



ENTWERFEN MIT MATERIAL UND PROZESS

SVEN PFEIFFER (HRSG.)
MAREIKE KRAUTHEIM - TOM WÜNSCHMANN

UNIVERSITÄTSVERLAG DER TU BERLIN

ENTWERFEN MIT MATERIAL UND PROZESS

SVEN PFEIFFER (HRSG.)
MAREIKE KRAUTHEIM - TOM WÜNSCHMANN

UNIVERSITÄTSVERLAG DER TU BERLIN

BIBLIOGRAFISCHE INFORMATION DER DEUTSCHEN NATIONALBIBLIOTHEK

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de/> abrufbar.

Universitätsverlag der TU Berlin, 2020

<http://verlag.tu-berlin.de>

Fasanenstr. 88, 10623 Berlin

Tel.: +49 (0)30 314 76131 / Fax: -76133

E-Mail: publikationen@ub.tu-berlin.de

Diese Veröffentlichung ist unter der CC-Lizenz CC BY lizenziert.

Lizenzvertrag: Creative Commons 4.0 International

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Umschlagbild: Dominik Bartkowski, Natalia Stepanova | Aggregatstruktur aus Vollholzelementen

Druck: Fata Morgana, www.berlinbrauchtdruck.de

Satz/Layout: M. Krautheim, S. Pfeiffer, B. Rusch, T. Wünschmann

ISBN 978-3-7983-2977-5 (online)

Zugleich online veröffentlicht auf dem institutionellen Repositoryum der Technischen Universität Berlin:

DOI 10.14279/depositonce-6619

<http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-6619>

VORWORT

Noch vor kurzer Zeit wurden digitale Methoden in der Architekturausbildung hauptsächlich für die Präsentation und Visualisierung verwendet. Sie haben uns geholfen, Gebäude semantisch zu beschreiben, Architekturzeichnungen in Layer und Blöcke zu zerlegen und geordnet darzustellen. Fachgebietenamen wie „Technische Architekturdarstellung“ unterstrichen den Fokus auf die Aspekte der Beschreibung und Präsentation eines fertigen Entwurfsprojektes.

Durch Einführung von Prozessen der Informationsverarbeitung kann der traditionell durch die visuelle Wahrnehmung einer linearen Abfolge von Konkretisierungsebenen dominierte Entwurfsprozess verstärkt rekursiv gedacht werden: Experimentelle Untersuchungen und konkrete Anwendungsfälle können durch vereinfachte Prozesse der Digitalisierung physischer Modelle und neue Möglichkeiten der Simulation von klimatischen und statischen Randbedingungen einfacher aufeinander bezogen werden. Sie ermöglichen eine direktere Bewertung eines architektonischen Entwurfs im jeweiligen Kontext. Zudem entstehen durch die direkte Einbettung von Produktionslogik und Materialeigenschaften in den Entwurfsprozess neue architektonische Ausdrucksmöglichkeiten, bei denen die Grenzen zwischen einem vorgeschalteten Entwurf und der anschließenden Materialisierung verschwimmen. Diese Publikation vereint Auszüge aus Arbeiten, die zwischen April 2015 und September 2017 am Institut für Architektur der TU Berlin im Rahmen einer Gastprofessur für Digitale Architekturproduktion entstanden sind. In dieser Zeit haben wir in Seminaren und Entwurfsprojekten sowie in Kooperationen mit anderen Fachgebieten und externen Partnern die Veränderungen im Entwurf und der Konstruktion von Architektur untersucht, die aus der Einführung von digitalen Methoden resultieren.

Ich möchte meinen Kollegen und den Studierenden an der TU Berlin danken, die die individuellen Projekte durch ihr Engagement erfolgreich gemacht haben.

Sven Pfeiffer

Die vorgestellten Arbeiten lassen sich in drei Schwerpunkte unseres Fachgebietes unterteilen:

ADVANCED DIGITAL FABRICATION — Untersuchung von additiven und robotischen Fertigungsprozessen

ATMOSPHERIC CONSTRUCTIONS — Entwurf und Steuerung von spezifischen atmosphärischen und räumlichen Prototypen

DIGITAL WORKFLOW — Grundlegende und weiterführende Methoden im Entwerfen mit digitalen Werkzeugen



Material ... seems well fitted to become the training ground for invention and free speculation.

It is here that even the shyest beginner can catch a glimpse of the exhilaration of creating, by being a creator while at the same time he is checked by irrevocable laws set by the nature of the material, not by man.

Free experimentation here can result in the fulfillment of an inner urge to give form and to give permanence to ideas, that is to say, it can result in art, or it can result in the satisfaction of invention in some more technical way.

Josef Albers

ADVANCED DIGITAL FABRICATION

Unter dem Schwerpunkt „Advanced Digital Fabrication“ wurden in weiterführenden Seminaren spezifisch Ansätze der individualisierten Produktion von Architektur erforscht, bei denen das Verhältnis einer architektonischen Entwurfs- und Konstruktionslogik zu Parametern der Herstellung und der Materialität rekursiv gedacht wird. Zudem wurde das Verhältnis dieser Ansätze der computergestützten Produktion zu grundlegenden Prinzipien des Handwerks untersucht. Die in diesem Rahmen eingeführten Programmierungswerkzeuge erlaubten den Studierenden eine viel direktere Kommunikation mit dem Herstellungsprozess, als das bis vor kurzem möglich war. Sowohl technische als auch konzeptionelle Prinzipien wurden in den Projekten jeweils zu einer speziellen Entwurfsstrategie verbunden, bei der das Feedback zwischen materiellen, räumlichen und programmatischen Fragestellungen entscheidend ist.

ADDFAB — ADDITIVER FORMENBAU

Das weiterführende Seminar „Additiver Formenbau“ untersuchte den Einsatz von 3d-Druckprozessen für die Herstellung von Fassadenelementen, die durch eine variable Geometrie des Einzelelementes auf spezifische kontextuelle Bedingungen reagieren können. Durch die Integration von Belüftungs-, Verdunstungskühlungs- und Isolationsfunktionen sollten Alternativen zur energetischen Aufrüstung von Gebäuden mit Wärmedämmsystemen und High-Tech-Anwendungen für den Sonnenschutz entwickelt werden. Mit einem großformatigen 3d-Drucker wurden zunächst Formteile aus Kunststoff produziert, die durch einen anschließenden Gussprozess eine ökonomischere Produktion komplexer Bauteile ermöglichten, als dies momentan durch einen direkten Druck möglich ist.

Wen Wang, Sam Bassani und Nikolaus Schmid

Gußelement aus additiv gefertigten Schalungselementen
Photo: Philipp Obkircher



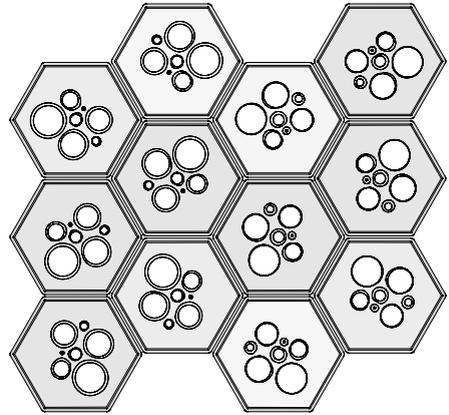
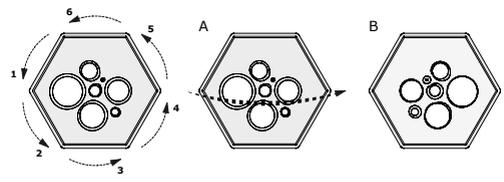
A hand is shown at the top right, holding a light-colored, 3D printed hexagonal object. The object has a textured surface and several circular cutouts of varying sizes. The text 'ADVANCED DIGITAL FABRICATION' and 'ADDFAB' is overlaid on the object in white, bold, sans-serif font.

**ADVANCED
DIGITAL FABRICATION
ADDFAB**

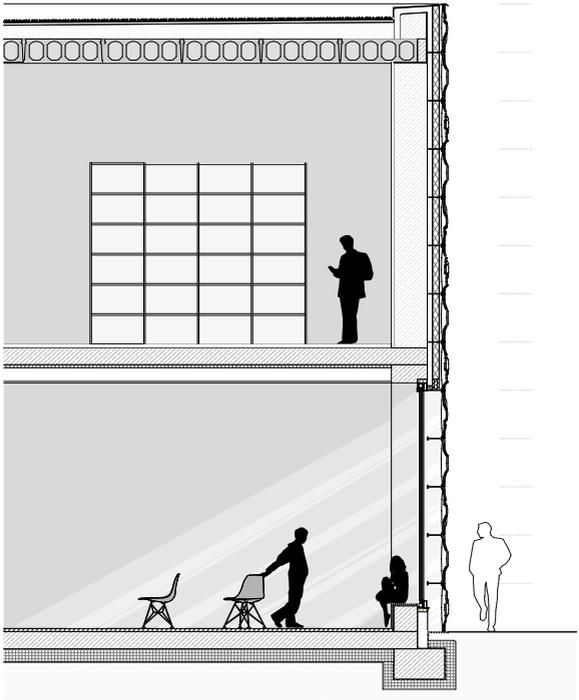
HEXAGONAL TILES

Die “Hexagonal Tiles” schaffen durch Variation unterschiedlicher Fertigelemente einen neuen Fassadenlayer, der die Sonneneinstrahlung in die Innenräume reguliert. Die kreisförmigen Öffnungen werden an deren äußeren Rändern miteinander verbunden, wodurch eine gekrümmte Oberfläche entsteht. Die Aufdoppelung der Kanten des Fertigteils ermöglicht die Aneinanderreihung von mehreren Elementen, so dass ein homogenes Fassadenbild entsteht.

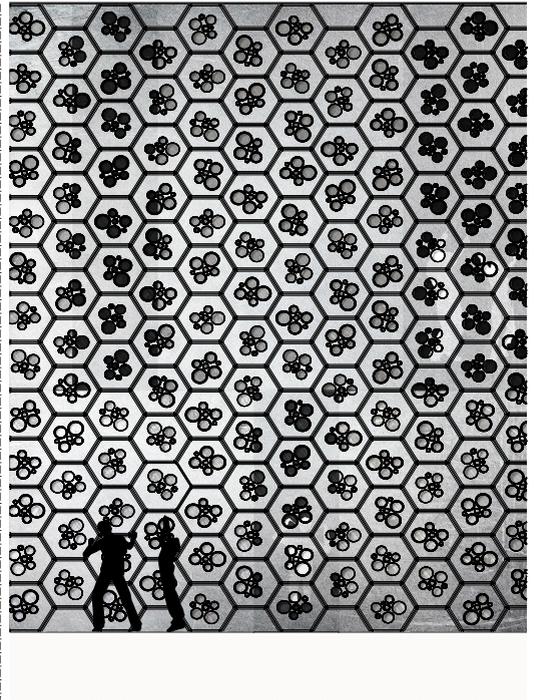
Die Kachel ist nach der Prämisse konzipiert, dass es keinen Unterschied zwischen Vorder- und Rückseite gibt, d. h. dass beide Seiten im Entwurf wie im Material gleichwertig behandelt wurden. So können eine Vielzahl unterschiedlicher Varianten für die Verkleidung der Fassade ermöglicht werden.

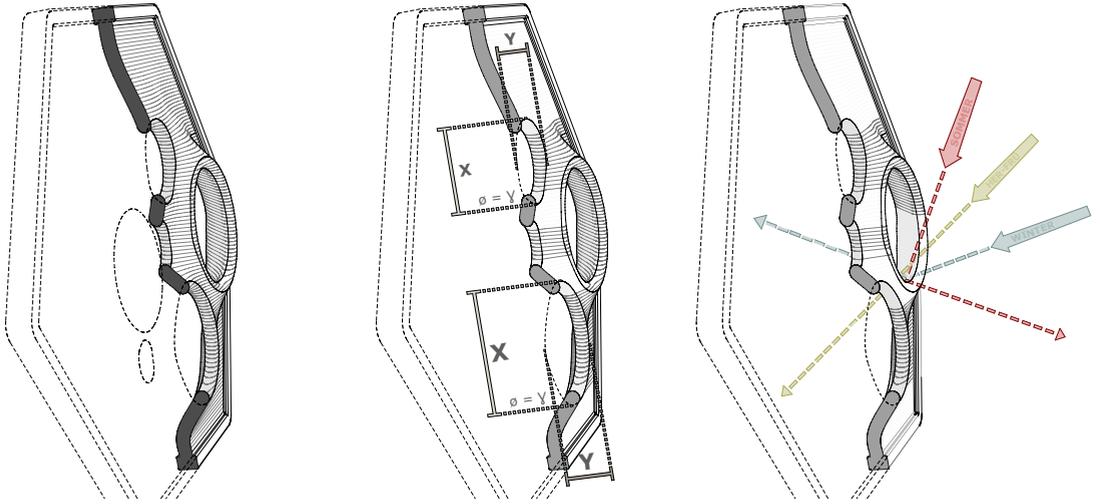


Rotationsmöglichkeiten zur Variation



Beispielhafter Entwurf für eine Fassade aus den Gußelementen



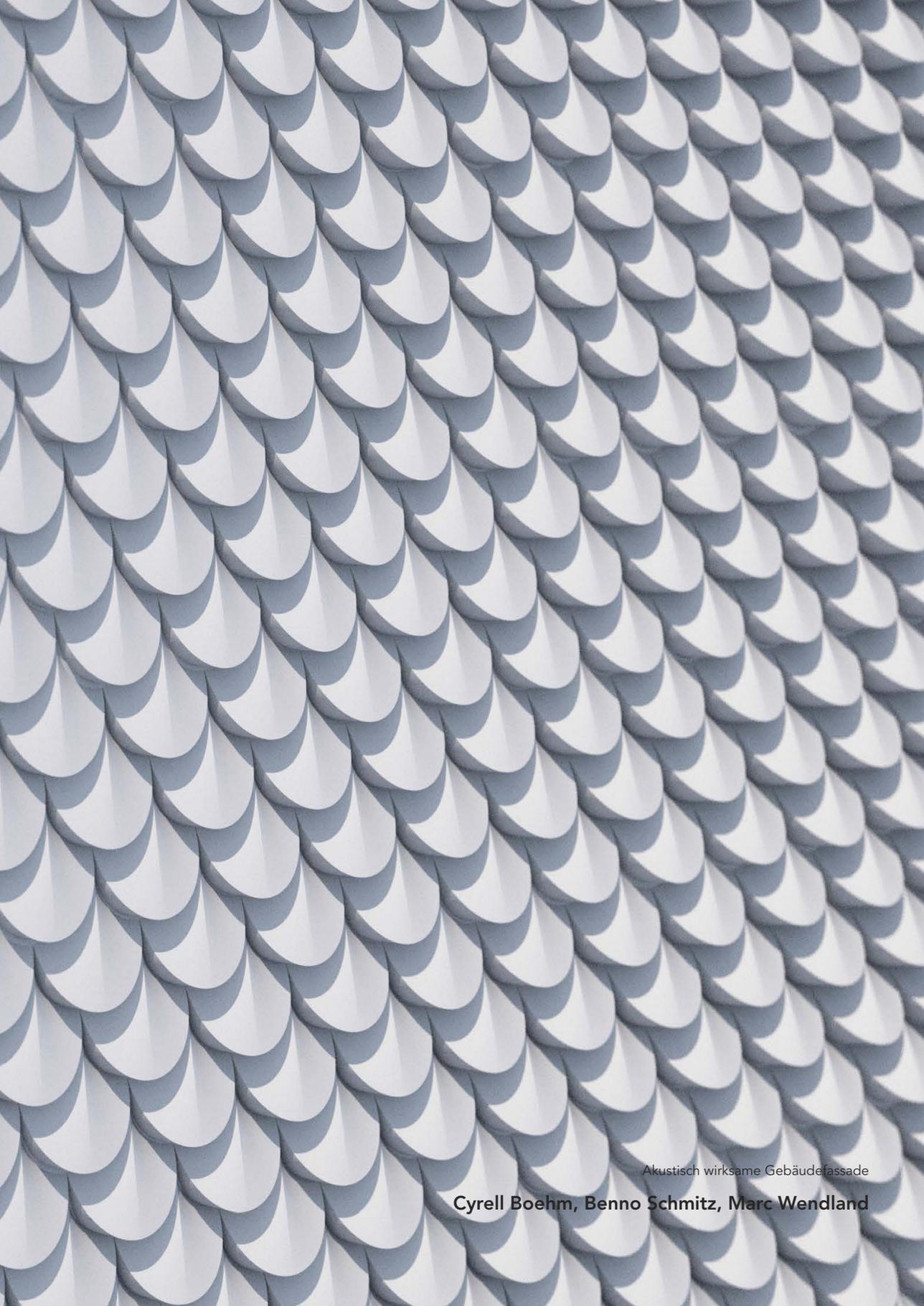


Funktionsweise der kreisförmigen Öffnungen zur Regulierung des Lichteinfalls



Fassadenanmutung



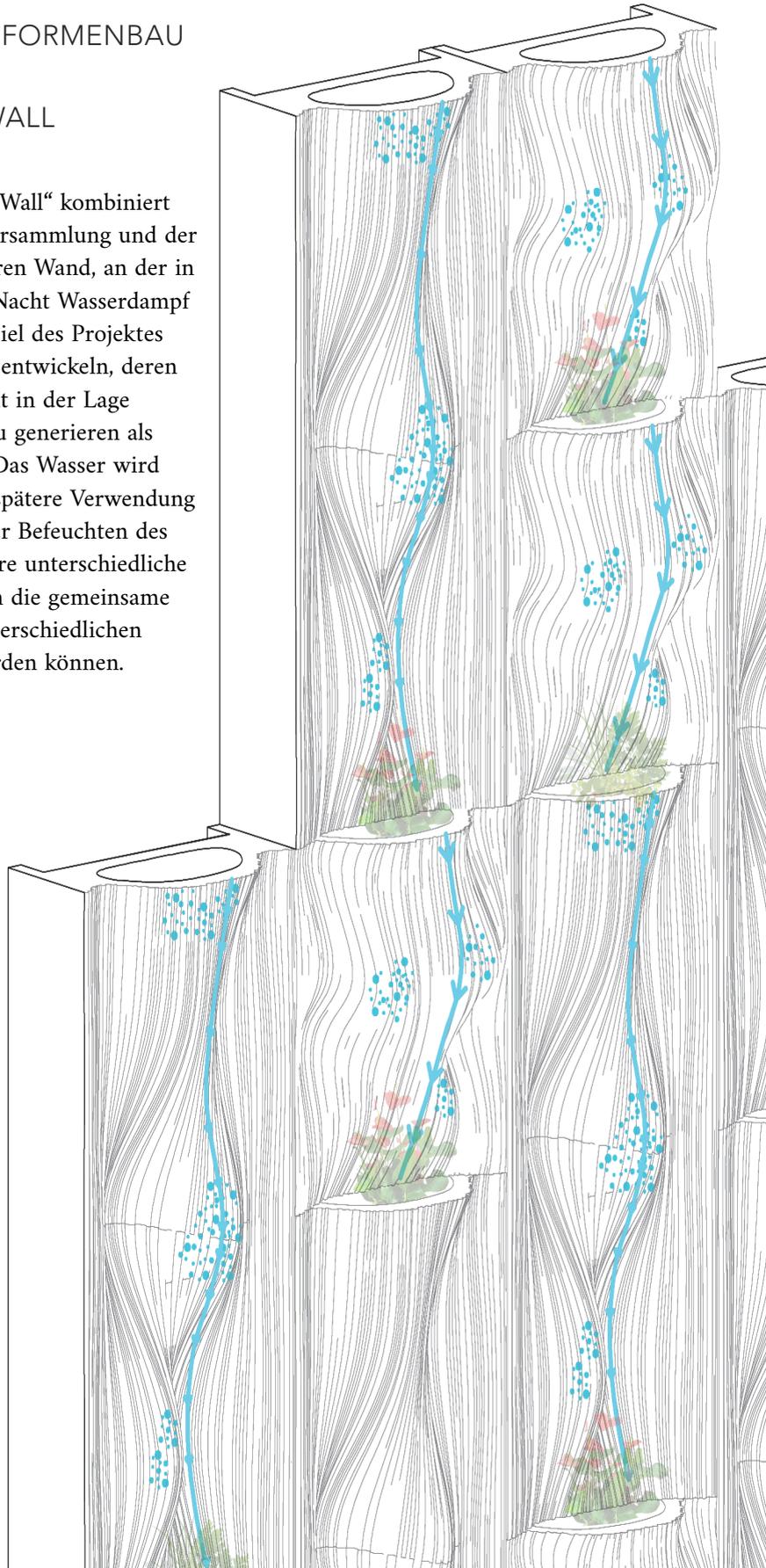


Akustisch wirksame Gebäudefassade

Cyrell Boehm, Benno Schmitz, Marc Wendland

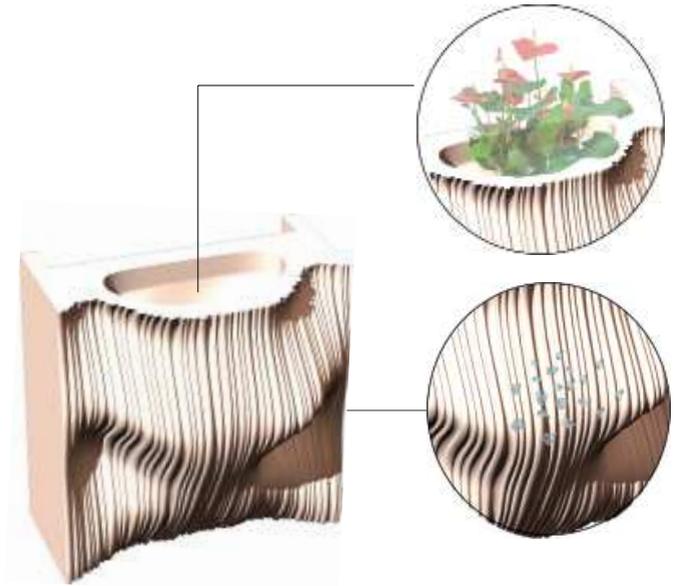
WATER COLLECTING WALL

Der Entwurf „Water Collecting Wall“ kombiniert natürliche Prinzipien der Wassersammlung und der Vorfabrikation in einer modularen Wand, an der in heißen Regionen während der Nacht Wasserdampf kondensieren kann. Das Hauptziel des Projektes bestand darin, eine Struktur zu entwickeln, deren Oberfläche maximiert und somit in der Lage ist, eine höhere Wassermenge zu generieren als mit herkömmlichen Systemen. Das Wasser wird entlang der Oberfläche für die spätere Verwendung abgeleitet und zum Trinken oder Befeuchten des Innenraums gespeichert. Mehrere unterschiedliche Elemente können vertikal durch die gemeinsame Verzahnung miteinander zu unterschiedlichen Konfigurationen verbunden werden können.

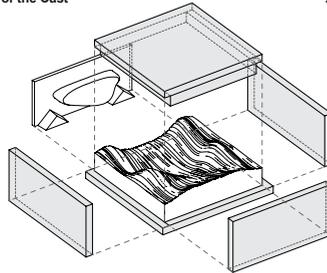


Ana Valverde, Lucia Huerta
und Guille Casares

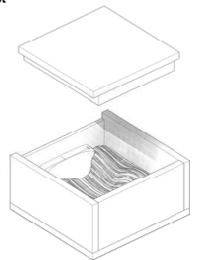
Prinzip der Wassersammlung
und -ableitung



1. Pieces of the Cast

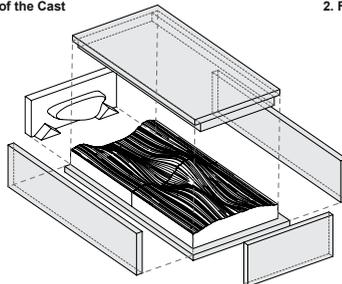


2. Final Cast

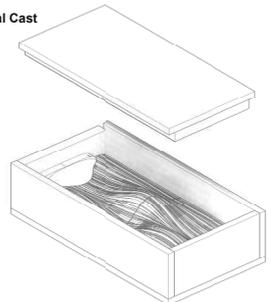


WOOD MATERIAL
3D PRINTED PIECE

1. Pieces of the Cast



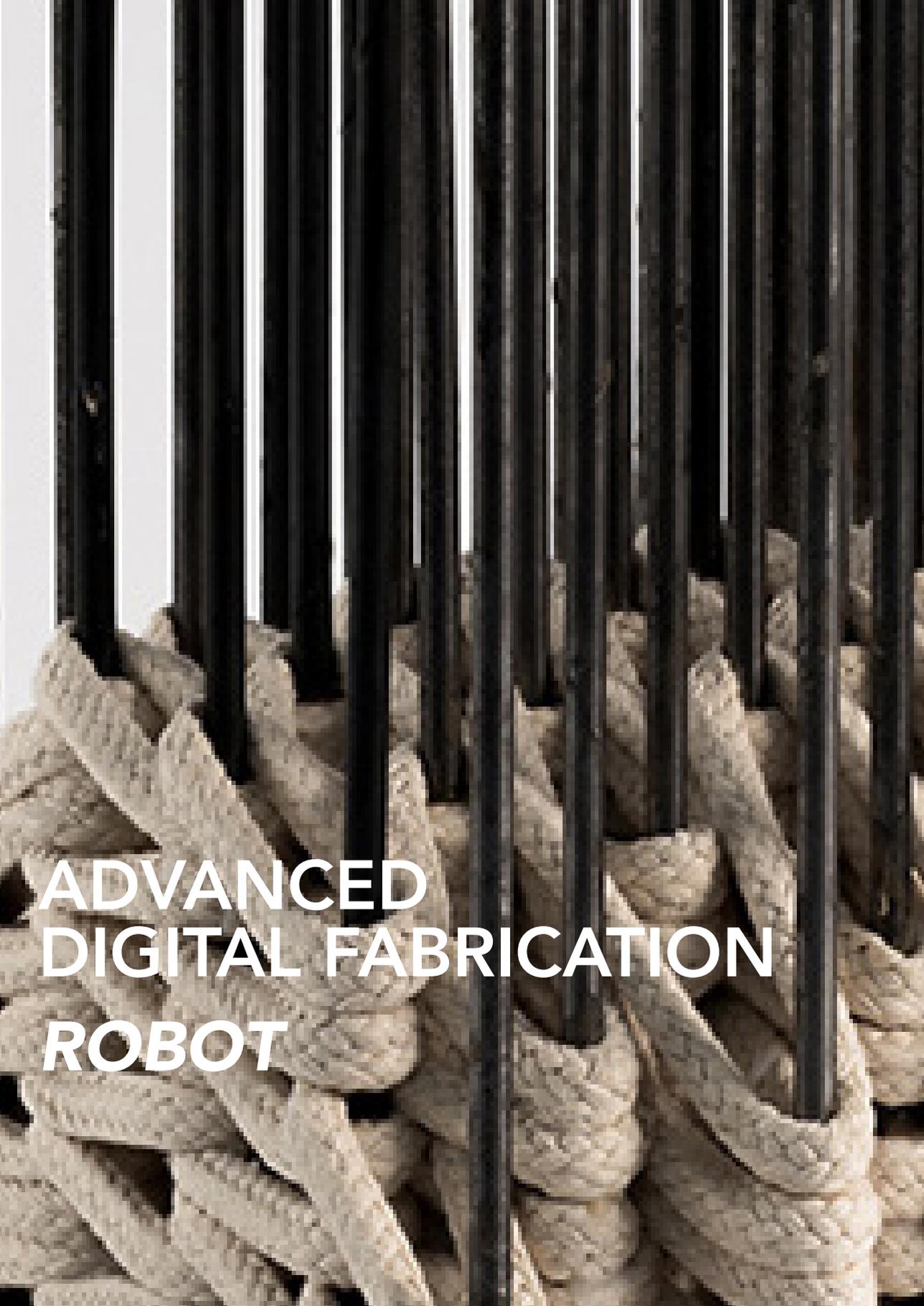
2. Final Cast



Zusammensetzen der Form



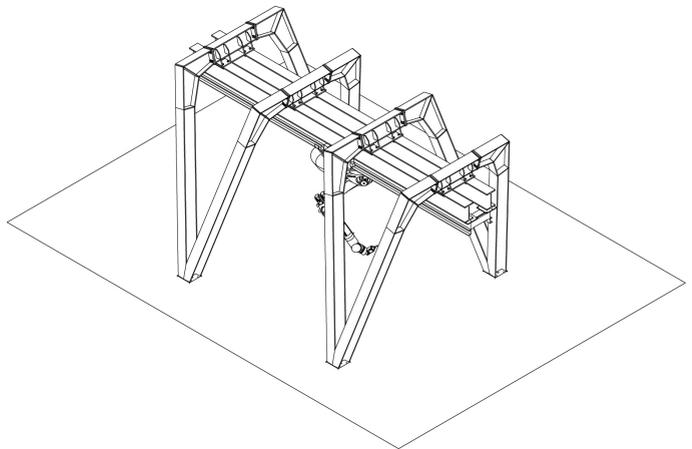




**ADVANCED
DIGITAL FABRICATION
ROBOT**

ROBOT — A FAMILY OF OBJECTS

Im Seminar „ROBOT — A Family of Objects“ lernten die Teilnehmer digitale Werkzeuge als Schnittstelle zwischen dem konzeptuellen Arbeiten im Entwurf und der Erstellung von Daten für die Fabrikation mit Industrierobotern kennen. Während der Ursprung des Wortes ‚Roboter‘ (tschech. robota = ‚Frondienst‘) auf eine Automatisierung von zuvor durch Menschen ausgeführten Produktionsprozessen verweist, wurden in den letzten Jahrzehnten in industriellen Kontexten zunehmend Ansätze für die Integration robotischer und menschlicher Arbeitsprozesse entwickelt. Ziel des Seminars war es, Prototypen für architektonische Ausbauelemente zu entwerfen, die für den vorgegebenen Bauraum eines Roboterportals ausgelegt sind. Die Teilnehmer sollten die Prototypen nicht nur planen, sondern auch die robotische Fertigung untersuchen. Unser Fokus lag dabei auf der Möglichkeit der vielfältigen Variation eines Bauteils durch die Freiheitsgrade und die Logik des Produktionsprozesses. Hierbei stand nicht das fertige Endprodukt im Vordergrund, sondern dezidiert Zwischenschritte und Varianten. Die entwickelten Ansätze sollen ein Raumkontinuum erzeugen, dass verschiedene Funktionen integrieren kann.



Roboterportal der Firma ARTIS ENGINEERING

rechts: Robotische Webstruktur

**Jakob Näscher, Astrid Jahncke
und Pia Brückner**

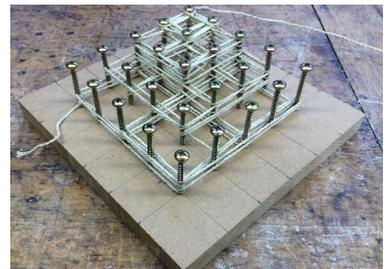
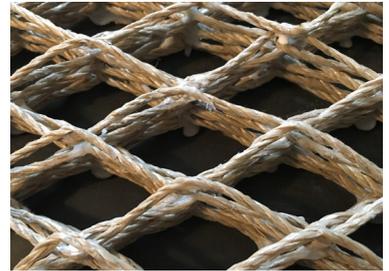


Ausgehärtete biegsame Struktur

ROBOT — A FAMILY OF OBJECTS

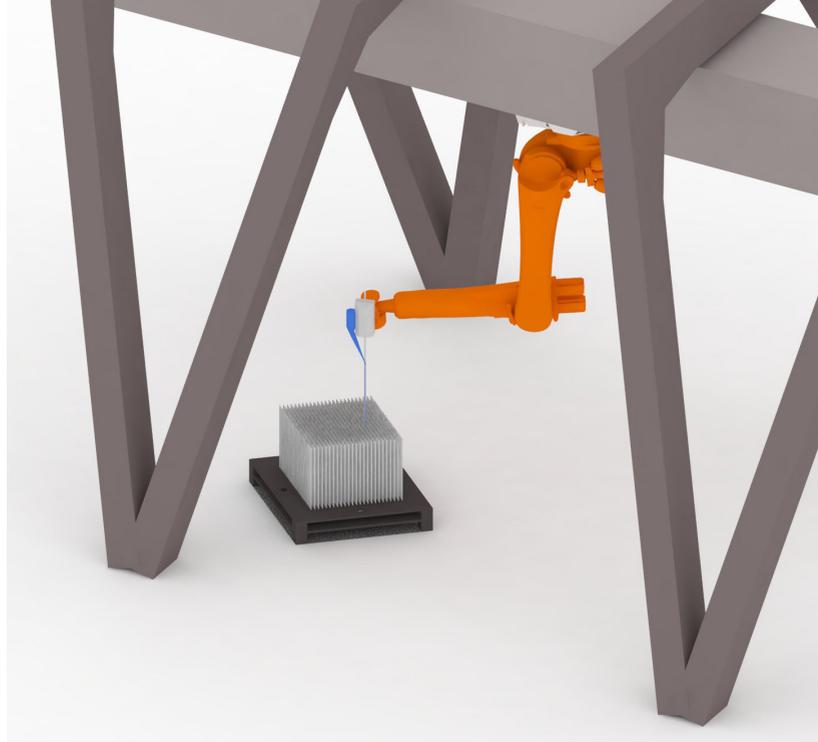
ROBOTISCHE WEBSTRUKTUR

Durch die Kombination von Leim, Seil und Webung wird ein neuer Werkstoff mit eigenen Eigenschaften entworfen. Ein handelsübliches Seil, an sich entweder weich und formbar oder gespannt und starr, wird bei uns in ein Stadium zwischen beiden Zuständen versetzt. So bildet es ein gewobenes Volumen, welches insgesamt etwas nachgiebig, durch die verklebten Knotenpunkte in seiner Grundform allerdings völlig unveränderlich ist. Durch den Wechsel zwischen weiter und enger Webung ergeben sich ausserdem Bereiche mit mehr oder weniger elastischen Eigenschaften für Funktionen wie Sitzen, Liegen oder Abstellen. Nach einem vorbestimmten Muster wird das Seil vom Roboter in mehreren Schichten um die Stäbe herum gelegt und jeweils an allen Knotenpunkten gezielt miteinander verklebt. Die Webung wird bis zur festgelegten Höhe fortgeführt, anschliessend härtet der Klebstoff aus. Nun kann die verklebte Struktur nun von den glatten Stahlstäben abgezogen und zum weiteren Transport beispielsweise auf einer Palette platziert werden.

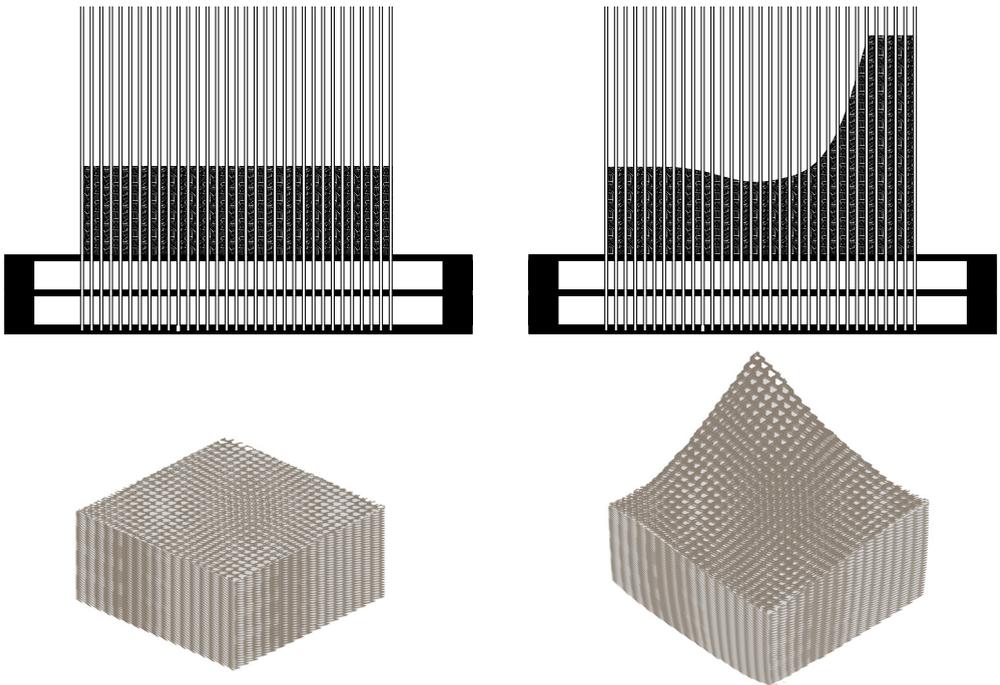


Versuche mit unterschiedlichen Webungsabständen

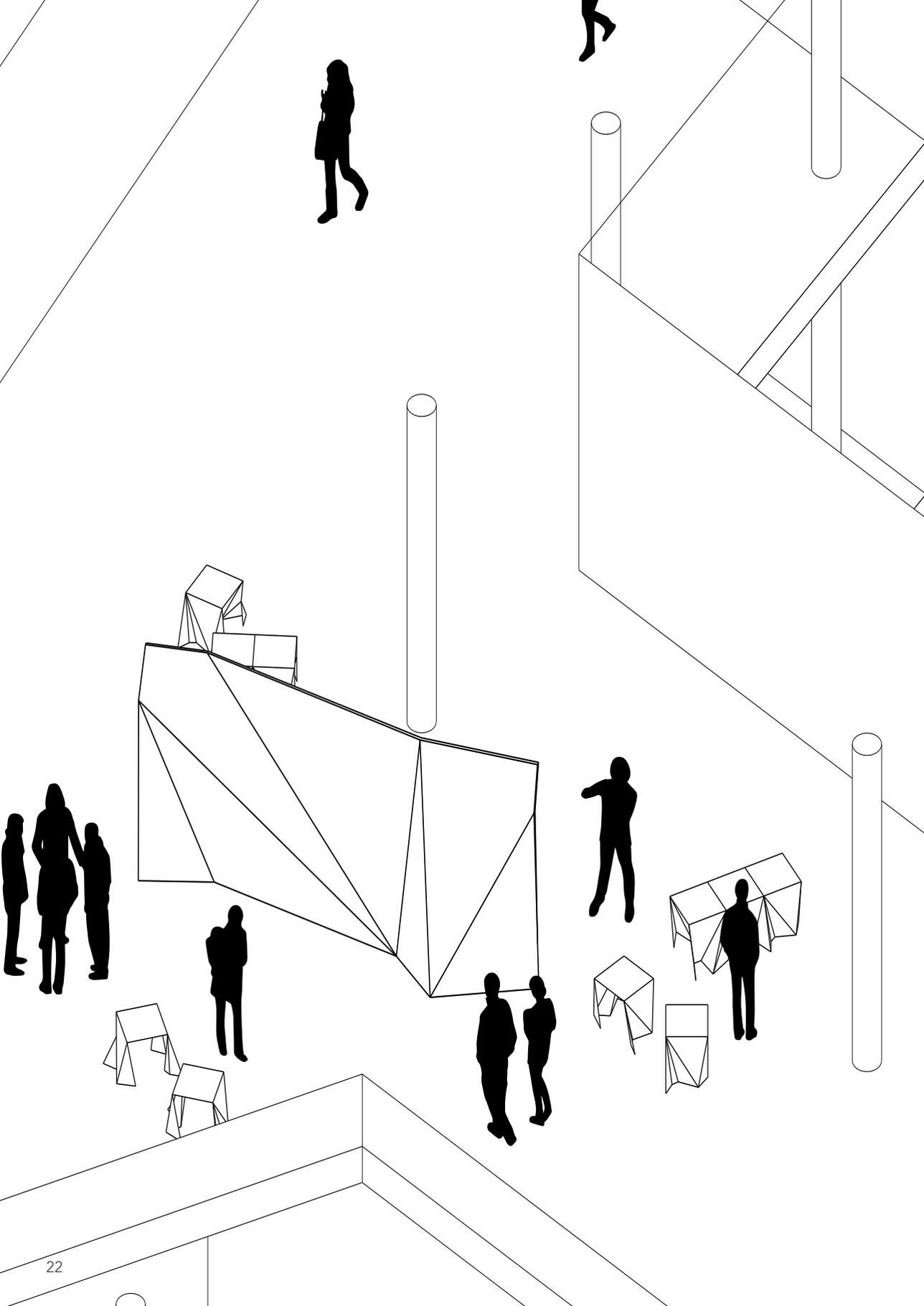
Eine mit einem Lochraster versehene Grundplatte wird mit gleichlangen Stahlstäben bestückt, indem diese in die gefrästen Löcher eingeführt werden. Die doppelte Grundplatte sorgt für Stabilität und verhindert, dass sich die Stangen unter seitlicher Belastung verbiegen. Der montierte Werkzeugkopf besteht aus einer motorisierten Seilführung und einem Klebstoffbehälter.



Robotischer Fertigungsprozess im Portal

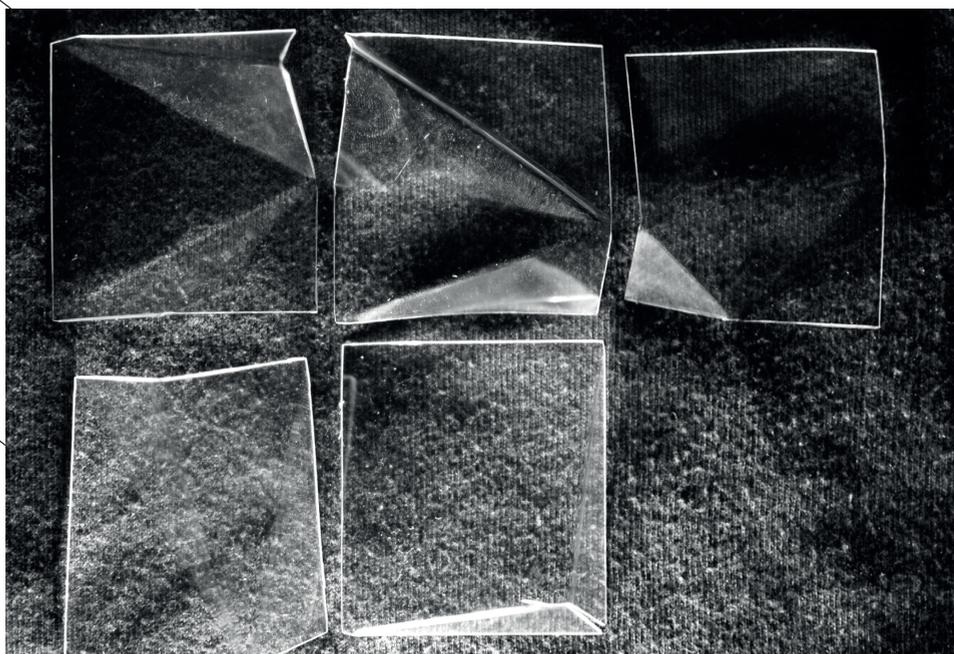


Variationen der gewebten Struktur

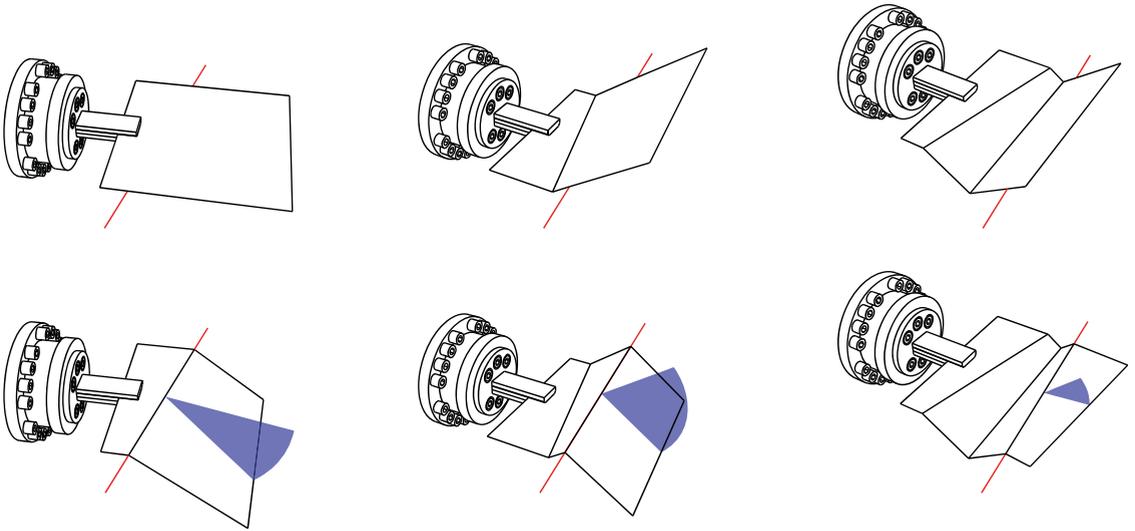


ROBOTIC BENDING — PLATTENFALTEN MIT ACRYLGLAS

Das Verfahren des robotischen Plattenfaltens behandelt die thermische Verformung von Thermoplasten. Bei der Herstellung von Acrylglas, oder auch PMMA bzw. Polymethylmethacrylat, wird flüssiges Material zwischen zwei Glasplatten gegossen. Während des Aushärtens findet die Polymerisation zu einem festen Plattenwerkstoff statt. Der untersuchte Prozess, bei dem ein Roboterarm die Faltung hochpräzise ausführt, ermöglicht es, verschiedene Objekte in unterschiedlichen Maßstäben zu erzeugen. Jedes Objekt der Familie besteht aus einer einzelnen, gefalteten Platte. Während bei einem Sitzmöbel primär eine funktionale, tragende Qualität der Faltungen untersucht wurde, stehen bei einer Wand der ästhetische Eindruck der Form und des Materials, der Lichtbrechungen und Reflektionen in der Oberfläche im Vordergrund. Zusammen erzeugen beide Elemente einen Startpunkt für einen Raum um welchen herum sich verschiedene Nutzungen entwickeln können. Die Familie von Objekten legt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern funktioniert eher als Startpunkt für neue Gedanken, Formen und Nutzungen, welche mit dem gestalterischen Grundprinzip umgesetzt werden können. Die reduzierteste Form der Objekte manifestiert sich in transparentem Acrylglas, doch durch die Vielschichtigkeit in Oberfläche und Farbe sind diverse Variationen möglich.



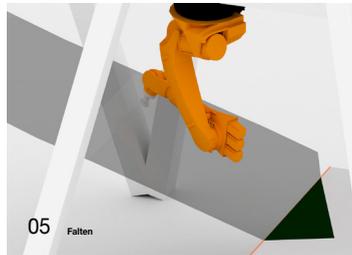
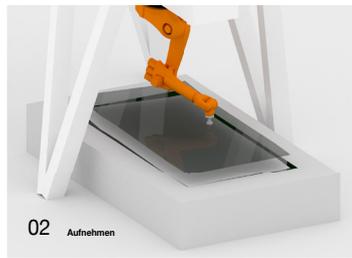
Verschiedene gefaltete Elemente, welche sich jeweils auf ihre Nachbarn beziehen.



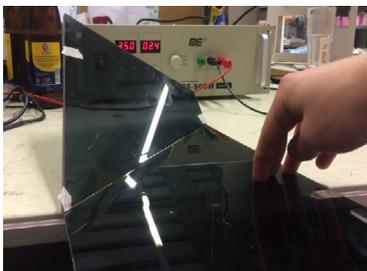
Diagrammatische Darstellung des Ablaufs des Biegeprozesses



Diagrammatische Darstellung des Ablaufs des Biegeprozesses



Simulation des Fertigungsprozesses



Untersuchung der Faltung mit einer DIY-Maschine

Durch das Falten der zweidimensionalen Oberfläche können komplexe dreidimensionale Objekte entstehen. Der Roboter kann die Platte mit einer Saugvorrichtung halten und frei im Raum an einem gespannten Heißdraht positionieren, welcher ein Thermoplast lokal entlang der Falkante erhitzt. Durch die Schwerkraft fängt das nicht vom Roboter gehaltene Ende an, sich nach unten zu knicken. Da der schmale Draht nur einen kleinen Bereich erwärmt, lässt sich eine präzise Faltung erzeugen. Das Gewicht des abknickenden Materials und die Zeit muss in den Falt-Algorithmus mit einfließen. Alternativ kann das Werkstück auch gegen einen Tisch oder eine Oberfläche gedrückt werden, dabei entstehen jedoch Einschränkungen in der Komplexität der Form.



**ADVANCED
DIGITAL FABRICATION
*AUXETIC STRUCTURES***

ADVANCED DIGITAL FABRICATION — DOPPELT GEKRÜMMTE BAUTEILE AUS IRREGULÄREN AUXETISCHEN STRUKTUREN

JAN FRIEDRICH

Die Masterarbeit beschreibt eine Methode, doppelt gekrümmte Bauteile einfach und ohne weitere Schalungsformen herzustellen. Die zunehmende Verwendung digitaler Entwurfswerkzeuge führt zu immer komplexeren Architekturen und damit auch zu Bauteilen, die sich nicht mehr mit traditionellen Baumeethoden herstellen lassen. Es besteht in zunehmendem Maße die Notwendigkeit, teilweise schon während des Entwurfsprozesses Fertigungstechniken für diese geometrisch komplexen Bauteile zu entwickeln – idealerweise als durchgängige, integrative digitale Kette. Haben diese komplexen Bauelemente auch eine tragende Funktion, liegt es nah, sie aus Beton herzustellen. Für deren Produktion ist dann aber die Fertigung komplexer Schalungen notwendig – ein sehr aufwändiger Prozess, insbesondere bei Einzelstücken. Daher werden aktuell Verfahren entwickelt, den Beton zu drucken. Gerade hier aber zeigt sich eine andere Schwierigkeit: Tragende Bauelemente werden in der Regel aus bewehrtem Stahlbeton gebaut. Es ist also neben der Schalung die Bewehrung, die die Komplexität der Herstellung von räumlich gekrümmten Bauelementen bestimmt. Kann es eine Möglichkeit geben, ein Verfahren zu entwickeln, durch den sich sowohl die Form als auch die Struktur von Bauteilen unmittelbar aus dem digitalen Entwurf generieren und in eine leicht herzustellende und baubare Struktur übertragen lassen?

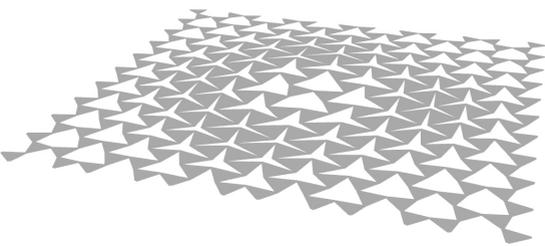
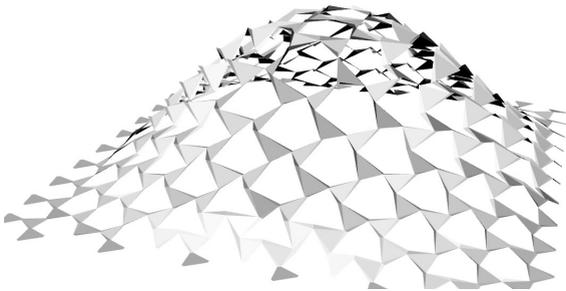
Auxetische Strukturen

Einen Schlüssel zur Lösung dieser Fragestellung liefern auxetische Strukturen. Diese weisen ein atypisches Deformationsverhalten auf: Sie haben eine negative Querdehnung. Physiker beschreiben Querdehnungen mit der sogenannten Poissonzahl, eine Größe aus der Festigkeitslehre. Ist diese Zahl positiv, verhalten sich die Materialien so, wie die meisten Menschen es erwarten würden: zieht man sie auseinander, werden sie schmaler, drückt man sie zusammen, werden sie breiter. Auxetische Materialien weisen hingegen eine negative Poissonzahl auf. Werden sie gezogen,

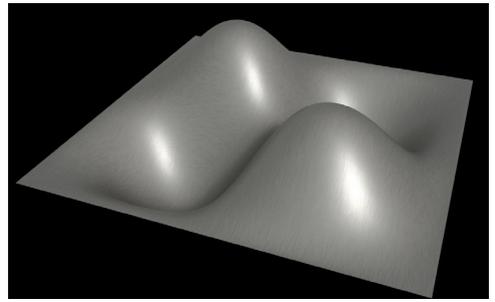
Linke Seite: Gedehte auxetische Struktur aus Stoff. Durch Komposit mit Beton in der räumlichen Form stabilisiert.

dehnen sie sich gleichzeitig aus, werden sie gedrückt, ziehen sie sich gleichzeitig zusammen. Hinter diesen ungewöhnlichen Eigenschaften verbirgt sich jedoch im Inneren eine einfache Geometrie, die sich auch auf zunächst flache Materialien übertragen lässt, welche sich dann auch räumlich verformen lassen.

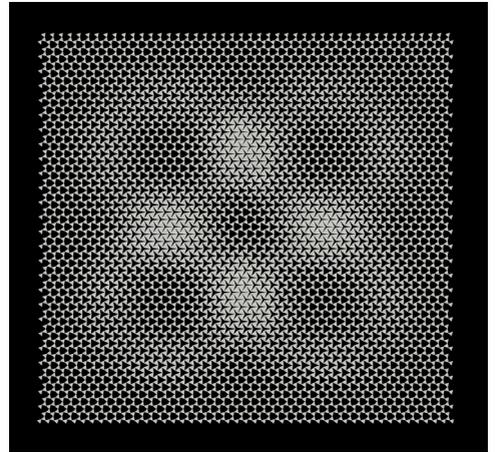
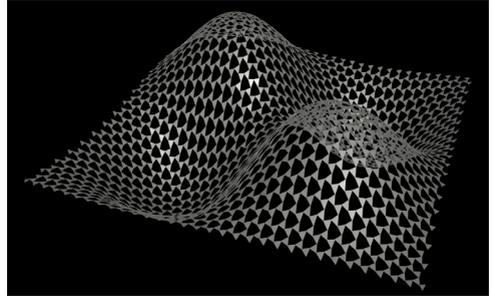
Die Eigenschaften zweidimensionaler auxetischer Strukturen können sie auch für Fragen des ressourceneffizienten Bauens relevant sein lassen. Jan Friedrich hat im Rahmen seiner Masterarbeit am DAP Berechnungsmethoden für die Herstellung räumlich gekrümmter Bauelemente auf Basis zweidimensionaler auxetischer Strukturen entwickelt. Die Arbeit konzentriert sich auf Strukturen, bei denen die auxetischen Eigenschaften durch makroskopische Einschnitte in flächige Materialien hervorgerufen werden können – so lassen sie sich sehr leicht herstellen.



Zweidimensionale auxetische Strukturen und zugehörige dreidimensionale, doppelt gekrümmte Matrix

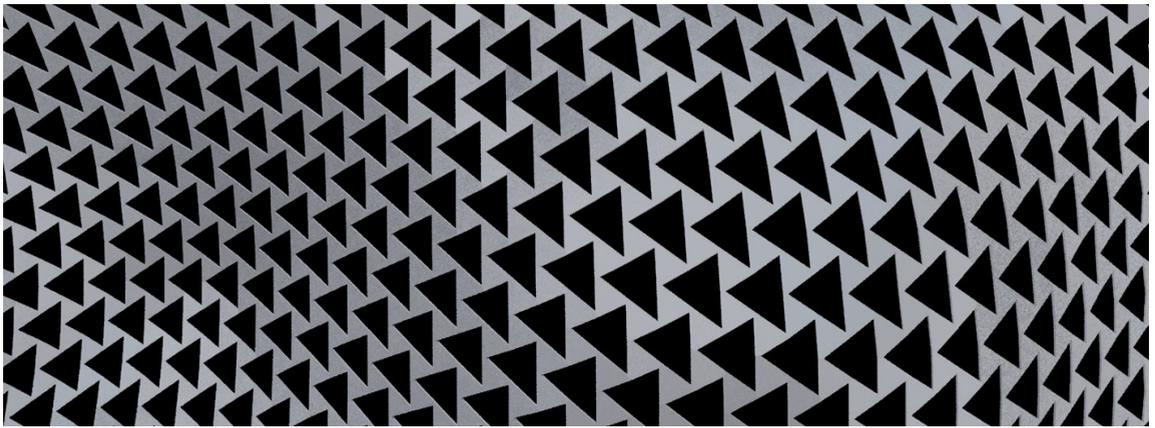


Zielfigur



Zugehörige auxetische Struktur: Vollständig gedehnt bildet die zweidimensionale auxetische Struktur die Topographie der Zielgeometrie

Es ist die spezielle Anordnung und Form von Einschnitten in das Material, die die negative Querdehnung und damit die räumliche Verformbarkeit ermöglicht. Bisher wurden nur Strukturen untersucht, bei denen diese Einschnitte einem regelmäßigen Muster gefolgt sind. Derartige „reguläre“ auxetische Strukturen lassen sich durch partielle Dehnung zu unterschiedlichen/beliebigen räumlichen Strukturen formen. Wir wiederum suchen eine Methode, zu einer



Simulation der gedehnten auxetischen Struktur



Modell der gedehnten auxetischen Struktur. Komposit: Arcyl und Beton



Aus Aluminium-Blech gelaserte irreguläre auxetische Struktur — unverformt



Räumlich verformte Struktur. Stoff, mit Exoidharz imprägniert.

vorgegeben räumlichen Zielfigur genau die passende flache auxetische Struktur zu erzeugen. Dies kann erreicht werden, indem die Einschnitte im Material unregelmäßig vorgenommen werden — wir sprechen jetzt von „irregulären“ auxetischen Strukturen. Werden diese jetzt an jeder Stelle vollständig gedehnt, kann daraus nur eine räumliche Figur entstehen: unsere jeweilige Zielfigur.

Berechnung irregulärer auxetischer Strukturen

Die Einschnitte im Material erfolgen hier nicht mehr gleichmäßig, sondern werden durch einen Algorithmus gesteuert. Dieser ermittelt aus der topographischen Analyse der Zielfigur genau das spezifische Muster der Einschnitte in das flache Ausgangsmaterial, welches lokal unterschiedliche Dehnbarkeiten zulässt und dann im vollständig gedehnten Zustand zur Zielfigur führt.

Prozess und Materialität

Als flaches Ausgangsmaterial für die auxetischen Strukturen dienen Bleche in welche mittels Laser die Einschnitte eingebracht werden. Die Bleche können robotisch gedehnt und in ihre dreidimensionale Form gebracht werden. Als solche bilden sie ein formgebendes strukturelles Gitter, welches in Kombination mit Spritzbeton das Bauteil bildet. Die gedehnte irreguläre auxetische Struktur ist verlorene Schalung und Bewehrung zugleich. Von der Formfindung bis zur Herstellung des Bauteils kann eine durchgängige digitale Prozesskette erreicht werden. Selbst komplexeste Bauteile lassen sich so einfach und kostengünstig erzeugen.

ATMOSPHERIC CONSTRUCTIONS *TEXTURE*





DESIGN STRATEGIEN ZWISCHEN HIGH- UND LOW-TECH

MAREIKE KRAUTHEIM

„IT IS EASIER TO SHIP RECIPES THAN CAKES AND BISCUITS.“
(John Maynard Keynes)

Entwicklung von Design Strategien für die Anwendung und „Programmierung“ von Materialien und Techniken im Spannungsfeld zwischen Hightech und Lowtech. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der Adaptierbarkeit von Herstellungs-, Anwendungs- und insbesondere Optimierungsprozessen auf unterschiedliche kontextuelle Voraussetzungen innerhalb verschiedener Maßstabsebenen. Ziel ist die Entwicklung von Strategien für einen konkreten Kontext in einem Design-Build Projekt der TU Berlin in Cochabamba, Bolivien, ausgehend von dem Verstehen der inhärenten Intelligenz eines Baumaterials über Experimente und Analysen mit unterschiedlichen thematischen Zielsetzungen. Diese Strategien beinhalten eine Kombination und ‚Rekursion‘ zwischen Hightech und Lowtech Prozessen, um die jeweiligen Potenziale der unterschiedlichen Verfahren, Entwurfsmittel und Werkzeuge optimal ausschöpfen und im jeweiligen Kontext einsetzen zu können.

MAUERWERK IM EXPERIMENT ZWISCHEN VIRTUELL UND ANALOG

Mauerwerk als sehr weit verbreiteter und leicht herzustellendes Baumaterial bildet aufgrund seiner leichten Handhabbarkeit, vielfältigen Einsetzbarkeit und seiner modularen Grundkonfiguration ein großes Potenzial, um verschiedenste Konfigurationen und Adaptionmöglichkeiten auszutesten und darauf basierende konkrete Umsetzungs-Strategien zu entwickeln.

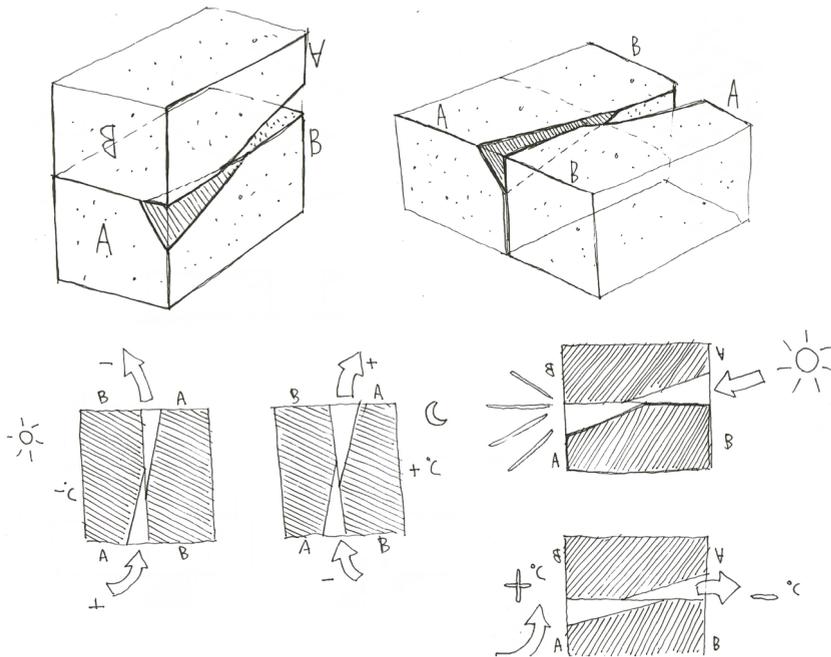
RESEARCH: MAUERWERK — Understanding a Building Material

GENOPHASE: PROGRAMMED WALL — Exploring and Testing

PHENOPHASE: CONTEXTUALIZATION — Transformation based on specific context in Bolivia

VENTILATION IN MEHRSCHICHTIGEM MAUERWERK

Um eine Luftzirkulation durch mehrschichtiges Mauerwerk hindurch zu ermöglichen, wurden in analogen und digitalen Experimenten systematisch verschiedene Modifikationen der Mauerwerksziegel getestet. Dabei lag das Augenmerk auf einer produktionstechnisch möglichst leicht zu handhabenden und einfach zu kommunizierenden Nachbearbeitung des Ziegels, die eine spezifische Ventilation ermöglichen und gleichzeitig die Stabilität des Mauerwerks erhalten sollte. Dazu wurde eine Matrix mit Zahlencode entwickelt, über die sich der Schnittverlauf der Dreiecksfläche eindeutig kommunizieren lässt und so z. B. bei Design-Build Projekten zu eindeutigen Ergebnissen führt. Im Weiteren wurden dann die unterschiedlich stark ausgeprägten Modifikationen der Quer- und Längsseiten und deren Eigenschaften untersucht und miteinander verglichen und Mindest- und Maximalstandards für den Aufbau eines Luftstroms festgelegt.



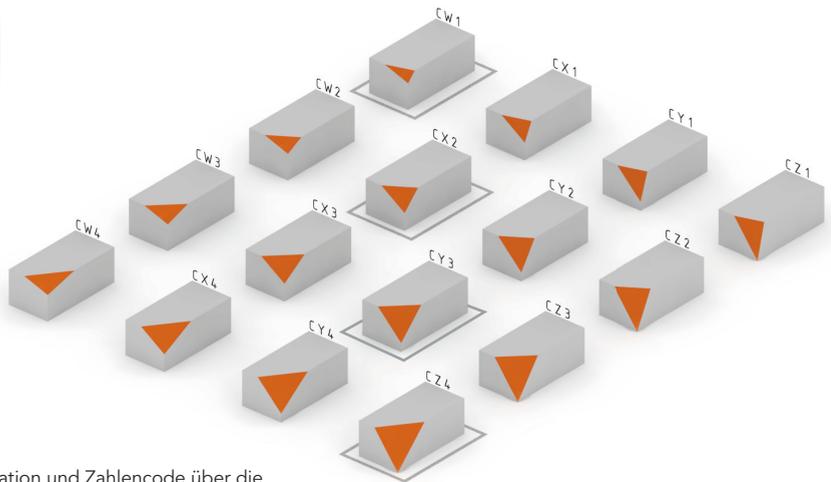
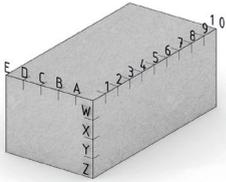
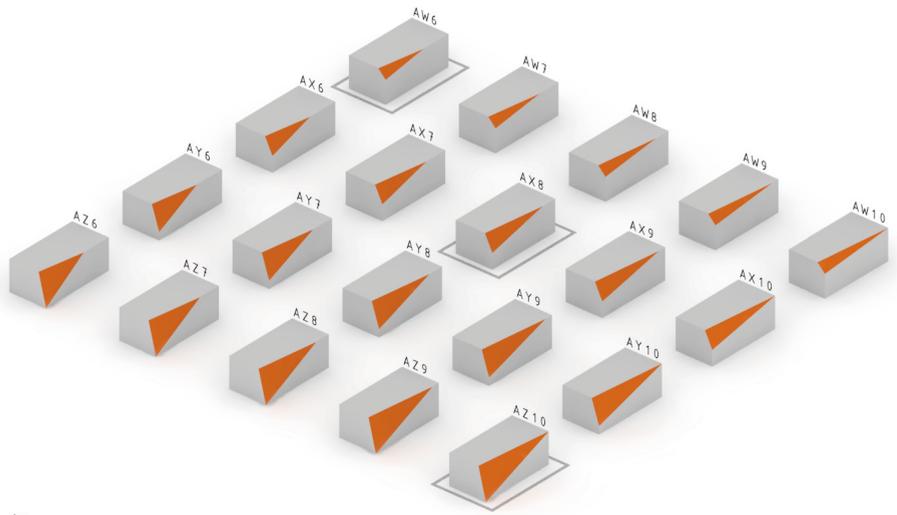
G. Casares Ruiz / T. Jones

Ventilation und Kühlung durch Adaptionen der Mauersteine, Wirkungsweise in Mauerwerksverbänden.

Rechte Seite: Mauerstein mit Adaption C-Y-3 (siehe Matrix)

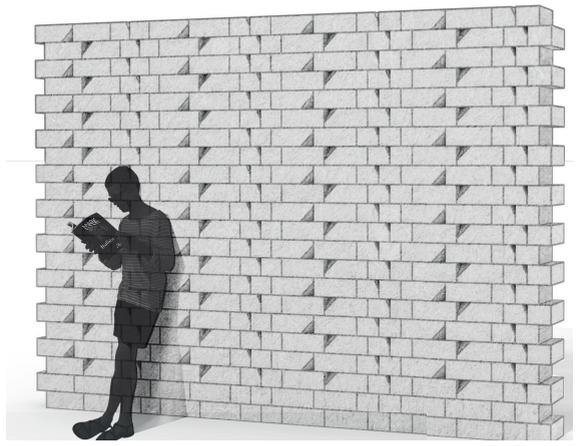
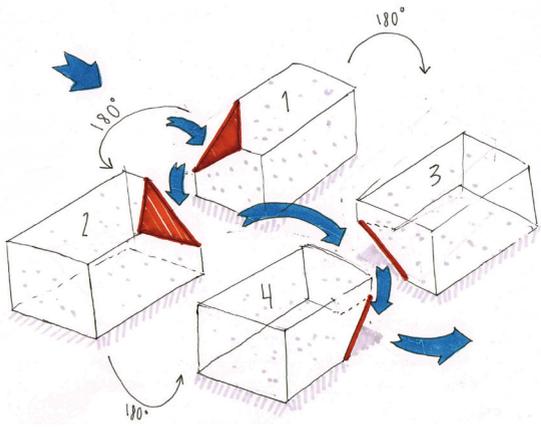
Photo: Philipp Obkircher



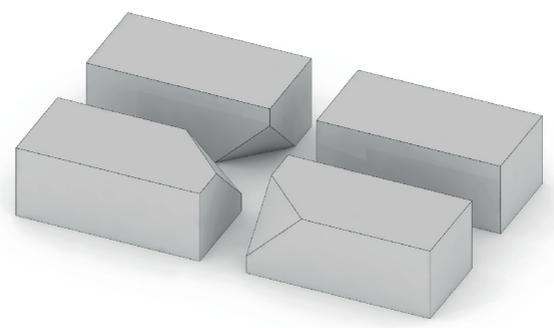
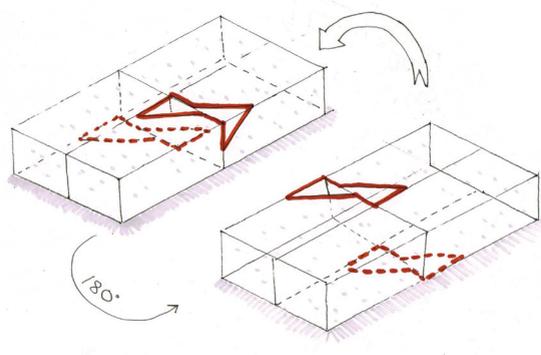


Matrix mit systematischer Modifikation und Zahlencode über die Längsseiten (oben) und die Stirnseiten (unten) der Mauersteine.
 Unten: Variante A-X-8 mit Schnittverlauf über Längsseite
 Photo: Philipp Obkircher

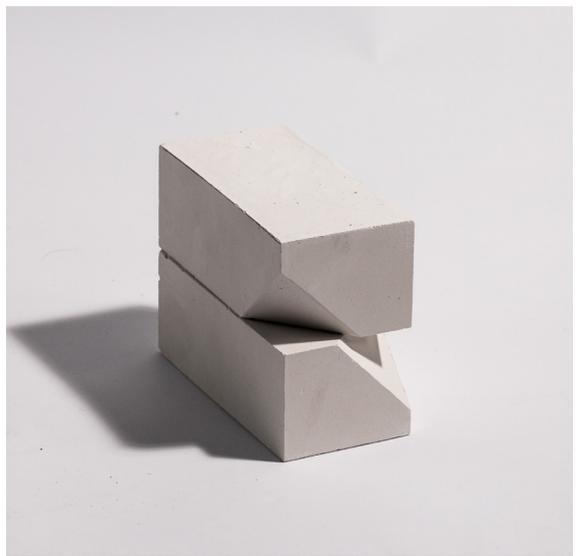




Zweischaliger Mauerwerksverband mit den Mauersteinen C-Y-3 und A-X-8



Variante C-Y-3 mit Schnittverlauf an Stirnseite im Verband (Zweischaliger Mauerwerksverband)
Photo: Philipp Obkircher



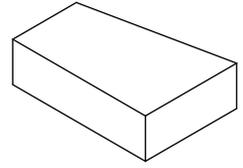
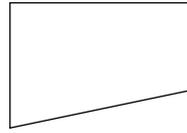
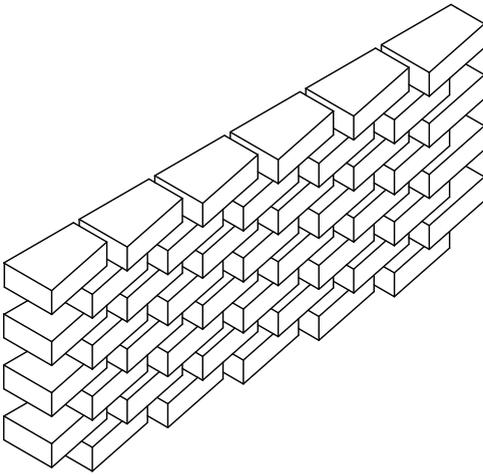
WIND-BRICK

Gesteuerte Ventilation durch das Mauerwerk hindurch in Abhängigkeit zu vorherrschenden Windrichtungen.

Entwicklung eines Mauersteins, der im Verband sowohl bei bestimmten Windrichtungen eine verstärkte Ventilation des Gebäudes über die Vertikalfugen ermöglicht, als auch bei entgegengesetzten Windrichtungen die Ventilation möglichst gering hält. Durch die unterschiedlichen Ausformungen der Ziegelsteine lassen sich die Luftströme durch das Mauerwerk steuern, bzw. der Grad der Ventilation einstellen. Relevant für diese Funktionsweise sind die lokalen Windverhältnisse sowie die spezifischen Anforderungen an das Gebäude.

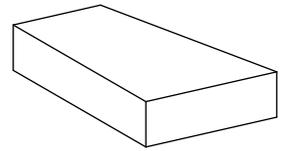
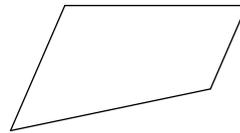
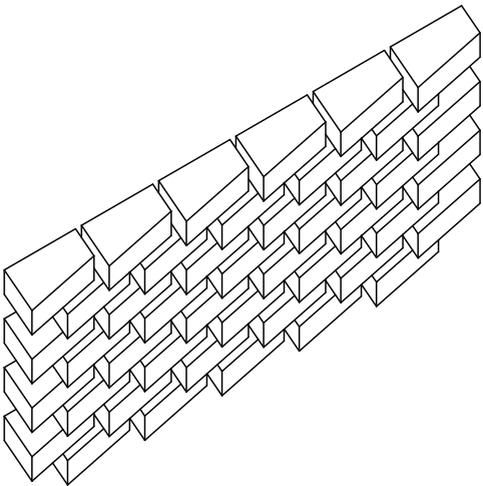
In digitalen und analogen Versuchsreihen wurden verschiedene Mauersteine getestet und optimiert, in dem sie von unterschiedlichen, im spezifischen Kontext von Bella Vista, Bolivien relevanten Windrichtungen angeströmt wurden. Zu den vorherrschenden Winden gehören hier ein Hangaufwind (tagsüber), der zur Kühlung des Gebäudes genutzt wird und ein entgegengesetzter Hangabwind (abends), der nicht in das Gebäude gelangen soll, um einer nächtlichen Auskühlung entgegenzuwirken.





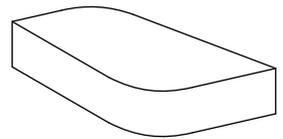
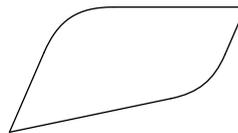
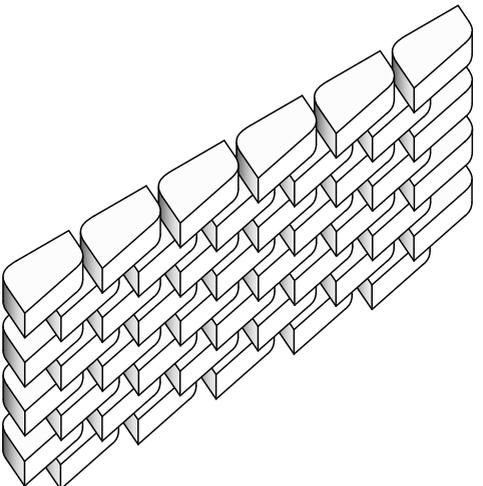
Prototyp_1

Mauerstein mit angeschrägter Vorderkante, um, je nach Windrichtung, eine Ventilation durch die Stoßfugen des Mauerwerks hindurch zu verstärken bzw. zu hemmen.



Prototyp_2

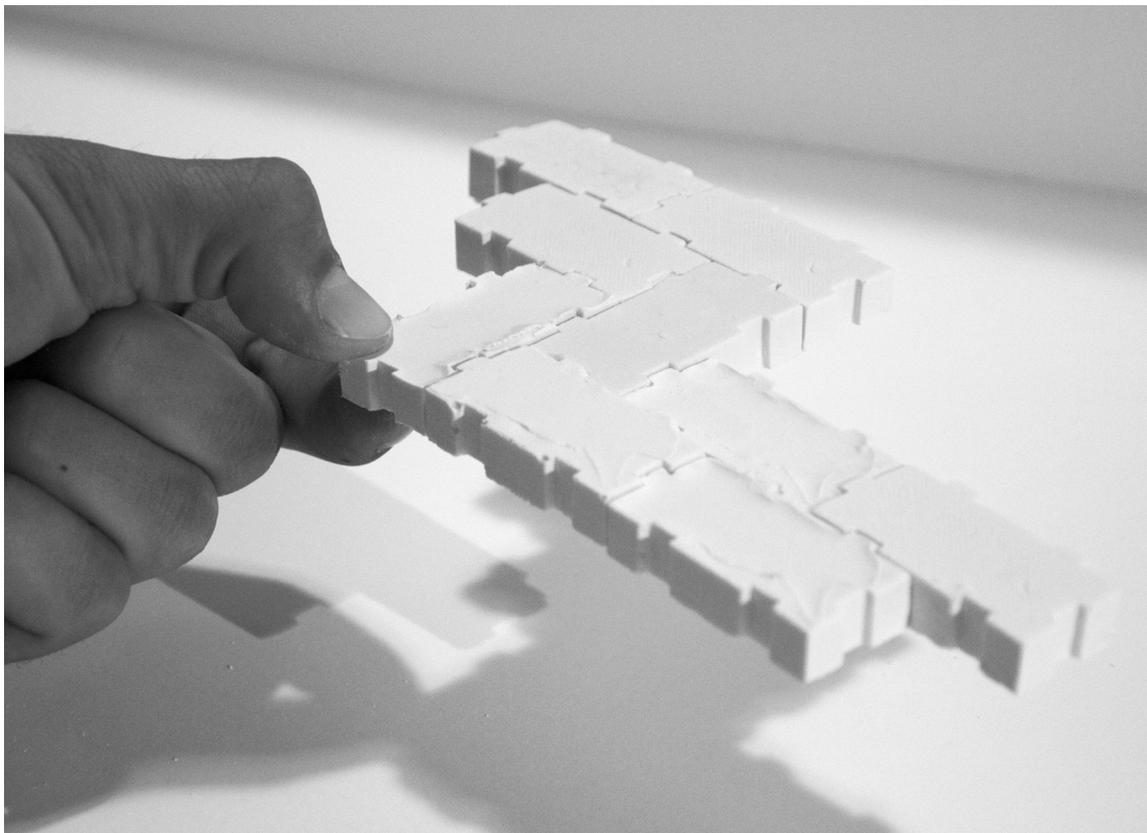
Adaption des Mauersteins, um den Anströmungsbereich für eine optimale Ventilation durch das Mauerwerk zu erweitern.



Prototyp_3

Weitere Adaption des Mauersteins, um die Ventilations-eigenschaften des Mauerwerks zu verbessern.

Linke Seite: Simulation der Ventilation (Prototyp_2)
 Anströmwinkel 35 Grad (Hangaufwind)
 Anströmwinkel 180 Grad (Hangabwind)



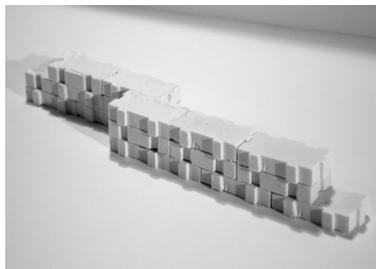
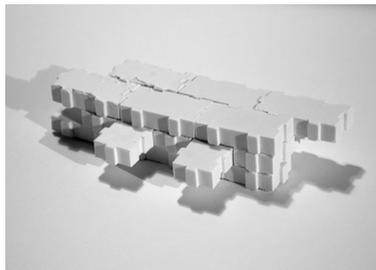
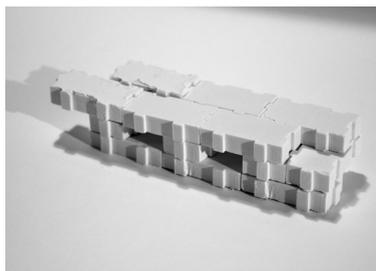
ATMOSPHERIC CONSTRUCTIONS — STRUCTURE

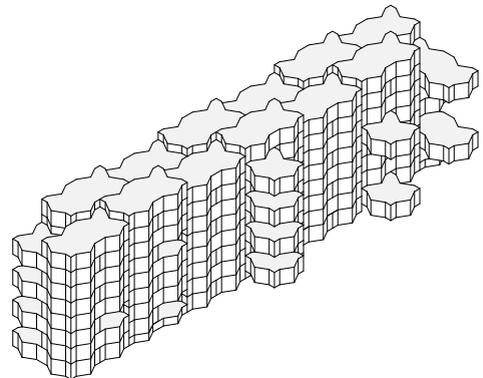
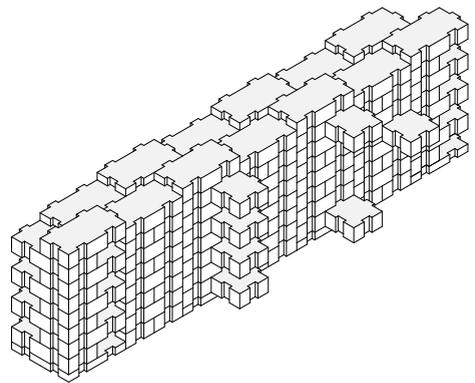
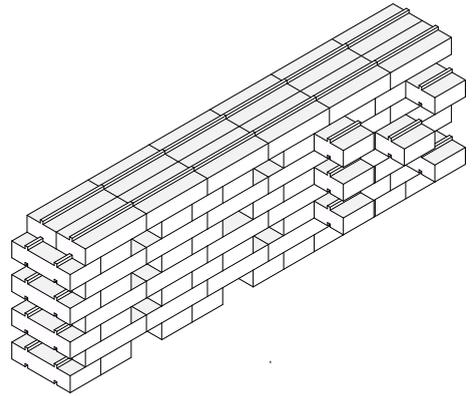
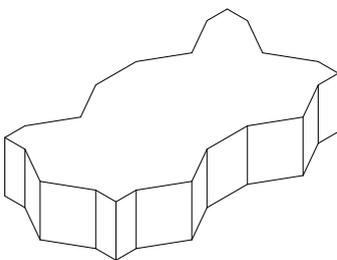
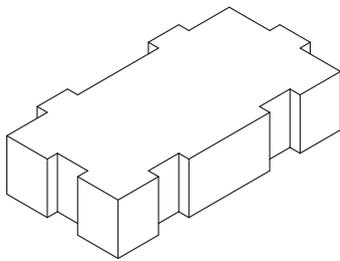
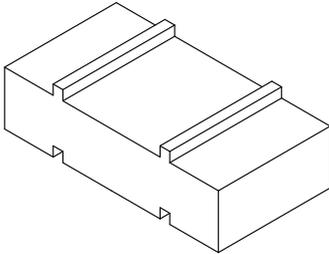
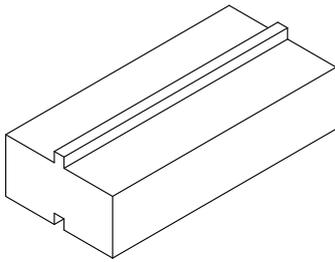
ERDBEBENSICHERES BAUEN DURCH INTERLOCKING

Entwicklung und Optimierung von Mauerziegeln, die durch Verzahnung untereinander und ohne die Verwendung von Mörtel einen kraftschlüssigen Verband bilden, der für Erdbebengebiete wie Cochabamba, Bolivien besonders geeignet ist. Testing und Optimierung von verschiedenen Prototypen, die ausgehend von einem System aus zwei verschiedenen profilierten Ziegeln, zu einem Ziegel in zwei relativen Höhen weiterentwickelt werden. Über analoge und digitale Experimente zu Wirkungsweisen und möglichen Produktionstechniken und Produktionsverfahren erfolgt eine Anpassung an die spezifischen Produktionsprozesse vor Ort.

A. Budde und B. Schaad

Modellstudien und Testing mit dem Prototyp_1 im Mauerwerksverband.
Photo: Philipp Obkircher





Prototypen_1: System aus zwei unterschiedlichen Mauersteinen, mit denen im Mauerwerksverband eine horizontale und vertikale Verzahnung erreicht wird. Mauerwerk mit Öffnungen und Auskragungen.

Prototyp_2: Mauersteine verzahnen sich horizontal; über halbhohle Mauersteine erfolgt auch eine vertikale Verzahnung. Mauerwerk mit Öffnungen und Auskragungen.

Prototyp_3: Optimierung und Adaption des Prototypen_2 an Produktionsbedingungen und Materialbeschaffenheiten.

ATMOSPHERIC CONSTRUCTIONS *LIGHT*





ATMOSPHERIC CONSTRUCTIONS — LIGHT

MAREIKE KRAUTHEIM

Digitale und analoge Auseinandersetzung mit den räumlichen und sensorischen Potentialen und Qualitäten von Raumübergängen unter Betrachtung verschiedener Parameter und Elemente (klimatischer, sensorischer, soziologischer etc.), sowie deren möglichen Nutzungen. Die Fassade eines Hauses vereint im Normalfall komprimiert die unterschiedlichen funktionalen, strukturellen und formalen Anforderungen an die Außenhaut eines Gebäudes und bildet einen eindeutigen und unbeweglichen Raumabschluss. Ausgangspunkt dieses Kurses war stattdessen die Betrachtung der Fassade und des Raumes als Einheit, in der durch verschiedene Zwischenzonen und Überlagerungen zusätzliche räumliche Qualitäten entstehen.

ENTWICKLUNG UND OPTIMIERUNG VON PROTOTYPEN

Entwicklung und Optimierung von spezifischen Fassaden-Prototypen, die den Raum in seiner gesamten Tiefe physisch und atmosphärisch bespielen und dabei unter Berücksichtigung verschiedener definierter Parameter (Lichteinfall, Helligkeit, Niederschlag, Temperatur, Wind- Ventilation, Luftzirkulation etc.) in Wechselwirkung miteinander stehen.

Durch die Möglichkeit des Auffächerns der einzelnen Funktionen der Fassaden in die Tiefe des Raumes hinein (Innen-/Außenraum) und einer möglichen Anpassbarkeit (je nach Situation — tageszeitlich, jahreszeitlich, klimatisch, funktional, emotional etc.) oder einer festen Anordnung (unter Bezugnahme auf einzelne relevante (welche?) Parameter) der Elemente der Fassade, entstehen im Zusammenspiel präzise definierte Räume.

Dem Zusammenspiel von zwei thematisch ‚verwandten‘ Fassaden-Prototypen und der Art der atmosphärischen Qualität der entstehenden „Zwischenräume“ und deren Steuerung/Adaptierbarkeit kam dabei ein besonderes Augenmerk zu.

RESEARCH — GLAS Understanding a Material/Atmosphären und Kontext

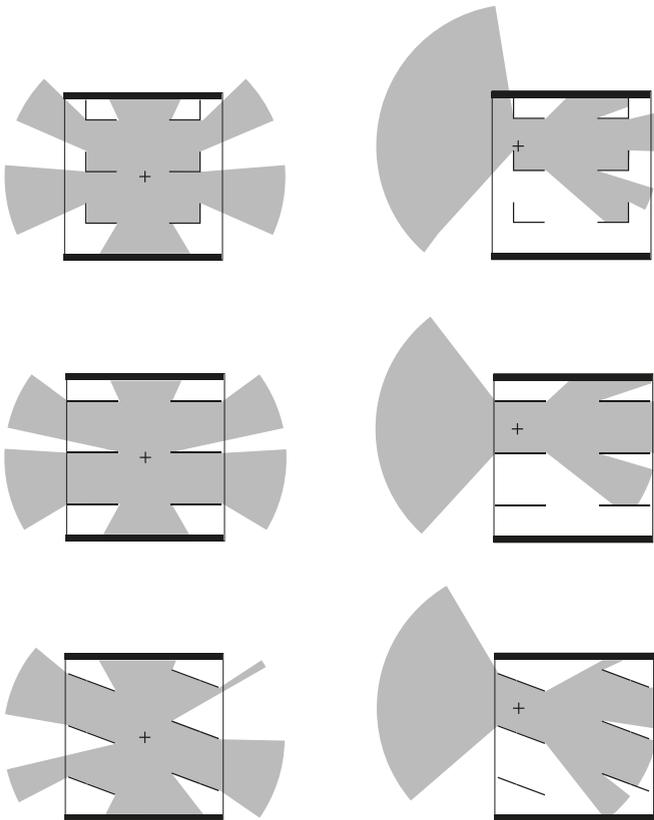
GENOPHASE — Entwicklung des Prototyp_1

PHENOPHASE — Entwicklung und Optimierung Prototyp

FASSADENELEMENTE IN ADAPTIERBARER ANORDNUNG

Entwicklung eines Moduls mit dem auf verschiedene Belichtungssituationen und Sonnenstände reagiert werden kann. Die Module bestehen aus zwei raumhohen und jeweils unterschiedlich breiten geschlossenen Elementen, die miteinander verbunden sind und sich unabhängig von einander um eine gemeinsame Achse drehen. Die Elemente lassen eine komplette Schließung der Fassaden sowie jede weitere Positionierung im Raum zu und ermöglichen es so stufenlos auf wechselnde Parameter und wechselnde Anforderungen zu reagieren.

Über diese individuell justierbaren Module lassen sich gleichbleibende Atmosphären bei wechselnden Parametern sowie wechselnde Atmosphären bei gleichbleibenden Parametern erzeugen.

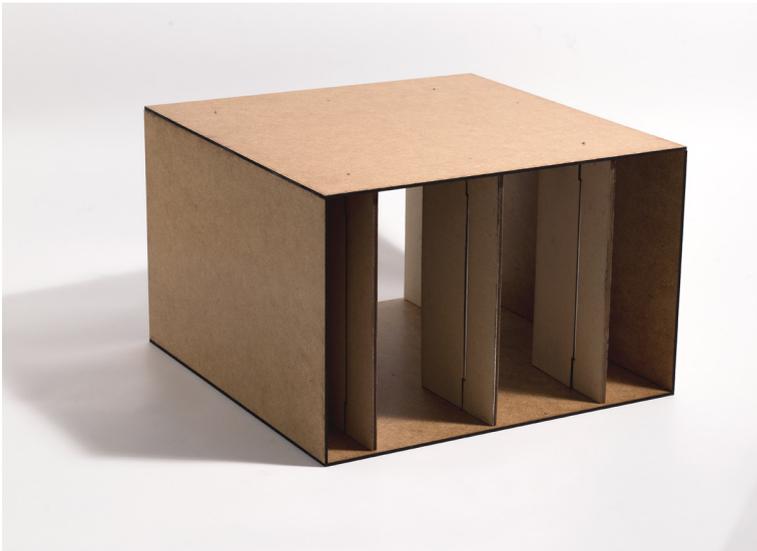


A. Lytvyniuk und J. Mao

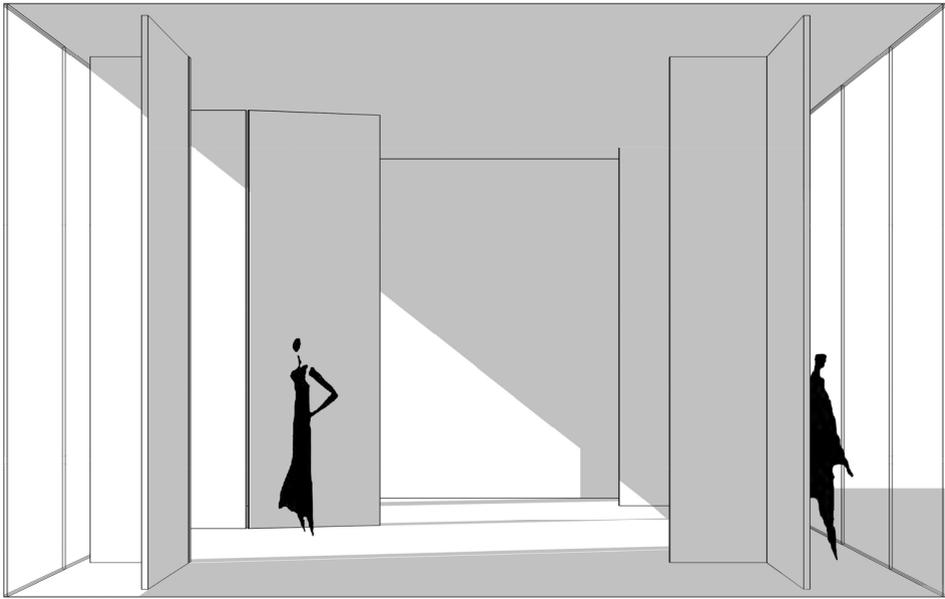
Isovisiten bei verschiedenen Grundrissvarianten und Positionen
Rechts: Schattenverlauf



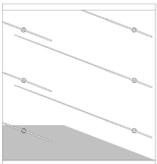




Unterschiedliche Positionen der Elemente und deren Auswirkungen.

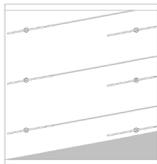


21. JUNI / 08:00

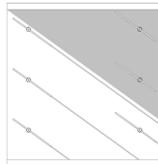


Position > maximaler Lichteinfall

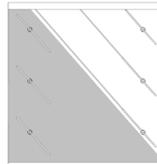
21. JUNI / 15:00



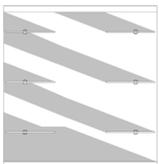
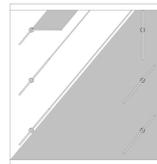
21. JUNI / 20:00



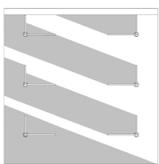
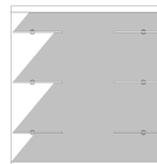
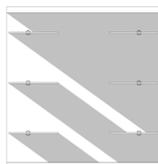
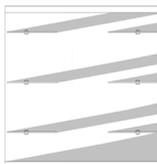
21. DEZEMBER / 09:00



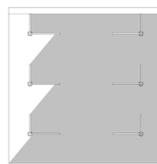
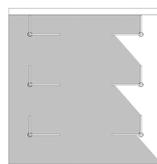
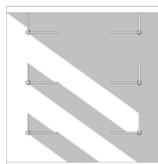
21. DEZEMBER / 15:00



Position > Klappläden parallel



Position > Klappläden Ecke



Adaptionmöglichkeiten der Elemente/Jahreszeiten und Tageszeiten, Schattenverlauf



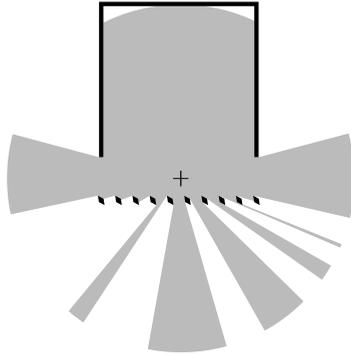
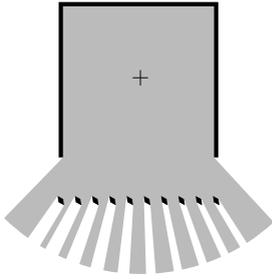
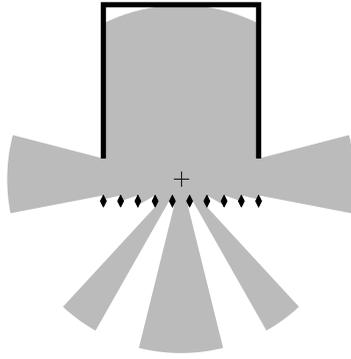
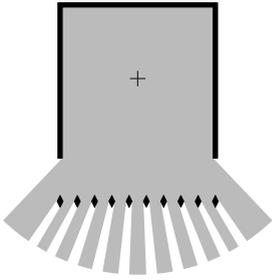
ATMOSPHERIC CONSTRUCTIONS — LIGHT

ELEMENTE IN FIXER ANORDNUNG

Die einzelnen Elemente sind so beschaffen, dass sie in Abhängigkeit der Ausrichtung und dem jeweiligen jahreszeitlichen und tageszeitlichen Sonnenstand spezifische Verschattungs- und Belichtungsszenarien erzielen. Eine Anpassung der Raumsituation erfolgt sowohl über die Ausrichtung und Höhenentwicklung der Elemente als auch über die Spezifizierung der konischen Form. Auf diese Weise lassen sich die Belichtung und die Ein- und Aussichtsoptionen für den Raum hinter der Fassadenebene präzise steuern und der jeweiligen geographischen Position und Ausrichtung des Raumes anpassen. Zusätzlich besteht die Möglichkeit unterschiedlich ausgerichtete und geformte Elemente zu kombinieren, sowie den Abstand der Elemente zum Raum zu verändern, um unterschiedliche Atmosphären zu erzeugen.

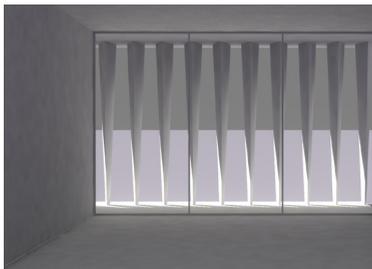


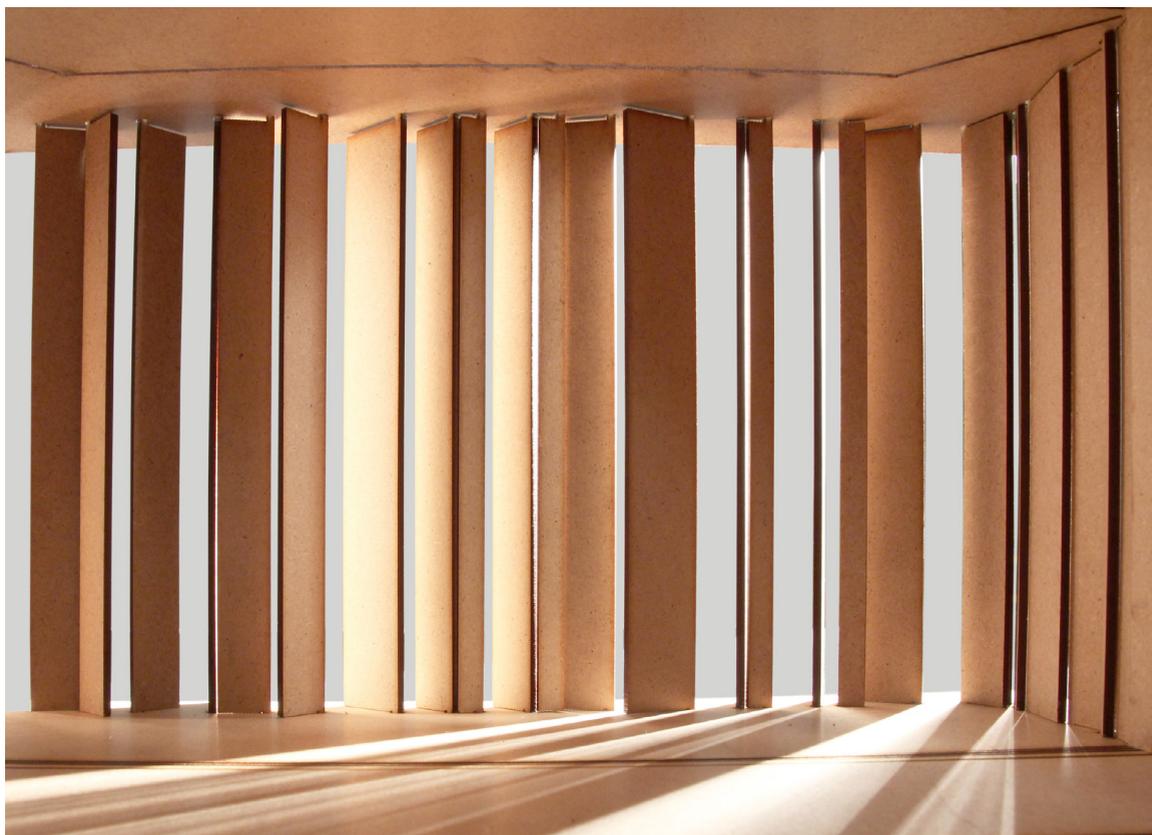
Modelle der Prototypen (1–3)
Photo: Philipp Obkircher



Verschiedene Isovisten von Prototyp_1 und Prototyp_2

Unten von links nach rechts:
 Belichtungssimulation und Schattenverlauf
 von Prototyp_1
 Frühling (21.03) 9:30h, 12:30h und 15:00h,
 Sommer (21.06) 9:30h, 12:30h und 15:00h
 Winter (21.12.) 9:30h, 12:30h und 15:00h.





ATMOSPHERIC CONSTRUCTIONS — LIGHT

LIGHT SCREENS — LICHTSTEUERUNG

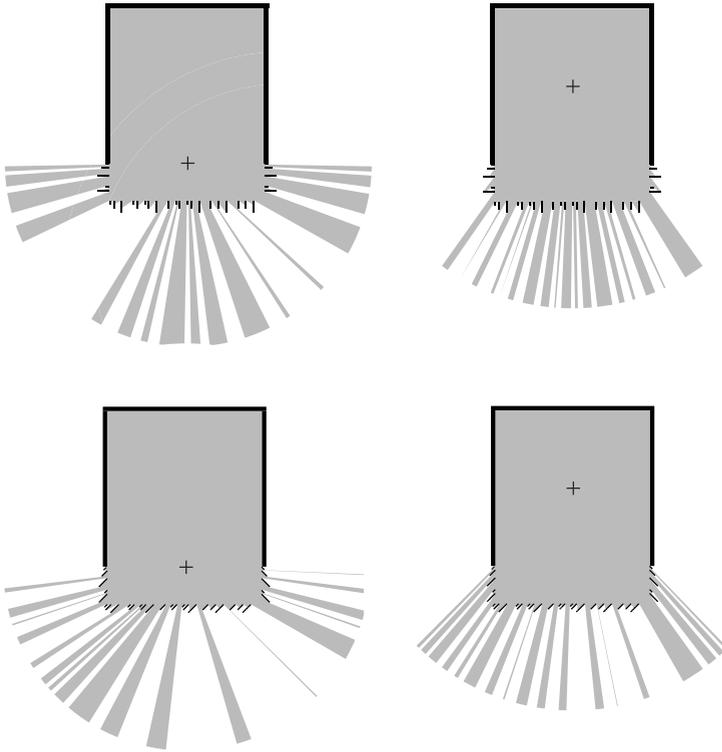
Entwicklung einer systemischen Schichtung von unterschiedlichen Elementen in mehreren Ebenen zur präzisen Regulierung des Lichteinfalls und der Raumatmosphäre. Primäre erfolgt eine Steuerung durch justierbare Klapppläden aus unterschiedlichen Materialien (transluzent im Norden und intransparent im Süden) und sekundär durch zusätzliche Vorhänge/Schiebeelemente. Durch die verschiedenen aufeinander aufbauenden Möglichkeiten zur Adaption und Optimierung kann trotz wechselnder kontextueller Parameter eine gleichbleibende Atmosphäre erzeugt werden und/oder bei gleichbleibenden Parametern eine wechselnde Atmosphäre geschaffen werden.

T. Golz und F. Leinfelder

Modellstudien zur Steuerung der Belichtung
in geschlossenem und maximal geöffnetem
Zustand.

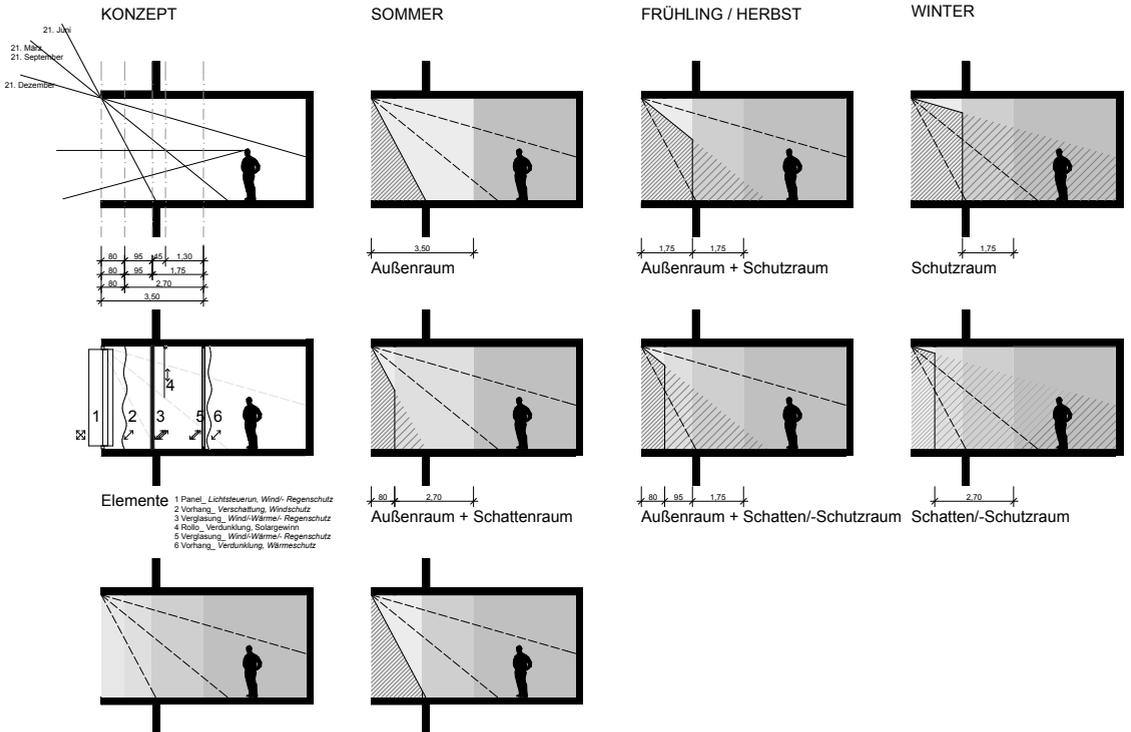
Photos: Philipp Obkircher



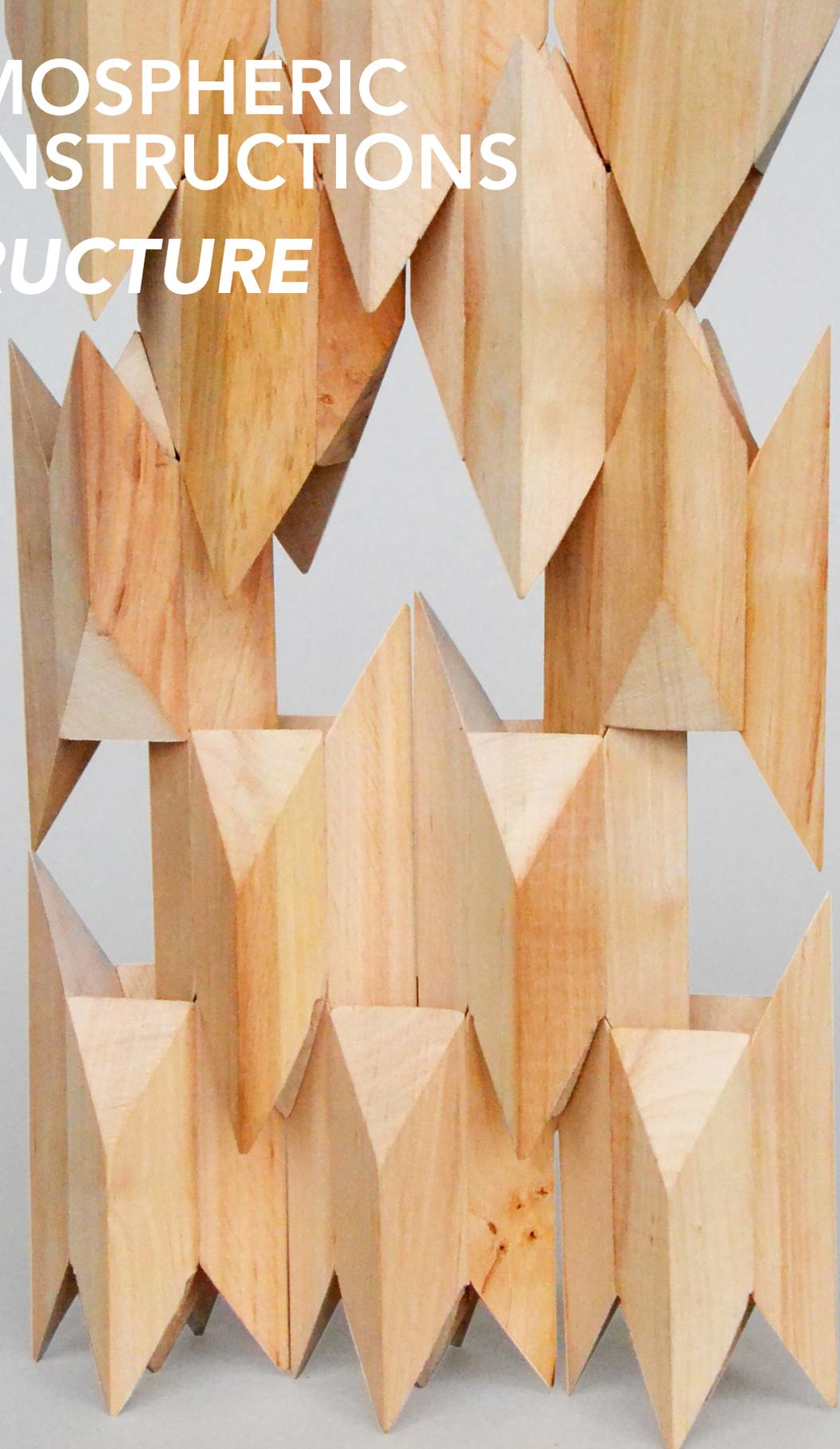


Verschiedene Isovisten bei unterschiedlicher Stellung der primären Lichtsteuerungselemente.

Unten: Konzept Belichtung/Verschattung in den Jahres- und Tageszeiten, Optimierung der Atmosphäre durch ein System von zusätzlichen Elementen



ATMOSPHERIC CONSTRUCTIONS *STRUCTURE*



WOOD JOINTS — EXPERIMENTING WITH WOOD

MAREIKE KRAUTHEIM

Entwurf eines kontemplativen Raumes / Teehauses im Kontext von Berlin und Kyoto, Japan.

Das Material Holz und seine spezifische Verwendung in der traditionellen und modernen japanischen Architektur bilden den Ausgangspunkt einer Reihe von digitalen und analogen Experimenten mit Raum, Licht und Klima.

Maßstabsübergreifend führen die vielschichtigen Ergebnisse zu einem spezifischen Einsatz und zeitgemäßen Umgang mit Holz als durchgehendes Material. Dabei werden die inherente Intelligenz und die Potentiale des Materials anhand einer typischen japanischen Bauaufgabe, dem Teehaus, hinterfragt und unter unterschiedlichen klimatischen Bedingungen getestet und simuliert.

„A ROOM FOR EVERY METEOROLOGICAL SITUATION OR EMOTIONAL STATE“

(Niklas Maak über Sou Fujimoto, House N)

Für den gesamten Entwurf steht ausschließlich das Material Holz zur Verfügung, darüber hinaus werden sämtliche Elemente des Raumes aus horizontalen und / oder vertikalen Hölzern erstellt. Die Wahl der Format und Fügungen ist freigestellt.

Die Raumhülle soll in ihrer ‚Funktion‘ vor allem als Katalysator zwischen dem umgebenden Kontext und dem Inneren des Raumes fungieren und zum Ziel haben, einen Raum zu schaffen, der den Zugang zu einer intensiven / selektiven Wahrnehmung von einzelnen oder mehreren kontextuellen Parametern eröffnet. Dabei in Betrachtung gezogen werden können sich ändernde, veränderbare und fixe Parameter des Kontextes. (e. g. Sonne, Licht, Geräusche, Wind, Niederschlag, Jahreszeiten, Nutzungen, (spezifische) Elemente der Umgebung, etc.)

RESEARCH — Elemente des Teehauses/Understanding a Culture

GENOPHASE WORKSHOPS — Re-Interpreting Japanese Wood Joints/Konzept und Entwurf Teehaus/Kontemplativer Raum

PHENOPHASE — Entwurf und Optimierung

RE-INTERPRETING JAPANESE WOOD JOINTS

Analoge und digitale Aufarbeitung und Weiterentwicklung von traditionellen japanischen Holzverbindungen in Zeichnungen und Modellen.

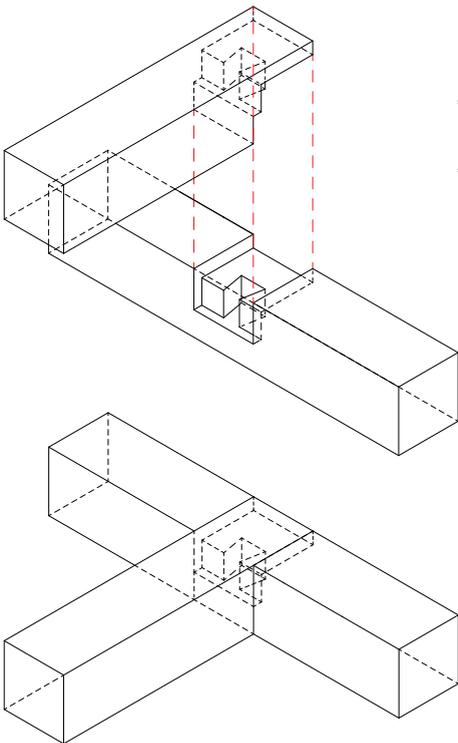
Im zweiten Workshop werden diese traditionellen handwerklichen Bearbeitungsmöglichkeiten mit zeitgenössischen Möglichkeiten der Produktion gegengelesen und eine Strategie für eine temporäre Holzkonstruktion entwickelt. Die in den Workshop kennengelernten Holzverbindungen dienen dabei als interpretierbare Grundlagen der eigenen Holz-Konstruktionen.

WORKSHOP 1 — REBUILD

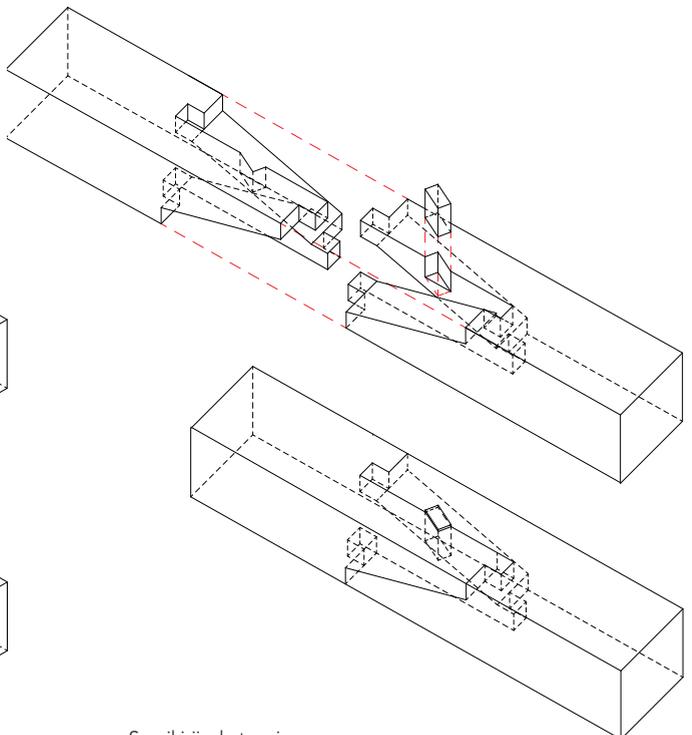
Grundlegende Prinzipien der Fügung und Anwendung verschiedener traditioneller japanischer Holzverbindungen als Serie von diagrammatischen Zeichnungen und Modellfotos mit einer Beschreibung und Bewertung des Knotens.

WORKSHOP 2 — ADAPT

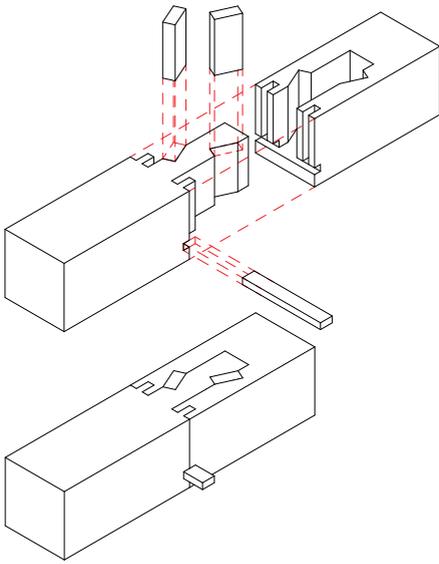
Entwicklung einer regelbasierten Strategie für eine temporäre Konstruktion aus Holz, die mit dem wechselnden Kontext interagiert. Die Japanischen Holzverbindungen dienen dafür als interpretierbare Grundlage.



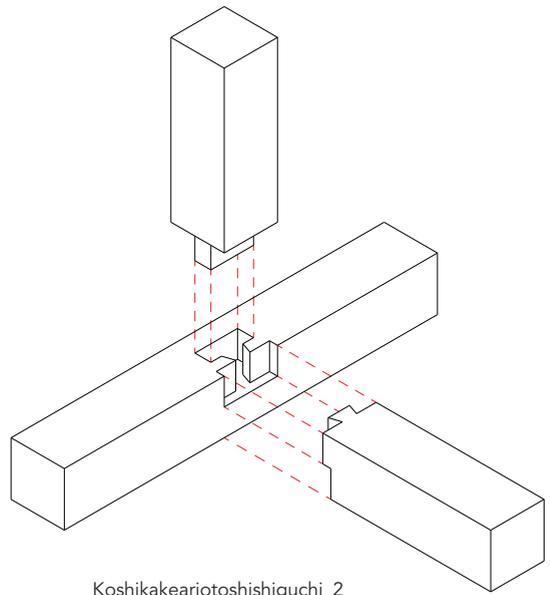
Tutumiarigakeshigushi



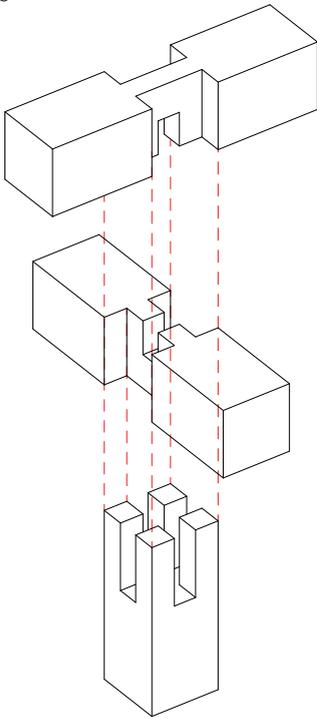
Sumikiriisukatsugi



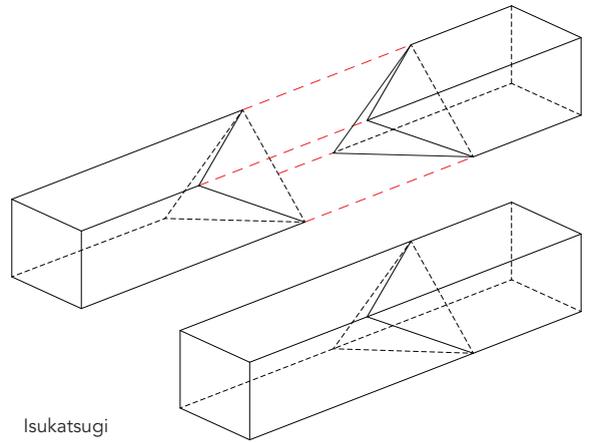
Yokosenshachitugi



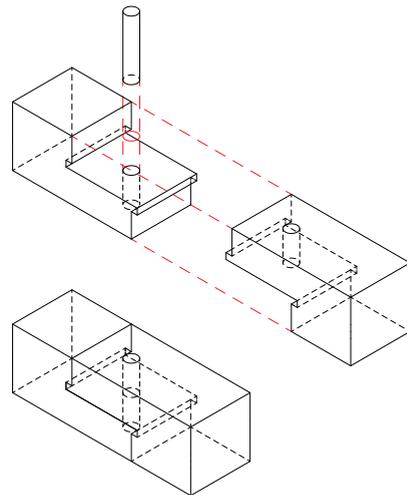
Koshikakeariotoshishiguchi_2



Igeta-Shikuchi



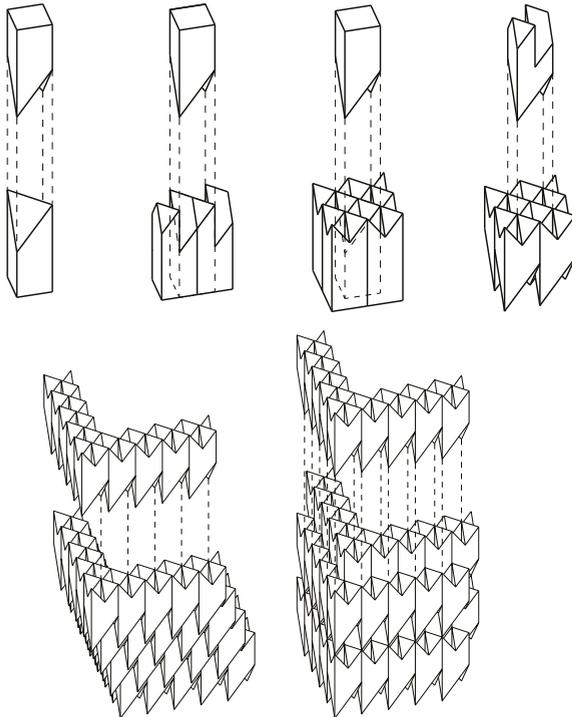
Isukatsugi



Hirakakekomisentug

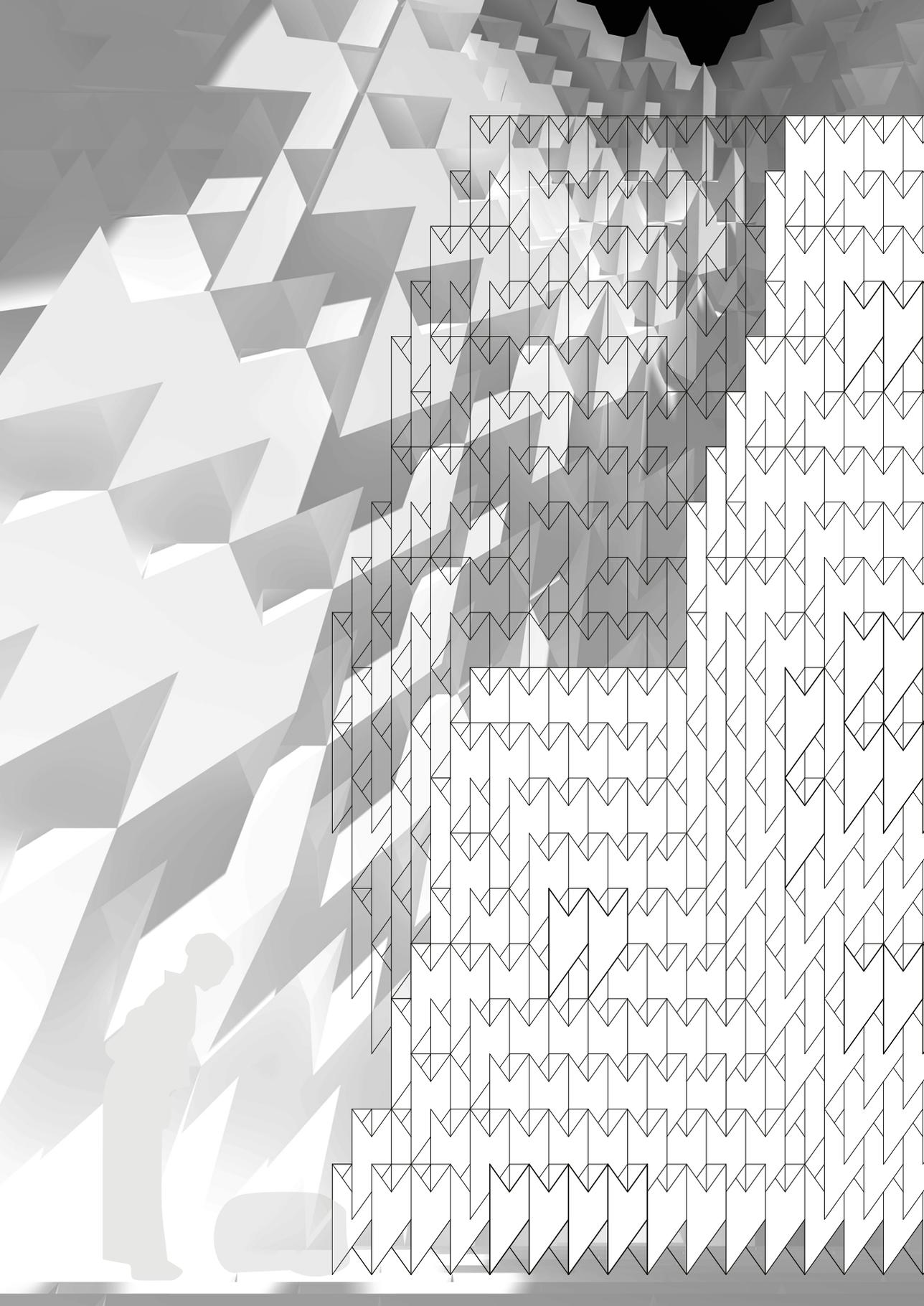
AGGREGATSTRUKTUR AUS VOLLHOLZELEMENTEN

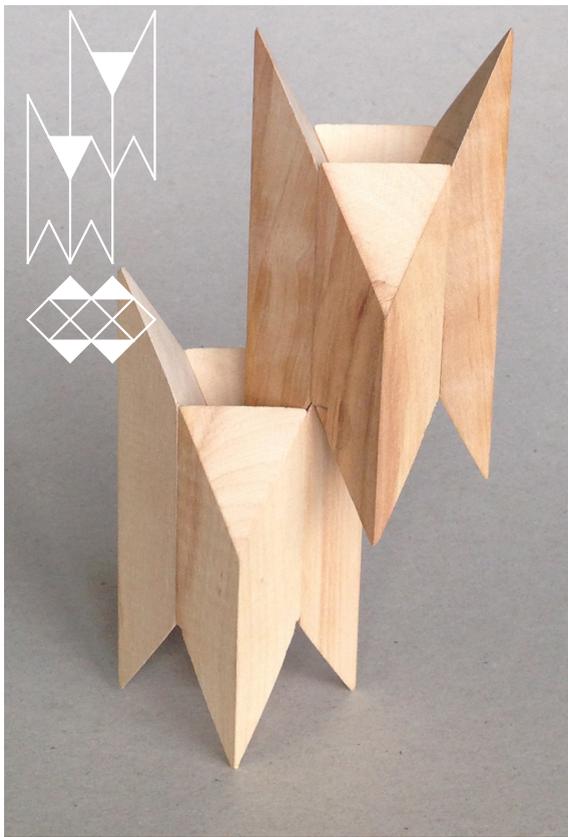
Entwicklung eines Grundmoduls aus Vollholz, das aufgrund seiner Ausformung allein durch eine Steckverbindung eine stabile und unbegrenzte Aggregatstruktur bilden kann. Die vielfältige Kombierbarkeit der einzelnen Elemente bei maximaler Flexibilität und Modifizierbarkeit ermöglicht die Entstehung von unterschiedlichsten Räumen. In Testverfahren und Experimenten wurde der Prototyp mehrfach angepasst und optimiert, um einen technisch möglichst einfach zu erstellenden Holzknoten zu erhalten, der eine hohe Stabilität bei einer maximalen Anzahl von Verbindungsmöglichkeiten vereint. Dabei können die einzelnen Elemente unterschiedlich ineinander gesteckt werden, sodass ein ‚gerader‘ oder ‚diagonaler‘ Wandaufbau entsteht, der verschiedene Eigenschaften und Optionen, z. B. in Bezug auf Stabilität und eine mögliche Durchlässigkeit/Porosität zwischen den Elementen, besitzt.

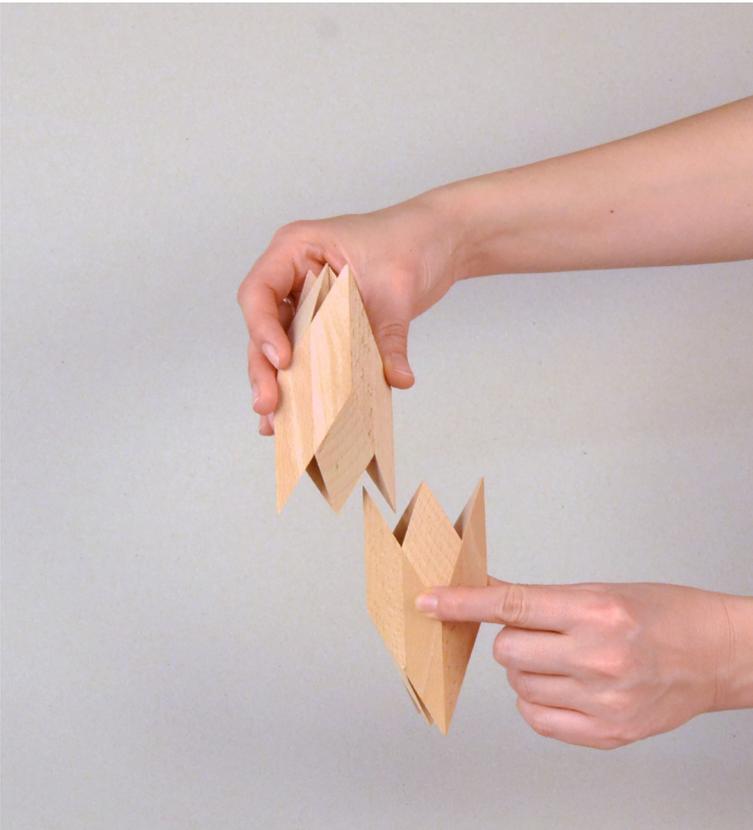
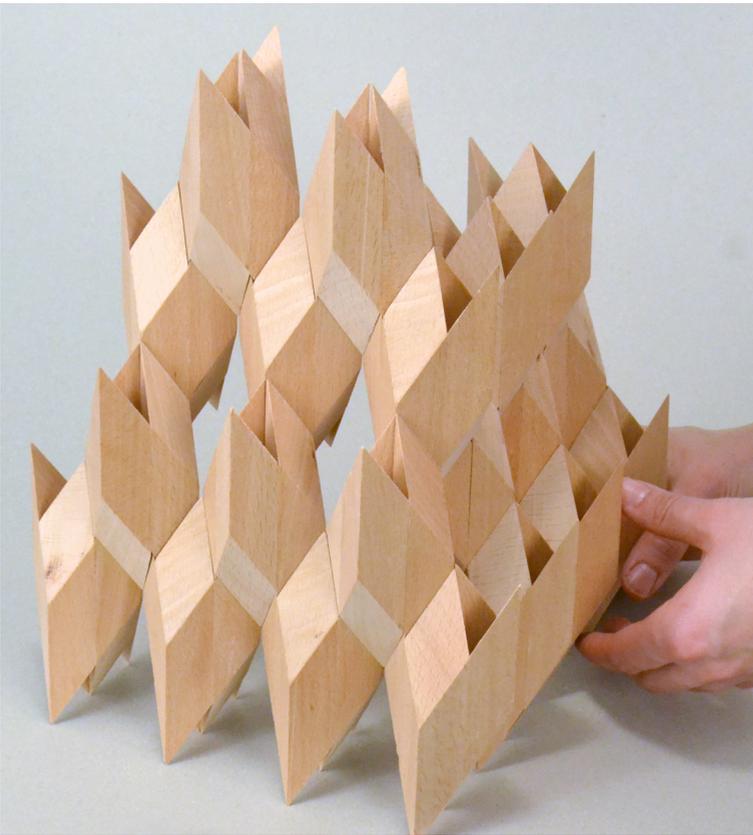


D. Bartkowski/N. Stepanova

Prototyp_1: Systeme der Steckverbindungen: ‚diagonale‘ und ‚gerade‘ Verbindungen



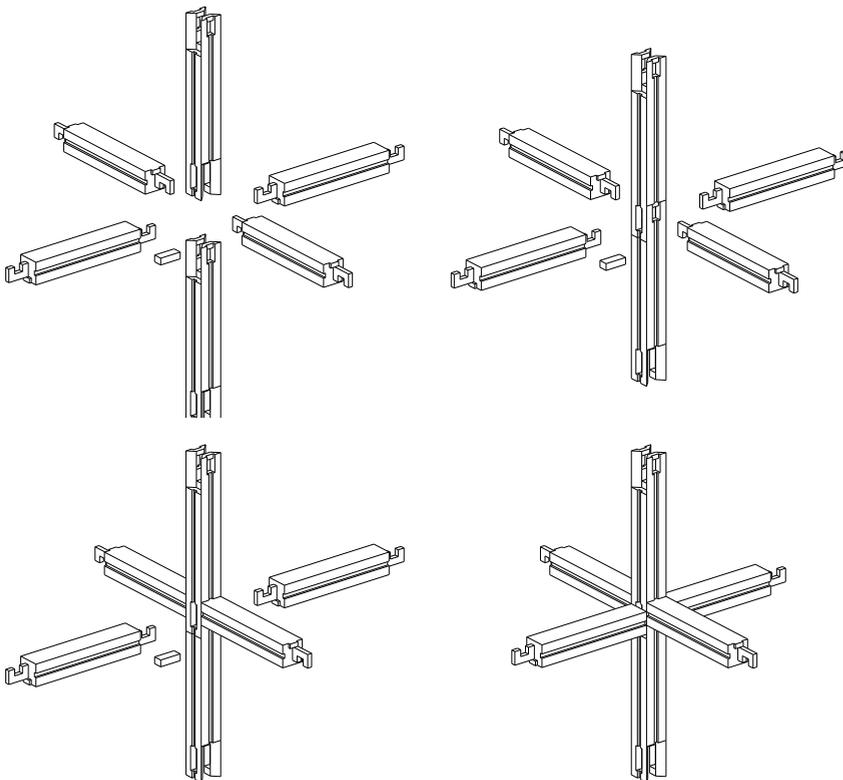
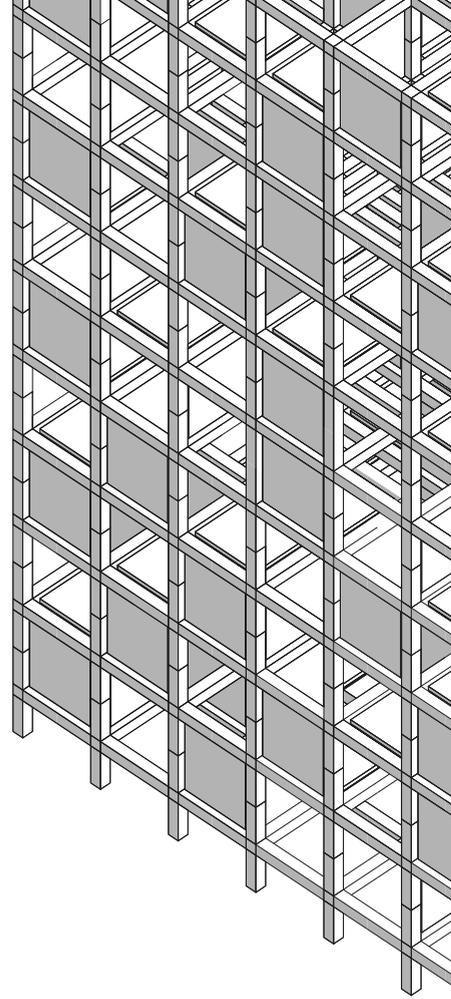


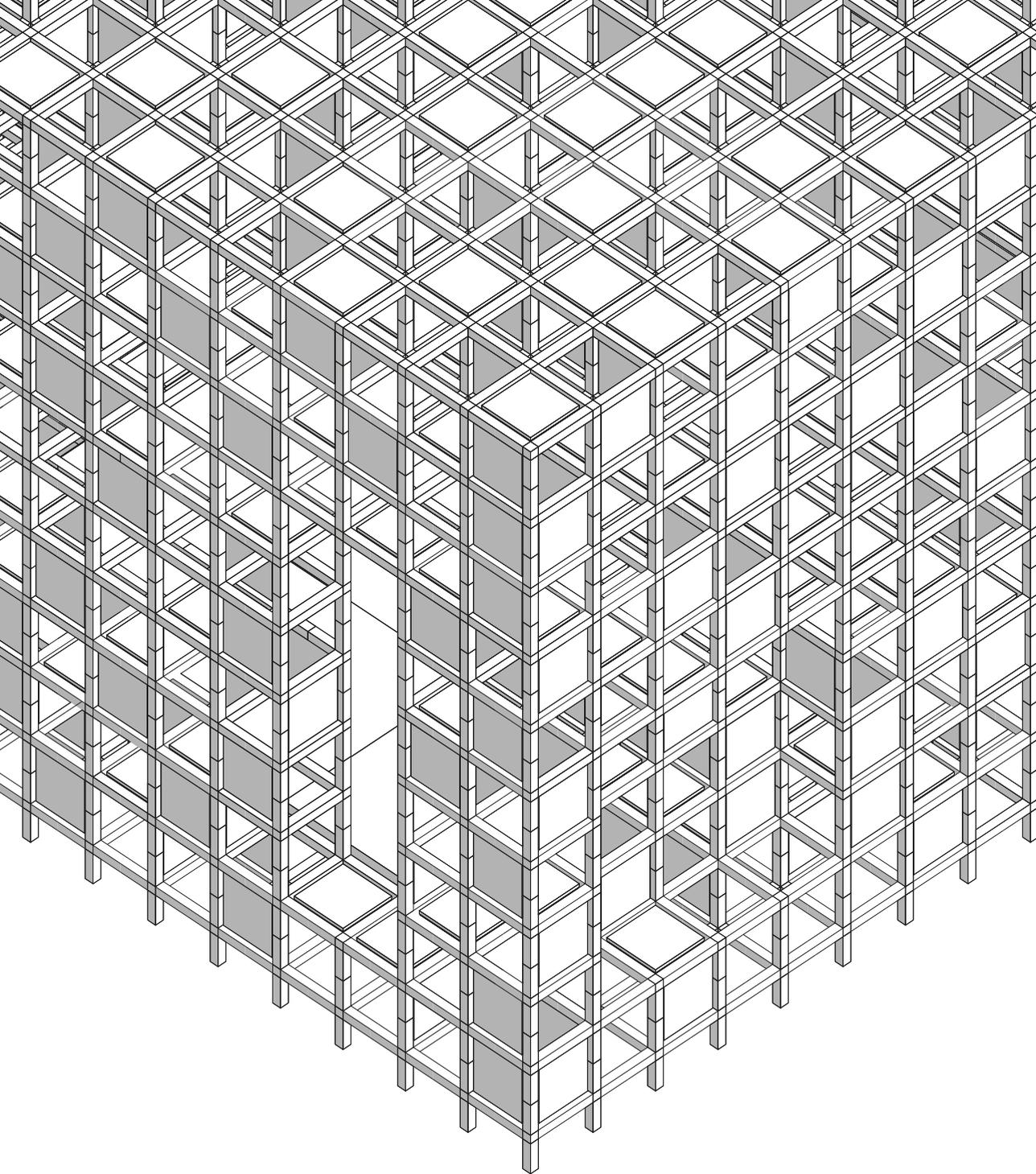


Prototyp_3, Funktionsweise und mögliche Kombination
Linke Seite: Prototyp_2, verschiedene Steckverbindungen

MODULARES SYSTEM

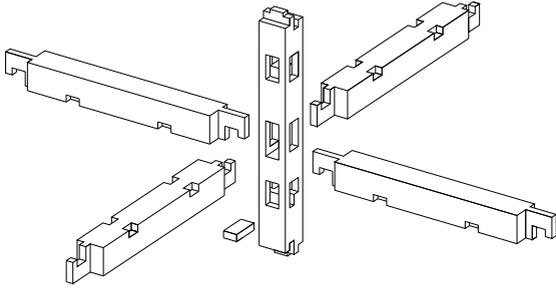
Entwicklung eines Konstruktionssystems aus Holz, in dem ausgehend von einem Holz-Knoten (Steckverbindung) jeweils bis zu sechs Stäbe miteinander verbunden werden können. Dabei werden die vertikale Elemente ineinander gesteckt und die horizontalen Elemente eingehakt und verkeilt. Die optimierte Knotenführung gewährleistet Flexibilität, Erweiterbarkeit und Rückbaubarkeit des Systems. Durch die Vielzahl an steifen Knotenverbindungen verteilen sich Horizontallasten sehr gut auf das gesamte System. Die Aussteifung erfolgt über horizontale oder vertikale Massivholzplatten, denen auch eine praktische Nutzung zukommen kann. Durch Simulationen und Berechnungen wurde eine optimale Dimensionierung der einzelnen Elemente erreicht, die eine adäquate Ausnutzung des Holzquerschnitts ermöglichen. Dabei basiert das Grundmaß des Maßsystems auf dem menschlichen Körper, wodurch vielfältige Nutzungs- und Aufbauvarianten in unterschiedlichen Dimensionierungen (vom Möbel bis zum Pavillon z. B. mit Einbauten) möglich sind und die Verwendung von recyceltem Holz erleichtert wird.



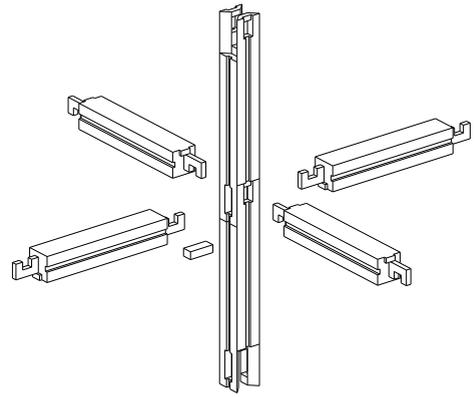


Ph. Barbe, D. Eder und A. Höbling

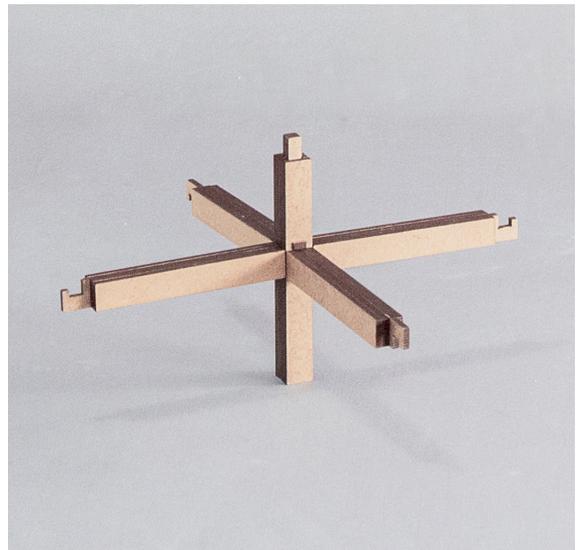
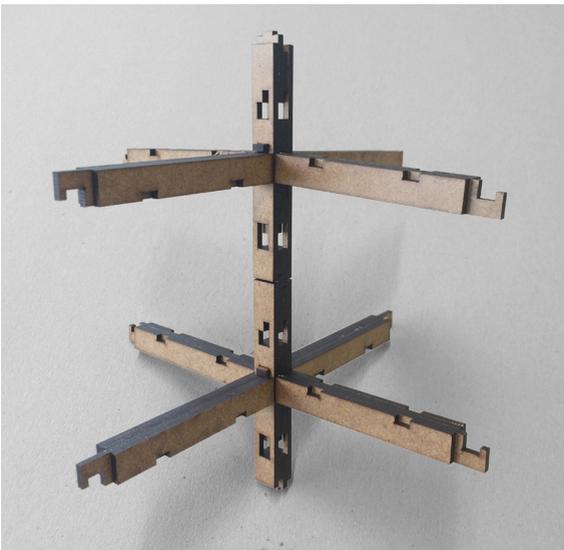
Montage Knotenverbindung Variante 2
Kontemplativer Raum/Teehaus

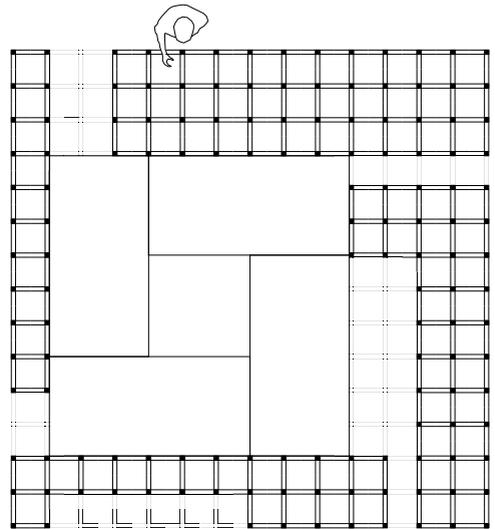
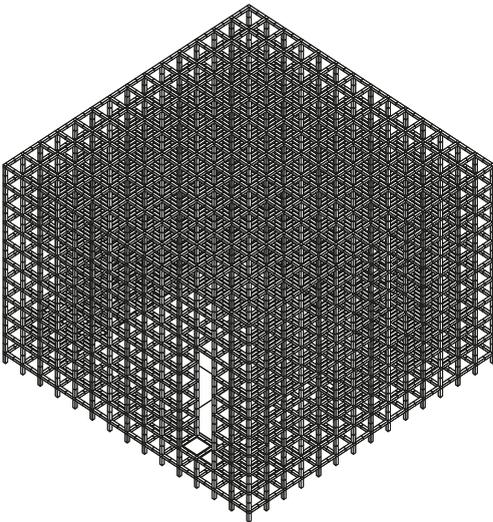
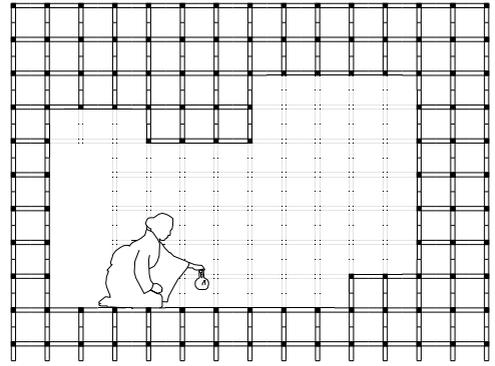
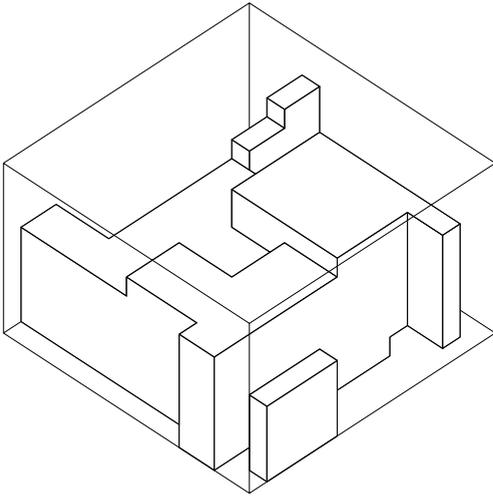


Holznoten Variante 1



Holznoten Variante 2





Kontemplativer Raum/Teehaus, Konstruktion, Schnitt und Grundriss und Modell der Knotenverbindung 2



THEORETISCHE UND EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNG EINER AUSGEWÄHLTEN VERBINDUNG

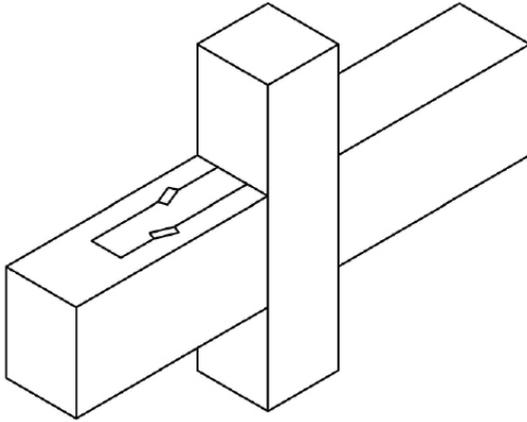
BACHELORARBEIT IM BAUINGENIEURWESEN FACHBEREICH VERBUNDSTRUKTUREN VON ALEX HÖLBLING

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurde eine spezifische Holzverbindung mit FEM analysiert und auf ihre Tauglichkeit bezüglich der Zugbeanspruchung untersucht. Die geeignetste Variante hierfür war *Sao-shachi-tsugi*, eine Längsverbindung welche üblicherweise zwei Balken zwischen einem Pfosten hindurch verriegelt. Die Verbindung an sich besteht aus einem Zapfen der ins Zapfenloch des zweiten Balkens greift. Durch Versätze zu beiden Seiten hin bilden sich Öffnungen, welche mit Hartholzdübeln verschlossen werden um die Verbindung zu sichern. Ein Nut-Feder System verhindert außerdem das Aufklaffen des Zapfenlochs bei Beanspruchung. Der einfache und zugleich geniale Lastfluss, welcher Zugkräfte über die Querdübel in Druckkräfte umwandelt, scheint hier optimal geführt zu sein. Im nächsten Schritt galt es nun, mögliche Schwachstellen herauszufinden. Die Geometrie des Knotenpunktes wurde so dimensioniert, dass die Ausnutzung aller Verbindungsbereiche ausgeglichen schien. In diesem Optimierungsprozess wurde auch die aktuelle Holzbau-Normung berücksichtigt, um die besten Ergebnisse zu erzielen. Die Auswertung brachte hervor, dass diese Verbindung mit einem Querschnitt von 8 x 8 cm eine Zugkraft von fast drei Tonnen aufnehmen kann. Rechnet man alle Sicherheiten ein, könnte diese Verbindung immerhin noch mit einer Tonne auf Zug belastet werden. Das Schadensbild war sehr eindeutig und im Großteil auf ein Querkzugversagen zurückzuführen. Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse wäre es mit weiteren



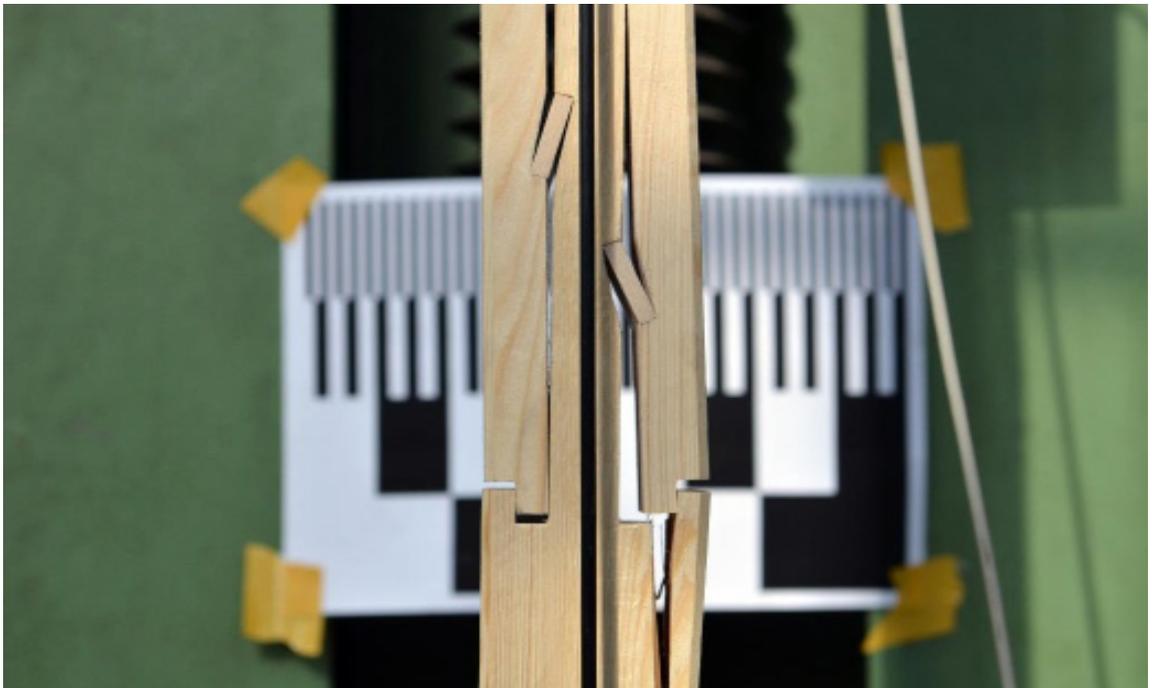
A. Hölbling

Die Verbindungsstelle des Probekörpers
vor dem Versuch



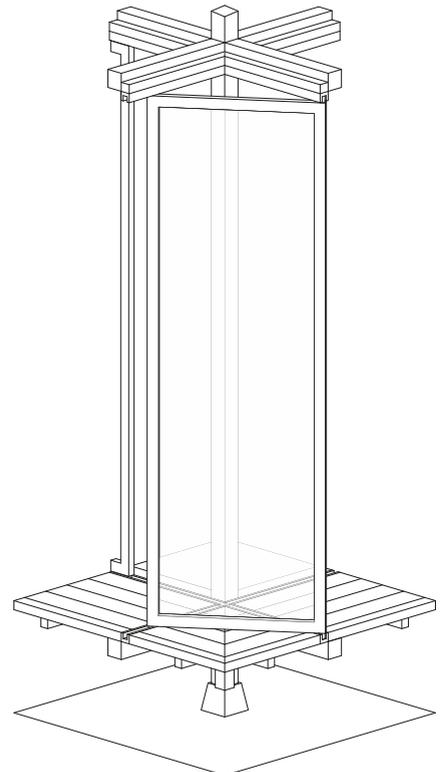
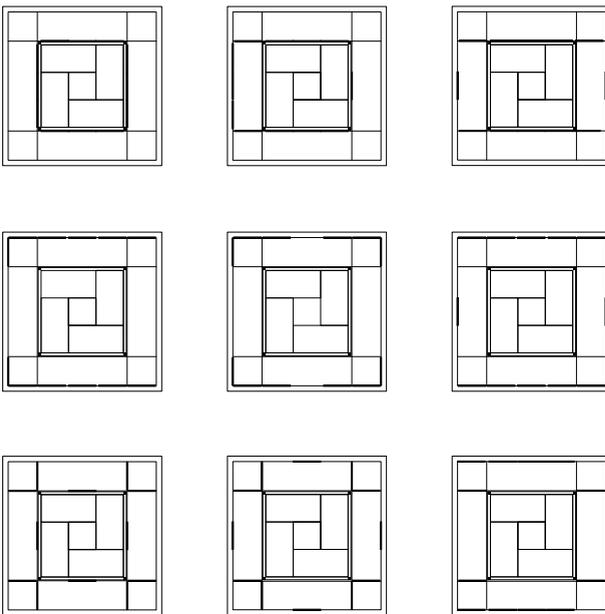
Sao-shachi-tsugi ist eine Steckverbindung, welche durch einen Balken gestoßen wird

Optimierungsprozessen möglich, die Festigkeit noch einmal zu erhöhen. Weil jeder Einschnitt ins Holz auch dessen Festigkeit schwächt, müsste der Querschnitt deutlich überdimensioniert werden, um noch mit seinen Konkurrenten mithalten zu können. Die Qualitäten solcher Verbindungen liegen noch immer bei der Dauerhaftigkeit, der Brandbeständigkeit, den Wärme-dämmeigenschaften der Nachhaltigkeit und schlussendlich auch der Ästhetik. In all diesen Eigenschaften ist eine traditionelle Holzverbindung den metallischen Verbindungsmitteln auch heute noch weit überlegen. Die Einsatzmöglichkeit dieser Verbindungsart ist vielfältig. Mit Abbundanlagen sind wir bereits heute in der Lage, diese komplexen Geometrien kostengünstig und in kurzer Zeit herzustellen. Aufgrund dieser Möglichkeiten wird eine Renaissance dieser Holzverbindungen möglich.



SHOJI PAVILLON

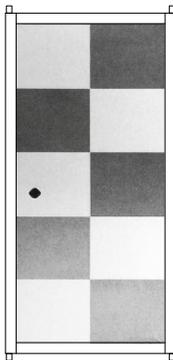
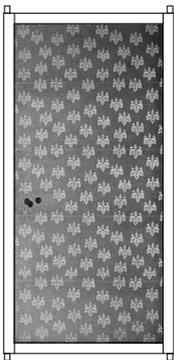
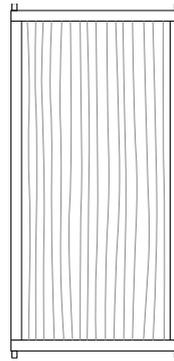
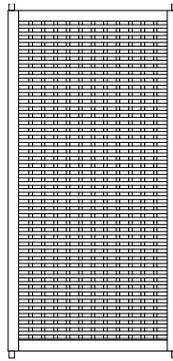
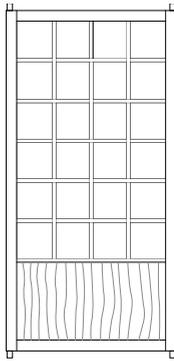
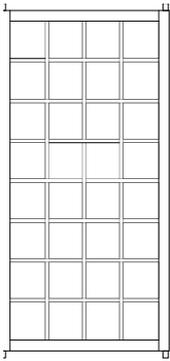
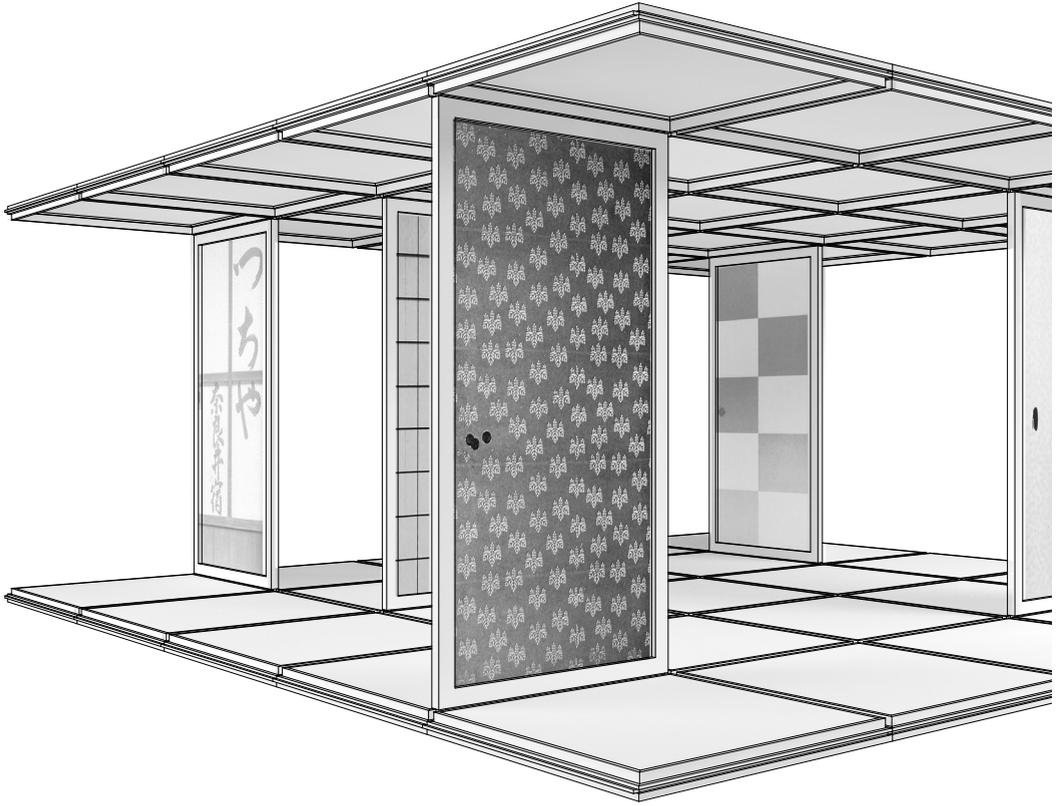
Ausgehend von der Auseinandersetzung mit den Grundrissen und dem damit direkt zusammenhängenden Konstruktionssystemen traditioneller japanischer Wohnhäuser mit ‚freien‘ und unhierarchischen Raumfolgen, wird eine Knotenverbindung entwickelt, die maximale Grundrisskonfigurationen einer Raumeinheit zulässt. Die Knotenverbindung nimmt zum einen die Tragstruktur auf und kombiniert gleichzeitig die Führungen der raumhohen Schiebeelemente, die wie die japanischen *shoji* als Fenster, Türen und Raumteiler fungieren. Die entwickelte Knotenverbindung und das System der Führungsschienen ermöglichen zusätzlich eine Drehung der Schiebeelemente aus der Achse heraus, die zu einer deutlich erweiterten Anzahl an Raumkonfigurationen und Zonierungen führt.



S. Reichl und S. Barrett

Adaptionen Grundriss mit jeweils 12 Shoji (Schiebeelemente)/ mögliche Raumkonfigurationen

Rechts: Detail Dreh-Schiebetür



DIGITAL WORKFLOW

TOM WÜNSCHMANN

Digitale Entwurfswerkzeuge sind wichtige Hilfsmittel und Grundlage für Architektur und Produktdesign. Sie ermöglichen ein effizientes Arbeiten, den Austausch und die Kommunikation von Daten, die Analyse von Geometrien, deren Optimierung und Rationalisierung. Darüber hinaus sind sie unentbehrlich geworden für die Darstellung als gerenderte Visualisierung, die Ausgabe von CNC Daten zum Fräsen, Laserschneiden oder für 3D Drucke.

Komplexe Systeme werden kontrollierbar, indem sie in logische Abschnitte getrennt und als Einzelobjekte programmiert eine phänotypische Bibliothek generieren, aus der sich für die jeweilige Anforderung auch im Hinblick auf spezifische Umgebungsparameter in unterschiedlicher Zusammensetzung ein neuer Genotyp erzeugen lässt. Die Fähigkeit, sich die Logik der unterschiedlichen Systeme, Werkzeuge und Hilfsmittel zunutze zu machen und Daten miteinander verknüpfen zu können, ist eine neue Kompetenz für Architekten, aus der eine neue formale Vielfalt entstehen kann. Erst wenn die Möglichkeit besteht, eine imaginierte Form intuitiv und kompromisslos in einer 3D Umgebung abzubilden, ist der Benutzer des jeweiligen Werkzeugs auch der Entwerfer. Dass auf dem Weg zur Form auch immer wieder Überraschungen und unerwartete, teils wunderbare Ergebnisse in einer Programmierung zustande kommen, ist wesentlich der grafischen Oberfläche von parametrischen Programmen wie Grasshopper geschuldet, die dem Architekten direktes visuelles Feedback erteilen und somit eine experimentelle Herangehensweise ermöglichen. In komplexen Systemen ist es unabdingbar, sich der Bedeutung der Verknüpfung verschiedenster Parameter bewusst zu sein, um Ergebnisse und Analysen entsprechend interpretieren zu können.

Allen Seminaren in der Reihe *Digital Workflow* ist gemein, dass sie den Bogen spannen zwischen dem aus Recherche und intuitiven Handskizzen erarbeiteten Entwurf, der sukzessive in einen digitalen Kontext verwoben wird. Ergebnis ist dabei immer ein digitaler, dreidimensionaler Workflow, der die verschiedenen Phasen von Entwurf, Ausarbeitung bis hin zur Präsentation und Produktion beinhaltet. Die Verknüpfung von Grundlagen der Geometrie, Programmierung und Visualisierung trifft auf den konkreten Rahmen eines Projekts, dessen Anforderungen an Kontext und Komplexität, und die Fähigkeiten und Ambitionen des Entwurfsverfassers. Dabei sind strategische Lösungsansätze und Entscheidungen hinsichtlich der verschiedenen Geometrietyten wie Nurbs oder Meshes ebenso wichtig wie praktische Überlegungen zur Erarbeitung in Rhino, Grasshopper oder einer anderen Softwareumgebung. Die Kommunikation mittels Visualisierung, Virtual Reality und Plänen, aber auch die physische Materialisierung mittels 3D Druck, Laser oder CNC Fräse ist das Ergebnis des Bearbeitungsprozesses.

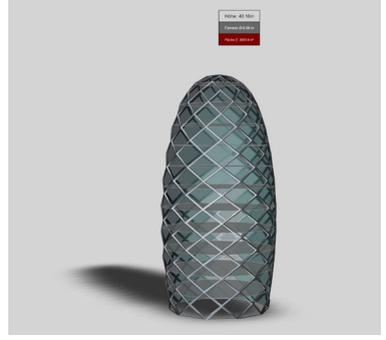
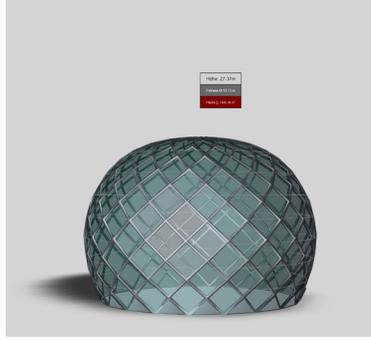


Rechte Seite und folgende Seite: 3D Druck und Laserschritt Modelle aus den DIGITAL WORKFLOW Kursen, Photos: Philipp Obkircher



DIGITAL WORKFLOW

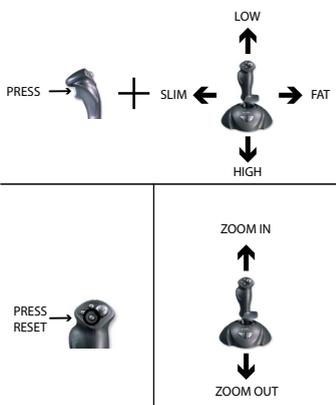




DIGITAL BASICS

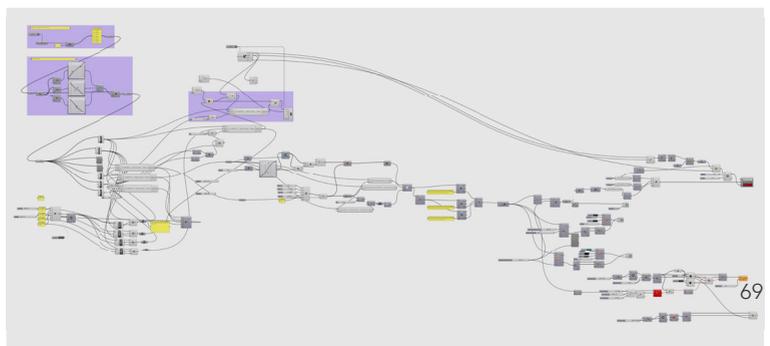
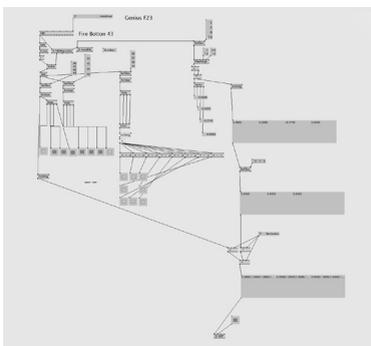
Eine Basis aller kreativen Prozesse ist die genaue Wahrnehmung einer Problemstellung, und der sich daraus entwickelnde "Entwurfsraum" an möglichen Lösungen, die mit angemessenen, in unserem Fall digitalen, Methoden beschrieben und umgesetzt werden.

In den *DIGITAL BASICS* Seminaren und Workshops wurde eine methodische Basis an digitalen Werkzeugen, wie einfachen Programmierumgebungen, mathematischen und geometrischen Konzepten und Grundkenntnissen über numerisch gesteuerte Fertigungsprozesse vermittelt, die auch für den weiteren Verlauf des Studiums erlauben, selbstständig digitale Techniken explizit in den Entwurfsprozess einbeziehen. Das Gegenlesen mit architektonischen Themen, wie Geometrie, Struktur, Tektonik und Materialität stand dabei im Vordergrund. Durch die individuelle Aneignung dieser Methoden entstanden kreative Prozesse, die oft zu unerwartetem und überraschenden Ergebnissen führten.



Der parametrische Ansatz zur Geometrieerstellung wurde zudem in einem interaktiven Modell umgesetzt, das mittels Joystick in echtzeit spielerisch manipuliert werden konnte. Die Verknüpfung unterschiedlicher Plugins zur Verarbeitung and Anzeige der Eingabe, zeigt einmal mehr die Vielseitigkeit der Grasshopper Umgebung.

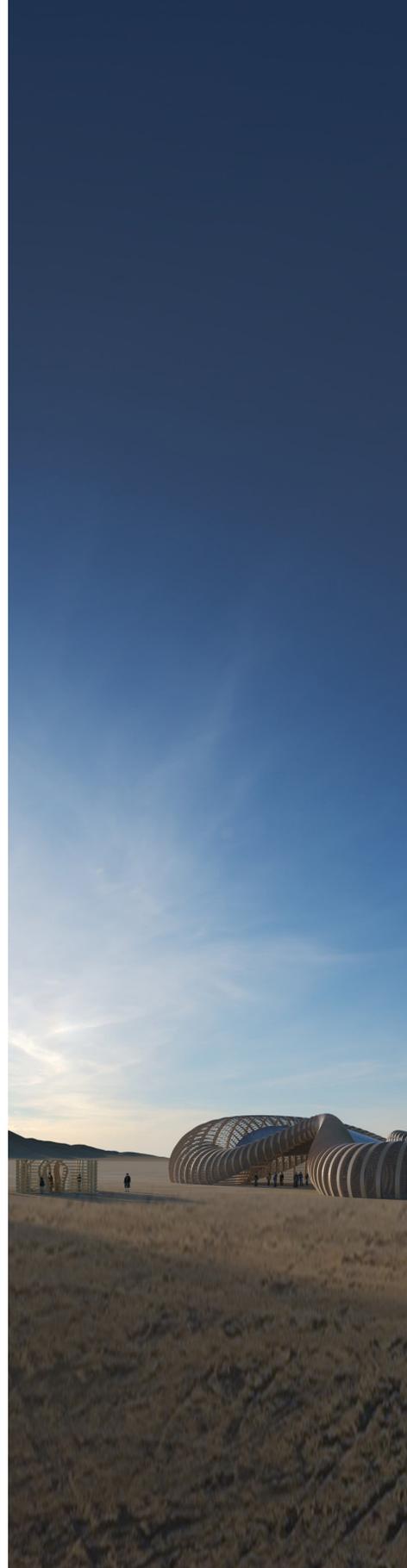
Diese Seite: Setup der Joystick-Manipulation des Rotationskörper und Digitalisierung der Eingabe mittels VVV und Grasshopper
 Linke Seite: Resultate der Einführungsübung "Primitive". Basierend auf geometrischen Grundprinzipien von Rotationskörpern wurden verschiedene Fabrikationsstrategien untersucht.



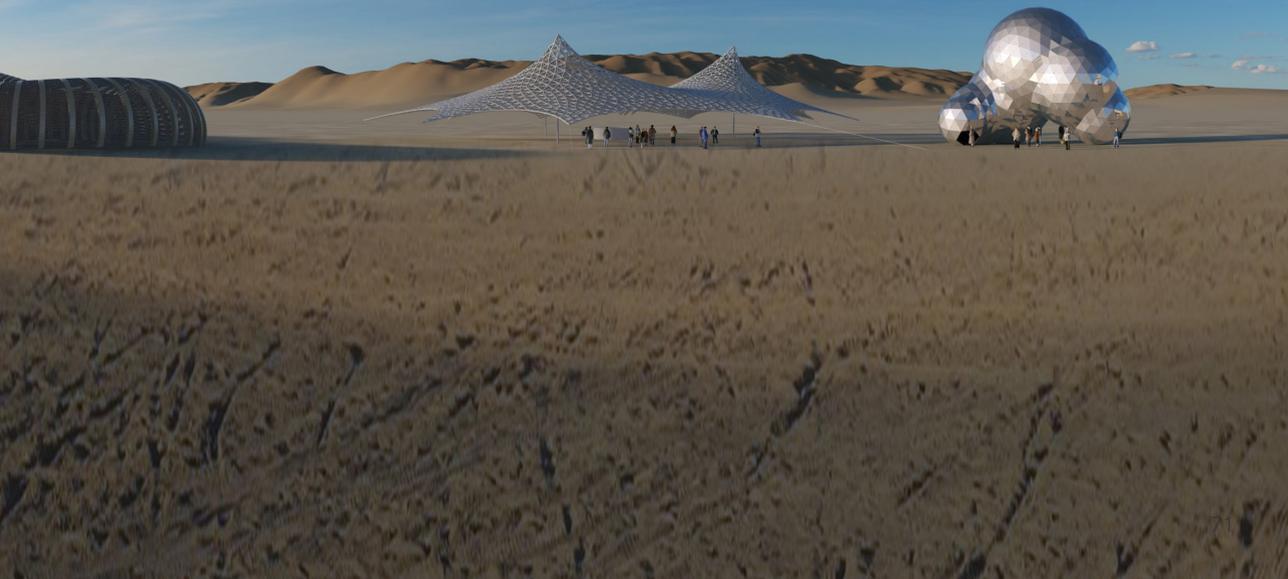
BURNING MAN PAVILION

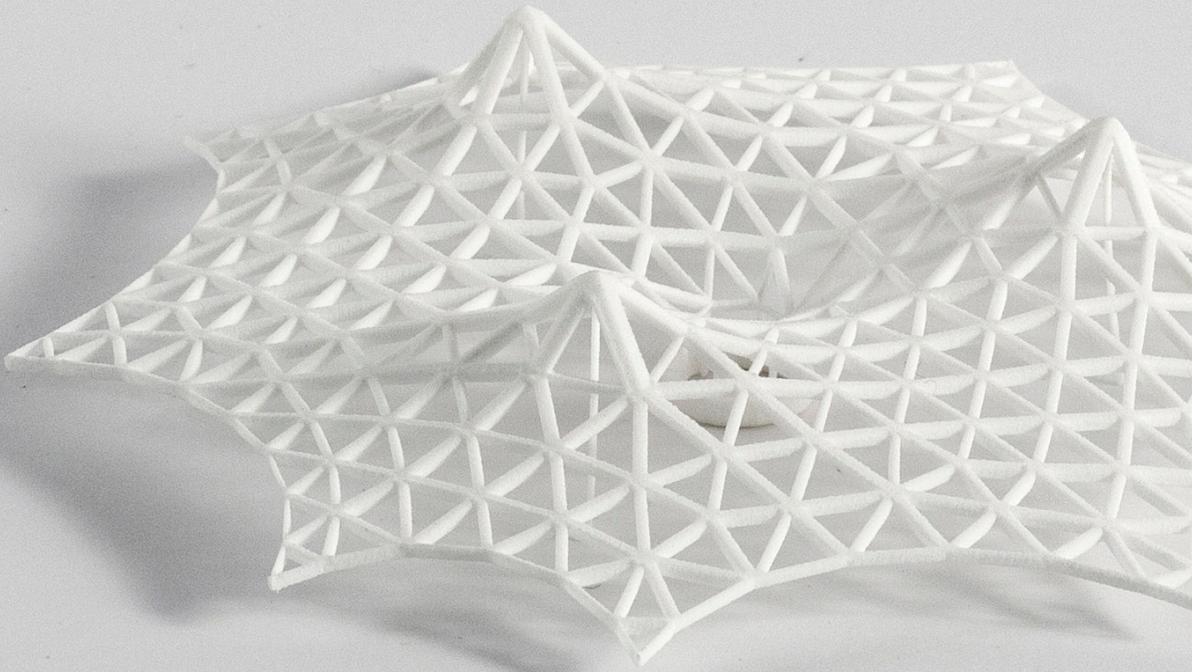
TOM WÜNSCHMANN

Für das alljährlich in der Wüste von Nevada stattfindende Burning Man Festival wurden parametrische Prinzipien untersucht und im Entwurf eines Pavillons umgesetzt. Die Umgebung der Wüste, eingebettet in eine entfernte Berglandschaft als unwirklicher Ort mit gleißendem Sonnenlicht und wenig visuellen Orientierungspunkten, stellt dabei eine Herausforderung bei der Umsetzung des Entwurfs und dessen Darstellung dar. Die entstandenen Projekte widmen sich unterschiedlichen Themen und Funktionen, so dass aus einer anfänglichen skizzenhaften Annäherung eine konkrete dreidimensionale Fragestellung extrahiert und diese in Rhinoceros3D und Grasshopper umgesetzt wurde. Gegenstand der Bearbeitung war zudem die Herstellung eines Settings aus den verfügbaren digitalen Karten und 3D Daten der NASA, das mit den einzelnen Modellen zu einer Virtuellen Realität zusammengefügt wurde, um Raum und Szenario aus Besucher-Perspektive wahrzunehmen zu können. Die Herausforderung bestand darin, die komplette digitale Arbeitsweise abzubilden, in der eine komplexe parametrische Form entworfen und mit den entsprechenden digitalen Hilfsmitteln umgesetzt wird. Daraus entstand eine Visualisierung für eine virtuell begehbare Umgebung, die unter anderem in selbstgebauten Google Cardboards erlebbar wurde und physische Modelle mittels 3D Druck.



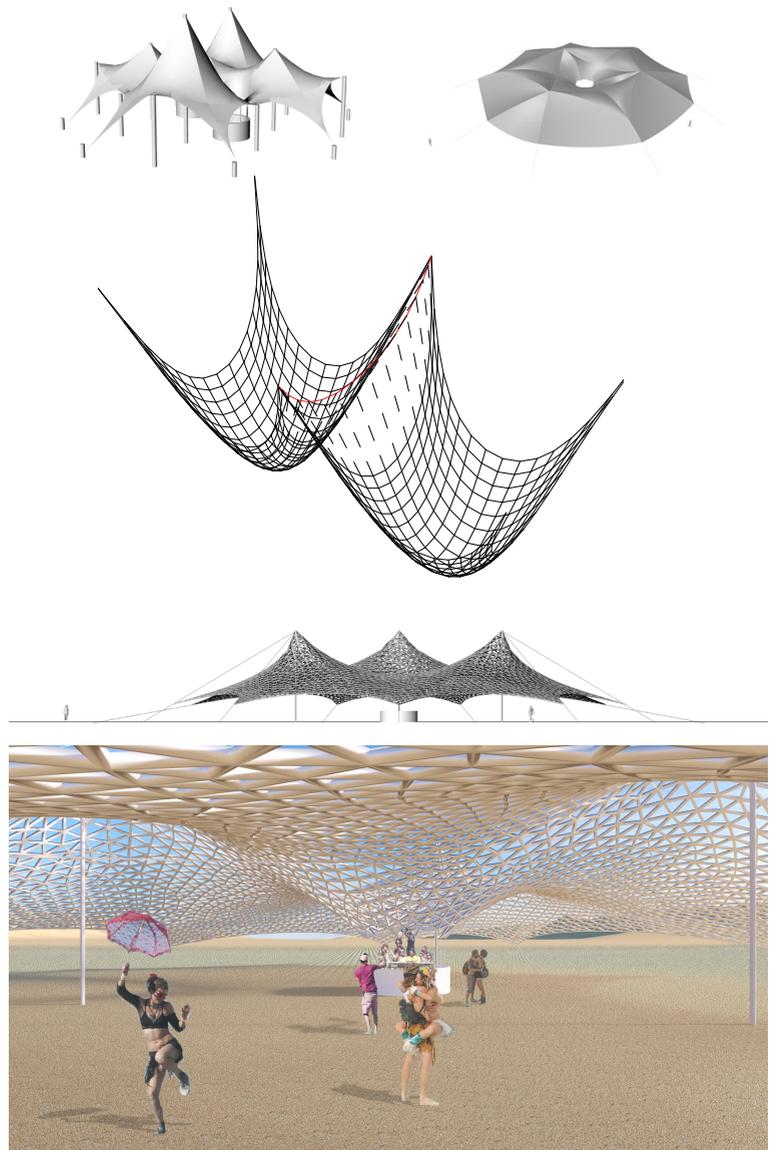
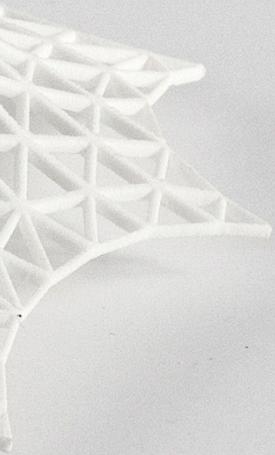
DIGITAL WORKFLOW *TOOLS AND CONTEXT*





BURNING TENT

Die Zeltstruktur ist in Anlehnung an die textilen Membrankonstruktionen von Frei Otto entstanden. So wurden mittels Grashopper und Kängaroo Formenstudien und Simulationen zur digitalen Erzeugung erprobt. Die Form wird dabei in regelmäßige Dreiecksflächen aufgelöst.



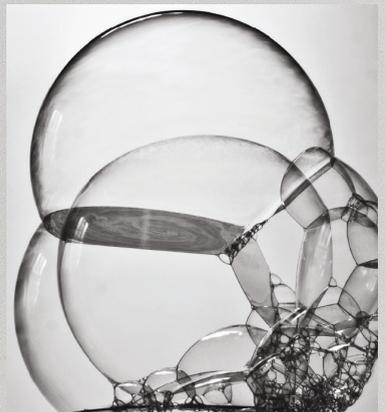
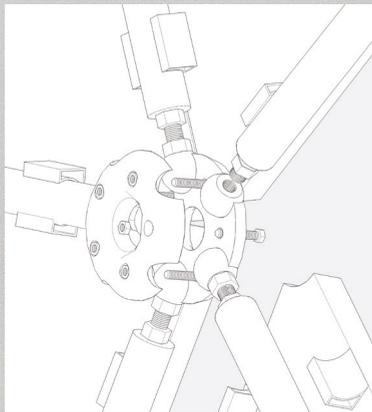
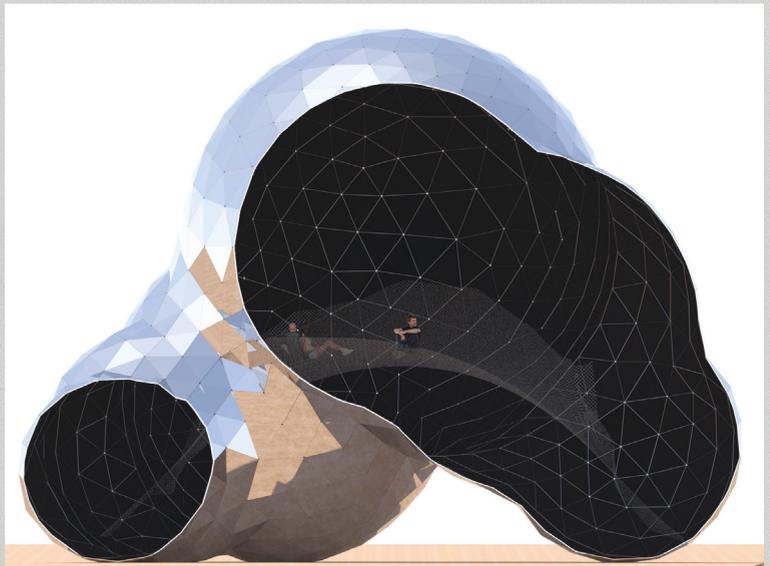
A. Koniaev und B. Glampe

oben: Digitale Modelle und Simulationen
rechte Seite: 3D-Druck Modell, Photo: Philipp Obkircher



RAUMLLOS

Die Raumskulptur spielt mit dem verschmelzen einzelner Sphären zu einer amorphhen Gestalt. Der Innenraum ist mit Netzen durchspannt, wodurch der Benutzer den Raum schwebend erleben kann. Inspiriert vom Seifenblasenmodell wurde die Geometrie erschaffen, deren doppelt gekrümmte Außenhaut in eine regelmäßige Facettierung aufgelöst wurde. Die Optimierung hin zu einheitlichen Panelengrößen und die Entwicklung eines Knotensystems ermöglicht eine effiziente Herstellung. Der Knoten verbindet variabel die verschiedenen Winkel der Stabkonstruktion und dient somit als zentrales Element der Tragkonstruktion.



M. Funck und S. File

oben: Digitale Modelle und Simulationen
3D-Gedruckter Knoten, 3D-Druck: Fraunhofer IPK
rechte Seite: 3D-Druck Modell, Photo: Philipp Obkircher

PLAYGROUND DESIGN COLLABORATION IM DIGITALEN WORKFLOW

TOM WÜNSCHMANN

Die Zusammenarbeit in Teams ist die größte Herausforderung, Chance und oft einzige Möglichkeit für die Bearbeitung von komplexen Aufgabenstellungen. Der Wettbewerb zu einem Spielplatzdesign ist eine Aufgabe, die einen realen, den meisten von uns vertrauten Kontext vorgibt. Dabei stellen Maßstab, Vielfältigkeit, Komplexität der Form und Sicherheit sehr spezielle Anforderungen an den Entwurf. Die Gruppenarbeit inspiriert dabei zu unterschiedlichen Ansätzen und gibt die Möglichkeit, diese in der Tiefe zu bearbeiten. Der Ansatz in einer Baulücke einen Spielplatz mit einem neuen Spielgerät („Master Feature“) zu entwickeln, das den formalen Anforderungen an eine vielfältige Landschaft und damit einer komplexen geometrischen Skulptur beinhaltet, legt eine parametrische Formenstudie nahe. Aus Handskizzen entwickeln sich mittels computergestützter Entwurfswerkzeuge für Schalen und Netze adaptive Systeme, die vielfältig erweiterbar und auf den Ort angepasst sind. Der effektive Einsatz dreidimensionaler systematischer Planung im Sinne der objektbasierten Programmierung ermöglicht ein effektives Zusammenarbeiten der Teammitglieder und vielfältigen Output der Ergebnisse. Das parametrische Mastermodell ist angepasst an den Ort und damit für eine 360 Grad Visualisierung ebenso geeignet wie als Maßstabsmodell zum 3D Druck.

Der Entwurf Play-Vault ging als Gewinner des Wettbewerbs der Baufi24 GmbH hervor, da er durch seine Vielseitigkeit beeindruckend konnte.

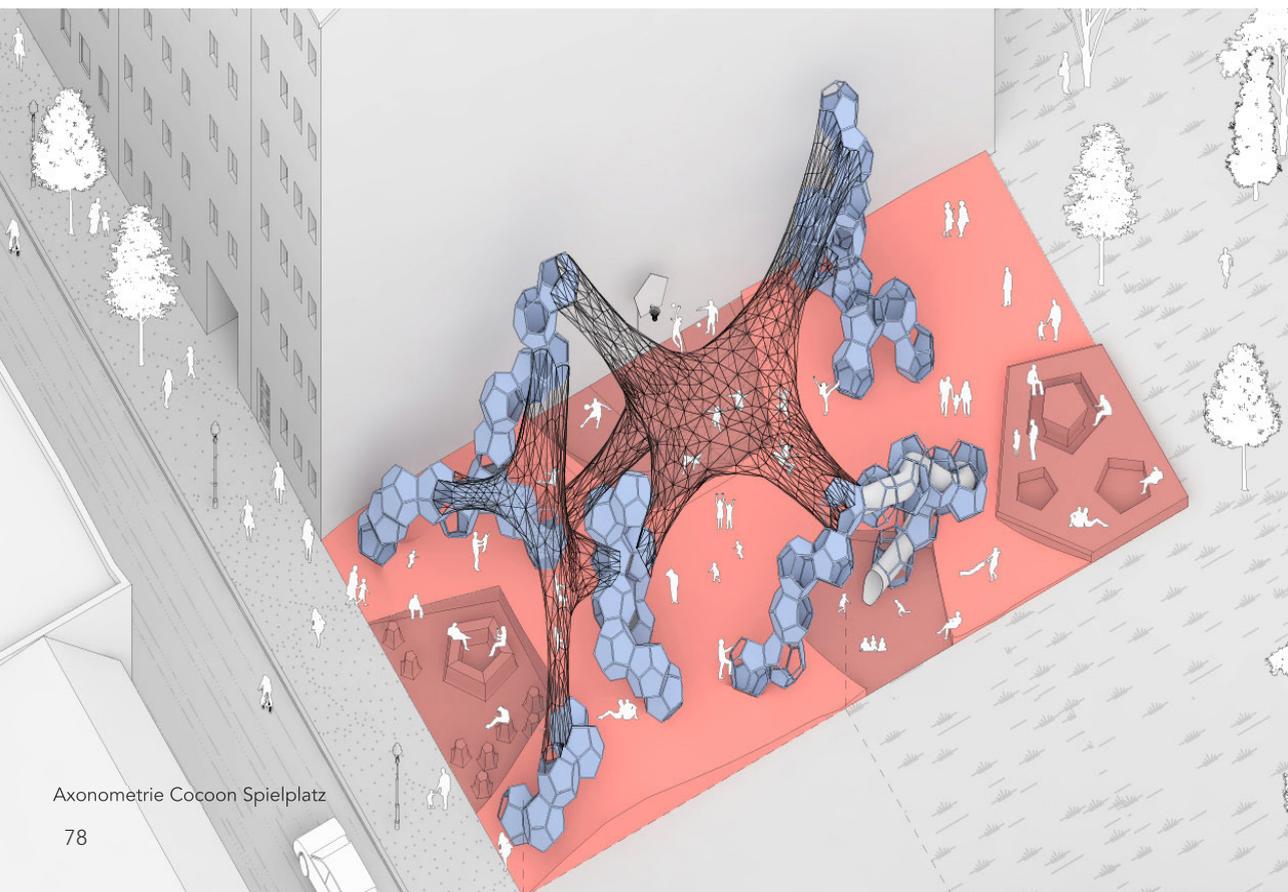
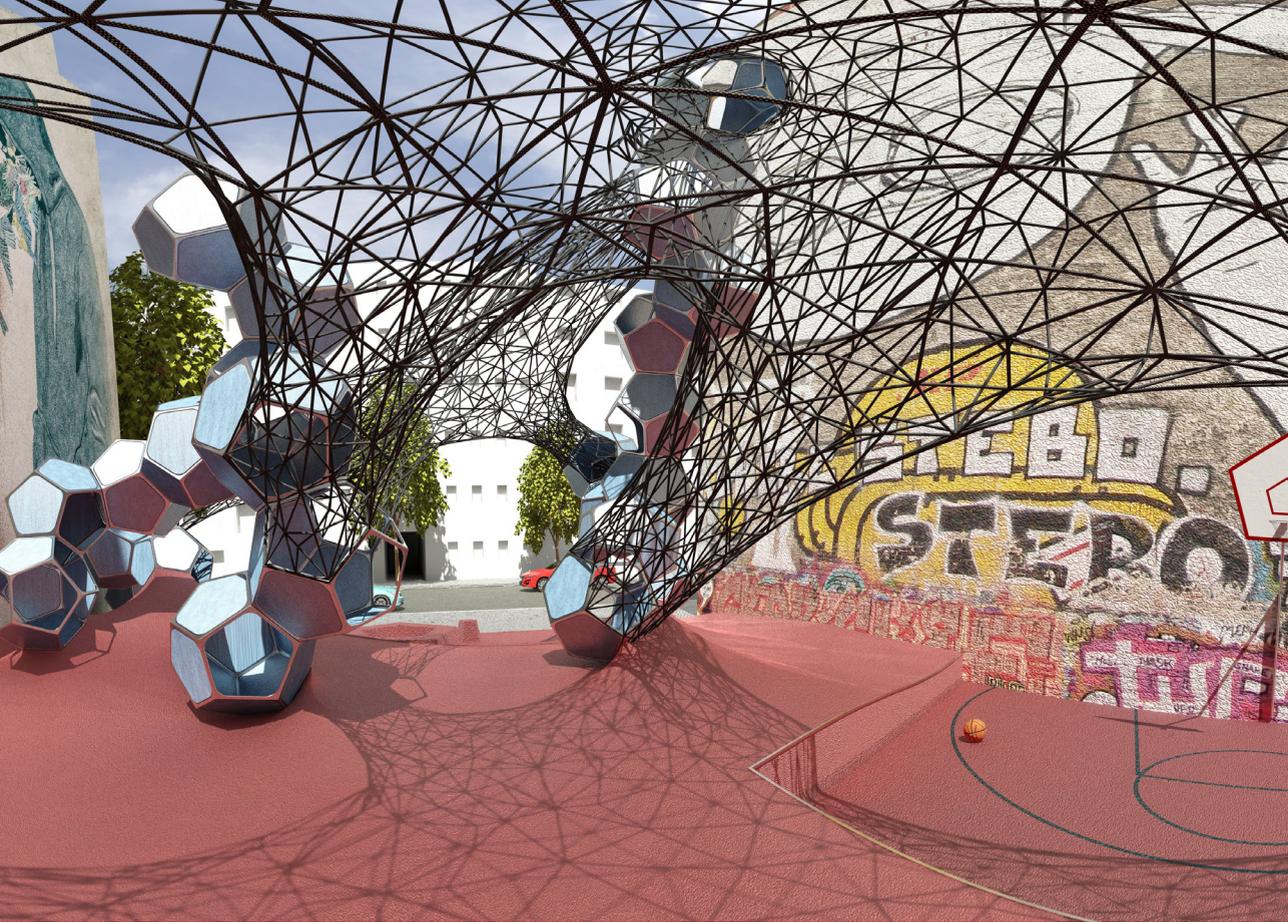
E. Perez, J. Bader, M. Leinhos und H. Schröder

Visualisierung Cocoon Spielplatz



DIGITAL WORKFLOW COLLABORATION





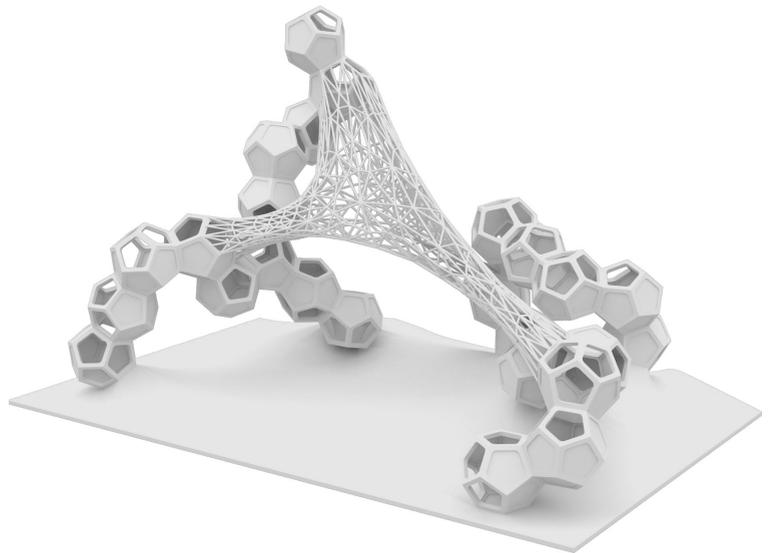
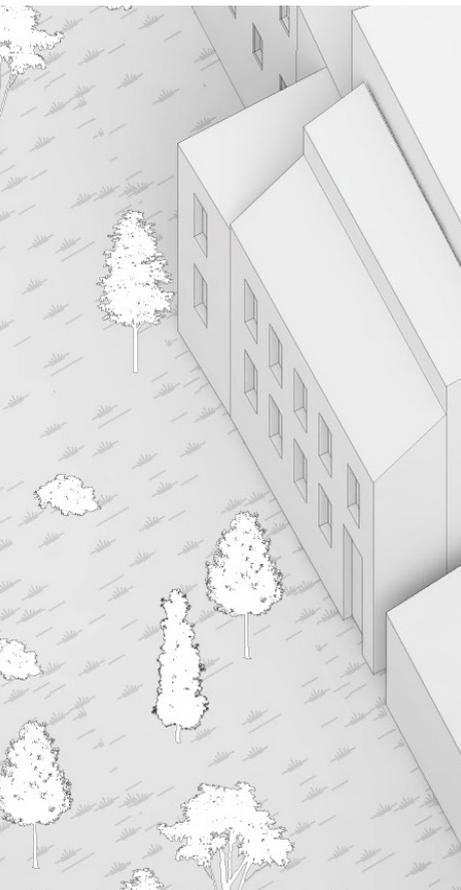
Axonometrie Cocoon Spielplatz



COCOON

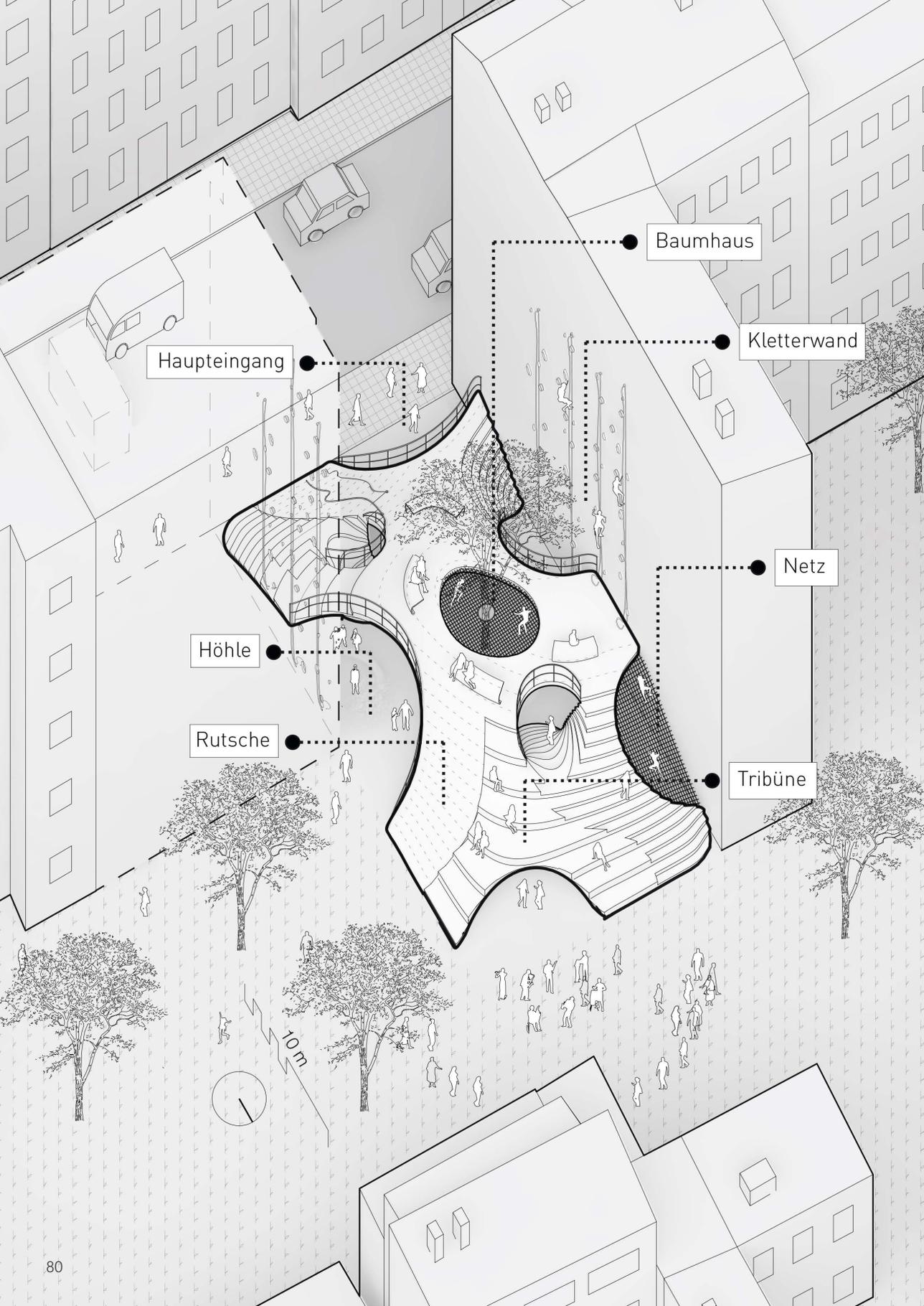
Das Project entstand aus der Idee einen Kletterwald im Urbanen Kontext als Spielsplatz zu realisieren. So entwickelt sich aus dem weichen Tartanboden ein Struktur aus Polyedern, die Konstruktion und Spielgerät in vereint. Zwischen der Polyederstruktur spannen sich kokonhafte Netze, die zu vielseitiger Nutzung einladen und ein neuartiges Spielerlebnis versprechen.

Mittels der visuellen Programmierung Umgebung Grasshopper© und dem Formfindungswerkzeug Kangraoo© konnten die Netze erzeugt und deren Verformung simuliert werden.



E. Perez, J. Bader, M. Leinhos und H. Schröder

links: Panoramavisualisierung Cocoon Spielplatz,
3D-Druck
oben: 3D-Druck Modell



Haupteingang

Baumhaus

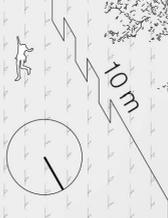
Kletterwand

Höhle

Netz

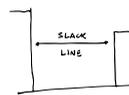
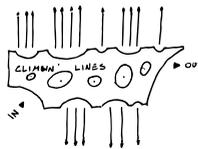
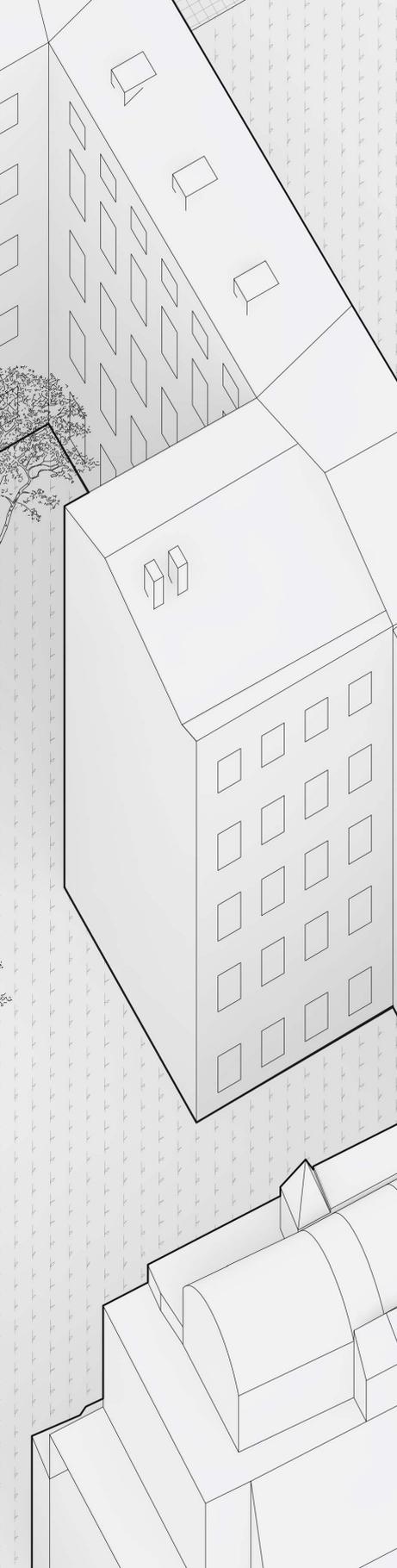
Rutsche

Tribüne

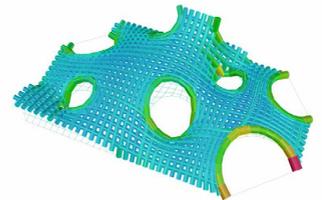
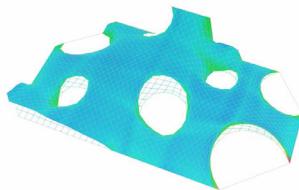
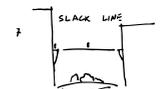
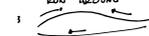
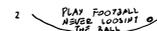


PLAY VAULT

Das Projekt erschafft eine dreidimensionale Spiellandschaft, die eine Vielzahl unterschiedlicher Bewegung- und Nutzungsräume aufspannt. Die nutzbare Fläche der fiktiven Baulücke wird erhöht und erzeugt intime Rückzugsorte zur Entspannung neben den exponierten Aussichtspunkten, Spielplätzen und Sportanlagen. Die Schalenkonstruktion ist in der Simulationssoftware Rhino Vault simuliert und optimiert.



FUNCTIONS:



F. Thoms, Q. Qian, A. Zanini und Y. Zheng

links: Axonometrische Darstellung Play Vault
oben: Arbeitsmodelle und -skizzen, Simulationen in Rhino Vault



Panoramen der Ober- und Unterseite des Play Vaults



DIGITAL WORKFLOW

ADVANCED PARAMETRICS

KONZEPTION, UMSETZUNG UND ANIMATION

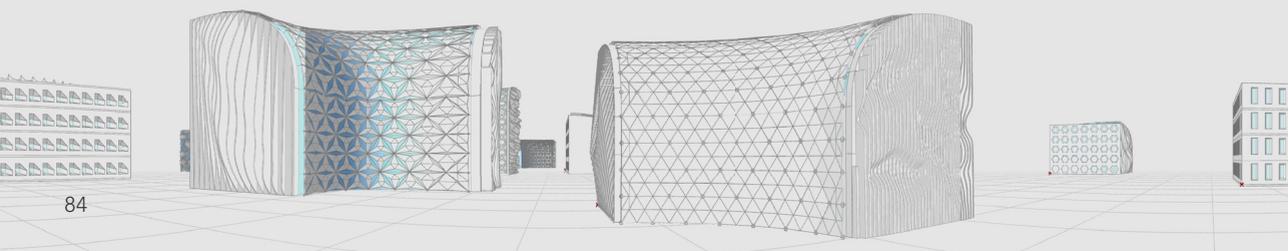
TOM WÜNSCHMANN

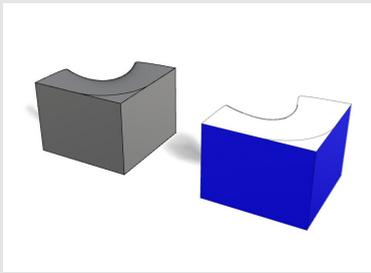
Parametrisches Design ermöglicht zum Einen das Erschaffen und Kontrollieren von komplexen Geometrien, aber auch die Nutzbarmachung des computergestützten Entwerfens hinsichtlich von Optimierung, Evaluation und Rationalisierung bei grundlegenden Fragen des Entwurfs. So ist die Gestaltung von Fassaden, die Ermittlung von Flächen, Proportionen und Mustern auf eine adaptive und intuitive Weise möglich, die ohne die programmierten Hilfsmittel nur mit einem vielfachen Arbeitsaufwand erreicht werden kann.

Exemplarisch wurden in dem Seminar Fassadenszenarien untersucht, die in drei Flächenarten unterteilt wurden: ebene, planare Flächen, einfach gekrümmte und doppelt gekrümmte Flächen. Auf den Flächen sind unterschiedlichen Adaptionen und Varianten von Fassadentypen abbildbar: von klassischen Lochfassaden über dreidimensionale Verschattungssysteme bis hin zu komplexen adaptiven Strukturen, die sich aus einer Vielzahl von Elementen zusammensetzen.

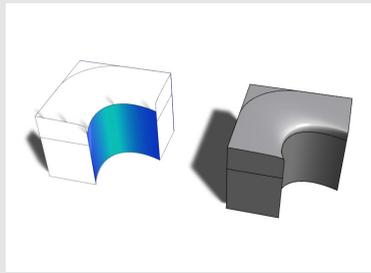
Ein Ausschnitt der unzähligen Möglichkeiten sowie die Adaption der Fassade auf wechselnde Parameter ist in einer Animation abgebildet, die alle Projekte in einer virtuellen Umgebung zu einem 360 Grad Rundgang zusammenfasst. Die Beschränkung auf die Softwareumgebung von Grasshopper und die damit einhergehende Herausforderung, ein einziges großes parametrisches Modell zu erschaffen, ist ein außerordentlich intensiver Prozess, der alle Facetten der inhärenten Logik des digitalen Werkzeugs erfahrbar macht.

Equirectangular Projection/Spherical Panorama Frame #1740 aus Animation

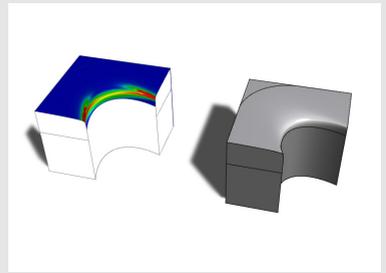




Planare Fassadenfläche



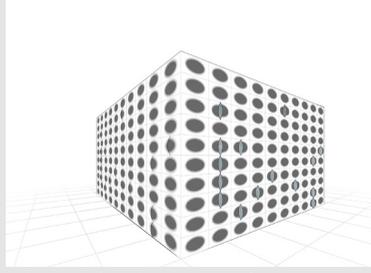
Einfach gekrümmte Fassadenfläche



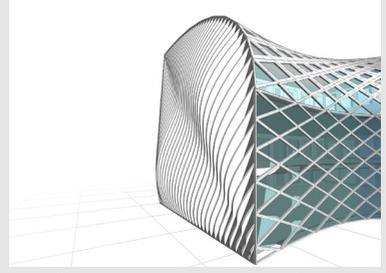
Doppelt gekrümmte Fassaden/
Dachfläche



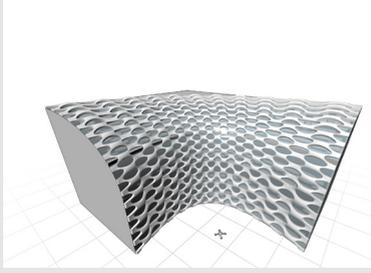
Planare Lochfassade mit variablen
Fenster und Leibungsparametern



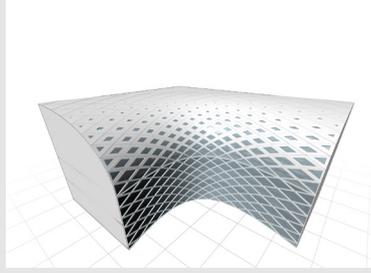
Adaption der planaren Lochfassade mit
variablen Vertiefungen



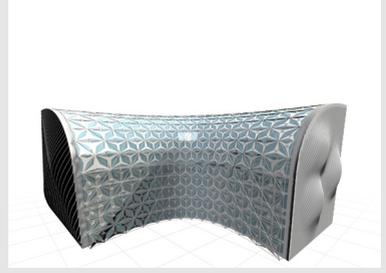
Lamellensystem mit Rotation, Tiefe und
Dichte in Abhängigkeit von Äußeren
Parametern



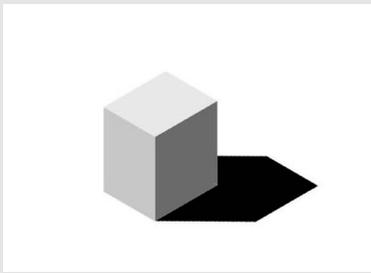
Elementsystem parametrisch über die
gekrümmten Fassaden appliziert



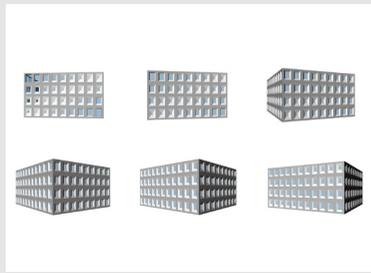
Flächenteilung in Rautenmustern in Abhän-
gigkeit von äußeren Parametern



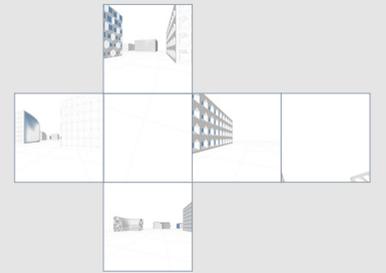
Komplexes zusammengesetztes Fassa-
densystem auf Grundlage der geteilten
Flächen



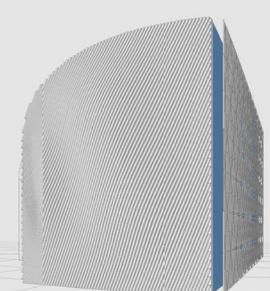
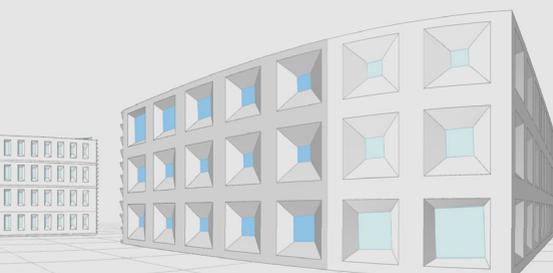
Parametrische Schattensimulation

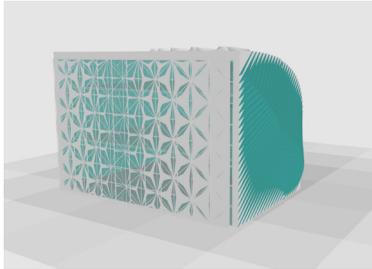
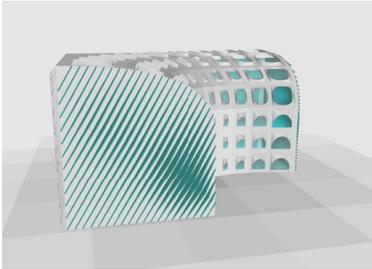
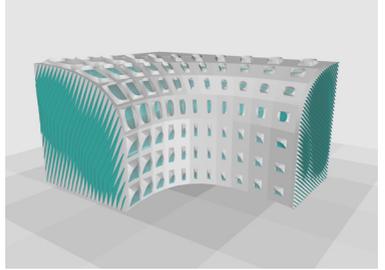
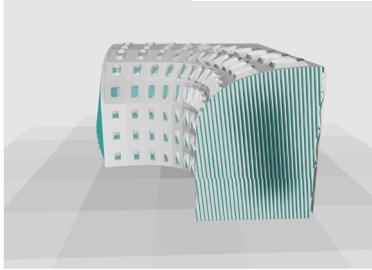
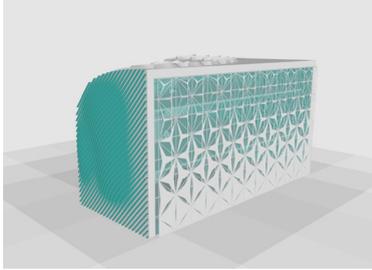
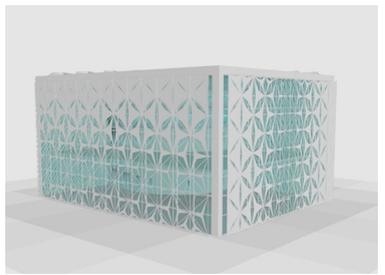
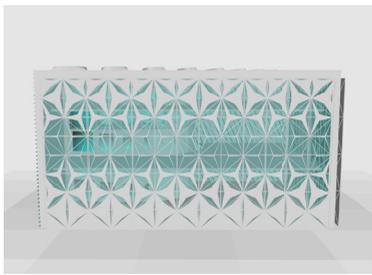
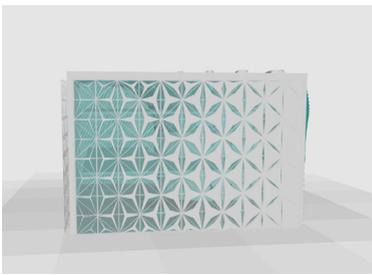


Parameter und Kamera Animation des
gesamten Parametrischen Modells

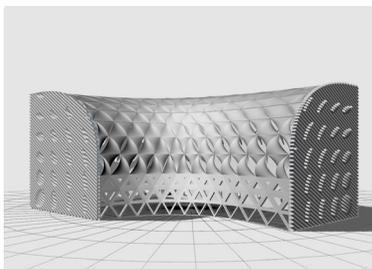
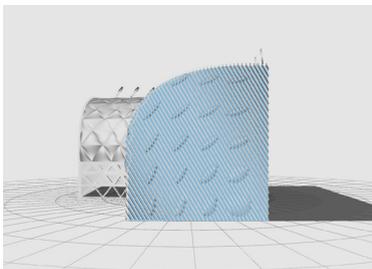
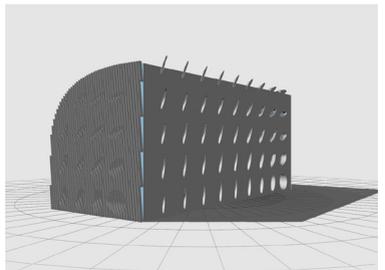
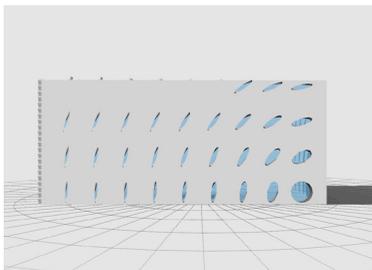
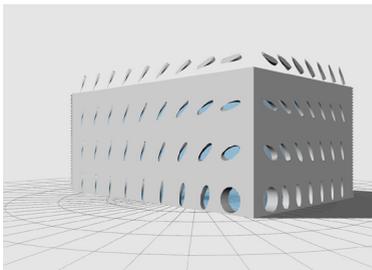
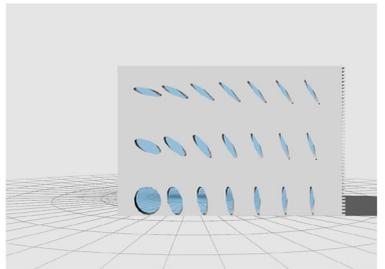
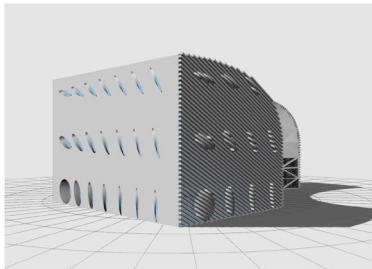
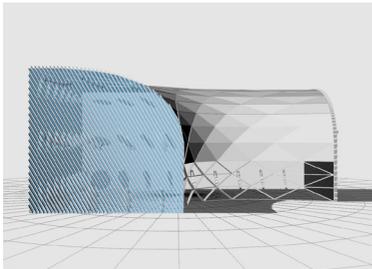


Erstellung eines parametrischen Box Pano-
ramas für eine 360° Animation



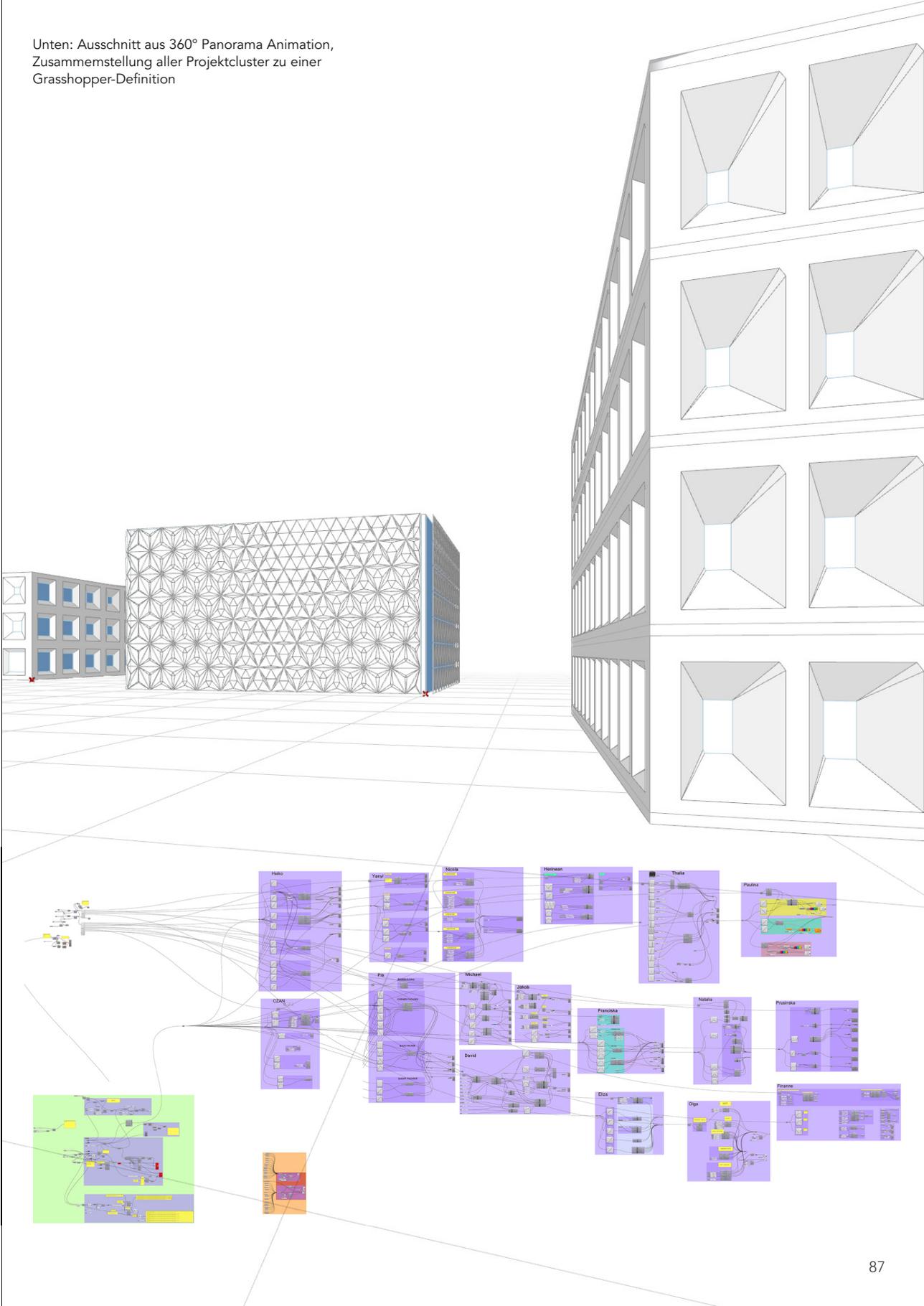


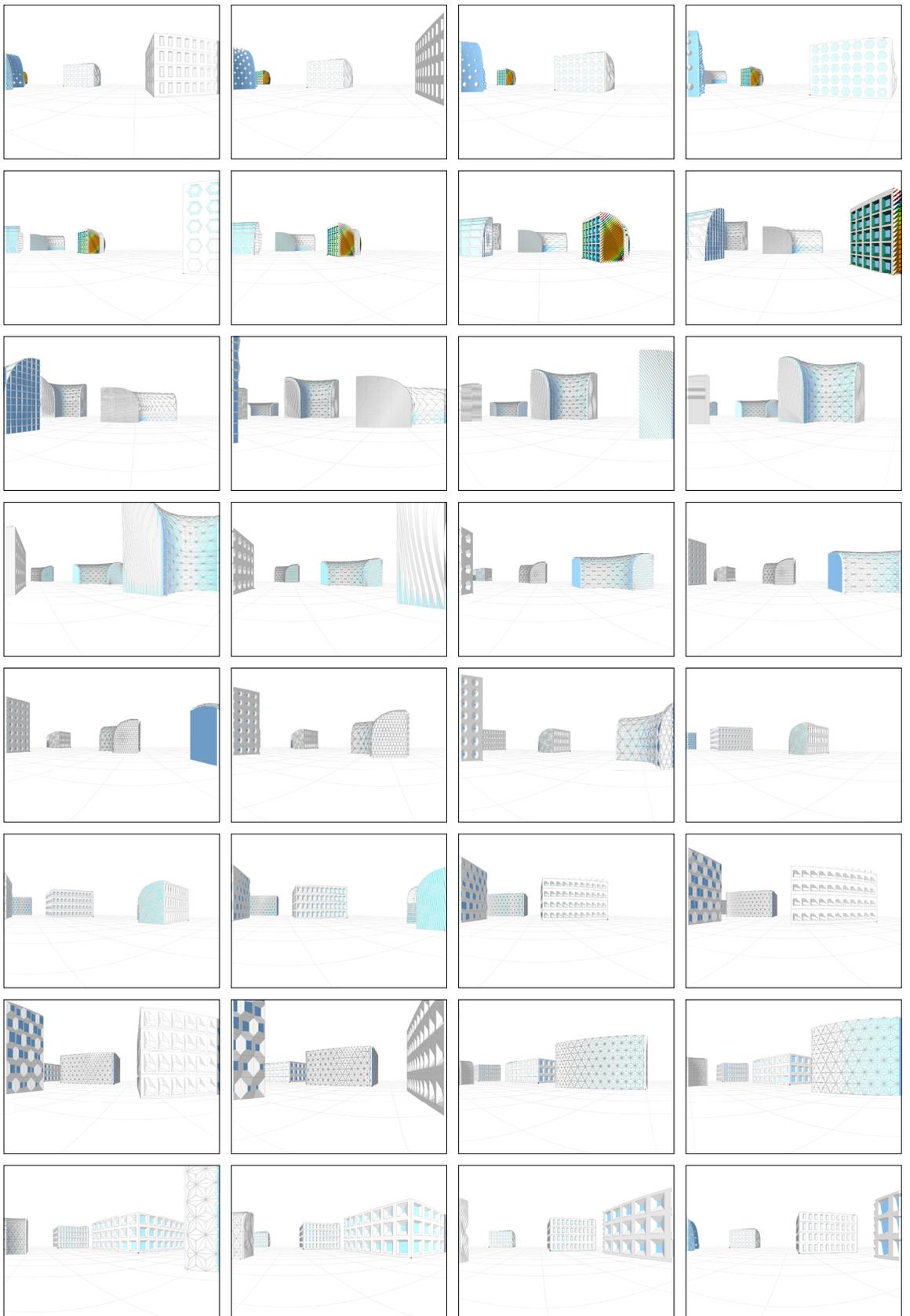
M. Cordes
Ausschnitt der
Animationssequenz



H. Yaniv
Ausschnitt der Animationssequenz

Unten: Ausschnitt aus 360° Panorama Animation,
Zusammenstellung aller Projektcluster zu einer
Grasshopper-Definition





Links: Bildsequenz - Frontansicht — aus
360° Panorama Animation

Unten: Animationsbetrachtung durch
HTC Vive VR Headset
Photo: Tom Wünschmann
Studentin: Domenica Ruales



FÖRDERER UND SPONSOREN

Wir bedanken uns bei unseren Förderern und Sponsoren:



artis



UNSER BESONDERER DANK GILT:

Matthias v. Ballestrem, Patrick Bedarf, Ignacio Borrego, Raoul Bunschoten, Annika Frye, Wolf Jeschonnek und dem Team des FabLab Berlin, Christopher Kern, Robert Kersting, Holger Meyer, Ralf Pasel, Holger Prang, Sascha Reinkober, Liss Werner

DAP | DIGITALE ARCHITEKTURPRODUKTION

Technische Universität Berlin

Institut für Architektur

dap.architektur.tu-berlin.de

TEAM DIGITALE ARCHITEKTURPRODUKTION

Sven Pfeiffer, Mareike Krauthaim, Tom Wünschmann, Cyrell Boehm, Josephine Brillowski, Tobias Kuhlmann, Benjamin Rusch, Nicole Redmer, Erwin Weil

Sekretariat: Carmen Preuss

TEILNEHMER AN DEN VORGESTELLTEN SEMINAREN

Mella Abdulfatah, Mihail Anev, Jasmin Auda, Tomas Barbera Ramallo, Sebastian Barrett, Alexa Bartsch, Sabina Baschinski, Sam Bassani, Filip Bencina, Larsen Berg, Svenja Binz, Flavia Biianu, Cyrell Boehm, Thomas Bögel, Bartłomiej Bogdanik, Stanislav Bratovanov, Alexander Brauer, Pia Brückner, Katrin Bräutigam, Ammon Budde, Marta Cavallé, Alicia Conde, Felizitas Conrad, Chloé Delamarre, Stefana Dilova, Marius Domeier, Anja Lena Dotter, David Eder, Oskar Ellwanger, Carolin Friedrich, Jan Friedrich, Moritz Funck, Hristo Georgiev, Gerard Martinez Görbig, Tobias Golz, Carlotta Goller, Eduardo Grossmann de La Torre, Basel Hamad, Marcel Hecker, Elise Helm, Iris Huneau, Lucia Huerta de Fernando, Ivana Ivin, Astrid Jahncke, Henri Peter Jessen-Juhler, Tom Jones, Olga Karatzioti-Bakopoulou, Felix Michael Kastner, Undine Kimmel, Leon Kläßen, Michael Klinger, Finia Köhler, Elina Kolarova, Marco Lau, Frederick Leinfelder, Moritz Leinhos, Jonathan Lewkowicz, Peng Li, Juri Lux, Anastasia Lytvyniuk, Jin Mao, George McClennan, David Masip, Abdulfatah Mella, Alexander Metche, Annalena Morra, Jakob Näscher, Joaefine Nemetz, Maik Daniel Ort, Eyal Perez, Anna-Katharina Pinecki, Fabian Prissok, Maximilian Quick, Samuel Reichl, Nadine Reppert, Ole Ritter, Cristina Rodriguez Garcia, Binta von Rönn, Max Rudolph, Guillermo Casares Ruiz, Johanna Schmücker, Marc Campa Salmeron, Irene Del Sol Rodriguez, Benjamin Schaad, Arthur Schmock, Nikolaus Schmid, Anna-Katharina Schmitt, Benno Schmitz, Hanno Schröder, Kolja Timo Schulte, Maika Schulz, Felix Thoms, Ana Valverde Prieto, Paul Walter, Wen Wang, Marc Wendland, Maximilian Vesely, Sarah Yaparsidi, Qin Qian, Mirza Vranjakovic, Alessandro Zanini, Yunke Zheng

BILDNACHWEIS

Sofern nicht in der Bildunterschrift angegeben, wurden Fotos und Illustrationen von den Teilnehmern der jeweiligen Projekte zur Verfügung gestellt.



ISBN 978-3-7983-2977-5 (ONLINE)