



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

DIPLOMARBEIT

Monolithisches Bauen mit Naturstein in der Kulturlandschaft Schwarzwald

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

Prof. Dott. arch. Wilfried Kühn

E253-03

Institut für Architektur und Entwerfen - Raumgestaltung und Entwerfen

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Phillip Bollinger

11837318

Wien, am

eigenhändige Unterschrift



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

abstract

Naturstein ist eines der ältesten Baumaterialien der Menschheitsgeschichte. Die Architekturgeschichte ließe sich nicht ohne ihn schreiben. Auch heute gewinnt dieses uralte Material zunehmend wieder an Bedeutung, nachdem es sich vom Massenbaustoff zur Randnotiz entwickelte, gar zeitweise fast schon in Vergessenheit geraten schien. Vor allem das zunehmende Verlangen nach mehr ökologischer Nachhaltigkeit und baukonstruktiver Vereinfachung ruft natürliche Gesteine als Baumaterial wieder in unser Bewusstsein. Diese Arbeit ist eine Annäherung an die Charakteristika des Gesteins unter Berücksichtigung zeitgemäßer ökologischer, statischer und nicht zuletzt ästhetischer Anforderungen.

Im Bewusstsein der prägenden Bedeutung regionaler Baustoffe für eine Kulturlandschaft bezieht sich diese Arbeit auf die regionalen, baukulturellen und geologischen Eigenheiten des Buntsandsteins in der Kulturlandschaft Schwarzwald.

Die Methodik folgt einer tiefgreifenden Recherche zum Erhalt eines allen Bedingungen umfassenden Verständnisses des Materials und führt über das Formen und Fügen zur Ordnung und schließlich zum Raum.

en

Natural stone is one of the oldest building materials in human history. Architectural history could not be written without it. Even today, this ancient material is increasingly gaining in importance again, after it had developed from a mass building material to a marginal note, and even at times seemed to have almost fallen into oblivion. Above all, the increasing demand for more ecological sustainability and simplification of construction calls natural stone back into our consciousness as a building material. This work is an approach to the characteristics of stone, taking into account contemporary ecological, static and not least aesthetic requirements. Aware of the formative importance of regional building materials for a cultural landscape, this work refers to the regional, building-cultural and geological characteristics of red sandstone in the Black Forest cultural landscape. The methodology follows a profound research to obtain an understanding of the material that encompasses all conditions and leads via shaping and joining to order and finally to space.



– eine Ästhetik der Schwere –



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

A

GRUNDLAGEN

- I *Einführung*
 - a *Chronologie*
 - b *Charakterisierung*
 - c *Regionale Bedeutung für die Kulturlandschaft Schwarzwald*

- II *Ökologie*
 - a *Lagerstätten, Umwelt und Naturraum*
 - b *Emissionen und Schadstoffe*
 - c *Handel/Transport*
 - d *Lebensdauer*
 - e *Rückführung/Recycling*

- III *Produktion*
 - a *Vorkommen*
 - b *Abbau*
 - c *Verarbeitung*

- IV *Planungsmethodik und Konstruktion*
 - a *Planungsgrundlagen*
 - b *Physikalische Eigenschaften und Konstruktive Notwendigkeiten*
 - c *Bauteile und Konstruktionsmethoden*

B

ENTWURF

- I *Genius Loci*
 - a *Historie des Ortes*

- II *Typologien*
 - a *Das Badehaus*
 - b *Das Konzerthaus*
 - c *Das Lapidarium*

- III *Form und Gefüge*
 - a *en Bloc - die Hegemonie des Modularen*
 - b *Das Diktat des Drucks*

- IV *Entwurf*

Abb. 2, Steinbruch im Schwarzwald



A

GRUNDLAGEN

I

EINFÜHRUNG

*„Du liebst also diesen Stein?“
„Ja und ich glaube, er erwidert diese Liebe. Seit dem ersten Tag habe ich Ehrfurcht vor diesem Stein. Ich hätte dir nichts darüber sagen können, bevor ich dieses Gefühl hatte. Jetzt ist der Stein zu einem Teil meiner Selbst geworden, er ist unser Werk, [...] die Sonne breitet sich auf ihm aus, weckt ihn morgens zu neuen Farben, der Regen läßt ihn in dunkleren Tönen schimmern, ... und ich liebe ihn um seiner Fehler und Schwierigkeiten um so mehr; um seiner wilden Abwehr gegenüber unserem Zugriff, um all der Tücken, mit denen er uns begegnet. [...]“¹*

Diese Arbeit ist ein Versuch einer Annäherung, gar einer Renaissance eines Baustoffes, der angesichts einer zunehmenden Komplexität des Bauens und der steigenden technischen Anforderungen an Materialien beinahe anachronistisch wirkt, da er den Gedanken einer Vereinfachung des Bauens, einer Besinnung auf die reine Materie des Stofflichen und den Grundlagen der Architektur impliziert. Dabei trifft doch diese Rückbesinnung auf das Wesentliche den Zeitgeist und kommt nicht umhin den Begriff der Nachhaltigkeit zu bemühen. Dieser erfährt eine zunehmend inflationäre Verwendung. Dabei umfasst der Begriff unterschiedlichste Deutungen. Durch die Forstwirtschaft geprägt beschreibt er eine beständige Bedarfsbefriedigung durch die Bewahrung der natürlichen Vorkommen. In der gegenwärtigen Situation stellt sich also die Frage ob die gängigen Konstruktionsmethoden,

.....
¹ Fernand Pouillon: Singende Steine, 1999, S. 104

die einen exzessiven Verbrauch von energiehungrigen Baustoffen wie Stahl oder Beton bedingen, zukunftsfähig sind. Dies führt zum Einen zu einer nachdrücklichen Forschung bezüglich neuer Baustoffe als auch zu einer Neubetrachtung historischer Baustoffe, die über die Zeit in die Peripherie verdrängt wurden.

Eine Definition der Nachhaltigkeit für die Architektur unterliegt im Wesentlichen auch die Notwendigkeit der Permanenz von Bauten. Architekturen die Generationen überdauern und deren Qualität allen Widrigkeiten und Veränderungen trotz. Das Bauen mit Naturstein stellt immer auch die Frage nach der „Modernität“ in den Raum. Jedoch erscheint mir dieser Begriff im Zusammenhang mit der Architektur kaum vereinbar. Beschreibt doch dessen Gültigkeit nur einen äußerst geringen Zeitraum in der Konfrontation mit der Lebensdauer unseres materiell gestalteten Raumes. Die ältesten Gebäude unserer gebauten Umwelt übersteigen teilweise um ein vielfaches die Lebenserwartung eines Menschen. Sie überdauern Generationen von Menschen, ganze Epochen der Architektur Kunst und Kultur. Monumente für die Ewigkeit - aus Stein erbaut. Gebaute Manifeste ihrer Zeit und doch zeitlos.

a

Chronologie

Wir blicken auf eine rund 6000 Jahre alte Geschichte des Bauens mit natürlichem Stein zurück. Dabei haben sich Kulturen weltweit Gesteine in unterschiedlichster Beschaffenheit nutzbar gemacht.

Ob aufgeschichtet zu Mauern, ausgehöhlt oder gefügt zu statischen Systemen, die Historie natürlicher Gesteine ist von unschätzbare Bedeutung für die Geschichte der Menschheit. Dabei scheint vor allem die Vielfalt der Bauten und deren unterschiedlichste Bauweisen unerschöpflich. Stein ist allgegenwärtig in unserer gebauten Umwelt. Steinbauten sind physisch manifestierte Geschichte. Sie sind der Baustoff mit dem unsere Vorfahren die unglaublich vielfältigen Kulturlandschaften erbauten. Diese Diversität zeigt sich sowohl in den geologischen Eigenheiten lokaler Gesteine als auch der daraus bedingten Konstruktionsweisen.

Die womöglich älteste Methode aus Gestein architektonischen Raum zu schaffen ist das Subtraktionsverfahren, bei dem massiver Fels ausgehöhlt wird oder bereits vorhandene Höhlen urbar gemacht werden.

Weit verbreitet ist auch das Bauen mit Findlings- oder Bruchsteinen. Exemplarisch dafür sind die Rustici im Tessin, sowie die Cottages im angelsächsischen Kulturraum als auch gänzlich monolithische Bauten wie die Trulli in Apulien. Vor allem vernakuläre Architekturen sind auf diese Bautypen zurückzuführen.

Auch Hochkulturen haben sich verwandte Konstruktionsprinzipien angeeignet und daraus ihre Kultstätten und Städte erbaut. So zeugen noch heute die Tempel der Mayas, Inkas und Azteken in Mittel bzw. Südamerika aber auch die Pyramiden in Ägypten von einem umfassenden Verständnis für Natürliches Gestein als Baustoff und dessen konstruktive Notwendigkeiten.

Die Auflösung von Wänden und Mauern in einzelne statische Elemente wie Sockel, Stützen und Träger zeigt sich in den Antiken Tempeln. Diese anspruchsvolle Art des handwerklichen Fügens von Bauteilen zu einem Bauwerk brachte im späten Mittelalter eine wahre Blütezeit der Baukultur in Mitteleuropa. Durch die Kunst der Steinmetze erfahren Bauten aus Naturstein ihren Höhepunkt in der um das 11. Jahrhundert aufkommenden Gotik. Mit dem Prinzip von „Trial and Error“ reizten die Baumeister der Gotik die statischen Maxime natürlicher Gesteine aus. Nie zu-

vor waren Bauten aus Stein so filigran gearbeitet.

Der Einfluss monolithischer Steinkonstruktionen schwindet jedoch in den folgenden Jahrhunderten. Alternative Baustoffe wie Formsteine, die in großen Mengen und „genormten“ Maßen herzustellen waren, verdrängten Natursteine vermehrt in den Bereich der edlen Verkleidungen. Wenngleich auch die Römer bereits hybride Bauweisen mit einer Kombination aus Formsteinen und natürlichem Stein nutzten. Spätestens mit der Moderne endet die Epoche der Natursteinbauten. Neue Baumaterialien wie Stahl oder Beton sowie die industrielle Revolution verdrängen den Naturstein als konstruktiven Last abtragenden Baustoff.

Mies van der Rohe hingegen zelebriert Stein sowohl als Schmuck- als auch als architektonisches raumbildendes Element. Aber auch bei ihm übernehmen andere Baustoffe die tragenden Funktionen. In der Nachkriegsmoderne tauchen natürliche Gesteine wieder häufiger als Baustoff auf, wenngleich meist nur als Blendwerk. Die kostbare Anmut einer Naturstein Fassade prägte auch das Bild der Postmoderne.

Anachronistisch hingegen verläuft die Architekturgeschichte in Frankreich. Dort wird die Tradition der Natursteinbauten auch über diese Zeit gewahrt. Explezit eine Person ist untrennlich mit diesem Baustoff verbunden. Seine Architektur lässt sich als Modern bezeichnen, er selbst jedoch war keineswegs Modernist. So ist es auch nicht verwunderlich, dass Frankreich in dem gegenwärtigen Architekturdiskurs eine herausragende Position einnimmt. Dort sind im Laufe der letzten Jahrzehnte eine Fülle an Natursteinbauten mit monolithischen Bauteilen im Geiste Fernand Pouillons entstanden.

b

Charakterisierung

Es sind Ägyptens Pyramiden oder Britanniens Stonehenge die uns eine unvergleichliche Beständigkeit steinerner Bauten vor Augen führen. Steinerner Gefüge die Jahrtausende und damit unzählige Generationen überstehen. Monumente für die Ewigkeit. Unerschütterlich stehen diese von Menschenhand geschaffene Werke inmitten der Landschaft und sind zugleich Sinnbild für die Endlichkeit allen menschlichen Lebens.

Die Beständigkeit von Natursteinbauten bedarf keiner umfangreichen Beschreibung, zeugen doch zahllose archäologische Funde davon.

Trotz dieser Beständigkeit ist der Stein ein natürliches Material das sich über die Zeit, durch mechanische und meteorologische Einflüsse, verändert. Er verändert seine Farbigkeit, lässt Bewuchs zu und verwebt sich mehr und mehr mit seiner Umgebung. Permanenz drückt sich wesentlich im Faktor Zeit aus. Zeit, die weniger durch stilistische Formalitäten architektonischer Epochen aufgrund deren Reproduzierbarkeit Ausdruck findet. Vielmehr ist es die Patina die sich eines Gebäudes annimmt und so auch Laien ein direktes Erkennen des Alters vermittelt. Steinbauten lassen diese Patina zu. Sie können damit umgehen. Moose, Geflechte, Austreten von Bestandteilen des Gesteins und Verwitterung machen die Zeit sichtbar für Jedermann. Diese Beständigkeit der physischen Gestalt steinerner Bauten schafft eine Verknüpfung mit der Zeit. In diesem Terminus der Sichtbarwerdung der Zeit fügt sich das Monument. Monumentalität ist eng an die Zeit gekoppelt. So ist es nicht verwunderlich das dieser Begriff nahezu eine Gleichsetzung in der Wahrnehmung mit Bauten aus Naturstein erfährt.

Die Höhle als eine Urform architektonischen Raums befriedigt das ureigene Be-

dürfnis nach Schutz. Die hermetische Gestalt einer Höhle schützt vor Umweltinflüssen aber auch vor Wildtieren oder feindlich gesinnter Gruppen, was in der Errichtung zahlreicher Wehranlagen Ausdruck findet. Diese Wehranlagen dienten immer auch zum Machterhalt eines Herrschers. Somit sind Steinbauten auch ein Symbol der Macht und der Persistenz. Die Kostbarkeit des Materials rührt aus einer konstruktiven Masse, die das menschliche Maß übersteigt und dadurch zu einer Erhebung des Materials führt. So generiert der Stein seine enorme Wertigkeit in der allgemeinen Wahrnehmung.

c

Regionale Bedeutung für die Kulturlandschaft Schwarzwald

Kulturlandschaften sind durch den Menschen veränderte, baulich transformierte oder agrarkultivierte Naturlandschaften. Der Blick auf die baulichen Eingriffe in Kulturlandschaften richtet den Fokus zwangsläufig auf natürliche Gesteine.

Natursteine sind in der Geschichte von Kulturlandschaften nicht wegzudenken. Auch der Schwarzwald ist einer dieser Kulturräume dessen Baukultur Europasweit mit zu den bedeutendsten zu zählen ist. Der bekannteste Exportschlager dieser Region ist mit Sicherheit die Kuckucksuhr. Sie hat auch das Bild des so typischen Schwarzwaldhauses mit seinem mächtigen Einfirst Dach und den schindelgedeckten handwerklich gefügten Balkenwänden in die ganze Welt verbreitet. Dieses Manifest der bäuerlichen Architektur fußt meist auf einem Sockel aus Gestein. Rotem Gestein.

Häufig zu beobachten sind die aus rotem Buntsandstein gefertigten Laibungen der Türen, Tore und Fenster. Während das Mauerwerk meist aus Geröll aufgeschichtet wurde. Viel markanter als diese Details sind jedoch die sakralen Bauten die sich weit über die Region finden lassen. Baden-Württemberg zählt tausende von Bauwerken aus Naturstein, die vor allem in den letzten 800 Jahren errichtet wurden. Auch wenn der Buntsandstein im Schwarzwald nicht die herausragende Stellung erlangte wie in den angrenzenden Gebieten Rhein Main oder Rheinland Pfalz, was unter anderem auch an einer stets florierenden Holzwirtschaft gelegen haben könnte, ist er von wesentlicher Bedeutung für die gebaute Umwelt dieser Kulturlandschaft. Die wertvollsten Bauten sind etwa das Münster in Freiburg, die Kloster in Alpirsbach, Hirsau oder auch das ehemalige Kloster Allerheiligen. Auch für infrastrukturelle Bauten wie die Eisenbahnbrücke des Aacher Tals wurde der bunte Sandstein verwendet, wengleich Granite aufgrund ihrer deutlich höheren Festigkeit und ihrer verbesserten Witterungsbeständigkeit besser geeignet waren. Beispielhafte Bauten hierfür sind die mächtige Schwarzenbachtalsperre oder das Viadukt der Höllentalbahn im Südschwarzwald. Vor allem jedoch sind vernakuläre bäuerliche Architekturen ein wesentliches Bindeglied der Manifestierung regionaler Baustoffe in gebautes Raum. So entdeckt man immer wieder vor allem in den Dörfern und ländlichen Gegenden kleine monolithische Speichergebäude. So ist es auch nicht verwunderlich, dass gerade diese Bauten exemplarisch für die monolithische Natursteinkonstruktionen stehen. Ein kleines aber äußerst feines Gebäude hierzu lässt sich in Loßburg im nördlichen Schwarzwald besichtigen. Aufgrund der Primären Stellung des Buntsandsteins als Werkstein, sowohl in sakraler als auch in profaner Architektur für die Kulturlandschaft, gilt die übergeordnete Betrachtung in den folgenden Kapiteln der ganzheitlichen Auseinandersetzung mit dem Schwarzwälder Buntsandstein.

Abb. 3, Kornspeicher in Loßburg um 1900



Abb. 4, Lagerstätte des Carrara Marmor



Grundsätzlich gilt, dass jedes Bauvorhaben eine massive Belastung für die Umwelt darstellt. Ziel ist es also mit dieser Maßgabe die Einwirkungen auf die Umwelt so gering wie möglich zu halten. Aus ökologischer Sicht scheint Bauen mit Naturstein eine echte Alternative zu vielen synthetischen Baustoffen zu sein. Allein der Blick in die Historie zeigt die nahezu unvergleichliche Beständigkeit die Bauten aus Gesteinen aufweisen. Getrübt wird dieses Bild allerdings wenn der Regionalfaktor vernachlässigt wird. Natürliche Gesteine sind in ihrer Gewinnung extrem Emissionsarm. Entscheidender Faktor ist dabei der regionale Abbau und auch die regionale Verbauung des Gesteins. Wird der Stein zur internationalen Handelsware so wird er zur Belastung für die Umwelt. Auch die Freisetzung gefährlicher Schadstoffe ist besonders bei der Verarbeitung nicht zu vernachlässigen. Reiner Krug definiert zu einem nachhaltigen Umgang mit Natursteinen fünf Aspekte.

1. Senkung des Energiebedarfs und des Verbrauchs an Betriebsmitteln

Für die Herstellung des Natursteins ist keine Energie notwendig – er wird uns von der Natur zur Verfügung gestellt. [...] Lediglich bei der Gewinnung im Steinbruch und der anschließenden Bearbeitung im Natursteinwerk wird zu Herstellung der Produkte aus Naturwerkstein ein relativ geringer Energieeinsatz benötigt.

2. Vermeidung von Transporten von Baustoffen

[...] Insbesondere Deutschland verfügt über große Mengen abbaufähiger Natursteine. Aufgrund der Vielfalt heimischer Granite, Sandsteine, Kalksteine, Schiefer usw. kann der Bedarf an Werksteinen meist aus heimischen Vorkommen gedeckt werden. Die Verwendung lokaler Natursteine dient der Vermeidung unnötiger Transporte und fördert landschaftsgebundene Bauweisen.

Der Transport des Natursteins vom Natursteinwerk zur Baustelle ist hinsichtlich der Auswirkungen auf die Umwelt nicht unbedeutend. [...] Während für den aus Deutschland bezogenen Naturstein durch den Transport ein Treibhauspotenzial von 4,4 kg CO₂-Äquivalenten pro Tonne entsteht, verursacht der Transport aus dem europäischen Ausland 88,1 kg CO₂-Äquivalente pro Tonne, also etwa das 20-fache an klimawirksamen Emissionen. Der Bezug von Naturstein aus China verursacht mit 265 kg Co₂-Äquivalenten pro Tonne 60-mal so hohe Emissionen wie der Bezug aus Deutschland.

3. Einsatz wieder verwendbarer/ verwertbarer Bauprodukte

Natursteinprodukte können nach der Nutzungsphase eines Bauwerks auf vielfältige Weise wieder verwendet werden. [...] wie beispielsweise Fensterbänke, Pflaster- und Mauersteine, können direkt in neuen Bauwerken eingesetzt werden. Massive Werkstücke wie beispielsweise Grabmale können als Rohstoff für neue Natursteinprodukte dienen, Fassadenplatten als Bodenbeläge im Gartenbereich usw. Darüber hinaus können unbrauchbare Natursteinplatten zu Schotter und Split verarbeitet werden.

4. Verlängerung von Bauprodukten und Baukonstruktionen

Naturwerksteine weisen ungewöhnlich hohe Nutzungsräume von bis zu mehreren Tausend Jahren auf. Natursteinbeläge mit starken Verschleißspuren können einfach abgeschliffen werden, so dass wieder quasi neuwertige Beläge entstehen.

5. Gefahrlose Rückführung der Baustoffe in den natürlichen Stoffkreislauf

Naturwerksteine enthalten keinerlei Schadstoffe und können ohne Probleme wieder in den natürlichen Stoffkreislauf eingefügt werden.¹

.....
1 DEAB Baden-Württemberg; Natursteine nachhaltig beschaffen: für Umweltschutz u. Menschenrechte, S. 6-7

a

Lagerstätten und Transformation von Naturräumen

Die Erschließung von Natursteinvorkommen hat stets eine deutliche Landschaftsveränderung zur Folge. Um das Gestein abbauen zu können müssen in den meisten Fällen zunächst teils mehrere Schichten Humus sowie Mutterboden abgetragen werden. Für dessen Zwischenlagerung muss gesorgt werden. Dieser Boden wird nach Beendigung des Abbaus wieder für die Renaturierung benötigt. Auch fallen beim Abbau der Blöcke Staub und Abraum in erheblichen Mengen an. Dieser Abraum zeigt sich z.B. in Carrara für die Verschmutzung von Bächen und Flüssen verantwortlich. Hier lagert sich der Staub, der beim Sägen der Blöcke entsteht, in den Flussbetten ab und hat so massive Auswirkungen auf die Lebensräume und Biokulturen der Flüsse.

In Europa lassen sich neue Vorkommen nur mit strengen behördlichen Auflagen erschließen. Dadurch fallen allerdings zusätzliche Kosten an, die in Ländern mit billigem Natursteinabbau nicht entstehen.

Um Raubbau an der Natur zu verhindern sind Unternehmen oft gezwungen sowohl Überprüfungen der Luftqualität durchzuführen als auch Lagerstätten für den Abraum bereit zu halten und für eine Rekultivierung nach beendetem Abbau zu sorgen. Die Rekultivierung von Abbaustätten kann im besten Fall positive Auswirkung auf die Artenvielfalt erzeugen.

b

Schadstoffbelastung

Natursteine weisen trotz ihrer natürlichen Zusammensetzung einen geringen Gehalt an Schadstoffen auf. Der Einsatz lässt sich trotzdem nicht von dieser Thematik trennen. Zu berücksichtigen sind dabei im Gestein gebundene Schadstoffe und die Bearbeitungsmethoden die zur Freisetzung von Schadstoffen führen beziehungsweise diese auch in das Gestein mit einbringen können.

Diese Schadstoffe stellen eine in der Regel höhere Gefahrenquelle dar als die im Gestein gebundenen Stoffe.²

Während der Verarbeitung besonders quarzhaltiger Gesteine, wie etwa dem Buntsandstein, werden Stäube freigesetzt die sich in der Folge für Allergien und Hautreizungen verantwortlich zeigen. Massiver werden die Krankheitsbilder wenn dieser Staub in die Lunge gelangt und dort zur sogenannten Quarzstaublunge, der Silikose führen kann. Seit Jahrzehnten dürfen Natursteine in Deutschland daher nur nass bearbeitet werden und Stäube müssen direkt abgesaugt werden. In Exportländern wie Indien oder China sind diese Arbeitsschutzrichtlinien häufig nicht zu garantieren, auch wenn sich dort sehr professionelle Abbaubetriebe etabliert haben.³

c

Internationaler Handel und Transport

Transporte von Natursteinen sind maßgebender Faktor in der ökologischen Bilanz des Baustoffes Naturstein. Die enge räumliche Verknüpfung von Abbaustätte und Baustelle war in der Vergangenheit eine Konsequenz des enormen Gewichts des Rohmaterials als auch der Werksteine. Dieser Umstand erschwerte früher den

.....
2 Vgl. Ansgar Schulz u. Benedikt Schulz: Atlas Naturstein, 2019, S. 95

3 Vgl. DEAB Baden-Württemberg: Natursteine nachhaltig beschaffen: für Umweltschutz u. Menschenrechte, S. 18

Transport von Naturstein, was dazu führte, dass dieses Baumaterial einen hohen Wert besaß und deshalb im Wesentlichen repräsentativen Bauvorhaben vorbehalten war.

Ein globalisierter Wirtschaftsraum negiert diesen Umstand und führt dazu, dass Naturstein Produkte ungeachtet ihrer Herkunft, überall zur Verfügung stehen. Die ökonomischen Zwänge des Transports entfallen mittlerweile. Vielmehr schlagen die Lohnkosten bei der Bearbeitung von Natursteinen ins Gewicht. Dies führt zu einer Verlagerung der Bearbeitung von Natursteinen in Billiglohnländer. Der Anteil Chinas an der Weltproduktion von Naturstein beträgt 30 %. Dabei werden nicht nur vor Ort abgebaute Natursteine verarbeitet. Aufgrund der niedrigen Produktionskosten wird Rohmaterial importiert, verarbeitet und wieder exportiert. Diese Strategie besitzt globale Ausmaße. So werden auch Natursteine aus Europa in China zu Produkten verarbeitet und anschließend wieder exportiert. Die extreme Abhängigkeit von Lohnkosten in der Natursteinproduktion fördert den globalen Handel und examiniert die massiven ökologischen Nachteile. Der Deutsche Naturwerksteinverband gibt in einer Studie die klimawirksamen Emissionen durch den Transport mit dem Faktor 60 gegenüber dem Bezug von nationalen Produkten an.⁴

Diese massiven Einwirkungen des Transportes auf die CO² Emissionen zeigt auch eine LCA zu Wandsystemen. Diesen Berechnungen zufolge verursacht der Transport über eine Entfernung von maximal 50km bereits zusätzlich mehr als 50 Prozent des durch den Abbau und die Verarbeitung von Naturwerksteinen entstandenen CO² Äquivalent.⁵

d

Lebensdauer

Die Lebensdauer von unbehandelten Natursteinkonstruktionen beziffert das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen auf 60 – 250 Jahre und im Mittel auf 80 Jahre. Das heutige Wissen über das Materialverhalten von Natursteinen geht weit über historisches Wissen hinaus, was zusätzlich die bisher erreichte Langlebigkeit der Bauten und Bauteile weiter steigern und vor allem sicherstellen lässt. Die Dauerhaftigkeit des Gesteins wird im wesentlichen durch dessen Rohdichte, Festigkeit und Oberflächenhärte bestimmt. Zudem widerstehen sie bei fachgerechter Lagerung Witterungseinflüssen sowie Frost. Auch spezifische Eigenschaften wie Salzresistenz oder andere chemische Effekte lassen sich heute besser erforschen, was unser Wissen über den richtigen Umgang weiter steigert. Der nachhaltige Einsatz von Natursteinen wird im Wesentlichen durch zwei Themen bestimmt. Zum einen gilt es die Umweltwirkungen über den gesamten Lebenszyklus des Gesteins zu betrachten, andererseits um die Folgewirkungen in Konstruktion und Nutzung des Baustoffs.⁶

4 Vgl. A. Schulz u. B. Schulz, S. 89

5 Vgl. Dimitra Ioannidou; Stefano Zerbi; Guillaume Habert: When more is better, Comparative LCA of wall systems with stone, 2014, S. 635

6 Vgl. A. Schulz u. B. Schulz S. 88

Sämtliche Produkte aus Naturstein sind grundsätzlich wieder in den natürlichen Stoffkreislauf rückführbar. Entscheidend hierzu ist allerdings der Verzicht auf chemische Behandlung des Gesteins sowie die Behandlung mit Bioziden.

Monolithische Bauteile aus Naturstein können nach Ablauf des Lebenszyklus eines Gebäudes ohne aufwendige Sortierung und Trennung von Baustoffen, wie zum Beispiel beim Stahlbeton, wieder rückgebaut und so wieder problemlos in den Stoffkreislauf rückgeführt werden. Optimalerweise wird kein Mörtel mit chemischen Zusätzen oder Kleber für die Konstruktion verwendet. So gelangen keine Schadstoffe in das Gestein, welche die spätere Weiterverarbeitung unter Umständen belasten.

Des Weiteren ist der Zustand des Bauteils zu prüfen. Dabei gilt das Hauptaugenmerk der Tragfähigkeit des Bauteils. Sollte es beispielsweise an den Lagerschichten des Gesteins Brüche aufweisen ist dieses Bauteil nicht mehr als tragendes Bauteil zu verwenden. Hieraus könnten jedoch dann kleinere Blöcke geschnitten werden.

Es gilt, je Größer die Bauteile desto einfacher die Weiterverarbeitung zu neuen Bauteilen.

Kleine Bauteile oder Bruchstücke können zu Kies, Schotter oder Sand weiterverarbeitet werden und finden so zum Beispiel auch im Straßen- oder Landschaftsbau wieder Verwendung.⁷

Das Resümee zur Nachhaltigkeit von Natursteinprodukten fällt also allgemein positiv aus. Unter sachgemäßer Handhabung und Berücksichtigung kurzer Transportwege, sowie der beispiellosen Langlebigkeit von Bauteilen aus Naturstein, erscheint diese Material auch als ein Baustoff der Zukunft betrachtet werden zu können. Von rein wirtschaftlich motivierter Entscheidungsfindung sollte allerdings abgesehen werden. Denn dies fördert den globalen Steinhandel mit günstigen, in der Regel unter gravierenden Umweltauswirkungen und nicht vertretbaren Arbeitsbedingungen, abgebauten Baustoffen. Zudem fördern Bauwerke aus Naturstein im lokalen Kontext die Diversität von Kulturlandschaften und stiften Identität, auch regionale Spezifik.

.....
7

Vgl. Deutscher Naturwerkstein-Verband, BT1 Wissenswertes über Naturstein 2011 S. 12

Abb. 5, Abbaustätten in Carrara



Abb. 6, Offenes Lager des Schwarzwälder Buntsandsteins



Man differenziert Gesteine in zwei Kategorien, natürliche und künstliche Steine. Unterschieden werden diese Kategorien zwischen den der Natur entnommenen und dem vom Mensch hergestellten Stein. Natürliche Steine sind solche, die in der Natur vorkommen, welche direkt zu verwenden sind und nur durch eine äußere Bearbeitung mit geeigneten Werkzeugen in eine brauchbare Verwendungsform gebracht werden. Natürliche Gesteine lassen sich aufgrund ihrer Beschaffenheit und Entstehung in drei geologische Kategorien einordnen. Man unterscheidet hierbei zwischen Eruptivgesteine, Sedimentgesteine und Kristalline Schiefer. Der Buntsandstein zählt zu den Sedimentgesteinen, also den Gesteinen, deren Entstehung durch Absetzung und Verdichtung von quarzhaltigen Erdschichten erfolgt.¹

a

Vorkommen und Eigenschaften

Grundsätzlich verfügt nahezu jedes Land über Vorkommen an natürlichem Gestein. Die Lagerstätten unterscheiden sich dabei deutlich und sind deshalb Bedingung für eine geologische sowie ökologische und nicht zuletzt ökonomische Nutzbarkeit der Gesteine. Gerade die Mittelgebirge Südwestdeutschlands halten eine vielfältige Ressource an natürlichen Gesteinen bereit.

Der seit etwa 1780 verbreitete Begriff „Buntsandsteins“ bzw. „bunter Sandstein“ bezeichnet sowohl einen für die Steinindustrie wichtigen charakteristischen Gesteinstypus als auch einen erdgeschichtlichen Zeitabschnitt.

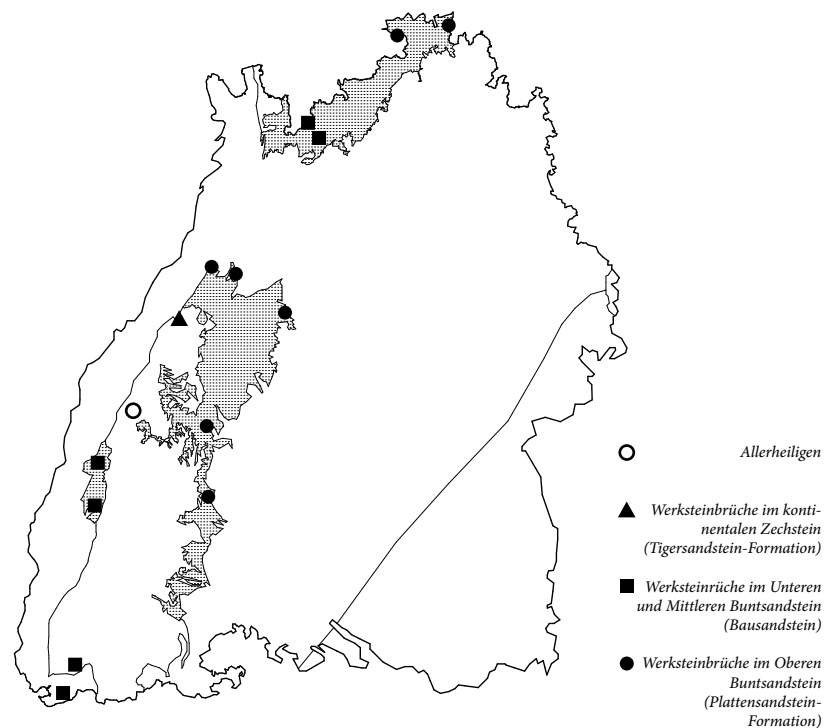


Abb. 7, Karte über die Vorkommen des B.Sandsteins in B.-W.

1 Vgl. Ansgar Schulz u. Benedikt Schulz: Atlas Naturstein, 2019, S. 12-14

Die Verbreitung der erdgeschichtlichen Einheit des Buntsandsteins mit den überwiegend roten, mächtigen Sandsteinpaketen zeigt sich vorwiegend östlich der Kristallingebiete des Schwarzwalds und des Odenwalds, sowie in den tektonischen Schollen der Lahr-Emmendinger-Vorbergzone und im Südschwarzwald am Rand des Oberrheingrabens.² Die Fläche der von Buntsandstein bedeckten Gebiete beträgt laut der LGRB inklusive der Vorkommen an Tigersandstein ca 2900 km². Im Schwarzwald selbst beträgt die Mächtigkeit der Vorkommen an Buntsandstein nur wenige Zentimeter, da durch Erosion die Gesteinsschichten in die Randgebiete des Schwarzwaldes gedrängt wurden. In diesen Randgebieten wie dem Lahr-Emmendinger Gebiet beträgt die Mächtigkeit bereits 200m. Im Nordschwarzwald und am Nordrand des Nordschwarzwaldes schwillt die Mächtigkeit dann bereits auf 150m bis zu 400m an. In der Publikation Naturwerksteine aus Baden – Württemberg werden die Merkmale des Buntsandsteins wie folgt dargestellt.

*Überwiegend fester Quarzsandstein mit lateral meist geringer Schwankung in der Gesteinszusammensetzung
Meist kräftig und monoton rot gefärbt, seltener gelblich, bräunlich oder weißlich gefleckt oder gestreift,, oft bräunlich oder braunschwarz gesprenkelt (Limonit, Wad)
Überwiegend in dicken Bänken und in weit aushaltenden, mächtigen Lagerstätten (mehrere Zehnermeter, teilweise bis 100m) auftretend.
In den Werksteinbänken oft massig wirkend, meist gut korngroßensortiert.
In den mittel- bis grobkörnigen Sandteintypen überwiegend „kieselig“ gebunden, d.h. Durch Quarz verkittet oder durch Quarzanwachssäume und stark suturierte Korngrenzen fest gebunden: gutes Bau- und Werksteinmaterial, meist langfristige Witterungsbeständig.
In den feinkörnigen, dann überwiegend kräftig roten bis violettroten und hellglimmerreichen Typen (besonders im Plattensandstein) tonig-ferritisch, auch fleckenhaft kieselig gebundenen: gutes Bildhauermaterial mit geringerer Witterungsbeständigkeit.
Unregelmäßiges Auftreten von bei der Bearbeitung störenden Einschaltung von Quergeröllern und kräftig roten Tonsteingeröllern oder -linsen („Gallen“); sie können in allen Niveaus unvermittelt auftreten (auch wenn sie in bestimmten deutlich angereichert sind) und lassen sich nicht mit letzter Sicherheit vorhersagen. Vor der Bearbeitung von gesägten Blöcken zu aufwendigen Bildhauerarbeiten sollten daher Ultraschallmessungen durchgeführt werden.³*

Der rote Buntsandstein ist also ein Gestein das grundsätzlich über eine homogene Zusammensetzung verfügt und nur geringe Unregelmäßigkeiten aufweist. Was sich auch in der gleichmäßigen (roten) Färbung des Gesteins ausdrückt – der Tigersandstein mit seinen gelblich und bräunlichen Ablagerungen wird hierbei ausgenommen.

b

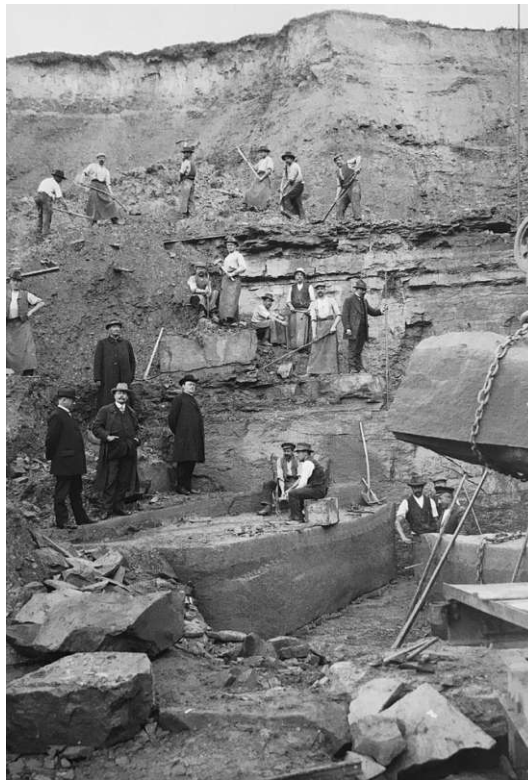
Abbau

Der Gesteinsabbau wird im allgemeinen Sprachgebrauch als solcher benannt. Aber auch die Begriffe Gesteinsgewinnung, dessen Gebrauch vornehmlich in der Natursteinindustrie Verwendung findet oder der Begriff der Ausbeute beschreibt den Vorgang natürlichen Stein als Baustoff beziehungsweise Ressource aus der Umwelt

2 Vgl. W. Werner; B. Kimmig; J. Wittenbrink; H. Bock: Naturwerksteine aus Baden-Württemberg: Vorkommen, Beschaffenheit und Nutzung, 2013, S. 166 - 168

3 ebd., S. 166

Abb. 8, Sandsteinabbau Anfang des 20. Jahrhunderts in Allmendsberg



zu entnehmen.

Naturstein wird in Steinbrüchen abgebaut. Dabei entscheiden die Lage und Beschaffenheit des Gesteinsvorkommens, die spätere Verwendung des abgebauten Materials, die Wirtschaftlichkeit des Betriebs und der Naturschutz über die Sinnhaftigkeit und die Art des Abbaus.

Der Betrieb der Steinbrüche findet in der Regel im offenen Tagebau statt. In seltenen Fällen erfolgt der Abbau beispielsweise zur Gewinnung eines seltenen Gesteins unterirdisch. Auch die ganzjährige Nutzung des Bruchs oder die geringere Sichtbarkeit des Eingriffs in die Landschaft können entscheidende Faktoren für den Abbau unter Tage sein.⁴

Die angewandten Techniken zur Gewinnung müssen spezifisch der Lagerstätte entsprechend und umsichtig eingesetzt werden. Ökonomische Kriterien erfordern zudem ein zeitlich, personell und technisch effizientes Vorgehen. Daher nehmen die Methoden der Steingewinnung, trotz ihrer hohen Tradition verpflichteten Arbeitsweisen, Anleihen an technischen Entwicklungen aus anderen Handwerks- und Industriezweigen. Viele Jahrhunderte waren die Techniken des Abbaus geprägt von den üblichen Verfahren die auch schon unter den Römern in der Antike Anwendung fanden. Zeitweise gar weniger anspruchsvoll als in der Antike, in der sich bereits eine Steinindustrie, die unter standardisierten Methoden arbeitete, etabliert hatte. Erst die im 19. Jahrhundert eingeführten Sprengmittel und die gehärteten Stähle führten zu einer wesentlichen Beschleunigung des Abbaus in den Steinbrüchen.⁵

Fernand Pouillon beschreibt diesen Vorgang im zwölften Jahrhundert äußerst bildhaft.

*[...] er hatte nämlich eine Steinbank von vier Fuß Höhe freigelegt [...] einen Block von zwei Ster abgetrennt, ohne jeden Abfall. In zwei Daumen breite und vier Daumen tiefe Löcher, an den Kanten des Blockes entlang im Abstand von weniger als einem Fuß und so geradlinig wie möglich angebracht, hatte er Propfen aus trockenem Eichenholz gepreßt. Dann wurde über eine Tropfrinne aus Tonerde spärlich Wasser von der hundert Schritt entfernten Quelle herangeführt. Ein feiner Wasserfaden floß auf die Steinbank und verteilte sich in Rinnsale und kleine Wasserfälle. Das Wasser tat seinen Dienst: Das Holz quoll, und der Block wurde sauber und auf einen Schlag von der Bank getrennt. Das Spalten der Blöcke soll mit einem Verfahren versucht werden.[...] Dabei werden, [...] Keile zwischen die einzelnen Gesteinsschichten gesetzt. Dann wird der Block nach dem eisernen Winkelmaß ausgerichtet und eingekeilt. Sein Gewicht läßt die Bruchstelle da entstehen, wo der Widerstand am geringsten ist.*⁶

Die Lösung eines großen Blockes in einem horizontal liegenden Sandsteinlager beschreibt Friedrich Kempf um neunzehnhundert wie folgt. Der Block wird mittels Schwarzpulversprengung vom Lager gelöst und anschließend durch händisches Schrämen und Keilen zerlegt. Für die Sprengung werden zunächst Bohrungen vorgenommen, in die das Schwarzpulver eingeführt und gestopft wird. Dies erfolgte vorzugsweise nach der Begutachtung des Lagers an natürlich auftretenden Klüften im Gestein. Vor der Nutzung von Sprengmitteln erfolgte dies entweder mit gewässerten Holzkeilen die in die Bohrlöcher eingetrieben wurden oder durch Anlegen

4 Vgl. Ansgar Schulz u. Benedikt Schulz: Atlas Naturstein, 2019, S. 15

5 Vgl. W. Werner; B. Kimmig; J. Wittenbrink; H. Bock: Naturwerksteine aus Baden-Württemberg: Vorkommen, Beschaffenheit und Nutzung, 2013, S. 188

6 Fernand Pouillon: Singende Steine, 1999, S. 41

Abb. 9, Abbau des dickbankigen Plattensandstein in einem Steinbruch bei Dietersweiler, vermutlich in den 1960er Jahren



einer schmalen durchgehenden Kerbe, auch als Schrot oder Schram bezeichnet. Im 20. Jahrhundert brachte die Maschinenteknik eine Revolution im Industriellen Gesteinsabbau. Neue Werkzeuge wie Pressluftbohrer, hydraulische Pressen, Lastkraftwagen und maschinell betriebene Kräne brachten eine erhebliche Erleichterung der Arbeit in den Abbaustätten. NWS BW 118⁷

Die Brüche des roten Buntsandsteins in Südwestdeutschland werden ausschließlich im offenen Tagebau betrieben, da das Gestein in der Regel bereits oberflächlich, meist unter einer dünnen Humusschicht, gelagert ist. Das Gesteinsvorkommen lässt sich bereits oberflächlich aufgrund der stark rötlichen Färbung des Oberbodens erahnen. Das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau zählt in der Region um den Schwarzwald 13 Abbaustätten des Buntsandsteins. Davon befinden sich sechs Brüche noch in Betrieb während eine Abbaustätte zeitweise für die Gewinnung zugunsten der Denkmalpflege, unter anderem von der Bauhütte des Freiburger Münsters, betrieben wird. NBW 117⁸

Der Abbau in den Brüchen erfolgte in den 80er Jahren mittels Reihenbohrungen und Keilen beziehungsweise erfolgte das Abtrennen der Blöcke mittels Hydraulikbaggern. Das Keilen erfolgte zunächst mit dem Vorschlaghammer, der später durch hydraulische Hämmer ersetzt wurde. (NBW 206) Eine Ablösung des Blockes durch Sprengen jedoch beinhaltet auch heute noch die Gefahr, dass sich im gelösten Rohblock Risse bilden, welche die Nutzbarkeit des Blockes massiv einschränken. Auch Seilsägen werden zur Gewinnung eingesetzt. In den Lahr-Emmendinger Vorkommen werden so Blöcke in der Größenordnung von circa 10t gelöst, aber auch Blöcke mit über 20t sind keine Rarität. Diese Rohblöcke weisen eine Größe von mehreren Kubikmetern auf. (NBW 226)⁹. Eine neuere Methode des Abbaus bringt die Wasserstrahl Technologie mit sich. Hierdurch lassen sich bereits beim Abbau des Gesteins Werksteine in den massiven Fels einschneiden, die sich dann durch ihr Eigengewicht vom Lager lösen.

Die jeweiligen Abbaumethoden haben stets auch charakteristische Ausprägungen der Oberflächen zur Folge. Typisch sind vor allem die vertikalen Kanneluren die durch Reihenbohrungen entstehen.

c

Verarbeitung

Die Verformung von Natursteinen zu einem kalkulierbaren Bauteil beruht auf einer langen handwerklichen Tradition. Die Entwicklung des Steinmetzes als Berufsbild brachte in allen Architekturgeschichtlichen Epochen Innovation. Das Wissen um die richtige Bearbeitung und die Lagerung des Gesteins sind für den Einsatz am Bauwerk wesentlicher Bestandteil.

Prinzipiell unterscheiden sich die historischen und modernen Verarbeitungsprozesse kaum. Das im Steinbruch abgebaute Rohmaterial wird im Werk verarbeitet, auf maßhaltige Dimensionen formatiert und für den späteren Einsatz an Gebäuden konditioniert.

Dabei erreicht die Herstellung von Bauelementen aus Naturstein einen hohe Vor-

7 Vgl. W. Werner; B. Kimmig; J. Wittenbrink; H. Bock: Naturwerksteine aus Baden-Württemberg: Vorkommen, Beschaffenheit und Nutzung, 2013, S. 118
8 Vgl. ebd. S. 117
9 Vgl. ebd. S. 226

Abb. 10, Zuschnitt mit der Gattersäge



fertigungsgrad bereits ab Werk. Wodurch sich Baufortschritte schnell abzeichnen und Prozesse beschleunigt werden.

Sowohl an den Abbaustätten als auch in den verarbeitenden Betrieben ersetzen Maschinen nahezu komplett die schwere körperliche Arbeit.

Zudem werden durch automatisierte Verarbeitungsmethoden Fertigungsprozesse effizienter. Jedoch werden Natursteine aufgrund der Fülle an unterschiedlichen Gesteinsarten, des Spektrums an unterschiedlichsten Bearbeitungsmöglichkeiten, sowie die häufig individuell anzufertigenden Bauelemente für Einzelstücke in der Architektur, als auch die kaum zu garantierende Homogenität der Gesteinszusammensetzung kein typisches Industrieprodukt sein.

Werksteine

Das Prinzip der Werksteine beruht auf einer frühen Notwendigkeit der Kalkulierbarkeit des natürlichen Gesteins um die Planbarkeit innerhalb eines Konstruktionsgefüges zu gewährleisten. Bereits in der Antike wurden Normgrößen an Werksteinen etabliert. Von Werksteinen spricht man bereits wenn Rohblöcke durch mechanische Bearbeitung zu einem geometrischen Körper verformt werden. Um einen Rohblock handwerklich zu bearbeiten wird der Stein zuerst aufgebänkt.

Um den mit dem Bossierhammer roh behauenen Stein zu bearbeiten, wird der Stein zuerst „aufgebänkt“, d.h. auf eine Bank gelegt, die aus zwei Holzböcken besteht.

Der zu behauende Stein ist auf sein natürliches Lager lagergerecht, d.h. waagrecht, zu legen, denn die natürlichen Steine müssen im Mauerwerk immer auf ihrem natürlichen Lager ruhen, da sonst durch die Schräglage der Schichten Witterungseinflüsse leichter möglich sind.

Um den Werkstein maßgerecht zu behauen, muss zuerst das obere Lager zu einer waagerechten Ebene zugerichtet werden. Zu diesem Zweck wird an einer Kante ein Saum oder „Schlag“ in 2 bis 3 cm Breite mit dem Schlageisen oder Knipfel hergestellt. Der Schlag wird an der Seite waagrecht mit Richtscheit und Wasserwaage vorher so vorgehauen, dass der Riss unter der größten Vertiefung der oberen Oberfläche liegt. Um alsdann die anderen drei Säume für die obere Fläche so zuzurichten, dass sie in einer Ebene liegen, geht man wie folgt vor: Man stellt ein Richtscheit A auf den ersten fertigen Schlag und hält ein zweites Richtscheit B auf der gegenüberliegenden Seite an, dass dessen Oberkante beim Anvisieren, das man als „Versehen“ bezeichnet, mit der Unterkante der Enden des ersten Richtscheites zusammenfällt. Die Ecke c und d werden dann angerissen.

Sind nach dem Versehen die vier Schläge fertiggestellt, so ragt über diese sog. „Bosse“ hervor, der nun noch beseitigt werden muss. Die übrigen Flächen werden dann mit Zuhilfenahme eines eisernen Winkels, Seite um Seite vorgenommen und nach Maß zugehauen. Soll am Haupt der Bossen stehen bleiben, so wird an Stelle des Schlages die Kante oft nur mit einem Stemmeisen abgestemmt. Je nach der gewünschten Fläche werden die Häupter der Steine verschieden behandelt. Allgemein ist zu sagen, dass je härter der Stein, je rauher der Bossen. Je abwechslungsreicher die Mauer in Farbe und Behandlung, je lebhafter die Wirkung.

Die Herstellung von profilierten Steinen und Gesimsen ist ausschließlich Steinhauerarbeit.¹⁰

Die Herstellung von Werksteinen auf präzise definiertes Maße und Form kann direkt an der Abbaustätte sowie auch in einem verarbeitenden Betrieb erfolgen.

Wo dies geschieht ist abhängig von der Komplexität und der Dimensionen der herzustellenden Bauteile.

Für das Zurichten eines Blockes wird der Rohblock aufgesägt bzw. zugeschnitten. Entscheidende Faktoren für die Wahl der Art des Zuschnitts sind die Verwendung des Endprodukts und die Komplexität der Geometrie sowie die benötigten Dimensionen. Zudem ist bei Natursteinen wie dem Buntsandstein mit seinem durchaus ausgeprägten Lager auf die entsprechende Schnittführung zu achten. Das Lager eines Werksteines hat entscheidenden Einfluss auf die statische Nutzbarkeit des fertigen Produkts. Besonders bemerkbar macht sich dies bei biegebeanspruchten Bauteilen.

Unterschieden wird zwischen Schnitten „mit“ oder „gegen“ das Lager bzw. parallel oder rechtwinklig zum Lager. Auch das Erscheinungsbild lässt sich durch entsprechende Schnittführung beeinflussen. So ergibt sich bei Blöcken die mit dem Lager geschnitten werden eine gleichmäßige wolkige Oberfläche. Bei der Schnittrichtung gegen das Lager zeichnen sich die einzelnen Schichten ab.

Für den Zuschnitt von großformatigen Blöcken sorgen Blockkreissägen oder Diamantgattersägen.¹¹

Oberflächen

Die Bearbeitung der Oberflächen des Gesteins sind maßgebend für die spätere Erscheinung des Bauwerks. Strukturierte Oberflächen vermitteln zum einen eine Maßstäblichkeit des Gebauten zugleich sind sie Mittel zur Gliederung von Oberflächen. Auch steigern sie die plastische Wirkung der Gesteinsoberfläche durch Erhöhungen und Vertiefungen. Die maschinelle Bearbeitung des Baustoffs erlaubt dazu mittlerweile eine fast unerschöpfliche Vielfalt. Auch die oberflächlichen Bearbeitungstechniken sind in Normen definiert. Gängige Bearbeitungsmethoden sind zum Beispiel das Scharrieren, Bossieren, Stelzen oder das Zahn.

Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt allerdings auf den prozesshaften Oberflächen Charakteristika. Also die durch den Abbau und das Zurichten der Werksteine erzeugten charakteristischen Bearbeitungsspuren, die in sofern interessant sind, als dass sie dem Betrachter einen Eindruck der zurückgelegten Arbeitsprozesse vermitteln.

Digitale Bearbeitung

In den vergangenen Jahren haben sich auch in der Natursteinindustrie Digitale Bearbeitungsprozesse etabliert. Auch wenn das Bearbeiten von Natursteinen grundsätzlich sehr traditionellen Handwerkstechniken verpflichtet scheint. Digitale Verarbeitungsmethoden ermöglichen ein breites Spektrum zur Überformung von natürlichem Gestein das in vielen Fällen durch seine homogene Zusammensetzung eine nahezu kompromisslose Bearbeitung zulässt. Diese Entwicklung durch die digitalisierte Bearbeitungsmethoden ermöglicht die Herstellung geometrisch hoch spezifizierter Bauteile, was in der Folge natürlich einen erhöhten Arbeits- und Planungsaufwand bedingt. Durch diese digitalisierten Prozesse lassen sich herkömmliche Konstruktionsprinzipien neu denken.

11

Vgl. A. Schulz u. B. Schulz, S. 18,19

Planungsgrundlagen

Die Literatur der Baukonstruktion wird hauptsächlich durch Normen und Regelwerke bestimmt. Auch für das Bauen mit Naturstein sind diese unablässig. Der Umfang an Regeln und Normen ist allerdings verglichen mit anderen Baustoffen übersichtlich. Die in Deutschland relevanten Normen für das Bauen mit Naturstein finden sich nahezu alle in der „DIN-Normensammlung Naturstein“. (Atlas Naturstein 2019 37) Massive Bauteile aus Naturstein werden insbesondere in der DIN EN 12059 geregelt. Zudem liegen Publikationen des Deutschen Naturstein Verbandes (DNV) für bautechnische Informationen von Naturwerksteinen vor.

In der Entwurfs- und Ausführungsplanung sollten bereits früh entschieden werden, welchen Zweck der Naturstein für den Bau einnehmen soll. Dabei ist wichtig zu klären, ob tragende Bauteile aus Naturstein gefertigt werden oder dem Entwurf eine hybride Bauweise zu Grunde liegt, dessen Tragfunktion andere Baustoffe einnehmen und dem Naturstein vornehmlich gestalterische Aufgaben zugeordnet werden. Tragende Bauteile und monolithische Konstruktionen aus Naturstein stellen in der zeitgenössischen Architektur eher einen Ausnahmefall dar. Zum einen widersprechen sie durch ihre nicht zu garantierende Homogenität der Zusammensetzung, der zunehmenden industriellen Fertigung und Vereinheitlichung von Bauteilen in der Baubranche und zum anderen stellt das Risiko erhöhter Kosten einen nicht zu vernachlässigenden Faktor dar. Seit einigen Jahren zeigen jedoch diverse Beispiele wie sich ein zeitgenössischer Umgang mit diesem klassischen Baustoff in einer monolithischen Konstruktionsweise darstellen kann.¹

Physikalische Eigenschaften und Konstruktive Notwendigkeiten

Für die Relevanten Abbaustätten Lahr-Emmendingen, Freudenstadt/Loßburg, Tiefenbronn und Seedorf liegen umfangreiche Messdaten zur Rohdichte, Druckfestigkeit, sowie Werte zur Wasseraufnahme vor. Aus diesen Messungen lassen sich Richtwerte definieren. Somit lassen sich folgende Werte festlegen:

Rohdichte	Druckfestigkeit	Wasseraufnahme	s-Wert
2,20 - 2,52 g/cm ³	81,5 - 152 MPa	2,69 - 5,2 M-%	0,56 - 0,75

2

Die vorliegenden Daten zeigen in Abgleichung mit der DIN V 4108-4 eine für Sandsteine mittlere Rohdichte, jedoch eine deutlich erhöhte Druckfestigkeit (Sandstein 30-150 MPa). Dadurch eignen sich natürliche Gesteine als Baustoff vor allem für auf Druck belastete Bauteile, und stellen so eine absolut ökologische Alternative zum häufig verwendeten Stahlbeton dar.

1 Vgl. Ansgar Schulz u. Benedikt Schulz: Atlas Naturstein, 2019, S. 38, 39

2 Mittelwerte aus Fachliteratur W. Werner; B. Kimmig; J. Wittenbrink; H. Bock: Naturwerksteine aus Baden-Württemberg: Vorkommen, Beschaffenheit und Nutzung, 2013, S. 167- 234

Zudem ist eine zwar für Sandsteine mittlere Wasseraufnahme zu erwarten, allgemein ist diese jedoch im Vergleich zu vielen anderen Gesteinen wesentlich höher. Auch der s-Wert deutet auf eine zwar ausreichende Frostsicherheit hin, lässt aber auch darauf schließen, dass häufige Durchfeuchtung und Frost-/Tauwechsel eine wesentliche Problematik darstellen können. Das typische Abblättern und Abschälen paralleler Schichten ist bei exponierten frostanfälligen Bauteilen zu erwarten. Für die Fundierung ist der Buntsandstein folglich ungeeignet. Auch eine historische Betrachtung stützt diesen Eindruck. Fundamente wurde in erster Linie aus härteren witterungsbeständigen Gesteinen wie vornehmlich Graniten errichtet.

Trägheit und thermische Phasenverschiebung

Durch die hohe Rohdichte natürlicher Gesteine halten besonders monolithische Bauteile bzw. Gebäude ein hohes Maß an Speicherkapazität bereit. Dies hat zur Folge, dass das Gestein über den Verlauf des Tages und der Nacht Wärme aber auch Kälte speichert. Die gleichzeitig erhöhte Trägheit führt zu einer Aufnahme der Raum bzw. Außentemperatur über mehrere Stunden. Die durch die Trägheit des Baustoffs Stein entstehende Phasenverschiebung ermöglicht in der Folge die aufgeladenen Bauteile zur Erwärmung oder Kühlung der veränderten Umgebungstemperatur zu nutzen. Dieses Prinzip lässt sich sowohl für Innen- als auch Außenräume anwenden. Besonders im städtischen Raum könnten monolithische Gebäude aus Naturstein so einen wesentlichen Beitrag zur Kühlung der zunehmend unter Überhitzung leidenden Innenstädte leisten. In Innenräumen reduziert die Phasenverschiebung massiv den nötigen Wärme bzw. Kälteeintrag durch Heiz- und Kühlsysteme. Auf zusätzliche Dämmung ist allerdings nicht zu verzichten, da das Gestein sonst die Wärme aus Innenräumen nach Außen transportieren würde. Sandstein verfügt über einen ungünstigen Lambda Wert von im Mittel 2,3. Dadurch ist er vergleichbar mit Stahlbeton. Einen der EnEv entsprechenden U-Wert ließe sich nur mit einer Bauteildicke von mehreren Metern realisieren. Mehrschalige Aufbauten bei denen allerdings das Gestein tragenden Funktion übernimmt und für die thermische Hülle eine Wärmedämmschicht eingezogen oder eine hybride Substruktur eingebracht wird, ermöglichen eine den Normen zur Wärmedämmung gerechte Bauweise.³

Vorgespannte Bauteile

Tragende Bauteile im Hochbau benötigen in Deutschland stets einen statischen Einzelnachweis. Jedes Bauteil muss entsprechend seiner statischen Beanspruchung Richtwerte erfüllen. Dieser Tatsache geschuldet müssen monolithische oder zusammengesetzte Bauteile aus Naturstein vorgespannt bzw. bewährt werden. Dies trifft sowohl auf vertikale Tragelemente wie Stützen oder Pfeiler zu als auch auf horizontale Tragelemente wie Stürze oder Träger.

Bei vertikalen Tragelementen wird mit der Bewehrung vor allem gegen das Knicken von Bauteilen gesichert. Da Natursteine nur geringe Biegekräfte aufnehmen können werden horizontale Tragelemente die in der Regel vor allem auf Biegung beansprucht werden durch die Vorspannung auf Druck belastet.

Zahlreiche Erfahrung mit vorgespannten Bauteilen gibt es vor allem im Straßen

3

Vgl. Deutscher Naturwerkstein-Verband, BTI Bauchemische u. bauphysikalische Einflüsse Außenarbeiten, 1995 S. 16-18

und Wegebau. Dort ließen sich in den vergangenen Jahren Brücken aus massiven vorgespanntem Granit mit Längen von bis zu 19 Meter und einer Dicke von lediglich 45 Zentimetern realisieren.

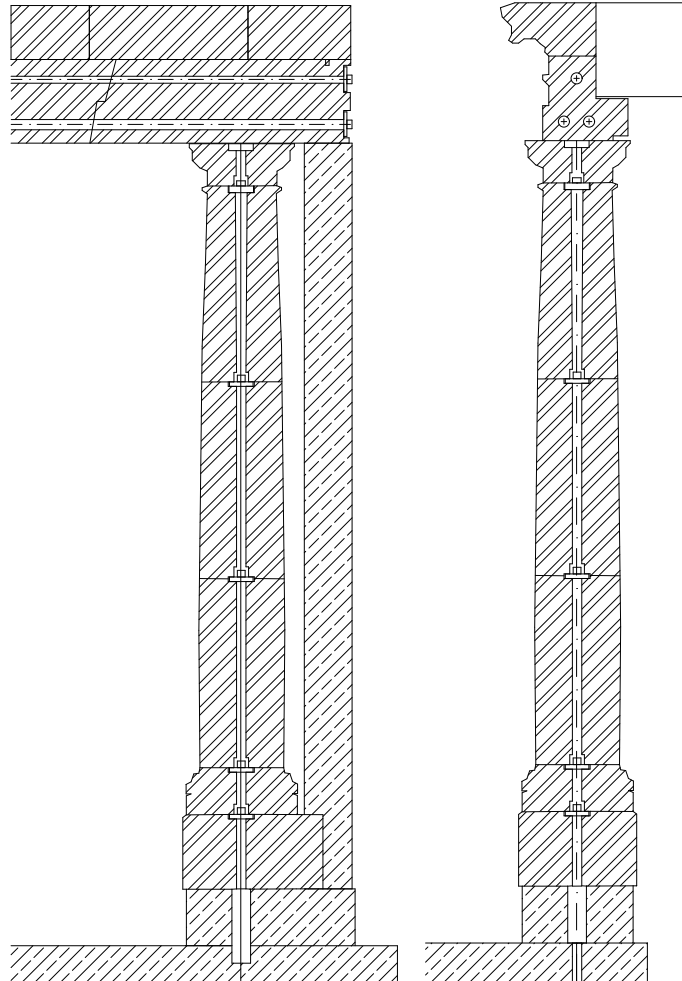


Abb. 11, Vorspannung am Beispiel des Berliner Schlosses

Aber auch im Hochbau findet diese statische Ertüchtigung des natürlichen Materials Stein Anwendung. Prominente Beispiele sind unter anderem die Sagrada Familia oder die Rekonstruktion des Berliner Schlosses.

Vorgespannte Bauteile wie Stützen oder Träger können aus einem oder mehreren Werksteinen bestehen. Dazu wird der Stein zunächst durchbohrt. Anschließend wird in diese Bohrung ein Gewinde aus rostfreiem Stahl eingebracht. Dieses Gewinde kann unter Umständen, um Korrosionsschäden vorzubeugen, zusätzlich mit Kunststoff ummantelt werden. Das Gestein wird nun durch die Verschraubung mit der Gewindestange mit der nötigen Kraft zusammengespannt. Um großer Spannweiten oder besonders stark auftretende Belastungen aufzunehmen kann zusätzlich, über einem Vorgespannten Sturz, ein sogenannter Entlastungsbogen eingesetzt werden. Dieser darf allerdings nicht kraftschlüssig mit dem vorgespannten Bauteil verbunden sein.⁴

.....
4 Vgl. Deutscher Naturwerkstein-Verband, BTI S. 19 - 20

Immer frei und unvoreingenommen zu bleiben muss der Baumeister alle Techniken studieren. Holz erlaubt ihm große freitragende Flächen, Gsimse und Vorsprünge. Stein dagegen zwingt ihn zu strengster Statik. [...] Wenn er immer nach dem von ihm bevorzugten Charakter sucht, so werden unter den verschiedensten Ausdrucksformen alle Menschen seine Werke wiedererkennen. Wie eine tiefe Weisheit wird seine Seelenkraft ihm Hand und Auge führen.¹

Das Konstruieren und Entwerfen mit natürlichem Stein unterliegt einer dem Material eingeschriebenen Logik. Gilles Perraudin vergleicht diese Einschränkungen mit dem Ansatz der „Oulipo“. Wonach jeder Regulierung eine befreiende Wirkung innewohnt. Es ist eine Emanzipation von der Obsession nach ständiger Erneuerung und der Verstrickung in Formalitäten. Diese Befreiung bietet das Potenzial der Vereinfachung und der Fokussierung auf die Grundlagen der Architektur - *Materie, Rhythmus, Proportion und Licht*.²

Gerade das Werk von Pouillon ist von außerordentlicher Bedeutung. Ist doch der Ausdruck seiner Architektur untrennbar mit dem Material Stein verbunden.

Die Architektur des tektonischen Steins ist auch und vor allem eine Architektur der Zahlen. Der Modulare Gedanke spiegelt sich sowohl in der Arbeit Pouillons als auch in der Gilles Perraudins wieder.

Dieses systematische Herangehensweise Pouillons lässt sich sehr gut am Beispiel des Climat de France darstellen. Mit der Zahlenreihung von 1 bis 9 lässt sich das gesamte Gebäude gedanklich rekonstruieren

1 was the dimension of the pillars and the height of a base; 2 the space between the pillars; 3 the measurements of the monolithic lintel; 4 the width of the portico; 5 multiplied by 8 the width of the square; 6 multiplied by 40 (the width of the square) its length; 7 multiplied by 40 the length overall; 8 the height of the pillars; 9 the height of the portico³

Diese Hegemonie des Modularen erzeugt klare Proportionen und richtet den Fokus des Entwerfens auf die Rhythmisierung von Materie und Leere sowie die Ordnung der Elemente zum Raum.

Im Folgenden werden die Konstruktiven Elemente der Architektur untersucht und nachvollzogen. Der Umgang und Einsatz der architektonischen Elemente wird anhand historischer und zeitgenössischer monolithischer Naturstein Konstruktionen dokumentiert. Dies stützt sich im Wesentlichen auf diverse Arbeiten von Fernand Pouillon und Gilles Perraudin als auch auf historische Referenzen der Kulturlandschaft Schwarzwald.

1 Fernand Pouillon: Singende Steine, 1999, S. 102

2 Gilles Perraudin: Tec21: Bauen mit Naturstein [46]: Schlicht und Genügsam, <https://www.espazium.ch/de/aktuelles/schlicht-und-genugsam>, zuletzt aufgerufen 10.12.2021

3 Adam Caruso, Helen Thomas: The Stones of Fernand Pouillon, S. 74 u. 75

Abb. 12, Bauarbeiten Wohnanlage in Meudon-La Foret, Paris



vertikale Tragelemente

Stützen sind Grundelemente der abendländischen Architekturgeschichte. Sie sind stabförmige, vertikal orientierte Elemente die per se keinen Raum umschließen in der Addition allerdings wesentlich subtiler Räume definieren. Wie an Wänden und Mauern zeigt sich auch hier die hohe Belastbarkeit auf Druck als Qualität natürlicher Gesteine. Allerdings tritt durch die Drucklasten in Längsrichtung die Gefahr des Ausknickens auf. Dies ist also die maßgebende Grundlage zur Dimensionierung des Querschnittes einer Stütze. Grundsätzlich werden Stützen durch ihre geometrische Ausformung Pfeiler, Säule, Pfosten, Ständer oder Stiel definiert.

Stützen aus Naturstein werden aufgrund ihrer enormen Querschnitte als Pfeiler (eckig) und Säule (rund) bezeichnet. Im Verband mit einem Mauerwerk ist auch von Pilaster oder Halbsäule die Rede.

Monolithische Pfeiler aus natürlichem Stein finden sich mit Ende des 19. Jahrhunderts immer seltener. Spätestens in der seit der Nachkriegszeit alles dominierenden Moderne verschwinden sie. Im Werk von Fernand Pouillon sind sie ein immer wiederkehrendes Element das viele seiner Bauten prägt. Klare vertikale Strukturen kennzeichnen diese Bauten. Es sind zumeist aufgeschichtete Quader die im Ganzen mehrgeschossige Pfeiler bilden. Die Frage ob einteiliger, mehrteiliger oder gemauerter Pfeiler bzw. Stütze lässt sich durch mehrere Einflüsse beantworten. Begrenzender Faktor ist das Rohmaterial selbst. Für monolithische Stützen muss es in ausreichender Größe vorhanden sein. Allerdings erschwert der zu erwartende logistische Aufwand die Herstellung monolithischer Stützen. Mehrteilige Stützen sind einfach herzustellen. Kleinere Dimensionen von Werksteinen müssen verarbeitet und transportiert werden. In der Antike war dies die gängige Bauweise für die Säulen griechischer Tempel. Diese bestanden aus mehreren aufeinander gesetzten Trommeln. Gemauerte Stützen hingegen sind auch mit Mauerwerken kompatibel. Sie können aus äußert kleinen Werksteinen errichtet werden.

An der Klosterkirche in Alpirsbach sind sowohl mehrteilige Säulen als auch gemauerte Pfeiler anzutreffen. Tatsächlich sind einteilige Pfeiler oder Säulen im Schwarzwald nicht zu sehen. Dies dürfte vor allem am unwegsamen Gelände, das durch hohe Gipfel und enge Schluchten bestimmt ist, liegen, was den Transport deutlich erschwerte. Auch die Notwendigkeit des statischen Einzelnachweises in Deutschland limitiert die Errichtung von Pfeilern oder Stützen. Dies erfordert eine zusätzliche Bewehrung aus Stahl. Der Stein wird also gebohrt und durch diese Bohrung ein Stahlgewinde geführt. Somit wird der Stein durch die Verschraubung vorgespannt. Dies sichert den Pfeiler oder die Stütze vor dem Knicken. Diese Problematik sorgt auch dafür das zusammengesetzte Stützen einfach zu realisieren sind, weil kleinere Bauteile durchbohrt werden müssen.

Im Nachbarland Frankreich realisierte Gilles Perraudin am Weinlager Vauvert gänzlich monolithische einteilige Pfeiler ohne Vorspannung. Die Konstruktionsweise von Mauerwerkspfeilern wäre daher wohl die naheliegende Methode eine Stütze zu errichten, da sie normativ der Ausführung von tragenden Wände zuzuordnen wäre. Als Basis für die Mindestanforderungen dient hierzu die Norm DIN EN 1996-1-1, wonach der Querschnitt mindestens $0,1 \text{ m}^2$ beträgt. Bei einer geforderten Wandstärke entspräche der Querschnitt $24 \times 42 \text{ cm}$. Für einen quadratischen Pfeiler betrüge folglich der Mindestquerschnitt $32 \times 32 \text{ cm}$.¹

1
Vgl. Ansgar Schulz u. Benedikt Schulz: Atlas Naturstein, 2019, S. 41-42

Abb. 13, Wohnanlage in Meudon-La Foret, Paris
Fernand Pouillon 1959



Abb. 14, gemauerter Pfeiler
Klosterkirche Alpirsbach



Abb. 15, einteilige Pfeiler
Weinlager in Vauvert
Gilles Perraudin

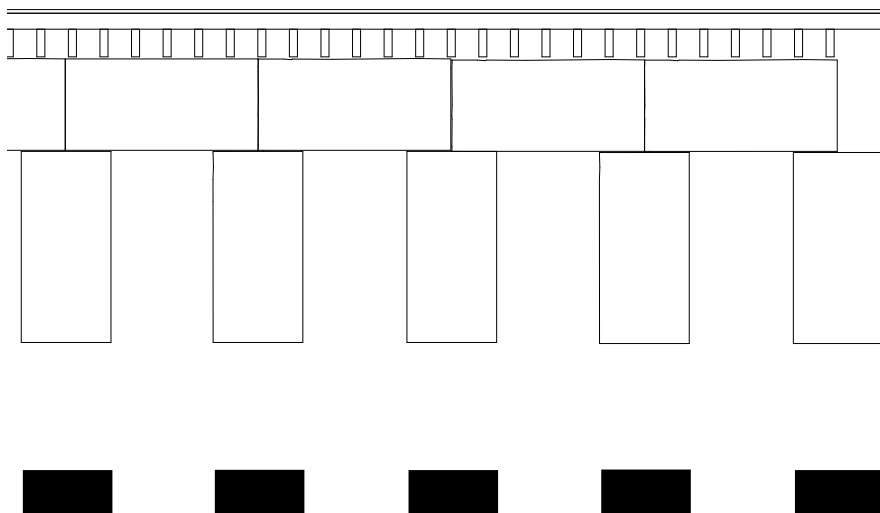


Abb. 16, mehrteilige Pfeiler
Wohnkomplex *Climat de France* in Algier,
Fernand Pouillon 1954

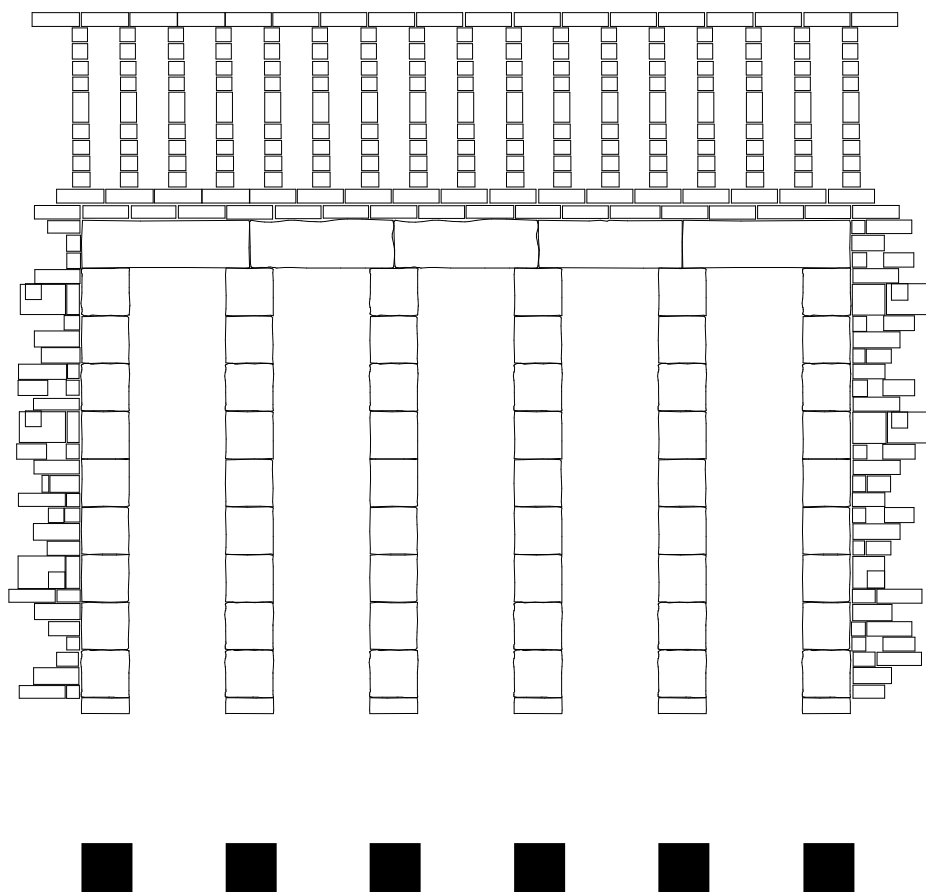


Abb. 17, Wohnkomplex *Climat de France* in Algier,
Fernand Pouillon 1954



*Abb. 18, mehrteilige Pfeiler
Wohnanlage in Meudon-La Foret, Paris
Fernand Pouillon 1959*





*Abb. 19, mehrteilige Pfeiler
Weinlager in Vauvert
Gilles Perraudin*

Mauern und Wände

Zu genaueren Betrachtung der Ausprägung von Mauern und Wänden bedarf es einer präzisen Definition der Begriffe. Wände sind zugleich tragende Struktur als auch raumumschließendes Element sowie Fassade. Diese Definition gibt noch keine Auskunft über die Beschaffenheit, bzw. die Materialität. Mauerwerke hingegen lassen sich als handwerklich gefügte Konstruktionen aus natürlichem oder künstlichem Stein definieren. Sie sind auch statisches Element zur Lastabtragung. Wände aus massivem Stein lassen sich am besten als Mauerwerke ausbilden.

Die Geschichte des Mauerwerks weist eine hohe Vielfalt an Konstruktionen auf und zeigt zugleich stets eine Abhängigkeit zu handwerklichen Verfahren und des Fachwissens der jeweiligen Epochen. Einfachste Mauerwerke sind solche aus Bruchstein. Hierzu werden bruchraue ungerichtete Steine oder Feldsteine aufeinander geschichtet. Diese werden entweder trocken oder mit Mörtel aufgeschichtet. Sie finden sich vornehmlich als Strukturen vernakulärer Architekturen und umfassen sowohl raumumschließende Wände als auch Grenzmauern und der Gleichen. Spätere Mauerwerke werden vorwiegend mehrschalig ausgebildet. So werden durch Putz verdeckte Mauerschichten oder aufgefüllte Hohlräume häufig mit Bruchsteinen ausgefüllt. Auch die Mauerwerke des Klosters Alpirsbach und des Kornspeichers in Loßburg wurden in dieser Bauweise ausgeführt. Diese Konstruktionsweise folgt einer Ökonomisierung der Bauprozesse indem nur sichtbare Flächen und Bauteile handwerklich von Steinmetzen bearbeitet werden. So wird mit vermindertem Arbeitsaufwand die statisch notwendige Dicke einer Wand erreicht.

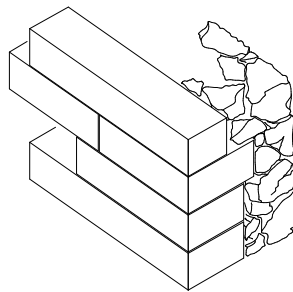


Abb. 20, Schema Mehrschaliges Mauerwerk

Heute werden vor allem Mauerwerke aus monolithischen Quadern errichtet. So zu sehen an diversen Beispielen von Perraudin. Dabei erfüllt das Quadermauerwerk sowohl tragende Funktion als auch fertige Oberfläche. Da das Material beidseitig gesägt also mit einer fertigen Oberfläche versehen ist. Die ist allerdings nur in milderen Klimazonen machbar. Kältere Regionen benötigen wie in V,b beschrieben zusätzliche Maßnahmen. Hier wird am Beispiel Barrault und Pressacco eine zusätzliche Dämmebene in Form von Hanfbeton also einem mineralischen Diffusionsoffenen Baustoffs eingebracht.

Mauerwerke erfordern ab einer gewissen Dimension zusätzliche Aussteifungen. Diese wird entweder durch orthogonal angrenzende Mauerwerke oder durch zusätzliche Strebpfeiler gewährleistet. Auch die Verjüngung des Mauerwerks nach oben hin oder der sogenannte Ringbalken führt zu einer Stabilität des Mauerwerks.

Abb. 21, Mittelschiff der Klosterruine Allerheiligen



Abb. 22, Quadermauerwerk in Altensteig



Präzise Vorgaben zur Errichtung von Mauerwerken lassen sich aus der DIN EN 1996-1-1 ableiten. Dabei müssen Tragende Wände eine Mindeststärke von 24 cm aufweisen. Kreuzfugen sowie Stoßfugen die durch mehr als zwei Schichten verlaufen sind nicht zulässig. Die Stoßfugenüberbindung muss mindestens 15 cm betragen. Die Fugengröße beträgt bei maßhaltigen Steinen in der Regel 1 cm, darf ein Maximum von 2 cm jedoch nicht überschreiten. Zudem müssen Ablagerungsge- steine wie der Buntsandstein mit liegendem Lager verbaut werden.¹

Natursteinmauerwerk muss im ganzen Querschnitt handwerksgerecht sein:

a) An der Vorder- und Rückfläche dürfen nirgends mehr als 3 Fugen zusammenstoßen.

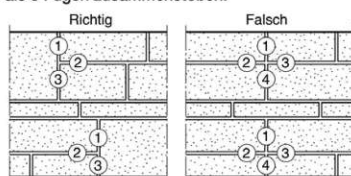


Bild 12: Fugenbild

b) Stoßfugen dürfen durch nicht mehr als 2 Schichten gehen (bei Trockenmauerwerk in Ausnahmefällen auch 3 Schichten).

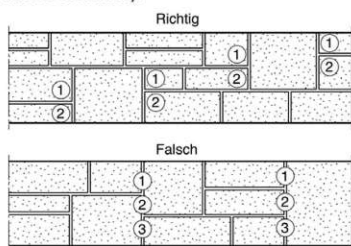


Bild 13: Fugenbild

c) Auf 2 Läufersteine muss mindestens ein Binderstein kommen oder Läufer- und Binderschichten müssen einander abwechseln.

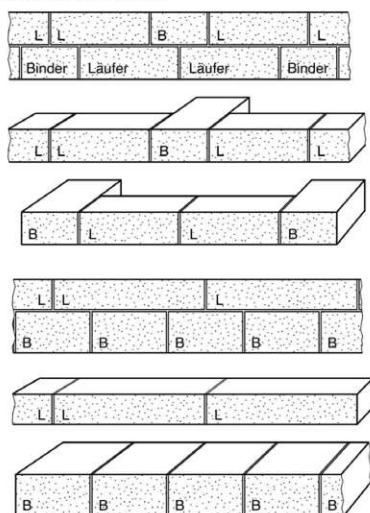


Bild 14: Binder und Läufersteine

d) Die Länge der Bindersteine muss mindestens das 1,5-fache der Steinhöhe und die Einbindtiefe in die Hintermauerung das 0,4-fache der Binderlänge, mindestens aber 12 cm betragen.

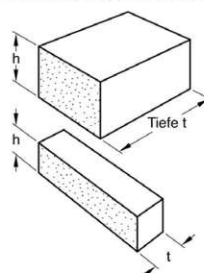


Bild 15: Steinabmessungen

e) Die Breite der Läufersteine (mit Ausnahme bei Verblendmauerwerk) muss mindestens der Steinhöhe entsprechen, jedoch mindestens 100 mm betragen.

f) Die Überbindung der Stoßfugen bei orthogonalen Mauerwerksverbänden muss mindestens das 0,4-fache der Steinhöhe, bei Schichtenmauerwerk mindestens 100 mm, bei Quadermauerwerk mindestens 150 mm betragen.

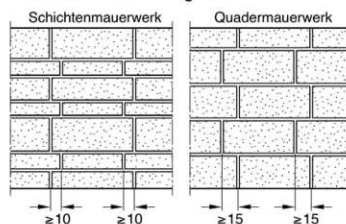


Bild 16: Überbindung der Stoßfugen

g) In der untersten Schicht und an Ecken sind die größten Steine (gegebenenfalls in Höhe von 2 Schichten) einzubauen.

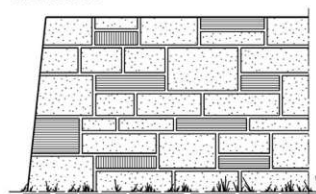


Bild 17: Eck- und Sockelsteine

Abb. 23, Mauerwerksverbände

1 Vgl. Ansgar Schulz u. Benedikt Schulz: Atlas Naturstein, 2019, S. 36-41

Abb. 24, zweischaliges Mauerwerk,
Kornspeicher Loßburg 1823

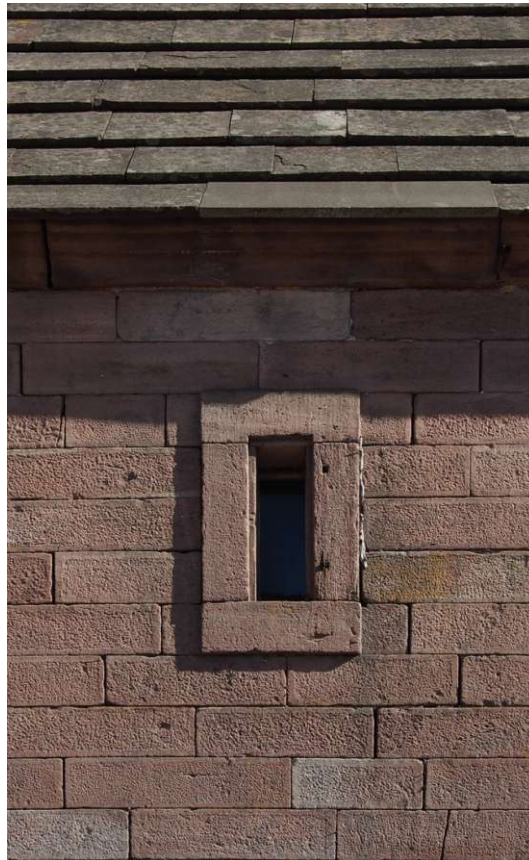


Abb. 25, quadermauerwerk läuferverband
Kornspeicher Loßburg 1823

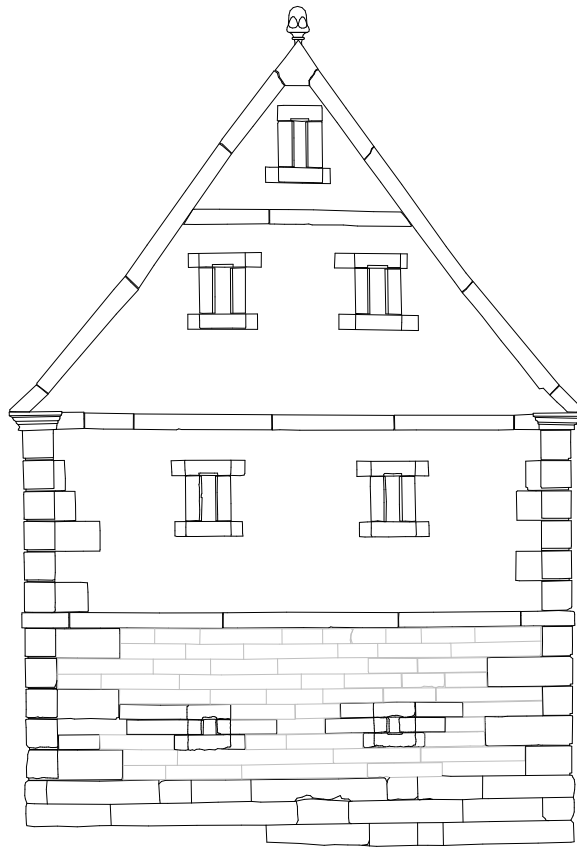


Abb. 26, gemischtes mauerwerk aus bruchstein und quadersteinen
Ruine der Klosterkirche, Allerheiligen 1823



Abb. 27, quadermauerwerk Altensteig



Abb. 28, mauerwerk aus bruchsteinen
Schlossburg, Altensteig



Abb. 29, unregelmäßiges quadermauerwerk mit stoßfugen
Klosterruine Hirsau, 12. Jhd



Abb. 30, digital produziertes „zyklopenmauerwerk“
Matter Design, 2017



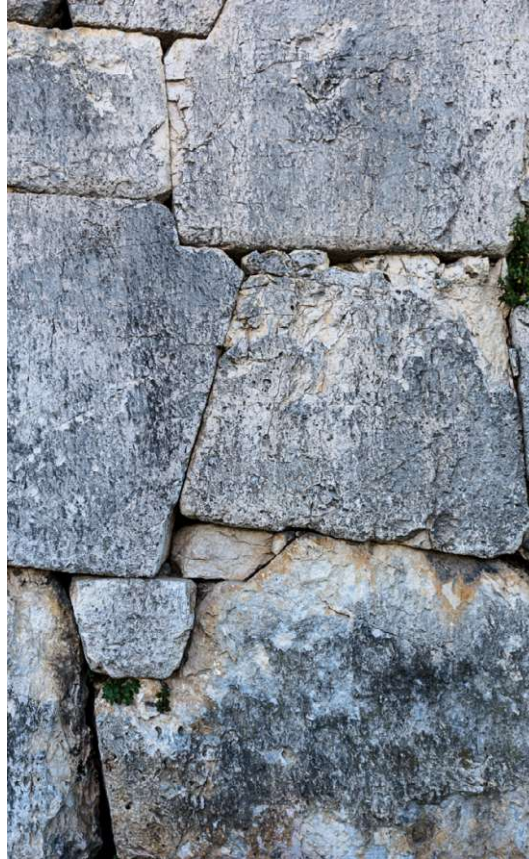


Abb. 31, zyklopenmauerwerk

horizontale Tragelemente

Horizontale Tragelemente, ob Balken, Träger, Architrav oder Sturz basieren auf dem Prinzip eine Öffnung mit einem stabförmigen Körper zu überbrücken. Eine Methode die dem Grundsatz folgt, den größten verfügbaren Stein über einer Öffnung zu platzieren. Ein äußerst archaisches Prinzip der Konstruktion, dessen Ursprung sich bereits in der Frühzeit verorten lässt.

Dabei wird dieses Bauteil quer zur Längsrichtung beansprucht, was zur Folge hat, dass aus einer Biegebeanspruchung innere Querkräfte sowie Druck und Zug auf das Bauteil einwirken. Durch die geringe Zugfestigkeit von Natursteinen sind sie also für größere Spannweiten eher ungeeignet. Die Baumeister der Geschichte wussten um diese Einschränkung und begegneten ihr mit einer Kombination aus horizontalem Träger und einem darüber liegenden Spreizbogen der durch einen über dem Träger angeordneten Dreieck förmigen Stein oder zueinander verkeilte Steine ausgebildet wurde um die Kraft in die Wände oder Stützen abzuleiten. Exemplarisch hierfür lässt sich das Löwentor von Mykene nennen. Auch an der Klosteranlage Alpirsbach ist diese Konstruktionsweise zu beobachten. Dabei war jedoch angedacht die beiden über dem Träger liegenden diagonalen Steine unter einer Putzschicht zu verdecken und somit lediglich den horizontalen Sturz über der Öffnung sichtbar zu halten.

Auch in zeitgenössischen Werken wie beim Weinlager in Vauvert (FR) von Gilles Perraudin findet das Prinzip des horizontalen Trägers Anwendung. In Deutschland jedoch erfordern alle tragenden Bauteile einen statischen Einzelnachweis. Dies hat zur Folge dass ein solches Bauteil zusätzliche Sicherungen beispielsweise durch Vorspannung oder eine eingearbeitete Bewehrung erfordert.¹ Die Belastbarkeit, gleichbedeutend mit der Spannweite, dieses Tragsystems ist abhängig vom Gewicht das zusätzlich zum Eigengewicht auf das Bauteil einwirkt. Werden im Gesamtgefüge der Konstruktion also Öffnungen direkt übereinander platziert so hängt die Breite der Öffnungen lediglich am zu tragenden Eigengewicht des Bauteils. Größere Spannweiten können mit einem sogenannten scheinrechten Bogen erreicht werden. Diese Konstruktionsweise besteht jedoch nicht wie die Bezeichnung vermuten lässt aus einer Bogenkonstruktion, vielmehr macht sie sich die Funktion des Schlusssteines zu eigen. Hierzu werden mindestens drei Steine horizontal über einer Öffnung platziert. Der mittlere Stein erhält dazu eine Trapez Form wodurch er in der Lage ist Biegekräfte in die seitlichen Steine und somit in die Wand abzuleiten. Auch dieses Konstruktionsprinzip lässt sich an mehreren Beispielen von Pouillon und Perraudin beobachten.

Größere Spannweiten lassen sich mit Bogenkonstruktionen überbrücken. Vor allem in der römischen Antike wurde diese Konstruktion maßgebend für den architektonischen Stil dieser Epoche. Die hohe Aufnahme von Druckkräften prädestiniert den Stein innerhalb eines Gefüges, das auf Druck und Schubkräfte basiert, seine konstruktive Qualität zu entfalten.

Auch an romanisch geprägten Bauten wie der Klosterkirche Alpirsbach sind Rundbögen prägend für den Bau. Weitere Bogenformen sind der Segmentbogen und der scheinrechte Bogen. Dabei ist zu beachten, dass je flacher ein Bogen ausgebildet wird, desto größer werden die auftretenden Schubkräfte. Diese Kräfte treten am Widerlager auf und werden durch den Kämpferstein in die Wände abgeleitet.

.....
1 Ansgar Schulz u. Benedikt Schulz: Atlas Naturstein, 2019, S. 42

Abb. 32, Löwentor von Mykene



Abb. 33, horizontaler Träger
Stonehenge

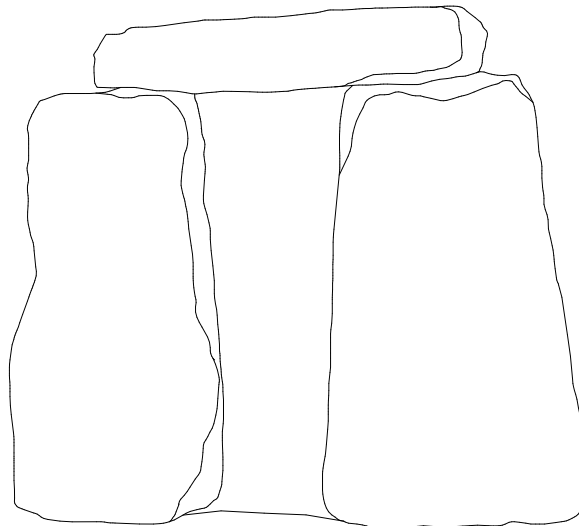


Abb. 34, monolithischer Sturz mit auskragendem Auflager
Kornspeicher Loßburg

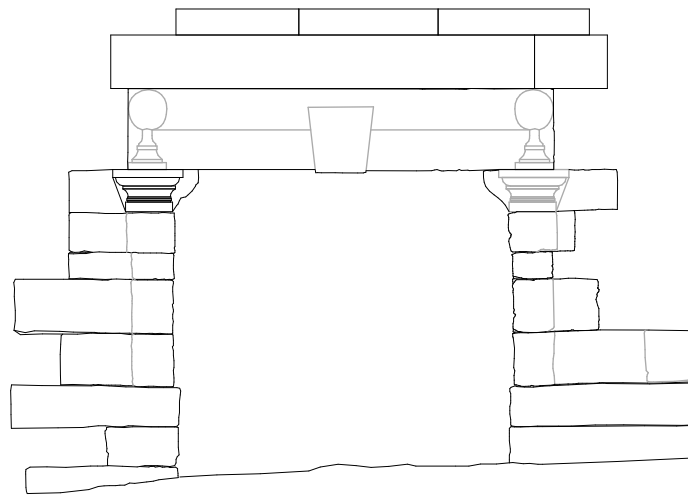


Abb. 35, horizontaler Sturz
Barrault Pressacco
Paris 2019

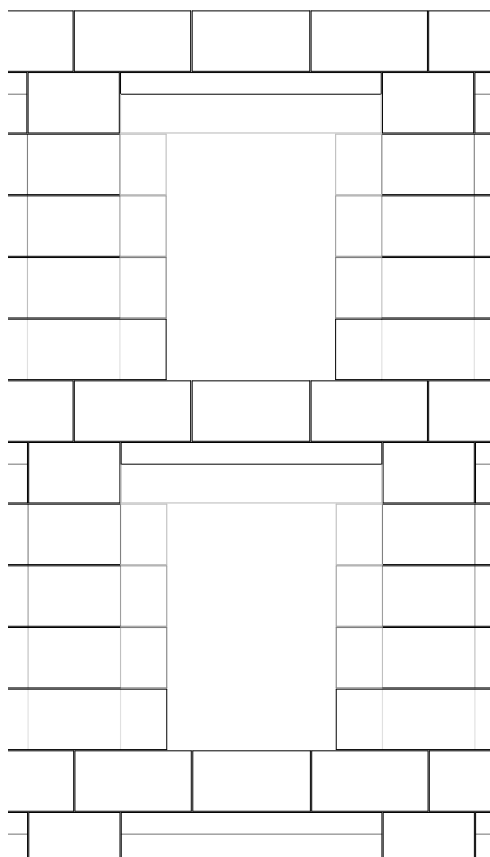


Abb. 36, horizontaler Träger
Gilles Perraudin
Vauvert

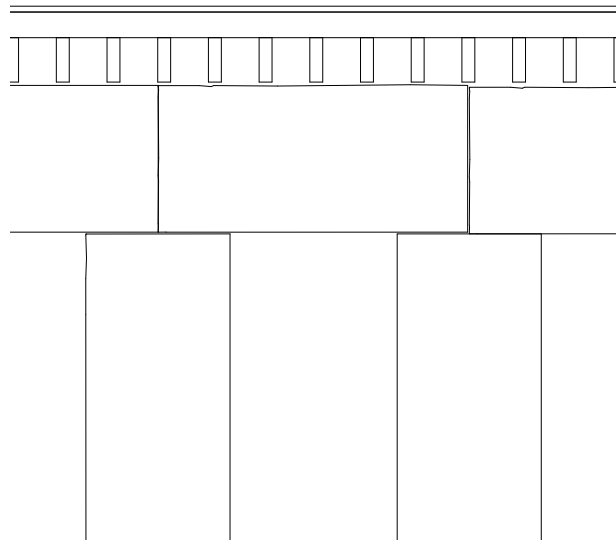
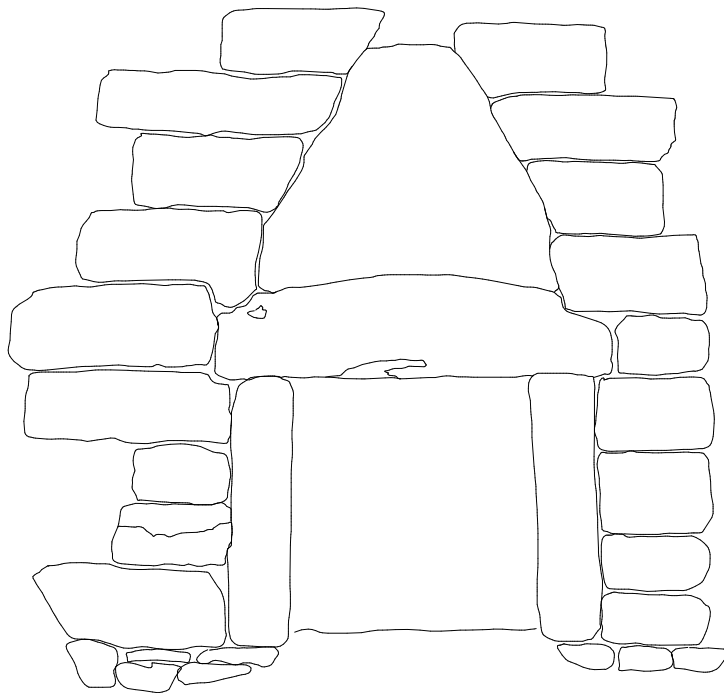


Abb. 37, Löwentor von Mykene



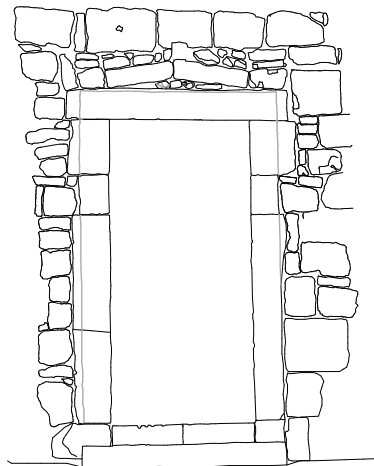


Abb. 38, horizontaler Sturz
mit Spreizbogen
Kloster Alpirsbach

Abb. 39, optisch überformter horizontaler Träger mit auskragendem Auflager
Klosterruine Hirsau



Abb. 40, Kombination aus horizontalem Träger und scheinbarem Bogen
Klosterkirche Hirsau



Abb. 41, scheinrechter Bogen
Gilles Perraudin
Vauvert

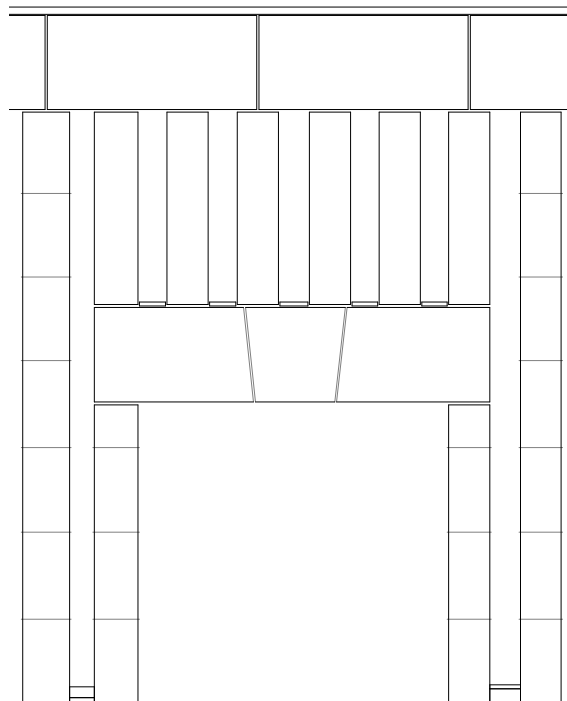


Abb. 42, Rundbogen
Wohnanlage Dair el Machoul in Algier
Fernand Pouillon 1953-54

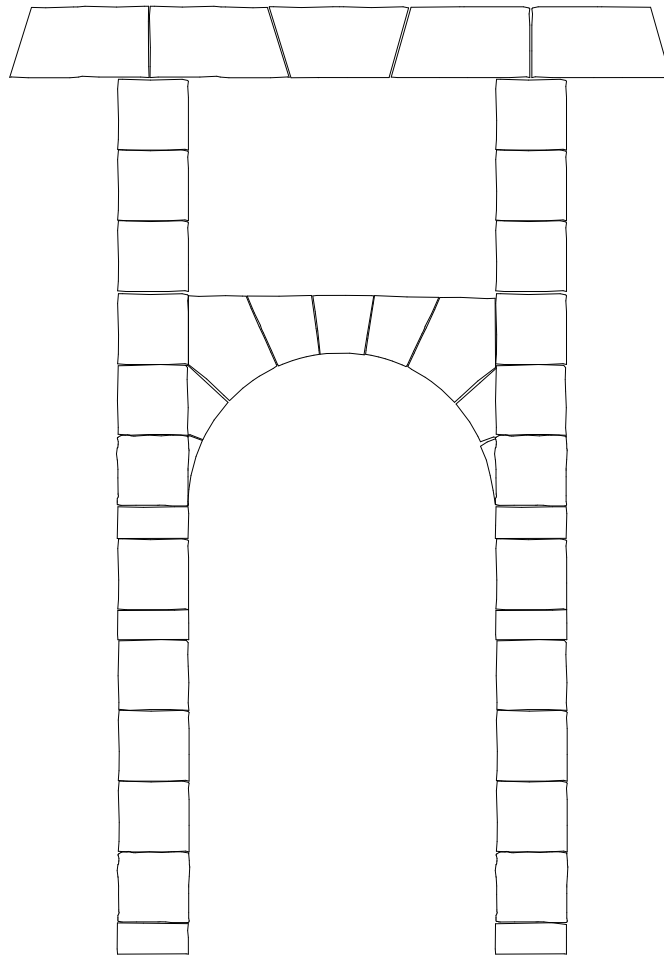


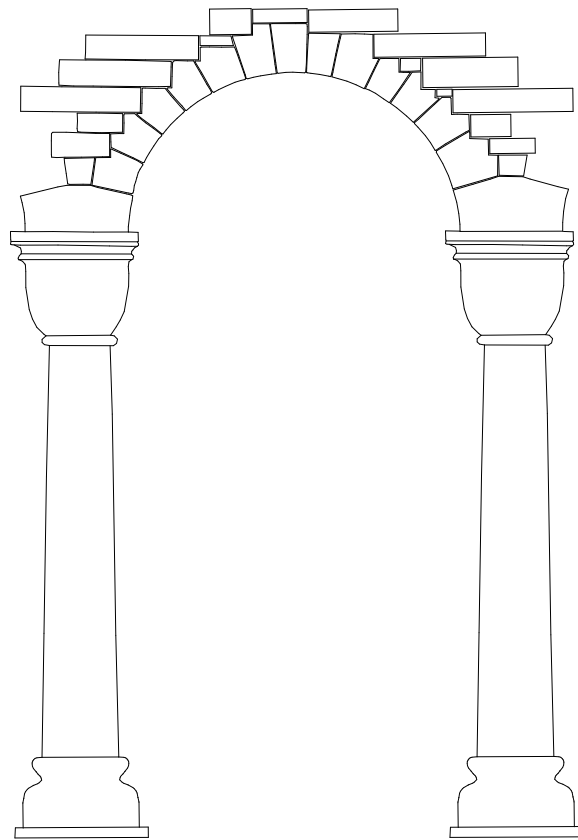
Abb. 43, Scheitrechter Bogen
Klosteranlage Hirsau



*Abb. 44, Kombination aus horizontalem Träger und Rundbogen
Klosterruine Hirsau*



Abb. 45, Rundbogen
Kloster Alpirsbach



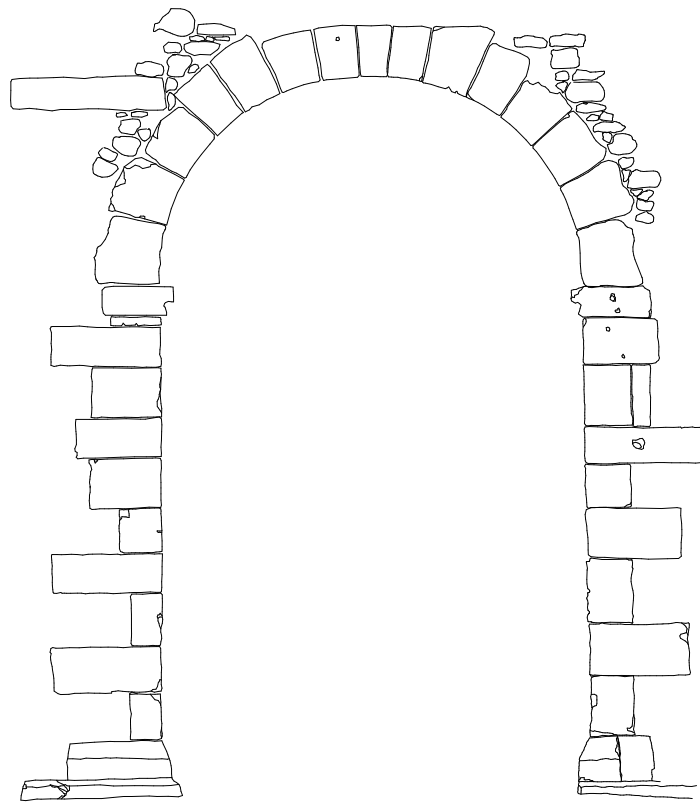


Abb. 46, Rundbogen
Kloster Alpirsbach

Abb. 47, Optisch überformter Rundbogen
Klosterruine Hirsau



*Abb. 48, Bogen als Dreieckskonstruktion
Altensteig*



horizontale Raumüberdeckungen

Horizontale Raumabschlüsse stellen, wenn sie aus natürlichem Gestein errichtet werden sollen, eine enorme Herausforderung dar. Auch hier kommt die eingeschränkte Biegefähigkeit der Gesteine zum Tragen. Große Spannweiten sind daher kaum mit Naturstein herzustellen. Daher werden sie in komplexen Konstruktionen gefügt um die einzelnen Fragmente auf Druck zu belasten.¹ Auch wenn diese Arbeit grundsätzlich von einer monolithischen Konstruktion ausgeht bleibt festzuhalten dass auch historische Referenzen, gerade auch in der Region des Schwarzwaldes, stets einen gewissen Anteil an Holzkonstruktion inkludieren. Historischen Gebäuden in diesem regionalen Kontext liegen trotz einer monolithischen Anmutung also hybride Bauweisen zu Grunde. Besonderes Augenmerk liegt hierbei auf der Ausbildung von Geschossdecken und Dachstühlen.

Vor allem bei den mächtigen Mittelschiffen romanischer Kirchen, wie am Beispiel der Klosterkirche Alpirsbach wurden zur horizontalen Raumabdeckung Balkendecken verbaut. Am Prinzip des Kornspeichers in Loßburg lässt sich das Zusammenspiel hybrider Konstruktionen ablesen. Dabei übernimmt die implantierte Substruktur aus Holzbalken zum einen den horizontalen Raumabschluss zum anderen steift er das monolithische Konstrukt der Mauern aus.

Auch typisch sind Tonnengewölbe, deren Konstruktionsprinzip die Addition von Bogenkonstruktion zu einem räumlichen Element folgt. So wurden unter anderem das Kellergewölbe des Kornspeichers in Loßburg als auch die Vorhalle der Klosterkirche Allerheiligen ausgebildet. Hier wurden auch zusätzlich zur Sicherung des Gewölbes Zugstäbe aus Stahl in die Gewölbedecke eingebracht. Wesentlich rudimentärer, jedoch ebenso handwerklich anspruchsvoll, sind sogenannte Kraggewölbe. Dabei werden einzelne Steinschichten mit vertikalem Versatz zueinander aufgeschichtet. Dieses Prinzip kann sowohl mit Bruchsteinen als auch mit Werksteinen ausgeführt werden. Dabei sorgt das Gewicht der einzelnen Schichten für eine Fixierung der Steine. Bei Konstruktionen mit quaderförmigen Werksteinen sind dann im Inneren deutlich die einzelnen Schichten sichtbar. Bei historischen Beispielen wie den Trulli sind die Innenflächen handwerklich so bearbeitet das eine glatte homogene Oberfläche entsteht. Diese Konstruktion ist in Mitteleuropa allerdings nicht anzutreffen.

Pouillon hingegen bemühte für die Ausbildung von Decken und Dächern ebenfalls hybride Bauweisen. Vor allem Rippendecken bzw. Kassettendecken aus Stahlbeton dienten zur Überdeckung der Geschosse. Darin spiegelt sich auch sein Bewusstsein für einen dem Material gerechten Einsatz.

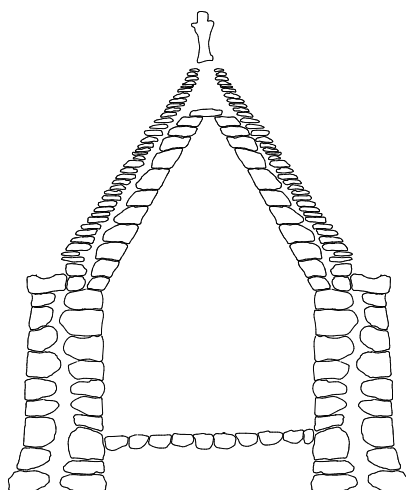
Auch dem Werk von Perraudin liegen hybride Bauweisen zur Grunde. Während er alle vertikalen Tragelemente aus monolithischem Stein erbaut, greift er für Decken und Dächer häufig auf leistungsfähigere Baustoffe wie Holz zurück.

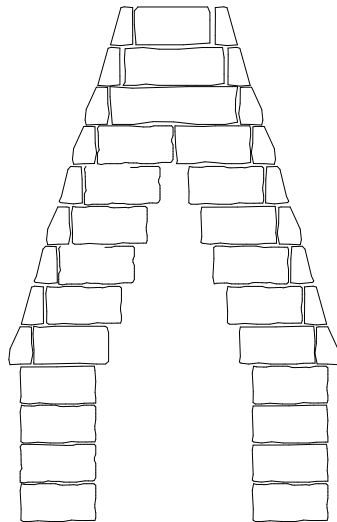
.....
1 Vgl. Ansgar Schulz u. Benedikt Schulz: Atlas Naturstein, 2019, S.43-44

Abb. 49, Balkendecke Klosterkirche Alpirsbach



Abb. 50, Kraggewölbe
Trulli
Apulien





*Abb. 51, Kraggewölbe
exemplarische Darstellung*

Abb. 52, Tonnengewölbe
Vorhalle der Klosterruine Allerheiligen

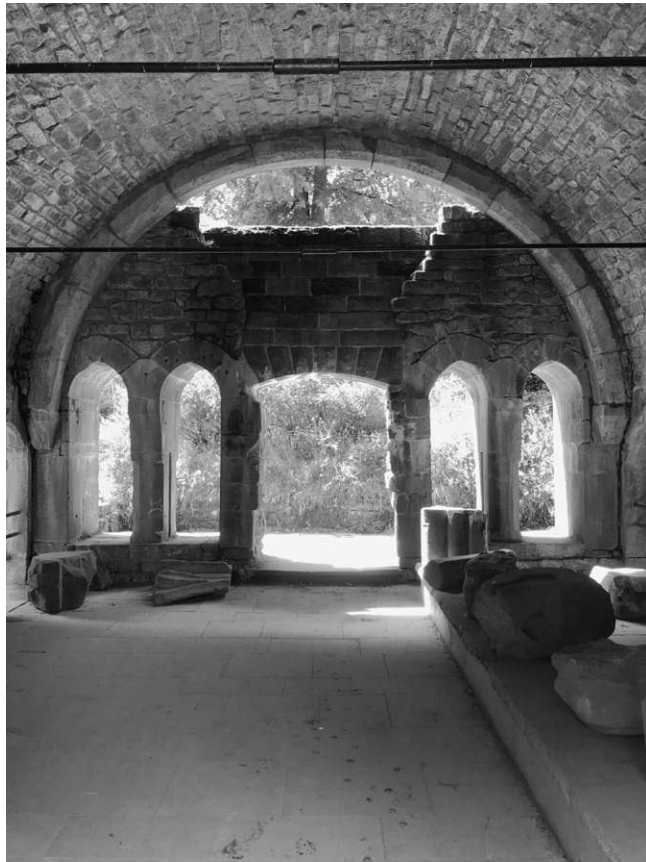


Abb. 53, Tonnengewölbe
Abtei Le Thoronet

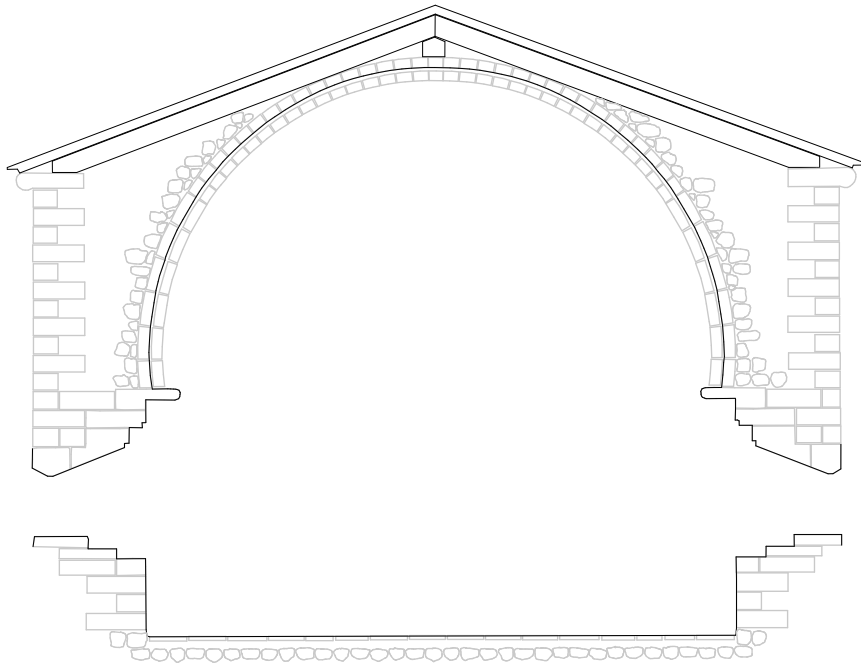


Abb. 54, hölzerner Dachstuhl mit Sandsteindeckung
Kornspeicher in Loßburg

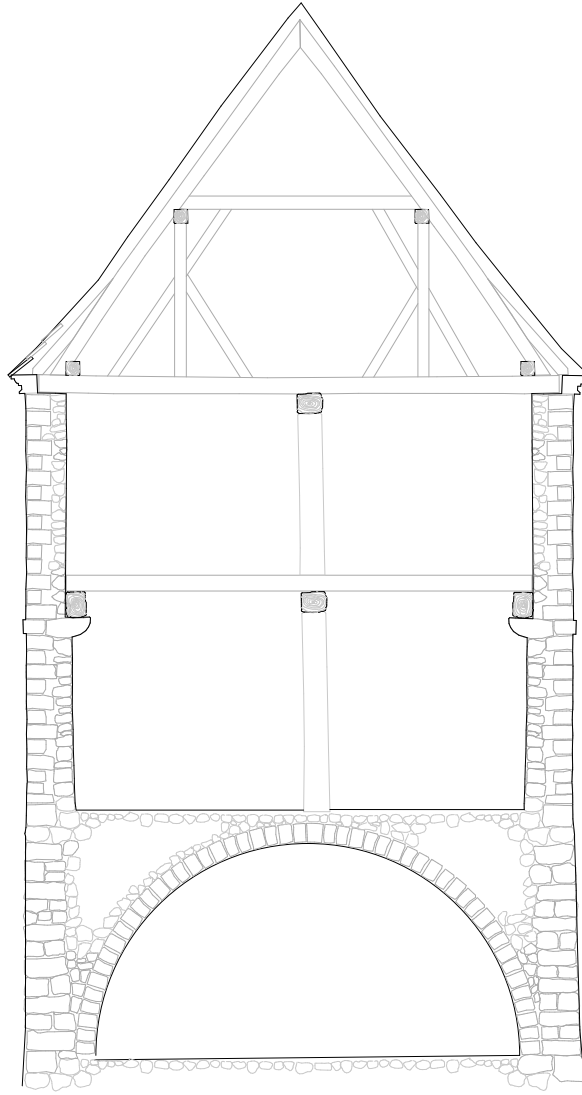


Abb. 55, Kornspeicher in Loßburg



B

ENTWURF

I GENIUS LOCI

Den ganzen Nachmittag waren wir bergauf gelaufen. Gegen fünf oder halb sechs erreichten wir den Gipfel, und plötzlich teilte sich der dichte Vorhang des Waldes, und wir blickten hinunter in eine tiefe, schöne Schlucht und hinaus auf ein weites Panorama bewaldeter Berge mit sonnenbeschienenen Kuppen und purpurüberschatteten, von Lichtungen durchfurchten Hängen. Die Schlucht zu unseren Füßen - Allerheiligen - bot am oberen Ende ihres grabbewachsenen Ebene Raum für eine behagliche, entzückende menschliche Bleibe, abgeschlossen von der Welt und ihren Mißlichkeiten, und folglich hatten die Mönche in alter Zeit nicht verfehlt, sie auszukundschaften; hier standen die dunklen und reizvollen Ruinen ihrer Kirche und ihres Klosters, um zu beweisen, daß die Priester vor siebenhundert Jahren einen ebenso feinen Sinn dafür besaßen, in einem Lande die schönste Winkel und Ecken aufzustöbern, wie noch heute.¹

Mit diesen Zeilen illustriert Mark Twain die Annäherung an einen Ort, der durch die Kollision zweier Elemente zu Tage getreten ist. Das Wasser bahnt sich seinen Weg durch das Gebirge formt ein Kleinod dessen Qualitäten die Mönche nicht verkannten und schließlich dort ihr Kloster, aller Heiligen gewidmet im 12. Jahrhundert errichteten. Die

.....

¹ Mark Twain: Bummel durch Europa, 1990, S. 162 - 163



Abb. 56, Trinkbrunnen

Anlage folgt dem typischen Aufbau einer Klosteranlage deren Zentrum die Klosterkirche mit angrenzendem Kreuzgang bestimmt. Die historischen Pläne zeugen von einer spätromanischen bzw. frühgotischen Bauweise. Der Kreuzgang wird vom Kapitelsaal, dem Refektorium, dem Parlatorium und dem Klosterwestflügel umschlossen.

Seine Blütezeit erlebte das Kloster im 15. und 16. Jahrhundert. In dieser Zeit wurde das Ensemble mit einem Gastgarten, der eine barocke Brunnenanlage umfasst, erweitert. Zwei Blitzeinschläge führten zu diversen baulichen Änderungen in dieser Zeit. Die bauliche Hochphase erreichte das Ensemble schließlich gegen Ende des 18. Jahrhunderts, als weitere Ökonomiegebäude hinzukamen. Schließlich führte die Säkularisation des Klosters um 1803 womit sämtliche Gebäude in den Besitz des Staates gelangten und keine Verwendung mehr fanden. Während die Nebengebäude zum Abriss versteigert wurden, blieb die Kirche weiterhin für Gottesdienste genutzt bis auch sie ihr Ende fand. Kurze Zeit nach der Säkularisation führte ein weiterer Blitzschlag in die Kirche zu einem Brand wodurch die Kirche ebenfalls aufgegeben wurde. Der Bau diente künftig als Steinbruch vor allem für zwei neue Kirchen in der Umgebung.

Mitte des 19. Jahrhunderts wurden die Überreste, im Zuge der Romantisierung, wiederentdeckt. Zunächst von der Denkmalpflege. Später folgten auch bald zahlreiche Touristen. Entlang des Wasserfalls wurden befestigte Wege errichtet. Um den Besuchermassen gerecht zu werden entstanden um 1900 zwei Gasthäuser die bis heute bestehen. Erst in der Nachkriegszeit erfolgten weitere Ergänzungen zum Ensemble. So wurden am nördlichen Rand eine Kapelle und an Stelle des Badehauses ein weiteres Gästehaus errichtet. Heute umfasst das Ensemble die Ruine der Klosterkirche, das ehemalige Hotel mit Gastronomie u. Tagungszentrum, weitere kleine Zubauten am Westhang, das ehemalige Ökonomiegebäude (heute Souvenirladen), den Gastgarten mit Brunnenanlage aus dem 18. Jahrhundert, das Ehrendenkmal des Schwarzwaldvereins, und Kapelle aus Sandstein aus den 1960er Jahren.²

Das Ensemble ist geprägt von der Topografie des Geländes. Die umliegenden mit dichtem Wald bewachsenen Hänge umschließen das Areal und schaffen dadurch ein Kleinod das zur Einkehr und der gänzlichen Auseinandersetzung mit der Umgebung anregt. Die zierlichen Quellen bündeln sich im Lierbach und stürzen sich am Fuße des Tals den Wasserfall hinab. Die Verbindung aus Gestein und Wasser ist allgegenwärtig. Sowohl in dessen rauen ungezähmten Kanälen des Lierbachs als auch domestiziert in der barocken Brunnenanlage. Der Vergleich des Zustandes der baulichen Hochphase im 18. Jahrhundert mit der gegenwärtigen Beschaffenheit zeigt eine deutliche Abnahme der Baumasse. Diverse Zeichnungen und Postkarten der unterschiedlichen Zustände verdeutlichen die fortwährenden Veränderungen der Gesamtanlage. So waren die, den Kreuzgang umfassenden Gebäude, sowie das Gästehaus und das Gesindehaus drei bzw. viergeschossige Bauten, deren Walmdächer sich ebenfalls über zwei weitere Geschosse erstreckten. Während das Gästehaus nicht mehr vorhanden ist, sind das Gesindehaus und die Klostergebäude in Grundzügen noch bestehend. Allerdings längst nicht mehr in der selben Volumetrie. Dadurch entstand über die Jahrhunderte eine Überlagerung der Zeitschichten die nicht immer eine klare Trennung der einzelnen Phasen erkenntlich macht.

Des Weiteren sind charakteristische Raumsituationen wie die Hofstrukturen im ursprünglichen Zustand kaum noch vorhanden. Die einzelnen Gebäude wirken zuweilen wie fragmentarische Überreste deren Zusammenhänge nur noch in wenigen Situationen ersichtlich sind.

.....

2 Horst Hoferer: Allerheiligen - Kloster - Ruine - Wasserfälle, 1995, S. 49-72

Abb. 57, Kirchenruine Allerheiligen I



Abb. 58, Brunnenanlage Allerheiligen



Abb. 59, Schwarzplan 1:7500
2021

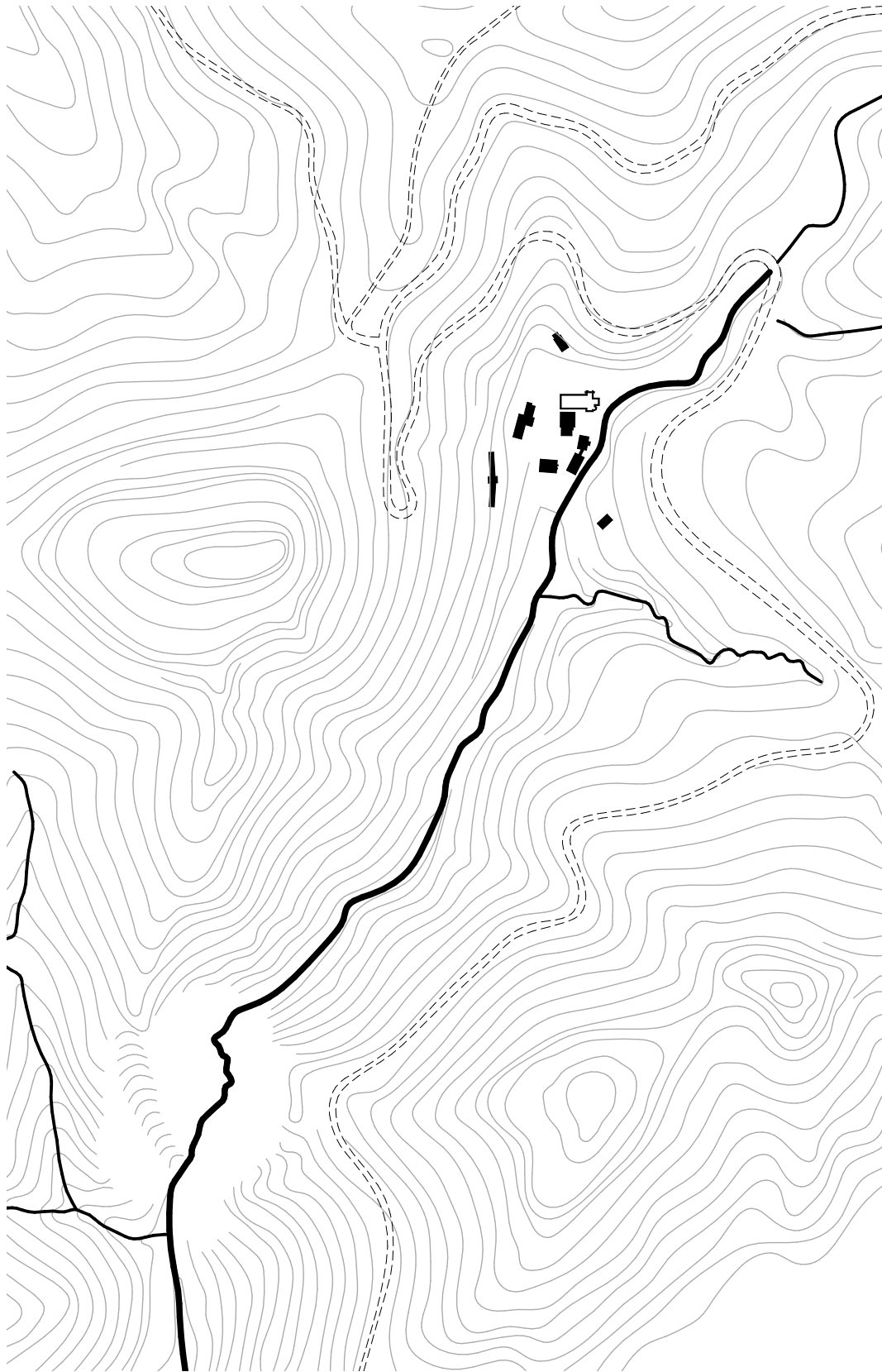


Abb. 60, ehemaliges Forsthaus Allerheiligen



Abb. 61, Blick ins Tal



Abb. 62, Ansichtskarte aus dem 18. Jahrhundert

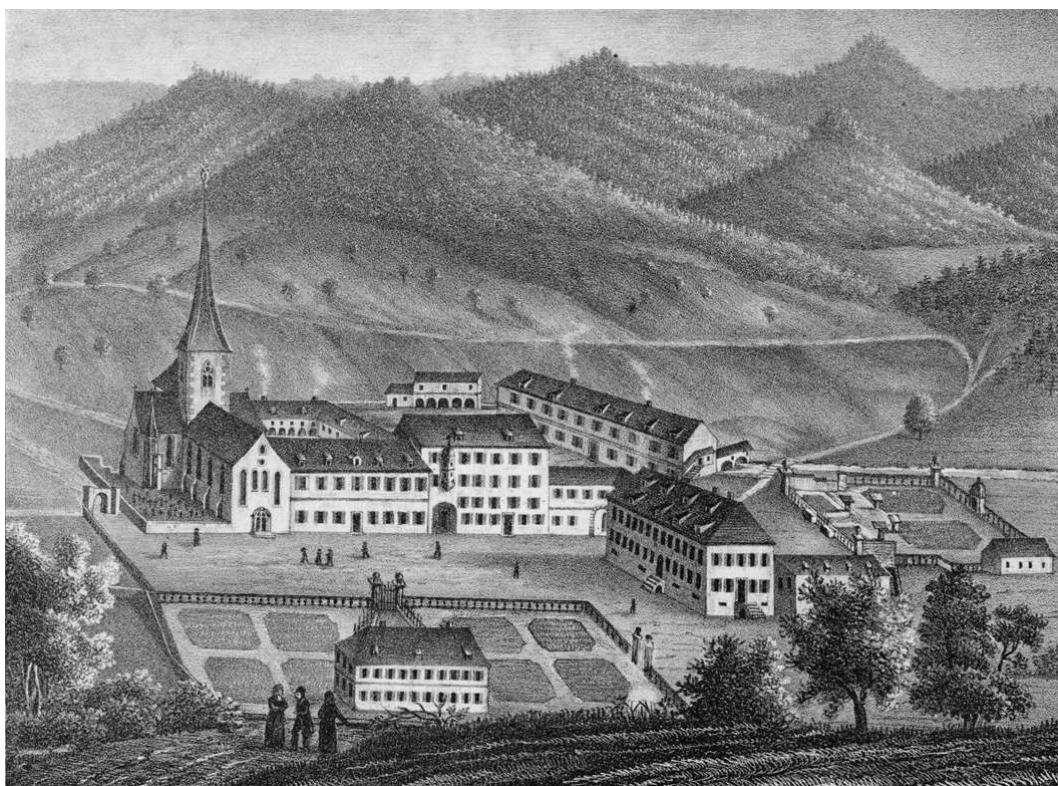


Abb. 63, Ansichtskarte um 1900

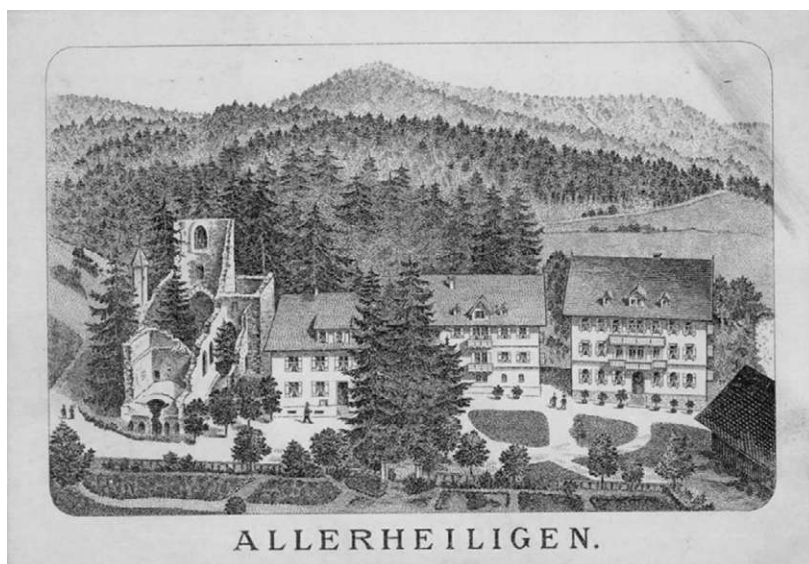
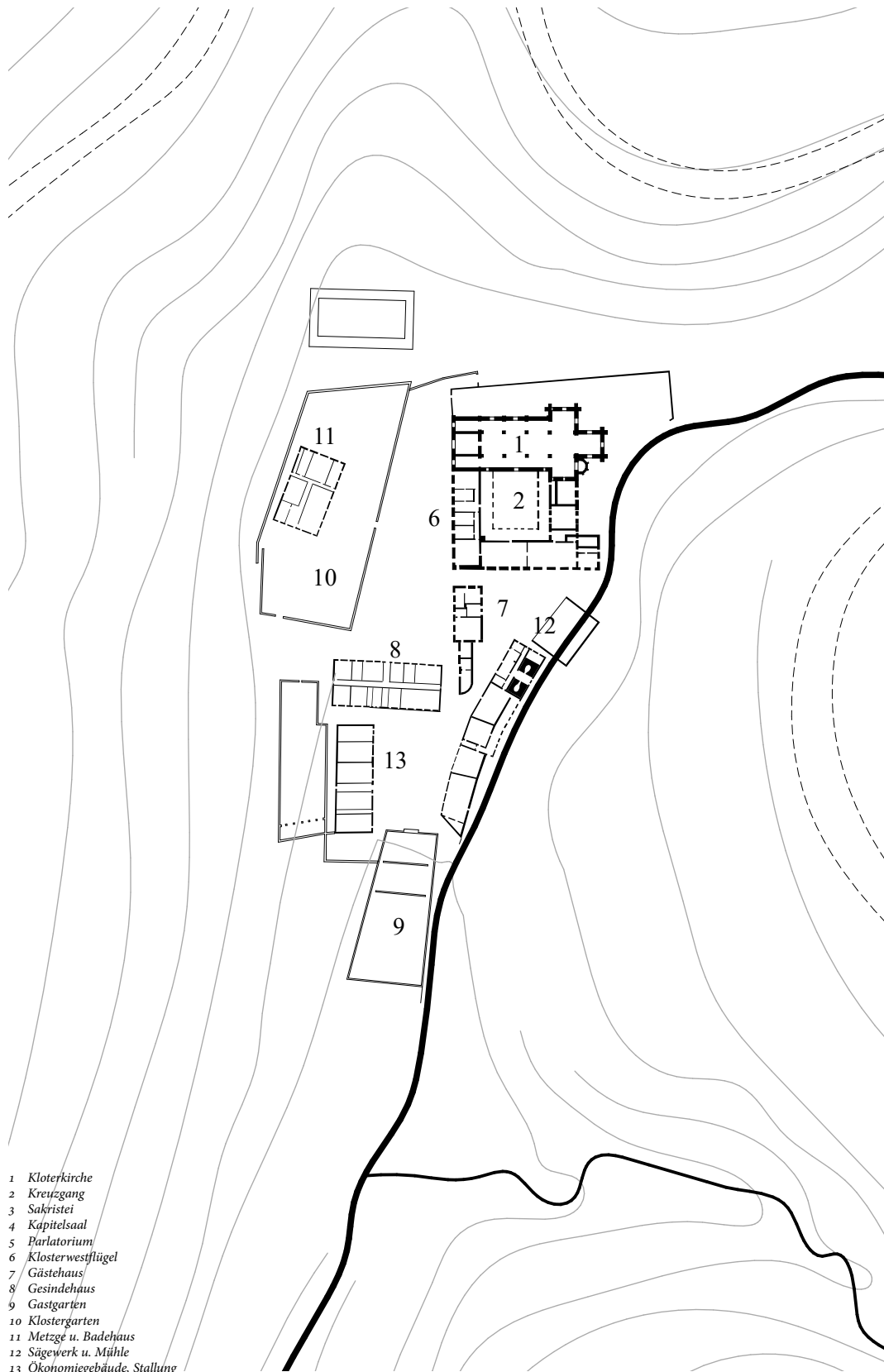
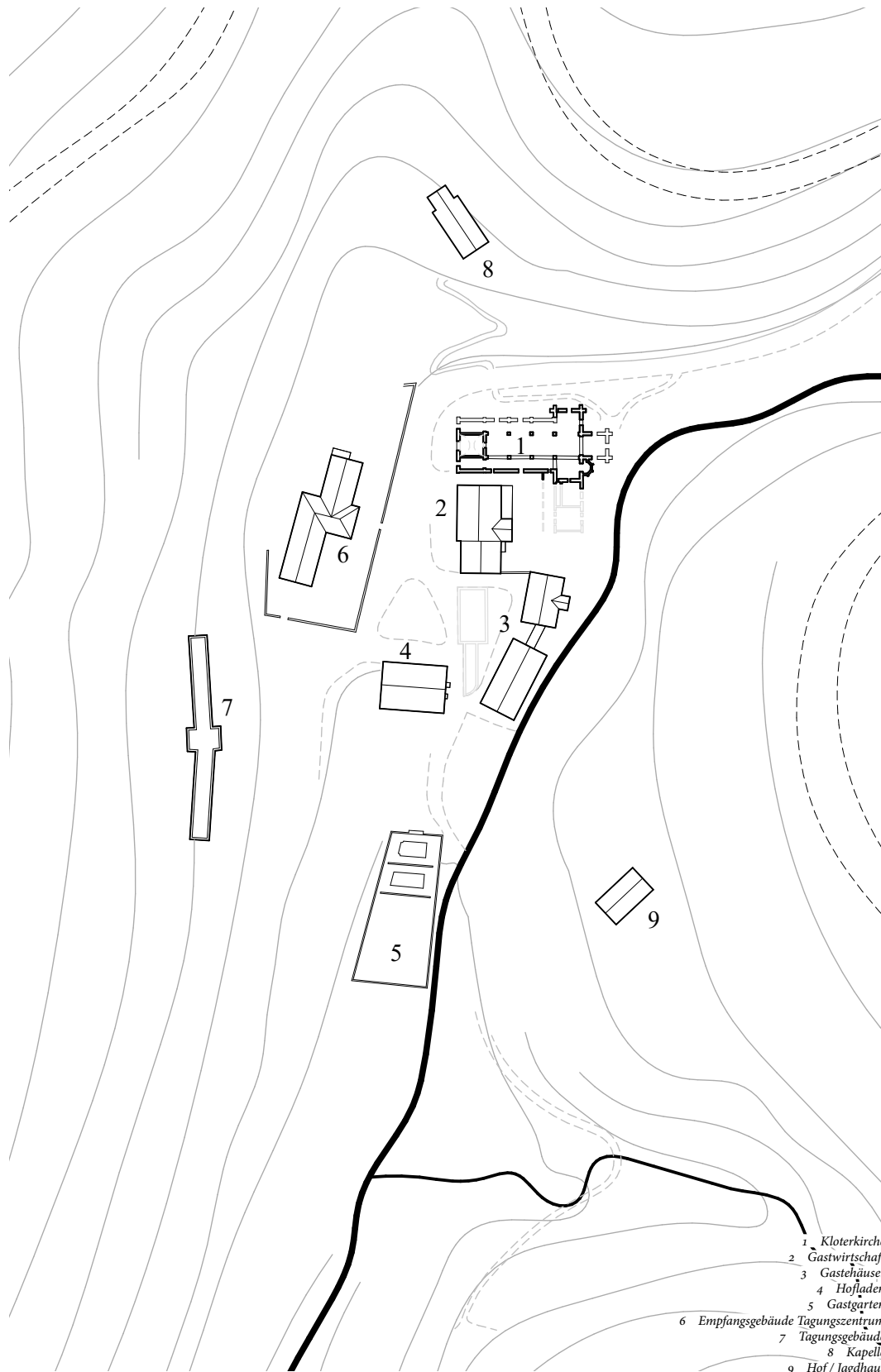


Abb. 64, Grundrissplan 1:2000
um 1803, Präsäkularisation



- 1 Klosterkirche
- 2 Kreuzgang
- 3 Sakristei
- 4 Kapitelsaal
- 5 Parlatorium
- 6 Klosterwestflügel
- 7 Gästehaus
- 8 Gesindehäus
- 9 Gastgarten
- 10 Klostergarten
- 11 Metzge u. Badehaus
- 12 Sägewerk u. Mühle
- 13 Ökonomiegebäude, Stallung

Abb. 65, Lageplan 1:2000
 2021, Postsäkularisation



- 1 Klosterkirche
- 2 Gastwirtschaft
- 3 Gasthäuser
- 4 Hofladen
- 5 Gastgarten
- 6 Empfangsgebäude Tagungszentrum
- 7 Tagungsgebäude
- 8 Kapelle
- 9 Hof / Jagdhaus

Abb. 66, Grundrissplan 1:2000
um 1803, Präsäkularisation



Abb. 67, Lageplan 1:2000
2021, Postsäkularisation



Abb. 68, Grundrissplan 1:2000
um 1803, Präsäkularisation

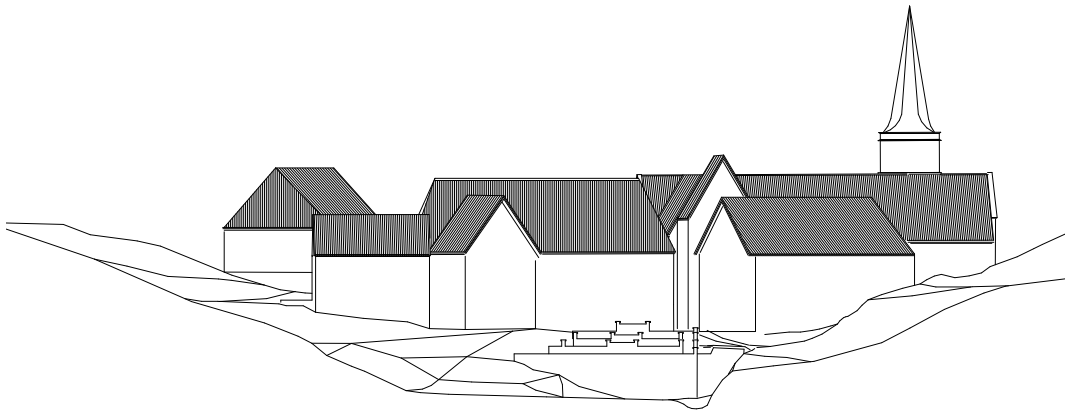


Abb. 69, Lageplan 1:2000
2021, Postsäkularisation

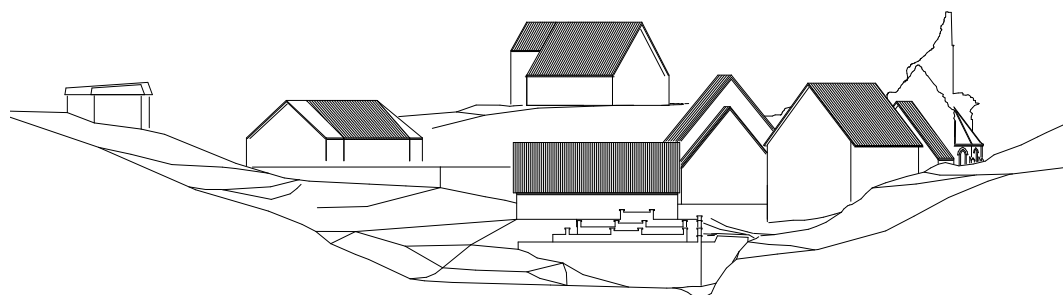


Abb. 70, Gästehaus und Gesindehaus



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

Abb. 71, Kirchenruine Allerheiligen II



Die Festlegung auf drei Typologien resultiert sowohl aus den Bedürfnissen des Ortes in seinem gegenwärtigen Zustand als auch dem Wunsch möglichst breit gefächert die Eigenheiten des Baumaterials an gebautem Raum wiederzugeben. Jede der Nutzungen, Badehaus, Konzerthaus und Lapidarium steht im Einklang mit der Materie Naturstein und konfrontiert den Nutzer intensiv mit dessen physischer Präsenz. Ziel ist es der spirituellen Aufladung des Ortes und kulturellen Bedeutung des Buntsandsteins gerecht zu werden. Die Intention ist einen Ort zu schaffen, der im Gesamtgefüge des nördlichen Schwarzwaldes durch die Konzentration und Vielschichtigkeit von Kultureinrichtungen eine herausragende Stellung einnimmt. Die Verteilung auf mehrere Typologien ermöglicht zudem kleinteiligere räumliche Interventionen in das bestehende Gefüge der ehemaligen Klosteranlage einzufügen.

a

Das Badehaus

Wasser als Lebenselixier genießt in allen Weltreligionen außerordentliche Wertschätzung. So ist die rituelle Reinigung vor dem Gebet fester Bestandteil im Islam und Judentum. Im Christentum drückt sich die Bedeutung des Wassers durch das Waschen der Füße und vor allem durch die Taufe mit geweihtem Wasser aus.

In der kulturhistorischen Betrachtung dienten öffentliche Bäder ganz unterschiedlichsten Zwecken.

Antike Bäder waren öffentliche Treffpunkte. Sie dienten nicht per se nur zur Hygiene sondern vielmehr zur Pflege gesellschaftlicher Kontakte.

Die Antike Therme basiert in Grundzügen auf einer linearen Anordnung von Räumen. Dabei folgt der meist axialsymmetrische Bau einer bestimmten Abfolge unterschiedlicher Räume. Beginnend mit dem Apodyterium (Umkleideraum mit Zugang zur Latrine) folgen Frigidarium (ungeheizte Halle mit Zugang zum Kaltbecken), Tepidarium (Warmraum), Kaldarium (Raum mit erhöhter Hitze), Laconicum (Raum mit extremer Hitze). Ergänzt wurde diese Raumgefüge zuweilen mit Sporthallen oder Kampfarenen. Diese Bauten waren von monumentaler Größe.

Im Mittelalter entwickelt sich vor allem in den Mitteleuropäischen Städten und somit auch im süddeutschen Raum der Typus der Badehäuser. Sie waren vornehmlich der Körperhygiene angedacht. Das äußere Erscheinungsbild war in der Regel ortstypisch und ähnelte häufig Bürgerhäusern. Die zentrale Stube mit Holzofen sorgte für die Temperierung der Räume und des Wassers. Unmittelbar neben dem Ofen waren zwei Tröge jeweils mit kaltem und warmem Wasser situiert. Das Badewasser wurde separat in einer Wanne für den Badenden gemischt. Vereinzelt waren die Badehäuser auch mit Warmwasserbecken ausgestattet. Wenige Badehäuser verfügten zudem über ein Dampfbad.

Mitte des 18. Jahrhundert folgt ein Aufschwung der öffentlichen Bäder zunächst in Form von Freibädern. Im 19. Jahrhundert gehen, aufgrund von Epidemien und teils katastrophalen hygienischen Lebensumständen in den Städte, öffentliche Wasch-

Abb. 72, Das Frauenbad, Albrecht Dürer, 1469



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

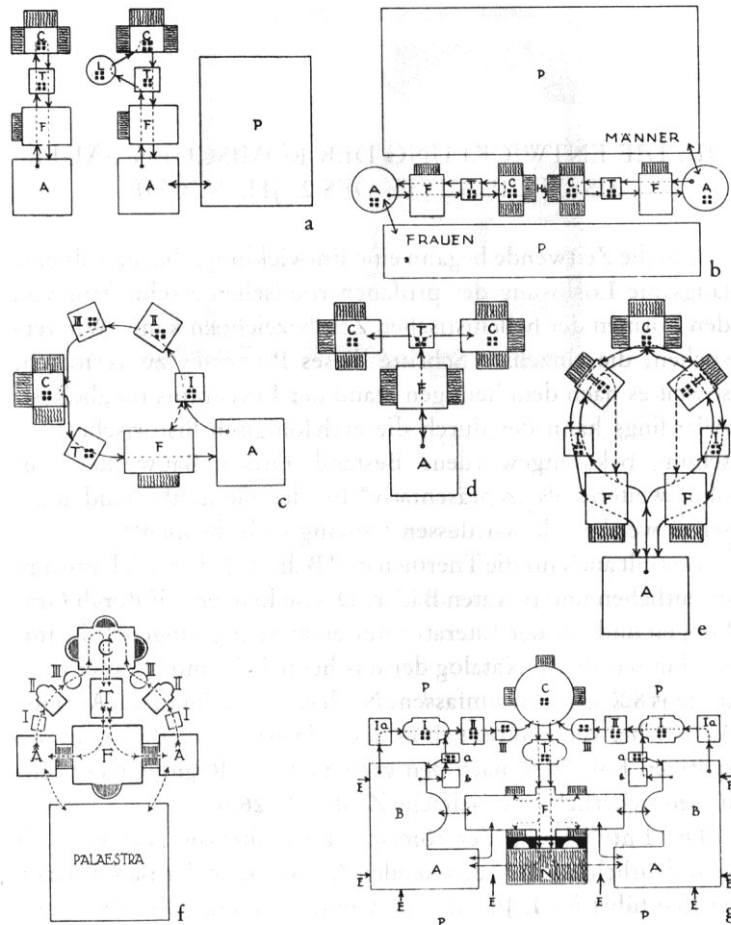
und Badeanstalten ohne Schwimmbecken, hervor. Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts werden Bäder auch zum Schwimmen errichtet, deren zentraler Raum die Schwimmhalle bildet.¹

Parallel zu dieser Entwicklung etablieren sich in Mitteleuropa Kurorte. Mit ihnen entstehen die ersten Kurbäder und Thermen des 19. Jahrhunderts. 2021 wurden elf Städte unter dem Titel „*Great Spa Towns of Europe*“ zum UNESCO Welterbe ernannt. Darunter auch Baden-Baden im Schwarzwald, dessen Ursprung auf die römische Antike zurück reicht. Das dort ansässige Friedrichsbad zählt zu diesen Thermen, die im 19. Jahrhundert entstanden. Hier werden immer noch die heißen Quellen genutzt die sich ihren Weg durch die Erdschichten des Schwarzwaldes bahnen. In der typologischen Ausprägung weist das Bad eine deutliche Verwandtschaft zu den Antiken Thermen der Römer auf. Prägend ist wiederum die Symmetrie. Ebenso sind die Räume in einer linearen Abfolge angeordnet. Hinzu kommt die großzügige Wandelhalle, die dem gesamten Bauwerk vorgesetzt ist.

Auch zeitgenössische Bauwerke beziehen sich wieder auf das Vorbild der antiken Therme. Das bekannteste Beispiel ist die Therme in Vals von Peter Zumthor. Wie in den historischen Vorbildern ist die Raumkonstellation eine Abfolge unterschiedlich temperierte Räume und Wasserbecken. Die streng axialsymmetrisch Ordnung ist allerdings aufgelöst. Dadurch entsteht ein offenes Raumkontinuum mit einer freien Anordnung von geschlossenen "Raumkapseln" die durchaus eine Analogie zu den mittelalterlichen Badehäusern aufweisen. Geprägt wird der Bau durch eine karge Ästhetik, dem gezielten Umgang mit Licht sowie der Konfrontation mit dem körpernahen Element des Wassers und der rohen Härte des Gesteins.

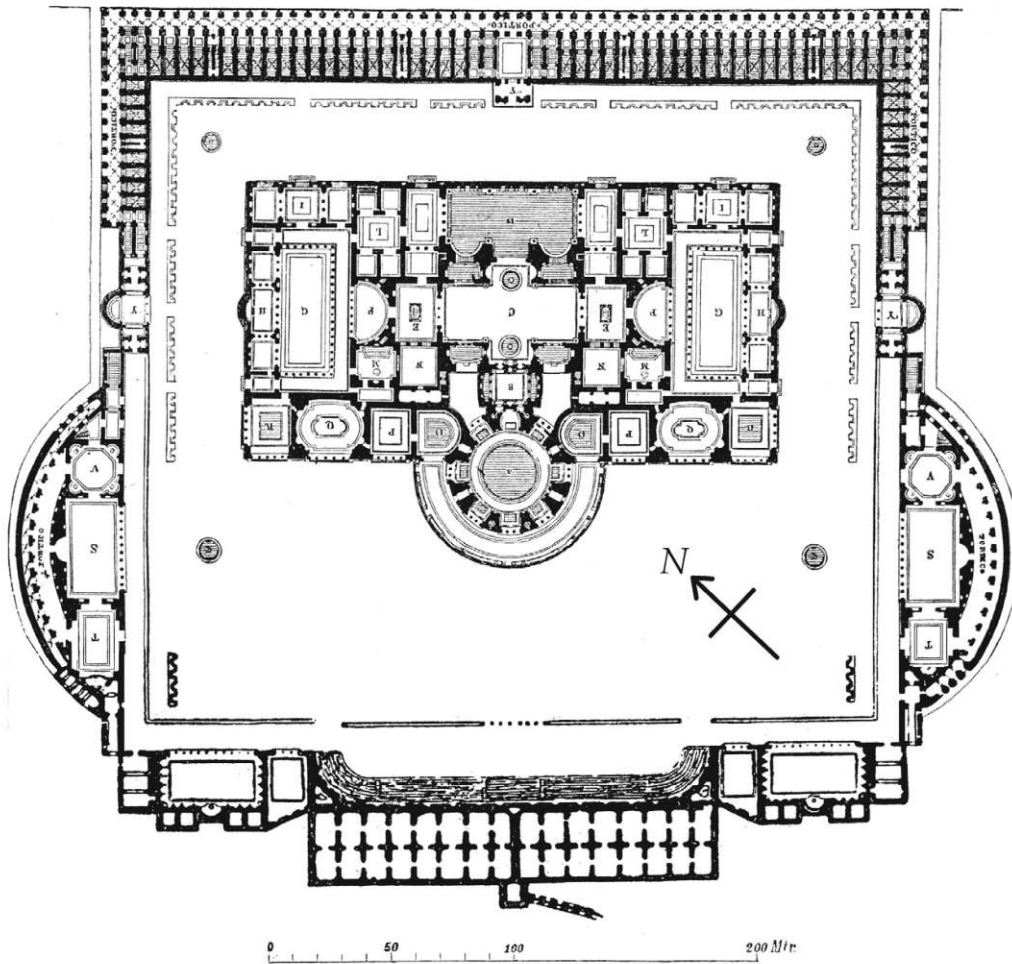
.....
1

Vgl. Ernst Seidl: Lexikon der Bautypen: Funktionen u. Formen d.Architektur, 2012, S. 45 - 46



Z 14 Bädertypen nach D. Krencker (Auswahl): a Reihenbad, b Reihenbad, Doppelanlage für Männer und Frauen, c Ringanlage (Benutzung im Rundgang), d Thermen mit Verdoppelung einzelner Abschnitte, e symmetrisch vergabelter Ringtyp mit großem caldarium und apodyterium, f kleiner Kaisertyp, g großer Kaisertyp [134]. A apodyterium, B Sporthallen, C caldarium, E Eingang, F frigidarium, L laconicum, P palästra, T tepidarium, I, II, III zwischen F u. C eingeschaltete warme Räume.

Abb. 74, Caracalla Therme



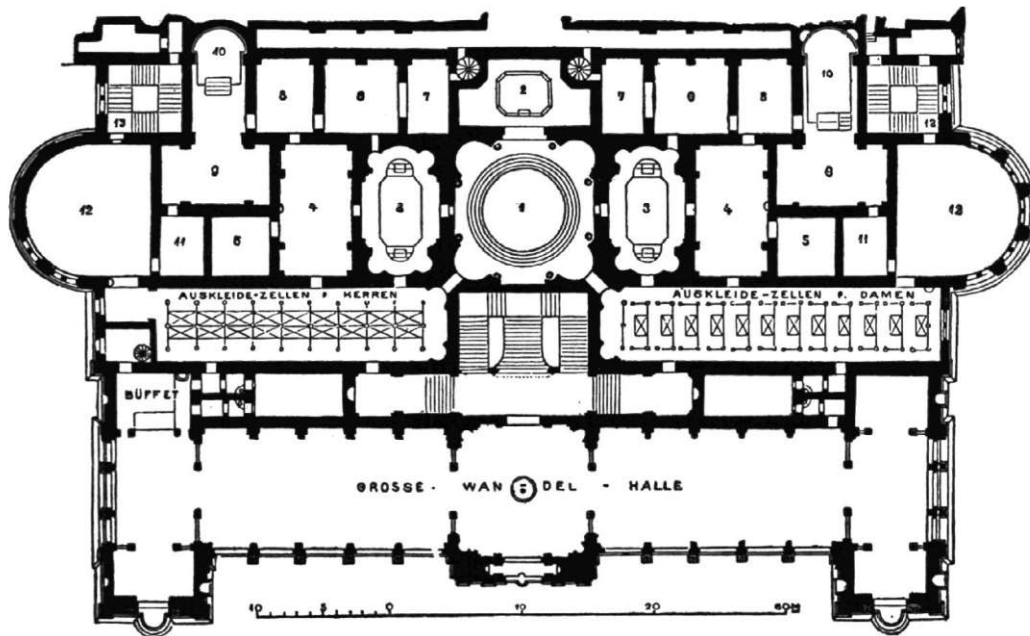
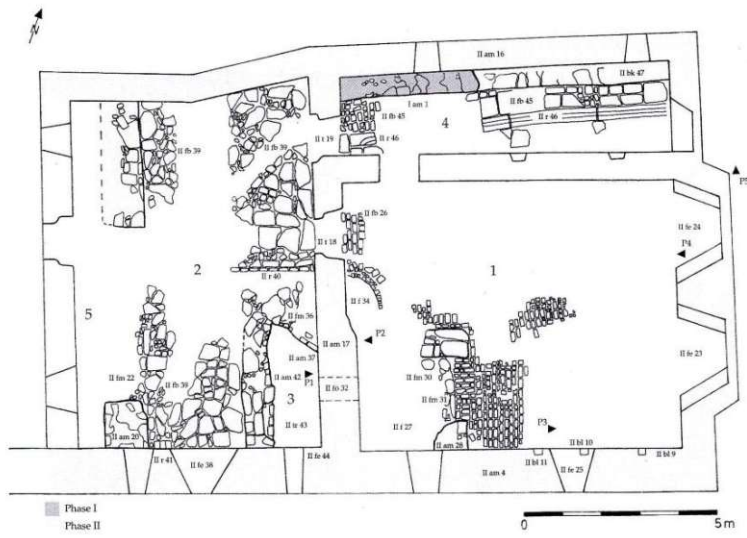


Fig. 2. Friedrichsbad in Baden-Baden.

Abb. 76, Badehaus Crailsheim



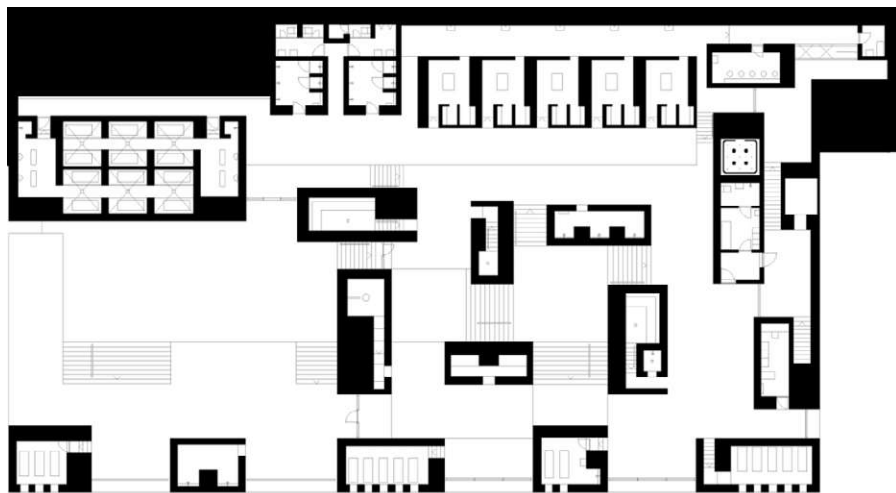


Abb. 77, Therme Vals

b

Das Konzerthaus

Der Gesang nimmt eine zentrale Rolle in der christlichen Liturgie ein. Steinbauten und vor allem gotische Kathedralen erzeugen dabei eine äußerst eigenwillige Klangwelt. Weshalb die Situierung eines Klangraumes bzw. eines Konzerthauses im Kontext der Konfrontation mit Naturstein logisch erscheint.

Dabei sind Konzerthäuser klar definierte Typologien. Die Entwicklung dieser Gebäude ist eine Konsequenz aus der Gründung von Konzertgesellschaften im 17. Jahrhundert und der damit verbundenen Entstehung eines öffentlichen Konzertwesens, welches die Notwendigkeit zur Errichtung eigenständiger Bauten hervorrief. Prägende Funktion nimmt der Konzertsaal in Anspruch. Die Nebenräume wie Foyer, Erschließung, Treppenanlage und der Gleichen umschließen den Hauptraum. Dies zeigt sich häufig auch sehr deutlich im äußeren Erscheinungsbild dieser Gebäude. Dabei zeichnet sich die Dominanz des Konzertsaals ab. Dieser unterliegt in der Regel einer Zonierung in Auditorium mit Orchesterpodium, während das Publikum in den Sitzreihen bzw. den Rängen platziert ist.

Die geometrische Ausprägung des Saales ist dagegen nicht klar definiert. Die Bandbreite der unterschiedlichen Saalformen reicht vom klassisch orthogonalen Rechteck wie dem Großen Saal des Wiener Musikvereins über kreisförmige oder polygonale bis hin zu trapezförmigen oder elliptischen Geometrien. Die Vielzahl der unterschiedlichen Saalformen und der äußeren Hüllen sorgt für ein eher diffuses Erscheinungsbild, das keiner klaren Definition unterliegt. Dennoch zeichnen sie sich innerhalb eines Stadtbildes deutlich ab.

Die Klangqualität ist im Wesentlichen abhängig von den Materialoberflächen und der Anordnung der räumlichen Elemente zueinander. Dies beruht zum einen auf praktischen Erfahrungen anhand historischer Vorbilder als auch hochkomplexen Berechnungen.¹ Weiche Materialien sorgen dabei für eine bessere Nachhallzeit. Besonders harte und geschlossenporige Materialien, wie die meisten Gesteinsarten, verlängern die Nachhallzeit deutlich. Daraus resultiert eine wesentliche Einschränkung in der Bespielbarkeit des Saales.

.....
1 Vgl. Ernst Seidl: Lexikon der Bautypen: Funktionen u. Formen d.Architektur, 2012, S. 298-300

Abb. 78, *Chanteurs à la chorale*, Vladimir Egorovich Makovsky, 1870



C

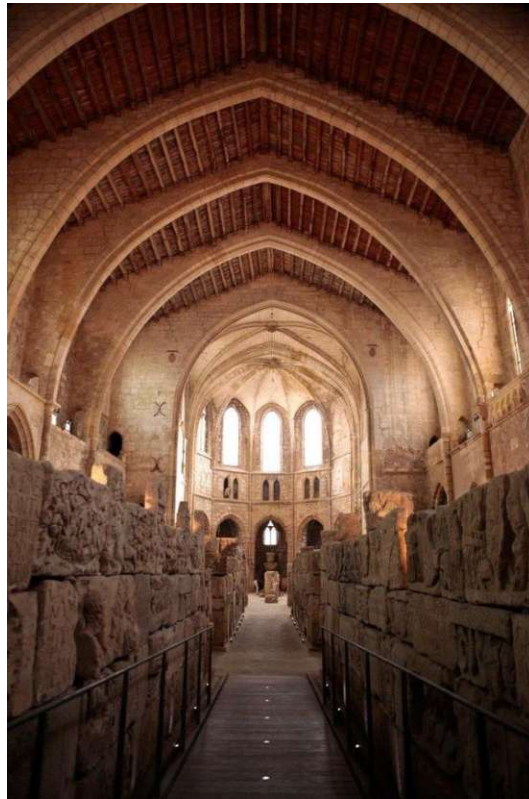
Das Lapidarium

„*Lapis*“ also Stein lautet die Übersetzung aus dem Lateinischen. Sie nimmt bereits den Zweck des Gebäudes vorweg. Bei einem Lapidarium ist die Rede von einem Bauwerk das gänzlich dem Aufbewahren von Steinen gewidmet ist. Ein Sammlungsort für alle möglichen Formen von Bauteilen und Schmuckelementen die Bauwerke umgeben. Meist treffen wir Lapidarien vis a vis von Ausgrabungsorten an. Hier werden Skulpturen, Meilensteine, Gesimse, Inschrifttafeln usw. aufbewahrt. Sie werden häufig auch direkt neben Kirchen unterhalten, um nicht mehr verwendbare Bauteile oder Plastiken direkt an geweihtem Ort aufzubewahren. Häufig unterhalten auch Bauhütten Lapidarien um ersetzte Originalteile zu lagern.

Typologisch weisen Lapidarien zumeist eine Ähnlichkeit zu Depots, Schaulager oder Werkhallen auf. Es sind Einzeller die nur über wenige oder keine Nebenräume verfügen. Häufig werden Bestandsgebäude mit einer ähnlichen Typologie zu diesem Zweck umgewidmet. Dieser Umstand zeigt sich an zahlreichen Lapidarien. Das Musée Lapidaire in Narbonne zeugt ebenso davon wie die umgenutzte Ruine der Zioniskirche in Dresden. Bei einem Lapidarium von einer eigenständigen Typologie zu sprechen ist daher nicht zutreffend. Allerdings lassen sich durch die Ähnlichkeit zu vorher genannten Typologien einige Attribute ableiten. Was Sie eint sind die zumeist enormen stützenfreien Raumvolumen, das Hallenähnliche, sowie eine ausreichende Versorgung mit natürlichem Licht. Es sind also in gewisser Weise auch Schutzbauten, welche die Sammlung vor jeglichen Umwelteinflüssen schützt. Lapidarien sind in ihrer Grundidee keine Ausstellungsräume, erhalten allerdings durch den Zugang durch die Öffentlichkeit eine Displayfunktion.

Das Lapidarium bietet den Blick in die Vergangenheit. Ein Bau in dem die Baugeschichte des Schwarzwaldes ausgestellt und konserviert werden kann.

Abb. 79, Musée Lapidaire Narbonne



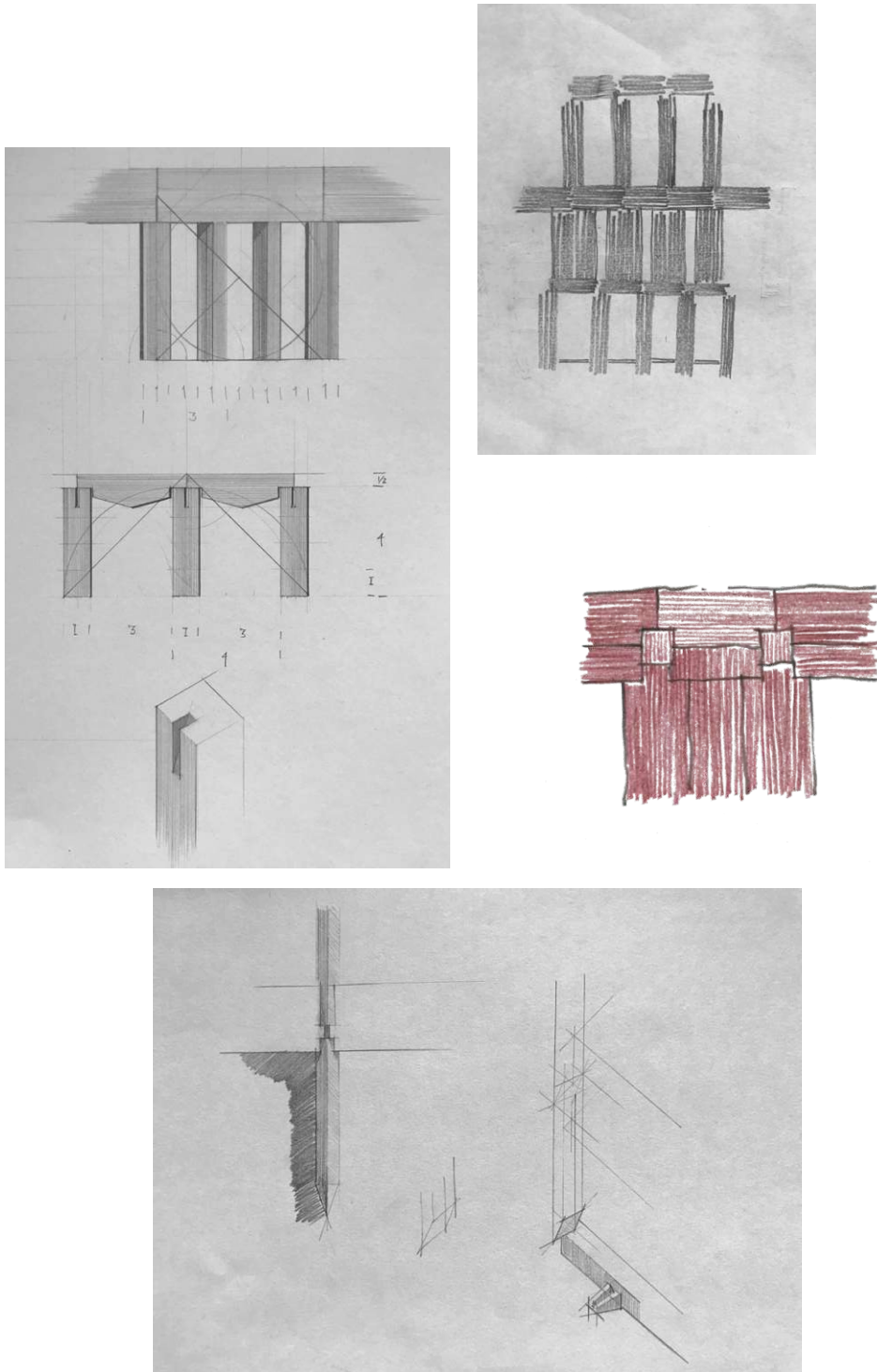
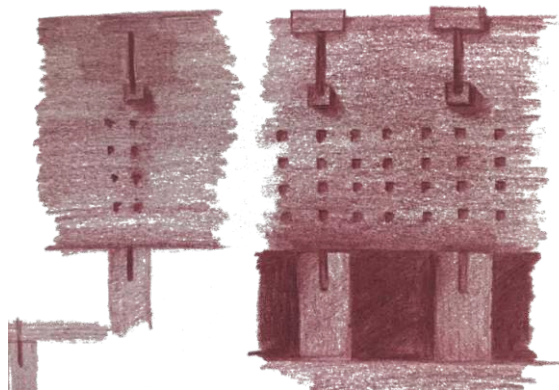
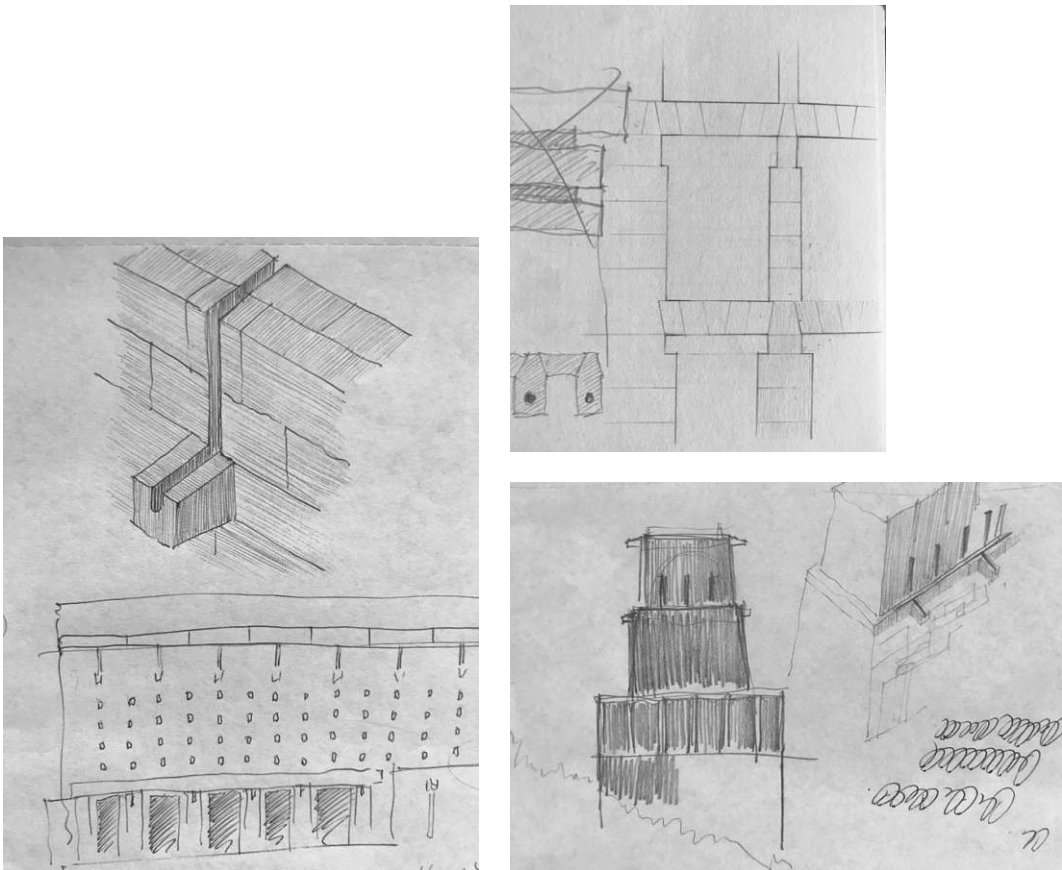


Abb. 80, Sammlung Skizzen I

Abb. 81, Steinprobe



Abb. 82, Sammlung Skizzen II



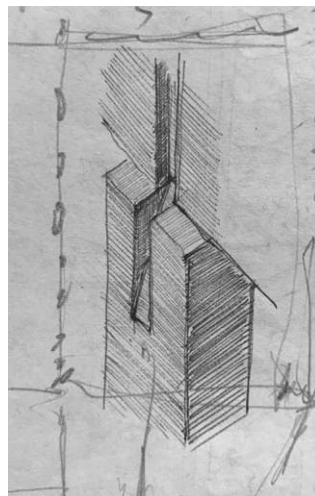
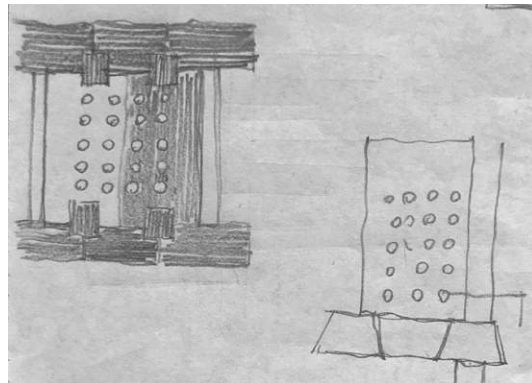
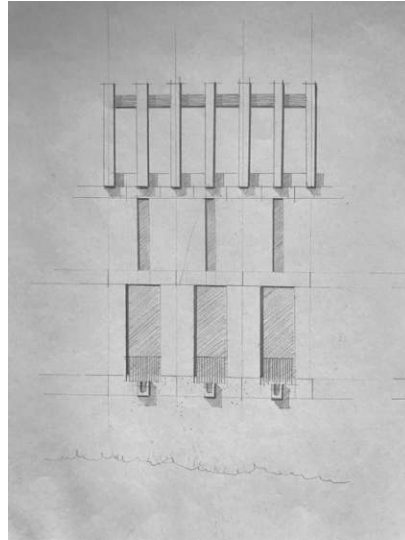
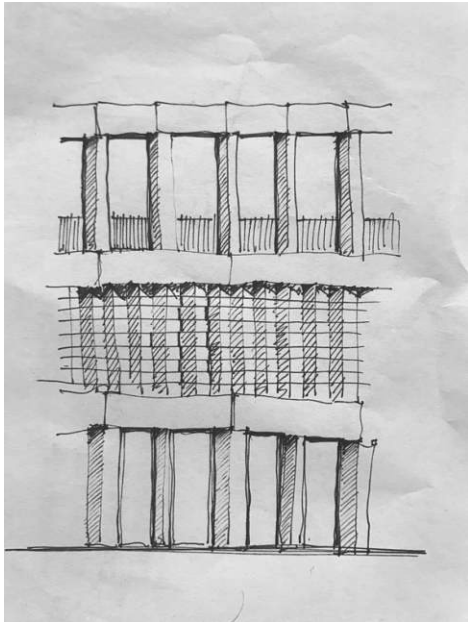
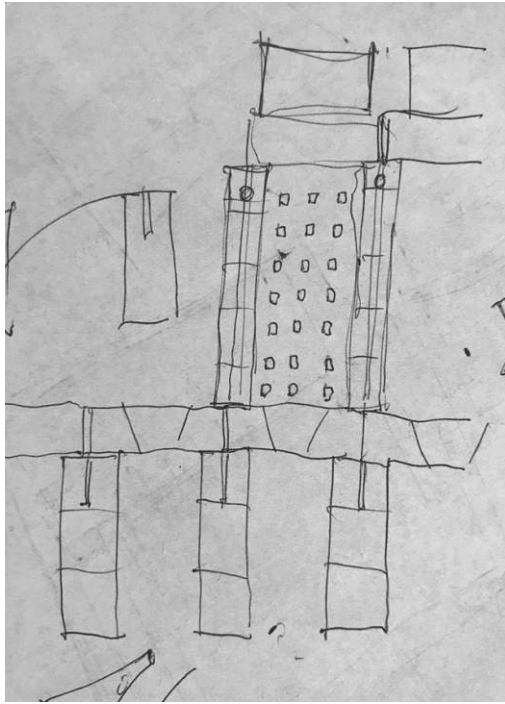


Abb. 83, Sammlung Skizzen III

a

en Bloc - die Hegemonie des Modularen

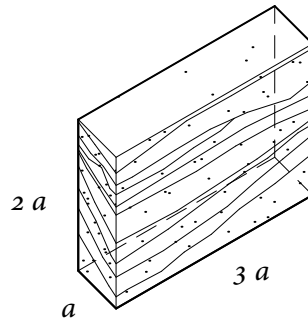


Abb. 84, Skizze Blockmodul

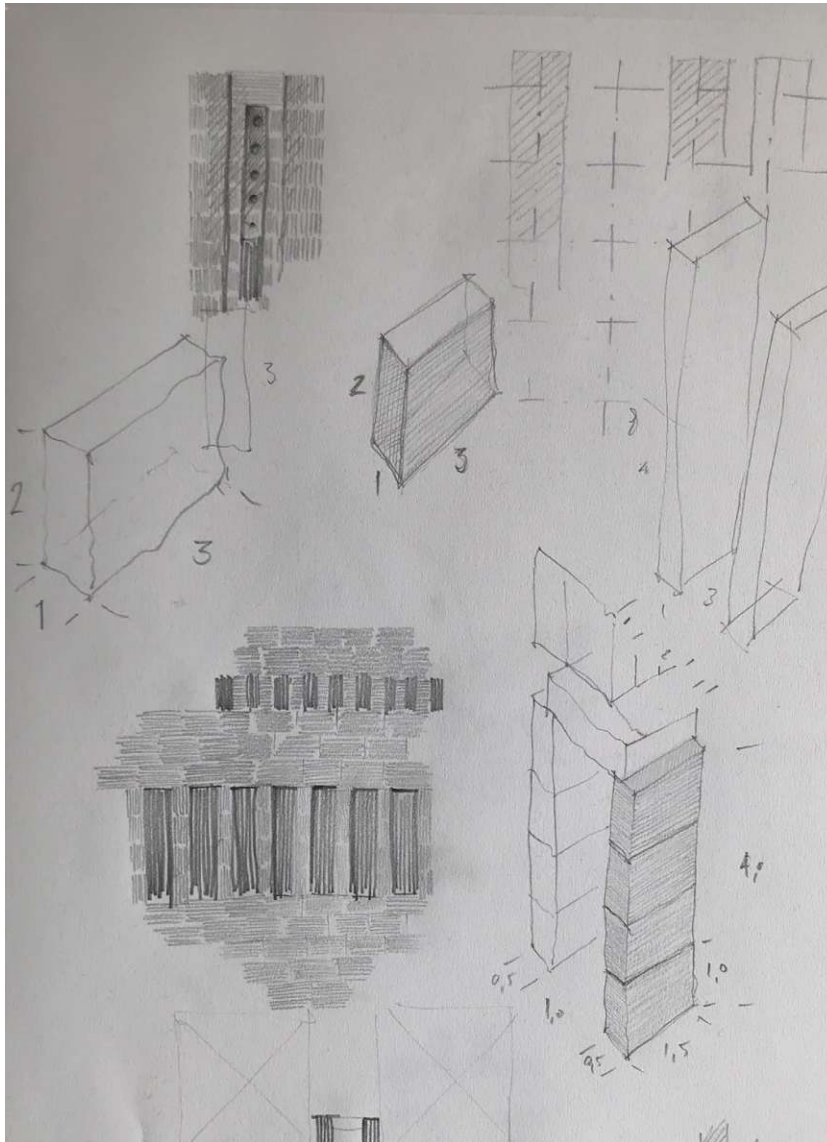


Abb. 85, Modellstudie Modul I

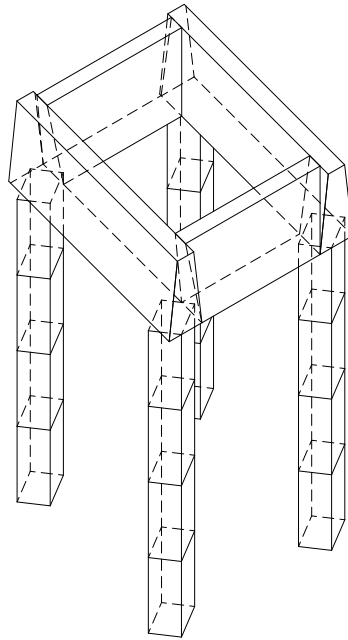


Abb. 86, Modellstudie Modul II



b

Das Diktat des Drucks



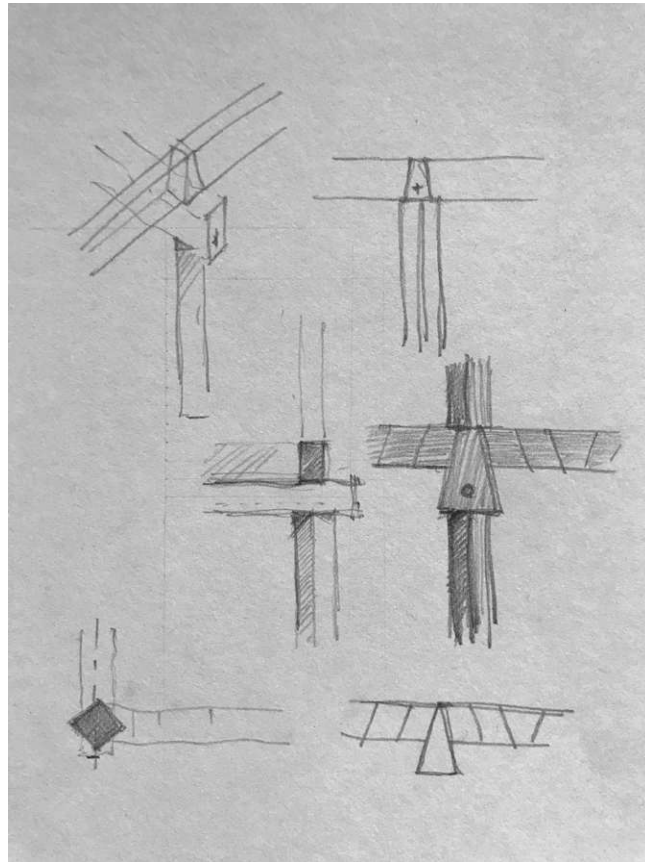


Abb. 87, Skizze System

Abb. 88, Modellstudie Druck I



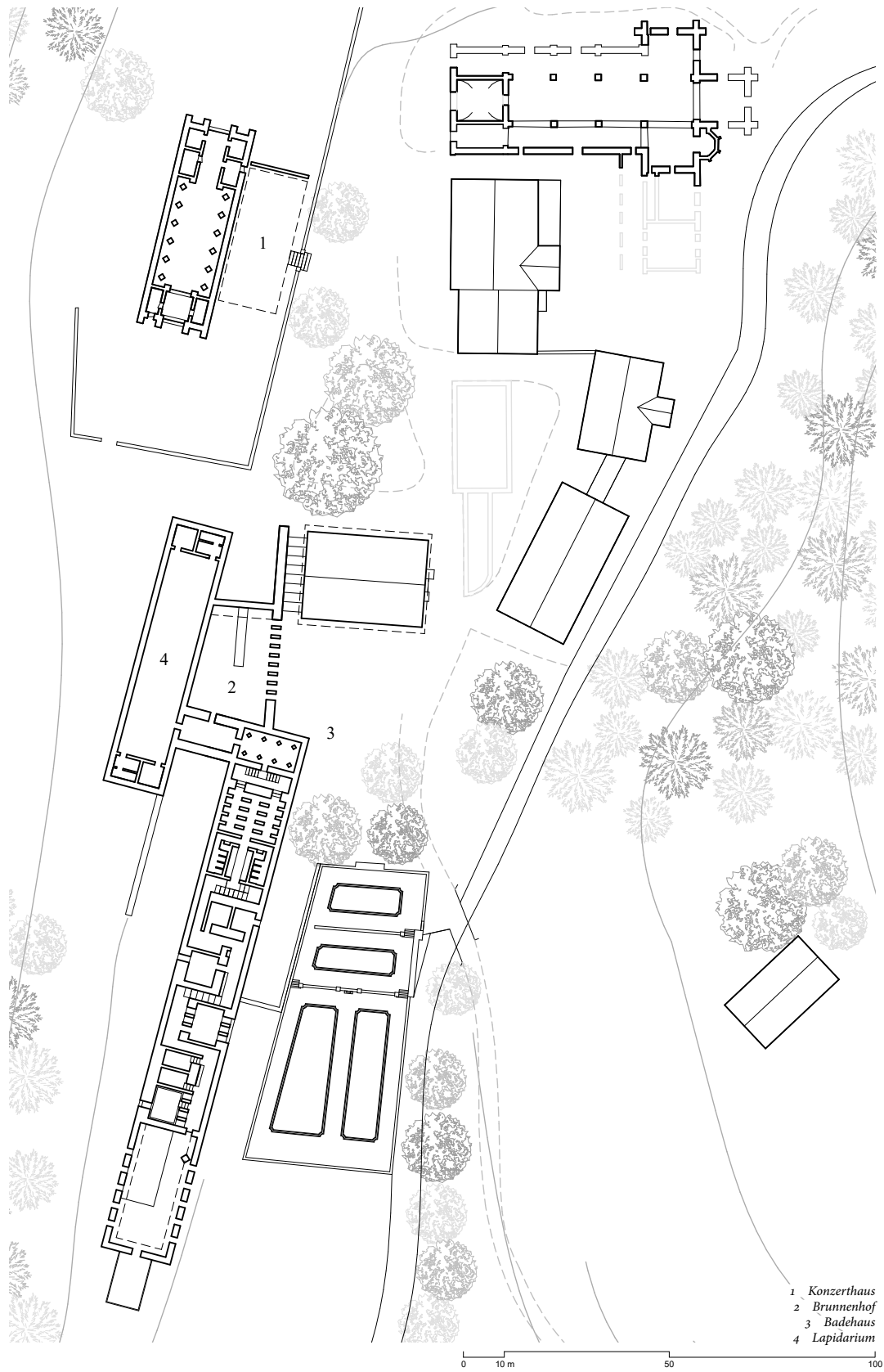
Abb. 89, Modellstudie Druck II





Abb. 90, Lagemodell I

Abb. 91, Gesamtgrundriss 1:1000



- 1 Konzerthaus
- 2 Brunnenhof
- 3 Badehaus
- 4 Lapidarium

Abb. 92, Gesamtansicht I 1:750

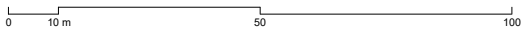
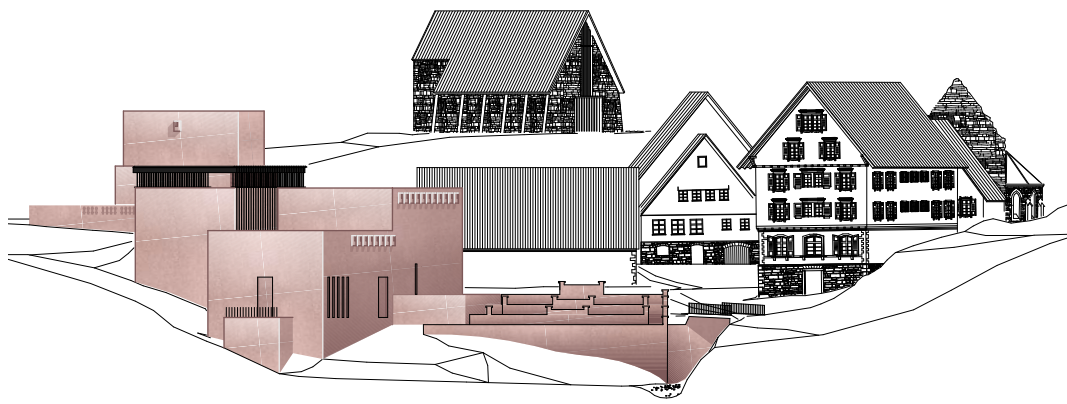
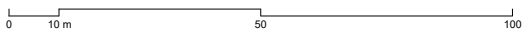
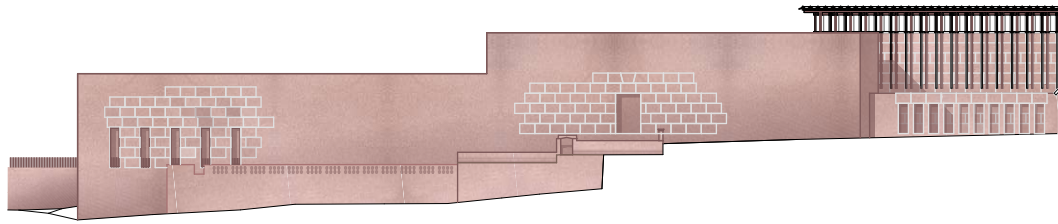


Abb. 93, Lagemodell II



Abb. 94, Gesamtansicht II 1:750



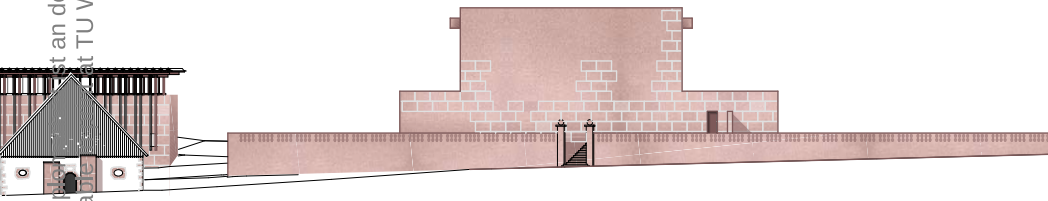
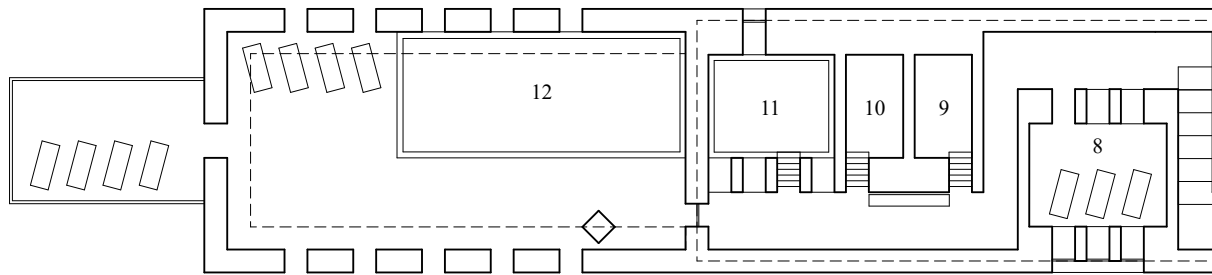


Abb. 95, Lagemodell III





Abb. 96, Badehaus
Grundriss 1:330



- 1 Foyer und Kassa
- 2 Umkleiden und Duschen
- 3 Toiletten und Schließfächer
- 4 Sauna
- 5 Dampfbad
- 6 Duschen
- 7 Ruheraum heißer Stein
- 8 Ruheraum
- 9 Eisbecken
- 10 Heißwasser Becken
- 11 Duftbecken
- 12 Warmbecken

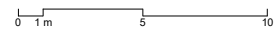
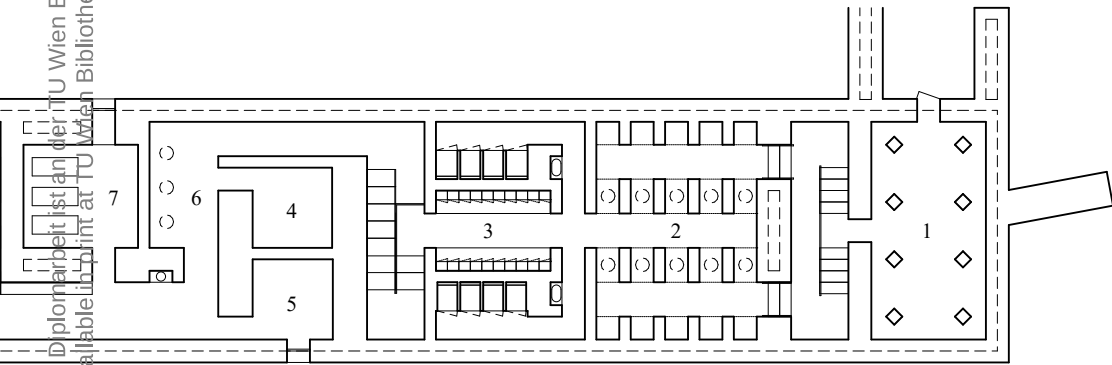
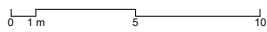
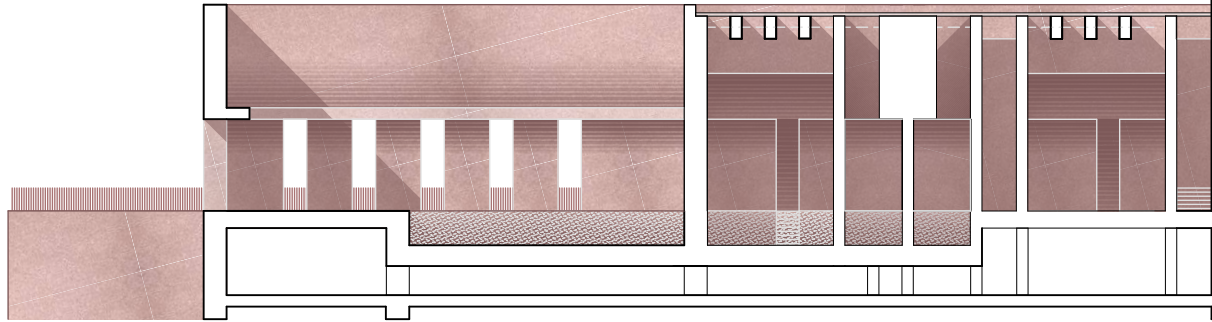
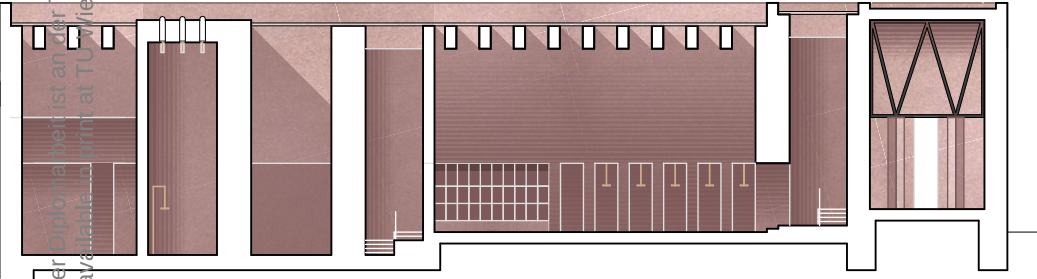


Abb. 97, Badehaus
Längsschnitt 1:330





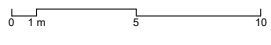
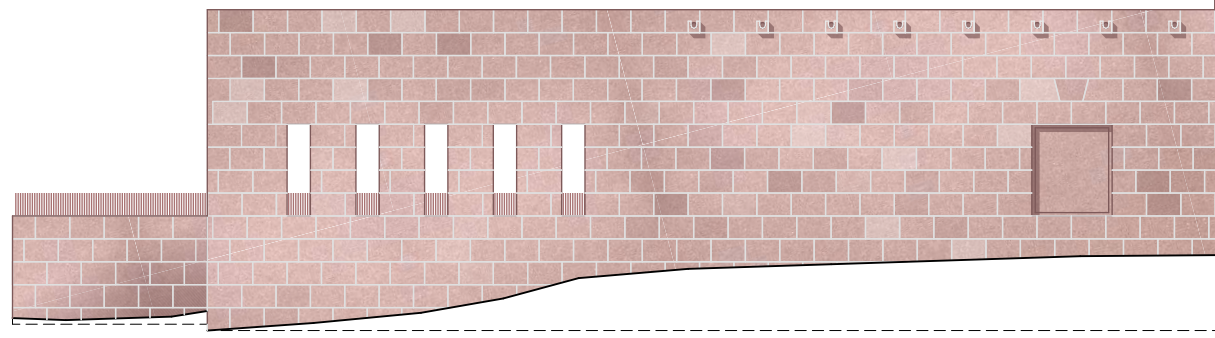


Abb. 98, Badehaus
Ansicht 1:330



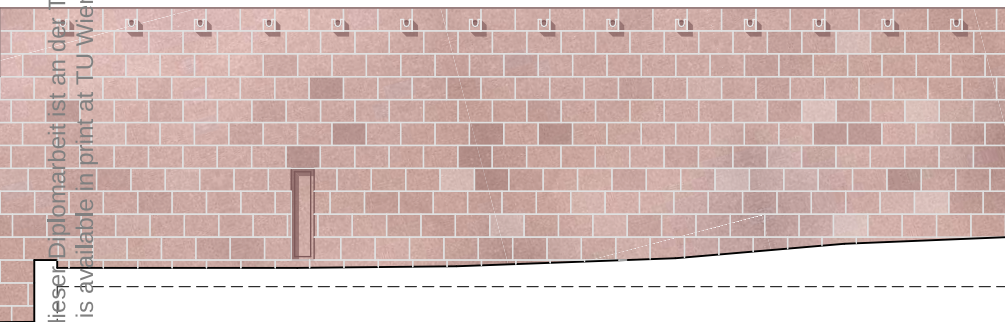


Abb. 99, Badehaus
Zeichnung
Vorstudie

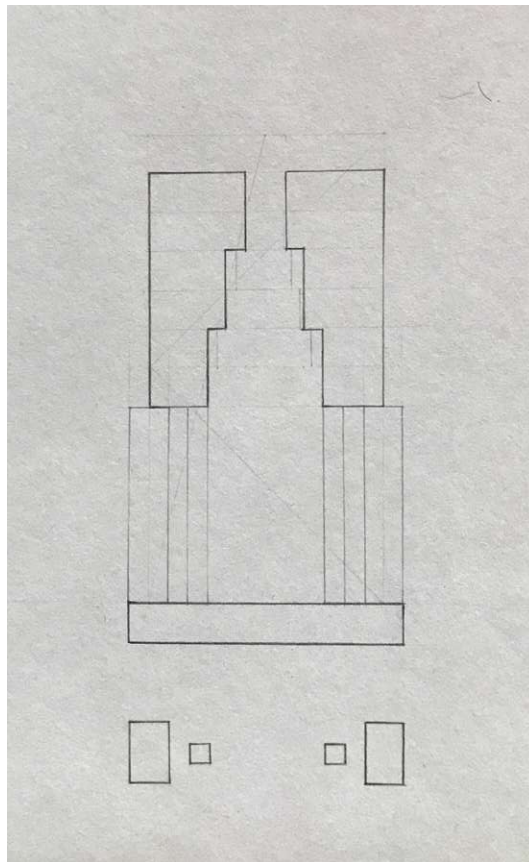


Abb. 100, Badehaus
Schnitt Becken 1:330

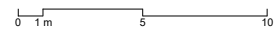
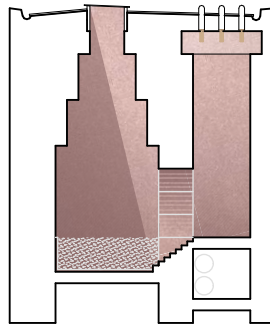
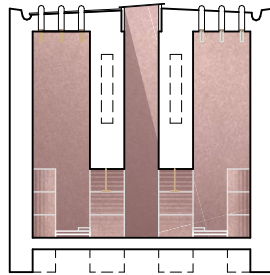
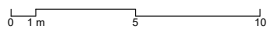
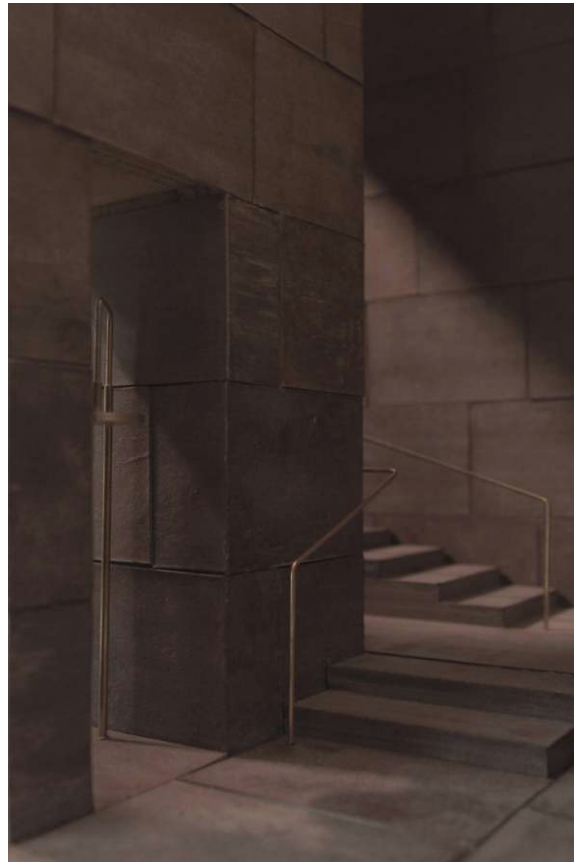


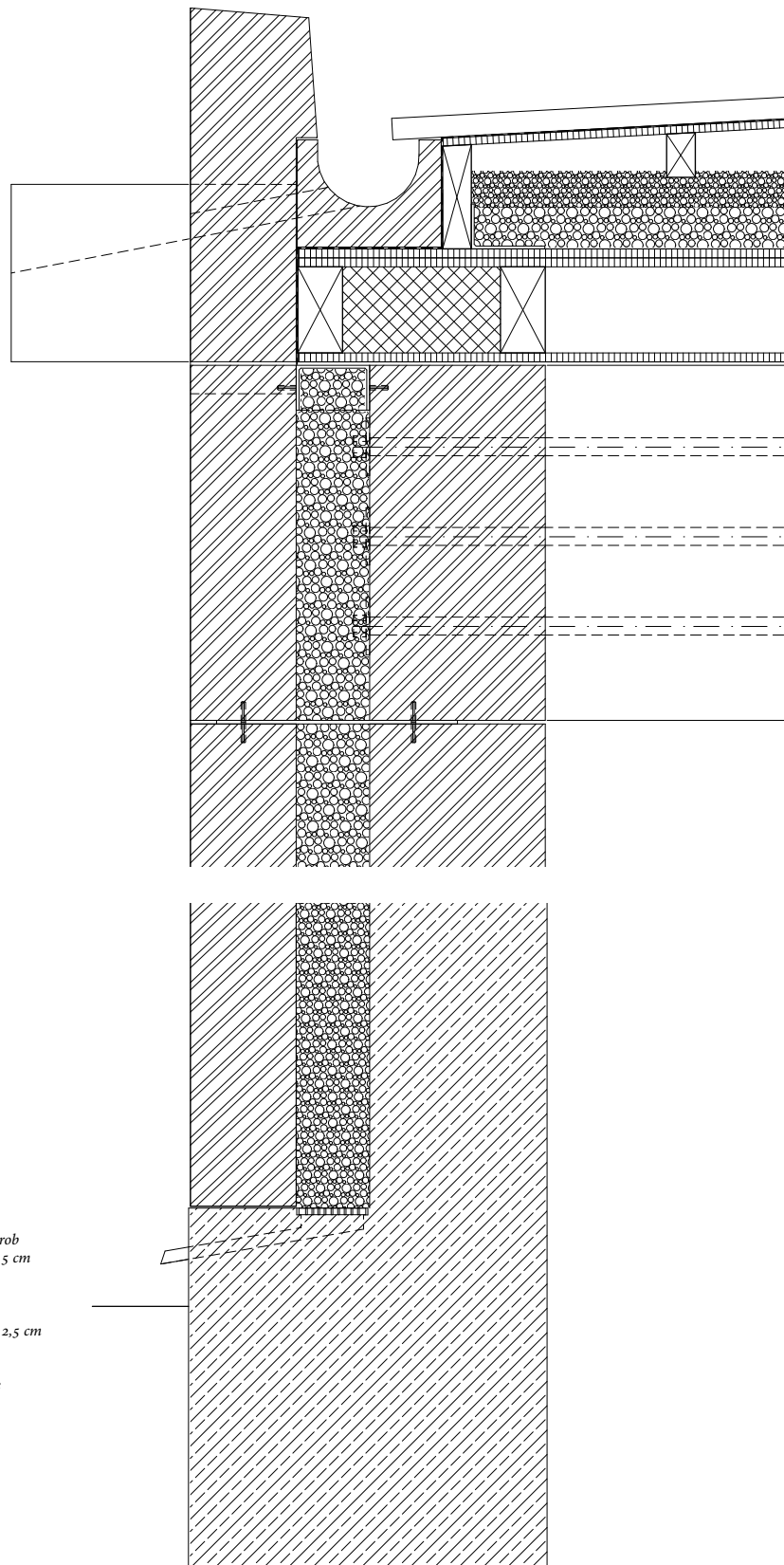
Abb. 101, Badhaus
Schnitt Umkleiden 1:330





*Abb. 102, Badehaus
Modell Innenraum*

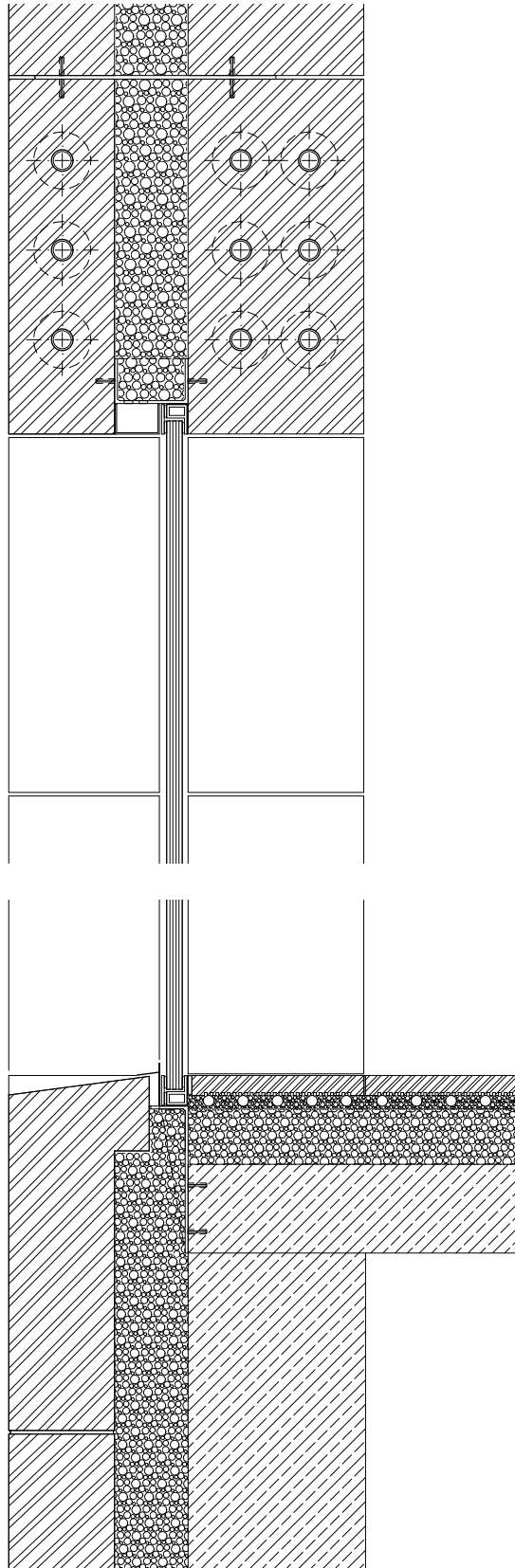
Abb. 103, Leitdetail am Beispiel Badehaus
Anschluss Dach u. Fundament
1:20



- 1 | Dachblech Wellenprofil
- 2 | Bituminöse Abdichtung
- 3 | Schalung Holzwerkstoff 2,5 cm
- 4 | Balkenlage 12,5 cm x 8 cm
- 5 | Schüttung Bimsstein fein und grob
- 6 | Schalung Holzwerkstoff 2-lagig 5 cm
- 7 | Balkenlage 25 cm x 12,5 cm
inkl. mineralischer Dämmung
u. Installationsebene
- 8 | Schalung Holzwerkstoff 1-lagig 2,5 cm
- 9 | Buntsandstein 50 cm
- 10 | Buntsandstein 30 cm
- 11 | Haltewinkel Mauerwerksschale
- 12 | Vorspannung Träger
- 13 | Schüttung Bimsstein grob

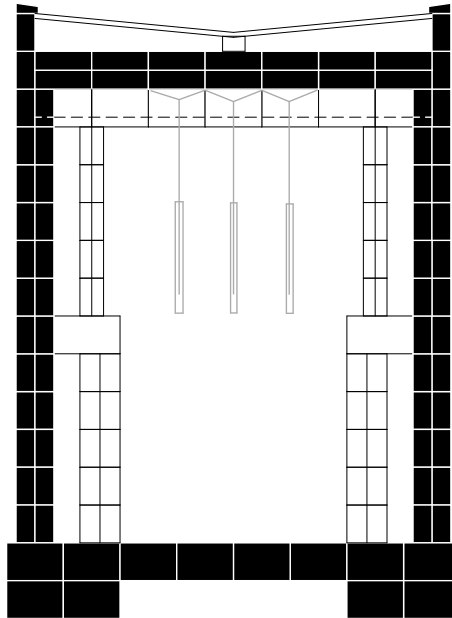
- 14 | Streifenfundament Stahlbeton
- 15 | Ablauf Tauwasser
- 16 | Haltegitter für Schüttung
- 17 | Schüttung Bimsstein grob
- 18 | Buntsandstein 30 cm

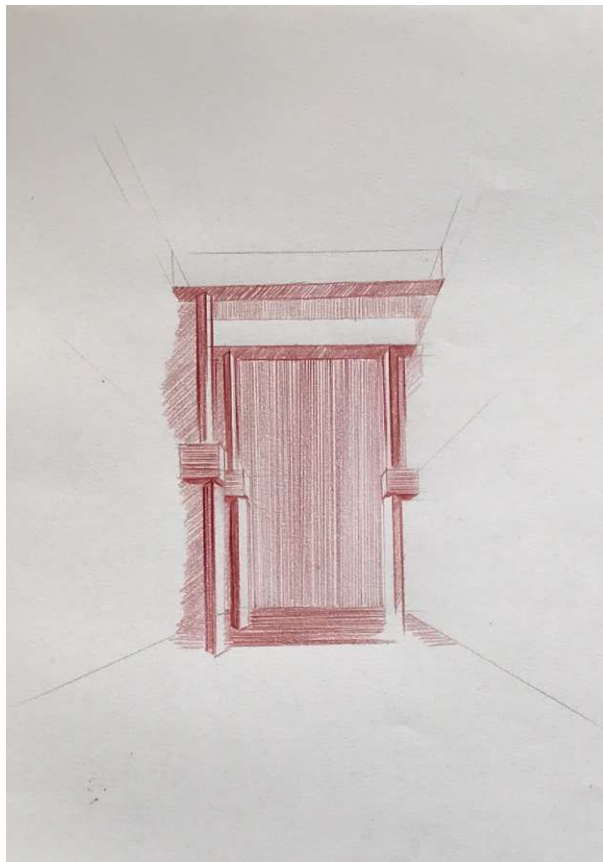
Abb. 104, Leitdetail am Beispiel Badehaus
 Fenster
 1:20



- 1 | Buntsandstein 50 cm
- 2 | Buntsandstein 30 cm
- 3 | Schüttung Bimsstein
 - 4 | Verankerung
 - 5 | Vorspannung
- 6 | Haltewinkel für Schüttung u. Rahmen
- 7 | Rahmenprofil
- 8 | 3-Fachisolierverglasung
 - 9 | Rahmen Fensterprofil
- 10 | Fundamentplatte Beton 25 cm
- 11 | Schüttung Bimsstein grob > fein
 - 12 | Fußbodenheizung
- 13 | Belag Buntsandstein 8 cm
- 14 | Haltewinkel für Fensterprofil

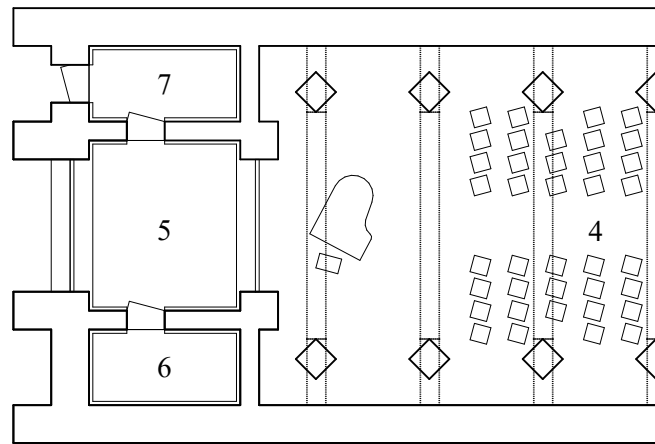
Abb. 105, Konzerthaus
Schematischer Schnitt
Vorstudie 1:200





*Abb. 106, Konzerthaus
Skizze
Vorstudie*

Abb. 107, Konzerthaus
Grundriss 1:200



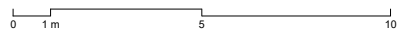
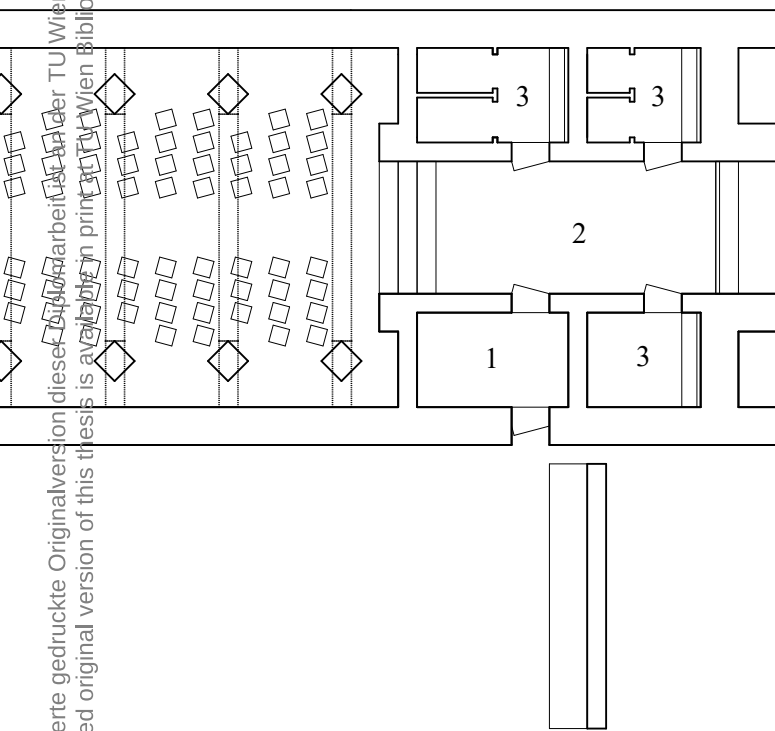


Abb. 108, Konzerthaus
Längsschnitt 1:200

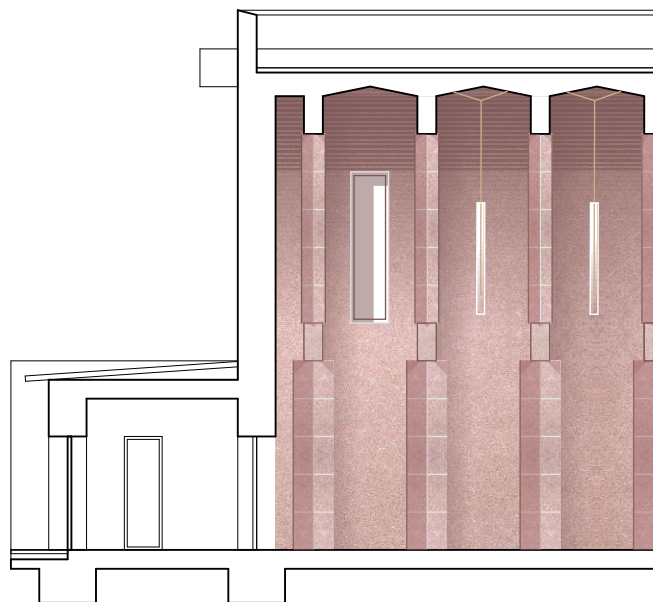
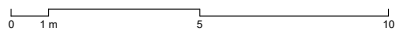
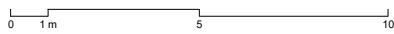
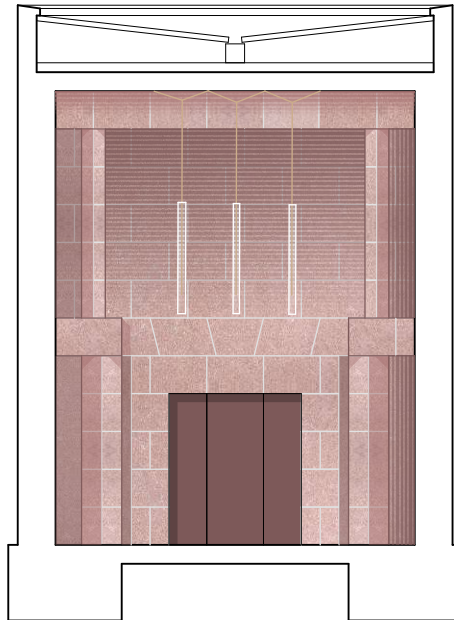
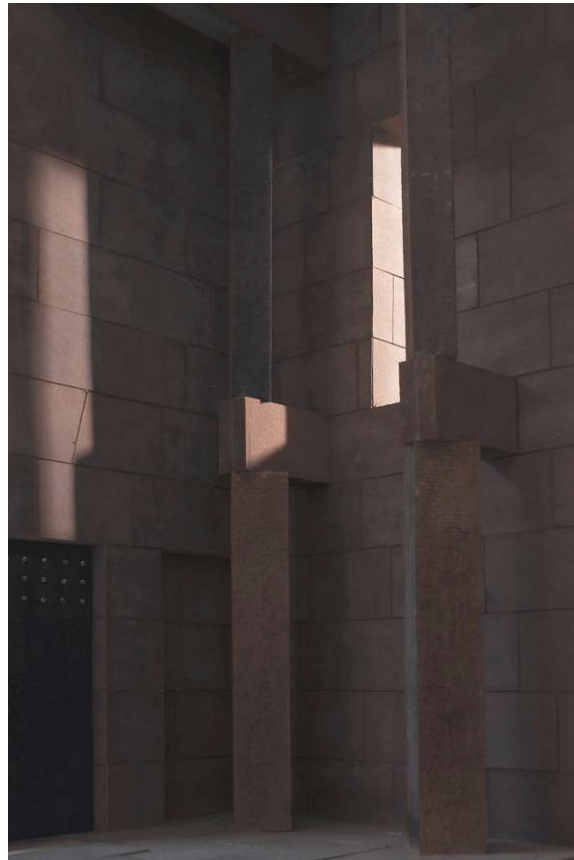


Abb. 109, Konzerthaus
Querschnitt 1:200





*Abb. 110, Konzerthaus
Modell*

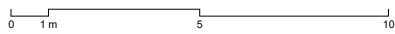
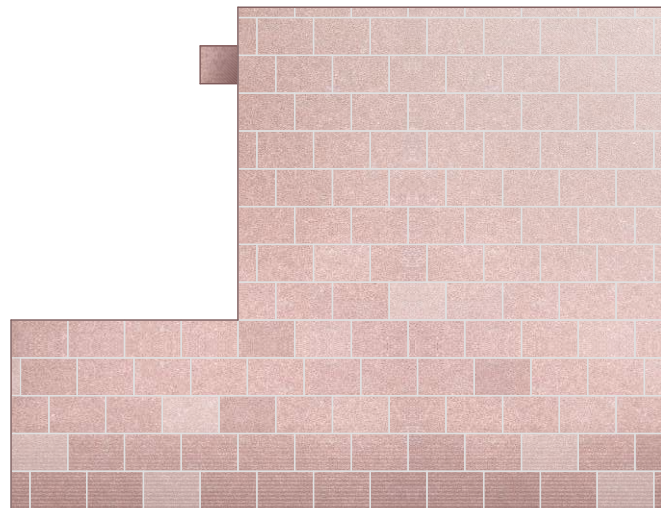


Abb. 111, Konzerthaus
Ansicht 1:200



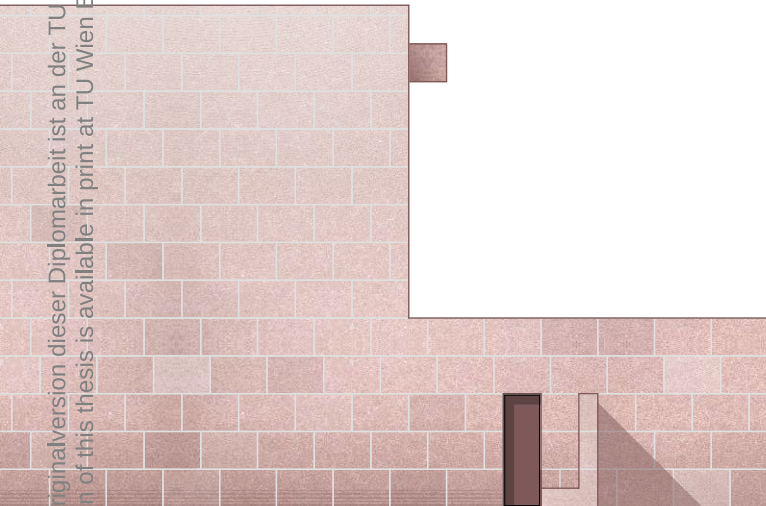
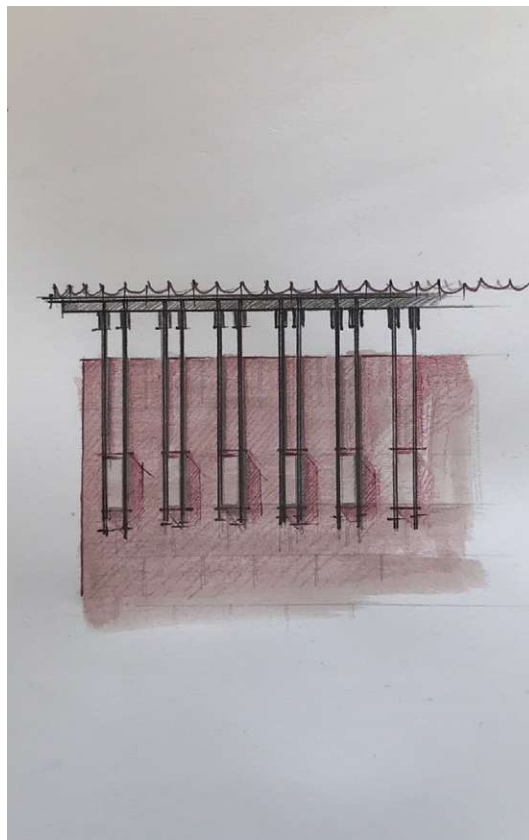


Abb. 112, Lapidarium
Skizze
Konstruktion



Ann. 113, Lapidarium
Skizze
Innenraum

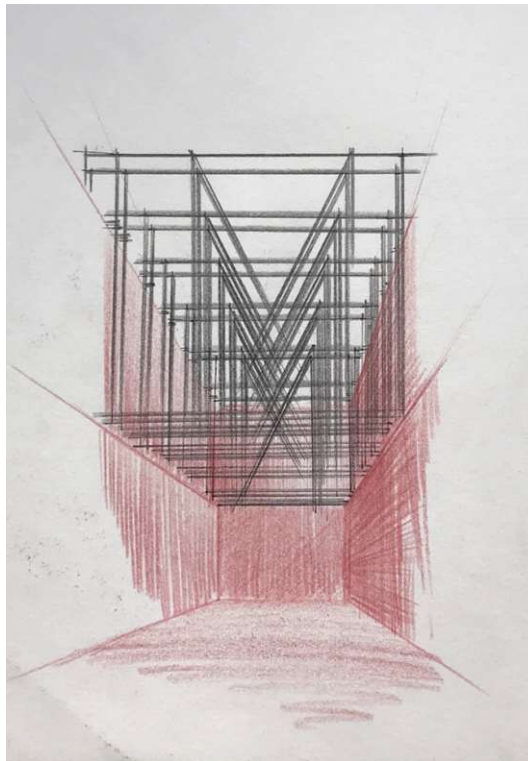
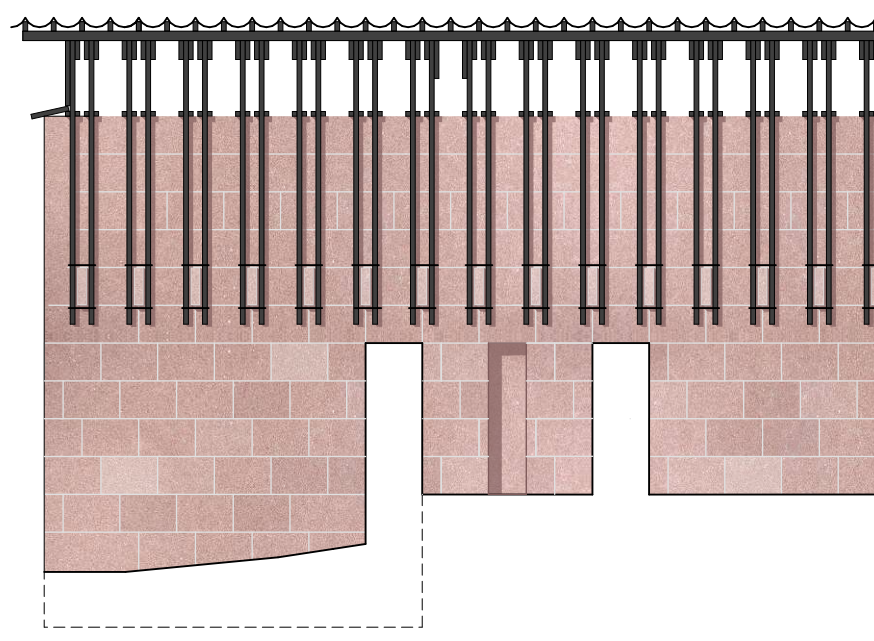


Abb. 114, Lapidarium
Ansicht Ost 1:200



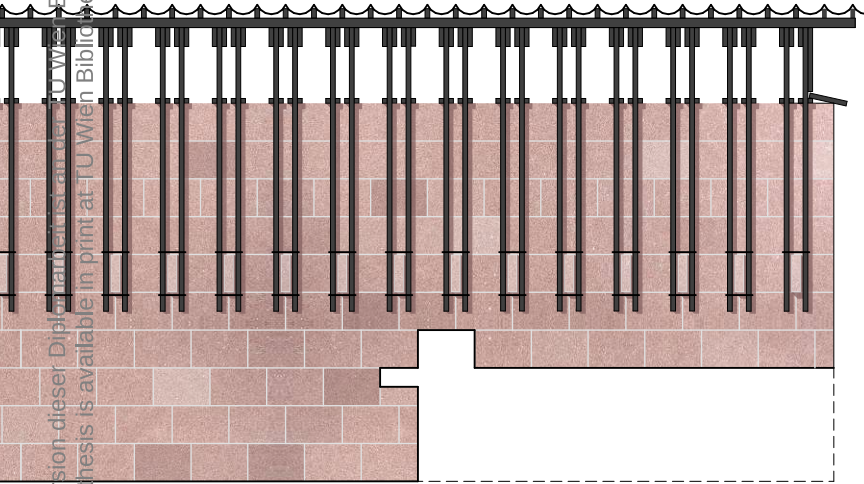
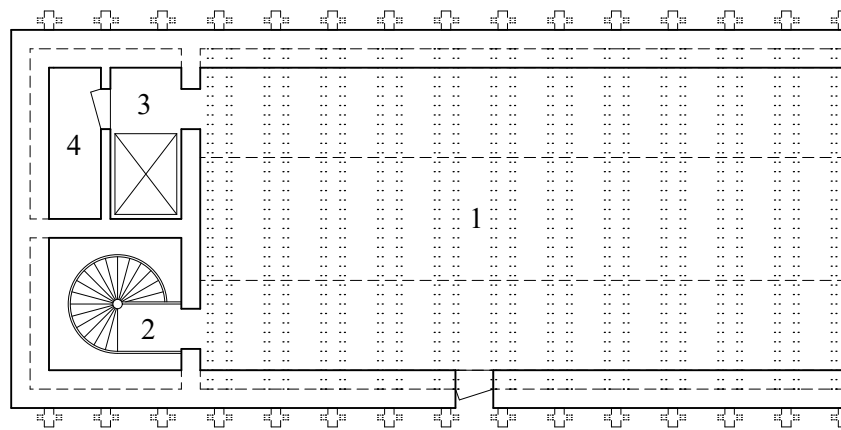


Abb. 115, Lapidarium
Grundriss EG 1:200

- 1 Ausstellung
- 2 Ausgang Stiege
- 3 Lift
- 4 Lagerraum



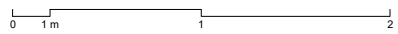
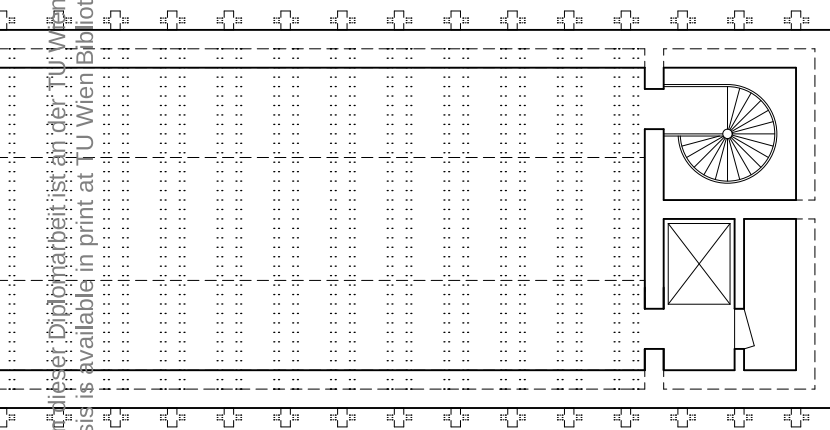
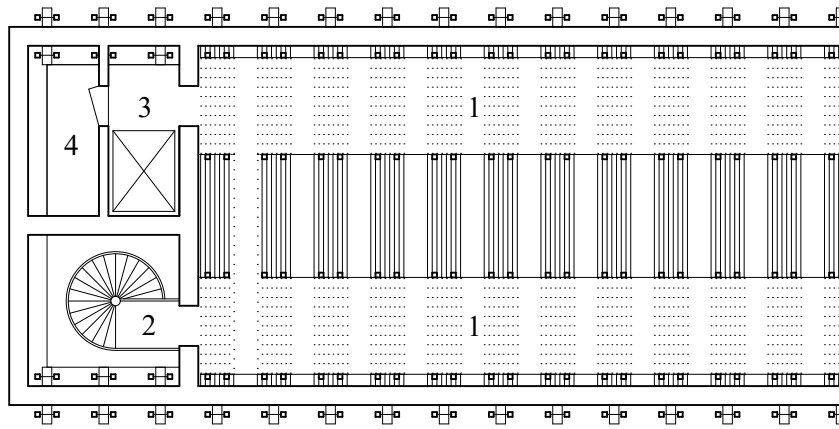


Abb. 116, Lapidarium
Grundriss OG 1:200

- 1 Ausstellung Galerie
- 2 Ausgang Stiege
- 3 Lift
- 4 Lagerraum



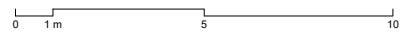
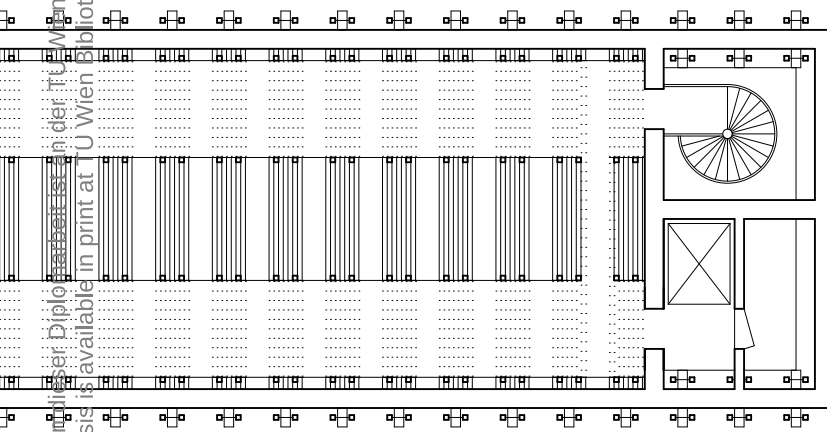
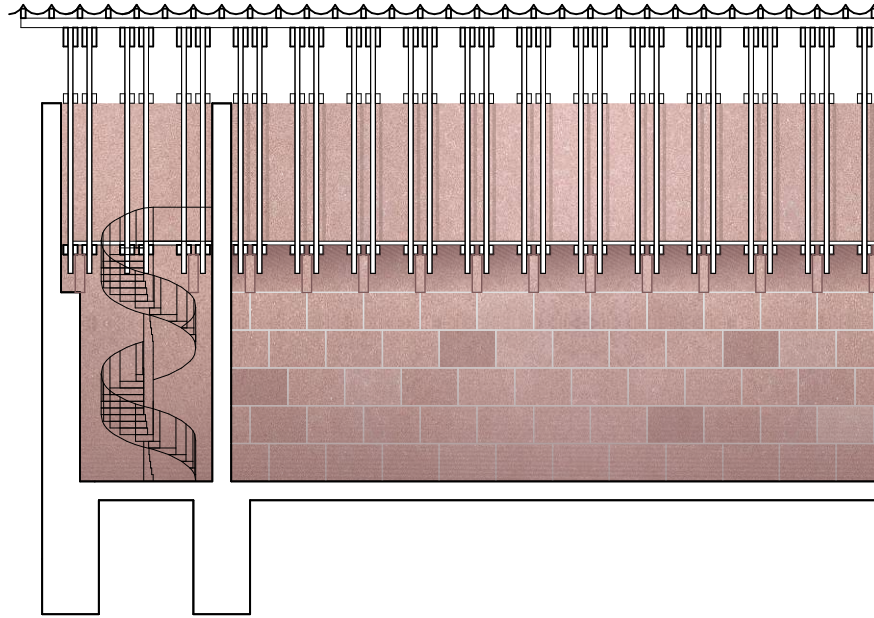
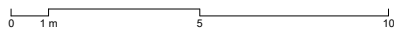


Abb. 117, Lapidarium
Längsschnitt 1:200

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



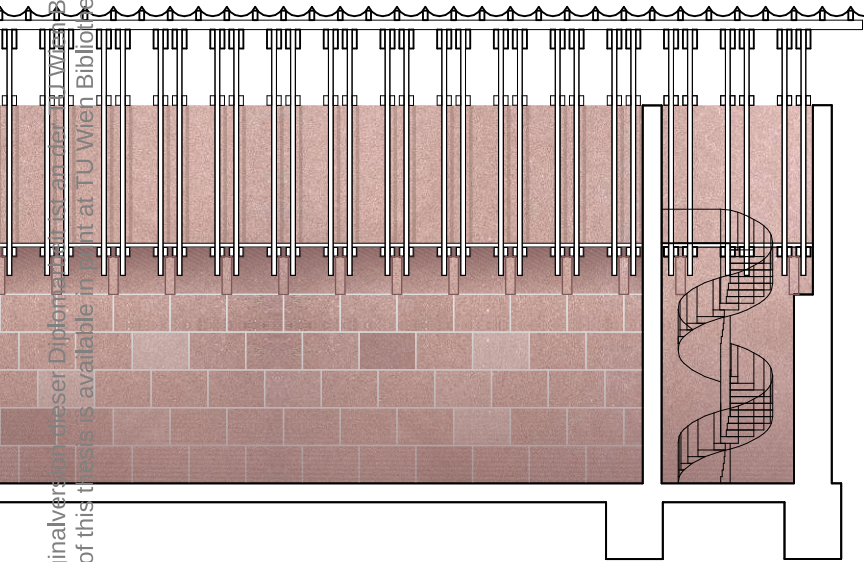


Abb. 118, Lapidarium
Querschnitt 1:200

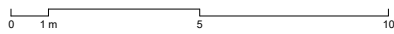
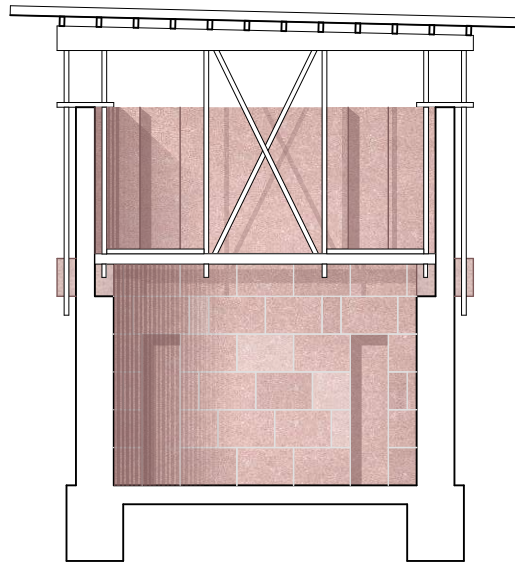


Abb. 119, Lapidarium
Modell

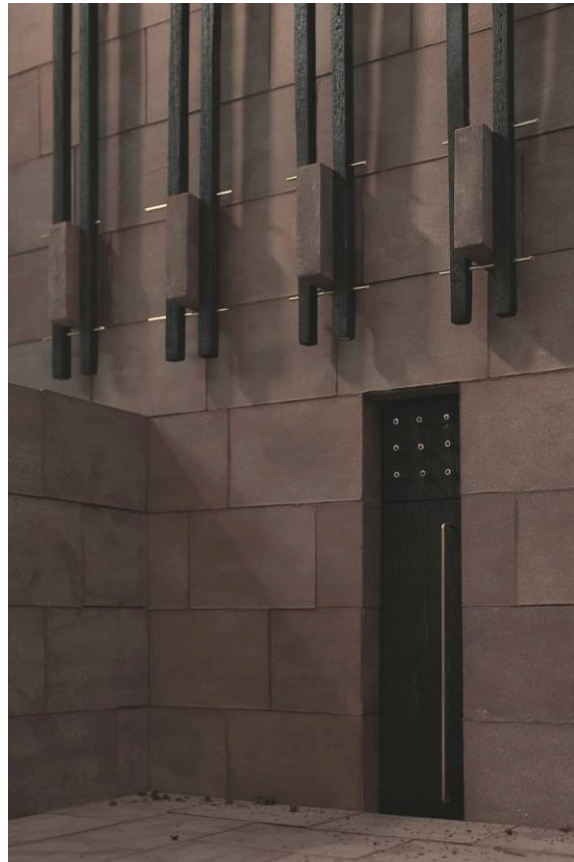


Abb. 120, Kirchenruine Allerheiligen III



CONCLUSIO

Das Bauen mit Stein ist seit jeher fordernd für Geist und Körper. Der Stein erfordert Geduld und Kraft. Er verlangt nach Klarheit und Struktur, verzeiht kaum Ungehorsam und ist doch schlicht und genügsam. Widerspenstig stemmt er sich gegen den Zugriff durch Zeit und Umwelt - und entwickelt dennoch eine poetische Synthese.

Dieses Bewusstsein hatten die Baumeister der Vergangenheit. Sie wussten um die Bedürfnisse des Steins. Nur so konnten ihre Bauwerke gelingen. Wenn sie bauten, taten sie dies für die Ewigkeit. Der Stein stand verlässlich an ihrer Seite.

Diese Gewissheit fehlt uns. Eine Vielzahl an Entwicklungen zwingt uns den Stein neu zu entdecken. Ihn zur Gehorsam zu zwingen. Die Obsession zur Standardisierung widerspricht dem selbstverständlichen Umgang mit natürlichen Materialien wie dem Stein. Dennoch muss eine Neubetrachtung diesem Umstand Rechnung tragen. Das Streben nach einem rein monolithischen Bau stößt spätestens bei der Konfrontation mit bauphysikalischen Anforderungen an seine Grenzen. Allerdings können natürliche Gesteine im gegenwärtigen Diskurs einen Beitrag leisten zu einer nachhaltigeren Architektur die sowohl ökologischer, kultureller und vor allem architektonischer Ansprüche gerecht wird.

*"Damit wird mir dann das Ende des Baus vor Augen stehen, und Ende ist immer mit Trauer verbunden, mit Schmerz über das Abgeschlossene, Endgültige. Dagegen birgt das Unbekannte immer noch die Hoffnung auf Unmögliches, [...] Ich verbleibe so gern in den Wolken der Hoffnung, aus denen der künftige Bau niedersteigt ..."*¹

.....
1

Fernand Pouillon: Singende Steine, 1999, S. 109

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

A

• Abb. 1	<i>Schlammwasser</i> eigene Darstellung	Seite 4
• Abb. 2	<i>Steinbruch im Schwarzwald</i> eigene Darstellung	6
• Abb. 3	<i>Kornspeicher in Loßburg</i> Quelle: Verlag Gebr. Metz, Hertel, <i>Gerhard</i> ; Geßler, <i>Franz</i> ; Bitzer, <i>Manfred</i> : Alt-Freudenstadt und Alt-Horb, Bilder aus zwei Württembergischen Oberämtern, Tübingen 1989, S. 101	13
• Abb. 4	<i>Lagerstätte des Carrara Marmor (TMS 11)</i> Quelle: https://www.tomhegen.com/collections/the-marble-series zuletzt aufgerufen 10.12.2021	14
• Abb. 5	<i>Abbaustätten in Carrara (Carrara, cave di marmo)</i> Quelle: https://www.paesaggioscana.it/archivio-fotografico/-/categories/60239 zuletzt aufgerufen 10.12.2021	19
• Abb. 6	<i>Offenes Lager des Schwarzwälder Buntsandsteins</i> eigene Darstellung	20
• Abb. 7	Karte über die Vorkommen Quelle: Vgl. Werner, <i>Wolfgang</i> ; Kimmig, <i>Birgit</i> ; Wittenbrink, <i>Jens</i> ; Bock, <i>Helmut</i> : Naturwerksteine aus Baden-Württemberg: Vorkommen, Beschaffenheit und Nut- zung, Freiburg im Breisgau 2011, Seite 168	21
• Abb. 8	<i>Sandsteinabbau Anfang des 20. Jahrhunderts in Allmendsberg</i> Quelle: Werner, <i>Wolfgang</i> ; Kimmig, <i>Birgit</i> ; Wittenbrink, <i>Jens</i> ; Bock, <i>Helmut</i> : Natur- werksteine aus Baden-Württemberg: Vorkommen, Beschaffenheit und Nutzung, Freiburg im Breisgau 2011, Seite 203	23
• Abb. 9	<i>Abbau des dickbankigen Plattensandstein in einem Steinbruch bei Dietersweiler,</i> <i>vermutlich in den 1960er Jahren</i> Quelle: Werner, <i>Wolfgang</i> ; Kimmig, <i>Birgit</i> ; Wittenbrink, <i>Jens</i> ; Bock, <i>Helmut</i> : Natur- werksteine aus Baden-Württemberg: Vorkommen, Beschaffenheit und Nutzung, Freiburg im Breisgau 2011, Seite 230	25
• Abb. 10	<i>Zuschnitt mit der Gattersäge</i> Quelle: https://divisare.com/projects/365554-enrico-sassi-architetto-gian-paolo-minelli-marcelo-villada-ortiz-filippo-simonetti-luca-ferrario-alberto-canepa-area-re-generation-and-buildings-reuse zuletzt abgerufen 10.12.2021	27
• Abb. 11	<i>Vorspannung am Beispiel des Berliner Schlosses</i> Quelle: Vgl. Deutscher Naturwerkstein-Verband e.V.: Bautechnische Information Naturwerkstein: Massive Bauteile aus Naturstein, Kitzingen 2018, Seite 20	32
• Abb. 12	<i>Bauarbeiten Wohnanlage in Meudon-La Foret, Paris</i> Quelle: http://www.architetturadipietra.it/wp/wp-content/uploads/2009/12/pouillon_5e.jpg , zuletzt aufgerufen 03.12.2021	35
• Abb. 13	<i>Wohnanlage in Meudon-La Foret, Paris</i> Quelle https://jeanricher.myportfolio.com/fernand-pouillon-a-meudon-la-foret zuletzt abgerufen 10.12.2021	37
• Abb. 14	<i>gemauerter Pfeiler, Klosterkirche Alpirsbach</i> eigene Darstellung	38
• Abb. 15	<i>einteilige Pfeiler, Weinlager Vauvert, Gilles Perraudin</i> eigene Darstellung	39

• Abb. 16	<i>mehrteilige Pfeiler, Wohnkomplex Climat de France in Algier, Fernand Pouillon</i> eigene Darstellung	40
• Abb. 17	<i>Wohnkomplex Climat de France in Algier, Fernand Pouillon</i> Quelle: http://www.swissphotocollection.ch/de/project/rediscovering-fernand-pouillon/ , zuletzt aufgerufen 10.12.2021	41
• Abb. 18	<i>mehrteilige Pfeiler, Wohnanlage in Meudon-La Foret, Paris, Fernand Pouillon</i> Quelle: http://www.swissphotocollection.ch/de/project/rediscovering-fernand-pouillon/ , zuletzt aufgerufen 10.12.2021	42
• Abb. 19	<i>mehrteilige Pfeiler, Weinlager in Vauvert, Gilles Perraudin</i> Quelle: https://arkiiv.tumblr.com/post/124666331034/gilles-perraudin-cellar-in-solan , zuletzt aufgerufen 10.12.2021	43
• Abb. 20	Schema Mehrschaliges Mauerwerk eigene Darstellung	44
• Abb. 21	<i>Mittelschiff der Klosterruine Allerheiligen</i> eigene Darstellung	45
• Abb. 22	<i>Quadermauerwerk in Altensteig</i> eigene Darstellung	46
• Abb. 23	Mauerwerksverbände Quelle: Vgl. Deutscher Naturwerkstein-Verband e.V.: Bautechnische Information Naturwerkstein: Mauerwerk, Kitzingen 2014, Seite 15	47
• Abb. 24	<i>zweischaliges Mauerwerk, Kornspeicher Loßburg 1823</i> eigene Darstellung	48
• Abb. 25	<i>quadermauerwerk läuferverband, Kornspeicher Loßburg 1823</i> eigene Darstellung	49
• Abb. 26	<i>gemischtes mehrschaliges Ruine der Klosterkirche, Allerheiligen 1823</i> eigene Darstellung	50
• Abb. 27	<i>Quadermauerwerk, Altensteig</i> eigene Darstellung	51
• Abb. 28	<i>mauerwerk aus bruchsteinen, Schlossburg Altensteig</i> eigene Darstellung	52
• Abb. 29	<i>unregelmäßiges quadermauerwerk mit stoßfugen, Klosterruine Hirsau, 12. Jhd</i> eigene Darstellung	53
• Abb. 30	<i>digital produziertes „Zyklopenmauerwerk“ Matter Design, 2017</i> Quelle: http://www.matterdesignstudio.com/cyclopean-cannibalism , zuletzt aufgerufen 10.12.2021	54
• Abb. 31	<i>zyklopenmauerwerk</i> Quelle: https://www.umbriatourism.it/it/-/mura-poligonal-amelia-de zuletzt aufgerufen 10.12.2021	55
• Abb. 32	<i>Löwentor von Mykene</i> Quelle: https://www.telegraph.co.uk/travel/destinations/europe/greece/articles/belle-helene-greece-hotel/ , zuletzt aufgerufen 10.12.2021	57
• Abb. 33	<i>horizontaler Träger, Stonehenge</i> eigene Darstellung	58
• Abb. 34	<i>monolithischer Sturz mit auskragendem Auflager, Kornspeicher Loßburg</i> eigene Darstellung	59
• Abb. 35	<i>horizontaler Sturz, Barrault Pressacco, Paris 2019</i> eigene Darstellung	60
• Abb. 36	<i>horizontaler Träger, Gilles Perraudin, Vauvert</i> eigene Darstellung	61

• Abb. 37	<i>Löwentor von Mykene</i> eigene Darstellung	62
• Abb. 38	<i>horizontaler Sturz, mit Spreizbogen, Kloster Alpirsbach</i> eigene Darstellung	63
• Abb. 39	<i>optisch überformter horizontaler Träger mit auskr. Auflager, Klosterruine Hirsau</i> eigene Darstellung	64
• Abb. 40	<i>Kombination aus horizontalem Träger und scheinrechtem Bogen, Klosterk. Hirsau</i> eigene Darstellung	65
• Abb. 41	<i>scheinrechter Bogen, Gilles Perraudin, Vauvert</i> eigene Darstellung	66
• Abb. 42	<i>Rundbogen, Wohnanlage Dair el Machoul in Algier, Fernand Pouillon 1953-54</i> eigene Darstellung	67
• Abb. 43	<i>Scheinrechter Bogen, Klosteranlage Hirsau</i> eigene Darstellung	68
• Abb. 44	<i>Kombination aus horizontalem Träger und Rundbogen, Klosterruine Hirsau</i> eigene Darstellung	69
• Abb. 45	<i>Rundbogen, Kloster Alpirsbach</i> eigene Darstellung	70
• Abb. 46	<i>Rundbogen, Kloster Alpirsbach</i> eigene Darstellung	71
• Abb. 47	<i>Optisch überformter Rundbogen, Klosterruine Hirsau</i> eigene Darstellung	72
• Abb. 48	<i>Bogen als Dreieckskonstruktion, Altensteig</i> eigene Darstellung	73
• Abb. 49	<i>Balkendecke Klosterkirche Alpirsbach</i> eigene Darstellung	75
• Abb. 50	<i>Kraggewölbe, Trulli, Apulien</i> eigene Darstellung	76
• Abb. 51	<i>Kraggewölbe, exemplarische Darstellung</i> eigene Darstellung	77
• Abb. 52	<i>Tonnengewölbe, Vorhalle der Klosterruine Allerheiligen</i> eigene Darstellung	78
• Abb. 53	<i>Tonnengewölbe, Abtei Le Thoronet</i> eigene Darstellung	79
• Abb. 54	<i>hölzener Dachstuhl mit Sandsteindeckung, Kornspeicher in Loßburg</i> eigene Darstellung	80
• Abb. 55	<i>Kornspeicher in Loßburg</i> eigene Darstellung	81

B

• Abb. 56	<i>Trinkbrunnen</i> eigene Darstellung	83
• Abb. 57	<i>Kirchenruine Allerheiligen I</i> eigene Darstellung	85

• Abb. 58	<i>Brunnenanlage Allerheiligen</i> eigene Darstellung	86
• Abb. 59	<i>Schwarzplan 1:7500, 2021</i> eigene Darstellung	87
• Abb. 60	<i>ehemaliges Forsthaus Allerheiligen</i> eigene Darstellung	88
• Abb. 61	<i>Blick ins Tal</i> eigene Darstellung	89
• Abb. 62	<i>Ansichtskarte aus dem 18. Jahrhundert</i> Quelle: Landesarchiv Baden-Württemberg, http://www.landearchiv-bw.de/plink/?f=4-1343068-1 zuletzt aufgerufen 06.10.2021	90
• Abb. 63	<i>Ansichtskarte um 1900</i> Quelle: https://www.delcampe.net/de/ansichtskarten/europa/deutschland/baden-wuerttemberg/oppennau?f=orte:kloster , zuletzt aufgerufen 10.12.2021	91
• Abb. 64	<i>Grundrissplan 1:2000, um 1803, Präsäkularisation</i> eigene Darstellung	92
• Abb. 65	<i>Lageplan 1:2000, 2021, Postsäkularisation</i> eigene Darstellung	93
• Abb. 66	<i>Grundrissplan 1:2000, um 1803, Präsäkularisation</i> eigene Darstellung	94
• Abb. 67	<i>Lageplan 1:2000, 2021, Postsäkularisation</i> eigene Darstellung	95
• Abb. 68	<i>Ansicht 1:1000, um 1803, Präsäkularisation</i> eigene Darstellung	96
• Abb. 69	<i>Ansicht 1:1000, 2021, Postsäkularisation</i> eigene Darstellung	97
• Abb. 70	<i>Gästehaus und Gesindehaus</i> eigene Darstellung	98
• Abb. 71	<i>Kirchenruine Allerheiligen II</i> eigene Darstellung	99
• Abb. 72	<i>Das Frauenbad, Albrecht Dürer 1469</i> Quelle: https://www.meisterdrucke.at/kunstwerke/500px/Albrecht%20Durer%20or%20Duerer%20-%20The%20Womens%20Bath%20-%20%20%28MeisterDrucke-137596%29.jpg , zuletzt aufgerufen 10.12.2021	101
• Abb. 73	<i>Bädertypen nach Krencker</i> Quelle: Brödner, <i>Erika</i> : Die römischen Bäder und das Antike Badewesen, Darmstadt 1992, S. 14	103
• Abb. 74	<i>Caracalla Therme</i> Quelle: https://kartonmodelle.org/modellbogen/schreiber-bogen/profanbauten/jfs-754-caracalla zuletzt aufgerufen 10.12.2021	104
• Abb. 75	<i>Friedrichsbad Baden-Baden</i> Quelle: http://images.zeno.org/Lueger-1904/1/big/TL010593.jpg zuletzt aufgerufen 10.12.2021	105
• Abb. 76	<i>Badehaus Crailsheim</i> Quelle Tuchen, <i>Birgit</i> : Öffentliche Badhäuser in Deutschland und der Schweiz im Mittelalter und der frühen Neuzeit, Petersberg 2003, S. 184	106
• Abb. 77	<i>Therme Vals</i> Quelle https://images.adsttc.com/media/images/55e8/8f33/46fe/9f69/3200/0015/slideshow/therme-vals-plan-01.jpg?1441304343 , zuletzt aufgerufen 10.12.2021	107

• Abb. 78	<i>Chanteurs à la chorale, Vladimir Egorovich Makovsky, 1870</i> Quelle: https://arthive.com/fr/artists/486~Vladimir_Egorovich_Makovsky/works/560578~Chanteurs_la_chorale zuletzt aufgerufen 10.12.2021	109
• Abb. 79	<i>Musée Lapidaire - Narbonne</i> Quelle: https://openagenda.com/nuitdesmusees2015/events/notre-dame-de-lamour-guier-et-sa-surprenante-collection-lapidaire , zuletzt aufgerufen 10.12.2021	111
• Abb. 80	<i>Sammlung Skizzen I</i> eigene Darstellung	112
• Abb. 81	<i>Steinprobe</i> eigene Darstellung	113
• Abb. 82	<i>Sammlung Skizzen II</i> eigene Darstellung	114
• Abb. 83	<i>Sammlung Skizzen III</i> eigene Darstellung	115
• Abb. 84	<i>Skizze Blockmodul</i> eigene Darstellung	117
• Abb. 85	<i>Modellstudie Modul I</i> eigene Darstellung	118
• Abb. 86	<i>Modellstudie Modul II</i> eigene Darstellung	119
• Abb. 87	<i>Skizze System</i> eigene Darstellung	121
• Abb. 88	<i>Modellstudie Druck I</i> eigene Darstellung	122
• Abb. 89	<i>Modellstudie Druck II</i> eigene Darstellung	123
• Abb. 90	<i>Lagemodell I</i> eigene Darstellung	124
• Abb. 91	<i>Gesamtgrundriss 1:1000</i> eigene Darstellung	125
• Abb. 92	<i>Gesamtansicht I 1:750</i> eigene Darstellung	126
• Abb. 93	<i>Lagemodell II</i> eigene Darstellung	127
• Abb. 94	<i>Gesamtansicht II 1:750</i> eigene Darstellung	128
• Abb. 95	<i>Lagemodell III</i> eigene Darstellung	130
• Abb. 96	<i>Badehaus, Grundriss 1:330</i> eigene Darstellung	132
• Abb. 97	<i>Badehaus Längsschnitt 1: 330</i> eigene Darstellung	134
• Abb. 98	<i>Badehaus, Ansicht 1:330</i> eigene Darstellung	136
• Abb. 99	<i>Badehaus, Zeichnung Vorstudie</i> eigene Darstellung	138
• Abb. 100	<i>Badehaus Schnitt Becken 1:330</i> eigene Darstellung	139

•	Abb. 101	<i>Badehaus Schnitt Umkleiden 1:330</i> eigene Darstellung	140
•	Abb. 102	<i>Badehaus Modell Innenraum</i> eigene Darstellung	141
•	Abb. 103	<i>Leitdetail am Beispiel Badehaus, Anschluss Dach u. Fundament</i> eigene Darstellung	142
•	Abb. 104	<i>Leitdetail am Beispiel Badehaus, Fenster</i> eigene Darstellung	143
•	Abb. 105	<i>Konzerthaus, Schematischer Schnitt Vorstudie</i> eigene Darstellung	144
•	Abb. 106	<i>Konzerthaus Skizze Vorstudie</i> eigene Darstellung	145
•	Abb. 107	<i>Konzerthaus Grundriss 1:200</i> eigene Darstellung	146
•	Abb. 108	<i>Konzerthaus Längsschnitt 1:200</i> eigene Darstellung	148
•	Abb. 109	<i>Konzerthaus Querschnitt 1:200</i> eigene Darstellung	150
•	Abb. 110	<i>Konzerthaus Modell</i> eigene Darstellung	151
•	Abb. 111	<i>Konzerthaus Ansicht 1:200</i> eigene Darstellung	152
•	Abb. 112	<i>Lapidarium Skizze Konstruktion</i> eigene Darstellung	154
•	Abb. 113	<i>Lapidarium Skizze Innenraum</i> eigene Darstellung	155
•	Abb. 114	<i>Lapidarium Ansicht Ost 1:200</i> eigene Darstellung	156
•	Abb. 115	<i>Lapidarium Grundriss EG 1:200</i> eigene Darstellung	158
•	Abb. 116	<i>Lapidarium Grundriss OG 1:200</i> eigene Darstellung	160
•	Abb. 117	<i>Lapidarium Längsschnitt 1:200</i> eigene Darstellung	162
•	Abb. 118	<i>Lapidarium Querschnitt 1:200</i> eigene Darstellung	164
•	Abb. 119	<i>Lapidarium Modell</i> eigene Darstellung	165
•	Abb. 120	<i>Kirchenruine Allerheiligen III</i> eigene Darstellung	166

QUELLVERZEICHNIS

Literatur

- Behringer, *Anton*; Rek, *Franz*: Das Maurerbuch: Ein Fachbuch für Geselle, Polier und Meister, Ein Buch der Praxis für Baumeister, Architekten und Lehrer, Ravensburg 1950
- Caruso, *Adam*; Thomas, *Helen*: The Stones of Fernand Pouillon: An Alternative Modernism in French Architecture, Zürich 2018
- DEAB Dachverband Entwicklungspolitik Baden-Württemberg: Natursteine nachhaltig beschaffen: für Umweltschutz und Menschenrechte, Stuttgart 2014
- Deutscher Naturwerkstein-Verband e.V.: Bautechnische Information Naturwerkstein: Bauchemische u. bauphysikalische Einflüsse Außenarbeiten, Kitzingen 1995
- Deutscher Naturwerkstein-Verband e.V.: Bautechnische Information Naturwerkstein: Wissenswertes über Naturstein, Kitzingen 2011
- Deutscher Naturwerkstein-Verband e.V.: Bautechnische Information Naturwerkstein: Massive Bauteile aus Naturstein, Kitzingen 2018
- Hoferer, *Horst*: Allerheiligen - Kloster - Ruine - Wasserfälle, Offenburg 1995
- Ioannidou, *Dimitra*; Zerbi, *Stefano*; Habert, *Guillaume*: When more is better, Comparative LCA of wall systems with stone, Zürich 2014
- Pouillon, *Fernand*: Singende Steine, München 1999
- Schulz, *Ansgar*; Schulz, *Benedikt*: Atlas Naturstein, München 2019
- Seidl, *Ernst*: Lexikon der Bautypen: Funktion u. Formen der Architektur, Stuttgart 2012
- Twain, *Mark*: Bummel durch Europa, Zürich 1990
- Werner, *Wolfgang*; Kimmig, *Birgit*; Wittenbrink, *Jens*; Bock, *Helmut*: Naturwerksteine aus Baden-Württemberg: Vorkommen, Beschaffenheit und Nutzung, Freiburg im Breisgau 2013

Onlinequellen

- Perraudin, *Gilles*: Tec21: Bauen mit Naturstein [46]: Schlicht und Genügsam, <https://www.espazium.ch/de/aktuelles/schlicht-und-genuessam>, zuletzt abgerufen 10.11.2021