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.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

DIPLOMARBEIT

Vietnam - wohnen in regionaler und nachhaltiger Systembauweise
/ Schwerpunkt Bambus

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenierus / Diplom-Ingenieurin
unter der Leitung

Prof. Dipl.-Ing. Peter Bauer

E 259.2

Institut für Architekturwissenschaften
Abteilung für Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Irvin Guso

01425387

Wien, am

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.

ABSTRAKT

Vietnam, insbesondere die Hauptstadt Hanoi, durchlebte in den vergangen Jahrzehnten einen großen Wandel. Massive Zuwanderungen, Adpaptierungen fremder Baukulturen und die Verdrängung von Grünraum und traditioneller Wohnformen, führten im Zuge der Urbanisierung zu großen Veränderungen. Die Hauptstadt Hanoi ist davon besonders betroffen.
Neben der Adaptierung ungeeigneter Baukulturen und fremder Wohntypologien wird der Großteil aller verwendeten Baumaterialien importiert und regionale Ressourcen und Baustoffe finden keine Verwendung mehr. Das Ergebnis ist der Verlust traditioneller Werte, eine Unzufriedenheit vieler Bewohner und ein leerstand etlicher Wohneinheiten

Die Veränderungen welche aus der Urbanisierung hervorgehen, haben allerdings auch positive Auswirkungen und führen zu einem Umschwung von neuen Bebauungsalternativen.

Das Anliegen dieser Arbeit ist es, unter der Berücksichtigung von regionalen Gegebenheiten, eine geeignete Bebauungsform im Bereich mehrgeschossigen Wohnen zu entwickeln. Die Bebauung soll in Form einer vorgefertigten Systembauweise erfolgen. Bambus als regionales Baumaterial, soll in seiner Sinnhaftigkeit und Anwendbarkeit als Grundbaustein dienen.

In erster Linie gilt es die regionalen Gegebenheiten zu verstehen und im Zusammenhang mit der Bestandssituation zu analysieren. Im weiteren Verlauf werden die grundlegenden Eigenschaften von Bambus in der Planung berücksichtigt. Abhängig von den konstruktiven Vorteil von Bambus werden diese zur grundlegenden Gestaltung des Entwurfs beitragen und somit eine sinnvolle Bebauungsform ermöglichen.

Nachhaltiges und vor allem regionales Bauen wird zu einem immer größer werdenden Thema. Besonders im Bezug auf Entwicklungsländer gilt es rechtzeitig Maßnahmen zu treffen und Lösungen zu finden, welche den richtigen Weg in die Zukunft ebnen.

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.

ABSTRACT

Vietnam, especially Hanoi, has gone through major changes in the past few decades. Massive immigration, adaptation of foreign building cultures and the displacement of green space and traditional forms of living led to major changes in the course of urbanization. The capital Hanoi is particularly affected.

In addition to the adaptation of unsuitable building cultures and foreign living typologies, the majority of all building materials used are imported and regional resources and building materials are no longer used. The result is the loss of traditional values, dissatisfaction among many residents and a number of residential units that have remained vacant.

However, the changes resulting from urbanization also have positive effects and lead to a shift in new building alternatives.

The aim of this work is to develop a suitable form of development in the area of multi-storey housing, taking regional conditions into account. The development is to take the form of a prefabricated system construction.

Regional building material, especially bamboo, should serve as a basic building block in its meaningfulness and applicability.

First and foremost, it is important to understand the regional conditions and to analyze them in connection with the stock situation. In the further course, the basic properties of bamboo are taken into account in the planning. Depending on the constructive advantage of bamboo, these will contribute to the basic design.

Sustainable and, above all, regional building is becoming an increasingly important topic. Especially with regard to developing countries, it is important to take timely measures and find solutions that pave the way for the future.

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.

INHALTSVERZEICHNIS

THEORIE 1

1. VIETNAM
1.1. Urbanisierung 3
1.1.1. Fragmentierung der Stadt - New Urban Areas 5
1.2. Wohnformen 5

ANALYSE 11

2. KLIMAGERECHT UND NACHHALTIG 14
2.1. Klimabedingungen - Hanoi 14
2.2. Klimagerechtes Design 14
2.2.1 Traditionelle Entwurfsstrategien 15
2.2.2. Bauweise und energiebedarf moderner Wohnformen 17
2.2.3. Barrieren 20
2.2.4. Potential regionaler Baustoffe 23
2.2.5. Zukunftsaussichten 25

3. BAMBUS 26
3.1. Bauen mit Bambus 26
3.1.1. Aufbereitung 29
3.1.2. Eigenschaften des Bambus 31
3.1.3. Günstige Fügeprinzipien 35
3.1.4. weitere Fügeprinzipien 37
3.2. Aspekte der Nachhaltigkeit 39

4. SYSTEMBAU 41
4.1. Systembau und Nachhaltigkeit 41
4.1.1. Baustoffwahl 41
4.2. Bambus im Systembau 42
4.3. Bauen mit System 43
4.3.1. Art der Vorfertigung 43
4.3.2. Grad der Vorfertigung 44
4.3.3. Handwerkliche Vorfertigung 44
4.3.4. Planung 45
4.3.5. Gebäudetechnik 47

5. SCHLUSSFOLGERUNG / ZIELE 48

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.

ENTWURF 49

Ziele 50
Entwurfsgrundlage 51
Konzept 52
Analyse Nutzfläche 68
Wohneinheit 1 75
Wohneinheit 2 79
Möblierungskonzept 83
Visualisierung 86
Erschließung 88
Elemente 92
Lastabtragung 115
Tragwerkskonzept 116
Fassadenschnitt 117
Details 119
Résumé 123

LITERATURVERZEICHNIS 124

ABBILDUNGSVERZEICHNIS 129

TABELLENVERZEICHNIS 135

THEORIE

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

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

Nachhaltiges und klimagerechtes Bauen in schnell wachsenden Metropolen ist für die Boomländer Südostasiens eine hoch aktuelle Herausforderung. Eines dieser Boomländer ist Vietnam.

Die wirtschaftliche Ausdehnung Vietnams resultiert in einer raschen Urbanisierung, welche eine laufende Veränderung der Infrastruktur und des Wohnungsbaues fordert. Als Reaktion auf die Wohnungsnot entstanden in Vietnam Gebäudetypologien und Bauweisen, die zuvor nicht üblich waren. Angewandte Typologien wurden dem schnellen Wachstum der Großstädte nicht gerecht und sorgten für eine Dezentralisierung der Städte und dem Verlust von landwirtschaftlichen Regionen und traditionellen Siedlungen.

In der Vergangenheit konnte man beobachten, dass viele Bauweisen aus den Ländern im Westen einfach nachgeahmt wurden, obwohl sich die klimatischen Bedingungen enorm voneinander unterscheiden. Dies führte in der Umsetzung zu vehementen Bauschäden und der Verdrängung vom Einsatz regionaler Baumaterialien. Vor allem Bauphysikalische Herausforderungen bezüglich der tropischen Klimabedingungen bereiten Schwierigkeiten. Dies trägt zur Folge, dass eine große Anzahl an Wohnungen trotz stätischen Zuwanderungen leer stehen und vehement von der Bevölkerung abgelehnt werden.

Während man jedoch versucht der Nachfrage an Wohnraum nachzukommen, ist Vietnam dem Druck ausgesetzt, nachhaltig und ressourcenschonend zu bauen. Standardisierte Bauweisen und Baumaterialien wie Stahl, Beton und Mauerwerk sollten in ihrer Anwendung überdacht werden. Umweltfreundlichere Baustoffe sollten zum Einsatz kommen, um nachhaltiges Wohnen zu ermöglichen. Konstruktive Lösungen werden benötigt um den Einsatz regionaler Materialien zu gewährleisten, Energie zu sparen und die kulturellen Aspekte beizubehalten.

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.

1. vietnam

Bevor ich zum eigentlichen Projekt und der damit verbundenen Analyse übergehe, möchte ich einen kurzen Überblick über die gegenwärtige Situation im Bezug auf die Wohnformen und die Entwicklung des Landes Vietnam geben. Der Fokus liegt auf der Stadt Hanoi und seiner Metropolregion. Dabei gilt es den Hintergrund und die Entscheidungsgrundlagen genauer zu verstehen.

1.1. urbanisierung

Im Grunde gab es insgesamt drei Umschlagplätze in Vietnam, und diese waren, Hanoi, Ho Chi Minh City und Hue, doch im Zuge der Reform, sind zwei unabhängige und dominante wirtschaftliche Zentren entstanden, nämlich Ho Chi Minh City und Hanoi. Die Wirtschaft erlebte aufgrund des Doi Moi (vietnamesische Reform) einen konstanten Aufwärtstrend. Gründe für den enormen Bevölkerungszuwachs sind die Arbeits- und Ausbildungsmöglichkeiten und der höhere Lebensstandard, der in den Städten geboten wird.

Mit den Richtlinien der neuen Reform wurde die Expansion der Städte und die Ausbreitung auf die ländlichen Flächen unumgänglich. Davon betroffen ist vor allem der Semi-urbane Raum, der bis heute ein Konfliktpunkt für die Regierung, die Planer und letzten Endes auch für die Bevölkerung ist.

Die Stadt Hanoi ist davon am meisten betroffen, denn sie zeigt in den Jahren 1999 bis 2009 einen Bevölkerungswachstum von 4,4% und eine Umwandlung von ländlicher zu urbaner Fläche von 8,4%. Ausschlaggebend dafür, sind vor allem die Grenzerweiterungen der Stadt ab dem Jahre 2008 (World Bank, 2011).

Hanoi soll sich zu einer repräsentativ moderne Stadt entwickeln und ein wirtschaftliches, kulturelles, nachhaltiges, politisch stabiles und soziales Zentrum sein. Somit wurde die Nachhaltigkeit der Stadt zu einem immer größer werdenden Thema. Transport- und Infrastrukturmöglichkeiten sollten nicht nur das Bevölkerungswachstum bewältigen sondern auch der Umwelt entsprechend verträglich sein. Weitere Aspekte wie, umweltfreundliche grüne Zonen, das Feststellen von Risikogebieten und deren geeigneten Entwicklung, die Berücksichtigung nachhaltiger und sozialer Aspekte und die Entwicklung eines grünen Netzwerkes mithilfe von bestehenden und zukünftigen Grünräumen, sollen der nachhaltigen Entwicklung der Stadt beitragen.

Die Landschaft Hanois, soll sich abseits ästhetischer Gründe, der urbanen Entwicklung der Stadt einordnen und dessen physischen, soziologischen und wirtschaftlichen Hintergründe berücksichtigen. Der Fortschritt einzelner Wohn- und Entwicklungsgebiete, sowie der Verlauf städtischer Projekte wurden immer wichtiger und somit kritischer betrachtet (JICA, 2007).

Es verlagerte sich die Dynamik der Innenstadt auf die Entwicklung der suburbanen Gebiete. Viele Neubaugebiete orientierten sich an der räumlichen Nähe zur Kernstadt. Diese wirkten jedoch oft isoliert und trugen zur Zersiedelung von Stadtrandflächen bei (Abb. 1).

Betrachtet man weitere Zukunftspläne Vietnams geht man davon aus, dass bereits ab 2040 mehr Menschen in

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.

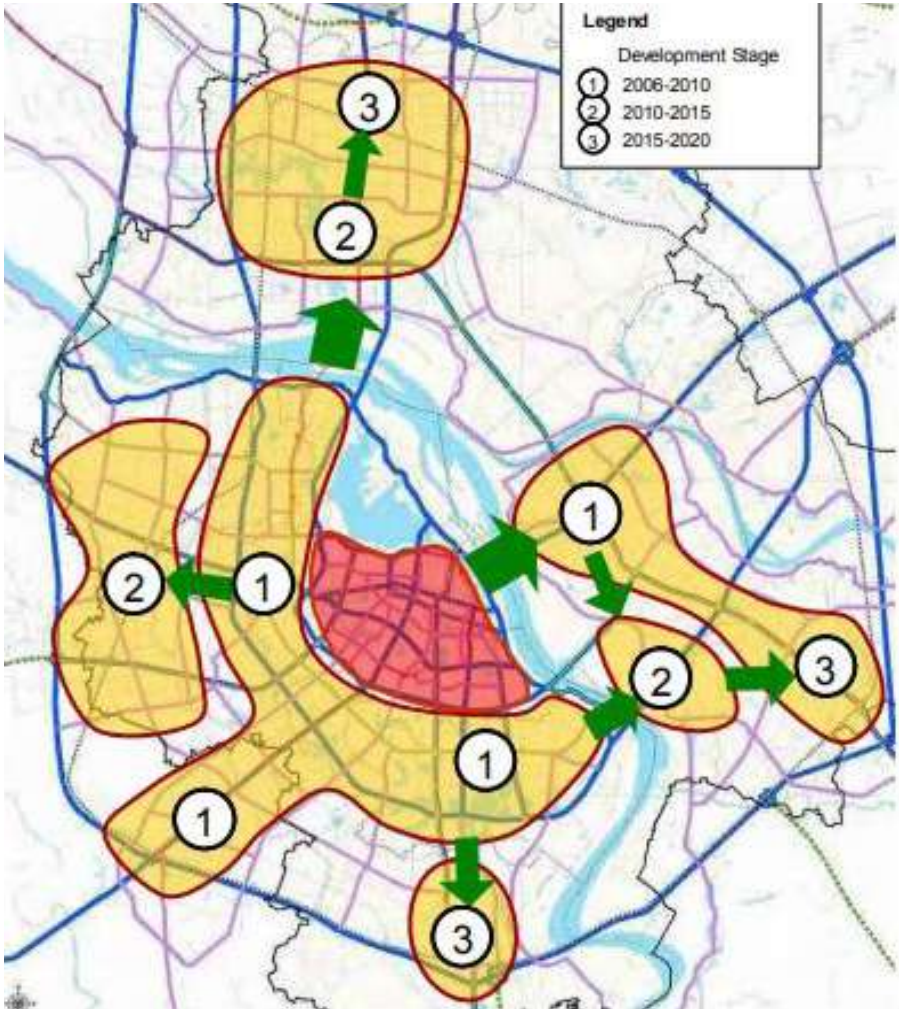


Abb. 1: Urbanisierung der Stadt Hanoi (JICA, 2007).

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.

den Städten, als am Land leben werden. Man erwartet, dass Hanoi bis 2030 mehr als neun Millionen Einwohner haben wird. Des weiteren hat man sich vorgenommen, Hanoi zur nachhaltigsten Hauptstadt Asiens zu machen. Der Hintergrund ist eine administrative Neugliederung, die im Jahr 2008 zu einer Verdreifachung der Stadtfläche geführt hat. Die Zukunft Hanois steht dabei vor einer Vielzahl von Herausforderungen. In Zuge dessen wurden in der Zeit der Reorganisation der Stadt Hanoi, 200 Neubauprojekte in kürzester Zeit in die Wege geleitet. Davon betroffen waren vor allem Distrikte im Stadtrandbereich. Mit einem derart raschen Wachstum ist eine stetige Ausbreitung der Stadt und eine weitere Bebauung ländlicher Flächen unumgänglich.

1.1.1. fragmentierung der stadt new urban areas

Der hohe Grad an Privatisierung und individuell errichteter Bauten, wurde seitens vieler Experten stark kritisiert. Die städtische Ausdehnung und der Verlust weiterer Agrarflächen folgte. Ein neues Programm der Regierung entstand und fokussierte sich auf die Errichtung einzelner Regionen im Großbereich des Süden und Westen der Stadt und wurde "New Urban Areas" genannt. Anstatt jedoch die Idee sozialer und gemeinschaftlicher Werte zu verfolgen, strebte man mit dem Entwurf dieser Projekte nach Modernität und Ordnung. Die funktionierende Mischung aus traditioneller Bauweise und der belebten Nutzung des öffentlichen Raumes. Hingegen führten importierte Bauweisen zu einem hohen Energieverbrauch und klimatechnisch schlechter Wohnqualität.

Bereits im Jahre 2005 konnte man alleine in Hanoi 137 New Urban Areas nachweisen. Eines dieser Projekte ist Trung Hoa-Nhanh Chinch, welches sich weniger als 10 Kilometer vom Zentrum Hanois befindet.
Zur Entstehung dieses und vieler anderer New Urban Areas wurde ein enormes Maß an Agrarfläche in urbanes Gebiet umgewandelt (Labbé and Boudreau, 2011). (Abb. 2)

Auch der Bezug zu benachbarten Gebieten und Siedlungen, um städtebauliche Zusammenhänge zu schaffen, wurde außer Acht gelassen und führt zu einer Durchmischung von modernen Hochhäusern und traditionellen Siedlungsgebieten.

1.2. wohnformen

Die aktuelle Nachfrage nach Wohnen in Hanoi ist relativ hoch. Mit dem Jahr 2016 hat die Bauabteilung in Hanoi berichtet, dass mindestens sieben Millionen Quadratmeter an Wohnfläche in Hanoi benötigt wird. (Hieu, 2018). 2019 wurden 201,707 Wohneinheiten fertiggestellt. Somit waren im Schnitt 17 Wohnung für 1000 Personen verfügbar. Es existiert ein Ungleichgewicht aus verfügbaren Wohnungen und der größer werdenden Nachfrage an Unterkünften (Nguyen, 2020).
Wie bereits erwähnt entstehen aufgrund des hohen Wohnbedarfs immer mehr neue Siedlungsgebiete, genannt "New Urban Areas". Eine rapide Entwicklung führt folglich zu minderwertigen Bauweisen , einer schlechten Wohnqualität und unterschiedlichen Wohnformen.
Es bestehen verschiedene Arten von Wohnformen. Diese finden sich nicht nur in Hanoi sondern in ganz Vi-

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.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

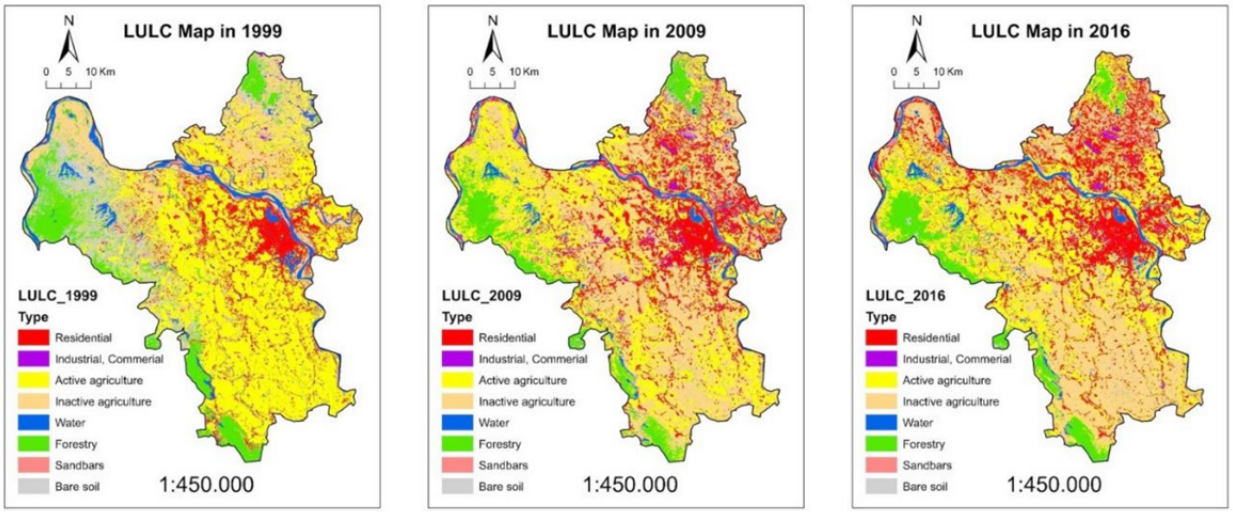


Abb. 2: Stadterweiterung Hanoi vom Jahre 1999, 2009 und 2016 (Nguyen et al, 2019).

etnam. Dabei unterscheidet man im urbanen Bereich zwischen Reihenhäuser, Doppelhäuser, Einfamilienhäuser und mehrgeschossigen Wohnbau beziehungsweise Wohnhochhäuser. Im ländlichen Bereich ist neben dem Reihenhaus eine weitere traditionelle Wohnform zu finden, welche sich durch eigenständigen Bau der Bewohner und den lokalen und klimagerechten Materialien auszeichnet.

Reihenhaus

Das Reihenhaus hat sich zu einer traditionellen Typologie im innerstädtischen Bereich etabliert. Sie ist die meist verbreitete Wohnform in ganz Hanoi. Ursprüngliche charakteristische Eigenschaften eines traditionellen Reihenhauses sind, die engen Straßenfronten mit einer Breite von zwei bis vier Meter, eine Gebäudetiefe von 50-60 Metern, mehrere Innenhöfe und eine übliche Höhe von zwei Geschossen. Die Innenhöfe dienten zur Belichtung, zur natürlichen Belüftung und fungierten als Außenbereiche für die Bewohner. Die Enge Straßenfront und die übermäßige Tiefe des Gebäudes erklärt sich durch die damaligen Grundstückspreise, die aufgrund der Straßenfronten bemessen wurden.

Die neuen Formen der Reihenhäuser sind in ihrer Tiefe eingeschränkt. Mit dem Bevölkerungswachstum im innerstädtischen Bereich sind die Geschosse, aufgrund von familiären Zuwachs und Zuwanderungen, ausgebaut worden (Abb. 3). Sie erreichen bereits bis zu sieben Geschosse und beherbergen mehrere Familienteile. Die modernen Reihenhäuser haben im Vergleich zu der traditionellen Form einen höheren Grad an Privatheit.

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.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Sie mangeln jedoch aufgrund von Sanierungsverfahren und der Modernisierung an Nachhaltigkeit und der Nutzung von regionalen Baustoffen (Nguyen et al, 2016).

Einfamilienhäuser

Das urbane Einfamilienhaus, welches auch als Villa bekannt ist, ist ein freistehendes Haus mit zugänglichem privaten Garten und einer eigenen Einfahrt. Es beinhaltet drei Geschosse und mindestens drei offenen Fassadenseiten, die zu keinem anderen Gebäude anschließen. Der Bebauungsgrad des Grundstückes beträgt nicht mehr als 50 Prozent (Ministry of Construction, 2009). Eingeführt wurde die Villa in Zeiten der französischen Kolonisierung und stand für eine steigende gesellschaftliche Mobilität.

Die zweite Form von Einfamilienhäusern (Abb. 4) wird vor allem in den New Urban Areas, im Kontrast zu den Wohnhochhäusern, gesehen (Labbè et al, 2011).

Mehrgeschossige Wohnbauten und Wohnhochhäuser

Die ersten Wohnungen entstanden im Zuge der Reform und der Massenzuwanderung (Abb. 5). Sie dienten als Unterkünfte für die Arbeiter der in Hanoi gelegenen Industrieunternehmen. Diese existieren noch immer, jedoch ist mittlerweile großer Sanierungsbedarf vorhanden (Gough et al, 2009). Mehrgeschossiger Wohnbau und Wohnhochhäuser (Abb. 6) etablierten sich im Zuge der Gründung von "New Urban Areas", mit dem Ziel der hohen Anzahl an Zuwanderungen entgegen zu wirken (Hieu, 2018). In der Ausführung orientiert man sich an internationalen Bauweisen, welche nicht auf das regionale Klima angepasst sind und zu Folgeschäden führen (Gren, 2019).

Traditionelles Haus

Die primitive Form des traditionellen vietnamesischen Hauses (Abb. 7) hat sich über die Jahrzehnte an die regionalen Klimabedingungen angepasst. Vor allem in den heißen Regionen mit hoher Niederschlagswahrscheinlichkeit war das wichtig. Sie zeichneten sich durch ihre konstruktiven Eigenschaften wie, hitzeresistenten hohen Dächern, auskragenden Beschattungselementen, dem Einsatz von leichten Materialien und der Nutzung von natürlicher Belüftung aus.
In Gebieten mit Überschwemmungsgefahr setzte man auch auf Pfahlbauten. Je nach Region unterschieden sich die charakteristischen Eigenschaften und wurden an die spezifischen klimatischen Bedingungen angepasst. Eins hatte jedoch jede ländliche Architektur in Vietnam gemeinsam, nämlich den Einsatz von lokaler und natürlicher Baumaterialien. Das traditionelle Haus war optimal in seiner Umgebung eingebettet und nutzte Teile davon, wie zum Beispiel die Vegetation, in Kombination mit dem Innenhof, um die Vorteile von Sonne und Wind nutzen zu können. Der gesamte Hof diente dem Nutzen, ein angenehmes Raumklima zu schaffen. (Ly et al, 2010).

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. 3: Wohnhäuser im städtischen Bereich Hanoi (Labbè, 2010).

Abb. 4: Wohnanlage Linh Dam im Süden Hanoi (Weibel, 2011).

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. 5: Apartments Giang Vo Cages (Steinhauer, 2011).

Abb. 6: Wohnhochhäuser (Vansintjan, 2018).

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. 7: Traditionelles vietnamesisches Haus (Võ Hương,).

ANALYSE

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

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

Die Urbanisierung in Vietnam schreitet immer weiter voran. Um den Wachstum der Stadt zu gewährleisten, werden traditionelle Siedlungsgebiete und regionale Grünflächen unumgänglich verdrängt (Abb. 8).

Städtische Bebauungsformen erstrecken sich über ländliche Regionen und zeigen keinen Bezug zur natürlichen Umgebung. Sie weisen adaptierte Bebauungstypologie auf, welche für die gegebenen Klimabedingungen ungeeignet sind und den Anforderungen der Bewohnern nicht gerecht werden. Diese Bauweisen zeichnen sich in der Ausführung und in der Nutzung, aufgrund von ineffizienter Baustoffe, schlechter Belüftung, geringer Belichtung und einem hohen Energieaufwand aus.
Strategisch nachhaltige Formen der Bebauung sind notwendig um dem Flächenwachstum der Stadt mit geeigneten Lebensräumen gerecht zu werden.
Das Ziel ist es, eine nachhaltige Bebauungsform im Bereich mehrgeschossigem Wohnen zu entwickeln.

Unter Berücksichtigung der Bestandssituation dient diese als Entwurfsgrundlage zur Entwicklung einer entsprechenden Wohneinheit.

Das Hauptaugenmerkt liegt in der Wahl einer geeigneten Bauweise und der Verwendung von Bambus. Somit soll eine nachhaltige Bebauung mergeschossigen Wohnraum ermöglichen.

Regionale Baustoffe und traditionelle Entwurfsprinzipien dienen als Grundbausteine und sollen zu einer zielführenden konstruktiven Lösung und einer nachhaltigen Bebauung ländlicher Flächen führen.

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. 8: Verdrängung regionaler Grünflächen (Vansintjan, 2017).

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.

2. klimagerecht und nachhaltig

Der schnelle Wachstum der Stadt Hanoi bringt viele Herausforderungen mit sich. Mangelnde Nachhaltigkeit und kommerzielle beziehungsweise unübliche Architekturtrends stellen zur zusätzlichen Umweltverschmutzung ein Problem dar.

Ungeeignete Bauweisen sind die Folge. Sie schließen die Verwendung regionaler Baumaterialien aus, werden den gegebenen Klimabedingungen nicht gerecht und tragen in der Nutzung und Herstellung zum hohen Energiebedarf bei. Um nachhaltiges Bauen gewährleisten zu können, ist eine Reaktion auf die regionalen Gegebenheiten notwendig.

2.1. klimabedingungen - hanoi

Um klimagerecht und nachhaltig handeln zu können, muss an erster Stelle das regionale Klima betrachtet werden. Denn in Abhängigkeit der regionalen Bedingungen können relevante Entscheidungen getroffen werden, welche den Designprozess ausschlaggebend verändern.

Das Klima in Vietnam gehört im Grunde genommen zur tropischen Klimaregion und reicht von heißen Sommern und einer hohen Sonneneinstrahlung bis hin zur hohen relativen Luftfeuchtigkeit im Winter. Abhängig von den Regionen sind die Bedingungen relativ Unterschiedlich. In Vietnam herrscht feuchtes Klima. Im Nordosten reichen die Temperaturen im Winter bis zu Null Grad und im Vergleich zu anderen Regionen fällt der Sommer milder aus. Im Nordwesten hingegen herrschen heißtrockene Temperaturen. Mit der Stadt Hanoi als Grenzbereich erreicht man bereits wärmere Klimabedingungen. Das führt zu einem heißen Sommer und einem wärmeren Winter als in den nördlichsten Gebieten. Dabei erhöht sich auch die Niederschlagshäufigkeit (Lang, 2013).

In Hanoi ist die nasse Jahreszeit heiß, drückend und bedeckt, und die trockene Jahreszeit ist angenehm, feucht und überwiegend klar. Im Verlauf des Jahres bewegt sich die Temperatur in der Regel zwischen 14 C und 34 °C und liegt selten unter 14 °C oder über 37 °C (Abb. 9).
Die regnerische Zeit des Jahres dauert vom 17. Februar bis zum 19. Januar, sprich 11 Monate (Abb. 10).
Hanoi weist extreme jahreszeitliche Variationen der wahrgenommenen Luftfeuchtigkeit auf. Der schwülere Zeitraum des Jahres dauert knapp 9 Monate (Abb. 11). Während dieser Zeit ist das Komfortniveau mindestens mehr als ein Drittel der Zeit schwül, drückend oder miserabel (Weatherspark, 2020).

2.2. klimagerechtes design

Klimagerechte Architektur ist ein Designprozess der sich damit beschäftigt, Gebäude zu schaffen die im Einklang mit der vorhandenen Klimasituation sind. Ein relativ simples Konzept, das in der Umsetzung jedoch Schwierigkeiten aufweist. Während jedes Projekt spezifisch auf die Bedingungen angepasst werden muss, gibt es gewisse Dinge die in allen Fällen angewendet werden können und im Entwurf für klimagerechte Architektur nicht fehlen dürfen.

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.

Ein grundlegendes Ziel ist es, ein komfortables Raumklima zu schaffen und den notwendigen Energiebedarf zu senken. Klimagerechte Architektur reflektiert die Wetterbedingungen die in den betroffenen Gebieten herrschen. Gute klimagerechte Architektur geht weit über die vorgegebenen Normen hinaus und sorgt somit auch für ein besseres Wohlbefinden des Nutzers (Malekafzali, 2017).

Ziel ist es, mit weniger Energieverbrauch gleiche Ergebnisse zu erzielen und die lokalen Gegebenheiten dabei zu berücksichtigen und wenn möglich zum Vorteil zu nutzen. Somit wird mit Hilfe von Querlüftung oder mechanischer Belüftung eine weitaus bessere Behaglichkeit der Nutzer erzielt. Es bestehen viele traditionelle und moderne Wege effizienter zu bauen und diese unter der Berücksichtigung von örtlichen Gegebenheiten zu modifizieren. Der richtige Umgang mit örtlichen Bedingungen wird vor allem in tropischen Gebieten, aufgrund hoher Temperatur und Luftfeuchtigkeit zu einer Herausforderung (Lehmann, 2011).

Historisch betrachtet hätten sich diese Regionen mit dem Nutzen von lokalen Materialien, traditionellem Design und konstruktiven Prinzipien entwickeln sollen. Mit der Zeit haben sich allerdings generelle Formen der Industrie, des Gewerbes und des Wohnbaus auf der ganzen Welt etabliert und spezifische Designs und konstruktive Besonderheiten wurden abgeändert.

Während sich der meiste Energieverbrauch in kälteren Regionen mit der räumlichen Erwärmung auszeichnet, kämpft man in tropischen Regionen mit dem Energieverbrauch zur Abkühlung von Räumen (Riley et al, 2017).

2.2.1. traditionelle entwurfsstrategien

In der Umsetzung klimagerechter Architektur finden sich in Vietnam noch zahlreiche Probleme.

Traditionelle Bauten haben sich in der Vergangenheit gezwungener Maßen an die klimatischen Bedingungen angepasst und liefern eine gute Basis zur Gestaltung moderner Wohnformen.

Grundlegende Prinzipien der natürlichen Belüftung in Verbindung mit offenen Grundrissen und verschiedenen Formen der Verschattung führen zu einem angenehmen Raumklima. In der Verwendung finden sich vorwiegend leichte lokale Materialien mit geringem Wärmespeicher, um ein bestmögliches Innenraumklima zu erreichen. Jegliche Art der Isolation war somit überflüssig.

Das Dach diente nicht nur als Witterungsschutz, sondern hatte auch klimatechnische Hintergründe. Der Dachraum wurde als Pufferzone für die Anstauung von warmer Luft genutzt, welche mit Öffnungen im Giebelbereich abgeführt wurde. Weite Überstände im Bereich der Traufe waren üblich. Diese führten zu einer Beschattung der Öffnungen und der Wand selbst. Für noch mehr Sonnenschutz der Fassade wurde der Schatten umliegender Bäume genutzt. Man minimierte somit die Absorption der Sonneneinstrahlung. Zahlreiche Fensteröffnungen sorgten für eine ausreichende Belichtung der Innenräume. Dabei handelte es sich um eine Art Kastenfenstersystem, mit außenliegendem aus Holz gefertigtem Sonnenschutz. Dieser konnte je nach Jahreszeit und Wetterbedingungen flexibel geöffnet oder geschlossen werden. In Verbindung mit einem off-

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.

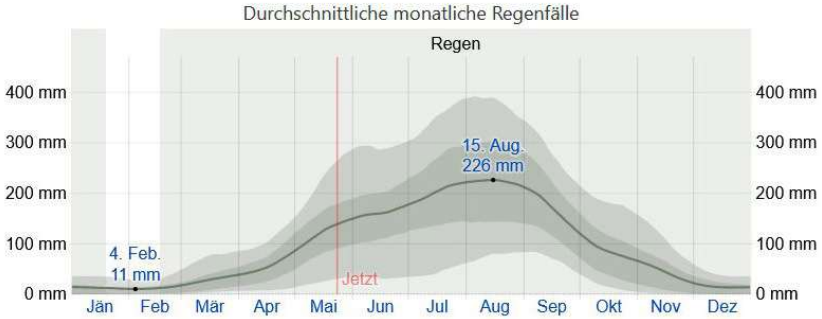


Abb. 10: Durchschnittliche Regenfälle (weatherspark, 2017).

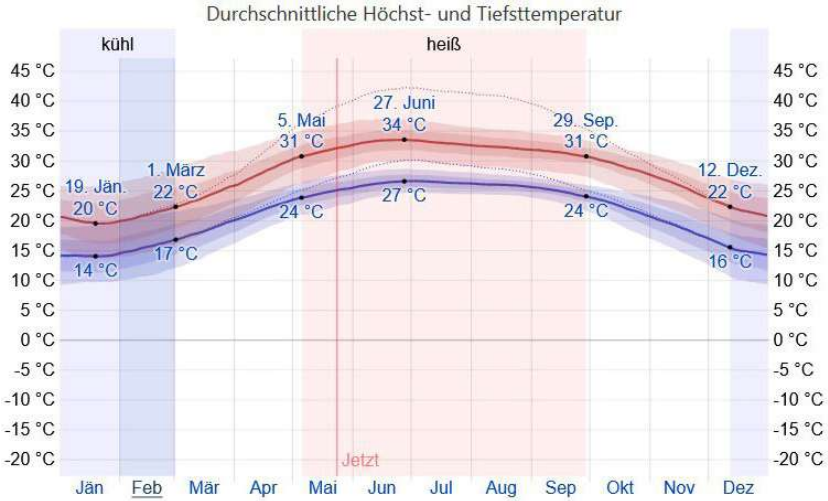


Abb. 9: Durchschnittliche Temperatur (weatherspark, 2017).

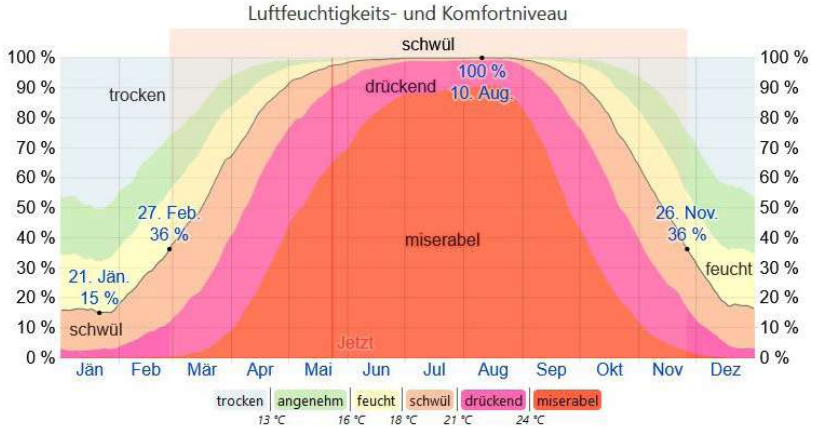


Abb. 11: Luftfeuchtigkeit / Komfortniveau (weatherspark, 2017).

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.

enen Grundriss und einem Innenhof sorgten die Fenster für eine natürliche Belüftung und reduzierten die Lufttemperatur und -feuchtigkeit.

In vielen Regionen Vietnams, die von Überschwemmungen betroffen waren, setzte man unter anderem auf Pfahlbauten. Man entging dadurch nicht nur der Flut sondern auch Schlangen und Insekten.

Ansonsten wurde in ganz Vietnam auf relativ ähnliche Bauweisen gesetzt, mit den grundlegenden Prinzipien der natürlichen Belüftung, des Sonnenschutzes und dem Einsatz leichter Materialien. Bemerkenswert ist, dass trotz hohen Temperaturen und nur geringen Unterschieden zwischen Innen- und Außentemperatur, die Zufriedenheit der gegenwärtigen Bewohner sehr groß ist (Nguyen et al, 2011).

2.2.2. bauweise und energiebedarf moderner wohnformen

Der hohe Energiebedarf verwendeter Baumaterialien, die fehlende Interesse an tropisch klimagerechtem Design und nachhaltigen Gebäuden, sind ausschlaggebend für die Verschlechterung der Umweltbedingungen in Vietnam. Materialien die am meisten verwendet werden aber einen hohen Energiebedarf aufweisen sind Zement, Keramik, Ziegel, Stahl und Glas.

Städte und Metropolen wie Hanoi und Ho Chi Minh City sind weitesgehend von den steigenden Temperaturen in innerstädtischen Bereichen betroffen. Damit verbunden ist der hohe Energieverbrauch, um die Gebäude und Wohnungen zu belüften und mittels Klimageräten abzukühlen (Eckert und Waibel, 2009). Für zukünftiges Wohnen ist der Umstieg zu nachhaltigen und klimagerechten Bauweisen dringend notwendig.

Wie bereits erwähnt finden sich verschiedenste Wohnformen in den Entwicklungsgebieten von Vietnam.
Die ma weitesten vebreitete Wohnform in Hanoi ist die moderne Form des Reihenhauses.

Betrachtet man diese spezifische Bauform, handelt es sich konstruktiv gesehen um ein Stahlbetonskelett und einem einschaligen Ziegelmauerwerk mit einer Stärke von 100-250 Milimeter. Dabei bleiben die Außenwände ungedämmt. Die Decken und das Flachdach bestehen gleichfalls aus Stahlbeton und die Fenster sind in einem einfachverglasten System ausgeführt.

Viele Reihenhäuser sind nicht mehr mit Innenhöfen ausgestattet und haben somit mit Überhitzung und einer schlechten Belüftung zu kämpfen. Einige haben hingegen Lichtschächte die für eine natürliche Belichtung sorgen. Die natürliche Belüftung hängt von der Anzahl an Fassadenflächen ab. Handelt es sich um ein Reihenhaus mit einseitiger Fassadenfront zur Straßenseite, fällt die Belüftung dementsprechend schlecht aus.

Ein weiterer Faktor der die Behaglichkeit beeinflusst ist die Orientierung. Somit haben Südseitig orientierte Häuser mit Überhitzung zu kämpfen. Des weiteren ist die Ausführung des Daches ein großer Faktor. Die Beschattung durch umliegende Bäume, falls vorhanden, hilft in einigen Fällen eine Überhitzung zu verhindern.
Der Energieverbrauch ist in jedem Reihenhaus unver-

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.

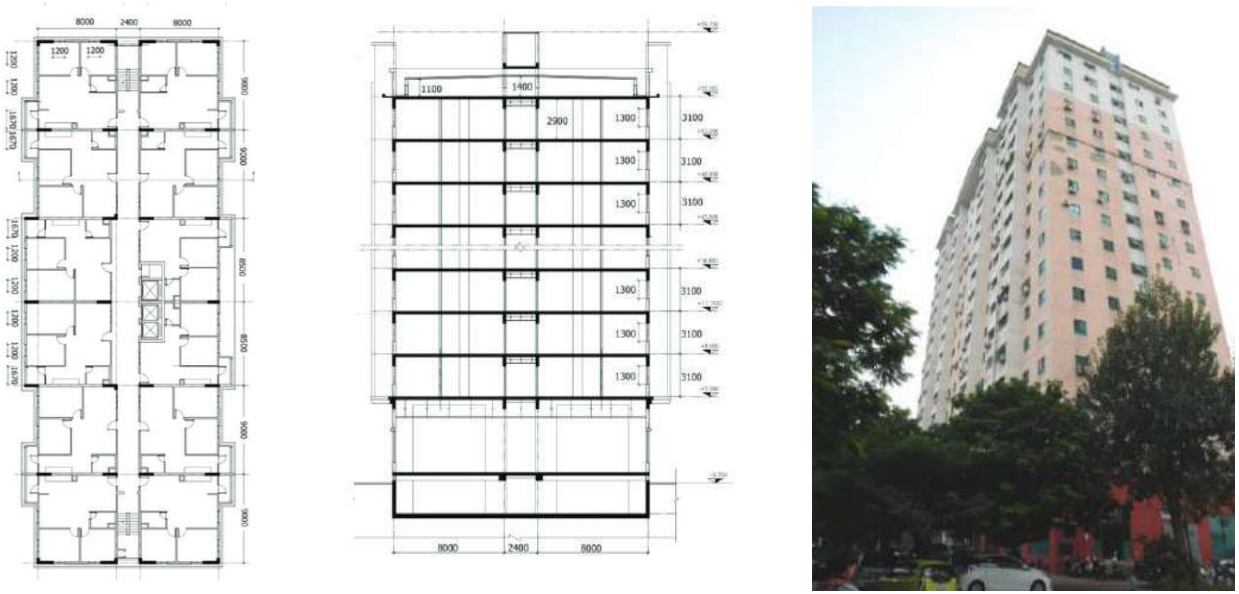


Abb. 12: Grundriss, Schnitt und Perspektive eines Bestandswohnhochhauses in Hanoi (Ha, 2016).

hältnismäßig groß. Das liegt an der elektrischen Warmwasseranlage aber vor allem an den Klimaanlagen.

Werden Sanierungen und Renovierungen getätigt handelt es sich meistens um Reparaturen, dem Ausbau aufgrund von Familienzuwachs, der Montierung von Verschattungselementen oder dem hinzufügen von weiteren Klimaanlagen (Nguyen et al, 2016).

Gleiche Probleme bezüglich Überhitzung, natürlicher Belüftung, hohem Energieverbrauch und generell schlechten bauphysikalischen Eigenschaften lassen sich in dieser Form auch in anderen Bautypologien finden.

Bei Wohnhochhäusern in Hanoi mangelt es in der Ausführung an Nachhaltigkeit und Energieeffizienz, in Verbindung mit Belichtung, Belüftung und Wärmeübertragung (Ha, 2016).

Um die grundlegenden Probleme zu verstehen werfen wir neben dem traditionellen Reihenhaus einen Blick auf eine moderne Wohntypologie, dem Wohnhochhaus.

Der rasante wirtschaftliche Aufschwung, die verbesserte Lebensqualität und die Zuwanderung vieler Personen haben die Großstädte in Vietnam zu Metropolen entwickelt. Gebäudetypologien sind entstanden, gebaut mit Materialien und Bauweisen, die zuvor nicht üblich waren. Mit der Adaptierung, den Lebensgewohnheiten und Komfortansprüche ist vor allem der Verbrauch an Energie und Ressourcen massiv gestiegen.

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.

Wärmeübertragung durch Wände, Dach und Fenster - Top Wohnung

	Himmelsrichtung				
	Süd	Ost und West	Südost /-west	Nordost /-west	Nord
Prozent. Wärmeübertragung Dach (%)	49,66	35,12	39,03	39,01	49,66
Prozent. Wärmeübertragung Wände (%)	6,57	5,23	5,68	5,75	6,57
Prozent. Wärmeübertragung Fenster (%)	43,77	59,65	55,29	55,24	43,77

Tab. 1: Wärmeübertragung der Top Wohnung (Ha, 2016).

Wärmeübertragung durch Wände und Fenster - Regelgeschoss

	Himmelsrichtung				
	Süd	Ost und West	Südost /-west	Nordost /-west	Nord
Prozent. Wärmeübertragung Wände (%)	13,04	8,06	9,31	9,43	13,04
Prozent. Wärmeübertragung Fenster (%)	86,96	91,94	90,69	90,57	86,96

Tab. 2: Wärmeübertragung Regelgeschoss (Ha, 2016).

Das extrem feucht-warme Außenklima und die gekühlten Innenräume führen weites gehend zu Bauschäden, wie Rissen in den Wänden oder Schimmel. Daraus resultiert, dass moderne Bausysteme von der Gesellschaft kaum akzeptiert und bewohnt werden. Verlässliche Lösungen sind notwendig um nachhaltiges Bauen umsetzen zu können (Gren, 2019).

Das bestehende Wohnhochhaus befindet sich in den New Urban Areas Hanois und wurde 2005 errichtet.
Wie bereits erwähnt befindet sich der Großteil der Hochhäuser in Hanoi in New Urban Areas. In der Ausführung mangelt es bei diesen vor allem an Energieeffizienz, in Verbindung mit Belichtung, Belüftung und Wärmeübertragung. Das angeführte Beispiel befindet sich in der Nguyen Thi Dinh Street in Trung Hoa.

Es handelt sich um ein 17 geschossiges Wohnhochhaus, welches 2005 errichtet worden ist (Abb 12). Es beinhaltet eine Geschosshöhe von 3,1 Meter und in jedem Geschoss befinden sich jeweils 12 Wohnungen. Die Wohnungsgrößen bewegen sich zwischen 60 und 75 m². Die Wände bestehen aus einem Ziegelmauerwerk mit einer Stärke von 220 mm und einem 15 mm Mörtelverbund. Die Fenster bestehen aus einer Einfachverglasung von 7mm. Dabei wurden wenige Fenster verwendet um die Herstellungskosten zu schmälern. Somit besitzen die Schlafzimmer nur über ein 1,2 m x 1,3 m Fenster. Ein zusätzliches Fenster und eine Balkontür finden sich im Bereich der Küche, während der Wohnbereich vom künstlichen Licht abhängig ist. Davon abgeleitet, beinhalten die 66,59 m² Wohnungen, über eine natürliche Belichtungsfläche von 5,95 m².

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.

Mit einer durchschnittlichen Außentemperatur von 30 Grad, beträgt die Innenraumtemperatur mit der Verwendung von Klimaanlagen 25 ° C. Während sich die Wärmeübertragung über die Wände noch in Grenzen hält, liegen die höchsten Werte bei den Fenstern und im Bereich des Daches, wie man in Tab. 1 und Tab. 2 erkennen kann (Ha, 2016).

Trotz des hohen Bevölkerungswachstums und der damit entstandenen Wohnungsnot finden sich dennoch leerstehende Neubauten in Hanoi. Die mangelnde Qualität der Wohnungen und die damit verbundenen Bauschäden sind unter den Bewohnern der Stadt bereits bekannt. Folglich werden diese von der Bevölkerung gemieden, was dazu geführt hat, dass Wohnungen bereits seit Jahren leer stehen und mit fehlender Instandhaltung unbewohnbar geworden sind (VNS, 2018).

2.2.3. barrieren

Im Zeitraum von 2010 bis 2016, wurden in Vietnam lediglich 46 zertifizierte nachhaltige Gebäude errichtet, wie Hong-Trang et al. (2017), in ihrer Studie berichten. In Folge einer Umfrage verschiedener Beteiligte, welche im Bauwesen tätig sind, konnten mehrere Gründe ermittelt werden, die ausschlaggebend dafür sind, nachhaltiges Bauen in Vietnam zu beeinträchtigen. Davon lassen sich die wichtigsten in Bereiche unterteilen.

Soziale und kognitive Barrieren zeigen einen Mangel an öffentlicher Wahrnehmung, Mangel an Interesse seitens der Projektteams und eine falsche Auffassung bezüglich nachhaltigem Bauen. Leistbares Wohnen spielt somit eine weitaus größere Rolle, während die Nachhaltigkeit als netter Nebeneffekt angesehen wird.

Wirtschaftliche Barrieren und Kostenbarrieren beziehen sich auf die Wirtschaftlichkeit spezifischer Projekte, in Form von Rentabilität. Dabei werden den Energieeinsparungen, welche bereits vor Inbetriebnahme des Gebäudes zustande kommen, wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird. Denn diese haben meist langfristige Auswirkungen und sind somit für den Bauträger uninteressant. Die positiven Aspekte der Nachhaltigkeit, welche für den Nutzer Vorteilhaft sind, werden außer Acht gelassen.

Gesetzliche und institutionelle Barrieren beschreiben ein Fehlverhalten der staatlichen Behörden und Institutionen. Welche sich in der schwachen Durchsetzung gesetzlicher Richtlinien und Maßnahmen, bezüglich der Nachhaltigkeit, wiederspiegelt. Somit werden Strategien für nachhaltiges Planen nur sehr langsam entwickelt und können dem exponentiellen Wachstum des Landes und der schnell wachsenden Städte kaum mithalten.

Barrieren technischer Kenntnisse werden vor allem im Zusammenhang mit dem Mangel an fachspezifischer Forschung, im Bereich der Nachhaltigkeit und den dadurch nötigen konstruktiven und bauphysikalischen Kenntnissen, in Verbindung gebracht. Dies bezieht sich allerdings nicht nur auf das Wissen der Bauunternehmen selbst, sondern auch auf die fehlende Ausbildung der Fachkräfte. Somit wird klar, dass das Thema Nachhaltigkeit in Vietnam noch lange nicht ausgereift ist. Der schnelle Wachstum des Landes und die exponentielle

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. 13: Bambusgerüst im Bauprozess (Steinhauer, 2015).

Abb. 14: Ländliche Schule in der Umgebung Hanoi (VNS, 2018).

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. 15: Lehmhaus Trinh Tuong House (Vietnamvisa, 2020).

Abb. 16: Traditionelles Langhaus in Hanoi (Emmons, 2016).

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.

Urbanisierung der Städte, spielen in diesem Sinn eine große Rolle und erschweren es, Maßnahmen zu treffen und diese auch umzusetzen. Vor allem im Bereich konstruktiver Eigenschaften, der Versorgung, Anforderungen an die Gebäudetechnologie und der technischer Kenntnisse der Facharbeiter muss noch gearbeitet werden. Auch wenn es noch viele Herausforderungen zu bewältigen gibt, zeigt nachhaltiges Bauen in Vietnam ein großes Potential (Kats et al, 2010).

2.2.4. Potential regionaler baustoffe

Regionale Baumaterialen finden sich vor allem bei traditionellen Bauten. Deren Einsatz sorgt für eine Reduzierung des Energieverbrauchs und hat einen positiven Effekt auf die Umwelt. In Verbindung mit traditioneller Bauweise werden auch charakteristische Eigenschaften der Kultur gefördert (Nguyen et al, 2011).

Bambus

Er ist Weltweit in den tropischen und subtropischen Regionen als traditionelles Baumaterial etabliert. Insbesondere wird er für die Konstruktion von Häuser im ländlichen Bereich verwendet. Es handelt sich dabei um einen erneuerbaren Rohstoff, der sich durch seine Stärke, das leichte Gewicht und die leichte Verarbeitung kennzeichnet. Des weiteren sind Konstruktionen aus Bambus, in der richtigen Ausführung, resistent gegen Wind und Erbeben. Auch in Schadensfällen sind Reparaturen meist nicht schwer zu bewältigen. Er wird nicht nur konstruktiv eingesetzt sondern findet auch im Herstellungsprozess, zum Beispiel als Schalungsmaterial oder als Baugerüst (Abb. 13), seine Anwendung. Dennoch gibt es noch wichtige Eigenschaften die bei der Verwendung von Bambus zu beachten sind und welche den Nutzen von Bambus einschränken (Jayanetti et al, 2008).

In Vietnam fand sich Bambus in ländlichen Gebieten in einfacher Konstruktionsform für Häuser (Abb. 14), Schulen oder Brücken. Mit der Entwicklung des Anwendungsbereiches und der Verarbeitungsformen von Bambus sind auch die Möglichkeiten gewachsen. Beim Einsatz von Bambus ist der Schutz ein wichtiger Faktor. Dabei gilt, den Bambus trocken zu halten, den Kontakt mit Erdreich zu vermeiden und eine gute Luftzirkulation zu gewährleisten.

Lehm

Erde ist nach Bambus eines der weitverbreiteten Baumaterialien weltweit. Mehr als 30% der Welt leben in Häusern aus Erde. Es handelt sich dabei um eines der umweltverträglichsten Baustoffen. Sie ist in jedem Land verfügbar und benötigt weit weniger Energie in der Herstellung als gebrannter Ziegel oder Zement. Verarbeitete Erde besitzt eine Langlebigkeit und ist mit nur wenig Aufbereitung einsetzbar.

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.

Dabei gibt es zwei Arten um Erde als Baumaterial zu nutzen. Man kann sie in Verbindung mit Schalungselementen stampfen und zu Wänden (Stampflehm) verarbeiten oder man kann sie in Blöcke pressen und trocknen lassen. Dabei kann Lehm in seiner natürlichen Form verwendet werden oder in Kombination mit anderen Materialien. Stroh wird gerne in Verbindung mit Lehm verwendet. Dabei kann Stroh in Form einer Bewehrung verwendet werden oder um die Dämmeigenschaften zu verbessern (Berge, 2009). Lehm wird in Vietnam vor allem von der Bevölkerungsgruppe Ha Nhi genutzt (Abb. 15). Dabei handelt es sich um rötlichen Lehm, welcher zu 40-50 cm starken Wänden verarbeitet wird. Bemerkenswert ist, das diese Typologie über keine Fenster besitzt .

Stroh

Viele Gräser haben großes Potential als klimagerechte Materialien. Sie geben in der richtigen Anwendung einen guten thermischen Schutz. Dabei können einige auch einen guten Anteil an Feuchtigkeit aufnehmen.
Unbehandelt und ohne der Hilfe von anderen Materialien sind sie jedoch leicht brennbar. Stroh kann zum Beispiel gut als loses Dämmmaterial verwendet werden. Ökologisch gesehen haben Gräser besonders gute Eigenschaften. Sie sind erneuerbare Ressourcen und entstehen als Nebenprodukt aus landwirtschaftlichen Bereichen. Der Energiegehalt in der Produktion ist von Produkt zu Produkt unterschiedlich aber ist im Grunde genommen niedriger als bei andere Materialien die den gleichen Nutzen aufweisen. Wie bereits erwähnt kann Stroh auch in Verbindung mit Lehm verwendet werden oder es kann mit Hilfe von natürlichen Klebstoffen zu Faserdämmplatten verarbeitet werden. In traditioneller ländlicher Architektur wird es auch zur Abdeckung von Dächern verwendet (Abb. 16). (Berge, 2009).

Holz

Der Skelettbau aus Holz ist ein einfaches Prinzip um charakteristische Eigenschaften traditioneller Architektur in Vietnam zu zeigen. Dabei haben sich verschiedene Anwendungsmöglichkeiten und Strukturen entwickelt. Eine Standardausführung der Rahmenbauweise nennt sich "Bo vi".

Die Verbindungen der Holzrahmen wurde mit Hilfe von Zapfen bewerkstelligt. Damit wurde ermöglicht, dass die ganze Struktur einheitlich in Holz und ohne weitere Verbindungsmittel ausgeführt wird. Es konnte verhindert werden, dass durch den Zusatz von anderen Materialien Schäden entstehen konnten. Darunter fällt bereits das oxidieren von Metall. Weitere Vorteile von Holz als Verbindungsmittel waren, die einfache Montage und die Möglichkeit des Rückbaus. Denn oft kam es dazu, dass Häuser zu einer neuen Stelle transportiert wurden, um sie dort wieder aufzubauen (Vinh, 2006).

Traditionelle Holzbauten erschließen sich über ganz Vietnam. Verschiedene Regionen greifen dabei auf unterschiedliche Holzarten zurück. Zum Einsatz kommen zum Beispiel Akazienholz, Arten von Eisenholz oder Brotfruchtbäume.

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.

Entwicklungsmöglichkeit

Unterschiedliche Arten von Bambus, Rattan, Stroh, Reisstiele, Reishülsen sind in Vietnam reichlich vorhanden und können zu Baumaterial verarbeitet werden, um sie in modernen Konstruktionsformen zu verwenden. Die Zukunft des Wohnens sollte sich auch in Vietnam auf den Energiegehalt von Gebäuden konzentrieren, um diesen so gering wie möglich zu halten. Die Anzahl an lokale Materialien und den damit verbundenen Möglichkeiten sind groß und sollten ihre Anwendung in neuen Konstruktionsweisen finden. Gleichzeitig sollte man auf Baustoffe mit hohem Energiegehalt, wie gebrannte Ziegel und Zement, verzichten. (LY et al, 2010).

2.2.5. zukunftsaussichten

Im Grunde zeigt das Wachstumspotential und die Steigerung der Nachhaltigkeit in Vietnam vielversprechende Aussichten. Die Interesse besteht, jedoch müssen auch dementsprechende Veränderungen stattfinden.
Effizientere Maßnahmen müssen geschaffen werden. Der Anreiz, nachhaltig zu produzieren, sollte vorhanden sein. Die nachhaltige Rentabilität verdient mehr Aufmerksamkeit und bevor ein Projekt verwirklicht wird, sollten Strategien mit internationalen Unternehmen entwickelt werden, welche bereits Erfahrungen aufweisen und Hilfestellung geben können. (Solidiance, 2013).

Es müssen Technologien angestrebt werden, welche auf die Wirtschaft, das Klima und die Gesellschaft in unterschiedlichen Regionen abgestimmt sind. Vor allem in ländlichen Gebieten ist das Streben nach modernen Bauweisen, wie es in fortgeschrittenen Ländern der Fall ist, eventuell ein Weg in die falsche Richtung.

Die massiven Unterschiede klimatischer Bedingungen führen in der Regel zu Bauschäden und sanierungsbedürftigen Bauten. Die Nutzung von lokalen Rohstoffen und die dementsprechende Bauweise sollte an erster Stelle stehen. Lokale natürliche Baumaterialien besitzen aufgrund des wegfallenden Transportweges und der hohen Verfügbarkeit einen weitaus geringeren Energiegehalt. Es ist nicht nur die Verwendung regionaler Materialien wichtig, sondern auch die Effizienz mit der sie angewendet werden. Um jedoch langfristige Nachhaltigkeit zu gewährleisten sollten Prinzipien traditioneller Architektur verwendet werden. Somit würde zum Beispiel eine natürliche Belüftung anstelle der Klimaanlagen langfristig zu einem geringeren Energieverbrauch führen. Die Entwicklung traditioneller Techniken und Entwurfsprinzipien ist somit ausschlaggebend und könnte zu einer Verringerung der Bauschäden führen. Es profitiert dadurch nicht nur die Umwelt, sondern auch regionale Unternehmen und die gewahrte Kultur (Lang, 2013).

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.

3. bambus

Bei der Wahl der Baumaterialien wäre die Anwendung regionaler Baustoffe ideal. Diese haben alleine aufgrund des kürzeren Transportweges positive Auswirkungen auf die Umwelt. Obwohl ein Großteil Vietnams von Grünflächen und Wäldern bedeckt ist, finden sich dort nur wenige brauchbare Hölzer. Die zwei am häufigsten in der Forstwirtschaft vorkommenden Arten sind Akazien und Eukalyptus. Diese werden zu Schnittholz, Stämme, Furnier und Sperrholz weiter verarbeitet. Bauholz hingegen wird in großen Mengen importiert. (timbertradeportal, 2015).

Ein weiteres nachwachsendes und ökologisch wertvolles Material in Vietnam ist Bambus. Dieser hat sich in Verbindung mit modernen Konstruktionsweisen in vielen Bereichen seiner Anwendbarkeit weiter entwickelt. Somit greifen immer mehr Architekten, wie in folgenden Abbildungen (17, 18, 19) zu sehen ist, besonders in tropischen Regionen, auf diesen Baustoff zurück.

3.1. bauen mit bambus

Bambus als nachwachsender Rohstoff dient in den Regionen seines natürlichen Vorkommens von jeher als Baumaterial und wird vor allem für ländliche Bevölkerungsgruppen als günstiger Baustoff genutzt. Im Zuge des drastischen Bevölkerungswachstums bietet die altbewährte Bambusbauweise jedoch keine geeignete Antwort und muss im Bereich mehrgeschossiger Bauten modernen Systemen weichen.

Aus diesem Grund wird in rasant wachsenden Städten weiterhin auf mehrgeschossigen Stahlbeton-Skelettbau gesetzt, welcher mit enormen Energieaufwand und Energiebelastung verbunden ist.

Je weiter die Industrialisierung der so genannten "Entwicklungsländer" fortschreitet, desto stärker wird der kulturelle Druck auf das traditionell bewährte Material Bambus. Industriell gefertigte Baustoffe wie Zement oder Stahl drängen die Anwendung von Bambus stetig zurück. Die neuen Materialien gelten als modern, fortschrittlich und prestigeträchtig. Höhere Kosten einer Stahlbetonkonstruktion werden nicht zuletzt als Investition in sozialen Status angesehen, da das günstige und vermeintlich minderwertige Naturmaterial Bambus als "Armeleute-Baustoff" gilt. Damit heftet sich das Stigma eines rückständigen und minderwertigen Materials an diesen so vielseitigen Baustoff. (Steffen, 2017)

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. 17: Hill Restaurant - Cuernavaca, Mexico (CMAR).

Abb. 18: Archivgebäude in Nepal (Rajbansh, 2018).

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. 19: Das Detusch-Chinesische Haus von Studio 555 (Heinsdorff, 2017).

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.

3.1.1. aufbereitung

In der Verwendung von Bambus stellt sich wie bei jedem natürlichen Baustoff die Frage der notwendigen Aufbereitung. Je weniger natürliche Baustoffe in der Herstellung aufgearbeitet werden müssen, umso größer stehen die Eigenschaften der Naturform im Vordergrund. Bereits geringe Unterschiede im Faserverlauf eines unbearbeiteten Baustoffes führen zu einer unterschiedlichen Festigkeit.
Die Zwecke der Aufbereitung sind so mannigfaltig, wie die Bauprodukte selbst, doch stehen die Verlässlichkeit der gewünschten Baustoffparameter, Regelmäßigkeit und Normkonformität über allen anderen.

Je weniger ein von der Natur gegebener Stoff aufgearbeitet wird, desto stärker treten die mannigfaltigen Eigenarten der Naturform in den Vordergrund. Normung und Standardisierung sind dem Wesen der Natur fremd. Ungeachtet aller technischen Anstrengungen bleibt auf diesem Gebiet bis heute die Handarbeit des Menschen erforderlich.
Doch auch im Bereich mechanisch aufbereiteter Baumaterialien lassen sich Schwächen erkennen. Runde Baumstämme werden zum Beispiel in längliche Streifen mit orthogonalem Querschnitt zersägt, bei dieser linearen Operation wird der natürlich variierende Faserverlauf unvermeindlich verletzt. Schon eine geringe Differenz zwischen Schnitt- und Faserrichtung führt zu einer reduzierten Festigkeit des gewonnen Balkens. Die höchste Zugfestigkeit weist folglich unverletztes Rundholz auf.

Was für die Gewinnung und Verwendung des Baustoffs Holz gilt, gilt ebenso für Bambus. Nur wenn sich die Arbeitsweise und Anwendung an die bearbeitende Substanz anpasst, können die immanenten Qualitäten zur Geltung gelangen.

Es handelt sich prinzipiell um einen Baustoff der seiner Standardisierung noch bevor steht. Betrachtet man Holz als Baumaterial ebneten rationalisierte Bauprozesse der Vergangenheit den Weg für den heutigen Stand der Holzbautechnik. Diesen Schritten der Optimierung steht Bambus noch bevor. Weder wird in den aktuellen Konstruktionsprinzipien die Leistungsfähigkeit von Bambus ausgeschöpft, noch existiert eine nennenswerte Nachfrage nach Bambusbauten, welche in ihrer Qualität über traditionelle Hütten hinausgehen.
Es ist darauf hinzuwirken, dass sich die technischen Möglichkeiten der Bambuskonstruktion durch Forschung erweitern werden.

Der wesentliche Vorteil in der Nutzung von Bambus, ist insbesondere der schnelle Wachstum. Denn in nur wenigen Monaten wachsen Bambushalme auf 10-30 Meter Höhe heran. Auch in der Frage der Effizient kann Bambus punkten. Da es sich um einen Hohlkörper handelt wird nur Material am Rand eingesetzt und kann somit seine Wirkung effizient entfalten.

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.

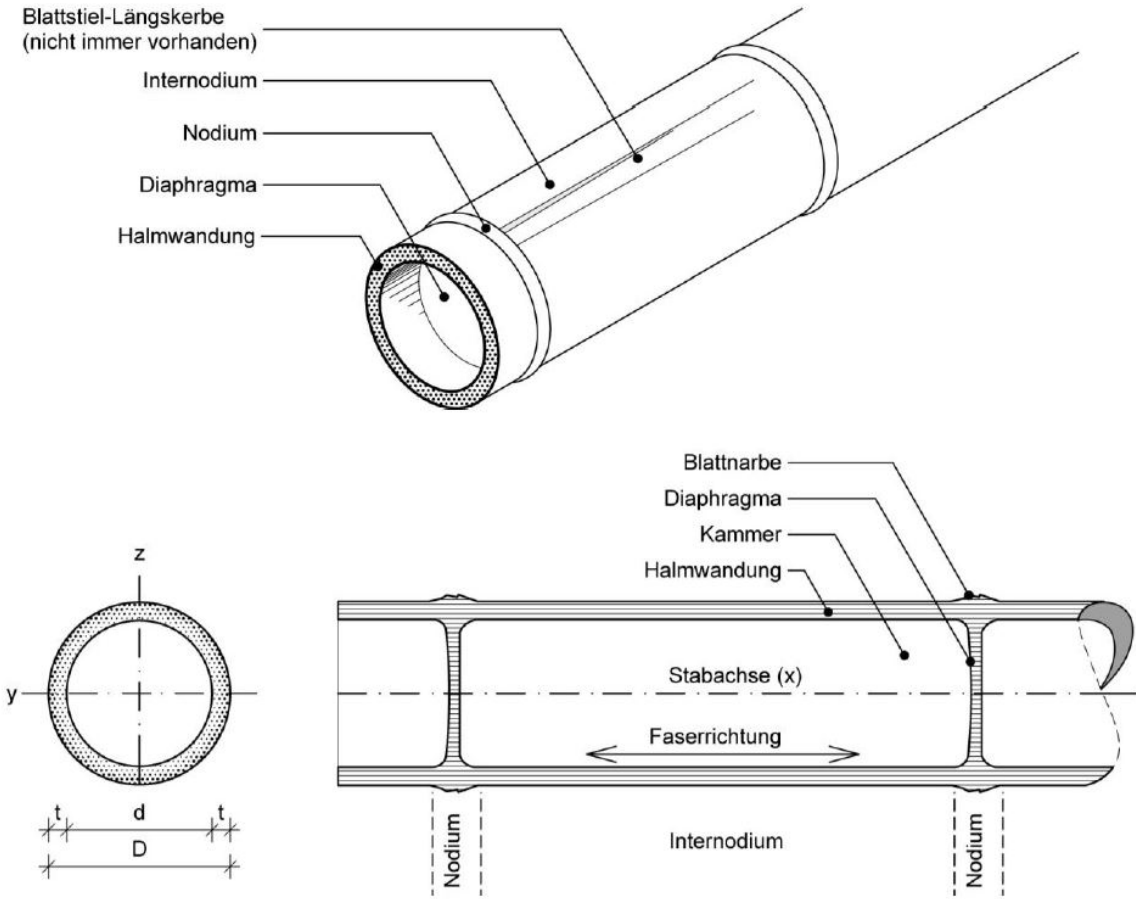


Abb. 20: Grundlegende Merkmale eines Bambushalm (Steffen, 2017).

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.

3.1.2. eigenschaften des bambus

Bambus ist ein anisotropes Pflanzenmaterial. In Abb. 27 lassen sich die grundlegenden Merkmale eines Bambushalm ablesen. Mehr noch als bei Holz unterscheiden sich die Festigkeiten in den räumlichen Richtungen stark voneinander. Ursache hierfür ist die klar gerichtete Faserstruktur der Pflanze, die ebenso gerichtete Festigkeit zur Folge hat. Klare Aussagen über Materialfestigkeiten sind aufgrund der vielen morphologisch bedingten Einflüsse bei Bambus nicht ohne weiteres möglich.

Neben den vielen Bambusarten spielen bei der Feststellung der Festigkeit auch andere Faktoren eine Rolle. Um nur wenige zu nennen beziehen sich diese z.B. auf die Wanddicke im Bambusquerschnitt, auf das Alter des Halmes, die Rohdichte, die Erntezeit oder die Materialfeuchte. Es ist vor allem die Makrostruktur des Ganzen Halmes zu betrachten, da die mechanischen Eigenschaften der Mikrostruktur aufgrund des Aufbaus nur eine begrenzte Aussagekraft haben. Wesentliche charakteristische Eigenschaften lassen sich in der Betrachtung von Zugfestigkeit, Druckfestigkeit und Biegefestigkeit erkennen (Abb.20).

Zugfestigkeit

Die hohe Zugfestigkeit von Bambus in Halmrichtung beruht in erster Linie auf der gerichteten Struktur der Fasern. Dabei befindet sich der höchste Faseranteil und damit die höchste Zugfestigkeit in den äußersten Faserschichten.Trotz der extrem hohen Zugfestigkeit des Materials wurde diese in Konstruktionen kaum ausgenutzt. Grund hierfür ist die beschränkte Lasteinleitungsmöglichkeit durch ungünstige Fügeprinzipien.
Diese führen vor allem in Verbindung mit Zugkräften die quer zur Faserrichtung liegen zu Brüchen und Schäden des Baustoffes. Bei der Verwendung von Bambushalmen zu Konstruktionszwecken stellen besonders Zugspannungen in tangentialer Richtung die größte Gefahr. Dabei kann eine leichte Querpressung, intensive Sonneneinstrahlung oder eine vorübergehende Abnahme der Luftfeuchte ausreich, damit sich Halme ganz von alleine der Länge nach aufspalten (Abb. 21)

Druckfestigkeit

Während junge Halme aufgrund der reißfesten Fasern aus Zellulose schon früh eine enorm hohe Zugfestigkeit haben, wird die maximale Druckfestigkeit der Halme erst im Alter von etwa fünf Jahren erreicht.
Im Vergleich zu Holz besitzt Bambus eine relativ hohe Druckfestigkeit, die jedoch aufgrund der Knickgefahr nur selten voll ausgenutzt werden kann. Problematisch ist hierbei die Schlankheit der Stäbe.

Entlang der Halmlänge sind Außendurchmesser und Wanddicke abnehmend. Der Unterschied von dickem zu dünnem Ende ist folglich umso größer, je länger der Halmabschnitt ist (Tab.3). Bei manchen Bambusarten ist der Halmdurchmesser von der Basis bis zur Halmmitte relativ konstant und nimmt erst von dort nach oben hin ab. Je kürzer der Ausschnitt eines Halmes ist, desto geringer sind die Unterschiede im Durchmesser. Dabei nimmt der Außendurchmesser entlang der Halmlänge

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.

Internodiennummer	Position entlang des Halmes	Internodienlänge	Nodiendichte	Außendurchmesser	Wanddicke	Querschnittsfläche	Flächenträgheitsmoment	Trägheitsradius
				D	t	A	I	i
	[cm]	[cm]	[n/m]	[mm]	[mm]	[cm^2]	[cm^4]	[cm]
2	0	10,0	10,0	77	11,5	23,5	127,90	2,33
3	10	10,0	10,0	74	10,0	20,1	105,45	2,29
4	20	11,0	9,1	73	10,0	19,8	100,66	2,25
5	31	13,0	7,7	72	9,0	17,8	90,17	2,25
6	44	14,0	7,1	73	9,0	18,0	92,31	2,26
7	58	14,0	7,1	70	8,5	16,4	79,12	2,19
8	72	16,0	6,3	69	8,0	15,3	72,53	2,17
9	88	16,0	6,3	68	8,0	15,1	69,06	2,14
10	104	19,0	5,3	68	8,0	15,0	67,37	2,12
11	123	19,0	5,3	66	8,0	14,6	62,46	2,07
12	142	20,0	5,0	66	7,5	13,8	59,93	2,08
13	162	22,0	4,5	65	7,0	12,8	54,41	2,06
14	184	23,0	4,3	66	7,0	12,9	55,82	2,08
15	207	24,0	4,2	64	6,5	11,6	47,88	2,02
16	231	26,0	3,8	64	6,5	11,6	47,88	2,02
17	257	26,0	3,8	63	6,5	11,4	45,43	1,99
18	283	27,0	3,7	62	6,5	11,2	43,06	1,95
19	310	28,0	3,6	60	6,0	10,2	37,56	1,92
20	338	29,0	3,4	59	6,0	10,0	35,53	1,88
21	367	28,0	3,6	57	6,0	9,6	31,69	1,81
22	395	30,0	3,3	57	5,5	8,9	29,84	1,83
23	425	31,0	3,2	54	5,5	8,4	24,96	1,72
24	456	31,0	3,2	52	5,0	7,4	20,62	1,67
	487			51	5,0	7,2	19,34	1,63

Tab. 3: Halmgeometrie in Abhängigkeit der Halmlänge (Steffen, 2017).

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.

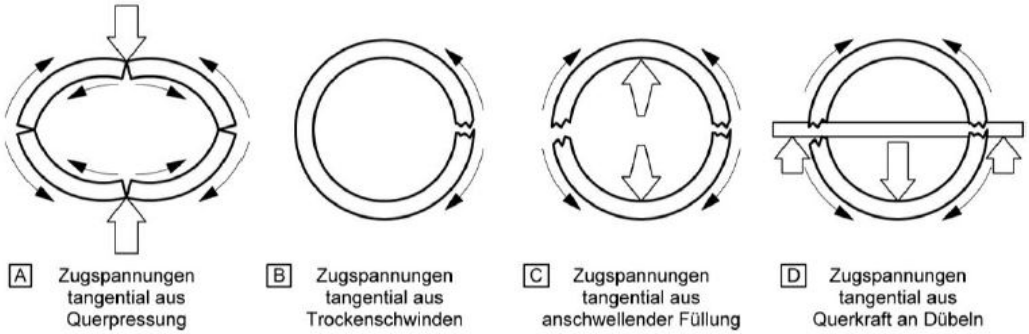


Abb. 21: Darstellung von Bambusquerschnitten mit Zugbeanspruchung (Steffen, 2017).

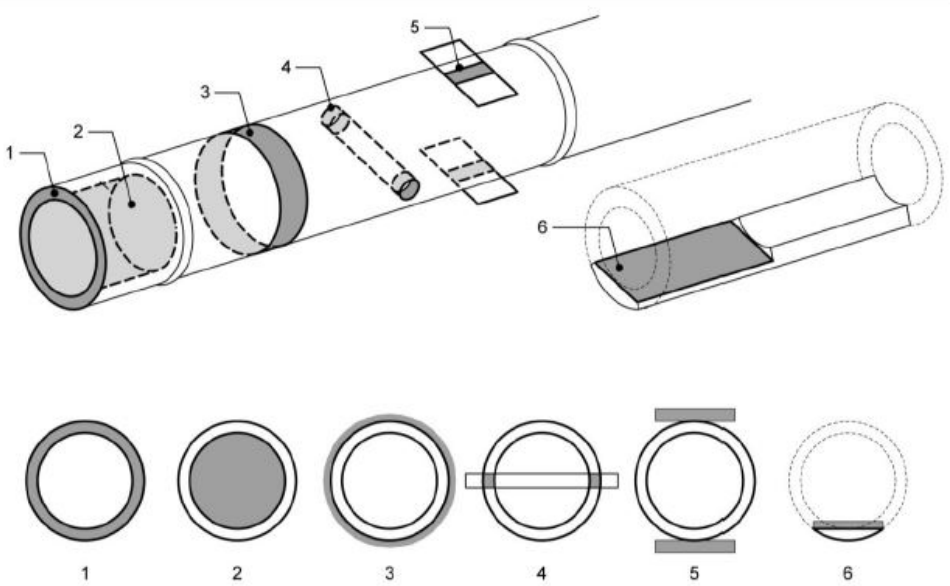


Abb. 22: Arten der Krafteinleitung (Steffen, 2017).

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.

nahezu linear ab.
Ähnlich wie bei Holz ist die Druckfestigkeit von Bambusmaterial quer zur Faser gering. Sie beträgt in etwa ein Fünftel bis ein Zehntel der Festigkeit in Faserrichtung. Durch die Röhrenform des Halmes führt eine Druckbelastung quer zur Stabrichtung zu einer Querpressung des Hohlkörpers und folglich zu Schäden.

Biegefestigkeit

Um Biegemomenten aus wechselnden Windrichtungen zu widerstehen, ist die leicht konische Röhre die natürlich optimierte Form. Allerdings ist auch im Bereich der Biegespannungen zu differenzieren ob es sich um das Leistungsverhältnis des gesamten Halmes handelt oder um die Baustoffstruktur der Bambuswände. Denn die Biegefestigkeit von Streifen des Bambushalm-Mantel ist in etwa doppelt so hoch wie die des ganzen Rohrs. Aufgrund der Röhrenform kann die Biegefestigkeit des Materials im tatsächlichen Beanspruchungsfall kaum ausgenutzt werden, da es vor dem Überschreiten der Biegezugfestigkeit zum Versagen aus anderen Gründen kommt, etwa Zerstörung durch Querpressung.

Quellen und Schwinden

Bambus besitzt, ähnlich wie Holz, ein stark anisotropes Quell- und Schwindverhalten. Bei abnehmender Materialfeuchte bilden sich irreversible Längsrisse. Besonders Halme mit großem Durchmesser und geringer Wanddicke sind besonders durch Trocknungsrisse gefährdet.
Variierende geometrische Paramter von Bambushalmen

Im Vergleich die mechanischen und technischen Eigenschaften von Bambus im Vergleich zu Baustahl und Fichtenholz:

Bambus:

Dichte (p):	370 - 850 kg / m3
Druckfestigkeit:	62 - 93 N / mm2
Zugfestigkeit:	148 - 384 N / mm2
Wärmeleitfähigkeit:	0.170 W / mK

Baustahl:

Dichte (p):	7850 - 7870 kg / m3
Zugfestigkeit:	310 - 690 N / mm2
Wärmeleitfähigkeit:	48 - 57 W / mK

Fichtenholz:

Dichte (p):	330 - 680 kg / m3
Druckfestigkeit:	33 - 45 N / mm2
Zugfestigkeit:	21 - 95 N / mm2
Wärmeleitfähigkeit:	0.100 - 0.120 W / mK

(Hug, 2017)

In der Auseinandersetzung mit der Verwendung von Bambushalmen als Baustoff, muss bedacht werden, dass es sich bei dem Material um ein nahezu unaufbereitetes Naturprodukt handelt. Mittlerweile werden zwar auch Werkstoffplatten und laminierte Profile aus Bambus industriell hergestellt, doch dienen letztere aufgrund des enormen Prozessaufwand bisher nur als Sonderprodukt. Somit werden diese Formen des Bambus

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.

aufgrund der aufwendigen Herstellung und dem hohen Materialverlust nicht in Erwägung gezogen.

Die Tatsache, dass Bambushalme nicht in genormten Profilgrößen verfügbar sind, erschwert die Planungsarbeit enorm und verlagert infolgedessen zwangsläufig einen Großteil der konstruktiven Entscheidungen auf die Baustelle. Improvisationsvermögen und Erfahrungen der ausführenden Handwerker ist Vorraussetzung um diese Unvorhersehbarkeit auszugleichen.

Eine Standardisierung der Bauprodukte ist folglich anzustreben. Nur durch vorhersehbare Geometrie der Bauteile lassen sich Fügepunkte exakt planen und reproduzieren. Zwei Möglichkeiten im Umgang mit natürlichen Halmvarianzen ergeben sich dabei:

Möglichkeit 1

Die Konstruktion reagiert vor Ort mit Anpassung auf alle geometrischen Abweichungen der Halme. (bisher praktizierte Konstruktionsweise)

Möglichkeit 2

Die Konstruktion bezieht sich aussschließlich auf exakt und einfach zu kontrollierenden Parameter der Bambusgeometrie.

3.1.3. günstige fügeprinzipien

Die Möglichkeiten der Krafteinleitung (Abb. 22) resultieren aus der Halmgeometrie. Dabei ist zu beachten, dass nicht alle Knotenarten auch alle Kräfte übertragen können.

1. Stirnkontakt
2. Kammerfüllung
3. Schelle
4. Stabförmige Verbindungsmittel
5. Stapelung
6. geleimte Spalte

Stirnkontakt

Aufgrund der Faserstruktur besitzt Bambus eine enorme Festigkeit in Faserrichtung. Der Kontaktbereich ist idealerweise eine ebene Fläche mit planparallelen Schnittflächen beider Kontaktbereiche.
Dabei kann die Verbindung mithilfe eines Fischmaul-Anschlusses oder eines Keilzinken bewältigt werden.
Wichtig ist, dass die Ausnehmungen exakt auf einander abgestimmt werden um eine optimale Kraftübertragung zu gewährleisten.

Nur so kann die maximale Druckkraft übertragen werden. Diesen Vorteil bringt kein anderes Fügeprinzip. Gleichzeitig sind die Stirnflächen die am besten zu kontrollierenden Positionen an einem Halm. Sie lassen sich einfach durch paralleles Sägen erstellen, unabhängig von Durchmesser, Wanddicke oder der Kammernabstände (Abb.23).

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.

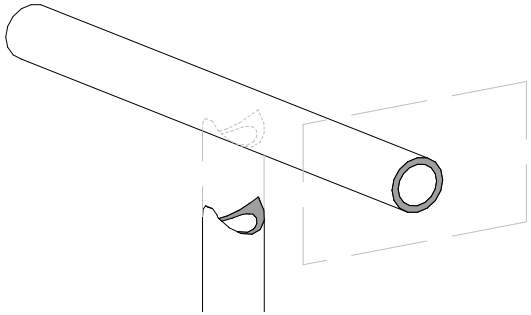


Abb. 23: Stirnkontakt

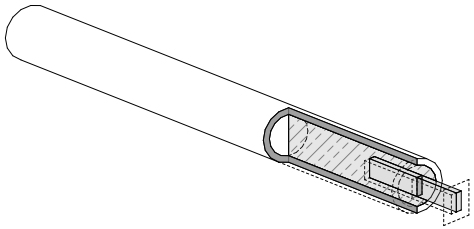


Abb. 24: Kammerfüllung

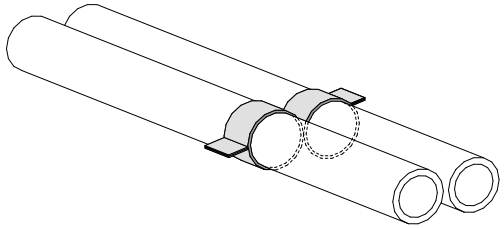


Abb. 25: Schelle als Verbindungsmittel

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.

Kammerfüllung

Die Nachteile, die aus der Verwendung von stabförmigen Verbindungsmitteln entstehen, lassen sich durch das Ausmörteln der Hohlräume in gewisser Weise reduzieren. Eine Mörtelfüllung kann die Halmwand gegenüber Querpressung sützen, die Lochleibungsfläche kann vergrößert werden und die einleitbare Kraft kann mit einer Mörtelfüllung deutlich gesteigert werden.

Jedoch ergeben sich aus der Verwendung mit Zementmörtel auch Probleme. Zum Beispiel lässt das Zement-Anmachwasser Bambus quellen. Das anschließende Schwinden wird durch die Mörtelfüllung verhindert und führt zu Rissen im Bambushalm.
Zur Füllung wird häufig auf fließfähigen Zementmörtel zurück gegriffen. Die Last wird mittels eingelegter Stahlteile oder Dübel in den Mörtel eingelegt (Abb.24).

Schelle

Die Kräfte über die Außenseite des Halmmantels mithilfe einer Schelle oder Schlinge ist eine schonende Art. Der Halm muss dafür nicht angebohrt werden und das Auftreten von punktuellen Spannungsspitzen ist reduziert. Der umfassende Ring beugt bis zu einem gewissen Grad dem Entstehen von Spalten und Längsrissen vor. Hierbei ist auf die richtige Anpresskraft zu achten. Traditionell werden diese Verbindungen durch Schlingen aus Naturfasern hergestellt. Somit kann auch auf variierende Halmformen gezielt reagiert werden (Abb.25).

Die einfachste und effektivste Art, Druckkräfte in einen Bambushalm einzuleiten erfolgt über Kontakt des vollen Querschnitts. Dabei können alle Fasern des Halmes gleichmäßig an der Last beteiligt werden.
Die besten Erfolge im Bereich der Zuggräfte wurden bisher mit Dübeln oder axialen Bewehrungseisen in Kombination mit Kammerbeton erreicht. Dabei ist der Aufwand durch den Einsatz von Stahldübeln, Schellen, Laschen und Mörtel nicht unerheblich.

Die Einleitung von Querkräften erfolgt traditionell mittels stabförmiger Verbindungsmittel oder Kontakt der Halmaußenseite mit einem Auflager oder einer Last. Dabei sollte der Kontakt über eine möglichst große Fläche erfolgen.
Angesichts der undefinierten Außenkontur von Bambushalmen ist es nötig, für die vollflächige Lagerung der Halme Materialien zu verwenden, die sich der Form des Halmes anschmiegen. Darunter fallen zum Beispiel Aufhängungen in breiten Schlaufen, Elastomere in passenden Halbschalen oder Schüttungen.

3.1.4. weitere fügeprinzipien

Stabförmige Verbindungsmittel

Weiteres ist eine Fügetechnik mit Dübeln und Bolzen möglich (Abb.26) Bei dieser Variante ist das vorbohren des Bambushalmes jedoch unerlässlich. Geringe Lasten lassen sich mit stabförmigen Verbindungsmitteln prob-

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.

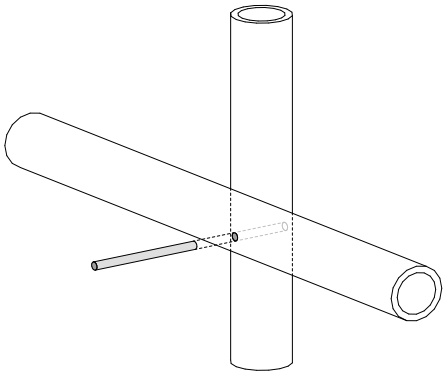


Abb. 26: Stabförmige Verbindungsmittel

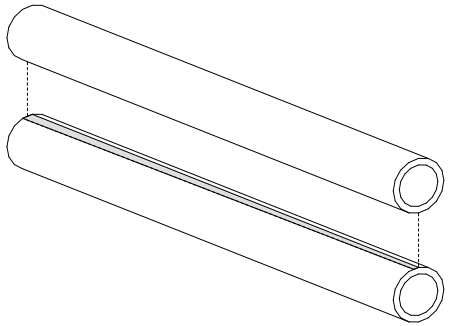


Abb. 27: Paralelle Stapelung

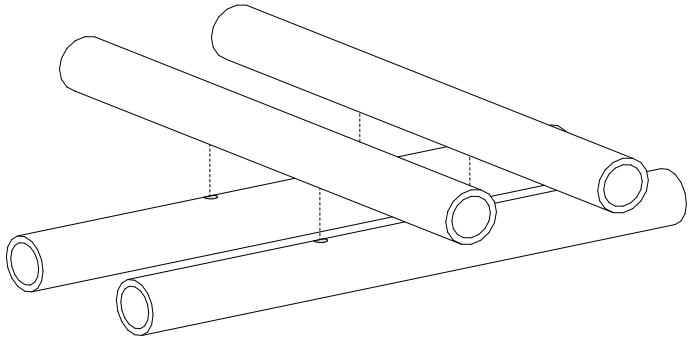


Abb. 28: Orthogonale Stapelung

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.

lemlos übertragen. Bei größeren Lasten jedoch kommt es zu Lochleibungsspannungen, Scherspannungen und Querzugspannungen. Bereits das vorbohren und einsetzen des Dübels kann bereits ohne Lasteinwirkung zu Schäden führen. Das Ergebnis einer Überbelastung sind Risse im Bereich der Dübel und Bolzen.

Stapelung

Eine der einfachsten Ausführungen, welche bei traditionellen Bambus- Bauweisen häufig angewendet wird, ist die einfache Stapelung von Halmen.
Hierbei unterscheidet man zwischen der parallelen Stapelung und der orthogonalen Stapelung (Abb.27)

Werden jedoch in einer gestapelten Konstruktion Halme kreuzweise übereinander gelegt, können sich bei Bambushalmen wie auch bei Holzbalken Probleme durch Querpressung der Fasern ergeben (Abb.28). Dies resultiert aus einem äußerst geringen Berührungsbereich mit einer entsprechend großen Spannung. In Folge dessen kommt es aufgrund der Querpressung zur Zerstörung des Halmes. (Steffen, 2017).

Einschnittige Verbindung

Der Vorteil einer einschnittigen Verbindung basiert auf der einfachen Reproduzierbarkeit. Halme können in allen räumlichen Dimensionen einfach gefügt werden und geraten nicht in geometrischen Konflikt miteinander. Für den Bau von leichten Bambusgerüsten wird diese einfache Stabanordnung angewandt. Der Kraftübertrag geschieht dabei mittels Reibung von festgezurrten Schlingen. Dieses Fügeprinzip widersteht jedoch nur relativ geringen Lasten, auch löst sich mit der Zeit die Schnürung, was zur Abnahme der Reibungskraft und zum Nachgeben der Verbindung führt (Abb. 29)

Zweischnittige Verbindung

Verglichen mit einschnittigen Verbindungen, sind zweischnittige Verbindungen deutlich stärker belastbar (Abb. 30) Versatzmomente werden durch die symmetrische Anordnung einer Zangenkonstruktion verhindert. Daher finden sich bei mäßig belasteten Konstruktionen zweischnittige Verbindungen. Balkenauflager können durch Konsolen in der Zange noch zusätzlich gestärkt werden. In der konventionell-handwerklichen Fügetechnik sind Zangenkonstruktionen weit verbreitet. Das Hauptargument gegen die Verwendung zweischnittiger Verbindungen für eine vorgefertigte Elementbauweise liegt in der fehlenden Maßhaltigkeit dieser Fügetechnik.

3.2. aspekte der nachhaltigkeit

Die Herstellung von Baustoffen hat großen Anteil an der weltweiten Emission von Treibhausgasen. Zement und Stahl sind in der Herstellung besonders energieintensiv und für erhebliche CO_2 Emissionen verantwortlich.

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.

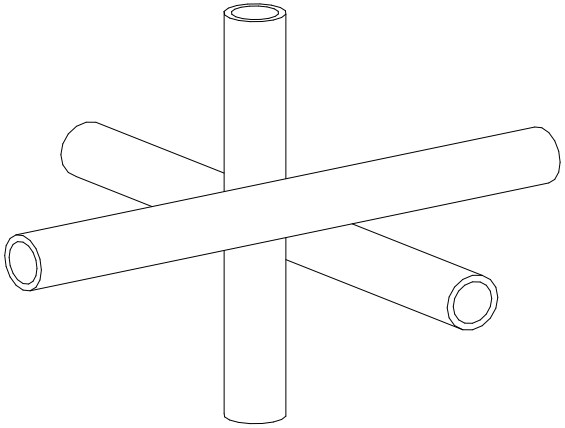


Abb. 29: Einschnittige Verbindung

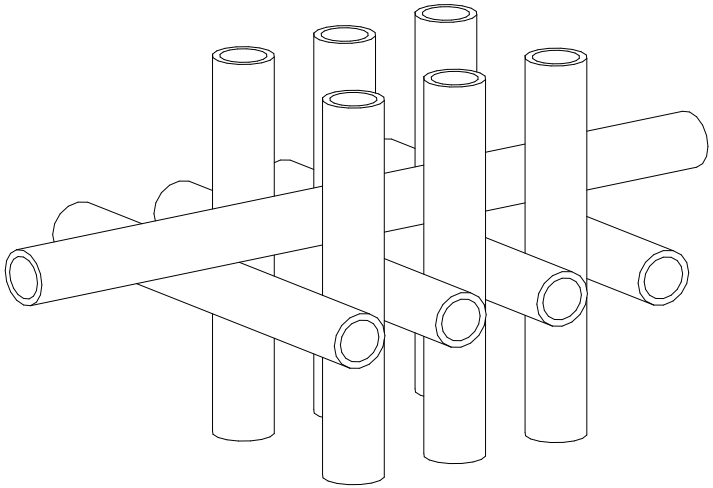


Abb. 30: Zweischnittige Verbindung

Dabei hat die Menge der benötigten Primärenergie für Bereitstellung und Einsatz der Baumaterialien in merfacher Hinsicht eine große Bedeutung. Diese Auswirkungen zeigen sich mit hohem Energieverbrauch ökonomisch, ökologisch und sozialer Nachteiligkeit.

Bambus steht ohne besonderen Prozessaufwand zur direkten Verwendung als preiswertes, stabförmiges Element zur Verfügung. Das CO_2 bindende Wachstum der Pflanze zeichnet Bambus gegenüber der stark CO_2 emittierenden Herstellung von Stahl und Beton aus.

Ein ökologischer und gleichzeitig ökonomischer Vorteil von Bambus gegenüber der Nutzung von Holz ist, dass durch die Ernte des Halmes die Pflanze nicht getötet wird. Das Rhizom lebt unbeschadet weiter und bildet neue Halme aus. Ein künstliches Wiederaufforsten entfällt daher bei Bambus. Ein weiterer Vorteil ist das geringe Eigengewicht der geschnittenen Halme, welche leicht per Hand zum Sammelpunkt und Abtransport gebracht werden können. Das Eigengewicht von Bäumen dagegen übersteigt den von Menschen zu bewegenden Maßstab deutlich.

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.

4. systembau

Der Wachstum der Stadt Hanoi führt zur Verdrängung von ländlichen und regionalen Grünflächen. Wie in den New Urban Areas bereits weit verbreitet, bleiben mehrgeschossige Wohnformen unausweichlich.

Mit Hilfe der raschen Herstellung und der verkürzte Bauzeit, hilft der vorgefertigte Systembau dem Wachstum der Stadt nachzukommen und den notwendigen Wohnraum zu schaffen.
Die ökologischen und energieeffizienten Vorteile der Systembauweise sollen in Verbindung mit dem regionalen Baustoff Bambus eine nachhaltige und umweltfreundliche Bebauungsform im Bereich mehrgeschossigen Wohnbau ermöglichen.

4.1. systembau und nachhaltigkeit

Eine flexible und modulare Grundkonstruktion ist eine wesentliche Voraussetzung für die effiziente Fertigung. Neben Qualitätssicherung und Kosteneinsparung sind wesentliche Vorteile während des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes erzielbar (Wimmer, 2009).

Bereits in der Planung ist die vorgefertigte Produktion von Gebäuden der Fertigung vor Ort auf der Baustelle bei weitem überlegen. Unter standardisierten Produktionsbedingungen werden Abfallvermeidung, getrennte Sammlung von Reststoffen und betriebsinternes Recycling wesentlich leichter und effizienter organisiert und durchgeführt (BMLFUW, 2006). Es kommt zu einem reduzierten Materialverbrauch durch rationellen Materialeinsatz mit kostengünstigen Industrieabmessungen (Tichelmann, 2000)

Bei der Wahl der Grundkonstruktion spielen Faktoren wie Materialeinsparung, Verarbeitbarkeit, Verbindungselemente und die Wahl der Konstruktion selbst eine wichtige Rolle.

Für eine industrielle Fertigung eignen sich Skelett-, die Tafel- und Plattenbauweise und die Modulbauweise am besten. Sie zeigen in ihrer Anwendbarkeit jedoch unterschiedliche Vor- und Nachteile (Winter et al, 2001).

Die Vorfertigung als Leichtbau ist hinsichtlich der verwendeten Materialien und der Fügeprinzipien ökologisch sehr hoch einzuschätzen. Dabei spielen die gleichen Gesichtspunkte eine Rolle, die dem Leichtbau seine ökonomischen Vorteile verschaffen, nämlich die Material- und Energieeffizienz (Tichelmann et al, 2000).

4.1.1. baustoffwahl

Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen sind in den letzten Jahren verstärkt am Markt verfügbar geworden. Ihr ökologischer Vorteil liegt unter anderem in der ressourceneffizienten Herstellung. Darüber hinaus ermöglichen sie eine regionale Kreislaufwirtschaft und eine unproblematische Entsorgung (Walch et al, 2001).

Der Primärenergieinhalt ist ein Maß für den erforderlichen Verbrauch an energetischen Ressourcen bis zum fertiggestellten Produkt (IBO, 2009).
Dieser ist bei der Verwendung von Bambushalmen als konstruktives Baumaterial besonders gering. Um den Bambus in der Lagerungszeit vor Insekten und Schädlingen zu schützen gibt es verschiedene Anwendungsmöglichketien.

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.

In den trockenen oder kalten Jahreszeiten hilft es den Aushieb dann zu tätigen, da die Insekten nicht so aktiv sind in dieser Zeit. Über stark rauchenden Feuerstellen können die Hölzer geräuchert werden und so gelagert werden. Die vergällenen Rindenschichten meiden die Tiere insbesonders. Die häufigste Methode ist es die Hölzer nach dem Abhieb in Wasser zu tauchen und für vier bis zwölf Wochen im Wasser zu lagern. Dadurch wird die Rinde vergallen und und ist somit nicht mehr apetietlich für die Insekten. Anstriche mit Kalkschlamm oder Kuhmist wird auch häufig angewandt. Diese erzeugen zusätzlich dekorative Effekte.Chemische Anstriche sind auch hilfreich wie Dieselöl, Kerosin, Naphta etc. (Hug, 2017). Durch diese viel Arten des Holzschutz, kann die Lebensdauer von Bambus, in vor Witterung geschützten Bereichen, auf ein Haltbarkeit von 30 Jahren und durch die richtige Behandlung sogar auf bis zu 50 Jahre verlängert werden.

Bambus kann durchaus zu Bambus-Vollquerschnitten verarbeitet werden, jedoch ist das Verfahrung zu Herstellung, aufgrund der geringen Lamellenquerschnitte, mit einem großen Prozessaufwand verbunden (Steffen, 2017).

4.2 bambus im systembau

Bisherige handwerkliche Bambusweise genügt nicht mehr allen Ansprüchen in fabrikatorischer und statischer Hinsicht. Vorfertigung und Mehrgeschossigkeit sind der traditionellen Bambusbauweise fremd.
Wirft man zum Vergleich einen Blick auf die Herstellung und Verarbeitung von Bauholz, stellen sich dem Bambus viele Herausforderungen. Neben einigen gemeinsamen Eigenschaften sorgt der Hohlkörper für den grundlegenden Unterschied. Je nach Bedarf können Bambusspalte in einem aufwendigen Prozess zu Werkstoffplatten oder Vollquerschnitten weiter verarbeitet werden. Aufgrund des Verfahrens von Bambus-Vollquerschnittbalken stellen diese im Vergleich zu gewöhnlichem Schnittholz keine Konkurrenz dar.

Betrachtet man die vorgeschichte von seriell vorgefertigten Holztafelelementen, zeigt sich, dass zunächst die Prinzipien der Fachwerksbauweise in nahezu allen Baukulturen angewendet wurden. Diese haben sich im bestreben nach einer höheren Vorfertigung zu flächenförmigen Bauteilen entwickelt.

Um eine derartige Entwicklung durchlaufen zu können, muss auch im Bereich des Bambus an die Grundprinzipien festgehalten werden, um somit einen möglichen technischen Fortschritt anzustreben.

Für den rationellen Montageablauf ist es von Vorteil, wenn Maßabweichungen der verwendeten Bauteile nicht dazu zwingen, aufwendige Ausgleichsmaßnahmen zu ergreifen. Die große Anzahl der Variationen in der Bambusgeometrie führt jedoch zu unvermeidlichen Toleranzen. Angesichts dieser Toleranzen sind improvisierte Ausgleichsmaßnahmen in der traditionellen Bauweise unumgänglich. Es gilt folglich diese Vielzahl von Maßabweichungen in die Planung bestmöglich miteinzubeziehen.

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.

4.3. bauen mit system

Die Art der Bauweise spielt eine grundlegende Rolle im Bereich der Nachhaltigkeit. Dabei ermöglicht besonders der richtige Systembau eine hohe Effizienz und eine umweltschonende Herstellung. Ausschlaggebend für die richtige Wahl der Systembauweise ist der Grad der Vorfertigung (Knaack, 2012).

Unter Berücksichtigung des durchlaufenen Prozess von vorgefertigten Holzbauelementen, soll auch bei der vorgefertigten Bambusbauweise auf eine Art der Fachwerksbauweise zurückgegriffen werden. Der große Vorteil findet sich hierbei in der möglichen Verwendung von fast unbehandelten Bambushalmen, welche den Großteil der Grundkonstruktion bilden. Mit dem geringen Primärenergiegehalt von Bambus bietet sich hierbei eine energieeffiziente und umweltschonende Möglichkeit des Bauens.

4.3.1. art der vorfertigung

Grundlegende Formen der Vorfertigung sind die

- Skelettbauweise
- Rippenbauweise
- Tafel-/ Plattenbauweise
- Raumzellenbauweise.

Betrachtet man die bereits beschriebenen Eigenschaften und die Vorteile von Bambus, kommen lediglich die Skelettbauweise und die Rippenbauweise in Frage.

Skelettbauweise

Bei der Skelettbauweise bildet ein System von Stützen und Riegeln die tragende Konstruktion, die Aussteifung des Tragsystems kann durch unterschiedliche Prinzipen erfolgen. Die gesamte Bauwerkskonstruktion, tragende und raumabschließende Teile, wird vorgefertigt und montiert. Zum Einsatz kommende Dachschalen und Dachfaltwerke sind Sonderkonstruktionen bei den Skelettsystemen (Girmscheid, 2010).

Rippenbauweise

Die Rippenbauweise nimmt eine Mittelstellung zwischen der Skelettbauweise und der Wandbauweise ein. Bei der Rippenbauweise haben die Rippen bzw. Ständer wie bei der Skelettbauweise tragende Funktion, sie werden jedoch wie bei der Wandbauweise durch statisch notwendige Wandscheiben beplankt. Die Beplankung der Ständer oder Rippen erfolgt in der Vorfertigung jedoch nicht wie bei der Wandbauweise auf beiden Wandseiten, sondern nur auf einer. Die Komplettierung des Wandaufbaus erfolgt im Unterschied zur reinen Wand- oder Tafelbauweise somit auf der Baustelle. (Girmscheid, 2010).
Beide Bauweisen ermöglichen die unaufbereitete Verwendung von Bambushalmen. Um jedoch den Grad der Vorfertigung zu erhöhen und dessen Vorteile zu nutzen wird in dieser Arbeit auf die Rippenbauweise zurückgegriffen.

Die Raumzellenbauweise ist die weitesgehende Form der Vorfertigung. Sie wird üblicherweise zu 95 % in der

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.

Fabrik voll ausgestattet mit den wichtigsten Küchen- und Badezimmereinrichtungen, Abstellflächen und Wohnräumen und dann für den Transport verpackt. Verglichen mit anderen Vorfertigungsarten ist dies die aufwendigste und technisch komplexeste Methode.

Die elementarste Form des modularen Bauens bilden Schiffscontainer. Ausgestattet mit geeigneter Dämmung und Haustechnik, werden sie aufeinander oder in ein Rahmengerüst gestapelt und können als temporäre Wohnstätten wie Studentenheime dienen (Knaack, 2012).
Trotz des hohen Grades an Vorfertigung der Raumzellenbauweise, scheidet diese aufgrund des hohen Transportvolumens und der geringen Flexibilität aus. Auch aufgrund der hohe Komplexität scheint sie für regionales Handwerk ungeeignet.

4.3.2. grad der vorfertigung

Der Grad der Vorfertigung variiert je nach industriellem Standard, technologischer Situation sowie der gewünschten Flexibilität. Im Gegensatz zum Zielgelstein mit seinen kleinen Abmessungen können vorgefertigte Elemente verwendet werden, welche lediglich in seiner endgültigen Position fixiert werden muss. Preis der Komplexität ist allerdings eine geringe Flexibilität des Moduls, da Anpassungen vor Ort nicht oder nur schwer und unter Qualitätseinbußen vorgenommen werden können. Es entsteht also neben der Frage nach der industriellen Herstellung des Ausgangsmaterials und der verwendeten Elemente die Frage nach einem für das jeweilige Bauwerk richtigen Verhältnis von Vorfabrikation der Module und Elemente.

Letztendlich haben auch die Transportmöglichkeiten Einfluss auf die Entscheidung bezüglich der Vorfertigung. Bestehen kaum Möglichkeiten Objekte zu transportieren, werden sicherlich eher Elemente statt ganzer Bauteile verwendet. Sind die Module allerdings klein genug, können sie leicht transportiert und montiert werden. Bei größeren Modulen kann die Montage nicht mehr manuell, sondern nur maschinell erfolgen (Knaack, 2012).
Betrachtet man zum Beispiel den Vorfertigungsgrad von Fassaden gibt es hier einige Punkte zu beachten.
Werden Außenwände inklusive Fassadenbekleidung vorgefertigt, müssen die Bauteilanschlüsse der Elemente nicht nur hinsichtlich ihrer statischen und bauphysikalischen Verbindungen, sondern auch hinsichtlich der Fassadengestaltung genau geplant werden. Um Einschränkungen in der Gestaltung zu vermeiden, werden Fassadenbekleidungen daher oft vor Ort ausgeführt (Krötsch, 2016).

4.3.3. handwerkliche vorfertigung

Bei der Verwendung von regionalen Baumaterialien und dem Ziel nachhaltig zu Bauen, ist auch eine regionale handwerkliche Vorfertigung anzustreben. Somit werden lange Transportwege ausgeschlossen und traditionelle handwerkliche Kenntnisse können genutzt werden.

Gerade aufgrund der kleinteiligen Betriebsstrukturen hat sich in den letzten Jahren im Holzbau die handwerkliche Vorfertigung durchgesetzt. Individuelle Holz-

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.

bauten werden heute in den Handwerksbetrieben in hohem Maß vorgefertigt und dann in kurzer Zeit errichtet. Die Branche hat erkannt, dass sie mit diesem Bauprozess ein Alleinstellungsmerkmal besitzt, und ist sehr erfindungsreich in der Weiterentwicklung und Perfektionierung von Methoden und baulichen Lösungen mit hohem Präfabrikationsstandard.

Die Vorfertigung unterliegt eigenen Gesetzmäßigkeiten. Die Dimension der Elemente ist begrenzt durch die Transportmaße und das maximale Transportgewicht. Breiten bis 4 Meter und Längen bis 20 Meter und mehr sind durchaus üblich. Je größer der präfabrizierte Bauteil ist, desto wirtschaftlicher ist er in der Regel (Proholz, 2011).

4.3.4. planung

Hohe Vorfertigungsgrade verändern auch die Planung von Gebäuden erheblich. Einerseits müssen Entscheidungen in früheren Planungsstadien getroffen und viele Beteiligte früher in den Planungsprozess einbezogen werden. Andererseits können der Bauprozess und die spezifischen Möglichkeiten der Produktion großer Bauteile den Entwurf sehr beeinflussen. Je höher der Vorfertigungsgrad ist, desto wichtiger wird eine disziplinierte Planung.
Als Planungsgrundlage dienen vor allem die Eigenschaften von Bambus. Diese sollen in ihrer Sinnhaftigkeit und Anwendbarkeit bestmöglich berücksichtigt werden.
Das Quell- und Schwindverhalten kann somit bereits in der Vorfertigung beachtet werden. Die trockene und witterungsunabhängige Vormontage unterstützt diesen Prozess. Denn das Wetter beeinflusst die Qualität und Dauer der Arbeit deutlich. Im Sommer kann bei großer Hitze eine zu schnelle Austrocknung ungünstige Einflüsse haben und Regenfälle können die konstruktiven Teile durchfeuchten.

Die Vorfertigung setzt auch eine Abstimmung der Planung auf die Erfordernisse der Produktion voraus. Standardisierte Plattformkonzepte sind die Grundlage für industrielle Produktionsprozesse, die eine gewisse Menge an gleichen Teilen verlangen, um rationell zu sein. Gleiche Elemente und Module bedeutet dabei nicht gleiche Abmessungen, sondern gleich hinsichtlich der Materialien, des Aufbaus der Teile oder der statischen Wirkung (Girmscheid, 2015).

Elementierung

Herstellung, Transport und Montage sowie die Elementierung eines Bauwerks beeinflussen sich gegenseitig und müssen deshalb schon bei der Entwurfsplanung berücksichtigt werden.

Wichtige Faktoren sind hierbei die maximalen Transportabmessungen, das Transportgewicht und die Transportwege sowie die möglichen Montagegewichte und Hebezeuge im Werk und auf der Baustelle. Je kleiner die Elemente bzw. je größer die Stückzahlen, desto größer ist der Arbeitsaufwand für Transport und Montage, für Befestigungen und Verbindungen der einzelnen Elemente untereinander. Daher sollte eine maximale Größe der Elemente angestrebt werden, um den oben beschriebenen Aufwand im Werk und auf der Baustelle

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.

zu minimieren (DBZ, 2015).

Ausschlaggebend für die Elementierung der vorgefertigten Bambusbauweise ist besonders die statisch relevante Nutzbarkeit, im Bezug auf die maximale mögliche Halmlämge. Variierende geometrische Parameter schränken die Anwendbarkeit von Bambushalmen ein. Bereits der sich ändernde Halmquerschnitt hat großen Einfluss auf die gewählte Elementierung und dessen Maße.

Herstellung/Qualitätskontrolle

Die Herstellung unterliegt einer permanenten Überwachung. Durch die Vorfertigung der Elemente in einem Produktionswerk kann die Herstellung unter geregelten Randbedingungen erfolgen. Zum einen handelt es sich um die baurechtlich vorgeschriebene Überwachung vorgefertigter Bauteile, zum anderen existiert eine darüber hinausgehende freiwillige Fremdüberwachung zur weiterführenden Qualitätssicherung. Im laufenden Herstellprozess werden mehrfache, stichprobenartige Überprüfungen durchgeführt und nachvollziehbar dokumentiert.

Bambushalme können selektiv ausgewählt und deren individuellen Eigenschaften optimal genutzt werden. Ungeeignete und fehlerhafte Halme scheiden somit frühzeitig aus und finden keine Verwendung.
Die Fehlerwahrscheinlichkeit im Herstellungsprozess wird dadurch minimiert, vorhandene Fehler werden frühzeitig festgestellt und nicht als Mängel auf die Baustelle weiter getragen.

Logistik und Transport

Bei einer Vorfertigung ist das Transportvolumen von Bedeutung, da die Elemente weniger kompakt gelagert und transportiert werden können als die reinen Baustoffe. Die Abmessungen vorgefertigter Elemente werden in der Regel durch die zulässigen Abmessungen der Transportmittel und, vor allem bei untergeordneten Straßen, durch die Durchfahrtshöhen unter Brücken begrenzt. Der übliche Standard-Sattelauflieger mit einer Länge von 13,60 m und einer Breite von 2,55 m ermöglicht die Vorfertigung von geschoßhohen (bis maximal 3,20 m) Wandelementen bis zu einer Länge von 13,60 m. Decken- und Dachelemente werden bis zu einer Breite von 2,50 m bei einer Länge von 13,60 m vorgefertigt. Gewichtsbegrenzungen werden im Allgemeinen nicht relevant. Bei massiven Bauweisen mit üblicher Baustellenfertigung ist dagegen die zu transportierende Masse der volumenoptimiert gepackten Baustoffe für die erforderlichen Transportgänge entscheidend.

Abhängig vom Vorfertigungsgrad beträgt die zu bewegende Masse zum Beispiel eines Holzhauses nur 20 % bis 30 % des Massivhauses. Dagegen liegt das Transportvolumen bei mittlerem und hohem Vorfertigungsgrad höher als beim Massivgebäude mit Baustellenfertigung. (Baugenial, 2007).

Montage

Beim Bauen mit vorgefertigten Elementen besteht der Produktionsprozess aus zwei unterschiedlichen Phasen:
1. In der Produktionsstätte werden die Bauteile hergestellt.

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.

2. Anschließend erfolgt auf der Baustelle die Montage/ der Zusammenbau der im Werk gefertigten Bauteile zu einem Gebäude.

Die Endmontage erfolgt auf der Baustelle, nicht in der Fabrikhalle. Um baustellenbedingte Einflüsse zu minimieren, erfolgt eine detailliert Vorplanung und Vorbereitung des Montageprozesses. In Montageanweisungen werden von der Arbeitsvorbereitung und Organisation über Verladen, Transportieren, Entladen, Montage, Gefahrstoffe bis hin zu detaillierten Arbeitsanweisungen für die einzelnen Montageschritte alle relevanten Themen unter besonderer Berücksichtigung sicherheitstechnischer Aspekte behandelt.
Die Montagedauer hängt wesentlich vom Vorfertigungsgrad ab. Durch vorgefertigte Elemente kann in sehr kurzer Zeit eine geschlossen Hülle geschaffen werden.

Durch die lange Bauphase bei der langwierigen Herstellung eines Mauerwerkbaus aus kleinteiligen Baustoffen ist der Personaleinsatz, gemessen in Manntagen, insgesamt deutlich höher als im Leichtbau. Entsprechend hoch sind auch die Anfahrtsbewegungen, die vom Bauunternehmer zur Baustelle täglich anfallen. Bei der Montage von Gebäuden in Leichtbauweise ist ein höherer Personaleinsatz von 4 bis 6 Personen nur zum Aufstellzeitpunkt erforderlich, bedingt durch die großen Abmessungen der vorgefertigten Elemente sowie deren schnelle Montage.

Durch die Vorplanung der Elementfügung kann die Anschlussausbildung mit wenigen Handgriffen unmittelbar nach der Montage erfolgen. Die Restarbeiten am Rohbau beschränken sich auf die Fassade, die statisch erforderlichen Verbindungen/Verankerungen sowie die Ausbildung der luftdichten Ebene (Baugenial, 2007).

4.3.5. gebäudetechnik

Der Gebäudetechnik kommt in Hinblick auf den gesamten Vorfertigungsgrad der Gebäude eine Schlüsselrolle zu. So können durch die Vor-Ort-Montage von haustechnischen Leitungen und Komponenten die nachfolgenden Schichten und Bauteile nicht werkseitig eingebaut werden, wodurch auch die Tragkonstruktion und der Ausbau häufig nur im Rohbau vorgefertigt werden kann. So wird die Baukonstruktion meist deshalb nicht weitgehender vorgefertigt, weil die Technikgewerke erst vor Ort eingebracht werden können.

Betrachtet man die zu integrierende Gebäudetechnik, so erreicht diese, auch abgesehen von bauwerksintegrierten Lösungen, oft nur einen geringen Grad der Vorfertigung.
Die zentralen Einheiten werden über konventionelle Leitungen mit dem Gebäude verbunden. Der Grund hierfür ist darin zu sehen, dass sowohl bei wasser- oder luft-führenden Leitungen sowie elektrischen Kabel, jede Verbindung einen besonderen Aufwand bedeutet. Entsprechend einfacher scheint also eine VorOrt-Verlegung durchgängiger Leitungen, um die Anzahl der Verbindungen zu verringern. Auch erlaubt die Vor-OrtMontage der Leitungen, flexibel auf örtliche Gegebenheiten zu reagieren. Dadurch wird der Planungsaufwand reduziert, was jedoch nachgelagerte Probleme auf der Baustelle mit sich führen kann (Albus et al, 2016).

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.

5. schlussfolgerung

Fakt ist, dass Klimagerechte Architektur wie man sie von traditionellen vietnamesischen Bauformen kennt, den modernen Bauweisen europäischer Kulturen unterliegt.

Betrachtet man die Bestandssituation anhand der genannten Beispiele, ist eine Reaktion auf die gegebnenen Klimabedingungen unumgänglich. Hohe durchschnittliche Außentemperaturen, eine hohe Luftfeuchtigkeit und konstante Niederschläge bereiten vielen verwendeten Bauweisen große Probleme.

Traditionelle Entwurfsprinzipien sollen als Grundlage für den Entwurf herangezogen werden, denn diese sind mit den gegebenen Bedingungen vertraut. Nur unter Berücksichtigung der regionalen Witterungsfaktoren kann eine geeignete Bauweise angestrebt werden, welche in der Nutzung und in der Herstellung nachhaltig ist.

Somit kann im Rahmen des Möglichen, eine natürliche Belichtung und natürliche Belüftung ermögicht werden. Um einer Überhitzung entgegen zu wirken, könnten ausgewählte Materialien und entsprechende Verschattungselemente abhilfe leisten.

Des weiteren soll ein hoher prozentueller Anteil an Bambus in die Konstruktion integriert werden. Er ist ein vielseitig einsetzbarer Baustoff mit großem aber ungenutztem Potential. Neben dem raschen Wachstum von Bambus und seinem ökologischen Wert, spricht auch die regionalität und das vorhandene handwerkliche Wissen für die Verwendung dieses Baumaterials.

Unter Berücksichtigung seiner Anwendbarkeit und der Nutzung seiner Vorteile, soll er in einer Systembauweise als grundlegender Baustoff eingesetzt werden.

Mehrgeschossige Wohnformen sind unausweichlich. Mit Hilfe der raschen Herstellung und der verkürzte Bauzeit, hilft der vorgefertigte Systembau dem rapiden Bevölkerungswachstum der Stadt entgegen zu wirken und den notwendigen Wohnraum zu schaffen.

Die ökologischen und energieeffizienten Vorteile der Systembauweise sollen in Verbindung mit dem regionalen Baustoff Bambus eine nachhaltige und umweltfreundliche Bebauungsform im Bereich mehrgeschossigen Wohnbau ermöglichen.

ENTWURF

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

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.

ZIELE

- Schaffung einer nachhaltigen Bebauungstyplogie im Zuge der Urbanisierung
- Wohnen mit regionalen Materialien als Reaktion auf den hohen Anteil an importierten Baustoffen
- vertikale Verdichtung - Entwicklung einer stapelbaren Raumstruktur für mehrgeschossiges wohnen um der Urbanisierung und dem Wohnbedarf entgegenzuwirken
- Berücksichtigung der regionalen Klimabedingungen - natürliche Belüftung/Belichtung und Verschattungselemente zur Regulierung des hohen Energiebedarfs und der Überhitzung
- Bambus soll aufgrund seines regionalen Vorkommen den Hauptbestandteil der Konstruktion bilden
- Trotz einem konstruktiv hohem Grad an verwendetem Bambus eine sinnhafte Anwendung ermöglichen

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.

ENTWURFSGRUNDLAGE

Wesentliche Eigenschaften von Bambus:

- Hohe Druck- und Zugfestigkeit in Faserrichtung
- Bambus ist in seiner natürlichen Form empfindlich gegenüber Witterungsbedingungen / Fremdeinwirkung / Schädlingen
- leichte Querpressung, intensive Sonnenstrahlung und vorübergehende Abnahme der Luftfeuchte führen zur Aufspaltung des Halmes
- Knickgefahr von Bambus in seiner natürlichen Form
- Die größte Dichte des Bambushalmes befindet sich in der äußeren Schicht der Halmwand
- Es besteht ein Unterschied der Leistungsfähigkeit von Bambushalmen und dem Bambusmaterial
- Einschränkung der Biegezugfestigkeit durch organische Form - Schäden erfolgen zuerst durch Querpressung
- Variierender Druchmesser von Bambushalmen in Abhängigkeit zur Bambushalmlänge - es erfolgt eine lineare Abnahme von Außendurchmesser, Wanddicke, Dichte und Kammerlänge

Berücksichtigung der Bambuseigenschaften im Entwurf:

- Anwendung von Bambus in seiner Sinnhaftigkeit
- Die Wahl von Fügeprinzipien / Verbindungsmittel muss der Kräfteeinwirkung und der Anwendung von Bambushalmen entsprechen
- Die Konstruktion und die Fügeprinzipien sollen eine mögliche Toleranz der natürlichen Krümmung von Bambushalmen aufweisen können
- Um weitere Verarbeitungsschritte des Baustoffes zu vermeiden soll Bambus in seiner natürlichen Form genutzt werden
- Die Halmwand ist in der Auflagerwahl und den Fügetechnicken zu wahren
- Um eine Vorfertigung mit Bambus zu ermöglichen sind Wiederholende Fügeprinzipien notwendig
- Die Grundeigenschaften von Bamubs sind in der Wahl des Tragwerks und des Konzepts zu berück sichtigen
- Mithilfe der Vorfertigung sind spezielle handwerkliche Kenntnisse mit Bambus in der Montage nicht notwendig

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.

KONZEPT

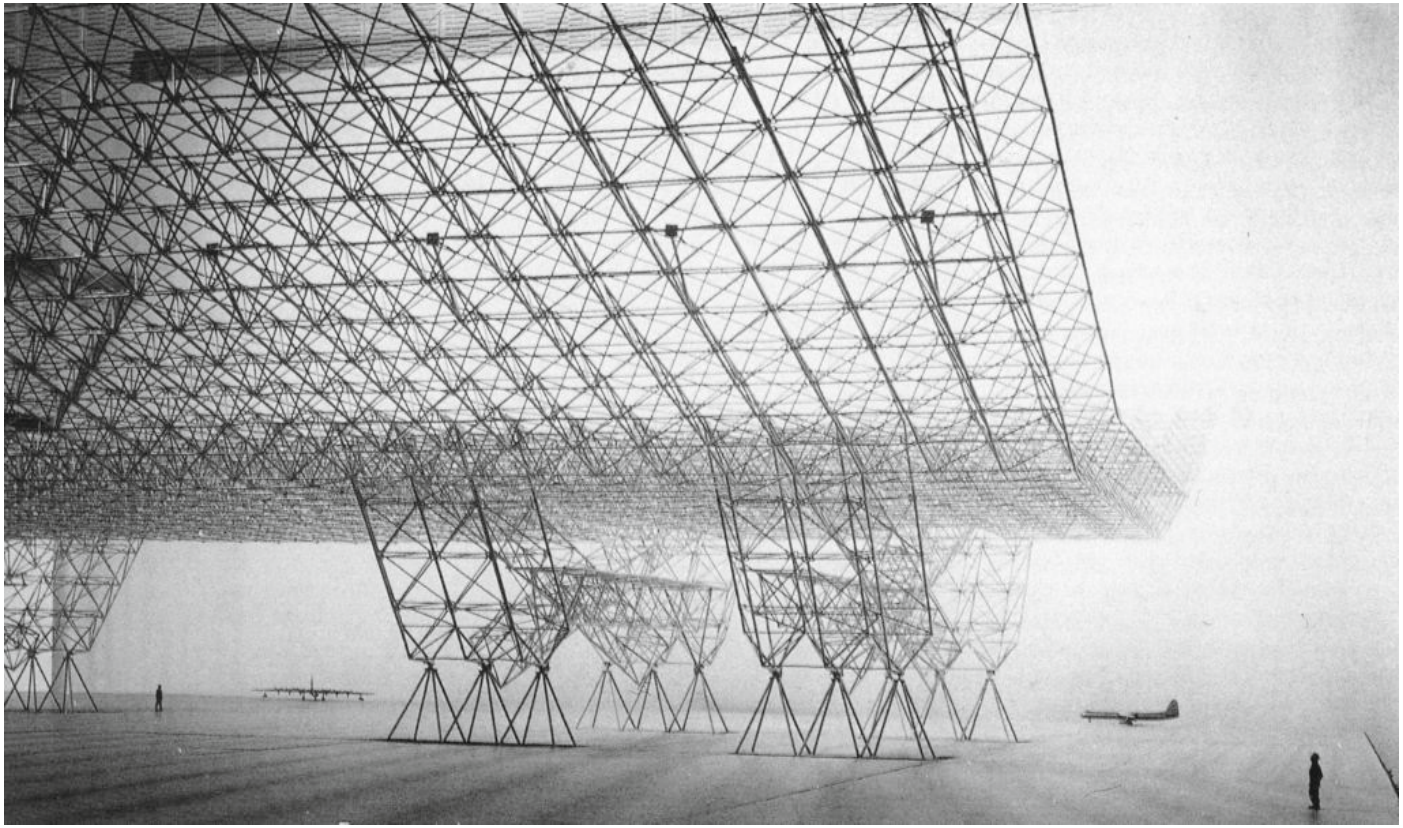


Abb. 31: US Air Force Hangar Projekt 1951 Arch Konrad Wachsmann

Raumfachwerk

- bietet eine statisch sichere Grundform um der Knickgefahr von Bambus entgegen zu wirken
-
- minimaler Materialaufwand bei maximaler Stabilität
- geringes Eigengewicht
- aufgrund ihres regelmäßigen Aufbaus sind Raumfachwerke statisch optimal
- ein Raumfachwerk eignet sich aufgrund einheitlicher Knotenpunkte und wenig verschiedene Stablängen hervorragend hervorragend zur industriellen Vorfertigung
- natürlicher/organischer Wachstum durch Stapelung
- das Prinzip des Raumfachwerkes unterstützt die konstruktiven Eigenschaften von Bambus
- durch die vorhersehbare Geometrie der Bauteile, lassen sich Fügeprinzipien genau planen

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.

KONZEPT

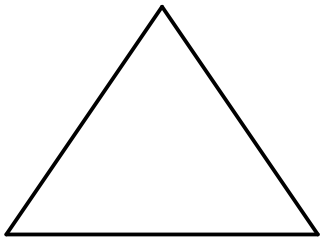


Abb.32 Dreieck als Grundgeometrie
eines Raumfachwerks

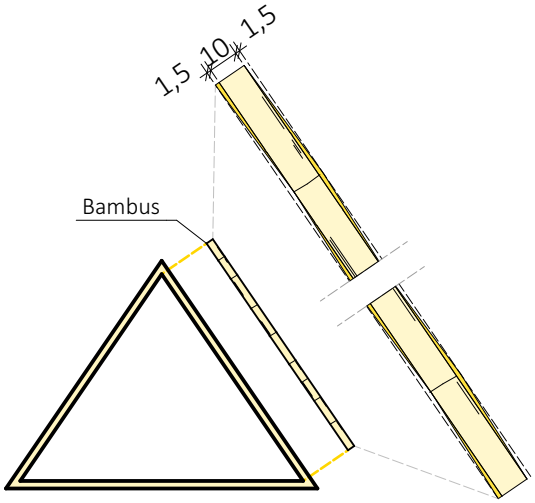


Abb. 33 Bambus als konstruktives Material
max. Halmdurchmesser = 10cm / max. Krümmung = 1,5cm

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.

KONZEPT

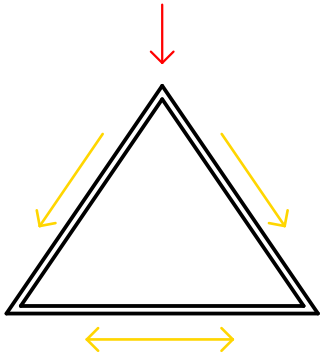


Abb. 34 statisches Grundprinzip

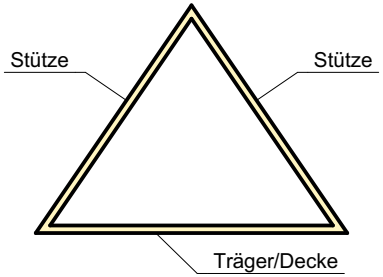


Abb. 35 Elemente definieren

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.

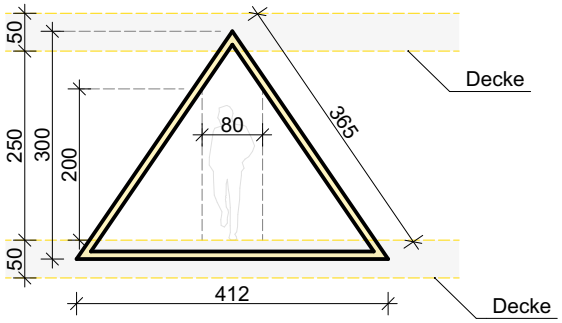


Abb. 36 otpimale Durchgangslichte
unter Berücksichtigung der Deckenstärke

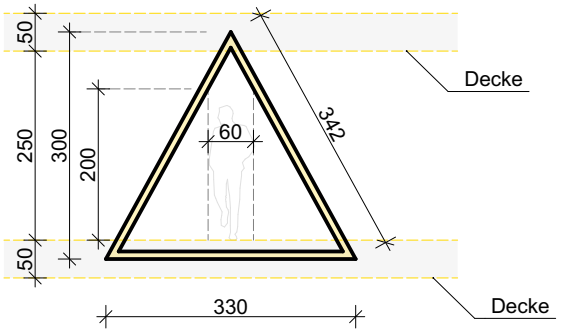


Abb. 37 Verringerung der Stablänge / Spannnweite
= minimale Durchgangslichte unter Berücksichtigung der Deckenstärke

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.

KONZEPT

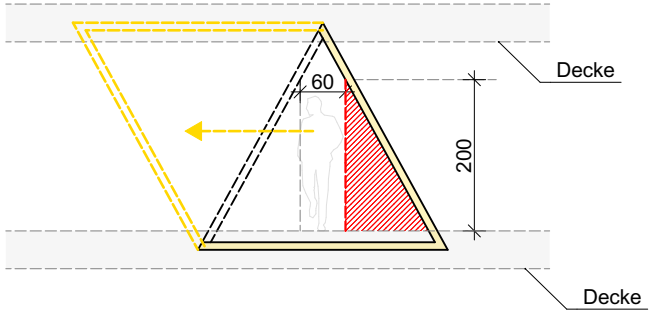


Abb. 38 Nutzbarkeit Grundmodul

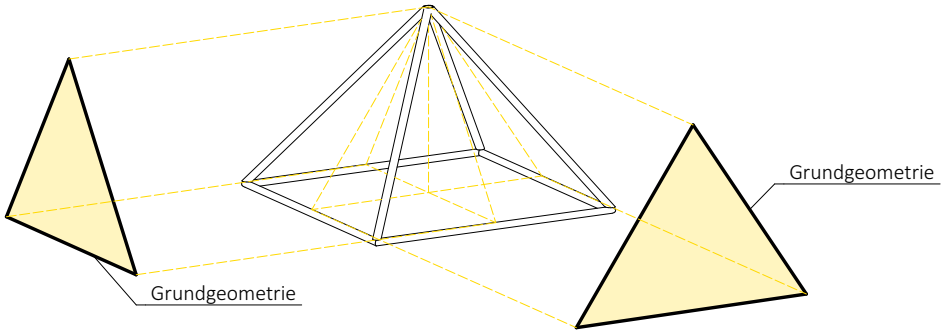


Abb. 39 Anwendung auf dreidimensionales Grundmodul
Grundprinzip - Pyramide

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.

KONZEPT

Verbesserung der Tragfähigkeit:
Abb. 40 Vervielfältigung der Bambushalme (x2) = Verringerung der Knickgefahr

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.

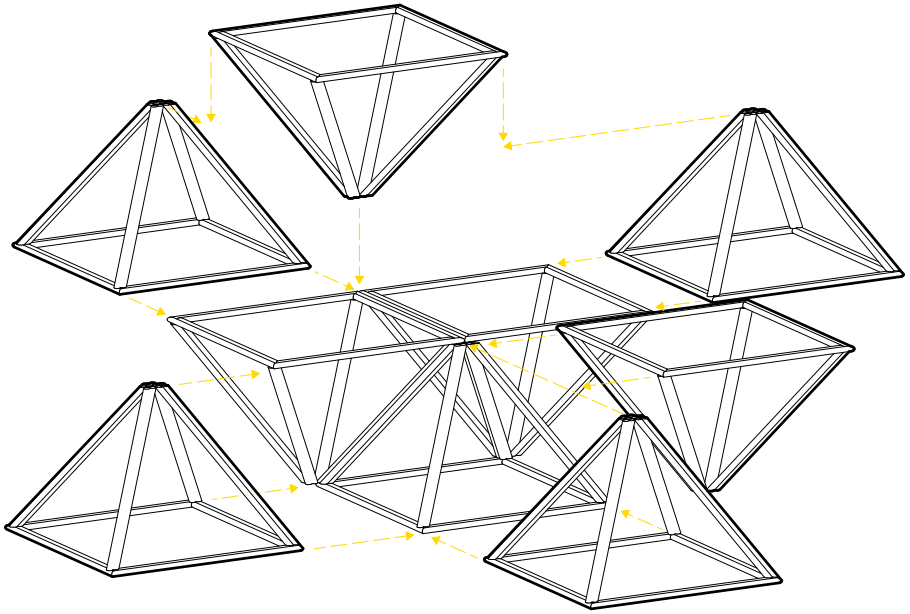
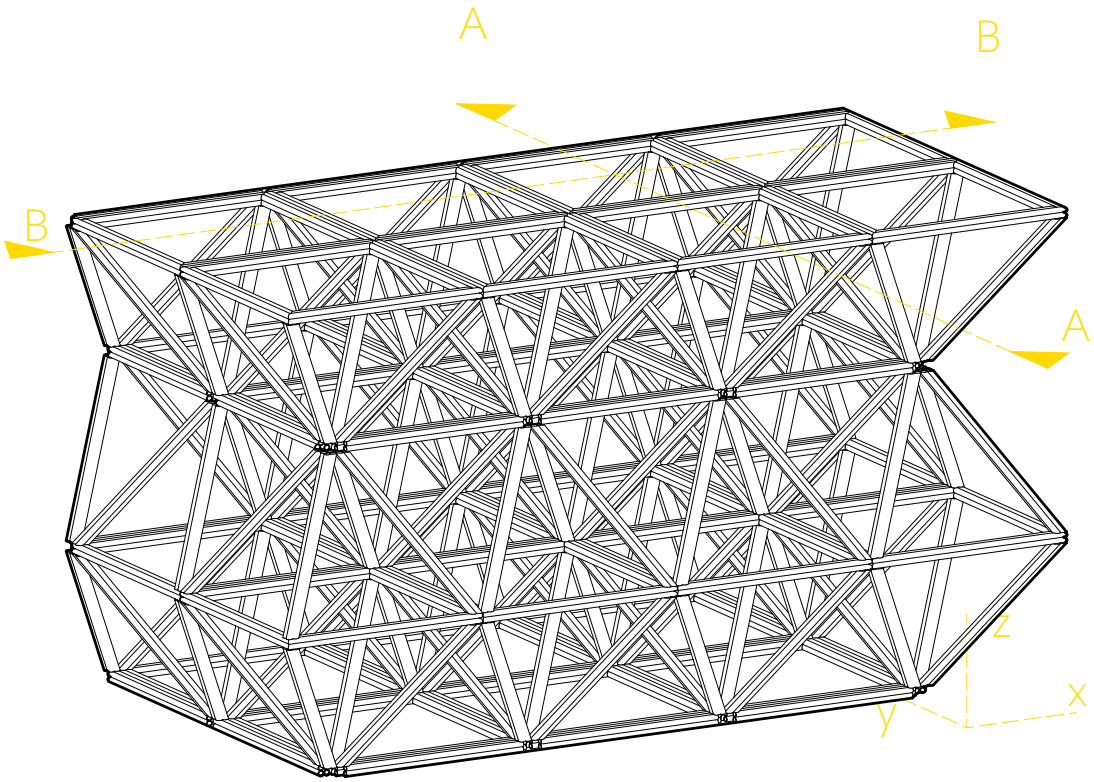


Abb. 41 Stapelung Pyramide - Grundform + Gegenstück

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.

KONZEPT



Beschränkung der Stapelung in Y-Richtung = Festlegung der Raumtiefe (6,6m)

Abb. 42 Ergebnis der Stapelung = weitere Vervielfältigung der Bambushalme
je Stabrichtung = 4 Bambushalme

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.

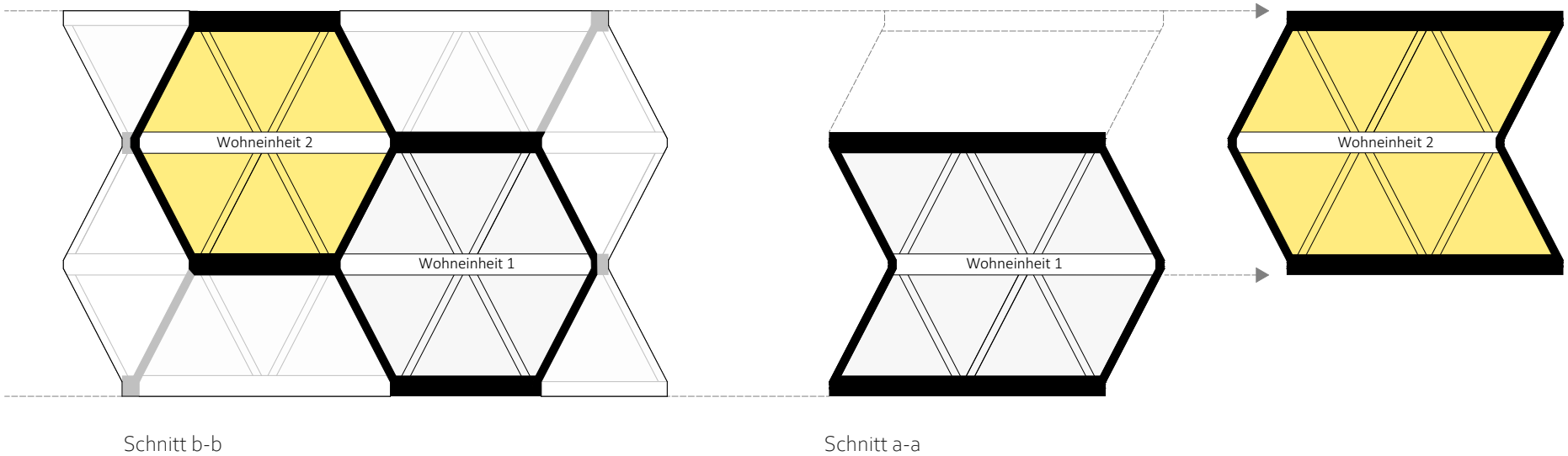


Abb.43 Wohneinheiten definieren - integrieren der Bambuskonstruktion in Wände und Decken

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.

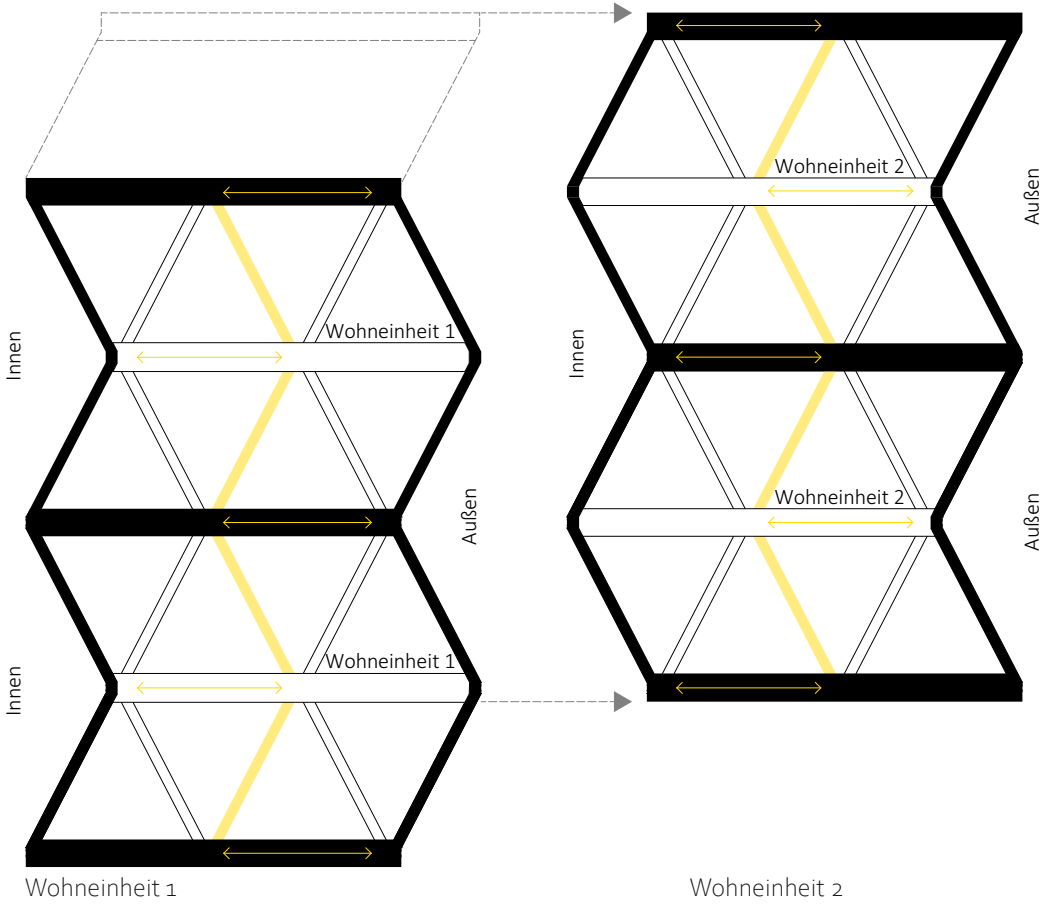
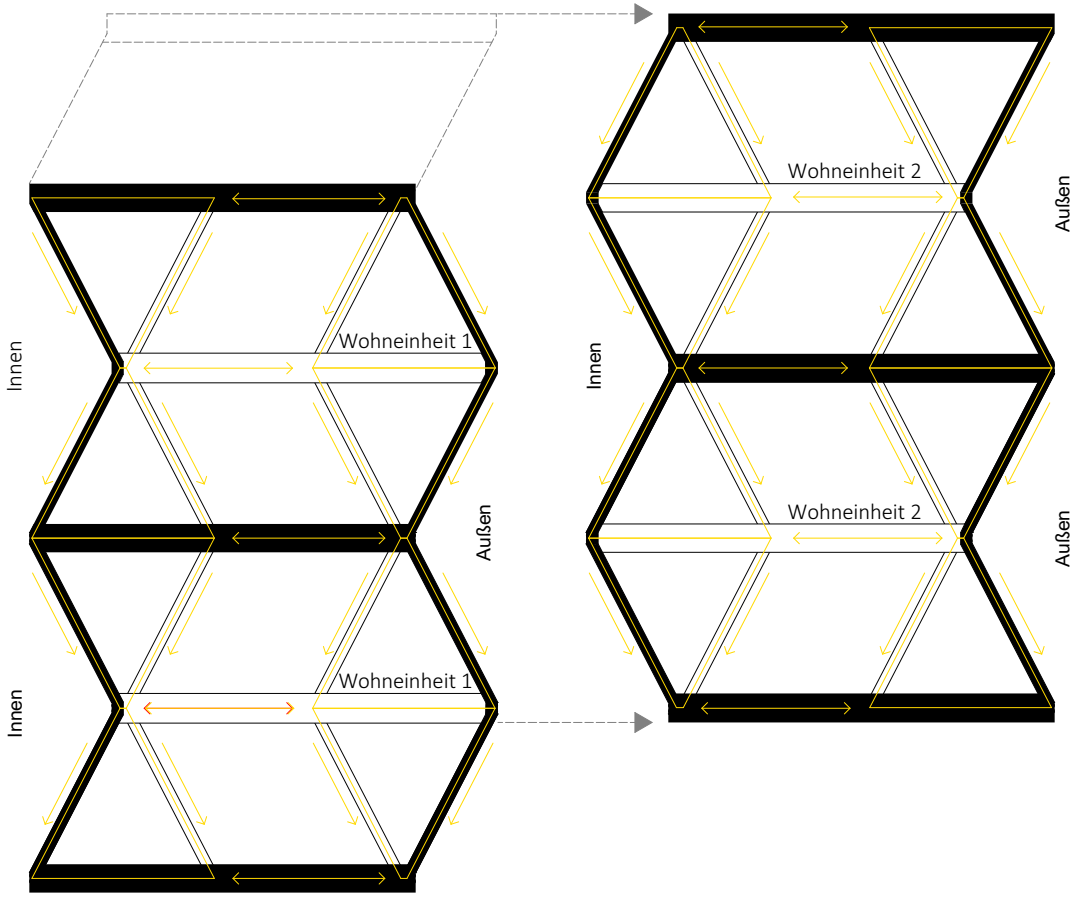


Abb.44 Optimierung nutzbares Raumvolumen
Entfernung der im Raumzentrum befindlichen Stäbe

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.

KONZEPT



Wohneinheit 1 Wohneinheit 2

Abb.45 Lastabtragung definieren
Oktaeder als statisches Grundprinzip

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.

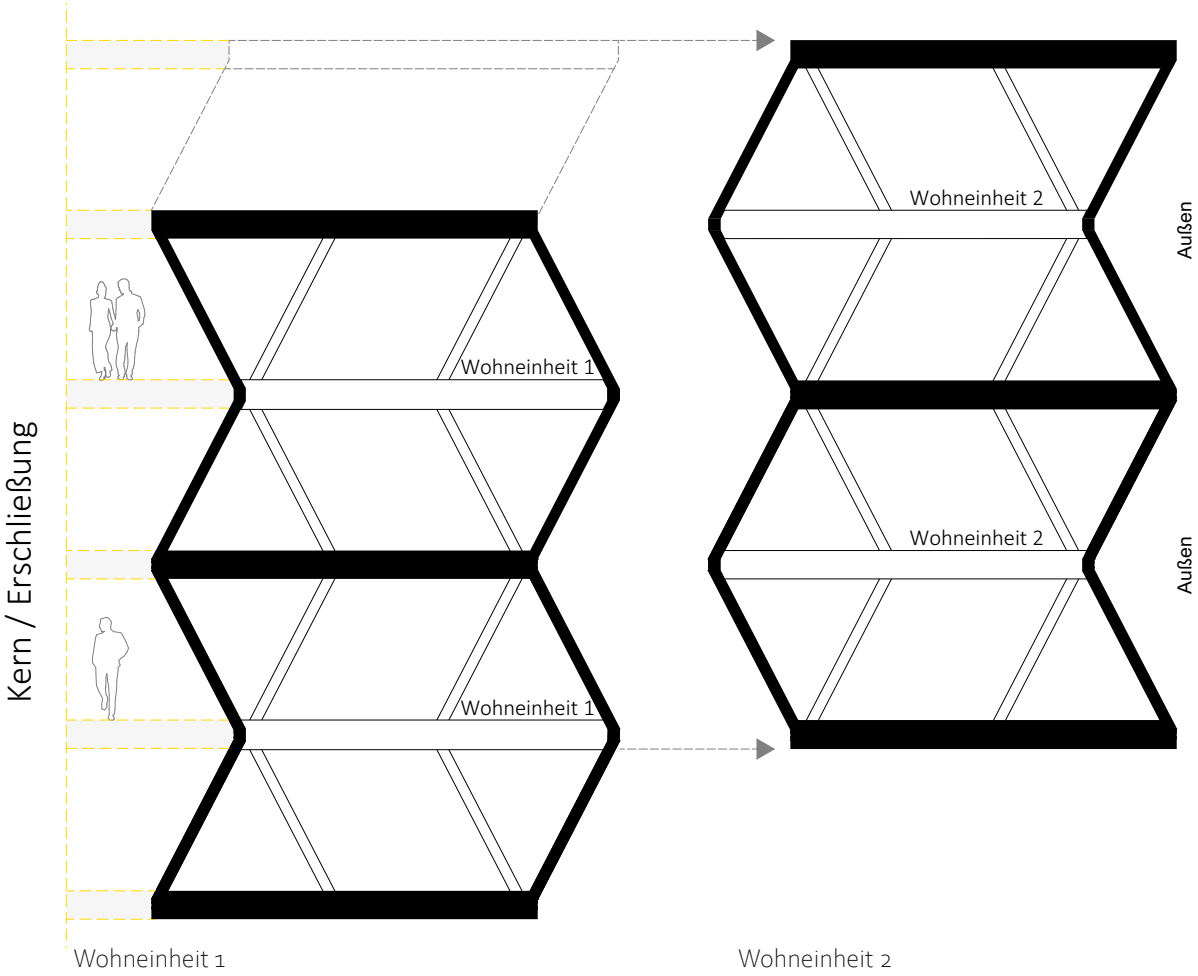


Abb. 46 Externe Erschließung / Kern

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.

KONZEPT

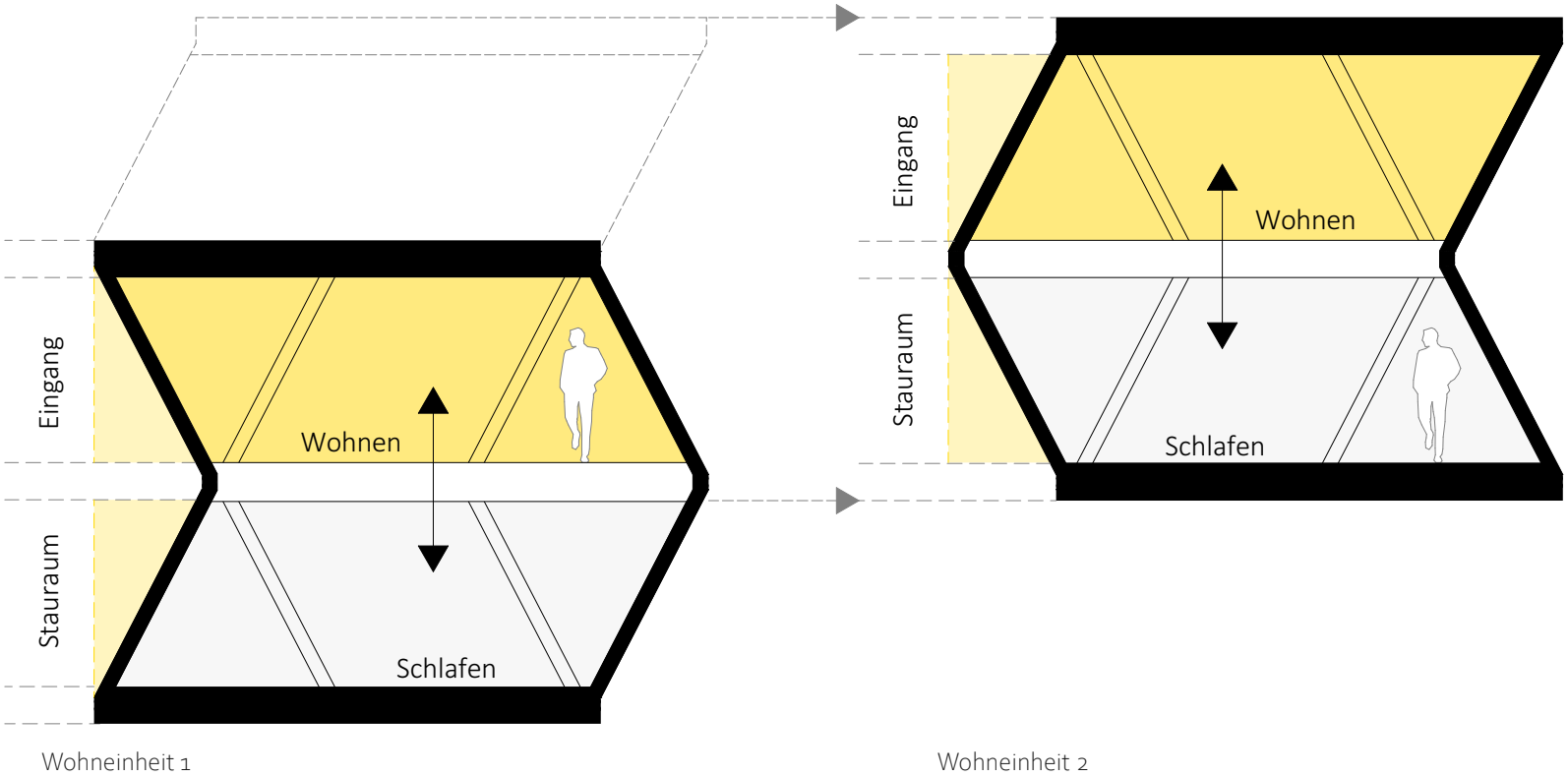
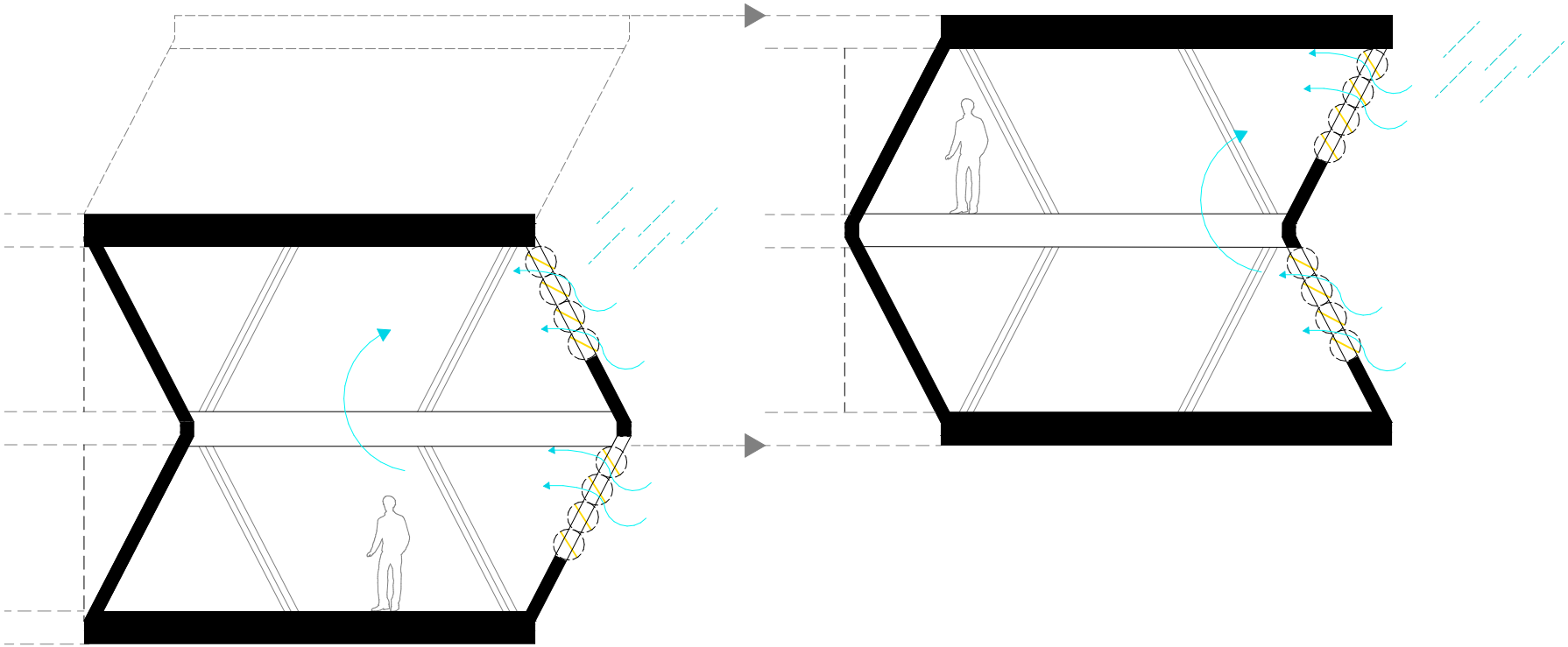


Abb. 47 Definition Raumprogramm

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.

KONZEPT



Wohneinheit 1

Wohneinheit 2

Abb. 48 natürliche Belichtung durch großzügige Verglasung
klimagerechte / witterungsunabhängige Belüftung - Lamellenfenster

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.

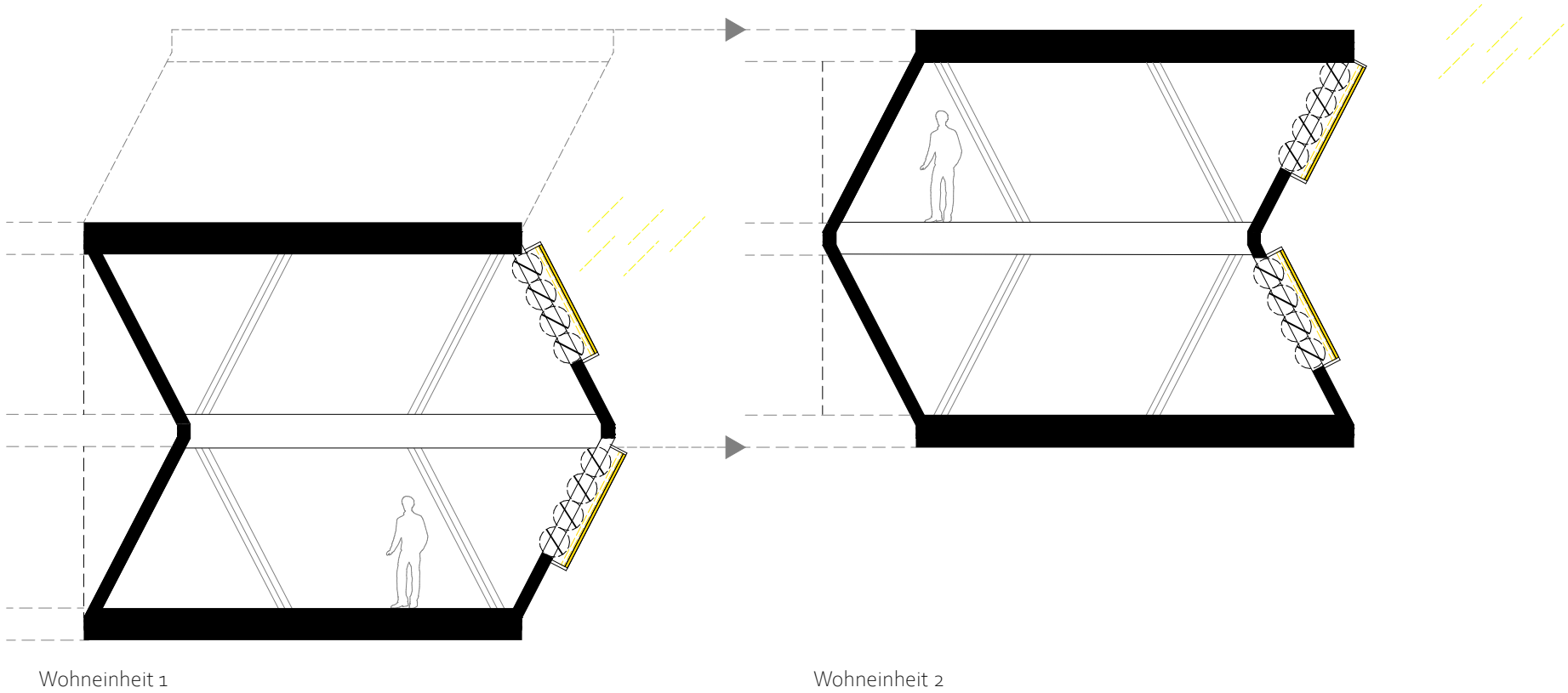


Abb. 49 Verschattungselemente gegen Überhitzung

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.

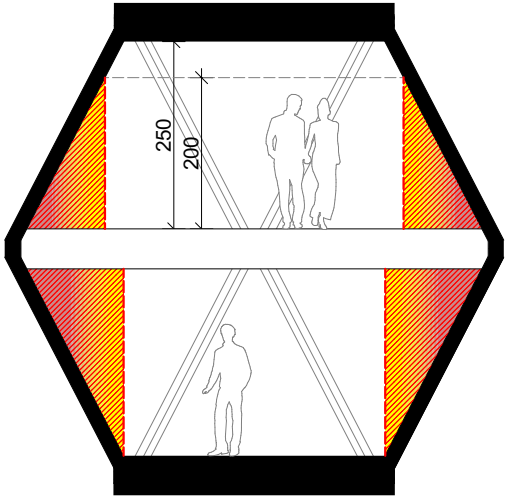
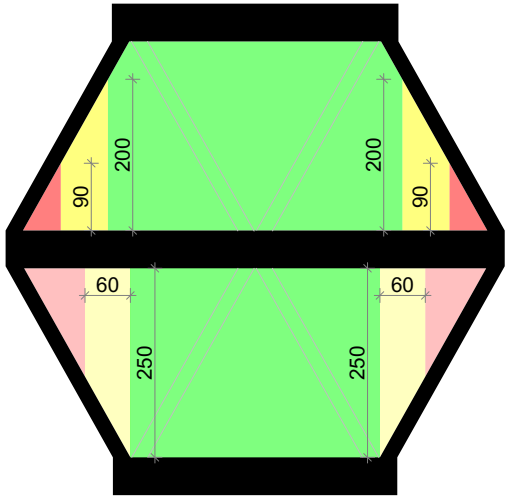


Abb. 50 Raumnutzung - Markierung Möblierungskonzept / Stauraum

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.

ANALYSE NUTZFLÄCHE - DEFINITION DER NUTZBARKEIT



schlecht nutzbare Fläche - bis 0,9m RH

als Stauraum nutzbare Fläche - von 0,9m bis 2m RH

gut nutzbare Fläche - ab 2m RH

Trennwand Wohneinheit

schlecht nutzbares Raumvolumen

gut nutzbares Raumvolumen

Abb. 51 Schnitt B - Definition gut/schlecht nutzbare Nutzfläche

M 1:100

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.

ANALYSE NUTZLÄCHE - WOHNEINHEIT 1

schlecht nutzbare Fläche - bis 0,9m RH
als Stauraum nutzbare Fläche - von 0,9m bis 2m RH
gut nutzbare Fläche - ab 2m RH
Trennwand Wohneinheit

schlecht nutzbares Raumvolumen
gut nutzbares Raumvolumen

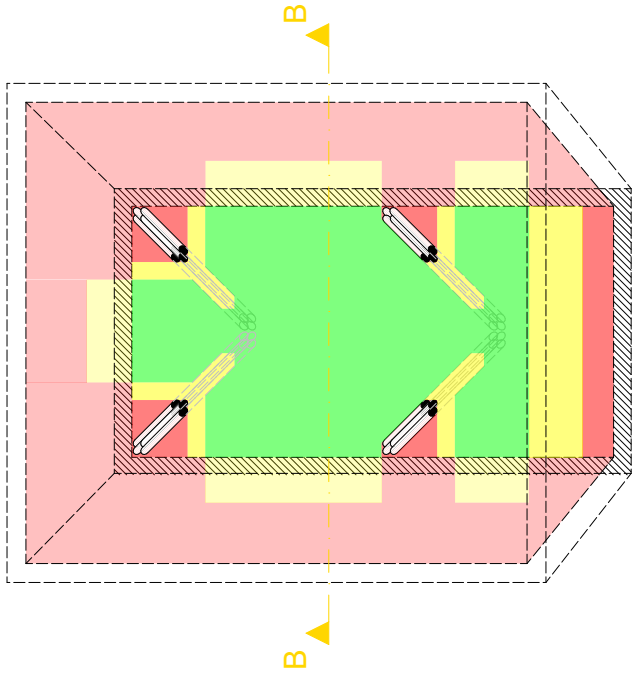


Abb. 52 Erdgeschoss - Schlafbereich

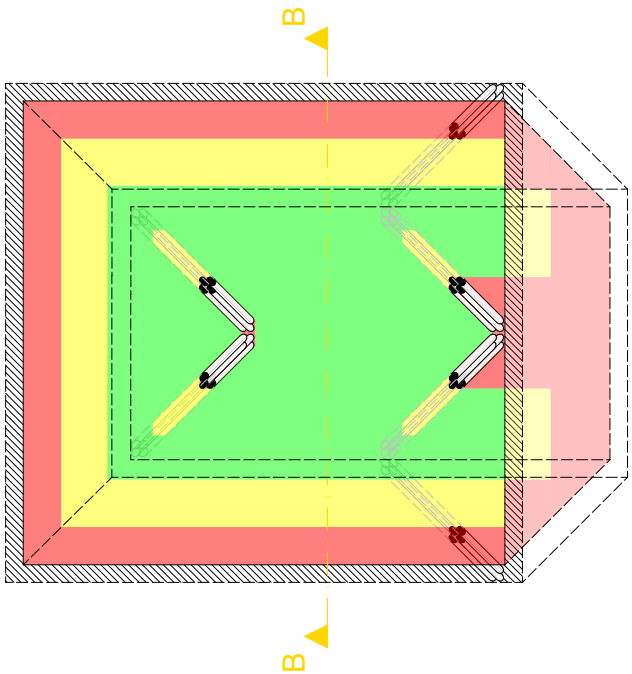


Abb. 53 Obergeschoss - Wohnbereich

M 1:100

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.

ANALYSE NUTZLÄCHE - WOHNEINHEIT 2

schlecht nutzbare Fläche - bis 0,9m RH
als Stauraum nutzbare Fläche - von 0,9m bis 2m RH
gut nutzbare Fläche - ab 2m RH
Trennwand Wohneinheit

schlecht nutzbares Raumvolumen
gut nutzbares Raumvolumen

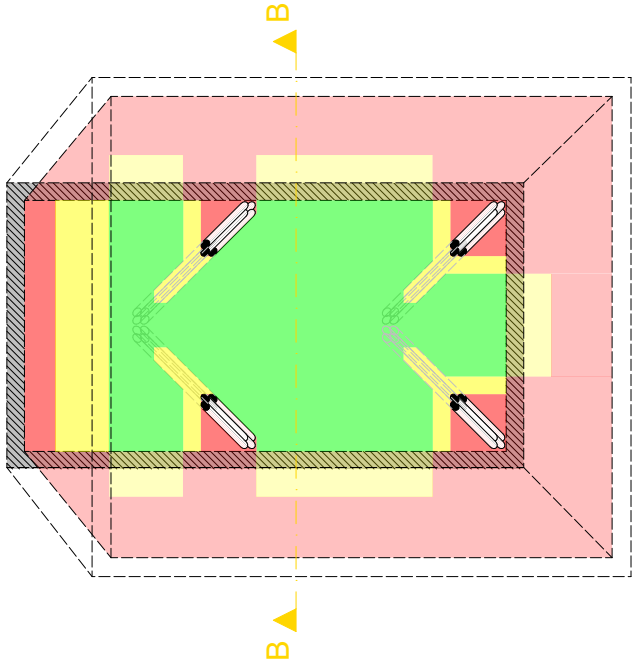


Abb. 54 Erdgeschoss - Schlafbereich

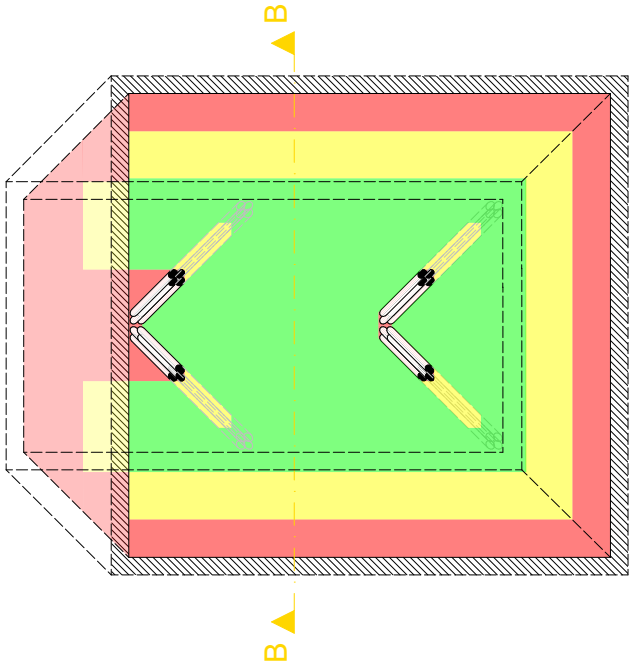


Abb. 55Obergeschoss - Wohnbereich

M 1:100

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.

AUSWERTUNG NUTZFLÄCHE

- schlecht nutzbare Fläche - bis 0,9m RH
- als Stauraum nutzbare Fläche - von 0,9m bis 2m RH
- gut nutzbare Fläche - ab 2m RH
- Trennwand Wohneinheit

- schlecht nutzbares Raumvolumen
- gut nutzbares Raumvolumen

Nutzfläche je Wohneinheit

Nutzfläche EG	21,12 m²	(100%)
schlecht nutzbare Fläche - bis 0,9m RH	3,27 m²	(16%)
als Stauraum nutzbare Fläche - von 0,9m bis 2m RH	4,13 m²	(19%)
gut nutzbare Fläche - ab 2m RH	13,72 m²	(65%)

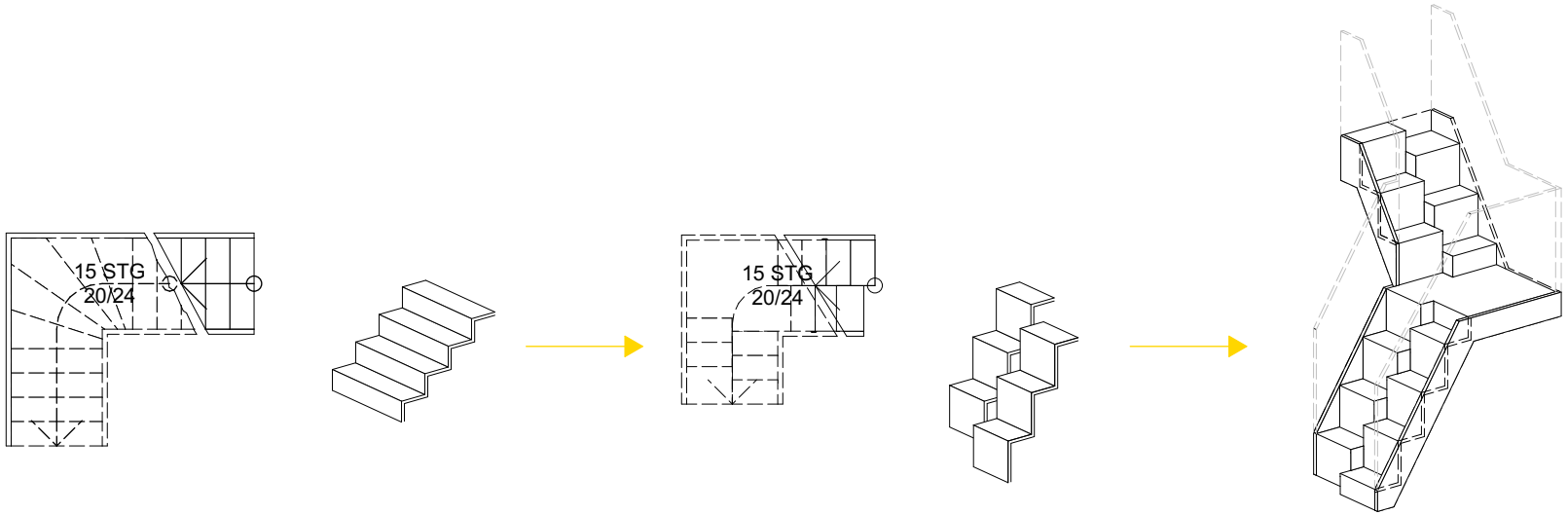
Nutzfläche OG	39,10 m²	(100%)
schlecht nutzbare Fläche - bis 0,9m RH	10,15 m²	(26%)
als Stauraum nutzbare Fläche - von 0,9m bis 2m RH	10,59 m²	(27%)
gut nutzbare Fläche - ab 2m RH	18,36 m²	(47%)

Nutzfläche Gesamt	60,22 m²	(100%)
schlecht nutzbare Fläche - bis 0,9m RH	13,42 m²	(22%)
als Stauraum nutzbare Fläche - von 0,9m bis 2m RH	14,72 m²	(25%)
gut nutzbare Fläche - ab 2m RH	32,08 m²	(53%)

Tab. 4: Darstellung der Nutzfläche je Wohneinheit

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.

NUTZFLÄCHE - STIEGEN KONZEPT



- Abb. 56 Notwendigkeit kompakter Stiege - außerhalb der Norm
  - versetztes Stiegenverhältnis
- minimale Steigung Wohnungsinterner Treppen lt. OIB - 24x20

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.

NUTZFLÄCHE - POSITION STIEGE WOHNEINHEIT 1

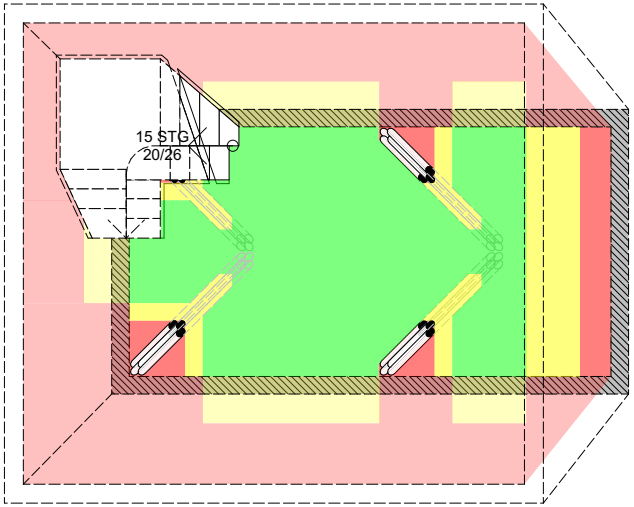


Abb. 57 Erdgeschoss - Schlafbereich

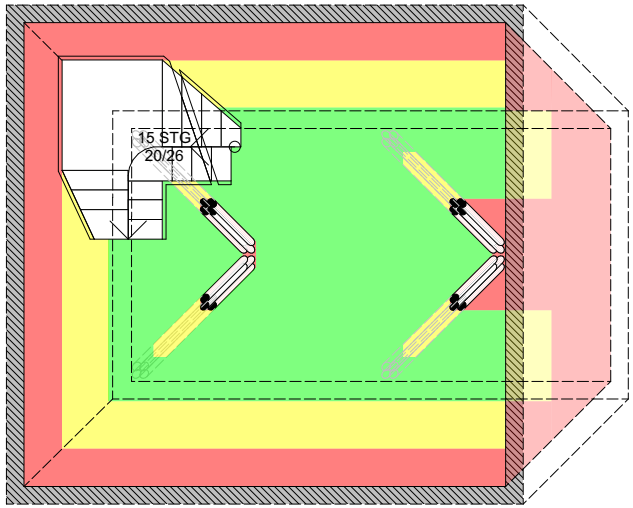


Abb. 58 Obergeschoss - Wohnbereich

Günstige Stiegenposition in Abhängigkeit der Nutzfläche

M 1:100

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.

NUTZFLÄCHE - POSITION STIEGE WOHNEINHEIT 2

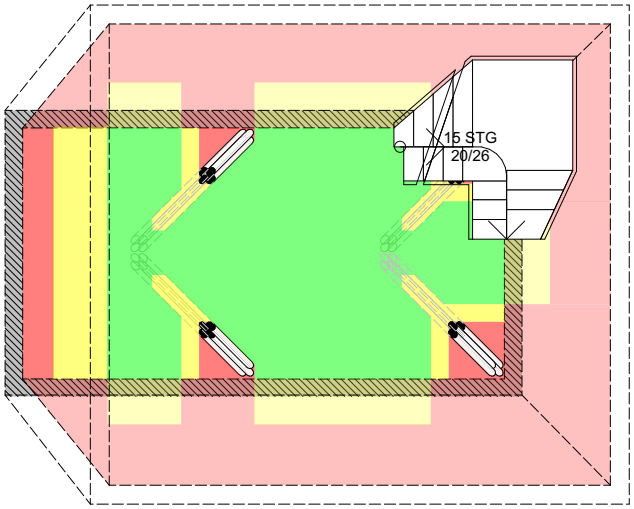


Abb. 59 Erdgeschoss - Schlafbereich

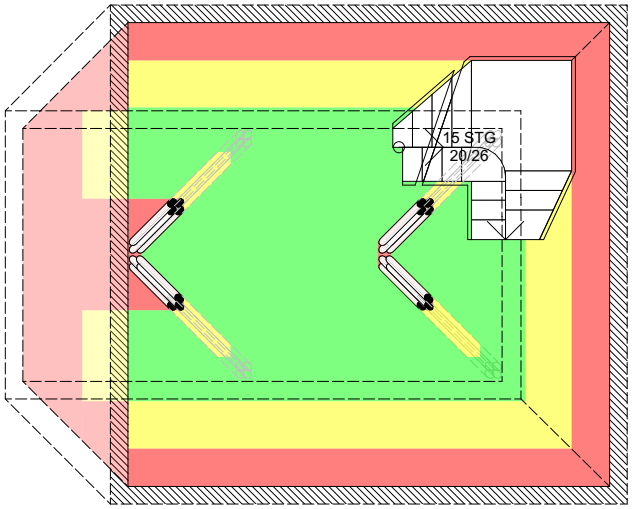


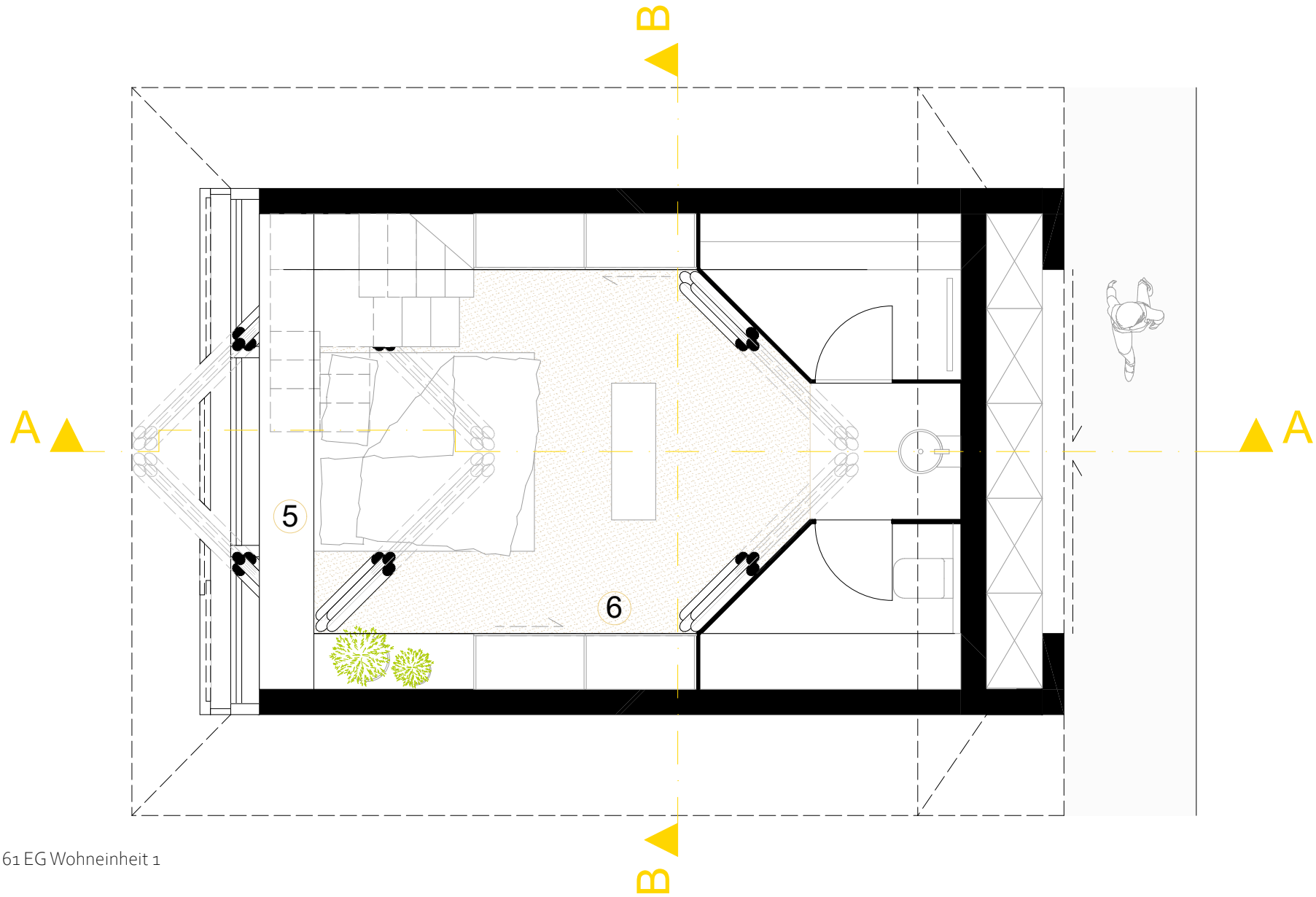
Abb. 60 Obergeschoss - Wohnbereich

Günstige Stiegenposition in Abhängigkeit der Nutzfläche

M 1:100

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.

GRUNDRISS ERDGESCHOSS / WOHNEINHEIT 1

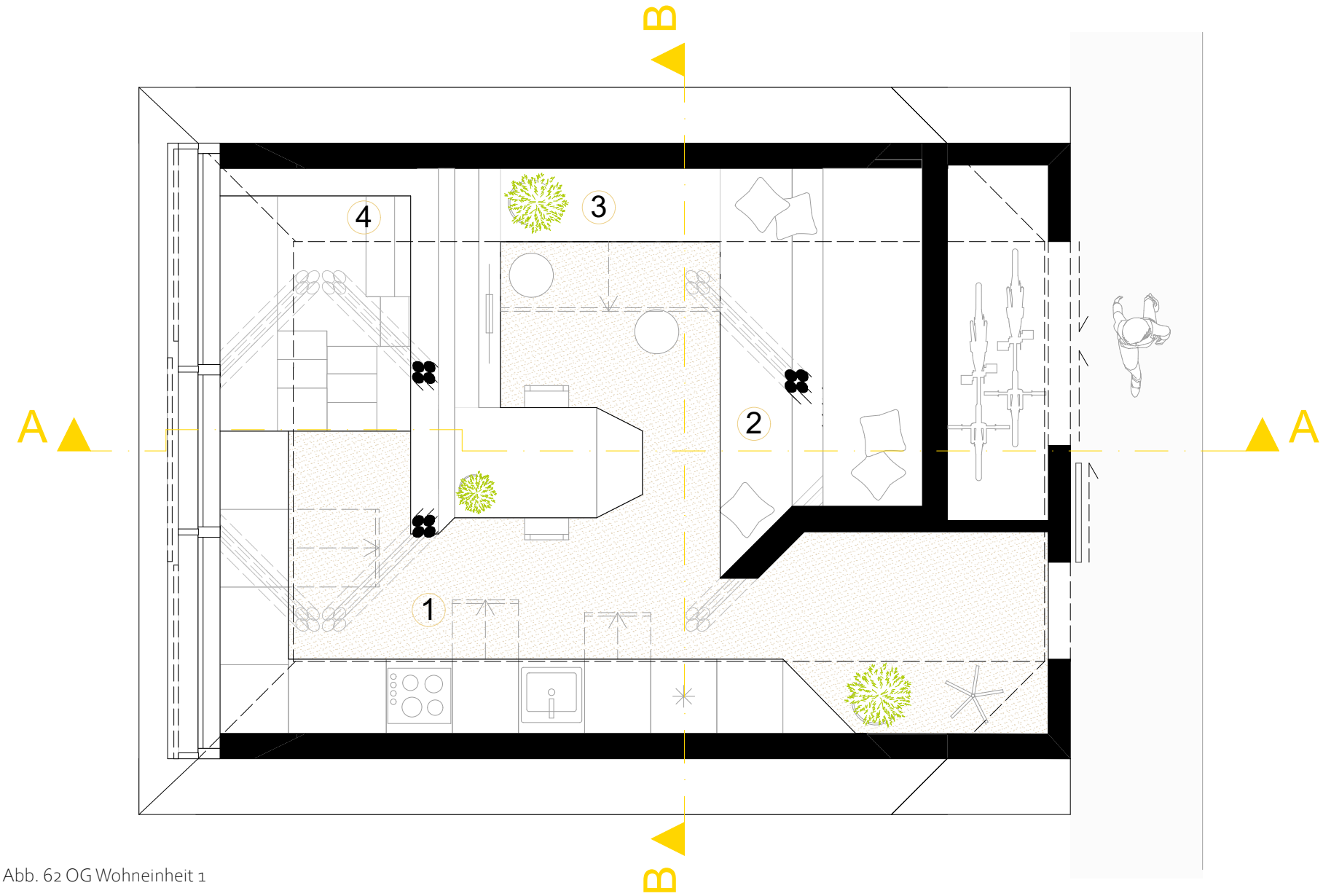


M 1:50

Abb. 61 EG Wohneinheit 1

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.

GRUNDRISS OBERGESCHOSS / WOHNEINHEIT 1

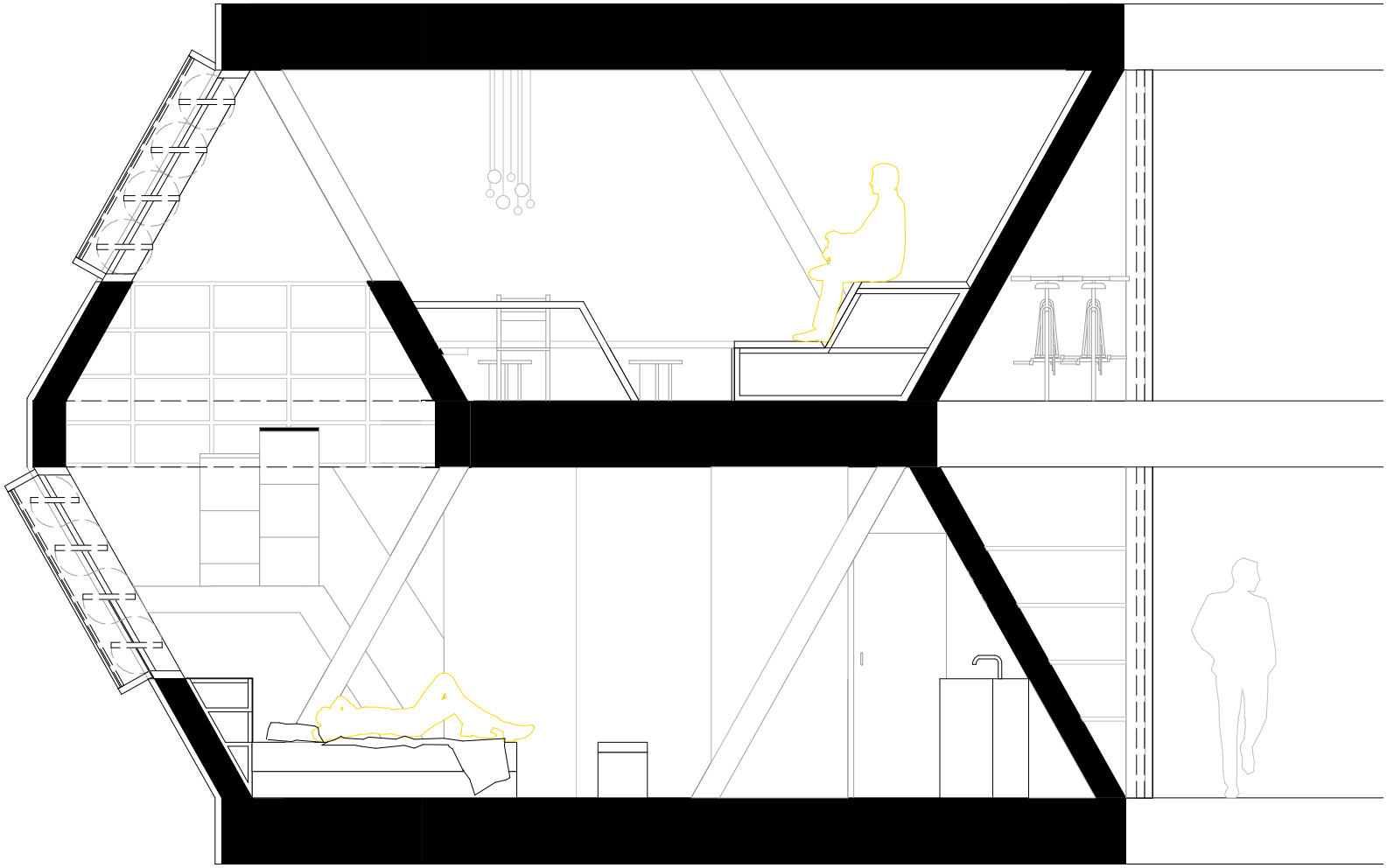


M 1:50

Abb. 62 OG Wohneinheit 1

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

SCHNITT A-A / WOHNEINHEIT 1

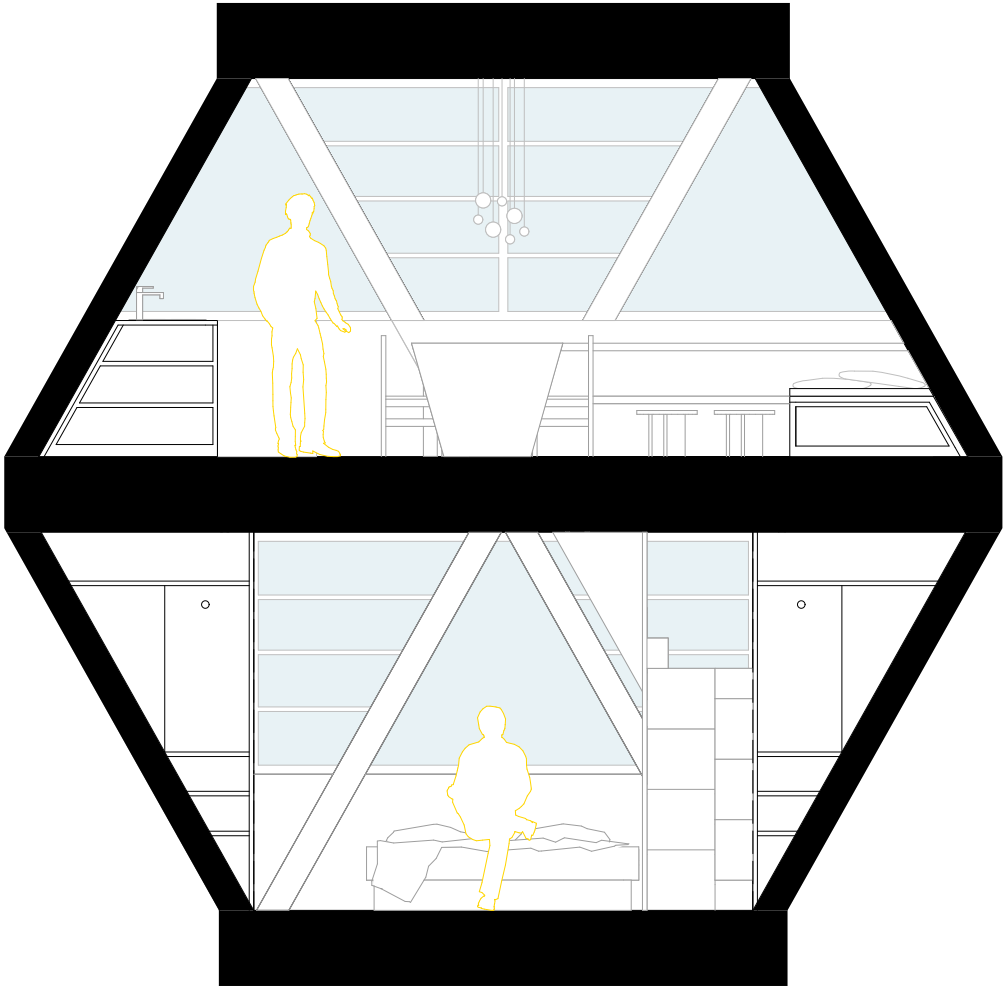


M 1:50

Abb. 63 Schnitt A-A Wohneinheit 1

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

SCHNITT B-B / WOHNEINHEIT 1

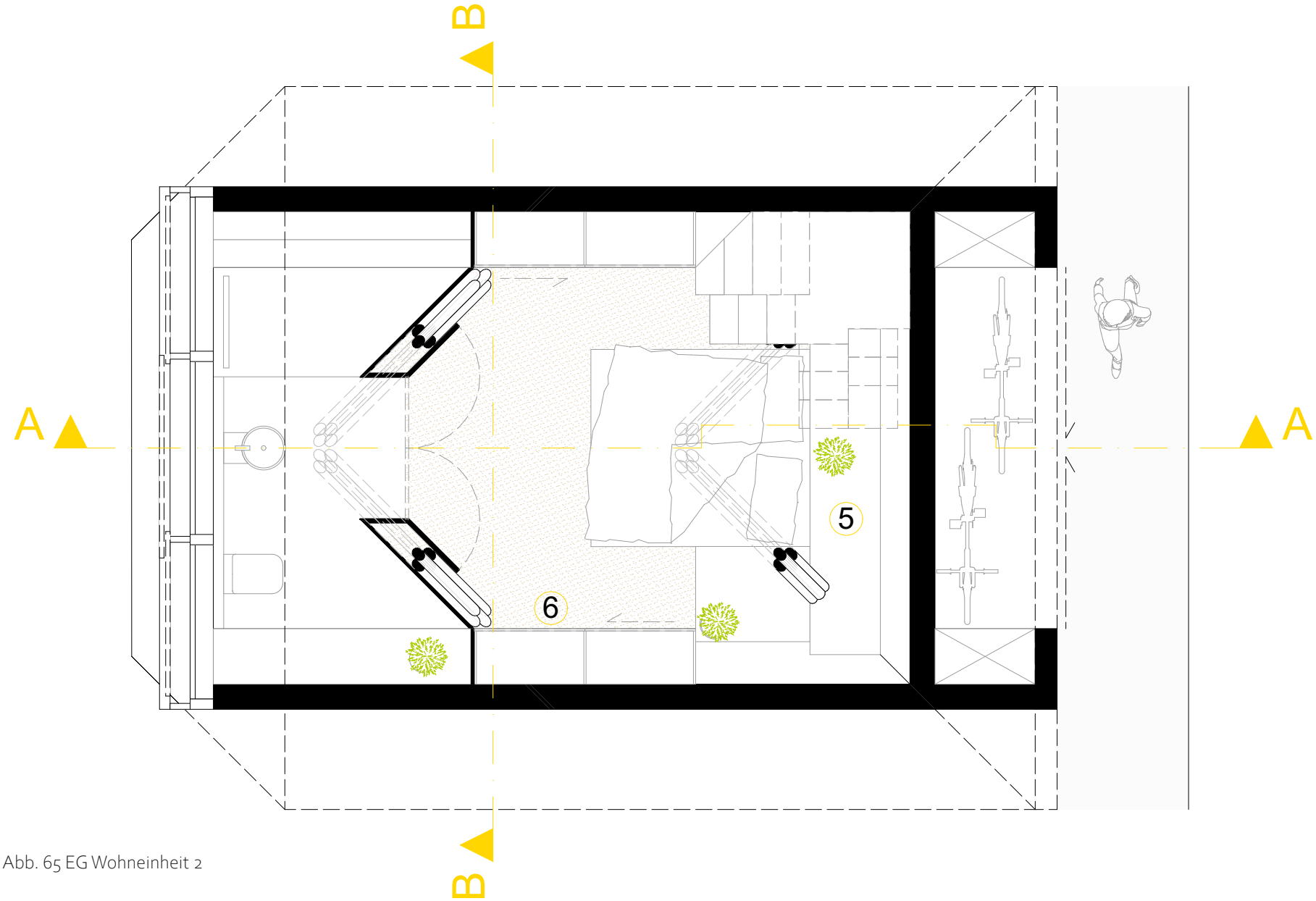


M 1:50

Abb. 64 Schnitt B-B Wohneinheit 1

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.

GRUNDRISS ERDGESCHOSS / WOHNEINHEIT 2

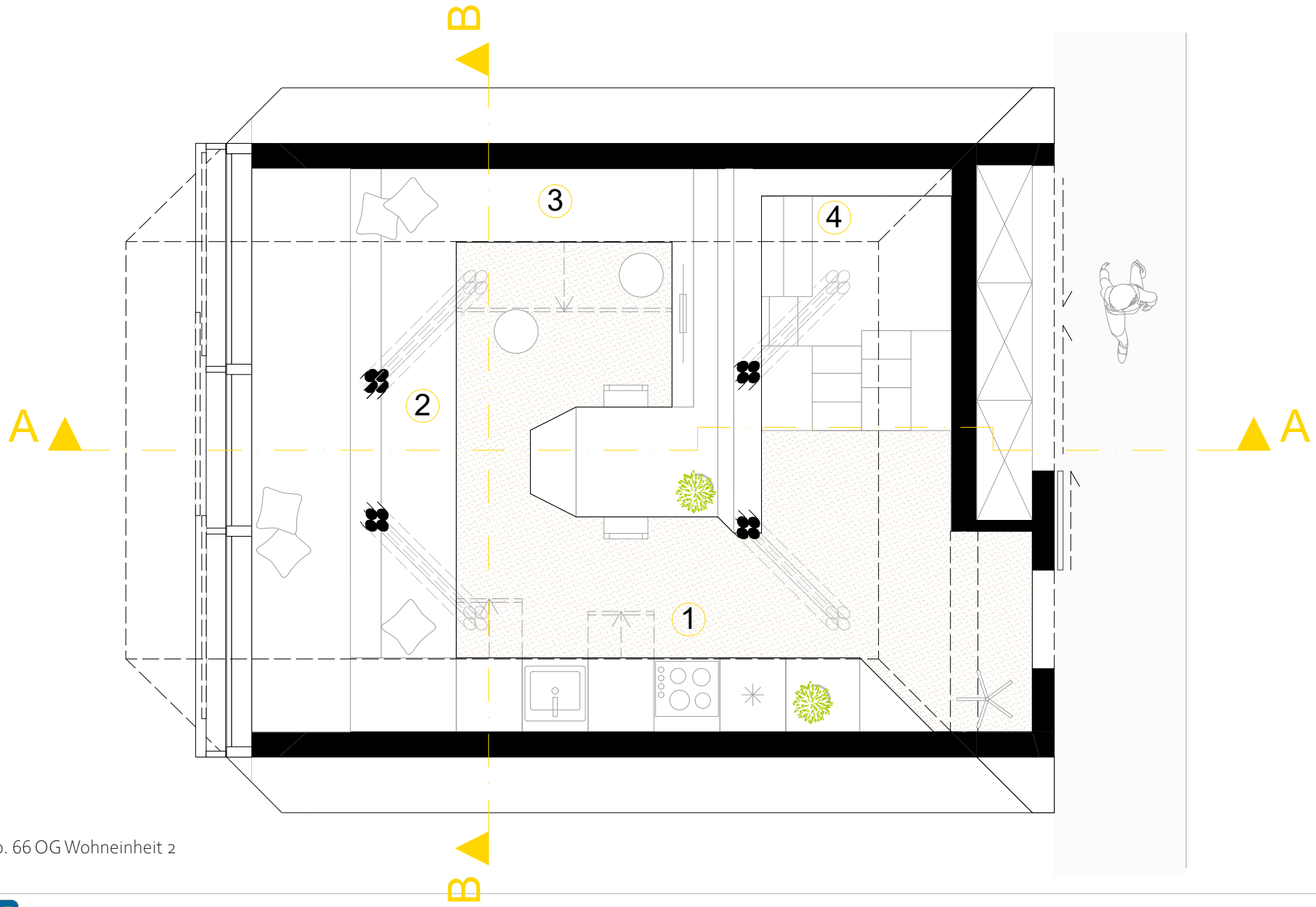


M 1:50

Abb. 65 EG Wohneinheit 2

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.

GRUNDRISS OBERGESCHOSS / WOHNEINHEIT 2

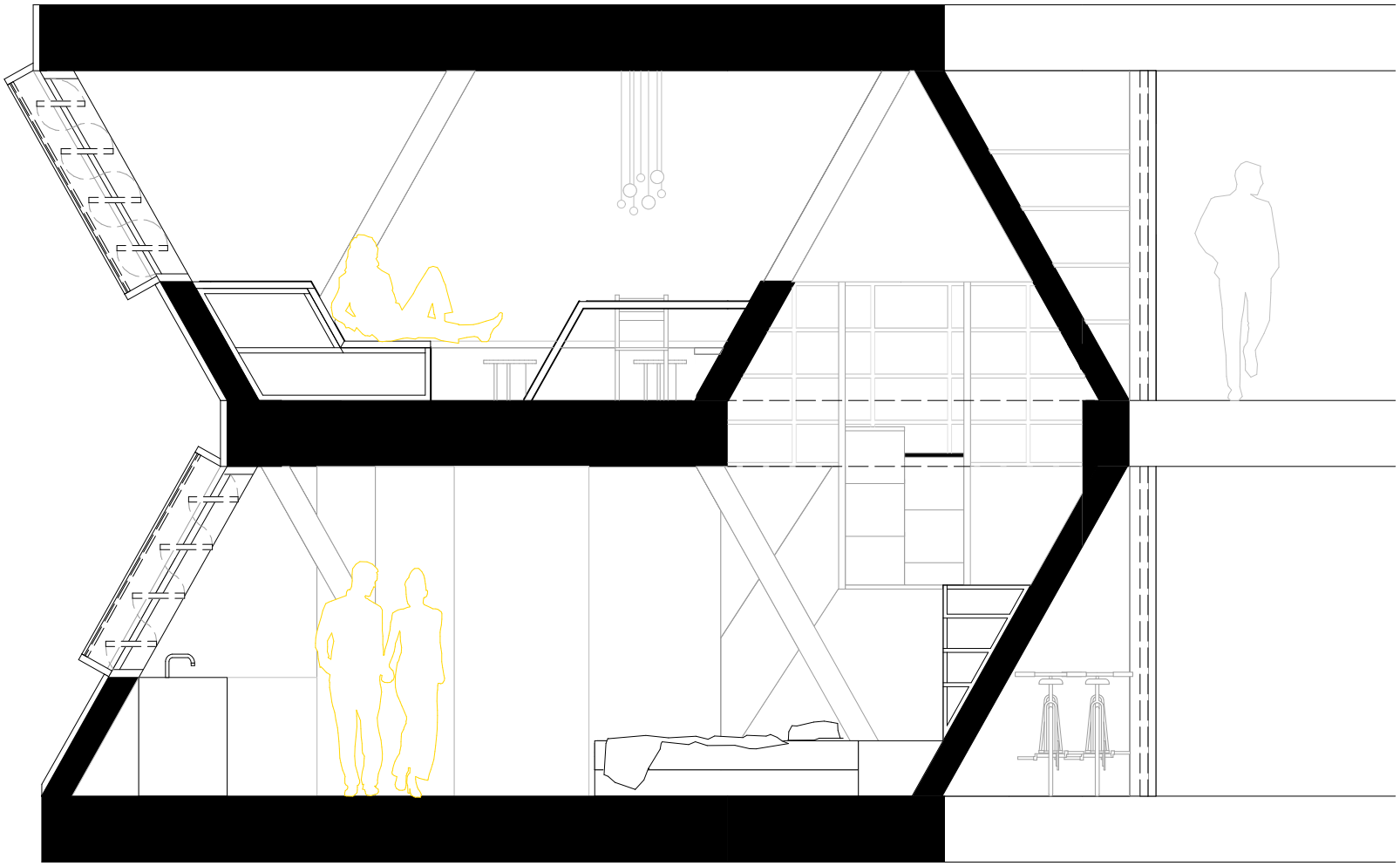


M 1:50

Abb. 66 OG Wohneinheit 2

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

SCHNITT A-A / WOHNEINHEIT 2

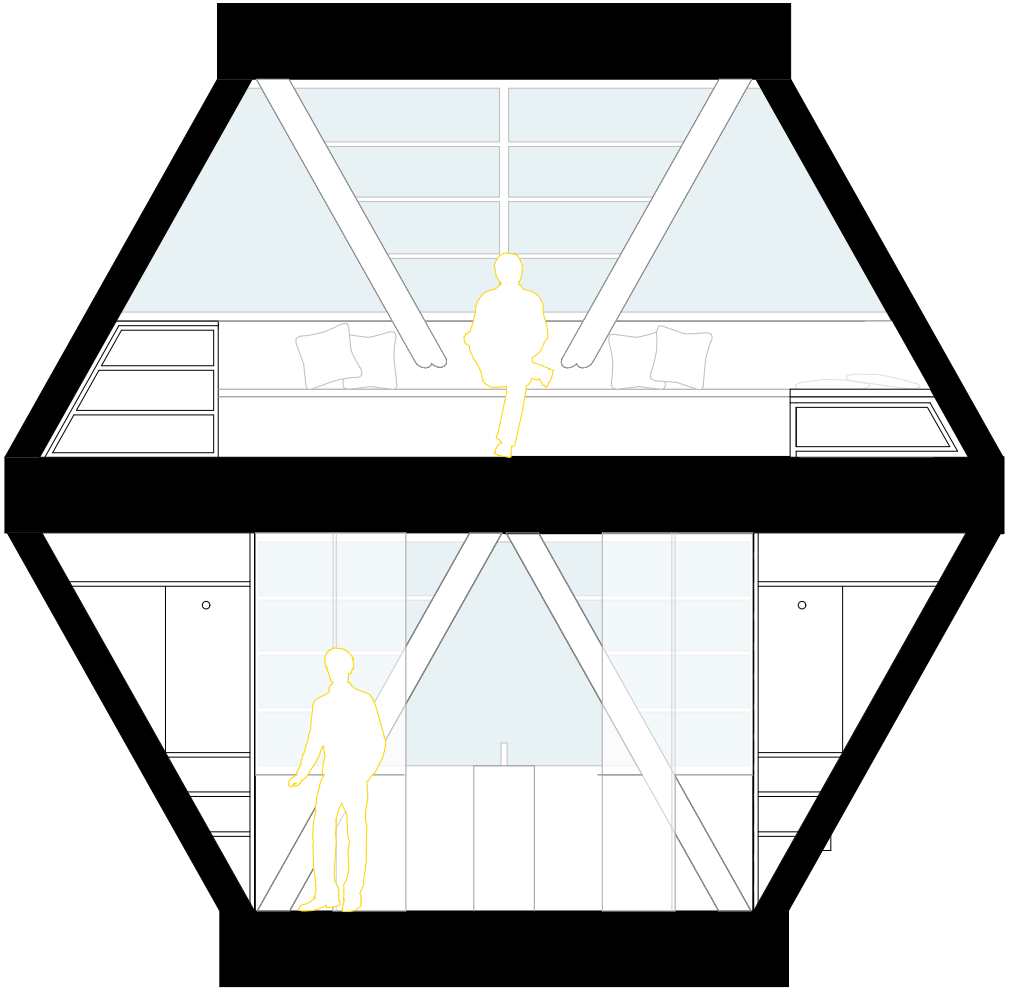


M 1:50

Abb. 67 Schnitt A-A Wohneinheit 2

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

SCHNITT A-A / WOHNEINHEIT 2



M 1:50

Abb. 68 Schnitt B-B Wohneinheit 2

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.

MÖGBLIERUNGSKONZEPT

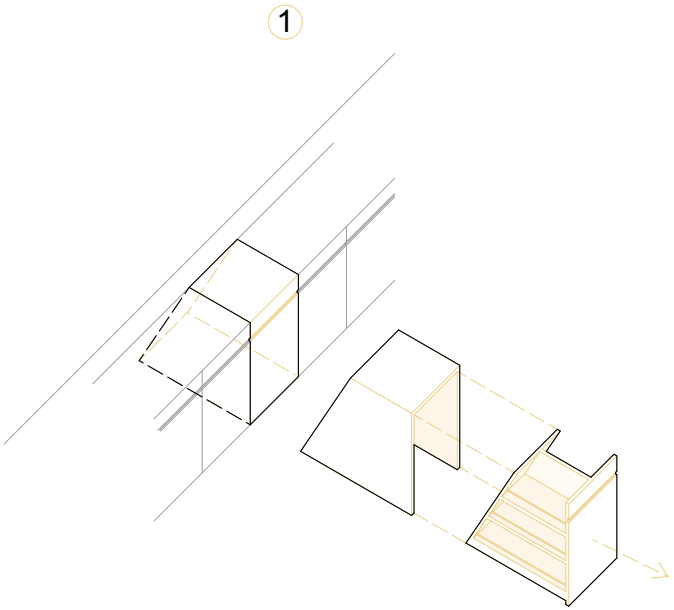


Abb. 69 Unterschrank / Küchenzeile

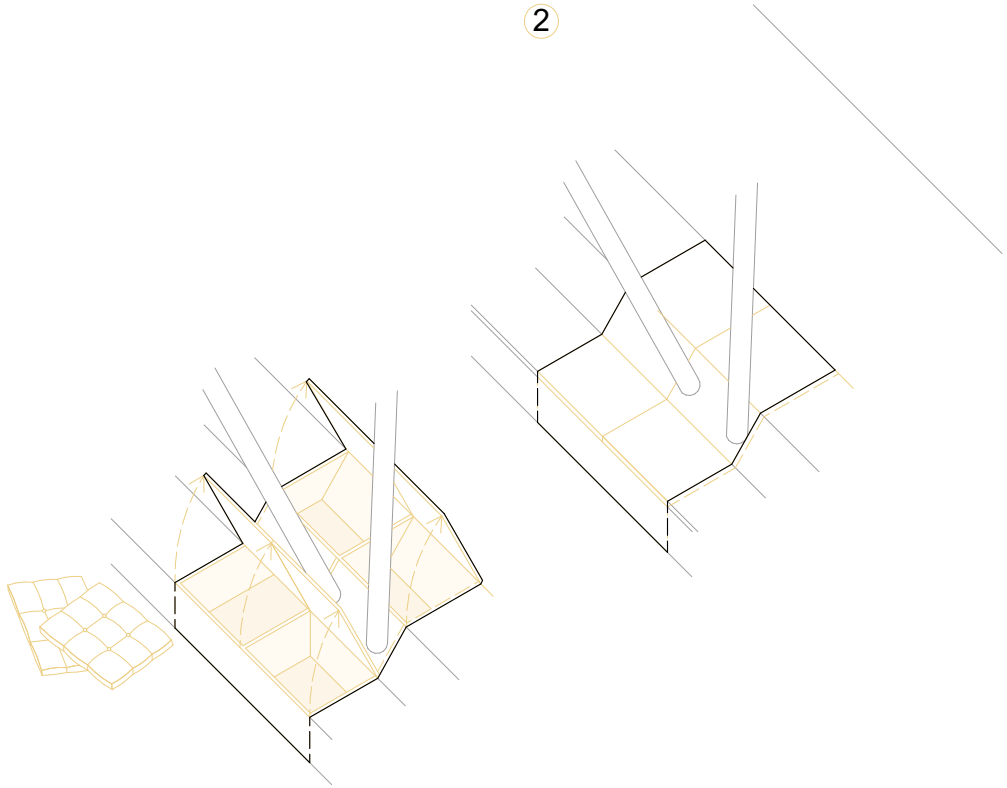


Abb. 70 Stauraum - Sitzfläche

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.

MÖBLIERUNGSKONZEPT

3

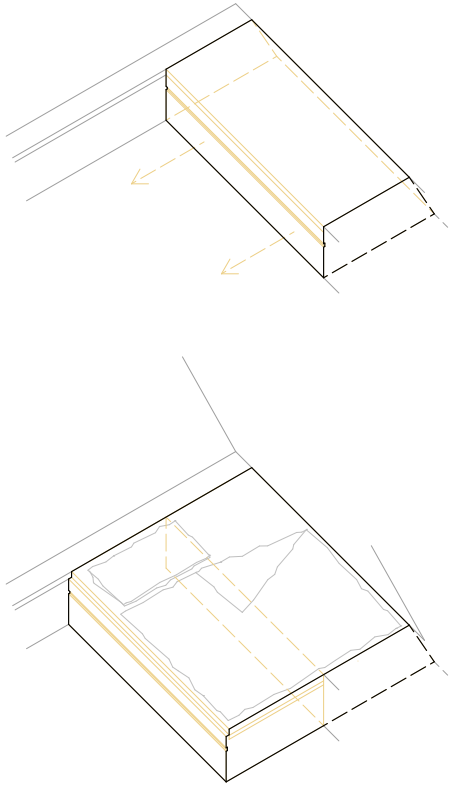


Abb. 71 Multifunktionsmöbel - Bett

4

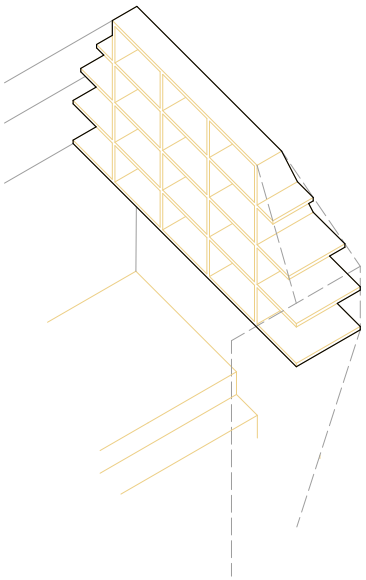


Abb. 73 Regal

5

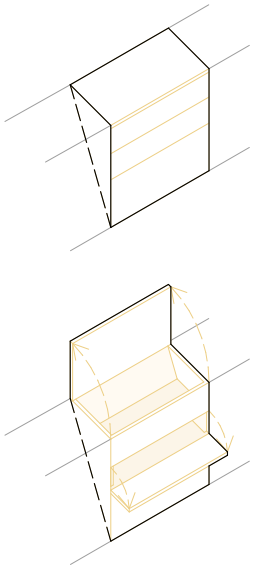


Abb. 74 Stauraum

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.

MÖBLIERUNGSKONZEPT

6

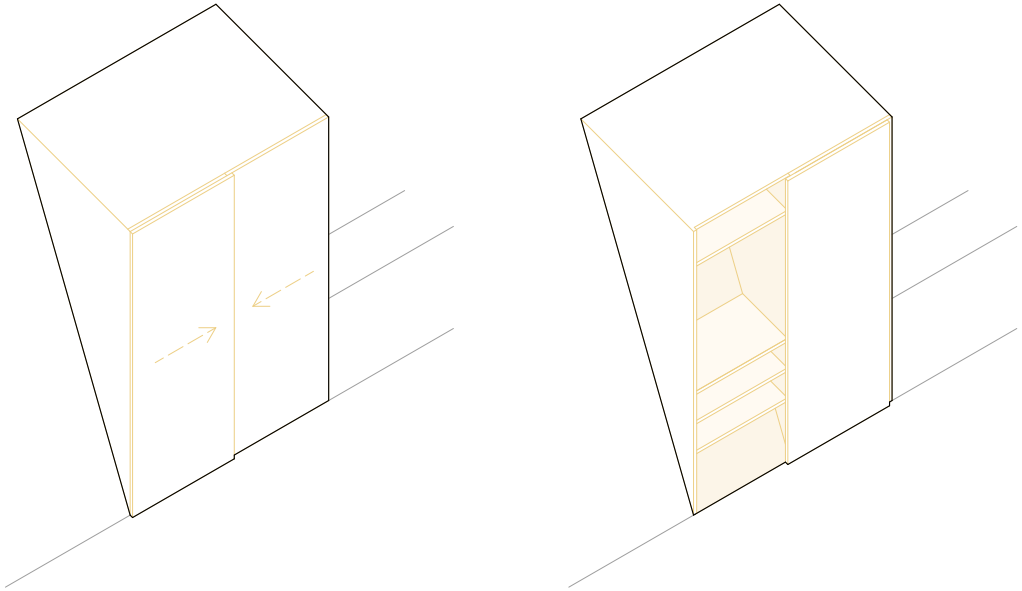


Abb. 75 Schranksystem

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.

VISUALISIERUNG - WOHNBEREICH

Abb. 76 Visualisierung Wohnbereich

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.

VISUALISIERUNG - SCHLAFBEREICH

Abb. 77 Visualisierung Schlafbereich

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.

ERSCHLIEßUNG

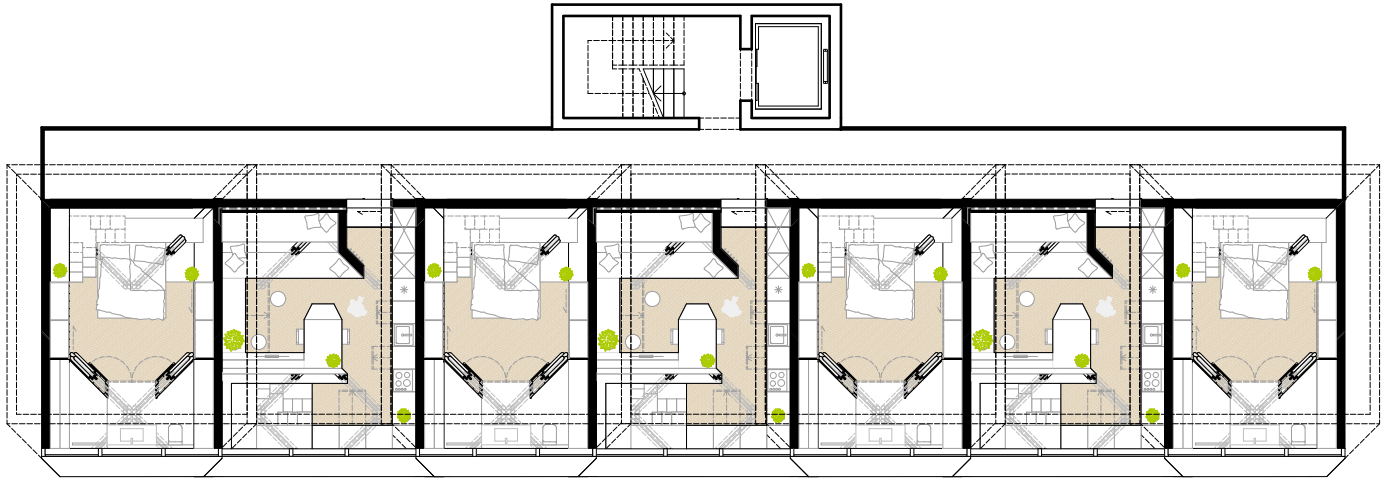


Abb. 78 Anordnung Typologie I

M 1:200

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.

ERSCHLIEßUNG

Abb. 79 Anordnung Typologie II

M 1:200

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.

ERSCHLIEßUNG

Abb. 80 Anordnung Typologie III

M 1:200

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.

ERSCHLIEßUNG

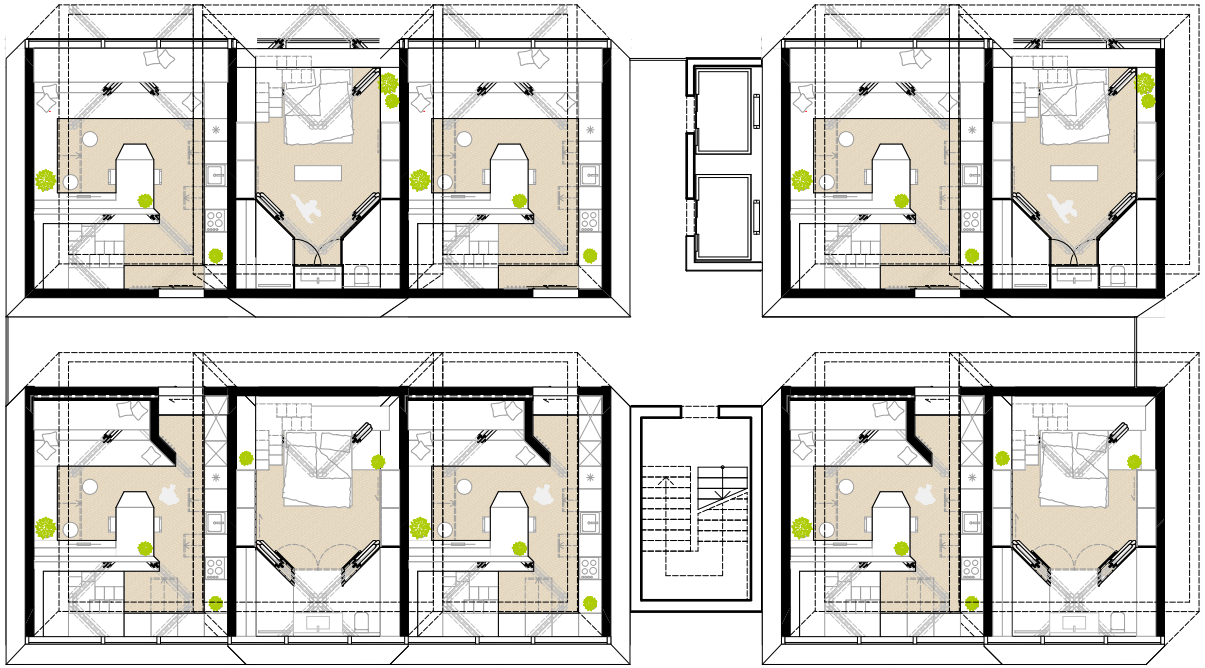


Abb. 81 Anordnung Typologie IV

M 1:200

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.

ELEMENTE - TEILUNG

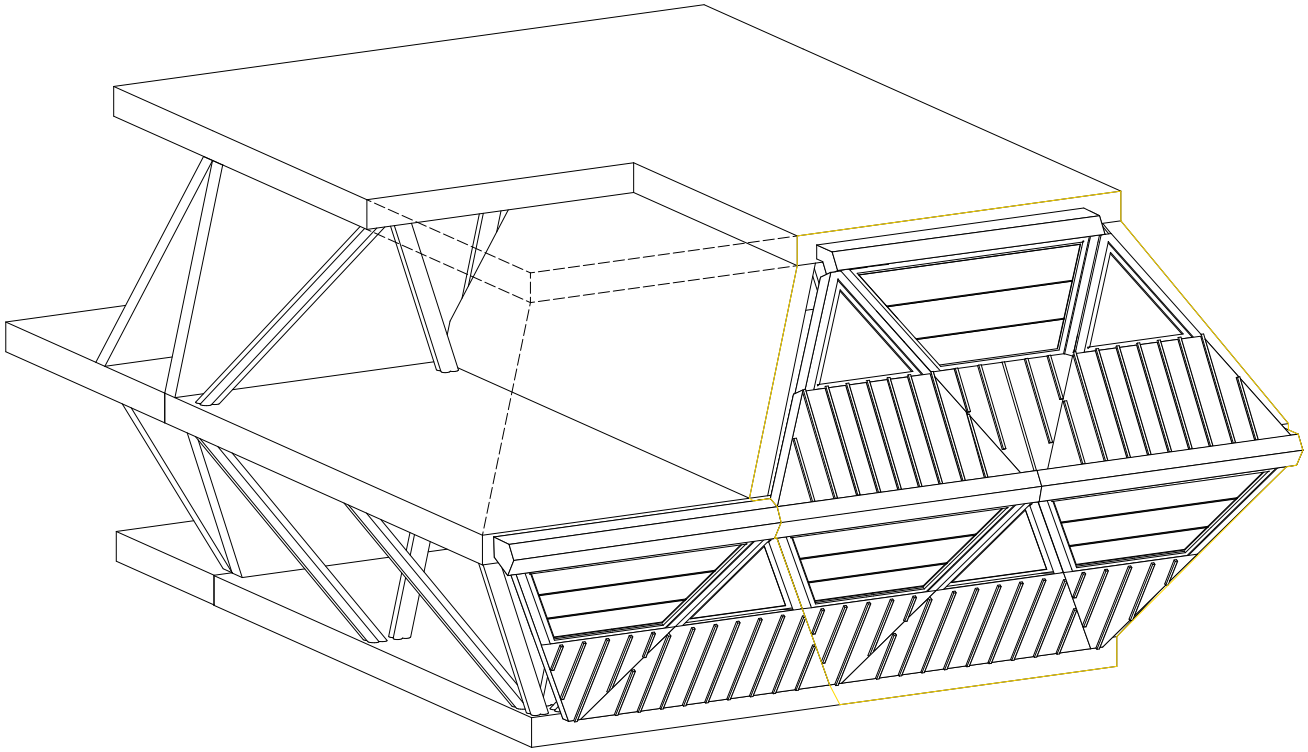


Abb .82 Grundstruktur - erweiterte Wohneinheit

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.

ELEMENTE - TEILUNG

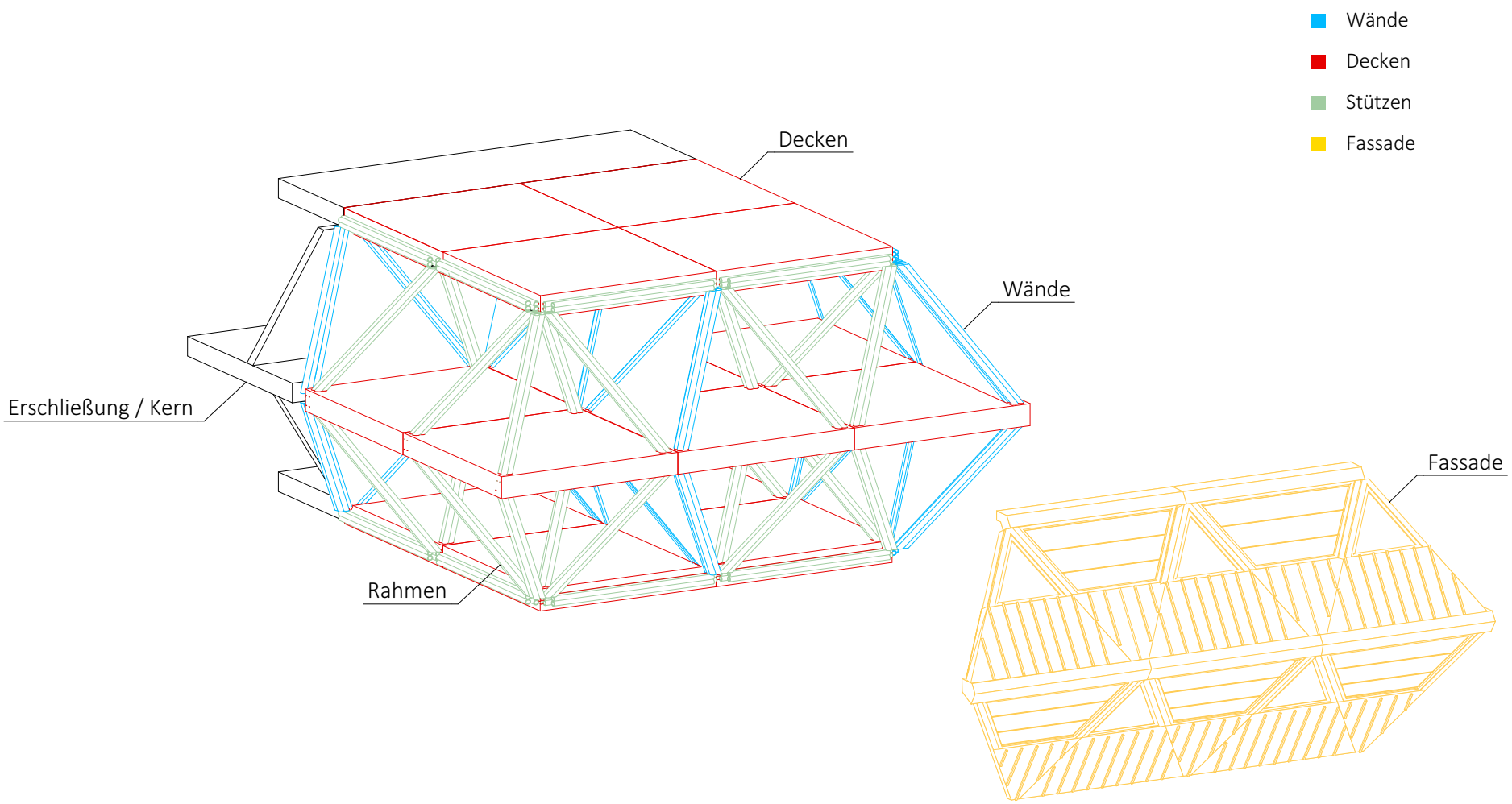
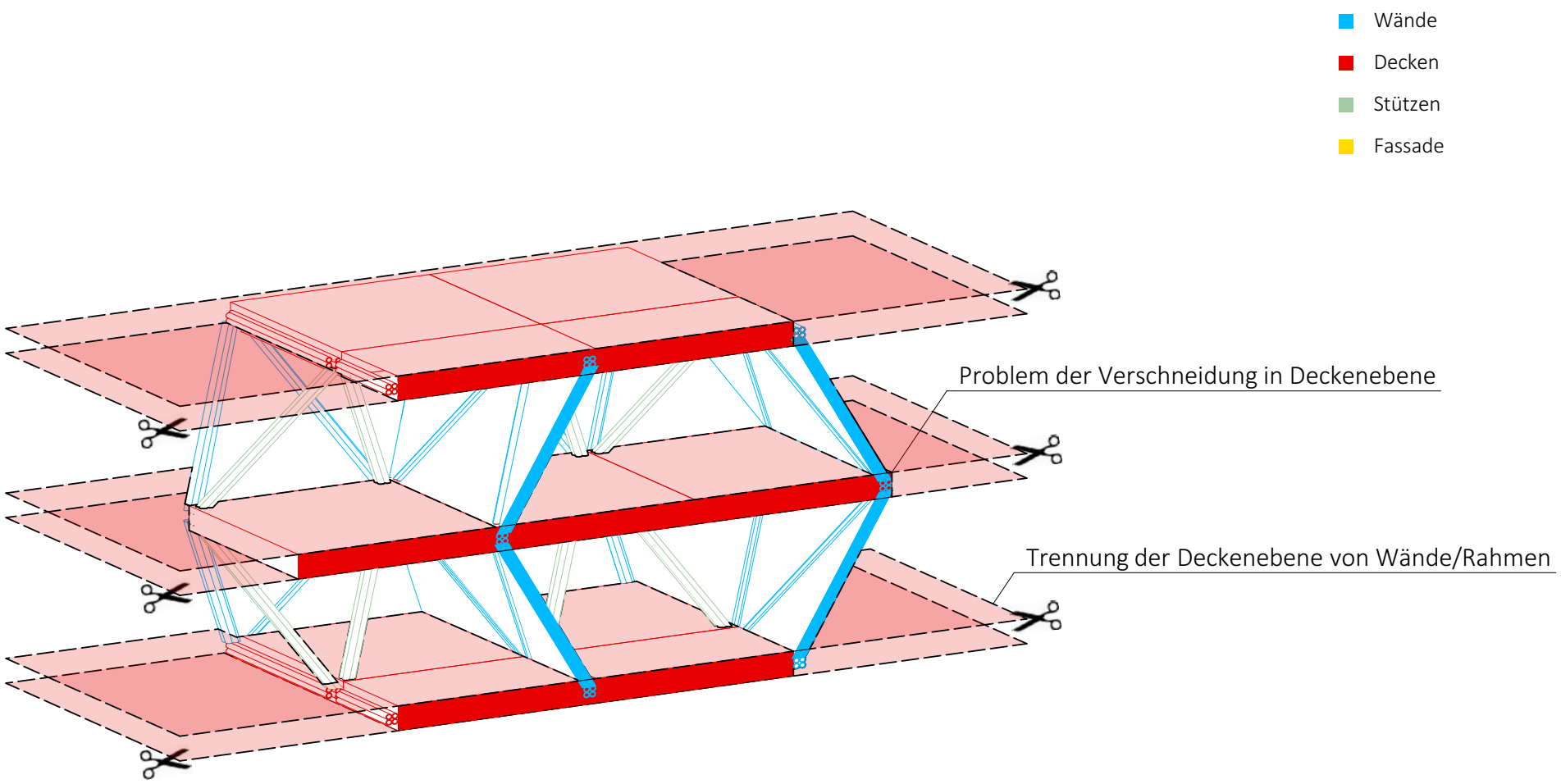


Abb. 83 Bestimmung der unterschiedlichen Elemente
(Fassadenverkleidung und Fußbodenaufbau konstruktiv unabhängig = vermeiden vonTransportschäden)

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.

ELEMENTE - TEILUNG



- Abb. 84 Problem der Verschneidung horizontaler und vertikaler Ebene
- Trennung der Deckenebene

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.

ELEMENTE - TEILUNG

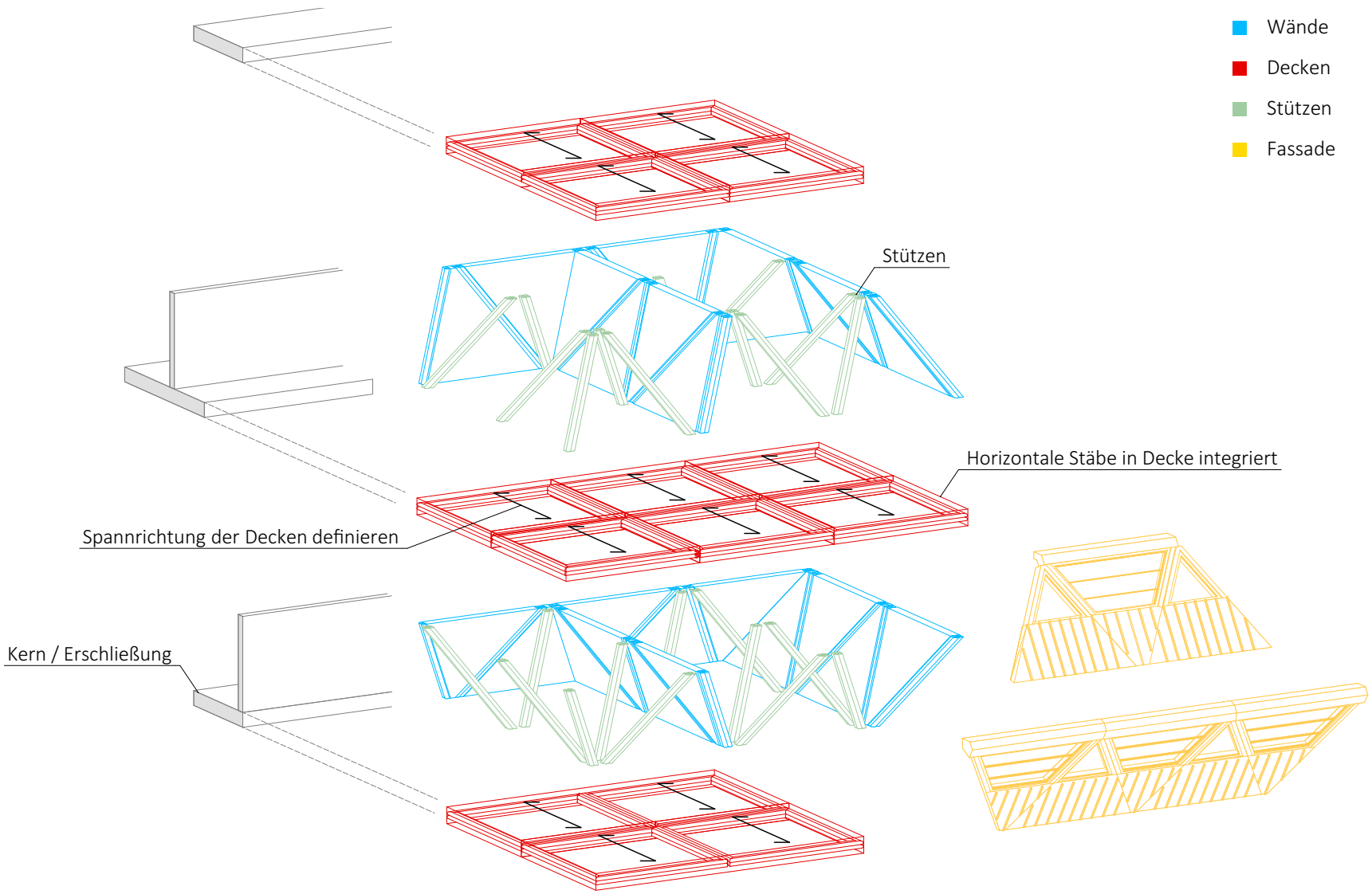
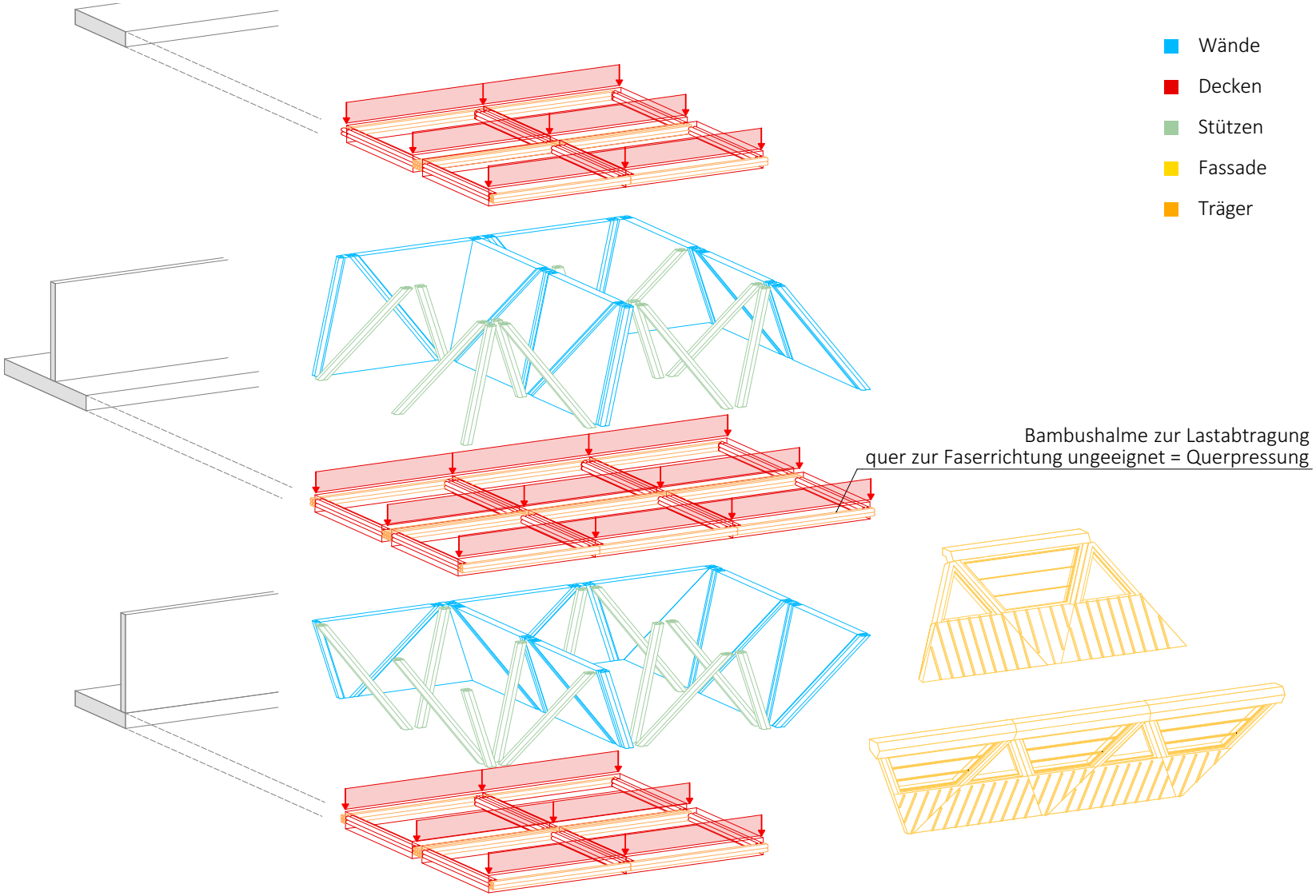


Abb. 85 Spannrichtung Decken definieren

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.

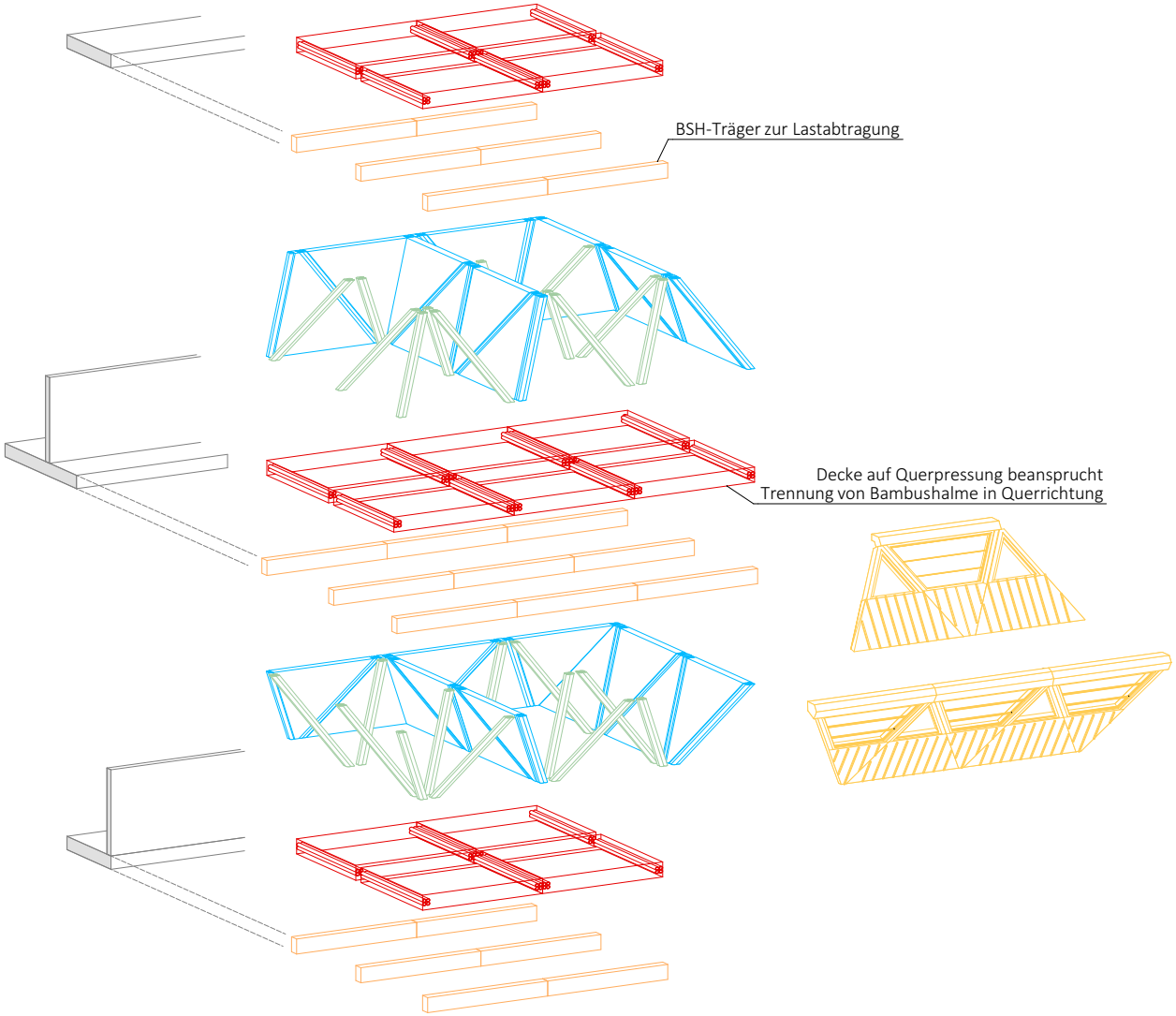
ELEMENTE - TEILUNG



- Abb. 86 Lastabtragung in Deckenebene bestimmen
- Beanspruchung folgt zur Querpressung der Bambushalme - Auswechslung notwendig

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.

ELEMENTE - TEILUNG



- Wände
- Decken
- Stützen
- Fassade
- Träger

- Abb. 87 BSH - Träger zur Lastabtragung der Deckenlasten
- Beanspruchung auf Querpressung der Bambushalme in Deckenebene

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.

ELEMENTE - TEILUNG

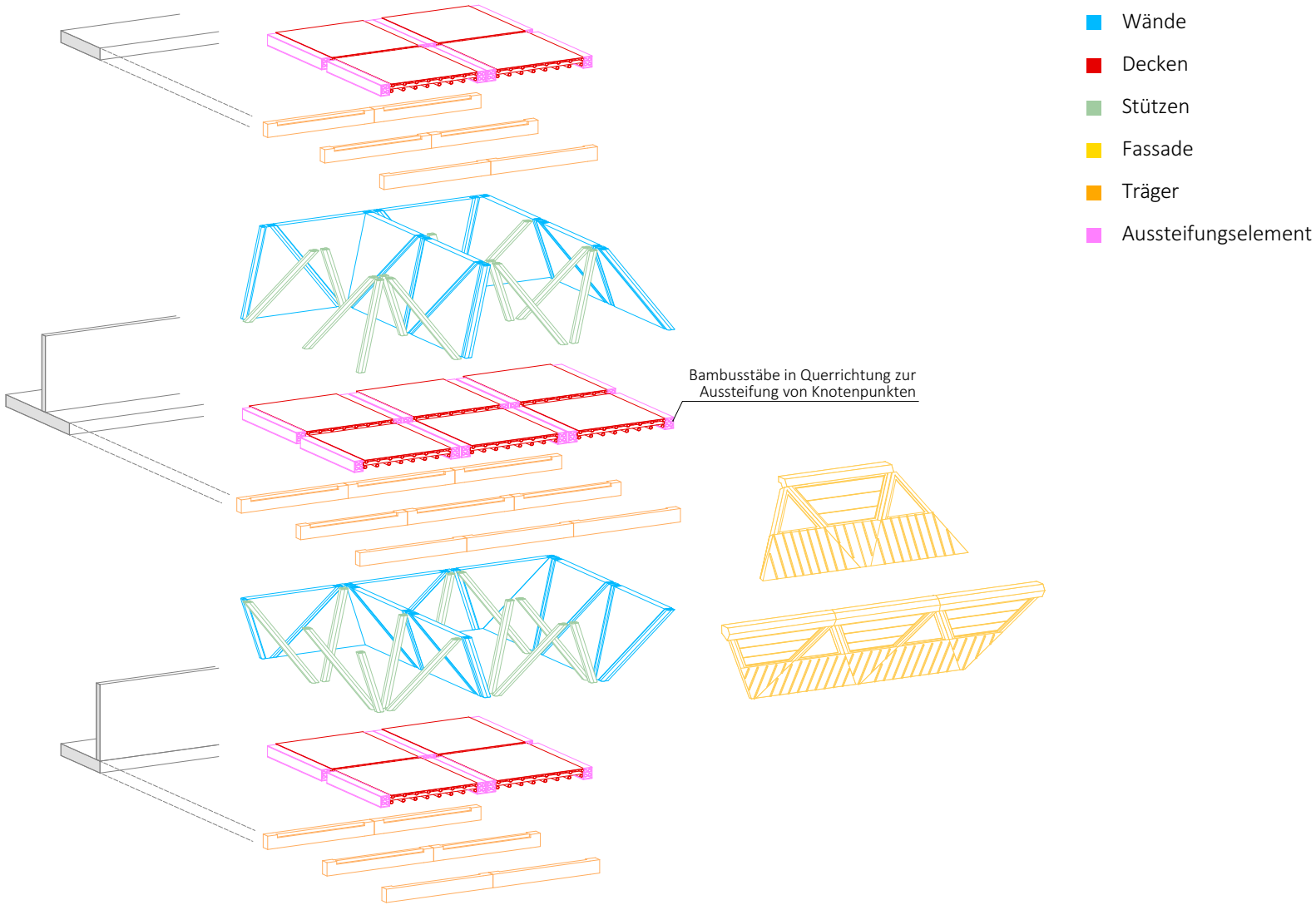


Abb. 88 Querpressung in Deckenebene - Trennung aussteifender Bambushalme in Querrichtung

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.

ELEMENTE - TEILUNG

- Wände
- Decken
- Stützen
- Fassade
- Träger
- Aussteifungselement

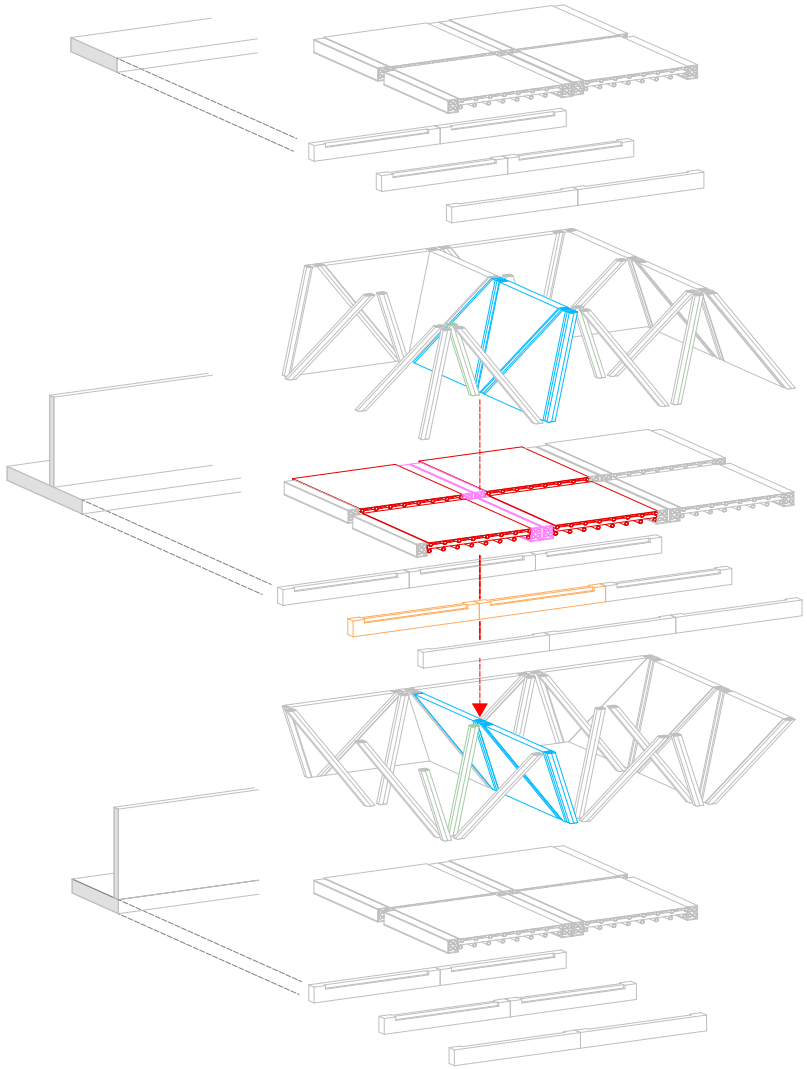


Abb. 89 Elemente im Knotenpunkt definieren

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.

ELEMENTE - TEILUNG

- Wände
- Decken
- Stützen
- Fassade
- Träger
- Aussteifungselement
- Verbindungsstück

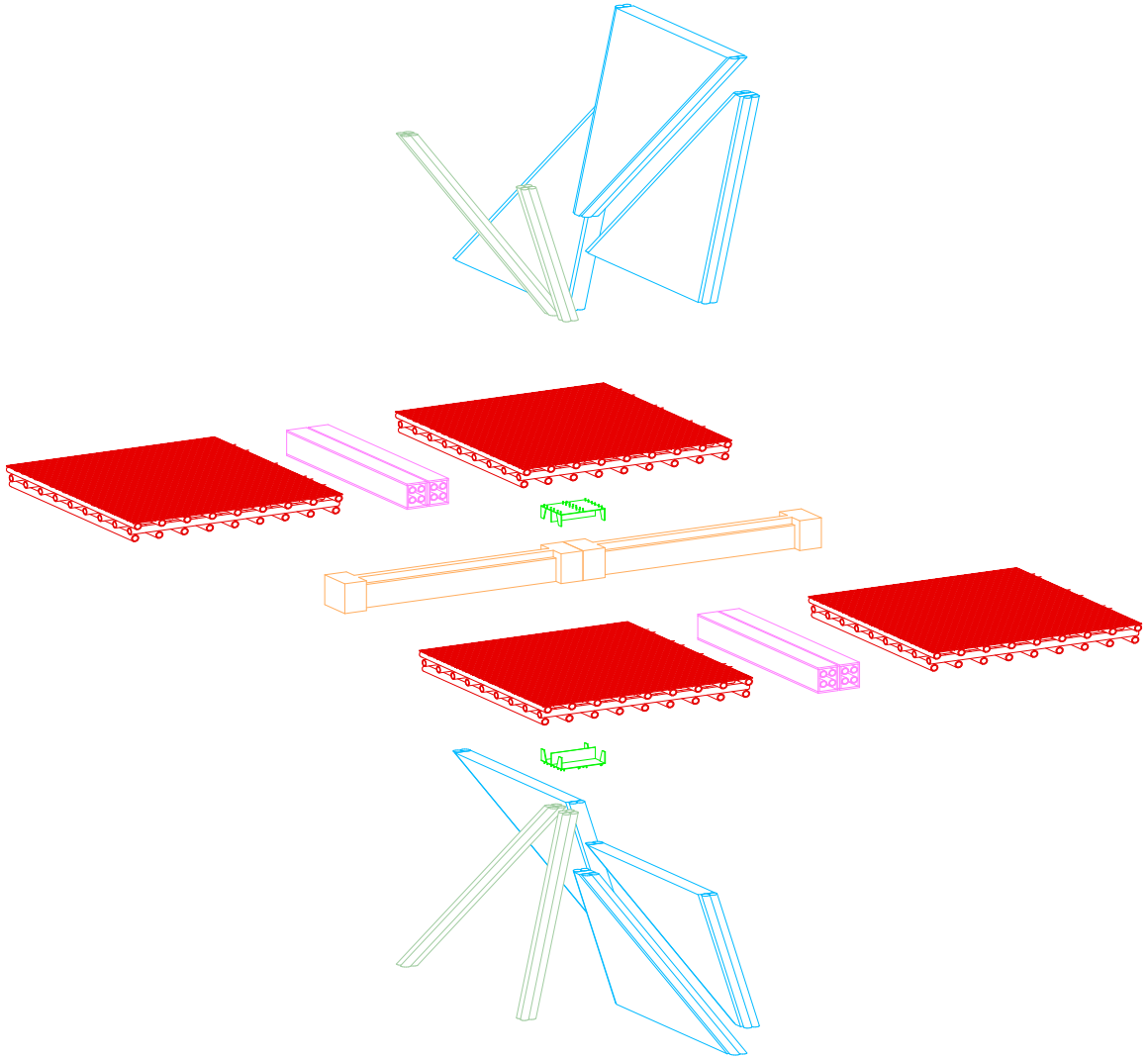


Abb. 90 Verbindungsstück definieren

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.

ELEMENT - WOHNUNGSTRENNWAND

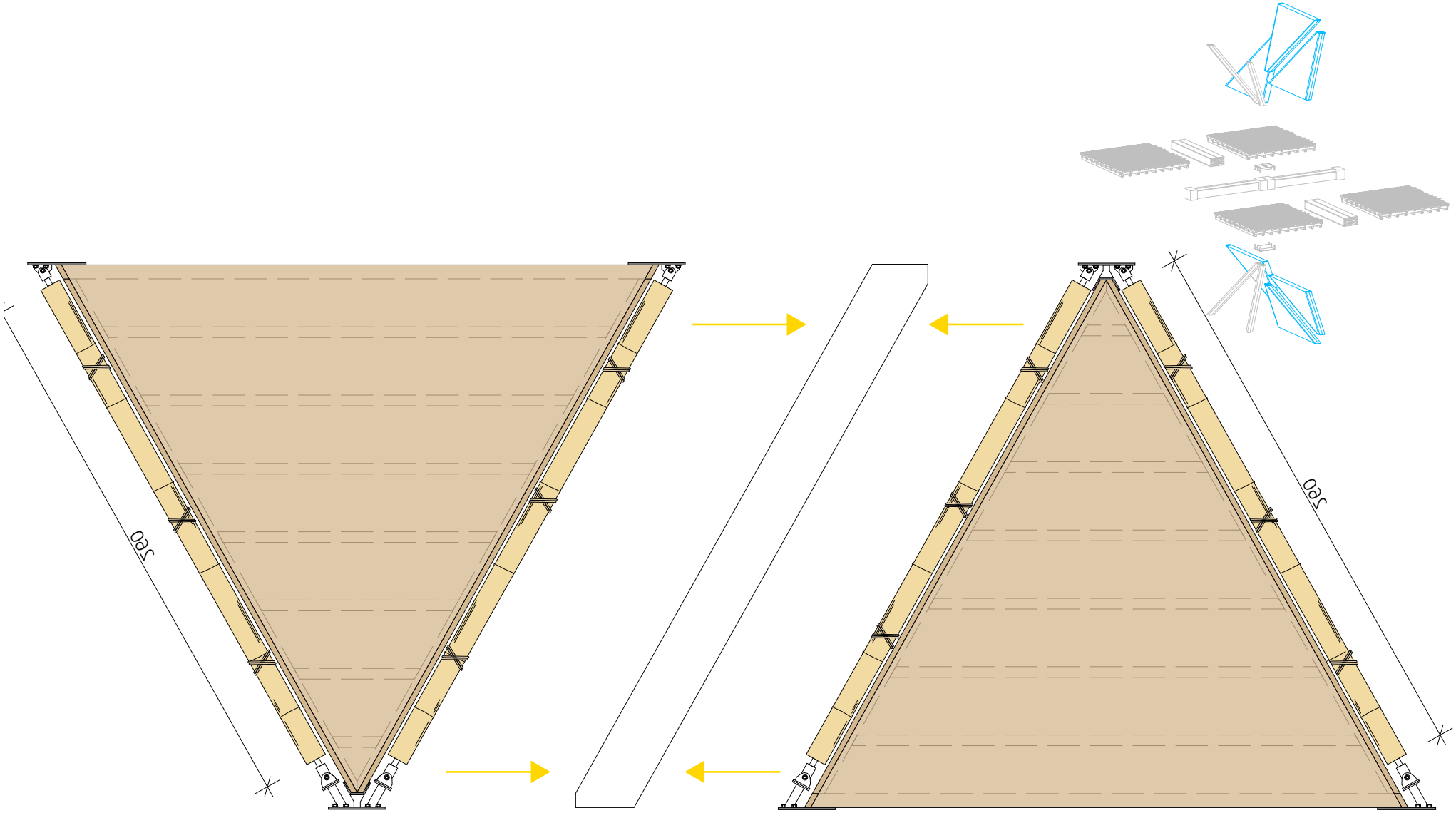


Abb. 91 Überblick Wandelemente

M 1:25

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.

ELEMENT - WOHNUNGSTRENNWAND

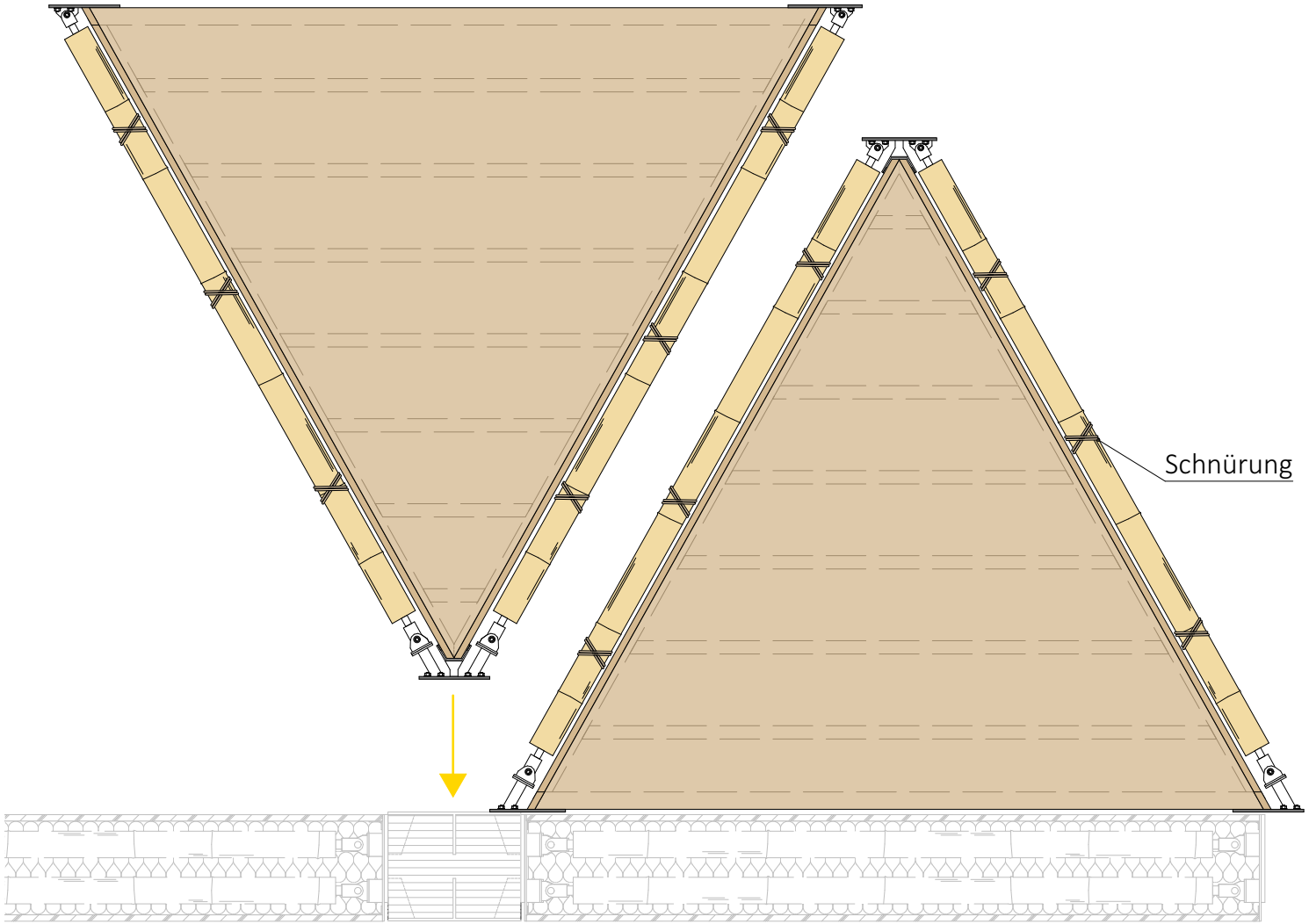


Abb. 92 Fügung der Wandelemente

M 1:25

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.

ELEMENT - WOHNUNGSTRENNWAND

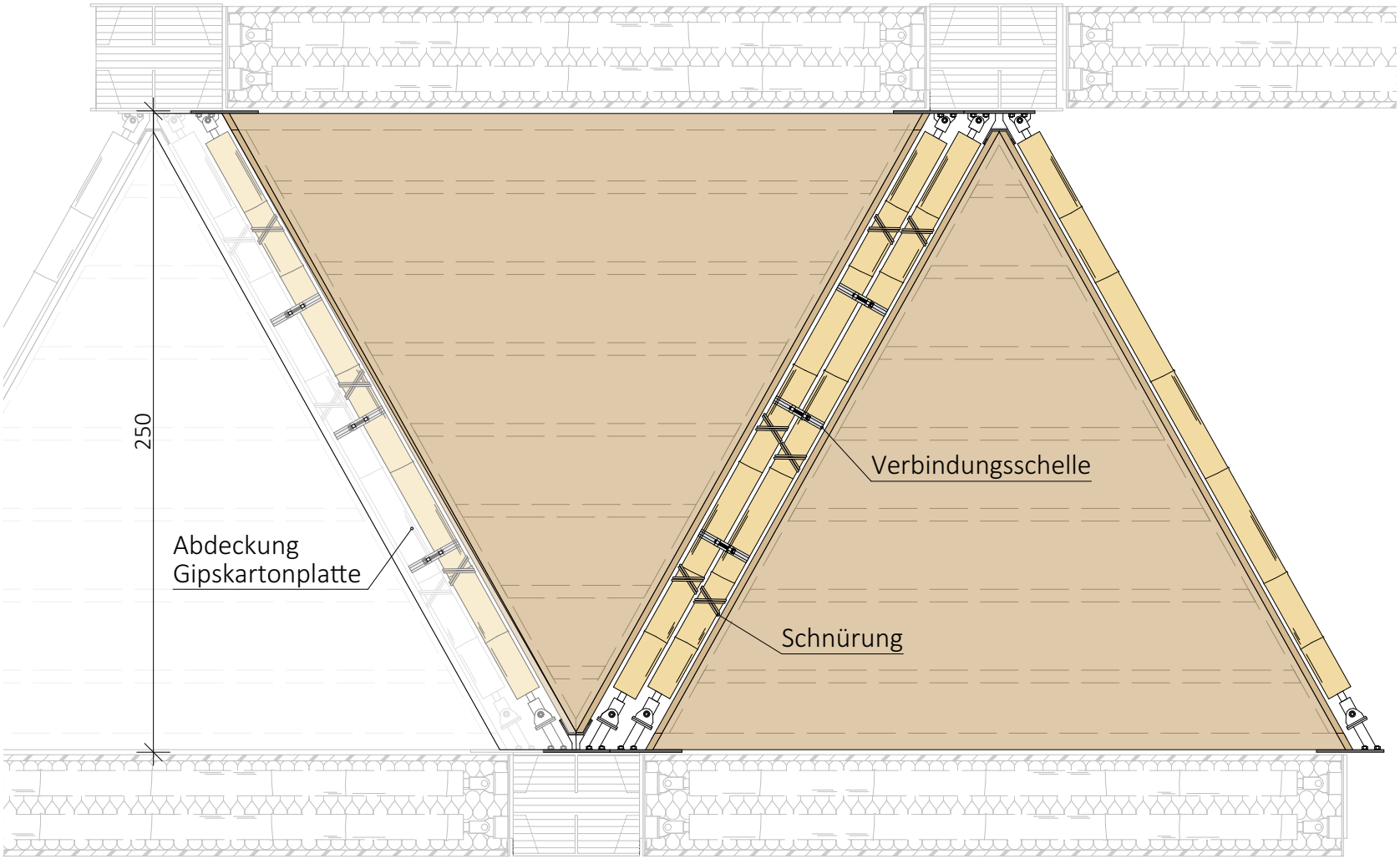


Abb. 93 Offenlegung der Halmkonstruktion ermöglicht
nachträgliche Verbindung durch Schellen (Verringerung der Knickgefahr)

M 1:25

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.

ELEMENT - WOHNUNGSTRENNWAND

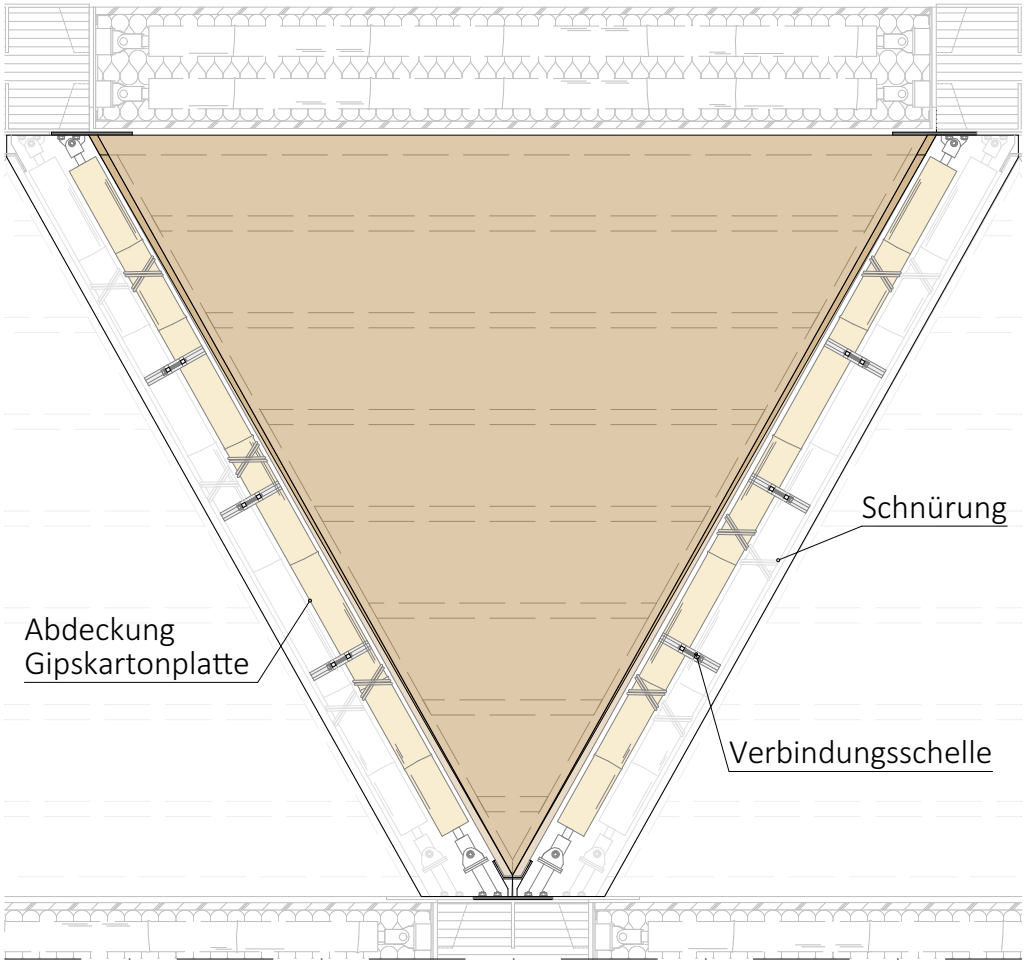


Abb. 94 Befestigung der Abdeckung

M 1:25

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.

ELEMENT - WOHNUNGSTRENNWAND

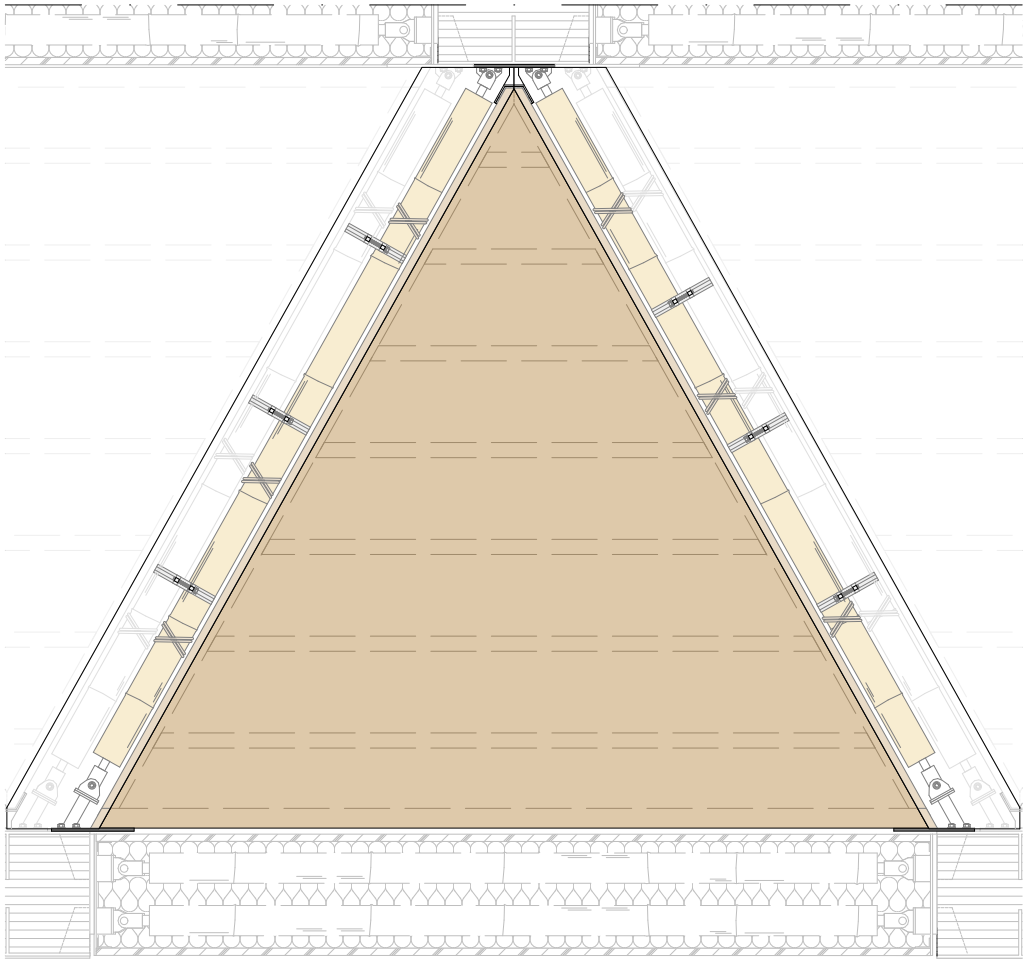


Abb. 95 Befestigung der Abdeckung

M 1:25

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.

ELEMENT - WOHNUNGSTRENNWAND

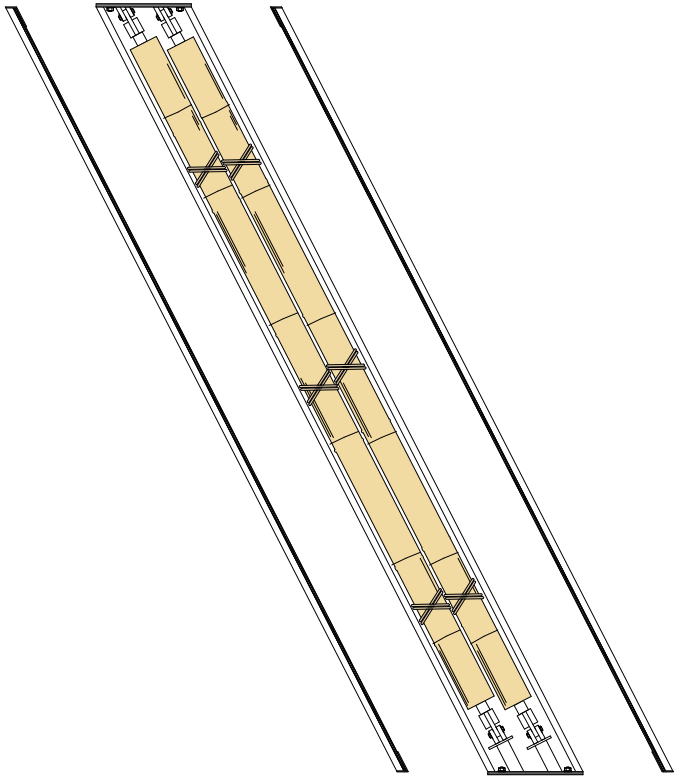


Abb. 96 Querschnitt Wandelement

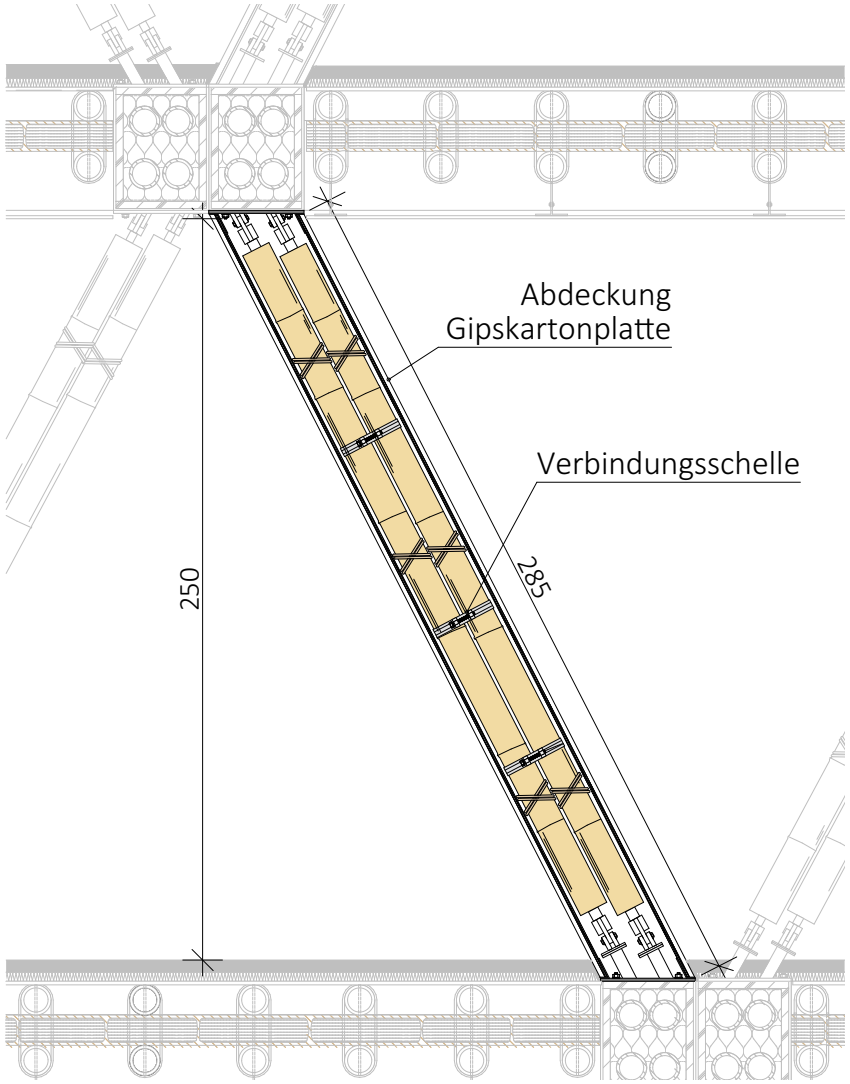
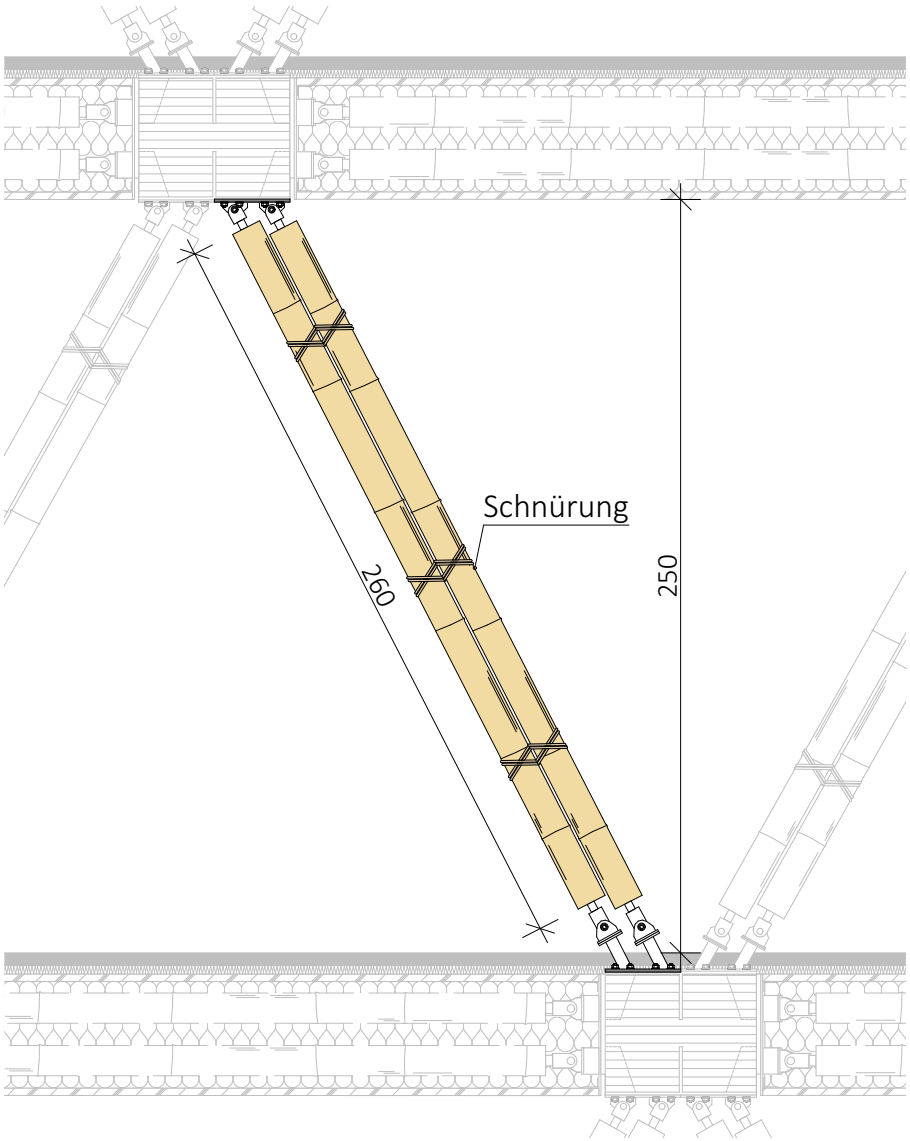


Abb. 97 Querschnitt Wandelement im montierten Zustand

M 1:25

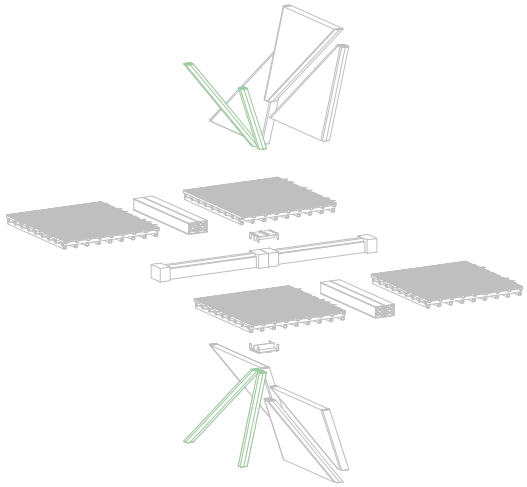
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

ELEMENT - STÜTZE



M 1:25

Abb. 98 Stütze im montierten Zustand



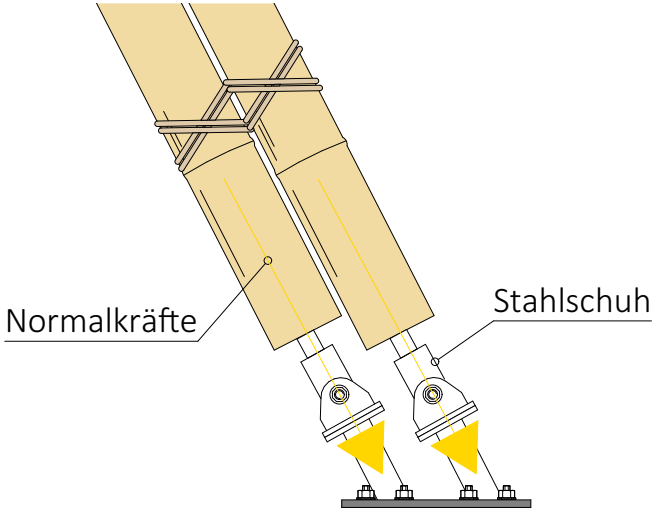


Abb. 99 Günstige Übertragung der Normalkräfte

M 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.

ELEMENT - DECKE

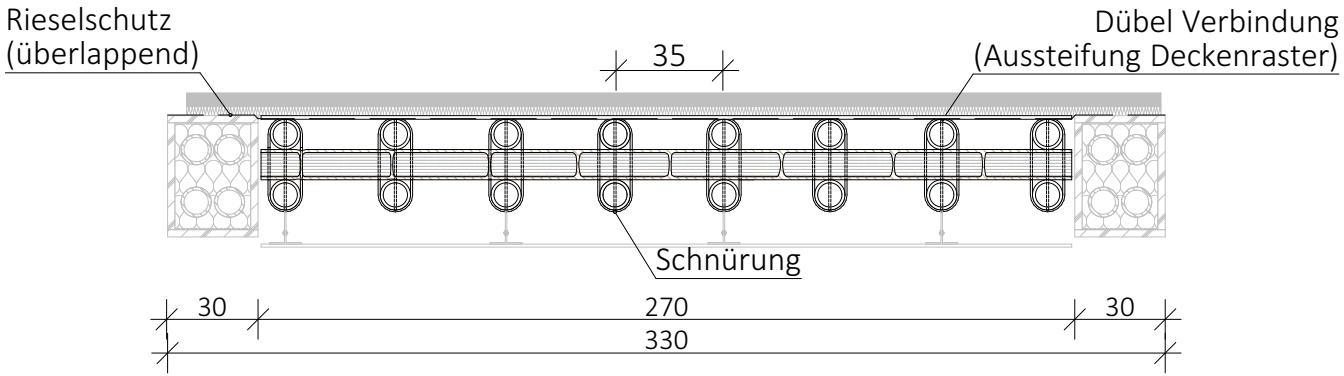
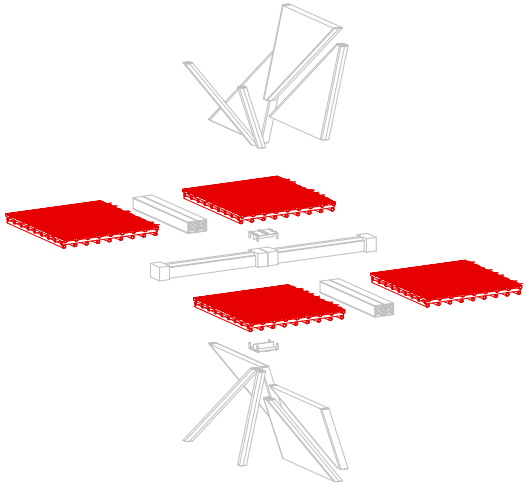
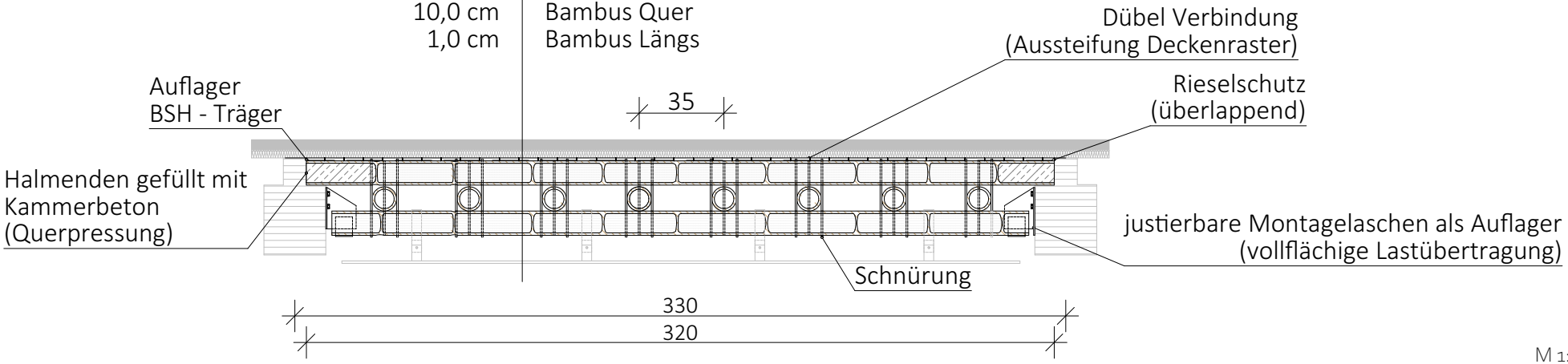


Abb.100 Decke im montierten Zustand in Querrichtung



4,5 cm	geschliffener Estrich
-	Trennlage / PAE-Folie
3,0 cm	Trittschalldämmung - Stroh
-	Rieselschutzflies
1,0 cm	Gespaltene Bambushalme
10,0 cm	Bambus Längs
10,0 cm	Bambus Quer
1,0 cm	Bambus Längs

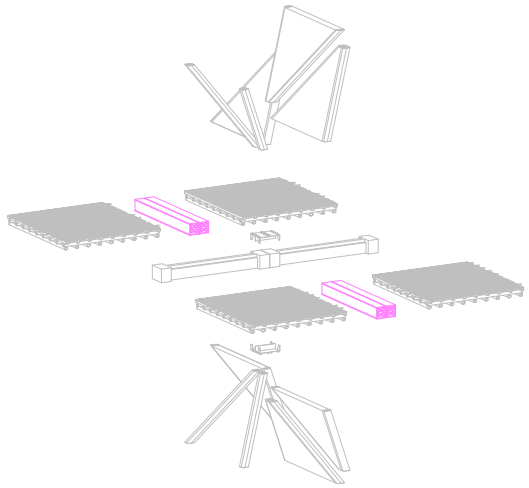


M 1:25

Abb.101 Decke im montierten Zustand in Längsrichtung

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.

ELEMENT - AUSSTEIFUNGSELEMENT



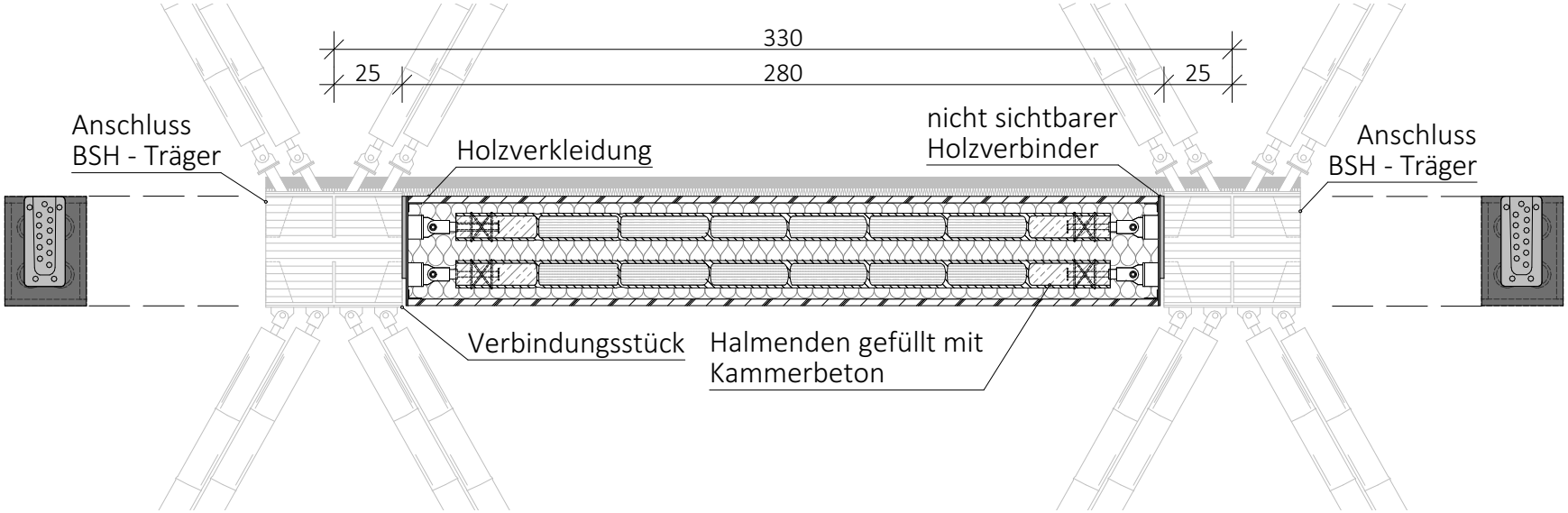


Abb. 102 Aussteifungselement im montierten Zustand

M 1:25

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.

ELEMENT - VERBINDUNGSSTÜCK

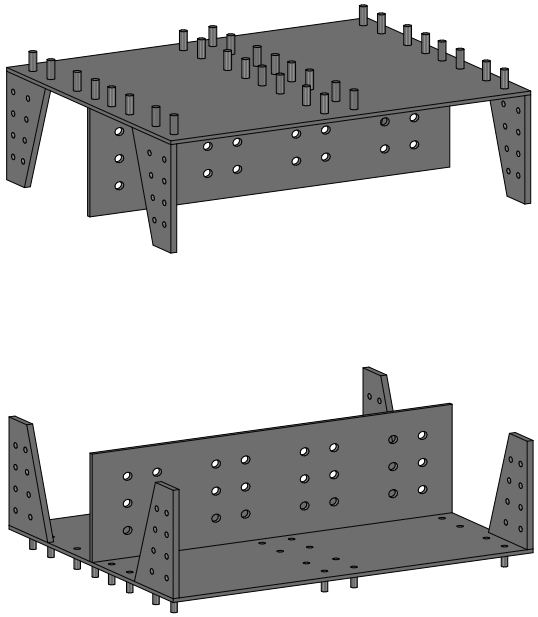


Abb. 103 Verbindungsstück
Flächige Kräfteübertragungvon Stützen und Wandelementen auf den Träger / Knotenpunkt
Gleichzeitige Verbindung der Träger

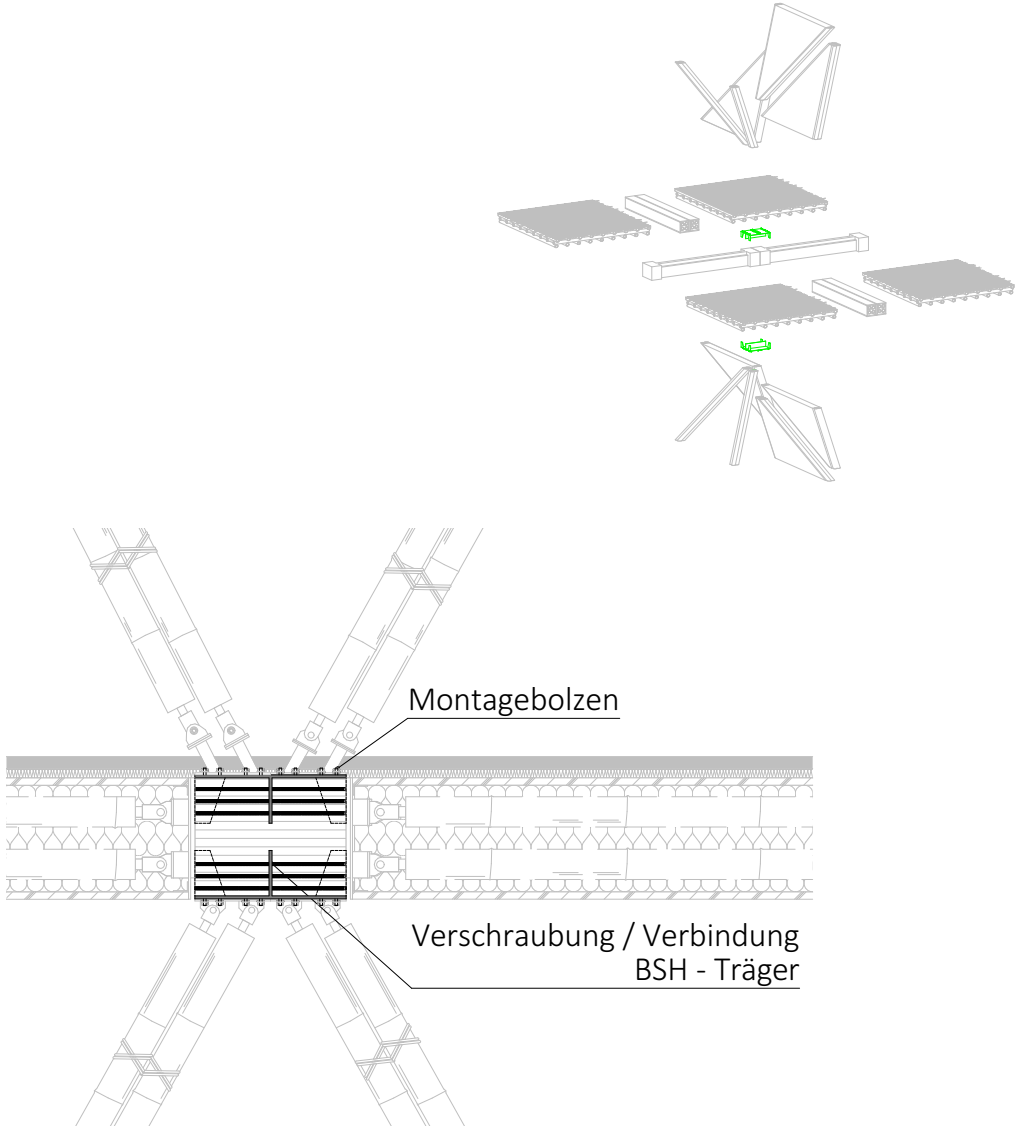


Abb. 104 Verbindungsstück im montierten Zustand

M 1:25

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.

ELEMENT - VERBINDUNGSSTÜCK

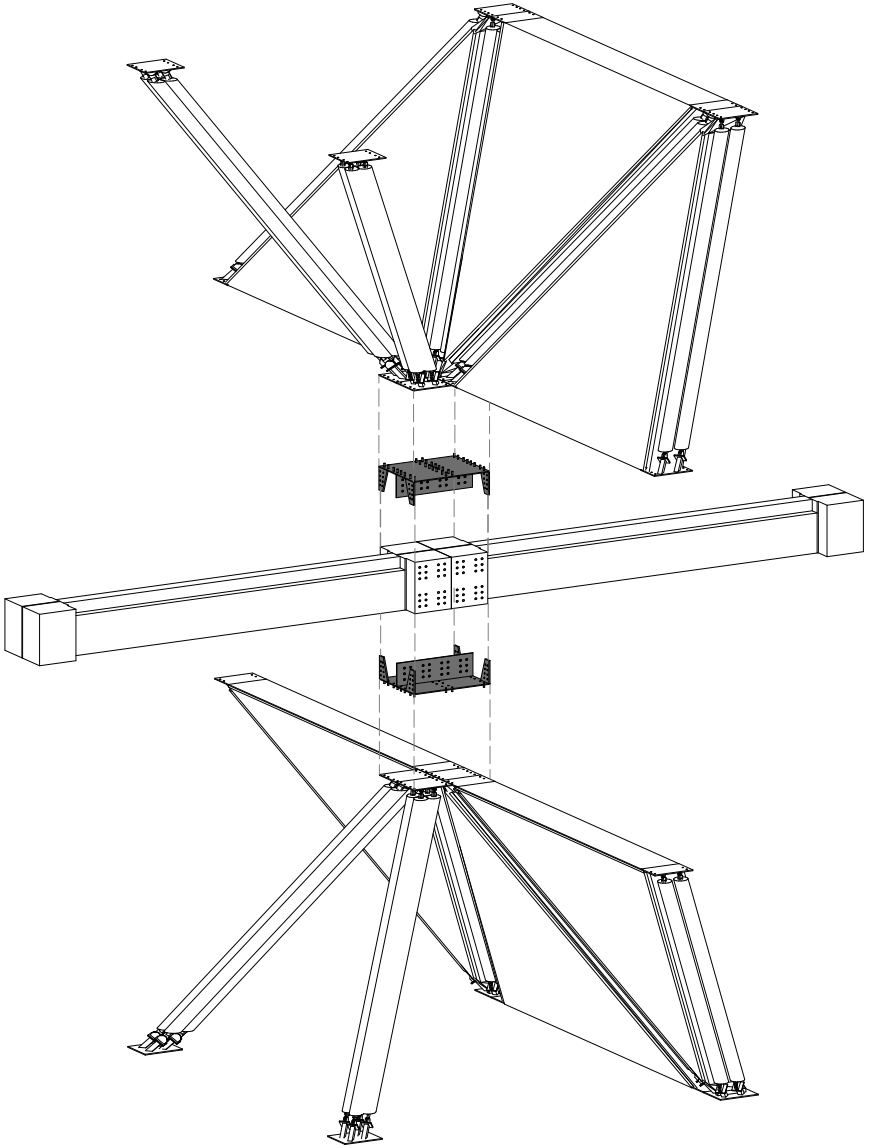


Abb. 105 Fügung Verbindungsstück

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.

FÜGUNGSPRINZIP KNOTENPUNKT

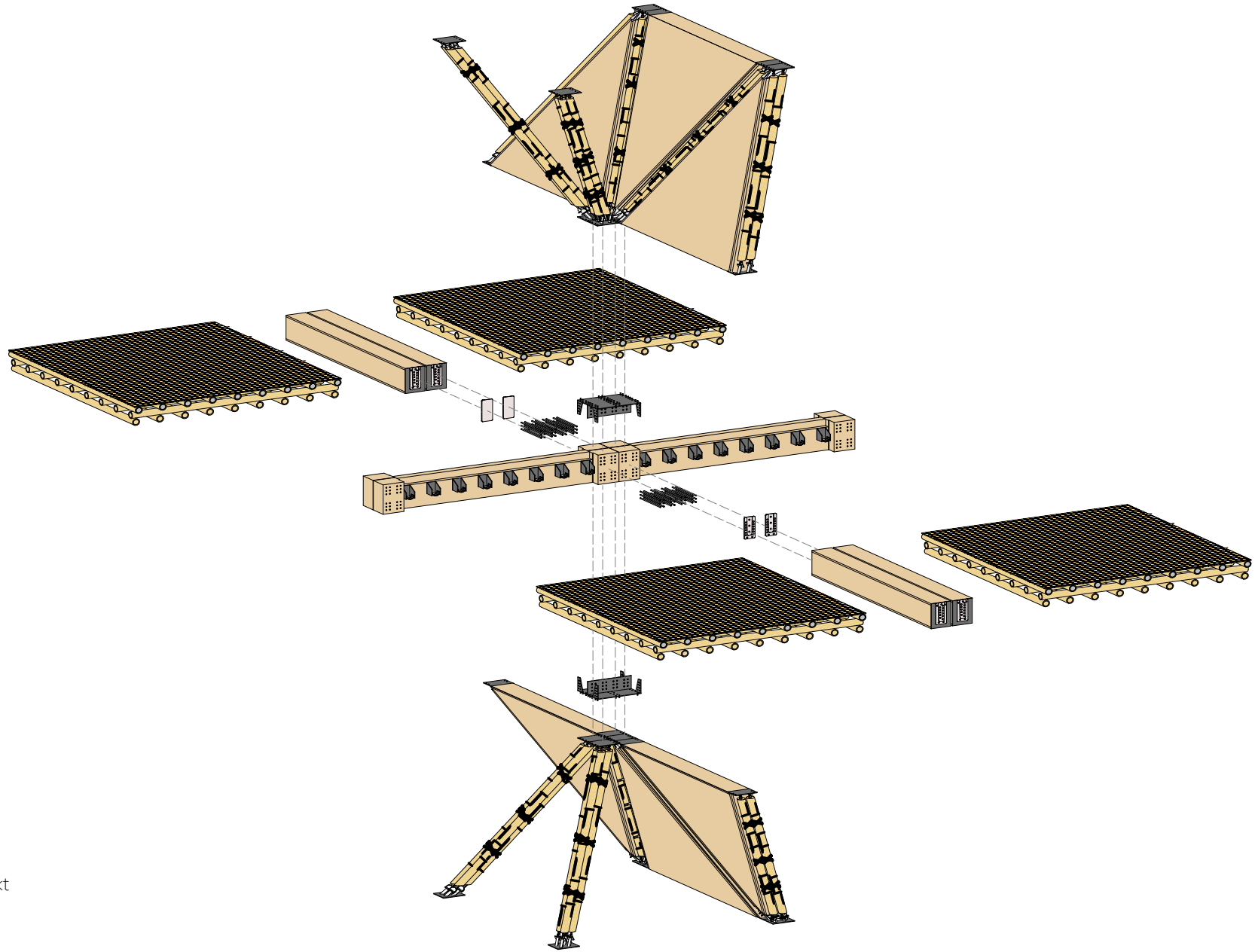


Abb. 106 Fügung Knotenpunkt

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.

ELEMENT - FASSADE

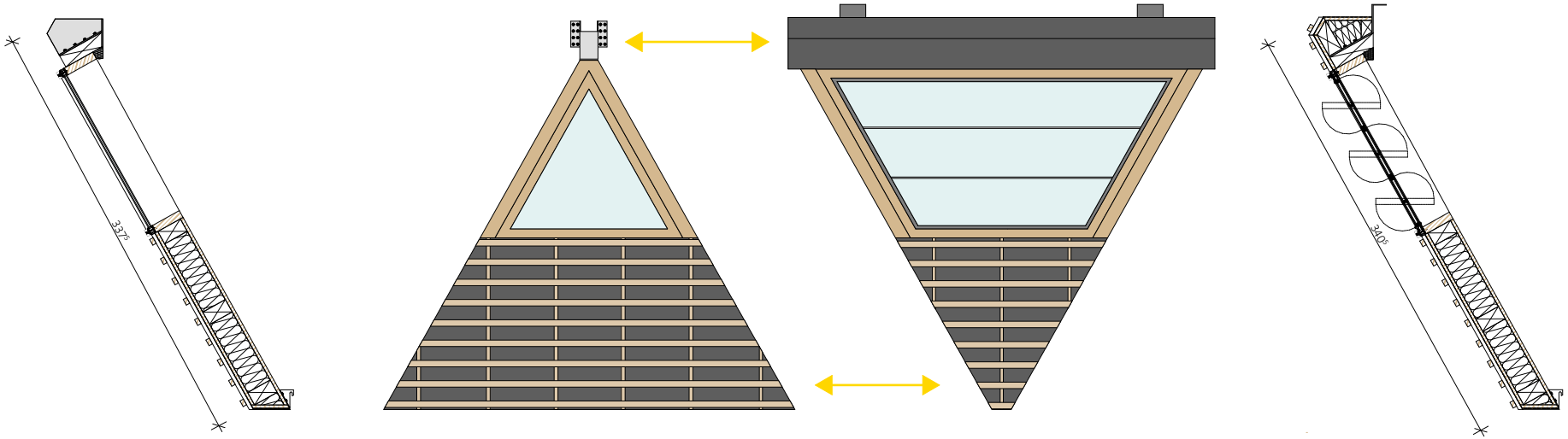


Abb. 107 Fügung Fassadenelemente I

M 1:50

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.

ELEMENT - FASSADE

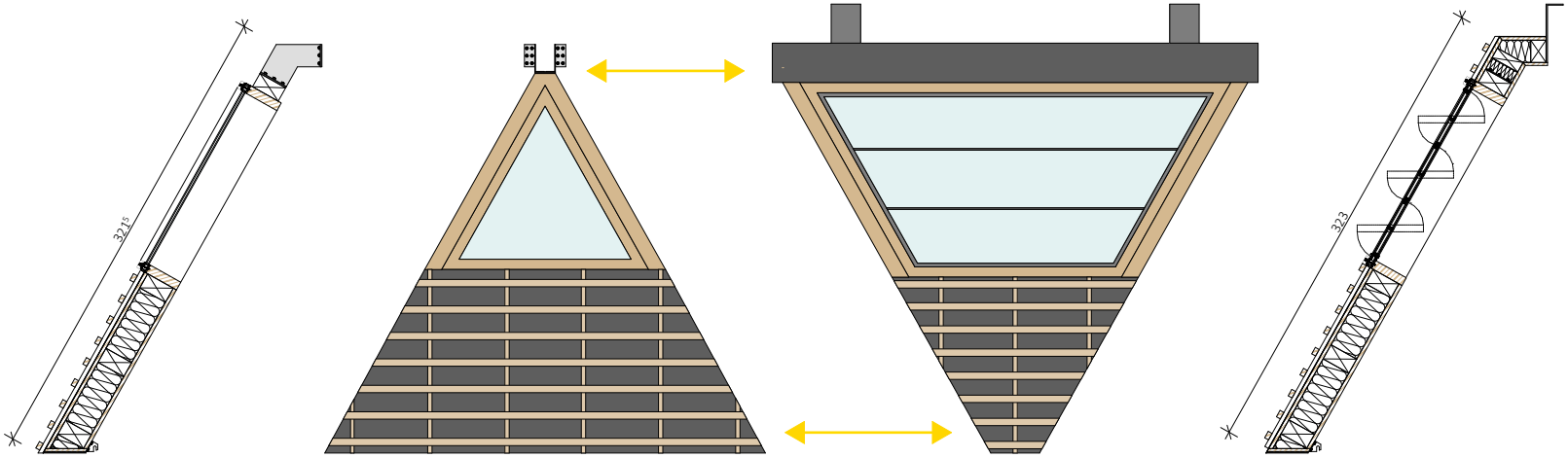


Abb. 108 Fügung Fassadenelemente II

M 1:50

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.

LASTABTRAGUNG

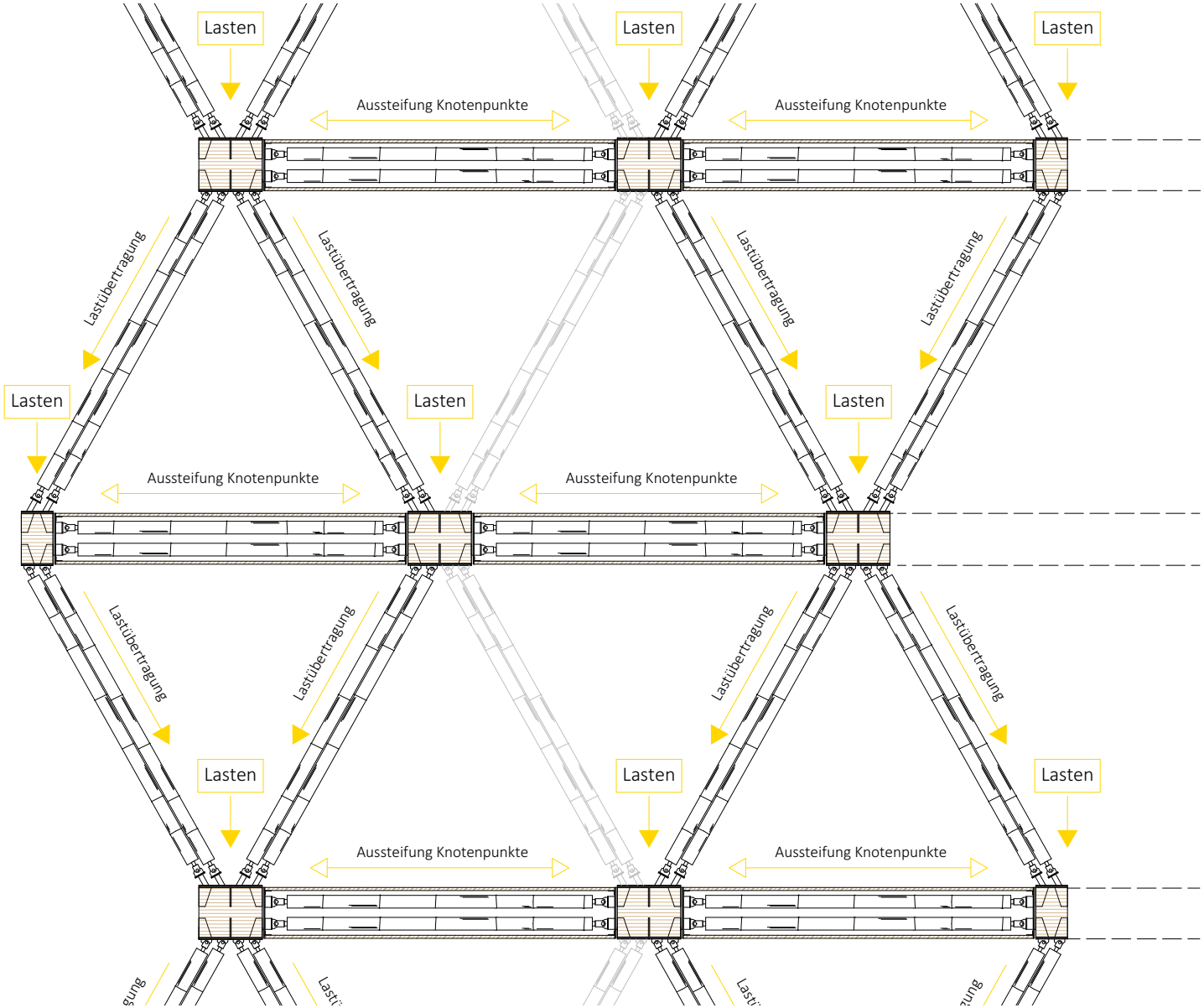


Abb. 109 Lastabtragung

M 1:50

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.

TRAGWERKSKONZEPT

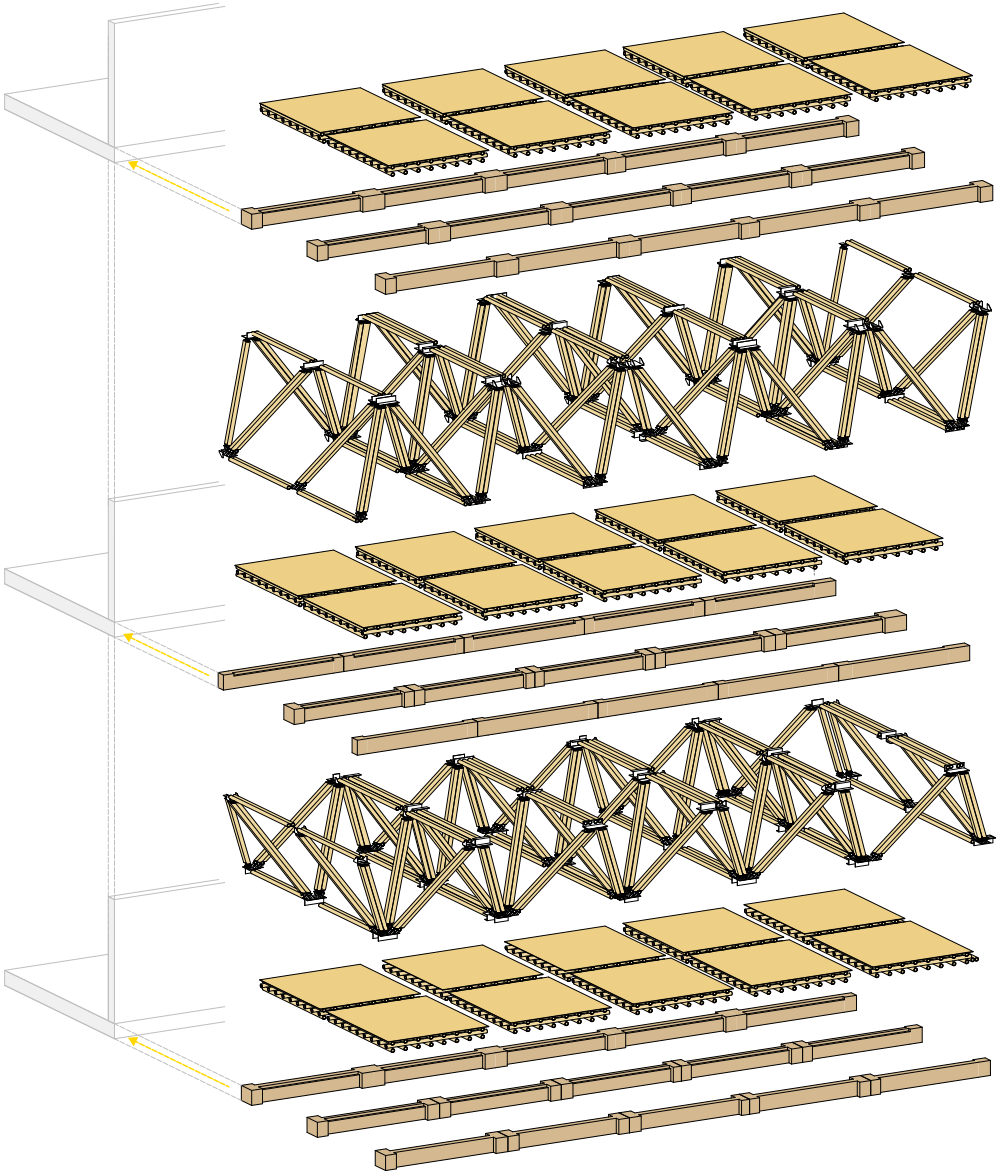


Abb. 110 Tragwerkskonzept

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.

FASSADENSCHNITT

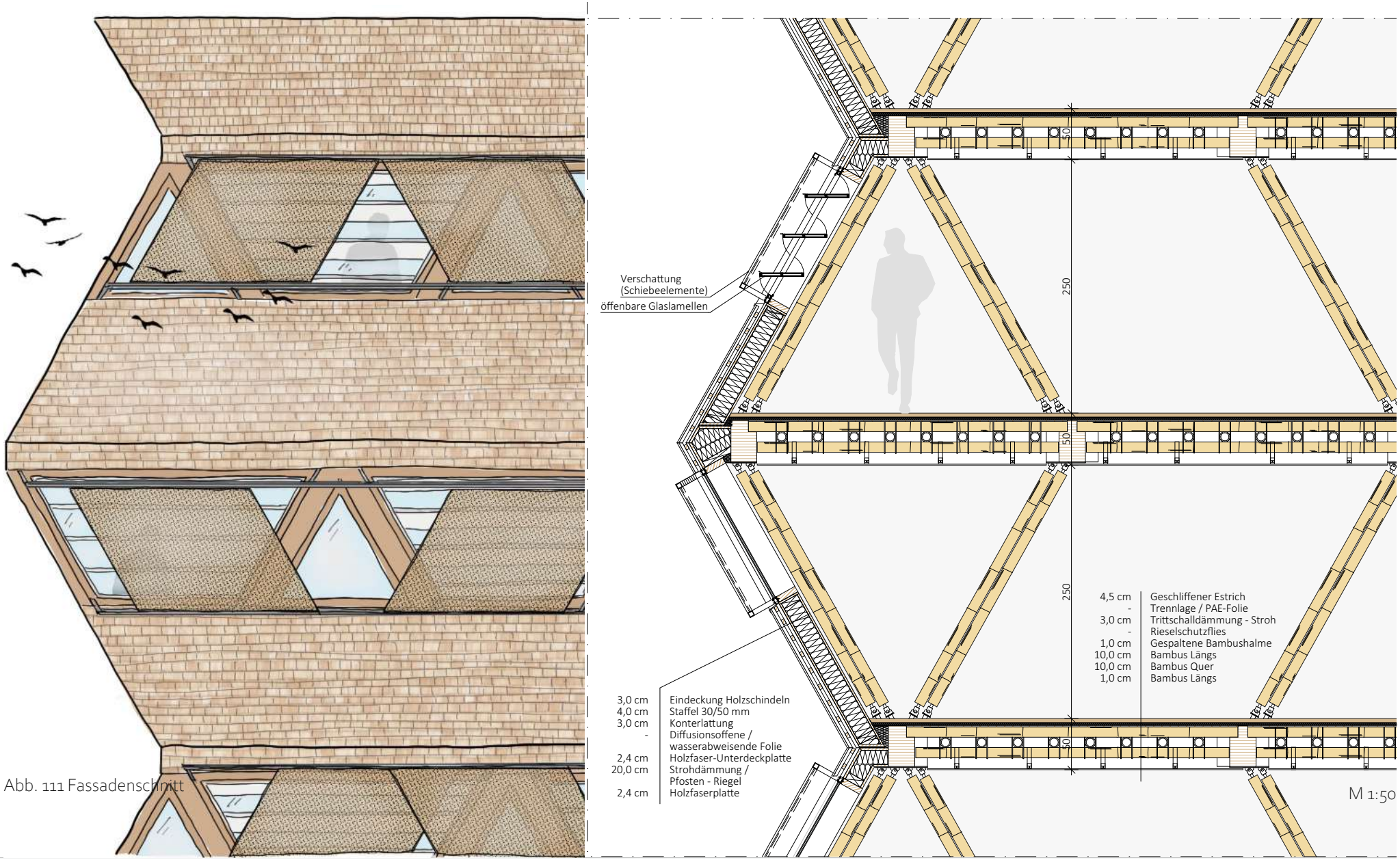


Abb. 111 Fassadenschnitt

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.

ÜBERSICHT DETAIL

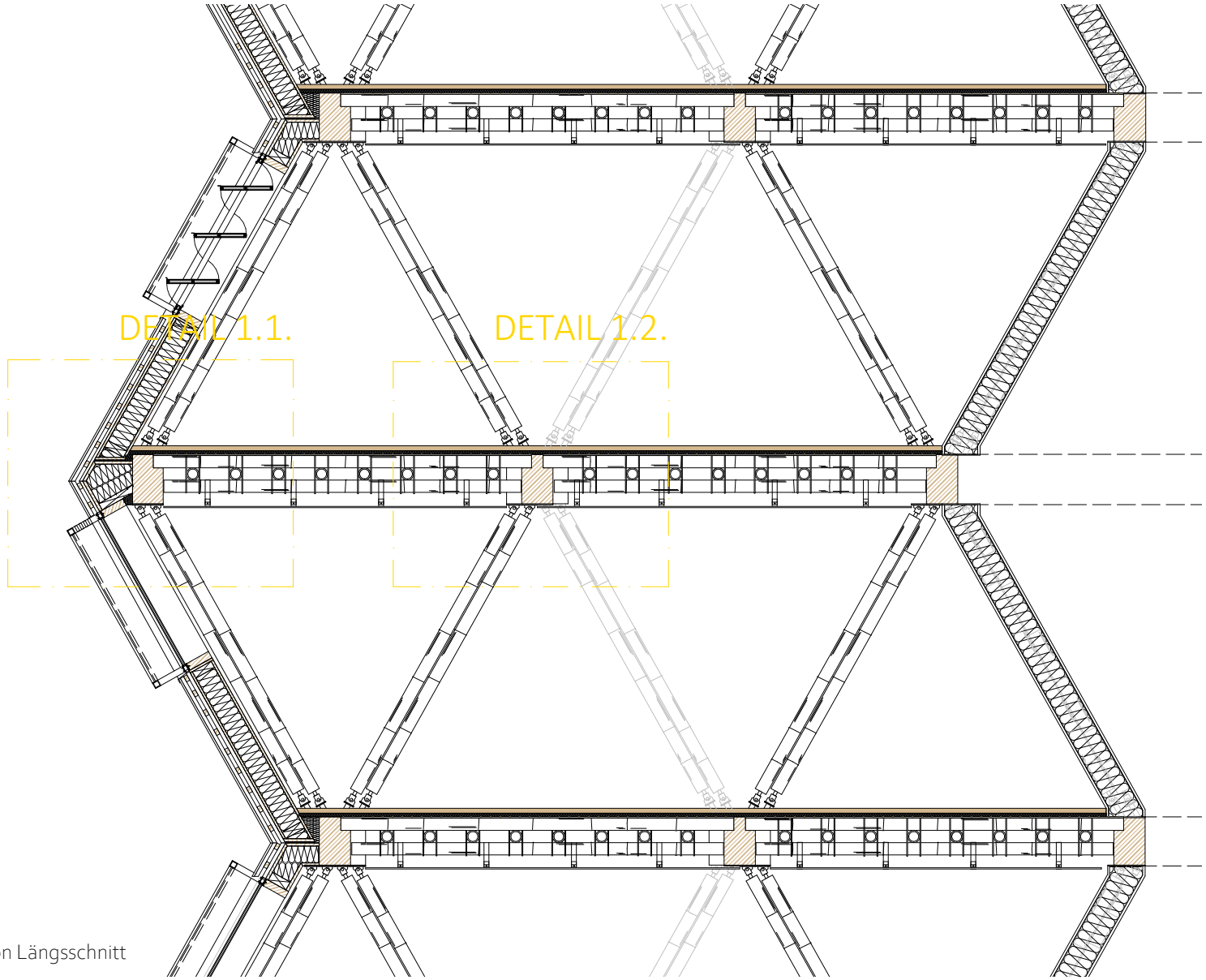


Abb. 112 Übersicht Detailposition Längsschnitt

M 1:50

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.

DETAIL 1.1.

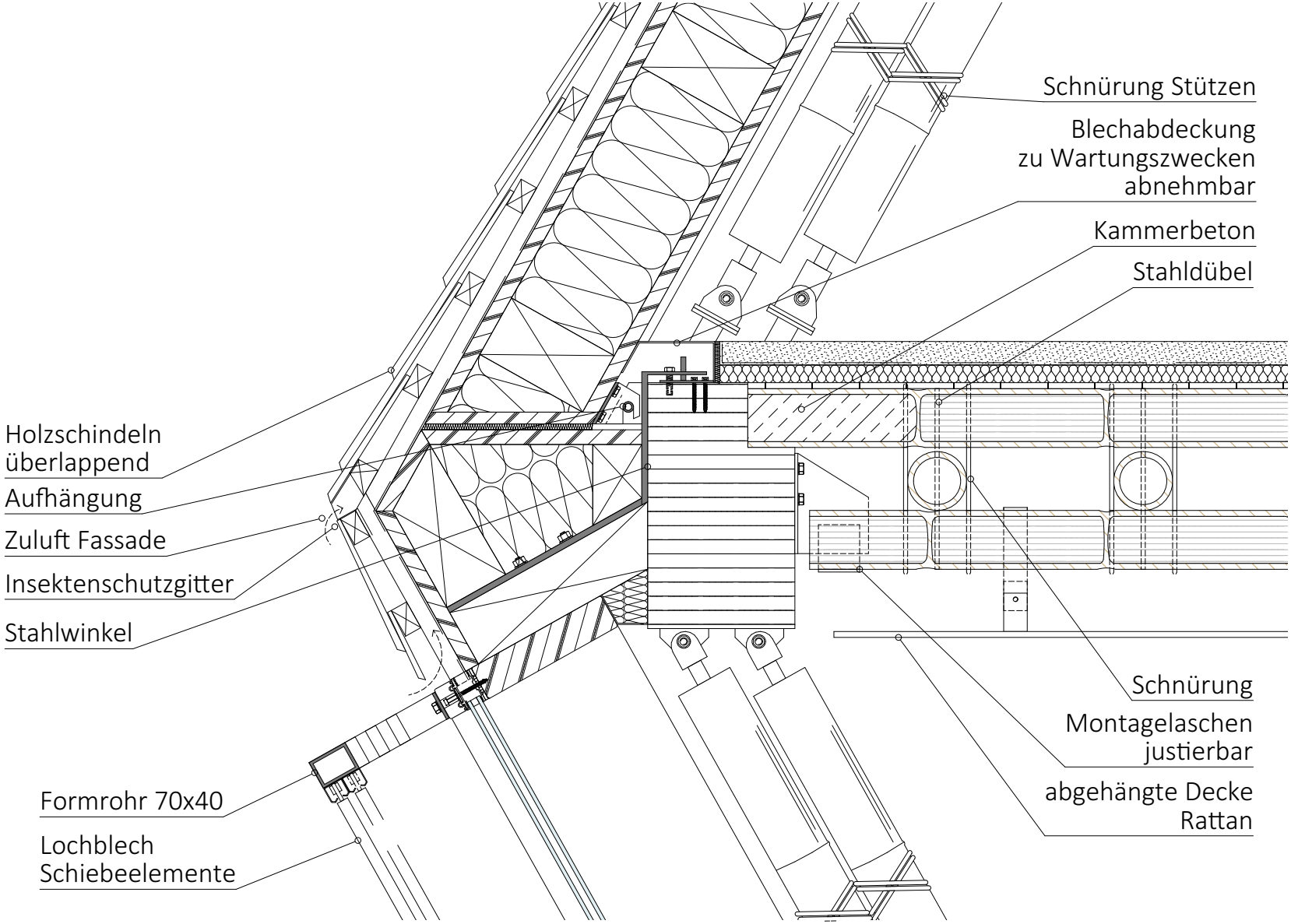


Abb. 113 Detail 1.1.

M 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.

DETAIL 1.2. - ANSCHLUSS

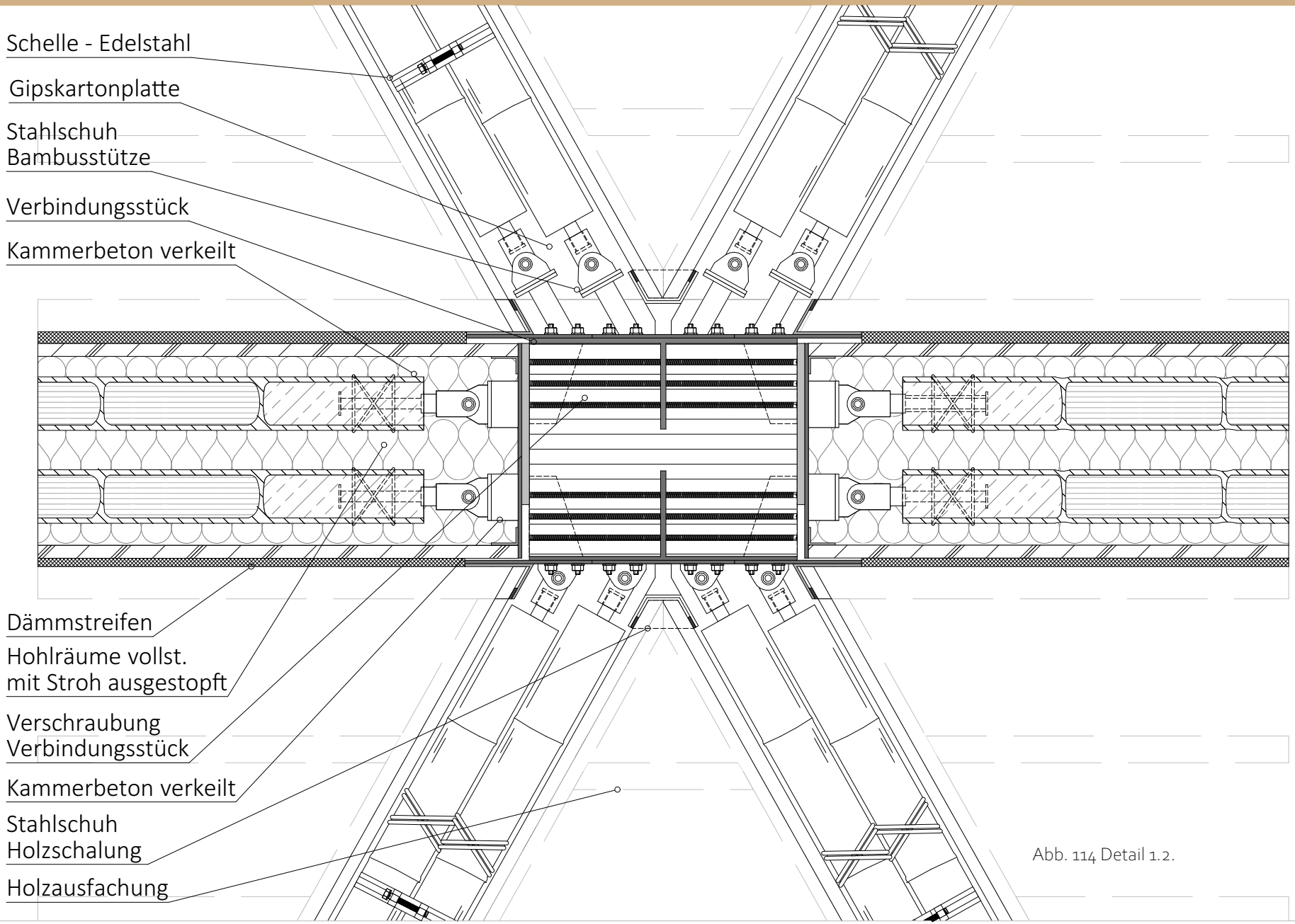


Abb. 114 Detail 1.2. M 1:10

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.

ÜBERSICHT DETAIL

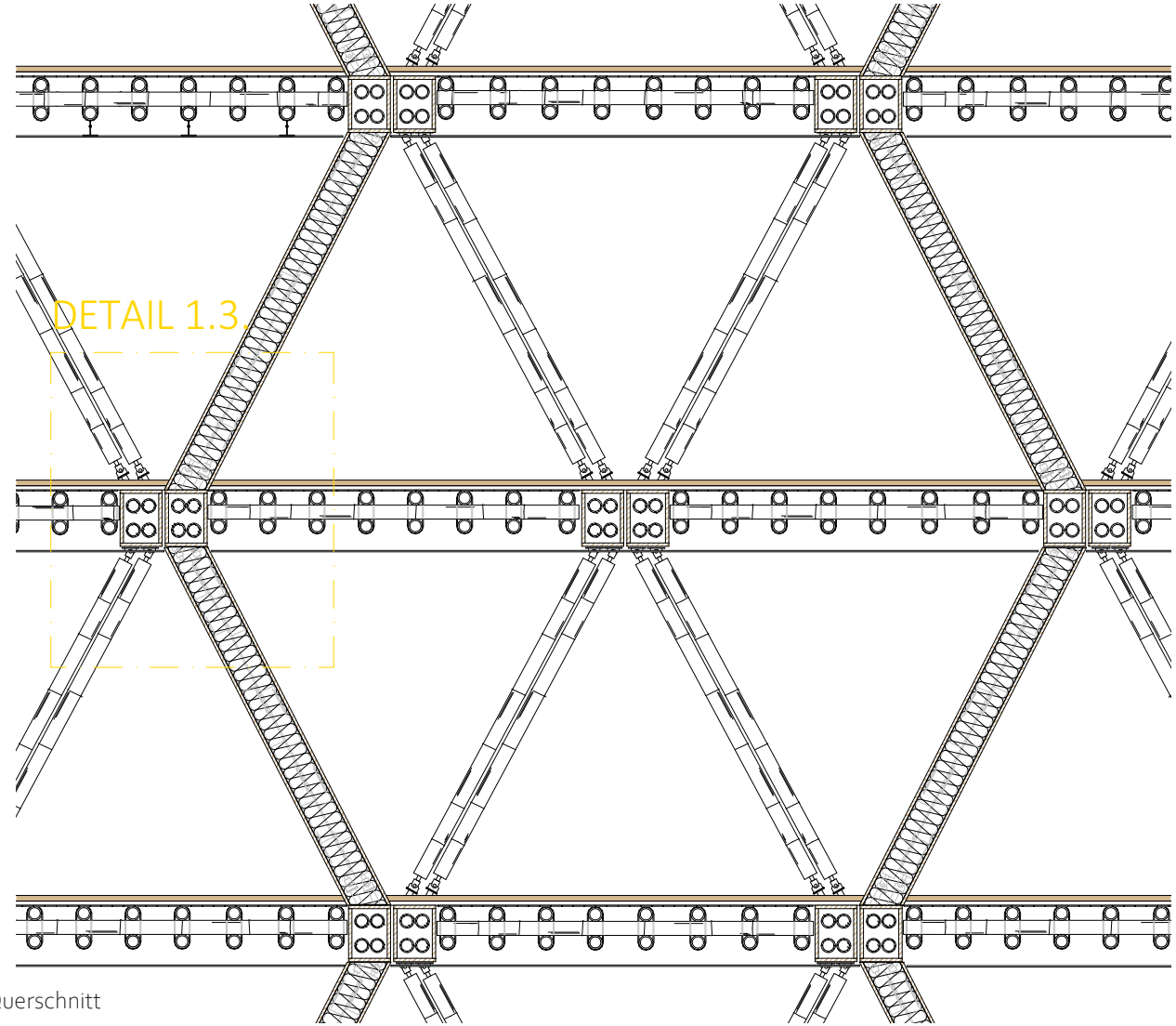


Abb. 115 Übersicht Detailposition Querschnitt

M 1:50

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.

DETAIL 1.3.

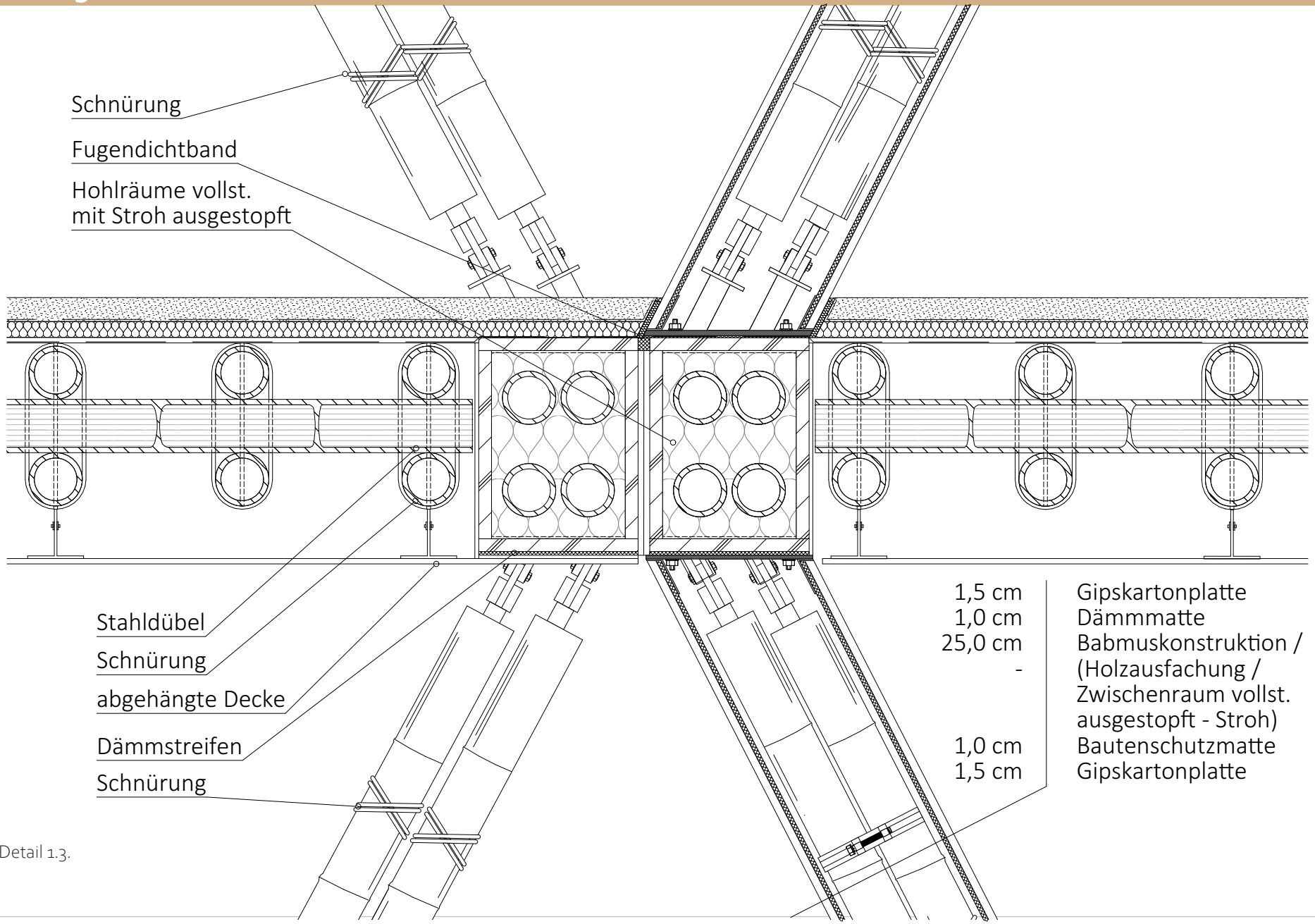


Abb. 116 Detail 1.3.

M 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.

RÉSUMÉ

- Eine stätige Forschung nachhaltiger und innovativer Baumaterialien ist notwendig um neue Grenzen und Anwendungsmöglichkeiten zu finden
- Im Umgang mit Bambus sind viele Kriterien und Merkmale zu berücksichtigen um eine konstruktive Anwendbarkeit zu ermöglichen (Halmgeometrie - Außendurchmesser, Krümmung,...)
- Lasten entgegen der Faserrichtung (Querpressung) und fremde Außeneinwirkungen (Bohren, Witterung,...) schränken die Verwendung von Bambus in seiner natürlichen Form stark ein - die Materialfestigkeit kann somit nicht ganz ausgenutzt werden
- Die Beanspruchung über Normalkräfte ist entgegen anderen Belastungsarten zu bevorzugen
- Mit Hilfe des Systembaus könnte das technische Fachwissen betreffend Bambus auf den Vorfertigungsprozess beschränkt werden

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.

LITERATURVERZEICHNIS

Albus, J., Dömer, K., Drexler, H., (2016). Vergleichende Untersuchung vorgefertigter Konstruktionssysteme. In proceedings to the "Internationale Bauaustellung Thühringen". Thüringen, Deutschland.

Baugenial, (2007). Schwerpunkt Technologie und Bautechnik - Eigenschaften und Potentials des Leichtbaus. Retrieved 2007 from https://www.nextroom.at/data/media/med_binary/original/1330443451.pdf

Berge, B., (2009). The Ecology of Building Materials.

BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), (2008). In proceedings to the "Bundes- und Abfallwirtschaftsplan".

DBZ, Deutsche Bauzeitschrift, (2016). Schluss mit baubegleitender Planung! Vorfertigung als Lösung für inner städtisches Bauen. Retrieved June, 2016 from https://www.dbz.de/artikel/Schluss_mit_baubegleitend Planung_2585525.html

DBZ, Deutsche Bauzeitschrift, (2015). Fertigteile für das 21. Jahrhundert Entwerfen und Konstruieren mit Beton fertigteilen.Re trieved February, 2015 from https://www.dbz.de/artikel/dbz_Fertigteile_fuer_das_21._Jahrhundert_Entwerfen_und_ Konstruieren_mit_2260303.html

Eckert, R., & Waibel, M. (2009). Climate Change and Challenges for the Urban Development of Ho Chi Minh City/ Vietnam. Pacific News Nr.31, pp. 18-20.

Girmscheid, G., (2010). Industrielles Bauen. Retrieved 2010, from http://www.cttconsulting.ch/Dokumente/Skripte BauprzMgmt/Skript_Industrielles%20Bauen.pdf

Girmscheid, G., (2015). Industrieller Bauprozess. In proceedings to the Bauunternehmensmanagement-prozessorient ert Journal, Volume 2, Pages 3-26.

Gough, V., K., Tran, A., H., (2009). Changing housing policy in Vietnam: Emerging inequalities in a residential area of Hanoi. In proceedings to the Cieties Journal, Volume 26, Pages 175-186. Copenhagen, Denmark.

Gren., M., A., (2019). Nachhaltig Bauen bei tropischem Klima - Deutsch-Vietnamesisches Kooperation für geringeren Ressourcenverbrauch. Retrieved October, 2019 from https://nachrichten.idw-online.de/2019/10/22/nachhaltig-bau en-bei-tropischem-klima-deutsch-vietnamesisches-kooperation-fuer-geringeren-ressourcenverbrauc/

Ha, H., T., P., (2016). A Concept for Energy-Efficient High-Rise Buildings in Hanoi and a Calculation Method for Building Energy Effiviency Factor. In proceedings to the Procedia Engineering Journal, Volume 142, Pages 154-160. Faculty of Architecture and Planning, National University of Civil Enginieering, Giai Phong Road, Hanoi, Vietnam.

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.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Heinsdorff, M., (2017). Expo Shanghai. Retrieved from https://www.heinsdorff.de/de/arbeiten/installationen/expo-shanghai

Hieu, M., T., T., (2018). Hanoi: Imbalance of housing demand and supply. Retrieved 2018 from https://www.citypass guide.com/living/ha-noi/real-estate/blog/hanoi-imbalance-of-housing-demand-and-supply

Hong-Trang, N., Martin, S., Matthew, G., Xiaoling, Z., Ayokunle, O., O., (2017). Will green building development take off? An explora tory study of barriers to green building in Vietnam. In proceedings to the Resources, Conservation & Recycling Journal, Volume 127, Pages 8-20. School of Civil Engineering & Built Environment, Science and Engineering Faculty, Queensland University of Technology, Gardens Point Campus, Brisbane, Australia.

Hug, S., Bekcic,P., (2017). Bambus als Baustoff (Material). Retrieved 2017 from https://blog.hslu.ch/ta-summerschool/ files/2017/06/Student-research-task-bamboo.pdf

IBO (Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie), (2008). Ökologisch bewertete Konstruktionen. In proceedings to the "Passivhaus-Bauteilkatalog), Volum 2. Wien, New York.

Jayanetti, L., D., Follett, R., P., (2008). Bamboo in construction. In proceedings to the Conference on Modern Bamboo Structures, Pages 23-32. Changsha, China.

JBIC, Japan Bank for International Cooperation , (1999). Urban Development and Housing Sector in Viet Nam. In proceeding on the findings and discussions of the Research Institute for Development and Finance, Paper Number 3. Research Institute for Development and Finance, Vietnam.

JICA - Japan international Cooperation Agency, (2007). The Comprehensive Urban Development Programme in Hanoi Capital City of the Socialist Republic of Vietnam. Retrieved March, 2007 from https://openjicareport.jica. go.jp/pdf/11856093_01.pdf

Kats, G., Braman, J., James, M., (2010). Greening our Built World: Costs, Benefits and Stategies. Pages 1-14.

Knaack, U., Chung-Klatte, S., Hasselbach, R., (2012). Systembau-Prinzipien der Konstruktion

Krötsch, S., (2016). Vorfertigung - Vorteile, Möglichkeiten und Plannungshinweise. Retrieved 2016, from https://www. baunetzwissen.de/holz/fachwissen/grundlagen/vorfertigung-6969016

Labbé, D., and Boudreau, J., (2011). Understanding the causes of urban fragmentation in Hanoi: The case of ne urban areas. In proceedings to an articel of international development planning review, Volume 33, Number 3, Pages 273-291. Marseille, France.

Labbé, D., and Boudreau, J., (2016). Ha Noi, a metropolis in the making: the breakdown in urban integration of villages. In proceed ings to the Project Bridging the Gap: New Towns and Village-Based Urbanization in Hanoi, Pages 55-76. Marseille, France.

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.

Lang, T., N., (2013). Cultural and Social Elements in the Development of Green Architecture in Vietnam. In proceedings to the ASEAN Conference on Environment-Behaviour Studies, Volume 85, Pages 19-22. Hanoi Architectural University, Hanoi, Vietnam.

Lehmann, S., (2011). Energy-Efficient Building Design: Towards Climate-Responsive Architecture. In proceedings to the Research Centre for Sustainable Design and Behavior. School of Art, Architecture and Design, University of South Australia, Adelaide, Australia.

LY, P., Birkeland, J., Demirbilek, N., (2010). Towards sustainable housing for Vietnam. Retrieved December, 2010 from https://pdfs.semanticscholar.org/ddad/6ab7ad635e6693d61e44eea3ccf16621dc56.pdf

LY, P., Birkeland, J., Demirbilek, N., (2010). Applying Enivornmentally Responsive Charactersitics of Vernacular Architecture to Sustainable Housing in Vietnam. Retrieved Januar, 2010 from https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC22717.pdf

Malekafzali, A., (2017). The Future of Architecture: Climate-Responsive Design. Retrieved December, 2017 from https://www.sageglass.com/en/article/designing-for-geographic-climates

Ministry of Construction (2009). Circular 38/2009/TT-BXD about urban detached house control and occupation. Hanoi, Vietnam.

Nguyen, A., P., Bokel, R., Dobbelsteen, (2016). Towards a sustainable plan for new tube houses in vietnam. In proceedings to the 17th IPHS Conference, Volume 02, Pages 211-222. Delft, Netherlands.

Nguyen, D., (2020). Hanoi, HCMC housing imbalance sees demand outstripping supply. Retrieved January, 2020 from https://e.vnexpress.net/news/business/industries/hanoi-hcmc-housing-imbalance-sees-demand-outstripping-supply-4043548.html

Nguyen, M., T., Lin, T., Chan, H., (2019). The Environmental Effects of Urban Development in Hanoi, Vietnam from Satellite and Meteorological Observations from 1999-2016. In proceedings to the Sustainability Journal, Volum 11, Issue6. National Central University, Taiwan.

Nguyen, T., A., Relter, S., (2011). An investigation on climate responsive design strategies of vernacular housing in Vietnam. In proceedings to the Building and Environment Journal, Volume 46, Issue 10, Pages 2088-2106. University of Science and Technology, The University of Danang, Danang, Vietnam.

Phuong, Q., D., (2019). (Re)developing old apartment blocks in Hanoi: government vision, local resistance and spatial routines. In proceedings to the Journal of Asian Architecture and Building Engineering, Volume 18, Number 4, Pages 311-323. School of Design, Swinburne University of Technology, Melbourne, Australia.

Proholz, (2011). Der andere Bauprozess. Retrieved 2011, from https://www.proholz.at/zuschnitt/50/essay/

Riley, M., Cotgrave, A., Farragher, M., (2017). Building Design, Construction and Performance in Tropical Climates.

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.

Steffen, R., (2017). Geschossdecken aus Bambus. In proceedings to the Research "Untersuchung und Weiterentwick lung vorgefertigter Geschossdecken aus Bambus unter besonderer Betrachtung naturbedingter Abweichungen der Halmgeometrie und deren Auswirkungen auf Tragverhalten sowie mögliche Fertigungsprozesse." Fakultät für Architek tur und Landschaft der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Hannover.

Solidiance (2013). Is there a future for green buildings in Vientam?. Retrived August, 2013 from https://www.solidiance.com/insights/building/white-papers/is-there-a-future-for-green-buildings-in-vietnam

Tichelmann, J., Pfau, J., (2000). Entwicklungswandel Wohnungsbau: Neue Gebäudekonzepte in Trocken- und Leichtbauweise.

Timbertradeportal (2018). VIET NAM. Retrieved Novemeber, 2018 from https://www.timbertradeportal.com/countries/vietnam/

Phuong, D., Q., (2019). (Re)developing old apartment blocks in Hanoi: government vision, local resistance and spatial routines. In proceedings to the Journal of Asian Architecture and Building Engineering, Pages 311-323.

Thai Phuong. (2010). TPHCM: Chuc cho cat dien luan phien (Ho Chi Minh City: Facingelectricity scheduled cut-down). Retrieved from http://vietnamnet.vn/xahoi/201005/TPHCM-Chuc-cho-cat-dien-luan-phien-909961/

Vansintjan A., (2017). Could messiness be a good thing? Adaptation strategies in response to rapid urban development and transformation of food systems in Hanoi. Retrieved December, 2017 from https://blog.ciat.cgiar.org/could-messiness- be-a-good-thing/

Vietnamvisa, (2020). Vietnamese traditional houses. Retrieved form https://www.vietnamvisa-easy.com/blog/vietnamese-traditional-houses/

Vinh, T., L., (2006). Frame Structure of Vietnam Traditional Wooden Architecture. In proceedings to the Structural Analysis of Historical Constructions, Pages 368-374. New Delhi.

VNS (Vietnam News), (2018). Buildigns lie empty amid house shortage. Retrieved July, 2018 from https://vietnamnews.vn/society/462146/buildings-lie-empty-amid-house-shortage.html

VSN, (2018). Bamboo houses keep old skills alive. Retrieved from http://ovietnam.vn/life-in-vietnam/bamboo-houses-keep-old-skills-alive_299319.html

Walch, K., Lechner, R., Tappeiner, G., Suttner, P., Schrattenecker, I., Oswald, P., Kobelmüller, M., Stafler, G., (2001). Gebaut 2020 - Zukunftsbilder und Zukunftsgeschichten für das Bauen von morgen. In proceedings to the "Energie- und Umweltforschung" article. Haus der Zukunft, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.

Weatherspark, (2020). Durchschnittswetter in Hanoi, Vietnam. Retrieved June, 2020 from https://de.weatherspark.com/y/116009/Durchschnittswetter-in-Hanoi-Vietnam-das-ganze-Jahr-%C3%BCber

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.

Weber, M., Sigmund, B., (2015). Bauen mit System - Mehr als ein Trend. Retrieved Novemeber, 2015 from https://www.detail.de/artikel/bauen-mit-system-mehr-als-ein-trend-26441/

Weibel, M., (2011). Hanoi Goes West: Stadterweiterung, Akteure und Konsequenzen. Retrieved 2011 from http://michael-waibel.de/papers/2011_GR%209-11_Hanoi_WAIBEL.pdf

Wimmer, R., (2009). Strategieentwicklung für eine industrielle Serienfertigung ökologischer Passivhäuser aus nachwachsenden Rohstoffen. In proceedings to the "Energie- und Umweltforschung" article. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.

Winter, W., Dreyer, J., Schöberl, H., (2001). Holzbauweisen fpr den verdichteten Wohnbau. In proceedings to the "Energie- und Umweltforschung". Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.

World Bank, (2011). Vietnam Urbanization Review: Technical Assistance Report. Retrived November, 2011 from http://documents.worldbank.org/curated/en/225041468177548577/Vietnam-urbanization-review-technical-assistance-report

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.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Urbanisierung der Stadt Hanoi | (JICA, 2007)

Abb. 2: Stadterweiterung Hanoi vom Jahre 1999, 2009 und 2016 | (Nguyen et al, 2019)

Abb. 3: Wohnhäuser im städtischen Bereich Hanoi | (Labbè, 2010)

Abb. 4: Wohnanlage Linh Dam im Süden Hanoi | (Weibel, 2011)

Abb. 5: Appartments in Giang Vo Cages | © Steinhauer | https://www.petersteinhauer.com/#/nha-hanoi/

Abb. 6: Wohnhochhäuser | (Vansintjan, 2018)

Abb. 7: Traditionelles vietnamesisches Haus | © Mogi | https://news.mogi.vn/vietnamese-traditional-wood-architecture-typical-wooden-houses-in-the-north/

Abb. 8: Verdrängung regionaler Grünflächen | (Vansintjan, 2017)

Abb. 9: Durchschnittliche Temperatur | (weatherspark, 2017)

Abb. 10: Durchschnittliche Regenfälle | (weatherspark, 2017)

Abb. 11: Luftfeuchtigkeit / Komfortniveau | (weatherspark, 2017)

Abb. 12: Grundriss, Schnitt und Perspektive eines Bestandswohnhochhauses in Hanoi | (Ha, 2011)

Abb. 13: Bambusgerüst im Bauprozess | © Steinhauer | https://www.petersteinhauer.com/#/home-page-1/

Abb. 14: Ländliche Schule in der Umgebung Hanoi | (VNS, 2018)

Abb. 15: Lehmhaus Trinh Tuong House | (Vietnamvisa, 2020)

Abb. 16: Traditionelles Langhaus in Hanoi | © Emmons | https://edition.cnn.com/travel/article/central-vietnam-houses/index.html?gallery=8

Abb. 17: Hill Restaurant - Cuernavaca, Mexico | © CMAR | https://cmarconstrucoes.wordpress.com/#jp-carousel-100

Abb. 18: Archivgebäude in Nepal | Rajbansh | https://www.designboom.com/architecture/abari-bamboo-madan-puraskar-pustakalaya-patan-nepal-11-11-2018/

Abb. 19: Das Detusch-Chinesische Haus von Studio 555 | (Heinsdorff, 2017)

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. 20: Grundlegende Merkmale eines Bambushalm | (Heinsdorff, 2017)

Abb. 21: Darstellung von Bambusquerschnitten mit Zugbeanspruchung | (Steffen, 2017)

Abb. 22: Arten der Krafteinleitung | (Steffen, 2017)

Abb. 23: Stirnkontakt | Darstellung - Axonometrie | Irvin Guso

Abb. 24: Kammerfüllung | Darstellung - Axonometrie | Irvin Guso

Abb. 25: Schelle als Verbindungsmittel | Darstellung - Axonometrie | Irvin Guso

Abb. 26: Stabförmige Verbindungsmittel | Darstellung - Axonometrie | Irvin Guso

Abb. 27: Paralelle Stapelung | Darstellung - Axonometrie | Irvin Guso

Abb. 28: Orthogonale Stapelung | Darstellung - Axonometrie | Irvin Guso

Abb. 29: Einschnittige Verbindung | Darstellung - Axonometrie | Irvin Guso

Abb. 30: Zweischnittige Verbindung | Darstellung - Axonometrie | Irvin Guso

Abb.31: US Air Force Hangar Projekt 1951 Arch Konrad Wachsmann | https://www.atlasofplaces.com/architecture/usaf-air craft-hangar/

Abb.32 Dreieck als Grundgeometrie | diagrammatische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 33 Bambus als konstruktives Material | Darstellung - Axonometrie | Irvin Guso

Abb. 34 statisches Grundprinzip | diagrammatische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 35 Elemente definieren | diagrammatische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 36 otpimale Durchgangslichte | diagrammatische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 37 Verringerung der Stablänge / Spannweite - minimale Durchgangslichte| diagrammatische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 38 Nutzbarkeit Grundmodul | diagrammatische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 39 Anwendung auf dreidimensionales Grundmodul | diagrammatische Darstellung | Irvin Guso

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. 40 Vervielfältigung der Bambushalme (x2) | diagrammatische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 41 Stapelung Pyramide - Grundform + Gegenstück | diagrammatische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 42 Ergebnis der Stapelung | diagrammatische Darstellung | Irvin Guso

Abb.43 Wohneinheiten definieren| diagrammatische Darstellung | Irvin Guso

Abb.44 Optimierung nutzbares Raumvolumen | diagrammatische Darstellung | Irvin Guso

Abb.45 Lastabtragung definieren | diagrammatische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 46 Externe Erschließung / Kern | diagrammatische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 47 Definition Raumprogramm | diagrammatische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 48 Natürliche Belichtung / Belüftung | diagrammatische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 49 Verschattungselemente gegen Überhitzung | diagrammatische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 50 Raumnutzung - Markierung Möblierungskonzept / Stauraum | diagrammatische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 51 Schnitt B - Definition gut/schlecht nutzbare Nutzfläche | diagrammatische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 52 Erdgeschoss - Schlafbereich Wohneinheit 1 | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 53 Obergeschoss - Wohnbereich Wohneiheit 1 | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 54 Erdgeschoss - Schlafbereich Wohneinheit 2 | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 55Obergeschoss - Wohnbereich Wohneinheit 2 | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 56 notwendigkeit kompakter Stiege - außerhalb der Norm | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 57 Erdgeschoss - Schlafbereich Position Stiege Wohneinheit 1 | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 58 Erdgeschoss - Wohnbereich Position Stiege Wohneinheit 1 | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 59 Erdgeschoss - Schlafbereich Position Stiege Wohneinheit 2 | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 60 Erdgeschoss - Wohnbereich Position Stiege Wohneinheit 2 | grafische Darstellung | Irvin Guso

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. 61 EG Wohneinheit 1 | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 62 OG Wohneinheit 1 | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 63 Schnitt A-A Wohneinheit 1 | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 64 Schnitt B-B Wohneinheit 1 | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 65 EG Wohneinheit 2 | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 66 OG Wohneinheit 2 | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 67 Schnitt A-A Wohneinheit 2 | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 68 Schnitt B-B Wohneinheit 2 | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 69 Unterschrank/Küchenzeile | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 70 Stauraum Sitzfläche | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 71 Multifunktionsmöbel - Bett | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 73 Regal | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 74 Stauraum | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 75 Schranksystem | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 76 Visualisierung Wohnbereich | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 77 Visualisierung Schlafbereich | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 78 Erschließung Typologie Anordnung I | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 79 Erschließung Typologie Anordnung II | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 80 Erschließung Typologie Anordnung III | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 81 Erschließung Typologie Anordnung IV | grafische Darstellung | Irvin Guso

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 .82 Grundstruktur - erweiterte Grundeinheit | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 83 Bestimmung der unterschiedlichen Elemente | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 84 Verschneidung horizontaler und vertikaler Ebene | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 85 Spannrichtung Decken definieren | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 86 Lastabtragung in Deckenebene bestimmen | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 87 BSH - Träger zur Lastabtragung der Deckenlasten | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 88 Querpressung in Deckenebene | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 89 Elemente im Knotenpunkt definieren | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 90 Verbindungsstück definieren | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 91 Überblick Wandelemente | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 92 Fügung der Wandelemente | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 93 Offenlegung der Halmkonstruktion | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 94 Befestigung der Abdeckung Wandelement I | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 95 Befestigung der Abdeckung Wandelement II | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 96 Querschnitt Wandelement | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 97 Querschnitt Wandelement montierter Zustand | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 98 Stütze im montierten Zustand | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 99 Günstige Übertragung Normalkräfte | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb.100 Decke im montierten Zustand in Querrichtung | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb.101 Decke im montierten Zustand in Längsrichtung | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 102 Aussteifungselement im montierten Zustand | grafische Darstellung | Irvin Guso

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. 103 Verbindungsstück | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 104 Verbindungsstück im montierten Zustand | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 105 Fügung Verbindungsstück | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 106 Fügung Knotenpunkt | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 107 Fügung Fassadenelemente I | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 108 Fügung Fassadenelemente II | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 109 Lastabtragung | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 110 Tragwerkskonzept | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 111 Fassadenschnitt | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 112 Übersicht Detailposition Längsschnitt | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 113 Detail 1.1. | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 114 Detail 1.2. | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 115 Übersicht Detailposition Querschnitt | grafische Darstellung | Irvin Guso

Abb. 116 Detail 1.3. | grafische Darstellung | Irvin Guso

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.

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Wärmeübertragung der Top Wohnung | (Ha, 2011)

Tab. 2: Wärmeübertragung Regelgeschoss | (Ha, 2011)

Tab. 3: Halmgeometrie in Abhängigkeit der Halmlänge | (Steffen, 2017)

Tab. 4: Darstellung der Nutzfläche je Wohneinheit | Auswertung | Irvin Guso