



Diese Arbeit beschreibt die Konzeption und den Bauprozess des "pet house" - ein Tiny House, welches innerhalb kurzer Zeit zerlegt, transportiert und wieder aufgebaut werden kann. Damit das funktioniert, muss es leicht sein. Bewerkstelligt wird das mit einer innovativen Modulbauweise aus Hartfaserplatten und Vollholz. Um das Gebäude trotz des geringen Gewichts mit viel thermischer Speichermasse auszustatten, werden PET-Flaschen mit Wasser gefüllt und im Innenraum verbaut, damit man im Winter weniger heizen und im Sommer weniger kühlen muss. Außerdem enthält die Arbeit ausführliche Baudokumentation und eine Bauanleitung, für alle, die sich auch ein pet house bauen wollen.

Felix Alexander Neudeck | pet house

pet house.

ein zerlegbares Tiny House aus Holz und Wasserflaschen

Felix Alexander Neudeck



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN

DIPLOMARBEIT

**pet house**

ein zerlegbares Tiny House aus Holz und Wasserflaschen

unter der Leitung von

Dipl.-Ing. Sigrun Swoboda

Dipl.-Ing. Dr.techn. Ulrich Pont

E 259-3 Forschungsbereich Bauphysik und Bauökologie

Institut für Architekturwissenschaften

eingereicht an der

Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

**Felix Alexander Neudeck**

**E01426892**

Wien, September 2024



Dieses Projekt erfolgte in Kooperation mit



Research Unit  
of Building Physics  
and Building Ecology



digital  
architecture &  
planning



Interdisziplinäre  
Tragwerksplanung und  
Ingenieurholzbau



## Kurzfassung

Der Trend, auf kleinem Raum nachhaltig wohnen zu wollen, ist seit Jahren ungebrochen und die Bandbreite an fertigen und individuell geplanten Gebäuden, welche als Tiny Houses vermarktet werden, groß. Eine besondere Nische stellt dabei die Kombination folgender Anforderungen dar, für die es in dieser Form noch wenig Lösungen gibt:

Kann ein Gebäude einfach zerlegbar, technisch einfach, also mit limitierten Hilfsmitteln herzustellen und nachhaltig im Sinne einer Kreislaufwirtschaft sein, dabei ein geringes Eigengewicht und trotzdem eine exzellente bauphysikalische Performance aufweisen?

Für eine gebaute Antwort auf diese Herausforderungen wurden zuerst die theoretischen Grundlagen der Themenblöcke Tiny Houses, Upcycling, Zerlegbarkeit und Wasser als dynamische Speichermasse erarbeitet. Im Anschluss wurde daraus ein modulares Bausystem entwickelt. Drei Vorentwürfe zeigen verschiedene Anwendungsprinzipien des Systems, wobei einer der Vorentwürfe in der Folge detailliert und 1:1 gebaut wurde.

Das entwickelte System verwendet wassergefüllte Mehrweg-PET-Flaschen als thermischen Energiespeicher. Die statische Konstruktion kombiniert Hartfaserplatten und Vollholz zu Modulen, die von zwei bis drei Personen in wenigen Tagen zu einem fertigen Haus zusammengesetzt werden können. Auch die anderen verwendeten Materialien kommen dabei fast ausschließlich aus nachwachsenden oder Recycling-Quellen und werden teilweise auf bislang unübliche Art verwendet. Der gebaute Prototyp erweist sich als funktional, jedoch relativ aufwändig in der Herstellung für Einzelpersonen. Die Skalierung zu einer Serienproduktion scheint möglich und würde den Herstellungsaufwand verringern. Das Zerlegen, der Transport und das Zusammenbauen konnte nur am teilfertigen Prototypen getestet werden, verlief aber weitgehend reibungslos. Der beobachtete Nutzungszeitraum beträgt nur drei Monate im Sommer. Während dieser Zeit scheint die bauphysikalische Performance sehr zufriedenstellend, jedoch bedürfte es eines längeren Beobachtungszeitraums und genauerer Messungen, um dies objektiv bestätigen zu können. Besonders der tatsächliche Vorteil der dynamischen Speichermasse konnte im Rahmen dieser Arbeit noch nicht getestet werden.

Neben ausführlicher Baudokumentation enthält diese Arbeit außerdem eine Bauanleitung und Zugang zu 3D-Quelldateien, wodurch im Sinne des Open-Source-Gedanken Nachahmung und weitere Experimente und Entwicklung des Systems durch Dritte angeregt werden sollen.

The trend toward sustainable living in small spaces has remained unbroken for years, and there is a wide range of both ready-made and custom-designed buildings marketed as tiny houses. A unique niche within this market focuses on a specific set of requirements for which there are still only few solutions available:

Is it possible to create a building that is easy to dismantle, simple to construct with limited tools, sustainable with regards to a circular economy, lightweight, and that still offers excellent building performance?

To address these challenges - ultimately by building a house - the theoretical foundations of the topics tiny houses, upcycling, disassembly, and the use of water as a dynamic storage medium were researched first. Based on this research, a modular construction system was developed. Three initial design concepts were created to showcase different applications of the system, with one of these concepts being fully detailed and built at a 1:1 scale.

The system developed uses water-filled reusable PET bottles as thermal energy storage. The structural design combines hardboard and timber into modules that can be assembled into a complete house by two to three people within a few days. The other materials used are also primarily sourced from renewable or recycled materials and are sometimes employed in unconventional ways. The built prototype proved functional but relatively complex for individuals to manufacture. Scaling up to mass production appears feasible and would reduce the effort required. The dismantling, transportation, and reassembly of the prototype could only be tested partially, but the process went smoothly overall. The observation period covered just three months during the summer. During this time, the building's performance appeared very satisfactory, but a longer observation period and more precise measurements are needed for objective confirmation. Especially the actual benefits of the temporary thermal energy storage could not be fully evaluated within the scope of this project.

This work contains extensive documentation of the construction process, an instruction for assembling the house and access to the source 3D-files in order to foster the reproduction of the system and further experimentation and development through others in accordance with an open source mentality.



gewidmet  
Biwi Neudeck  
23.02.1966 - 10.09.2024



# Danksagung

Zuallererst möchte ich mich bei allen lieben Menschen bedanken, die mir beim Bau und Transport des Hauses geholfen haben:

Lisa Plank, Lisa Hirsch, Manfred Taschler, San Jang, Dominik Hofreither, Sebastian Kernmayr, Max Bell, Lisa Hochrainer, Lisa Krobath, Merlin Hochmeier, Madli Oras, Anja Kralik, Aleksandre Gujabidze, Aron Iankov, Ludwig Draxler, Susanne Neudeck, Katharina Hohenwallner, Lukas Prebio, Dominik Moser, Greta Butzlaff, Clemens Tengel, Leonie Malek, Andreas Göttlicher, Moritz Maller, Madlen Seib, Frauke Tesch, Florian Kurta und Ines Rossegger

Ohne euch wäre das Projekt nicht nur nicht möglich gewesen; die Tage, an denen ihr mir geholfen habt, waren meine Lichtblicke in diesem ansonsten sehr einsamen Unterfangen. Dieses Projekt hat mich die letzten zweieinhalb Jahre so sehr vereinnahmt, dass ich zu wenig Zeit für euch hatte. Umso mehr war ich überwältigt und berührt von eurer bedingungslosen Hilfsbereitschaft und Unterstützung. Ich schätze mich glücklich, euch meine Freundinnen und Freunde nennen zu dürfen.

Als nächstes möchte ich mich bei meiner Betreuerin und meinem Betreuer Sigrun Swoboda und Ulrich Pont bedanken. Danke für euer Vertrauen in mich, diese Mammutaufgabe bewältigen zu können und danke für eure Unterstützung auf dem Weg ans Ziel.

Ich möchte mich bei Alireza Fadai und besonders bei Peter Schober für den wertvollen technischen Input bedanken, der mir viel Kopfzerbrechen genommen hat.

Großer Dank gilt auch meinem Vater, Axel Neudeck. Danke für die Inspiration, das gemeinsame Brainstormen und den Rückhalt. Wenn ich nicht schon als Kleinkind auf deinem Schoß sitzend am Computer Pläne gezeichnet hätte, wäre ich heute nicht da, wo ich bin.

Ich möchte mich tausend Mal bei allen Sponsoren für das entgegengebrachte Vertrauen und die Unterstützung bedanken. Beim gesamten Team von Vöslauer, von der Geschäftsführung bis zu den Gabelstaplerfahrern, im besonderen dafür, dass ich fast ein halbes Jahr bei euch zu Gast sein durfte. Beim Fachverband der Holzindustrie und im besonderen Rainer Handl für den persönlichen Einsatz. Bei WKFenster und ganz besonders Erwin Kreamsner für die beeindruckend unkomplizierte und lösungsorientierte Unterstützung, sowie bei den Firmen Weiss und Häuser in Wolle.

Abschließend gilt mein größter Dank meiner Partnerin, Lisa Hirsch. Danke für deinen Rückhalt und deine Liebe, für die Beherbergung, die Mithilfe und besonders die Momente, in denen ich die Baustelle auch mal vergessen durfte.

# Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung / Abstract	4
Danksagung	9
Inhaltsverzeichnis	10
Vorwort	13
Geschichte des Projekts	15
<b>1 - GRUNDLAGEN – Stand des Wissens und der Technik</b>	<b>16</b>
1.1 Tiny Houses	18
Eine kurze Geschichte des Tiny Houses	18
Heutige Nutzung von Tiny Houses	19
Tiny Houses und Mobilität	20
Tiny Houses und Recht	20
1.2 Upcycling	23
Begriffsdefinition	23
Wieso Upcycling?	23
Strategien beim Planen	24
Upcycling im Bauwesen – gängige Praxis	24
Vorteile, Potentiale und Herausforderungen beim Upcycling	25
1.3 Temporäre Speichermasse, Modularität und Zerlegbarkeit	27
Speichermasse und Bauweise	27
Wasser als Speichermasse	27
Wasser als passives Speichermedium	28
Wasser + Upcycling = ?	29
Speichermasse und Mobilität	30
1.4 Referenzprojekte	31
<b>2 – VORENTWURF – Das System, Konzepte und Phantasien</b>	<b>38</b>
2.0 Axiome, Ziele und Konsequenzen	40
2.1 Das Modulbausystem	41
2.2 Materialien und Bauteile	49
Exkurs: PET-Flaschen als Speichermasse und in Heizkreisläufen	60
2.3 Drei Vorentwürfe	61
Typ Jurte	62
Typ Solarwand	68
Typ Deckenspeicher	74
2.4 Makroskopie - Städtebauliche Konzepte	80
Geeignete Anwendungsgebiete	80
Weniger geeignete Anwendungsgebiete	81

<b>3 – ENTWURF – Gebaute Realität</b>	<b>82</b>
3.1 Vom Vorentwurf zum Entwurf	84
3.2 Finaler Entwurf	85
Exkurs: Entwurf Konzeptzusammenfassung	96
3.3 Bauprozess pet house	97
3.4 Das fertige pet house	120
<b>4 - RÉSUMÉ – Analyse und Reflexion</b>	<b>168</b>
4.1 Finanzen	170
4.2 Arbeitsaufwand, Wirtschaftlichkeit und Skalierbarkeit	171
4.3 Bauprozess, Präzision etc.	172
4.4 Upcycling – Das Haus und seine Quellen - Ressourcenverbrauch	172
4.5 Bewohnbarkeit und bauphysikalische Performance	173
4.6 Zerlegbarkeit und Transport	173
4.7 Anpassbarkeit	174
Exkurs: Beim nächsten Mal anders?	174
4.8 Empfehlungen	174
4.9 Weiterführende Forschungsmöglichkeiten	175
<b>ANHANG – Bauanleitung</b>	<b>176</b>
Voraussetzungen für das Zusammenbauen	178
Eigenbau der Module	179
Bauanleitung	180
Quellenverzeichnis	250
Abbildungsverzeichnis	252
Kontaktinformationen	259



# Vorwort

## persönliche Motivation und spezifischer Hintergrund der Bauaufgabe

Ich lebe in einem Haus. Wir sind hier zu siebent. Das Haus ist gemietet. Der Vertrag ist befristet. Wir werden hier nicht ewig wohnen. Das Grundstück ist groß. Die persönlichen Zimmer sind klein. Das Wohnzimmer ist groß. Die Zufahrt ist eng und steil. Manchmal kommt man mit dem Auto gar nicht hinauf, vor allem im Winter. Wir hätten gerne mehr Mitbewohner. Neue Mitbewohner brauchen auch einen persönlichen Wohnraum. Also wollen wir ein kleines Haus bauen. Im Garten ist viel Platz.

Das Haus muss mobil sein, damit es wo anders wieder aufgebaut werden kann, wenn wir ausziehen. Das Haus muss leicht und zerlegbar sein, damit wir es vom Berg hinunterbekommen. Mir ist Nachhaltigkeit wichtig. Ich finde Upcycling eine richtig gute Strategie, um nachhaltiger zu sein. Das Haus soll also zu einem möglichst großen Anteil aus Abfallprodukten bestehen. Wenn ein Haus leicht ist, dann kann es wenig Wärme speichern und man muss im Winter mehr heizen und im Sommer mehr kühlen. Ich möchte, dass das Haus leicht ist und trotzdem viel Wärme speichern kann. Daher muss ich mir etwas einfallen lassen. Ich möchte, dass auch andere Menschen von meinen Ideen profitieren können. Deshalb soll das Haus möglichst einfach nachzubauen sein. Das nenne ich DIY-friendly.

Abb. 1 zeigt den designierten ersten Stellplatz mit eingezeichneter ungefährer Kubatur:

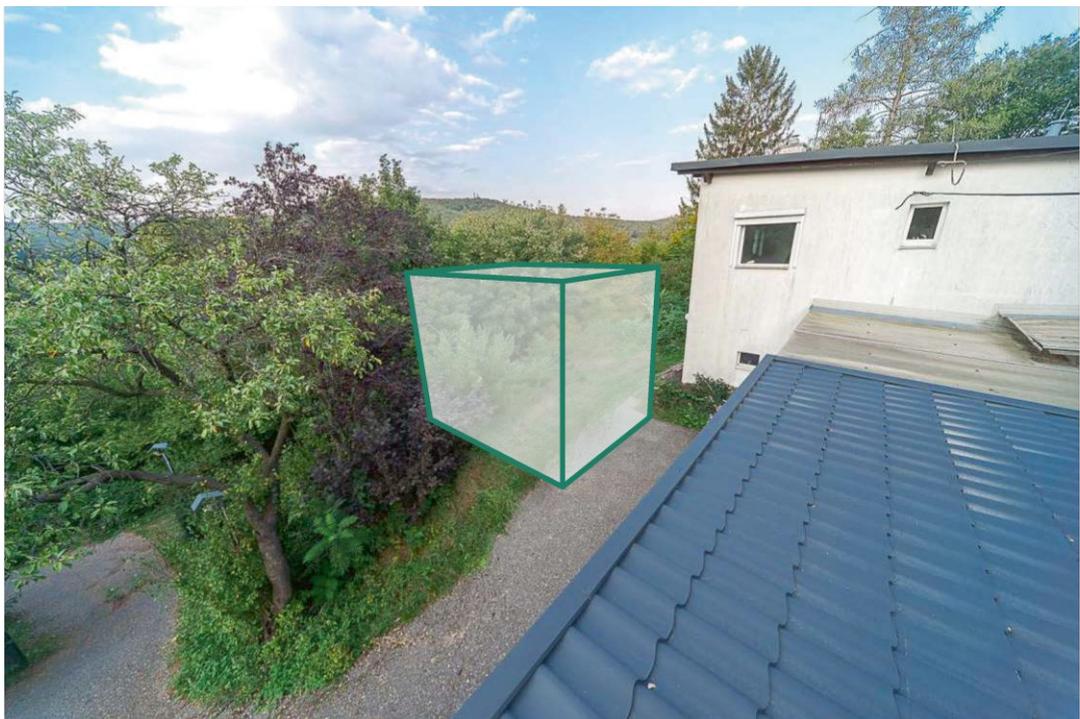


Abb. 1: Erster Stellplatz



# Geschichte des Projekts



## Idee

Der Zeitpunkt der Idee, die Wände eines mobilen Hauses mit Wasser zu füllen, lässt sich nicht mehr rekonstruieren, liegt aber bereits viele Jahre zurück und entstand im Gespräch des Autors mit seinem Vater über utopisches Bauen.

## Fixierung des Themas

Nach Verwerfen eines anderen Diplomarbeitsthemas wird mit der Ausarbeitung erster Ideen begonnen

## Förderantrag SdZ

Da von Anfang an das Ziel feststeht, zumindest einzelne Modulprototypen zu bauen, wird das Projekt zur Förderung beim Programm Stadt der Zukunft eingereicht.

Da das Haus zu einem Großteil aus upgecycletem Altholz hergestellt werden soll, wird nach eher frustrierenden Versuchen zur Wiederverwertung von Europaletten eine vielversprechende Rohstoffquelle gefunden: Über drei Tage hinweg werden ca. 4m<sup>3</sup> Altholz einer Dachsanierung auf das designierte Grundstück transportiert und der Bau einer Werkstatt für das Projekt beginnt.

Der Autor erleidet einen schweren Bergunfall und fällt für ein halbes Jahr aus.

Der Förderantrag bei Stadt der Zukunft wird abgelehnt.

Die Ausarbeitung der Vorentwürfe beginnt.

Das Projekt wird erneut bei Stadt der Zukunft eingereicht.

Detaillierung des Entwurfs mit dem Ziel, diesen mit Hilfe von Sponsorengeldern umzusetzen.

Der Förderantrag bei Stadt der Zukunft wird erneut abgelehnt.

Suche nach Sponsoren und Verhandlungen

Der Fahrplan mit Vöslauer wird fixiert: Das Haus soll über den Winter in einer Lagerhalle am Firmengelände gebaut und in der anschließenden Sommersaison im Thermalbad ausgestellt werden.

Bau von Rahmen, Bodenmodulen, Wandmodulen, Zwischenebene und Dachmodulen in einer Lagerhalle am Fabriksgelände von Vöslauer

Nach einer Planänderung soll das Haus nun doch nicht im Thermalbad ausgestellt, sondern stattdessen direkt in den Garten übersiedelt und dort fertiggestellt werden.

Das Haus wird zerlegt. Der Bauplatz im Garten wird vorbereitet. Das Haus und sämtliche noch nicht verbauten Materialien werden in den Garten übersiedelt. Das Haus wird im Garten zusammengebaut.

Dachdeckung, Terrasse und Fassadenmodule werden fertiggestellt.

Baupause

Herstellung von Innenverkleidung, Boden, Traufe, Dachrinnen, Wärmespeicher und Elektrik

Beginn der Nutzung des Hauses

Verfassen der Diplomarbeit und letzte Feinschliffe am Haus

# Kapitel 1

## Grundlagen

Stand des Wissens und der Technik

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit den drei grundlegenden Themenblöcken dieser Arbeit, erläutert die dafür relevanten theoretischen Hintergründe und bildet damit gemeinsam mit den Entwurfsanforderungen den Unterbau für die Entscheidungsfindung beim Entwurf. Am Ende des Kapitels werden relevante Referenzprojekte aufgezeigt.

Thema 1: Tiny Houses

Thema 2: Upcycling

Thema 3: Temporäre Speichermasse, Modularität und Zerlegbarkeit

# 1.1 - Tiny Houses

## Eine kurze Geschichte des Tiny Houses

Wie viel Platz braucht ein Mensch zum Leben? Diese Frage stellen sich unsere Vorfahren schon seit prähistorischen Zeiten. Die Gründe für die Notwendigkeit dieser Frage haben sich im Laufe der Zeit mit verschiedenen limitierenden Faktoren gewandelt. Vor der Sesshaftwerdung lebten vermutlich die meisten menschlichen Kulturen nomadisch <sup>[1]</sup>. Man hatte also entweder die Option, seine Behausung so minimalistisch zu bauen, dass sie einfach zu transportieren war oder so minimalistisch zu bauen, dass sie zurückgelassen werden und schnell und mit wenig Arbeit an einem neuen Ort aus lokalen Ressourcen neu konstruiert werden konnte.

Mit der Sesshaftwerdung des Menschen änderte sich diese Problematik: Nun war nicht mehr die Mobilität der limitierende Faktor, sondern explodierende Bevölkerungszahlen, Erschöpfung unmittelbarer lokaler Ressourcen <sup>[2]</sup> und fixe Siedlungsgrenzen durch Schutzmauern, Flüsse oder Berge.

Im Laufe der weiteren Entwicklungsgeschichte des Menschen kamen mit Ereignissen wie der Erfindung des Geldes, der industriellen Revolution und der Globalisierung neue Grenzen hinzu. Familienstrukturen änderten sich vielerorts, genauso wie die Verfügbarkeit von Arbeitszeit, die Raumproblematik verschärfte sich und Ressourcenknappheit wurde von einer lokalen zur globalen Herausforderung.

Manche Überlegungen sind jedoch seit jeher gleich geblieben. Kleinere Räume sind leichter zu beheizen, schneller zu reinigen und statisch einfacher zu konstruieren und in Schuss zu halten.

Es gab also immer schon Gründe, kompakt zu bauen und klein zu wohnen. Die bauliche Ausformulierung dieses Gedanken änderte sich jedoch mit Kultur, Technologien und den eben beschriebenen Herausforderungen. Während die geschichtliche Entwicklung beginnend bei bei Jurten, Tipis und Weidenhütten <sup>[3]</sup> oder Vitruvs Urhütte <sup>[4]</sup> spannend und gut dokumentiert ist, soll mit Hinblick auf einen Erkenntnisgewinn in dieser Arbeit ein Fokus auf den modernen Begriff des Tiny House Movement, seinen Ursprüngen, heutigen Motivationen und letztendlich Lösungsansätzen für Probleme der heutigen Generationen gelegt werden. Es folgt also ein kurzer Abriss:

Ein großer Teil der heutigen Faszination für Tiny Houses liegt in der Romantisierung eines möglichst naturnahen und einfachen Lebens. Die Ursprünge dieser Philosophie finden sich in der Zeit der Aufklärung, am bekanntesten bei Jean-Jacques Rousseau, den Ideen der edlen Wilden und dem Aufruf „Zurück zur Natur!“ <sup>[5]</sup>. Später und noch viel konkreter sind es die Überlegungen des Amerikanischen Philosophen Henry David Thoreau in seinem Werk *Walden; or, Life in the Woods* <sup>[6]</sup>, in dem er sein Leben in einer einfachen, selbst gebauten kleinen Holzhütte beschreibt und damit quasi das Konzept des „Aussteigers“ salonfähig machte.

[1] vgl. Harari 2011

[2] vgl. Höfer 2017

[3] vgl. Lehner 2014

[4] Vitruvius 1511

[5] vgl. Benz 2004

[6] Thoreau 1854

Einen großen Einfluss auf die moderne Tiny House Bewegung hatte auch die back to the land Philosophie, die sich aus den wirtschaftlichen Umständen in den Vereinigten Staaten des 19. & 20. Jahrhunderts entwickelte; einerseits als bewusste Gegenbewegung zur Urbanisierung (beginnend mit dem 19. Jahrhundert) und andererseits aus Notwendigkeit, da insbesondere in Zeiten wirtschaftlicher Krisen (vor allem am Anfang des 20. Jahrhunderts) das Leben in der Stadt für viele nicht mehr leistbar war <sup>[1]</sup>. 1929 befasste sich der CIAM (Internationaler Kongress für moderne Architektur) mit der Problemstellung „Die Wohnung für das Existenzminimum“. Weiteren Nährboden lieferten der in den 1940er Jahren beginnende Trend der Suburbanisierung und die Umweltbewegungen des späten 19. Jahrhunderts und der 1970er Jahre. <sup>[2]</sup>

Verwendung zur Beschreibung eines bewussten Architektur- und Lebensstils fand der Begriff Tiny House dann in den 1970er und 1980er Jahren in den Werken von Lester Walker (Tiny Houses: or How to get away from it all) <sup>[3]</sup> Allan Wexler <sup>[4][5]</sup> und Bob Easton und Lloyd Kahn (Shelter) <sup>[6]</sup>.

Die moderne Tiny House Bewegung begann schließlich rund um die letzte Jahrtausendwende und ging Hand in Hand mit der Kommerzialisierung derselben. Bekanntestes Beispiel hierfür ist vermutlich Jay Schafers Haus Tumbleweed und seine gleichnamige Firma, mit denen er als einer der Begründer der Bewegung gehandelt wird <sup>[7]</sup>. Viele weitere folgten in den letzten zwei Jahrzehnten seinem Beispiel und bauten sich ihr eigenes Tiny House und nicht wenige kommerzialisierten ihre Entwürfe. So ist das Angebot an fertig zu kaufenden Tiny Houses heutzutage nicht nur in Nordamerika, sondern auch in Europa und anderen Teilen der Welt breit gefächert.

### Heutige Nutzung von Tiny Houses

Die heutigen Beweggründe, sich ein Tiny House zu bauen, bauen zu lassen oder zu kaufen, sind vielfältig <sup>[8]</sup>. Zum Einen ist es oft schlicht der Kompromiss aus dem Traum vom Eigenheim und persönlichen finanziellen Ressourcen. Zum anderen gibt es die Kombination des starken Trends zu Einpersonenhaushalten <sup>[9]</sup> und dem Wunsch nach Naturnähe. Seltener ist es auch der Wunsch nach mobilem Wohnen, welcher sich in der Praxis aber wohl eher im Boom von Campervans und Wohnmobilen niederschlägt <sup>[10]</sup>.

Die Firma Wohnwagen, Marktführer im Sektor Tiny Houses im deutschsprachigen Raum, beziffert die Nutzung ihrer verkauften Einheiten wie folgt: 78% vollwertiger Wohnzweck, 7% bedingter Wohnzweck/Ferienutzung, 15% gewerbliche Nutzung <sup>[11]</sup>.

[1] vgl. Brown 2011, 3-10

[3] Walker 1987

[5] Wexler 2024

[7] vgl. Morrison 2017, 19

[9] Tiroler Tageszeitung 2024

[11] vgl. Raz 2020, 42

[2] vgl. Raz 2020, 64-67

[4] Home Stratosphere 2024

[6] Easton & Kahn 1973

[8] vgl. Raz 2020, 71-77

[10] Manager Magazin 2024

## Tiny Houses und Mobilität

Die Mobilität von Tiny Houses ist oftmals eines ihrer zentralen Verkaufsargumente. In der Praxis stellen sich jedoch signifikante technische und rechtliche Herausforderungen, wenn man sein Haus bewegen möchte. Die Antworten auf die technische Problematik lassen sich in folgende Kategorien aufteilen:

Die wohl gängigste Lösung der technischen Herausforderung besteht darin, das Tiny House direkt auf einen Anhänger zu stellen. Meist kommen hierfür adaptierte Bootsanhänger zum Einsatz, manchmal auch andere umfunktionierte Anhänger oder auch Spezialanfertigungen. Bei vollmobilen Lösungen kann das Haus mit einem PKW transportiert werden, bei teilmobilen benötigt man, meist ob des erhöhten Gewichts, bereits einen LKW. Dies bedingt natürlich, dass die Maße des Gebäudes mit Straßenbreiten und Verkehrsnormen konform sind, was wiederum in der Ausformulierung eines Entwurfs die Form stark limitiert.

Möchte man über diese Limitierungen erhaben sein, so bieten sich drei Möglichkeiten. Bis zu einer gewissen Größe sind erstens kostspielige vorangemeldete Sondertransporte mit Begleitfahrzeugen möglich.

Zweitens kann man sein Haus so gestalten, dass es prinzipiell zerlegbar und in Einzelteilen transportierbar ist. Für diese Lösung finden sich überraschend wenige Beispiele, sie ist aber Kerngedanke des Entwurfs dieser Arbeit.

Die dritte Lösung besteht darin, sein Haus schlicht stationär zu planen. Hiermit umgeht man die meisten Kompromisse und Problematiken des Kerngedanken, verliert aber auch den zentralen Vorteil der Flexibilität und begibt sich schnell in das konventionellere Gefilde des Bautypus Gartenhütte oder Einfamilienhaus.

In Bezug auf Mobilität ergibt sich also ein Spektrum. Je leichter ein Haus zu bewegen sein soll, desto größer sind die konstruktiven und gestalterischen Limitierungen. Der Entwurf in Teil 3 dieser Arbeit versucht, diese Schere zu minimieren und möglichst viele Vorteile und möglichst wenige Nachteile beider Enden dieses Spektrums zu vereinen.

## Tiny Houses und Recht

Bei der Planung für den Bau oder die Anschaffung eines Tiny Houses gibt es zahlreiche und je nach Land und geplante Standort unterschiedlichste Gesetze, die einzuhalten sind und ebenso zu Limitierungen in der Ausgestaltung führen. In seiner Arbeit zu den rechtlichen Rahmenbedingungen des Wohnens in einem Tiny House im Bundesland Niederösterreich fand Christoph Raz fünf Bundesgesetze und acht Landesgesetze, die es einzuhalten gab <sup>[1]</sup>. Hieraus zeigt sich, dass eine allgemeine Betrachtung der Gesetzeslage, ohne Bezug auf einen konkreten Aufstellungsort zu nehmen, wenig sinnvoll erscheint. Es folgt daher stattdessen eine Auflistung der wichtigsten Themenfelder, die je nach Lokalisierung des Hauses rechtlich in Betracht zu ziehen sein können.

## Tiny Houses und Recht - Unterscheidung Haus/Wohnwagen

Zuallererst ist meist zu unterscheiden, ob ein Tiny House rechtlich als Gebäude betrachtet wird oder ob seiner theoretischen oder praktischen Mobilität in die Kategorie Wohnwagen fällt. Hierbei ist teilweise auch die Nutzung oder die tatsächliche kontinuierliche Aufstellungsdauer relevant. In den meisten Fällen führt eine Einordnung als Wohngebäude dazu, dass das Haus wie ein nicht bewegbares Gebäude zu behandeln ist und bei jedem Ortswechsel (auch innerhalb eines Grundstücks) entsprechende Behördenwege zur Genehmigung (Einreichung) zu absolvieren sind.

## Tiny Houses und Recht - Flächenwidmungen & Naturschutz

Sehnsucht nach Naturnähe und die technische Möglichkeit der Autarkie führen oft zu dem Wunsch, sein Tiny House an entlegenen, zivilisationsfernen Orten aufzustellen. Dies ist jedoch oftmals auf Grund der Widmung einer Fläche, welche die Art der Nutzung einschränkt nicht gestattet. Davon abgesehen können auch Naturschutzbestimmungen abseits von Flächenwidmungen das Aufstellen und/oder Bewohnen eines Tiny Houses verbieten oder limitieren.

## Tiny Houses und Recht - Baubestimmungen

Wenn ein Tiny House rechtlich als (Wohn)gebäude gilt, so fällt es auch unter die regionalen Bebauungsbestimmungen. Hierunter fallen wiederum sowohl technische Anforderungen, wie Brandschutz, Haustechnik oder bauphysikalische Performance, als auch ästhetische (Materialien, Farben, Dachneigungen, etc.) um das Ortsbild zu bewahren oder nutzungsbezogene Anforderungen, wie Mindestraumgrößen, Belichtung, Türbreiten, Treppenmaße und vieles mehr. All dies steht oft in krassem Widerspruch zur Grundidee eines möglichst kompakten, effizienten und mobilen Wohnraums. Erleichternd ist hierbei oft eine Einordnung als Nebengebäude statt als eigenständige Wohneinheit, was natürlich eine entsprechende Nähe zu einem rechtskonformen Hauptgebäude bedingt. In manchen Fällen ist das kleine Format allerdings auch von Vorteil und führt von sich aus zu Erleichterungen. So sind in Österreich beispielsweise Gebäude mit einer Grundfläche bis 15m<sup>2</sup> laut OIB von Brandschutzbestimmungen ausgenommen <sup>[1]</sup>.

## Tiny Houses und Recht - Verkehrsordnungen

Um all dem zu entgehen, ist eine rechtliche Strategie oftmals, zu versuchen, ein Tiny House rechtlich als Wohnwagen zu betrachten. Abgesehen von der Frage, ob Behörden dieser Argumentation folgen, gilt es natürlich, sein Haus so zu planen und auszustatten, dass es nicht nur technisch transportierbar ist, sondern auch den Straßenverkehrsordnungen entspricht. Wird ein Tiny House so konzipiert, dass es lediglich Ladung auf oder in einem Fahrzeug ist, geht es hierbei hauptsächlich um Abmessungen, Sicherung und Gewicht. Wird es als eigenständiges Objekt, zum Beispiel auf einem Anhänger, transportiert oder ist permanent teil des Fahrzeugs, so muss man etwa auch auf richtige Bereifung, Blinker- und Bremslichtanlagen, Beleuchtung, Nummerntafeln und nicht zuletzt die Straßenzulassung der Gesamtkonstruktion achten.

---

[1] OIB2 2023, 2

## Tiny Houses und Recht - Finanzgesetzliche Bestimmungen

Auch von Steuerrecht, sonstigen Finanzgesetzen oder Gesetzen bezüglich Eigentum kann ein Tiny Home ob seiner Einordnung als Immobilie oder Fahrzeug auf andere Arten berührt werden, als andere Besitztümer. Dies kann allerdings nicht nur Nach-, sondern auch Vorteile bieten, zum Beispiel in Bezug auf steuerliche Absetzbarkeit oder die Möglichkeit, für die Errichtung Förderungen zu beziehen.

Wegen all dieser rechtlichen Herausforderungen, die teilweise der Grundidee eines Tiny Houses zu widersprechen scheinen, werden oftmals kreative Rechtsauslegungen verfolgt (zum Beispiel exotische Widmungen), Ausnahmegenehmigungen angestrebt, oder ob des relativ leichten Ortswechsels und teils im Vergleich zu Einfamilienhäusern geringerer Kosten, einfach das Risiko eingegangen, manche Rechtsbereiche schlichtweg zu ignorieren und auf das beste zu hoffen.

Für eine detaillierte Betrachtung konkreter Rechtsbestimmungen und Tiny Houses im Allgemeinen sei nochmals auf die Arbeit von Christoph Raz zur rechtlichen Einschätzung von Tiny Houses in Niederösterreich verwiesen <sup>[1]</sup>.

## 1.2 - Upcycling

Das zweite zentrale Themenfeld dieser Arbeit bildet der Versuch, sämtliche geplante und gebaute Antworten auf die Entwurfsherausforderung möglichst nachhaltig zu gestalten. Im Speziellen soll dies mit kreislaufwirtschaftlichen und Upcycling-Ansätzen geschehen. Es folgt daher an dieser Stelle die Erläuterung der theoretischen Grundlagen zu diesen Themen.

### Begriffsdefinition

Der wesentlich bekanntere Begriff ist vermutlich der des Recyclings. Unter Recycling versteht man die Verwertung, Umwandlung und Wiederverwendung von Abfall. Von Upcycling spricht man, wenn die Qualität des Produktes durch den Recyclingprozess gesteigert wird, im Kontrast zum weniger gebräuchlichen Begriff des Downcyclings, bei dem eine Qualitätsminderung stattfindet. Ein weiterer wichtiger Begriff ist die stoffliche Verwertung, von der man spricht, wenn im Recyclingprozess nicht das Objekt an sich wiederverwendet wird, sondern nur die zugrundeliegenden Rohstoffe und deren Eigenschaften. Beispiele hierfür sind Verbrennen, Schreddern oder Einschmelzen, wobei es sich dabei meistens auch um Downcycling handelt. Am anderen Ende des Spektrums findet sich der Begriff Re-Use, worunter man die Wiederverwendung von Abfall ohne grundsätzliche Veränderung des Produktes versteht. Zusammen sind diese Ansätze wichtige Elemente beim gesellschaftlichen Ziel der Implementierung einer Kreislaufwirtschaft <sup>[1]</sup>.

### Wieso Upcycling?

Die Baubranche steht, wie die meisten anderen Branchen des sekundären Wirtschaftssektors, vor zwei ihrer zentralsten Herausforderungen: Ressourcenknappheit auf der einen und überfüllte Deponien auf der anderen Seite <sup>[2]</sup>. Hinzu kommen sowohl Emissionen bei Produktion, Verarbeitung und Entsorgung, als auch anfallende Kosten bei jedem dieser Schritte. Gleichzeitig war die Baubranche 2019 für 16,1% des Gesamtabfallaufkommens (plus 59,0% Aushubmaterialien) in Österreich verantwortlich <sup>[3]</sup> und bietet daher enormes Potential, mit ressourceneffizienten Lösungen und Innovationen viel zu bewirken.

Der Bundes-Abfallwirtschaftsplan des Österreichischen Umweltministeriums sieht folgende Hierarchie im Umgang mit Abfallprodukten vor: Vermeidung, Wiederverwendung, stoffliche Verwertung, thermische Verwertung, Beseitigung. Ein möglichst unmittelbares Wiederverwerten von Ressourcen ist also einer rein stofflichen oder thermischen Verwertung (Verbrennen) in jedem Fall vorzuziehen, da es fast immer zu weniger Energie, Arbeit und Rohstoffverbrauch führt <sup>[4]</sup>. Dieses kreislaufwirtschaftliche Prinzip der Wiederverwendung ohne Änderung der Beschaffenheit des Rohstoffs nennt man auch Cradle-to-Cradle <sup>[5]</sup>.

---

[1] Müller et al. 2020

[2] vgl. Mack 2022, III

[3] vgl. BMK 2021, 72

[4] vgl. BMK 2017

[5] vgl. Cepezed, 2021, 75

## Strategien beim Planen

In Bezug auf die Baubranche erreicht man Abfallvermeidung primär durch eine lange Lebensdauer eines Gebäudes. Begünstigende Faktoren hierbei sind zum einen eine möglichst hohe Qualität bei der baulichen Ausführung, sowohl was Materialien, als auch Konstruktion betrifft. Zum anderen kann man durch nachhaltige Planung der Obsoleszenz von Gebäuden vorbeugen. Im Detail kann das bedeuten, einerseits Gebäude so zu planen, dass sie die aktuellen Anforderungen möglichst gut erfüllen, sie andererseits auch so flexibel zu gestalten, dass sie für etwaige zukünftige Nutzungen möglichst einfach zu adaptieren sind. Außerdem gilt es, die Lebensdauer einzelner Komponenten zu berücksichtigen: Diejenigen, deren Lebensdauer absehbar kürzer ist, etwa aufgrund von Materialeigenschaften, spezifischer Gebäudenutzung oder technischer Überholung, sind so zu verbauen, dass ein Ersetzen und Überholen ebenfalls möglichst einfach zu bewerkstelligen ist.

Eine Reduktion von Komponenten mit absehbar kurzer Lebensdauer lässt sich oftmals auch durch möglichst einfache, möglichst zeitlose Konstruktionen bewerkstelligen. Diesen Ansatz nennt man Low-Tech. Weitere Vorteile solcher Konstruktionen sind eine geringere Fehler- und Störungsanfälligkeit, sowie eine angestrebte Niederschwelligkeit für selbst durchgeführte Reparaturen, was wiederum die Lebensdauer positiv beeinflusst.

Die systematische Berücksichtigung all dieser und weiterer Faktoren vereint das Konzept des Urban Minings. Der Kerngedanke dabei ist es, die gebaute Umwelt als Ressourcenquelle für die Zukunft zu sehen <sup>[1]</sup>.

## Upcycling im Bauwesen – gängige Praxis

Nach Erläuterung der Theorie stellt sich die Frage, wie diese Prinzipien in der Praxis angewandt werden. In seiner Arbeit Upcycling in der Architektur – Möglichkeiten für das 21. Jahrhundert führt Georg Anrather Beispiele für Upcycling an, die weit in die Zeitgeschichte zurückreichen. Meist waren es ganze Gebäude, die umfunktioniert und damit durch ihre neue Nutzung aufgewertet wurden. Weitere historische Beispiele finden sich in Wiederaufbaumaßnahmen, etwa nach dem Zweiten Weltkrieg, als aus Trümmerbergen ganze Stadtviertel entstanden <sup>[2]</sup>. Ein Paradebeispiel für Wiederverwertung von Ressourcen findet sich auch in den verwendeten Baumaterialien von Gründerzeithäusern <sup>[3]</sup>.

Prinzipiell ist so gut wie jedes Baumaterial wiederverwertbar <sup>[3]</sup>. In der heutigen Praxis bestimmt vor allem die Frage nach Wirtschaftlichkeit, ob und wie Rohstoffe wiederverwertet werden. Hierbei ist oftmals weniger die Qualität des Rohstoffs selbst, sondern die Art des Einbaus und Verbindungsmittel ausschlaggebend. So sind irreversibel geklebte Verbindungen naturgemäß schwieriger zu lösen, als gesteckte und geschraubte Verbindungen. Sortenreinheit gilt als unumgänglich <sup>[4]</sup>. Bei Bauteilen aus Vollholz, Stahl und Buntmetallen stellt dies selten ein Problem dar <sup>[5]</sup>. Schwieriger ist die Wiederverwertung hingegen bei Kunststoffen, erdölbasierten und mineralischen Stoffen.

[1] vgl. Bachmann 2018  
[3] vgl. Mack 2022, 26  
[5] vgl. Mack 2022, 33

[2] vgl. Anrather 2015 19ff.  
[4] vgl. Mack 2022, 28

Holz stellt einen Sonderfall dar. Bei Vollholz ist ein Downcycling (z..B. thermische Verwertung) weniger kritisch zu betrachten, als bei anderen Ressourcen, da es sich um einen biologisch abbaubaren und nachwachsenden Rohstoff handelt. Bei Holzwerkstoffen sind vor allem die verwendeten Kleber und Beschichtungen relevant und führen oft dazu, dass ausgebaute Bauteile nur mehr deponiert werden können. Eine genauere Betrachtung der Recyclingpotentiale verschiedener Baumaterialien findet sich in der Arbeit Recyclingpotentiale in der Bauindustrie von Stefan Schützenhofer <sup>[1]</sup>.

Doch nicht nur wiederverwertete Baumaterialien kommen in der Bauindustrie zu Einsatz, auch Abfälle aus anderen Industrien sind beim Bauen verwertbar. Abgesehen von der Verwendung von Abfallprodukten als Zutat in industriellen Fertigungsprozessen (z.B. Hochofenschlacke für Zement und Asphalt), gibt es auch fertig zu kaufende Materialien, welche rein aus Abfallprodukten bestehen. Beispiele sind Holzwerkstoffe, wie OSB-Platten, Schlackensteine oder Schaumglasplatten. Gängig in der heutigen Baupraxis sind vor allem Upcyclingprozesse, bei denen ein Abfallprodukt geschreddert, geschmolzen oder auf sonstige Art physikalisch und/oder chemisch transformiert wird, um einen neuen, homogenen Werkstoff zu erhalten.

Cradle-to-Cradle hingegen findet sich primär im kleinformatischen und Selbstbau-Bereich oder bei vereinzelt Musterprojekten wieder. Gängige Bauteile sind ausgebaute Türen, Fenster, Dachdeckungen, Geländer, Böden oder auch ganze Dachstühle. Meist über digitale Gebrauchtmärkte wie willhaben oder ebay-Kleinanzeigen werden teilweise ganze Häuser, Hütten, Scheunen verkauft beziehungsweise gegen Selbstbau verschenkt. Dass die Bauteile hier meist eine gewisse Patina aufweisen, wird oft nicht als Mangel, sondern als Bonus betrachtet. Ein Projekt, das versucht, aus diesem Markt ein Geschäftsmodell zu entwickeln, indem es Materialien vermittelt, vermarktet, selbst upcycelt und verbaut, ist die Materialnomaden GmbH <sup>[2]</sup>.

### Vorteile, Potentiale und Herausforderungen beim Upcycling

Die größten Vorteile von Upcycling liegen auf der Hand. Abfall ist gratis, es gibt ein Überangebot und es werden keine neuen Ressourcen verbraucht. In einer perfekten Welt würden also alle Abbruchabfälle wieder 1:1 einem neuen Gebäude zugeführt und alle neuen Gebäude würden nur jene Ressourcen nicht aus Abfallprodukten beziehen, die aufgrund von Bevölkerungswachstum neu produziert werden müssten. Im besten Fall würden Baustoffe direkt nach Abbruch an Ort und Stelle für die nachfolgende Bebauung wiederverwertet. Erleichternd für eine solche (utopische) Kreislaufwirtschaft wirken gesetzliche Bestimmungen, die bei Abbrucharbeiten ein möglichst sanftes Abtragen und eine strikte Trennung von Ressourcen fordern, so wie entsprechende Entsorgungsgebühren. Trotzdem finden sich unabhängig von der konkreten Ressource einige grundlegende Probleme, die einer möglichst unmittelbaren Wiederverwertung von Baumaterialien in der Praxis im Weg stehen.

[1] Schützenhofer 2019, 26-29

[2] Materialnomaden 2024

Die Wiederaufbereitung von Baumaterialien ist oft sehr arbeitsintensiv. Nachdem Arbeit bei den allermeisten Bauprojekten der mit Abstand größte Kostenfaktor ist, müssen nachhaltige Lösungen wirtschaftlich sein, um breite Anwendung zu finden und damit makroskopisch etwas zu bewegen.

Ausgebaute Materialien sind ohne aufwändige Aufarbeitung und Prüfung rechtlich schwierig wieder einbaubar. Der Grund dafür liegt in der weniger zuverlässigen Abschätzbarkeit von Materialeigenschaften aufgrund von Alterung, Umwelteinflüssen und ursprünglichen Quellen <sup>[1]</sup>. Diese Einschränkung gilt vor allem für statisch relevante Bauteile und deren Festigkeit und Brandverhalten. Besonders schwierig ist eine Wiederverwertung, wenn Rohstoffe bereits einmal als Abfall deklariert wurden, weswegen eine wichtiger Ansatz ist, den Materialkreislauf aus der Abfallwirtschaft auszulagern <sup>[2]</sup>.

Bei manchen Materialien steht einem Re- oder Upcycling auch schlicht die Materialchemie im Weg. So ist etwa der Aushärtungsprozess mancher mineralischer Baustoffe eine Sackgasse und gar nicht oder nur mit enormem Energieaufwand reversibel. Ähnliches gilt für Kunststoffe, deren chemische Wiederaufbereitung zwar weniger Energie bedarf, jedoch meist eine Qualitätseinbuße mit sich bringt. Außerdem ist die Giftigkeit mancher Baumaterialien eine große Herausforderung <sup>[3]</sup>.

Um ausgebaute Materialien effizient wiederverwerten zu können, braucht es geeignete Infrastruktur, Datenbanken und Logistik, optimalerweise unternehmensübergreifend. Das Konzept des Urban Mining sieht beispielsweise einen zentralen Ressourcenkataster vor, in welchem alle verbauten Materialien aller erfassten Gebäude katalogisiert sind <sup>[4]</sup>.

---

[1] vgl. Westermayer 2018, 25

[2] vgl. Mack 2022, 24

[3] vgl. Mack 2022, 26

[4] vgl. Flamme 2016

# 1.3 - Temporäre Speichermasse, Modularität und Zerlegbarkeit

## Speichermasse und Bauweise

Die Optionen an technischen Möglichkeiten, ein Haus zu bauen, sind nahezu endlos. Eine nützliche prinzipielle Einteilung von Bauweisen ist die in Leichtbau (oder Skelettbau) und Massivbau. Unter Leichtbau fallen so gut wie alle Stahlbauten (oder Aluminiumbauten), Bauten in Holzskelettbauweise, sowie Membrankonstruktionen. Massivbauten hingegen sind Bauwerke aus Beton, Ziegelmauerwerk, Lehmbauten, sowie Bauten im Massivholzbau. Zwischen all diesen Bauweisen gibt es zahlreiche grundlegende Unterschiede und konstruktive Konsequenzen und die meisten Gebäude sind Mischformen. In Anbetracht der Entwurfsherausforderung soll hier jedoch nur auf den wohl zentralsten Punkt eingegangen werden: Leichtbauten sind leicht und Massivbauten sind schwer, vereinfacht gesagt. Leicht und schwer beziehen sich hier auf den Anteil der (tragenden) Masse am Bauteil.

Wie in den nachfolgenden Referenzprojekten (Kapitel 1.4) ersichtlich, sind die meisten Tiny Houses, bei denen Ortsbeweglichkeit Teil des Konzeptes ist, in Skelettbauweise konstruiert, da sie ansonsten nur unter großem Aufwand und mit Spezialtransporten bewegt werden können. Der Ressourcenverbrauch ist geringer und die Dämmebene kann zwischen die tragenden Elemente gelegt werden, wodurch sich die Wandstärke reduziert und damit mehr Platz im Gebäude bei gleichbleibender Grundfläche bleibt. Einen grundlegenden bauphysikalischen Nachteil haben derart gewichtsoptimierte Gebäude jedoch: Durch die fehlende Masse können sie viel weniger Wärmeenergie speichern. In der Praxis bedeutet das, dass sich das Gebäude im Sommer viel schneller aufheizt und im Winter viel schneller auskühlt. Gerade bei kleinen Gebäuden wie Tiny Houses ist der Anteil der Gebäudehülle am Gesamtvolumen relativ groß, weswegen ihre Konstruktion einen umso größeren Effekt auf die Gesamtspeichermasse und damit die bauphysikalische Performance des Gebäudes hat.

Die meisten Tiny Houses nehmen diesen Kompromiss in Kauf, da die Beheizung und Kühlung des Innenraums in absoluten Zahlen aufgrund des geringen Luftvolumens trotzdem eines leistbaren Energieaufwandes bedarf. In Anbetracht steigender Energiepreise und mit Nachhaltigkeit als Ziel, soll der im nächsten Kapitel vorgestellte Entwurf einen alternativen Weg aufzeigen.

## Wasser als Speichermasse

Wasser sei der größte Feind beim Bauen, wird einem am Anfang des Architekturstudiums beigebracht. Abgesehen davon, dass sich in nahezu jedem Haus durchaus gewollte Wasserkreisläufe finden, gibt es jedoch auch kaum einen Stoff, der eine so hohe spezifische Wärmekapazität aufweist, wie Wasser, also so viel thermische Energie im Verhältnis zu seiner Masse speichern kann. Die Idee, Wasser als Speichermasse zu verwenden, ist nicht neu. In der Architektur findet sie meist Anwendung in Form von Warmwasserspeichern in Heizungssystemen. Diese reichen von kleinen Speichern mit wenigen Litern Fassungsvermögen bis hin zu Tanks mit mehreren Tonnen Fassungsvermögen, etwa für Wohnhausanlagen oder Kraftwerke. Bei kleineren Wasserspeichern liegt der Fokus nur auf

der schnellen Bereitstellung von Warmwasser, im Gegensatz zu Durchlauferhitzersystemen, die eine gewisse Zeit benötigen, bis warmes Wasser aus der Leitung fließt. Der Energiespeichergedanke rückt erst bei größeren Ausführungen in den Vordergrund. Besondere Vorteile bieten Speicher bei Gebäuden dann, wenn vor Ort selbst Energie produziert wird, beispielsweise mittels Solaranlagen. Hiermit wird die Problematik umgangen, dass die Zeit, in der Energie erzeugt wird, nicht zwangsläufig jene Zeit ist, in der sie auch benötigt wird. Moderne Steuerungsanlagen berechnen hierbei aktuelle Energiepreise, voraussichtliche Nutzung und selbst Wettervorhersagen mit ein. Im Falle von Solarthermie wird Energie nicht nur durch Wasser gespeichert, sondern auch mittels Wasser gewonnen, indem es direkt von der Sonne beschienen wird. Die größten Beispiele, die sich die exzellente Eignung von Wasser nicht nur als Wärmetransportmedium, sondern auch als Wärmespeicher zunutze machen, finden sich in Fernwärmespeichern. Diese sind meist direkt an großformatige Kraftwerke aller Art angeschlossen und versorgen bis zu mehrere tausend Haushalte mit Wärme.

Abb. 2 vergleicht die spezifische Wärmekapazität von Beton Holz und Wasser:



Abb. 2: Vergleich spezifischer Wärmekapazitäten

### Wasser als passives Speichermedium

Bei den im letzten Absatz beschriebenen Systemen handelt es sich durchgehend um solche, bei denen die Energiebereitstellung aktiv erfolgen muss, also Wasser vom Speicher dorthin gepumpt werden muss, wo es benötigt wird, es bedarf also immer Steuergeräten, Pumpen und den entsprechenden Kreisläufen. Es gibt jedoch auch Beispiele für noch einfachere Low-Tech-Ansätze. Beispielsweise ist es nicht unüblich, in Gewächshäusern geschlossene Wasserbehälter aufzustellen, die unter Tags Sonnenenergie aufnehmen und diese in der Nacht wieder abgeben, um so die Temperaturkurven im Tagesverlauf abzuflachen und für ein stabileres Klima und weniger Heiz- und Kühlaufwand sorgen. Lösungen wie diese machen vor allem in subtropischen Klimazonen Sinn, in denen es besonders im Winter zwar viel Sonnenschein, aber große Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht gibt. Vereinzelt gibt es auch Projekte und Firmen, die versuchen, dieses Konzept auf Wohngebäude zu übertragen, wie etwa die Sun-Lite Thermal Storage Tubes des amerikanischen Unternehmens Kalwall Corporation (siehe nächste Seite) oder das Projekt Water House von Matyas Gutai, welches im Kapitel 1.4 vorgestellt wird. In der Solararchitektur werden sonnenbeschienene Wände, die extra als Wärmespeicher errichtet werden, Trombe-Wände genannt.

Abb. 3 zeigt eine transparente Trombe-Wand aus Fiberglaszylindern des US-Amerikanischen Unternehmens Kalwall Corporation:



Abb. 3, Sun-Lite Heat Storage Tubes, Kalwall Corporation

Abb. 4 zeigt eine Trombe-Wand in einem Einfamilienhaus in New-Mexico, bestehend aus Wassergefüllten, schwarz lackierten Ölfässern:



Abb. 4, Interior Detail of 55-Gallon Water Filled Drums, U.S. National Archives and Records Administration

### Wasser + Upcycling = ?

Die Lösung dieser Gleichung liegt nahe: Getränkeflaschen aus PET (Polyethylenterephthalat). Kaum ein Objekt steht so sehr für Umweltverschmutzung und Konsumgesellschaft, wie Einwegplastikflaschen. Sie werden millionenfach produziert und finden zu einem großen Teil nicht mehr ihren Weg zurück in den Recycling-Kreislauf, sondern landen in der Umwelt, wo sie Jahrhunderte brauchen, um zu verrotten. Dabei zersetzen sie sich in umweltschädliches Mikroplastik und richten über Jahrtausende irreversiblen Schaden an. Global betrachtet liegt der Hauptgrund für das Problem der Umweltverschmutzung durch Plastikflaschen in schlechten oder nicht vorhandenen Abfallsammelsystemen, vor allem in Ländern des globalen Südens. <sup>[1]</sup> In Österreich stellt sich die Situation jedoch nicht nur aufgrund eines funktionierenden Müllsammelsystems gänzlich anders dar. Zwei Entwicklungen führen dazu, dass PET-Flaschen hierzulande einen wesentlich besseren ökologischen Fußabdruck aufweisen. Zum einen gilt ab 2025 österreichweit ein Pfand auf Einweg-PET-Flaschen. Dies sollte maßgeblich zur Recyclingquote beitragen. Zum anderen gibt es vom österreichischen Mineralwasserproduzenten und Getränkehersteller Vöslauer seit 2022 auch Mehrweg-PET-Flaschen, welche vor dem Recycling voraussichtlich im Schnitt 12 Mal wiederverwendet werden können.

Die Kombination der Eigenschaften Langlebigkeit, quasi unendliche und unentgeltliche Verfügbarkeit, Rezyklierbarkeit prädestinieren PET-Flaschen damit für die Idee des nachfolgenden Entwurfs: PET-Flaschen als dauerhaft verbaute, einfach zu entleerende Wasserbehälter für das Experiment temporäre Speichermasse.

[1] vgl. Europäische Kommission 2024

Vor allem in Ländern des globalen Südens gibt es Ansätze, PET-Flaschen als Baumaterial zu verwenden, meist gefüllt mit Erde oder Sand, als eine Art Mauerwerkstein, wie Abb. 5 zeigt:



Abb. 5: Arbeiter bauen eine Wand aus PET-Flaschen, Sand und Mörtel

### 1.3.5 Speichermasse und Mobilität

Zur Idee des nachfolgenden Entwurfs, durch die einfache Befüll- und Entleerbarkeit von Wasserflaschen ein Haus zu entwerfen, das sowohl mobil und zerlegbar ist, als auch über viel Speichermasse verfügt, konnten keine Referenzprojekte gefunden werden. Dies könnte auf ein zu kleines Anwendungsgebiet, fehlende Wirtschaftlichkeit, fehlende Skalierbarkeit oder fehlenden Ideenreichtum zurückzuführen sein. Für den Versuch einer Beantwortung dieser Frage sei auf das Kapitel 4 verwiesen.

## 1.4 - Referenzprojekte

Die nachfolgenden Referenzprojekte setzen einen oder mehrere der folgenden Aspekte in die gebaute Praxis um:

- tiny
- mobil
- zerlegbar
- upcycling/re-use
- Wasser als Energiespeicher
- DIY-friendly

### Wohnwagen Modell Fanni | Wohnwagen

Die niederösterreichische Firma Wohnwagen ist einer der Marktführer im Bereich Fertig-Tiny Houses im deutschsprachigen Raum. Die Einheiten, verfügbar in Größen ab 35m<sup>2</sup>, werden als eigenständige Wohneinheiten, Gartenhäuser oder Geschäftslokale genutzt. Hinter der markanten runden Form verbirgt sich ein Holz-Massivbau, weswegen der Transport nur mit LKW und Kran möglich ist. Beim Transport kann ein optionaler Erker eingefahren werden. Das Flachdach ist optional extensiv begrünt oder mit Solarpaneelen ausgestattet.

Abb. 6 zeigt, wie ein Exemplar des Modells Fanni der Firma Wohnwagen per Kran auf den Bauplatz gehoben wird:



Abb. 6: Wohnwagen Modell Fanni beim Transport

Abb. 7 zeigt den Grundriss des Modells Fanni der Firma Wohnwagen:

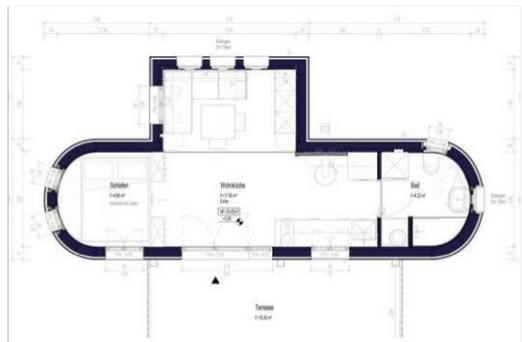


Abb. 7: Grundriss Wohnwagen Modell Fanni

- tiny
- mobil
- zerlegbar
- DIY-friendly
- upcycling/re-use
- Wasser als Energiespeicher

## Biokabin Modell Studio 3 | Biokabin

Die spanische Firma Biokabin produziert Wohnmodule in Größen ab 8,45m<sup>2</sup>, die beliebig zu einem größeren Gebäude aneinandergereiht werden können. Die Konstruktion basiert auf Vollholz und zimmermannsmäßigen Verbindungen und ist zerlegbar, jedoch nicht gedämmt oder luftdicht.

Abb. 8 zeigt ein Modul des Biokabin-Modells Studio 3 von innen fotografiert:



Abb. 8: Innenansicht Biokabin Modell Studio 3

Abb. 9 zeigt eine axonometrische Außenansicht des Biokabin-Modells Studio 3:

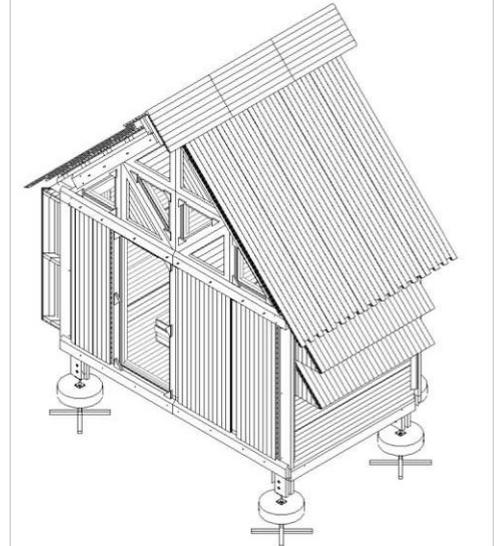


Abb. 9: Axo Biokabin Modell Studio 3

- tiny
- zerlegbar
- mobil
- DIY-friendly

- upcycling/re-use
- Wasser als Energiespeicher

## Tumbleweed | Tumbleweed Tiny Homes

Tumbleweed gilt als das Haus, mit dem Jay Schafer 1999 nicht nur eine gleichnamige Firma, sondern auch das moderne "Tiny House Movement" an sich begründete. Neu waren weder die Größe (8,92m<sup>2</sup> Nutzfläche), noch die Idee, auf Rädern zu wohnen, und erst recht nicht die Formensprache, jedoch die Kombination dieser drei Faktoren, was zu einem globalen Trend wurde, der bis heute anhält.

Abb. 10 zeigt das "erste Tiny House auf Rädern", Tumbleweed:



Abb. 10: Foto Tumbleweed Tiny House

- tiny
- zerlegbar
- mobil
- DIY-friendly

- upcycling/re-use
- Wasser als Energiespeicher

## EH-55 | Rolling Tiny Home

Die deutsche Firma Rolling Tiny Home ist ein Beispiel von vielen für pragmatische Tiny Houses von der Stange. Der Fokus liegt dabei nicht auf Originalität oder Nachhaltigkeit, sondern auf Kosteneffizienz, Platzoptimierung und der möglichst kompromisslosen Imitation eines nicht mobilen Hauses. Die Modelle starten bei 23,5m<sup>2</sup> Nutzfläche und basieren auf einem Stahlskelett, das auf einem Anhänger fest verbaut auch als "Rohbau" zum Eigenausbau angeboten wird.

Abb. 11 zeigt ein fertiges RTH-Modell EH-55:



Abb. 11: Foto RTH EH-55

Abb. 12 zeigt das Stahlskelett eines RTH EH-55 für den Eigenausbau:



Abb. 12: Foto RTH EH-55, Stahlskelett

- tiny
- zerlegbar

- mobil
- DIY-friendly

- upcycling/re-use
- Wasser als Energiespeicher

## Dome House Modell Cottage Small | Easy Domes

Die Dome Houses der Färöischen Firma Easy Domes werden seit 1989 produziert und sind in Größen ab 26,2m<sup>2</sup> erhältlich. Die hexagonalen und pentagonalen Module werden industriell vorgefertigt und innerhalb weniger Tage zu einem fertigen Haus zusammengebaut.

Abb. 13 zeigt ein fertig aufgebautes Dome House:



Abb. 13: Foto Easy Dome House Modell Cottage Small

Abb. 14 zeigt ein Dome House beim Zusammenbauen:



Abb. 14: Foto Easy Dome House beim Zusammenbauen

- tiny
- zerlegbar

- mobil
- DIY-friendly

- upcycling/re-use
- Wasser als Energiespeicher

## micro-compact home | Horden Cherry Lee Architects

Platz- und Gewichtsoptimierung sind die Maximen, unter denen Richard Horden mit Studierenden das micro-compact home (m-ch) entwickelte. Auf einer Grundfläche von 2,66m × 2,66m sind zwei Betten, ein Tisch, ein Kochbereich und eine Nasszelle mit WC untergebracht. Die Konstruktion, inspiriert vom Flugzeug- und Schiffsbau, ist ein Holzskelett mit Oberflächen aus Aluminium und Epoxidharz und Vakuumdämmung. Der Transport erfolgt im Ganzen und die Aufstellung mittels Kran. Das Gesamtgewicht beträgt 2,2t.

Abb. 15 zeigt, wie ein m-ch wird von einem Kran aufgestellt wird:

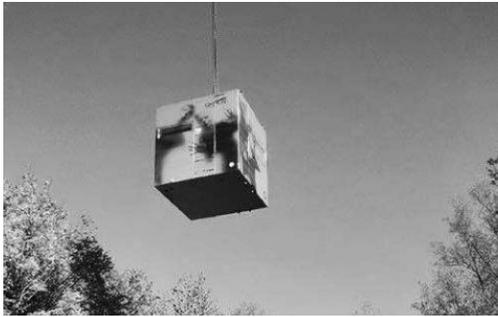


Abb. 15: m-ch beim Transport

Abb. 16 zeigt ein m-ch von innen:



Abb. 16: Innenansicht m-ch

- tiny
- zerlegbar

- mobil
- DIY-friendly

- upcycling/re-use
- Wasser als Energiespeicher

## vivihouse | vivihouse

Das vivihouse geht ebenfalls aus einem Studienprojekt hervor. Es handelt sich um ein zerlegbares, transportierbares, modulares Baukastensystem. Im Gegensatz zu den bisher gezeigten Projekten liegt hier der Fokus auf einem open-source-Zugang. Das Konstruktionsprinzip soll möglichst einfach nachbaubar sein. Besonderheiten sind zudem die Option, mehrgeschossig zu stapeln und die Verwendung nachhaltiger und wiederverwendeter Baumaterialien.

Abb. 17 zeigt den zweiten Prototyp des vivihouse:



Abb. 17: vivihouse Prototyp 2, Außenansicht

Abb. 18 zeigt eine Innenansicht des zweiten Prototypen des vivihouse beim Bau:



Abb. 18: Baustelle vivihouse Prototyp 2, Innenansicht

- tiny
- zerlegbar

- mobil
- DIY-friendly

- upcycling/re-use
- Wasser als Energiespeicher

## Water House | Matyas Gutai

Beim Versuchsgebäude Water House wird versucht, Wasser nicht nur als thermische Speichermasse zu verwenden, sondern auch seine exzellente thermische Leitfähigkeit als Wärmetransportmedium zu nutzen. Die Gebäudehülle besteht aus Modulen aus Stahl oder Glas mit einer durchgängigen Schicht aus Wasser zwischen innerer und äußerer Hülle, die die Wärme durch Sonneneinstrahlung möglichst gleichmäßig im Gebäude inklusive der Fundamente verteilt.

Abb. 19 zeigt den zweiten water house Prototypen von Außen:



Abb. 19: Water House 2.0, Außenansicht

Abb. 20 zeigt einen Schnitt durch die wasserführende Hülle des Water House:

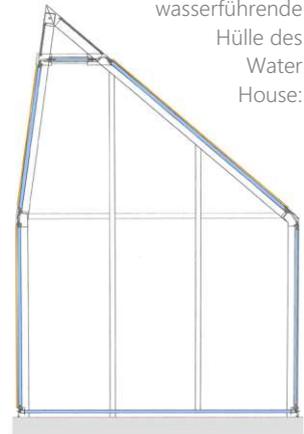


Abb. 20: Water House 2.0, Schnitt

- |  |                                       |  |
|--|---------------------------------------|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> tiny | <input type="checkbox"/> mobil        | <input type="checkbox"/> upcycling/re-use                      |
| <input type="checkbox"/> zerlegbar       | <input type="checkbox"/> DIY-friendly | <input checked="" type="checkbox"/> Wasser als Energiespeicher |

## Palettenhaus | Gregor Pils & Andreas Claus-Schnetzer

Das Palettenhaus begann ursprünglich als Studienprojekt und ist mittlerweile serienmäßig bei einem Fertighaushersteller erhältlich. In etwa 800 wiederverwendete Paletten bilden die Basis für Wände, Dach und Fassade.

Abb. 21 zeigt das serienmäßig produzierte Palettenhaus, ausgestellt bei einem Fertighausanbieter:



Abb. 21: Palettenhaus Außenansicht

- |   |  |  |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> tiny                 | <input checked="" type="checkbox"/> mobil        | <input checked="" type="checkbox"/> upcycling/re-use |
| <input checked="" type="checkbox"/> zerlegbar | <input checked="" type="checkbox"/> DIY-friendly | <input type="checkbox"/> Wasser als Energiespeicher  |

## Grundstoffestation | Superuse Studios

Die Grundstoffestation ist ein Recyclingzentrum am Afrikaandermarkt in Rotterdam. Sie ist großteils aus wiederverwendeten Materialien gebaut: Die Wände bestehen aus alten Wassertanks, deren Wasser auch zum Bewässern des öffentlich zugänglichen begrüntes Daches genutzt wird und sogar die Betonfundamentplatten sind wiederverwendet. Zudem ist das gesamte Gebäude einfach und rückstandsfrei zerlegbar.

Abb. 22 zeigt die Grundstoffestation am Afrikaandermarkt in Rotterdam:



Abb. 22: Außenansicht Grundstoffestation

tiny

zerlegbar

mobil

DIY-friendly

upcycling/re-use

Wasser als Energiespeicher



## Kapitel 2

# Vorentwurf

Das System, Konzepte und Phantasien

Beim Entwurf eines einzelnen Gebäudes steht meistens die Frage, wie das Gebäude aussehen soll, am Anfang. Danach geht es um die Frage, wie die entstandene Idee baulich umgesetzt werden soll, also um die Ausführungs- und Detailplanung. Da der Anspruch dieser Arbeit nicht primär der Bau eines einzelnen Gebäudes, sondern die Entwicklung eines Bausystems ist, erfolgt die Klärung der eben beschriebenen Fragen in umgekehrter Reihenfolge. Am Anfang steht die Herleitung und der Entwurf eines modularen Baukastensystems. In weiterer Folge werden mit diesem System drei verschiedene Vorentwürfe gebildet. Erst danach wird einer dieser Vorentwürfe für den Bau eines Prototypen den konkreten örtlichen Gegebenheiten und Anforderungen angepasst. Diese Ausformulierung des Entwurfs erfolgt in Kapitel 3.

## 2.0 Axiome, Ziele und Konsequenzen

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Anforderungen und Rahmenbedingungen für die Konzeption eines Bausystems erarbeitet, erläutert und graphisch hervorgehoben. Folgende Graphik (Abb. 23) bildet den Gedankenprozess ab, der aus diesen Axiomen Implikationen ableitet, sie kombiniert, daraus Schlüsse zieht und so die Grundlage für das folgende Kapitel bildet.

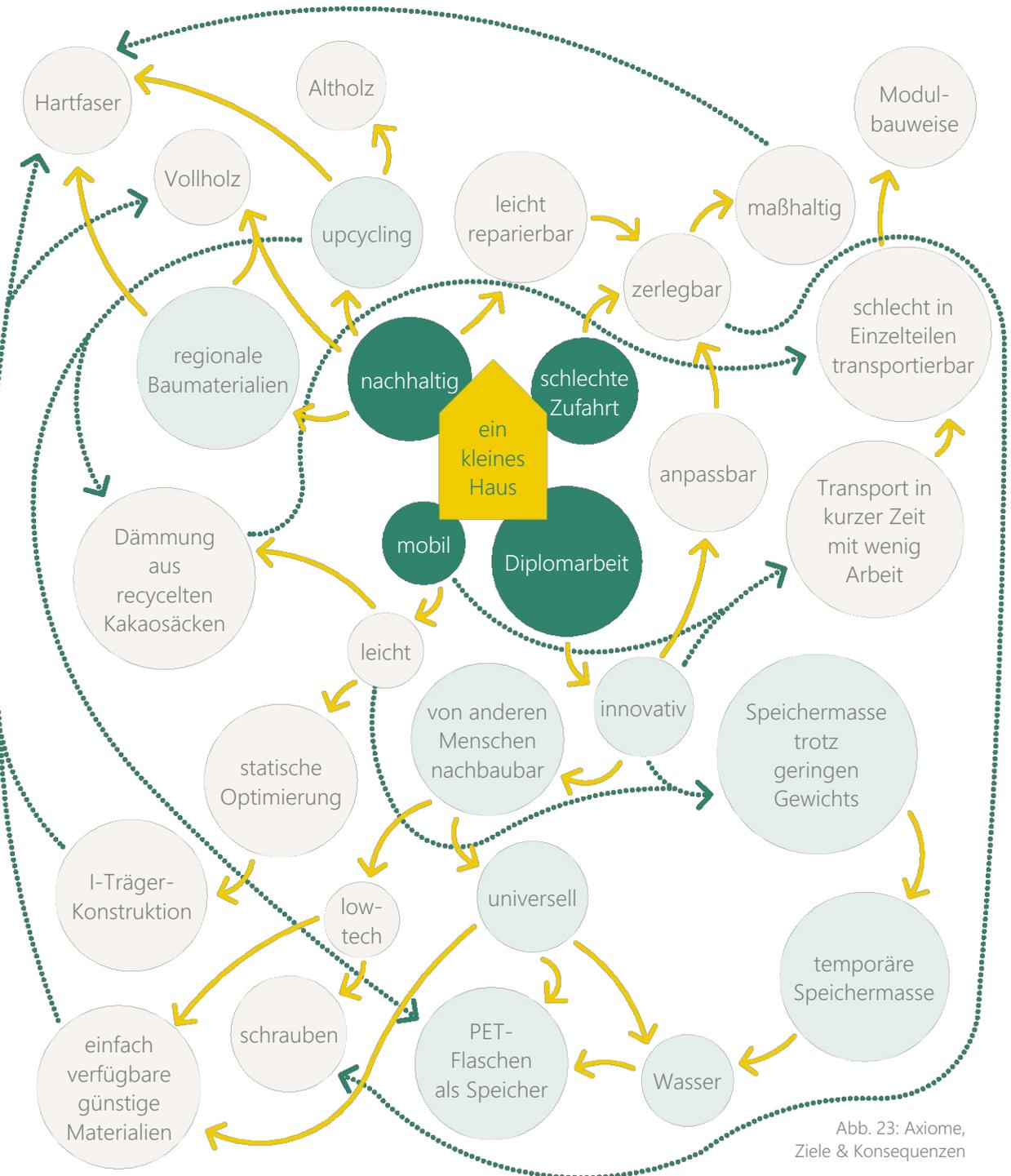


Abb. 23: Axiome, Ziele & Konsequenzen

## 2.1 Das Modulbausystem

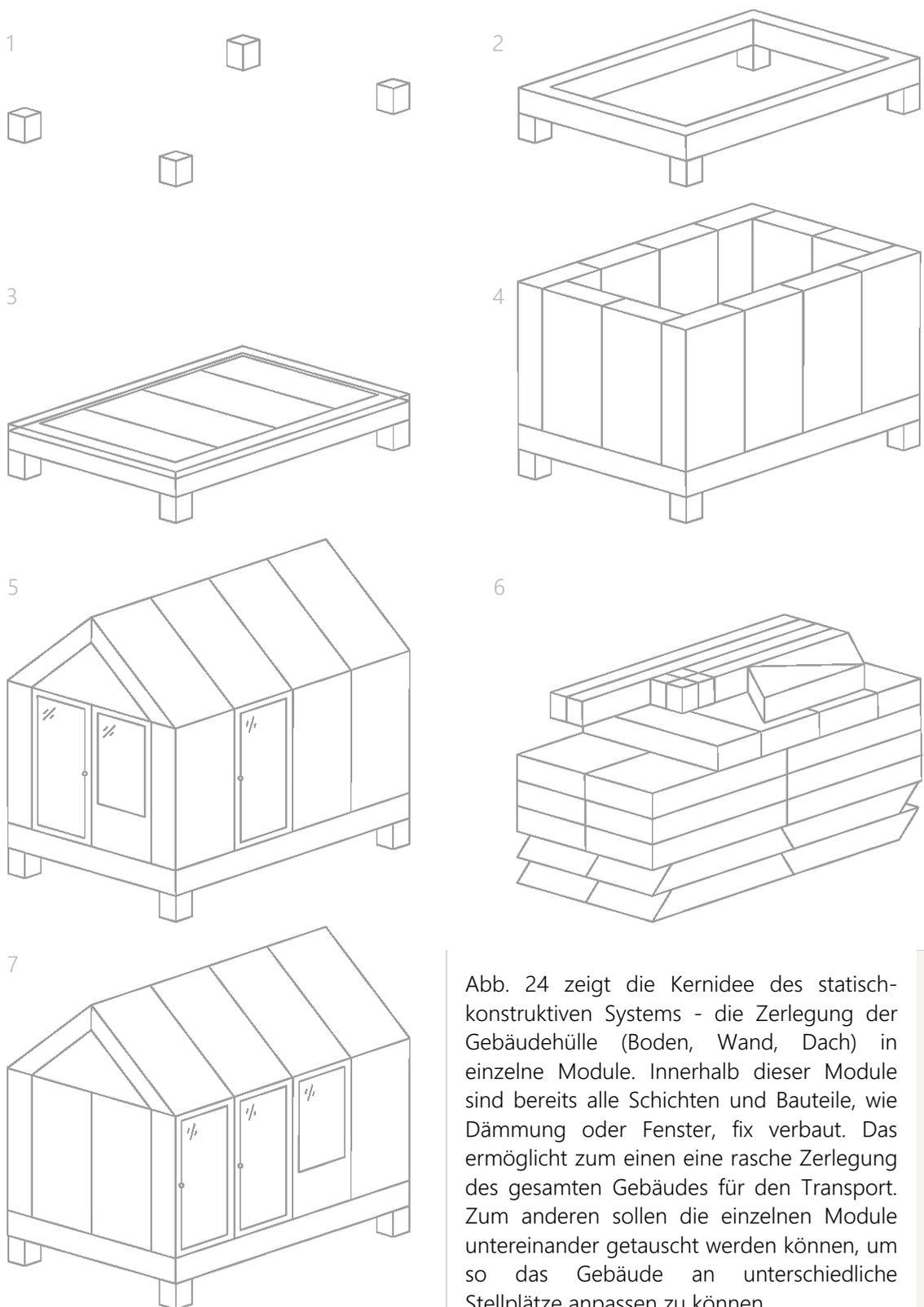


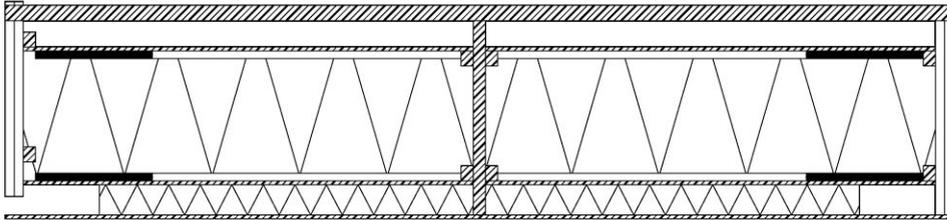
Abb. 24: Konzept Zerlegung und Transport

Abb. 24 zeigt die Kernidee des statisch-konstruktiven Systems - die Zerlegung der Gebäudehülle (Boden, Wand, Dach) in einzelne Module. Innerhalb dieser Module sind bereits alle Schichten und Bauteile, wie Dämmung oder Fenster, fix verbaut. Das ermöglicht zum einen eine rasche Zerlegung des gesamten Gebäudes für den Transport. Zum anderen sollen die einzelnen Module untereinander getauscht werden können, um so das Gebäude an unterschiedliche Stellplätze anpassen zu können.

## Entwicklungsgeschichte des Modulbausystems

Die Entwicklung des Systems erfolgte in mehreren Iterationen. Um den Fertigungsprozess möglichst effizient zu gestalten, wurde bei jeder Iteration versucht, Wand-, Dach- und Bodenmodule möglichst auf dem gleichen Konstruktionsprinzip zu basieren. Eine der wichtigsten Maximen bei der Entwicklung war die Gewichthoptimierung der einzelnen Module. Die Konzeption des Modulsystems erfolgte anfangs parallel zum Vorentwurf und später parallel zum Entwurf, weshalb Versionen 1 bis 5 von anderen Gesamtmodulmaßen ausgehen, als der Entwurf.

### Version 1



Dachmodul Version 1, Maßstab 1:10

Maße (Dachmodul):

Breite: 1,25m  
Länge: 3,80m

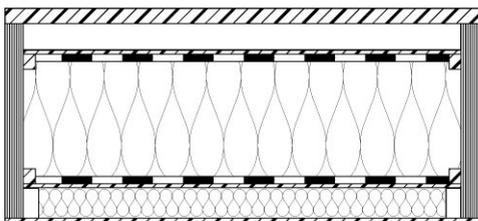
Problematik V1:

zu schwer  
zu überdimensioniert  
Werkstoffe existieren so nicht

Modulgewicht (Dachmodul):

Wangen LVL 24mm	21,89kg
Dachlattung Vollholz (15x100x1250mm)	08,10kg
Dämmung Wellkarton (125kg/m <sup>3</sup> )	33,00kg
Paneelauflager	02,70kg
Ortgang Vollholz (15x200x1250mm)	07,20kg
Hartfaserplatten 5mm	28,55kg
Mittelsteg Vollholz	06,84kg
<b>108,28kg pro Modul</b>	

### Version 2



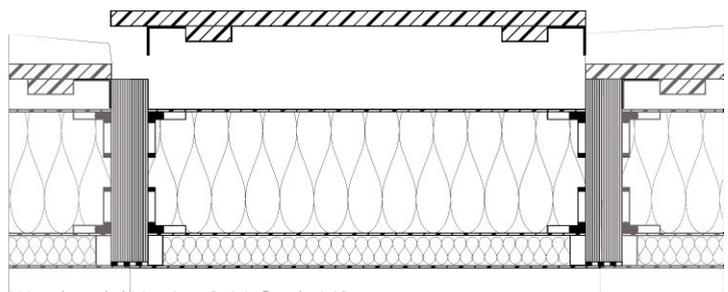
Dachmodul Version 2, Maßstab 1:10

Maße (Dachmodul):

Breite: 0,625m  
Länge: 3,80m

Problematik V2:

zu schwer  
zu überdimensioniert  
Werkstoffe existieren so nicht  
Verbindungen nicht stabil herstellbar

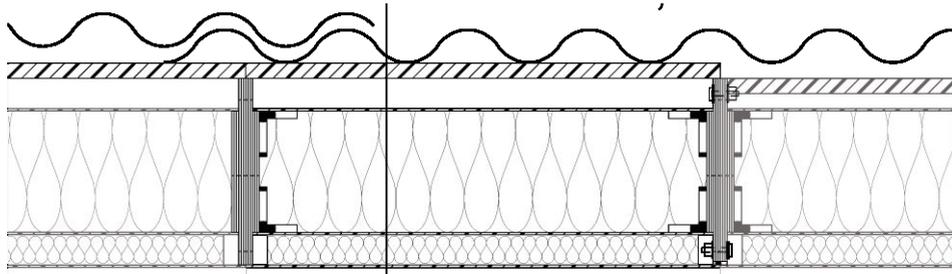


Wandmodul Version 2, Maßstab 1:10

Modulgewicht (Dachmodul):

Wangen LVL	21,89kg
Dachlattung Vollholz (15x100x625mm)	04,05kg
Dämmung Jute (32kg/m <sup>3</sup> )	04,22kg
Paneelauflager	01,35kg
Ortgang Vollholz (15x200x1250mm)	03,60kg
Hartfaserplatten 3mm	08,57kg
<b>43,68kg pro Modul</b>	

# Version 3



Maße:  
 Breite: 0,625m  
 Länge: 3,80m  
 Höhe: 0,27m

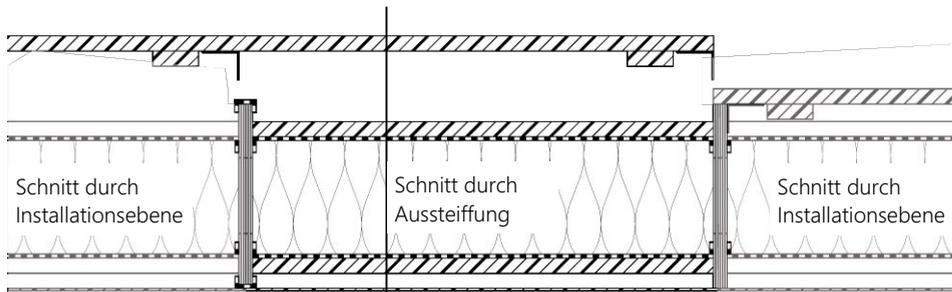
Dachmodul Version 3, Maßstab 1:10

**Aufbau:**

Bitumenwellplatte	04,00cm
Querlattung Vollholz	02,00cm
Hinterlüftung	04,00 - 02,00cm
Hartfaser/Dampfsperre	00,30cm
Dämmung Jute	16,00cm
Hartfaser/Dampfsperre	00,30cm
Dämmung Jute	04,00cm
Hartfaser	00,30cm

**Modulgewicht:**

Wangen LVL-X (9mm x4)	13,46kg
Dachlattung Vollholz (15x100x625mm)	04,05kg
Dämmung Jute (32kg/m³)	07,92kg
Paneelaufleger	01,35kg
Ortgang Vollholz (15x200x1250mm)	03,60kg
Hartfaserplatten 3mm	08,57kg
38,85kg pro Modul	



Wandmodul Version 3, Maßstab 1:10

**Aufbau:**

Fassade Vollholz	02,00cm
Hinterlüftung	04,00 - 02,00cm
Hartfaser/Dampfsperre	00,30cm
Dämmung Jute	16,00cm
Hartfaser/Dampfsperre	00,30cm
Installationsebene	04,00cm
Hartfaser	00,30cm

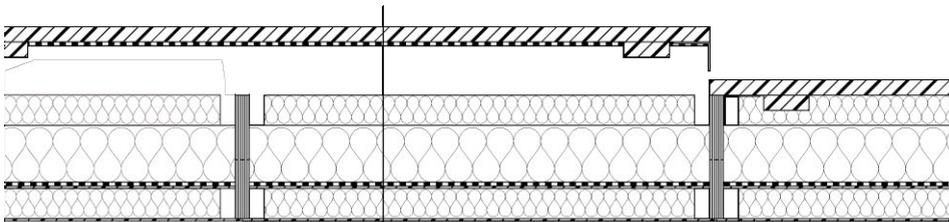
**Modulgewicht:**

Wangen LVL-X (2452x240x9mm)	05,15kg
Top+Bottom LVL-R (625x240x9mm)	01,31kg
Dämmung Jute (32kg/m³)	07,24kg
Aussteifung Vollholz (616x80x20mm)	03,26kg
Innenpanel HF 3mm	04,22kg
21,18kg pro Modul	

**Problematik V3:**

- kleiner Modulraster
- LVL-X: hier statisch nur zu 2/3 wirksam
- LVL-X: teuer und nicht regional
- LVL-X: hoher Leimanteil
- Verbindungen nicht stabil herstellbar

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.

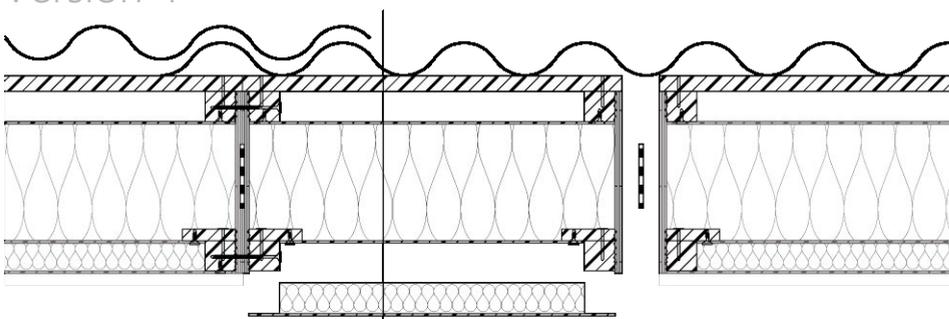


Bodenmodul Version 3, Maßstab 1:10

Querlattung Vollholz	02,00cm
Hinterlüftung	04,00 - 02,00cm
Hartfaser/Dampfsperre	00,30cm
Dämmung Jute	16,00cm
Hartfaser/Dampfsperre	00,30cm
Installationsebene	04,00cm
Hartfaser beschichtet	00,30cm

Modulgewicht:	
Rahmen LVL-X (9mm)	04,41kg
Dämmung Jute (32kg/m³)	07,49kg
Hartfaserplatte 3mm	08,44kg
20,34kg pro Modul	

## Version 4

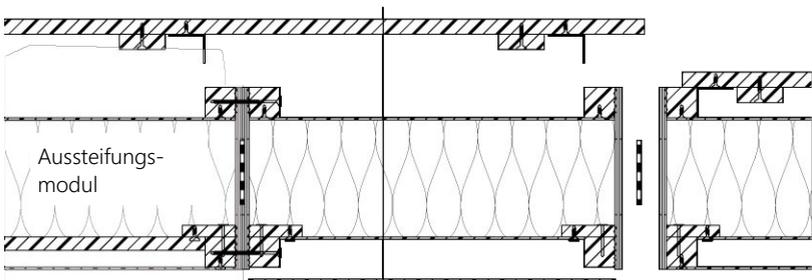


Dachmodul Version 4, Maßstab 1:10

Dachdeckung	04,00cm
Querlattung Vollholz	02,00cm
Hinterlüftung	04,00cm
Hartfaser	00,30cm
Dämmung Jute	15,40cm
Hartfaser+Dampfbremse	00,30cm
Dämmung Jute	03,70cm
Sperrholz/Hartfaser	00,90cm/00,30cm

Modulgewicht lange Seite:	
Rahmen LVL-X (9mm)	06,76kg
Balken Vollholz	12,63kg
Dachlattung Vollholz alle 25cm (15x80x500mm)	02,88kg
Dämmung Jute (32kg/m³)	06,40kg
Ortgang Vollholz (15x200mm)	03,60kg
Hartfaserplatten 3mm	08,56kg
40,83kg pro Modul (bei 1m Modulbreite ca. 63kg)	

Maße:  
 Breite: 0,5m  
 Länge: 2,50m  
 Höhe: 0,27m

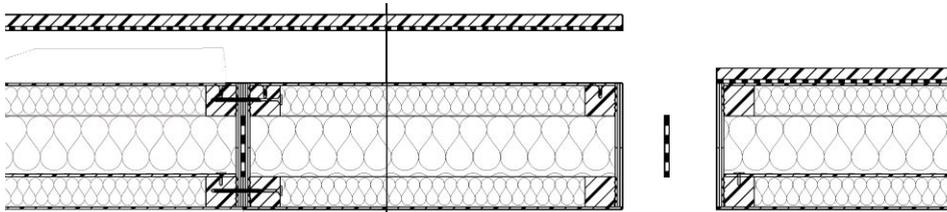


Dachmodul Version 4, Maßstab 1:10

Fassade Vollholz	02,00cm
Hinterlüftung	04,00cm
Hartfaser	00,30cm
Dämmung Jute	15,40cm
Hartfaser+Dampfbremse	00,30cm
Installationsebene	03,70cm
Sperrholz/Hartfaser	00,90cm/00,30cm

Modulgewicht:	
Wangen LVL-X (2452x240x9mm)	05,15kg
Top+Bottom LVL-R (625x240x9mm)	01,31kg
Dämmung Jute (32kg/m³)	07,24kg
Aussteifung Vollholz (616x80x20mm)	03,26kg
Innenpanel HF 3mm	04,22kg
21,18kg pro Modul	

Problematik V4:  
 kleiner Modulraster  
 LVL-X: hier statisch nur zu 2/3 wirksam  
 LVL-X: teuer und nicht regional  
 LVL-X: hoher Leimanteil  
 Verbindungen relativ komplex



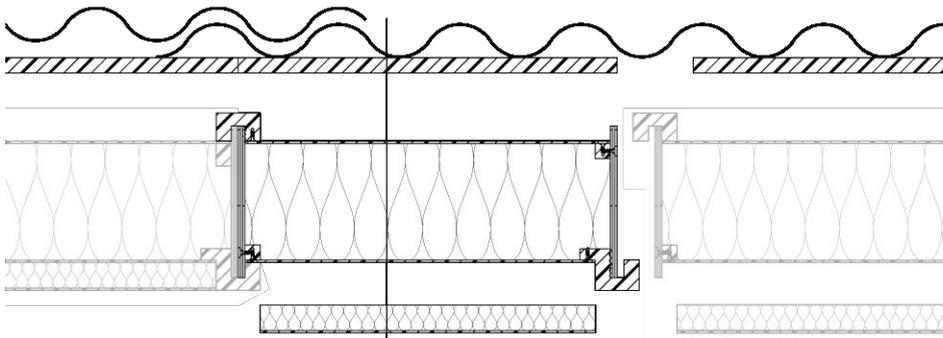
Bodenmodul Version 4, Maßstab 1:10

Dielen Vollholz (schwimmend)	02,00cm
Folie (wasserdicht)	00,01cm
Hartfaser+Dampfsperre	00,30cm
Dämmung Jute	04,00cm
Dämmung Jute +Lattenrost	08,00cm
Dämmung Jute	04,00cm
Hartfaser	00,30cm

Modulgewicht:	
Rahmen LVL-X (9mm)	04,41kg
Dämmung Jute (32kg/m <sup>3</sup> )	07,49kg
Hartfaserplatte 3mm	08,44kg
20,34kg pro Modul	

## Version 5 - Stecksystem

Problematik V5 & V6:  
 Verbindungen hochkomplex  
 Diffusionsdichtigkeit der Fugen nicht gewährleistet  
 nicht DIY-friendly



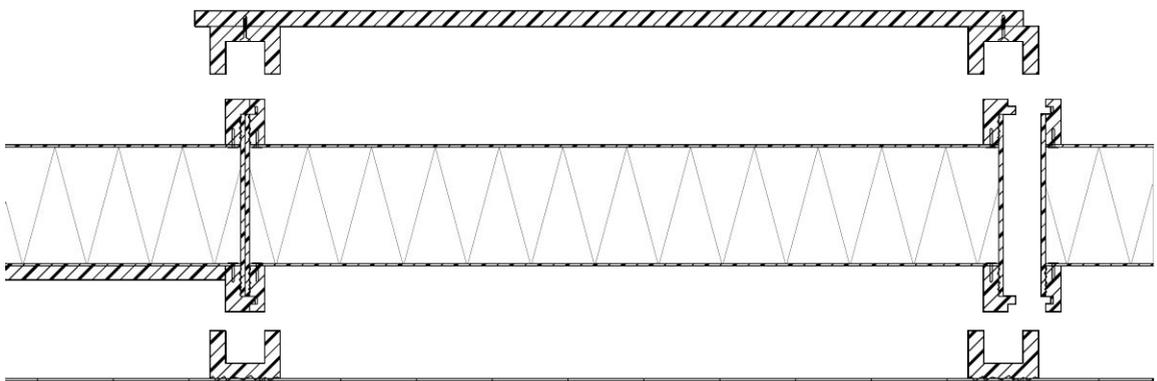
Dachmodul Version 5, Maßstab 1:10

Dachdeckung	04,00cm
Querlattung Vollholz	02,00cm
Hinterlüftung	04,00cm
Hartfaser	00,30cm
Dämmung Jute	15,40cm
Hartfaser+Dampfbremse	00,30cm
Dämmung Jute	03,70cm
Sperrholz/Hartfaser	00,90cm/00,30cm

Modulgewicht lange Seite:	
Rahmen LVL-X (9mm)	06,76kg
Balken Vollholz	12,63kg
Dachlattung Vollholz alle 25cm (15x80x500mm)	02,88kg
Dämmung Jute (32kg/m <sup>3</sup> )	06,40kg
Ortgang Vollholz (15x200mm)	03,60kg
Hartfaserplatten 3mm	08,56kg
40,83kg pro Modul (bei 1m Modulbreite ca. 63kg)	

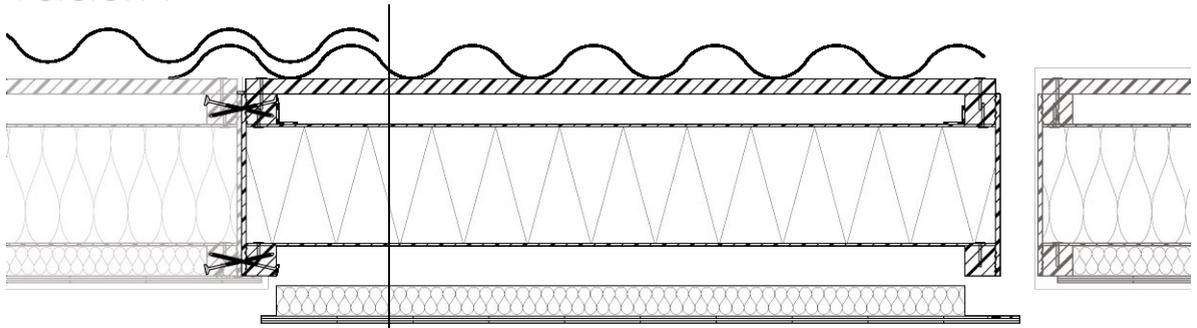
Maße:	
Breite:	0,5m
Länge:	2,50m
Höhe:	0,27m

## Version 6 - Stecksystem



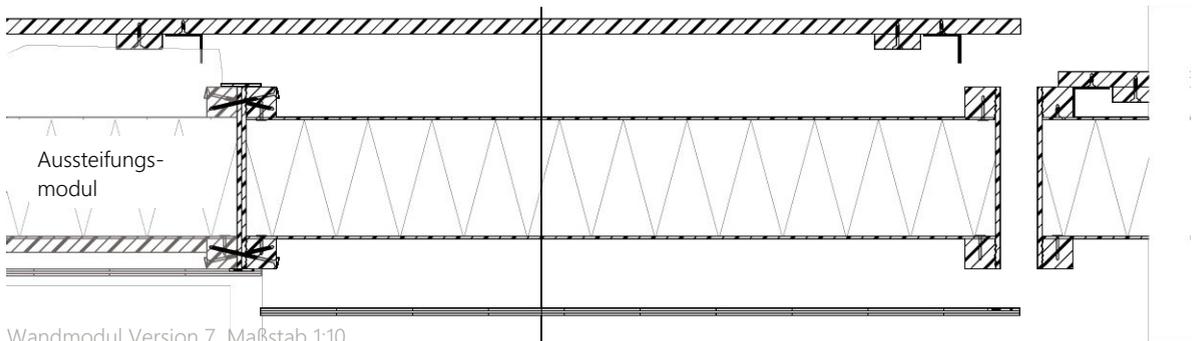
Wandmodul Version 6, Maßstab 1:10

# Version 7



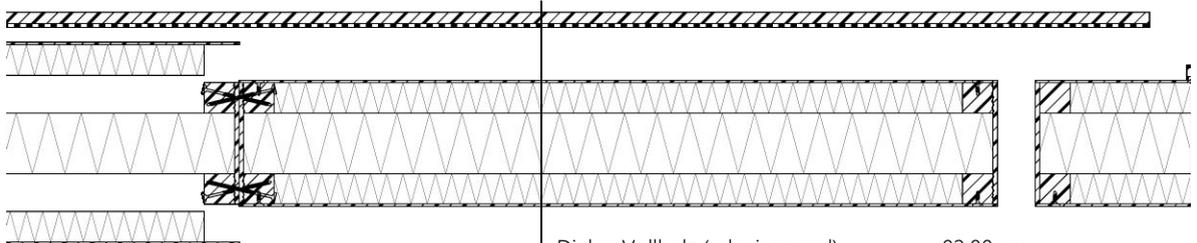
Dachmodul Version 7, Maßstab 1:10

Dachdeckung	04,00cm	Modulgewicht lange Seite:		Maße:
Querlattung Vollholz	02,00cm	Wangen Hartfaser (6mm)	19,20kg	Breite: 1,0m
Hinterlüftung	04,00cm	Balken Vollholz	15,97kg	Länge: 2,50m
Hartfaser	00,30cm	Dachlattung Vollholz alle 25cm (15x80x1000mm)	04,80kg	Höhe: 0,27m
Dämmung PET	15,40cm	Dämmung PET (48kg/m³)	09,07kg	
Hartfaser+Dampfbremse	00,30cm	Hartfaserplatten 3mm	13,05kg	
Dämmung Jute	03,70cm	62,54kg pro Modul		
Sperrholz/Hartfaser	00,90cm/00,30cm			



Wandmodul Version 7, Maßstab 1:10

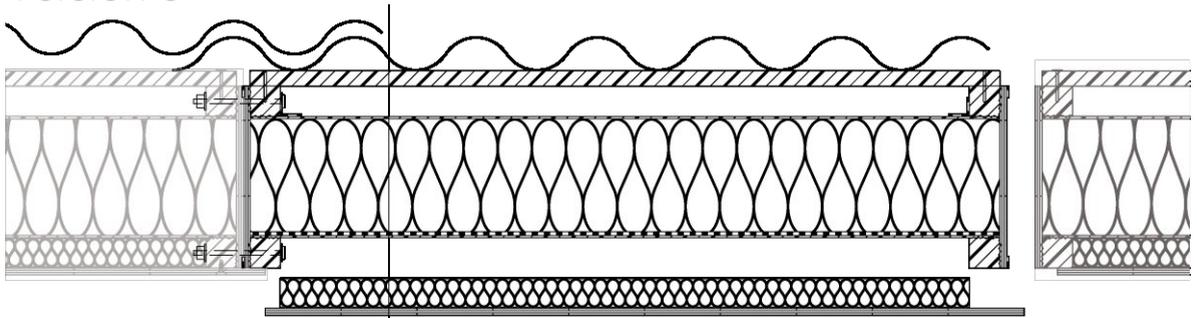
Problematik V7: zu schwer		Fassade Vollholz	02,00cm
PET: schlecht als Zwischensparrendämmung geeignet		Hinterlüftung	04,00cm
Sperrholz: nicht regional, hoher Leimanteil		Hartfaser	00,30cm
		Dämmung PET	15,40cm
		Hartfaser+Dampfbremse	00,30cm
		Installationsebene	03,70cm
		Sperrholz/Hartfaser	00,90cm/00,30cm



Bodenmodul Version 7, Maßstab 1:10

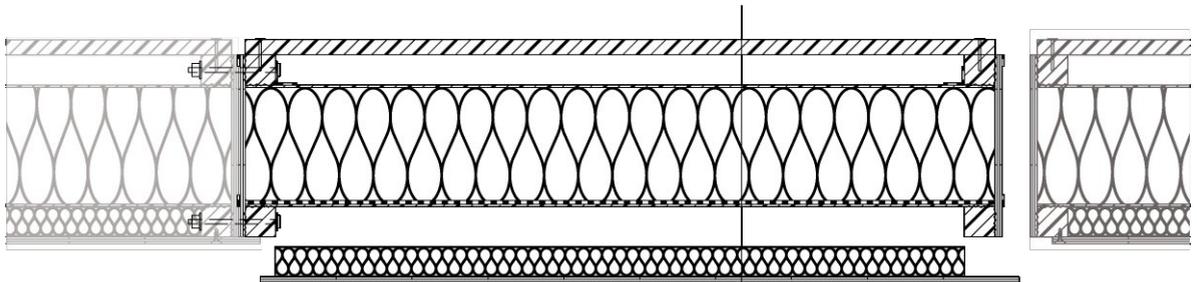
Dielen Vollholz (schwimmend)	02,00cm
Folie (wasserdicht)	00,01cm
Hartfaser+Dampfsperre	00,30cm
Dämmung Jute	04,00cm
Dämmung Jute +Lattenrost	08,00cm
Dämmung Jute	04,00cm
Hartfaser	00,30cm

# Version 8



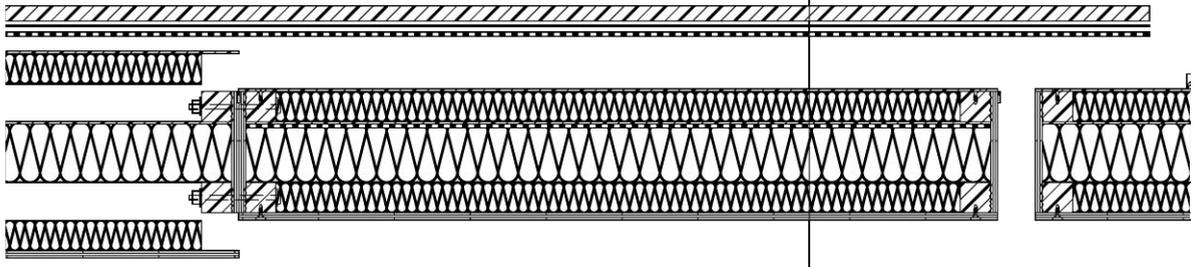
Dachmodul Version 8, Maßstab 1:10

Dachdeckung	04,00cm	Maße:		Modulgewicht:	
Querlattung Vollholz	02,00cm	Breite:	1,00m	Brettsper Holz (9mm)	09,89kg
Hinterlüftung	04,00cm	Länge:	2,50m	Balken Vollholz	12,26kg
Hartfaser	00,30cm	Höhe:	0,27m	Dachlattung Vollholz alle 40cm (20x80x1000mm)	05,38kg
Dämmung Jute	15,40cm			Dämmung Jute (32kg/m³)	08,57kg
Hartfaser+Dampfbremse	00,30cm			Hartfaserplatten 3mm	10,50kg
Dämmung Jute	03,70cm			46,60kg pro Modul	
Sperrholz	00,90cm				



Wandmodul Version 8, Maßstab 1:10

Fassade Vollholz	02,00cm	Dielen Vollholz (schwimmend)	02,00cm
Fassadenabhängung Vollholz	02,00cm	Vibrationsschutz Korkgranulat	00,20cm
Hinterlüftung	04,00cm	Folie PE überlappend	00,00cm
Hartfaser	00,30cm	Hartfaser	00,30cm
Dämmung Jute	15,40cm	Dämmung Jute	04,00cm
Hartfaser+Dampfbremse	00,30cm	Hartfaser+Dampfsperre	00,30cm
Dämmung Jute	03,70cm	Dämmung Jute +Lattenrost	07,70cm
Sperrholz	00,90cm	Dämmung Jute	04,00cm
		Sperrholz	00,90cm

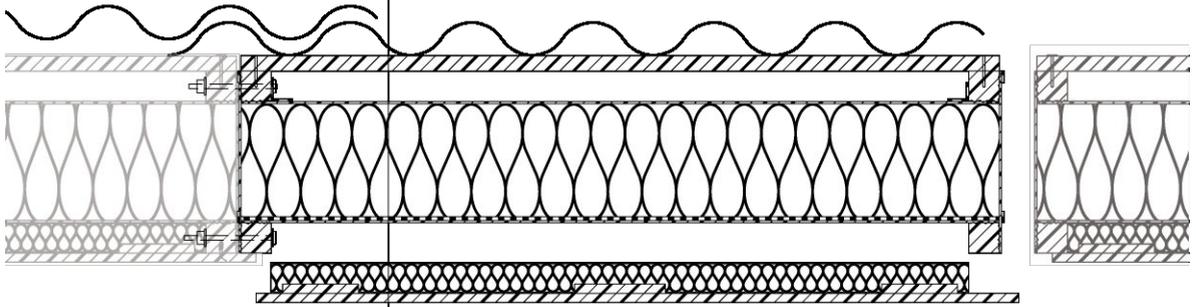


Bodenmodul Version 8, Maßstab 1:10

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.



# Version 9 - gewählte Bauweise



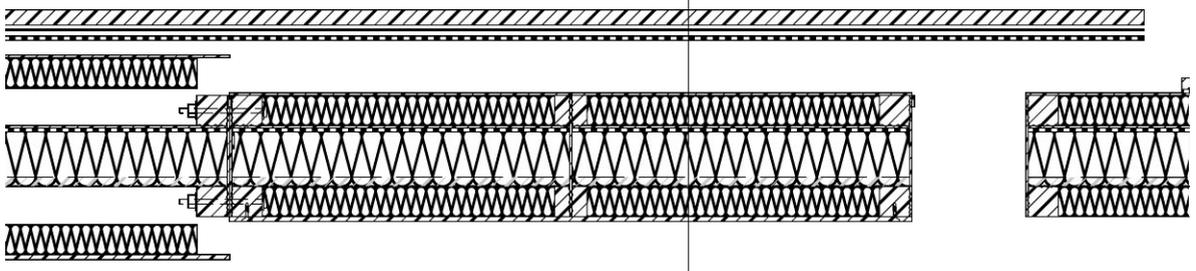
Dachmodul Version 9, Maßstab 1:10

Dachdeckung	04,00cm	Maße:		Modulgewicht:	
Querlattung Vollholz	02,00cm	Breite:	1,00m	Kantholz Vollholz	08,65kg
Hinterlüftung	04,00cm	Länge:	2,50m	Fassadenhalterung	02,76kg
Hartfaser	00,30cm	Höhe:	0,28m	Dachlattung Vollholz alle 40cm (20x80x1000mm)	05,38kg
Dämmung Jute	15,40cm			Dämmung Jute (32kg/m³)	08,57kg
Hartfaser+Dampfbremse	00,30cm			Hartfaserplatten 3mm	20,46kg
Dämmung Jute	04,00cm			45,82kg pro Modul	
Bretterschalung Fichte	02,00cm				



Wandmodul Version 9, Maßstab 1:10

Fassade Thermofichte	02,00cm			Dielen Vollholz (schwimmend)	02,00cm
Fassadenaufhängung Vollholz	02,70cm			Vibrationsschutz Korkgranulat	00,20cm
Hinterlüftung	04,00cm			Folie PE überlappend	00,00cm
Hartfaser	00,30cm			Hartfaser	00,30cm
Dämmung Jute	15,40cm			Dämmung Jute	04,00cm
Hartfaser+Dampfbremse	00,30cm			Hartfaser+Dampfsperre	00,30cm
Dämmung Jute	04,00cm			Dämmung Jute + Lattenrost	07,70cm
Bretterschalung Fichte	02,00cm			Dämmung Jute	04,00cm
				Hartfaser	00,60cm



Bodenmodul Version 9, Maßstab 1:10

## 2.2 Materialien und Bauteile

Nachfolgend werden die Überlegungen und Begründungen erläutert, wieso für welches Bauteil welche Konstruktion und welches Material gewählt wurde.

Folgende sind die Anforderungen an alle verwendeten Materialien:

- Sie erleichtern die Zerlegbarkeit des Gebäudes.
- Sie haben ein möglichst geringes Gewicht.
- Sie sind robust genug, um Auf und Abbau unbeschadet zu überstehen.
- Sie sind möglichst nachhaltig im Sinne einer Kreislaufwirtschaft. Das bedeutet im Detail:
  - Sie sind möglichst langlebig.
  - Sie sind idealerweise upcyclet, recyclet oder nachwachsend.
  - Sie sind möglichst recyclebar oder wiederverwendbar.
  - Sie kommen aus möglichst regionalen Quellen.
- Sie sind möglichst günstig.

## Rahmen

Die statisch wirksamen Rahmen der einzelnen Module müssen neben den allgemeinen Anforderungen vor allem besonders formstabil sein, um Dichtigkeit und Passgenauigkeit zu gewährleisten. Erste Prototypen bestanden aus Sperrholz oder Furnierschichtholz, welches allerdings einige Probleme aufweist. So ist bei kreuzverleimten Ausführungen nur jede zweite Lage statisch wirksam und parallelverleimte Ausführungen wären in den benötigten Dimensionen eine kostenintensive Spezialanfertigung und anfälliger für Verformungen.. Hinzu kommen der relativ hohe Leimanteil und der Umstand, dass es sich um keine regional produzierten Werkstoffe handelt.

Ausschließlich Vollholz zu verwenden, schied als Alternative ebenfalls aus, da seine anisotropen Eigenschaften es für die nötige Präzision und Dichtigkeit ungeeignet erscheinen ließen und Kanthölzer in der nötigen Dimension entweder relativ schwer wären oder komplexe Querschnitte aufwändig gefräst werden müssten. Der materialtechnische Schlüssel der Konstruktion liegt stattdessen in der Kombination mit Hartfaserplatten. Diese sind isotrop und dadurch formstabiler, werden aus Abfällen der Holzindustrie hergestellt, enthalten kaum Leim, sind enorm günstig und werden in der Produktion des Weltmarktführers Fundermax noch dazu regional hergestellt. Der einzige Nachteil der verhältnismäßig hohen Dichte von 900-1150 kg/m<sup>3</sup> wird durch die exzellenten statischen Eigenschaften kompensiert, welche nun folgende Konstruktion zulassen:

Der Rahmen der Module besteht aus 3mm (vereinzelt 8mm) Hartfaserplatten. Um diese miteinander und die Module untereinander verbinden zu können, liegen in den Ecken der Stöße 40x40mm Kanthölzer. Dadurch ergibt sich aus zwei zusammengesetzten Modulen ein I-Träger mit einem 6mm dicken Steg aus Hartfaserplatten und einem 86mm breiten und 40mm dicken Flansch aus Vollholz.



Abb. 25: Hartfaser

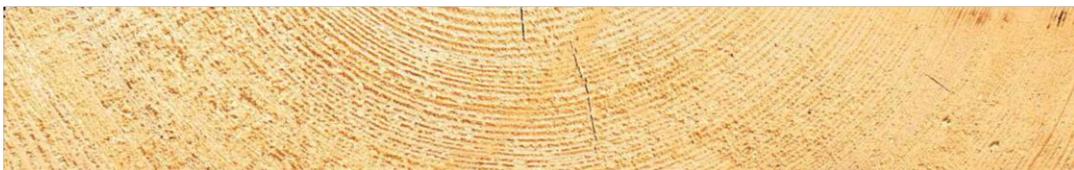


Abb. 26: Vollholz

## Verbindungsmittel

Die Herausforderung bei der Wahl der Verbindungsmittel liegt im Brückenschlag zwischen Zerlegbarkeit und Dichtigkeit. Während zimmermannsmäßige Verbindungen auf den ersten Blick elegant und einfach wirken, benötigen sie enormes Know-How in der Herstellung und entweder komplexe Maschinen oder einen gewaltigen Zeitaufwand. Deshalb fiel die Wahl für Verbindungen innerhalb der Module auf herkömmliche 4,5mm Teilgewinde-Senkkopfschrauben mit TX-Antrieb. Zusätzlich wurden beim Bau Fugen, die nicht wieder gelöst werden müssen, mit PU-Kleber verklebt, um Dichtigkeit zu gewährleisten. Die Verbindung der Module untereinander war ursprünglich mit M10 Feingewindebolzen vorgesehen, dies stellte sich in der Praxis aber als zu langsam, undicht und teuer heraus, weswegen auch hier auf die vorhin erwähnten Senkkopfschrauben zurückgegriffen wurde. Gewindebolzen hätten vor Allem bei sehr häufigem Zerlegen und Wiederaufbauen des Hauses Vorteile, da sie präzises Ausrichten ermöglichen und die Schraublöcher sich nicht abnutzen.



Abb. 27: Senkkopf-Holzschrauben



Abb. 28: Gewindebolzen

## Dämmung

Die Dämmung nimmt volumenmäßig den größten Anteil an Baumasse ein, weswegen hier Gewicht und Nachhaltigkeit eine besonders große Rolle spielen. Als eine der ersten Optionen wurden recycelte Wellpappe oder andere Rohstoffe auf Altpapierbasis in Betracht gezogen, da sie weltweit in rauen Mengen verfügbar und günstig sind, gut dämmen und schadstofffrei recycelt werden können. Ausschlussgrund war jedoch das verhältnismäßig hohe Gewicht von  $125 \text{ kg/m}^3$ . Als zweite Option wurden Dämmplatten aus recyceltem PET in Betracht gezogen. Diese weisen quasi in allen Aspekten die gleichen Eigenschaften wie herkömmliches XPS auf, sind also unter anderem sehr leicht. Da jedoch die Dämmung in den Modulen wie eine Zwischensparrendämmung funktioniert, muss sie weich sein, um die Lücken vollvolumig auszufüllen. Des Weiteren ist der Bedarf der PET-Flaschenindustrie an recyceltem PET so hoch, dass es wenig sinnvoll erscheint, hier den Rohstoff aus dem Materialkreislauf abzuzweigen.

Die Wahl fiel daher auf ein anderes Recyclingprodukt: Jute, welche aus recycelten Kakaosäcken vom Unternehmen Häuser in Wolle in Österreich zu Dämmmatten verarbeitet wird. Diese sind formbar, leichtgewichtig ( $35 \text{ kg/m}^3$ ) und weisen mit einer Wärmeleitfähigkeit von  $0,037 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$  eine sehr gute Dämmeigenschaft auf.



Abb. 29: Jutedämmung aus recycelten Kakaosäcken

## Dachdeckung

Auch bei der Dachdeckung ist die Zerlegbarkeit ausschlaggebend. Während es hier viele Materialoptionen aus naturnahen Rohstoffquellen gibt, sind diese entweder sehr schwer (z.B. Ziegel, Naturstein) oder nicht zerlegbar (z.B. Reetdächer). Gewählt wurde daher eine Dachdeckung aus Bitumen-Wellpappe. Dies ist zwar ein erdölbasierter Rohstoff, jedoch auch aufgrund seiner Langlebigkeit (im Schnitt 35 Jahre laut OI3 des IBO <sup>[1]</sup>) und geringen Masse im Vergleich mit z.B. Metalldächern insgesamt relativ wenig umweltbelastend. Einzig Holzschindeln, etwa aus heimischer Lärche, wären eine gangbare Alternative, sind jedoch sehr teuer und das Verlegen wesentlich arbeitsintensiver.



Abb. 30: Dachdeckung aus Bitumen-Wellplatten

[1] IBO 2018, 17

## Fassade

Für die Fassade bietet sich klar Vollholz als beste Option an. Während heimisches Lärchenholz (mit Ausnahme von teuren und wesentlich schwereren Harthölzern wie Robinie) als technisch beste nachhaltige Option gilt, führten die hohe Nachfrage und die geopolitische Situation zum Zeitpunkt des Baus zu Lieferengpässen und hohen Preisen. Gewählt wurde daher Thermofichte, also Fichtenbretter, die durch Erhitzen ohne Zugabe von Chemikalien witterungsbeständig und als positiver Nebeneffekt wesentlich leichter werden.

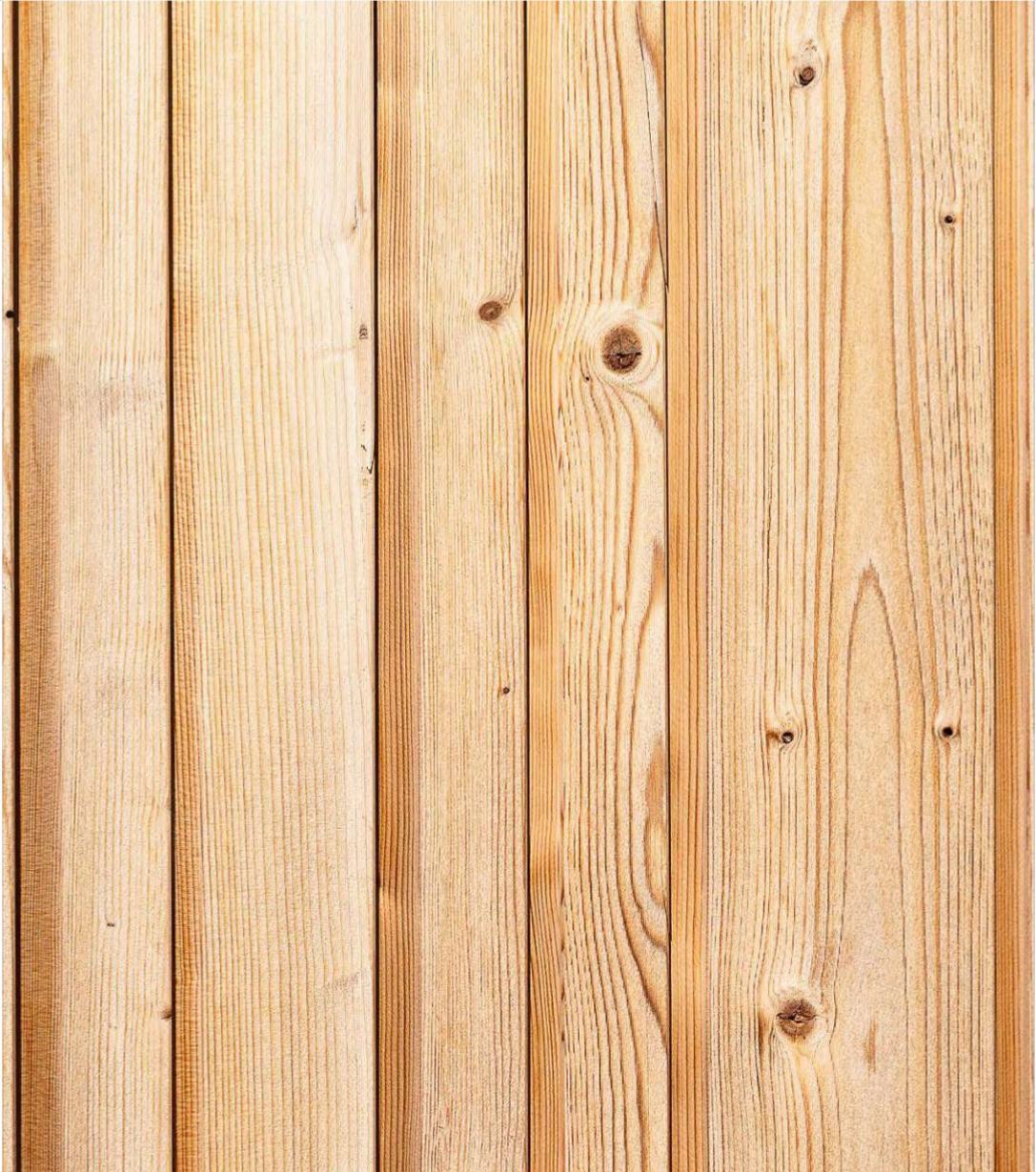


Abb. 31: Fassadenbretter aus Thermofichte

## Dampfbremsen und Dichtungen

Um Kondensation und Schimmelbildung zu vermeiden, muss in den Modulen ein gewisses Dampfdiffusionsgefälle herrschen. Dieses wäre beispielsweise durch eine doppelt so dicke innenliegende Hartfaserplatte erreichbar (6mm oder 8mm, statt 3mm), was jedoch zu einem höheren Modulgewicht führen würde, weswegen die innenliegenden Hartfaserplatten im Modulinneren mit einer papierbasierten Dampfbremse beklebt und an den Flanken mit Klebedichtband abgedichtet werden.

Auch in den Fugen zwischen den Modulen muss Kondensation vermieden werden. Zusätzlich sollten sie von außen spritzwasserfest ausgeführt sein. Eventuell würde eine zimmermannsmäßige Verbindung diesen Ansprüchen gerecht, im Unterkapitel Rahmen wird jedoch auf die Gründe, die gegen eine solche Ausführung sprechen, eingegangen. Eine relativ sichere und einfache Option wäre das stirnseitige Abkleben der Fugen nach erfolgtem Zusammenbau. Entsprechende Dichtbänder haben allerdings eine enorme Haftkraft, welche das Entfernen beim Transport extrem aufwändig gestalten würde, ganz abgesehen von der beträchtlichen Menge an nicht recyclebarem Müll, der bei jedem Transport anfiel. Die Wahl fiel daher auf einseitig klebende, vorkomprimierte Dichtbänder. Diese erfüllen theoretisch alle Anforderungen des Systems, wobei sich die tatsächliche Langlebigkeit, besonders nach mehrmaligem Auf- und Abbau des Prototypen, erst zeigen wird.

Folgendes Glaserdiagramm zeigt den Dampfdiffusionsverlauf durch ein Dachmodul im Dezember:

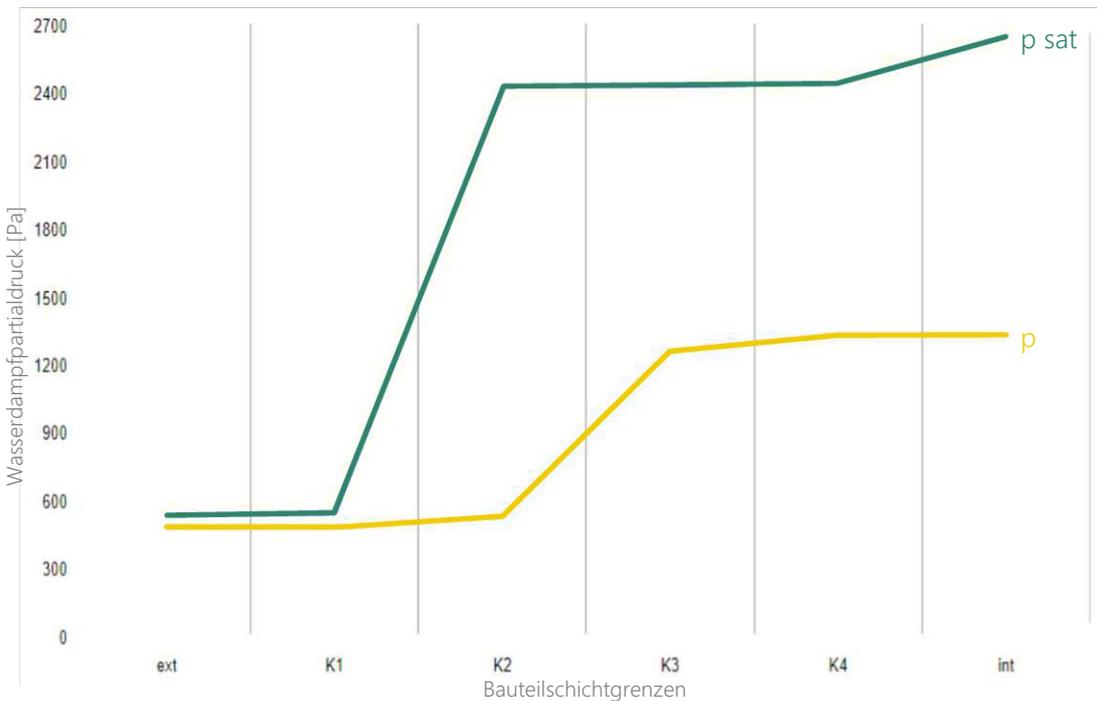


Abb. 32: Glaserdiagramm Dachmodul

## Innenverkleidung und Boden

Für die Innenverkleidung und den Boden bieten sich zwei Materialien an: Hartfaserplatten oder Vollholztafeln, beispielsweise aus zusammengesetzten Bohlen. Aus optischen Gründen wurde für das gebaute Projekt zweiteres gewählt, wobei teilweise recycletes und wiederaufbereitetes Altholz zum Einsatz kam. Als Dröhnschutz werden unter dem schwimmend verlegten Boden 2mm Korkmatten in Bahnen ausgerollt.



Abb. 33: Innenverkleidung aus Fichtenvollholz

## Fenster und Türen

Nach Gewicht und Preis wären Kunststofffenster wohl die beste Option. Im Sinne der Nachhaltigkeit fällt die Wahl jedoch auf Holzfenster aus heimischer Lärche. Im Gegensatz zum mittlerweile etablierten Standard der Dreifachverglasung kommen aus Gewichtsgründen nur Zweifachverglasungen zum Einsatz.



Abb. 34: Holzfenster aus heimischer Lärche

## Fundamente

Der Bodenrahmen ruht auf sechs höhenverstellbaren Schraubfüßen aus Stahl, um ihn sowohl beim Zusammenbauen, als auch nachträglich aufgrund von Setzungen ausrichten zu können. Die Entscheidung, worauf diese Schraubfüße stehen, hängt stark vom Standort ab. Um eine möglichst rückstandsfreie Übersiedlung des Hauses zu ermöglichen, gibt es vier Ansätze. Erstens kann bei einem kurzfristigen Verweilen des Hauses auf tragfähigem Boden, wie zum Beispiel asphaltierten Flächen, das Haus ohne Fundamente auf Holzklötze oder Steinplatten gestellt werden. Zweitens können bei nicht versiegelten Standorten Schraubfundamente zum Einsatz kommen, deren Einbringung allerdings Spezialfirmen und -geräte benötigt und damit teurer als andere Optionen ist. Besonders steinige Böden stellen für sie ebenfalls eine Herausforderung dar. Billiger und einfacher, aber weniger nachhaltig sind sechs betonierte Punktfundamente. Die vierte und für die Umsetzung gewählte Option ist das Eingraben von Robinienpfählen. Diese sind auch unbehandelt und bei direkter Erdberührung auf Jahrzehnte verrottungsresistent und erlauben ein optimales Ausrichten des Rahmens beim Zusammenbauen des Hauses. Bei Übersiedlung des Hauses sind sie zwar schwierig wiederzuverwenden, können aber auf Bodenhöhe abgeschnitten werden und verrotten langfristig rückstandsfrei.

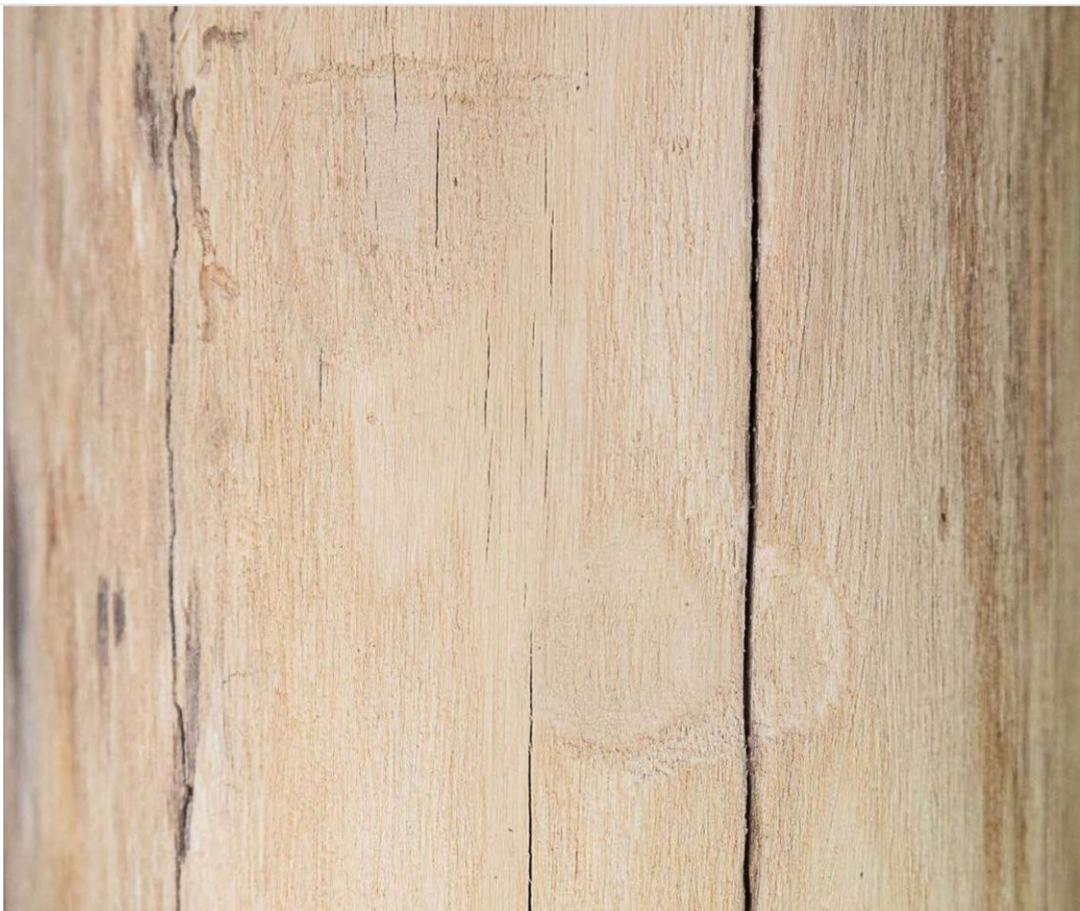


Abb. 35: Fundamente aus unbehandelten Robinienpfählen

## Heizung

Bei aktiver Beheizung des Wärmespeichers wären quasi alle gängigen Heizsysteme, die Wasser als Transportmedium verwenden, denkbar, sofern eine präzise Regulierung der Vorlauftemperatur möglich ist. Wird der Speicher jedoch nicht aktiv beheizt, so kommen nur jene Systeme in Frage, bei denen die Luft direkt erhitzt wird, da die Installation eines traditionellen extra Heizkreislaufs inklusive Radiatoren ob der Gebäudegröße und Zerlegbarkeit nicht angemessen scheint. Dies schränkt die Auswahl auf Heizöfen, Elektroheizungen und Luft-Luft-Wärmepumpen ein. Gegen Heizöfen spricht unter anderem das geringe Raumvolumen, welches es schwierig macht, eine konstante und angemessene Temperatur zu erreichen. Des Weiteren können sie nicht über längere Zeit alleine gelassen werden, was zu einer Frostgefahr führen würde. Aufgrund des verhältnismäßig schlechten Wirkungsgrades von reinen Elektro-Heizstrahlern fällt damit die Wahl auf eine Luft-Luft-Wärmepumpe in Form einer Monoblock-Klimaanlage. Das im Prototyp verwendete Gerät benötigt kein Außengerät, was zwar zu einer ein wenig erhöhten Betriebslautstärke und einem etwas schlechteren Wirkungsgrad (1:2,7 statt ca. 1:4) führt, in Anbetracht der geringen benötigten Heizleistung und wesentlich einfacheren Transportmöglichkeit aber in Kauf genommen wird.

Die Lüftungsöffnungen für Zu- und Abluft sind neben Strom die einzigen Anschlüsse, die das Klimagerät nach außen hin benötigt:



Abb. 36: Lüftungsöffnungen

## Exkurs: PET-Flaschen in Heizkreisläufen

Prinzipiell sind mit Wasser gefüllte PET-Flaschen hervorragend als rein passive Speichermasse geeignet, die Gründe dafür wurden in Kapitel 1.3.4 erläutert. Durch ihre im Verhältnis zum Volumen große Oberfläche und dünnwandige Konstruktion tauschen sie außerdem relativ gut thermische Energie mit der Umgebungsluft aus. Der Aufwand, sie einzeln zu befüllen und zu entleeren, ist relativ gering, wenn man das Gebäude nicht alle paar Tage umsiedeln möchte <sup>[1]</sup>.

Möchte man wasserbefüllte PET-Flaschen jedoch auch aktiv in Heizkreisläufen verwenden, stößt man auf einige Herausforderungen. Zum einen beginnen sie sich bereits ab Temperaturen von 60°C zu verformen. Daher müsste eine PET-Flaschenheizung sehr groß dimensioniert werden, um mit ausreichend niedriger Vorlauftemperatur betrieben werden zu können. Zum anderen stellt ihre Kleinteiligkeit ein Problem beim Anschluss an Heizungsleitungen dar. Für jede Flasche müsste ein eigener Adapter hergestellt werden, was sich in der Praxis als untauglich herausgestellt hat. Hundertprozentige Dichtigkeit ist zwar prinzipiell erreichbar aber aufwändig und nur mit relativ hohem Ressourcenverbrauch. Außerdem ist das Risiko für Lecks bei hunderten Anschlüssen erheblich und der Material- und Energieverbrauch für einen einzelnen Flaschenanschluss übersteigt das ökologische und ökonomische Einsparungspotential, das durch die Verwendung der Flasche erreicht werden soll, bei weitem.

Abb. 37 zeigt mehrere Iterationen an Flaschenanschluss-Prototypen. Diese haben zwar zu einem prinzipiell funktionierendem Ergebnis geführt, der Ansatz wurde jedoch aufgrund des unverhältnismäßig hohen Materialverbrauchs wieder aufgegeben:



Abb. 37: Flaschenanschlussprototypen

## 2.3 Drei Vorentwürfe

Nachfolgend (Abb. 38 bis 55) wird das entwickelte Bausystem angewandt um drei Vorentwürfe zu generieren, welche auf unterschiedliche Arten die in den vorangegangenen Kapiteln aufgezeigten und erarbeiteten Anforderungen in räumliche Lösungsansätze übertragen. Dabei werden auch drei gänzlich unterschiedliche Ansätze für den Umgang mit dem Thema Wasser als temporäre Speichermasse aufgezeigt. Der letzte dieser Vorentwürfe wird im darauffolgenden Kapitel 3 zu einem Entwurf ausgearbeitet, angepasst und detailliert und in weiterer Folge als Prototyp baulich umgesetzt.

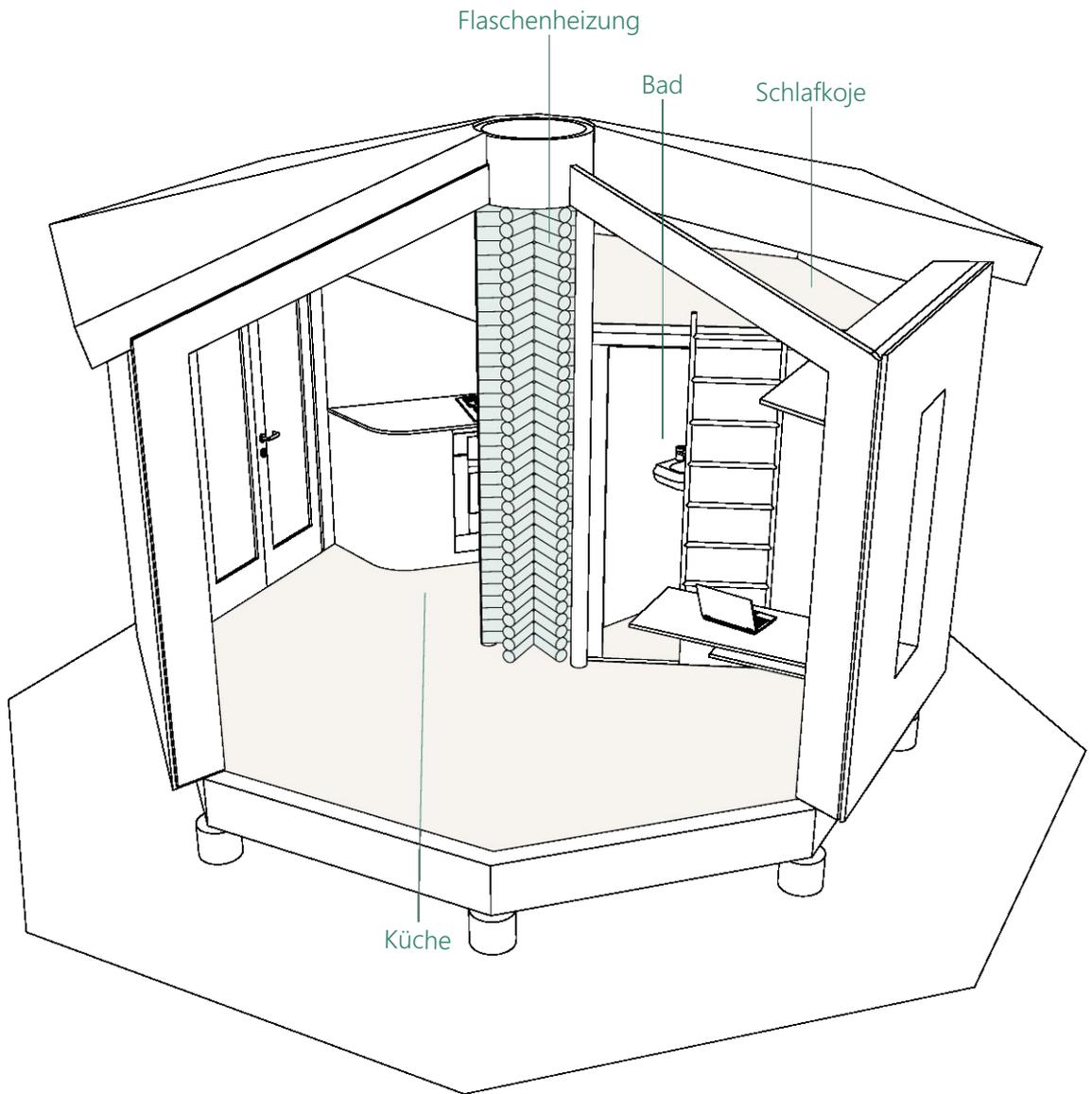


Abb. 38:  
Vorentwurf Typ Jurte  
Schnittaxonometrie

## Vorentwurf Typ Jurte

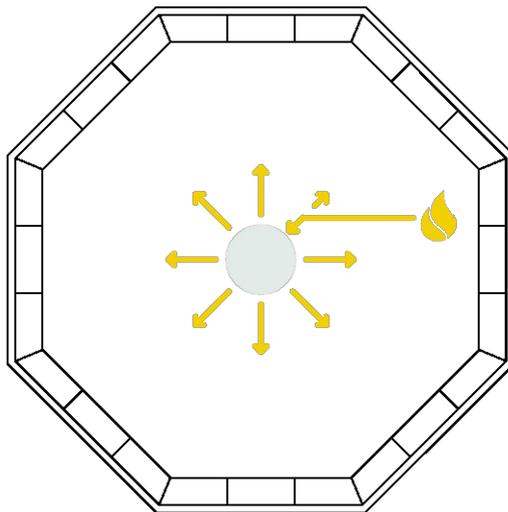


Abb. 39: Vorentwurf Typ Jurte Konzeptdarstellung

Bei diesem Vorentwurf wird trotz aller Herausforderungen versucht, doch einen aktiv beheizbaren Wärmespeicher aus PET-Flaschen zu konstruieren. Erreicht werden soll dies durch die sternförmige Bündelung von Wasserflaschen, wodurch nur ein Adapter pro acht 1,5 Liter-Flaschen produziert werden müsste. Ausgehend von diesem zentralen Element entsteht rundherum ein Raum, der vom uralten Bautypus der Jurte inspiriert wurde.

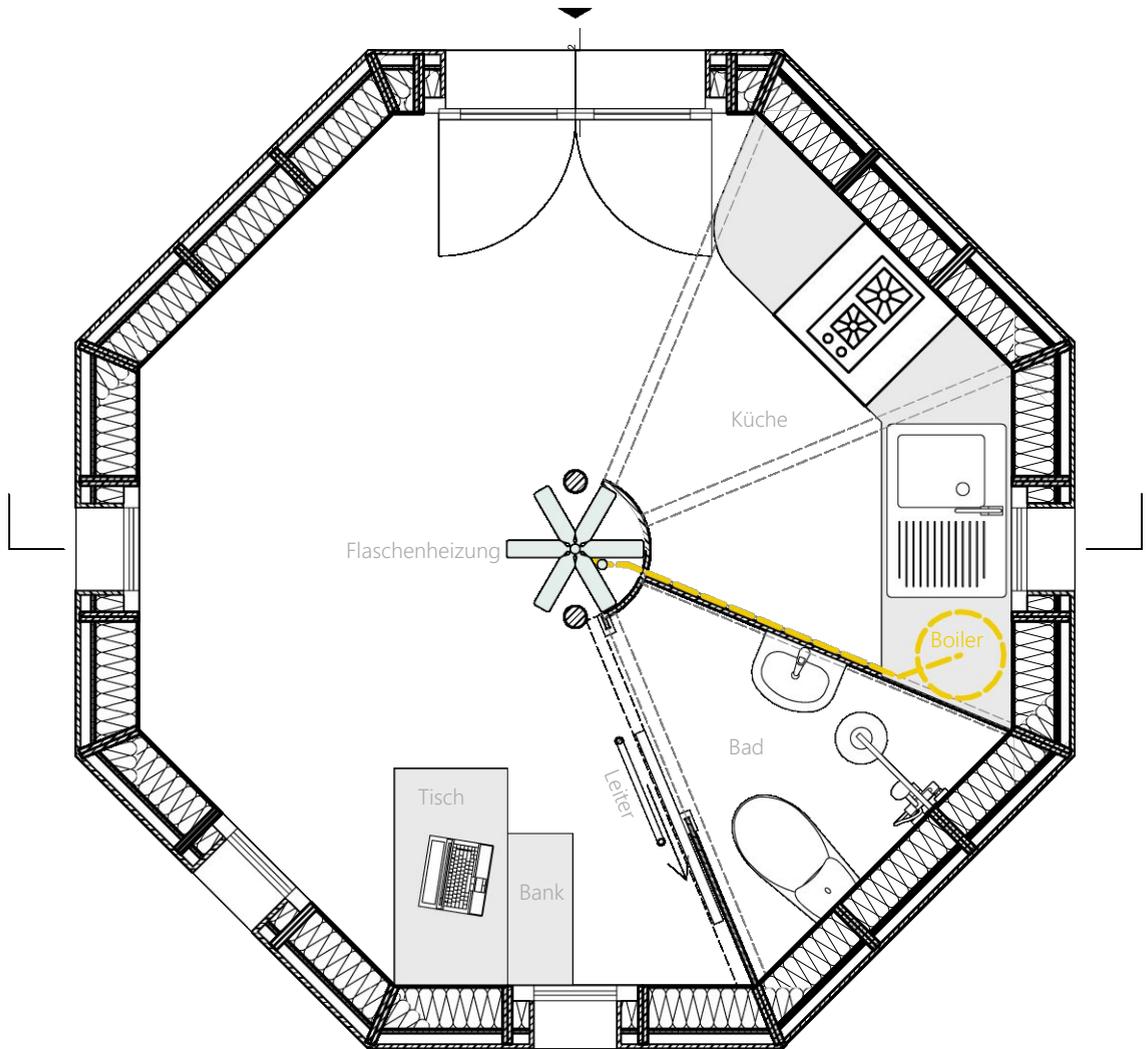


Abb. 40:  
Vorentwurf Typ Jurte  
Grundriss untere Ebene, Maßstab 1:35



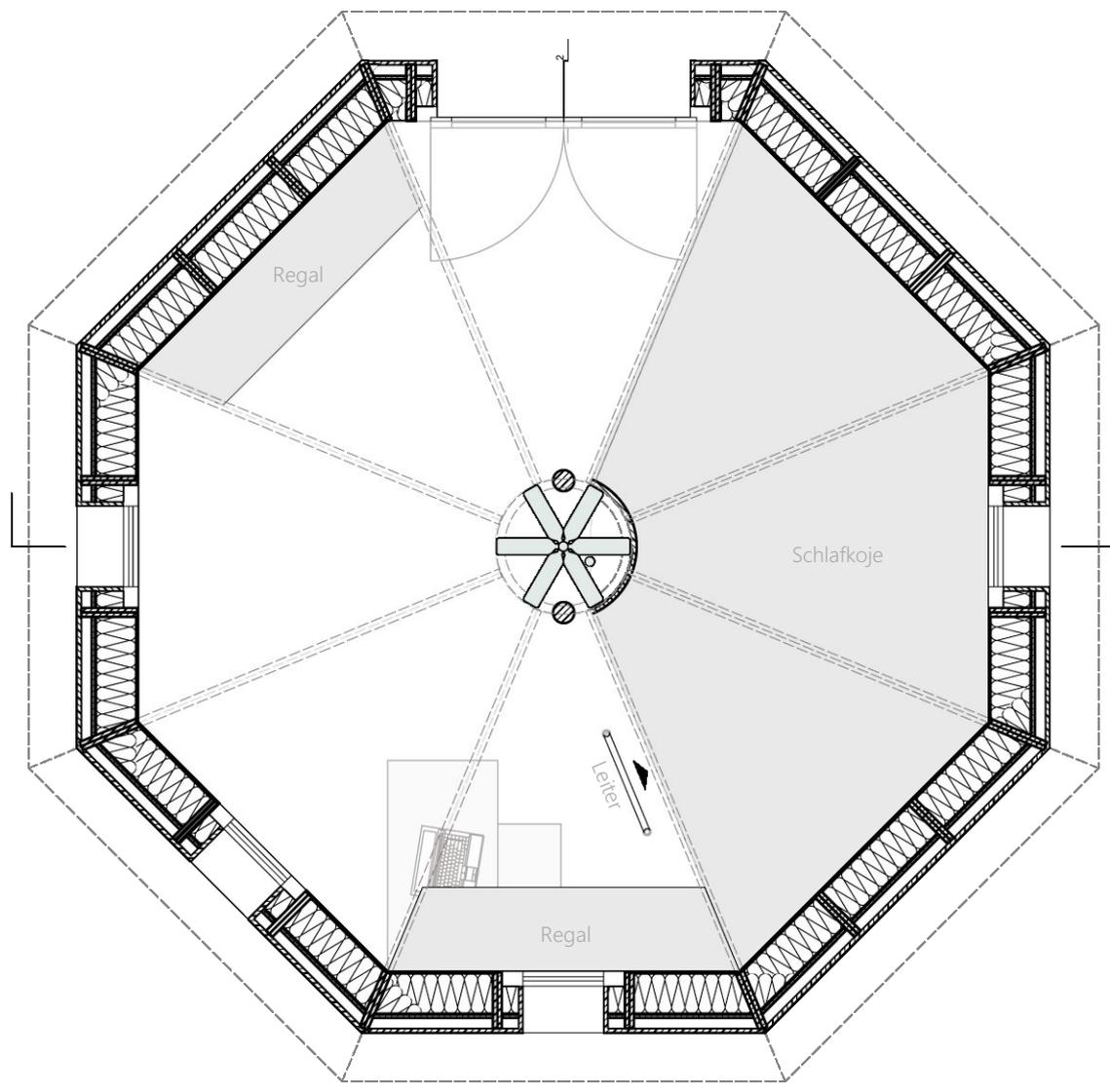


Abb. 41  
Vorentwurf Typ Jurte  
Grundriss obere Ebene, Maßstab 1:35



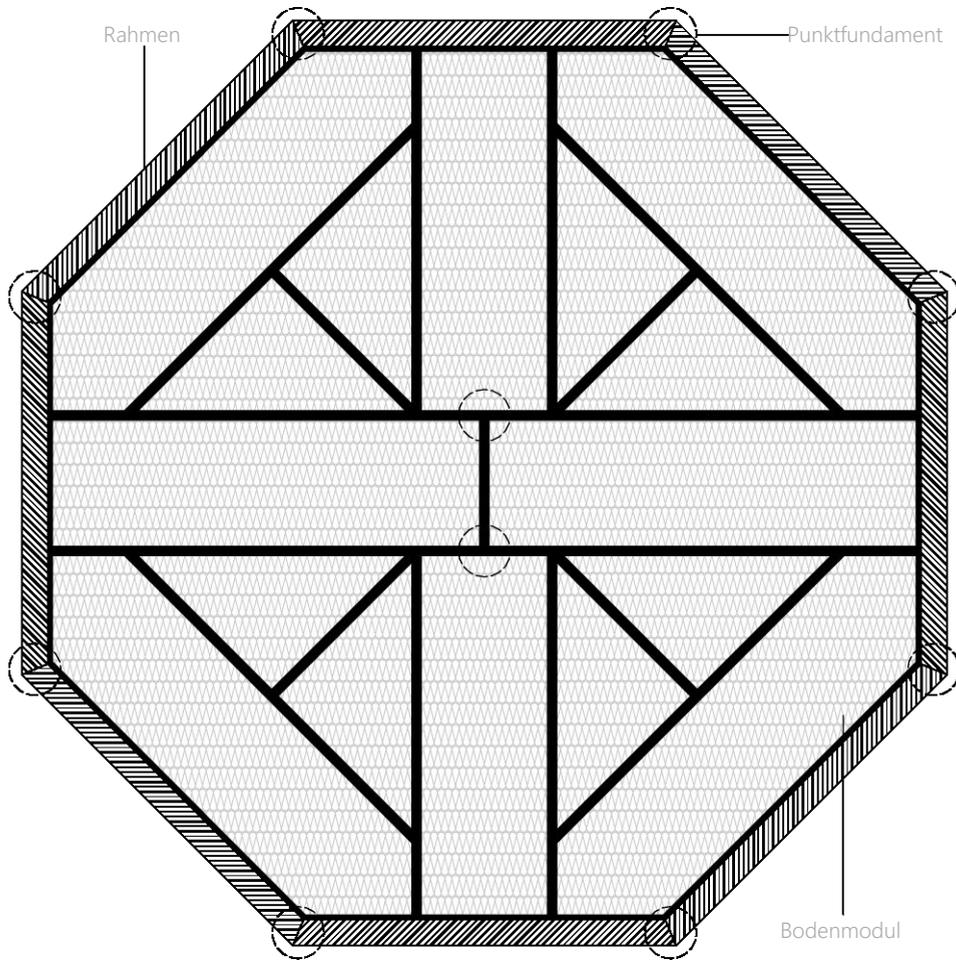


Abb. 42:  
Vorentwurf Typ Jurte  
Grundriss Boden/Rahmen, Maßstab 1:35



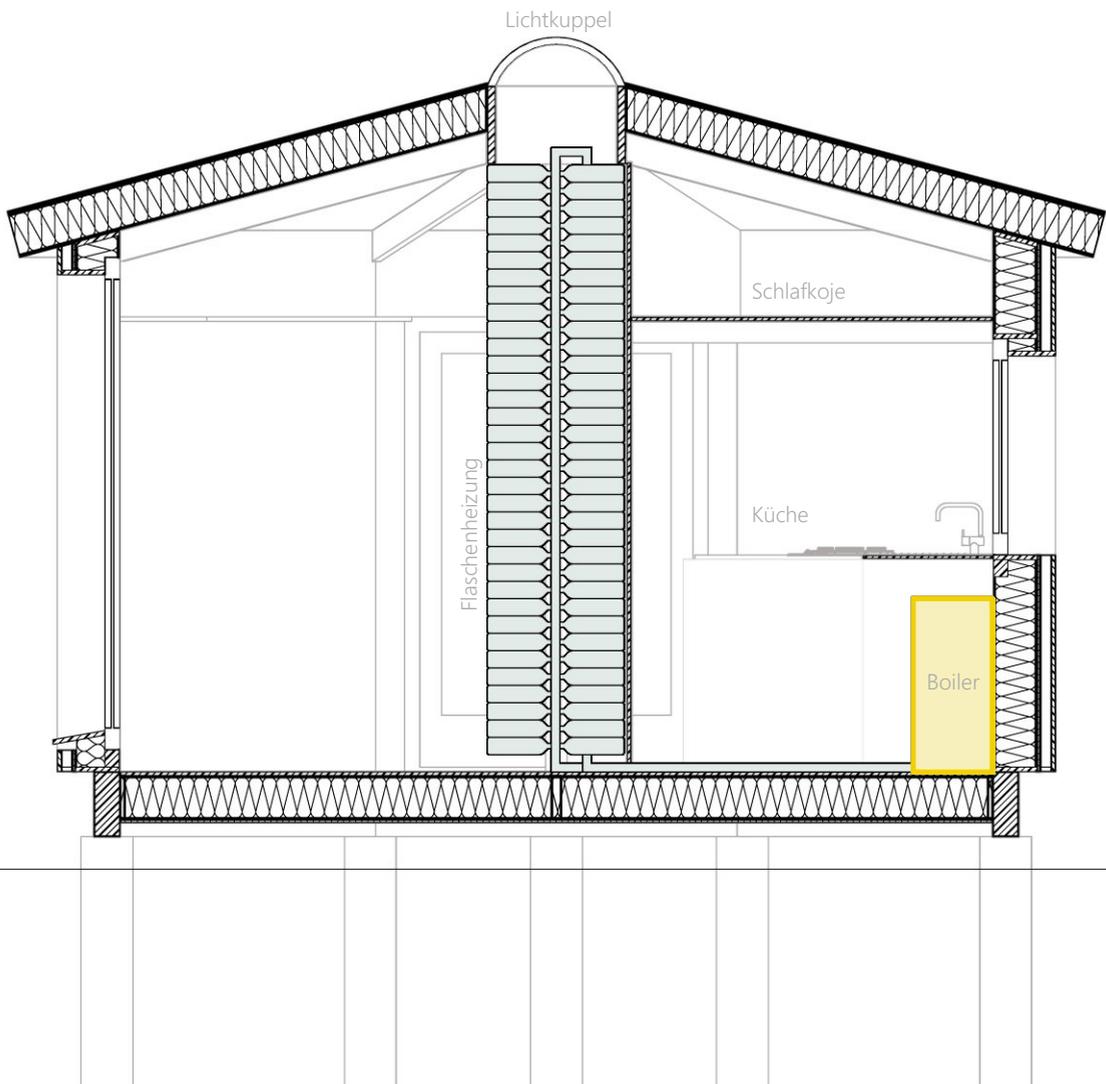


Abb.43:  
Vorentwurf Typ Jurte  
Schnitt, Maßstab 1:35



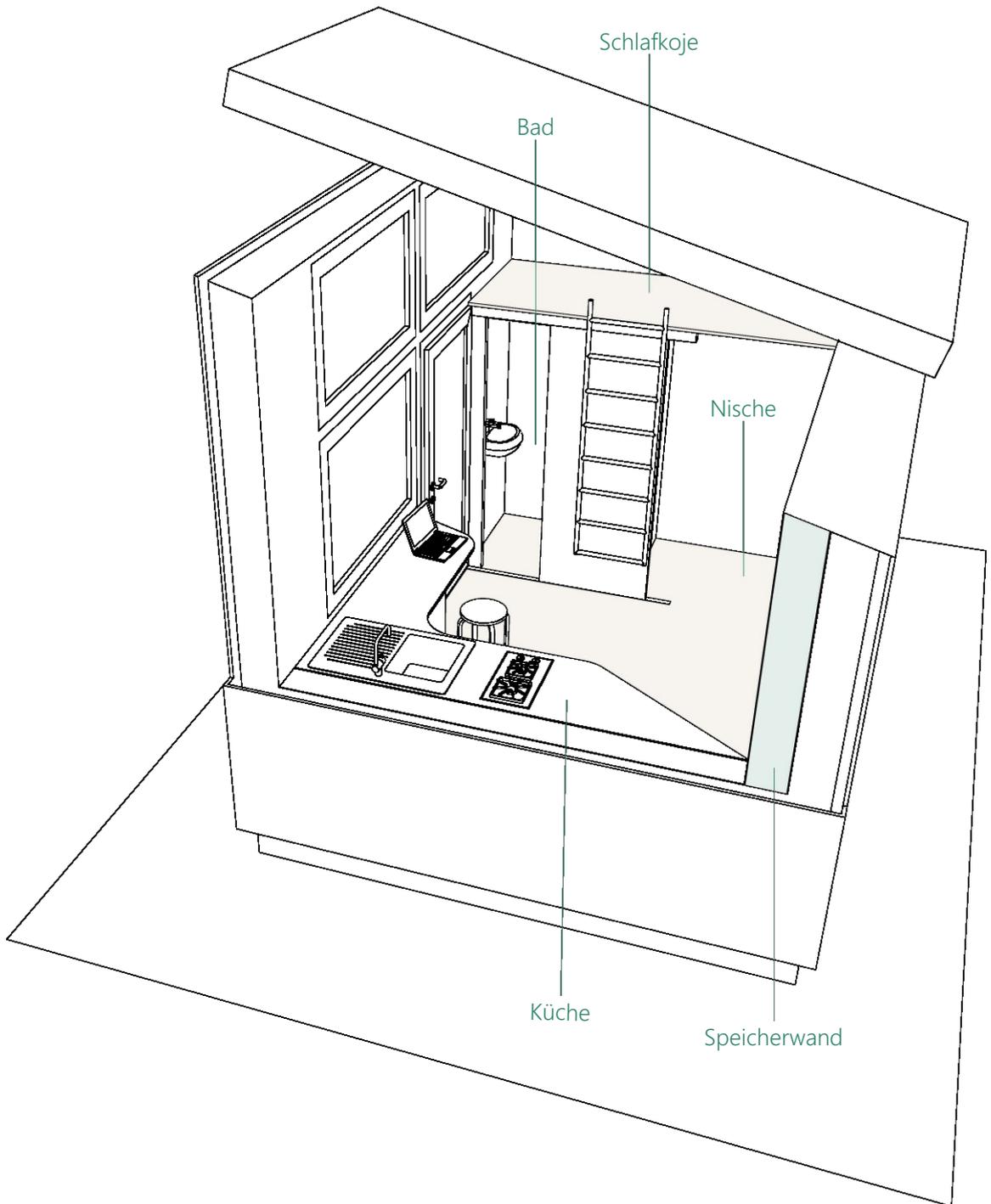


Abb. 44:  
Vorentwurf Typ Solarwand  
Schnittaxonometrie

## Vorentwurf Typ Solarwand

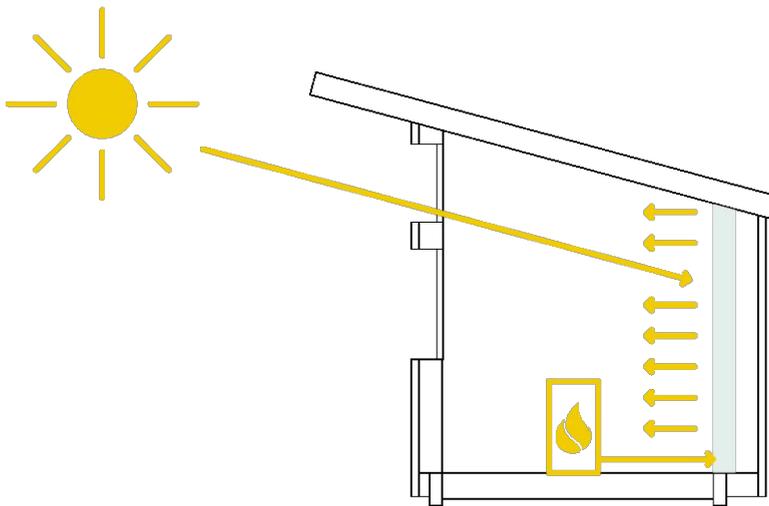


Abb. 45: Vorentwurf Typ Solarwand Konzeptdarstellung

Bei diesem Vorentwurf ist die aktive Beheizung des Wärmespeichers optional, aber aufgrund einer geringeren Anzahl an Anschlüssen weniger kompliziert. Der Lösungsansatz besteht darin, den Speicher nicht aus Getränkeflaschen, sondern aus großformatigen Einwegkanistern herzustellen. Solche Kanister fallen massenhaft in gewerblichen und industriellen Umgebungen als Abfallprodukt an, beispielsweise als Behälter für destilliertes Wasser. Verbaut wird der Speicher in einer Wand, die ob ihres Speicherpotentials auch als Sonnenfalle/Absorberwand fungieren soll. Dementsprechend wird der Raum um dieses zentrale Element herum entwickelt, um die Sonnenexposition im Winter zu maximieren.

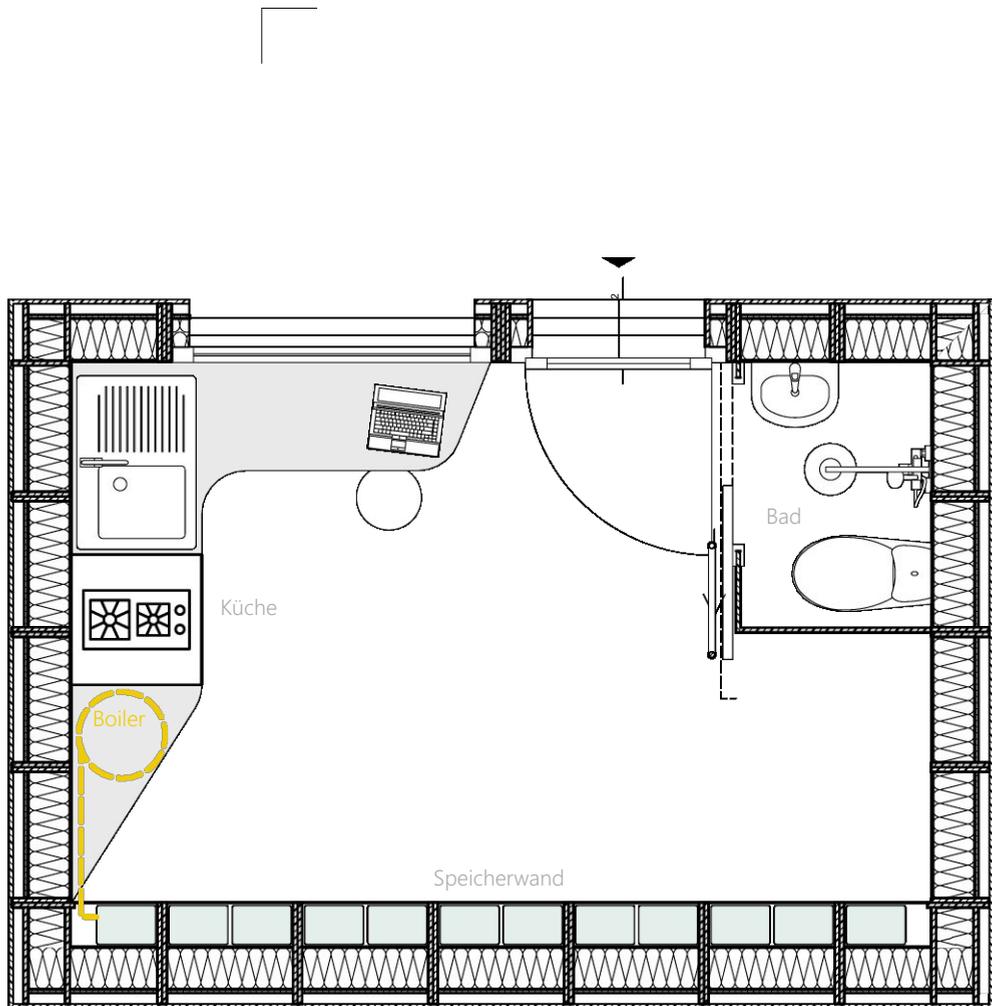


Abb. 46:  
Vorentwurf Typ Solarwand  
Grundriss untere Ebene, Maßstab 1:35



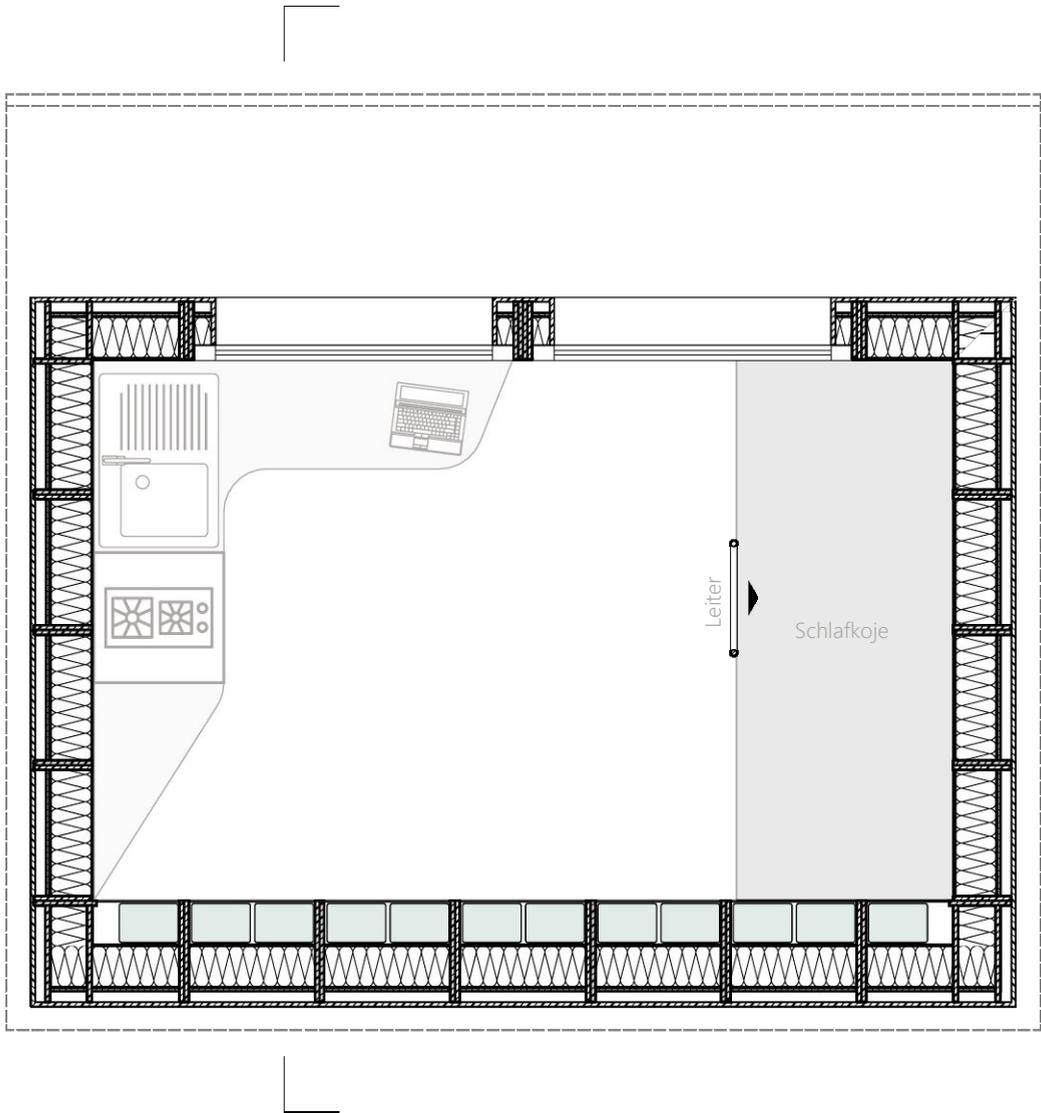


Abb. 47:  
Vorentwurf Typ Solarwand  
Grundriss obere Ebene, Maßstab 1:35



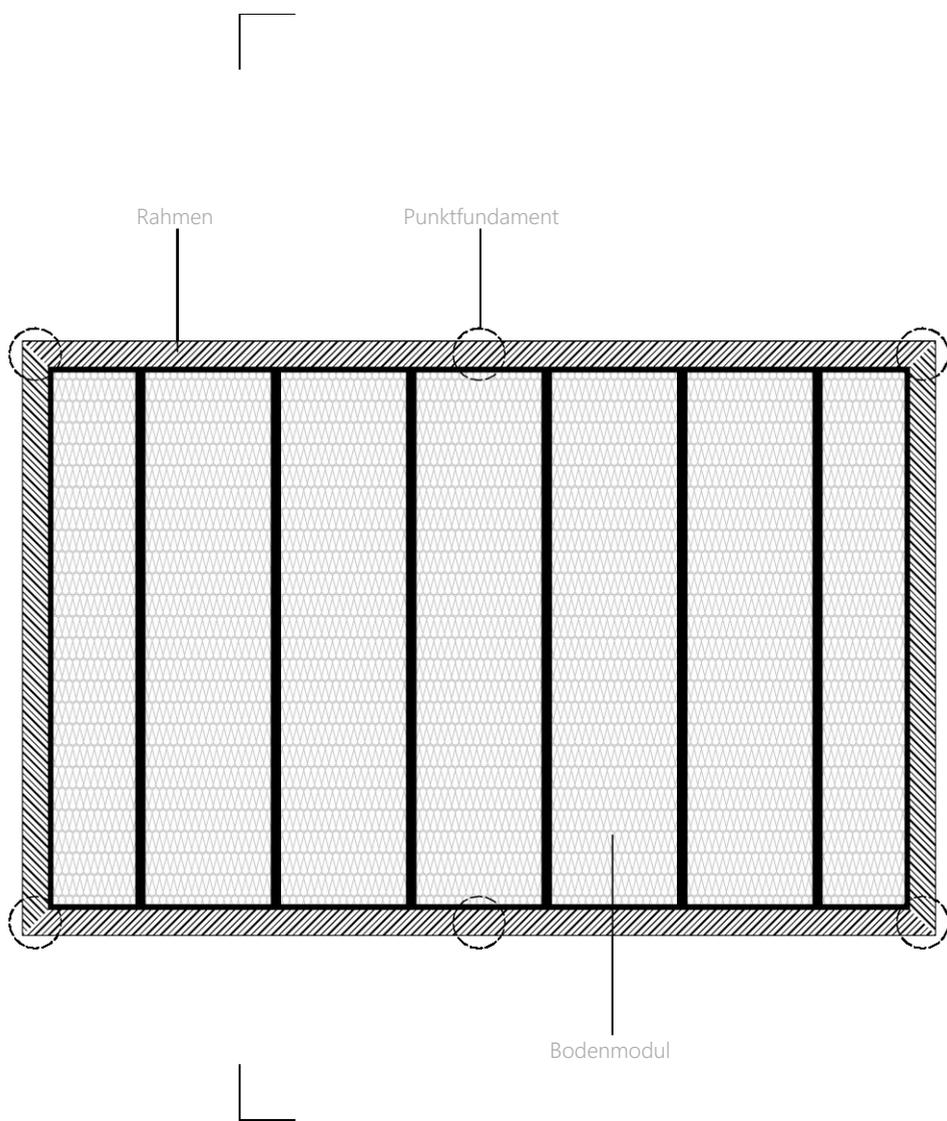


Abb. 48:  
Vorentwurf Typ Solarwand  
Grundriss Boden/Rahmen, Maßstab 1:35



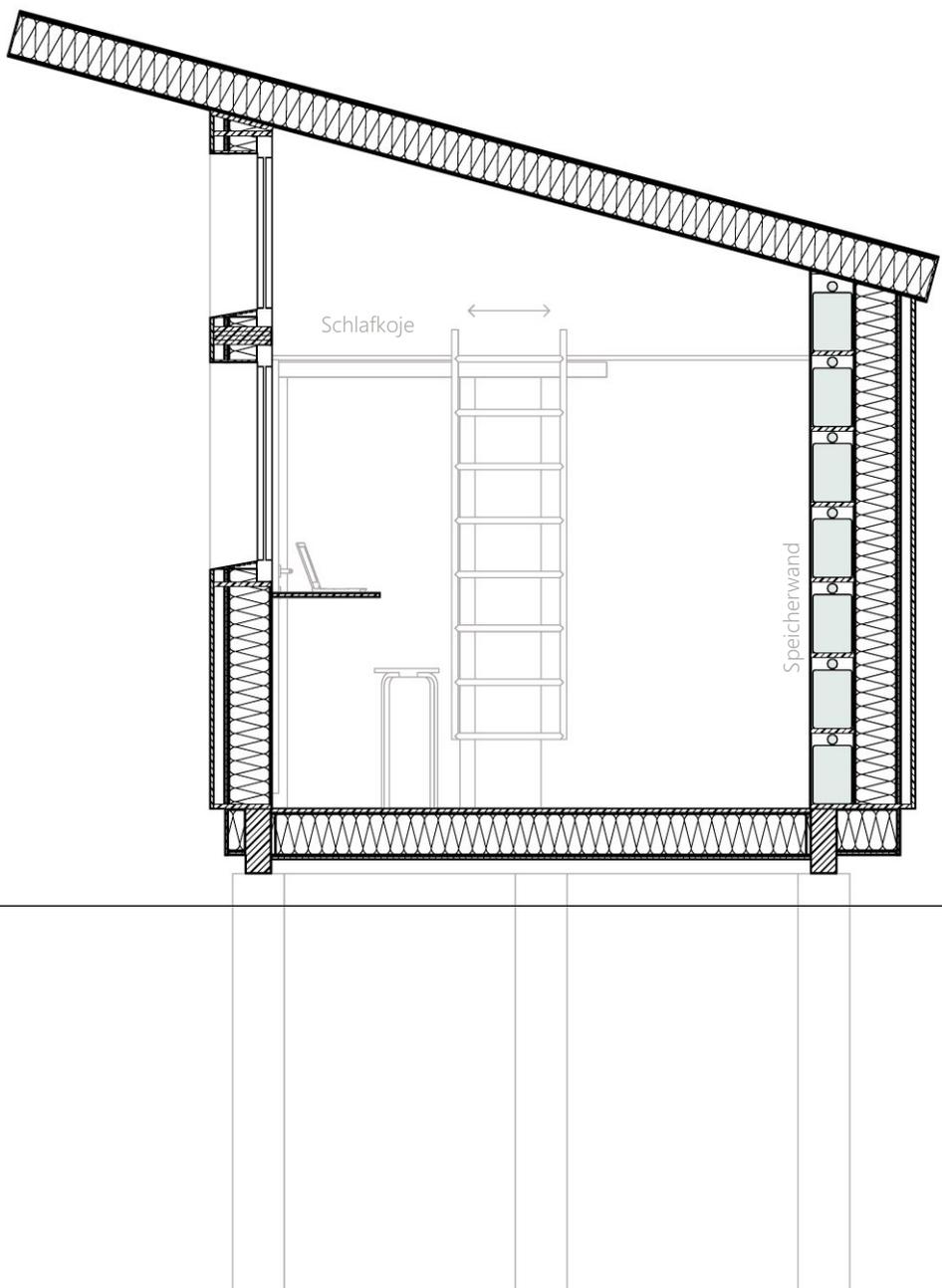


Abb. 49:  
Vorentwurf Typ Solarwand  
Schnitt, Maßstab 1:35



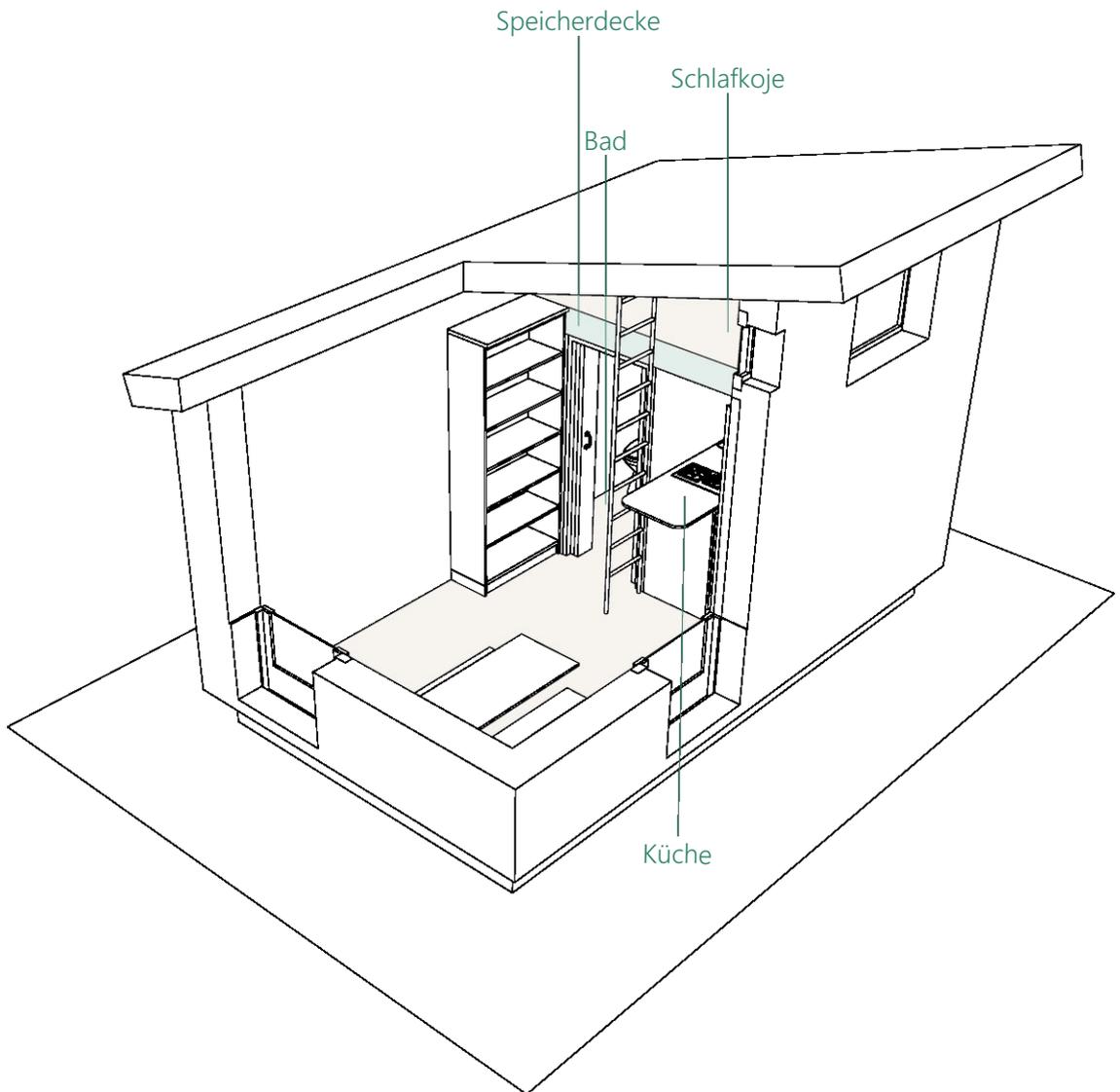


Abb. 50:  
Vorentwurf Typ Deckenspeicher  
Schnittaxonometrie

## Vorentwurf Typ Deckenspeicher

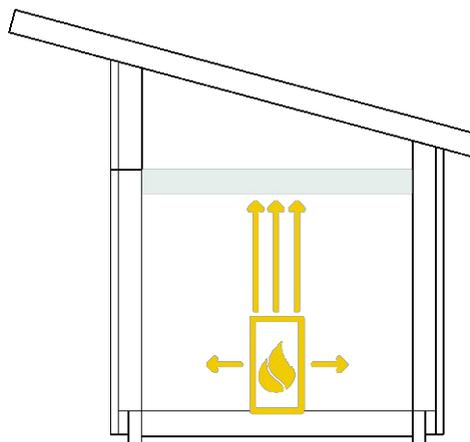


Abb. 51: Vorentwurf Typ Deckenspeicher Konzeptdarstellung

Auch bei diesem Vorentwurf ist die aktive Beheizung des PET-Flaschen optional. Um ihre Wirkung als rein passiver Wärmespeicher zu optimieren, werden sie möglichst in der Mitte des Raumes platziert. Anders als beim Typ Jurte bilden sie hier jedoch kein eigenständiges Element, sondern werden in die Decke einer eingezogenen Loft-Ebene gelegt. Hierdurch ergibt sich der entscheidende Vorteil, dass sie im Gegensatz zu den anderen Vorentwürfen dem nutzbaren Raumvolumen nichts wegnehmen. Im weiteren Verlauf wurde dieser Vorentwurf für die Präzisierung zu einem Entwurf inklusive baulicher Umsetzung gewählt.

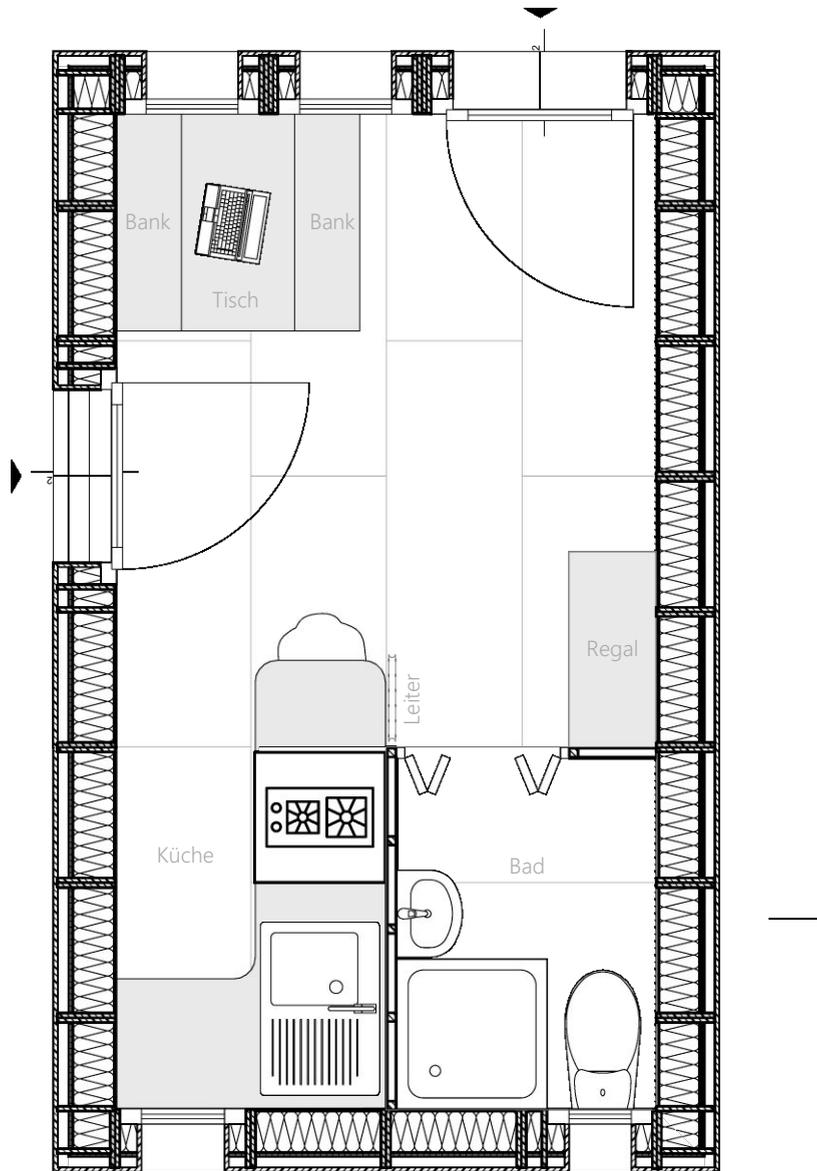


Abb. 52:  
Vorentwurf Typ Deckenspeicher  
Grundriss untere Ebene, Maßstab 1:35



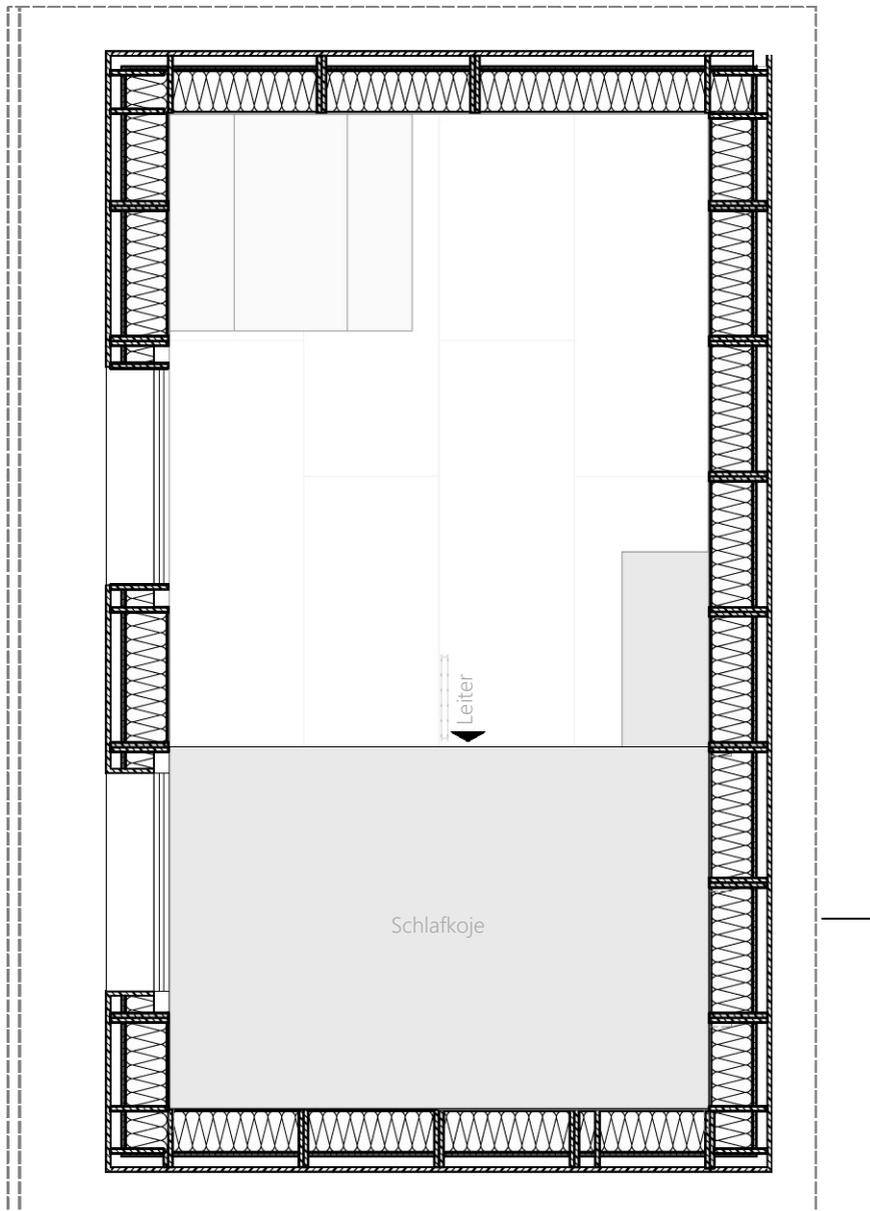


Abb. 53:  
Vorentwurf Typ Deckenspeicher  
Grundriss obere Ebene, Maßstab 1:35



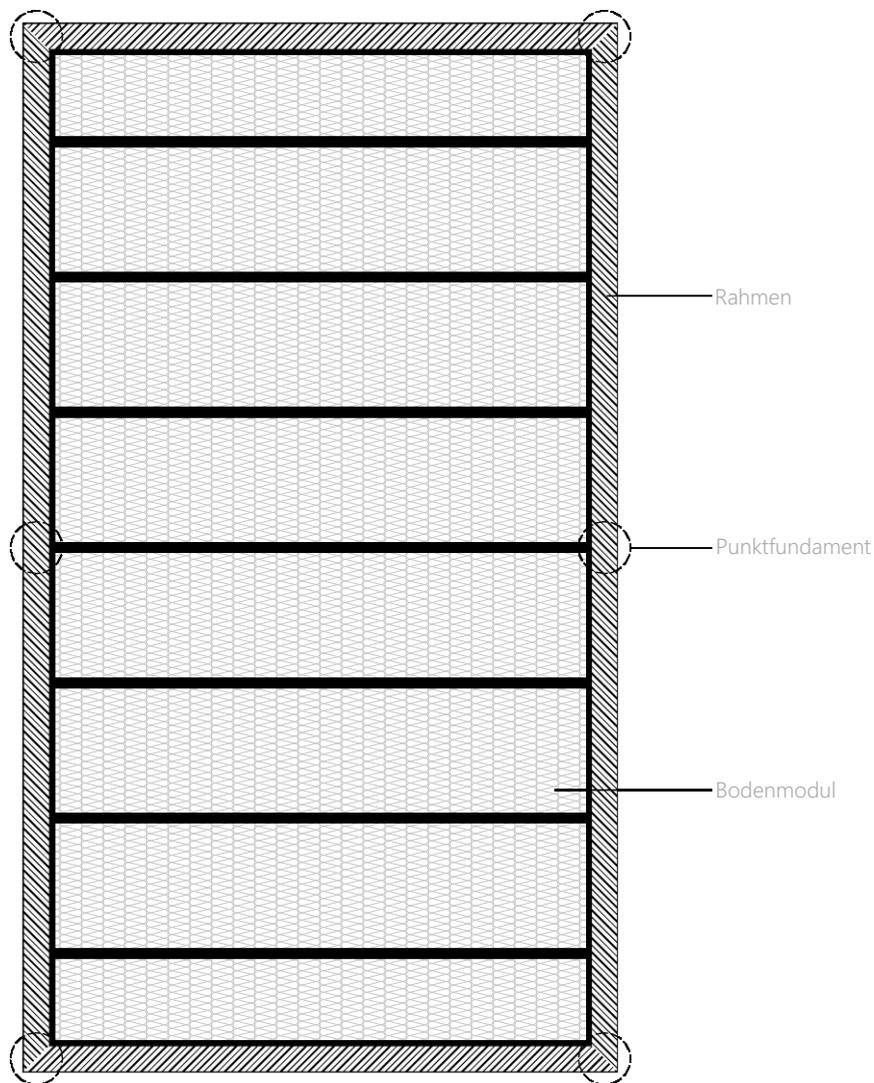


Abb. 54:  
Vorentwurf Typ Deckenspeicher  
Grundriss Boden/Rahmen, Maßstab 1:35



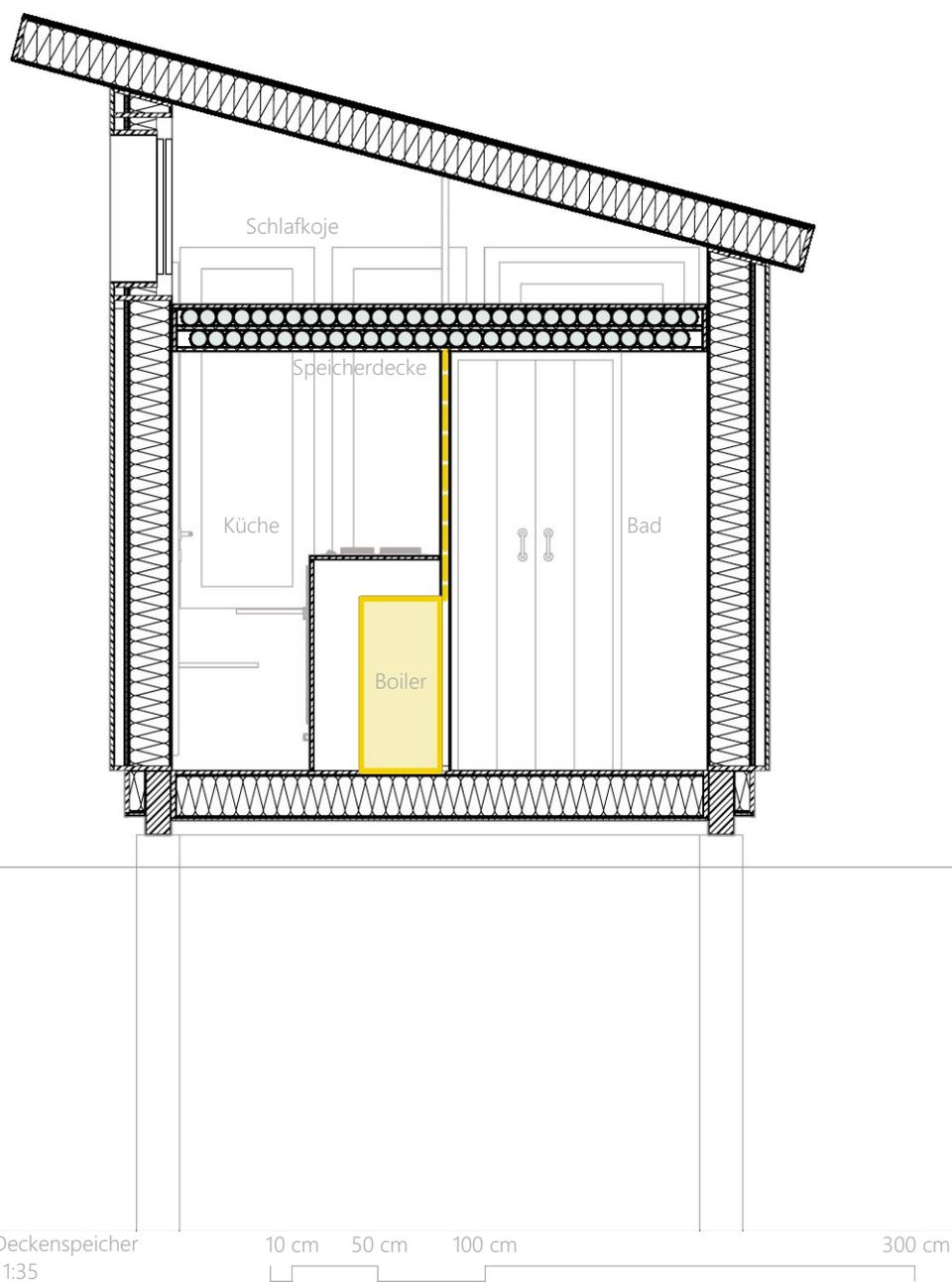


Abb. 55:  
Vorentwurf Typ Deckenspeicher  
Schnitt, Maßstab 1:35

## 2.4 Makroskopie - Städtebauliche Konzepte

### Geeignete Anwendungsgebiete...



Solitär

Einsiedler  
Zweipersonenhaushalte  
Tourismus  
Pop-Up-Gewerbe

leere Einzelgrundstücke  
Brachflächen  
Zwischennutzung  
landwirtschaftliche  
Flächen  
zivilisationsferner Raum



Satellit

Auslagerung von  
Funktionen (Atelier/Büro/  
WG-Zimmer/  
Gästezimmer/  
Verkaufsraum/etc.)

Hauptgebäude mit Platz  
rundherum



Lose Verbände  
ohne geteilten Raum

Kleingärten, Dörfer,  
Siedlungen, Märkte

bestehende,  
gewachsene &  
parzellierte  
Häuserverbände



Lose Verbände  
mit geteiltem Raum

Dörfer, Siedlungen,  
Kommunen, Trailer  
Parks, Notlager

bestehende und  
neue  
Häuserverbände,  
meist ohne  
Parzellierung

Zerlegbarkeit und Modularität machen das System für eine Vielzahl an möglichen Anwendungen geeignet. Überall dort, wo kleinformatische Gebäude schnell und/oder temporär errichtet werden sollen und Holz als Baustoff verfügbar ist, kann es seine Stärken ausspielen.

## ...und weniger geeignete Anwendungsgebiete



Clustereinheit

Wohnprojekte,  
Einfamilienhäuser

geschlossener  
(Wohn)Verband aus  
mehreren Häusern



Clusterverband

Reihenhausanlagen,  
Mehrfamilienhäuser

Verbundeinheiten aus  
mehreren Häusern oder  
Clustern



Legotürme

mittel- bis  
großformatige  
Wohnhausanlagen

Stapelung von mehreren  
Einheiten oder Clustern

Für großformatige Bauaufgaben und an gut mit LKWs erreichbaren Orten eignen sich andere, weniger kleinteilige Systeme potentiell besser. Für Gebäude, bei denen bauliche oder örtliche Veränderungen nicht absehbar sind, ist ein Einsatz wenig sinnvoll.

## Kapitel 3

### Entwurf

Gebaute Realität

Ziel der Arbeit war immer, auch einen Prototypen 1:1 baulich umzusetzen. Dieser Entwurf ist das Ergebnis aus den Grundlagenarbeiten der vorangegangenen Kapitel und den Anforderungen und Gegebenheiten der späteren Standorte und konkreten Nutzung. Ziel des Entwurfs ist, den Vorentwurf (Typ Deckenspeicher) so weit anzupassen und zu detaillieren, dass er als Prototyp gebaut, transportiert und genutzt werden kann. Haupteinflussfaktoren sind hierbei **rechtliche**, **logistische**, **budgetäre** und **nutzungsbedingte** Überlegungen.

## 3.1 Vom Vorentwurf zum Entwurf

### Rechtliches:

Gemäß Wiener Bauordnung wird der Prototyp so dimensioniert, dass er eine maximale Traufhöhe von 2,50m, eine maximale Firsthöhe von 3,50m, sowie eine verbaute Grundfläche von maximal 12m<sup>2</sup> aufweist. Dies ermöglicht eine Klassifizierung als Gartenhütte und erspart eine Einreichung. Alternativ wäre das Gebäude am vorgesehenen ersten Standort auch als Nebengebäude einreichfähig, wovon allerdings aufgrund der nur temporären Aufstellung abgesehen wurde. Abb. 56 bis 58 illustrieren die rechtlichen Einschränkungen der Kubatur:

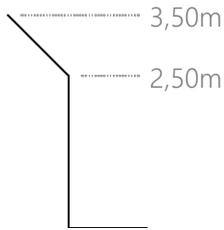


Abb. 56: maximale Gebäudehöhe, Schnitt, Maßstab 1:125

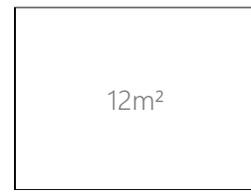


Abb. 57: maximale Grundfläche, Grundriss, Maßstab 1:125

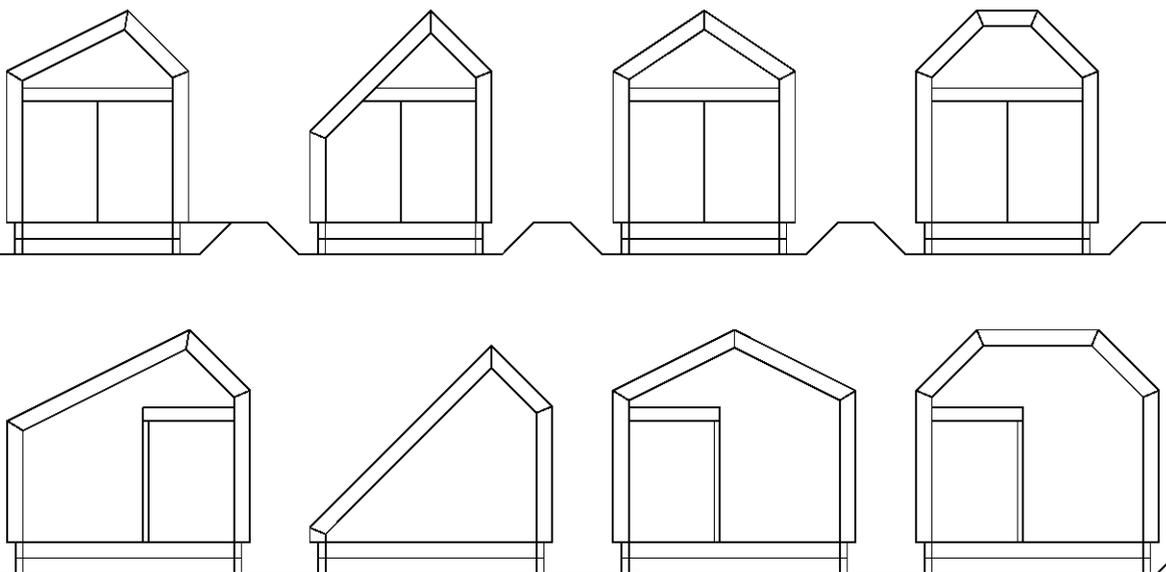


Abb. 58: Dachformvarianten ausgehend von einem rechteckigen Grundriss von 3x4m  
Schnitt, Maßstab 1:125



### Logistik:

Die größten Lieferwägen, die man mit einem Führerschein der Klasse B fahren darf, haben Innenmaße von 2035x2085x4185mm, sowie eine maximale Zuladung von 800kg. Ziel ist, den zerlegten Prototypen mit zwei Ladungen transportieren zu können, wobei das Gewicht dabei wesentlich limitierender als die Größe ist. Einzelne Module sollen dabei ein Gewicht von 50kg nicht überschreiten und in Relation zum Gewicht so kompakt bleiben, dass sie von zwei bis drei Personen verladen und aufgestellt werden können. Abb. 59 illustriert diese Faktoren:

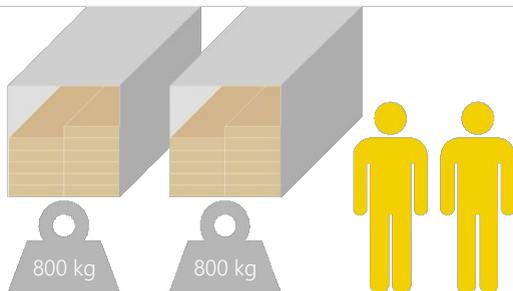


Abb. 59: Logistik illustriert

### Nutzung:

Während der Entwurf so gestaltet wird, dass eine autarke Nutzung als alleinstehendes Gebäude möglich ist, also Küche und Bad beinhaltet, wird beim Prototyp darauf verzichtet, da er voraussichtlich nur als Satellit, also neben bereits vorhandener Infrastruktur, genutzt wird, in der Bad und Küche vorhanden sind. Eine Nachrüstung wäre allerdings jederzeit möglich. Abb. 60 illustriert die Nutzung als Satellit und die Auslagerung von Funktionen in das Hauptgebäude:

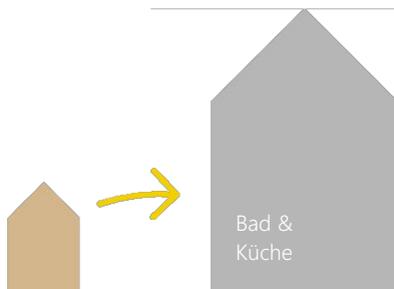


Abb. 60: Nutzung als Satellit illustriert

## 3.2 Finaler Entwurf: das pet house

Die folgenden Seiten (Abb. 61 bis 71) zeigen die finale Version des Entwurfs, die in weiterer Folge für den Bau eines Prototypen herangezogen wurde.





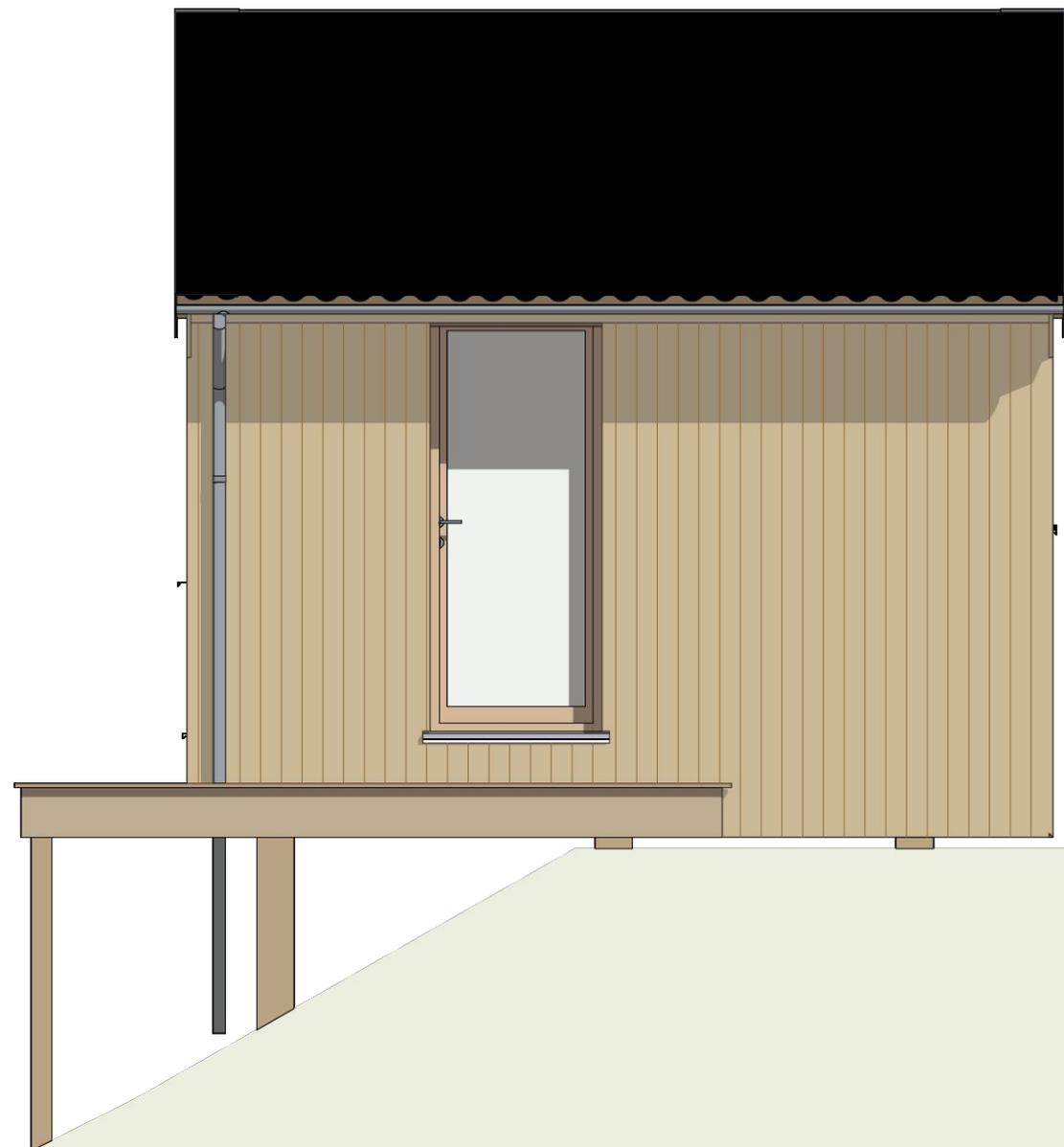


Abb. 63: Entwurf Ansicht NW, Maßstab 1:35





Abb. 64: Entwurf Ansicht NO, Maßstab 1:35



Anmerkung:

Die mögliche Ausstattung des Entwurfs mit Küche und Bad ist nur im Grundriss dargestellt.

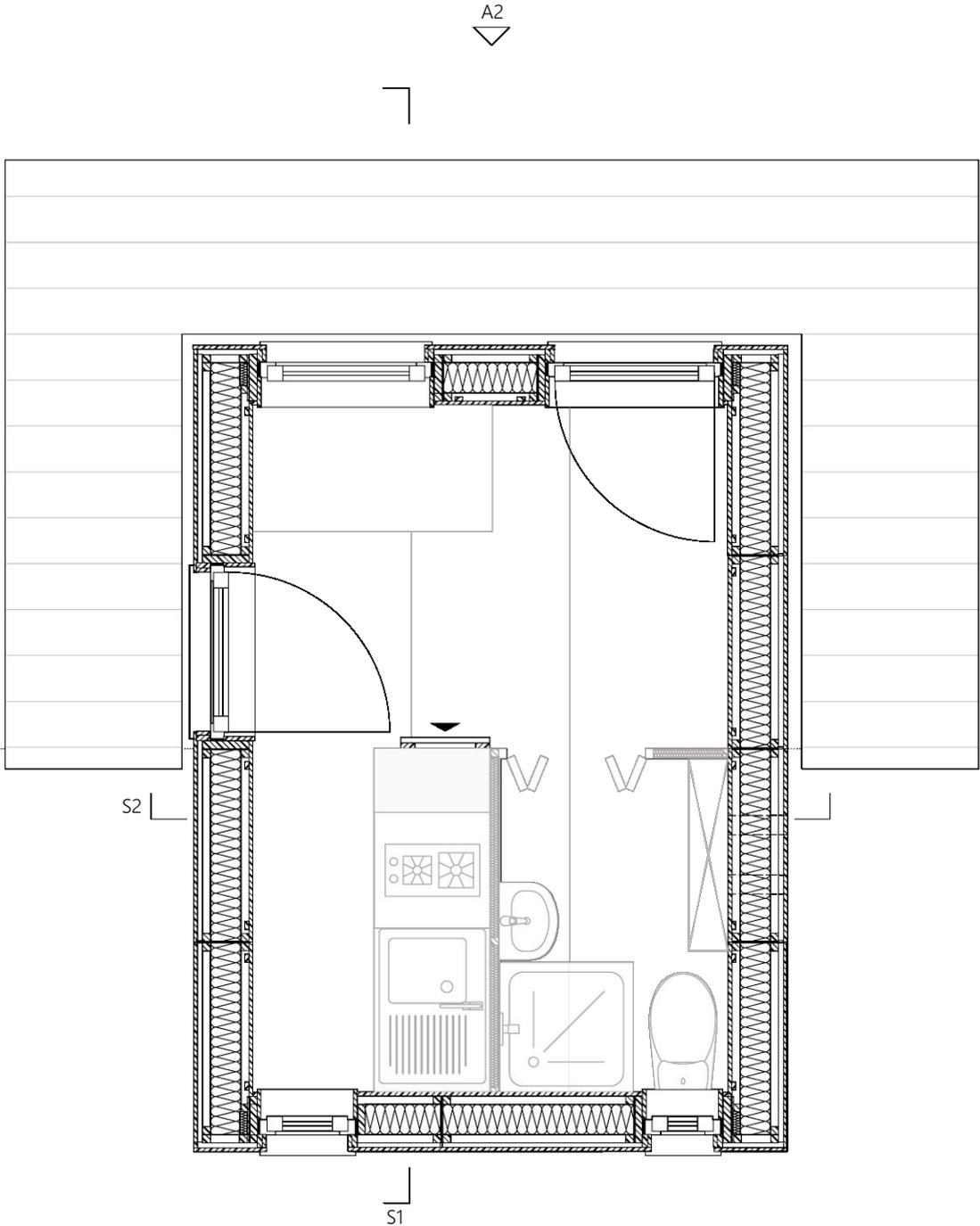


Abb. 65: Entwurf Grundriss, Maßstab 1:35

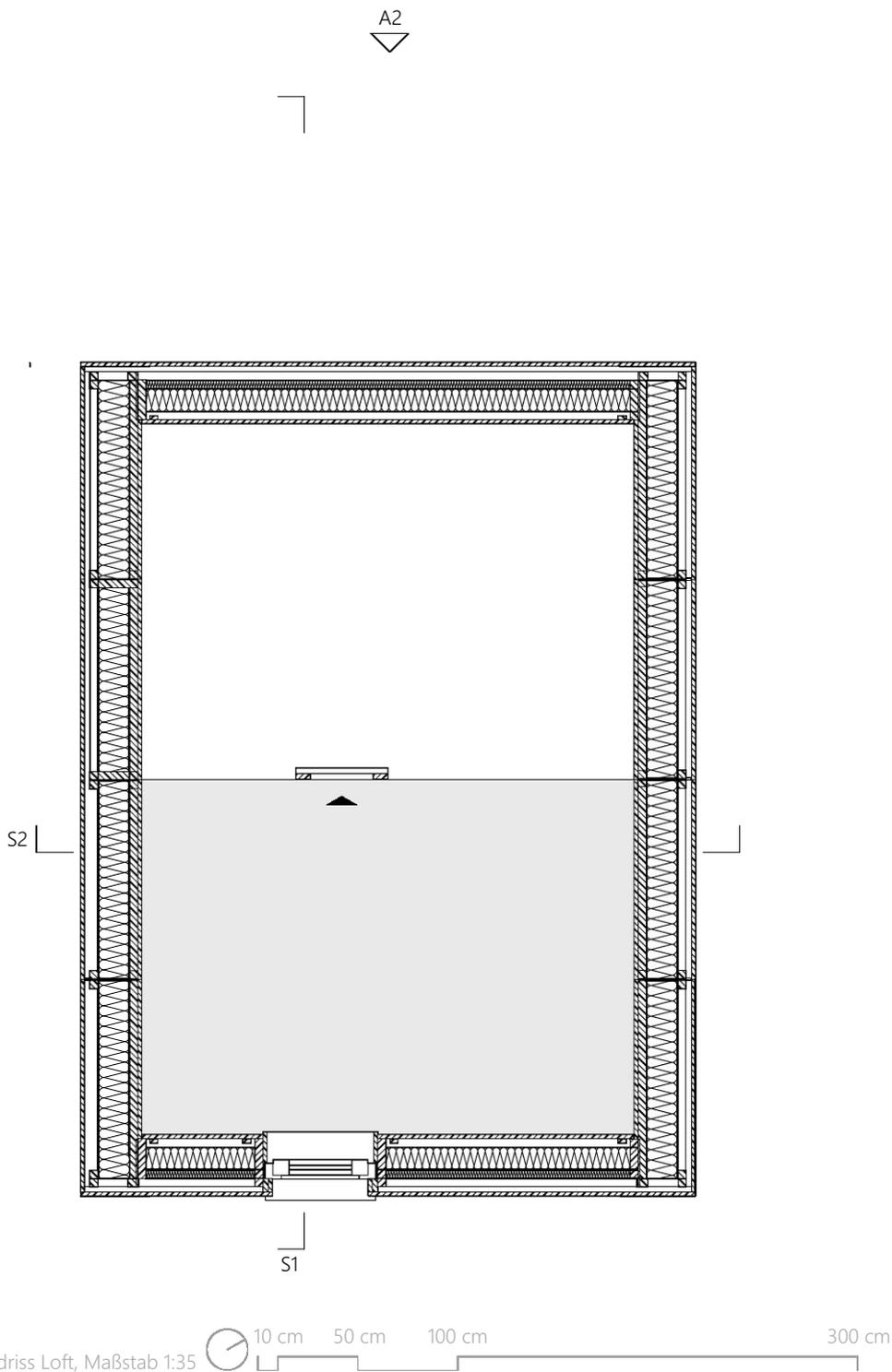


Abb. 66: Entwurf Grundriss Loft, Maßstab 1:35

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.

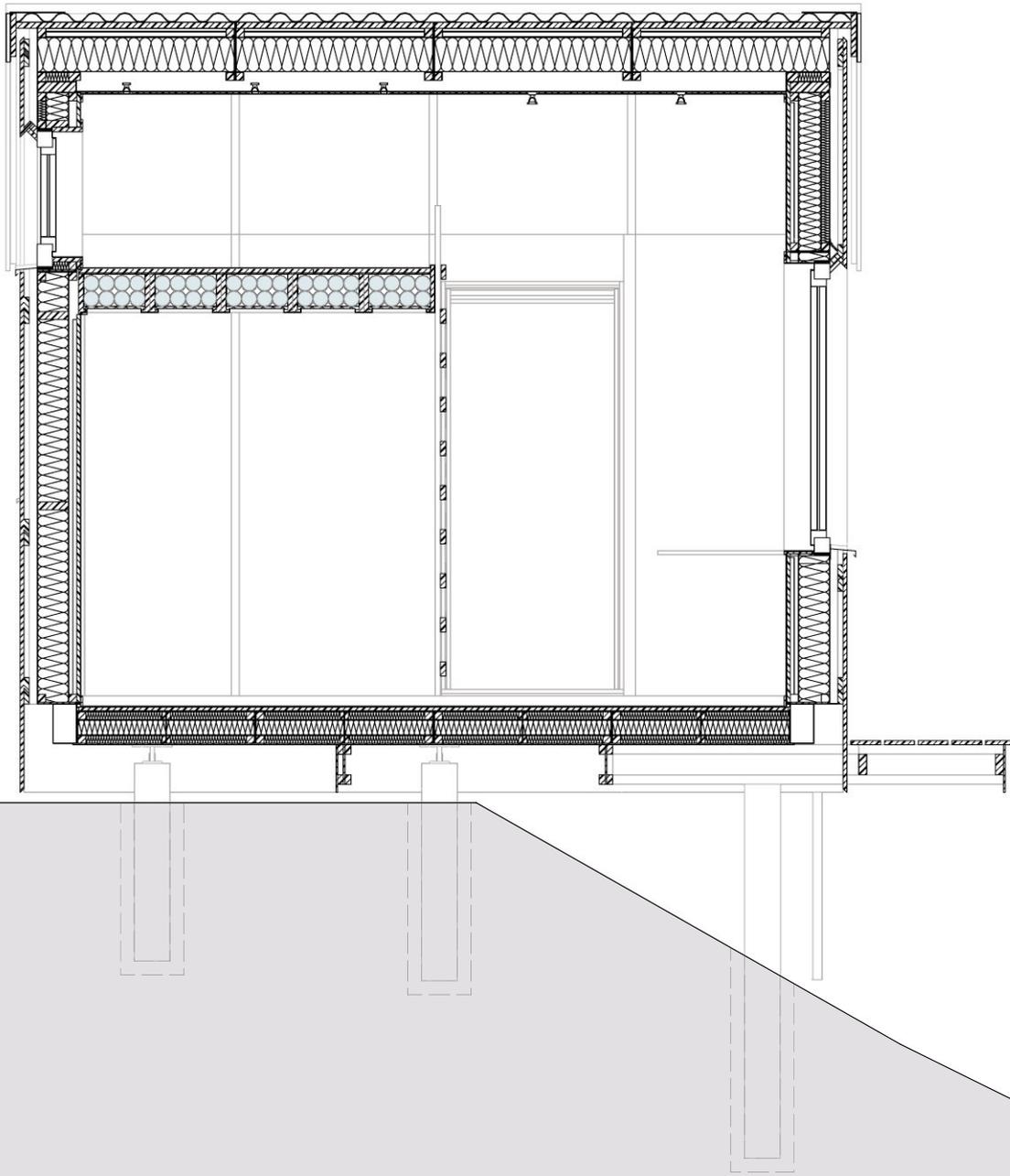


Abb. 67: Entwurf Schnitt S1, Maßstab 1:35



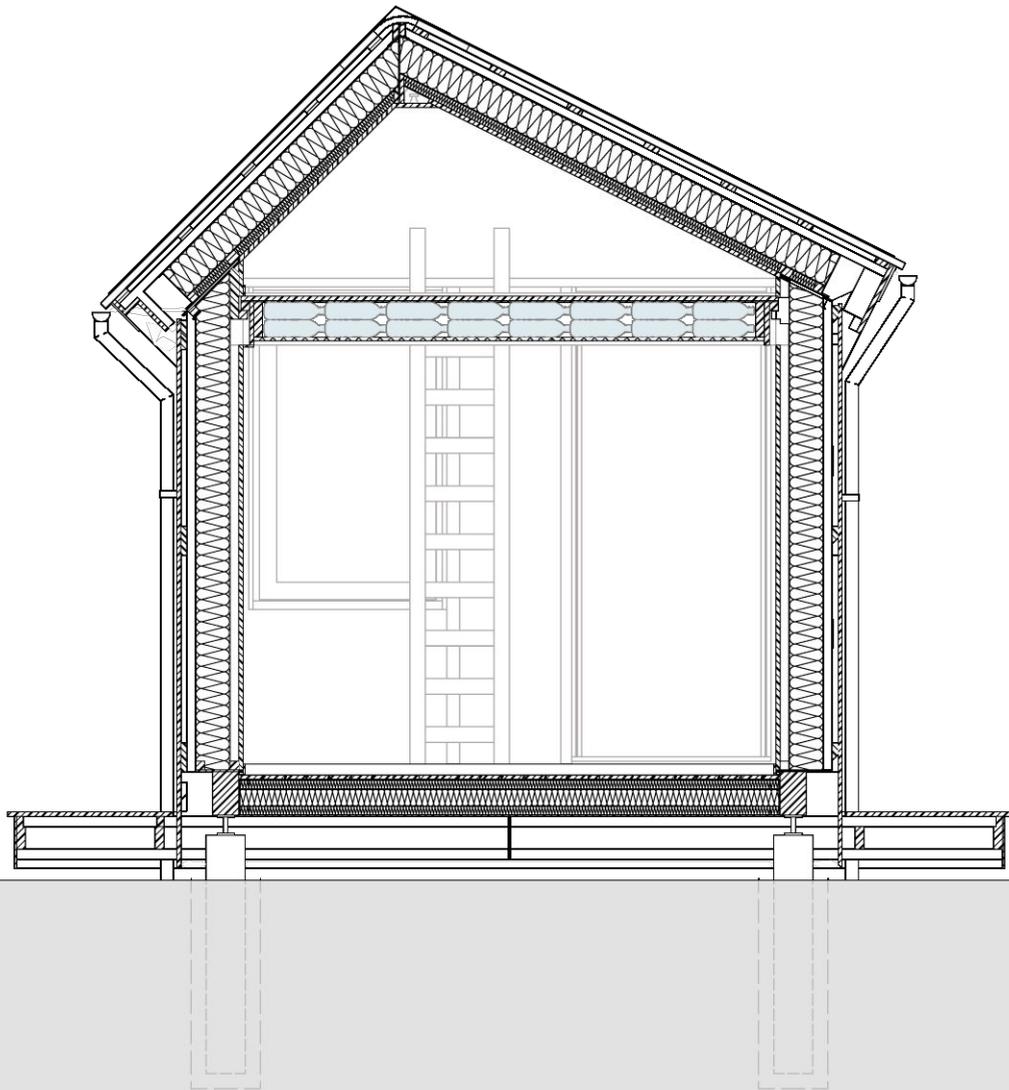
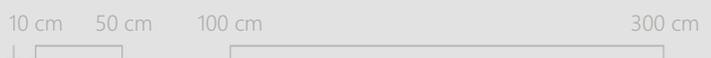


Abb. 68: Entwurf Schnitt S2, Maßstab 1:35



Details zum Modulbausystem finden sich in den Kapiteln 2.1 und 2.2

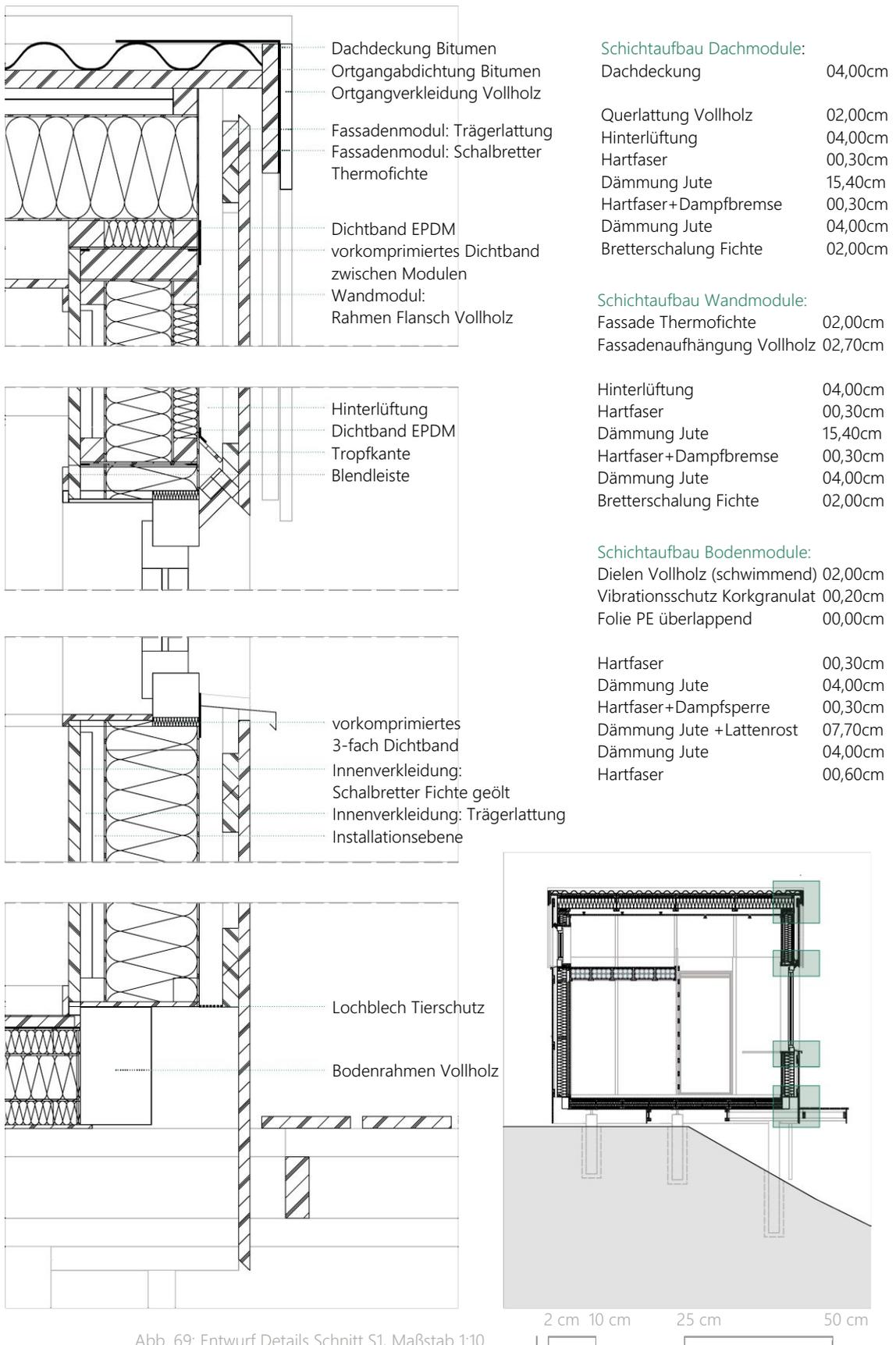


Abb. 69: Entwurf Details Schnitt S1, Maßstab 1:10

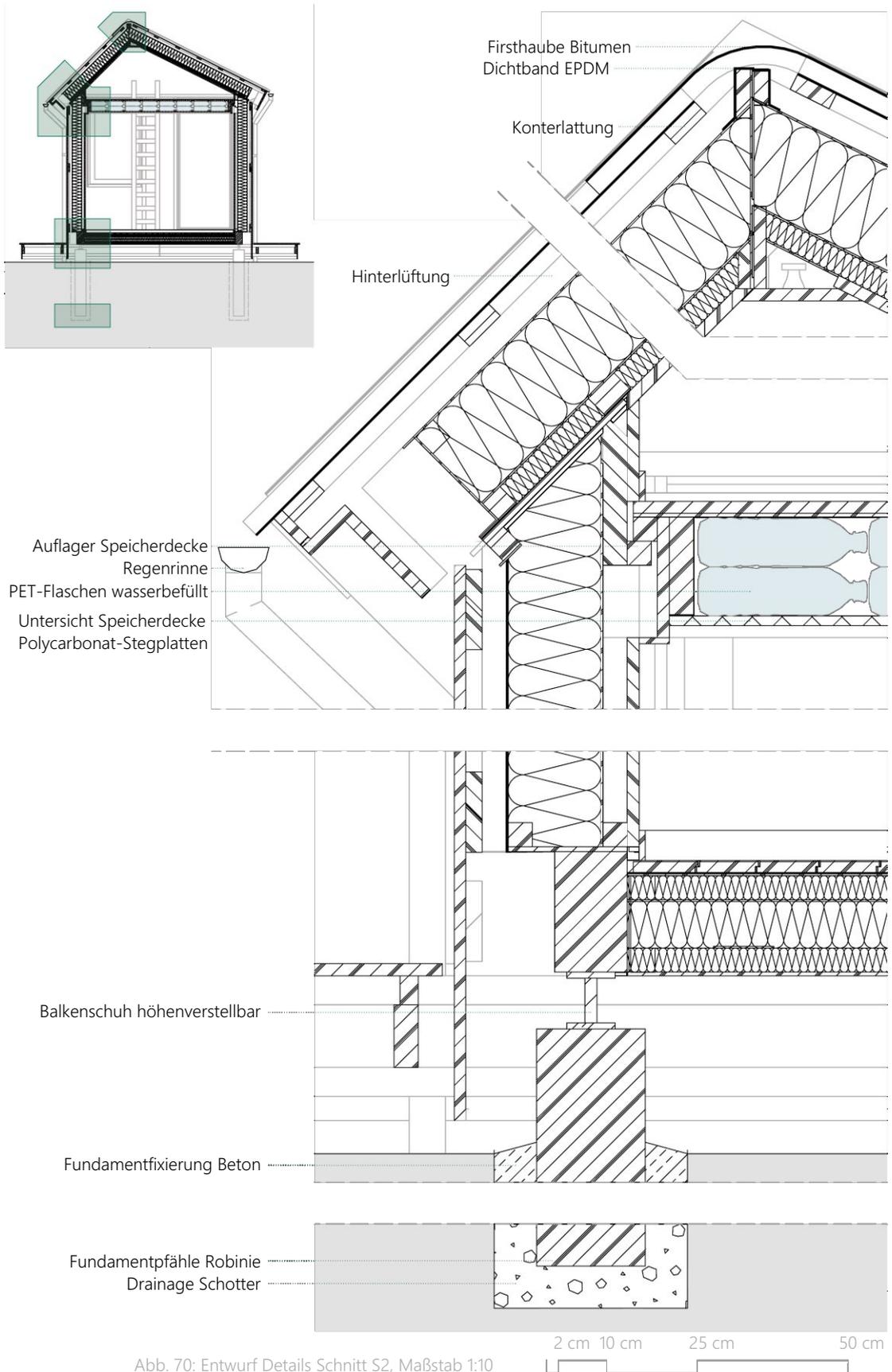


Abb. 70: Entwurf Details Schnitt S2, Maßstab 1:10

# Exkurs: Entwurf Konzeptzusammenfassung

Diese Konzeptdarstellung versucht, den Entwurf möglichst prägnant zusammenzufassen und diene zur Präsentation bei der Suche nach Sponsoren und Förderungen für den Bau eines Prototyps.



Module aus heimischem Vollholz und Biofaserplatten

Dämmung aus recycelten Jutesäcken

Wärme- & Kältespeicher + Beleuchtung aus PET-Flaschen

Wandverkleidungsmodule aus heimischem Vollholz

Fassadenmodule aus Thermofichte

Fußboden aus Recycling-Holz (alter Dachstuhl)

Rahmen aus MH-Massivholz

Abb. 71: Entwurf Konzeptzusammenfassung

## 3.3 Bauprozess pet house

### Video

Ein Video vom gesamten Bauprozess wird auf youtube auf folgendem Kanal zu finden sein:  
<https://www.youtube.com/@felixalexander983>

Alternativ ist das Video über das Data Repository der TU Wien abrufbar:  
<https://researchdata.tuwien.ac.at>  
DOI: 10.48436/rjqr7-0b076

### Fotos

Folgende Fotos (Abb. 72 bis 206) zeigen Impressionen vom Bauprozess, beginnend mit dem Bau und Zusammensetzen der Module in einer Lagerhalle der Firma Vöslauer, über den Transport zum ersten Stellplatz bis zur dortigen Fertigstellung.



Abb. 72: Lagerhalle für den Bau



Abb. 74: Zuschnitt des Bodenrahmens



Abb. 75: Zusammensetzen des Bodenrahmens



Abb. 73: Installation einer Seilwinde als Baukran



Abb. 76: Zuschnitt von Modulbauteilen



Abb. 77: Zuschnitt von Hartfaserplatten



Abb. 79: Zusammenbauen eines Bodenmoduls

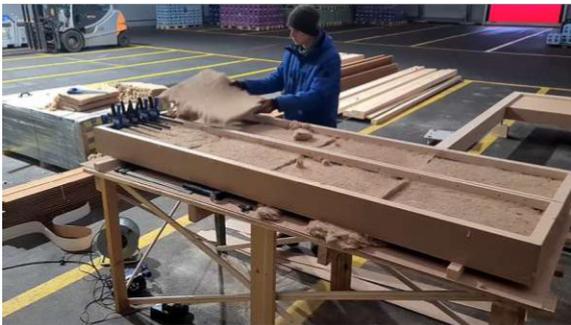


Abb. 81: Dämmen eines Bodenmoduls



Abb. 83: Einbau der Bodenmodule in den Bodenrahmen

Oft war es nicht einfach, gewisse Arbeitsschritte alleine durchzuführen. Daher wurden kurzerhand Lagermitarbeiter von Vöslauer um Hilfe gebeten. (Abb. 83)

Um ein Herausfallen der Dämmung aus der Unterseite der Bodenmodule zu verhindern wurde spontan ein Lattenrost eingebaut. (Abb. 82)

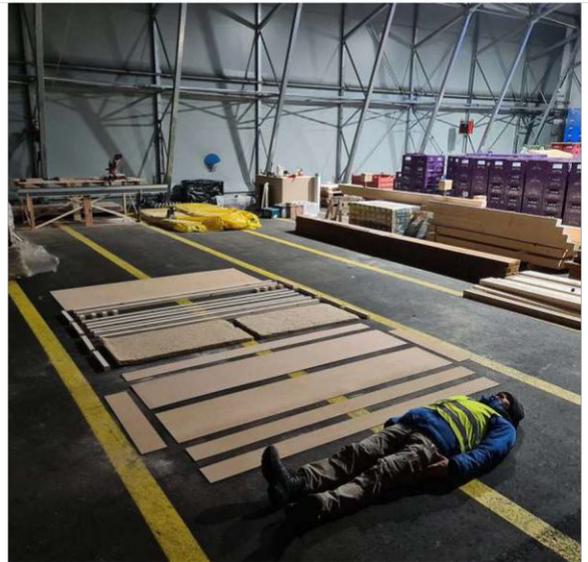


Abb. 78: Bestandteile eines Bodenmoduls (ohne Dämmung, Dampfbremse und Verbindungsmittel)



Abb. 80: Zuschnitt der Dämmmatten



Abb. 82: Fixieren der Dämmung mittels Lattenrost



Abb. 84: Verschrauben der Bodenmodule untereinander



Abb. 85: Verschrauben des Bodenrahmens



Abb. 86: Belastungstest der Bodenmodule



Abb. 87: Zuschnitt komplexerer Modulbauteile



Abb. 88: komplexere Bauteile für ein Eck-Wandmodul



Abb. 89: Bau eines Eck-Wandmoduls



Abb. 90: Dämmen eines Eck-Wandmoduls



Abb. 91: Aufbringen der Dichtungen unter den Wandmodulen



Abb. 92: Aufstellen des ersten Wandmoduls mittels Kran

Der Zuschnitt komplexerer Modulbauteile (Abb. 87) nahm viel Zeit in Anspruch.

Zu Baubeginn wurde mittig über dem Haus eine Kranvorrichtung am Tragwerk der Halle montiert (Abb. 73), um notfalls auch alleine Module bewegen zu können. (Abb. 92) Dies stellte sich jedoch als weder praktikabel, noch notwendig heraus. (Abb. 116)



Abb. 93: Verschrauben des ersten Eck-Wandmoduls mit dem Bodenrahmen



Abb. 94: Aufstellen weiterer Wandmodule



Abb. 95: Module der hinteren Wand: Zwei Fenstermodule und das Technikmodul, inklusive Lüftungsöffnungen

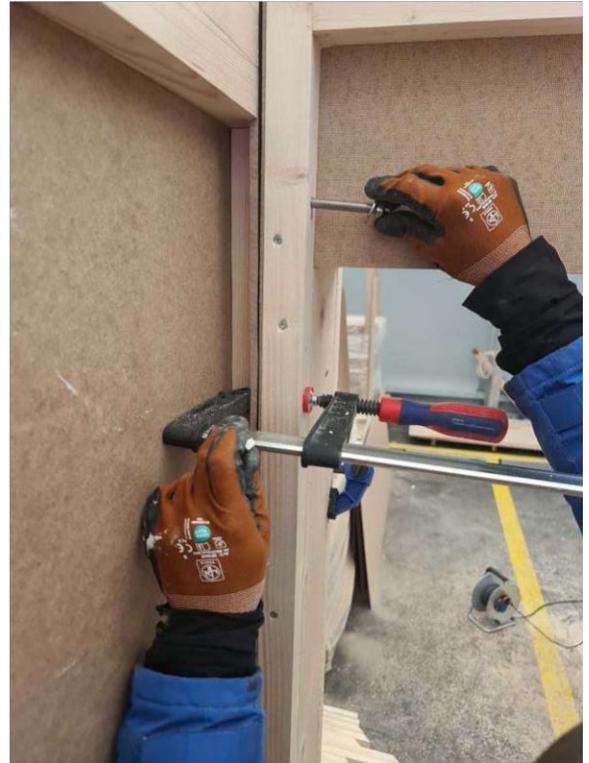


Abb. 96: Verschrauben der Eck-Wandmodule untereinander mittels Gewindebolzen



Abb. 97: Aufstellen weiterer Wandmodule



Abb. 98: Probeliegen in der Fensterlaibung



Abb. 99: alle Wandmodule von oben



Abb. 100: Der fertige Raum lässt sich erahnen.



Abb. 101: Hineinspüren in den unfertigen Raum



Abb. 102: Belastungstest des Türsturzes

Ursprünglich war geplant, sämtliche Module nur mittels Gewindebolzen zu verbinden (Abb. 96). Dies stellte sich als arbeitsintensiv heraus und wurde zugunsten von Holzschrauben nur für Rahmen und Eckmodule beibehalten, da dort die vorgebohrten Bolzenlöcher das Ausrichten beim Zusammenbauen erleichtern.



Abb. 103: Auswahl des stirnseitigen Abschlussbretts der Speicherdecke



Abb. 104: Einbau der Speicherdeckenmodule



Abb. 105: Anlieferung der Fenster von WKFenster



Abb. 106: Einbau der Fenster von WKFenster



Abb. 107: Zuschnittliste für restliche Module



Abb. 108: Zuschnittmarathon für restliche Module



Abb. 109: gruppierte Modulbauteile



Abb. 110: Altholz und aufbereitetes Altholz



Abb. 111: Montage des hinteren Giebelmoduls



Abb. 112: Montage des vorderen Giebelmoduls



Abb. 113: Montage des ersten Dachmoduls



Abb. 114: Montage weiterer Dachmodule



Abb. 115: Montagehilfen für die Dachmontage



Abb. 116: scheiternder Versuch, die restlichen Dachmodule mittels Kran auf das Haus zu heben

Um die Dachmodule auch unverschraubt auf das Haus heben zu können, wurden Montagehilfen angebracht. (Abb. 115)



Abb. 117: Zustand des Hauses vor Demontage & Transport



Abb. 118: Demontage für den Transport



Abb. 119: Demontage für den Transport



Abb. 120: Demontage für den Transport



Abb. 121: Demontage für den Transport



Abb. 122: Das zerlegte Haus



Abb. 123: Verfrachten der Module



Abb. 124: Transport der Module

Da das tägliche Pendeln nach Bad Vöslau viel Zeit in Anspruch nahm und der ursprüngliche Plan, das pet house im Thermalbad Vöslau auszustellen, verworfen wurde, wurde das Haus im unfertigen Zustand auf den designierten ersten Stellplatz gebracht. Da hierbei auch die gesamte Baustelle und alle noch unverbauten Materialien transportiert werden mussten, nahm der Transport inklusive Auf- und Abbau insgesamt 206 Personenstunden in Anspruch.

Die Zufahrt zum ersten Stellplatz ist so steil und eng, dass sie nur mit PKW und dann nur im ersten Gang mit Vollgas befahrbar ist. Da dies für den Transport der Module zu gefährlich schien, kam stattdessen ein Pick-Up-Truck mit Untersetzungsgetriebe zum Einsatz, der in 14 Fahrten sämtliche Module auf das Grundstück beförderte. (Abb. 124)



Abb. 125: Abladen der Module



Abb. 127: Transport der Speicherdeckenmodule und des Baumaterials für die Fertigstellung



Abb. 128: Transport der PET-Flaschen



Abb. 126: Transport von Baumaterial, Werkzeug und Baustellen-ausrüstung

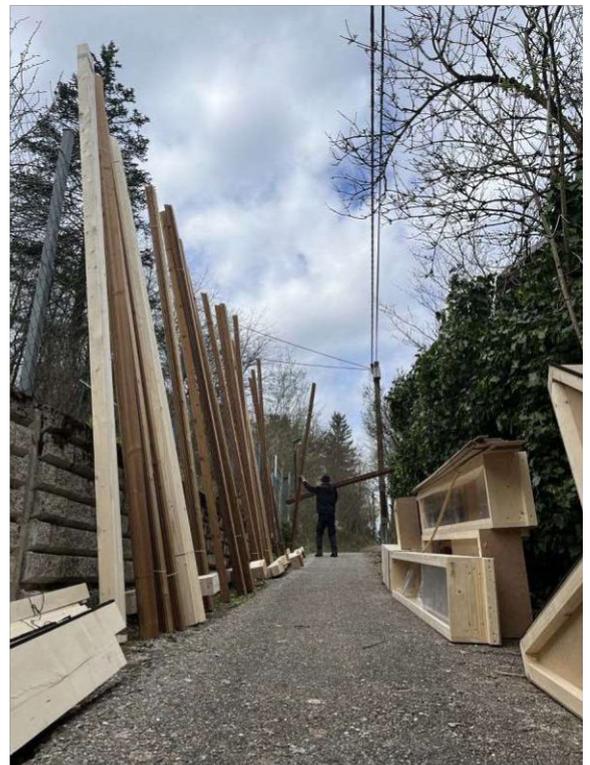


Abb. 129: Transport der Speicherdeckenmodule und des Baumaterials für die Fertigstellung



Abb. 130: Graben der Fundamente



Abb. 131: steiniges Aushubmaterial



Abb. 132: Aufbereitung der Fundamentpfähle



Abb. 133: Einsetzen der Fundamentpfähle



Abb. 134: eingesetzte Fundamentpfähle



Abb. 135: Drainage aus gesäubertem Aushubmaterial



Abb. 136: Kürzen der eingesetzten Fundamentpfähle auf benötigte Höhe



Abb. 137: Kürzen des letzten Fundamentpfahls

Das Graben der Fundamente stellte sich als enorm mühsam heraus, da der Boden sehr steinig war. Ein Loch mittels Handbagger, Brechstange und Händen bis in frostfreie Tiefe (80 bis 100cm) zu graben, dauerte in etwa zwei Stunden. (Abb. 130) Die ausgegrabenen Steine wurden gesäubert und dann rund um die Fundamentpfähle als Drainage wieder eingebracht. (Abb. 135)

Die Fundamentpfähle waren durch die Drainagesteine nur insoweit lose fixiert, dass sie nicht von alleine ihre Position änderten, ansonsten aber frei beweglich. Dies erleichterte die Ausrichtung des Bodenrahmens beim Zusammenbauen des Hauses enorm. Erst nach erfolgtem Zusammenbauen wurden die Fundamente mit Beton fixiert. (Abb. 162)



Abb. 138: Montage des Bodenrahmens auf Fundamenten



Abb. 139: Zusammensetzen des Bodenrahmens



Abb. 140: Einsetzen der Bodenmodule



Abb. 141: eingesetzte Bodenmodule



Abb. 142: Aufstellen des ersten Wandmoduls



Abb. 143: Montage der weiteren Wandmodule



Abb. 144: Montage des ersten Giebelmoduls



Abb. 145: Montage des Eingangstürmoduls

Das Zusammenbauen des "Rohbaus", also sämtlicher Module ohne Fassade, Innenverkleidung, Boden, Elektrik und Terrasse dauerte zwei Tage. (Abb. 138 bis 151)

Auch ohne Dachdeckung und Fassade stellte sich dieser "Rohbau" (Abb. 154) als regenfest heraus, was für sein Funktionieren als zweite wasserführende Ebene spricht.

Die lange Zeit ungeklärte Frage, wie die Dachmodule ohne Kran auf das Haus zu befördern sind, wurde durch die spontane Eingebung gelöst, die Speicherdecke, welche die Schlafnische bildet, verschiebbar zu gestalten. (Abb. 147) Die so entstandene mobile Plattform konnte damit mit dem Bau des Daches mitwandern und immer an der idealen Position sein. (Abb. 148 bis 151)



Abb. 146: Giebelfenster



Abb. 147: Verschieben der Speicherdecke Arbeitsplattform



Abb. 148: Montage des ersten Dachmoduls



Abb. 149: Montage weiterer Dachmodule



Abb. 150: Montage weiterer Dachmodule



Abb. 151: Montage des letzten Dachmoduls



Abb. 152: Montage der Dachlattung

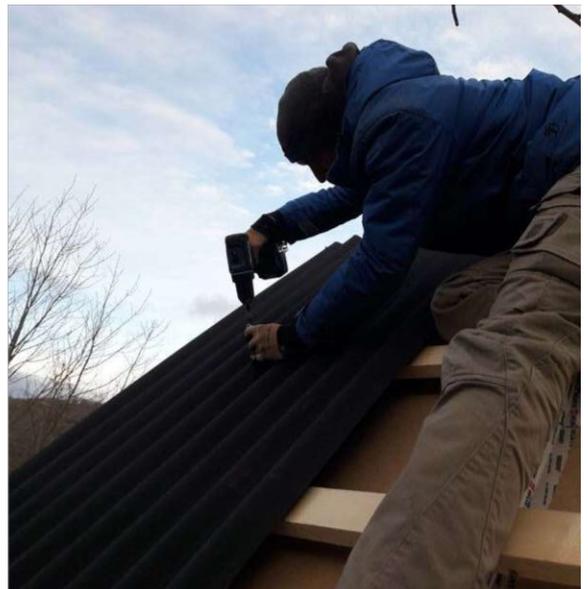


Abb. 153: Montage der Dachdeckung

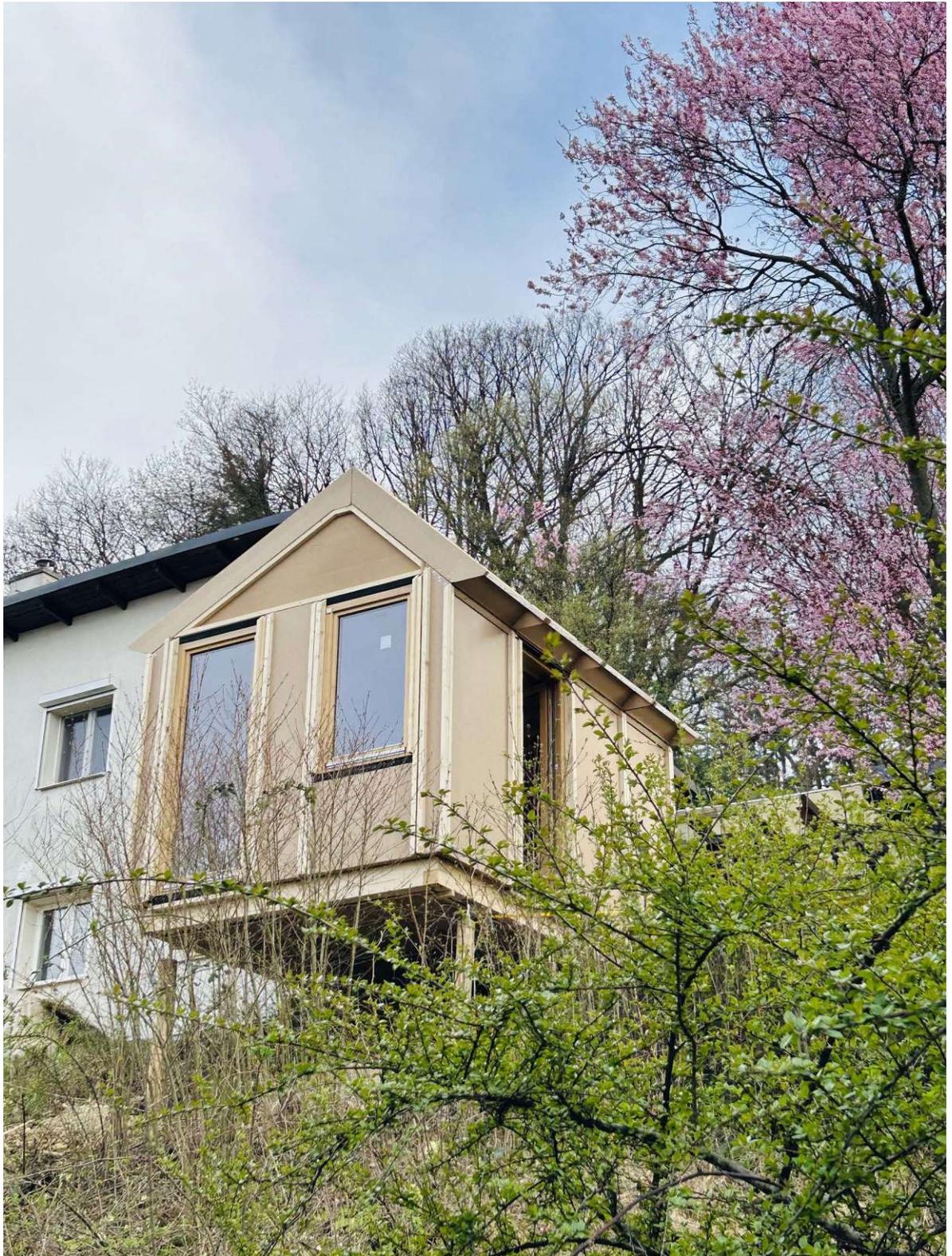


Abb. 154: Das pet house nach dem Transport und Zusammenbauen der vorproduzierten Module



Abb. 155: Montage der Dachdeckung



Abb. 156: Montage der Dachdeckung



Abb. 157: Montage der Firsthauben



Abb. 158: Montage der Ortgangbretter



Abb. 159: Montage der Ortgangdeckung



Abb. 160: Montage der Ortgangdeckung



Abb. 161: Anmischen des Betons



Abb. 162: Betoneinfassung rund um die Fundamentpfähle, um diese zu fixieren

Um Arbeiten am Dach ohne Gerüst bewerkstelligen zu können, wurden Steighilfen an der Fassade montiert und mittels Klettergurt eine Absturzsicherung an der Dachlattung angebracht. (Abb. 159 und 160)



Abb. 163: abgehängte I-Träger mit Stegen aus Hartfaser als Unterkonstruktion für den umlaufenden Steg



Abb. 164: Unterkonstruktion für den umlaufenden Steg



Abb. 165: Dachpappe als Witterungsschutz



Abb. 166: Montage der wiederaufbereiteten Bretter



Abb. 167: Montage der letzten Bretter



Abb. 168: Ablängen der Bretter



Abb. 169: Schleifen des Steges

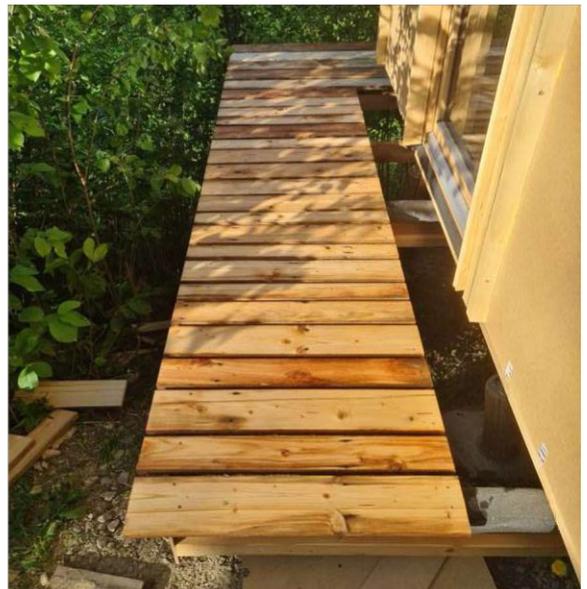


Abb. 170: geölter umlaufender Steg

Der Bau eines umlaufenden Stegs war auch nötig, um eine Arbeitsplattform für den Bau der Fassadenmodule zu haben. Als Konstruktion wurde das gleiche I-Träger-Prinzip (Abb. 163) aus Hartfaserplatten und Vollholz, wie beim Haus angewendet. Die Beplankung wurde aus altem, wiederaufbereitetem Dachstuhlholz hergestellt. (Abb. 170)



Abb. 171: Montage der Außenfensterbänke



Abb. 172: Montage der Querlattung für die Fassadenmodule



Abb. 173: Montage der Fassade



Abb. 174: Montage der Fassade



Abb. 175: Unterkonstruktion der Fassadenmodule



Abb. 176: Einpassung der Fassadenbretter



Abb. 177: Montage der letzten Fassadenbretter



Abb. 178: fast fertiggestellte Fassade

Die Aufteilung der Fassadenmodule und ihrer Unterkonstruktion erfolgte "ad hoc" und nicht nach exaktem Plan, da nur so auf Naturmaße eingegangen werden konnte. (Abb. 175 bis 177)

Die genaue Ausgestaltung der Verkleidung der Traufe wurde ebenfalls relativ spontan entworfen. Hier hätte ein genaueres Planen im Vorhinein einiges an Arbeit erspart. (Abb. 179 und 181)



Abb. 179: Montage der rechten Traufenverkleidung



Abb. 180: Anpassung der Fassade an die Traufe



Abb. 181: Verkleidung der linken Traufe



Abb. 182: Montage der Regenrinnen



Abb. 183: von Außen fertiges pet house



Abb. 184: Dämmen der Türschwellen



Abb. 185: Abdichten der Türschwellen gegen Diffusion



Abb. 186: fertige Unterkonstruktion der Türschwellen

Die Vereinbarkeit von Dämmung, Diffusionsdichtigkeit und Zerlegbarkeit war an den Türschwellen eine besondere Herausforderung. Abb. 184 bis 186 zeigen die gewählte Lösung.

Um die Montagehilfen für das Zusammenbauen auch für künftige Transporte zur Verfügung zu haben, wurden diese kurzerhand in die Installationsebene der Dachmodule eingelagert. (Abb. 189)



Abb. 187: Innenverkleidungsmodule und Dämmung



Abb. 188: Einpassen der Innenverkleidung



Abb. 190: fast fertige Innenverkleidung



Abb. 189: Lagern der Montagehilfen in der Installationsebene



Abb. 191: letztes Innenverkleidungsmodul

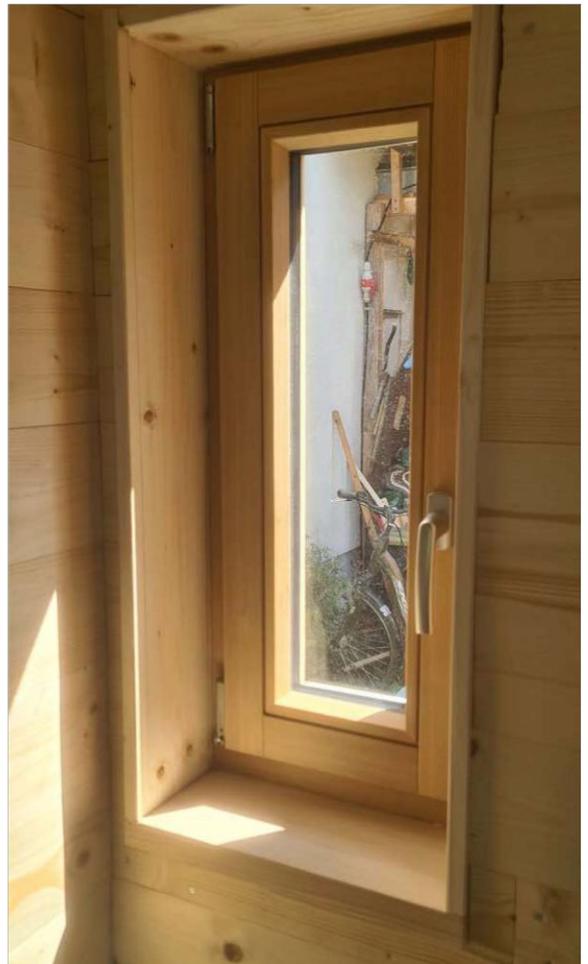


Abb. 192: Verkleidung der Fensterlaibungen



Abb. 193: Befüllen der Speicherdecke mit gefüllten Vöslauer Mehrweg PET-Flaschen



Abb. 194: Befüllen der Speicherdecke mit gefüllten Vöslauer Mehrweg PET-Flaschen



Abb. 195: Test der Speicherdecken-Hintergrundbeleuchtung



Abb. 196: erstes Fußbodenmodul verlegen



Abb. 197: zwei von drei verlegten Fußbodenmodulen



Abb. 198: drittes Fußbodenmodul



Abb. 199: Einbau der Leiter



Abb. 200: Verschrauben der Leiter



Abb. 201: Testen der Leiter



Abb. 202: Einbau des Sideboards



Abb. 203: Fugen zwischen Innenverkleidungsmodulen ohne Blendleisten

Da die Holzvertäfelung in Modulbreite zerlegbar sein muss, war eine versetzte Verlegung nicht möglich. Dies führte zu unansehnlichen Fugen, (Abb. 203) welche mit Blendleisten abgedeckt wurden. (Abb. 205 und 206)

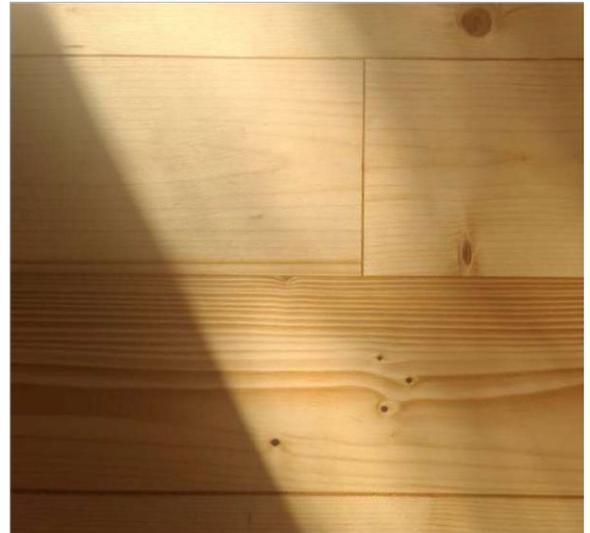


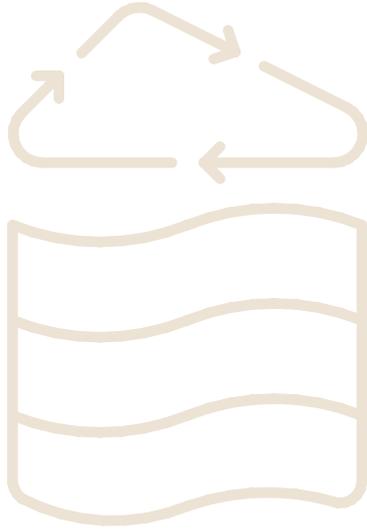
Abb. 204: verspachtelte Fugen zwischen Fußbodendielen



Abb. 205: Montage der Blendleisten



Abb. 206: Montage der Blendleisten



## 3.4 Das fertige pet house

Die folgenden Abbildungen 207 bis 253 zeigen den fertiggestellten Prototypen im unmöblierten und im bereits bewohnten Zustand. Die einzigen geplanten aber noch nicht durchgeführten Arbeiten sind die Errichtung einer umlaufenden Absturzsicherung und die stirnseitige Verkleidung des umlaufenden Steges.



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



Abb. 208: pet house außen 2



Abb. 209: pet house außen 3



Abb. 210: pet house außen 4



Abb. 211: pet house außen 5



Abb. 212: pet house außen 6



Abb. 213: pet house leer 1

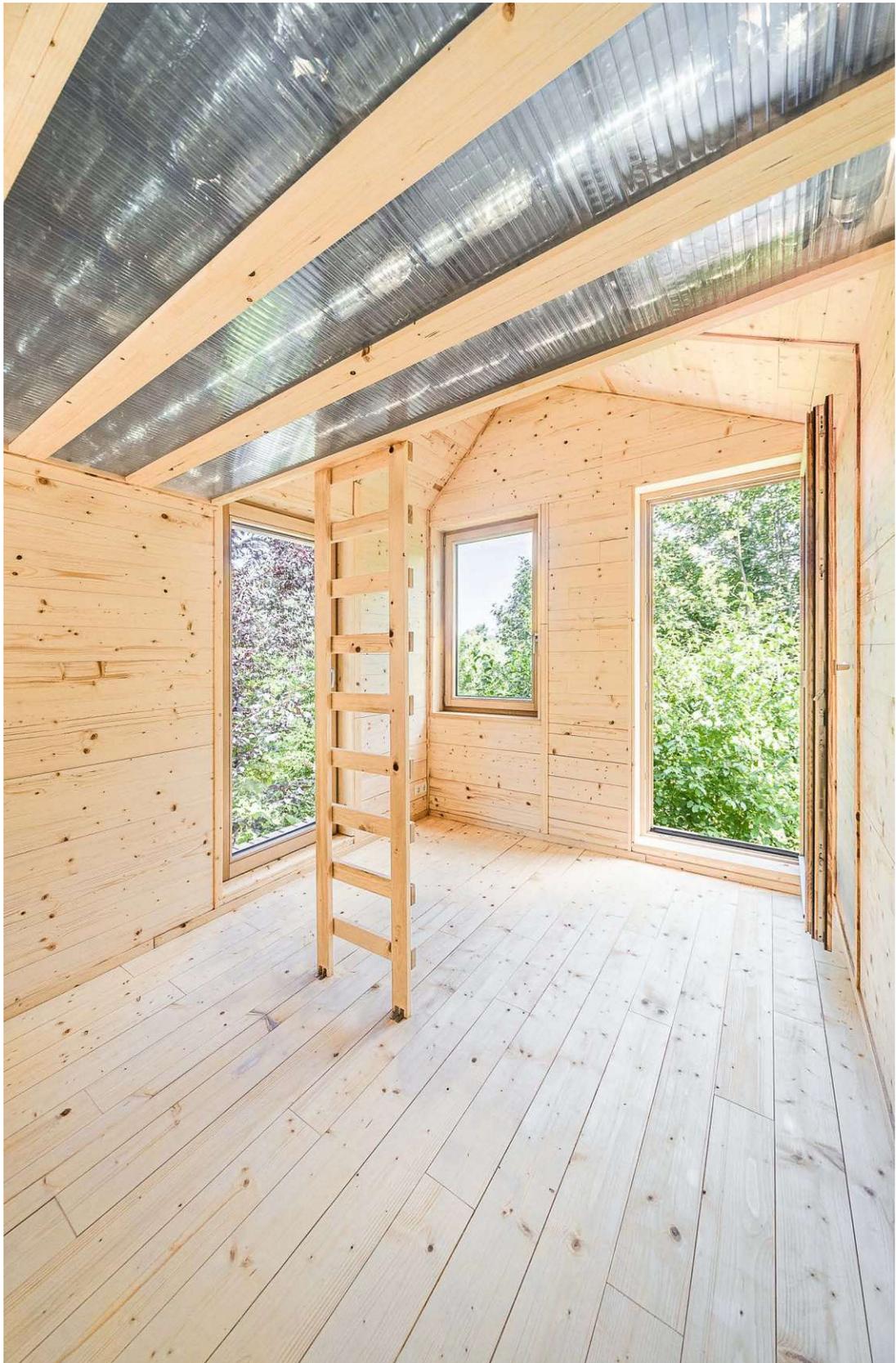


Abb. 214: pet house leer 2



Abb. 215: pet house leer 3

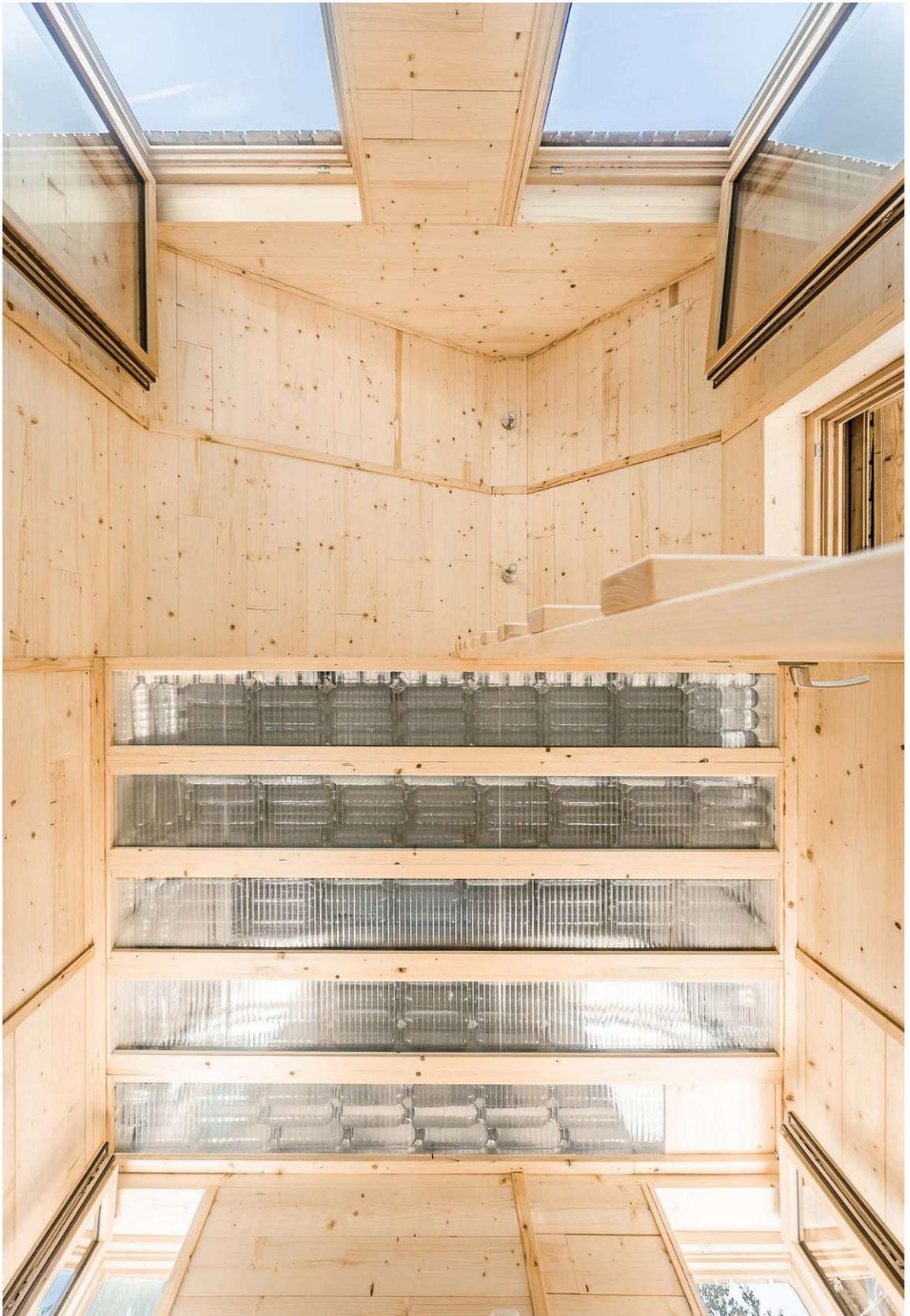


Abb. 216: pet house leer 4

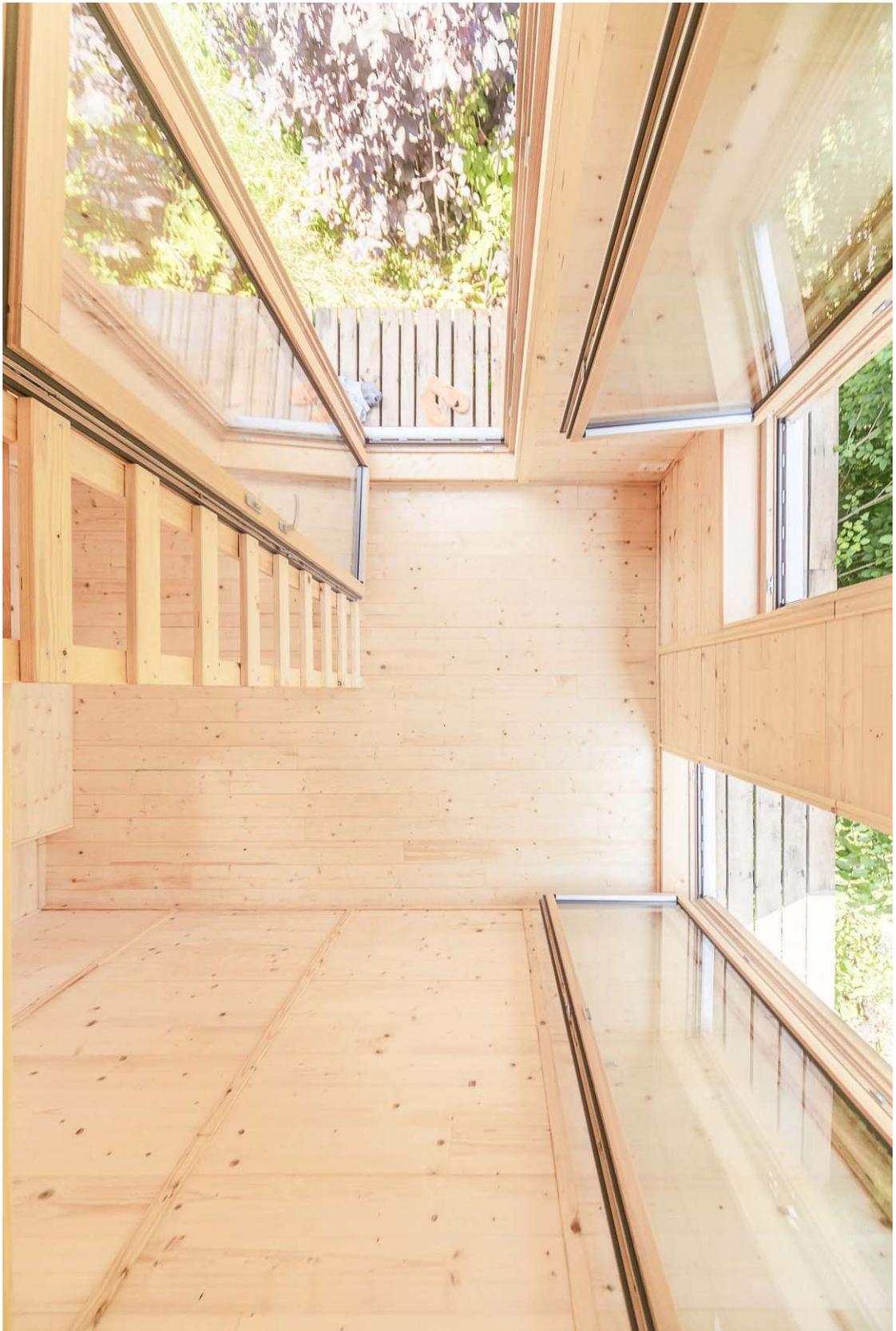


Abb. 217: pet house leer 5



Abb. 218: pet house leer 6

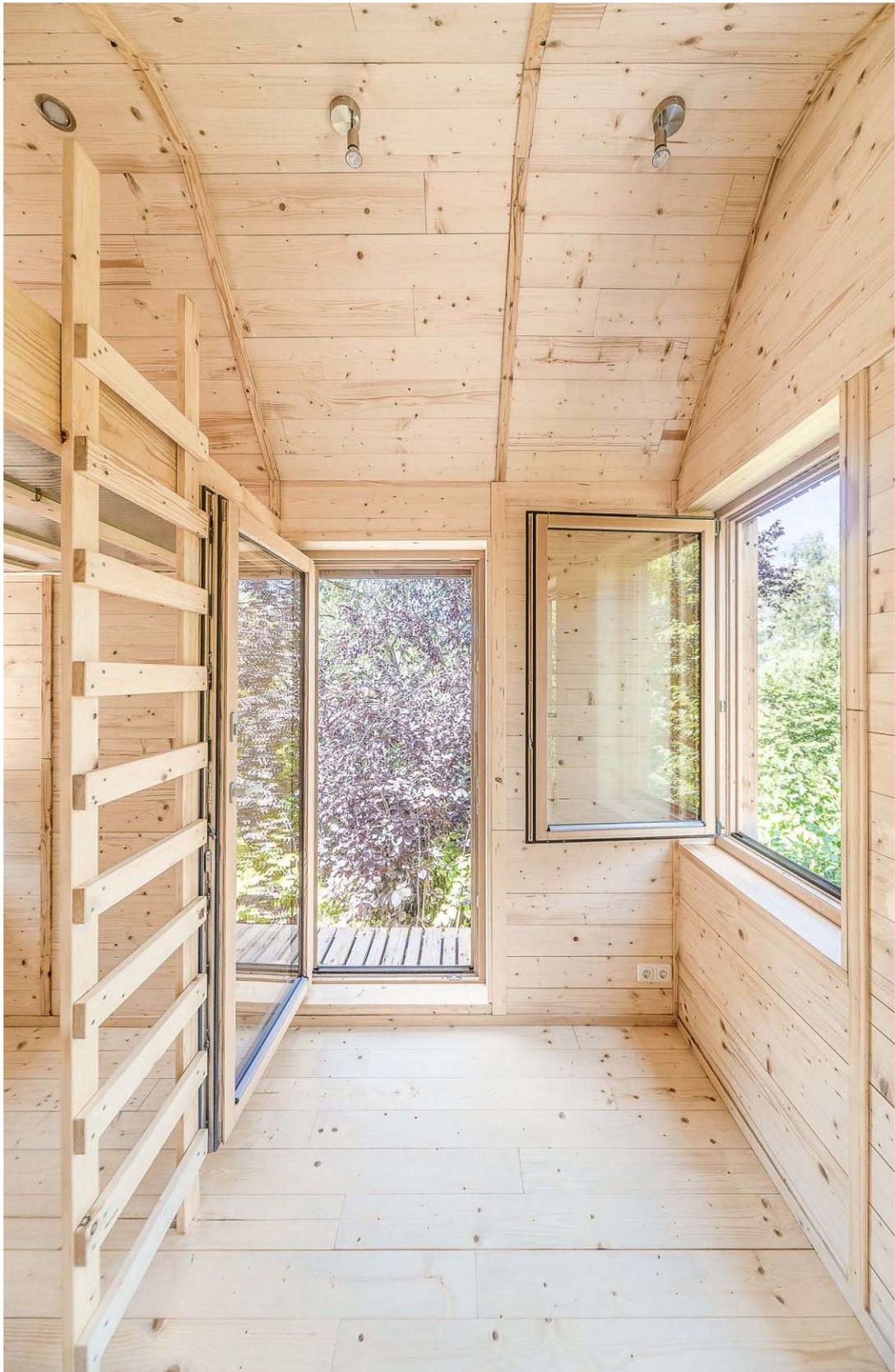


Abb. 219: pet house leer 7



Abb. 220: pet house außen 7

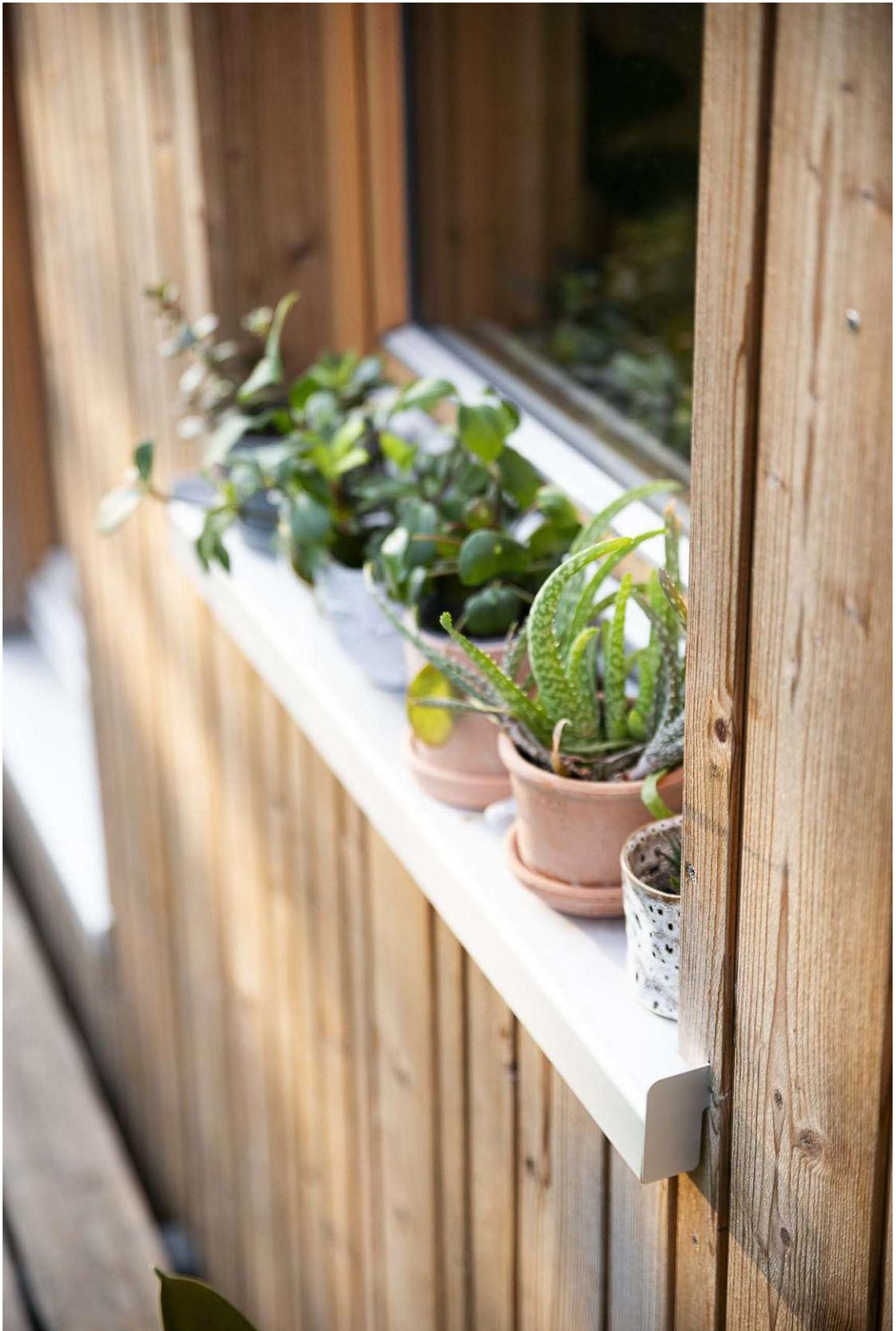


Abb. 221: pet house außen 8

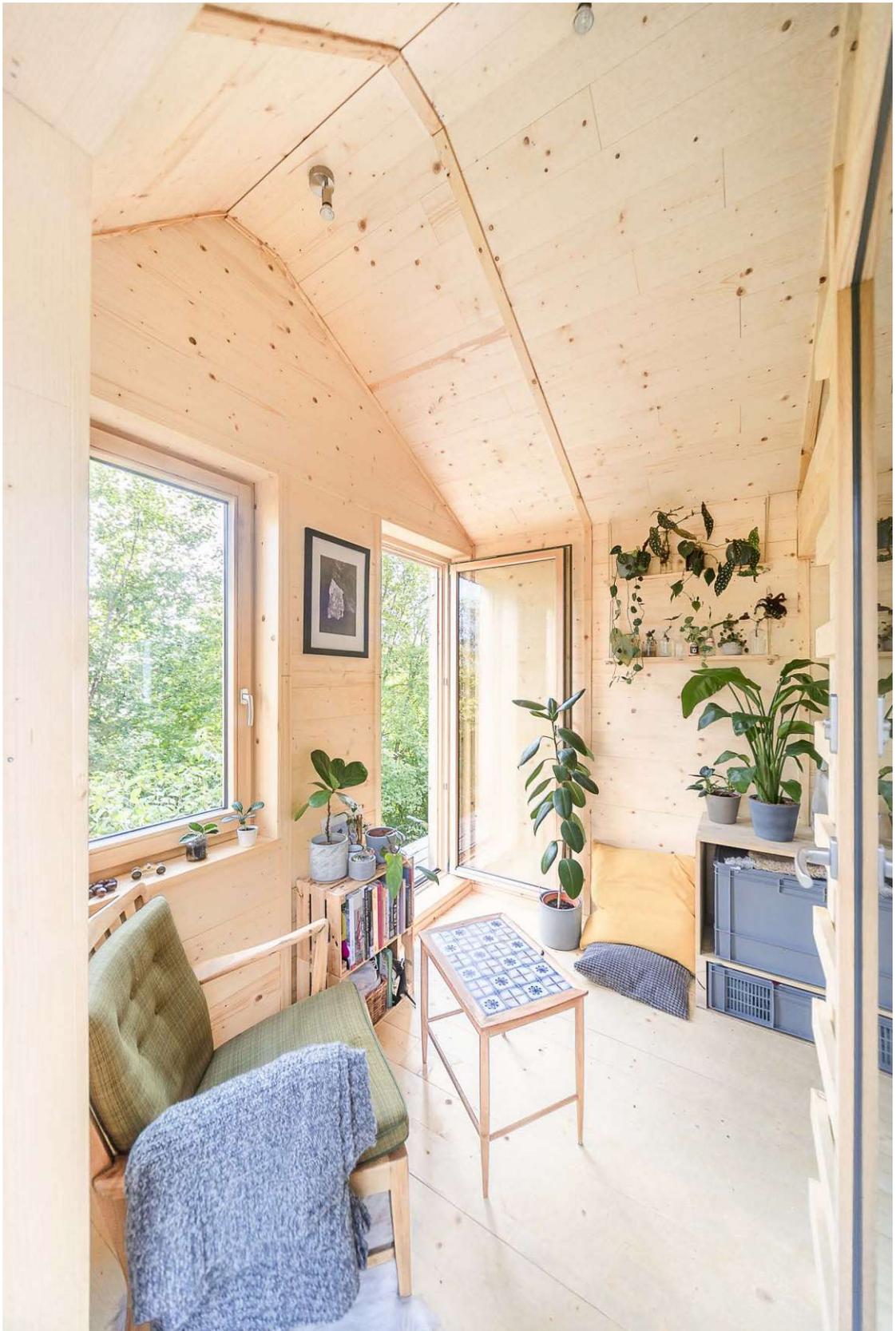


Abb. 222: pet house eingerichtet 1



Abb. 223: pet house eingerichtet 2



Abb. 224: pet house eingerichtet 3



Abb. 225: pet house eingerichtet 4



Abb. 226: pet house eingerichtet 5

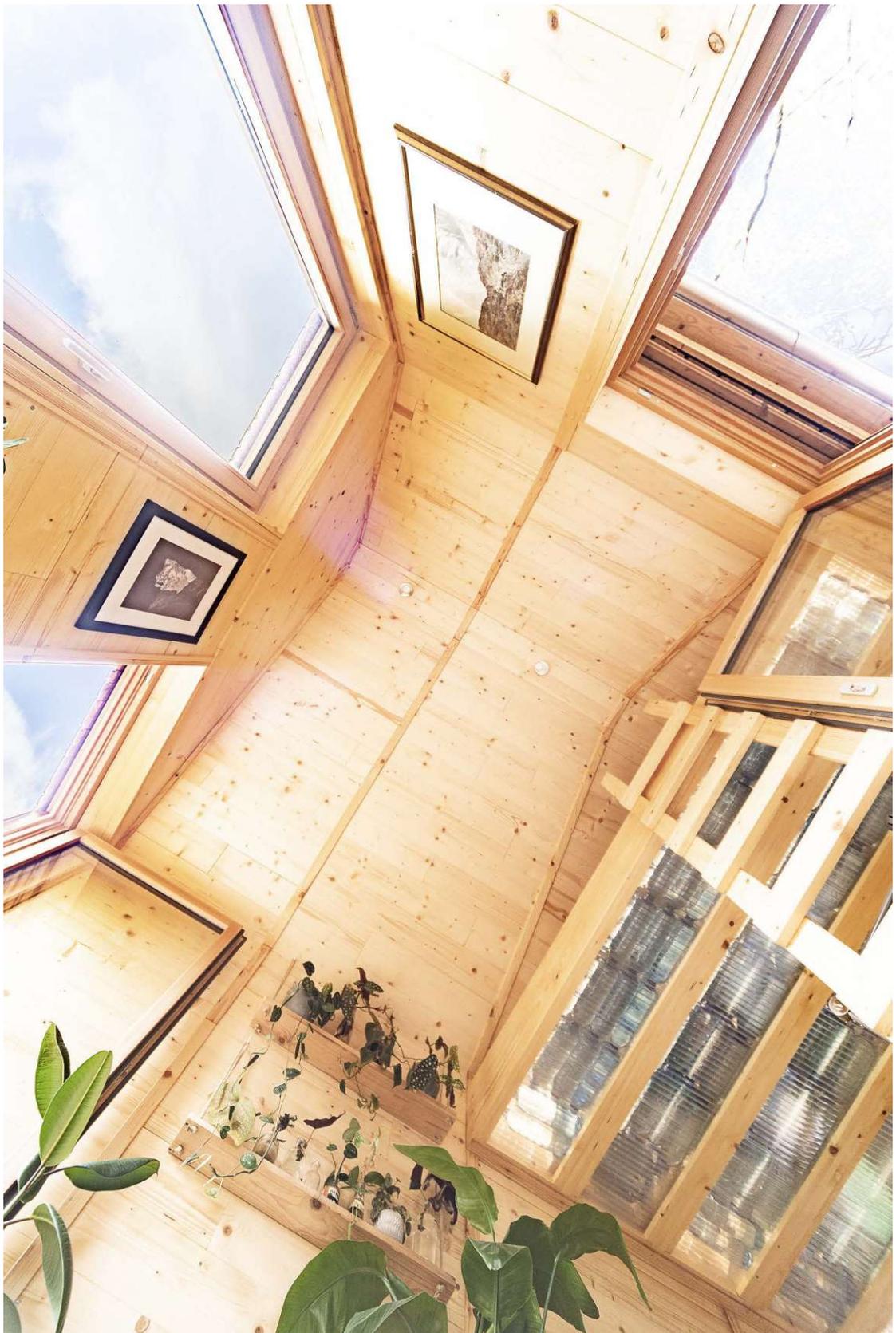


Abb. 227: pet house eingerichtet 6



Abb. 228: pet house eingerichtet 7

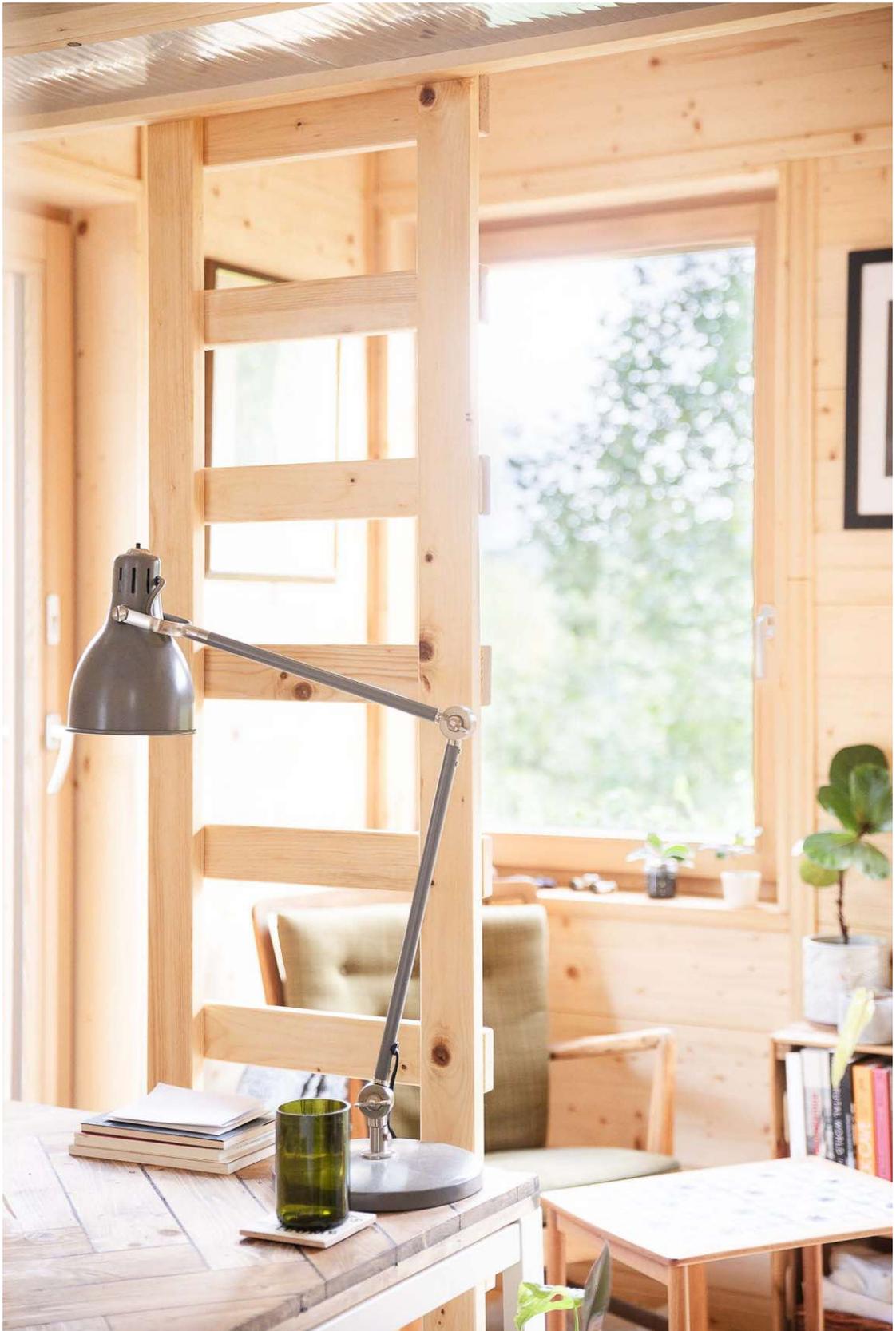


Abb. 229: pet house eingerichtet 8



Abb. 230: pet house eingerichtet 9



Abb. 232: pet house eingerichtet 10

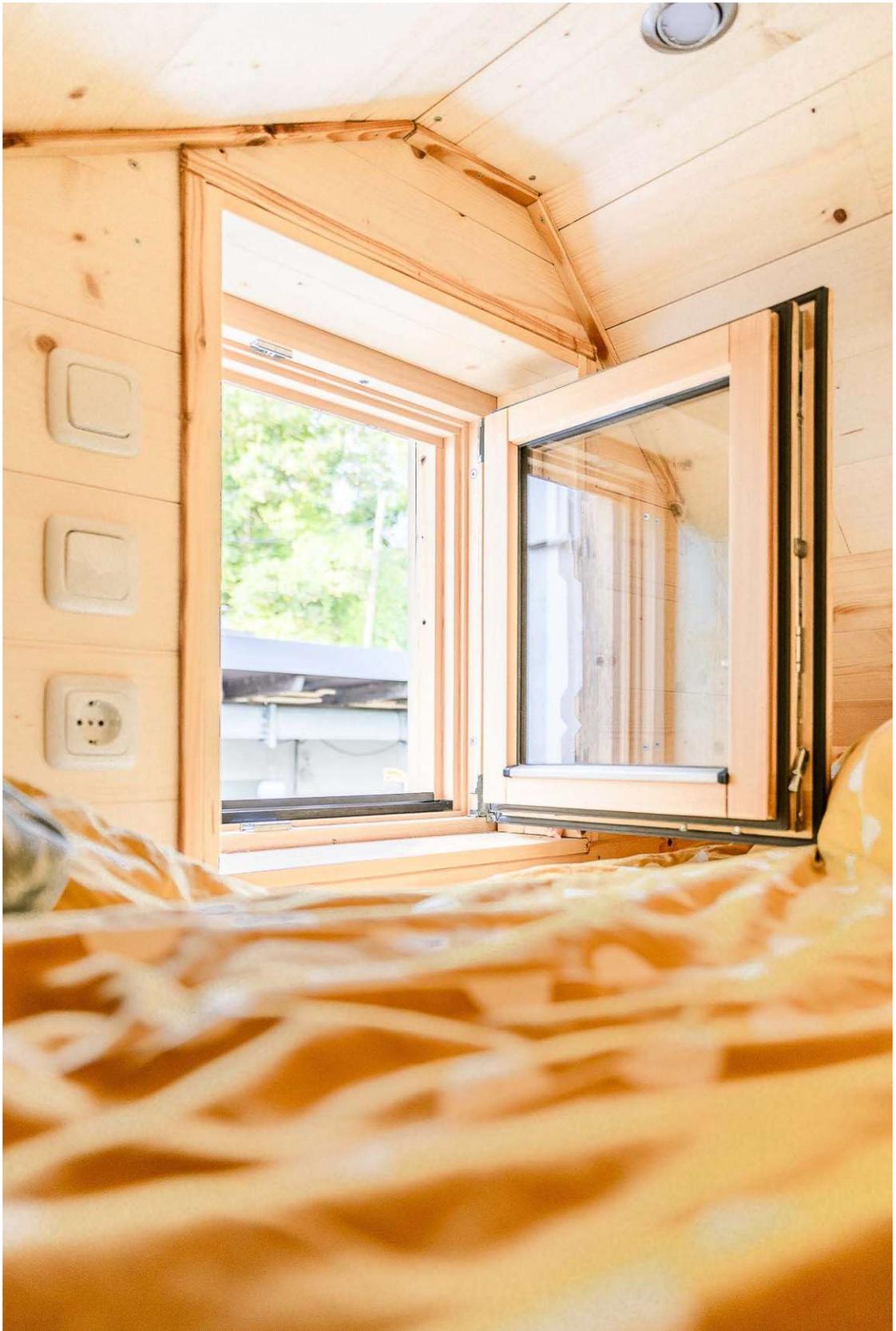


Abb. 232: pet house eingerichtet 11

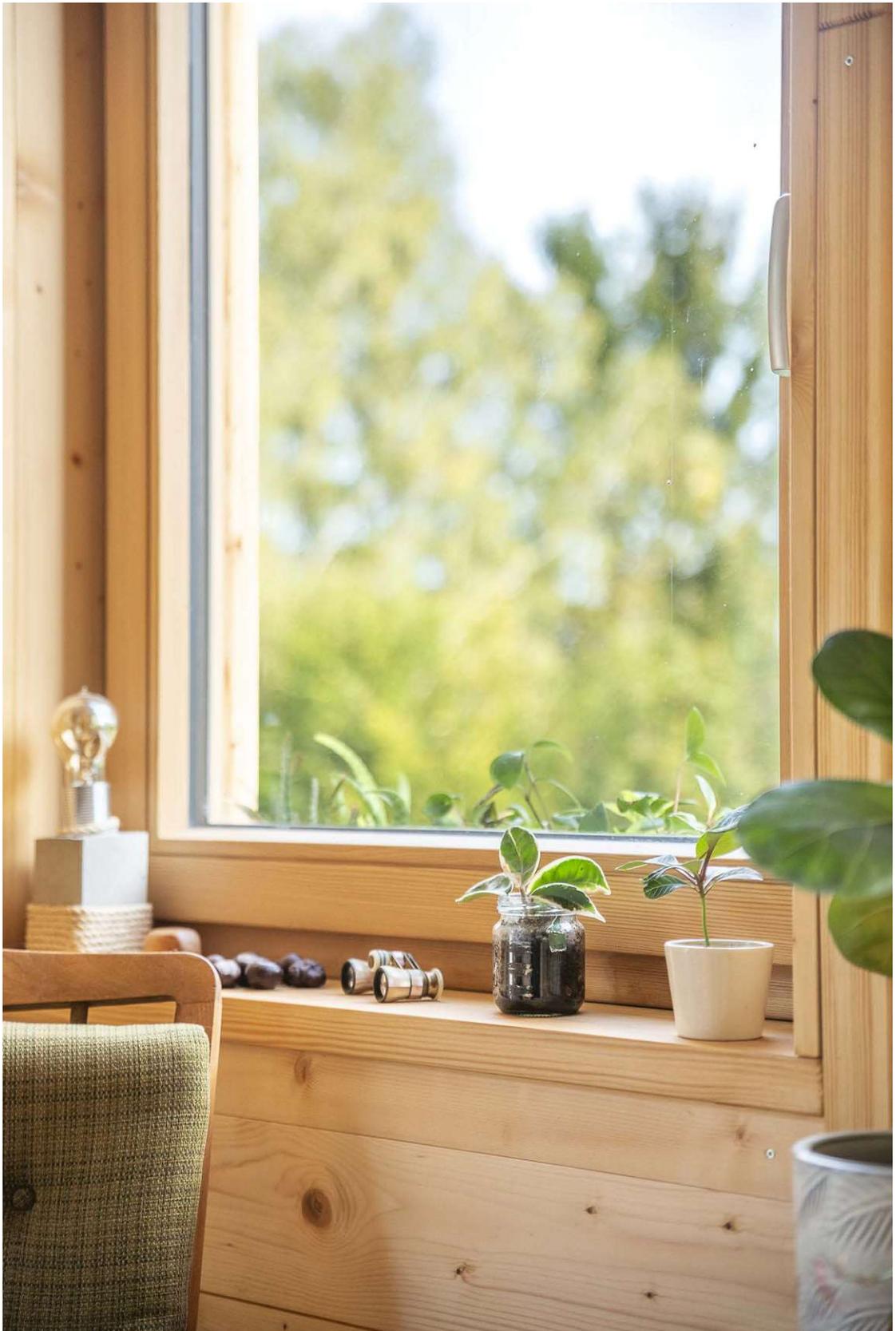


Abb. 233: pet house eingerichtet 12

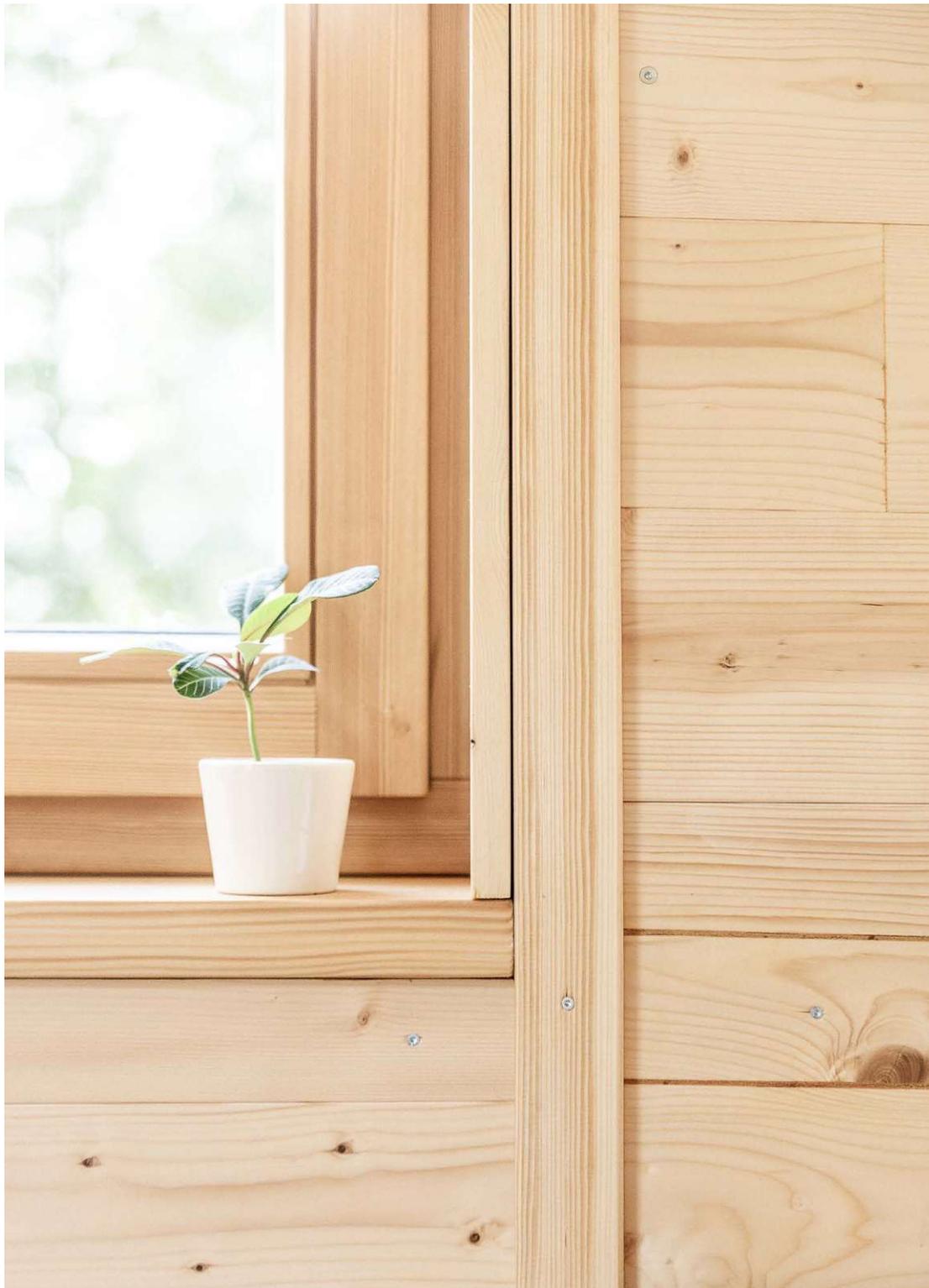


Abb. 234: pet house eingerichtet 13

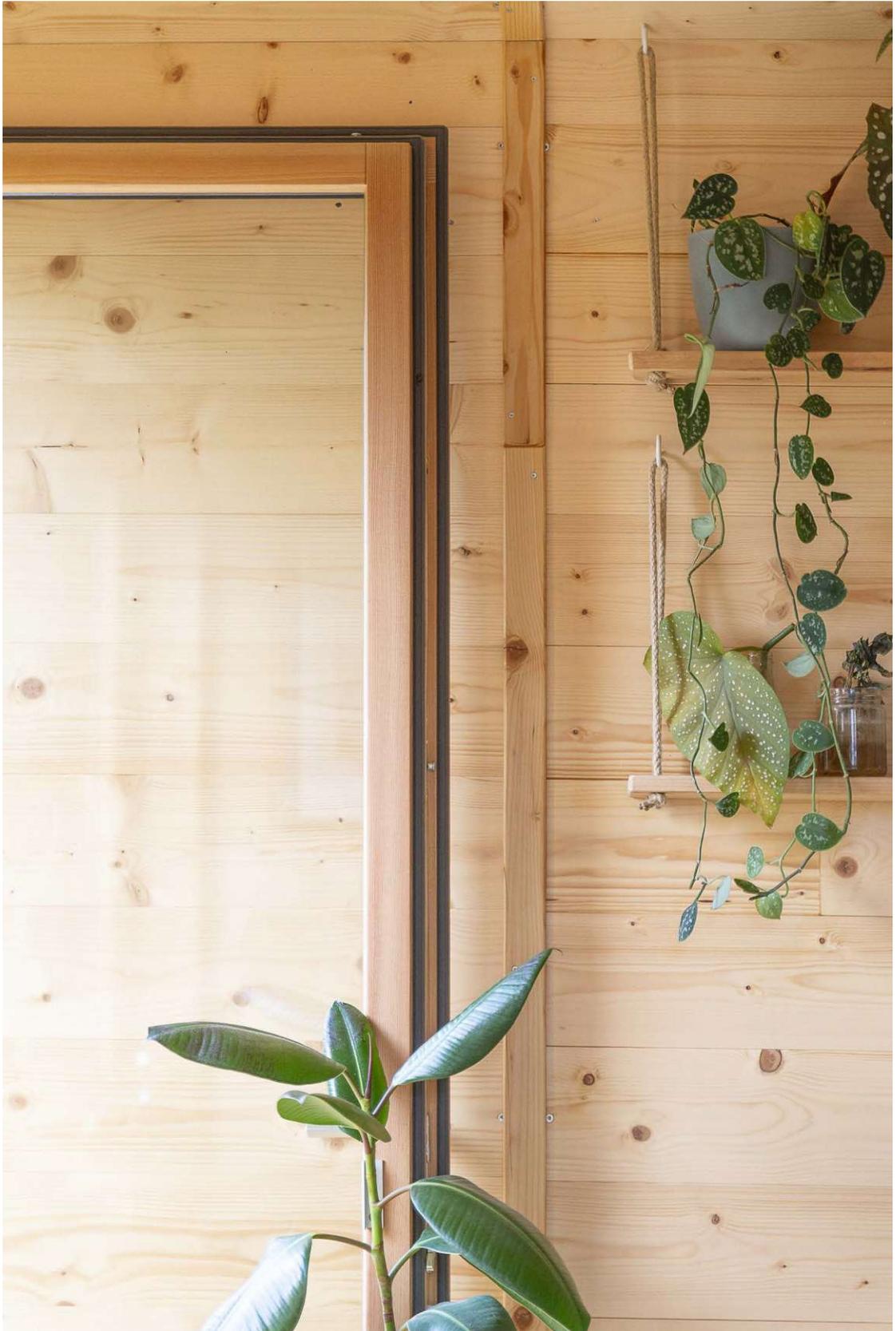


Abb. 235: pet house eingerichtet 14

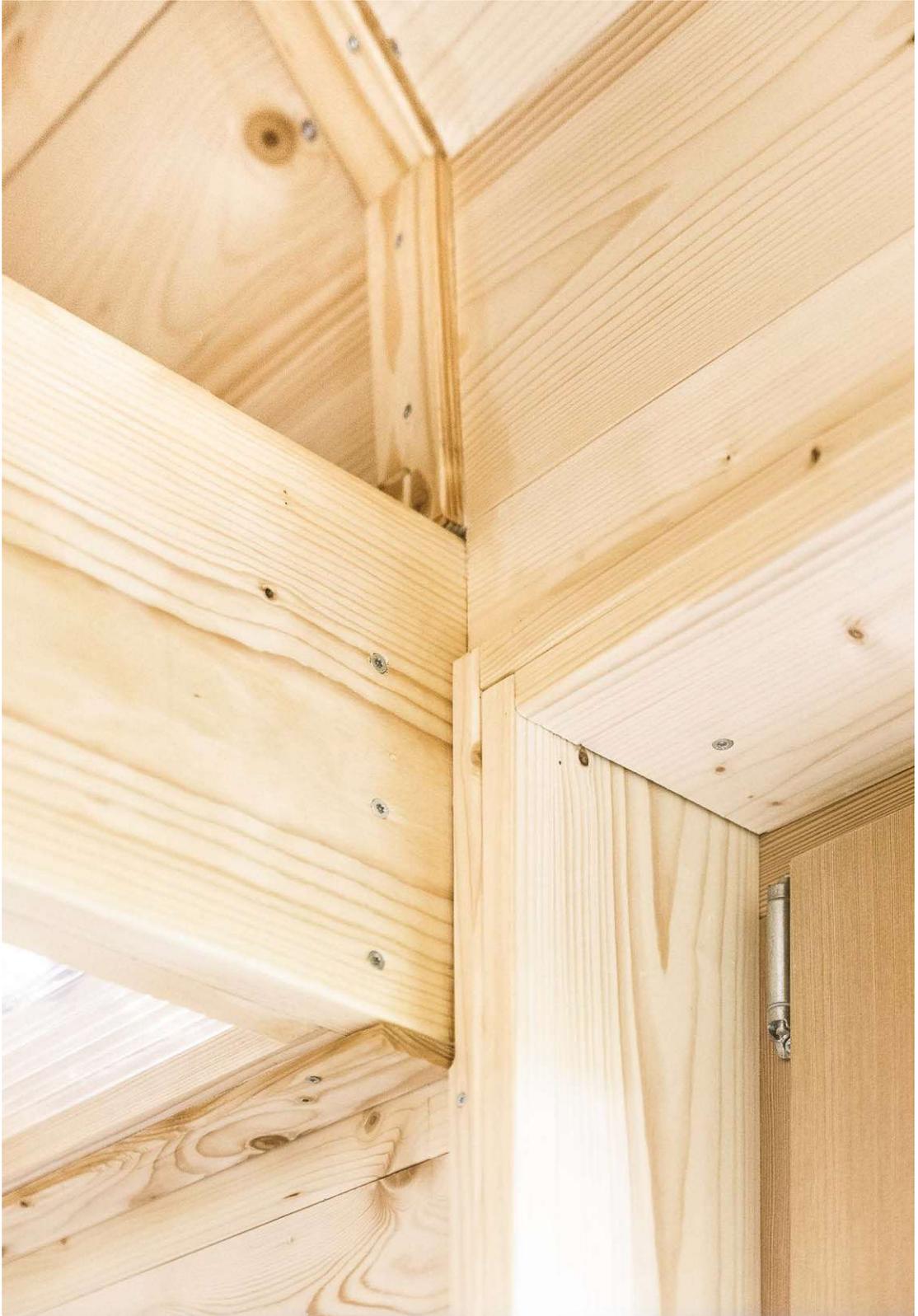


Abb. 236: pet house eingerichtet 15



Abb. 237: pet house außen 9

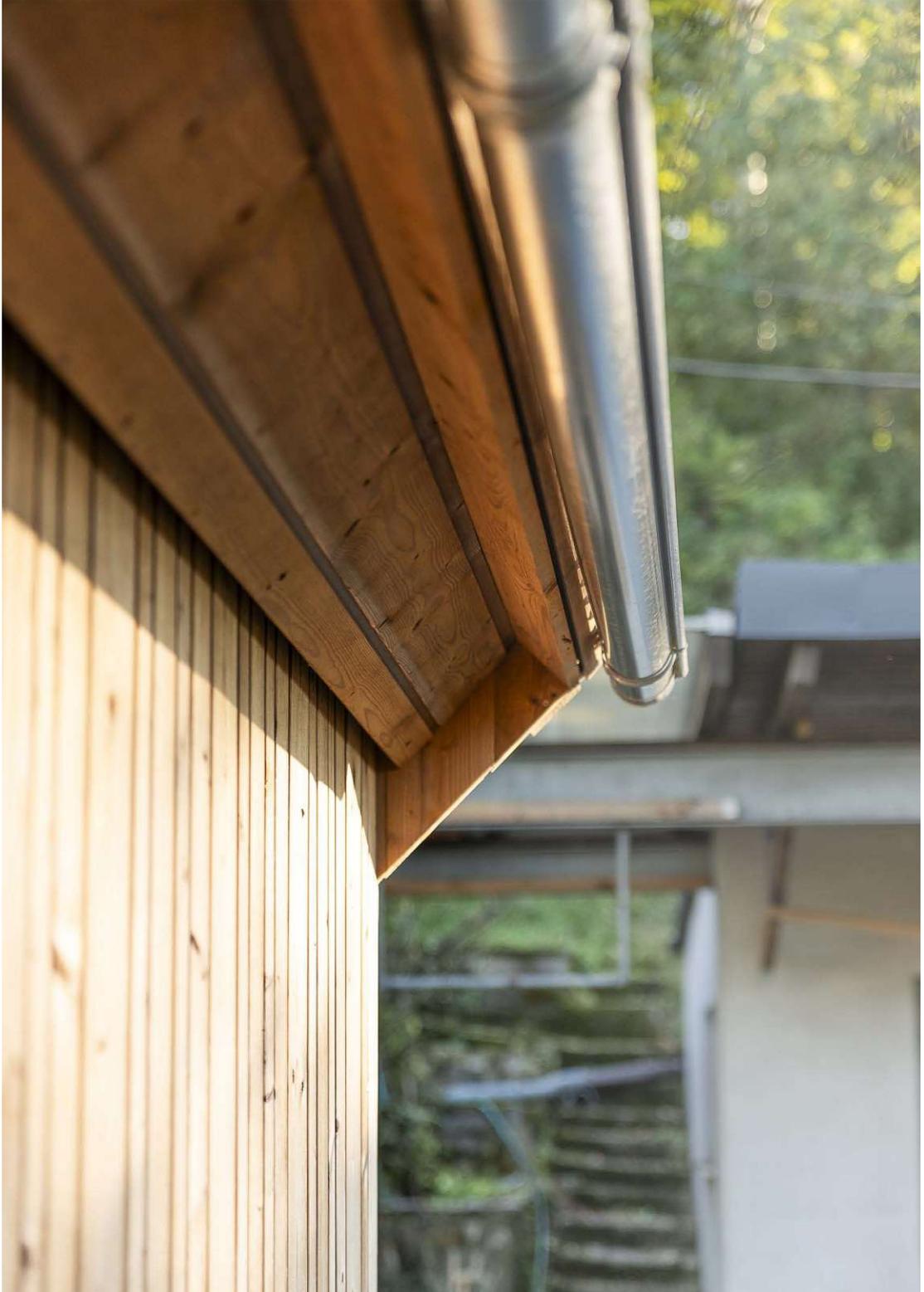


Abb. 238: pet house außen 10



Abb. 239: pet house außen 11

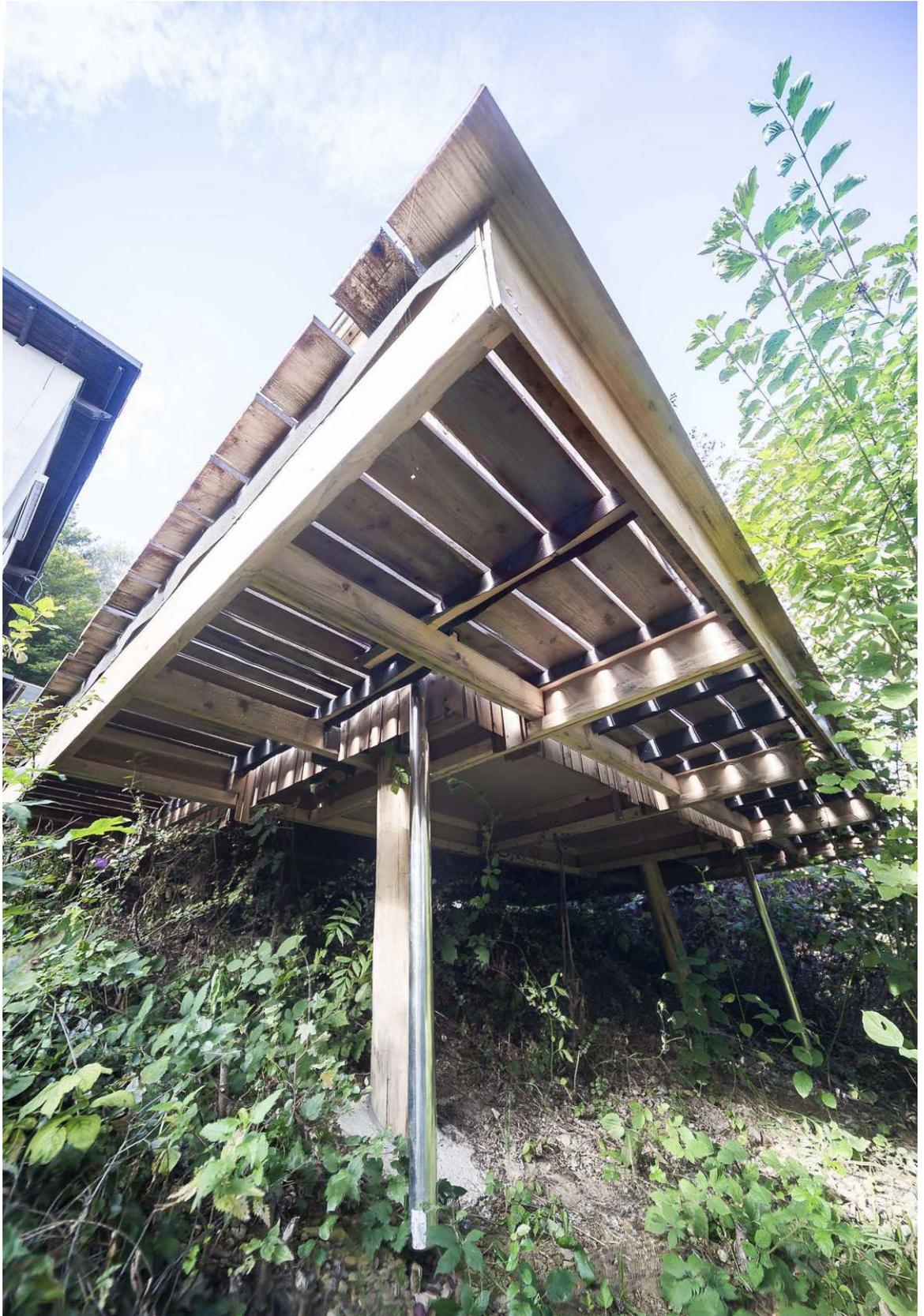


Abb. 240: pet house außen 12



Abb. 241: pet house außen 13



Abb. 242: pet house außen 14



Abb. 243: pet house außen 15



Abb. 244: pet house außen 16



Abb. 245: pet house außen 17



Abb. 246: pet house außen 18



Abb. 247: pet house außen 19



Abb. 248: pet house außen 20



Abb. 249: pet house außen 21



Abb. 250: pet house außen 22



Abb. 251: pet house außen 23

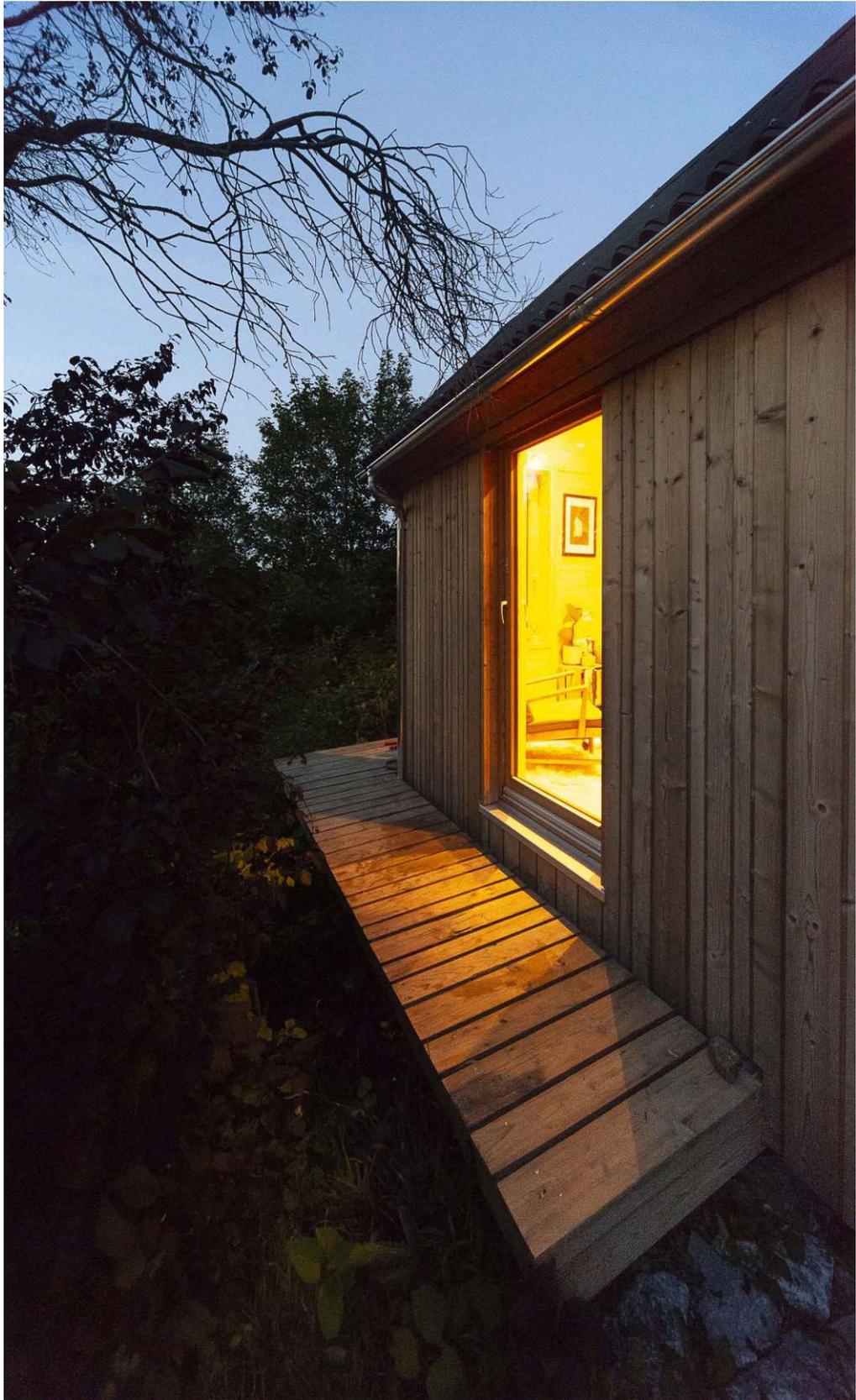


Abb. 252: pet house außen 24



Abb. 253: pet house außen 25





## 4.1 Finanzen

Bei Betrachtung der Gesamtkosten des Projekts müssen mehrere Faktoren berücksichtigt werden: Die gesamte geleistete Arbeit am Haus erfolgte unbezahlt. Ein Großteil der Baumaterialien und Infrastruktur wurden gesponsert oder zu Sonderkonditionen angeboten. Teils erfolgten für diese Sponsorings umfangreiche anderweitige Gegenleistungen. Ein Teil der Baukosten besteht aus Werkzeug, welches bei einem erneuten Bau nicht noch einmal angeschafft werden müsste. Gleiches gilt für Kosten zum Bau von Prototypen und die Vermeidung von Fehlkäufen.

### Projektkosten nach Kategorien:

Schrauben	€ 1 297,40
Beschläge	€ 371,14
Dichtungen, Folien, Kleber, Öl, etc.	€ 1 616,73
Elektrik & Beleuchtung	€ 650,16
Baustellen-Verschleißteile	€ 552,87
Regenrinnen & -rohre	€ 345,08
Dachdeckung	€ 376,49
Fundamente	€ 103,86
Klima & Heizung	€ 1 201,46
(teil)gesponserte Materialien (Holz, Hartfaser, Dämmung, Fenster) deren geschätzter Marktwert	€ 5 747,51 € 15 000
Transportkosten	€ 237,41
Fahrtkosten	€ 660,00 (ca.)
Prototypen, Forschung, Dokumentation	€ 837,17
Werkzeug	€ 2 012,53
tatsächliche Gesamtprojektkosten:	€ 15 979,81
davon gedeckt durch	
-Förderstipendium TU Wien	- € 2 700,00
-Sponsorings	- €11 500,00

### Fiktive Kosten:

ursprünglich angenommene Projektkosten ohne Sponsorings	€ 23 000
geschätzte Baukosten bei Wiederholung (reine Baukosten exkl. Werkzeuge, inkl. 4000€ Miete einer Werkshalle für den Bau, ohne Sponsorings)	€ 27 000
Kosten Arbeitszeit Bau (siehe nächstes Kapitel)	€ 30 300

## 4.2 Arbeitsaufwand, Wirtschaftlichkeit und Skalierbarkeit

Insgesamt dauerte der Bau wesentlich länger als antizipiert. Nur der Bau des Hauses (ohne Transport, Fundamente und Terrasse) dauerte statt ursprünglich geschätzten zwei Monaten sechs. 89 Prozent des Baus fanden alleine statt, wobei Hilfe durch eine zusätzliche Person die benötigte Zeit oft mehr als halbierte. Ein Großteil des Bauprozesses würde durch Skalierung und Parallelisierung der Produktion massiv an Arbeitsaufwand verlieren. Ebenso ließe sich mit größeren und besseren Maschinen ein gewisser Teil der Produktion teilautomatisieren, insbesondere der Zuschnitt. Des Weiteren ließe sich durch Überarbeitung, Optimierung und Vereinfachung der baulichen Details und Bauabläufe die benötigte Zeit wesentlich reduzieren.

Alles in allem ist die gewählte Art, ein Haus zu bauen, wesentlich arbeitsintensiver, als der Bau eines nicht zerlegbaren Hauses, was sich höchstens bei enormer Skalierung zu einer etwaigen Serienfertigung ändern würde. Ohne Skalierung und grundlegende Änderungen am Entwurf würde der durch den Bau erzielte Erkenntnisgewinn nicht ausreichen, um für den etwaigen Bau eines zweiten Exemplars die benötigte Arbeitszeit signifikant zu reduzieren.

Im Vergleich zu den nominell für Masterarbeiten veranschlagten 750 Arbeitsstunden (30 ECTS) war dieses Projekt der etwa dreifache Aufwand. Zieht man jedoch sämtlichen Arbeitsaufwand ab, der durch die Absicht, ein komplettes Haus 1:1 zu bauen, entstanden ist, so ergeben sich in etwa die veranschlagten 750 Stunden (Ideenfindung, Research, Entwurf und Verfassen der Arbeit).

### Zeitaufwand nach Kategorien:

Ideenfindung, Research, Entwurf & Vorarbeiten:	460 Stunden
Förderanträge, Sponsorensuche & -gespräche:	244 Stunden
Bau der Werkstatt:	72 Stunden
Bau des pet house:	1028 Stunden
davon Hilfe durch andere Personen:	118 Stunden
Materialbeschaffung:	43 Stunden
Fahrzeit:	162 Stunden
Transport des (unfertigen) Prototypen:	206 Stunden
davon Hilfe durch andere Personen:	135 Stunden
Verfassen der Arbeit:	286 Stunden
Gesamtarbeitszeit:	2501 Stunden

## 4.3 Bauprozess

Alles in allem lief der Bauprozess ohne gröbere Komplikationen. Eine der größten Herausforderungen lag darin, die notwendige Präzision zu erzielen. Einen großen Unterschied hätte hierbei die Investition in bessere Werkzeuge und Maschinen vor Baubeginn gemacht. Insgesamt bewegen sich die Abweichungen weitgehend innerhalb der üblichen Toleranz im Hochbau von 5mm, was allerdings einfach zu verbessern gewesen wäre, vor allem mit einem größeren Fokus auf Rechtwinkligkeit beim Bau der einzelnen Module.

## 4.4 Upcycling - das Haus und seine Quellen - Ressourcenverbrauch

### Holz

Insgesamt wurde aufgrund großzügigen Sponsorings durch den Fachverband der Europäischen Holzindustrie wesentlich weniger upgecycles Holz verbaut, als ursprünglich geplant. Zum Einsatz kam es hauptsächlich bei Bauteilen, die in ihren Abmessungen Einzelstücke waren und bei nicht statisch wirksamen Bauteilen, wie Fensterlaibungen und Blendleisten. Auch die Terrassendielen bestehen ausschließlich aus Altholz.

Durch die vielen Nägel und den Abrissvorgang des Daches, von dem das Altholz stammt, war es oft durchzogen von Rissen und tiefen, teils teergefüllten Löchern. Dadurch war es oft schwierig, größere Teile ohne grobe optische Mängel zu erhalten. Vor allem im Vergleich zur qualitätsgesicherten Ware von MH-Massivholz sind auch beim fertigen Haus große Qualitätsunterschiede in Dichtigkeit, Makellosigkeit und Wuchs des Holzes zu erkennen. Nichtsdestotrotz ermöglichte der große Vorrat verschiedenster Dimensionen von Altholz vor Allem die Möglichkeit, schnell und flexibel "unvorhergesehene" Bauteile herzustellen, für die ansonsten extra neues Holz gekauft hätte werden müssen. Da die Wiederaufbereitung von Altholz relativ arbeitsintensiv ist, hängt es stark vom Einzelfall ab, welche Option wirtschaftlicher für die Herstellung eines Bauteils ist.

### Sonstiges

Neben Vollholz besteht das Haus hauptsächlich aus Hartfaserplatten und Jutedämmung aus recycelten Kakaosäcken. Während erstere aus Abfällen der Holzindustrie (Holzfasern) hergestellt werden und damit als Recyclingprodukt zu klassifizieren sind, ist zweitens ein Upcyclingprodukt.

Weder als Upcycling noch als Recycling ist die Verwendung der Vöslauer Mehrweg-PET-Flaschen zu interpretieren. Da diese aus dem Markt oder Materialzyklus allerdings quasi nur "ausgeborgt" sind und ihm jederzeit abfallfrei wieder zugeführt werden können, erzielt die Verwendung einen ähnlichen Effekt.

## 4.5 Bewohnbarkeit, bauphysikalische Performance und Raumgefühl

Die getestete Nutzungsdauer zum Zeitpunkt des Verfassens der Arbeit ist mit drei Sommermonaten zwar relativ kurz und der ohnehin schon unverhältnismäßig große Umfang derselben lässt keine genaueren Messungen zu. Subjektiv lässt sich jedoch sagen, dass Wärme- und Schalldämmungsleistung exzellent zu sein scheinen. Exemplarisch wurde an einem Tag im August um 07:30 im Haus eine stabile Temperatur von 19°C gemessen. Bei ausgeschalteter Klimaanlage, geschlossenen Fenstern und ohne Verschattung erreichte die Außentemperatur 32°C und das Haus war den ganzen Tag direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt. Ihren Höhepunkt erreichte die Innentemperatur bei 24°C um 17:00. Lediglich der Kojenbereich direkt unter dem Dach erreichte 27°C, kühlt jedoch durch Lüften nach Sonnenuntergang schnell wieder ab.

Einziges nutzungstechnisches Manko sind relativ starke Schwingungen, die im Haus besonders dann zu spüren sind, sobald draußen jemand die Terrasse betritt. Dies liegt jedoch mehr an der Art, wie die Terrasse vom Haus abgehängt ist (Kragträger), als an der Konstruktion des Hauses selbst.

Das Raumgefühl lässt sich als überraschend geräumig beschreiben. Hauptverantwortlich dafür ist neben den großen Fenstern die lichte Raumhöhe, die am höchsten Punkt fast 3m beträgt. Im Vergleich zu konventionellen mobilen Tiny Houses, welche durch Straßenbreiten limitiert sind, fällt außerdem die Breite des Raumes von 2,50m positiv auf.

## 4.6 Zerlegbarkeit und Transport

Aufgrund der kurzfristigen Planänderung, der zufolge das Haus doch nicht ausgestellt wurde, war es zum Zeitpunkt des Abbaus und Transportes noch nicht ganz fertiggestellt. Das Zusammenbauen des Rahmens und aller Module ohne Dachdeckung, Regenrinnen, Boden, Fassade, Elektrik und Innenverkleidung nahm mit durchschnittlich fünf Personen zwei Tage ein. Auf Basis dieser Erfahrung lässt sich das Übersiedeln des fertigen Hauses wie folgt abschätzen:

- Abbau: 2 Tage, 3 Personen
- Transport: 2 Ladungen Kastenwagen oder eine LKW-Ladung, 2-3 Personen
- Aufbau: 4 Tage, 3 Personen

Veranschlagt man den Transport mit einem Tag, so scheint eine Übersiedlung innerhalb einer Woche knapp möglich.

## 4.7 Anpassbarkeit

Im Gegensatz zu den Vorentwürfen lassen sich beim gebauten Entwurf die Module untereinander kaum tauschen. Dies ist einer starken Raumoptimierung geschuldet, welche wiederum hauptsächlich von der Beschränkung der Traufhöhe auf 2,50m und der bebauten Fläche auf 12m<sup>2</sup> ruht. Relativ einfach möglich wäre bei einer Übersiedlung allerdings der Umbau oder das Vorproduzieren und Austauschen einzelner Module, während das Haus zerlegt ist. Im Allgemeinen fördert die Zerlegbarkeit des Hauses stark die Möglichkeit, auch im Zusammengebauten Zustand Anpassungen und Umbauten vorzunehmen, beispielsweise den Einbau eines Bades oder einer Küche.

### Exkurs: Beim nächsten Mal anders?

Rückblickend würde ich in Anbetracht der finanziellen Möglichkeiten und des Rahmens der Diplomarbeit an den meisten Dingen nichts ändern wollen. Ein paar wenige bauliche Details, wie die Gestaltung der Dachmodule im Bereich der Traufe, wären minimal anders geplant besser gewesen. Bezüglich der Ausführung hätten sich neben den bereits erwähnten Dingen noch ein paar Fehler vermeiden lassen. So wäre in vielen Fällen Nageln vermutlich schneller und billiger gewesen als Schrauben. Besser auf die Lagerung des Holzes zu achten, hätte mir einiges an Arbeit erspart und Schönheitsfehler vermieden. Und mehr Zurückhaltung beim Ölen hätte auch für ein schöneres Ergebnis gesorgt.

Sollte ich jedoch ein zweites Exemplar dieses Entwurfs bauen, so würde ich dies vor Allem nicht noch einmal alleine machen wollen. Während zwar fast alle Arbeitsschritte von einer Person ausgeführt werden können, ist es schlichtweg sehr einsam, ein halbes Jahr lang alleine ein Haus zu bauen.

## 4.8 Empfehlungen

Sollte sich jemand von dieser Arbeit derart inspiriert sehen, Elemente davon nachmachen zu wollen, so sei vor allem folgendes vorangestellt: Der Entwurf und insbesondere die Zerlegbarkeit in Module sind eine spezielle Nischenlösung, die für die meisten Bauvorhaben viel zu kompliziert ist. Einzig die Kombination aus schlechter Zufahrtsmöglichkeit zum Bauplatz und dem Anspruch an Mobilität rechtfertigt die Verwendung dieses Systems. Das ansonsten gleiche Gebäude in einer konventionellen Bauweise ausgeführt benötigt einen Bruchteil des Aufwandes in der Herstellung. Ein maßgeblicher Faktor für den hohen Zeit- und Arbeitsaufwand ist dabei die erhöhte Anzahl an Bauteilen. So besteht eine (statisch betrachtete) Stütze beispielsweise aus zwei Hartfaserplatten, welche erst zugeschnitten werden müssen, vier Kanthölzern, welche erst abgelängt werden müssen, insgesamt vier verklebten und zwei mit Dichtband abgedichteten Fugen. Im konventionellen Holz-Rahmenbau wäre das ein einzelnes Kantholz, welches lediglich abgelängt werden muss. Ein weiterer Faktor ist die Fragmentierung des Arbeitsablaufs. Wenn nicht eine sehr große Halle zur Vorfertigung zur Verfügung steht, müssen die Module hintereinander gefertigt werden. Beim Prototypen besteht die thermische Hülle aus 28 Modulen. Das bedeutet in der Praxis, dass beispielsweise zum Aufbringen der Dampfbremse 28 Mal die Rolle hergeräumt, ausgerollt, abgeschnitten, zusammengerollt und wieder weggeräumt werden und

anschließend die Dampfbremse verklebt werden muss. Im konventionellen Holz-Rahmenbau erfolgt all dies ein einziges Mal, in einem einzigen Arbeitsdurchgang. Weiters führt die Zerlegbarkeit zu einer relativ hohen Komplexität einzelner Bauteile, insbesondere in den Eckmodulen, deren Vorfertigung teils bis zu einer Stunde benötigt, wobei ein einzelnes Modul aus durchschnittlich etwa 20 Bauteilen zuzüglich Verbindungsmitteln besteht.

Der thermische Speicher aus PET-Flaschen ließe sich durchaus auch sinnvoll in andere Gebäude integrieren. Der große Vorteil gegenüber anderen Möglichkeiten, thermische Speichermasse zu erhalten, liegt in der enormen spezifischen Wärmekapazität von Wasser im Vergleich zu sämtlichen anderen Baumaterialien. Für stationäre Gebäude ist der gleiche Effekt allerdings weniger aufwändig und raumsparender mit Holzmassivbauweise zu erreichen.

## 4.9 Weiterführende Forschungsmöglichkeiten

Unmittelbar spannend wäre die genauere Messung der tatsächlichen thermischen Performance des gebauten Prototypen, hierbei vor allem der Vergleich zwischen wasserbefülltem und -unbefülltem Zustand, am besten jeweils über den Verlauf eines Jahres hinweg.

Des Weiteren könnten Experimente mit anderen Materialien als Wasser interessant sein. Konkret hat beispielsweise purer Wasserstoff eine nochmal höhere spezifische Wärmekapazität von 14,3 (kJ/kg\*K) (zum Vergleich Wasser: 4,2; Holz: 2,1; Beton: 0,9). Hier dürfte jedoch die Brennbarkeit das größte Hindernis darstellen. Ebenfalls vielversprechend könnte der Einsatz sogenannter phase change materials (PCMs) sein, deren Aggregatsübergangstemperatur nahe der gewünschten Raumtemperatur liegt <sup>[1]</sup>.

Sollte die Produktion der Bauweise jemals in Serie gehen, so bedürfte es diesbezüglich ebenfalls einiges an Optimierung und (Markt)Forschung. In Anbetracht der hohen Anzahl an Bauteilen und des hohen Vorfertigungsgrades würde eine Skalierung der Produktion die Kosten und den Arbeitsaufwand jedenfalls erheblich senken.

Eine zumindest subjektiv-empirische Beobachtung der bauphysikalischen und sonstigen Performance, auch in den Wintermonaten, wird sich jedenfalls alleine durch die langfristige Nutzung des Prototypen ergeben.

[1] vgl. Cusick 2024

# Anhang

## Bauanleitung

Die folgende Bauanleitung illustriert die nötigen Schritte, um ein vorproduziertes pet house zusammenzubauen. Für das Zerlegen sind sämtliche Schritte in umgekehrter Reihenfolge auszuführen.

# Voraussetzungen für das Zusammenbauen

Folgende Voraussetzungen sollten für das Zusammenbauen eines pet house gegeben sein:

## Vorarbeiten:

- Vorbereitung der Fundamente laut Bauanleitung
- Bereitstellung eines Stromanschlusses
- gegebenenfalls Geländearbeiten, Erschließungen oder Herstellung einer umlaufenden Terrasse

## Anzahl an Arbeitskräften:

Sämtliche Schritte können von zwei kräftigen Menschen ohne körperliche Einschränkungen durchgeführt werden, mit Ausnahme der Montage der letzten beiden Dachmodule (Schritte 47 & 48), für die drei bis vier Personen benötigt werden. Viele Schritte können auch alleine durchgeführt werden.

## Zeit:

Der Zeitaufwand für das Zusammenbauen beträgt je nach Expertise und Personenanzahl in etwa eine Woche. Die ersten beiden Tage des Zusammenbauens (mindestens bis Schritt X Abdichtung des Firsts) sollten regenfrei sein.

## Werkzeuge:

- eine Stehleiter mit einer Arbeitshöhe von mindestens 2m
- ein Akkuschauber mit mehreren TX-Bits in Größen von TX10 bis TX40
- ein Winkelschrauber
- ein Hammer
- ein Gummihammer
- ein Satz Inbusschlüssel
- ein 17mm-Gabelschlüssel
- eine Flachzange

## Platzbedarf:

Das pet house selbst benötigt eine Fläche von 3m x 4m. Für die Lagerung der Module vor dem Zusammenbauen oder nach dem Zerlegen sollten mindestens 50m<sup>2</sup> eingeplant werden, wobei auf eine regensichere Lagerung beziehungsweise Abdeckung zu achten ist.

## Eigenbau der Module

Zwei Grundpfeiler dieses Projekts sind der Open-Source-Gedanke und eine DIY-Mentalität. Um daher potenziellen Nachahmern auch den komplett selbstständigen Bau der Module zu ermöglichen, steht die Quelldatei des 3D-Modells inklusive aller Pläne im Archicad-Format unter folgendem link beziehungsweise folgender DOI im Data Repository der TU Wien zur Verfügung:

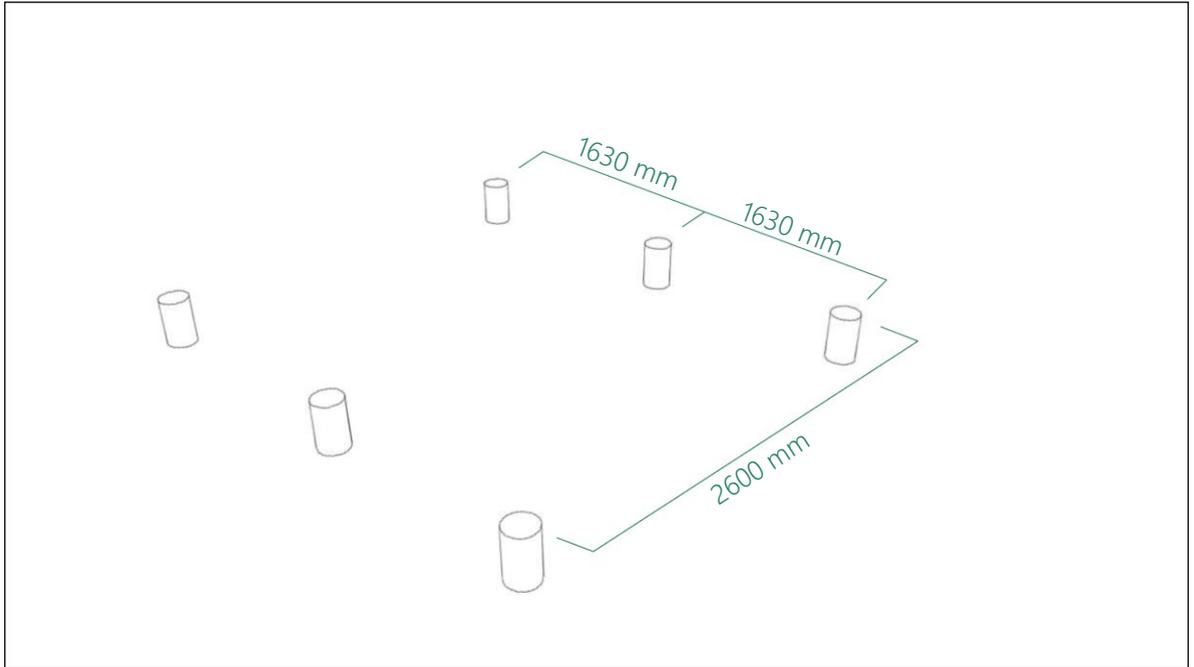
<https://researchdata.tuwien.ac.at>

DOI: 10.48436/rjqr7-0b076

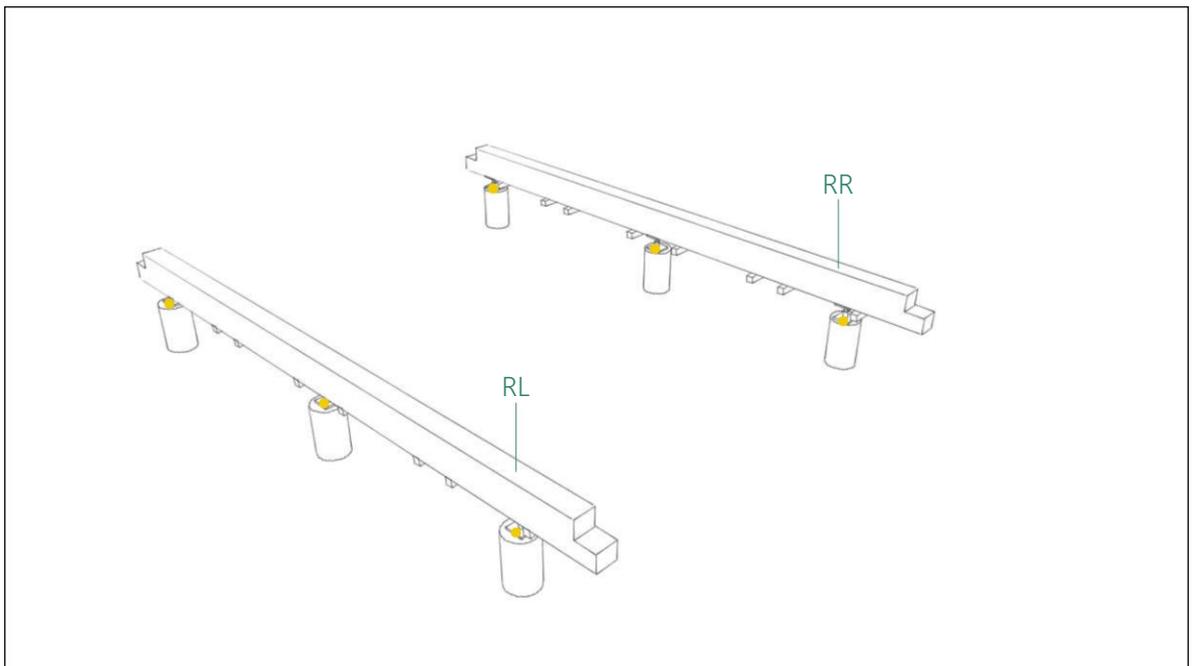
Für den kompletten Eigenbau empfiehlt es sich, den Zuschnitt aller Hartfaserplatten extern in Auftrag zu geben. Da beim Bau die Platten die Form der Module vorgeben, ist absolute Präzision hier unumgänglich. Des Weiteren ist bei jedem Schritt penibel auf Rechtwinkligkeit zu achten.

# Bauanleitung

## 1 Fundamente herstellen

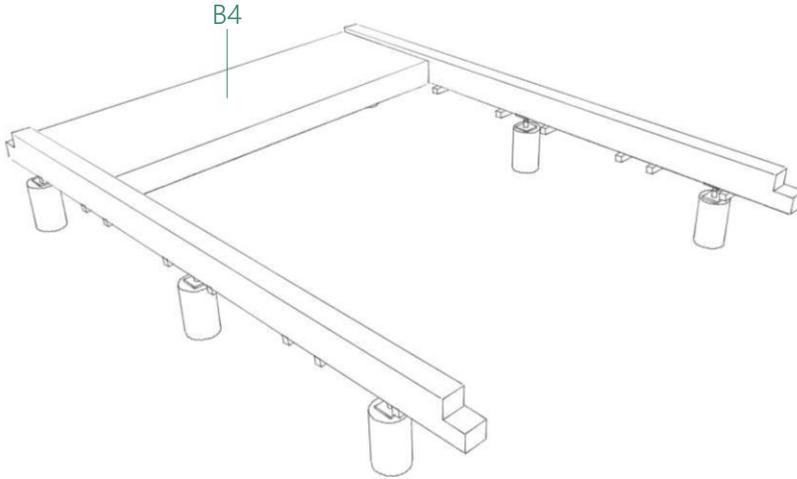


## 2 Bodenrahmen RL & RR auf Fundamenten verschrauben



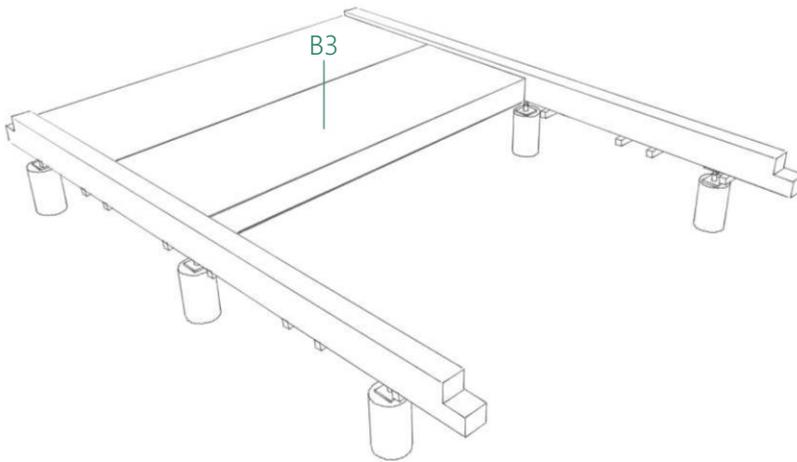
3

Bodenmodul B4 einlegen



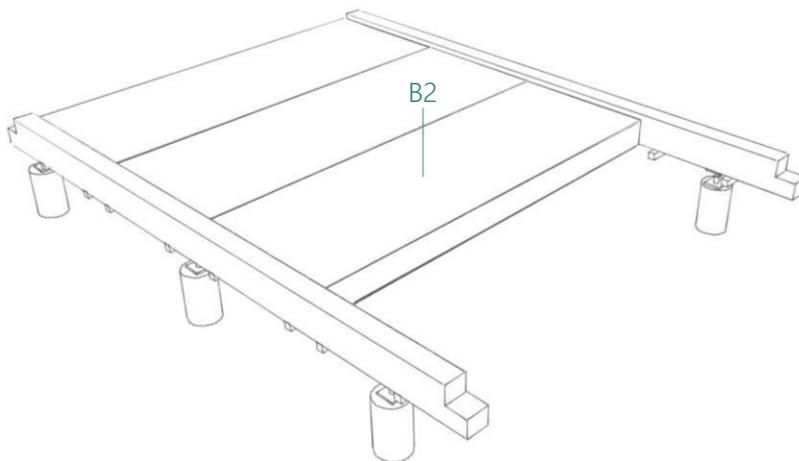
4

Bodenmodul B3 einlegen



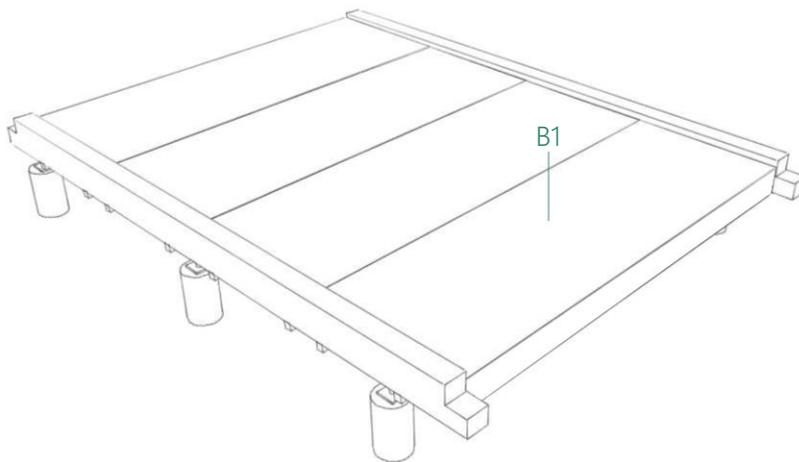
5

Bodenmodul B2 einlegen



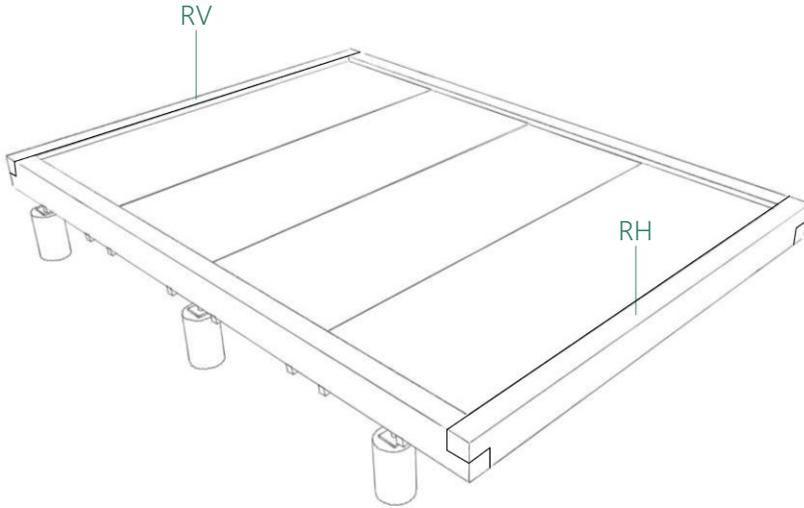
6

Bodenmodul B1 einlegen



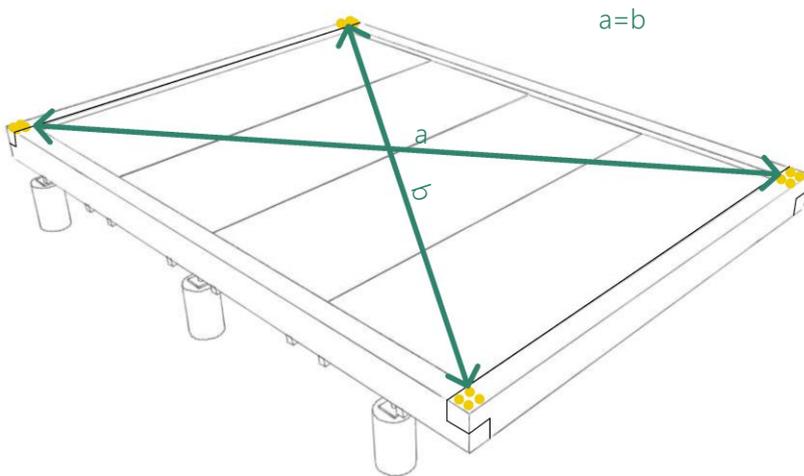
7

Bodenrahmen RH &amp; RV einhängen



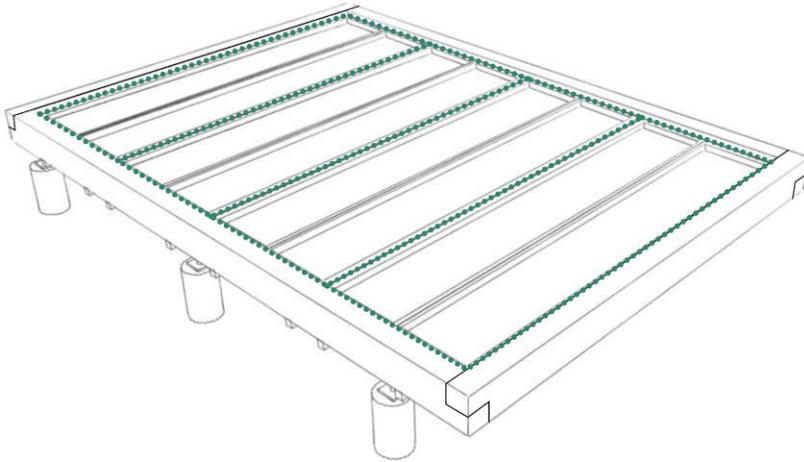
8

Bodenrahmen ausrichten und verschrauben



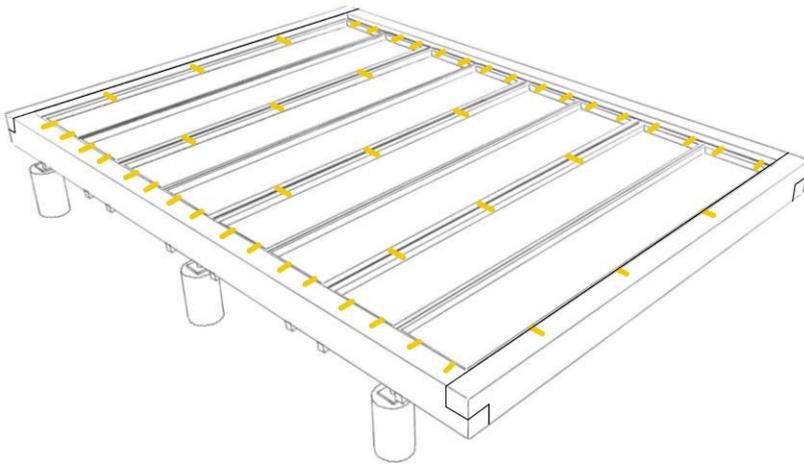
9

Bodenmoduldeckel abmontieren

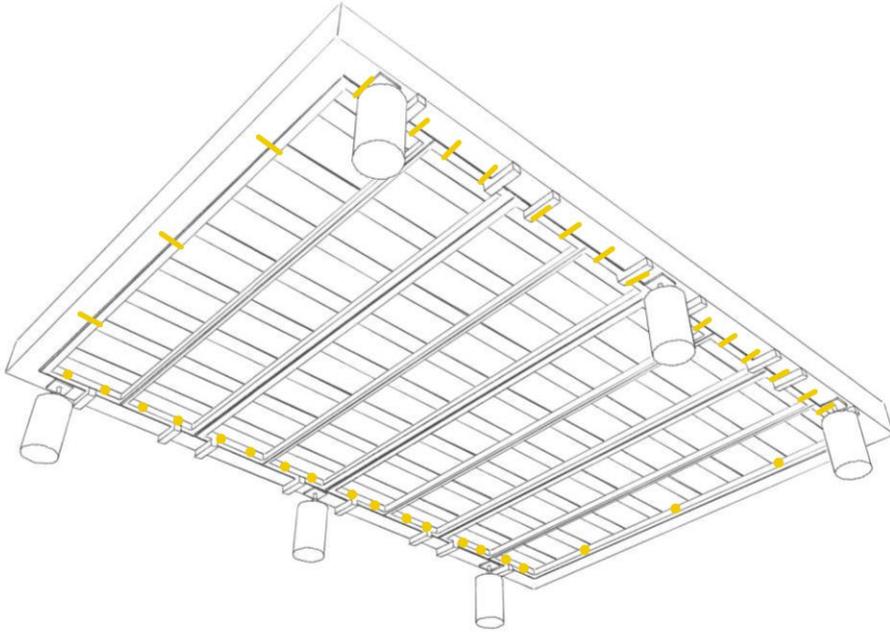


10

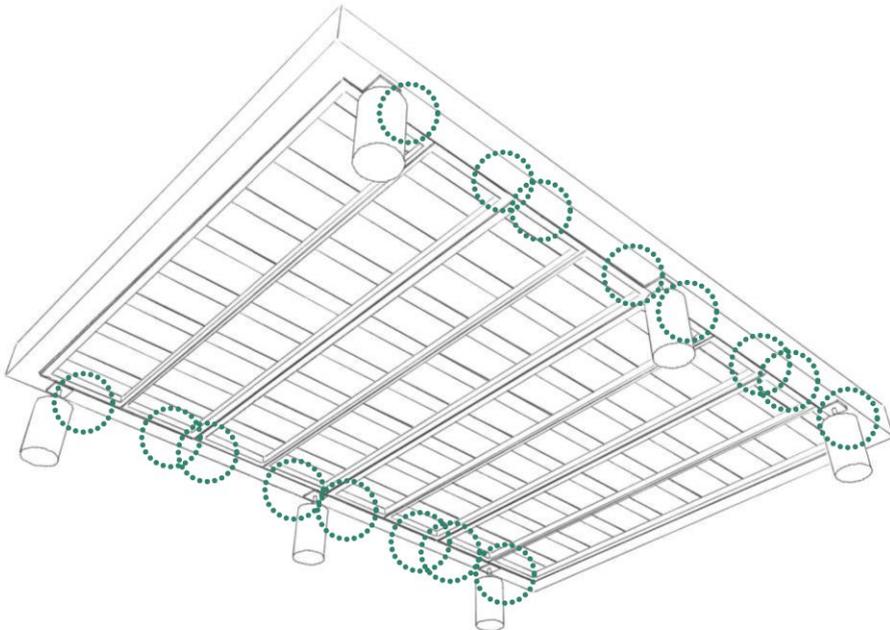
Bodenmodule untereinander &amp; mit Bodenrahmen verschrauben



11

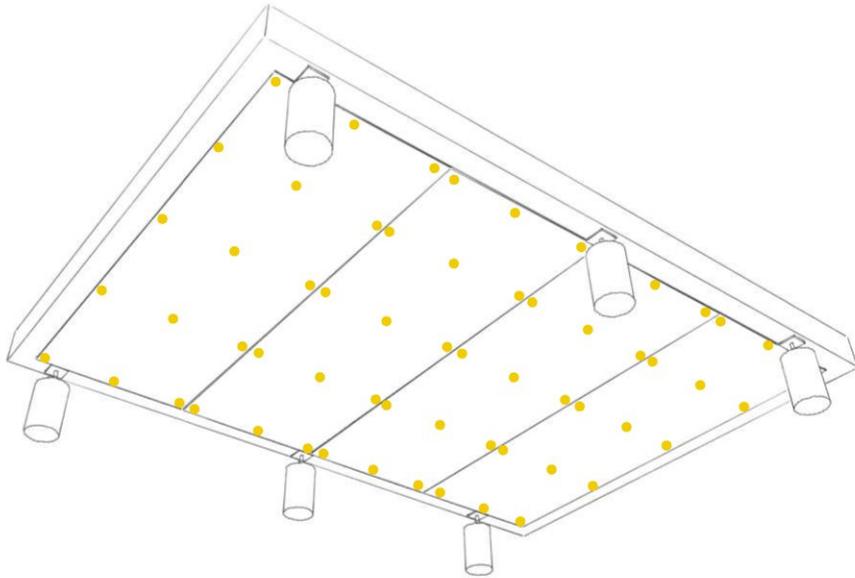
Bodenmodule untereinander & mit Bodenrahmen **verschrauben**

12

Montagehilfen **abmontieren**

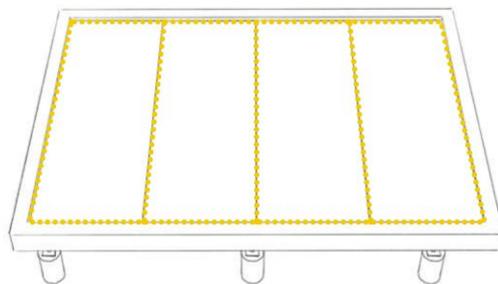
13

Unterbodenplatten **anschrauben**



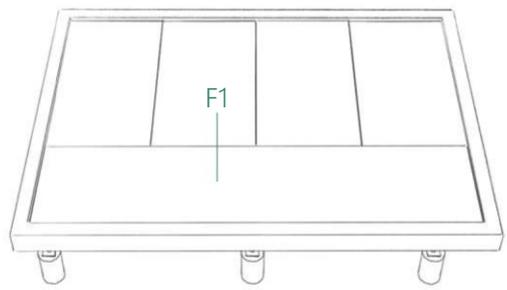
14

Bodenmoduldeckel wieder montieren, **Fugen** überprüfen und gegebenenfalls abdichten



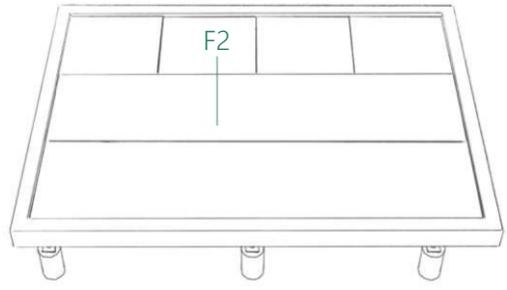
15

Fußbodenmodul F1 einlegen



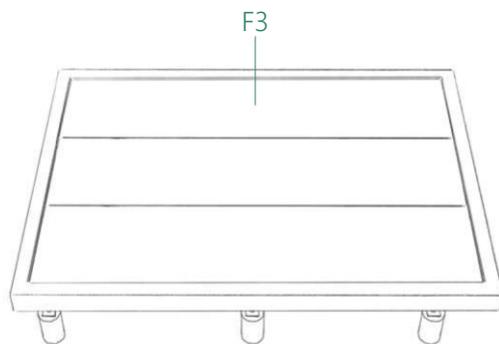
16

Fußbodenmodul F2 einlegen



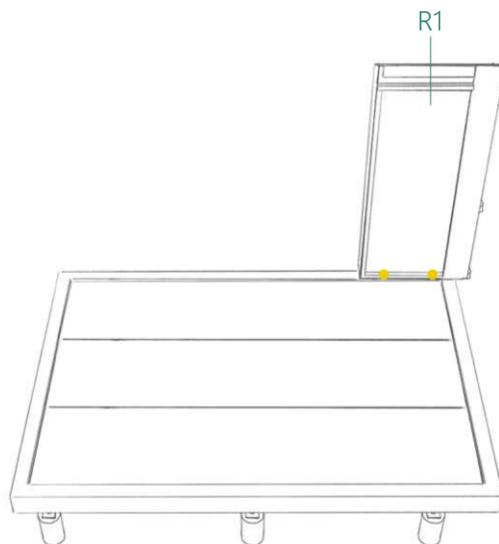
17

Fußbodenmodul F3 einlegen



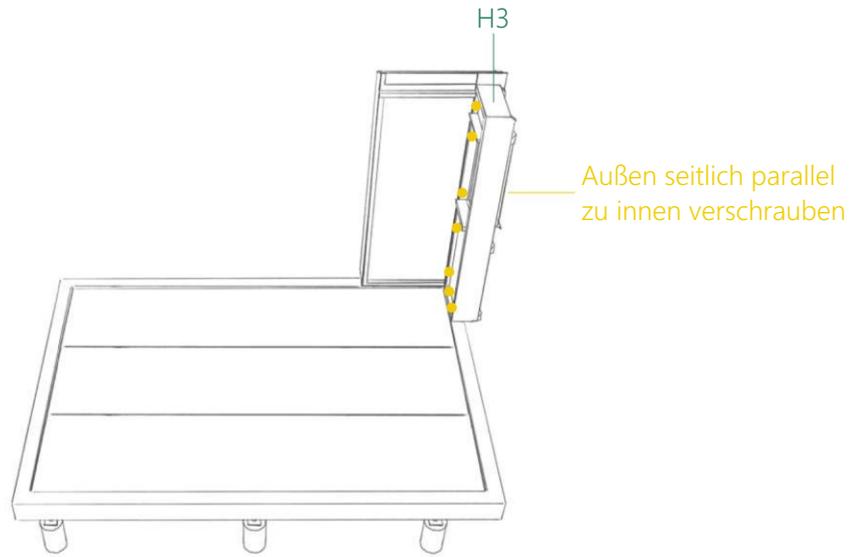
18

Wandmodul R1 aufstellen &amp; verschrauben



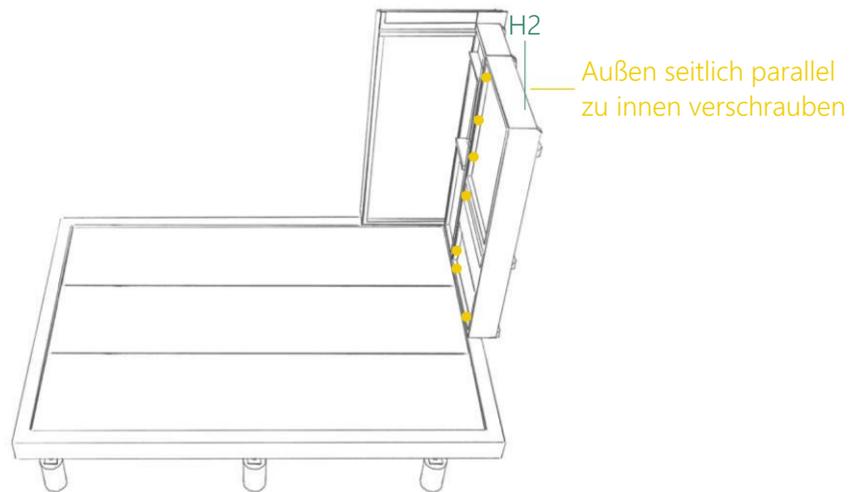
19

Wandmodul H3 aufstellen &amp; verschrauben



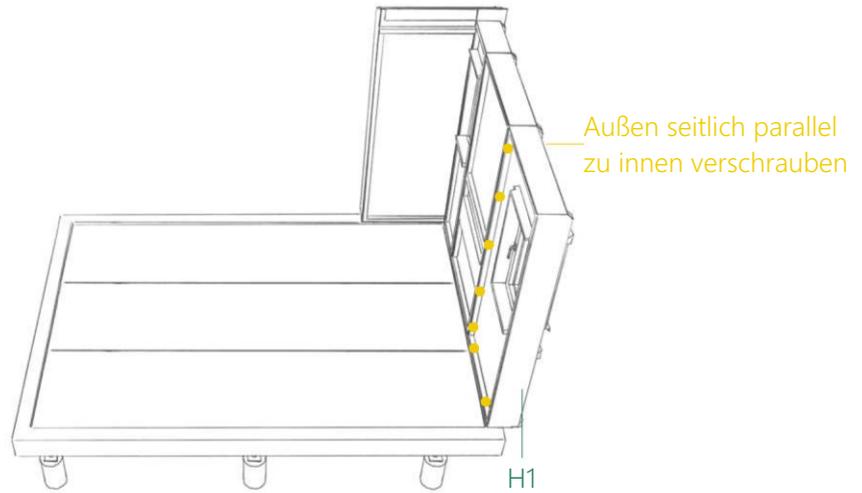
20

Wandmodul H2 aufstellen &amp; verschrauben



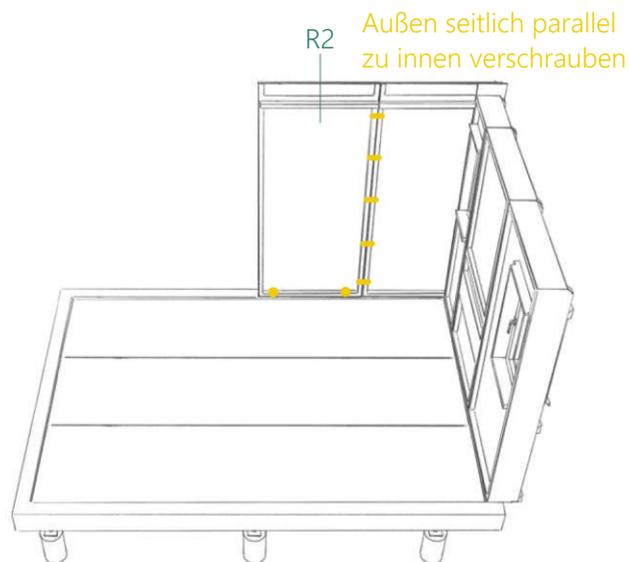
21

Wandmodul H1 aufstellen &amp; verschrauben



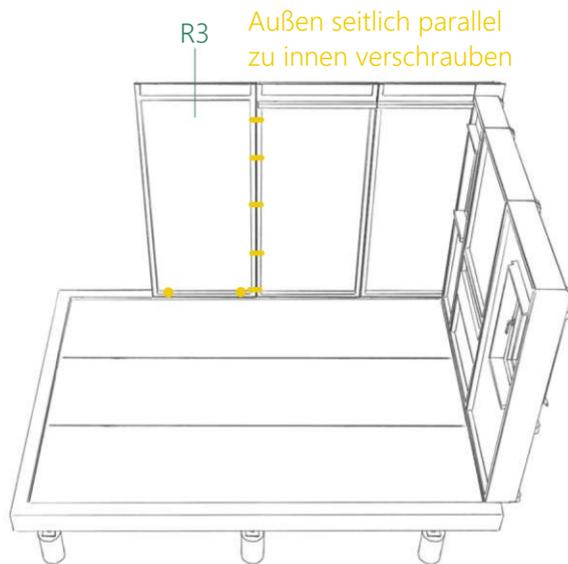
22

Wandmodul R2 aufstellen &amp; verschrauben



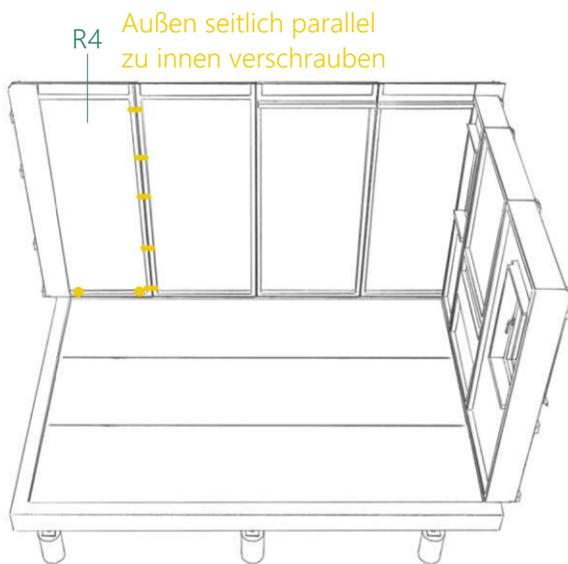
23

Wandmodul R3 aufstellen & verschrauben



24

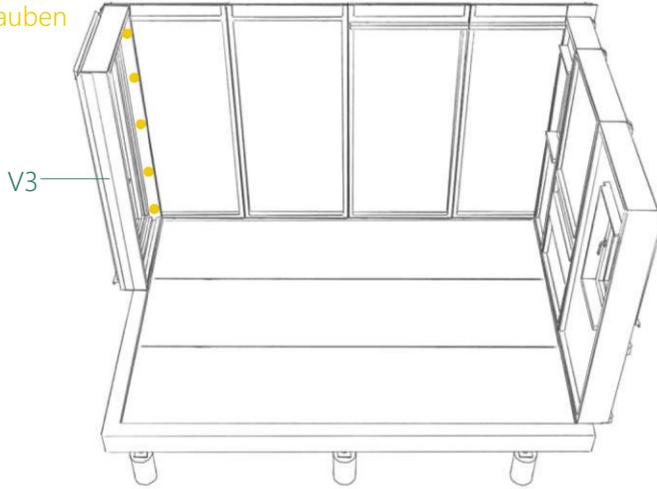
Wandmodul R4 aufstellen & verschrauben



25

Wandmodul V3 aufstellen & **verschrauben**. Nicht mit Bodenrahmen verschrauben!

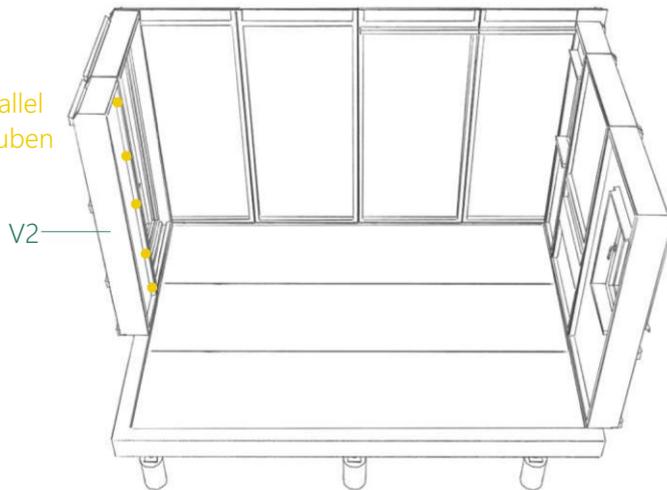
Außen seitlich parallel  
zu innen verschrauben



26

Wandmodul V2 aufstellen & **verschrauben**. Nicht mit Bodenrahmen verschrauben!

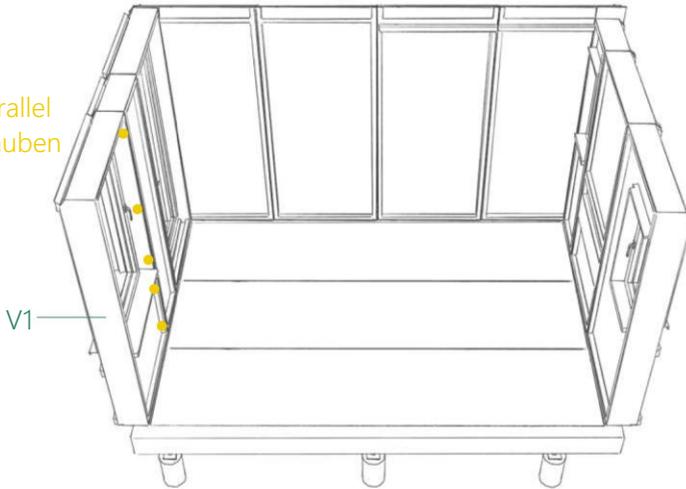
Außen seitlich parallel  
zu innen verschrauben



27

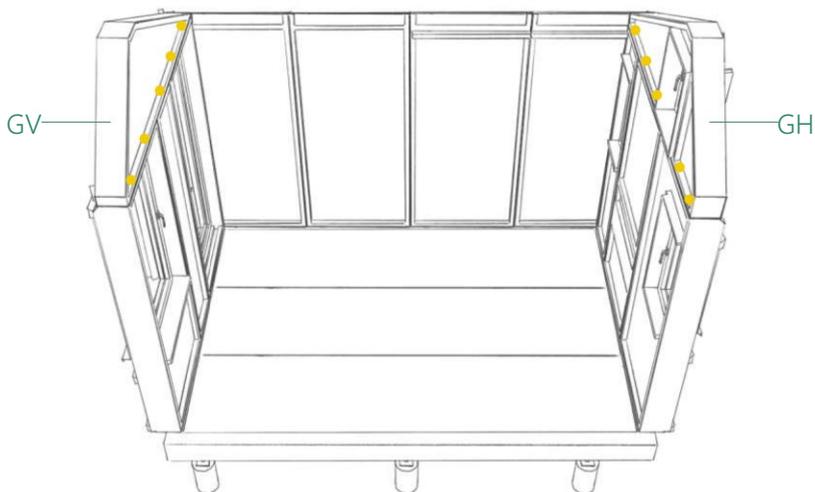
Wandmodul V1 aufstellen & verschrauben. Nicht mit Bodenrahmen verschrauben!

Außen seitlich parallel  
zu innen verschrauben



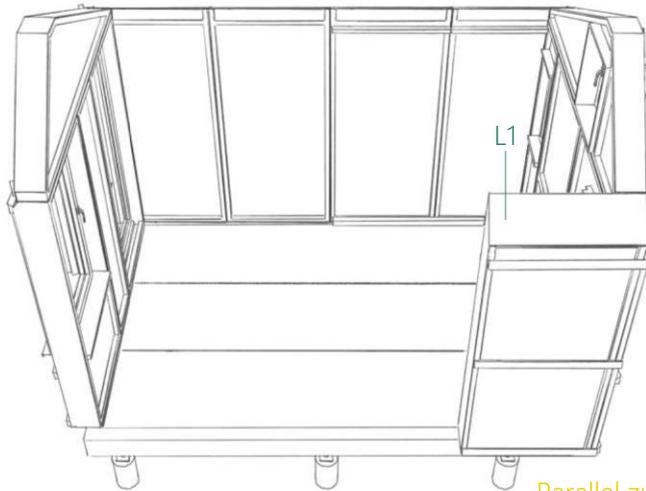
28

Giebelmodule GV & GH auf Wandmodule heben und verschrauben.



29

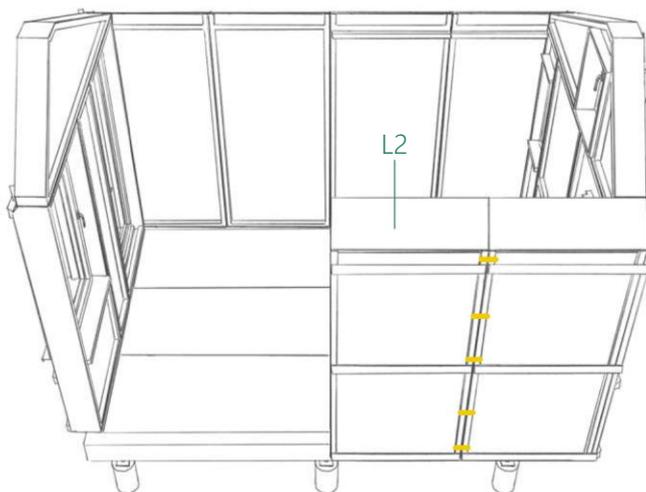
Wandmodul L1 aufstellen & verschrauben. Nicht mit Bodenrahmen verschrauben!



Parallel zu gegenüberliegender Wand verschrauben

30

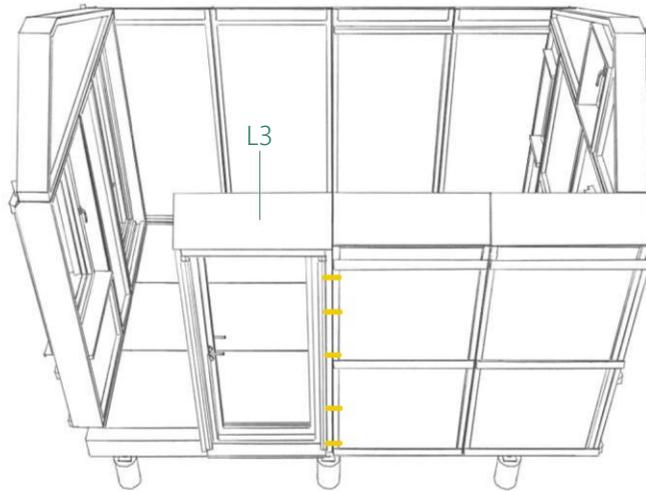
Wandmodul L2 aufstellen & verschrauben. Nicht mit Bodenrahmen verschrauben!



Innen seitlich parallel zu Außen verschrauben

31

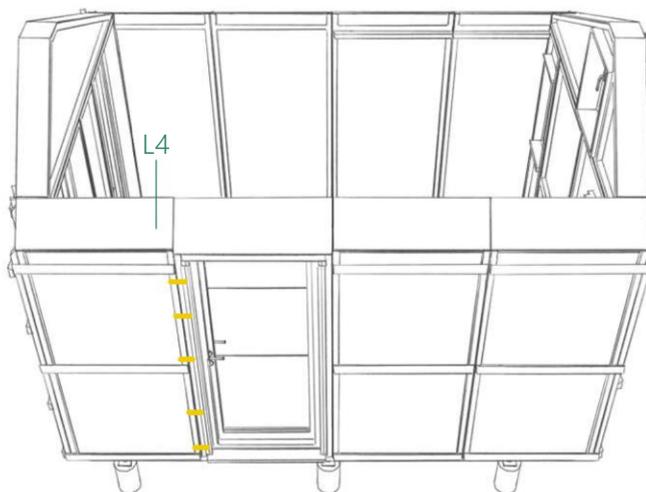
Wandmodul L3 aufstellen & **verschrauben**. Nicht mit Bodenrahmen verschrauben!



Innen seitlich parallel zu  
Außen verschrauben

32

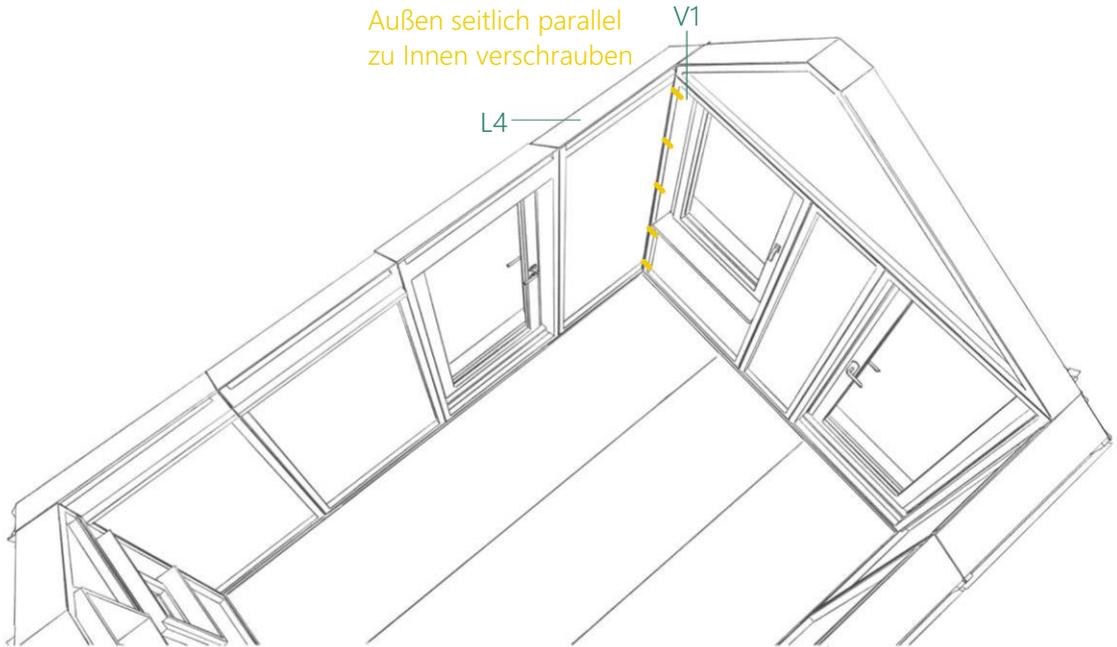
Wandmodul L4 aufstellen & **verschrauben**. Nicht mit Bodenrahmen verschrauben!



Innen seitlich parallel zu  
Außen verschrauben

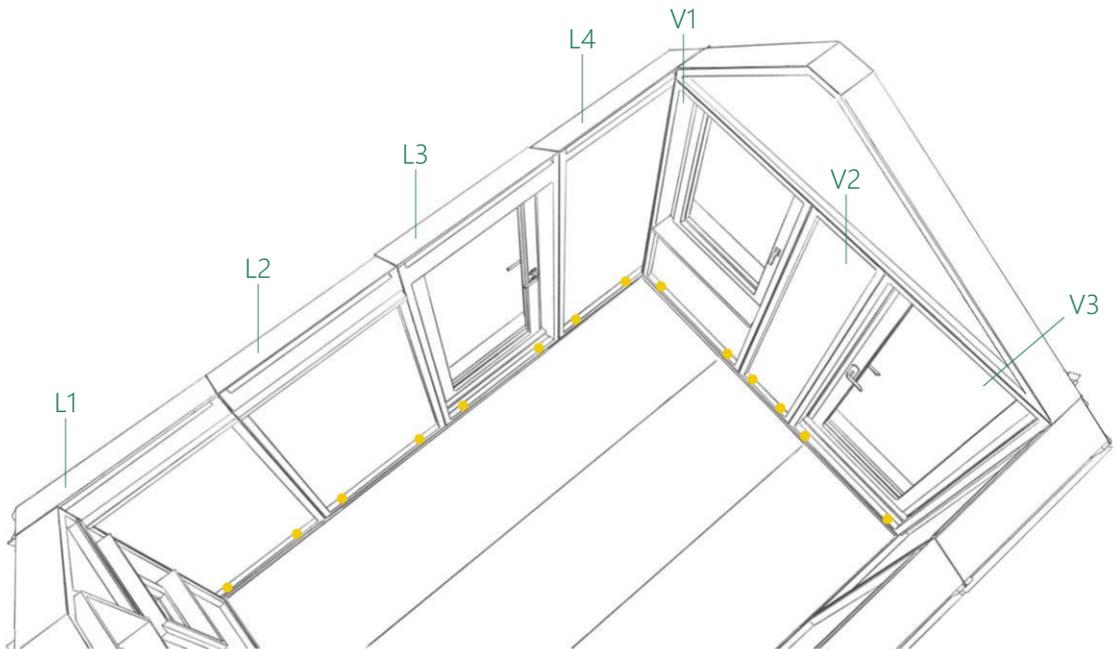
33

Eck L4/V1 ausrichten & verschrauben



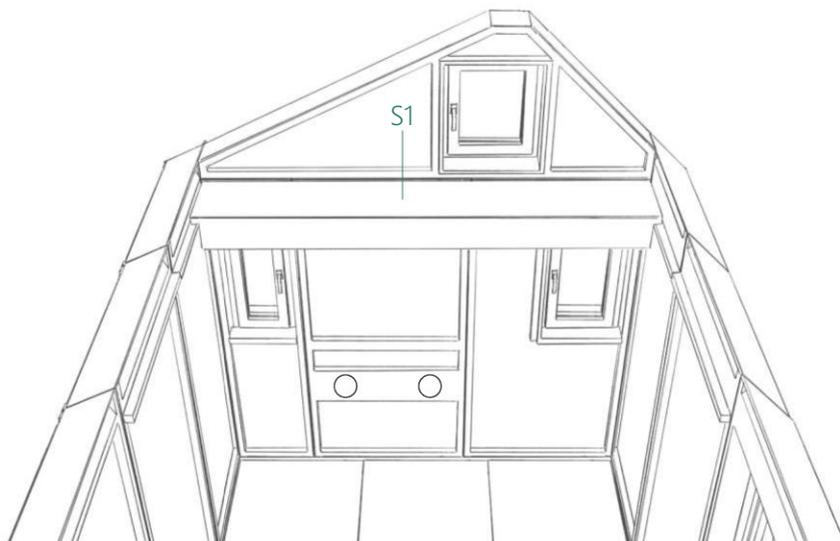
34

Wandmodule L1-L4 & V1-V3 mit Bodenrahmen verschrauben



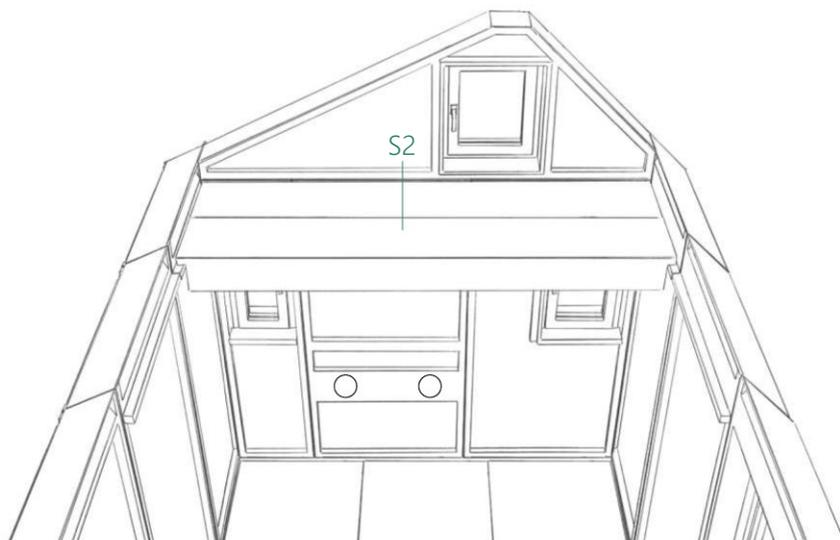
35

Speicherdeckenmodul S1 einhängen



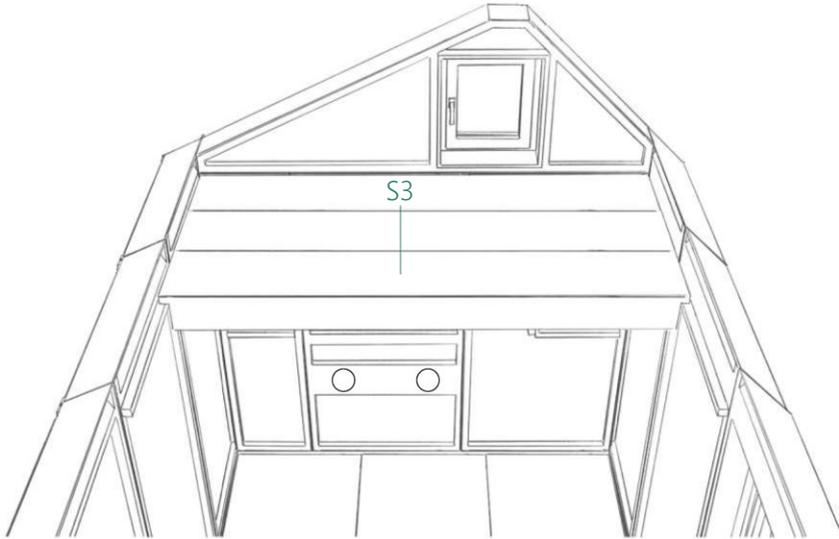
36

Speicherdeckenmodul S2 einhängen



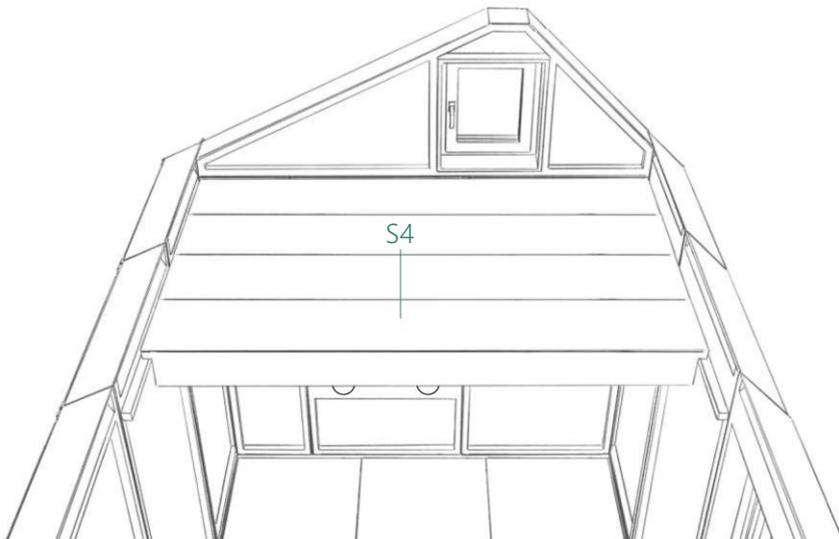
37

Speicherdeckenmodul S3 einhängen



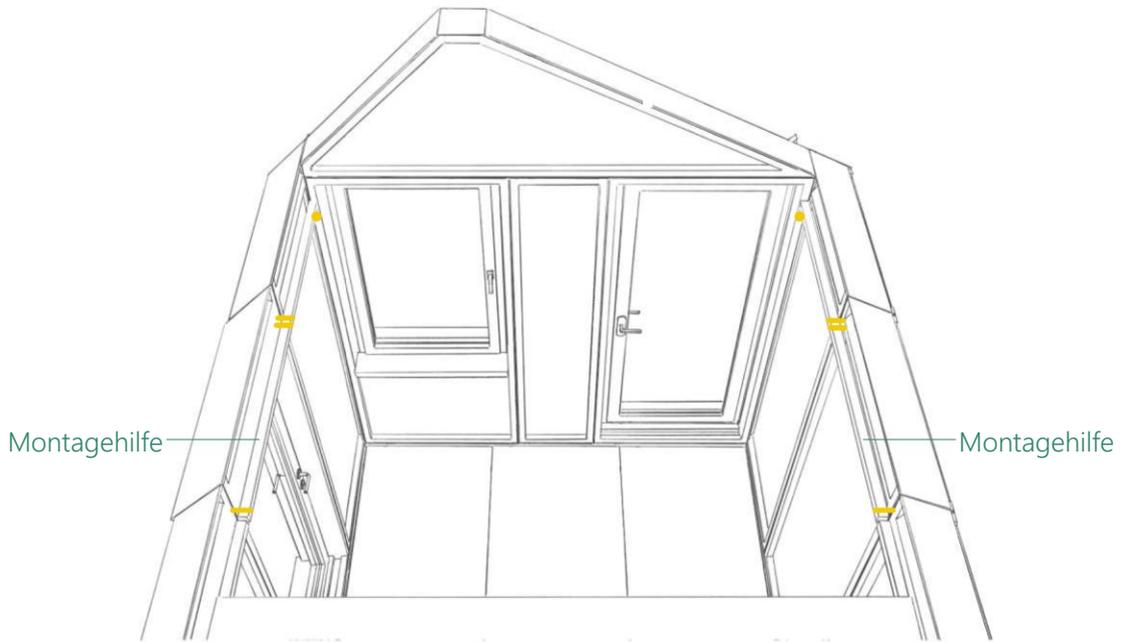
38

Speicherdeckenmodul S4 einhängen



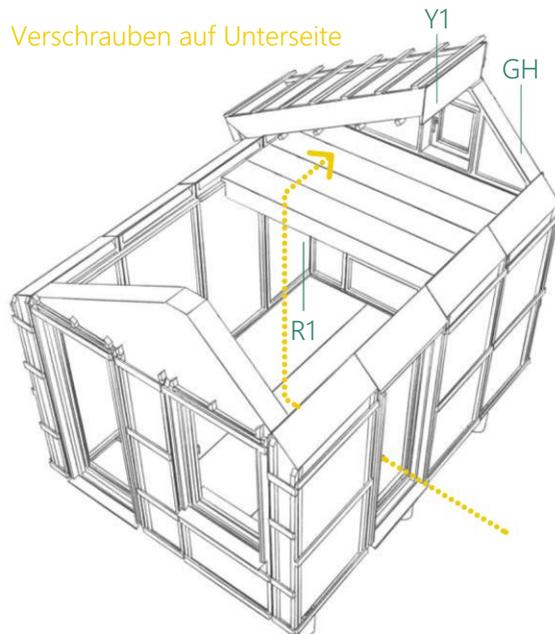
39

Montagehilfen für Speicherdeckenaufhängung anschrauben



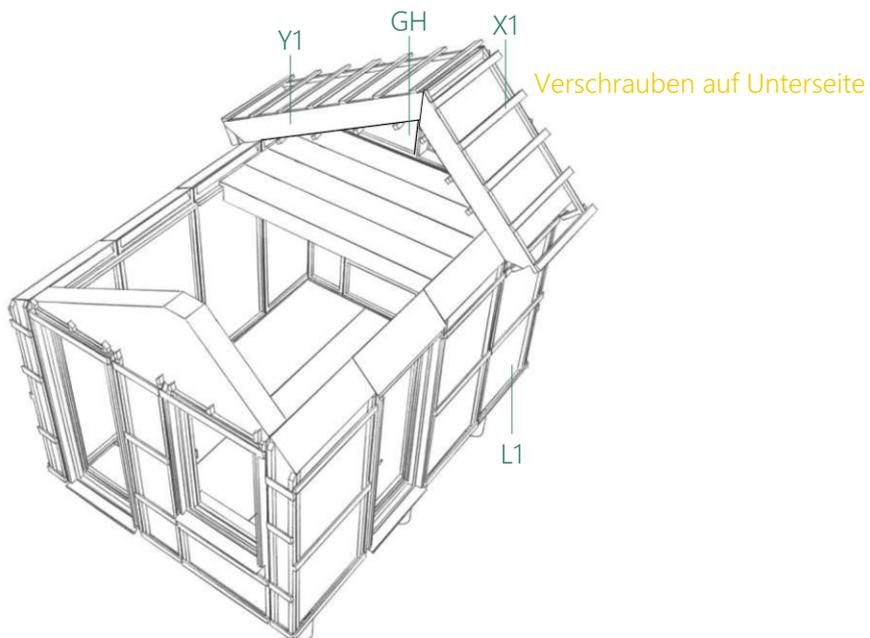
40

Dachmodul Y1 auf GH & R1 heben und verschrauben



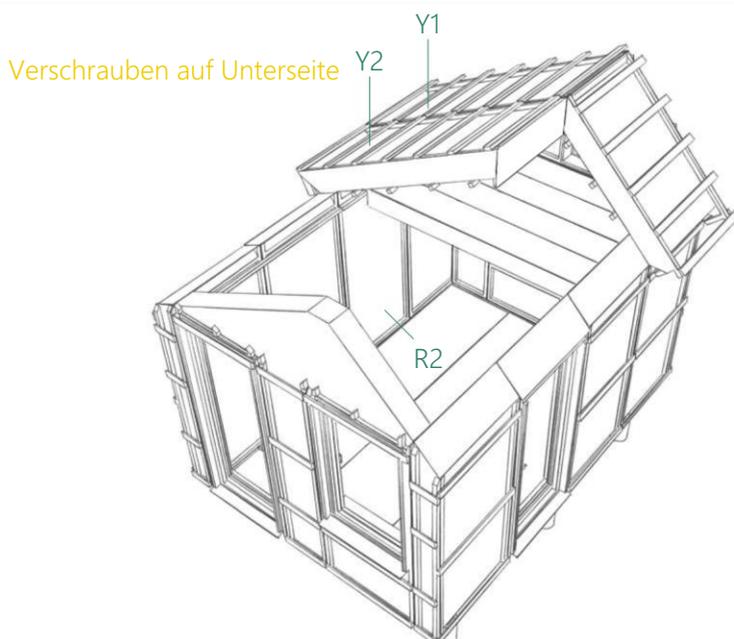
41

Dachmodul X1 auflegen und mit GH &amp; L1 verschrauben



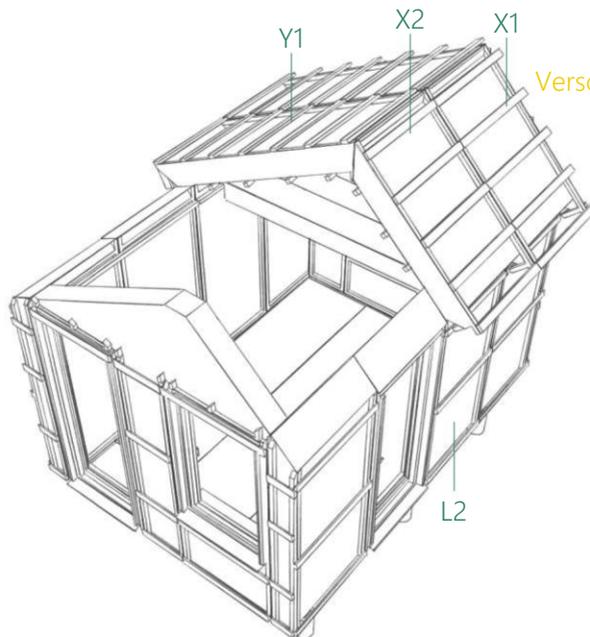
42

Dachmodul Y2 auflegen und mit R2 &amp; Y1 verschrauben



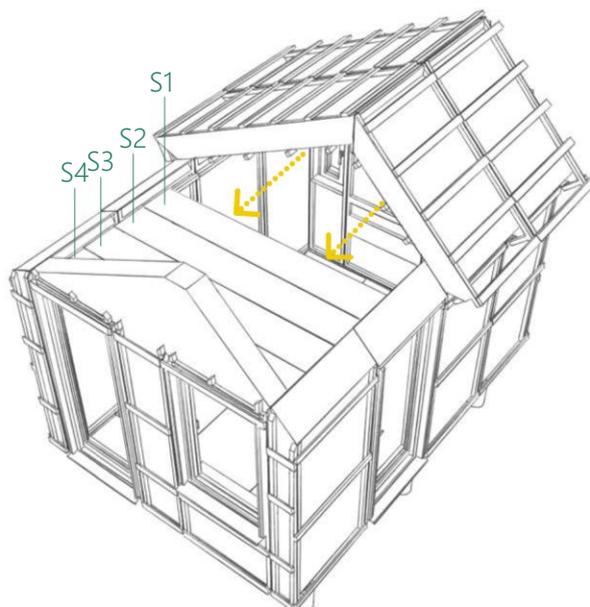
43

Dachmodul X2 auflegen und mit L2, Y2 & X1 verschrauben



44

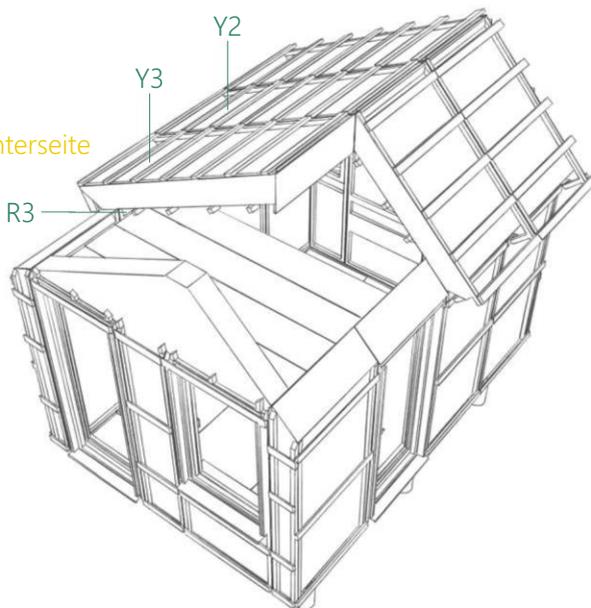
Speicherdeckenmodule S1-S4 nach vorne verschieben



45

Dachmodul Y3 auflegen und mit R3 & Y2 verschrauben

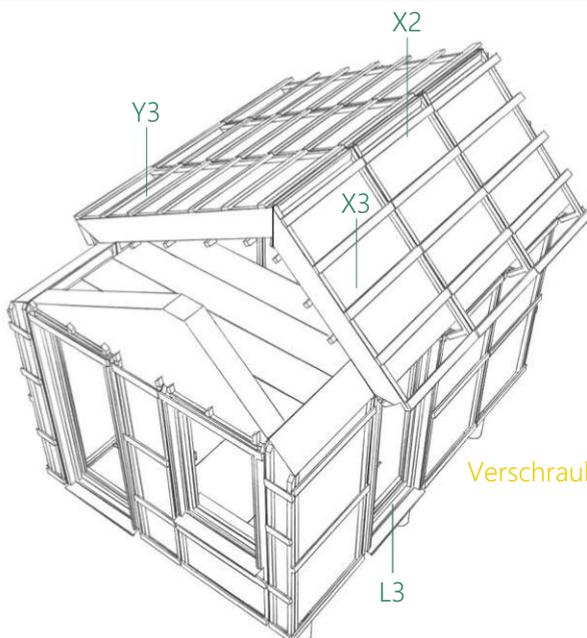
Verschrauben auf Unterseite



46

Dachmodul X3 auflegen und mit L3, Y3 & X2 verschrauben

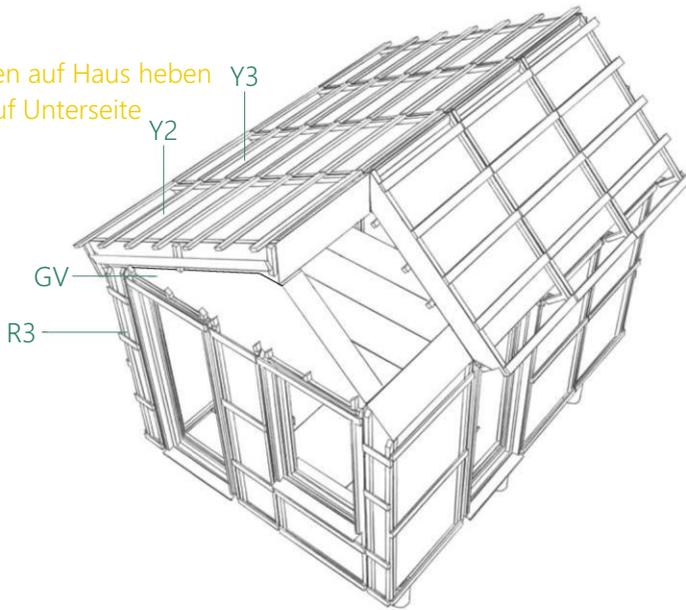
Verschrauben auf Unterseite



47

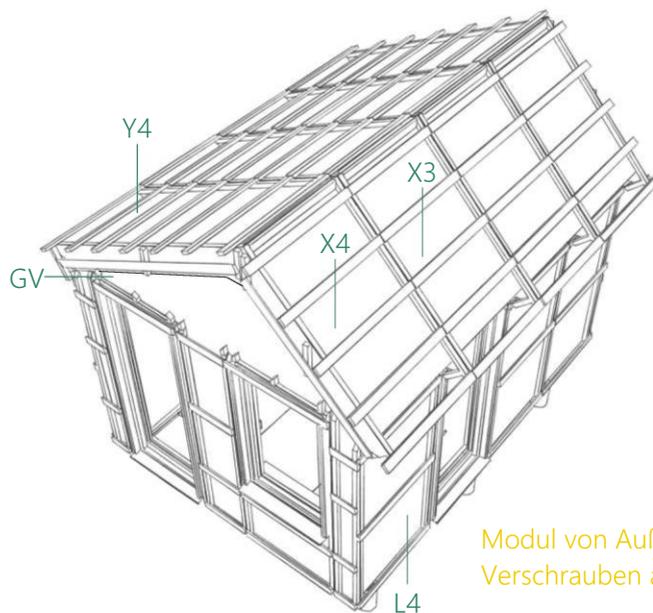
Dachmodul Y4 auflegen und mit GV, R4 & Y3 verschrauben

Modul von Außen auf Haus heben  
Verschrauben auf Unterseite



48

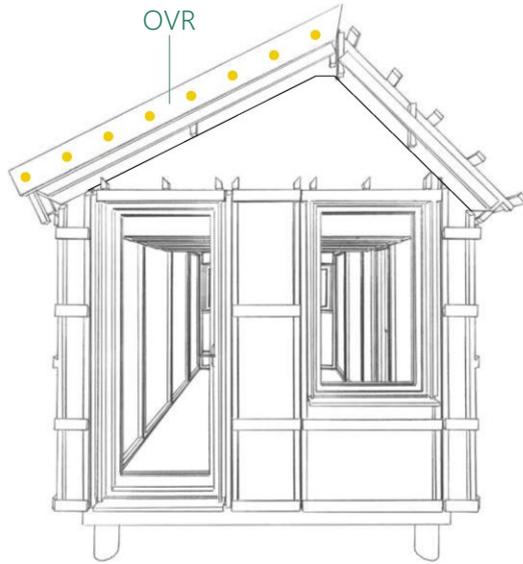
Dachmodul X4 auflegen und mit GV, L4, Y4 & X2 verschrauben



Modul von Außen auf Haus heben  
Verschrauben auf Unterseite

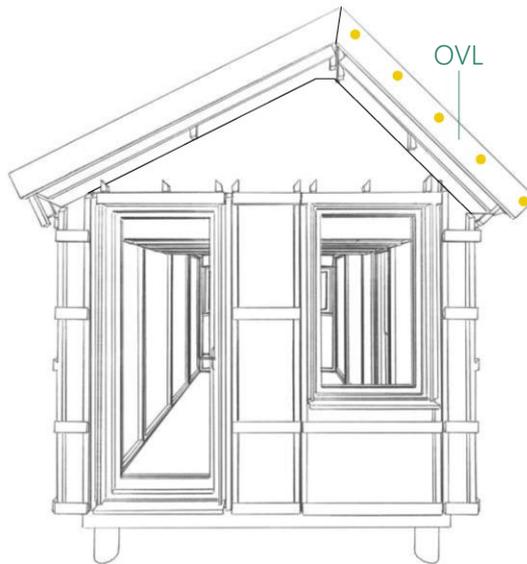
49

Ortgangbrett OVR anschrauben



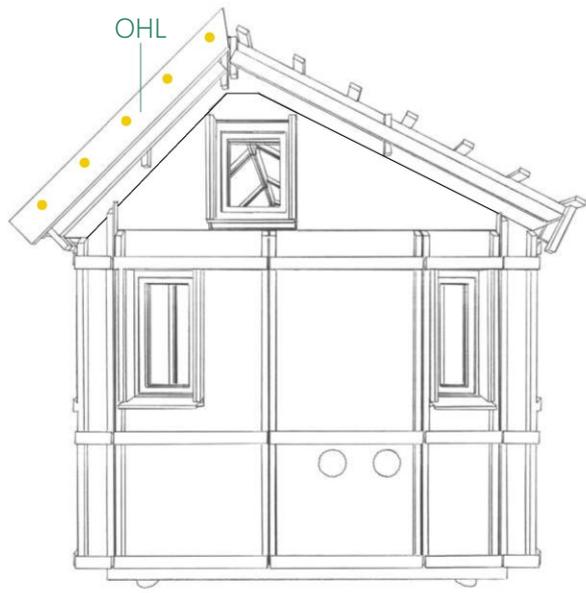
50

Ortgangbrett OVL anschrauben



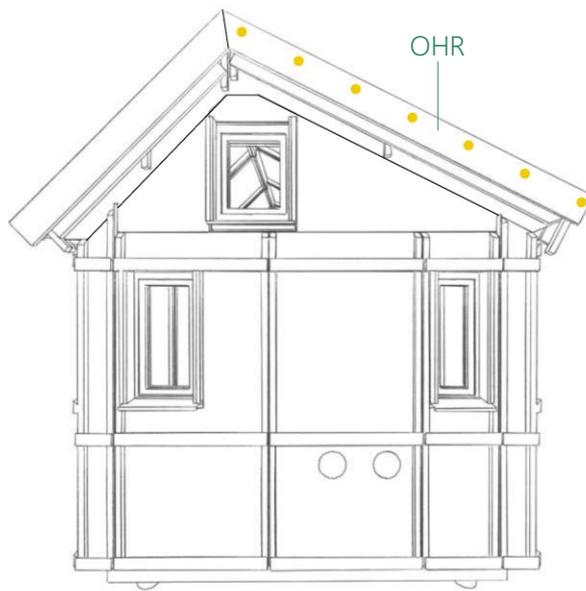
51

Ortgangbrett OHL anschrauben



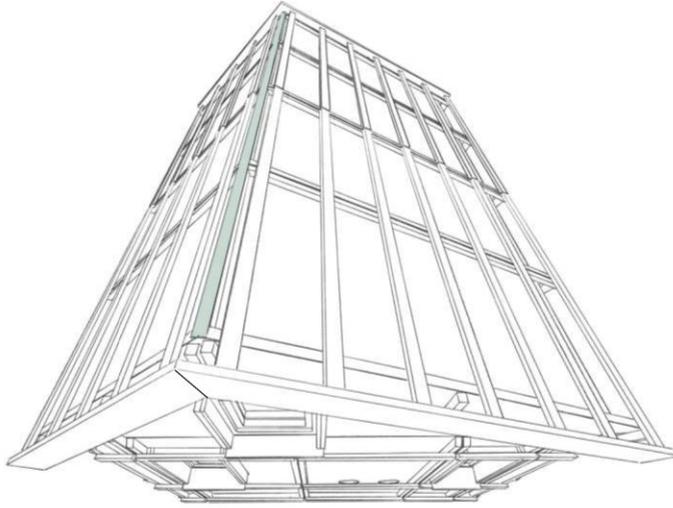
52

Ortgangbrett OHR anschrauben



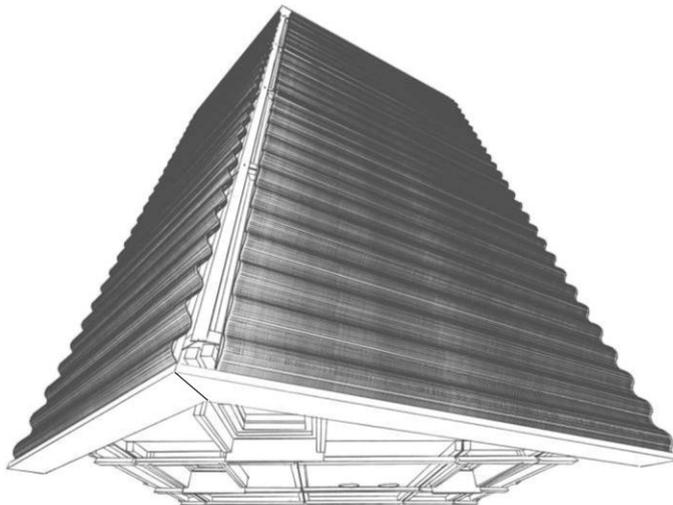
53

First mit 70mm EPDM-Dichtband abkleben



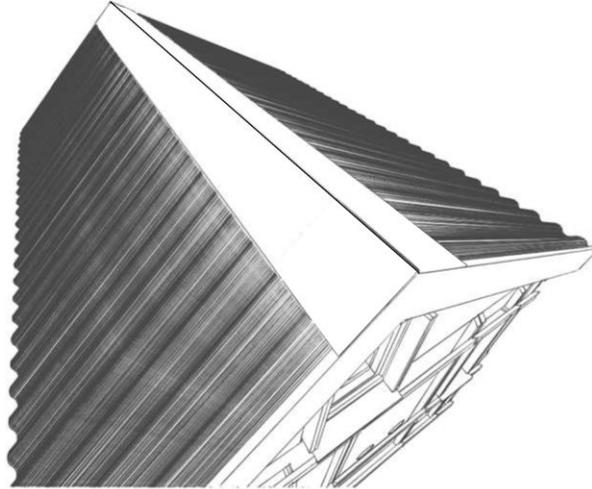
54

Dachdeckungsplatten anschrauben



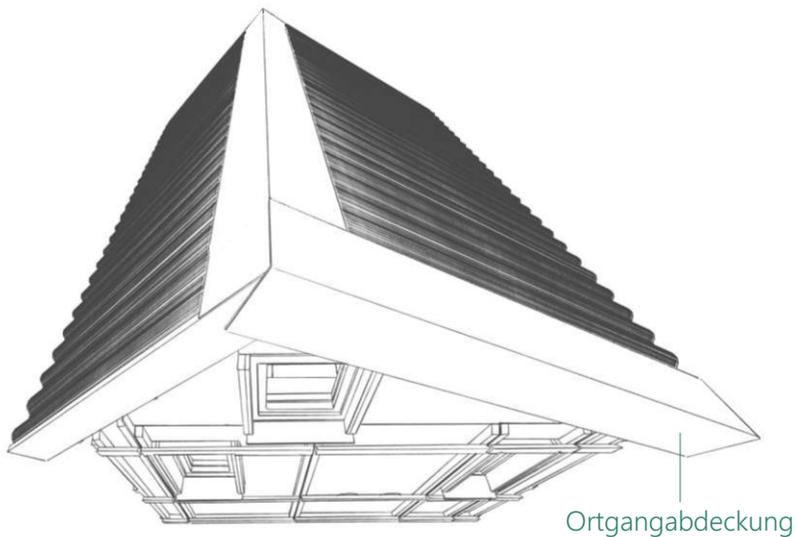
55

Firsthauben anschrauben



56

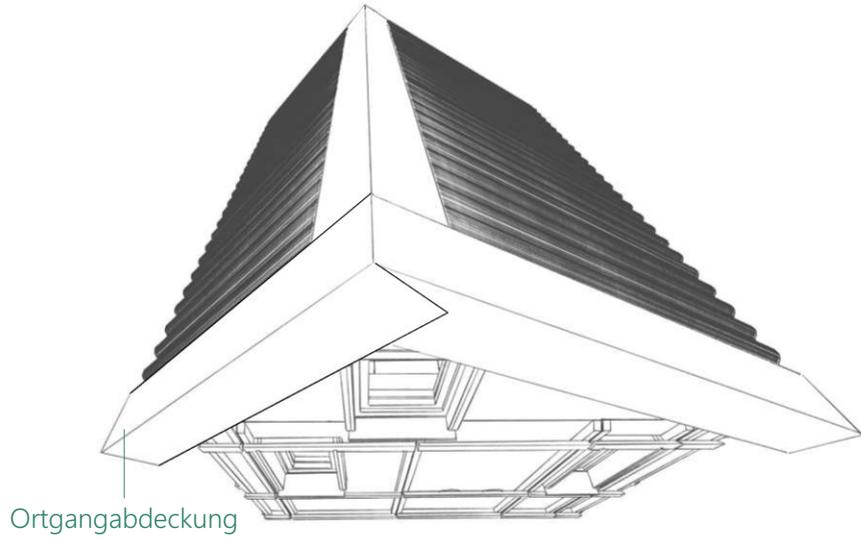
Ortgangabdeckung hinten anschrauben



Ortgangabdeckung

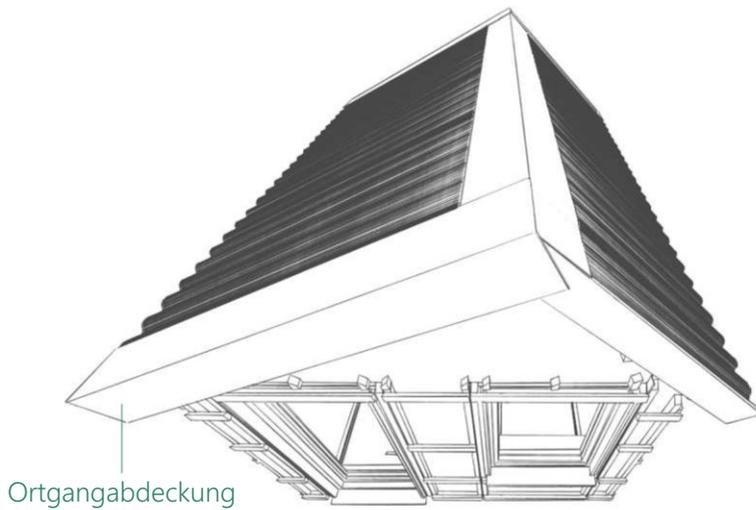
57

Ortgangabdeckung hinten anschrauben



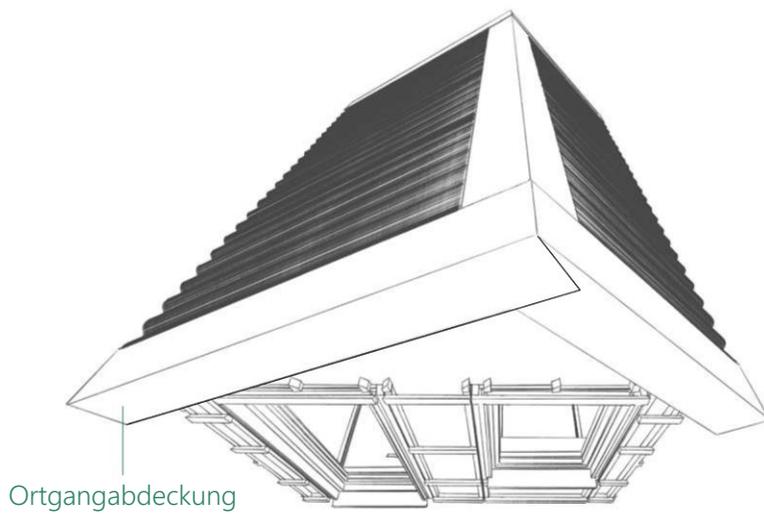
58

Ortgangabdeckung vorne anschrauben



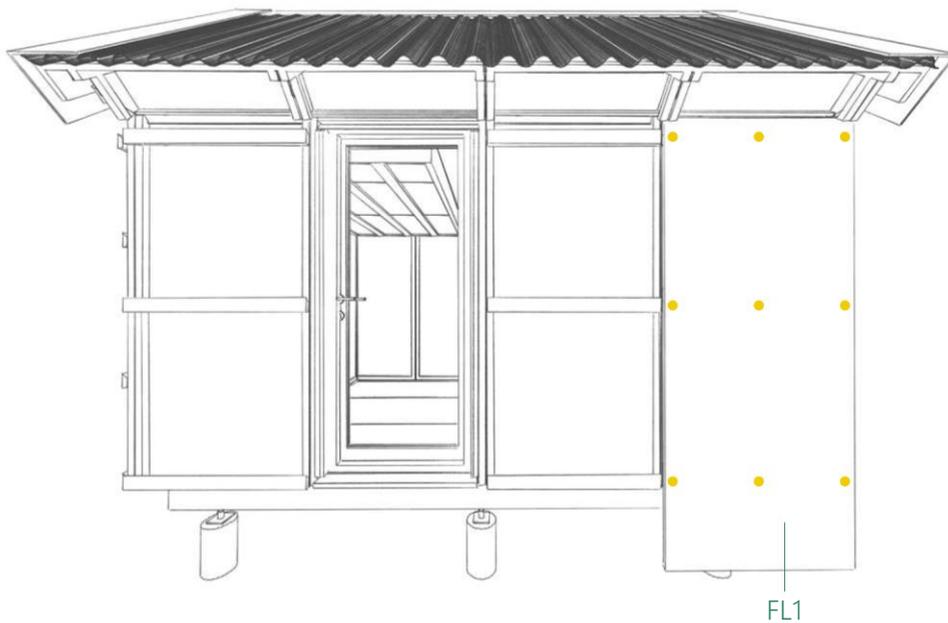
59

Ortgangabdeckung vorne anschrauben



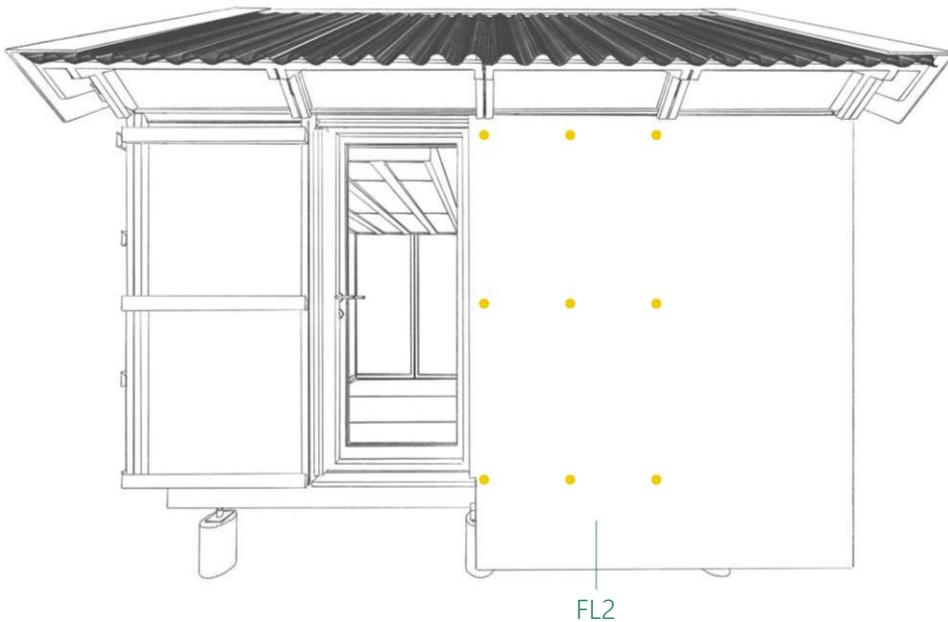
60

Fassadenmodul FL1 anschrauben



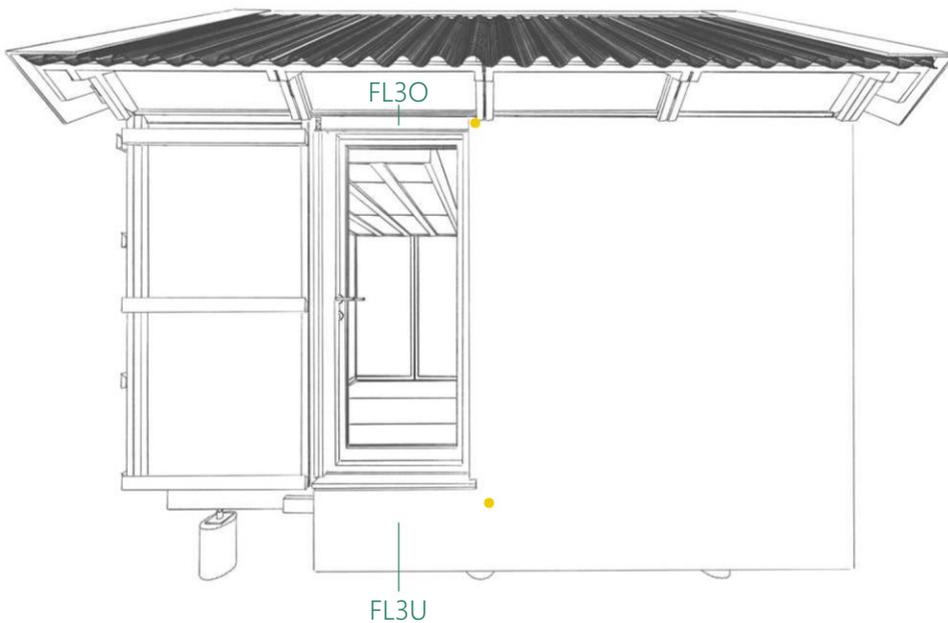
61

Fassadenmodul FL2 anschrauben



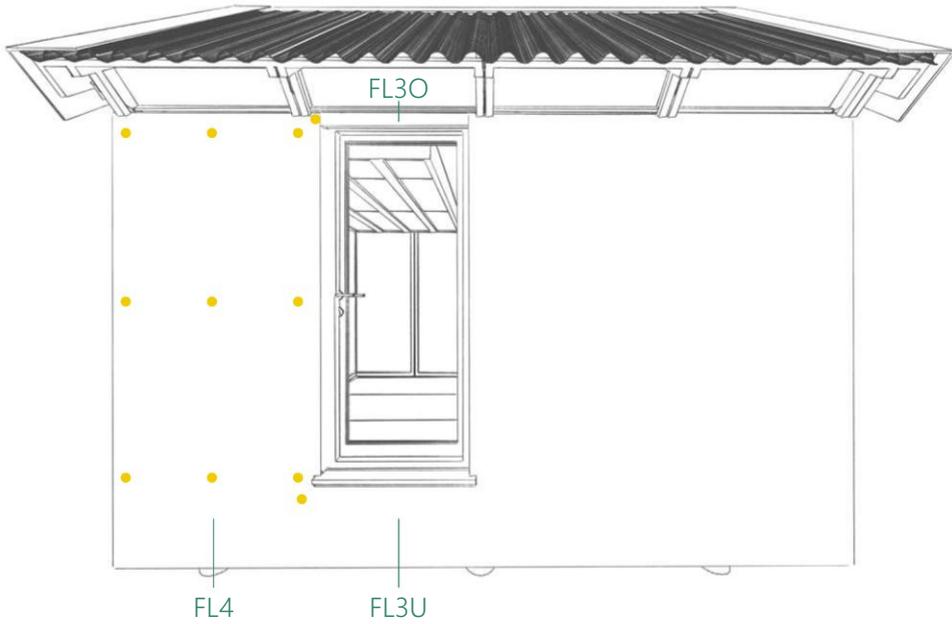
62

Fassadenmodul FL30 & FL3U anschrauben



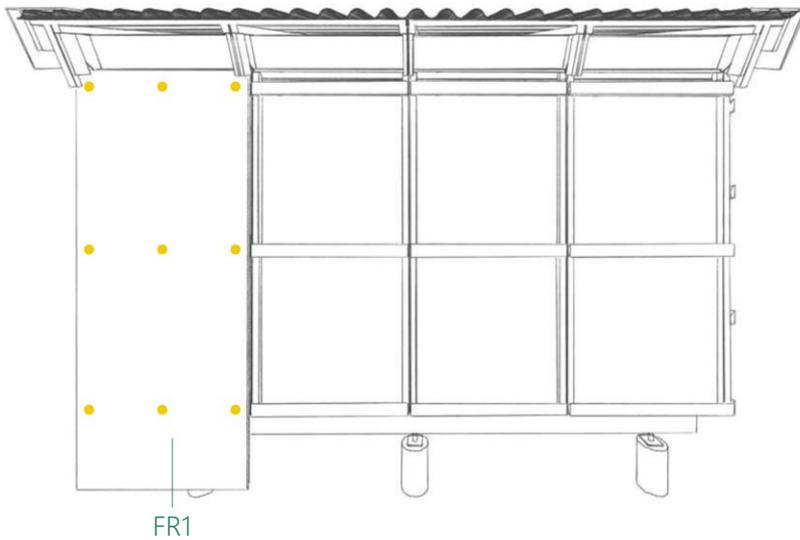
63

Fassadenmodul FL4, FL30 & FL3U anschrauben



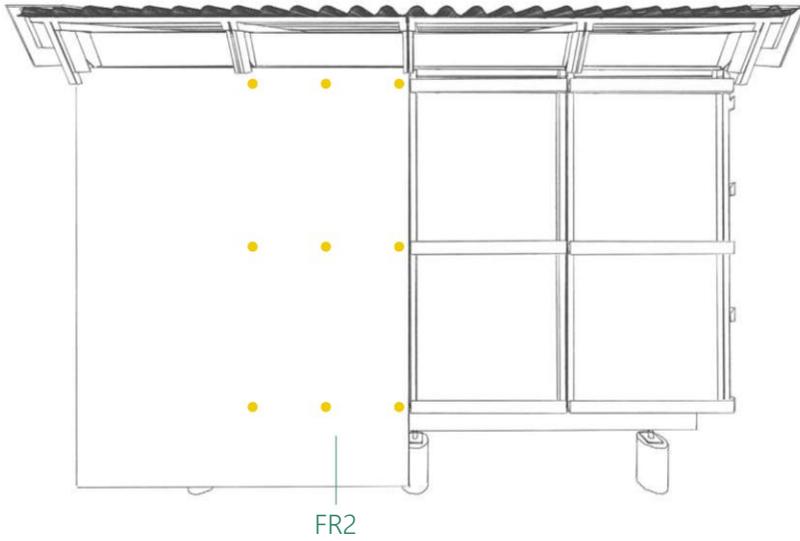
64

Fassadenmodul FR1 anschrauben



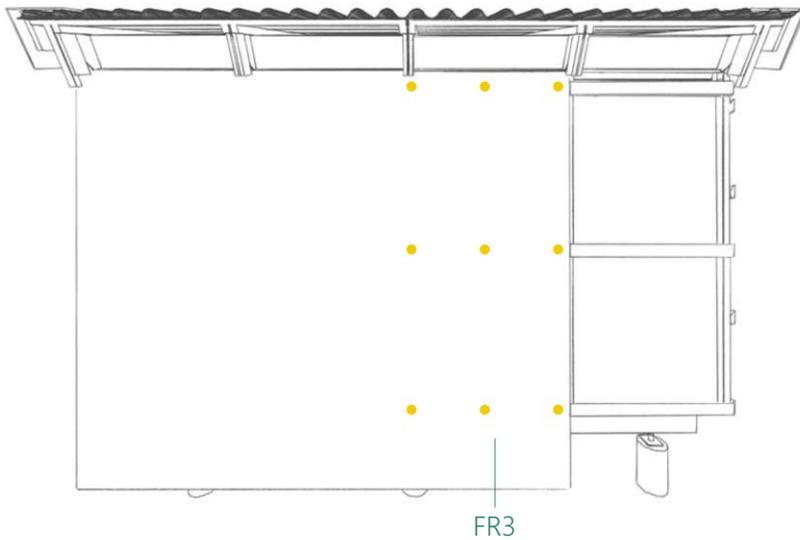
65

Fassadenmodul FR2 anschrauben



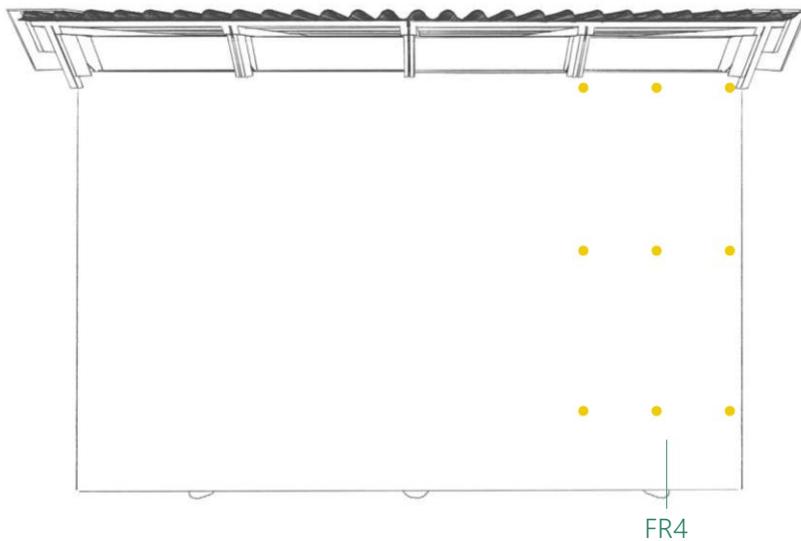
66

Fassadenmodul FR3 anschrauben



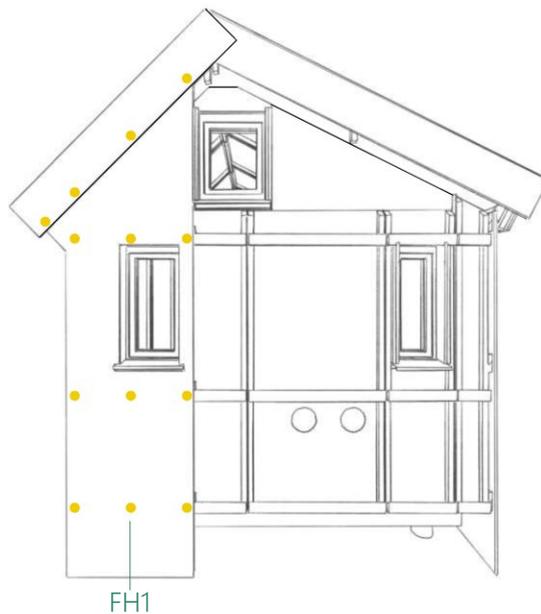
67

Fassadenmodul FR4 anschrauben



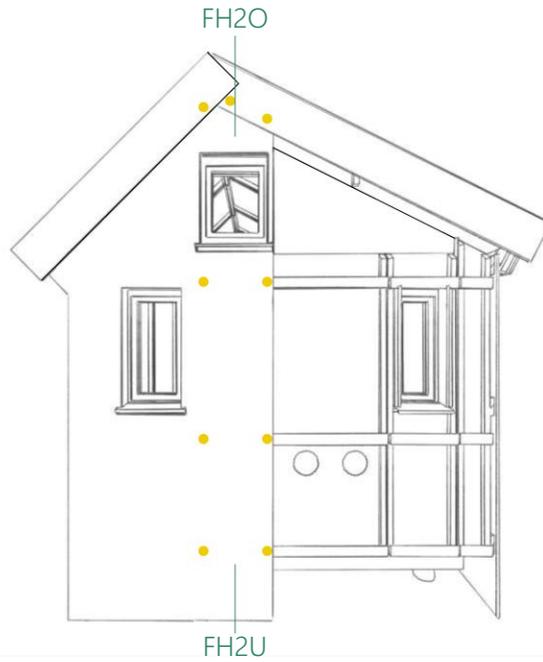
68

Fassadenmodul FH1 anschrauben



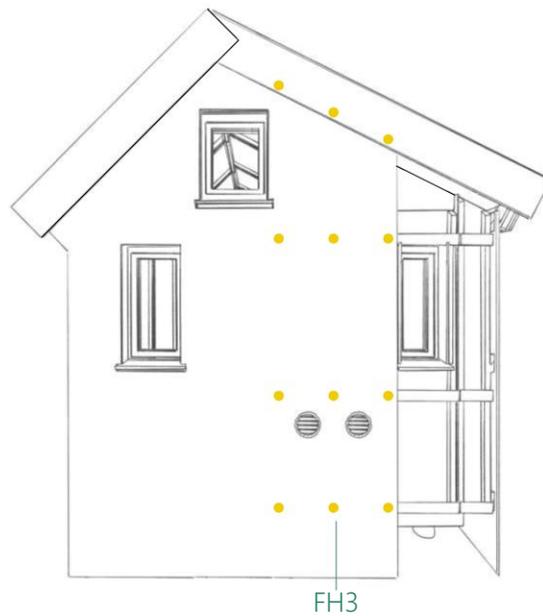
69

Fassadenmodul FH2U & FH2O anschrauben



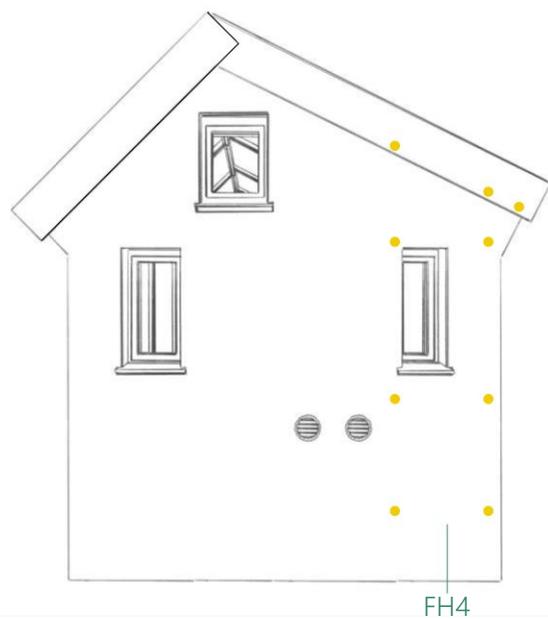
70

Fassadenmodul FH3 anschrauben



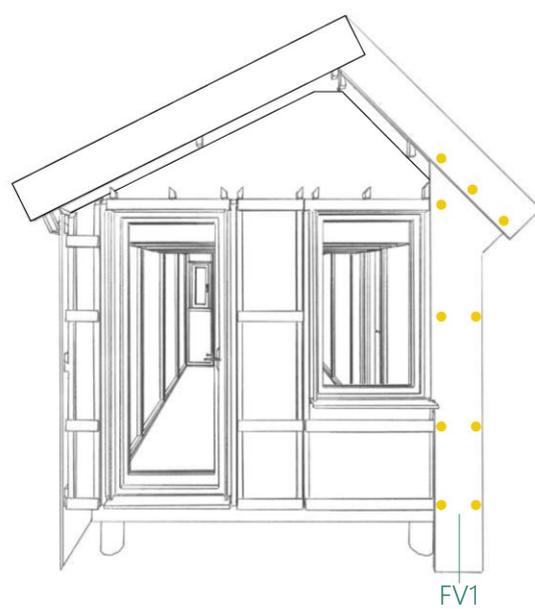
71

Fassadenmodul FH4 anschrauben



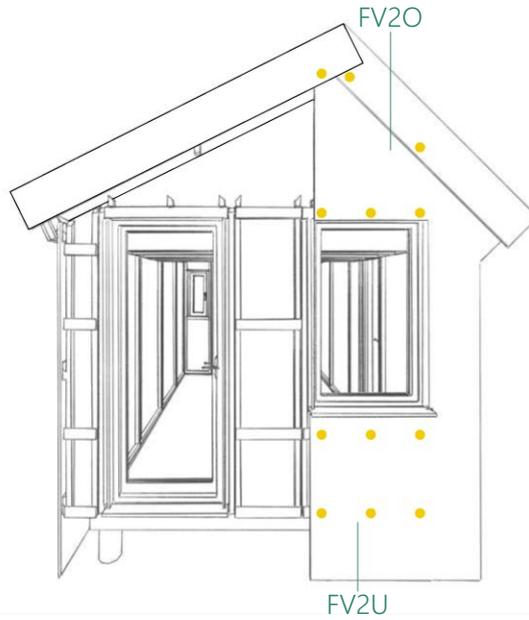
72

Fassadenmodul FV1 anschrauben



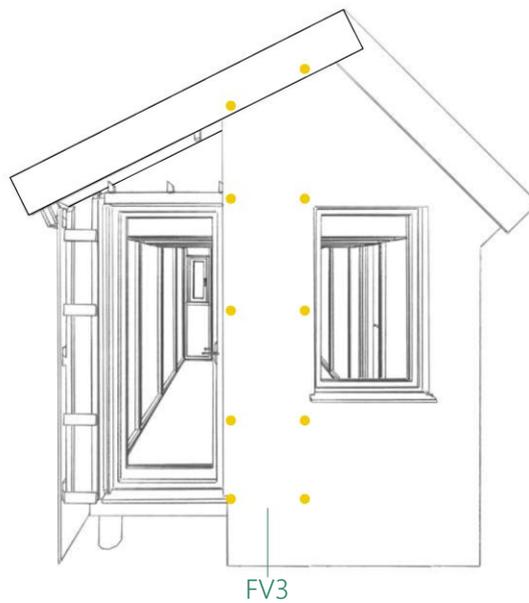
73

Fassadenmodule FV2U & FV2O anschrauben



74

Fassadenmodul FV1 anschrauben



75

Fassadenmodule FV3U & FV3O anschrauben



76

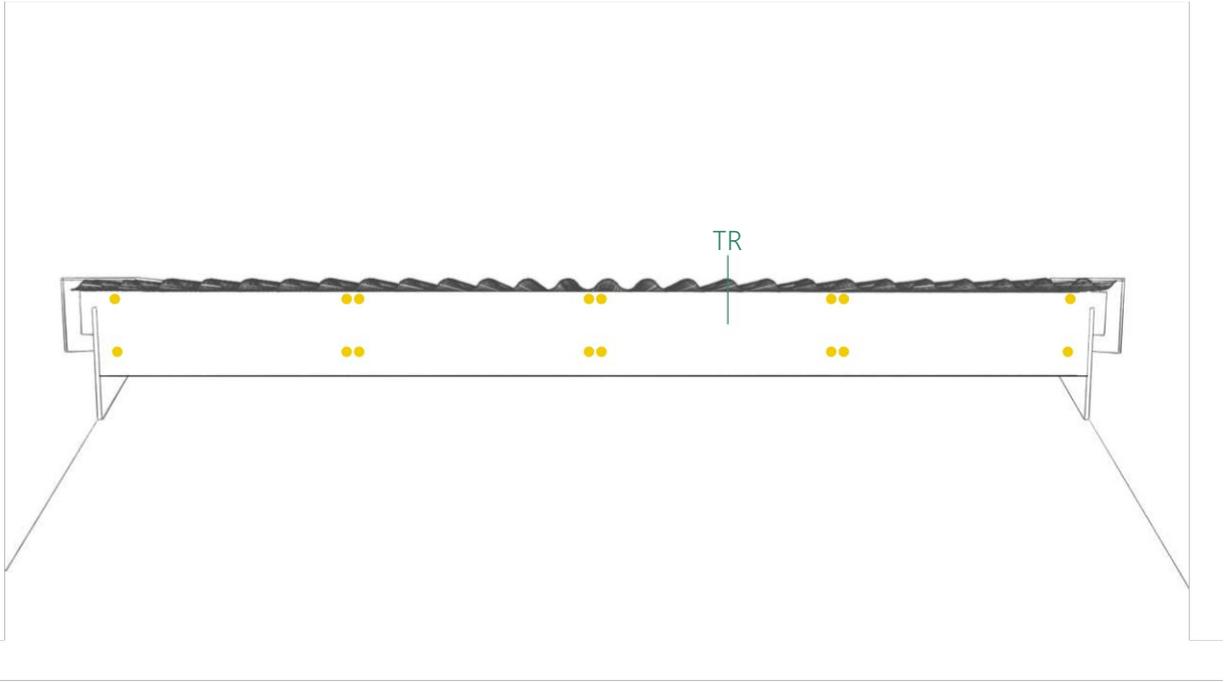
Fassadenmodul FV4 & FV2U anschrauben



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.

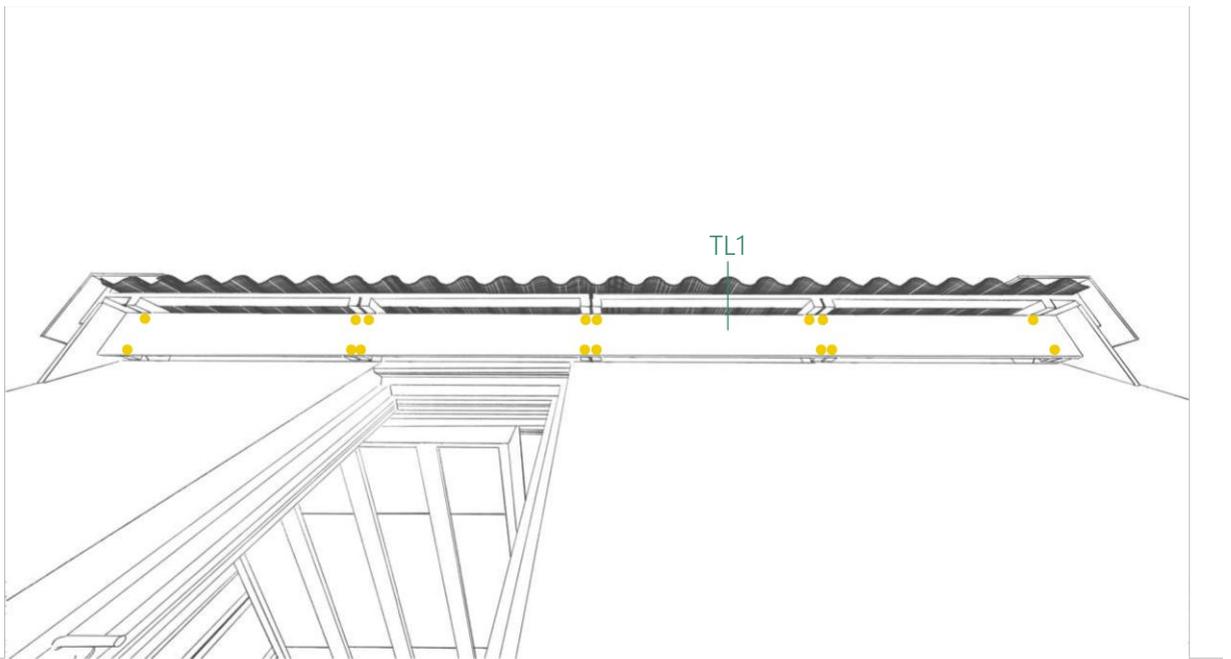
77

Traufenmodul TR anschrauben



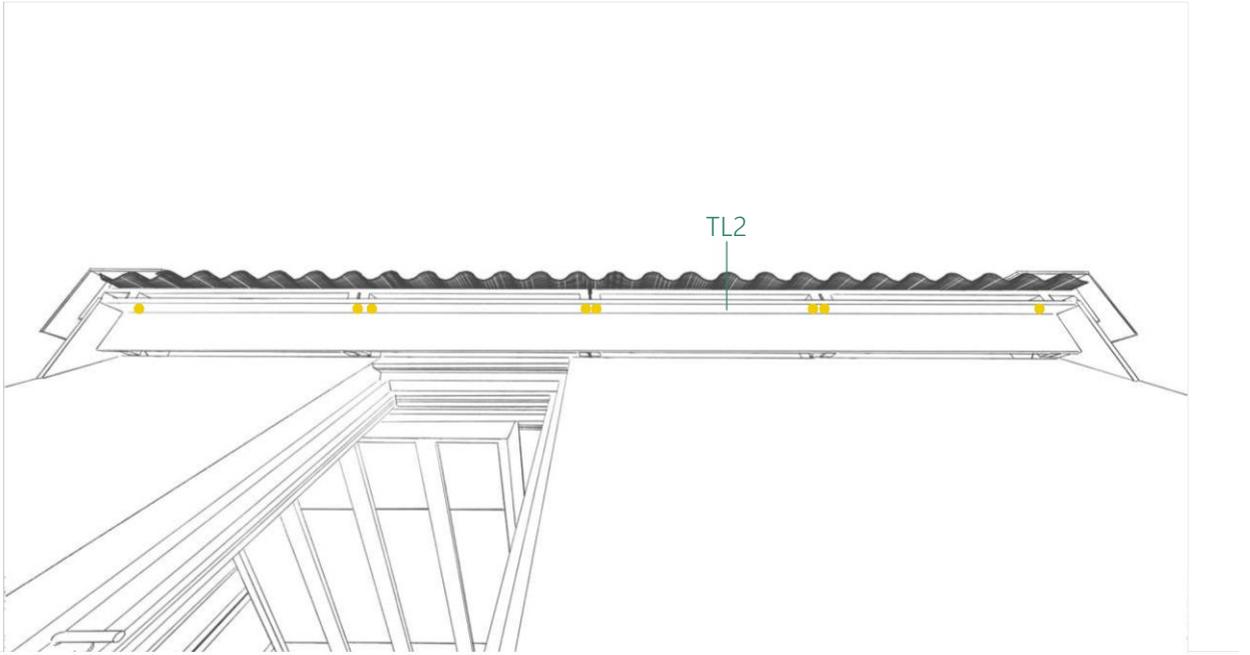
78

Traufenmodul TL1 anschrauben



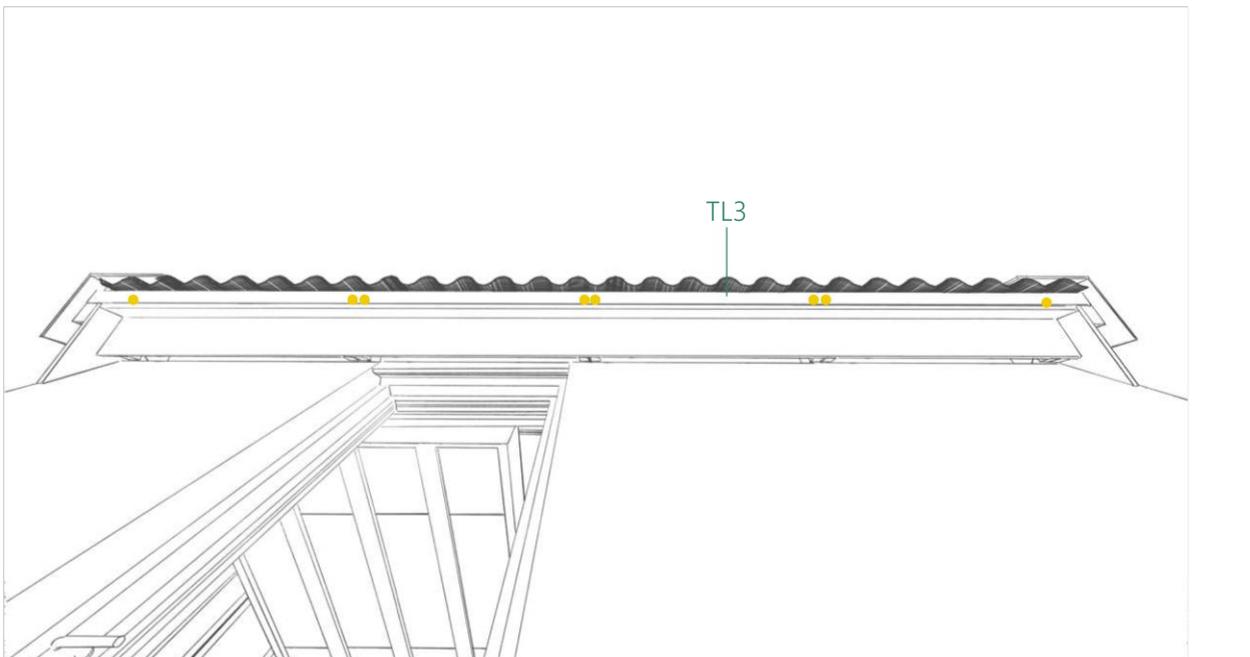
79

Traufenmodul TL2 anschrauben



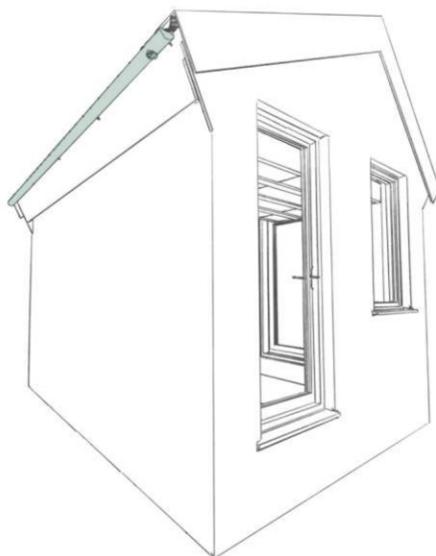
80

Traufenmodul TL3 anschrauben



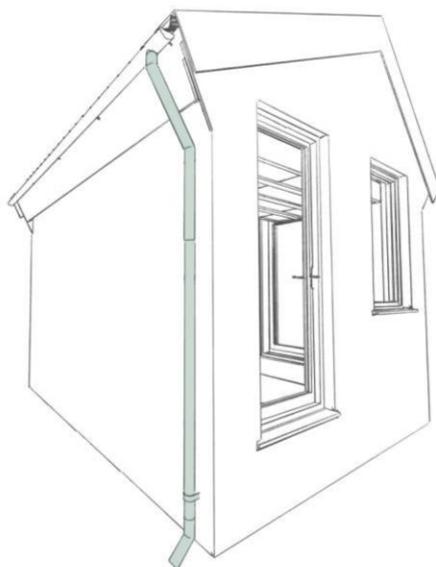
81

Regenrinne rechts montieren



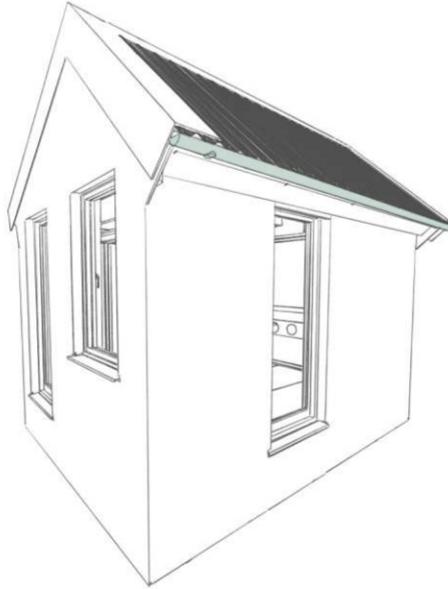
82

Fallrohr rechts montieren



83

Regenrinne links montieren



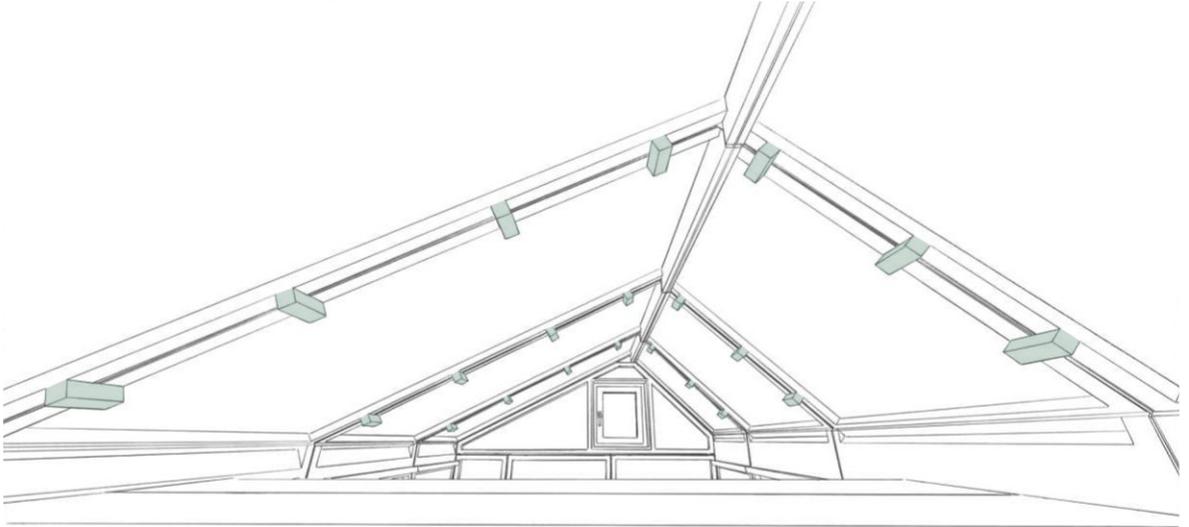
84

Fallrohr links montieren



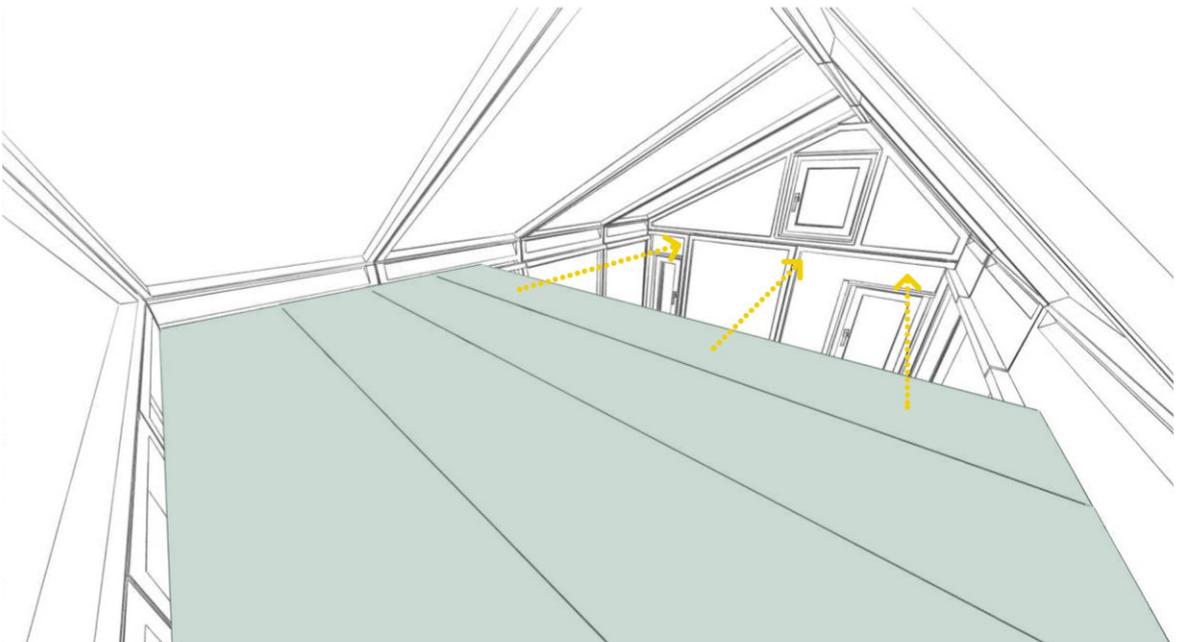
85

Montagehilfen für Dachmontage abschrauben



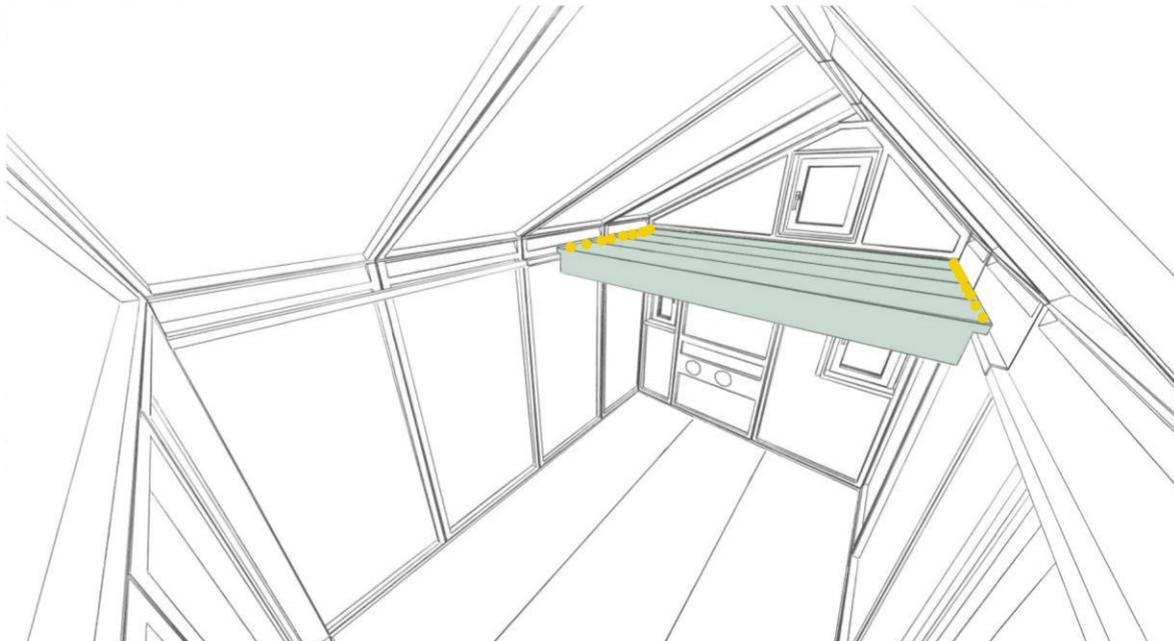
86

Speicherdeckenmodule zurückschieben



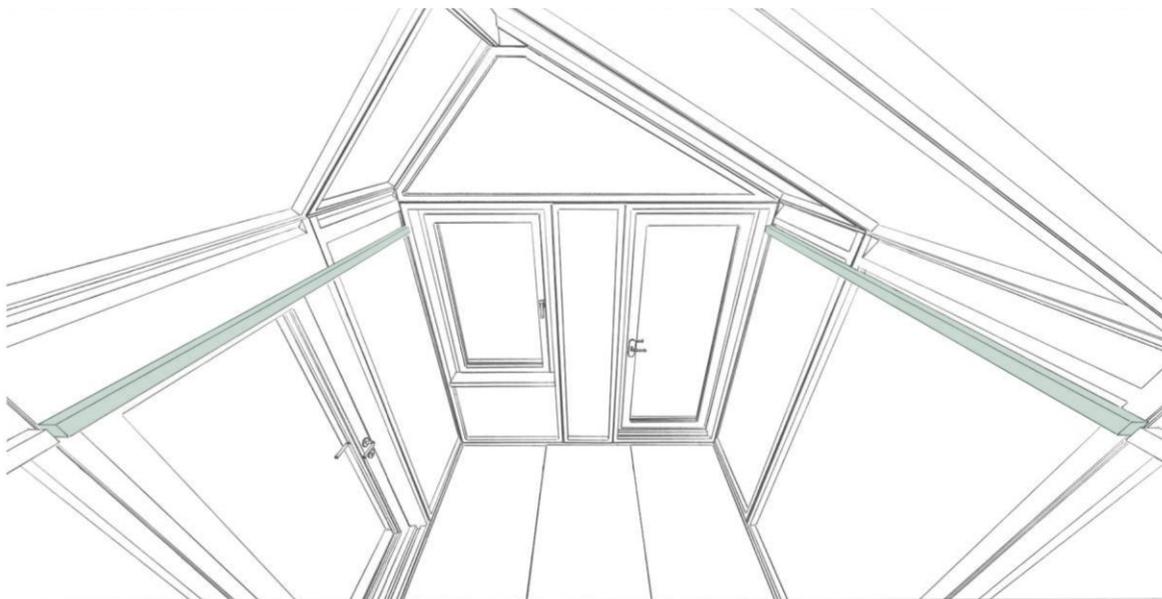
87

Speicherdeckenmodule ausrichten & verschrauben



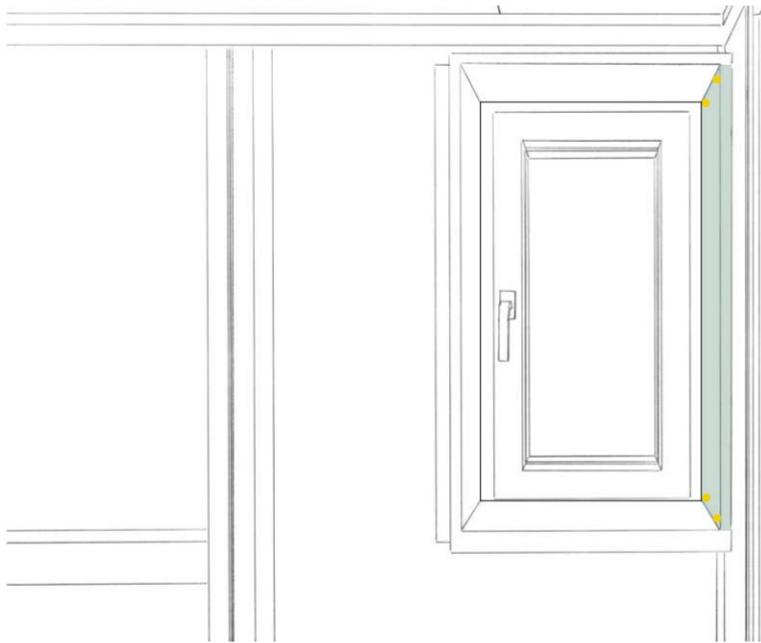
88

Montagehilfen für Speicherdecke abschrauben



89

Fensterlaibung H1 anschrauben



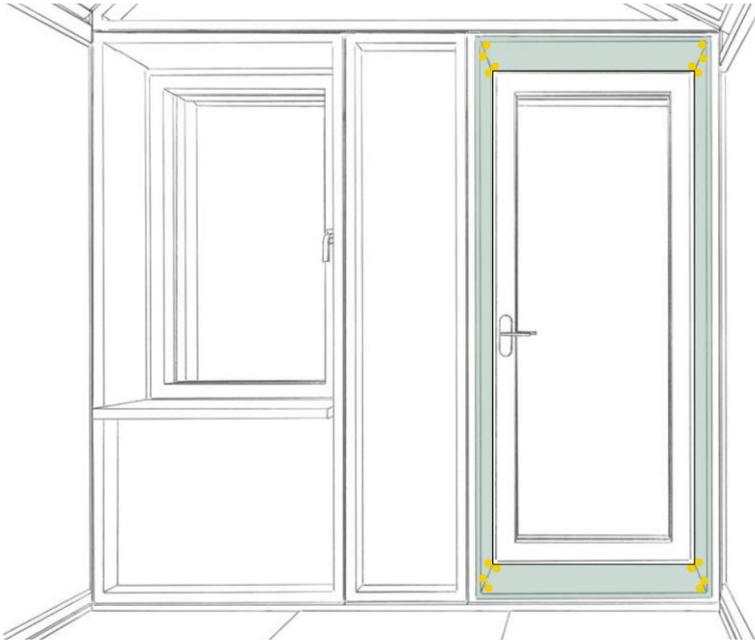
90

Fensterlaibung H3 anschrauben



91

Türlaibung V3 anschrauben



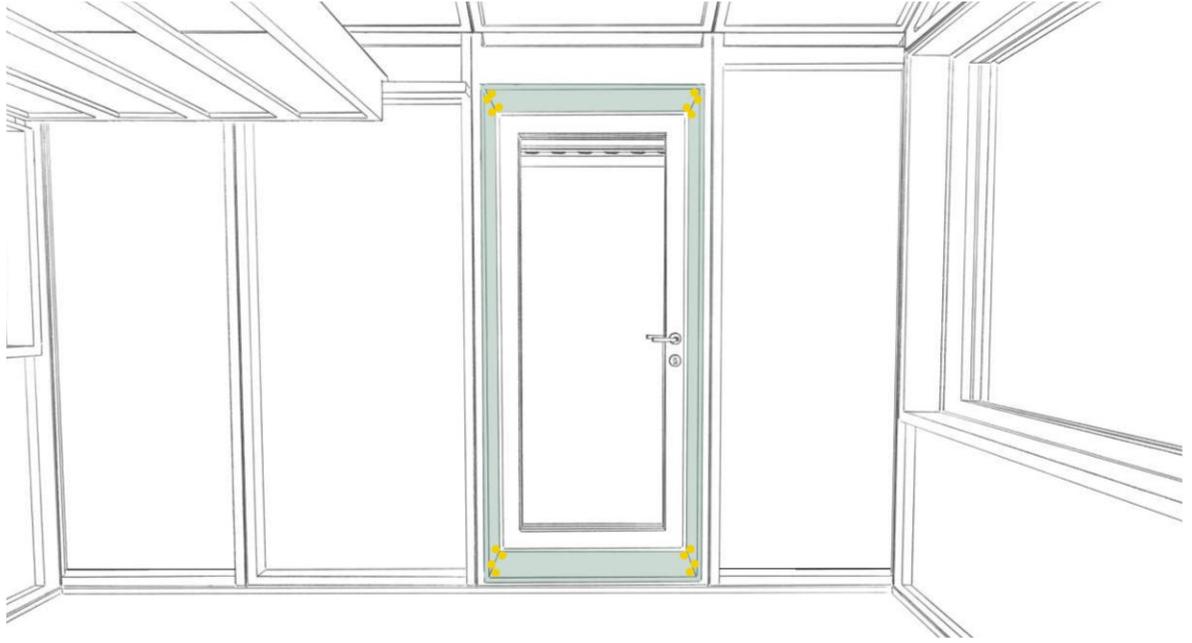
92

Fensterlaibung V1 anschrauben



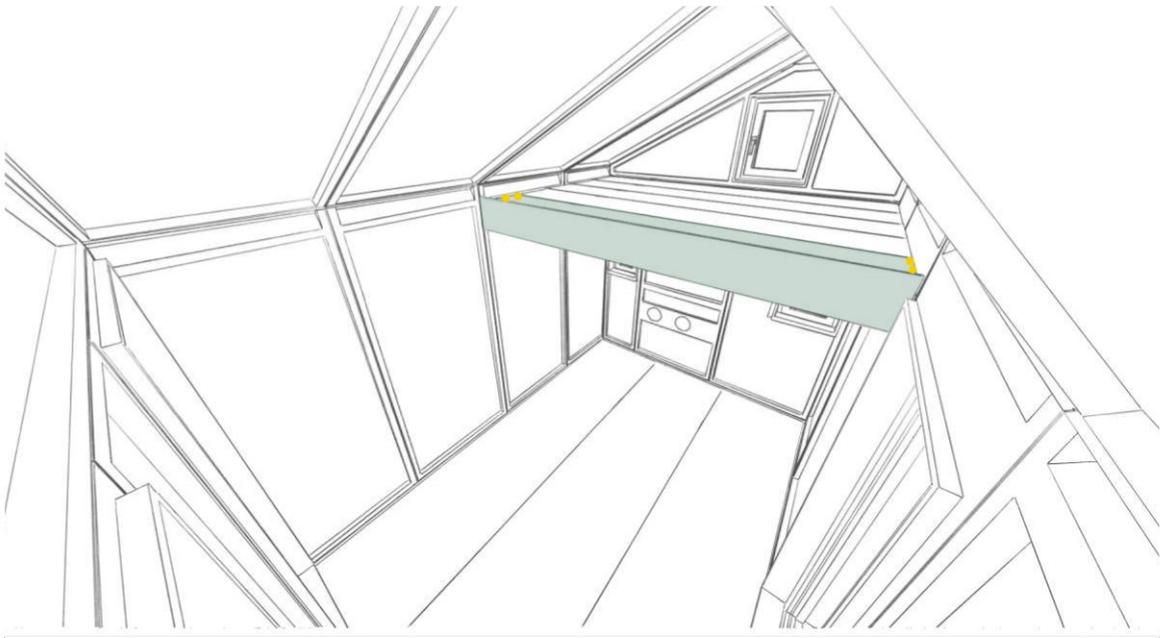
93

Türleibung L3 anschrauben



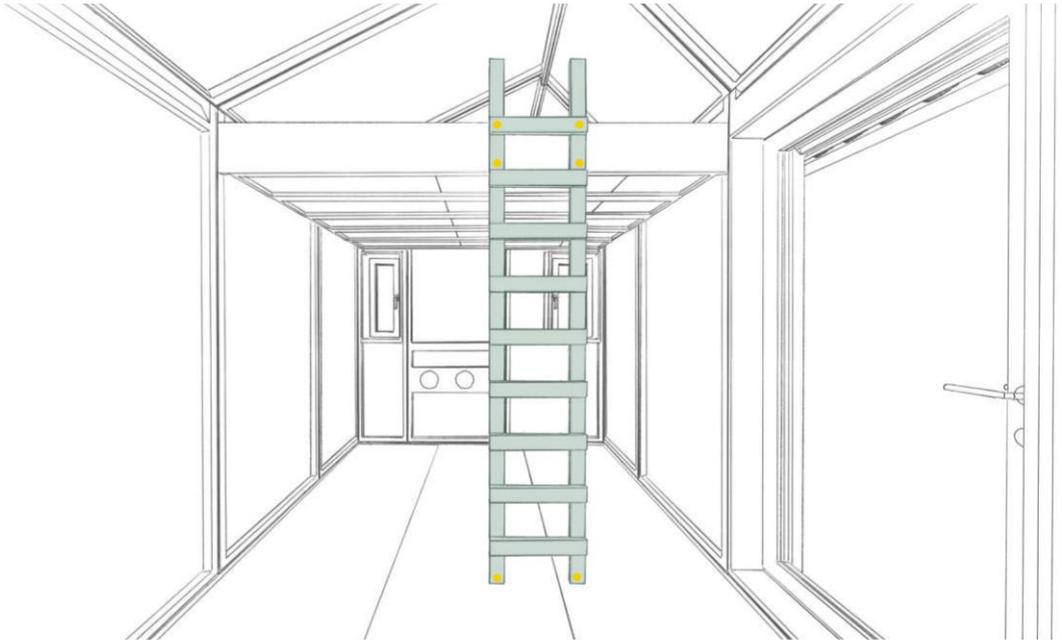
94

Speicherdeckenmodul S5 einhängen und anschrauben



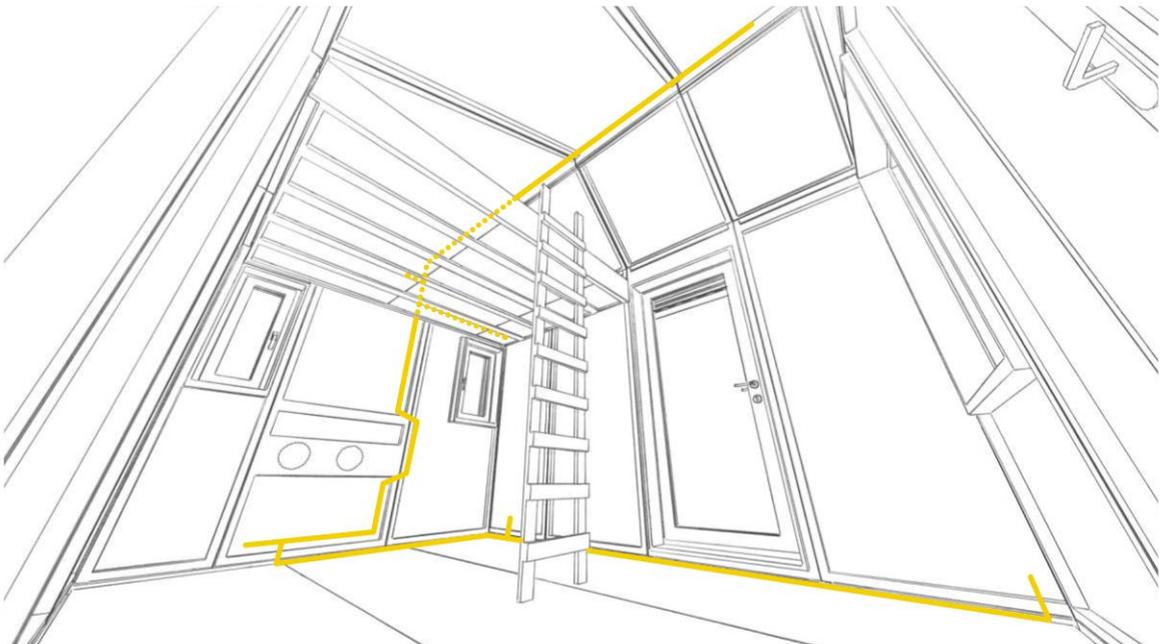
95

Leiter aufstellen & anschrauben



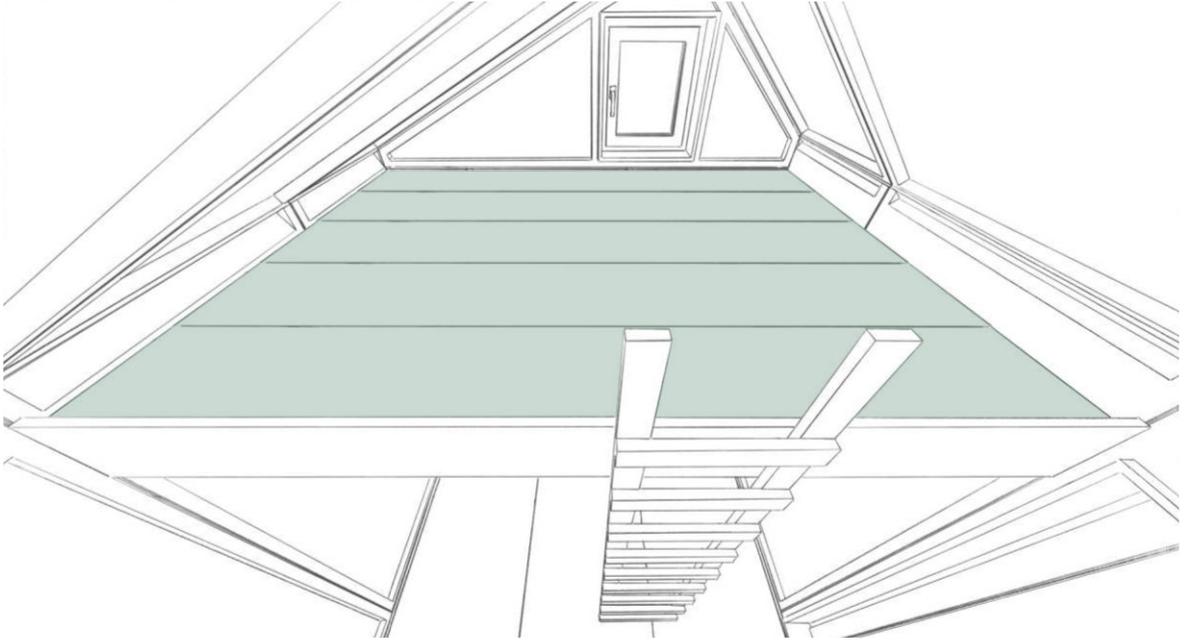
96

Elektrik von Fachkraft verlegen und anschließen lassen



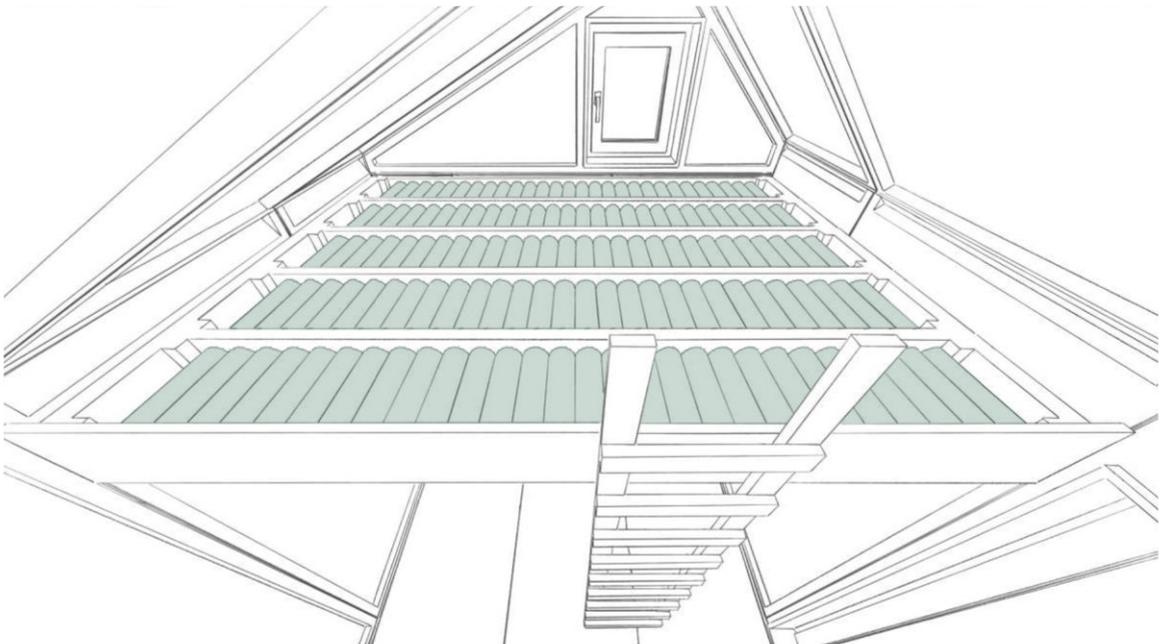
97

Deckel von Speicherdeckenmodulen abnehmen



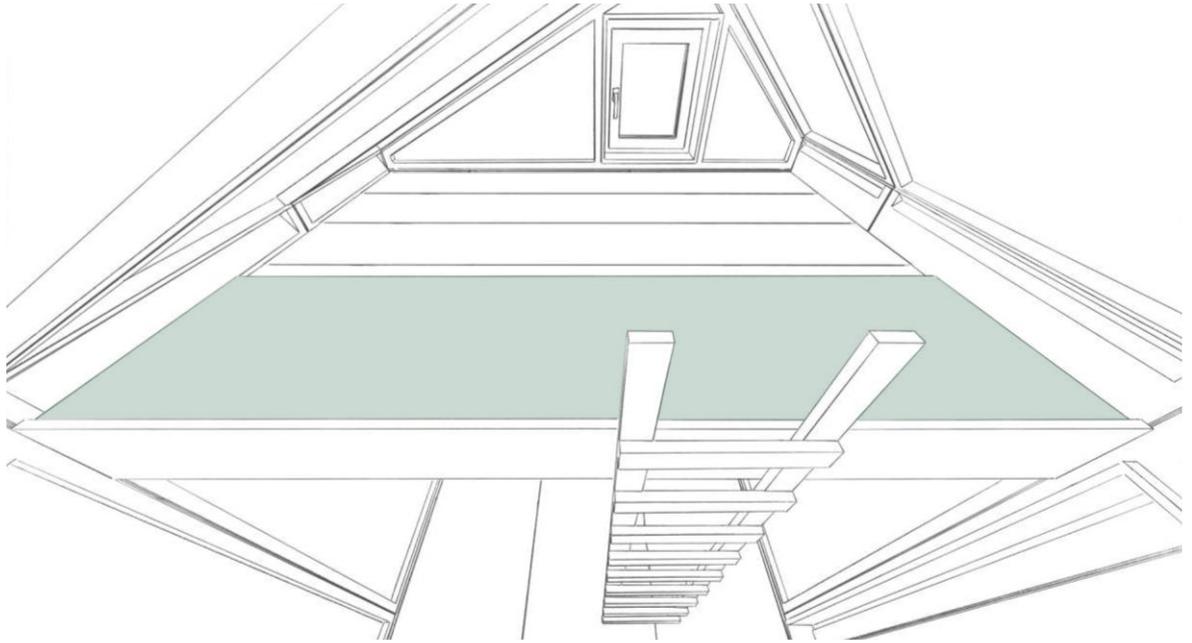
98

PET-Flaschen herausnehmen, befüllen und wieder einlegen. Deckel wieder montieren.



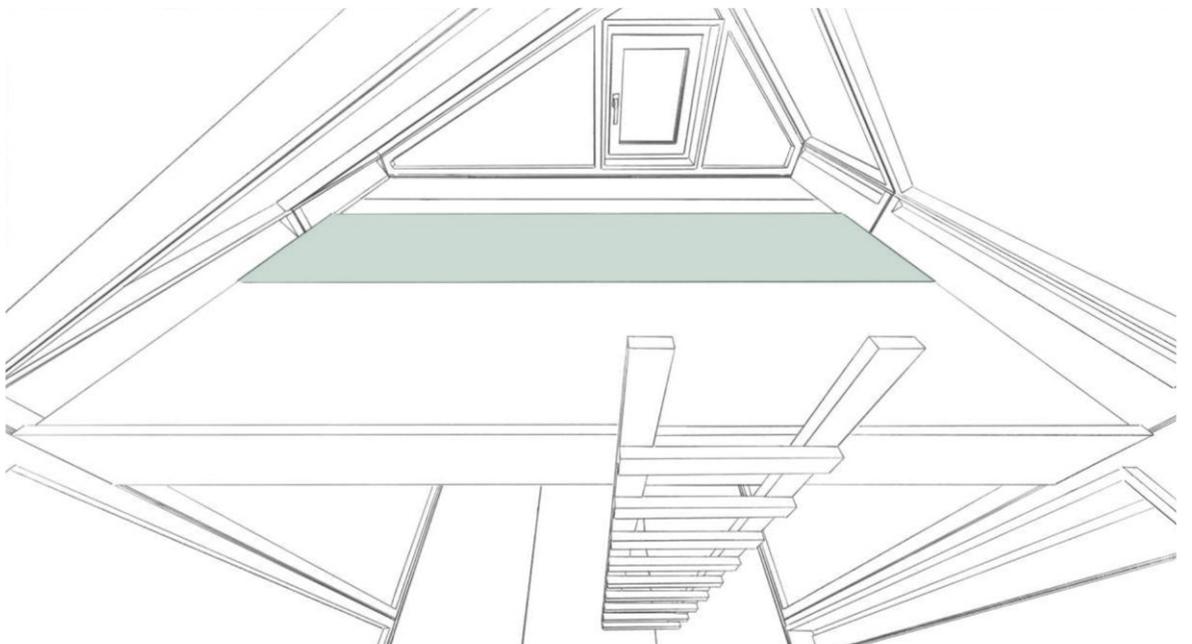
99

Loft-Fußbodenmodul F6 einlegen



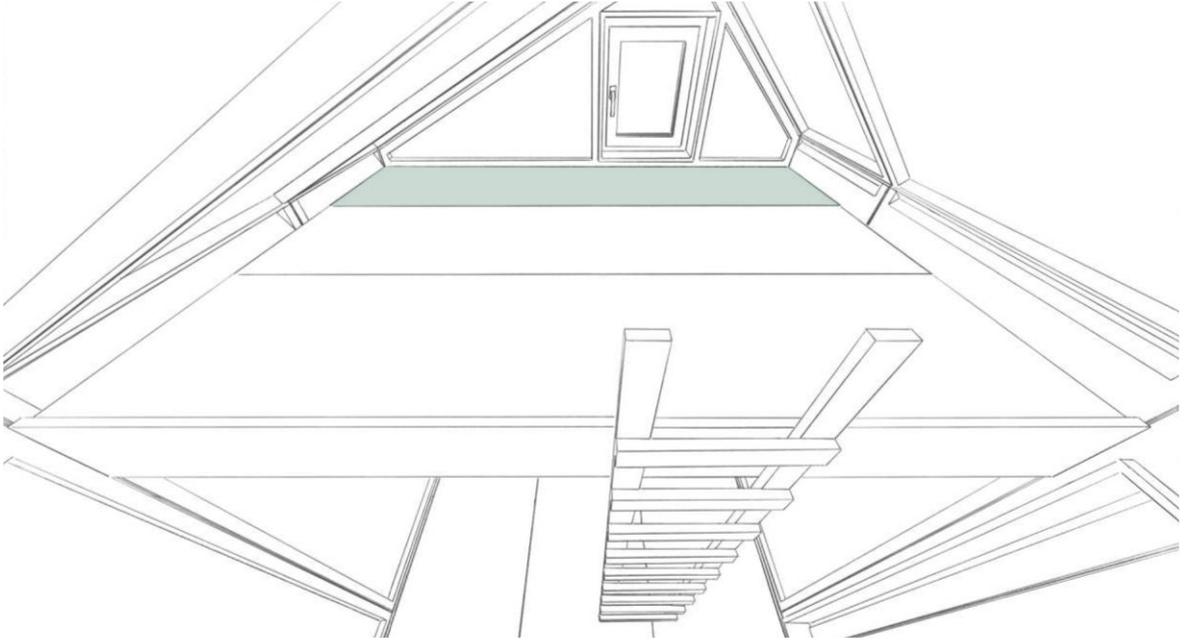
100

Loft-Fußbodenmodul F5 einlegen



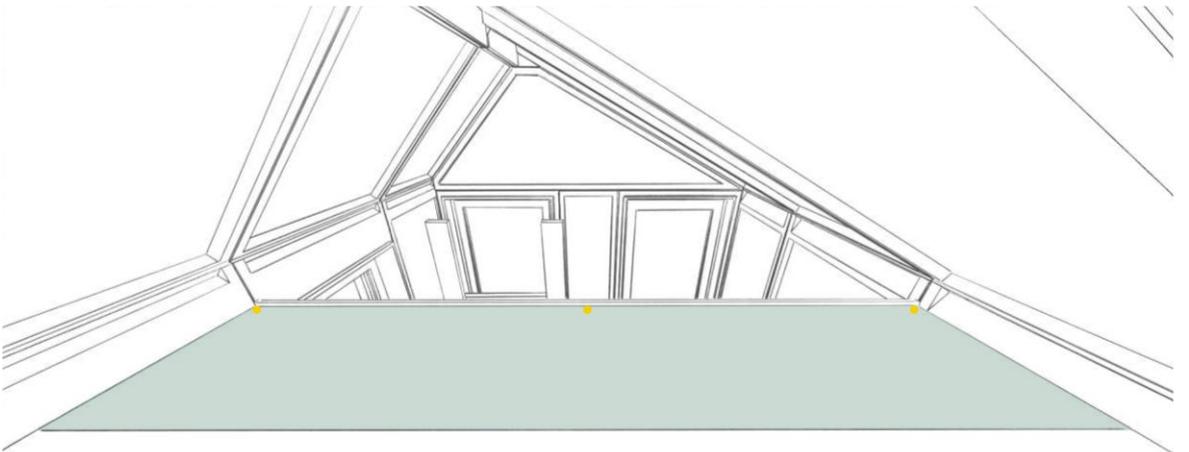
101

Loft-Fußbodenmodul F6 einlegen



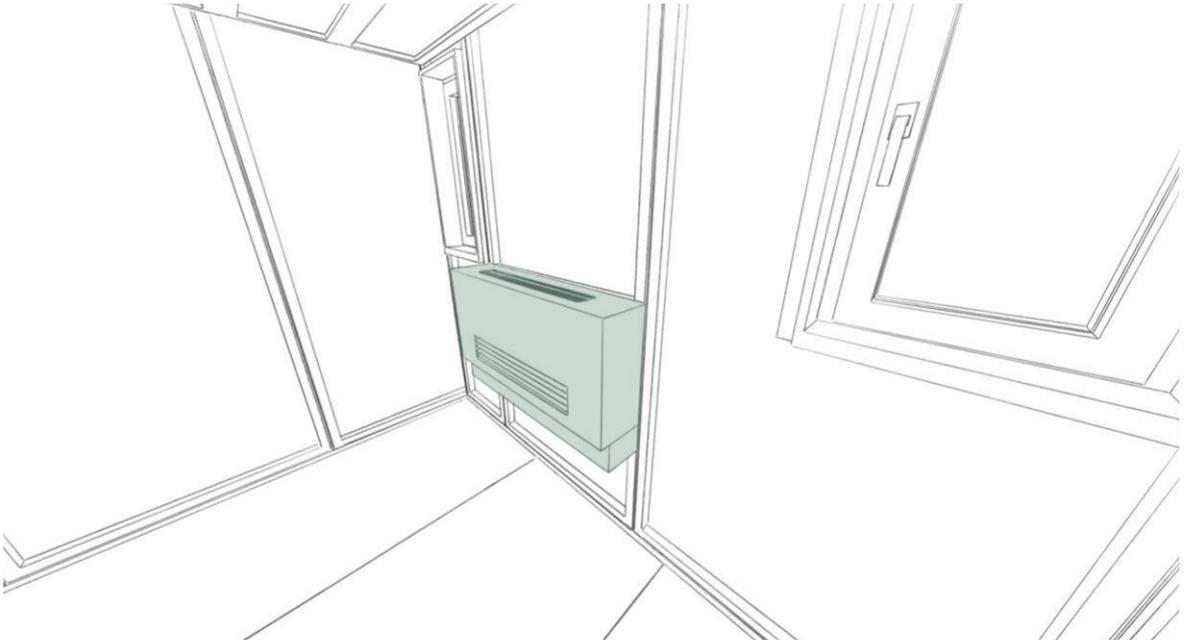
102

Loft-Fußbodenmodul F6 anschrauben



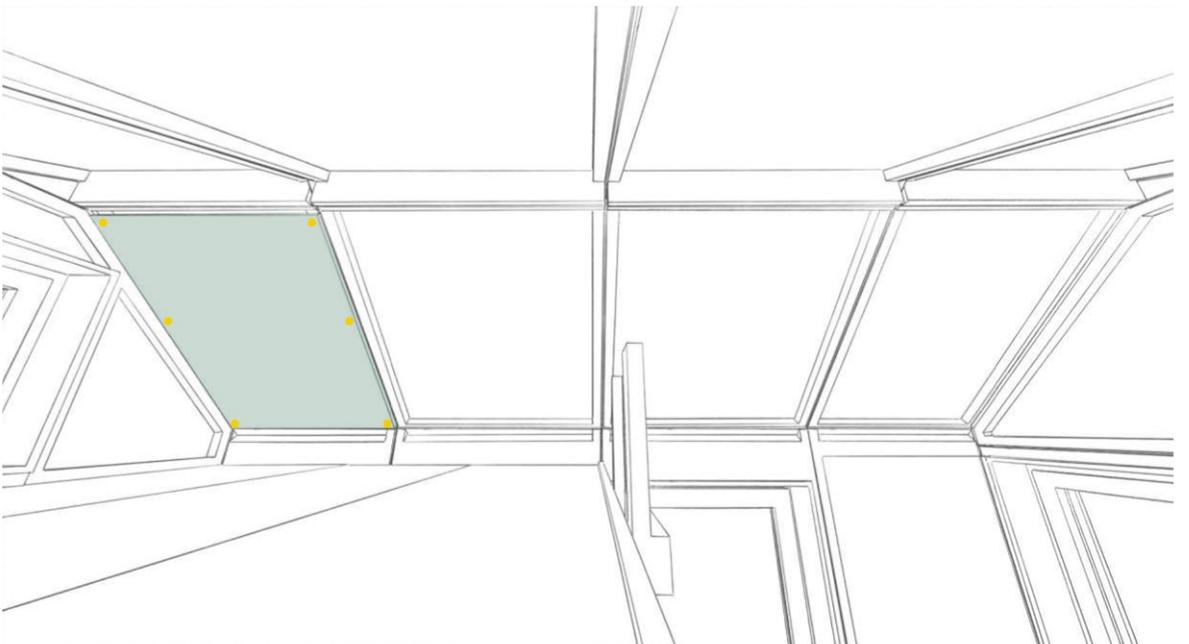
103

Klimagerät laut Gebrauchsanweisung montieren

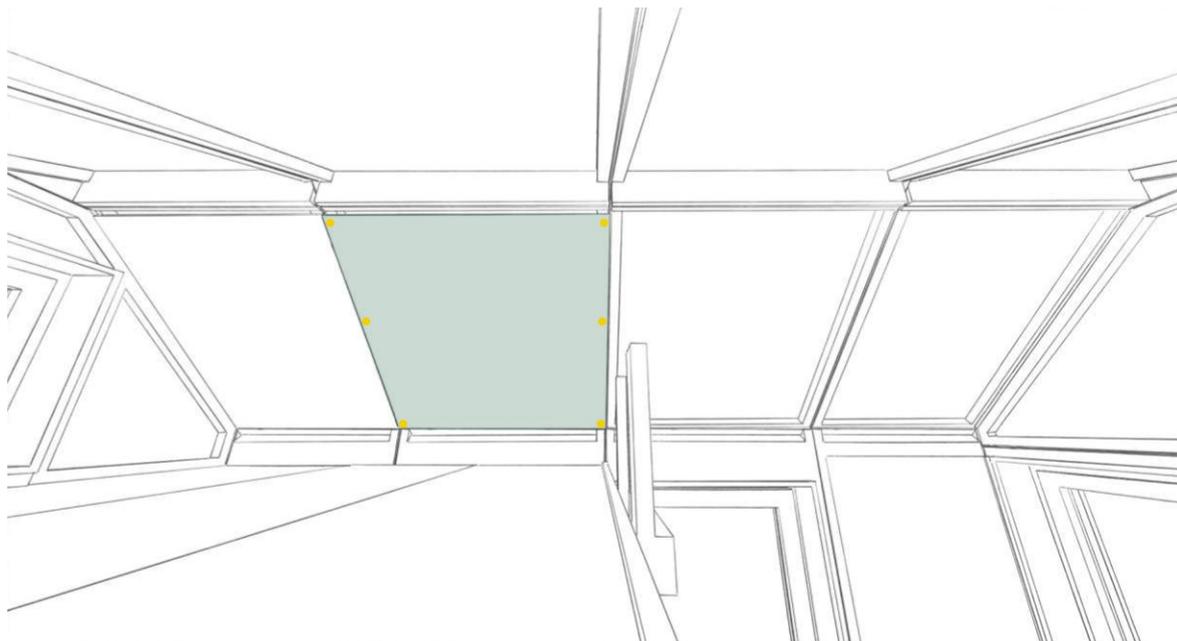


104

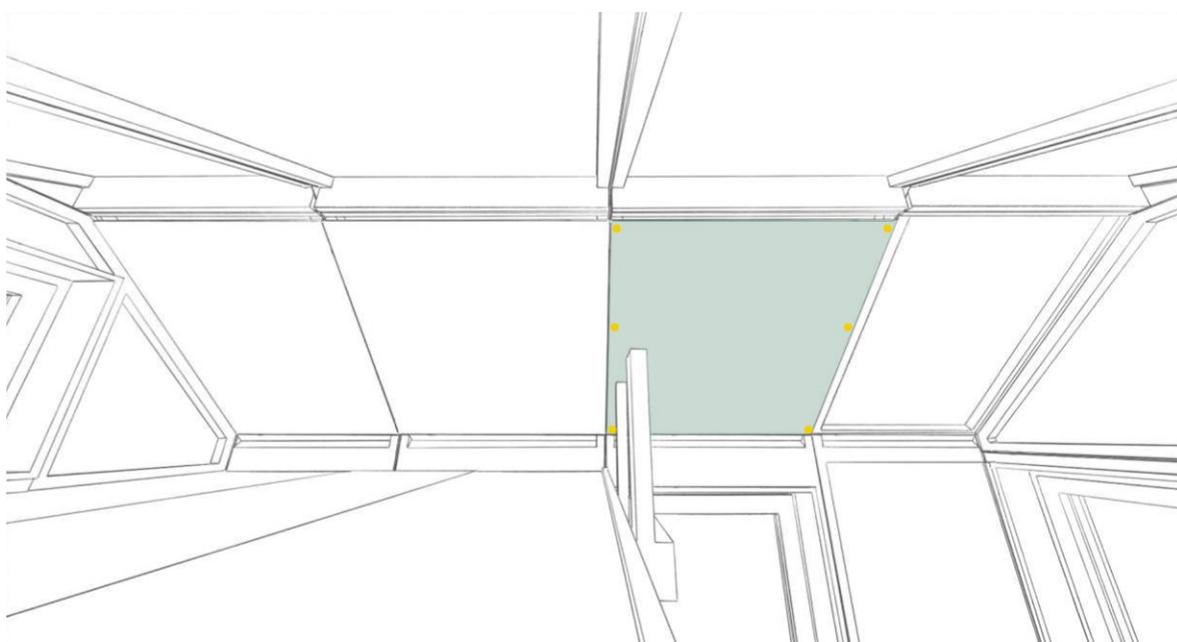
Innenverkleidungsmodul IX1 anschrauben



105 Innenverkleidungsmodul IX2 anschrauben



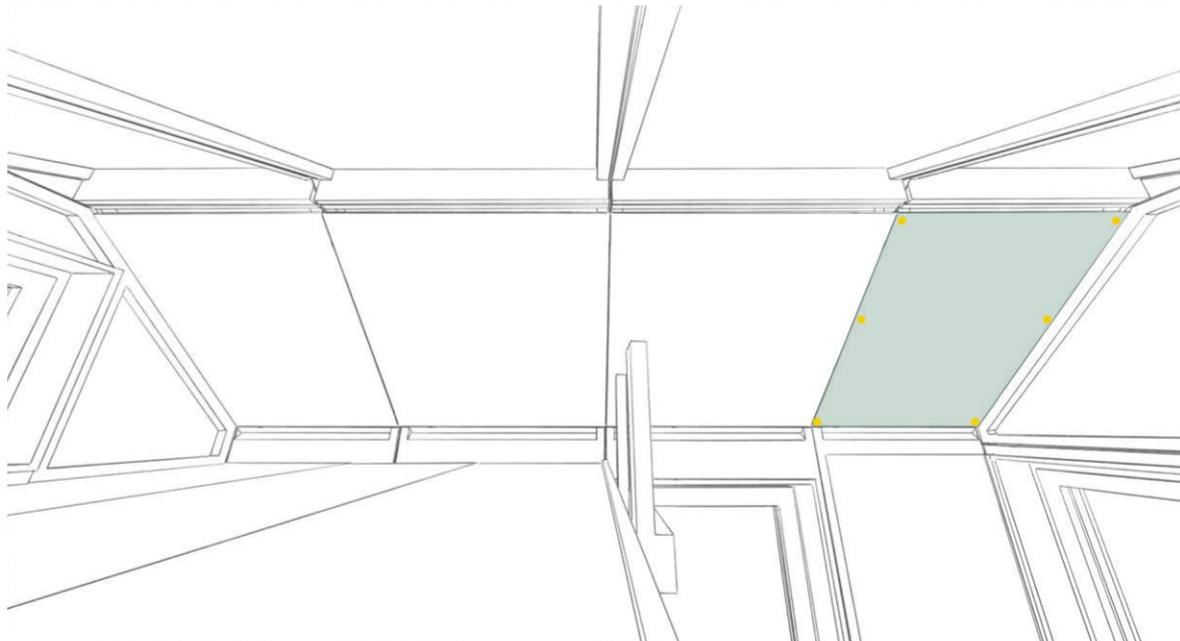
106 Innenverkleidungsmodul IX3 anschrauben



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.

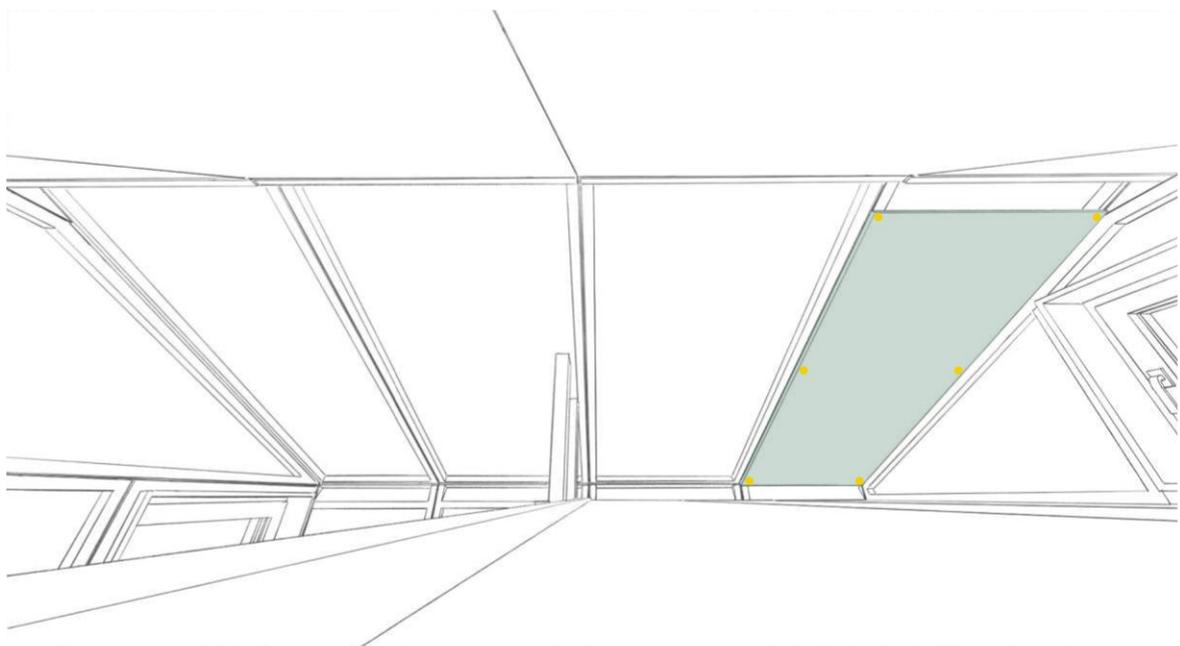
107

Innenverkleidungsmodul IX4 anschrauben

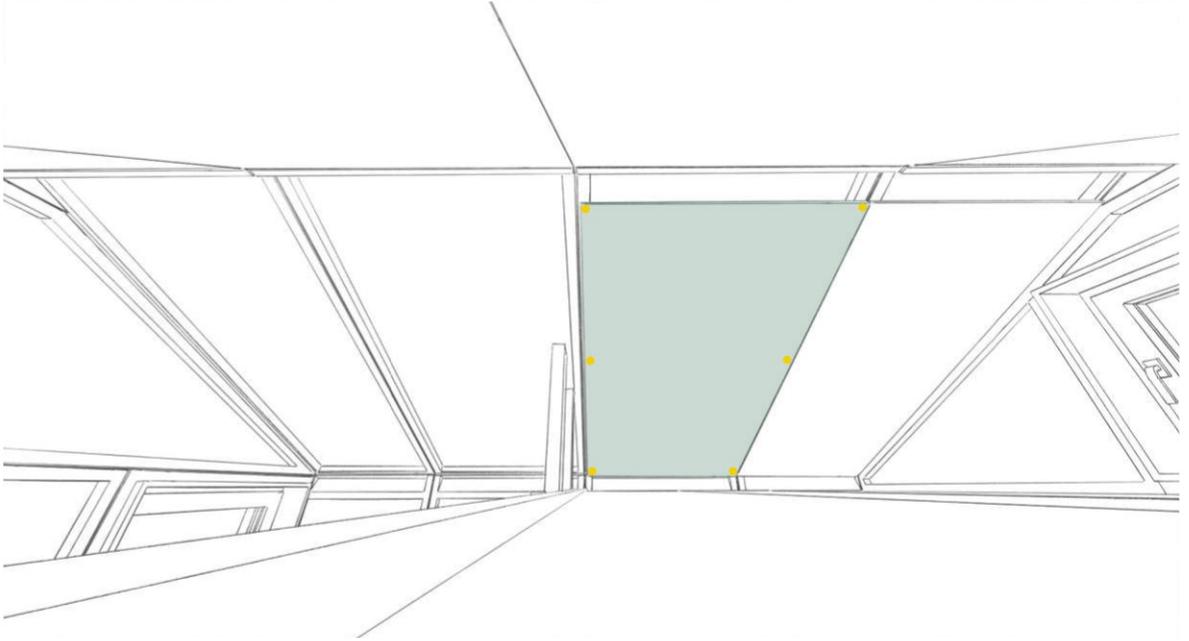


108

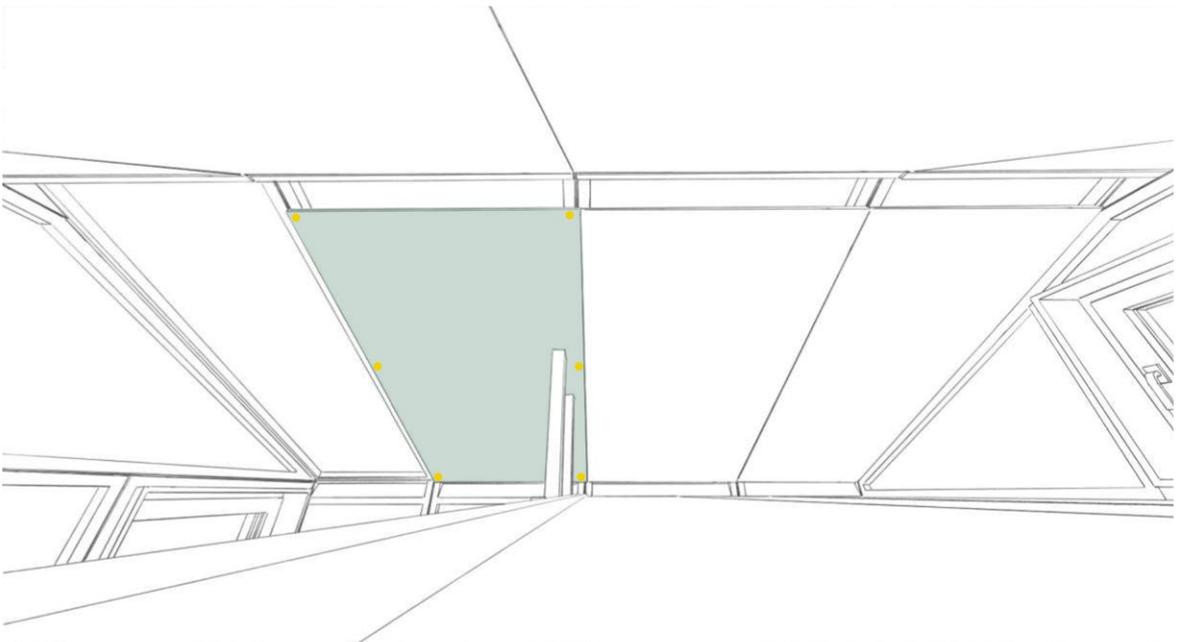
Innenverkleidungsmodul IY1 anschrauben



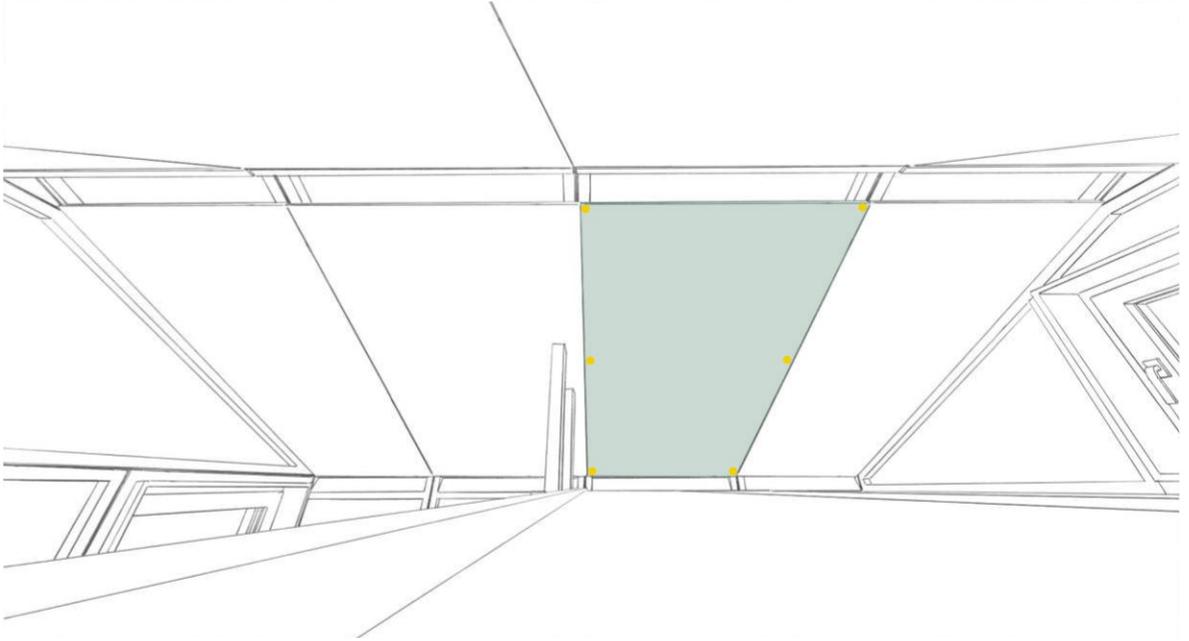
109 Innenverkleidungsmodul IY2 anschrauben



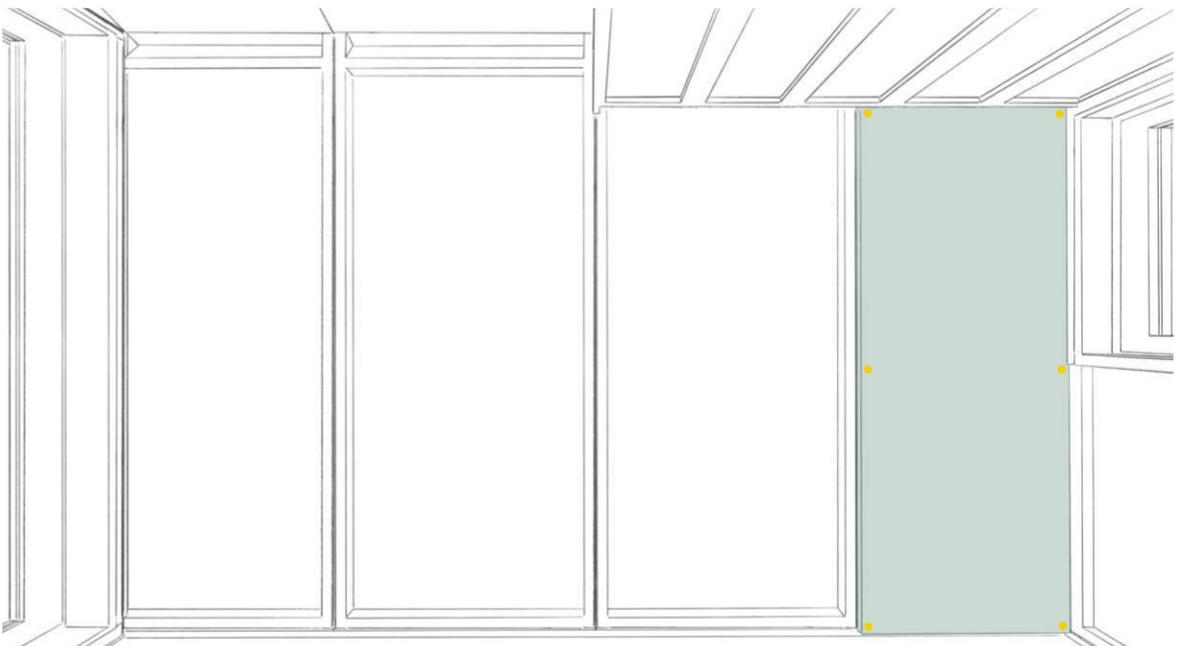
110 Innenverkleidungsmodul IY3 anschrauben



111 Innenverkleidungsmodul IY4 anschrauben

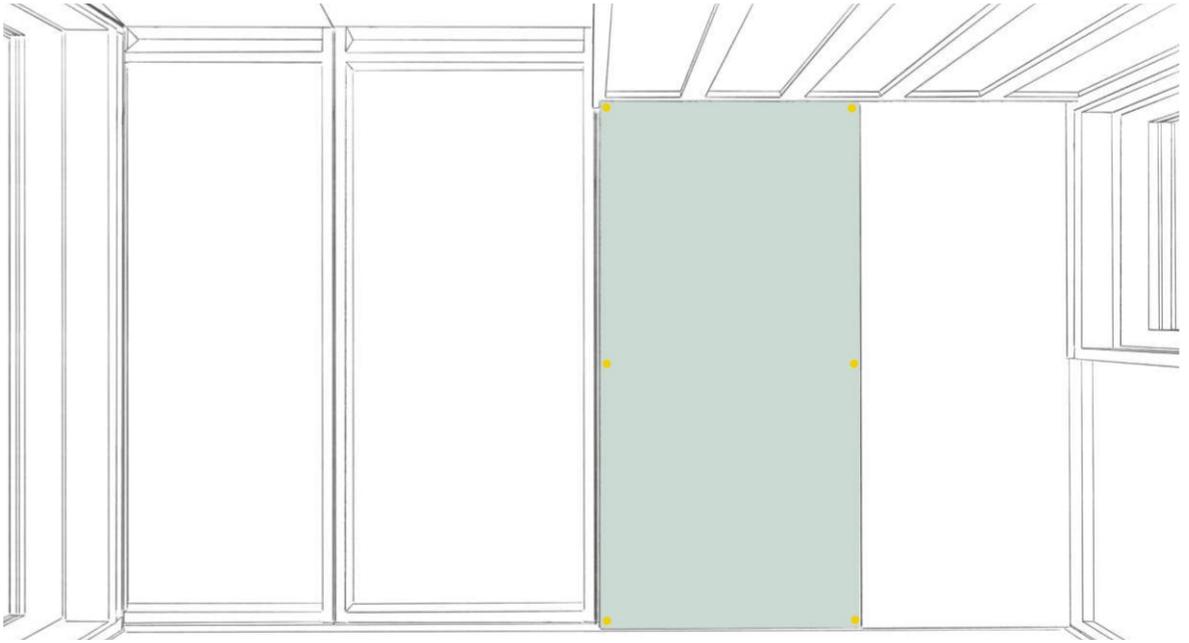


112 Innenverkleidungsmodul IR1 anschrauben



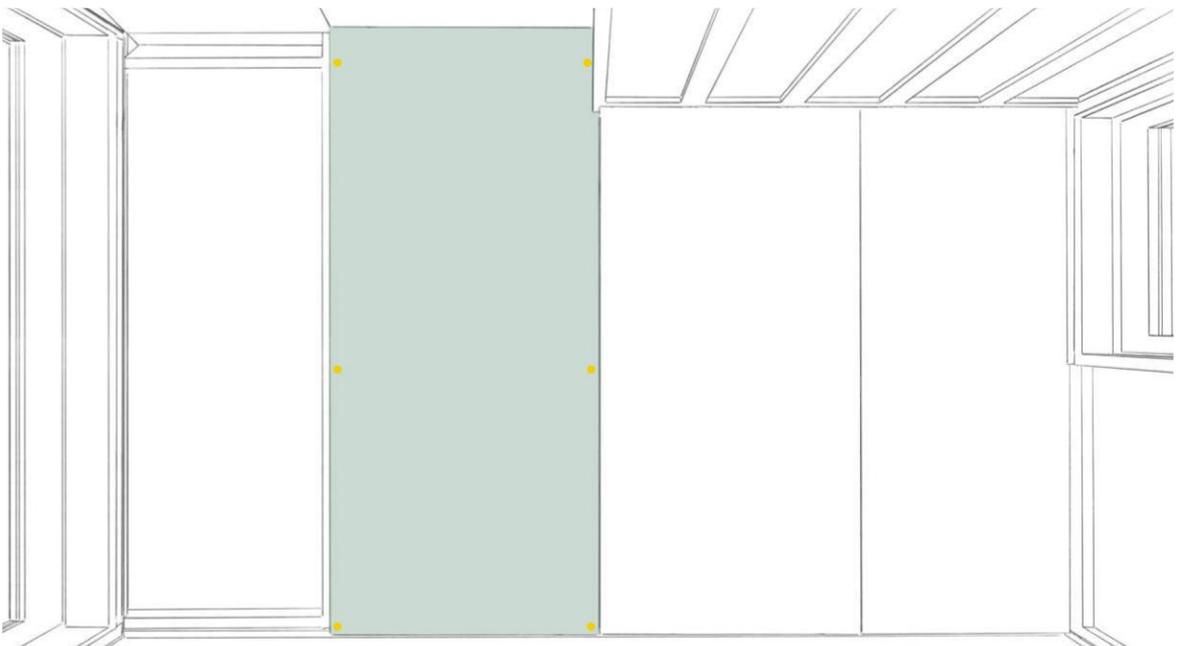
113

Innenverkleidungsmodul IR2 anschrauben



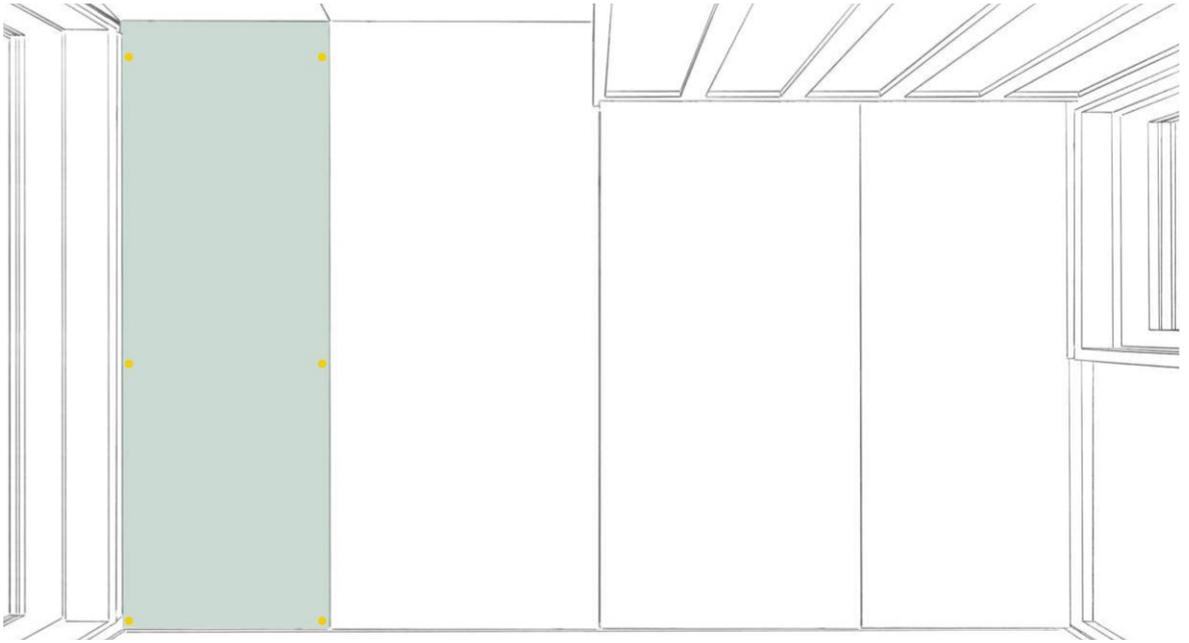
114

Innenverkleidungsmodul IR3 anschrauben



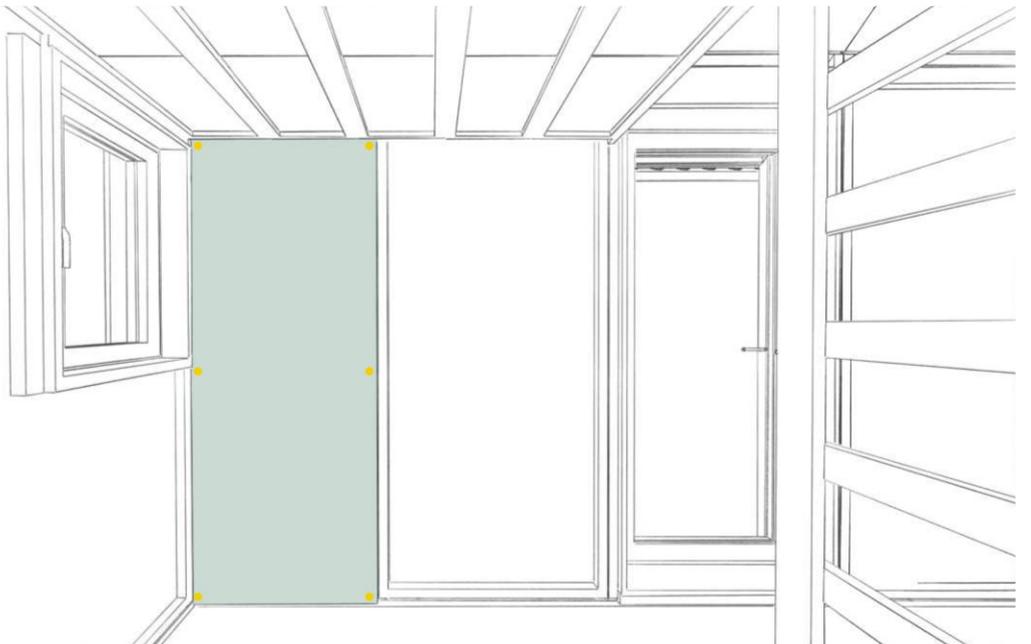
115

Innenverkleidungsmodul IR4 anschrauben



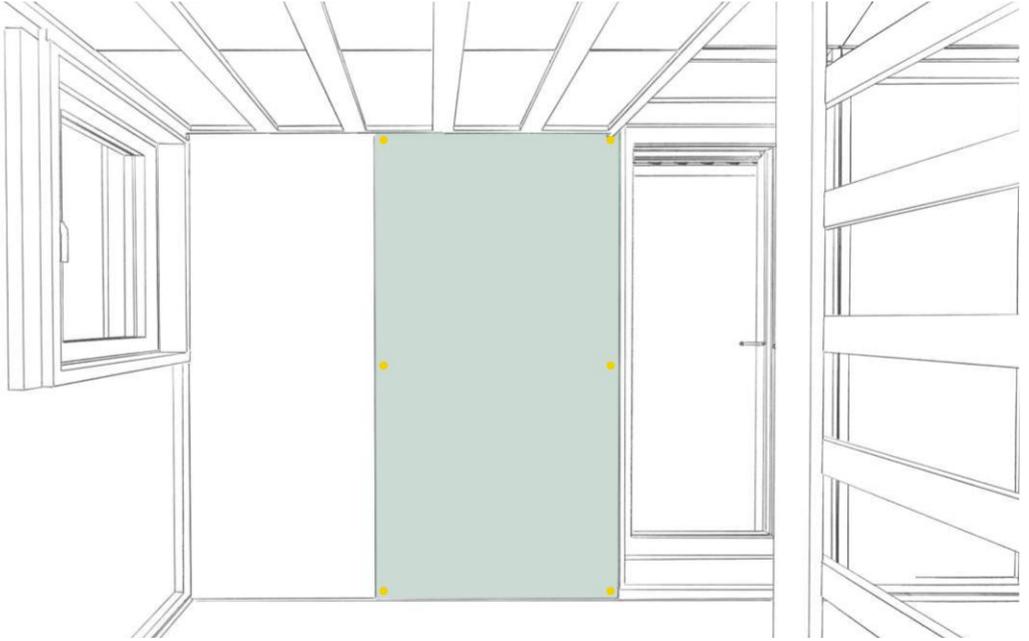
116

Innenverkleidungsmodul IL1 anschrauben



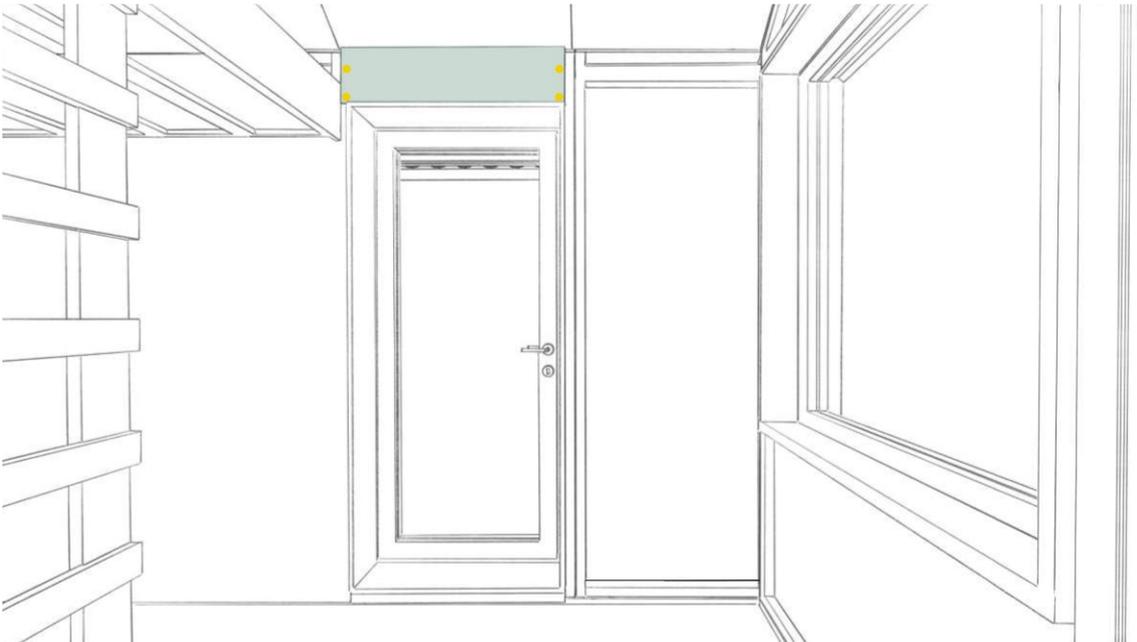
117

Innenverkleidungsmodul IL2 anschrauben



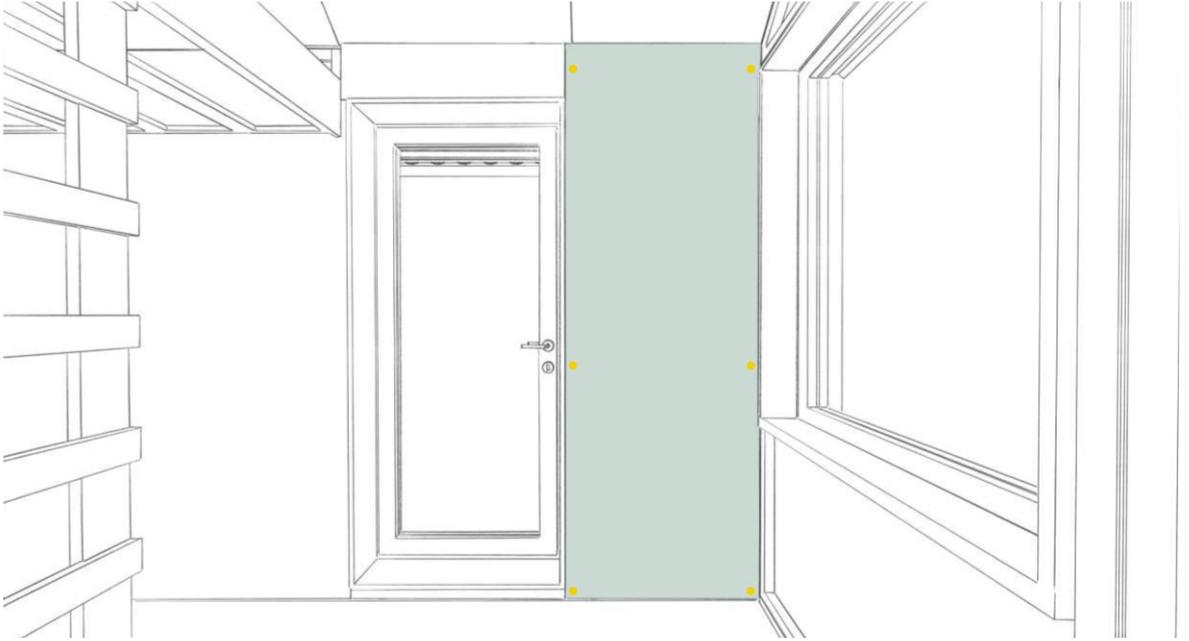
118

Innenverkleidungsmodul IL3 anschrauben



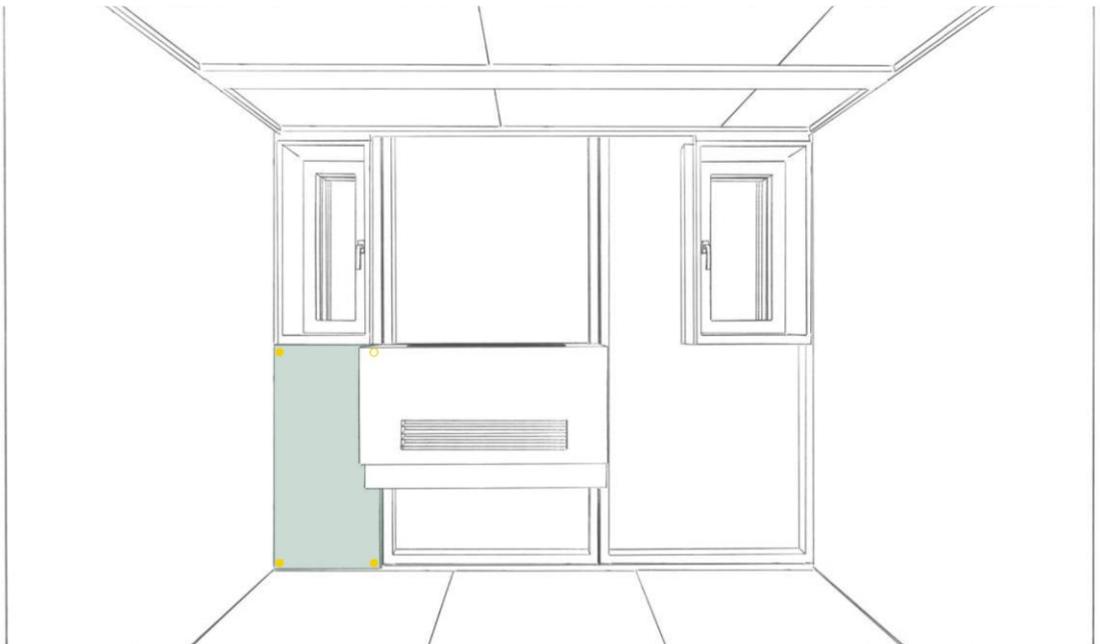
119

Innenverkleidungsmodul IL4 anschrauben



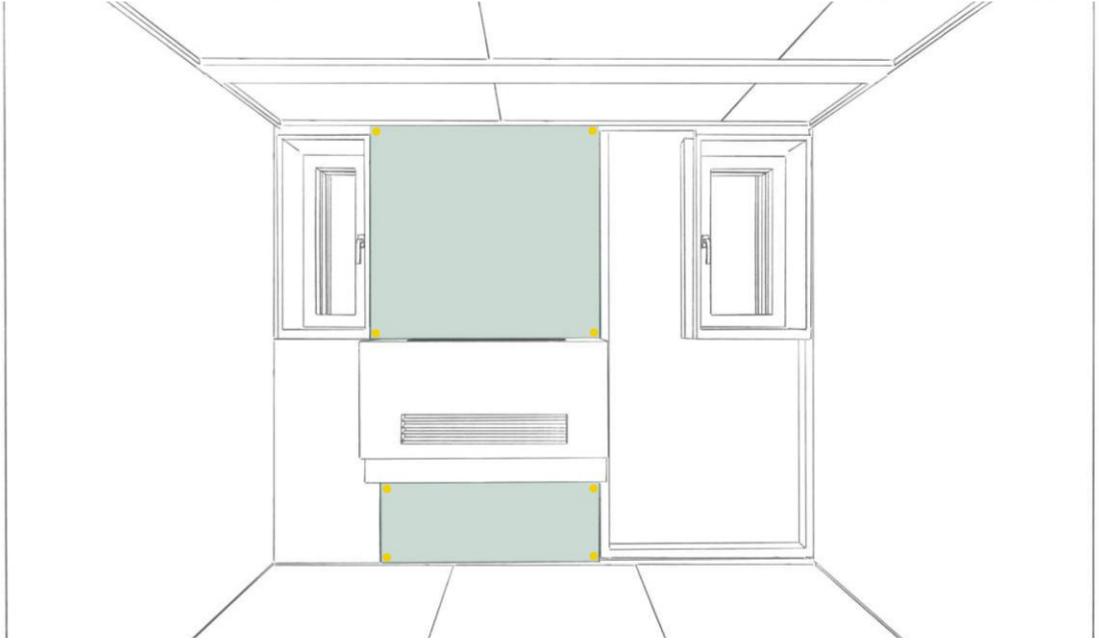
120

Innenverkleidungsmodul IH3 anschrauben



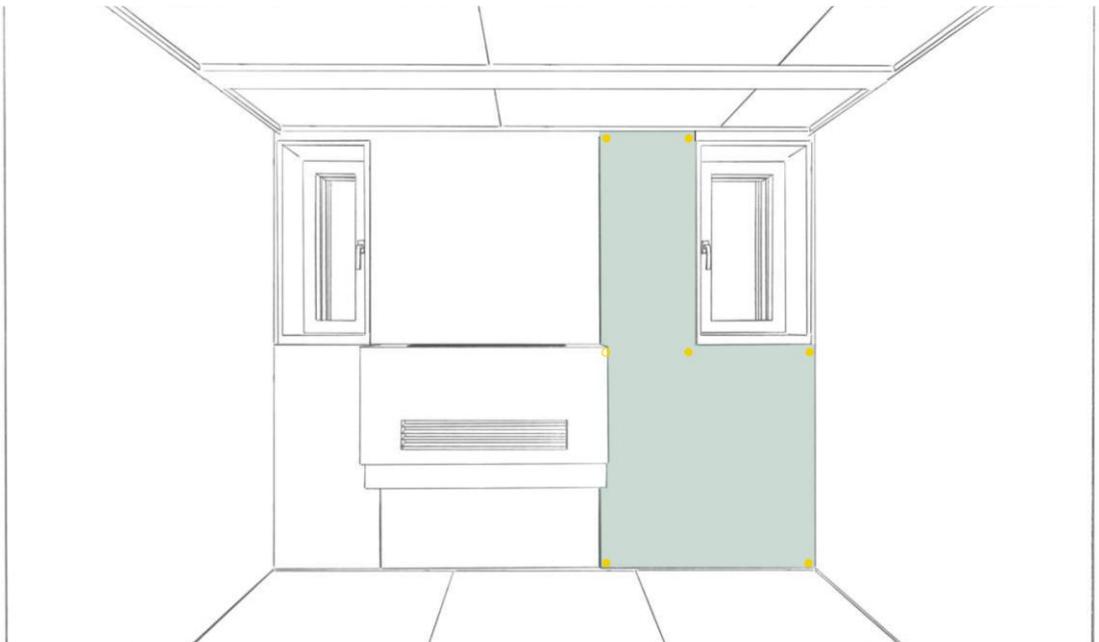
121

Innenverkleidungsmodule IH2U & IH2O anschrauben



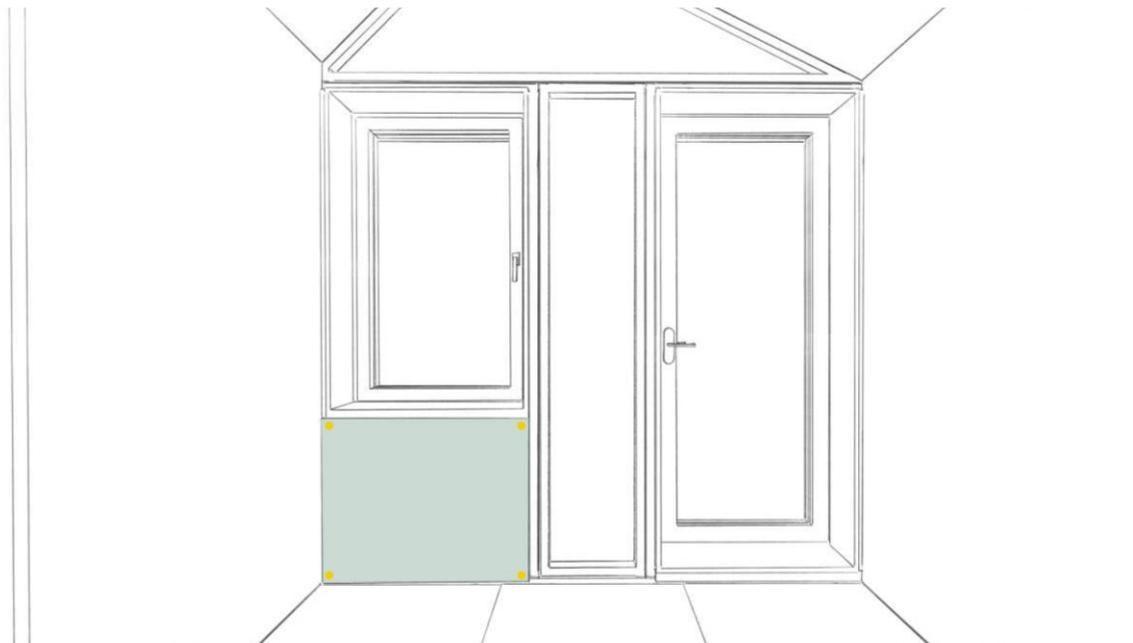
122

Innenverkleidungsmodule IH1 anschrauben



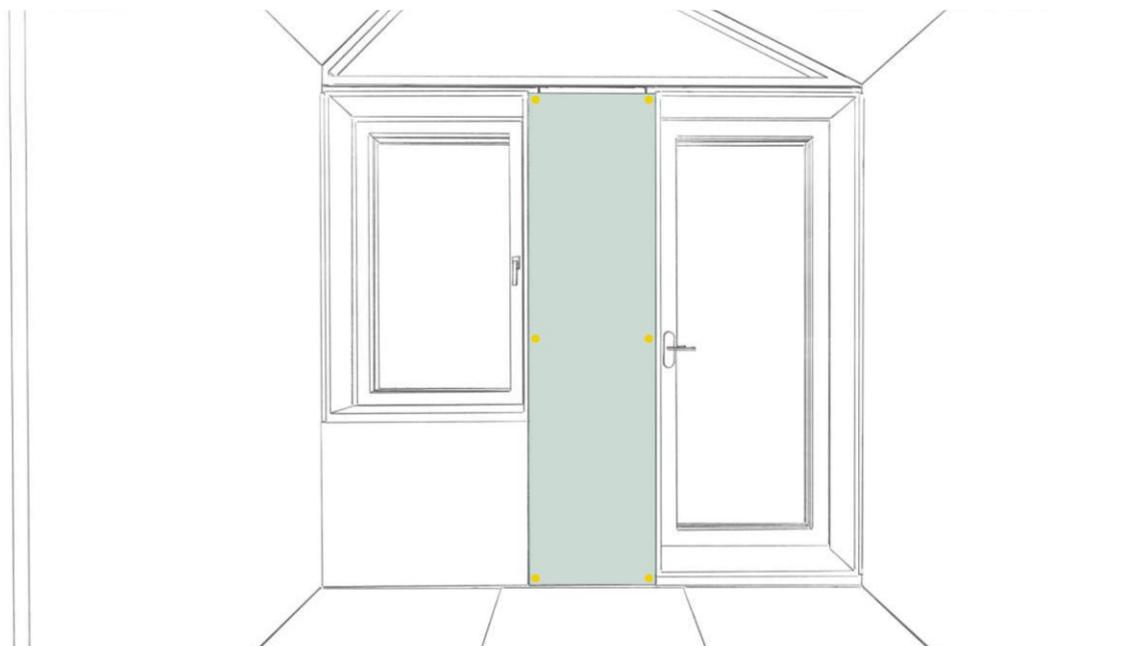
123

Innenverkleidungsmodul IV1 anschrauben

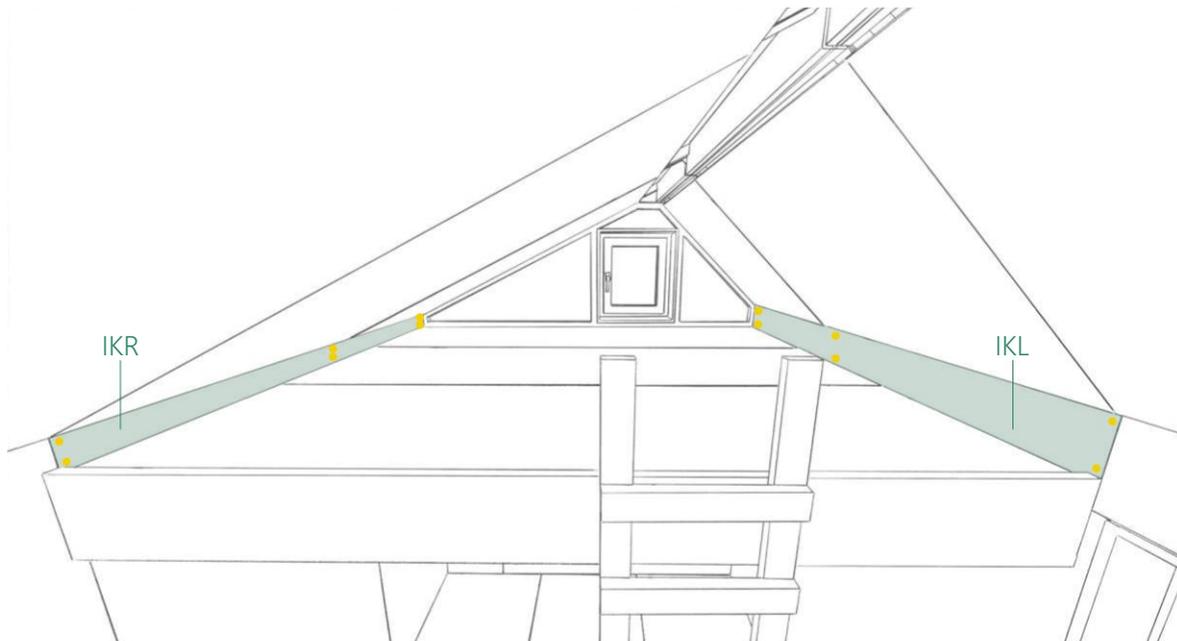


124

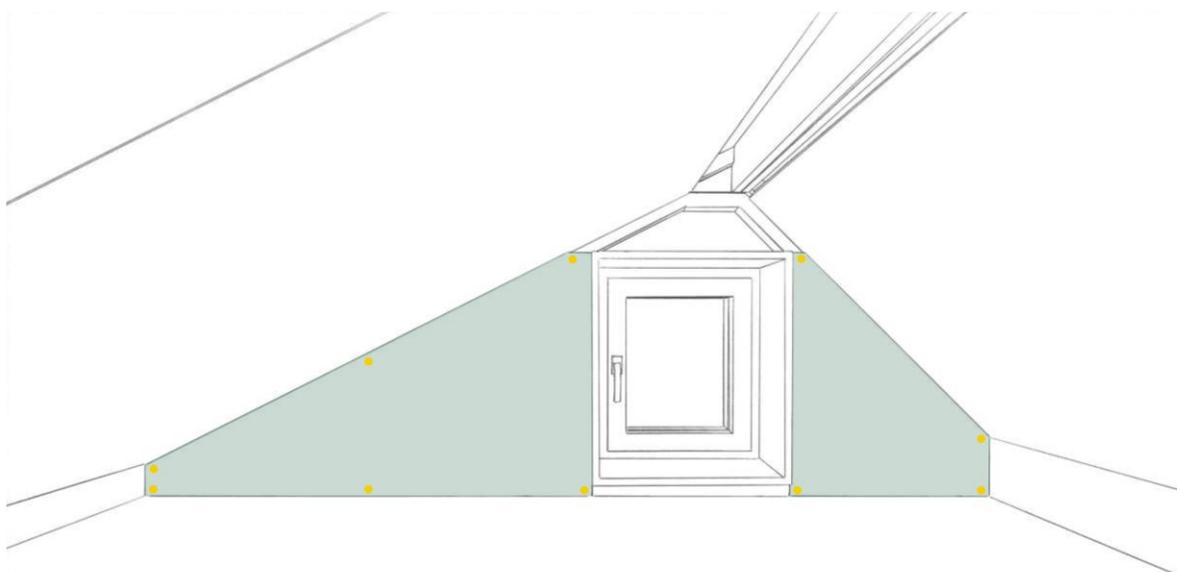
Innenverkleidungsmodul IV2 anschrauben



125 Innenverkleidungsmodule IKL & IKR anschrauben



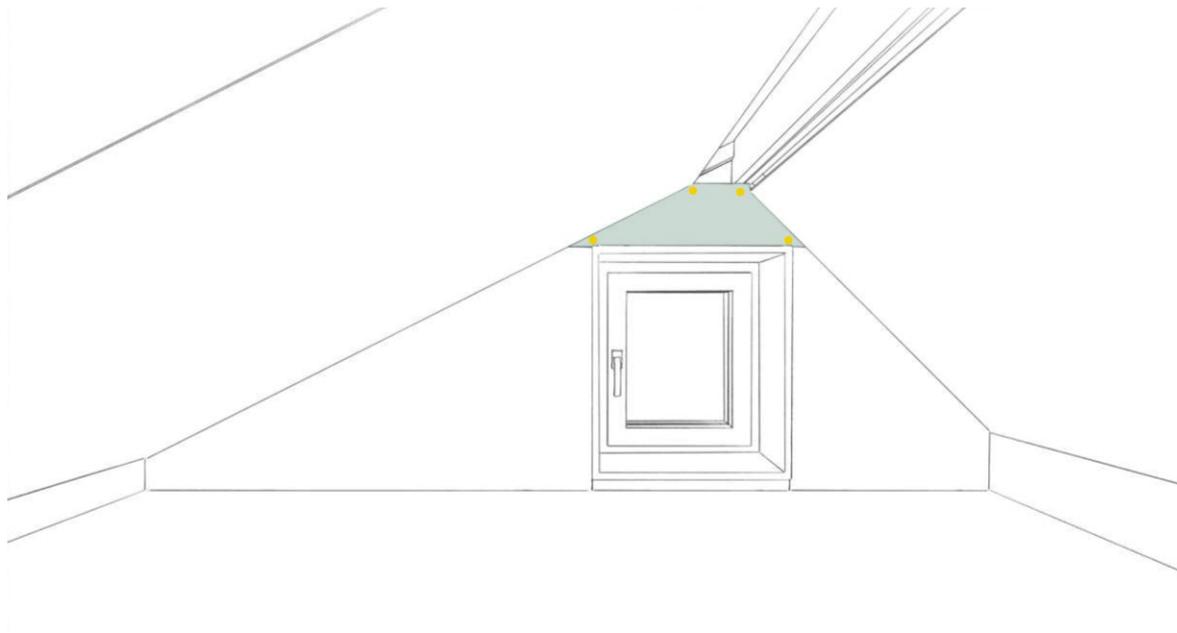
126 Innenverkleidungsmodule IGHL & IGHR anschrauben



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.

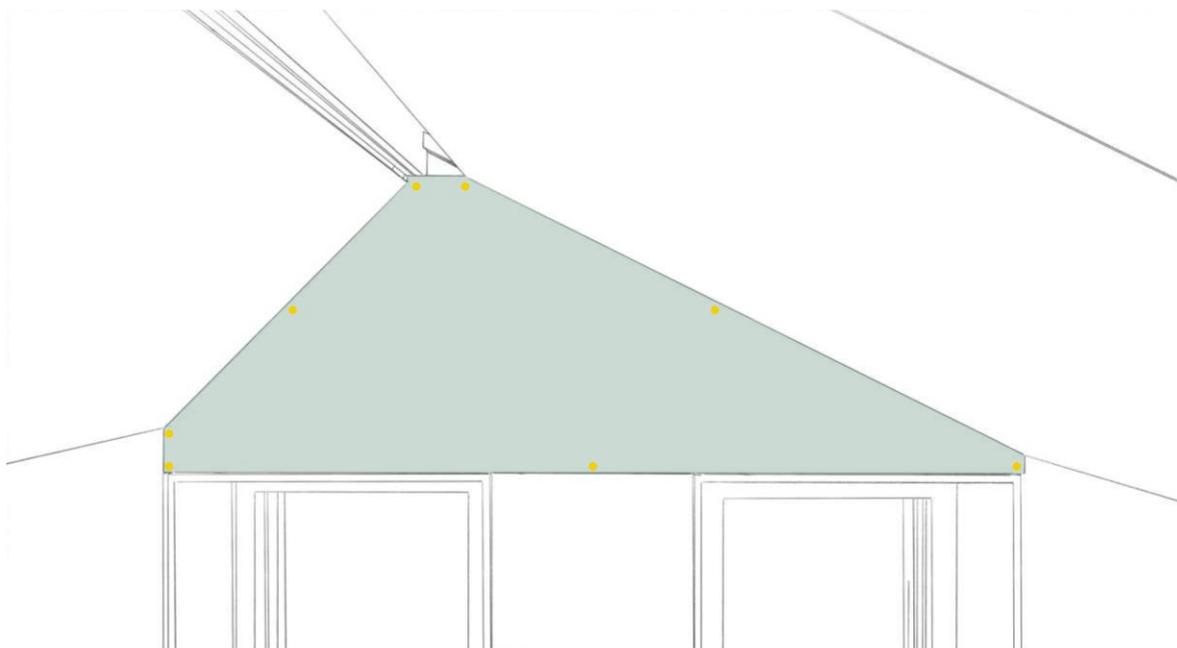
127

Innenverkleidungsmodul IGHO anschrauben



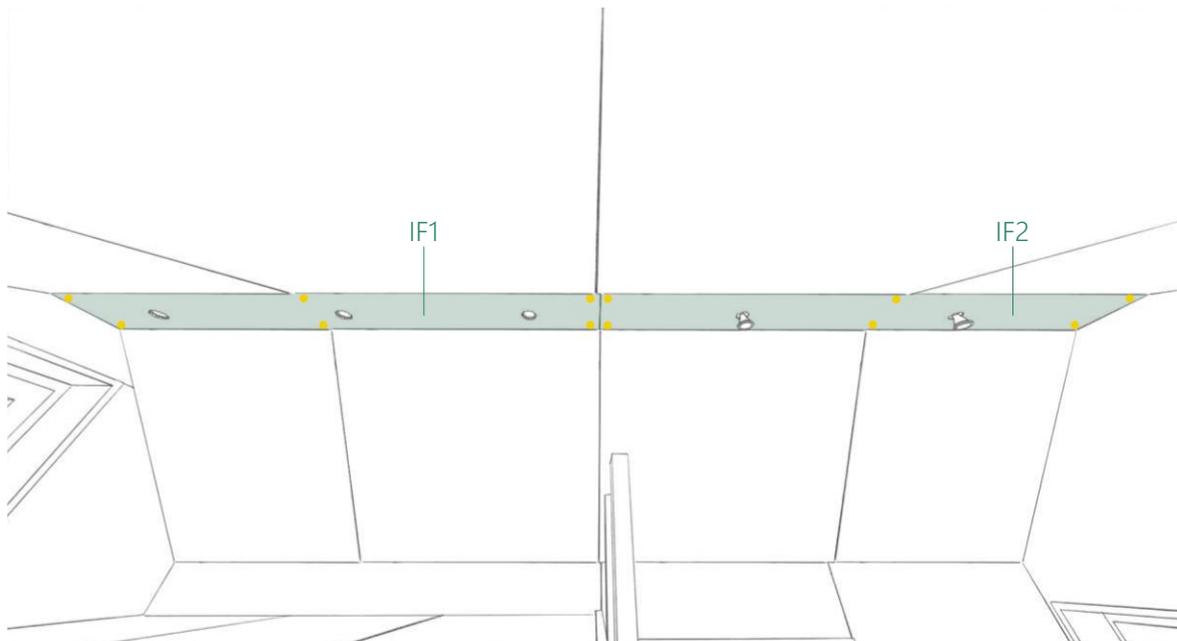
128

Innenverkleidungsmodul IGV anschrauben



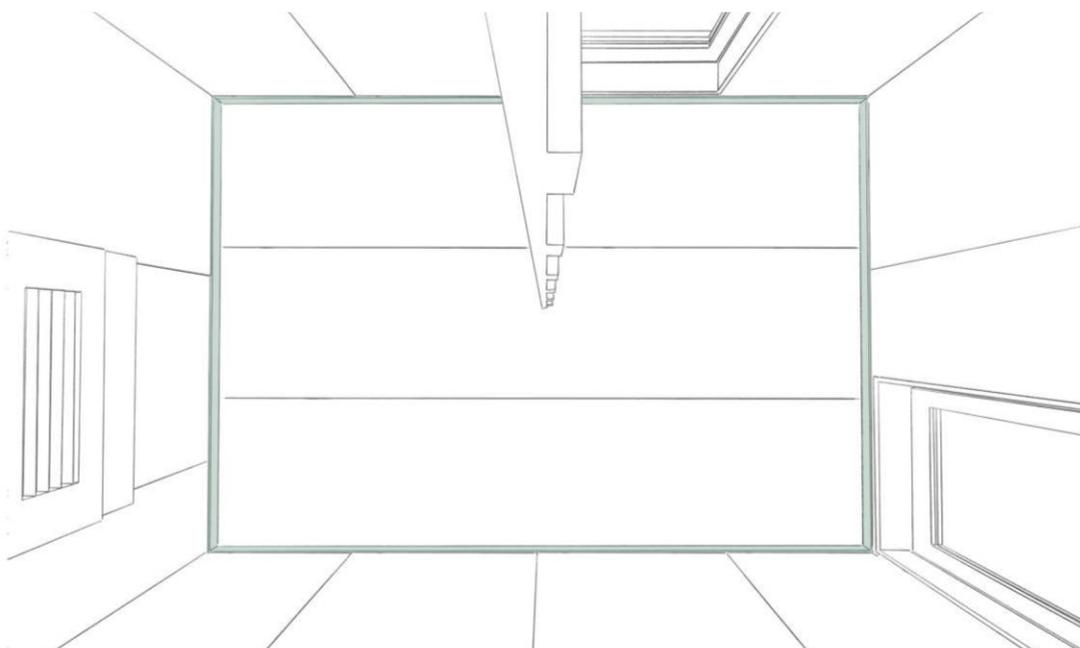
129

Innenverkleidungsmodul IF1 & IF2 anschrauben



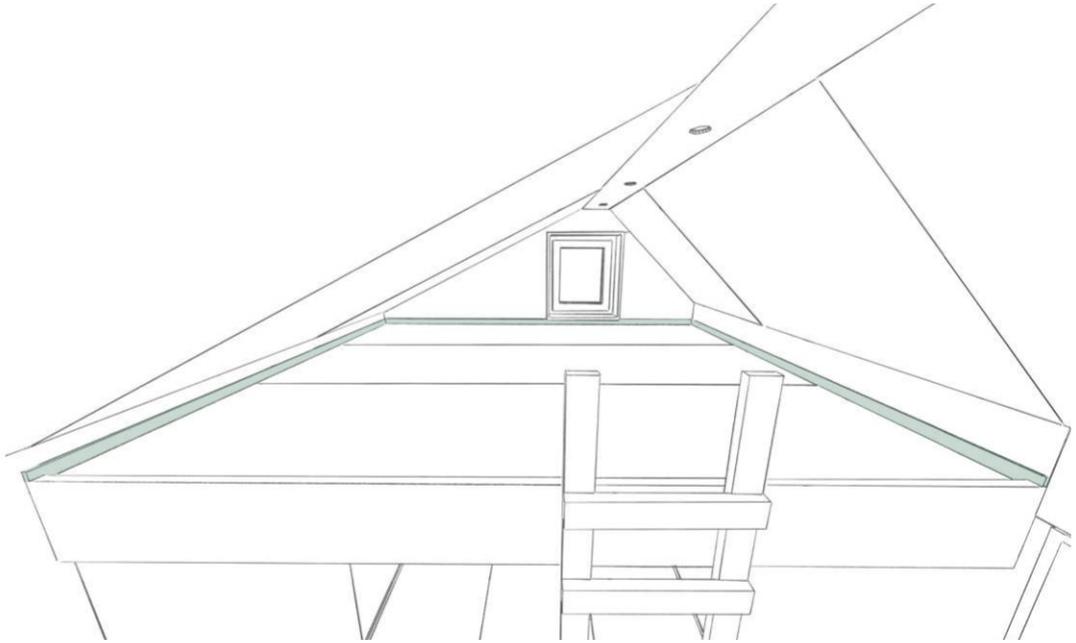
130

Sockelleisten ZBU anschrauben



131

Sockelleisten ZBO anschrauben



132

Blendleisten ZS anschrauben



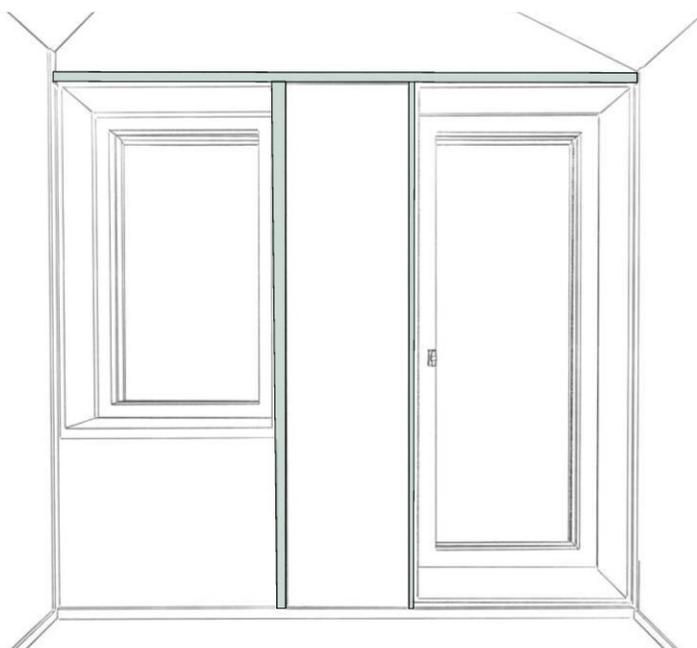
133

Blendleisten ZL anschrauben



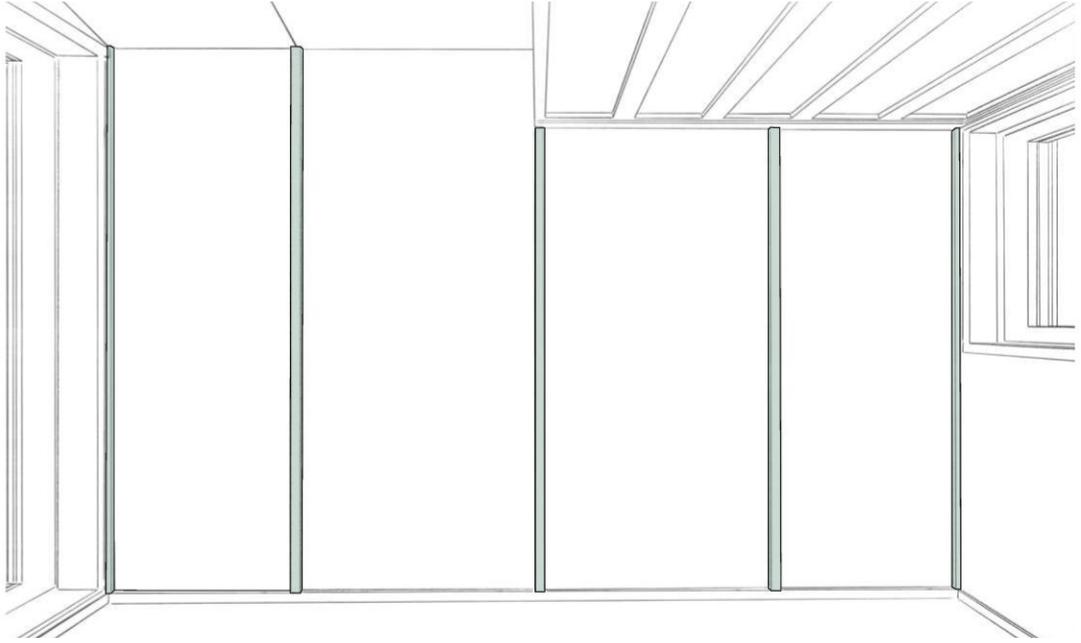
134

Blendleisten ZV anschrauben



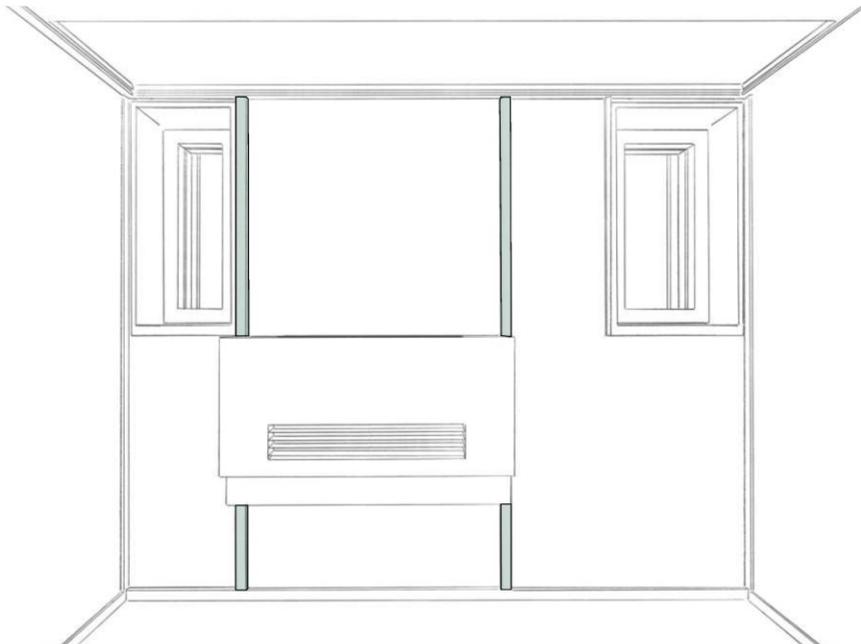
135

Blendleisten ZR anschrauben



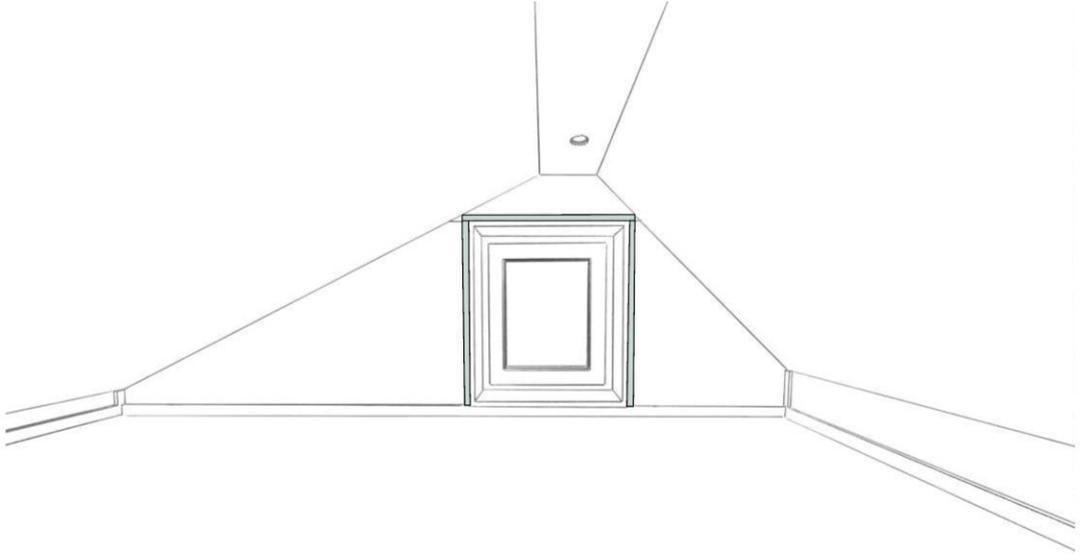
136

Blendleisten ZH anschrauben



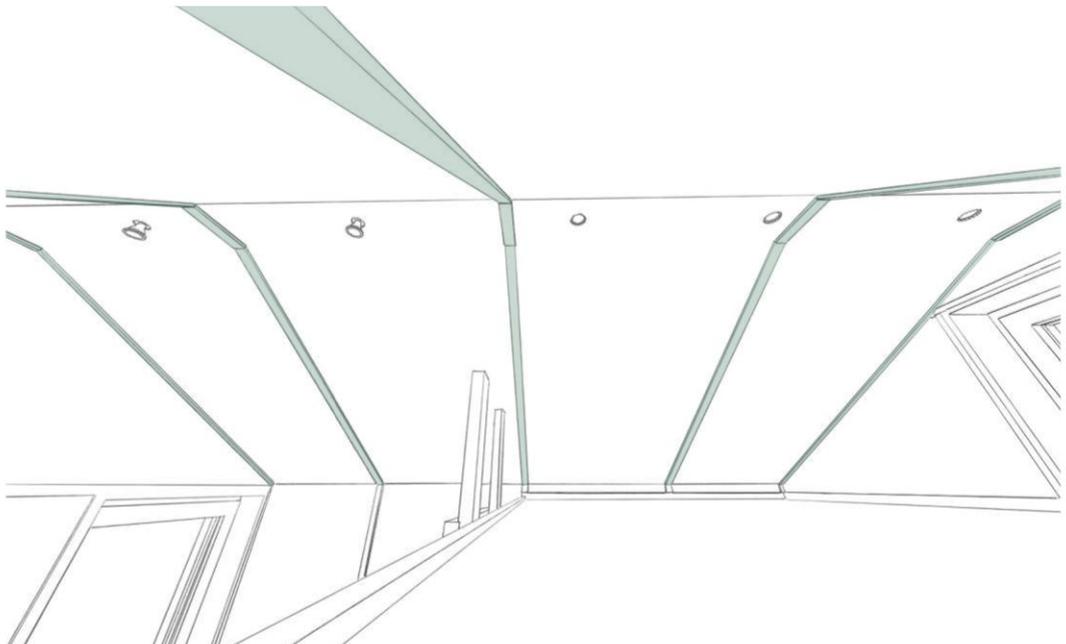
137

Blendleisten ZGH anschrauben



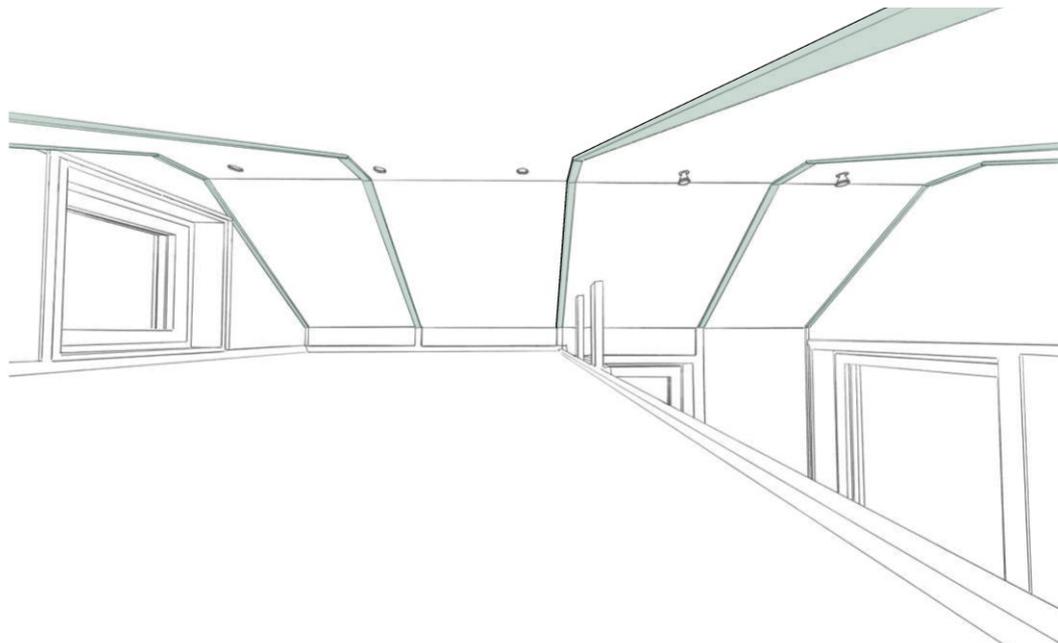
138

Blendleisten ZD anschrauben



139

Blendleisten ZD anschrauben



# Quellenverzeichnis

- Anrather, G., 2015, Upcycling in der Architektur - Möglichkeiten für das Bauen im 21. Jh., Diploma Thesis, Wien, Technische Universität Wien
- Bachmann, G., 2018, Urban Resource Exploration - Produzieren in geschlossenen Stoffkreisläufen, Atlas Recycling, S.6-7, München, Detail Verlagshaus
- Benz, M., 2004, Zurück zur Natur: Rousseaus Begriff der natürlichen Erziehung und seine ideengeschichtlichen Folgen, Hamburg, Bedey Media GmbH
- BMK, 2017, Bundesabfallwirtschaftsplan 2017, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, [https://www.bmk.gv.at/themen/klima\\_umwelt/abfall/aws/bundes\\_awp/bawp.html](https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/aws/bundes_awp/bawp.html)
- BMK, 2021, Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich - Statusbericht 2021, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/abfall/abfallaufkommen>
- Brown, D., 2011, Back to the land: the enduring Dream of self-sufficiency, Madison, The University of Wisconsin Press
- Cepezed, 2021, Rückbaubares Bürohaus in Delft, Detail Sonderausgabe 6, S. 74-81, München, Detail Verlagshaus
- Cusick, B. (NightHawkInLight), 2024, DIY Supermaterial Could Save You From Heatstroke: Salt based PCMs, youtube  
<https://www.youtube.com/watch?v=Nqxjfp4Gi0k>, aufgerufen am 11.08.2024
- Easton, B., Kahn, L., 1973, Shelter, Bolinas, Shelter Publications
- Europäische Kommission, [https://environment.ec.europa.eu/topics/plastics/global-action-plastics\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/plastics/global-action-plastics_en), aufgerufen am 20.08.2024, 10:09
- Flamme, S., 2016, <https://urbanmining.at/about>, aufgerufen am 16.11.2022, 12:07
- Gutai, M. et al., 2020, Construction Aspects of Hybrid Water-Filled Building Envelopes, Journal of Facade Design and Engineering, 8(2), 127-152
- Höfer, P., Röckenhaus, F., 2017, Terra X: Unsere Wälder, ZDF  
<https://www.zdf.de/dokumentation/terra-x/unsere-waelder-die-sprache-der-baeume-100.html>, aufgerufen am 12.03.2024
- Home Stratosphere, <https://www.homestratosphere.com/tiny-homes-history/>, aufgerufen am 08.11.2022, 10:52
- Horden, R., 2008, micro-compact home. Mobile Architektur: Entwurf und Technologie, Berlin, Boston, Birkhäuser
- IBO, 2018, OI3 Berechnungsleitfaden Version 4.0, Wien, Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie, [https://www.ibo.at/fileadmin/ibo/materialoekologie/OI3\\_Berechnungsleitfaden\\_V4.0\\_20181025\\_01.pdf](https://www.ibo.at/fileadmin/ibo/materialoekologie/OI3_Berechnungsleitfaden_V4.0_20181025_01.pdf)
- Lehner, E., 2014, Elementare Architektur, Wien, IVA-Verlag
- Mack, S., 2022, Verwendungs- und Verwertungsmöglichkeiten von Bau- und Konstruktionsabfällen, Diploma Thesis, Wien, Technische Universität Wien
- Manager Magazin, <https://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/camping-wie-sich-die-nachfrage-nach-reisemobilen-und-caravans-entwickelt-hat-in-drei-grafiken-a-57a48514-ffb-475d-a84e-aea05cf683f6>, aufgerufen am 04.09.2024, 15:55

Materialnomaden, <https://www.materialnomaden.at>, aufgerufen am 01.09.2024, 17:40

Morrison, G., 2017, *Tiny House Designing, Building, & Living*, Indiana, Alpha / First Amerika Edition

Müller, F. et al., 2020, *Leitsätze einer Kreislaufwirtschaft*, Dessau-Roßlau, Umweltbundesamt, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/leitsaetze-einer-kreislaufwirtschaft>

OIB2, 2023, *OIB-Richtlinie 2*, Ausgabe 2023, Wien, Österreichisches Institut für Bautechnik

Raz, C., 2020, *Tiny Houses als neue Wohnform. Bau- und raumplanungsrechtliche Aspekte in Niederösterreich*, Diploma Thesis, Wien, Technische Universität Wien

Schittich, C., 2010, *im Detail: Mikroarchitektur. Kleine Bauten. Temporäre Strukturen. Raumzellen.*, München, Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG

Schützenhofer, S., 2019, *Recyclingpotentiale in der Bauindustrie*, Diploma Thesis, Wien, Technische Universität Wien

Thoreau, H., 1995 (Erstausgabe 1854), *Walden; Or, Life In The Woods*, Mineola, Dover Publications Inc.

Tiroler Tageszeitung, <https://www.tt.com/artikel/30785701/trend-zum-single-haushalt-haelt-an-mehr-als-1-5-millionen-leben-in-oesterreich-allein>, aufgerufen am 02.09.2024, 16:21

Vitruvius, M., 1511 (Erstausgabe ca. 30-20 BC), *De Architectura, Venetiis, sumptu Ioannis de Tridino, alias Tacuino* doi:10.11588/diglit.1712

Walker, L., 1987, *Tiny Houses: or How to Get Away From It All*, New York, Harry N. Abrams

Westermayer, A., 2018, *Leitfaden zum richtigen Umgang mit Baurestmassen auf Baustellen*, Wien, WKO Geschäftsstelle Bau

Wexler, A., <http://www.allanwexlerstudio.com/works>, aufgerufen am 08.11.2022, 11:06

# Abbildungsverzeichnis

Sofern keine Quelle angegeben, handelt es sich bei den Abbildungen um eigene Darstellungen.

Nr.	Abbildung	Seite
1	Erster Stellplatz	13
2	Vergleich spezifischer Wärmekapazitäten	28
3	Sun-Lite Heat Storage Tubes, Kalwall Corporation <a href="https://www.thenaturalhome.com/heatstorage/">https://www.thenaturalhome.com/heatstorage/</a> aufgerufen am 01.09.2024, 17:15	29
4	Interior Detail of 55-Gallon Water Filled Drums, U.S. National Archives and Records Administration <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:INTERIOR_DETAIL_OF_55-GALLON_WATER_FILED_DRUMS_THAT_FORM_THE_CORE_OF_THE_PASSIVE_SOLAR_HEATING_SYSTEM_OF_THIS_HOME..._-_NARA_-_555315.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:INTERIOR_DETAIL_OF_55-GALLON_WATER_FILED_DRUMS_THAT_FORM_THE_CORE_OF_THE_PASSIVE_SOLAR_HEATING_SYSTEM_OF_THIS_HOME..._-_NARA_-_555315.jpg</a> aufgerufen am 01.09.2024, 17:21	29
5	Arbeiter bauen eine Wand aus PET-Flaschen, Sand und Mörtel <a href="https://owlocation.com/humanities/How-to-Build-a-House-Made-from-Plastic-Bottles">https://owlocation.com/humanities/How-to-Build-a-House-Made-from-Plastic-Bottles</a> aufgerufen am 02.09.2024, 13:58	30
6	Foto Wohnwagon Modell Fanni beim Transport <a href="https://wohnwagon.at/dein-zuhause-von-wohnwagon/tiny-house-fanni/">https://wohnwagon.at/dein-zuhause-von-wohnwagon/tiny-house-fanni/</a> aufgerufen am 12.08.2024	31
7	Grundriss Wohnwagon Modell Fanni <a href="https://wohnwagon.at/dein-zuhause-von-wohnwagon/tiny-house-fanni/">https://wohnwagon.at/dein-zuhause-von-wohnwagon/tiny-house-fanni/</a> aufgerufen am 12.08.2024	31
8	Innenansicht Biokabin Modell Studio 3 <a href="https://www.biokabin.com/models/">https://www.biokabin.com/models/</a> aufgerufen am 12.08.2024	32
9	Axo Biokabin Modell Studio 3 <a href="https://www.biokabin.com/models/">https://www.biokabin.com/models/</a> aufgerufen am 12.08.2024	32
10	Foto Tumbleweed Tiny House <a href="https://www.homecrux.com/tumbleweed-tiny-house/199215/">https://www.homecrux.com/tumbleweed-tiny-house/199215/</a> aufgerufen am 12.08.2024	32
11	Foto RTH EH-55 <a href="https://rolling-tiny-house.de/serienausstattung-2019-7/">https://rolling-tiny-house.de/serienausstattung-2019-7/</a> aufgerufen am 12.08.2024	33
12	Foto RTH EH-55, Stahlskelett <a href="https://rolling-tiny-house.de/serienausstattung-2019-7/">https://rolling-tiny-house.de/serienausstattung-2019-7/</a> aufgerufen am 12.08.2024	33
13	Foto Easy Dome House Modell Cottage Small <a href="https://easydomes.com/small-dome-houses-kits/">https://easydomes.com/small-dome-houses-kits/</a> aufgerufen am 12.08.2024	33
14	Foto Easy Dome House beim Zusammenbauen <a href="https://easydomes.com/process-of-delivery-and-build/">https://easydomes.com/process-of-delivery-and-build/</a> aufgerufen am 12.08.2024	33
15	m-ch beim Transport, Horden Cherry Lee Architects aus: (Horden, 2008, S. 106-111)	34
16	Innenansicht m-ch, Horden Cherry Lee Architects aus: (Schittich, 2010, S. 8-24)	34
17	vivihouse Prototyp 2, Außenansicht <a href="https://www.vivihouse.cc">https://www.vivihouse.cc</a> aufgerufen am 02.09.2024, 11:24	34
18	Baustelle vivihouse Prototyp 2, Innenansicht <a href="https://www.vivihouse.cc">https://www.vivihouse.cc</a> aufgerufen am 02.09.2024, 11:24	34

Sofern keine Quelle angegeben, handelt es sich bei den Abbildungen um eigene Darstellungen.

Nr.	Abbildung	Seite
19	Water House 2.0, Außenansicht <a href="https://www.domusweb.it/en/sustainable-cities/gallery/2023/01/11/water-filled-windows-to-facilitate-better-thermal-insulation.html">https://www.domusweb.it/en/sustainable-cities/gallery/2023/01/11/water-filled-windows-to-facilitate-better-thermal-insulation.html</a> aufgerufen am 5.9.2024, 18:03	35
20	Water House 2.0, Schnitt aus: (Gutai 2020)	35
21	Palettenhaus Außenansicht <a href="https://www.blauelagune.at/k/eroeffnung-palettenhaus-2017">https://www.blauelagune.at/k/eroeffnung-palettenhaus-2017</a> aufgerufen am 02.09.2024, 12:28	35
22	Außenansicht Grundstoffstation, Superuse Studios <a href="https://www.superuse-studios.com/projectplus/grundstoffstation/">https://www.superuse-studios.com/projectplus/grundstoffstation/</a> aufgerufen am 02.09.2024, 14:10	36
23	Axiome, Ziele & Konsequenzen	40
24	Konzept Zerlegung und Transport	41
25	Hartfaser	50
26	Vollholz	50
27	Senkkopf-Holzschrauben	51
28	Gewindebolzen	51
29	Jutedämmung aus recycelten Kakaosäcken	52
30	Dachdeckung aus Bitumen-Wellplatten	53
31	Fassadenbretter aus Thermofichte	54
32	Glaserdiagramm Dachmodul	55
33	Innenverkleidung aus Fichtenvollholz	56
34	Holzfenster aus heimischer Lärche	57
35	Fundamente aus unbehandelten Robinienpfählen	58
36	Lüftungsöffnungen	59
37	Flaschenanschlussprototypen	60
38	Vorentwurf Typ Jurte Schnittaxonometrie	62
39	Vorentwurf Typ Jurte Konzeptdarstellung	63
40	Vorentwurf Typ Jurte Grundriss untere Ebene, Maßstab 1:35	64
41	Vorentwurf Typ Jurte Grundriss obere Ebene, Maßstab 1:35	65
42	Vorentwurf Typ Jurte Grundriss Boden/Rahmen, Maßstab 1:35	66
43	Vorentwurf Typ Jurte Schnitt, Maßstab 1:35	67
44	Vorentwurf Typ Solarwand Schnittaxonometrie	68
45	Vorentwurf Typ Solarwand Konzeptdarstellung	69
46	Vorentwurf Typ Solarwand Grundriss untere Ebene, Maßstab 1:35	70
47	Vorentwurf Typ Solarwand Grundriss obere Ebene, Maßstab 1:35	71
48	Vorentwurf Typ Solarwand Grundriss Boden/Rahmen, Maßstab 1:35	72
49	Vorentwurf Typ Solarwand Schnitt, Maßstab 1:35	73
50	Vorentwurf Typ Deckenspeicher Schnittaxonometrie	74
51	Vorentwurf Typ Deckenspeicher Konzeptdarstellung	75
52	Vorentwurf Typ Deckenspeicher Grundriss untere Ebene, Maßstab 1:35	76
53	Vorentwurf Typ Deckenspeicher Grundriss obere Ebene, Maßstab 1:35	77
54	Vorentwurf Typ Deckenspeicher Grundriss Boden/Rahmen, Maßstab 1:35	78
55	Vorentwurf Typ Deckenspeicher Schnitt, Maßstab 1:35	79
56	maximale Gebäudehöhe, Schnitt, Maßstab 1:125	84
57	maximale Grundfläche, Grundriss, Maßstab 1:125	84
58	Dachformvarianten ausgehend von einem rechteckigen Grundriss von 3x4m Schnitt, Maßstab 1:125	84
59	Logistik illustriert	85
60	Nutzung als Satellit illustriert	85

Sofern keine Quelle angegeben, handelt es sich bei den Abbildungen um eigene Darstellungen.

Nr.	Abbildung	Seite
61	Rendering des Entwurfs, innen	86
62	Rendering des Entwurfs, außen	87
63	Entwurf Ansicht NW, Maßstab 1:35	88
64	Entwurf Ansicht NO, Maßstab 1:35	89
65	Entwurf Grundriss, Maßstab 1:35	90
66	Entwurf Grundriss Loft, Maßstab 1:35	91
67	Entwurf Schnitt S1, Maßstab 1:35	92
68	Entwurf Schnitt S2, Maßstab 1:35	93
69	Entwurf Details Schnitt S1, Maßstab 1:10	94
70	Entwurf Details Schnitt S2, Maßstab 1:10	95
71	Entwurf Konzeptzusammenfassung	96
72	Lagerhalle für den Bau	97
73	Installation einer Seilwinde als Baukran	97
74	Zuschnitt des Bodenrahmens	97
75	Zusammensetzen des Bodenrahmens	97
76	Zuschnitt von Modulbauteilen	97
77	Zuschnitt von Hartfaserplatten	98
78	Bestandteile eines Bodenmoduls (ohne Dämmung, Dampfbremse und Verbindungsmittel)	98
79	Zusammenbauen eines Bodenmoduls	98
80	Zuschnitt der Dämmmatten	98
81	Dämmen eines Bodenmoduls	98
82	Fixieren der Dämmung mittels Lattenrost	98
83	Einbau der Bodenmodule in den Bodenrahmen	98
84	Verschrauben der Bodenmodule untereinander	98
85	Verschrauben des Bodenrahmens	99
86	Belastungstest der Bodenmodule	99
87	Zuschnitt komplexerer Modulbauteile	99
88	komplexere Bauteile für ein Eck-Wandmodul	99
89	Bau eines Eck-Wandmoduls	99
90	Dämmen eines Eck-Wandmoduls	99
91	Aufbringen der Dichtungen unter den Wandmodulen	99
92	Aufstellen des ersten Wandmoduls mittels Kran	99
93	Verschrauben des ersten Eck-Wandmoduls mit dem Bodenrahmen	100
94	Aufstellen weiterer Wandmodule	100
95	Module der hinteren Wand: Zwei Fenstermodule und das Technikmodul, inklusive Lüftungsöffnungen	100
96	Verschrauben der Eck-Wandmodule untereinander mittels Gewindebolzen Fotografin: Lisa Hirsch	100
97	Aufstellen weiterer Wandmodule	100
98	Probieren in der Fensterlaibung Fotografin: Lisa Hirsch	100
99	alle Wandmodule von oben	101
100	Der fertige Raum lässt sich erahnen. Fotografin: Lisa Hirsch	101
101	Hineinspüren in den unfertigen Raum Fotografin: Lisa Hirsch	101
102	Belastungstest des Türsturzes Fotografin: Lisa Hirsch	101
103	Auswahl des stirnseitigen Abschlussbretts der Speicherdecke	102
104	Einbau der Speicherdeckenmodule	102
105	Anlieferung der Fenster von WKFenster	102

Sofern keine Quelle angegeben, handelt es sich bei den Abbildungen um eigene Darstellungen.

Nr.	Abbildung	Seite
106	Einbau der Fenster von WKFenster Fotograf: San Jang	102
107	Zuschnittliste für restliche Module Fotograf: San Jang	102
108	Zuschnittmarathon für restliche Module Fotograf: San Jang	102
109	gruppierte Modulbauteile	102
110	Altholz und aufbereitetes Altholz	102
111	Montage des hinteren Giebelmoduls	103
112	Montage des vorderen Giebelmoduls	103
113	Montage des ersten Dachmoduls	103
114	Montage weiterer Dachmodule	103
115	Montagehilfen für die Dachmontage	103
116	scheiternder Versuch, die restlichen Dachmodule mittels Kran auf das Haus zu heben Fotograf: San Jang	103
117	Zustand des Hauses vor Demontage & Transport	104
118	Demontage für den Transport	104
119	Demontage für den Transport	104
120	Demontage für den Transport	104
121	Demontage für den Transport	104
122	Das zerlegte Haus	104
123	Verfrachten der Module	104
124	Transport der Module	104
125	Abladen der Module	105
126	Transport von Baumaterial, Werkzeug und Baustellenausrüstung	105
127	Transport der Speicherdeckenmodule und des Baumaterials für die Fertigstellung Fotograf: Andreas Göttlicher	105
128	Transport der PET-Flaschen	105
129	Transport der Speicherdeckenmodule und des Baumaterials für die Fertigstellung Fotograf: Andreas Göttlicher	105
130	Graben der Fundamente	106
131	steiniges Aushubmaterial	106
132	Aufbereitung der Fundamentpfähle	106
133	Einsetzen der Fundamentpfähle	106
134	eingesetzte Fundamentpfähle	106
135	Drainage aus gesäubertem Aushubmaterial	106
136	Kürzen der eingesetzten Fundamentpfähle auf benötigte Höhe	106
137	Kürzen des letzten Fundamentpfahls	106
138	Montage des Bodenrahmens auf Fundamenten	107
139	Zusammensetzen des Bodenrahmens	107
140	Einsetzen der Bodenmodule	107
141	eingesetzte Bodenmodule	107
142	Aufstellen des ersten Wandmoduls	107
143	Montage der weiteren Wandmodule	107
144	Montage des ersten Giebelmoduls	107
145	Montage des Eingangstürmoduls	107
146	Giebelfenster Fotografin: Lisa Hochrainer	108
147	Verschieben der Speicherdecke Arbeitsplattform	108
148	Montage des ersten Dachmoduls	108
149	Montage weiterer Dachmodule	108
150	Montage weiterer Dachmodule	108

Sofern keine Quelle angegeben, handelt es sich bei den Abbildungen um eigene Darstellungen.

Nr.	Abbildung	Seite
151	Montage des letzten Dachmoduls	108
152	Montage der Dachlattung Fotografin: Lisa Plank	108
153	Montage der Dachdeckung Fotografin: Lisa Plank	108
154	Das pet house nach dem Transport und Zusammenbauen der vorproduzierten Module	109
155	Montage der Dachdeckung	110
156	Montage der Dachdeckung	110
157	Montage der Firsthauben	110
158	Montage der Ortgangbretter	110
159	Montage der Ortgangdeckung	110
160	Montage der Ortgangdeckung	110
161	Anmischen des Betons Fotografin: Lisa Plank	110
162	Betoneinfassung rund um die Fundamentpfähle, um diese zu fixieren	110
163	abgehängte I-Träger mit Stegen aus Hartfaser als Unterkonstruktion für den umlaufenden Steg	111
164	Unterkonstruktion für den umlaufenden Steg	111
165	Dachpappe als Witterungsschutz	111
166	Montage der wiederaufbereiteten Bretter	111
167	Montage der letzten Bretter	111
168	Ablängen der Bretter	111
169	Schleifen des Steges	111
170	geölter umlaufender Steg	111
171	Montage der Außenfensterbänke	112
172	Montage der Querlattung für die Fassadenmodule	112
173	Montage der Fassade	112
174	Montage der Fassade	112
175	Unterkonstruktion der Fassadenmodule	112
176	Einpassung der Fassadenbretter	112
177	Montage der letzten Fassadenbretter Fotograf: San Jang	112
178	fast fertiggestellte Fassade	112
179	Montage der rechten Traufenverkleidung	113
180	Anpassung der Fassade an die Traufe	113
181	Verkleidung der linken Traufe	113
182	Montage der Regenrinnen	113
183	von Außen fertiges pet house	113
184	Dämmen der Türschwellen	114
185	Abdichten der Türschwellen gegen Diffusion	114
186	fertige Unterkonstruktion der Türschwellen	114
187	Innenverkleidungsmodule und Dämmung	115
188	Einpassen der Innenverkleidung	115
189	Lagern von Montagehilfen in der Installationsebene	115
190	fast fertige Innenverkleidung	115
191	letztes Innenverkleidungsmodul	115
192	Verkleidung der Fensterlaibungen	115
193	Befüllen der Speicherdecke mit gefüllten Vöslauer Mehrweg PET-Flaschen	116
194	Befüllen der Speicherdecke mit gefüllten Vöslauer Mehrweg PET-Flaschen	116
195	Test der Speicherdecken-Hintergrundbeleuchtung	116
196	erstes Fußbodenmodul verlegen	117
197	zwei von drei verlegten Fußbodenmodulen	117

Sofern keine Quelle angegeben, handelt es sich bei den Abbildungen um eigene Darstellungen.

Nr.	Abbildung	Seite
198	drittes Fußbodenmodul	117
199	Einbau der Leiter	118
200	Verschrauben der Leiter	118
201	Testen der Leiter	118
202	Einbau des Sideboards	118
203	Fugen zwischen Innenverkleidungsmodulen ohne Blendleisten	118
204	verspachtelte Fugen zwischen Fußbodendielen	118
205	Montage der Blendleisten	118
206	Montage der Blendleisten	118
207	pet house außen 1	121
208	pet house außen 2	122
209	pet house außen 3	123
210	pet house außen 4	124
211	pet house außen 5	125
212	pet house außen 6	126
213	pet house leer 1	127
214	pet house leer 2	128
215	pet house leer 3	129
216	pet house leer 4	130
217	pet house leer 5	131
218	pet house leer 6	132
219	pet house leer 7	133
220	pet house außen 7	134
221	pet house außen 8	135
222	pet house eingerichtet 1	136
223	pet house eingerichtet 2	137
224	pet house eingerichtet 3	138
225	pet house eingerichtet 4	139
226	pet house eingerichtet 5	140
227	pet house eingerichtet 6	141
228	pet house eingerichtet 7	142
229	pet house eingerichtet 8	143
230	pet house eingerichtet 9	144
231	pet house eingerichtet 10	145
232	pet house eingerichtet 11	146
233	pet house eingerichtet 12	147
234	pet house eingerichtet 13	148
235	pet house eingerichtet 14	149
236	pet house eingerichtet 15	150
237	pet house außen 9	151
238	pet house außen 10	152
239	pet house außen 11	153
240	pet house außen 12	154
241	pet house außen 13	155
242	pet house außen 14	156
243	pet house außen 15	157
244	pet house außen 16	158
245	pet house außen 17	159
246	pet house außen 18	160
247	pet house außen 19	161
248	pet house außen 20	162

Sofern keine Quelle angegeben, handelt es sich bei den Abbildungen um eigene Darstellungen.

Nr.	Abbildung	Seite
249	pet house außen 21	163
250	pet house außen 22	164
251	pet house außen 23	165
252	pet house außen 24	166
253	pet house außen 25	167

## 5.5 Kontaktdaten

Für allfällige Anfragen ist der Autor unter [f.a.neudeck@gmail.com](mailto:f.a.neudeck@gmail.com) erreichbar.