsteht ein neuer Immobilientrend

Abgerufen am: 13.05.2024, - https://www.focus.de/immobilien/bauen/neuer-immobilien-trend-auf-dem-vormarsch-ich-kann-mich-vor-auftraegen-kaum-retten_id_194195512.html

geschichtewiki.wien.gv: Ziegeleien

Abgerufen am: 13.05.2024,- <https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Ziegeleien>

hortus Forschungs- und Bauprojekt hortus

Abgerufen am: 19.05.2024,- <https://www.hortus.ch/de/>

Mudd architects Drone Spray

Abgerufen am: 13.05.2024,- <https://www.muddarchitects.com/dronespray>

wien.gv. Bevölkerungsprognose MA 23

Abgerufen am: 13.05.2024,- [https://www.wien.gv.at/statistik/bevoelkerung/prognose/#:-:text=In%20den%20kommenden%203%20Jahrzehnten,%2C6%20Prozent\)%20wachsen%20wird](https://www.wien.gv.at/statistik/bevoelkerung/prognose/#:-:text=In%20den%20kommenden%203%20Jahrzehnten,%2C6%20Prozent)%20wachsen%20wird)

Richtlinien und Normen

MBO Deutscher Bundestag, Musterbauordnung.

OIB- Richtlinie 2: Brandschutz (05/2023) Österreichisches Institut für Bautechnik

OIB- Richtlinie 5: Schallschutz (05/2023) Österreichisches Institut für Bautechnik

OIB- Richtlinie 6: Energieeinsparung und Wärmeschutz (05/2023) Österreichisches Institut für Bautechnik

DIN 18940: Tragendes Lehmsteinmauerwerk – Konstruktion, Bemessung und Ausführung.(03/2024)

DIN 18942-1: Lehmbaumstoffe – Teil 1: Begriffe (03/2024)

DIN 18942-100: Lehmbaumstoffe – Teil 100: Konformitätsnachweis (03/2024)

DIN 18945: Lehmsteine – Anforderungen und Prüfverfahren (03/2024)

DIN 18946: Lehmmauermörtel – Anforderungen und Prüfverfahren (03/2024)

DIN 18947: Lehmputzmörtel – Anforderungen und Prüfverfahren (03/2024)

DIN 18948, Ausgabe 2018-12: Lehmplatten (03/2024)

Datenbanken, allgemeine Ressourcen

baubook Bauteilrechner.

<https://www.baubook.at/BTR/?SW=5>

Dachverband Lehm. Deutschland.

<https://www.dachverband-lehm.de>

dataholz.

<https://www.dataholz.eu>

DGNB Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen

<https://www.dgnb.de>

eco2soft baubook Gebäuderechner.

<https://www.baubook.at/eco2soft/>

klimaaktiv baubook.

<https://www.baubook.info/de/oekoprogramme/klimaaktiv-kriterien>

IG Lehm Schweiz.

<https://www.iglehm.ch>

pro:holz Austria.

<https://www.proholz.at>

Netzwerk Lehm. Österreich.

<https://netzwerkelehm.at>

openly Bausystem.

<https://www.openly.systems>

Stadtelefant online Publikationen.

<https://stadtelefant.at>

statics best wood Schneiderholz.

<https://statics.schneider-holz.com>

Hersteller, Produktkataloge, Datenblätter

ausgewählte Produktreferenzen mit bautechnischen Daten und Details sind hier vorzufinden:

Claytec (01/24) Prouktkatalog

https://claytec.de/wp-content/uploads/2024/01/24_003_02_Produktkatalog_01-2024_web.pdf

Claytec (12/23:) Leitfaden.Ökologische Trockenbauwände im System

https://claytec.de/wp-content/uploads/2024/01/23_002_01_Trockenbauleitfaden_Online-Export_12-2023_web.pdf

Lemix Broschüre

<https://lemix.eu/media/upload/downloads/Lemix-Broschuere.pdf>

Lehmorenge Leipfinger Bader Lehmprodukte

<https://www.lehmorenge.de/de/produktuebersicht>

Levita Lehmbauplatte

<https://lehm.com/at/lehmbauplatten/>

Levita Lehmputz

<https://lehm.com/at/lehmputz/>

Levita Lehmfarben

<https://lehm.com/at/lehmfarbe/>

Conluto Trockenbau

<https://www.conluto.de/lehm-produkte/W>

Lethermo Lehm-Fußbodenheizung/-kühlung trockenbau

https://lethermo.com/#technische_datenW

Nature-Floor Lehmgebundene Schüttung

<https://www.naturefloor.at/schuettung>

Optigrün

<https://www.optigruen.de/produkte>

Lignatur Hohlkastenelemente:

<https://www.lignatur.ch/produkt/das-element>

Schneider. best wood CLT Box

<https://www.schneider-holz.com/de/produkte/holz/hohlkastenelement/clt-box-decke-fs/>

Wolf Bavaria Phone Strip, Schallentkopplungsstreifen: Wolf Bavaria

https://www.wolf-bavaria.com/media/54/0f/be/1655979236/2021-10%20Flyer_PhoneStrip%20Brandprüfung_final.pdf

Abbildungsverzeichnis

S.19:

Abb. **Kreislauf von Lehmstoffen**.Lehmbau.info Verbraucherinformationen (S.3). Dachverband Lehm e.V.:
Abgerufen am: 17.05.2024, https://www.dachverband-lehm.de/pdf/DVL_verbraucherinfo_de.pdf

S. 23

Abb. **Lehmbauten in Europa** Netzwerk Lehm. Karte: Terra Incognita

Abgerufen am: 17.05.2024, - [http://netzwerklehm.at/lehm/geschichte/#:-:text=Bauten%20aus%20Weller-lehm%20\(englisch%3A%20Cob,der%20zahlreichen%20historischen%20Beispiele%20einsetzt.](http://netzwerklehm.at/lehm/geschichte/#:-:text=Bauten%20aus%20Weller-lehm%20(englisch%3A%20Cob,der%20zahlreichen%20historischen%20Beispiele%20einsetzt.)

S.33

Abb. **Verwendung von Lehmstoffen**.Lehmbau.info Verbraucherinformationen (S.6). Dachverband Lehm e.V.:
Abgerufen am: 17.05.2024, - https://www.dachverband-lehm.de/pdf/DVL_verbraucherinfo_de.pdf - 08.05.24

S.47

Abb. **Kombination verschiedener Bauelemente** ATLAS Mehrgeschossiger Holzbau (2017), S. 40

S.47

Abb. **Vorfertigungsgrad verschiedener Bauweisen** ATLAS Mehrgeschossiger Holzbau (2017), S.143

S.51

Abb. **Schematischer Aufbau einer Tafelbauwand** ATLAS Mehrgeschossiger Holzbau (2017), S. 53

S.57

Abb. **Einteilung in Gebäudeklassen**

Abgerufen am: 17.05.2024, - https://www.baulinks.de/webplugin/2012/i/0189_de_mehrgeschossiger_holzbau_2011_12.pdf

S.69

Foto: **LKS- Schulhaus mit Holzfassade** ©David Schreyer 2024; Franz und Sue ZT GmbH:

Abgerufen am: 17.05.2024, - <https://www.franzundsue.at/projekte/volksschule-und-mittelschule-leo-pold-kohr-strasse-wien/>

S.70

Foto: **Lehmputz im Bildungscampus Graz-Puntigam** ©David Schreyer f2024, Franz und Sue ZT GmbH:

Abgerufen am: 17.05.2024, <https://www.franzundsue.at/projekte/bildungscampus-puntigam-graz/>

S.83

Foto: **Stadtelefant Fassade.** © Andreas Buchberger; Louai Abdul Fattah- Franz und Sue ZT GmbH: Abgerufen am: 17.05.2024,- <https://www.franzundsue.at/projekte/bildungscampus-puntigam-graz/>

S.84-93

Abb. **Grundrisse und Gebäudeschnitt Stadtelefant:** erstellt auf Grundlage übermittelten Daten und der Online-Publikationen: ©Franz und Sue ZT GmbH

Abgerufen am: 17.05.2024, <https://www.franzundsue.at/projekte/buerogebaeude-kreativcluster-im-sonnendviertel-wien/>; <https://www.franzundsue.at/projekte/wohnung-im-quartiershaus-stadtelefant/>

S.92

Abb. **Betonsandwich Stadtelefant:** Presse-Booklet: ©Franz und Sue ZT GmbH

Abgerufen am: 17.05.2024, https://www.franzundsue.at/fileadmin/DOCS/Projekte/000_091_HAUS_Helmut_Zilk_Park/Publikationen/Stadtelefant-Booklet.pdf

S.103 Logo IBO:

Abgerufen am: 17.05.2024, <https://www.ibo.at/ueber-uns/ibo-verein>

S.107

Abb. **Vergleich Dämmstoffe:**

Erstellt am 10.04.2024 mit dem baubook Gebäuderechner: <https://www.baubook.at/BTR/>

S.105

Abb. **Vergleich Tragende Grundbaustoffe ;**

Erstellt am 11.04.2024 mit dem baubook Gebäuderechner: <https://www.baubook.at/BTR/>

S.111

Abb. **Vergleich Innenwände | Trennwände**

Erstellt am 16.04.2024 mit dem baubook Gebäuderechner: <https://www.baubook.at/BTR/>

S.113

Abb. **Vergleich Vorsatzschalen | Schachtwände**

Erstellt am 16.04.2024 mit dem baubook Gebäuderechner: <https://www.baubook.at/BTR/>

S.115

Abb. **Vergleich Wohnungs- und Bürotrennwände.**

Erstellt am 16.04.2024 mit dem baubook Gebäuderechner: <https://www.baubook.at/BTR/>

S.117

Abb. **Vergleich Außenwände**

Erstellt am 16.04.2024 mit dem baubook Gebäuderechner: <https://www.baubook.at/BTR/>

S.119

Abb. **Vergleich Horizontale Elemente.**

Erstellt am 16.04.2024 mit dem baubook Gebäuderechner: <https://www.baubook.at/BTR/>

S.21

Abb. **Vergleich Deckenaufbau Arbeiten.**

Erstellt am 16.04.2024 mit dem baubook Gebäuderechner: <https://www.baubook.at/BTR/>

S.123

Abb. **Vergleich Deckenaufbau Wohnen.**

Erstellt am 16.04.2024 mit dem baubook Gebäuderechner: <https://www.baubook.at/BTR/>

S.125

Abb. **Vergleich Dachaufbau.**

Erstellt am 16.04.2024 mit dem baubook Gebäuderechner: <https://www.baubook.at/BTR/>

S.134-191

Lehm im Holzsystem - Entwurf

Eigene Darstellungen erstellt im Rahmen der Diplomarbeit:

Viele Abbildungen und Darstellungen dieser Diplomarbeit basieren auf den Informationen und Publikationen der Franz und Sue ZT GmbH. Die Abbildungen sowie das Verzeichnis wurden sorgfältig und nach bestem Wissen und Gewissen erstellt. Fehler sind vorbehalten. Die Urheberschaft der Abbildungen bleibt bei den rechtmäßigen Eigentümer:innen.

Danksagung

Ein besonderer Dank gebührt dem Architekturbüro Franz&Sue für die Bereitstellung von Planungsdaten und der Offenheit für dieses Projekt. Hervorzuheben ist hierbei Ursula Gau für das ausführliche Interview und den konstruktiven Austausch.

Weiters ist ein großer Dank an Ao.Univ.Prof.Dipl.-Ing.Dr. phil. Andrea Rieger-Jandl für die Betreuung dieser Arbeit auszusprechen.

Abschließend sind hier auch alle Diskussionspartner:innen im Kreise der Architektur, Kommiliton:innen, Freunde und Familie für die fachliche aber auch emotionale Unterstützung zu nennen.

