

## DIPLOMARBEIT

### KONSTRUKTIVER AUSDRUCK DER GEGENWÄRTIGEN HOLZSKELETTBAUWEISE

Technische Universität Wien

Alexander Dworsky

## DIPLOMARBEIT

# KONSTRUKTIVER AUSDRUCK DER GEGENWÄRTIGEN HOLZSKELETTBAUWEISE

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des  
akademischen Grades eines  
Diplom-Ingenieur unter der Leitung von

Thomas Hasler, Prof. Dr.sc.tech Dipl. Arch. ETH SIA/BSA  
Ivica Brnic, Dr.techn. Dipl. Arch. ETH SIA

Institut für Architektur und Entwerfen  
Hochbau und Entwerfen E253-4

eingereicht an der technischen Universität Wien  
Fakultät für Architektur und Raumplanung von

Alexander Dworsky  
Wien, am 30.09.2016



## ABSTRAKT

Durch die Verwendung des Holzes in seiner natürlichen Form als stabförmiges Element entfaltet sich im Holzskelettbau eine ihm eigentümliche organische Struktur. Eine räumliche Gestalt deren Ursprung in der Manipulation der Linie zu finden ist. Der Keim der konstruktiven Form wird im Detail der Verbindungs- und Fügeart gebildet und gelangt über die Begrenzungsflächen seines Materials zum Ausdruck. Das Positiv eines materialisierten Knotens erzeugt einen Eindruck im Negativ des Raumes respektive in der Wahrnehmung des Rezipienten. Reines Wahrnehmen ist allerdings nicht gleichbedeutend mit dem Erkennen. Der kognitive Aspekt des konstruktiven Verständnisses für eine Bauweise ist nicht unbedeutend für den ästhetischen Wert der Konstruktion. Die Lesbarkeit der räumlich-konstruktiven Zusammenhänge innerhalb eines Bauwerkes bildet die Basis um Architektur Ausdruck zu verleihen.

Die Form der Bauteile und die Art ihrer Knotenbildung ist an sich variabel doch in ihrer Methode einer Hierarchie unterworfen, die der Ordnung der Schichten dient und die Wertigkeit der Verbindungen enthält. Der Begriff der Wertigkeit einer Verbindung kann sowohl den Grad der statischen Wirksamkeit als auch ihren Stellenwert der Raumbildung beschreiben. Das Nötige bildet die Basis für das Mögliche.

Aus der Erweiterung der konstruktiven Substanz entsteht eine Form 2. Grades, eine weitere Ebene der formalen Erscheinung die den Geist der Konstruktion auszudrücken vermag. Hierbei kann es sich um ein tektonisches Ornament oder einen anderen räumlichen Quotienten der Ordnung handeln in dem die DNA der Konstruktionsweise enthalten ist.

Der übergeordnete Begriff des konstruktiven Ausdrucks bildet den thematischen Rahmen, in dem sich theoretischer und praktischer Forschungsteil bewegen. Die Arbeit beschäftigt sich mit grundlegenden Fragen des Stoffes Holz und seiner Rolle als konstruktives Element in der Architektur. Anhand einer Abfolge einzelner Themenbereiche soll sich dem strukturellen Wesen des Stoffes und der architektonischen Gestalt des Skeletts angenähert werden. Fragen zu Materialwahrheit und Authentizität der Konstruktionsform, vor dem Hintergrund materialtechnologischer Entwicklungen, kennzeichnen die aktuelle Debatte um den Stellenwert des Materials in der Architekturproduktion. Die Darstellung vergangener und aktueller Positionen, einer Reihe verschiedener Protagonisten, spannt den Diskurs innerhalb des gegenwärtigen Holzbaus weiter auf.



## INHALT

KONSTRUKTIVER AUSDRUCK	8
HOLZ	12
ANALOGIE DER ANATOMIE	16
KNOTEN	18
TEILE DER STRUKTUR	22
STOFFWECHSEL UND TECHNOLOGIE	24
CONCLUSIO	27
ENTWURF	28
LITERATURVERZEICHNIS	87
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	8



Abb.1 Holzhaus in Istanbul, frühes 19. Jahrhundert

## KONSTRUKTIVER AUSDRUCK

Nur durch das Wissen um eine bestimmte Art zu konstruieren kann Form den Ausgangspunkt für Architektur bilden. Träger und Stütze sind in der Gestalt des Skeletts intentionale Elemente d.h. auf einen konstruktiven Prozess hin geformte Materie.<sup>1</sup> Konstruktion hat eine formal erlebbare Gestalt.<sup>2</sup> Die stabförmigen Gerüste aus Holz lieferten die bildhafte Verkörperung des tektonischen Prinzips, das auch die Vorstellung des Ursprungs der Architektur prägte. Das Skelett wirkt seinem Wesen nach durch seine konstruktive Gliederung. Die tektonische Gestaltung des Holzbaus kommt ohne zusätzliche Verzierung aus um lesbar zu sein, weil in der Form des Gerüsts bereits ein ornamentaler Charakter enthalten ist (Friedrich Theodor Vischer).<sup>3</sup>

*Der Holzbau, d.h. der Stabverband war niemals Vorläufer oder Vorbild einer monumentalen Kunst, deren wahrer Stoff der Stein bleibt, deren Grundsatz der umgekehrte des konstruktiven ist.*<sup>4</sup>

Durch die molekulare Struktur des Materials ist das tektonische Prinzip im Holzbau quasi genetisch codiert.<sup>5</sup> Die alten Holzhäuser Istanbuls prägten in ihrer Charakteristik als Holzbauten und ihrem dichten Stadtverband einen ganz eigentümlichen Ausdruck. [Abb.1] Die knappe Anordnung der Fensteröffnungen und die Auskragungen in den Stadtraum (sog. cumba) geben Hinweise auf die mögliche Konstruktionsform. Die Bauweise entspricht im Grunde einer geschossweise errichteten Skelettstruktur mit einer hierarchisierten Bauteilordnung von primären Stützen und komplementärem, einfach beplanktem Ständerwerk. Auch das Schema der additiven Grundrissorganisation begründet die Merkmale der äußerlichen Erscheinung.<sup>6</sup> Die außen angeschlagenen Leisten der Fensterrahmen bilden einen Saum um die Öffnungen, der sowohl die Fuge der Bauteilanschlüsse verdeckt als

auch die Stirnseiten der Schalungsbretter vor Schlagregen schützt. Konstruktiver Ausdruck bedeutet also auch die logische Herleitung tektonischer Prinzipien aus konstruktive Parametern, die wiederum aus dem generativen Prozess des Materials ableitbar sind. Die Verkörperung dieses Vorganges nach außen hin macht die eigentliche Konstruktion zum konstituierenden Element (Giedion) der Architektur. Das konstituierende Element meint die durchgehende Kraftlinie als Verbindung der Zeitabschnitte und lebt fort im Bereich des architektonischen Wissens.<sup>7</sup> So sind Chicagos Stahlskelettbauten des späten 19. Jahrhunderts bezeichnend in diesem Zusammenhang. [Abb.2-3] In diesen Bauten wurde die Kluft zwischen reiner Konstruktion und Architektur erstmals in einer erstaunlichen Klarheit überbrückt. In den neuen Konstruktionsmethoden für Wohn- und Geschäftshäuser sah man die Notwendigkeit diese als Ausdrucksträger dieser Zeit zu erklären. Die Bestrebung zur Reinheit der Form zu gelangen, meint hier die synthetische Erscheinung von Architektur und Konstruktion.<sup>8</sup>

*Besser sollten sie mit ihrer Masse und Proportion in einem weiten, elementaren Sinne der Idee der großen, beständigen und bewahrenden Kräfte der modernen Zivilisation Ausdruck verleihen. [...] Ein Resultat der Methoden, die ich beschrieben habe, wird die Lösung unserer architektonischen Entwürfe im Sinne von wesentlichen Elementen sein. So vital ist die bestimmende Struktur dieser Bauten geworden, daß sie unbedingt ein vollständiges Aufgeben der nur äußerlichen Formen verlangt. Alle kaufmännischen und konstruktiven Erfordernisse sind so imperativ, daß alle architektonischen Einzelheiten, die nötig sind, um sie auszudrücken, entsprechend modifiziert werden müssen.*<sup>9</sup>

1 Jörg H. Gleiter. Stoff, Form, Hylemorphismus, 2014, S.129

2 Rob Krier. Über architektonische Komposition, 1993, S.27

3 Jörg H. Gleiter. Stoff, Form, Hylemorphismus, 2014, S.107

4 Gottfried Semper. Der Stil in den technischen und tektonischen Künsten, oder praktische Ästhetik. Die Stabkonstruktion aus Holz, 1860, S.249-263

5 Johannes Käferstein und Urs Meister. Die Tiefe des Holzes, 2014 S.15-16

6 Ulrike Herrmann. Gebaute Vergänglichkeit- Konstruktive Aspekte der spätosmanischen Holzhäuser Istanbuls, 2013, S.32

7 Sigfried Giedion. Raum, Zeit, Architektur, 2015, S.44

8 Sigfried Giedion. Raum, Zeit, Architektur, 2015, S. 46, 251

9 John Root. 1890 zit. in Ebd., S.252



Abb.2 First Leiter Building  
Chicago, 1879  
William Le Baron Jenney

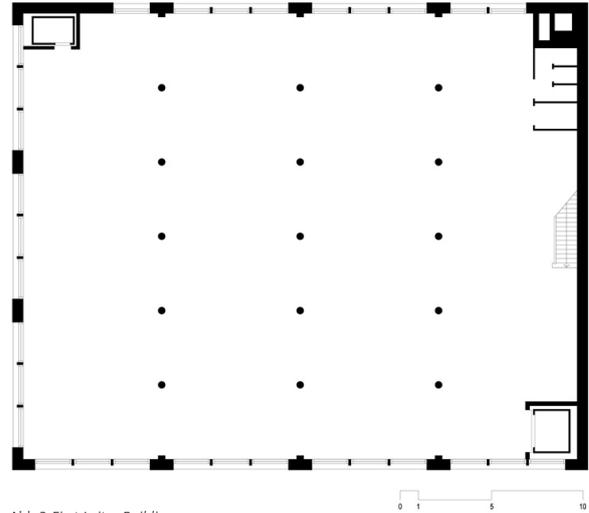


Abb.3 First Leiter Building  
Grundriss Regelgeschoss, Chicago, 1879  
William Le Baron Jenney

*Tektonik ist niemals die an und für sich banale Wahrheit als Auskunft über die Tragstruktur.<sup>10</sup>*

Ákos Moravánzky deutet hier auf die subtilere Variante hin, die primäre Konstruktion in der Verkleidung abzubilden. Transformation beschreibt hier das Prinzip oder den Prozess der Entstehung hinter der Oberfläche auf einer Metaebene der strukturellen Ordnung.<sup>11</sup> Trans-Form: also eine Form die sich über eine andere, ihr verwandte Form, artikuliert, sich konstruktiv zu lösen vermag, ihr aber dennoch auf struktureller Ebene verbunden bleibt. Je nach Intensität der Erhabenheit wird das Relief der Konstruktion, oder der konstruktiven Andeutung, Raum in Anspruch nehmen und kann als Maßnahme zur Gliederung desselben beitragen. Konstruktive Eigenschaften können in Formeigenschaften übersetzt werden und bestimmen den Charakter eines Bauwerkes. Die Konstruktion ist ein Merkmal der Unterscheidung zu Werken anderer Künste und Objekten ästhetischer Erfahrung. Die Frage nach dem WAS trägt, wird in der Sichtbarkeit oder der Andeutung der tragenden Teile beantwortet und das WIE in der Ausgestaltung der jeweiligen Details veranschaulicht.<sup>12</sup>

Die Kenntnis der Konstruktionsweise steht in Zusammenhang mit der ästhetischen Erfahrung eines Bauwerks. Je höher der Grad der Abstraktion in der Wahrnehmbarkeit der konstruktiven Teile ist, desto eher scheint ein Verständnis der Konstruktion und ihrer Eigenschaften Voraussetzung zu sein um gewisse Aspekte des ästhetischen Charakters wahrzunehmen. Die vergleichende Darstellung zweier Stützensysteme zeigt eine gewisse Ähnlichkeit in der Ausformung des Knotenpunktes. Sie deutet auf die Wirkungsweise des Konstruktionsprinzips hin und erklärt die Art des Kräfteflusses. [Abb.4-5] In der Geste des Tragens bildet die Lesbarkeit der Zusammensetzung von einzelnen Teilen einen wichtigen Aspekt der ästhetischen Empfindung von Konstruktion.

<sup>10</sup> Ákos Moravánzky. Holzwege der Identität – Materialität und Stoffwechsel, 2014, S.110

<sup>11</sup> Ebd. S.103

<sup>12</sup> Jörg H Gleiter. Stoff, Form, Hylemorphismus, S.191

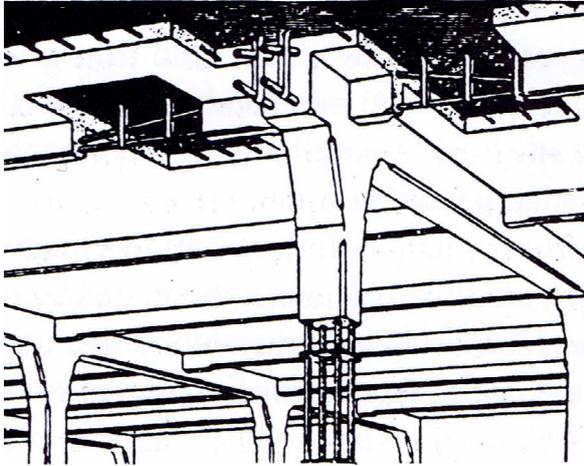


Abb.4 Konstruktionsweise und Formeigenschaft  
monolithische Stahlbetonverbindung, patentiert 1892  
Francois Hennebique

*Die Zurschaustellung statischer Möglichkeiten steht als Metapher für den Versuch, die Materialwahl nachvollziehbar zu gestalten, indem ihre Funktionsweise innerhalb des Gefüges offengelegt wird.<sup>13</sup>*

In seinem Text *Konstruktive Schönheit - zur ästhetischen Erfahrung und Wertschätzung von Architektur* adaptierte Christoph Baumberger Kendall Waltons Kategoriensatz um die unterschiedlichen bautechnischen Typen in ihre üblichen, variablen und unüblichen Formeigenschaften zu unterteilen, um den Wert ihrer konstruktiven Bestimmtheit herzuleiten, und in weiterer Folge den Einfluss auf deren ästhetische Erfahrung und Wertschätzung zu beschreiben.

<sup>13</sup> Christoph Wieser. Was vom Holz übrig bleibt, S.16



Abb.5 Konstruktionsweise und Formeigenschaft  
Auflagerverbreiterung- hölzerne Kreuzstütze

Hierbei legen die üblichen Formeigenschaften die Variationsbreite der Variablen fest. Die Frage nach dem WIE der konstruktiven Zwangsläufigkeiten eines Bauwerkes enthält daher die üblichen aber auch die variablen Eigenschaften der jeweiligen Konstruktionsweise und muss mit dem Zweck der Sinnhaftigkeit und den Kräften der Zeit beantwortet werden. Selbst wenn man die Bestandteile der Antwort kennt, wird es nötig sein sie auf ihre Syntax hin zu prüfen um eine besondere Form der Ordnung zu erreichen. Der sinnliche Gehalt und die damit einhergehende pragmatische Wirksamkeit ändert sich analog zur Form der Artikulation.

Im Falle des Holzbaus haben nicht zuletzt technologische Entwicklungen in der Holzwerkstoffproduktion eine relativierende Wirkung auf das Verhältnis dieser Kategorien und je nach Gültigkeit einen verzögerten Beitrag auf die Entwicklung unserer Baukultur.<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Christoph Baumberger. *Konstruktive Schönheit - zur ästhetischen Erfahrung und Wertschätzung von Architektur*, 2014, S.187-206



Abb.6 Zwiesel - Gabelung eines Baumstammes



Abb.7 anatomische Studie

# HOLZ

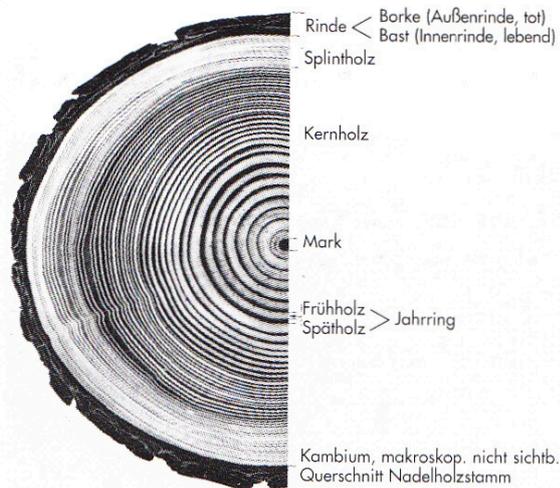


Abb.8 Aufbau eines Stammquerschnitts

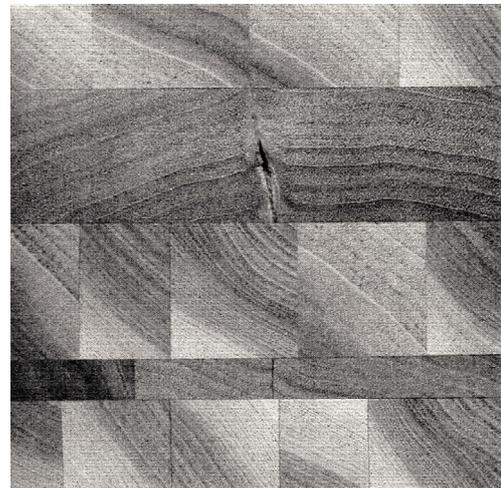


Abb.9 Entkontextualisierung  
Kubus CXXXVI  
Candido Storni

*Holz ist ein außerordentlich komplexer, auf künstlichem Wege mit vergleichbaren Eigenschaften nicht reproduzierbarer Faserverbundwerkstoff, der über erhebliches Potenzial verfügt. [...] In der aktuellen Grundlagenforschung wird auf wissenschaftlichem Wege gerade erst nachvollzogen, was an empirischem Erfahrungswissen historisch präsent gewesen war. [...] Biologische Materialien sind aber zuallererst Struktur, die sich auf verschiedenen, voneinander abhängigen Hierarchieebenen unterschiedlich äußert.<sup>15</sup>*

Holz ist der Stoff des Baumes und im wesentlichen durch zwei Wuchsrichtungen gekennzeichnet. Der *genetische Auftrag der Vertikalität* (Klaus Zwerger) versteht sich analog zum Verhältnis der Belastbarkeit des Holzes. Innerhalb des konzentrisch-horizontalen Wuchs des Stammes, der die Jahresringe zeichnet, und seiner Äste, werden die proportionalen Bedingungen der Stabilität geschaffen.

<sup>15</sup> Sabine Kraft und Christoph Schindler. Bauen- mit dem Holz oder gegen das Holz, 2009, S.90

Dieser zentrale Aspekt einer organisch gewachsenen Struktur bildet die Grundlagen der vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten. Die durch die kapillarporöse Struktur bedingte Hygroskopie des Holzes bringt die Dimensionsinstabilität des Querschnittes ebenso wie die feuchtigkeitsregulierende Wirkung des Stoffes mit sich.<sup>16</sup> Durch seine vorrangige Funktion der Wasserleitung im Stammquerschnitt verändert das Splintholz sein strukturelles Gefüge im Zuge des Trocknungsprozesses stärker als das des Kernholzes. [Abb.8] Damit ist die Wahrscheinlichkeit der unliebsamen Konsequenzen des Werfens und Verdrehens höher. Darüberhinaus ist das Splintholz durch sein spezielles Gefüge weniger belastbar.<sup>17</sup> Die strukturelle Anisotropie des Faserverbundes bedingt die mechanischen Eigenschaft der hohen Elastizität, sowie sein richtungsabhängiges Verhalten gegenüber von Außen einwirkender Kräfte. Die Inhomogenität und formale Instabilität des Holzes resultieren aus der Entkontextualisierung des Profils, da es aus einer bestimmten, mit spezifischen Aufgaben belegte, Stelle des Organismus entnommen wurde.<sup>18</sup>

<sup>16</sup> Ebd.

<sup>17</sup> Klaus Zwerger. Das Holz und seine Verbindungen, 1997, S.18

<sup>18</sup> Sabine Kraft und Christoph Schindler. Bauen- mit dem Holz oder gegen das Holz, 2009, S.90

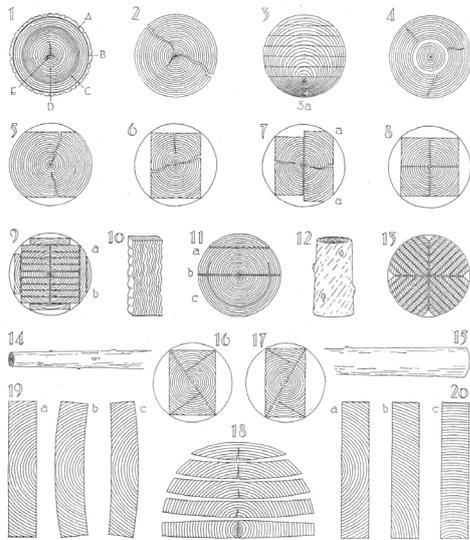


Abb.10 Strukturelemente und Instabilität im Holzquerschnitt

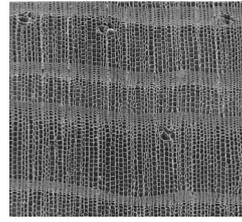


Abb.11 Wachstum und Verdichtung

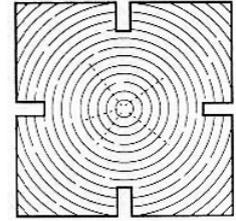


Abb.12 Längsnuten

Grundsätzlich gibt es, neben der vernachlässigbaren (bei getrocknetem Bauholz) Dimensionsänderung in Längsrichtung, zwei nennenswerte Richtungen im Querschnitt eines Holzes, die bei sich ändernder Umgebungsfeuchte ein Quellen und Schwinden zur Folge haben. Zum einen treten Spannungen in radialer Richtung auf, worunter die Änderung der Abstände zwischen der Jahresringe verstanden werden kann. Zum andern ergeben sich tangentielle Spannungen, die entlang der kreisförmigen Jahresringe wirken und Risse parallel zur Faser bewirken können. [Abb.10]

Vor allem bei zu stark dimensionierten Vollhölzern (oder ungünstig gewählten Teilen des Stammquerschnitts) kann dieser Effekt eintreten. Hier kann ein tieferer Einschnitte parallel zur Faser dem Holz erlauben sich zu entspannen, sofern die konstruktiven Erfordernisse dies zulassen. [Abb.13]

Semper bezeichnete die Unzulänglichkeiten des Stoffes Holz als die ergiebigste Quelle immer neuer formaler Hilfsmittel, die den Holzstil erst zu dem machen, was ihn eigentlich kennzeichnet.<sup>19</sup>

*So hat der Holzstil seine reichhaltigsten Motive zum Theil nicht seinen hervorragenden Eigenschaften, sondern den Mängeln des Holzes zu verdanken.<sup>20</sup>*

Hiermit sind beispielsweise Kanneluren gemeint, die in Längsrichtung einer Säule deren Schaft zieren. Semper führt hier auch die Schnitzwerke entlang der Balken der im Blockstil ausgeführten Schweizerhäuser und die Schlangenornamente der norwegischen Stabkirchen an.<sup>21</sup> Die Komplexität der Verbindungen steht in direktem Zusammenhang mit den Unwägbarkeiten des organischen Materials.<sup>22</sup>

19 Gottfried Semper. Die Stabkonstruktion aus Holz, 1860, S.249-263

20 Ebd.

21 Ebd.

22 Klaus Zwerger. Holz wahrnehmen und verstehen, 2014, S.234



Abb.13 Verbund der Strukturelemente eines Furnierschichtholzträgers, Buche

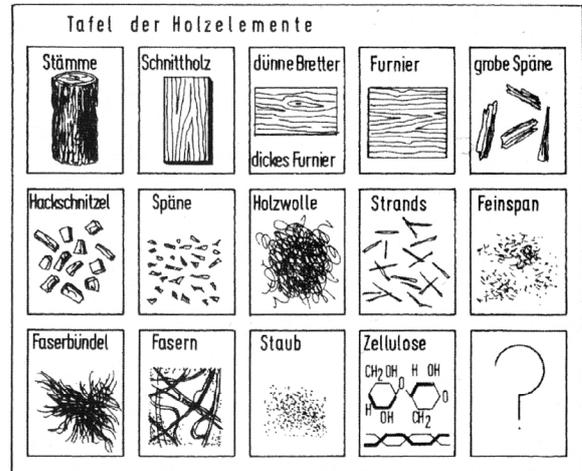


Abb.14 Strukturelemente

Mit der Erfahrung im Umgang mit diesen Eigenschaften sind also die traditionellen Regeln der Materialwahl (Art und Dimension des Teils), der Bearbeitung, des Fügens und der Konstruktion entstanden. Die jüngere Technikgeschichte des Holzes ist bislang von den Bestrebungen der Homogenisierung des Stoffes geprägt. Die eigentliche Revolution im Holzbau begann Anfang der 1930er Jahre mit der Überwindung der Anisotropie und Inhomogenität des Stoffes durch den Verbund einzelner Strukturelemente mit synthetischen Klebstoffen, wobei die eigentliche Erfindung des Leimholzes auf Otto Hetzer aus dem Jahre 1906 zurückzuführen ist.<sup>23,24</sup> Der Begriff des Strukturelements bezeichnet in diesem Zusammenhang die Bestandteile des Holzes respektive des Baumes entlang eines Dimensionsgefälles d.h. vom Rundholz bis zum Staubpartikel.

Die Größe dieser Strukturelemente innerhalb des Bauelements ist nun von zentraler Bedeutung für dessen Identifizierbarkeit sowie für dessen mechanische und sensorische Wirksamkeit.<sup>25</sup> Die Bedeutung des Stoffes Holz löst sich analog zur Größe des Strukturelements auf. Im Furnier beispielsweise ist, je nach Stärke der Schicht (max. 7mm), die charakteristische Struktur des Stoffes noch vorhanden d.h. auch die anisotropen Eigenschaften.<sup>26</sup> Frank Lloyd Wright sah in der Technik des Furniers die Auferstehung des Holzes durch die Maschine und bezeichnete die Maserung des Holzes als dessen wesentliche Eigenschaft,<sup>27</sup> d.h. die dem Stoff des Holzes entsprechende Art einer stoffimmanenten Flächenausbildung.

23 Andrea Deplazes. Holz: indifferent, synthetisch, abstrakt- Kunststoff, 2009, S.28

24 Mario Rinke. Konstruktive Metamorphosen- Holz als immerwährendes Surrogat, 2014, S.272

25 Sabine Kraft und Christoph Schindler. Bauen- mit dem Holz oder gegen das Holz, 2009, S.92

26 Mario Rinke und Joseph Schwartz. Das Holz in der Zwickmühle seiner Identitäten und Möglichkeiten, 2014, S.53

27 Ákos Moravánky. Holzwege der Identität – Materialität und Stoffwechsel, 2014, S.109

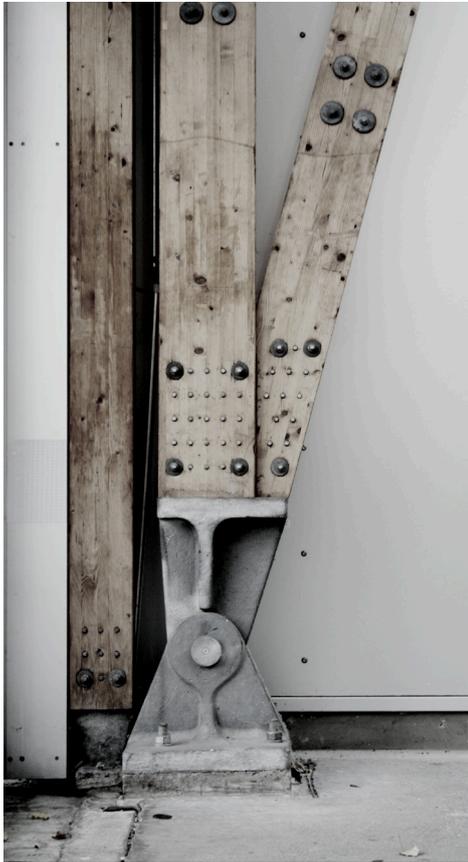


Abb.15 *anthropomorpher Stützenanschluss*  
Bildungszentrum in Sodingen, 1999  
Jourda & Perraudin



Abb.16 *anatomische Studie*

## ANALOGIE DER ANATOMIE

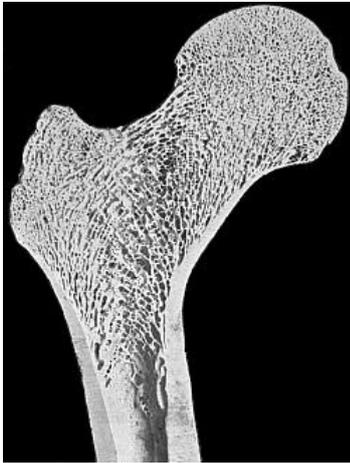


Abb.17 Epiphyse - Diaphyse  
Strukturverdichtung am Knochenende  
und hohler Knochenchaft

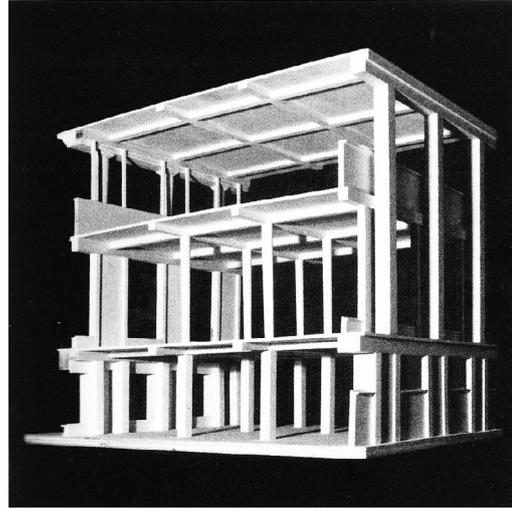


Abb.18 Verdichtung der Struktur  
Musée des Travaux Publics, Paris, 1937  
Auguste Perret

In der Gemeinsamkeit des Wachstums und der symmetrischen Gestik einer aufrechten Haltung beeinflusst der Baum das menschliche Maßstabempfinden. Der Begriff des Skeletts in der Architektur fordert, in der Funktion und Interpretation der konstruktiven Teile, eine Analogie zur klassischen Anatomie. So werden unterschiedlich geformte Teile zu gelenkigen Systemen zusammengesetzt und erstarren im Sinn ihrer konstruktiven Beschaffenheit. Die Pluralität linearer Elemente demonstriert entweder eine Streuung oder eine Konzentration der Kraftableitung. Die konstruktive Grammatik schafft das Bewusstsein über den Ort höchster Verdichtung.<sup>28</sup> [Abb.18-19] Wenzel Hablik sprach vom Bauen auch als Prozess der Kristallisierung, der Ordnung von gesetzmäßig ausgerichteten Molekülen unterschiedlicher Materialien zu einem einheitlichen Gebilde.

<sup>28</sup> Thomas Herzog u. a. Holzbau Atlas, 2003, S.8

Wobei seine Haltung in Bezug auf die Glasarchitektur zu verstehen ist.<sup>29</sup> Die Stabilität des Knochens ist von der räumlichen Anordnung der Strukturproteine abhängig.<sup>30</sup> Eine strukturelle Analogie zum Aufbau des Holzes ist im sogenannten Lamellenknochen mit seinen nahezu parallel angeordneten Kollagenfibrillen erkennbar d.h. analog zur mechanischen Eigenschaft der Druckfestigkeit lesbar. Auf die jeweiligen Unterschiede in der Querschnittsbelastung können Bäume, ähnlich dem Knochen, mit dem Zuwachs an Material reagieren, dem sogenannten Reaktionsholz.

Der Knoten kann in diesem Zusammenhang als verfestigter Kreuzungspunkt innerhalb linearer Strukturen verstanden werden. Er bildet den sinnbildlichen Zusammenhang im Gefüge seiner elementaren Repetition.

<sup>29</sup> Christoph Wieser. Was vom Holz übrig bleibt, 2012, S.13

<sup>30</sup> Angelika Wild. *a wild work - Knochen zwischen Kunst und Konstruktion*, 2014, S.59



Abb.19 Bahnschwellenhaus  
Miyake, Japan, 1960-1970  
Shin Takasuga

## KNOTEN

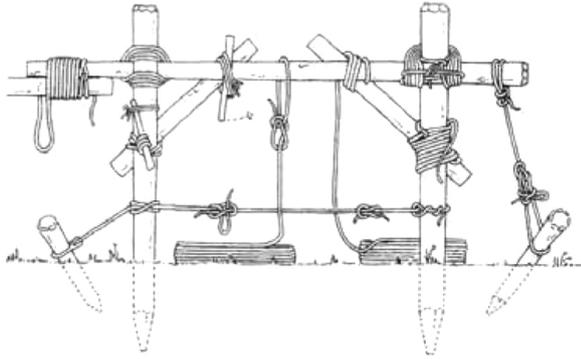


Abb.20 Wirkung des Knotens

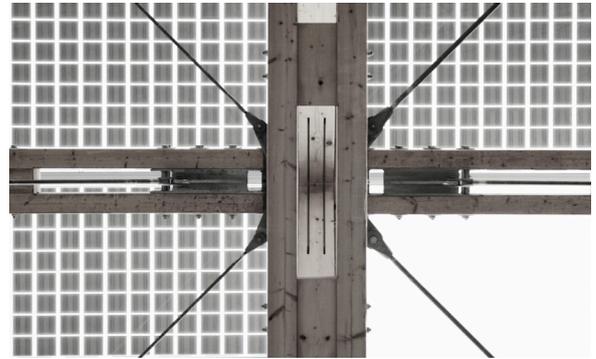


Abb.21 Trägerüberlagerung einer Dachkonstruktion  
Bildungszentrum in Sodingen, 1999  
Jourda & Perraudin Architects

*Knoten verbinden Dinge nicht an ihren Enden sondern in deren Mitte ..., sie liegen zwischen den Linien der Materialien aus denen sie gebildet sind. Knoten behalten innerhalb ihrer Struktur die Erinnerung an den Prozess ihrer Entstehung. [...] Daher führt eine konkrete Untersuchung der Beziehung zwischen Knoten und Verbindung geradewegs zu der grundlegenden Frage, wo die Linie zwischen dem Organischen und dem Artefakt zu ziehen ist.<sup>31</sup>*

Das Grundmotiv der Textilkunst ist die rhythmische Reihung von Knoten und laut Semper das vielleicht älteste technische Symbol.<sup>32</sup> In der Begrifflichkeit des Artefakts bedingt er den Vorgang des Knüpfens und entsteht innerhalb verflochtener Fäden unter der Last entgegengesetzter Zugkräfte.

Vor dem Hintergrund dieser Beschreibung scheint sich das konstruktive Gerüst eines Gebäudes nur metaphorisch als verwobene Knotenstruktur verstehen zu lassen und entzieht sich so gesehen dieser Form der Technik d.h. dem Verknoten von Strukturelementen in der Größenordnung von Träger und Stütze. Es ist die ewige Geschichte vom Stützen und Tragen, in der die kreuzweise Überlagerung und das Ineinanderdringen der Teile die Form eines hölzernen Knoten beschreibt. [Abb.19] Prinzipiell wird dem Holz in seinen mechanischen Eigenschaften eine hohe Beanspruchbarkeit durch Zugkräfte parallel zur Faserrichtung attestiert, jedoch relativiert sich dieses Attribut im Verhältnis der Komplexität der Lasteinbringung. Innerhalb einer Baumstruktur wird diese Herausforderung über einen kompositen, organisch gewachsenen, Faserverbund entsprechend gelöst.

<sup>31</sup> Tim Ingold. Über Knoten und Verbindungen, 2014, S.242

<sup>32</sup> Ákos Moravánczy. Holzwege der Identität – Materialität und Stoffwechsel, 2014, S.110

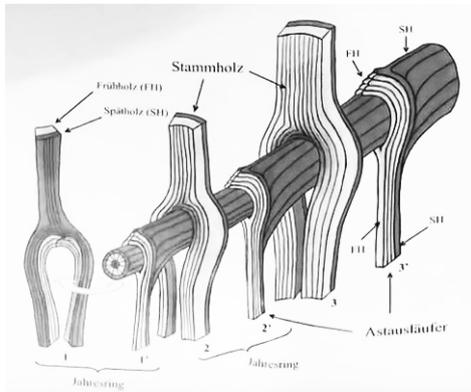


Abb.22 Wachstumsschema eines Astes

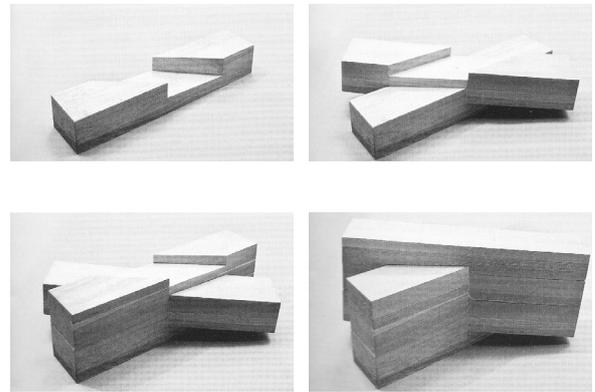


Abb.23 integraler Knoten  
Leinster Pavilion, Dublin, 2001  
Buchholz Mc Evoy Architects

Auch Bäume können als Knotenstrukturen bezeichnet werden. Äste wachsen zwischen den Fasern eines anderen Astes aus diesem heraus und werden von dessen Fasern gleichsam umwickelt. Durch das gleichzeitige Wachstum des herauswachsenden Astes werden die Fasern des umschließenden Faserwirbels zu einem festen Knoten verdichtet, der so einen integralen Bestandteil des Gefüges bildet.<sup>33</sup> [Abb.22]

Das konstruktive Prinzip des Leinster Pavilions in Dublin bietet in diesem Zusammenhang eine passende Interpretation einer verwachsenen, integralen Knotenstruktur. [Abb.23] Ein Beispiel bei welchem dennoch durchaus treffend dem Wesen eines Knotens entsprochen wird, zeigt das vorgespannte Knotensystem des Konstruktionskonzeptes für das Novartis Learningcenter in Risch von Joseph Schwartz. [Abb.24-25]

Zugbeanspruchte Sehnen aus Stahl durchlaufen dabei horizontal druckbeanspruchte Knotenpunkte aus Beton über die gesamte Länge des Tragwerksystems, wobei die auf Druck beanspruchten Elemente des hölzernen Trägerrostes den konstanten Abständen des Stützenrasters untergeordnet sind. Die Kabelführung der Vorspannung erfolgt innerhalb der Bewehrung der Druckpunkte. Laut Schwartz entsprechen zentrisch wirkende Druckkräfte am ehesten den mechanischen Bauteileigenschaften des Holzes. Das Projekt, bei dem Peter Zumthor als Architekt federführend mitwirkte, wurde aus Gründen der Unvereinbarkeit von gestalterischem Vorhaben und konstruktiven Möglichkeiten nicht realisiert.<sup>34</sup>

33 Tim Ingold. Über Knoten und Verbindungen, 2014, S.244

34 Joseph Schwartz. Moderne Holzkonstruktionen zwischen Tradition und Innovation, 2014, S.42-44

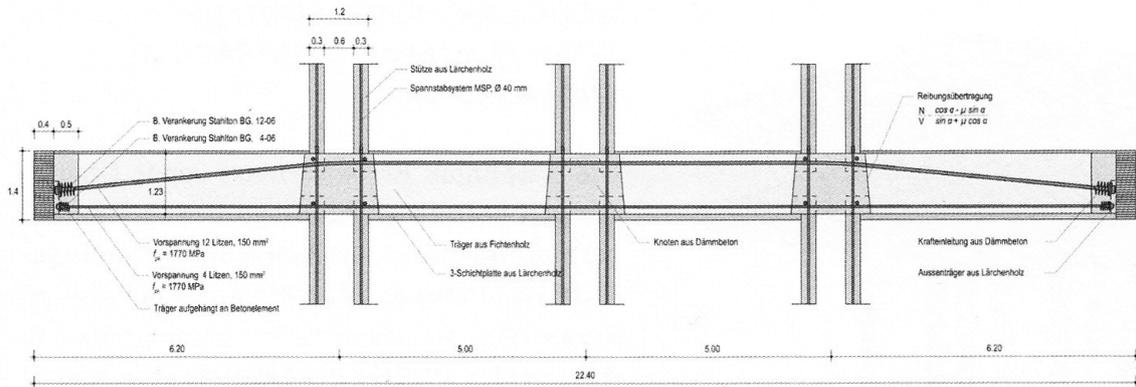


Abb.24 Schnitt des Rahmensystems  
Novartis Learningcenter in Risch  
Joseph Schwartz

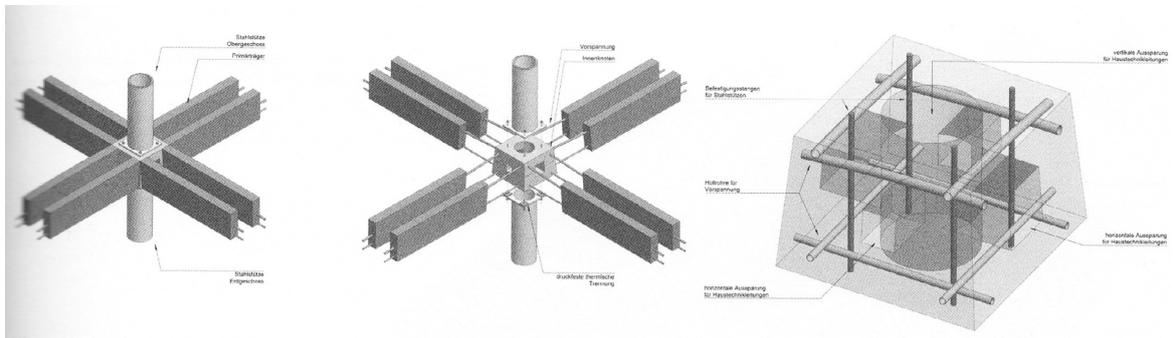


Abb.25 Darstellung des Knotenprinzips  
Novartis Learningcenter in Risch  
Joseph Schwartz

## TEILE DER STRUKTUR

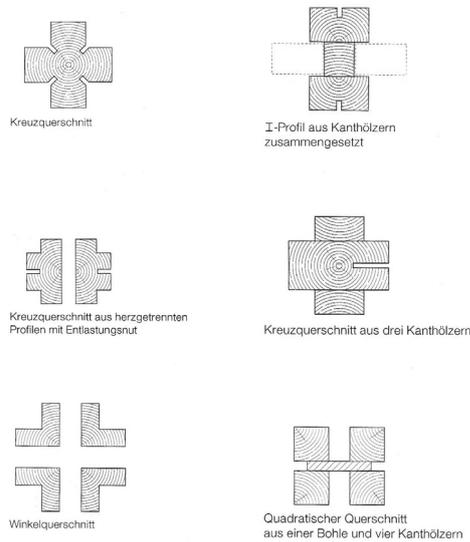


Abb.26 Mehrteiligkeit hölzerner Querschnitte

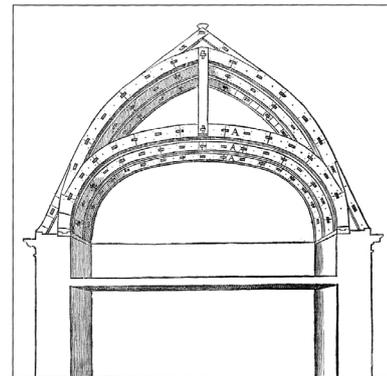


Abb.27 hölzerne Bogenformen  
Philibert de l'Orme, 1514-1570

Die Kompatibilität der Strukturelemente untereinander bildet die Regeln der Fügung und ihre hierarchische Ordnung. Dabei bieten die inneren Bedingungen des Stoffes Holz ein weites Spektrum an Formvariationen der Querschnittsgeometrie. [Abb.26] Die konstruktiv bedingte Form als die logische Gesamterscheinung eines Bauwerks ist das Produkt der Formeigenschaften ihrer Materialien und deren tektonischen Prinzipien. Im Variationspektrum des einzelnen Gestaltungswillens entstehen Systeme unterschiedlicher Formzusammenhänge, in denen nicht nur untereinander compatible Elemente mit der Gewandtheit einer rationalen Konstruktionslogik verknüpft werden sollen, sondern auch, in einer weiteren Ordnung, die Körnung der strukturellen Ebene eine syntagmatische Wirkung der Einzelheiten verdichtet. Die erforderliche Dimensionalität von primären Tragwerken kann durch entsprechende Quotienten desselben in eine lesbare Mehrteiligkeit

aus Strukturelementen überführt werden. [Abb.26] Jedenfalls erwähnenswert scheinen frühe Bestrebungen einzelne, verhältnismäßig kleine Holzelemente, durch repetitive Anordnung in eine Art Schichtung zu übersetzen um in Form von Gewölben Räume zu überspannen. [Abb.27] De l'Ormes hölzerne Bogenformen beruhen durchaus auf einer formalen Analogie zu ihrem steinernen Pendant, dessen Charakter die stereotomische Schichtung bestimmt. Ein Stoffwechselvorgang der das Holz in den Möglichkeitsraum anderer Bauweisen einbindet und dennoch eine materialimmanente Form in seiner konstruktiven Erscheinung aufweist. Strukturelemente dringen ineinander, bilden Verschränkungen und sind auch in der Richtung der Firstlinie untereinander verbunden. Das System hat sich jedoch als Alternative zu einem Dachstuhl oder einem Steingewölbe nie durchsetzen können.<sup>35</sup>

<sup>35</sup> Mario Rinke. Konstruktive Metamorphosen- Holz als immerwährendes Surrogat, 2014, S.274

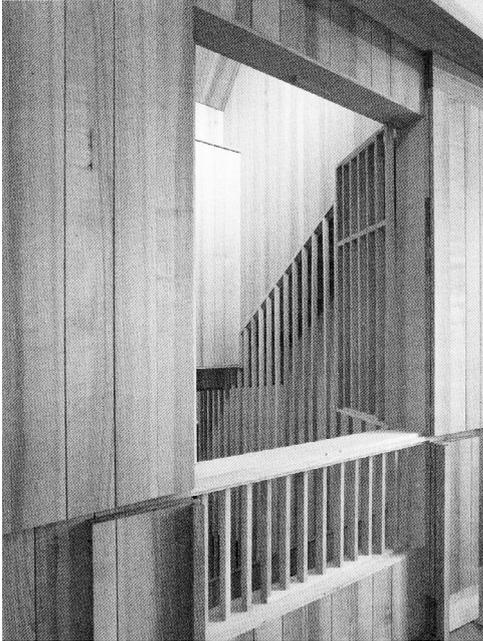


Abb.28 Rhythmisierung der Oberfläche  
Lichthof und innere Fassade, Wohnhaus in Küsnacht, 2010  
Käferstein und Meister Architekten



Abb.29 die Geste der Fuge  
Bildungszentrum in Sodingen, 1999  
Jourda & Perraudin Architects

Semper beschreibt die Fähigkeit der Holzkonstruktion, Übergänge zwischen dem Filigranen des Mobiliars und dem Monumentalen des Gebäudes herzustellen, soweit sie in ihrem eigenen Wesen auftritt.<sup>36</sup> Rituale des Konstruierens kultivieren die Formen des Hergestellten im Sinne einer *praktischen Ästhetik* (Semper). Im Zentrum der architektonischen Haltung von Käferstein und Meister steht die Lesbarkeit von Architektur als Hergestelltes, ein aus Teilen zusammengesetztes Ganzes, das das Tektonische als Vehikel für den Ausdruck des Gebauten benutzt. Architektur soll die Handschrift des Machens tragen. In ihrem Text *Die Tiefe des Holzes* stellen sie die Frage nach den Protagonisten im Raum. Gemeint sind hierbei Möbel respektive unbewegliche Einbauten in ihrem jeweiligen Maßstabsverhältnis zur Umgebung und deren raumdifferenzierende Wirkung. Der verfeinerte Maßstab sucht das Zusammenspiel von Struktur und Atmosphäre. Die strukturelle Körnung in der Architekturproduktion sehen sie als elementaren Bestandteil der Erzeugung von Atmosphäre. Es geht um tektonische Verhältnismäßigkeiten, die durch Kompression und Sedimentation,

36 Gottfried Semper. *Die Stabkonstruktion aus Holz*, 1860, S.249-263

Verdichtung und Repetition in ein räumliches Ganzes integriert werden sollen.<sup>37</sup> Der Raum erhält seine Konsistenz durch die Rhythmisierung der Oberfläche. Das Setzen der Fuge beschreibt die Wesenszüge des Stoffes und gleichsam die Absicht des Gestalters. Die Fuge beschreibt eine eigentümliche Dialektik ihrer bildsamen Wirkung. Die trennende Geste einer Zäsur ist in ihr ebenso enthalten wie, in ihrer etymologischen Verwandtschaft zum Fügen, der Charakter eines vermittelnden Bindeglieds. Sie ist konstruktives Detail und gestalterisches Mittel der räumlichen Artikulation und bildet in gewisser Weise den Faden im Netz der Zusammengehörigkeit. Das Negieren der Fuge hat zwangsläufig die Entmaterialisierung des Raumes zur Folge. Die räumliche Wahrnehmbarkeit in der Fläche wird über die Fuge artikuliert.<sup>38</sup> Klaus Zwerger beschreibt die bildsame Wirksamkeit der Nut anhand eines norwegischen Blockverbandes. Die Flächenhaftigkeit der hölzernen Wand wird hierbei mit Nuten in Längsrichtung der Balken aufgelöst und die Wand in ihre Bestandteile vereinzelt um die Bauteile in ihrer Einzigartigkeit zu würdigen.<sup>39</sup>

37 Johannes Käferstein und Urs Meister. *Die Tiefe des Holzes*, 2014, S.22

38 Ebd. S.18-20

39 Klaus Zwerger. *Das Holz und seine Verbindungen*, 1997, S.14

## STOFFWECHSEL UND TECHNOLOGIE

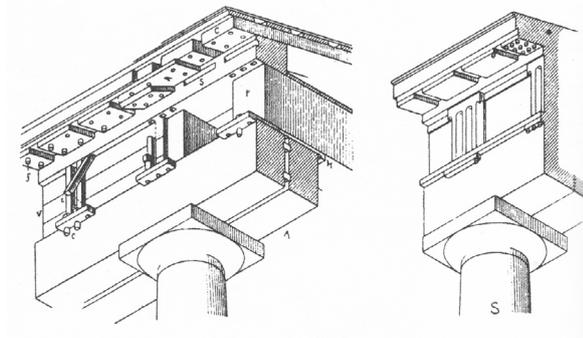


Abb.30 Übertragung der Formeigenschaften  
Histoire de l'Architecture, 1899  
Auguste Choisy

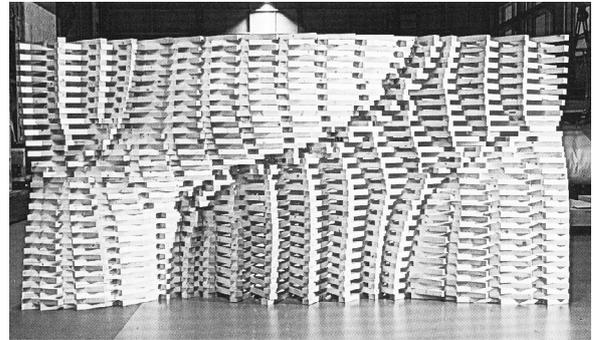


Abb.31 Die sequenzielle Wand  
ETH Zürich, 2008  
Fabio Gramazio, Matthias Kohler

Gottfried Sempers Stoffwechseltheorie befasst sich weniger mit Bautechnik selbst als mit ihren Folgen im Moment der Übertragung einer Formeigenschaft eines Stoffes auf einen anderen Stoff beziehungsweise die Umbildung eines Stoffes auf die Form eines anderen d.h. die Konsequenzen auf den architektonischen Formenausdruck im Moment des Wechsels von Tektonik zu Stereotomie. Andrea Deplazes bezeichnet diesen Konflikt mit technologische Immanenz versus kulturelle Permanenz. In Anlehnung an die historische Entwicklung des System Hennebique resümiert er in einem Postulat, welches die Überwindung kulturpermanenter Bilder (Stereotypen) voraussetzt um systemimmanenten Formungskriterien neuer Technologien nicht den Weg zu verstellen.<sup>40</sup> In einer Zeichnung von Auguste Choisy wird die tektonische Herkunft der steinernen Tempelarchitektur illustriert. [Abb.30] Im Holzbau hat die Kunstform den Zweck Schärfe zu mildern. Im Steinbau hingegen soll die Kunstform hier eine gliedernde Wirkung erzeugen um ihn tektonisch lesbar zu machen.<sup>41</sup>

40 Andrea Deplazes. Holz: indifferent, synthetisch, abstrakt- Kunststoff, 2009, S.27

41 Constantin Uhde. Der Holzbau., 1903, aus: Holzwege der Identität – Materialität und Stoffwechsel, S.100

*Vom Zelt ist man zu dem mit Steinen ausgefüllten Ständerwerk und weiter zum ausschließlichen Steinbau fortgeschritten, wodurch sich erklärt, dass der Steinbau zuerst seine Formen vom Holzbau übernahm. Später wurden die durch Jahrhunderte ausgebildeten Zierformen der Steinbauten auf den Schmuck der gleichzeitig errichteten Holzbauten von formbildendem Einfluss. Die Formen des Steinbaus wirkten sogar formverändernd zurück auf die Stoffe und deren konstruktiven Ausdruck, denen sie selbst vielfach erst ihren Ursprung verdanken.*<sup>42</sup>

Die Nachahmung und der Formtransfer bedeuten für Constantin Uhde die Unfähigkeit zum Ausbruch aus den Formkonventionen und den unvermeidbaren Rückfall auf frühere Stufen der Entwicklung. Sie sind Surrogat (Uhde).

42 Constantin Uhde. Die Konstruktionen und die Kunstformen der Architektur. Band II: Der Holzbau: seine künstlerische und geschichtlich geographische Entwicklung sowie sein Einfluss auf die Steinarchitektur, 1903, aus: Holzwege der Identität – Materialität und Stoffwechsel, S.102

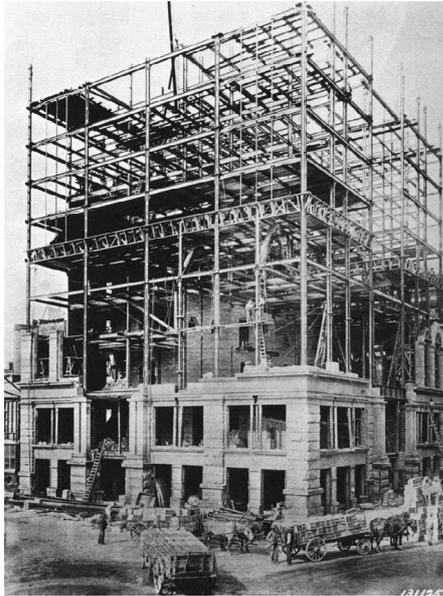


Abb.32 *Permanenz kultureller Bilder*  
Detroit Chamber of Commerce, 1894  
Spier and Rohns



Abb.33 *zwischen Tektonik und Stereotomie*  
CNC-gefertigte Funiersperrholzplatten mit Holzsteckverbindungen  
Indigo Pine, Solar Decathlon, Clemson University, South Carolina, 2014

Demgegenüber steht die Auffassung Gottfried Sempers, wo eine Erinnerungsfähigkeit und kulturelle Bedeutung entsteht, die den Wert ihrer alltäglichen Brauchbarkeit bei weitem übertrifft (Semper). Zwang und Bindung ersetzt Semper durch ein freies Verhältnis zwischen Material und Form.<sup>43</sup>

*Ein Symbol tritt an die Stelle des Notwendigen. ... Es geht weniger um die Nachahmung der Form als um die Verwendung des Wissens der Hände...<sup>44</sup>*

Der Holzbau ist im Zielkonflikt zwischen Abbilden und Umbilden.<sup>45</sup> Er nähert sich sukzessive dem Möglichkeitsraum anderer Baustoffe, dabei sind die technischen Entwicklungen heute eher von einer Zunahme der Abstraktion beim Konstruieren geprägt als vom Fortschritt im Umgang mit dem Material an sich.<sup>46</sup> Durch die Banalisierung hinsichtlich seiner Anwendung holt Holz auf seinem Weg der Homogenisierung das verlorengegangene Terrain gegenüber Stahl und Beton wieder auf.<sup>47</sup>

Andrea Deplazes beschreibt die Errungenschaften in der Materialtechnologie als den ultimativen Sieg über die Illusion der Materialwahrheit. Die Liquidierung des Stoffes meint das Auflösen, das Zersetzen, das Transformieren des Rohstoffes, was einen Rückschluss auf die ursprüngliche materielle Identität und seine Bestimmung nur mehr schwer möglich macht beziehungsweise innerhalb dieser Haltung ohnehin obsolet zu sein scheint.

*Jeder Stufe der Zerkleinerung entspricht eine gegenläufige des Zusammensetzens zur Hauptsache in Form von Platten und Scheiben.<sup>48</sup>*

Durch das weitgehende Lösen vom klassischen, hölzernen Vorbild wird die Platten-Tektonik des gegenwärtigen Holzbaus lediglich strukturell gelesen werden und sich architektonisch in Abstraktion äußern, ähnlich dem Beton, der in der Lage ist alle tektonischen Elemente eines Bauwerks strukturell zu besetzen ohne jemals materiell zu Ausdruck zu gelangen.<sup>49</sup>

43 Ebd., S.100-103

44 Ákos Moravánzky. Holzwege der Identität – Materialität und Stoffwechsel, 2014, S.102

45 Mario Rinke, Konstruktive Metamorphosen- Holz als immerwährenderes Surrogat, 2014, S.263

46 Joseph Schwartz. Moderne Holzkonstruktionen zwischen Tradition und Innovation, 2014, S.35

47 Klaus Zwerger. Holz wahrnehmen und verstehen, 2014, S.226

48 Andrea Deplazes, Holz: indifferent, synthetisch, abstrakt- Kunststoff, 2009, S.27

49 Ebd. S.28

Mischprodukte und Halbfertigteile sind befreit vom Reinheitsanspruch. Der Umgang mit Halbfabrikaten hat den Diskurs erweitert und auf diese Art wird der Holzbau sein idiotisches Bild von Kleinteiligkeit und Modularität verlieren.<sup>50</sup> Die strukturelle Transformation eines Stoffes nivelliert die Basis seiner Wesenszüge und formatiert die Bedeutung seiner Konnotationen. Charakteristisch in der Verkörperung synthetischer Stoffe ist die Variationsbreite ihrer Erscheinungsform. Vielleicht ist es gerade der Anspruch sich aus der Riege der Bedeutsamkeit zu lösen und in den Zwischenräumen der Unmissverständlichkeiten zu existieren. [Abb.33]

*Es ist vielleicht das Zwitterwesen der Holzplatten-Konstruktionen zwischen Tektonik und Stereotomie, Leichtigkeit und Monumentalität, die die Bewegungsräume der Architekten erweitert und sie zu verschiedenen, ja entgegengesetzten Interpretationen leitet.<sup>51</sup>*

Inwiefern die momentanen Experimente auf dem Feld der aktuellen digitalen Entwurfs- und Fertigungstechniken im Holzbau der Inkubator für eine anders geartete holzspezifische Formensprache und neue Tragwerkskonzepte sind, soll an der Sinnhaftigkeit der Methode der Formfindung und der Nutzung der immanenten Materialeigenschaften gemessen werden. Abseits der materialbedingten Festlegungen von Stab und Platte vereint sie scheinbar die Suche nach einer neuen Form der Plastizität.<sup>52</sup> Der technische Fortschritt steigert die Unrast sich mit erprobten Lösungen nicht zufriedenzugeben.<sup>53</sup> Die Geschwindigkeit dieser Entwicklungen trägt in gewisser Weise zu einer Mystifizierung der Technologie bei. Es ist das Phänomen einer Art von Komplexität die sich der Bedeutung des Begriffes Artefakt entzieht. Weder von Menschenhand geschaffen, noch vom menschlichen Gehirn vollumfänglich fassbar, schaffen wir uns gleichsam eine zweite Natur.

*Die Bearbeitung des Holzes ist eine einfache, die Formgebung der Bauwerke eine beliebige.<sup>54</sup>*

Vor dem Hintergrund dieser knappen Formulierung lassen sich Tendenzen zu expressiven Leistungsamplituden der hochtechnologisierten Architekturproduktion ablesen. Wenn sich die Rolle des Architekten auf die Schaffung formaler Komplikationen fokussiert, sich seine Arbeit auf die Auswahl einer geeigneten szenographischen Geste beschränkt und sich die Herleitung der Parameter des formgebenden Aktes im Vakuum der Grenzenlosigkeit erschöpft, sind Zweifel an der Integrität des Berufsstandes des Architekten angebracht. Anything goes - Man macht es weil man es kann. Wie enttäuschend wäre diese Antwort auf eine Frage nach dem Sinn der Entstehung.

*Statt bloß Werkzeuge zur Verfügung zu stellen, stellt sie nun die allgemeinen Bedingungen dar, unter der Architektur gedacht und gemacht wird. [...] Dank Informationstechnologie werden praktisch alle materiellen Hindernisse logistisch aus dem Weg geräumt. Doch damit ist noch überhaupt nichts über den Weg gesagt. [...] Die Hindernisse, die einst die praktischen Möglichkeiten der Architektur blockierten, sind nicht verschwunden. Sie sind nur verschoben worden und hindern uns jetzt daran, die Möglichkeiten, welche Informationstechnologie bietet, von außen zu betrachten.<sup>55</sup>*

Den Pionierleistungen auf dem Gebiet der parametrischen Entwurfsmethoden und digitalen Fertigungstechniken soll hier in keiner Weise ihre Sinnhaftigkeit oder das Potential ihrer Zukunftsfähigkeit in Abrede gestellt werden, vielleicht ist in ihnen der Schlüssel zur Kontinuität der Entwicklung zu finden. Doch wären wir gut beraten in der technischen Methode das gefühlsmäßige Äquivalenz zu finden.<sup>56</sup>

*In einer durch die Fortschritte des exakten Wissens und der Mechanik fast allmächtigen Zeit wie der unseren lässt sich die Natur fast jeden Stoffes einem beliebigen Bedürfnisse oder der Laune der Mode unterwürfig machen [...] Für die Maschine soll erst ein besonderer Stil geschaffen werden.<sup>57</sup>*

50 burkhalter sumi architekten. Positive Indifferenz - Magie der Werkstoffe II, 1995, S.26-34

51 Ákos Moravánzky, Holzwege der Identität – Materialität und Stoffwechsel, 2014, S.109

52 Sabine Kraft und Christoph Schindler, Digitale Schreinerei, 2009, S.96

53 Klaus Zwerger. Holz wahrnehmen und verstehen, 2014, S.238

54 Carl Kersten, 1926, aus: Konstruktive Metamorphosen- Holz als immerwährendes Surrogat

55 Hans Frei. Architekturmaschinen, Georg Vrachliotis über die Einführung von Computern in die Architektur, 2012, S.64

56 Giedion, Raum, Zeit, Architektur., S.398

57 Gottfried Semper, Die Stabkonstruktion aus Holz, 1860, S.249-263

## CONCLUSIO

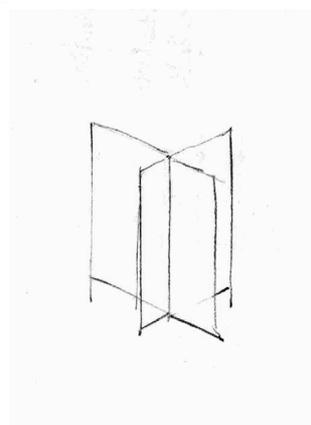
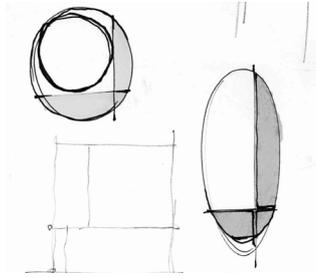
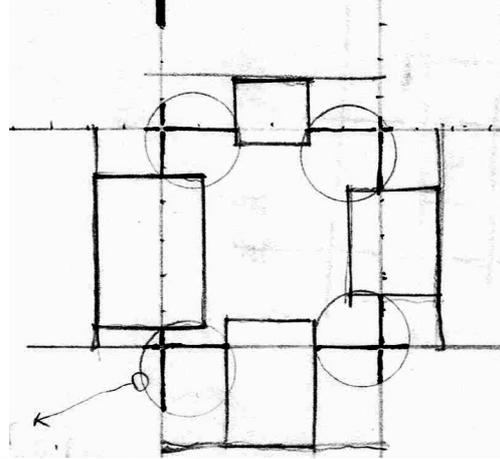
Das Wesen des Skelettbaus bedingt eine klare Trennung der Kategorien von konstruktivem Gerüst und raumabschließender Fläche. Dieser Grundsatz kann insofern missverstanden werden, als dass man glaubt das räumliche Potenzial befreit von der Ordnung des Rasters erkannt zu haben. Vielmehr ist es die Adaptionsfähigkeit innerhalb eines differenzierten Systems, die eine gewisse Flexibilität in der Raumerzeugung als Vorteil erscheinen lässt. Die Kontrasterscheinung der scheinbaren Unabhängigkeit von raumbildenden Flächen und linearen Strukturen des Skeletts erhält Prägnanz durch das asymptotische Verhältnis von Stab und Platte. Die Bauteilproportionierung selbst, als auch die Distanzen innerhalb ihre Anordnung, thematisieren die raumdifferenzierende Wirkung der Konstruktion als eine formal erlebbare Gestalt. Vor dem Hintergrund materialtechnologischer Tendenzen und dem erweiterten Spektrum struktureller Kategorien muss die Lesbarkeit im Ausdruck der konstituierenden Elemente verankert bleiben. Analog dazu berichten die körperlichen Eigenschaften des Stoffes von der stereotomischen Bildsamkeit seiner Masse ebenso wie von der oszillierenden Gestalt seiner komplexen Kleinteiligkeit. Der Aspekt lignomorpher Quotienten im konstruktiven Selbstverständnis einer verknüpften Gesamtstruktur soll als Sinnbild die Frage nach den Masserelationen entlang der vertikalen Formentwicklung diskutieren.

Das Skelett bildet so gesehen den sinnbildlichen Rahmen der raumdifferenzierenden Möglichkeiten. Die Formeigenschaften der Elemente im Holzskelettbau entsprechen einer organischen Struktur und verdichten die Analogien zu anatomischen Referenzen. Die knöchernerne Gestalt des Skeletts beinhaltet dabei den Keim des formgebenden Aktes d.h. das Repertoire der tektonischen Maßnahmen, die der Struktur ihrer stofflichen Materialisierung verhaftet sind. Die naturgegebenen Eigenheiten des Holzes formulieren also die Prinzipien der Tektonik. Der konstruktive Ausdruck bezeichnet die kodifizierte Erweiterung der konstruktionsimmanenten Prinzipien in der Oberfläche, aber meint nicht die banale Wahrheit als Auskunft über die Tragstruktur (Moravánzky). Eher ist es der Geist der Konstruktion (Sullivan) der sich auf verschiedenen Ebenen der Abstraktion materialisiert um der Lesbarkeit der Architektur und der ästhetischen Erfahrung des Gebauten als Vehikel zu dienen. Die konstruktive

Gestalt der Holzbauten hat schon früh das tektonische Bild der Steinbauten geprägt. In diesen Anlehnungen wurde das Vokabular von Referenzsystemen immer weiter kultiviert. Getrieben durch die Kräfte der Zeit entspricht die Wechselwirkung der Interpretation des immer Gleichen dem selektiven Vorgang einer Evolution und führt zu einer Art Verselbstständigung, einer Trennung und Neuformulierung der Konnotationen. In der Dualität der baugeschichtlichen Entstehung charakteristischer Formen werden konstruktive Motive zu rein formalen Erscheinungen und überleben in veränderter Stofflichkeit als Symbole. Der Holzbau kann vielleicht auch auf diesem Wege dem steinernen Abbild seiner selbst entsprechen. Vom Stab zur Platte als konsequente Weiterentwicklung der Holzbauweise (Deplazes) ist eine Haltung die in ihrer Forderung der Entwicklung am tektonischen Bild des klassischen Holzbaus vorbeigeht. Vielmehr erkennt man eine Tendenz der Liquidierung der strukturellen Dinglichkeiten des Holzes, also eher eine technologische Abspaltung zur Entsprechung anderer Strukturen. Doch bildet die Erweiterung des strukturellen Aktionsradius, im Sinne einer Umformung des Stoffes, die Basis für das Vermögen sich aus Formkonventionen zu lösen, die durch die Bedingungen des Materials diktiert werden. Die fortschreitende Entwicklung von Halbfabrikaten auf Holzbasis erweitert den Diskurs in der Architekturproduktion zusehenst und spannt den Bogen in der Diskussion um Authentizität der Materialkonnotationen und semantischer Dissoziation weiter auf. Ebenso wie sich die Bedeutung des Stoffes Holz analog zur Größe seiner Strukturteile auflöst, verändert das Ritual des Konstruierens seinen Charakter vor dem Hintergrund der technologischen Entwicklung der Holzwerkstoffe. Innerhalb dieser Debatte um den Aggregatzustand des Materials erhält Sempers Stoffwechseltheorie besondere Aktualität. Gemeint ist die Einteilung der stofflich immanenten Konstruktionsprinzipien in die vier Kategorien der Urtechniken (Tektonik, Stereotomie, Keramik und Textilkunst). So sollen die Bestrebungen computergestützter Entwurfs- und Fertigungsmethoden des digitalen Zeitalters als historische Weiterung unserer Zeit verstanden werden, die das tektonische Erbe des Holzbaus sinngemäß erfasst.



# ENTWURF



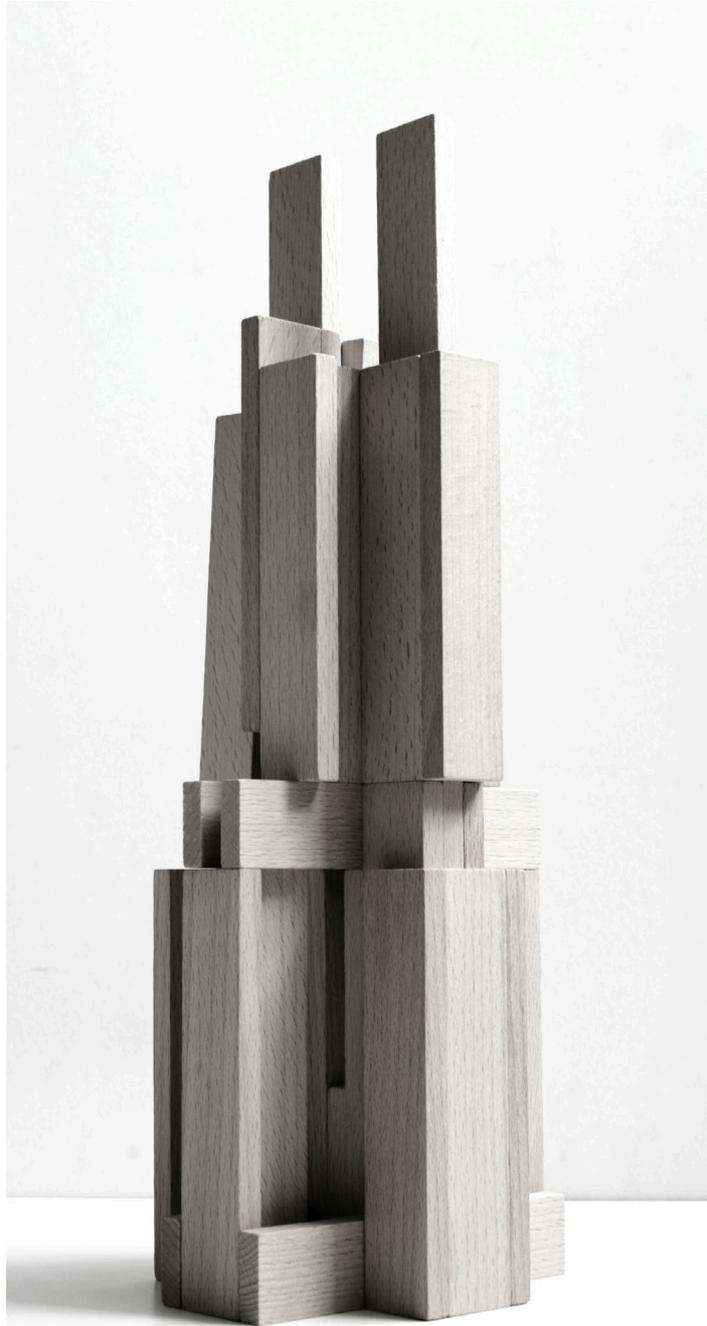


Abb.34 hölzerne Stütze, Modell aus der Forschung

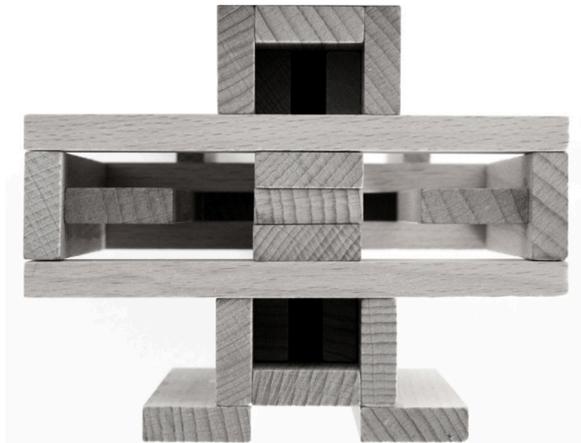
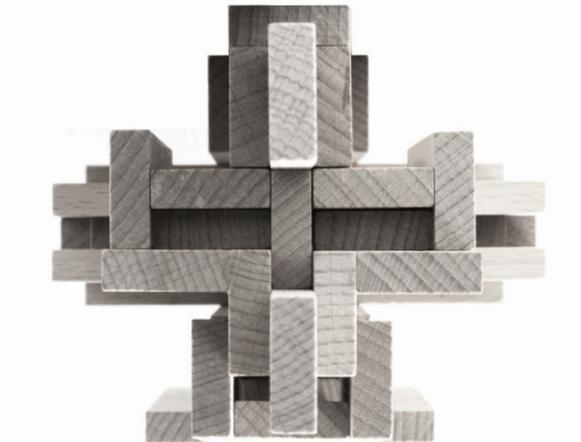


Abb.35 Ansichten des Querschnittes



*Abb.36 Verortung des Bauplatzes  
Luftbild Wien*





*Schwarzplan, M 50 000*

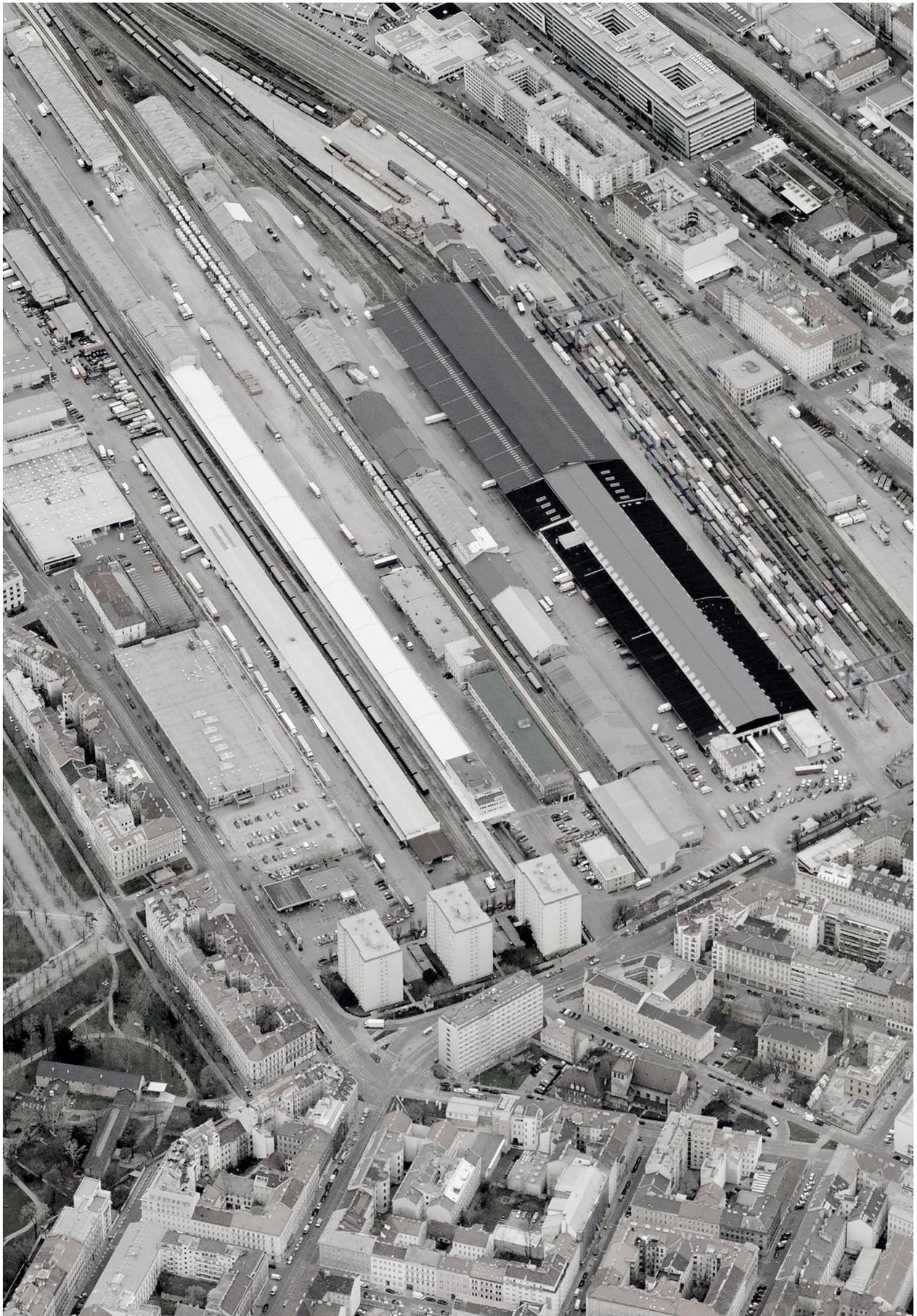


Abb.37 Luftbild Nordwestbahnhofgelände, Blickrichtung Norden

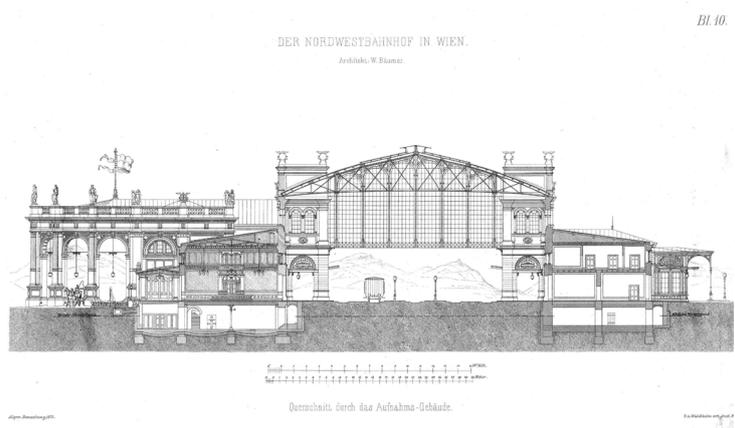
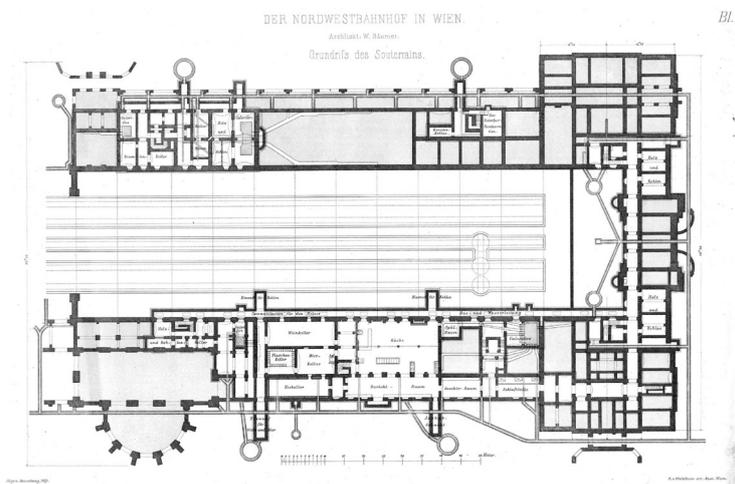
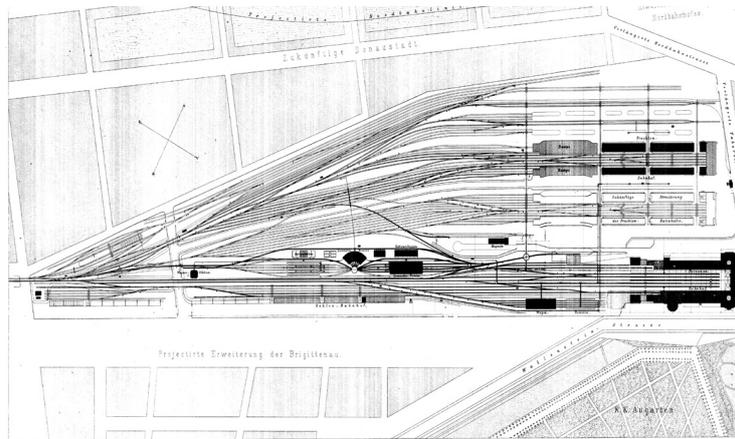
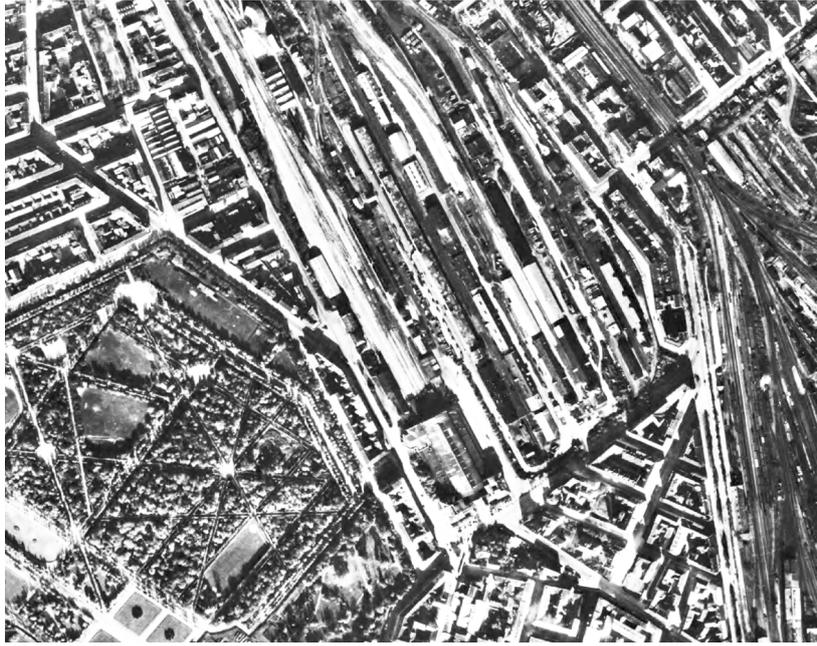
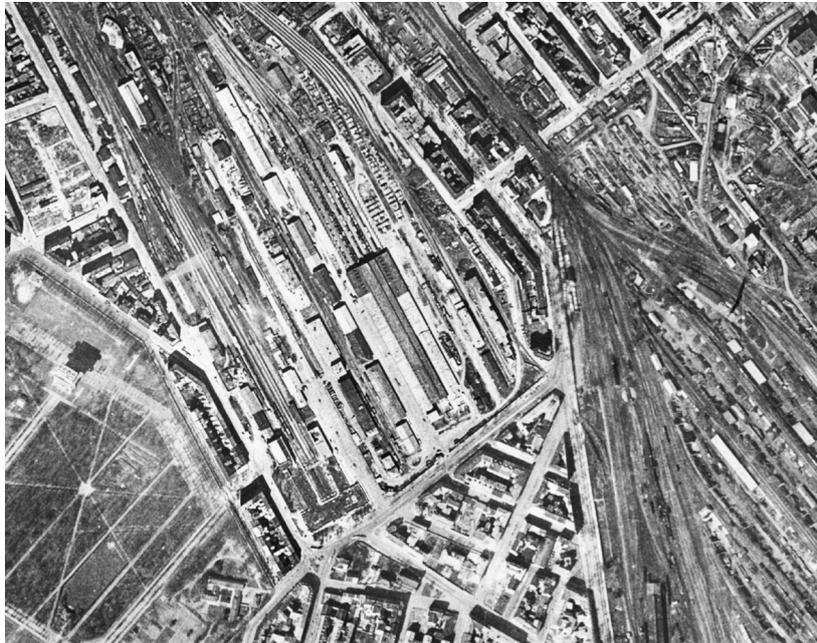


Abb. 38 - 40 historische Pläne des Bahnhofareals und des Kopfbaues errichtet 1870-73, Wilhelm Bäumer



*Abb.41 Luftbild 1938*



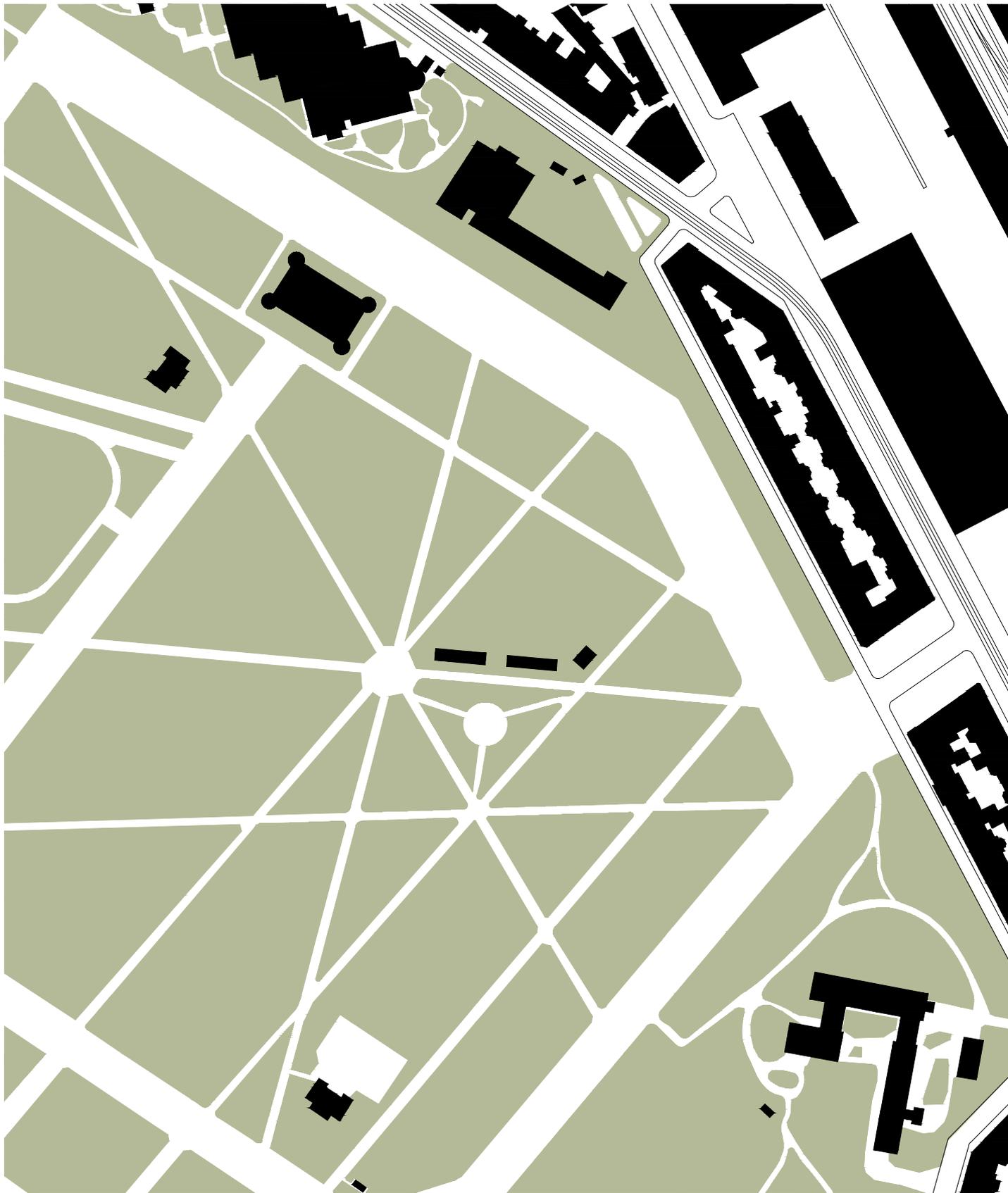
*Abb.42 Luftbild 1956*



Abb.43 Luftbild Nordwestbahnhofgelände, Blickrichtung Westen



Abb.44 - 47 Eindrücke vom Ort



*quadratisches Volumen an der Taborstrasse, M 1:2500*



### Regeln der Körnung

1,5	(A) 1,2	2
	(B) 1,25	
1,66°	(C) 1,33°	
	(D) 1,33°	

Verh. def. ACAD → integr. □ vs. □

Ort der raumb. Stütze. 1/6 Ausstz.

Überscheidung im min. → Instal. (GR, SEC)

l. diff. → TH var. → niveauspt.

A 5m	$2/3 \approx 0,66^\circ$	$4/5 \approx 0,8$
B 6m	$5/8 \approx 0,625$	$5/6 \approx 0,83^\circ$
C 7,5m	$3/5 \approx 0,6$	
D 10m	$3/4 \approx 0,75$	

### Adaptionsmöglichkeiten

$1/4 \rightarrow 1/6 \quad c \rightarrow 1/4 c \rightarrow 1/3 a$

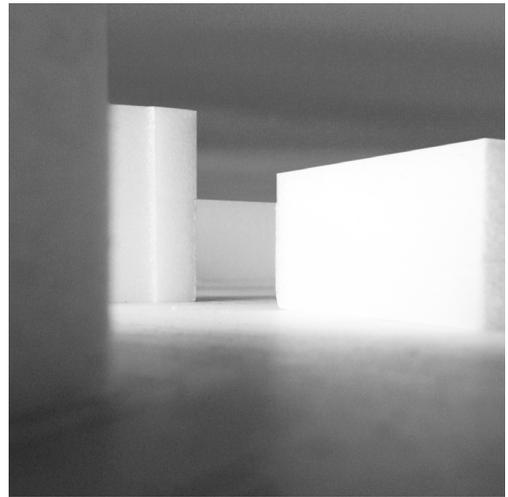
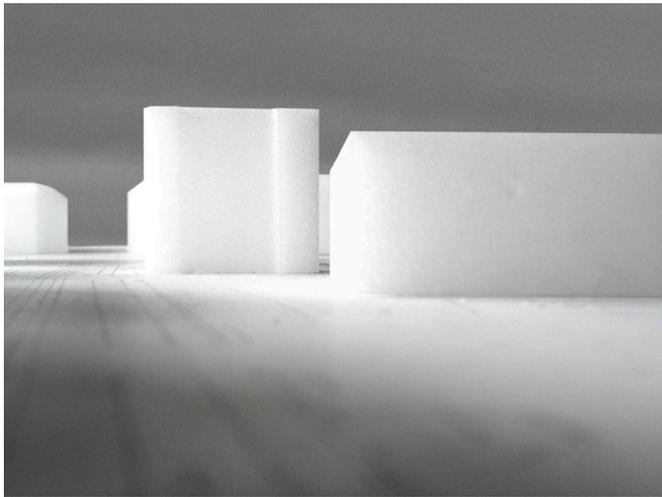
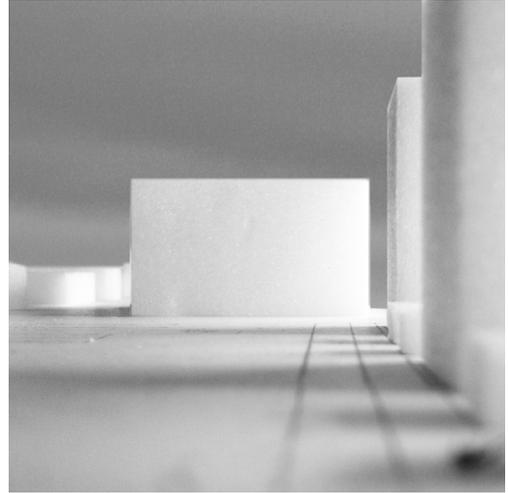
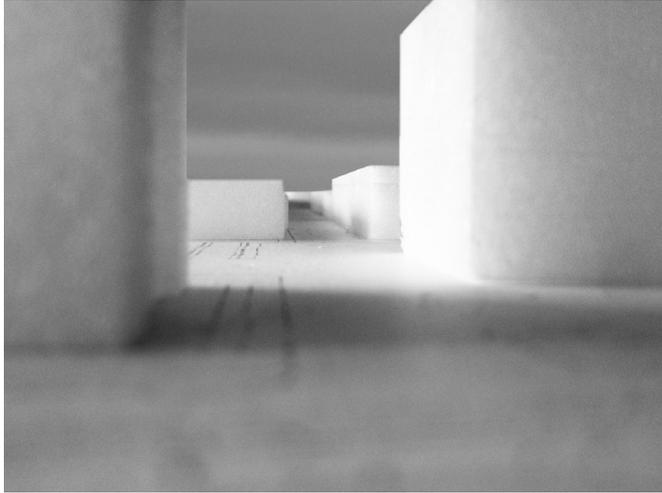
Faktorscheidung  
Hpt. Nähe / Nebensätze

Kräfteverlauf @ Kamerazugung

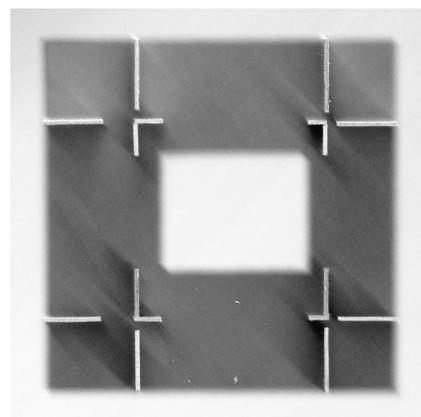
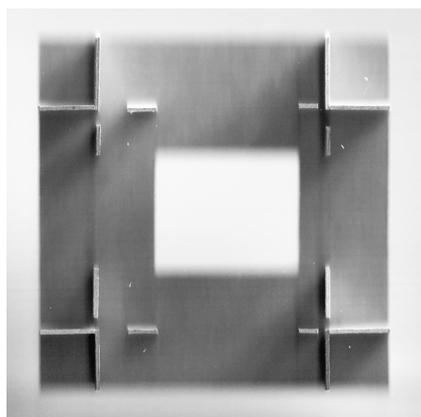
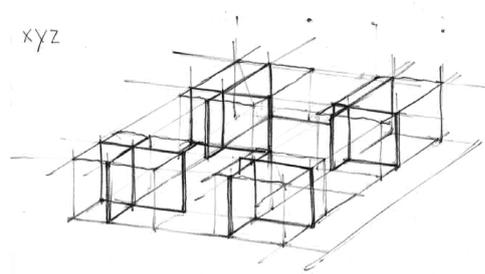
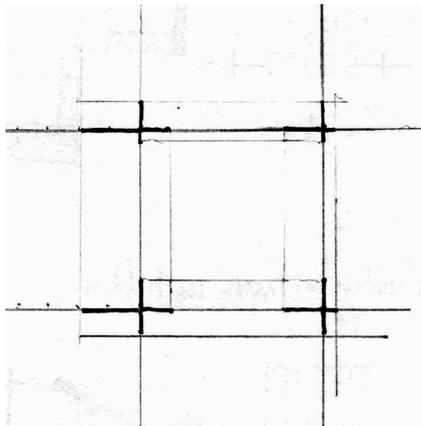
Mod: — | — > t

Darstellung im Konzept  
besieht sich auf die  
Verhältnismäßigkeit der  
Körnung → Konsequenz  
des strukturellen Quotient

Teilung des Quadrats



*quadratisches Volumen im Stadtraum, M 1:1000*

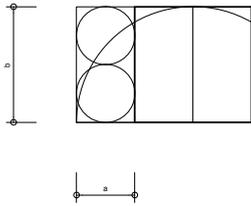


*Verschneidung der Eckpunkte, M 1:500*

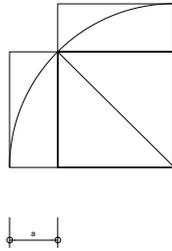


*Variante im Stadtraum, M 1:500*

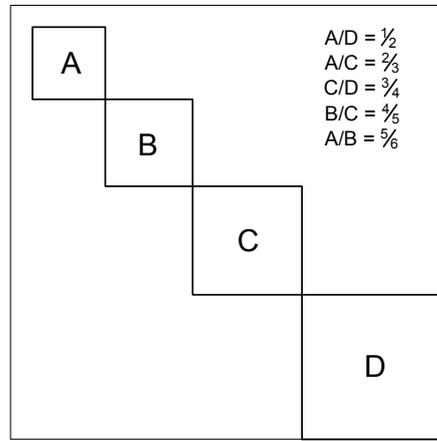
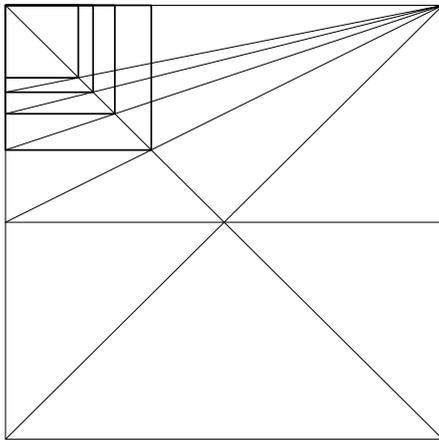
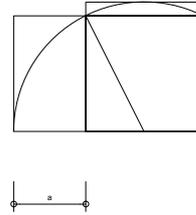
$a = b/2$



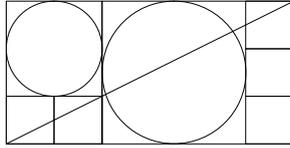
$a < b/2$



$a > b/2$

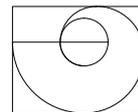
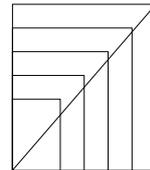
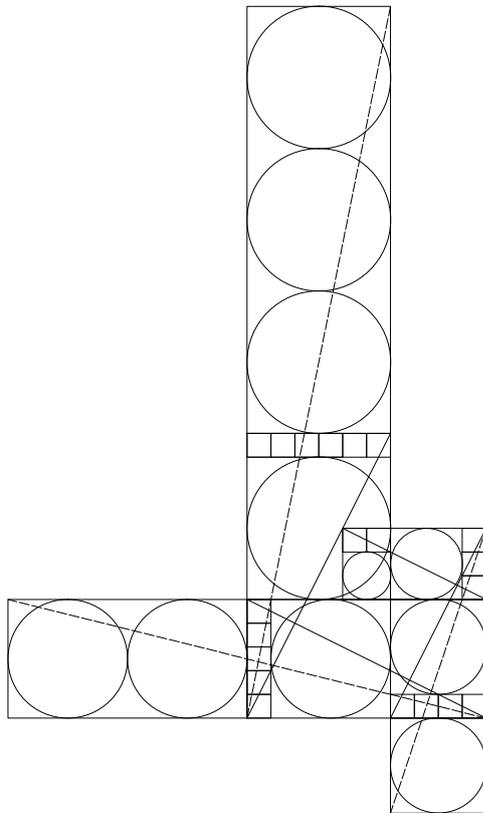


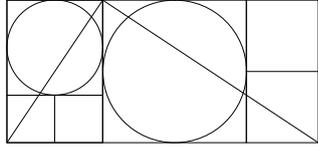
*Proportionsschema*



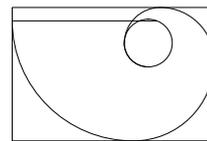
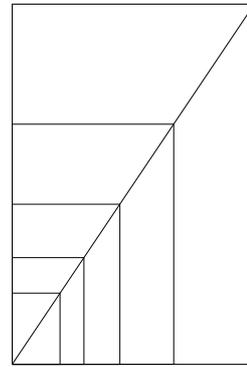
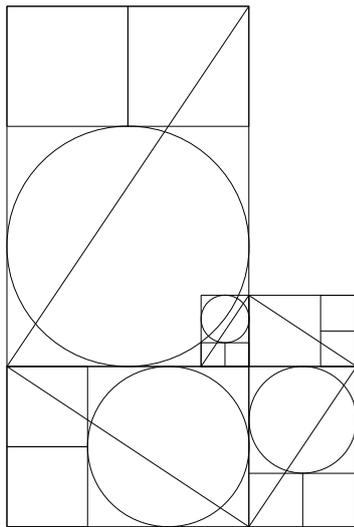
asymptotisches Verhältnis:  
dem Quadrat entgegen

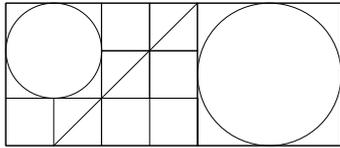
- $\frac{2}{3} \dots 0.667$
- $\frac{3}{4} \dots 0.75$
- $\frac{4}{5} \dots 0.8$
- $\frac{5}{6} \dots 0.83$





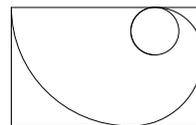
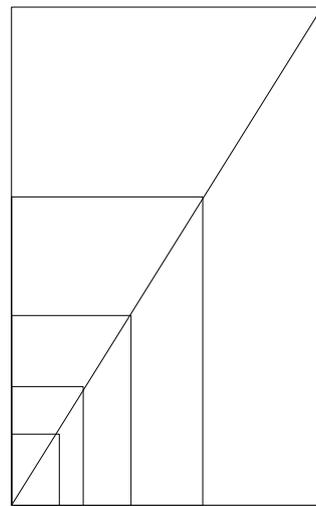
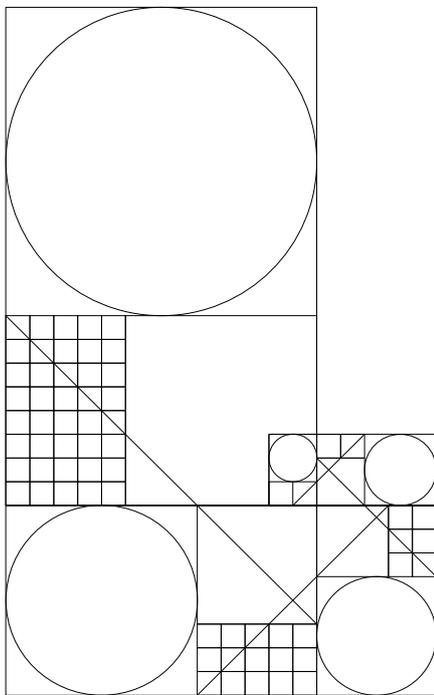
konstantes Verhältnis:  
 $\frac{2}{3}$

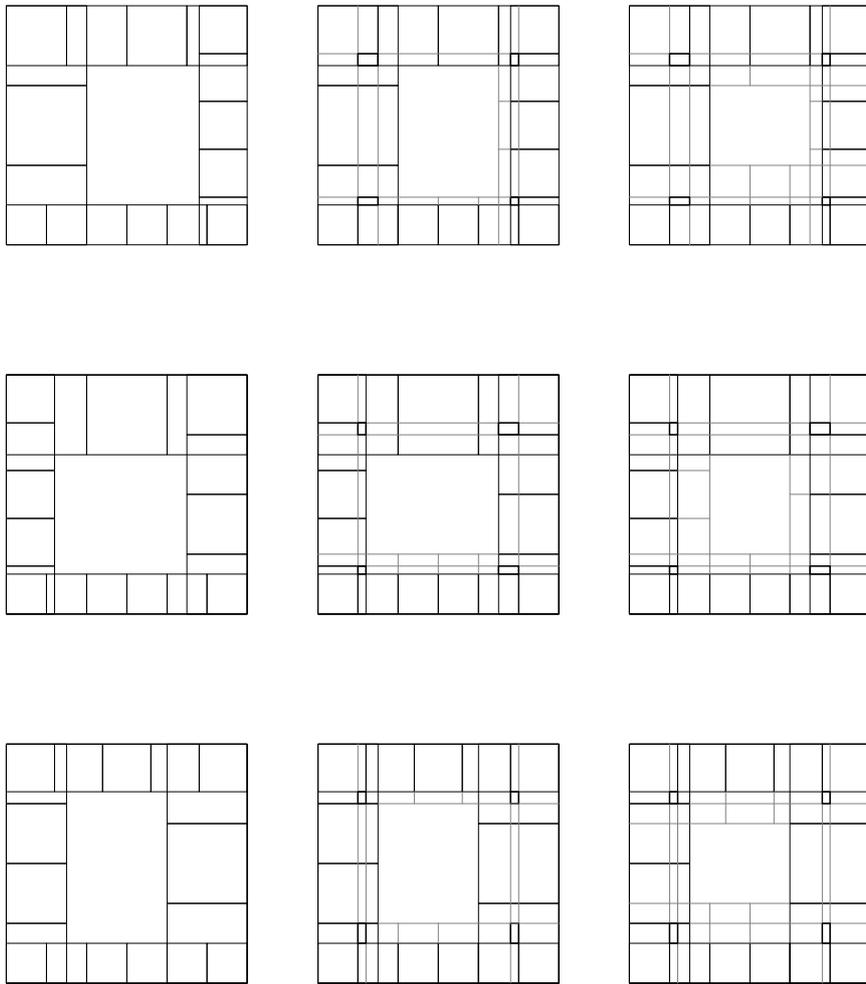




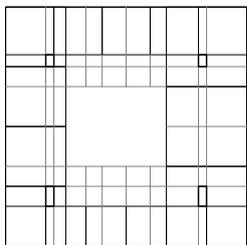
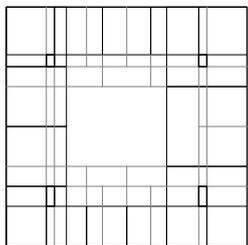
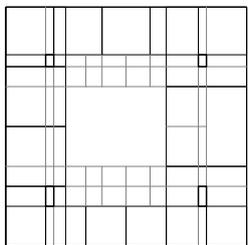
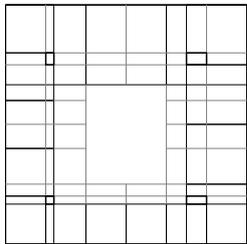
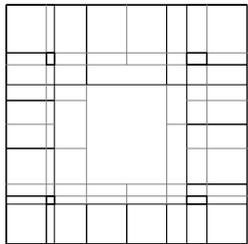
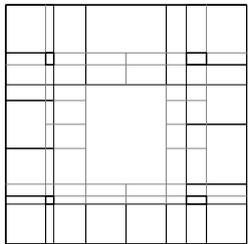
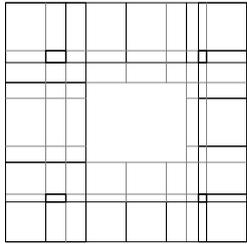
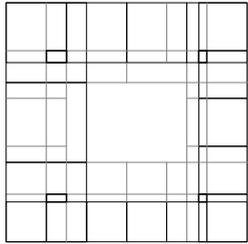
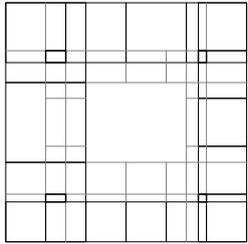
asymptotisches Verhältnis:  
dem goldenen Schnitt entgegen

- $\frac{2}{3} \dots 0,667$
- $\frac{3}{5} \dots 0,6$
- $\frac{5}{8} \dots 0,625$
- $\frac{8}{13} \dots 0,615$





*Liniennetze in unterschiedlichen Konstellationen*



·	· ·	·	· ·	·	·	· ·	·	· · · ·	·
·	· ·	·	· ·	·	·	· ·	·	· · · ·	·
·	·								
·	·							·	·
·	· ·								
·	· ·	·	·	·	·	·	·	·	·
·	· ·	·	·	·	·	·	·	·	·

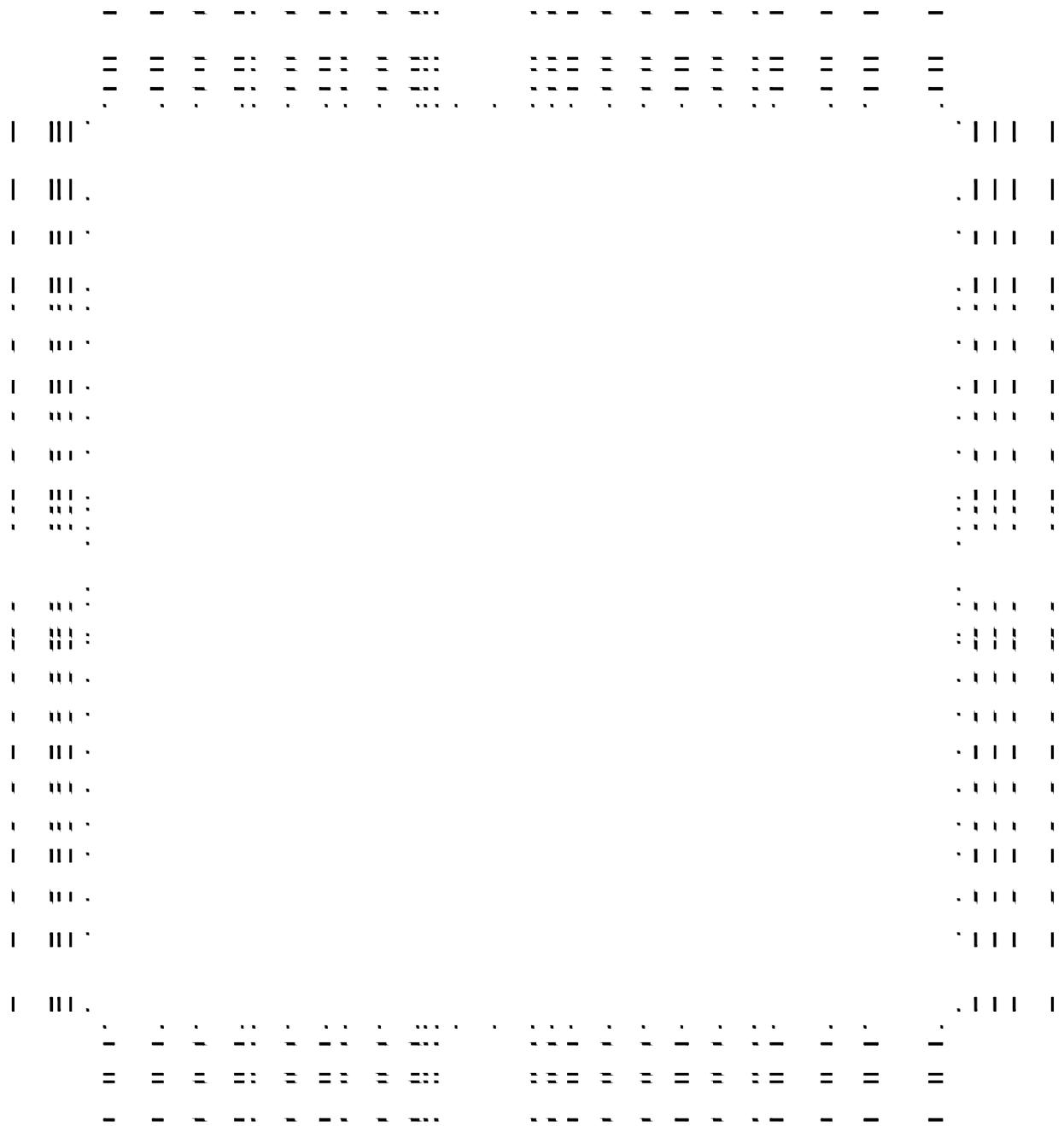
┌	┌┌	┐	┐┐	┐					
└	└└	┘	┘┘	┘					
┌	└								
┐	┘								
┌	└								
┐	┘								
┌	└								
┐	┘								
┌	└								
┐	┘								

. . . . .  
 . . . . .  
 . . . . .  
 . . . . .  
 . . . . .  
 . . . . .  
 . . . . .  
 . . . . .  
 . . . . .  
 . . . . .

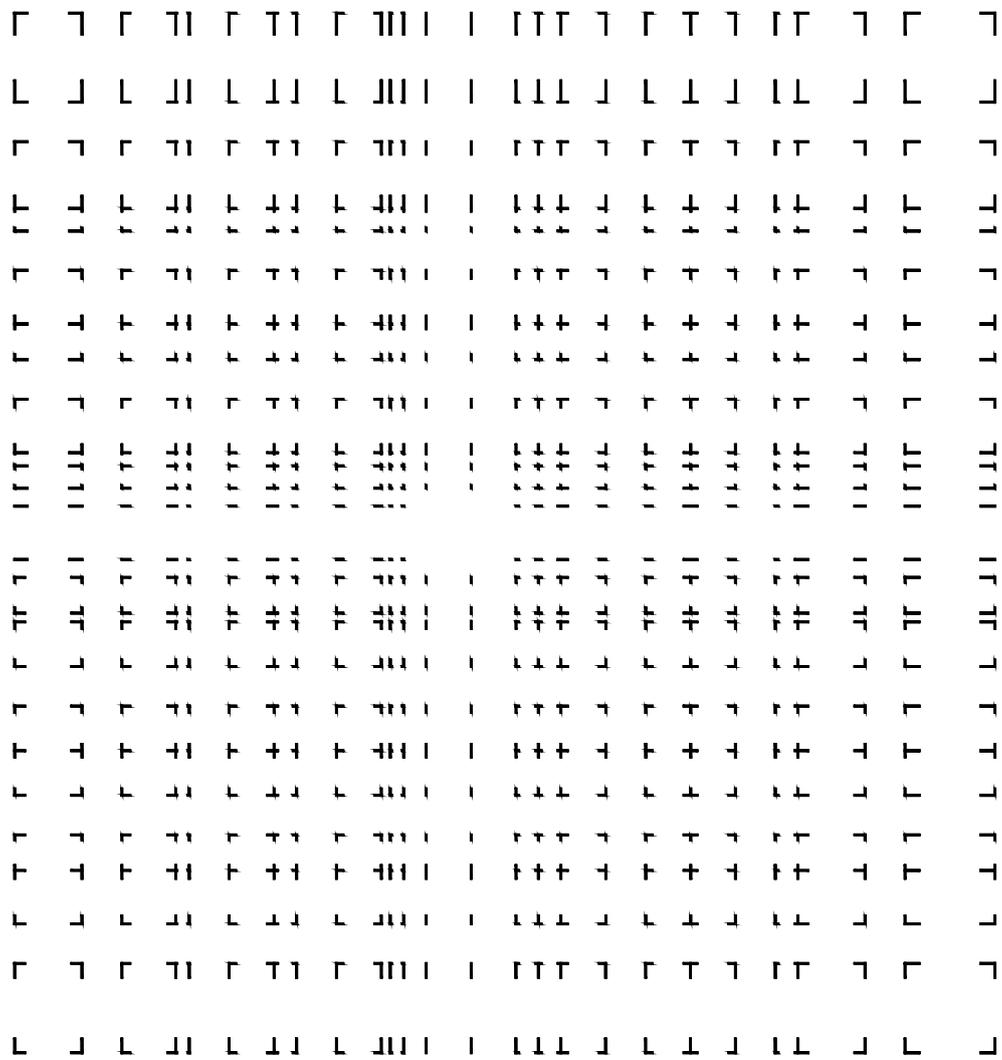
. . . . .  
 . . . . .  
 . . . . .  
 . . . . .  
 . . . . .  
 . . . . .  
 . . . . .  
 . . . . .  
 . . . . .  
 . . . . .

Γ ΓΓΓ Τ Τ Τ Τ Γ  
 ⊥ ⊥⊥ ⊥ ⊥ ⊥ ⊥ ⊥  
 ⊢ ⊢⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢  
 ⊢ ⊢⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢  
 ⊢ ⊢⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢  
 ⊢ ⊢⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢  
 ⊢ ⊢⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢  
 ⊢ ⊢⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢  
 ⊢ ⊢⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢  
 ⊢ ⊢⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢

Γ ΓΓΓ Τ Τ Τ Τ Γ  
 ⊥ ⊥⊥ ⊥ ⊥ ⊥ ⊥ ⊥  
 ⊢ ⊢⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢  
 ⊢ ⊢⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢  
 ⊢ ⊢⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢  
 ⊢ ⊢⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢  
 ⊢ ⊢⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢  
 ⊢ ⊢⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢  
 ⊢ ⊢⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢  
 ⊢ ⊢⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢  
 ⊢ ⊢⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢ ⊢



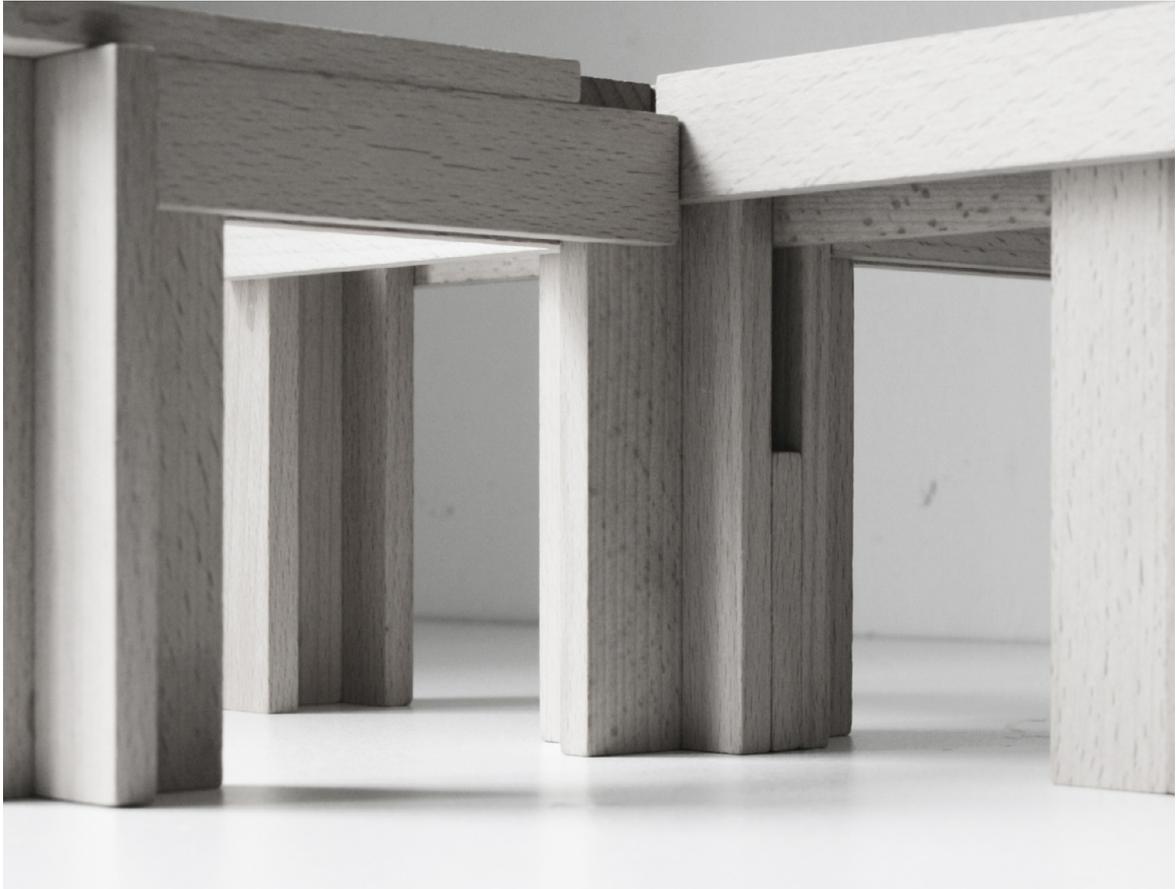
*Vereinzelung der Teile*

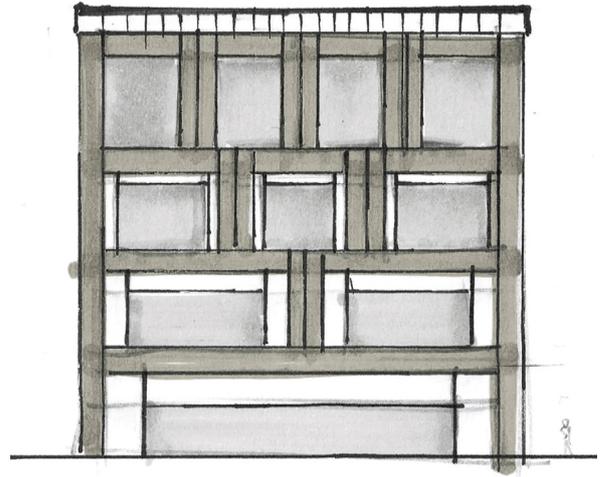


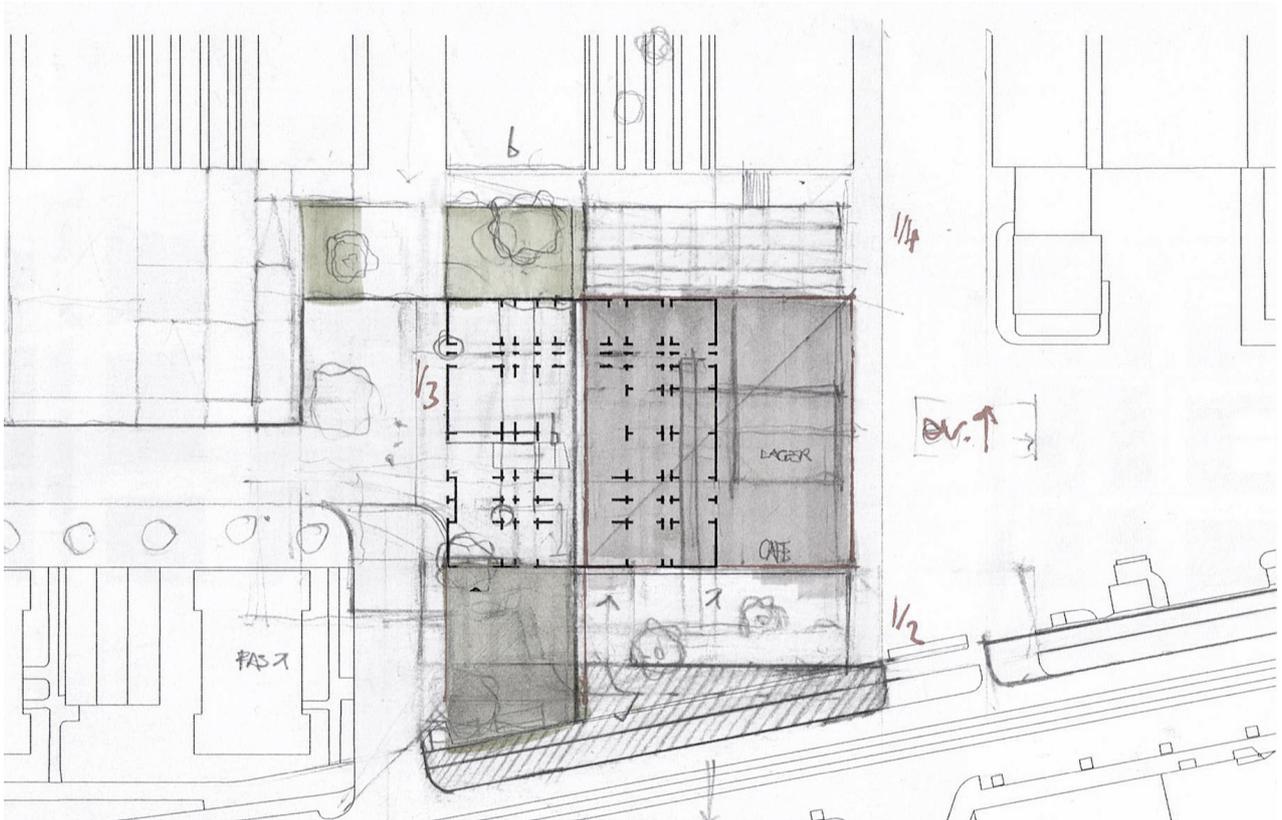
*Modulation der Zusammensetzung*

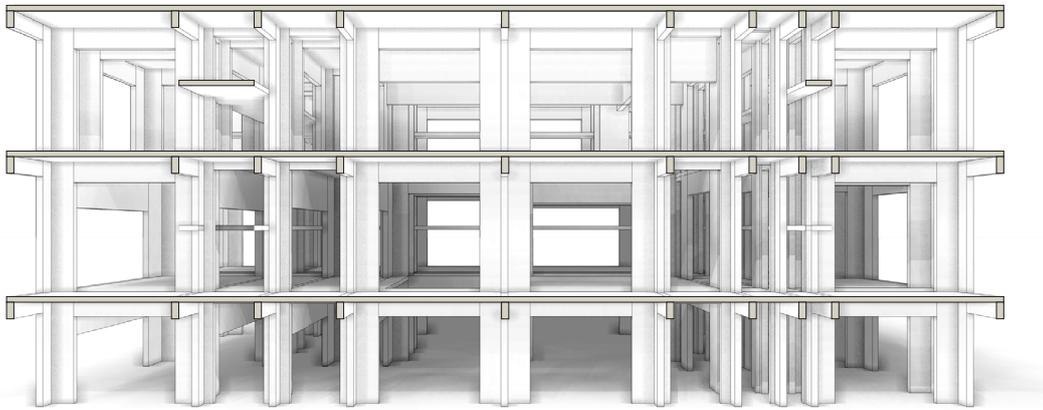
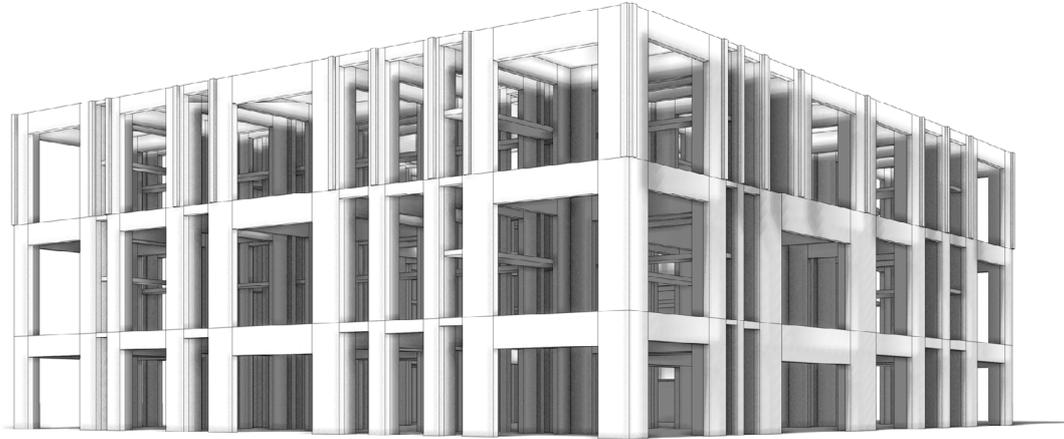
## KONSTRUKTIVER AUSDRUCK

Orte der Kraft bündeln Teile der Struktur. Das tektonische Prinzip hölzerner Gerüste und die Sedimentation eines geschichteten Systems vereint die stereotomische Bildsamkeit seiner Masse in der skulpturalen Qualität des Monumentalen. Die trennende Nähe im Wesen der Fuge bedingt die Vereinzelung der Strukturelemente in einer Lesbarkeit des, aus Teilen zusammengesetzten, Ganzen. Die Klarheit der architektonischen Formulierung soll im Ensemble der geometrischen Gruppen der Logik einer Grammatik entsprechen um in der Wahrnehmbarkeit ihrer Anordnung jenes sinnliche Potential der Verhältnismäßigkeit zu erlangen das auch der Musik und Mathematik innewohnt. Der Takt einer elementaren Gliederung in den Frequenzbereichen der Konstruktion erzeugt Zwischenräume. Der Grad der Bestimmtheit dieser Zwischenräume wird im Interferenzbereich der strukturellen Körnung formuliert. Amplituden von statischer Konzentration bilden im Dialog ihrer Distanz den eigentlichen Raumcharakter. Die komposite Form der überlagerten und durchdrungenen Strukturteile enthält die Präsenz der Relationen in der Wirkungslinie ihrer Beanspruchung.

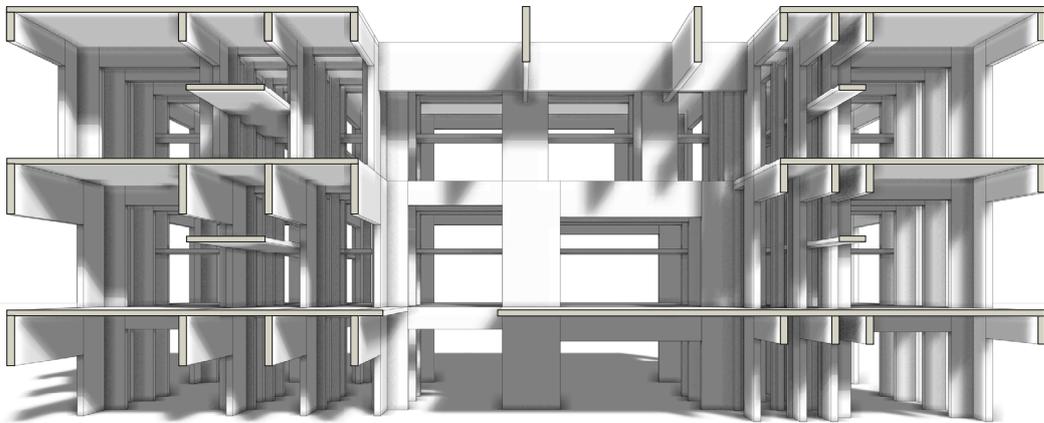
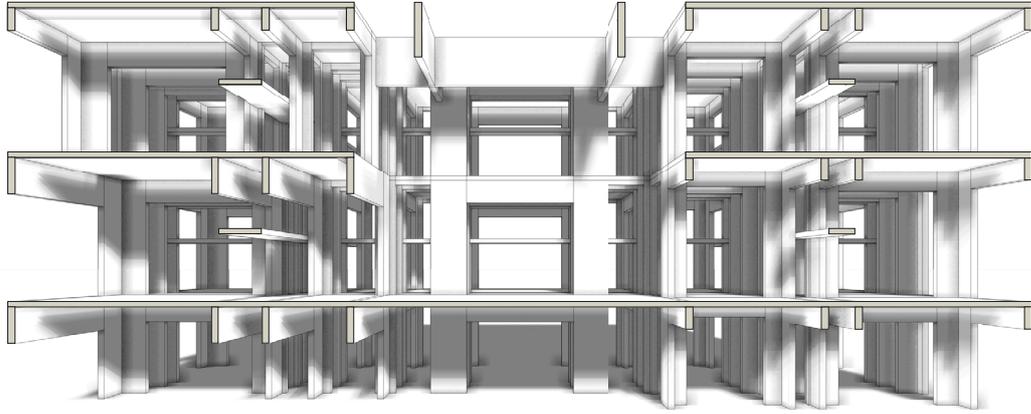


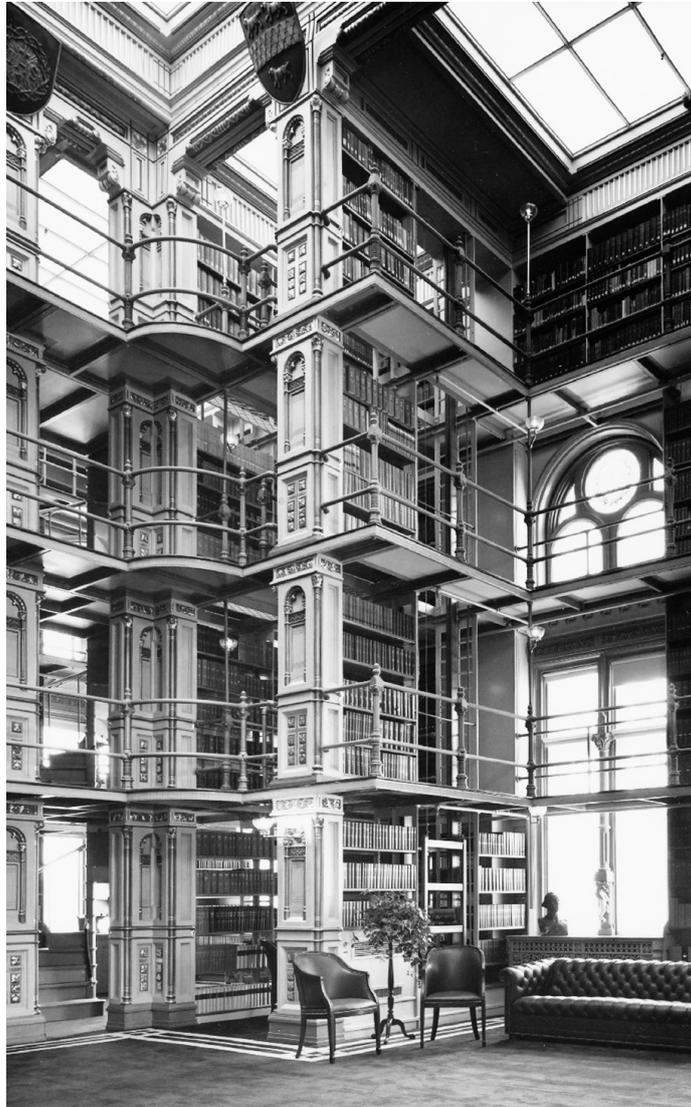




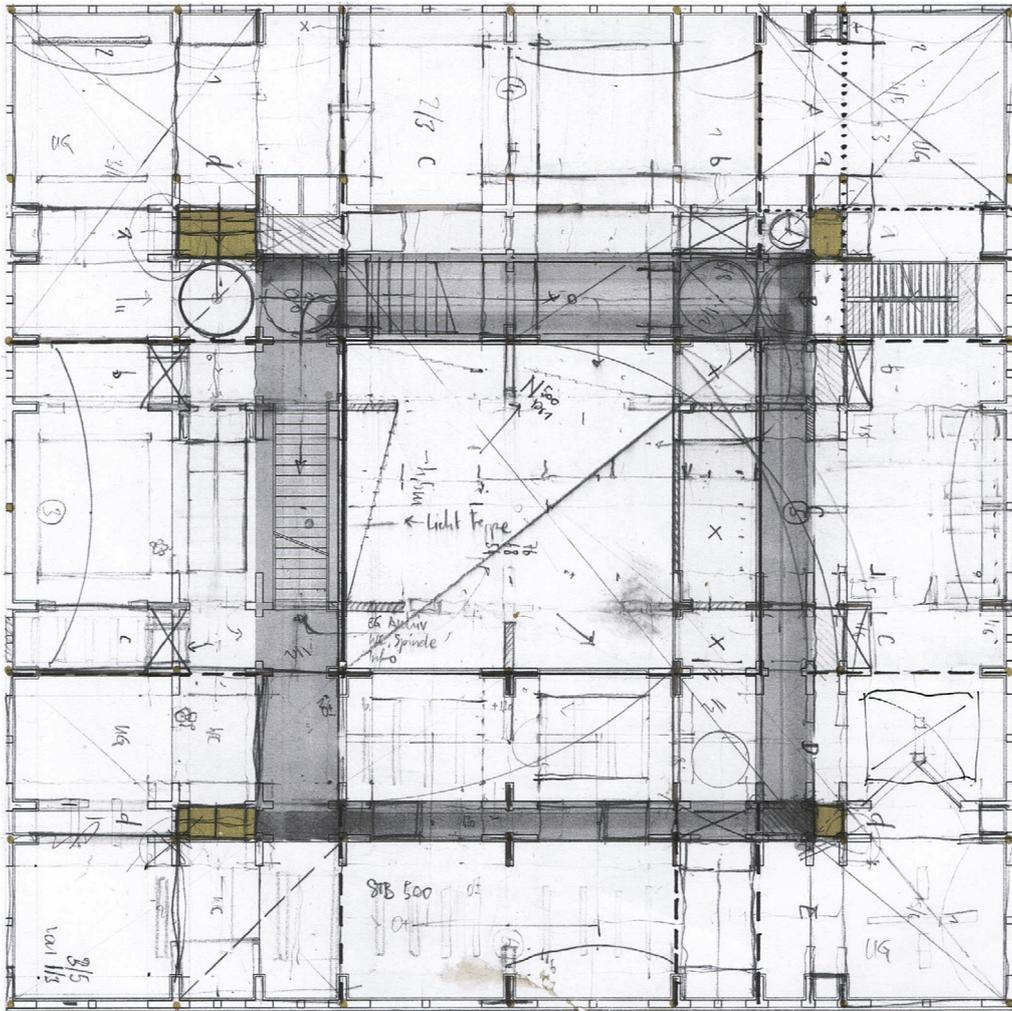


*Variante einer räumlichen Struktur*

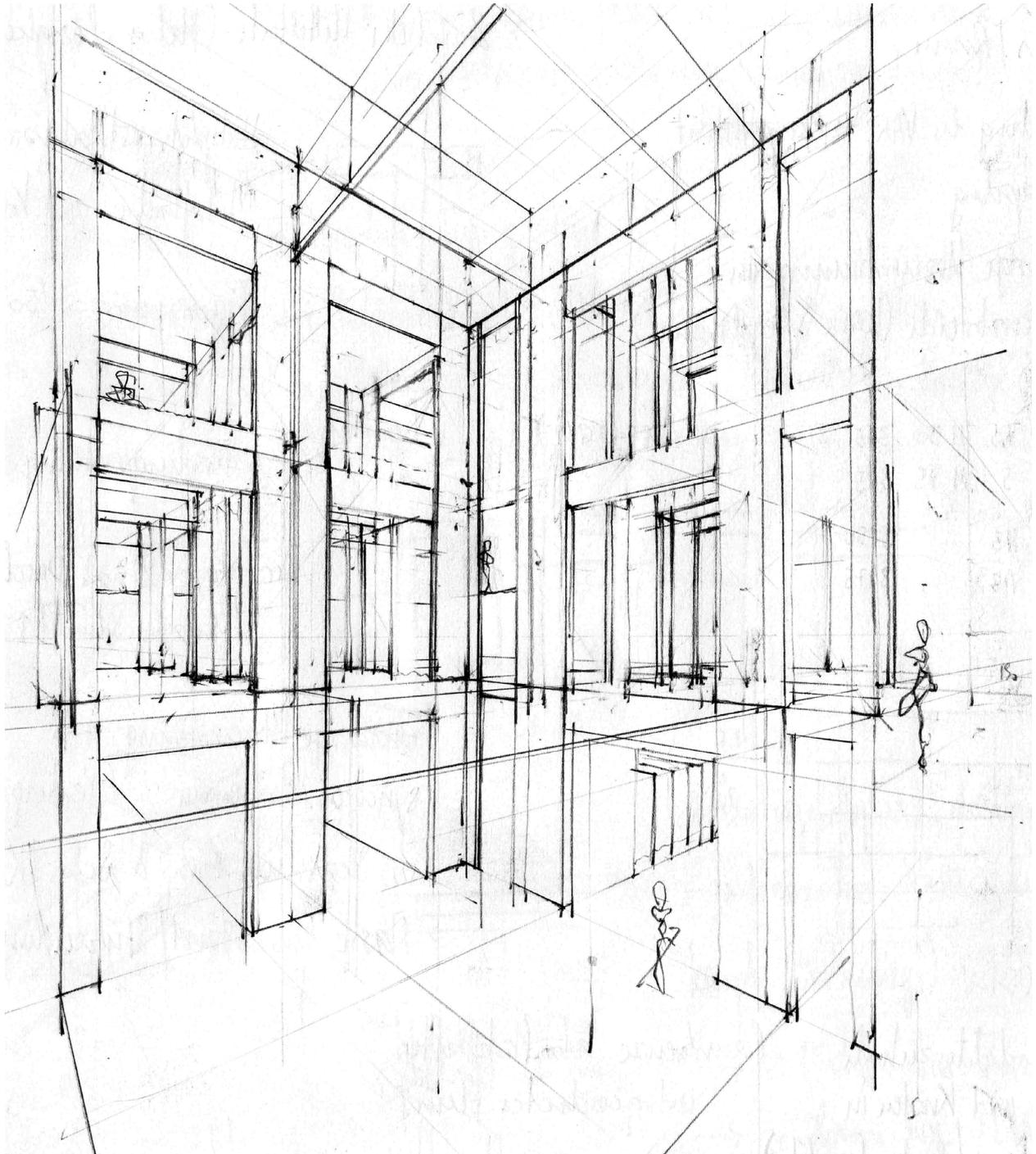




*Abb. 48 Library, Georgetown University*



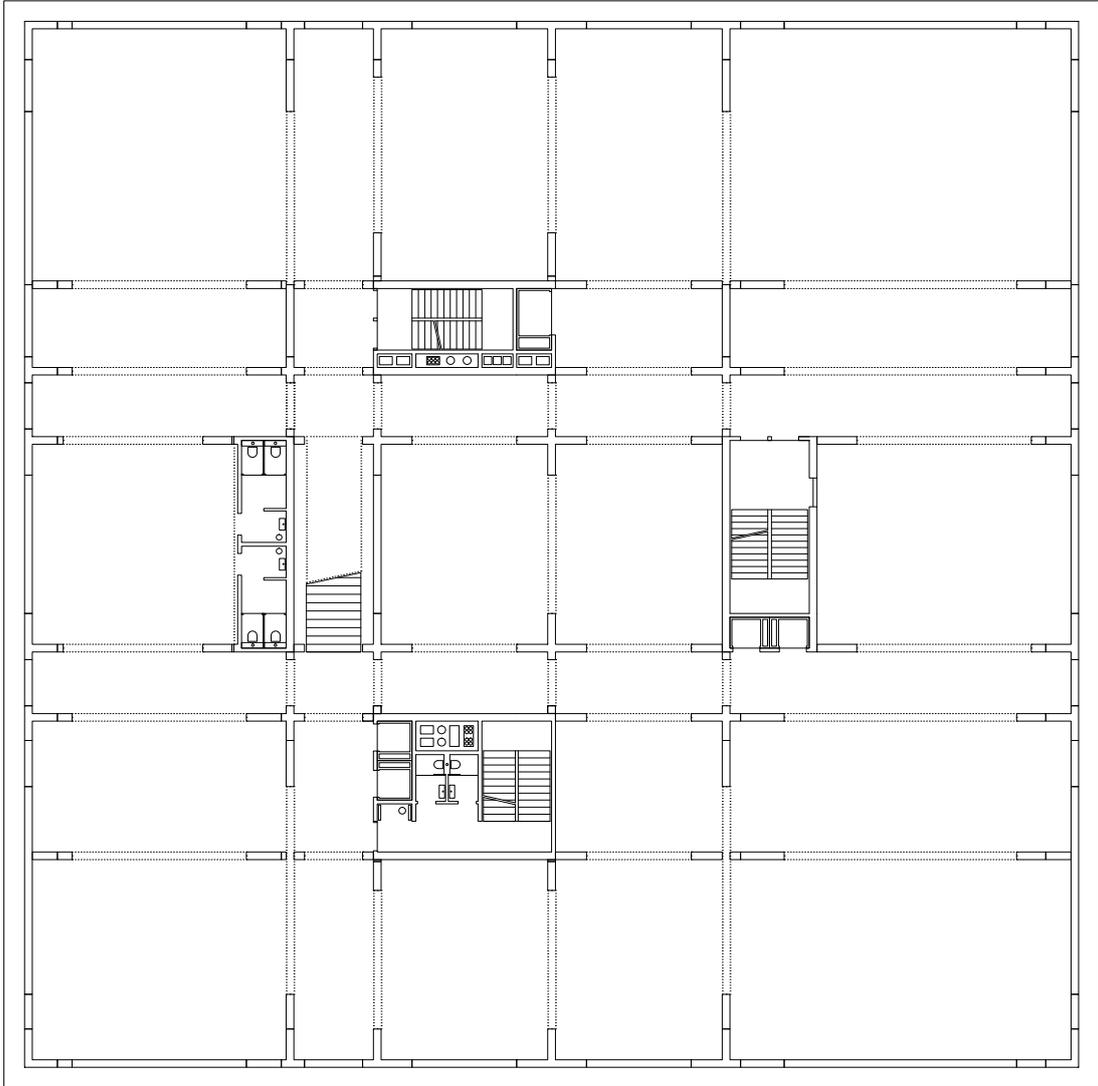




B

A

A



B

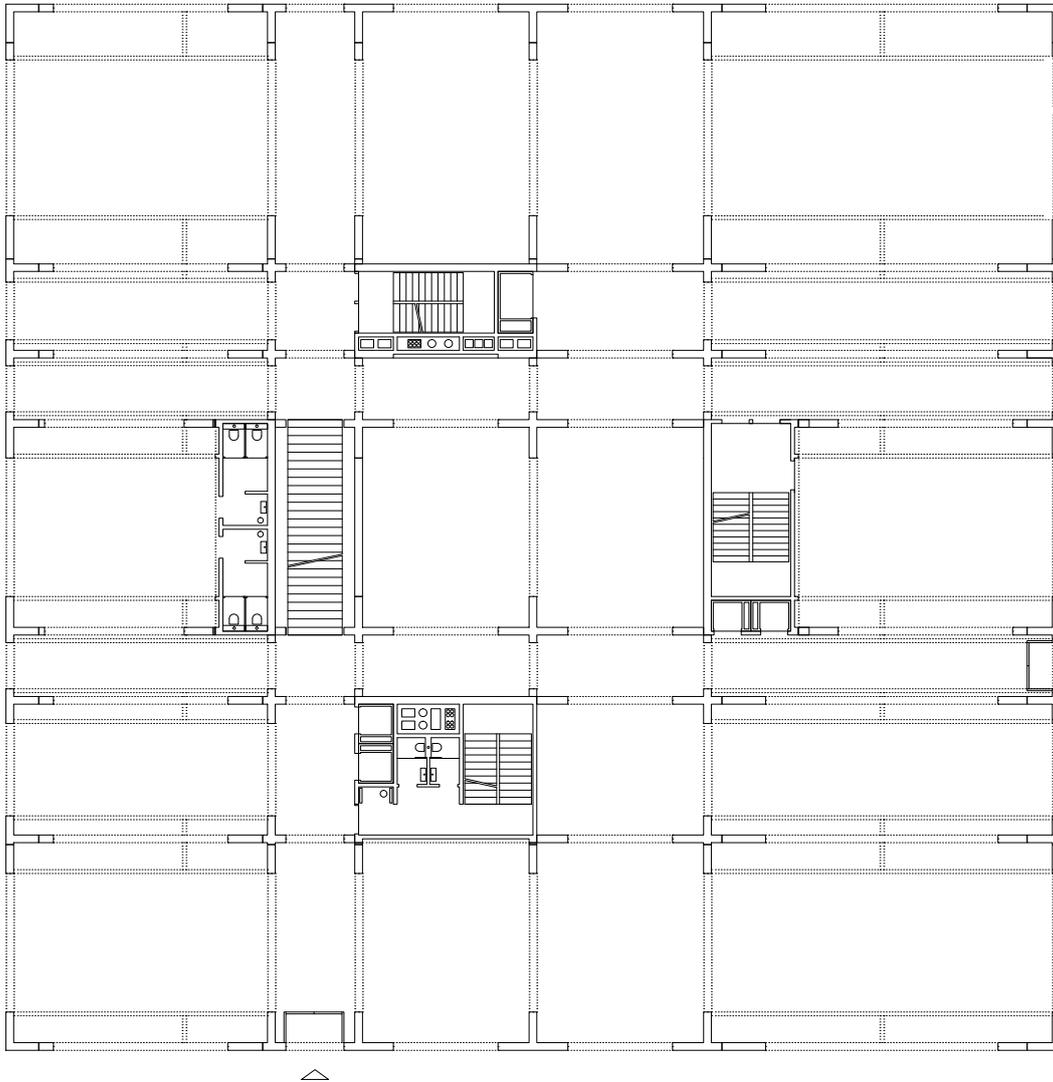


UG

B

A

A



B

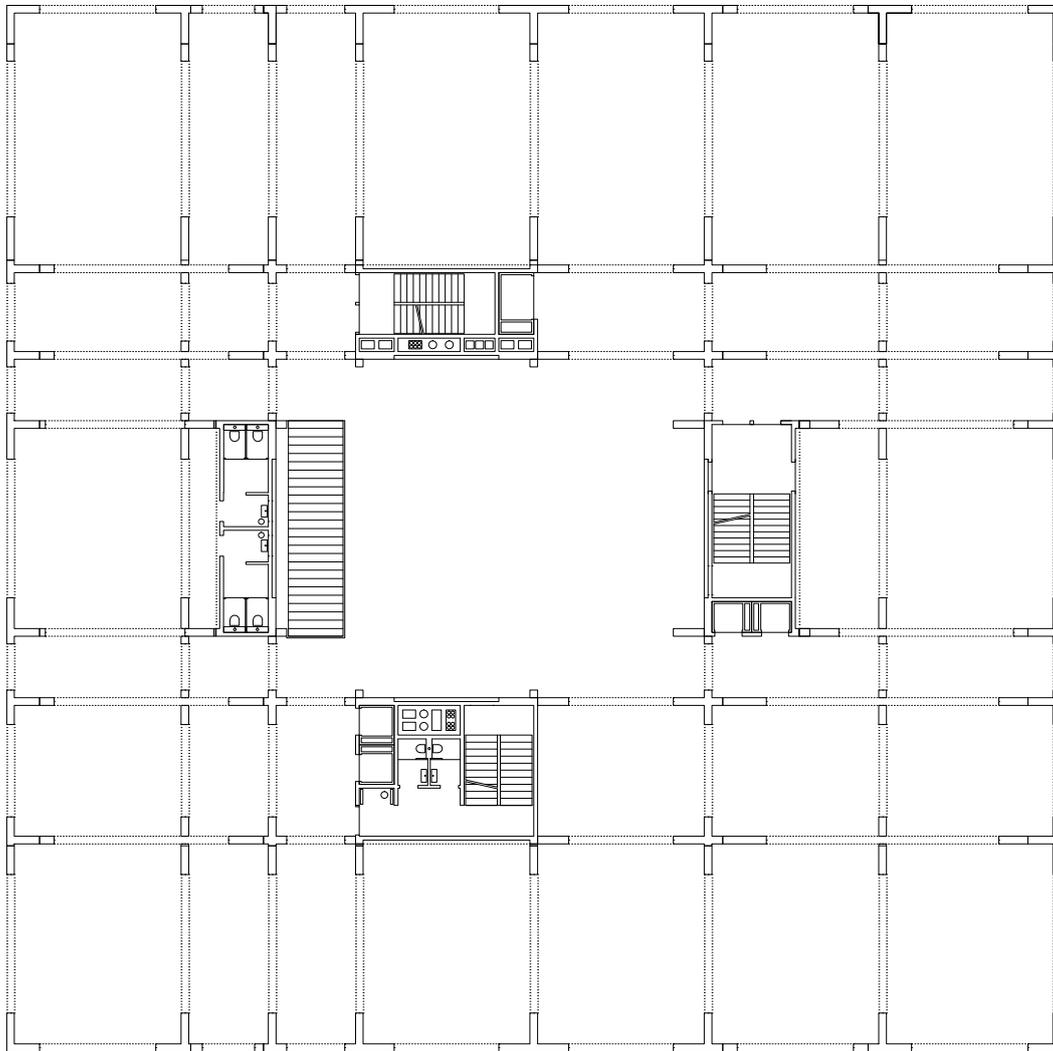


EG

B

A

A



B

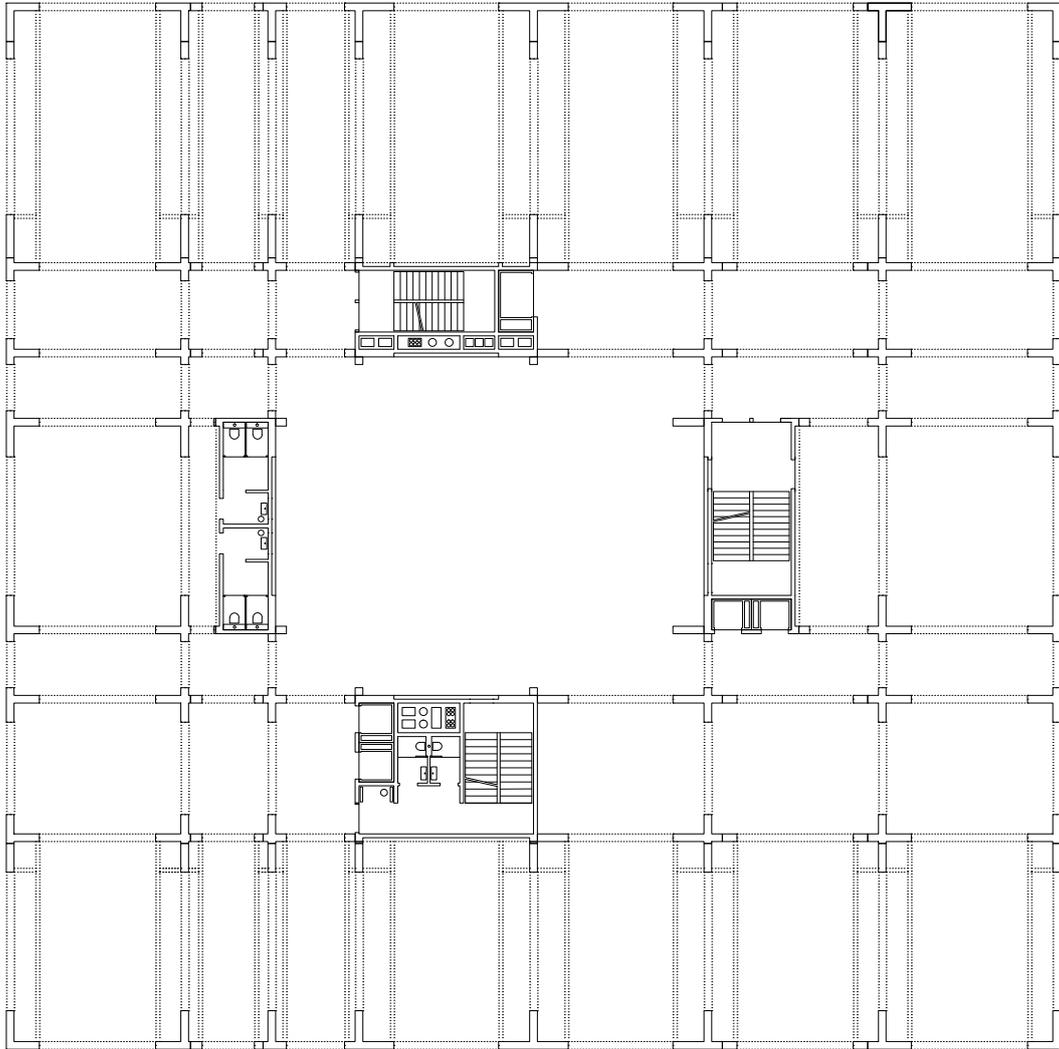


OG 1

B

A

A



B

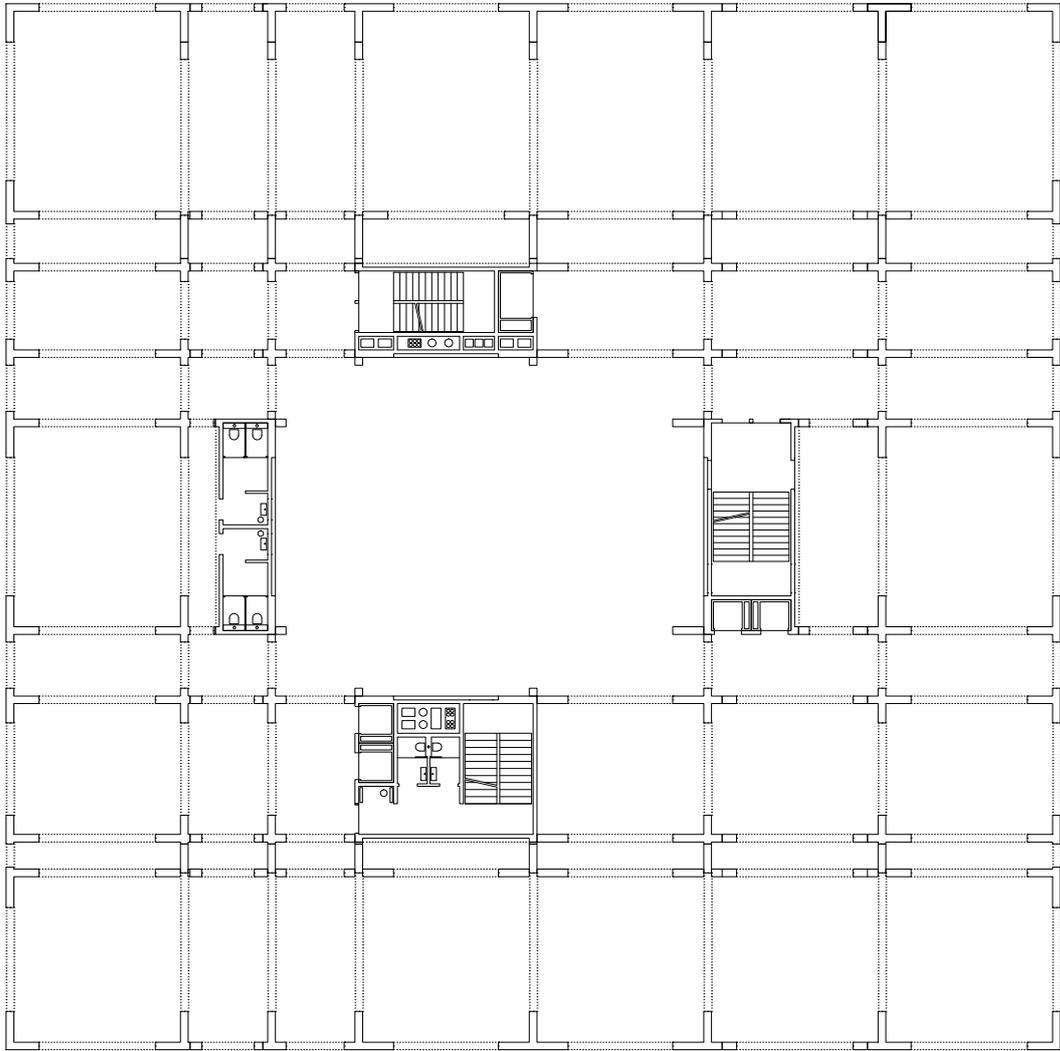


OG 2

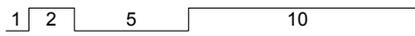
B

A

A



B

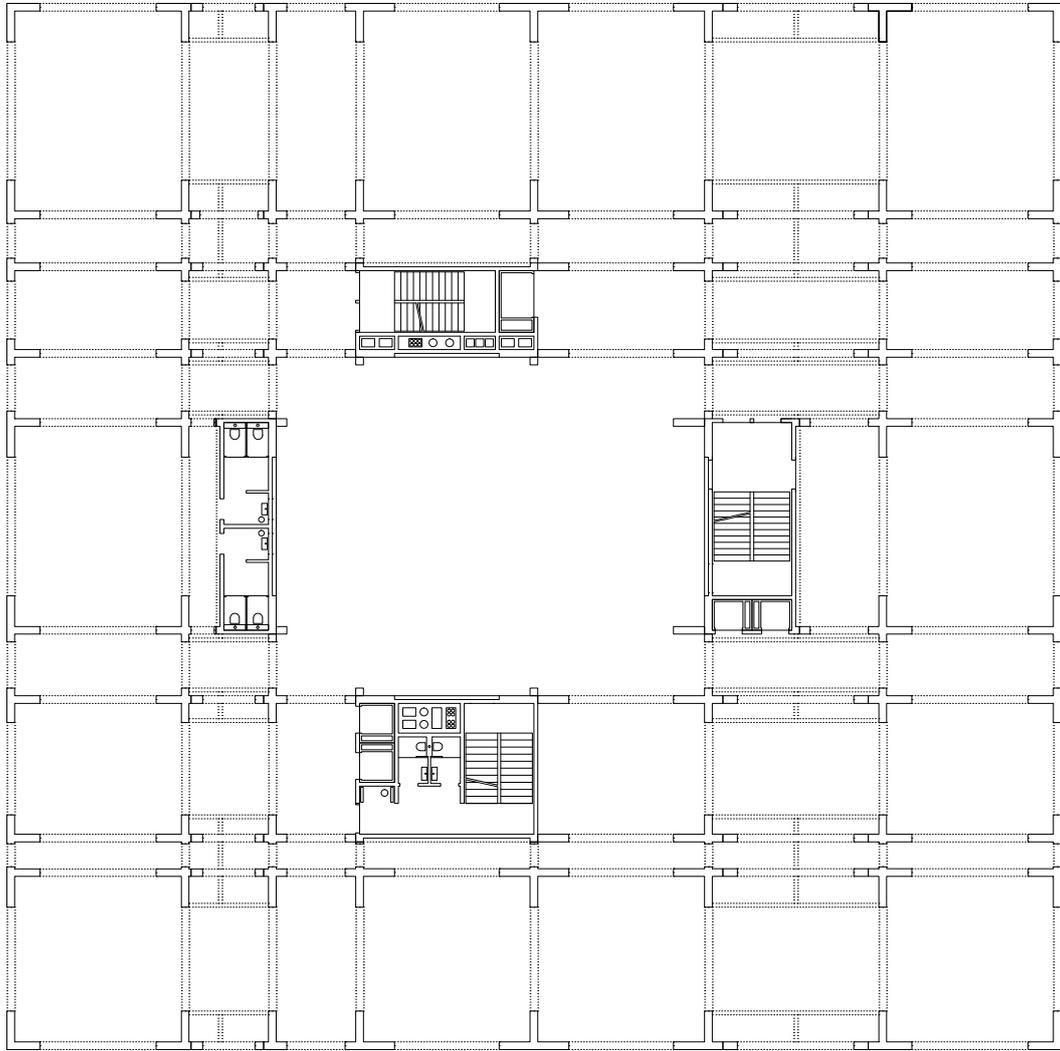


OG 3

B

A

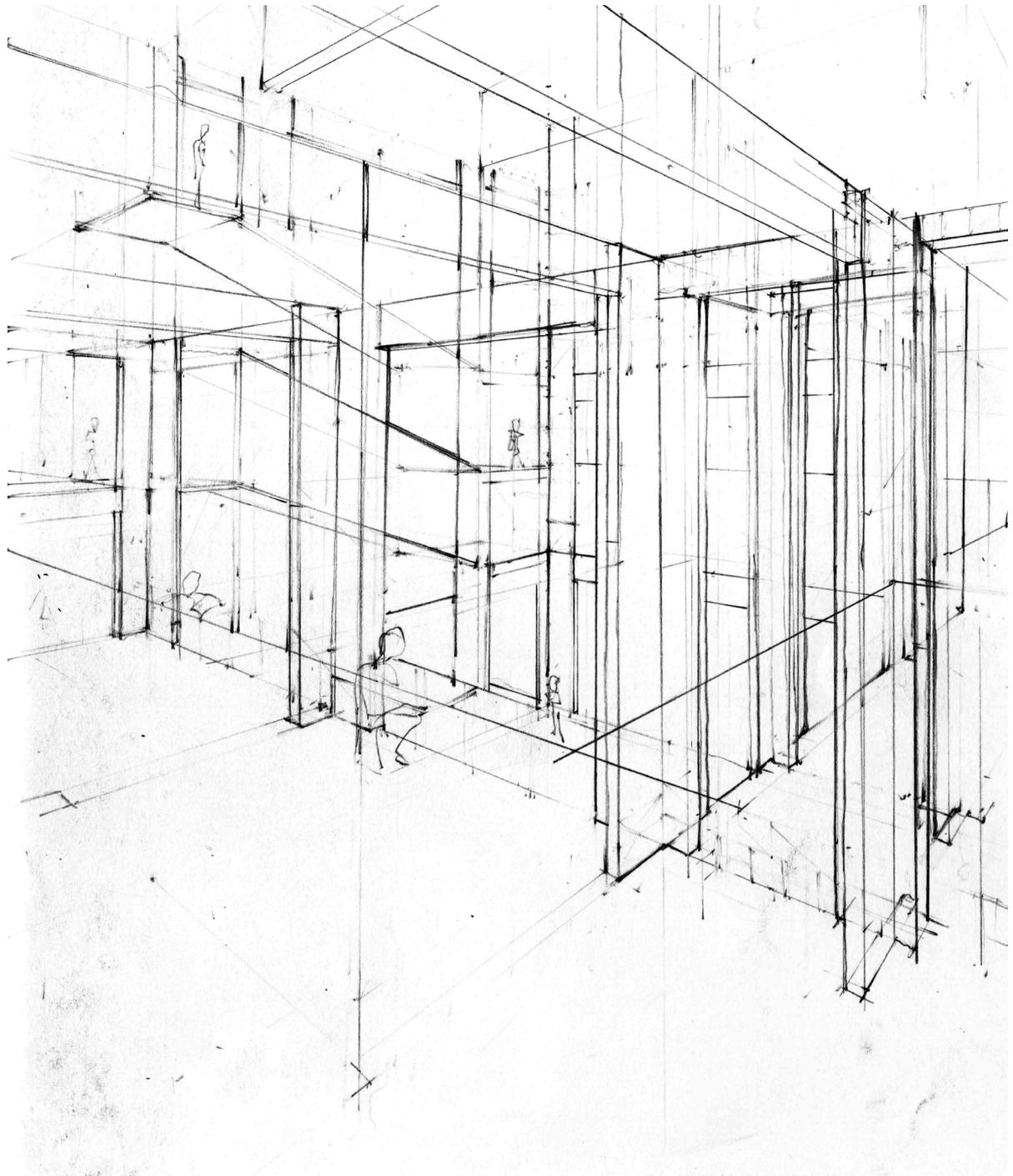
A



B



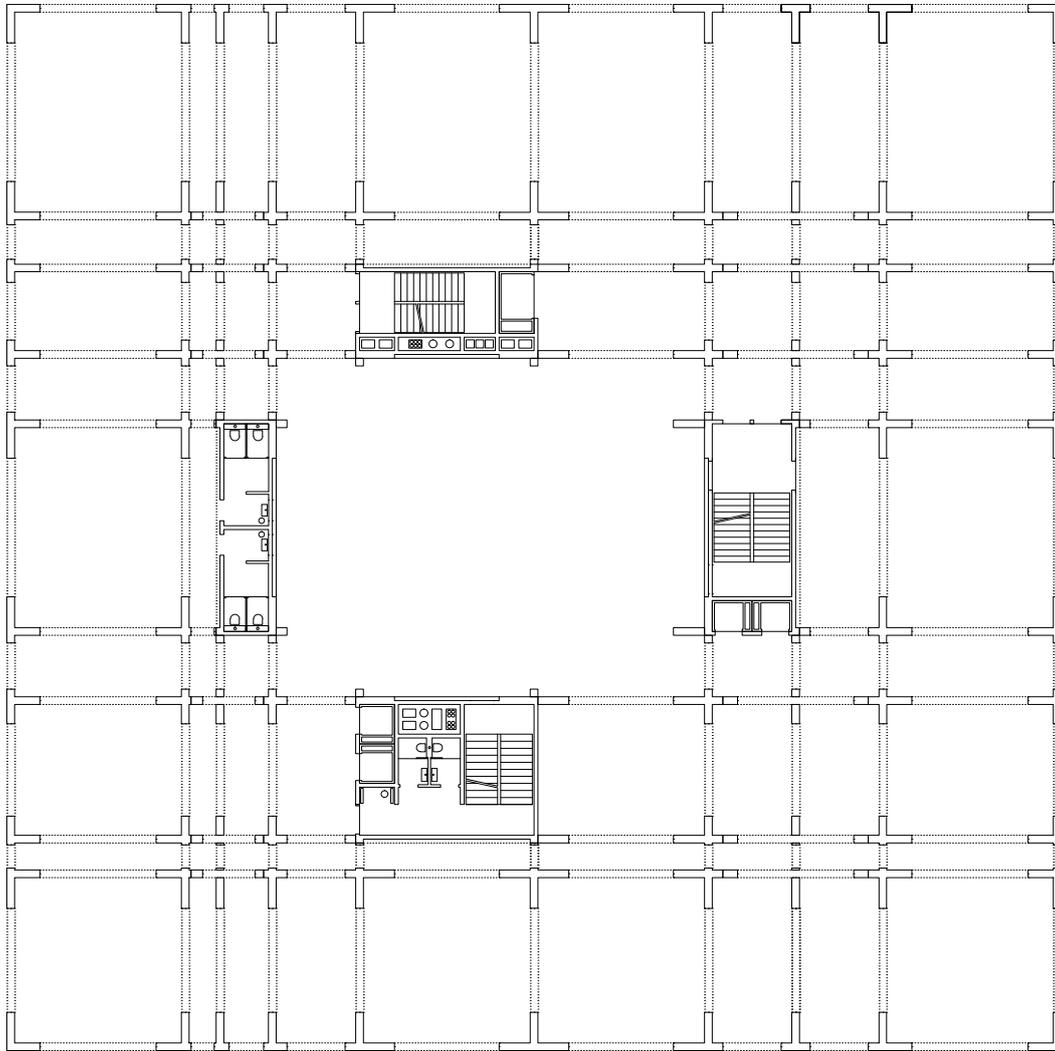
OG 4



B

A

A



B

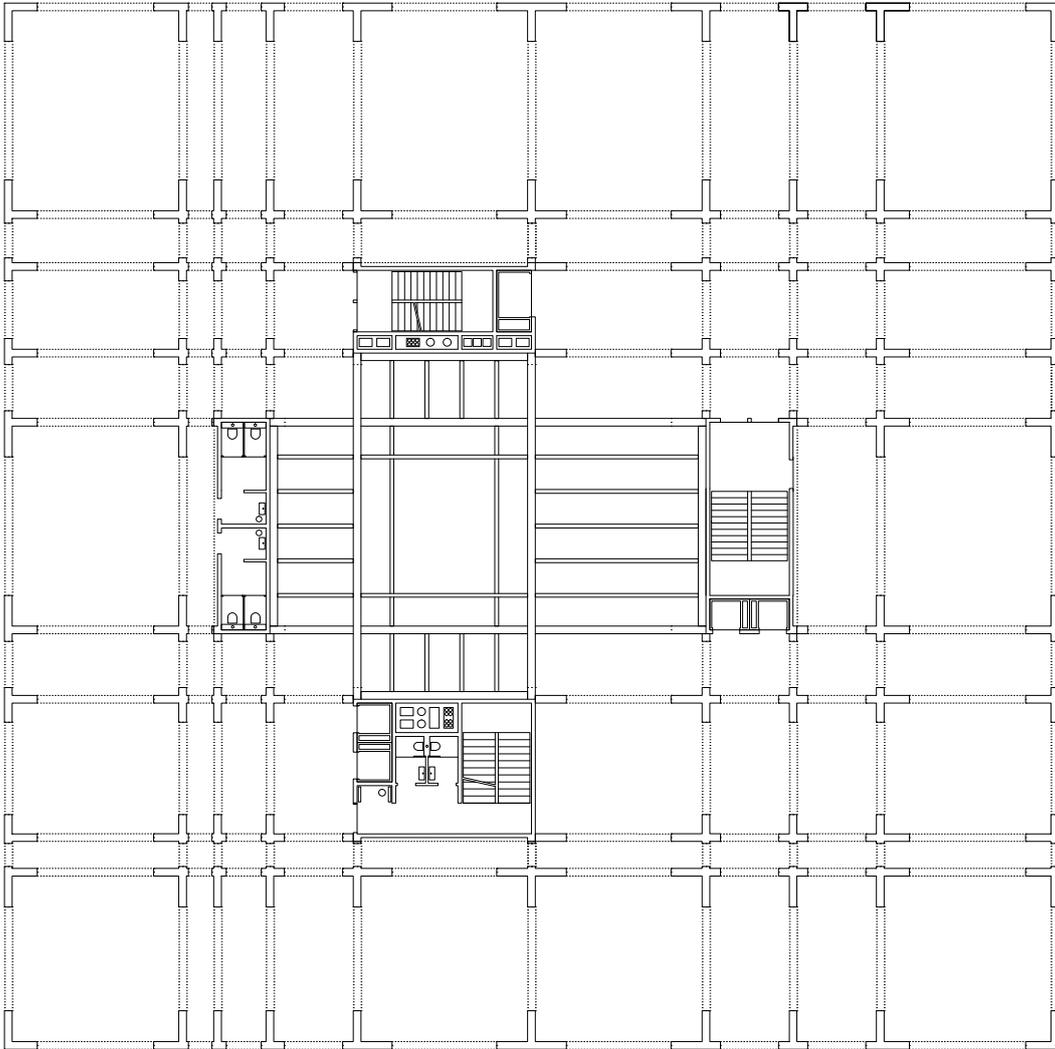


OG 5

B

A

A

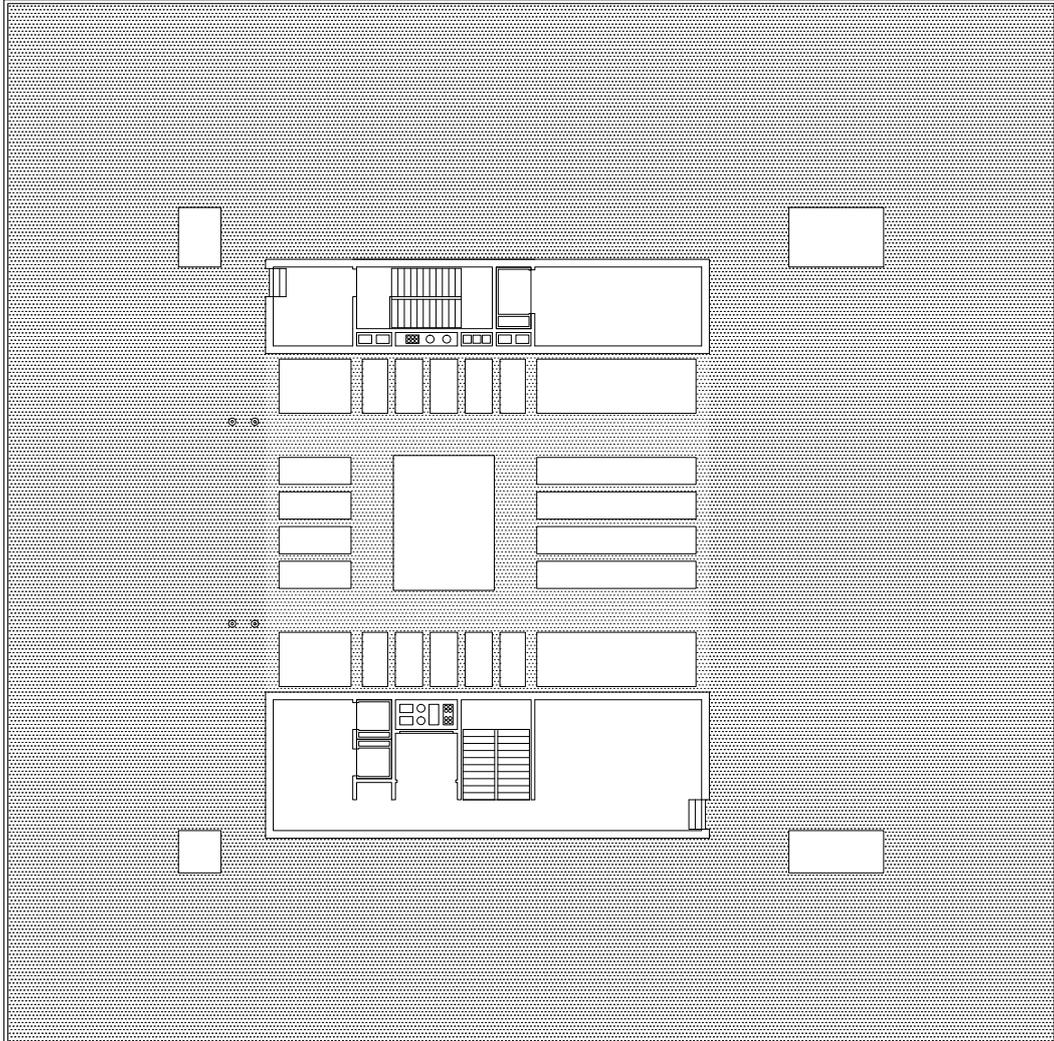


B



OG 6

B

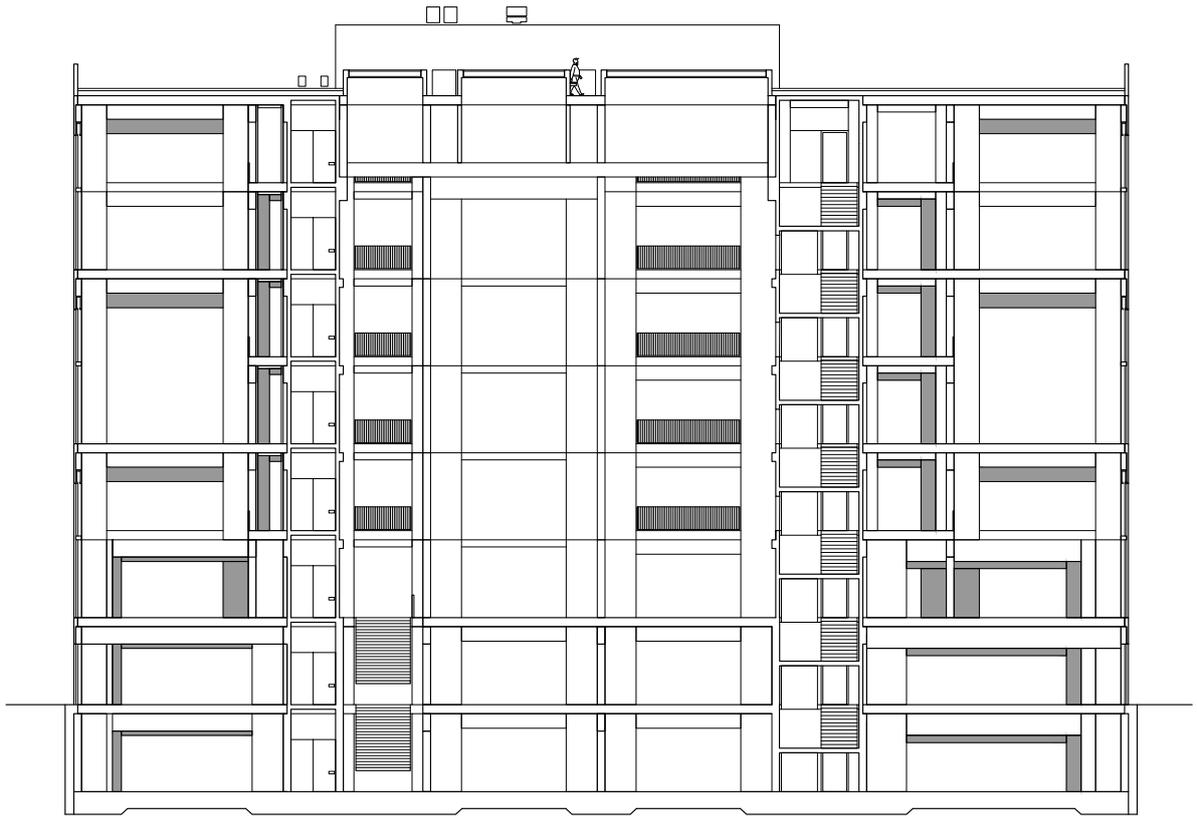


A

A

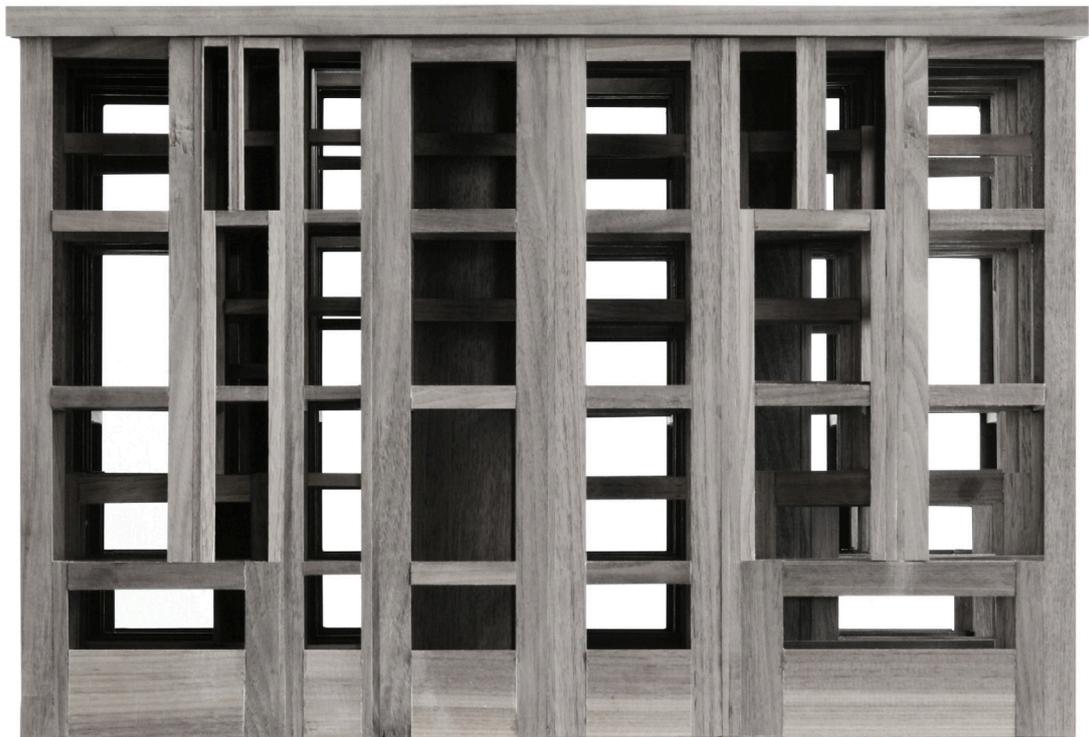
B

DRS

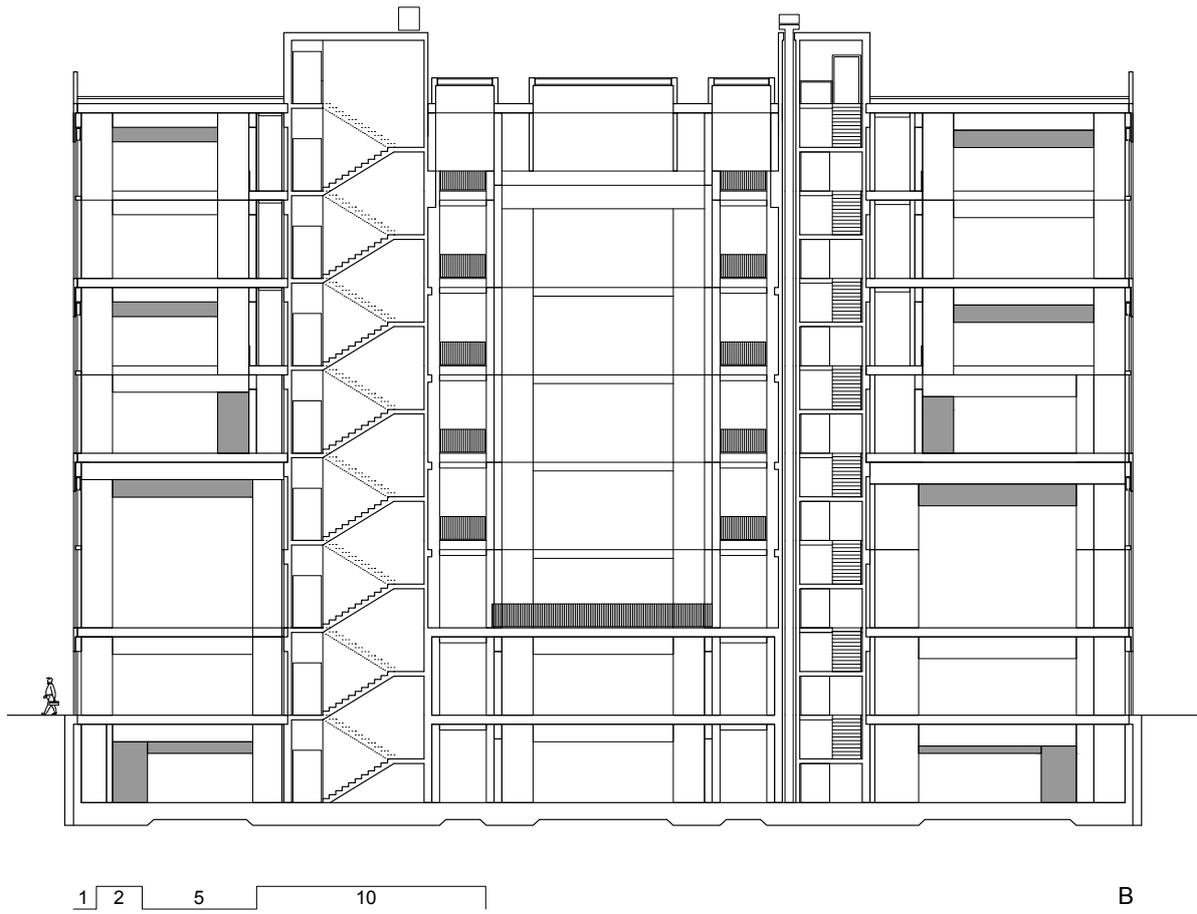


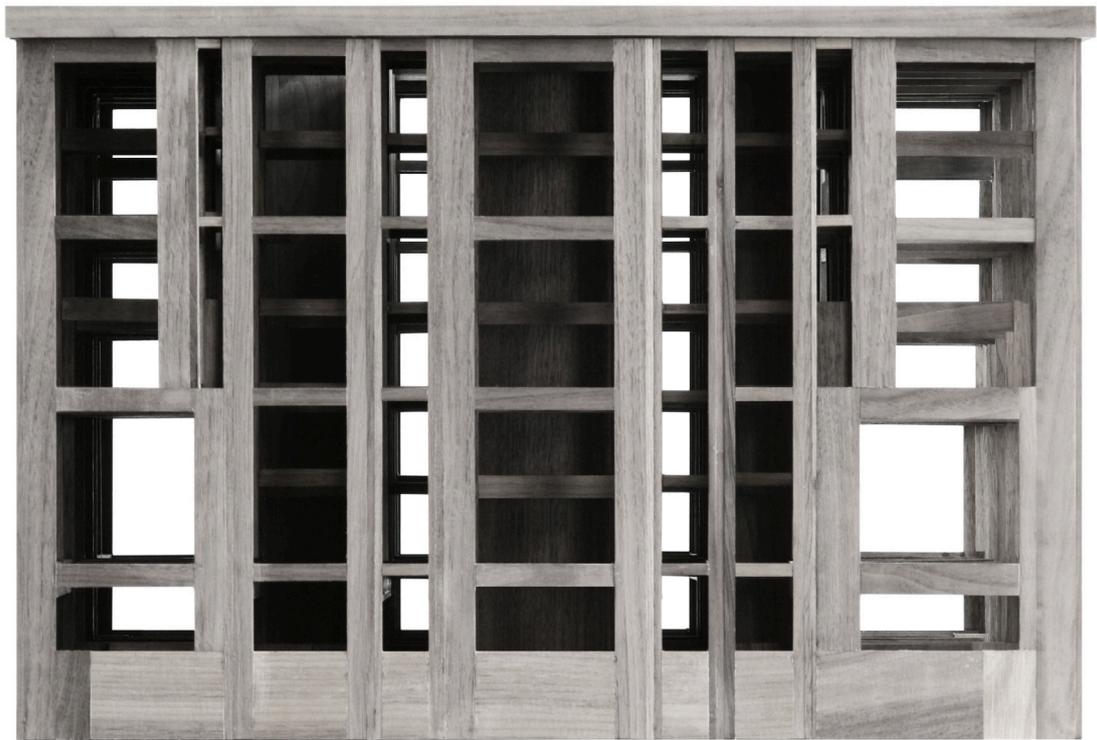
1 2 5 10

A



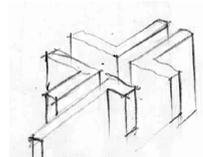
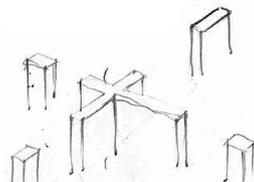
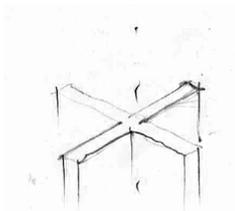
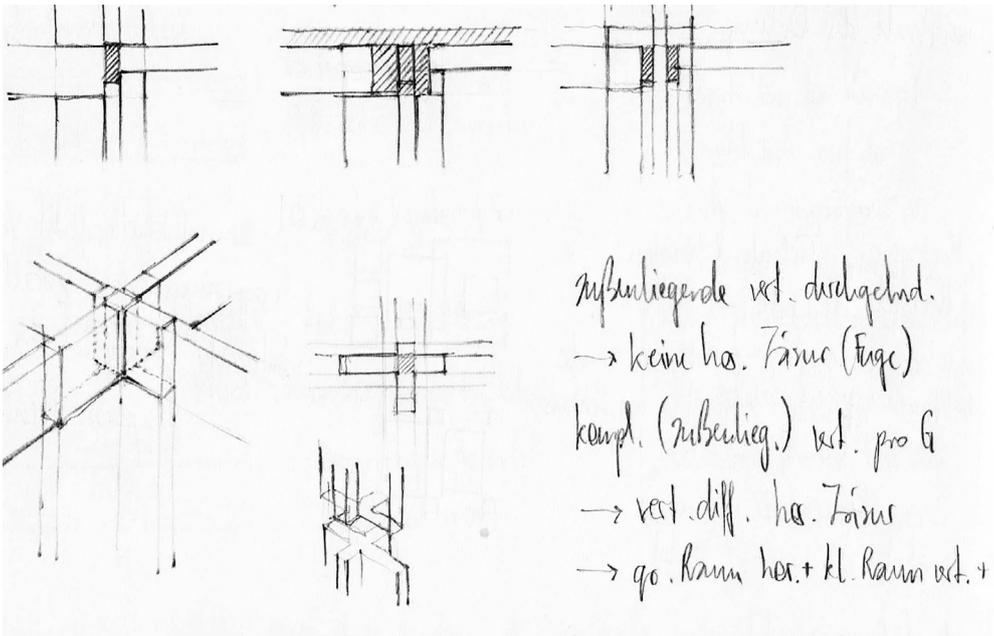
*Ansicht Süd, M 1:100*

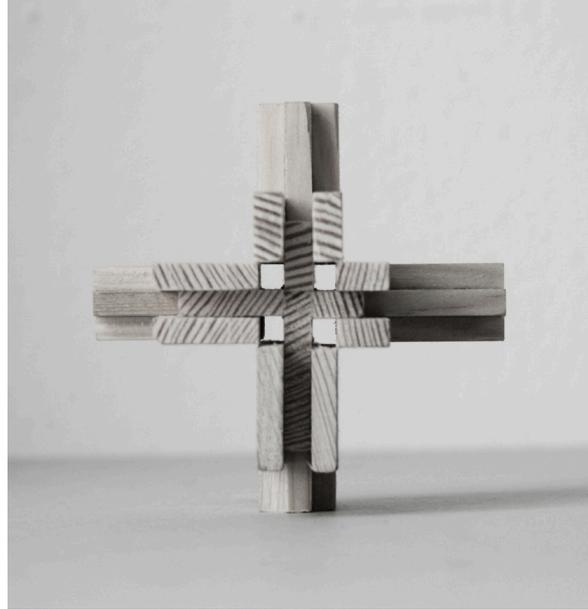


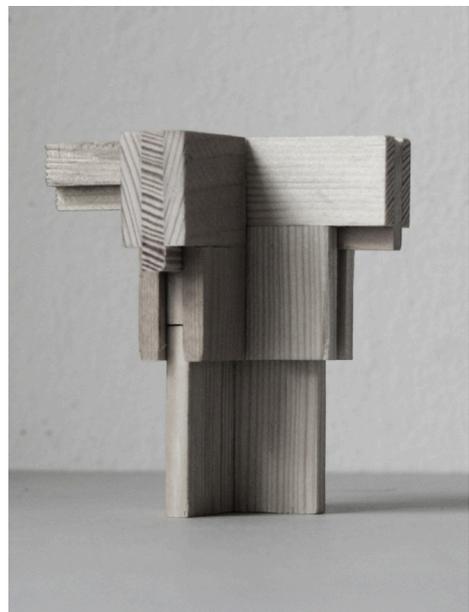


*Ansicht Ost, M 1:100*

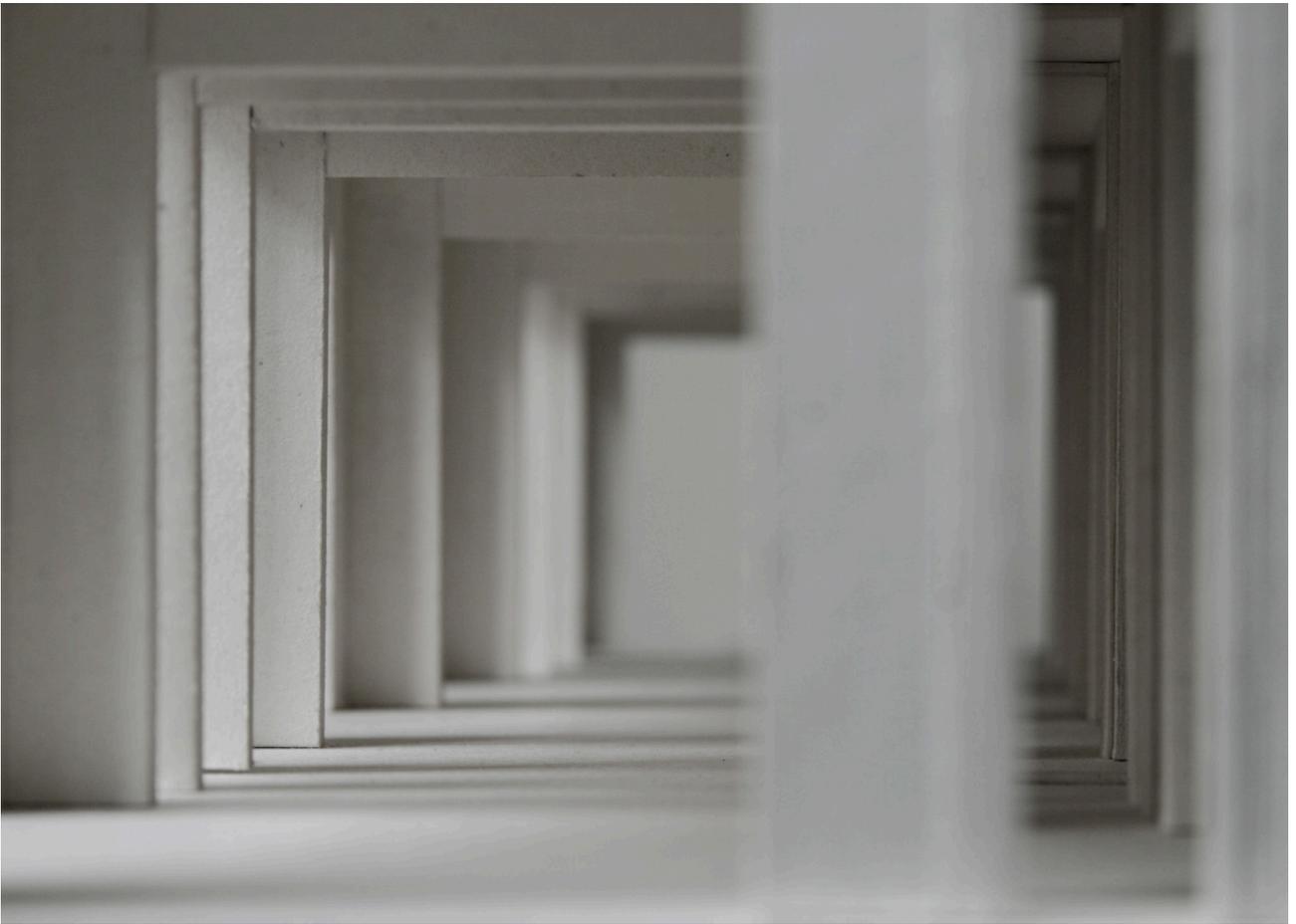






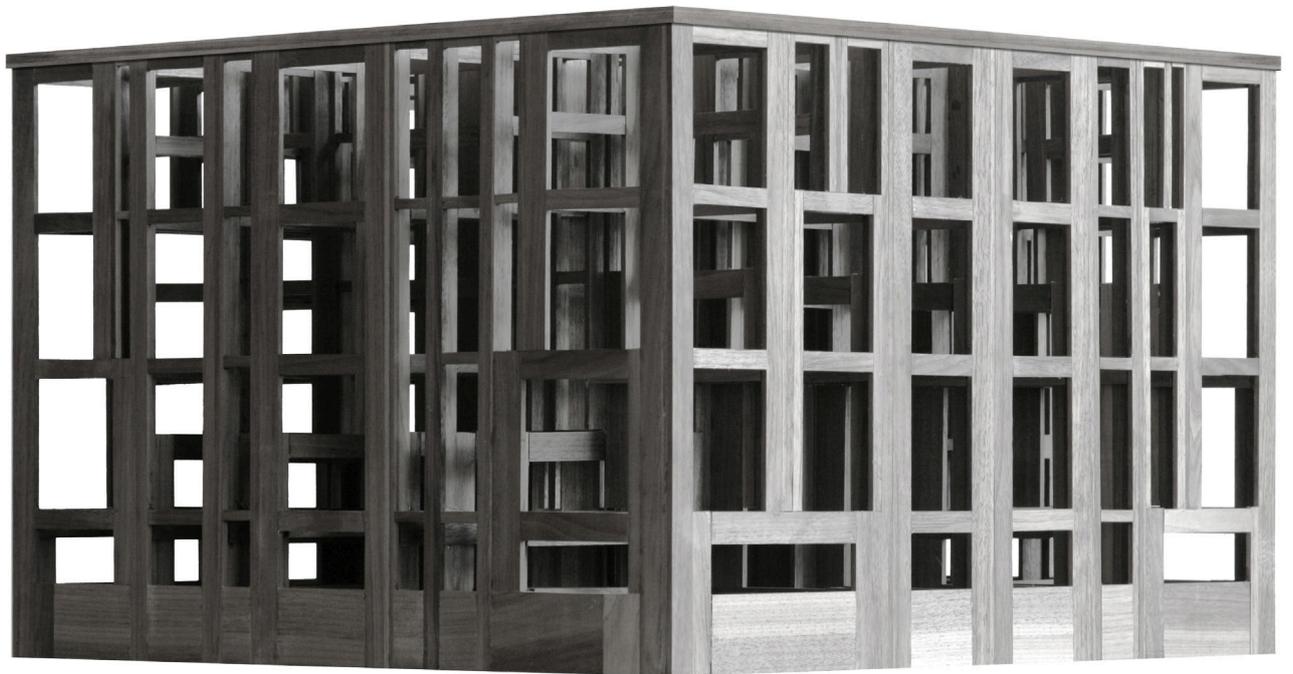


*Querschnittsdifferenzierung und Schichtung im Knoten, M 1:20*











## LITERATURVERZEICHNIS

- Deplazes, Andrea. *Holz: indifferent, synthetisch, abstrakt - Kunststoff. ARCH+ 193 - Holz*, 1. Auflage, 2009
- Frei, Hans. *Architekturmaschinen, Georg Vrachliotis über die Einführung von Computern in die Architektur, werk, bauen + wohnen - Holz als Kleid*, 2012
- Giedion, Sigfried. *Raum, Zeit, Architektur: Die Entstehung einer neuen Tradition*. 2nd expanded edition, Birkhäuser Verlag, 2015
- Gleiter, Jörg H. *Stoff, Form, Hylemorphismus*, Holz: Stoff oder Form: Transformation einer Konstruktionslogik, hg. von Mario Rinke und Joseph Schwartz, niggli Verlag, 2014
- Herrmann, Ulrike. *Gebaute Vergänglichkeit - Konstruktive Aspekte der spätosmanischen Holzhäuser Istanbuls - das Apostolidis Köskü und die Wohnbautradition Istanbuls*, Diplomarbeit, Institut für Kunstgeschichte, Bauforschung und Denkmalpflege, Technisch Universität Wien, 2013
- Herzog, Thomas, u.a. *Holzbau Atlas*, 2. Auflage Birkhäuser Verlag, 2003
- Ingold, Tim. *Über Knoten und Verbindungen*, Holz: Stoff oder Form: Transformation einer Konstruktionslogik, hg. von Mario Rinke und Joseph Schwartz, niggli Verlag, 2014
- Käferstein, Johannes und Meister, Urs. *Die Tiefe des Holzes*, Holz: Stoff oder Form: Transformation einer Konstruktionslogik, hg. von Mario Rinke und Joseph Schwartz, niggli Verlag, 2014
- Krier, Rob. *Über architektonische Komposition*, Klett-Cotta, Stuttgart, 1993
- Kraft, Sabine und Schindler, Christoph. *Bauen - mit dem Holz oder gegen das Holz, ARCH+ 193 - Holz* - 1. Auflage, 2009
- Moravánzky, Ákos. *Holzwege der Identität – Materialität und Stoffwechsel*, Holz: Stoff oder Form: Transformation einer Konstruktionslogik. hg. von Mario Rinke und Joseph Schwartz, niggli Verlag, 2014
- Rinke, Mario. *Konstruktive Metamorphosen - Holz als immerwährendes Surrogat*, Holz: Stoff oder Form: Transformation einer Konstruktionslogik, hg. von Mario Rinke und Joseph Schwartz, niggli Verlag, 2014
- Schwartz, Joseph. *Moderne Holzkonstruktionen zwischen Tradition und Innovation*, Holz: Stoff oder Form: Transformation einer Konstruktionslogik, hg. von Mario Rinke und Joseph Schwartz, niggli Verlag, 2014
- Semper, Gottfried. *Der Stil in den technischen und tektonischen Künsten, oder praktische Ästhetik. Die Stabkonstruktion aus Holz*, 1860, *ARCH+ 193 - Holz* - 1. Auflage, 2009
- Rinke, Mario und Schwartz, Joseph. *Das Holz in der Zwickmühle seiner Identitäten und Möglichkeiten*, Holz: Stoff oder Form: Transformation einer Konstruktionslogik, hg. von Mario Rinke und Joseph Schwartz, niggli Verlag, 2014
- Wild, Angelika. *a.wild.work - Knochen zwischen Kunst und Konstruktion*, Diplomarbeit, Institut für Kunst und Gestaltung, Fakultät für Architektur und Raumplanung, Technische Universität Wien, 2014
- Wieser, Christoph. *Was vom Holz übrig bleibt, werk, bauen + wohnen - Holz als Kleid*, 2012
- Zwerger, Klaus. *Holz wahrnehmen und verstehen*, Holz: Stoff oder Form: Transformation einer Konstruktionslogik, hg. von Mario Rinke und Joseph Schwartz, niggli Verlag, 2014
- Zwerger, Klaus. *Das Holz und seine Verbindungen - Traditionelle Bautechniken in Europa und Japan*, Birkhäuser Verlag, Basel, 1997

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Abb.1 *Arch+ No. 193 - Holz*, Hensel, Menges, 2009
- Abb.2 <https://files1.structurae.de/files/photos/haer/060960pv.jpg>- 11.07.2016
- Abb.3 <https://formandwords.files.wordpress.com/2013/12/first-leiter-building-1879-chicago.jpg>- 11.07.2016
- Abb.4 Die Architektur der Moderne- Eine kritische Baugeschichte, Kenneth Frampton, Deutsche Verlagsanstalt, 2010
- Abb.5 *Holzbau Atlas*, 2. Auflage Birkhäuser Verlag, 2003
- Abb.6 Alexander Dworsky, 2015
- Abb.7 Alexander Dworsky, 2009
- Abb.8 *Arch+ No. 193 - Holz*, Hensel, Menges, 2009
- Abb.9 *Holz: Stoff oder Form: Transformation einer Konstruktionslogik*, hg. von Mario Rinke und Joseph Schwartz, niggli Verlag, 2014
- Abb.10 *Konstruktion und Form im Bauen*, Friedrich Heß, Zürich, 1942
- Abb.11 *Arch+ No. 193 - Holz*, Hensel, Menges, 2009
- Abb.12 *Holzbau Atlas*, 2. Auflage Birkhäuser Verlag, 2003
- Abb.13 Alexander Dworsky, 2016
- Abb.14 *Ein architektonisches Periodisierungsmodell anhand fertigungstechnischer Kriterien, dargestellt am Beispiel des Holzbaus*, Christoph Schindler, DISS ETH Nr. 18605, 2009
- Abb.15 Alexander Dworsky, 2012
- Abb.16 Alexander Dworsky, 2009
- Abb.17 <http://www.ilsb.tuwien.ac.at/~daxner/ic-tam-projekt/monatsprojekt.html> - 25.11.2015
- Abb.18 *Bauteile und Verbindungen, Prinzipien der Konstruktion*, Maarten Meijs, Ulrich Knaack, Birkhäuser 2009
- Abb.19 TEC 21- Nr.21, espazium, 2001
- Abb.20 *Konstruktion und Form im Bauen*, Friedrich Heß, Zürich, 1942
- Abb.21 Alexander Dworsky, 2012
- Abb.22 <https://www.youtube.com/watch?v=925Wt-kSQAbs>- Claus Mattheck- 26.02.2016
- Abb.23 *zuschnitt 38 - Holz trägt*, proHolz Austria, 2010
- Abb.24 *Holz: Stoff oder Form: Transformation einer Konstruktionslogik*, hg. von Mario Rinke und Joseph Schwartz, niggli Verlag, 2014
- Abb.25 *Holz: Stoff oder Form: Transformation einer Konstruktionslogik*, hg. von Mario Rinke und Joseph Schwartz, niggli Verlag, 2014
- Abb.26 *Holzbau Atlas*, 2. Auflage Birkhäuser Verlag, 2003
- Abb.27 Philibert de l'Orme, architecte du roi 1514-1570, Jean-Marie Perouse de Montclos, Mengès, 2000
- Abb.28 *Holz: Stoff oder Form: Transformation einer Konstruktionslogik*, hg. von Mario Rinke und Joseph Schwartz, niggli Verlag, 2014
- Abb.29 Alexander Dworsky, 2012
- Abb.30 *Holz: Stoff oder Form: Transformation einer Konstruktionslogik*, hg. von Mario Rinke und Joseph Schwartz, niggli Verlag, 2014
- Abb.31 *Zuschnitt 53 - Digitaler Holzbau*, proHolz Austria, 2014
- Abb.32 [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8e/The\\_Detroit\\_Chamber\\_of\\_Commerce\\_Building\\_Construction.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8e/The_Detroit_Chamber_of_Commerce_Building_Construction.jpg)- 11.07.2016
- Abb. 33 [http://www.gannett-cdn.com/-mm-/aa0798af4bb9e36475e54f930c-c24d2fbdc17518/c=0-202-5752-3438&r=x1683&c=3200x1680/local/-/media/Greenville/2015/04/08/B9316821333Z.1\\_20150408181526\\_000\\_GJAEIUU0.1-0.jpg](http://www.gannett-cdn.com/-mm-/aa0798af4bb9e36475e54f930c-c24d2fbdc17518/c=0-202-5752-3438&r=x1683&c=3200x1680/local/-/media/Greenville/2015/04/08/B9316821333Z.1_20150408181526_000_GJAEIUU0.1-0.jpg)
- Abb. 34, 35 Alexander Dworsky
- Abb. 36, 37 <https://www.bing.com/maps/?FORM=EXIPRV>
- Abb. 38- 40 [https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRKEWUh9G\\_X1y-bR6-bck92IM7yynxWajeSJoqVmlwt0lxym-1KUcx-Dlg-https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRaYuH9mzY-WO1wRlpOc1LgYb2CBzzDYsBlyaj-485B4xl-q2DJbA](https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRKEWUh9G_X1y-bR6-bck92IM7yynxWajeSJoqVmlwt0lxym-1KUcx-Dlg-https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRaYuH9mzY-WO1wRlpOc1LgYb2CBzzDYsBlyaj-485B4xl-q2DJbA)
- Abb. 41, 42 <https://www.wien.gv.at/ma41datenviewer/public/start.aspx>
- Abb. 43 <https://www.bing.com/maps/?FORM=EXIPRV>
- Abb. 44- 47 Alexander Dworsky
- Abb. 48 [https://repository.library.georgetown.edu/bitstream/handle/10822/554536/gu\\_archives\\_campus\\_00056.jpg?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.library.georgetown.edu/bitstream/handle/10822/554536/gu_archives_campus_00056.jpg?sequence=1&isAllowed=y)