



MASTER-/DIPLOMARBEIT

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

Manfred Berthold

Ao.Univ.Prof. Arch. Dipl.-Ing. Dr.techn.

Christoph Müller

Univ Lektor DI Dr. Christoph Müller

E253 - Institut für Architektur und Entwerfen

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

Parametrische Architektur

Planung einer Thermalanlage mit Blender Geometry Nodes

Parametric architecture

Design of a thermal bath using Blender Geometry Nodes

Gerald Holzer

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

Datum

Unterschrift

Parametrische Architektur Parametric Architecture

Planung einer Thermalanlage mit Hilfe von Blender Geometry Nodes Design of a thermal bath using Blender Geometry Nodes

In dieser Arbeit werden die digitalen Möglichkeiten zur parametrischen Generierung eines Gebäudekomplexes mit Hilfe des neuen Geometry Nodes - Workflows in der 3D Software Blender erforscht. Es entsteht dabei ein Tool, welches schnell eine Vielzahl an Formen und Varianten generiert, die sich an jeden Bauplatz schnell anpassen können. Die ausgewählte Form wird dann weiter mit Geometry Nodes verfeinert und die Erkenntnisse und Ergebnisse ausgearbeitet und ausgewertet.

Verfasser

Gerald Holzer Bsc

Matr. Nr. 01526032

Studienkennzahl 066 443

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

Betreuer

Ao.Univ.Prof. Arch. Dipl.-Ing. Dr.techn. Manfred Berthold
E253-Institut für Architektur und Entwerfen

Betreuer

Univ Lektor DI Dr. Christoph Müller
E253-Institut für Architektur und Entwerfen

*E253-Institut für Architektur und Entwerfen
Institut für Architekturwissenschaften*

*eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung*

Abstract Deutsch

Parametrische Architektur | Flow

Gerade die Parametrische Planung nimmt einen immer höheren Stellenwert in der Architekturbranche ein. Namhafte Architekt:innen wie zum Beispiel Zaha Hadid wussten bereits um die vielen Vorteile dieser Tools. Abgesehen von den imposanten und komplexen Formen, die dadurch möglich sind, erlaubt diese Art der Planung eine Vielzahl an Varianten, komplexe Berechnungen sowie eine schnelle Anpassung durch Parameter, um nur einige Vorteile zu nennen.

Neben dem bekanntesten Hilfstool zur parametrischen Planung, dem Addon 'Grasshopper' für Rhinoceros 3D entstehen auch viele weitere Tools, die auf das gleiche bausteinbasierte Coding-System setzen. Eines dieser Programme, welche seit kurzem (Anfang 2021) ebenfalls ein node-basiertes parametrisches Tool anbieten, ist die 3D-Software Blender 3D.

Ziel der Arbeit ist nun die Erforschung der digitalen Möglichkeiten zur parametrischen Generierung eines Gebäudekomplexes mit Hilfe dieses Tools (Geometry-Nodes). Dabei soll ein Skript entstehen, welches auf externe und interne Einflüsse wie zum Beispiel Sonneneinstrahlung, Besucherstrom, Bestand, Statik usw. reagieren und in Folge dessen die optimale Form, ausgehend von der Design-Idee, generieren soll.

Einen besonderen Stellenwert soll dabei das Gelände und der daraus entstehende Einfluss auf das Gebäude haben. Es wird untersucht, wie sich ein Gebäude automatisch auf ein Gelände platzieren lässt, wie die Wegeführung mittels Script über die geringste Neigung berechnet wird und wie sich die Höhenunterschiede im Gelände auf die Grundrisse und die Raumzusammensetzung auswirken.

Folgende Forschungsfrage wurde dabei untersucht:

Welche Möglichkeiten bietet das neue Tool im Bezug auf die parametrische Planung. Welche Vor- und Nachteile ergeben sich im Vergleich zum etablierten Tool Grasshopper? Welche Einschränkungen gibt es? Wie kann ein Tool geschaffen werden, welches sich an jedes Gelände anpassen kann?

Methodik:

Anhand einer konkreten Planungsaufgabe, einem Thermengebäude in den Bergen mit komplexen Bauplatzgegebenheiten, wird über zahlreiche Experimente ein Tool zur Generierung einer ansprechenden Form erarbeitet. Schlussendlich soll das Ergebnis dann ausgearbeitet und ausgewertet werden.

Abstract English

Parametric Architecture | Flow

Parametric planning is becoming increasingly important in the architecture industry, with well-known architects such as Zaha Hadid already recognizing the many advantages of these tools. Aside from the impressive and complex forms that can be created, this type of planning allows for a variety of options, complex calculations, and quick adjustments through parameters, to name just a few benefits.

In addition to the most well-known tool for parametric planning, the 'Grasshopper' add-on for Rhinoceros 3D, many other tools are also emerging that use the same node-based coding system. One of these programs, which recently (early 2021) also offers a node-based parametric tool, is the 3D software Blender 3D.

The goal of this work is to explore the digital possibilities of parametrically generating a building complex using this tool (Geometry Nodes). The aim is to create a script that can respond to external and internal influences, such as sunlight, visitor flow, existing structures, structural engineering, etc., and generate the optimal form based on the design idea. A special focus will be placed on the terrain and its influence on the building. It will be investigated how a building can be automatically placed on a terrain, how the path can be calculated via script based on the least slope, and how the differences in terrain height affect the floor plans and spatial composition.

The following research question will be examined:

What possibilities does the new tool offer in terms of parametric planning? What are the advantages and disadvantages compared to the established tool: Grasshopper? What limitations exist? How can a tool be created that can adapt to any terrain?

Methode:

Based on a specific planning task - a thermal bath in the mountains with complex site conditions - a tool for generating an appealing form will be developed through numerous experiments. Finally, the result will be evaluated.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich vielmals bei meinen Betreuern Ao.Univ.Prof. Arch. Dipl.-Ing. Dr.techn. Manfred Berthold und Univ. Lektor DI Dr. Christoph Müller für die intensive, spannende und konstruktive Unterstützung bedanken, durch deren umfangreichen fachlichen Input ich viele neue Erkenntnisse und Ideen ausarbeiten und verwirklichen konnte.

Vielen Dank auch an meine Kolleg:innen von Ingenos ZT GmbH, die mir die Zeit für diese Arbeit gegeben haben und auch für fachliche Fragen stets zur Verfügung standen.

Zu guter Letzt auch vielen Dank an meine Freundin, die mich stets unterstützt hat und die mich mit gute Ideen und konstruktiver Kritik motiviert hat, das Beste aus dem Projekt herauszuholen.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen, als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Jegliche Ausführungen, die fremden Quellen wörtlich oder Sinngemäßenentnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht worden.

Datum

Unterschrift

INHALTSVERZEICHNIS

- 10** **01 | Einleitung**
- 11** **02 | Ziel der Arbeit**
- 12** **03 | Situationsanalyse**
 - 3.1 Bauplatz
 - 3.2 Planungsgrundlagen
 - 3.2.1 Geschichtliche Entwicklung der Therme
 - 3.2.2 Vorläufiges Raumprogramm
- 27** **04 | Methodik und Arbeitsprogramm**
 - 4.1 Geländemodellierung
 - 4.2 Was ist Blender Geoemtry Nodes?
 - 4.3 Experimente und Entwicklung des Skripts
 - 4.4 Flow-Script: Schritt ür Schritt - Entstehung
 - 4.5 Überarbeitung der generierten Form
 - 4.6 Erschließung - Serpentinengenerierung
 - 4.7 Öffnungen
 - 4.7.1 Ausschnitt und Verglasung je nach Materialzuweisung
 - 4.7.2 Lochfassade nach "Weight-Paint"
 - 4.8 Wasserbecken und Dachkonstruktion
 - 4.8.1 Dachkonstruktion
 - 4.8.2 Poolmodellierung
- 119** **05 | Ergebnis**
 - Lagepläne
 - Grundrisse
 - Schnitte
 - Perspektiven

151	06 Bewertung
153	07 Zusammenfassung
155	08 Quellenverzeichnis
156	09 Abbildungsverzeichnis

01 | EINLEITUNG

Die Methodik Architektur zu kreieren entwickelt sich ständig weiter. Mit neuen parametrischen Planungsmethoden sind Formen möglich, die vor wenigen Jahren noch undenkbar waren. Der Kubus und das Satteldach rücken wieder in den Hintergrund, stattdessen entfalten sich organische, verwobene, fließende, von der Natur inspirierte Konstrukte, die sich perfekt in die Natur einfügen.

Die Parametrische Planung beginnt mit einer detaillierten Umgebungs- und Bestandsanalyse. Faktoren wie Wind, Lärm, Menschenstrom, Sonnenorientierung können intuitiv ins Projekt verknüpft werden und die Form des Gebäudes maßgeblich optimieren.

Im nächsten Schritt wird das Konzept parametrisch eingebunden. Dies bedeutet, dass nicht Wand für Wand durchgeplant wird, sondern stattdessen eine Gesamtlogik erarbeitet wird, welche dann über Parameter jederzeit angepasst und verändert werden kann.

Eins der bekanntesten Parametrischen Planungstools in der Architektur ist dabei das Rhino 3D - Plugin Grasshopper. Dieses Node-basierte System erlaubt eine effiziente Planung ohne Programmierwissen mit sogenannten Bausteinen (=Nodes). Diese haben jeweils Eingänge und Ausgänge, mehrere Bausteine werden über diese miteinander verbunden und dadurch entsteht schließlich ein Bausteinbaum (Nodetree). Die Möglichkeiten des Einsatzes reichen von Fassadenelementen bis hin zu ganzen Gebäuden und Stadtteilen.

Für diese Diplomarbeit wird nun ein reaktiv junges Tool für eben jene Parametrische Node-basierte Planungsmethode untersucht: Blender 3D's Geometry Nodes System. Warum Geometry Nodes? Das Tool kommt eigentlich aus der Spiele- und Filmindustrie. Das sind Branchen, die sich nicht mit Gebäuden, sondern mit komplexen Szenerien auseinandersetzen. Dieses Tool eignet sich also perfekt für organische Skulpturen und Räumlichkeiten. Es entstehen dabei Formen, die vom Fels und dem Fluss des Gletschers inspiriert werden. Die Räume verschmelzen zu einem größeren Ganzen, die (Fels-)Spalten spenden Licht und erzeugen eine mystische Stimmung. Der Weg wird zum Erlebnis und jeder Bereich erlaubt neue Eindrücke.

02 | ZIEL

Ziel der Arbeit ist es, das neue parametrische Tool - Blender Geometry Nodes zu erforschen und schließlich Architektur damit zu generieren. Dabei soll nach einer anfänglichen Experimentierphase ein Skript erarbeitet werden, Varianten erzeugt und schließlich die beste Form weiter optimiert werden. Auch für detaillierte Aufgaben, wie die Generierung der Öffnungen oder die Modellierung der Dachkonstruktion soll Blender Geometry Nodes zur Unterstützung und Vereinfachung verwendet werden.

Am Ende wird das Ergebnis und die Vor- und Nachteile gezeigt, sowie die momentanen Einschränkungen der Geometry Nodes (Blender 3.1 - 3.4) erläutert.

Einen besonderer Stellenwert soll dabei das Gelände und der daraus entstehende Einfluss auf das Gebäude haben. Es wird untersucht, wie sich ein Gebäude automatisch auf ein Gelände platzieren lässt, wie die Wegführung über die geringste Neigung berechnet wird und wie sich die Höhenunterschiede im Gelände auf die Grundrisse und die Raumzusammensetzung auswirken.

Es ergibt sich somit folgende Forschungsfrage:

Erlaubt Blender Geometry Nodes als neues Parametrisches Tool die Generierung von Architektur?
Wo gibt es Grenzen, welche Vor- und Nachteile ergeben sich und wie schlägt sich das Tool im Vergleich zu Grasshopper bezogen auf die Benutzerfreundlichkeit, den Funktionsumfang und die Möglichkeiten. Wie kann ein Tool geschaffen werden, welches sich an jedes Gelände anpassen kann?

BAUPLATZ: Perspektive mit unbearbeitetem Gebäudekomplex



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.

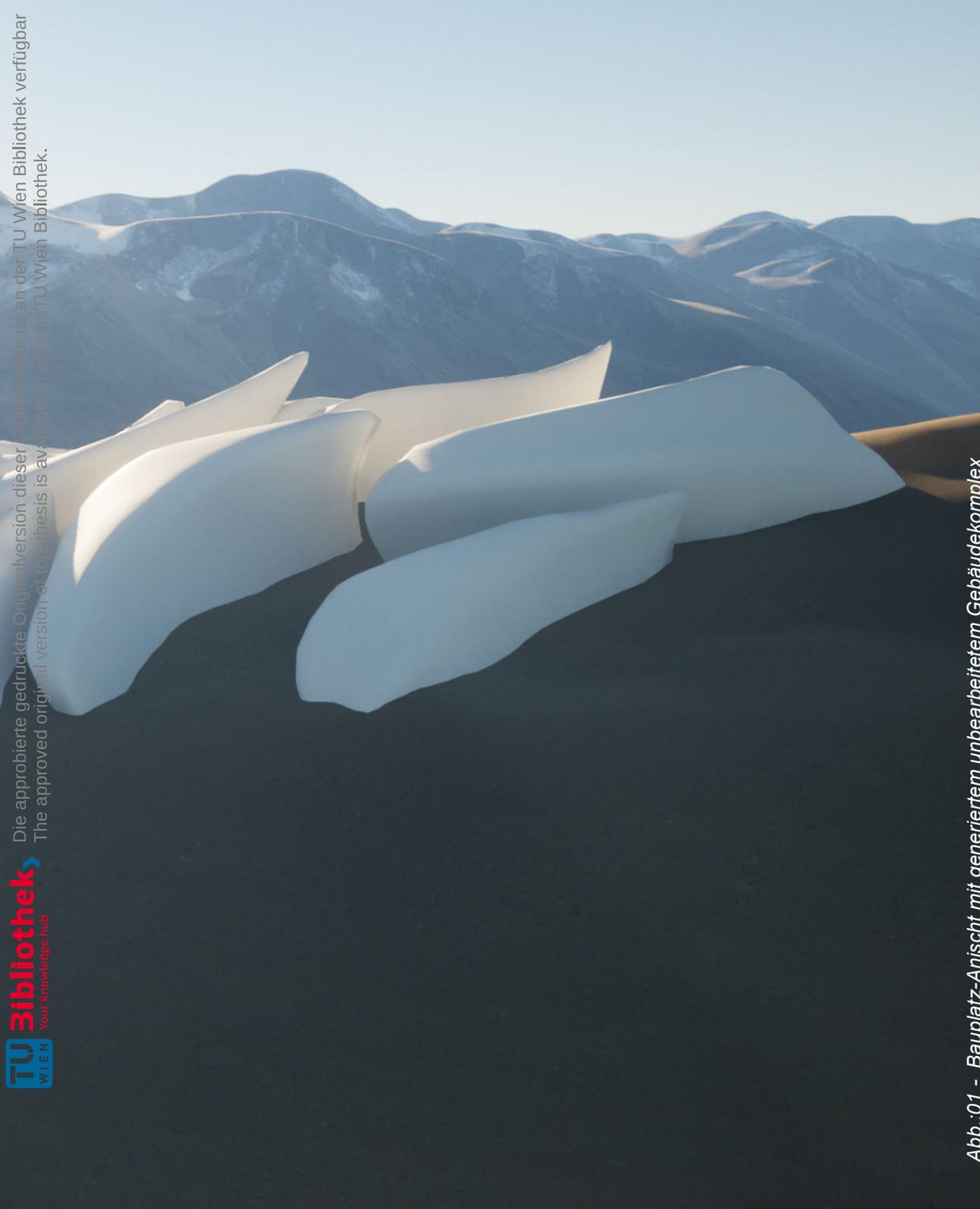


Abb.01 - Bauplatz-Ansicht mit generiertem unbearbeitetem Gebäudekomplex

03 | SITUATIONSANALYSE

03.1 | AUSGANGSLAGE - BAUPLATZ



BAUPLATZ

Der ausgewählte Bauplatz befindet sich auf 2700 m Seehöhe am Fuße des Tiefenbach Gletschers. Dieser gehört zum Skigebiet Sölden in Tirol. Zum Bauplatz führt eine *13 km lange Hochalpenstraße* [1], welche über einen Tunnel bis zum anliegenden Parkplatz führt. Der Parkplatz kann für die Therme mitgenutzt und im Notfall problemlos erweitert werden. Zudem gibt es diverse Stauseen, welche den Wasserbedarf der Wellnessoase decken können. Weiters befinden sich im Umkreis 2 Restaurants, sowie die Skiliftanlagen des Skigebiets.

Des weiteren gibt es vor allem im Sommer zahlreiche Wandermöglichkeiten im Umkreis, eine Erholung in der Therme für danach bietet sich an.

Der Bauplatz mit einer Grundfläche von ca. 6000m² bietet einen spektakulären Ausblick und viel Sonnenstunden bei möglicher Südorientierung.

Auch die Anlieferung kann bequem über die Hochalpenstraße und eine Verlängerung der Straße zum Bauplatz erfolgen.

[1] vgl. Ötztal Sölden, aufgerufen unter:
<https://www.soelden.com/de/sommer/sport-und-freizeit/ausflugsziele/ausflugsziele-in-soelden/hochalpen-und-mautstrassen.html> (31.03.2023)

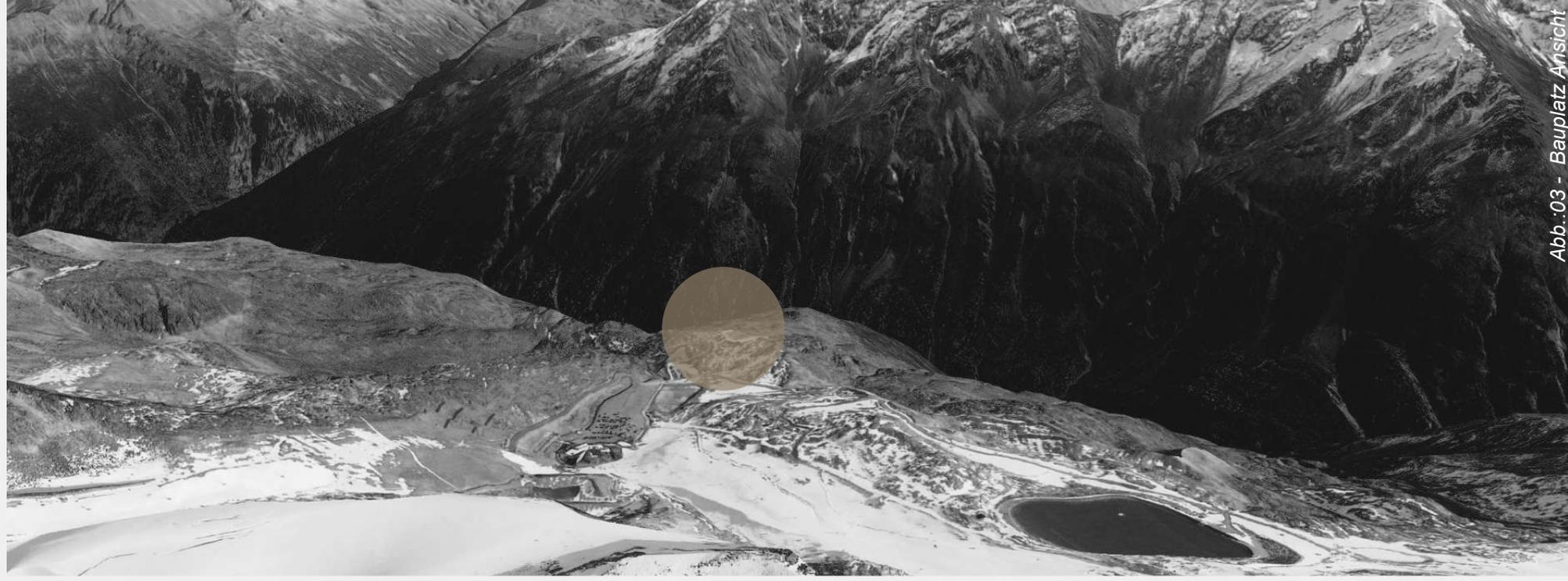
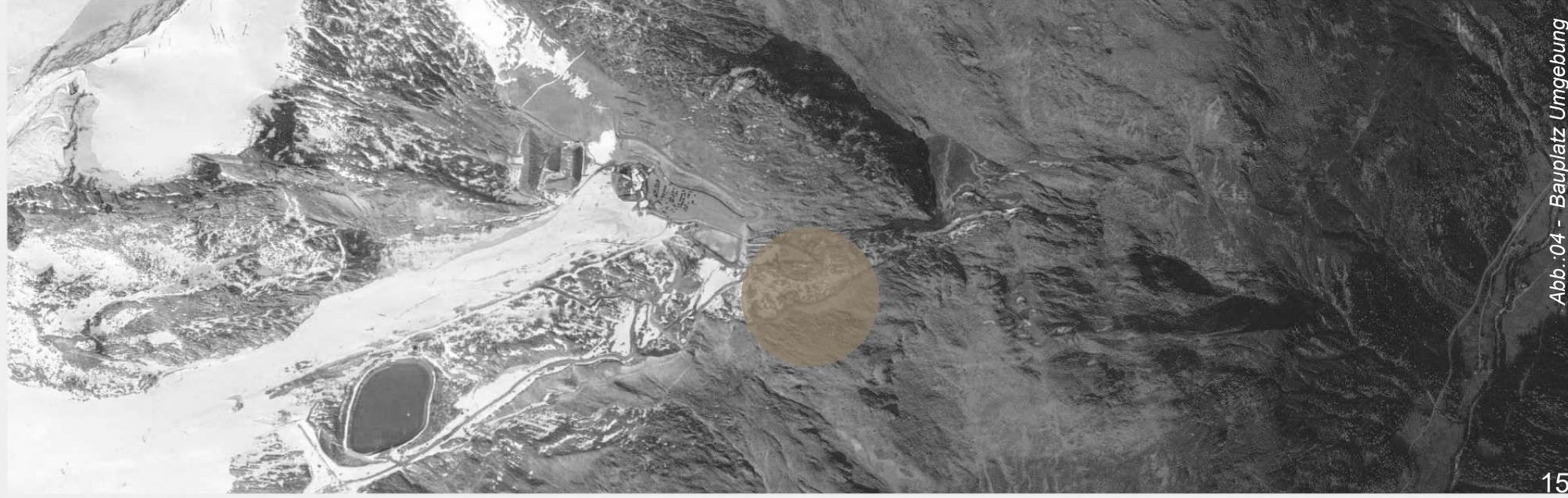




Abb.:05 - Draufsicht Bauplatz & unmittelbare Umgebung

Foto von der Skianlage des Tiefenbach Gletschers im Sommer.
Das Auffangbecken der Skiliftanlage kann für die Therme mitgenutzt werden und über ein Filtersystem rückeingespeist werden.

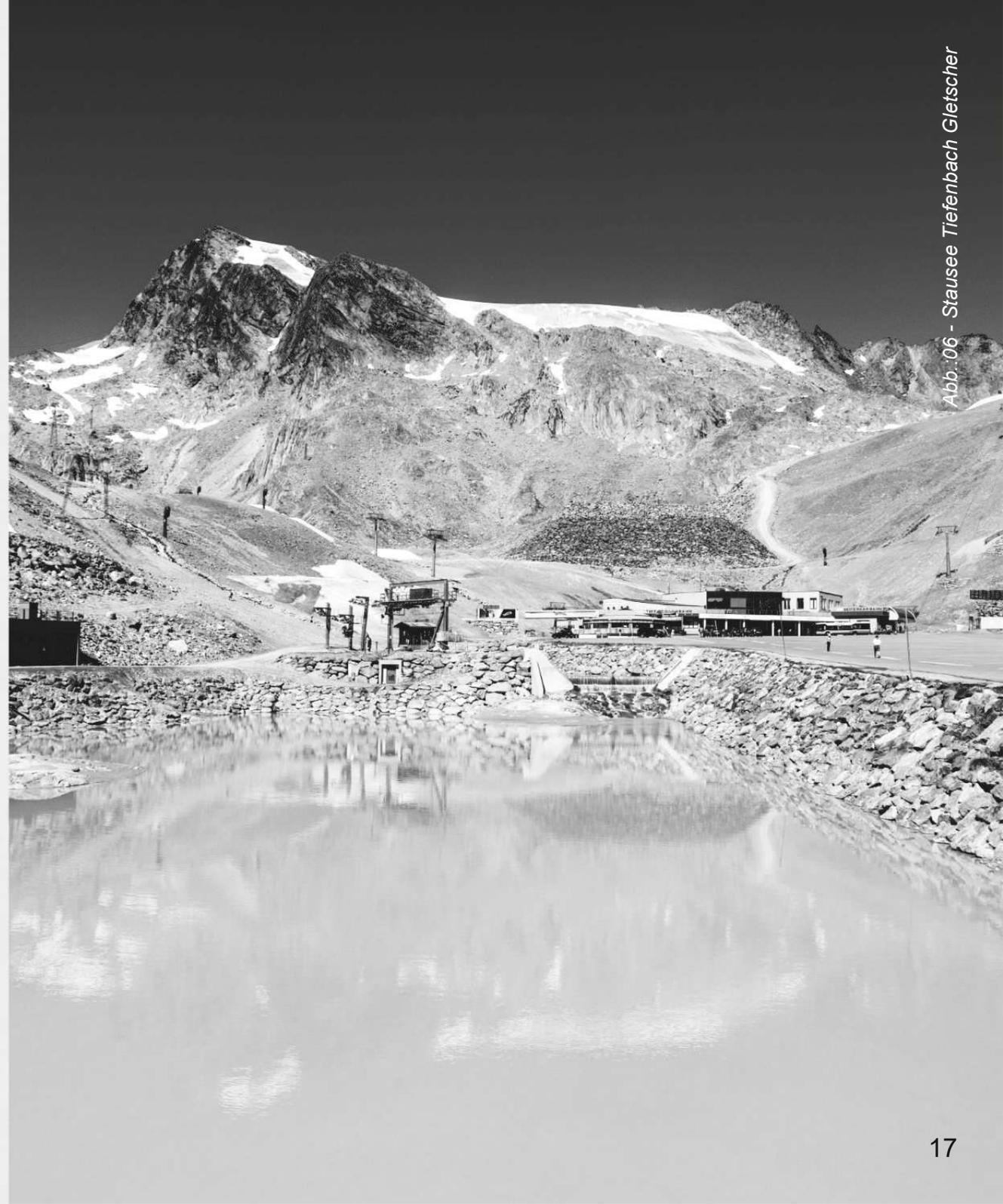


Abb.:06 - Stausee Tiefenbach Gletscher

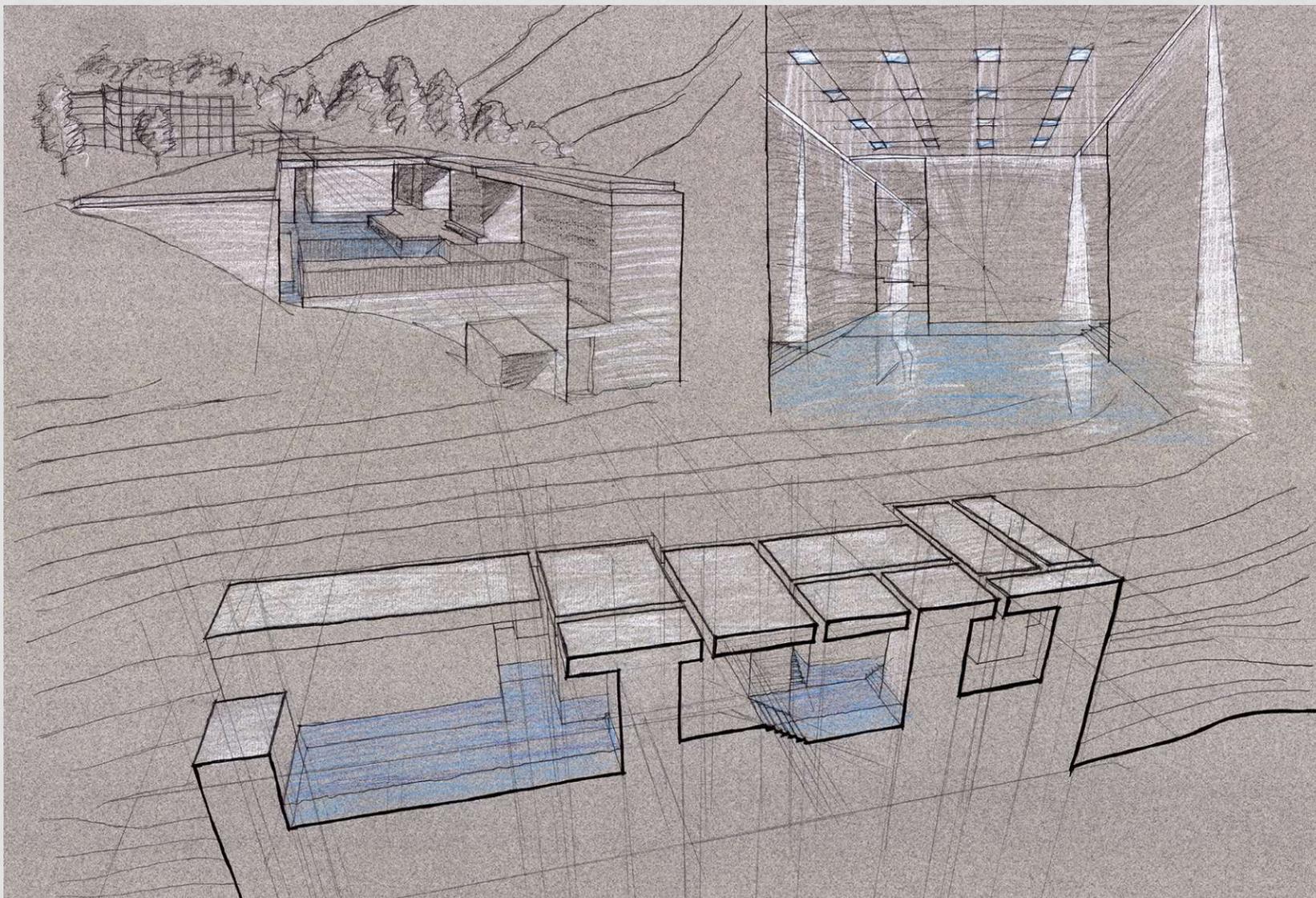


Abb.:07 - Perspektivische Skizze der Therme Vals

03.2 | PLANUNGSGRUNDLAGE EINE WELLNESSOASE IN DEN ALPEN

Um die parametrische Planung mit Geometry Nodes gezielt einzusetzen, wurde eine entsprechende Thematik gewählt. Da die Erforschung der Form und der möglichen Räume sehr im Vordergrund stand, wurde nach einer Gebäudenutzung mit offenen Räumen und viel gestalterischer Freiheit gesucht.

Da der Gletscher in unmittelbarer Nähe ist und die Thematik des Wassers somit sehr greifbar ist, wurde schließlich eine Wellnessoase als Nutzung gewählt.

Auf den folgenden Seiten wird das Thema Therme anhand von einem historischen und einem aktuellen Beispiel analysiert und schließlich ein eigenes (vorläufiges) Raumprogramm entwickelt.

03.2.1 | GESCHICHTLICHE ENTWICKLUNG DER THERME



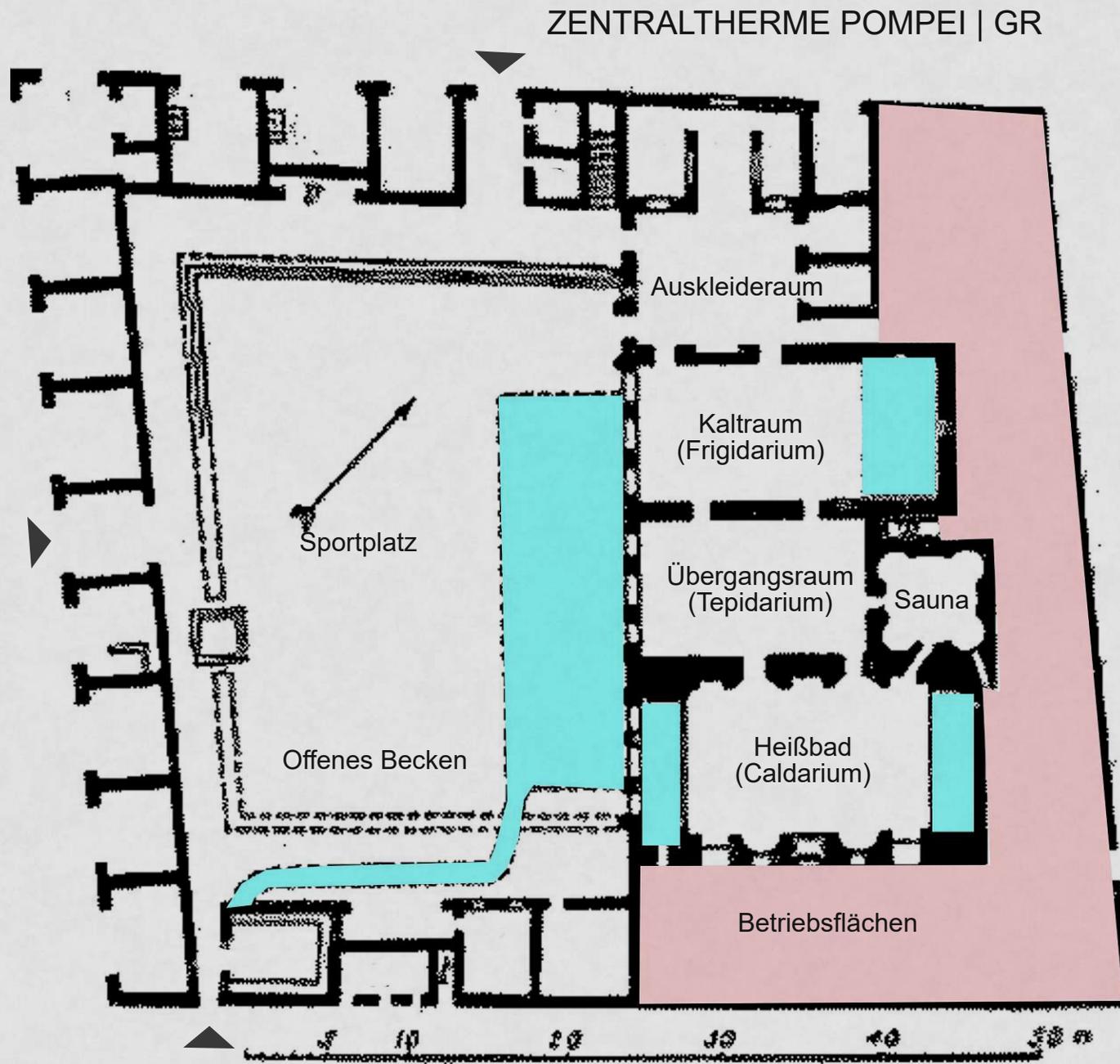
Abb.:08 - Römisches Bad - Aquae Suli Bath



Abb.:09 - Mittelalterliches Bad



Abb.:10 - Modernes Bad - Therme Vals (Peter Zumthor)



RAUMPROGRAMM AUS
NUTZER:INNENSICHT:

- Umkleideraum
- Kaltbad
- Übergangsbad
- Heißbad

- Sportplatz

ERWEITERUNGEN:

- Außenschwimmbecken
- Sauna
- WC (Abort)
- Einzelbäder
- Ruheräume

- Bibliotheken
- Läden

RAUMPROGRAMM AUS BE-
TREIBER:INNENSICHT:

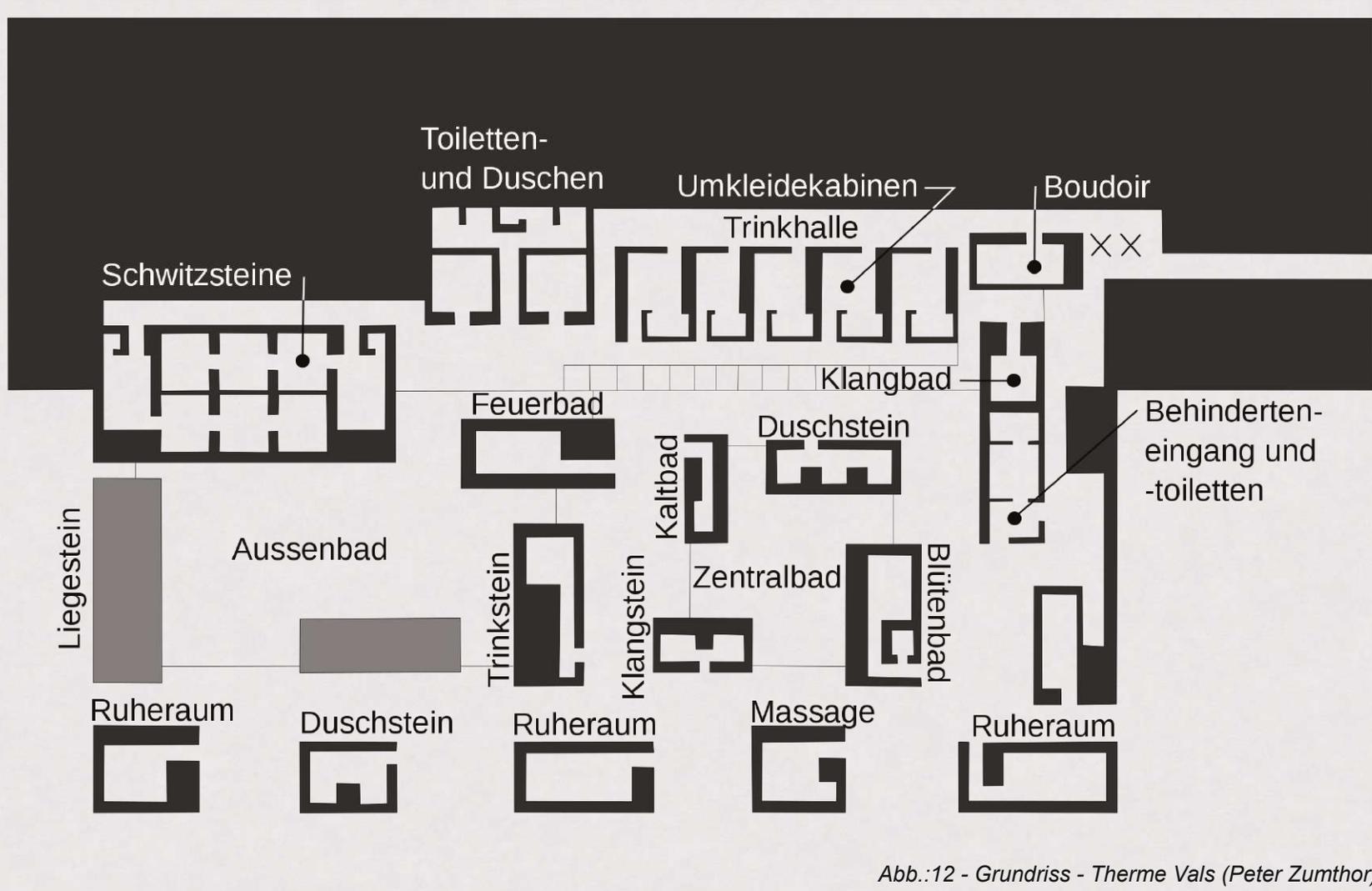
- Öffentlich Zugängliche Bereiche

Betriebsräume:

- Wasserzuleitung
- Wasserreservoir
- Abwasserableitung
- Lieferzufahrten
- Lagerplätze für Heizmaterial
- Heizungsräume

Abb.:11 - Plan der Centraltherme

THERME VALS | GRUNDRISS



RAUMPROGRAMM AUS NUTZER:INNENSICHT:

- Umkleideraum
- Toiletten und Duschen
- Barrierefreie Toiletten
- Außenbad
- Zentralbad

Erweiterungen:

- Schweißsteine (Saune)
- Feuerbad (Heißbad)
- Duschstein
- Ruheräume
- Massage
- Klangbad

Abb.:12 - Grundriss - Therme Vals (Peter Zumthor)

RAUMPROGRAMM | THERME VALS

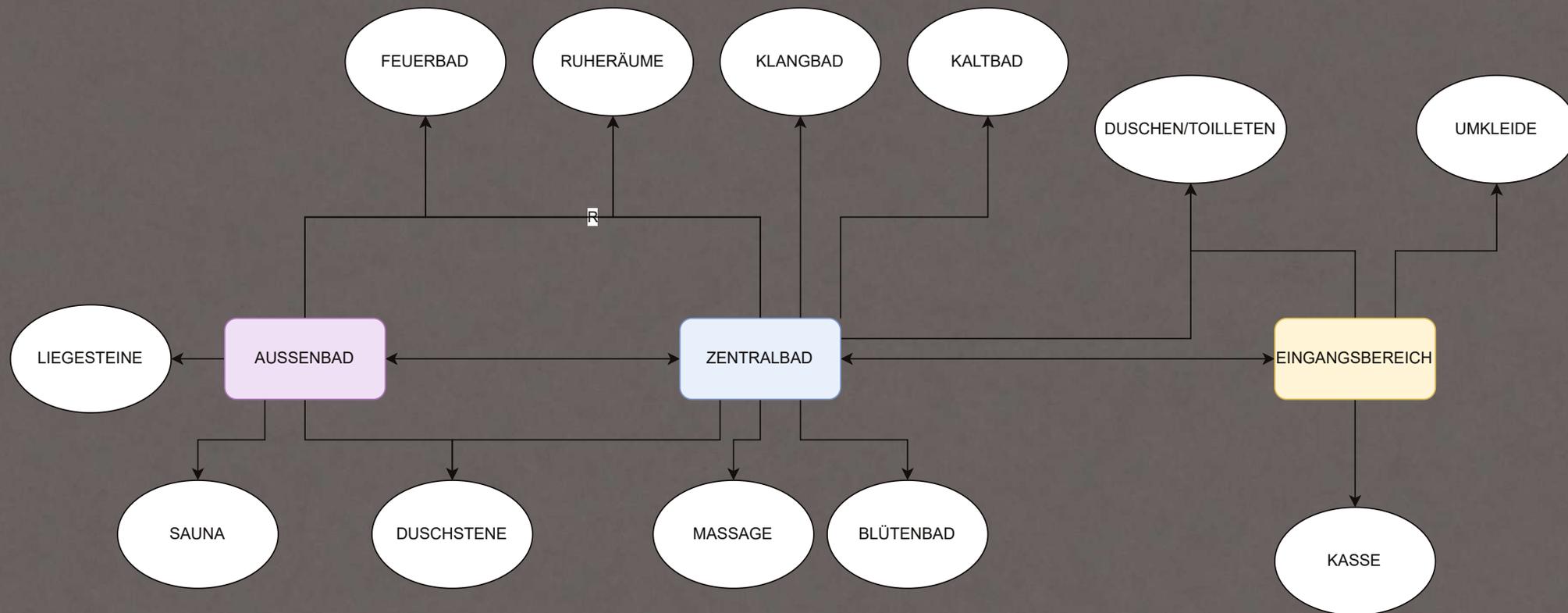
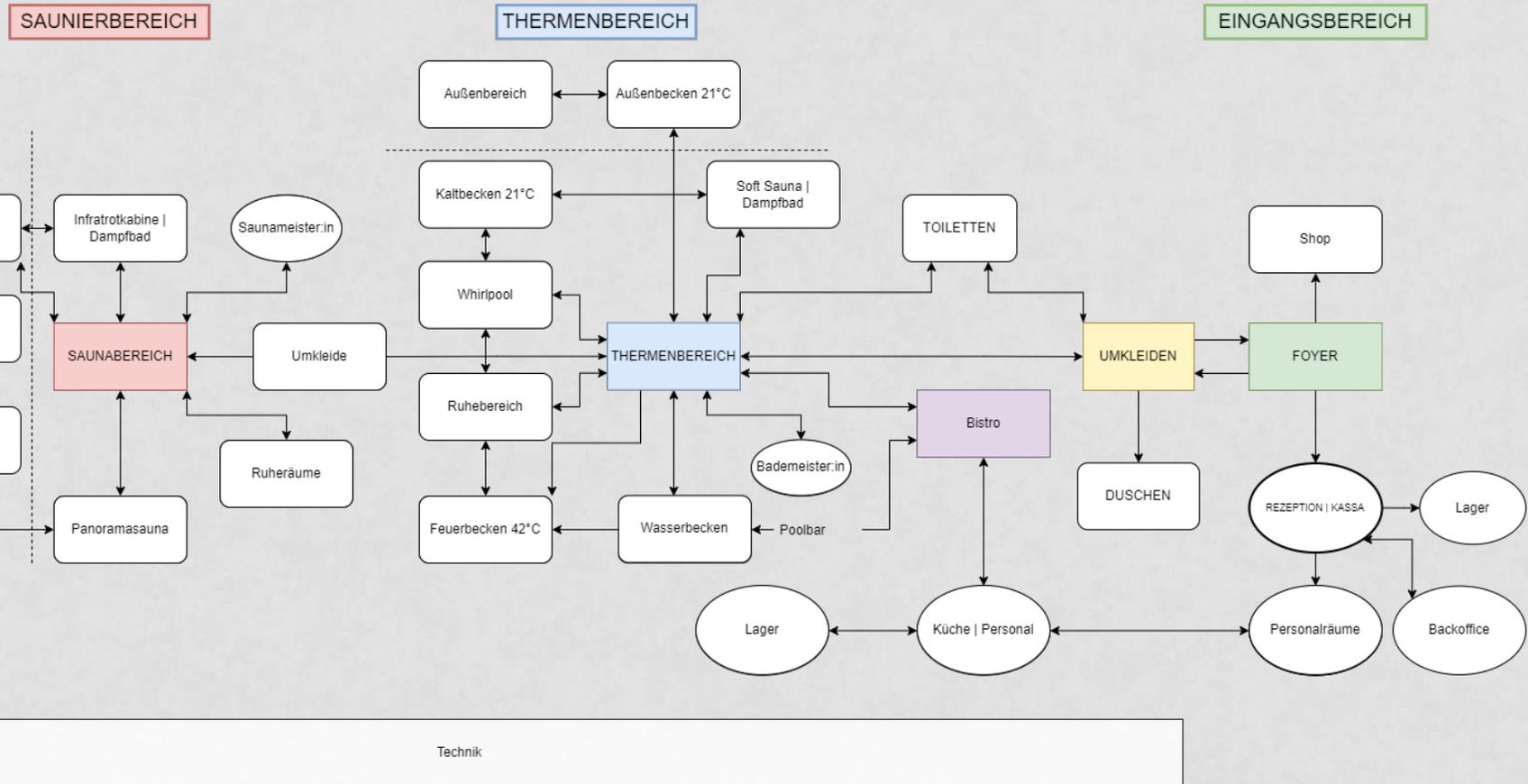


Abb.:13 - Raumprogramm - Therme Vals (Peter Zumthor)

03.2.2 | VORLÄUFIGES RAUMPROGRAMM

Das erarbeitete Raumprogramm diene als Anhaltspunkt für die weitere Planung

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.



RAUMPROGRAMM: THERME

Eingangsbereich	147m²		Saunabereich	60+223m²
Foyer	50m ²		Panorama-Aufgussauna	25m ²
Kasse + Aufenthalt	20m ²		Finnische Außensauna	20m ²
Toiletten	15m ²		Heißluftsauna	10m ²
Backoffice	10m ²		Dampfbad	8m ²
Save	2m ²		Infrarotkabine	6m ²
Personal + Teeküche	25m ²		Tauchbecken 12°C	5m ²
Peronsalumkleide Unisex	6m ²		Außenbecken 25°C	20m ²
Toiletten	5m ²		Außenbecken 35°C	35m ²
Lager	12m ²		Außenanlage	-
			Umkleiden Unisex	25m ²
Umkleidebereich	359m²		Duschen Unisex	15m ²
Umkleideraum mit Schließfächern	300m ²		Toiletten	16m ²
+ Kabinen			Ruheräume	50m ²
Duschen Damen/Herren je 8 Duschen	je 15m ²		Saunameister:in	20m ²
Toiletten Damen/Herren je 5 Kabinen	je 12m ²		Sanitäter:in Notfallraum	12m ²
Putzraum	5m ²		Personalraum	12m ²
			Peronsalumkleide Unisex	5m ²
			Toiletten	4m ²
			Lager	20m ²
Thermenbereich	267+644m²			
Erlebnisraum (Hauptzone inkl. Erschl. + Liegen)	400m ²		Bistro	266m²
Wasserbecken (Aufgeteilt) 32-35°C	80m ²		Cocktail-Pool-Bar	25m ²
Feuerbecken 42°	15m ²		Essbereich (Sitzend)	50m ²
Whirlpool	10m ²		Essbereich (Liegend)	50m ²
Kaltbecken 21°C	12m ²		Toiletten Unisex	8m ²
Außenbecken 35°C	150m ²		Küche	30m ²
Außenanlage	-		Waschküche	15m ²
Duschen Unisex	15m ²		Tiefkühlager	12m ²
Ruheräume	120m ²		Trockenlager	25m ²
Schlafräume	40m ²		Lager	25m ²
Dampfbad	10m ²		Putzraum	6m ²
Soft Sauna	12m ²		Personalraum	20m ²
Bademeister:in	20m ²			
Sanitäter:in Notfallraum	12m ²		Technik	1000m²
Putzraum	15m ²			

04 | METHODIK UND ARBEITSPROGRAMM

VOM CODE ZUM ENTWURF MIT BLENDER GEOMETRY NODES



Abb.: 15 - Geländegeneration in Rhino3D

4.1 | GELÄNDEMDELLIERUNG

Da das Gelände für den Bauplatz und die Erforschung der parametrischen Möglichkeiten eine besondere Rolle spielt, wurde dieses aus detaillierten Laserdaten umgewandelt und importiert.

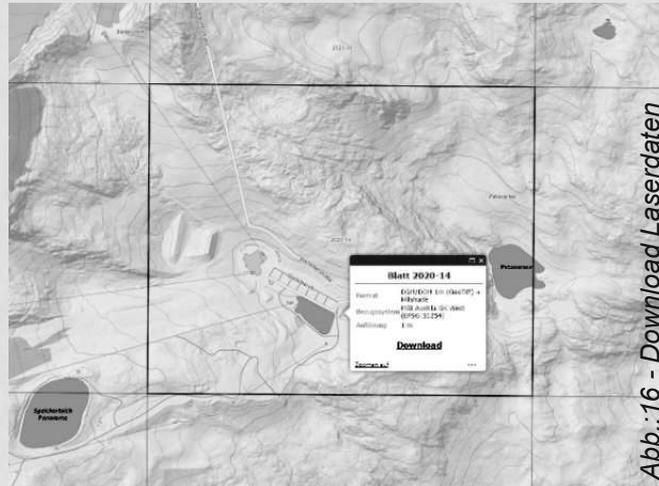


Abb.:16 - Download Laserdaten

Step 01: Download Laserdaten

Für den Bauplatz wurden die Laserdaten als DWG exportiert. Die Daten stammen von [tiris.maps.arcgis.com](https://maps.arcgis.com) - Rechtsinhaber ist 'Land Tirol - data.tirol.gv.at'.
Daten stehen unter CC BY 4.0 - Lizenz.

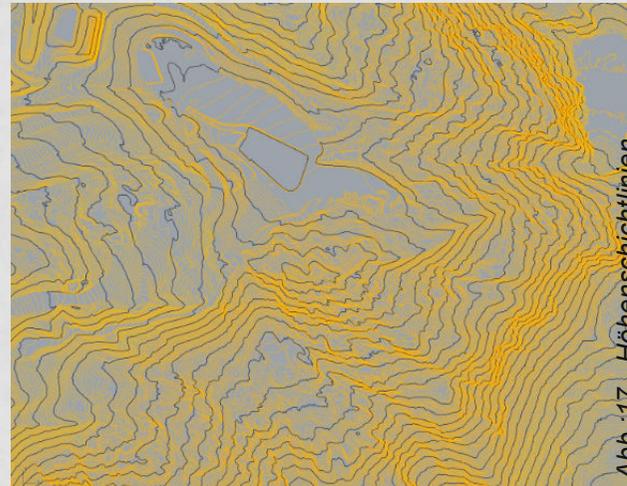


Abb.:17 - Höhengschichtlinien

Step 02: Höhengschichtlinien importieren und 3D Verschieben mit Grasshopper Script

Mit Hilfe eines Script (s.24/25) werden die 2D Linien in ein 3D - Schichtmodell umgewandelt.

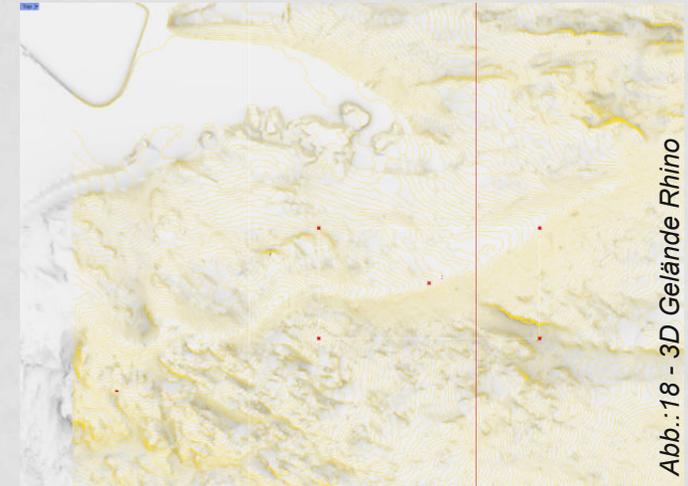


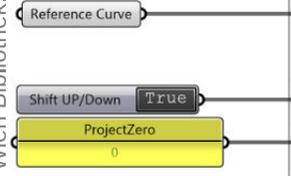
Abb.:18 - 3D Gelände Rhino

Step 03: Umwandlung in 3D Mesh

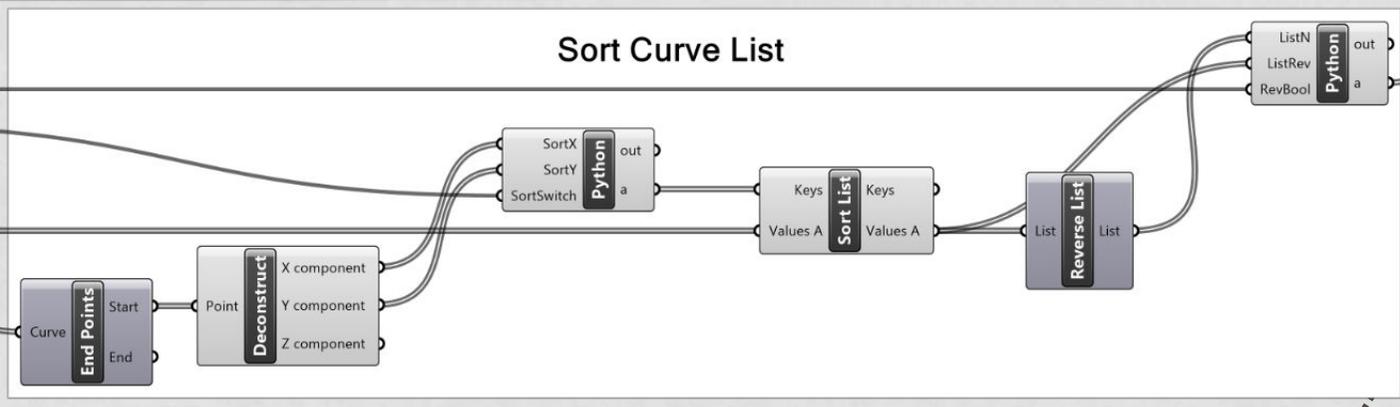
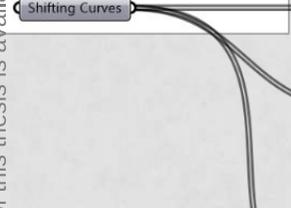
Mittels Terrainmesh Beta - Plugin und Bison Grasshopper Plugin Remesh Tool werden die im Raum korrekt platzierten Linien zu einem 3D - Netz umgewandelt und gesäubert.

PARAMETER

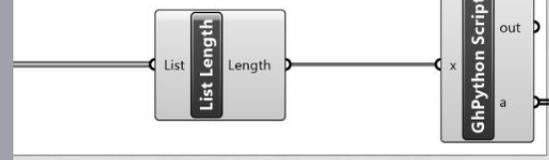
Ref Line



Lines to shift



curve



```

4 import rhinoscriptsyntax as rs
5
6 shift = 0
7 a = []
8 for i in range(0, len(Curves)):
9     if Up_Down == True:
10        shift = shift - 1
11    else:
12        shift = shift + 1
13    a.append(rs.MoveObject(Curves[i],(0, 0, Z - zero + shift)))
    
```

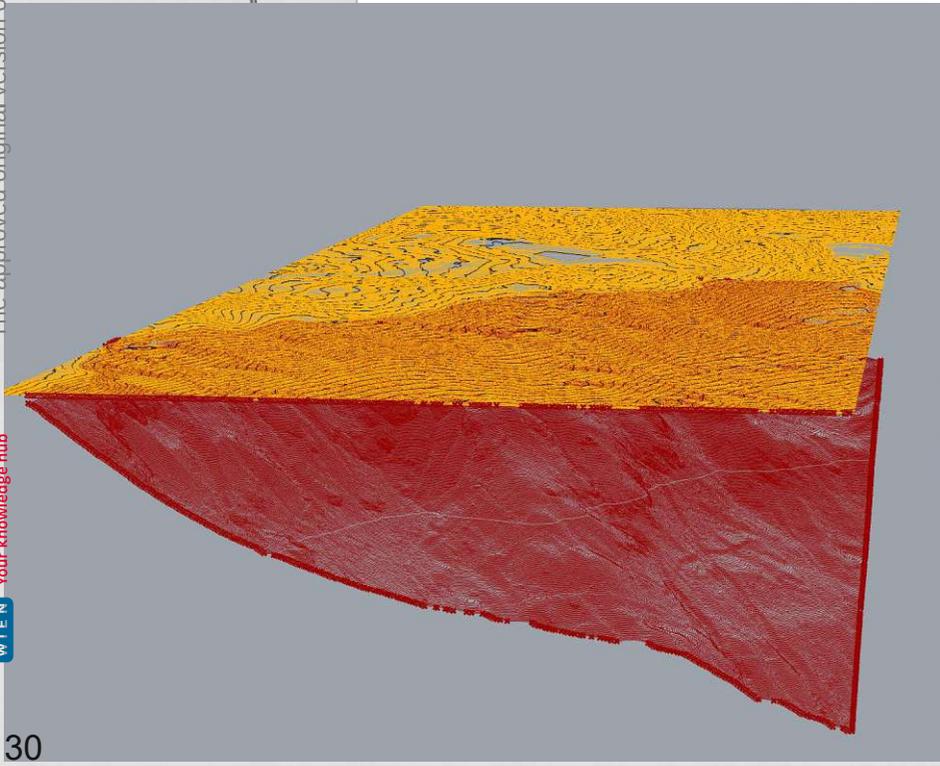
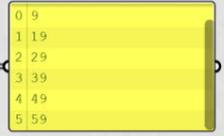
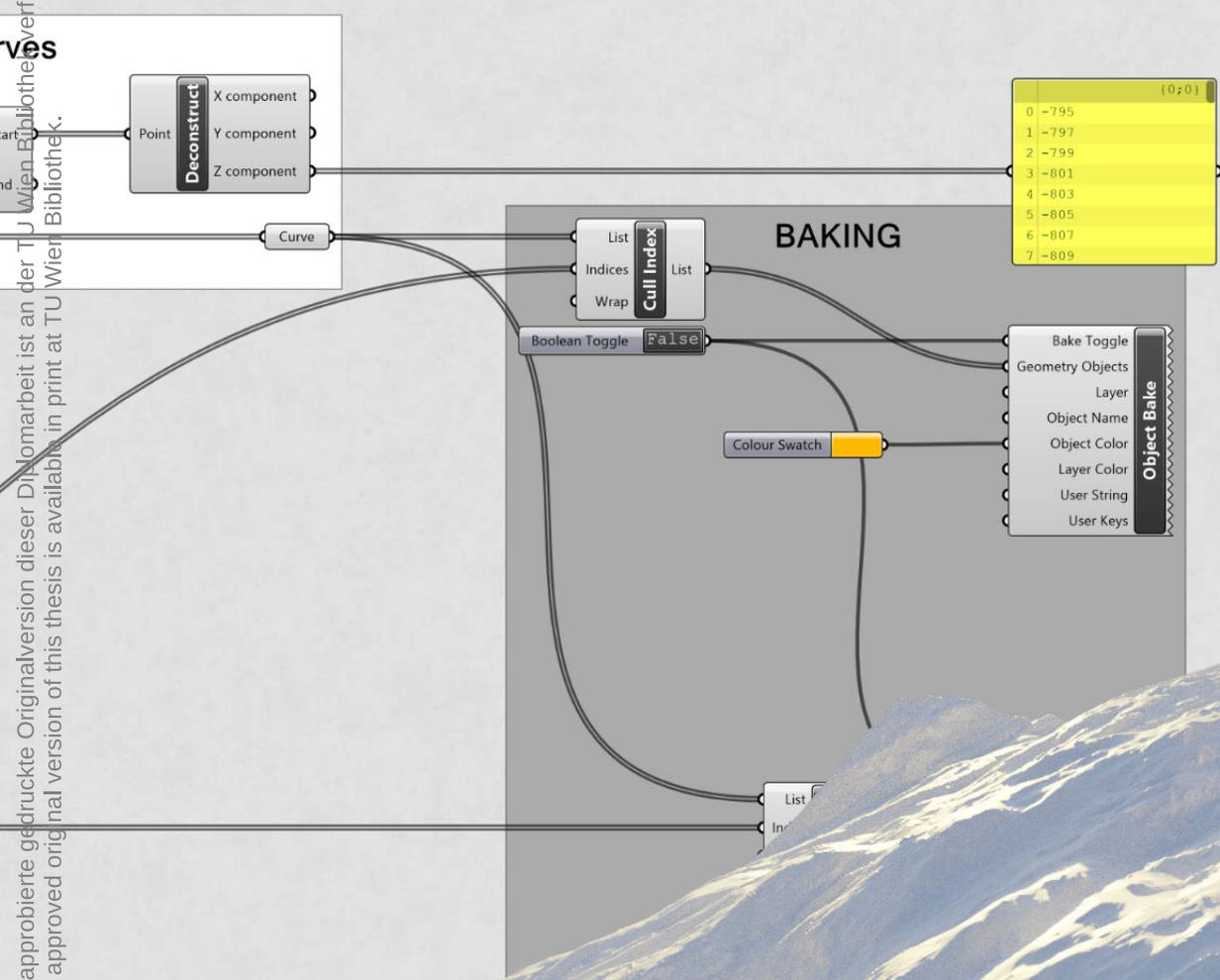


Abb.:19 - Grasshopper Script und generierte Geometry - Gelände



Das Skript verschiebt ausgewählte Linien, basierend auf einer Referenzlinie. Diese definiert den 0 - Punkt.

Die ausgewählten Linien werden anschließend basierend auf ihrer X-/ oder Y-Lage sortiert und in der richtigen Reihenfolge zum Verschieben (Shift Curves) weiter gegeben.

Im nächsten Schritt wird die erste Kurve in der Liste um x (1m) in Z-Achse verschoben (Parameter für +/-), die darauf Folgende um $x=1+x$ und so weiter.

Jede 10. Kurve wird schwarz eingefärbt und am Ende die verschobene Geometrie ausgegeben.

04.2 | Was ist Geometry Nodes?

Blenders Geometry Nodes ist ein System zum Ändern der Geometrie eines Objekts mit Node-basierter Operationen. [2] Es verhält sich dabei wie ein Blender Modifier - auf die Ursprungsgeometrie kann jederzeit zugegriffen werden.



Abb.:20 - Blender Geometry Nodes

Der Geometry Nodes - Baum, der mit dem Modifier verbunden ist, wird Node Gruppe genannt. Die Geometrie vor dem Modifier wird im Group Input ausgegeben. Dann kann über Nodes (Bausteine) die Geometrie verändert und anschließend im Group Output ausgegeben werden. [2]

04.3 | Experimente und Entwicklung des Skripts

Auf den folgenden Seiten finden sich erste Experimente in Blender Geometry Nodes. Nach und nach wurde schließlich das finale Skript entwickelt.

Erste Versuche in Geometry Nodes

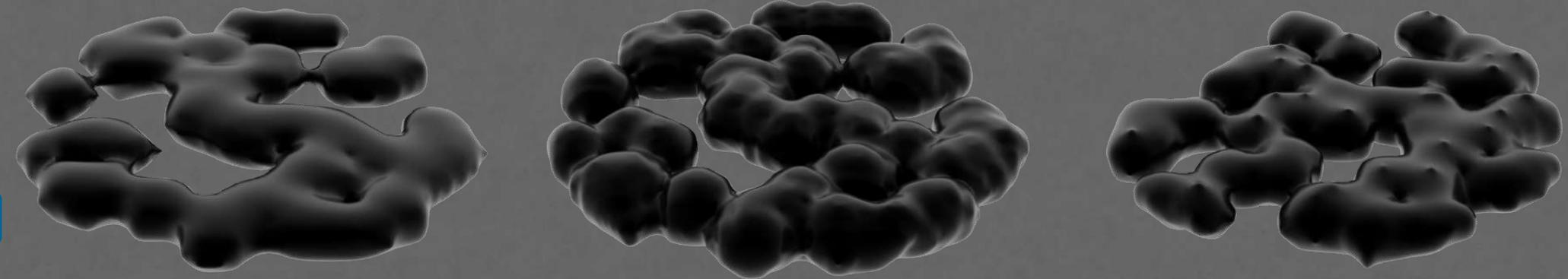


Abb.:21 - Test Ringverformung

Abb.:22 - Test Blobvariation

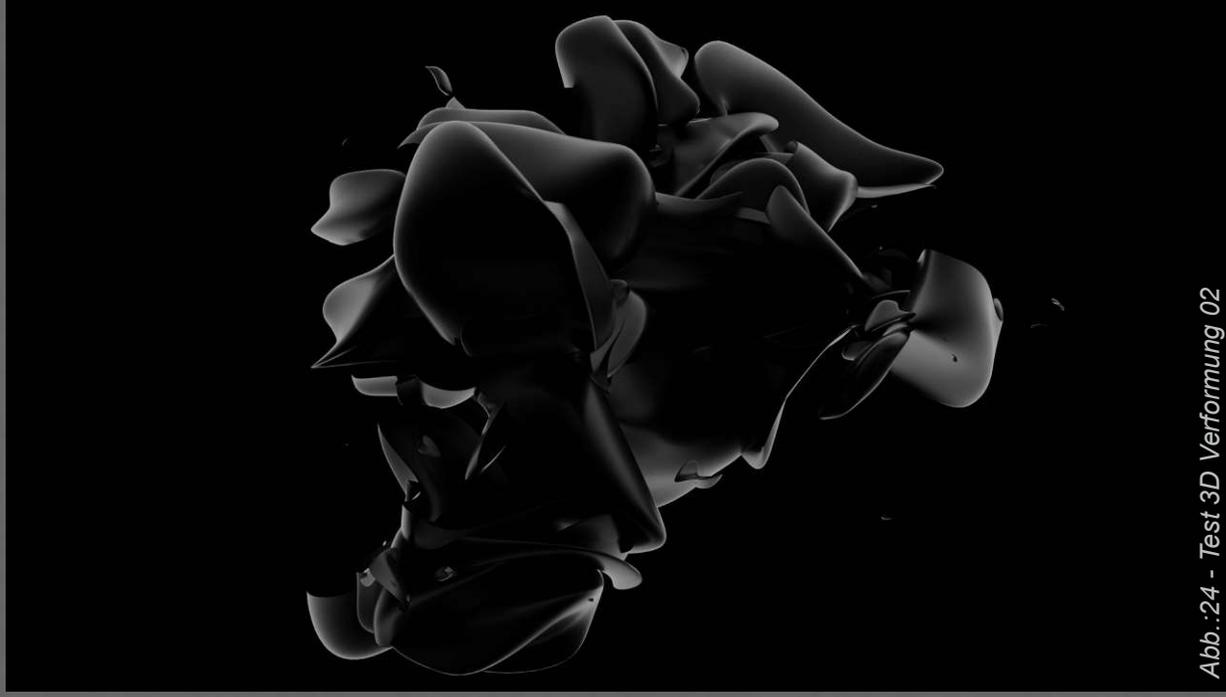


Abb.:24 - Test 3D Verformung 02

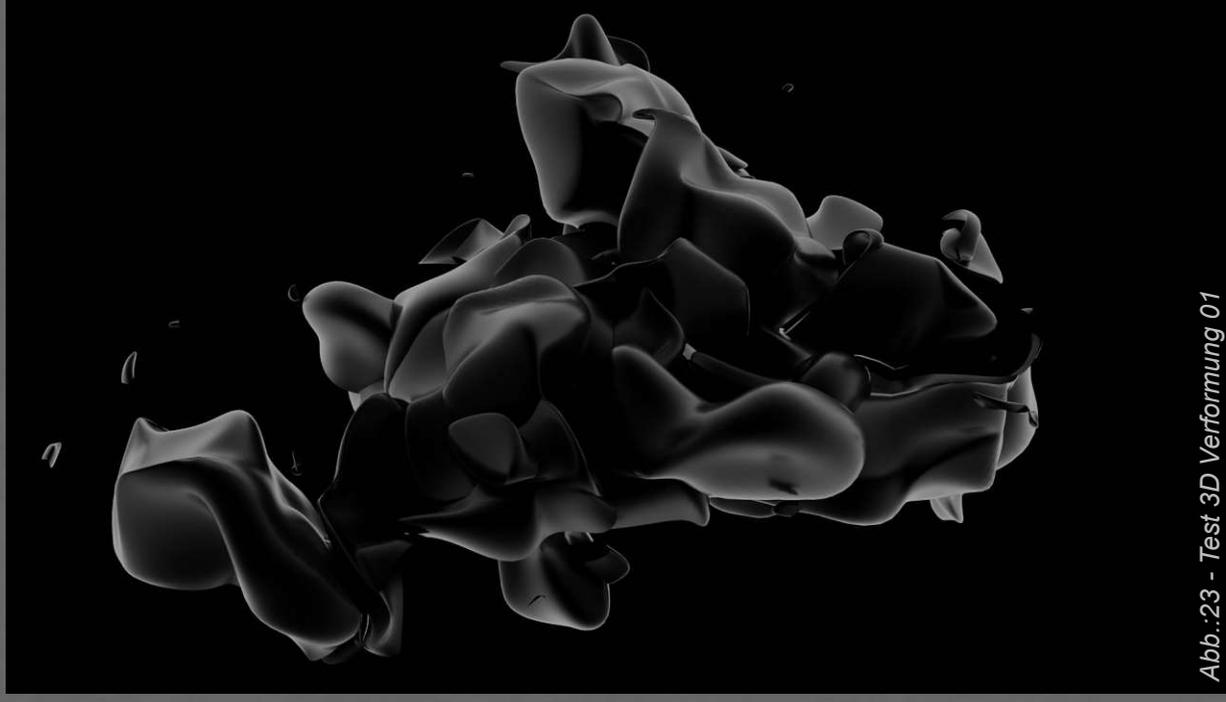


Abb.:23 - Test 3D Verformung 01



Abb.:25 - Rocky Path - 3D Verformung



Abb.:26 - Experimente mit Rockpath

Nachbildung und Experimente mit Youtube - Tutorials

*Default Cube's Node-Setup Tutorial "Turning ANYTHING into Rocks" (<https://www.youtube.com/watch?v=QA13LPCZ3dM&t=374s>)

GEO NODES

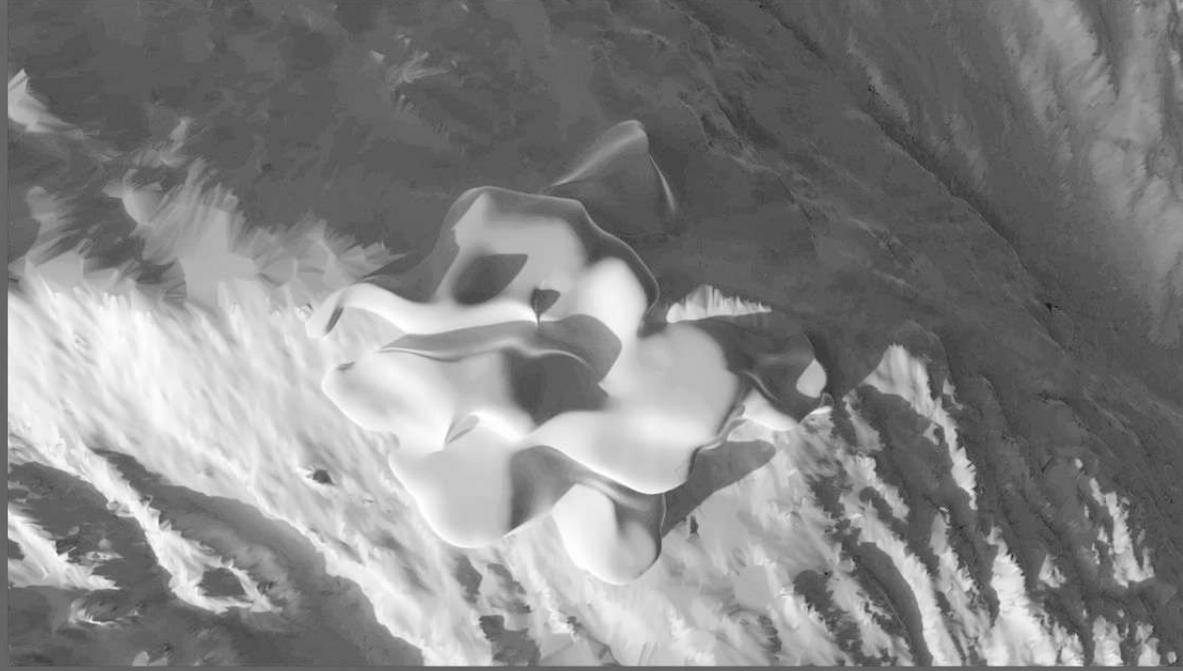


Abb.:28 - Skulpturaler Fluss



Abb.:27 - 3D Noise im Gelände

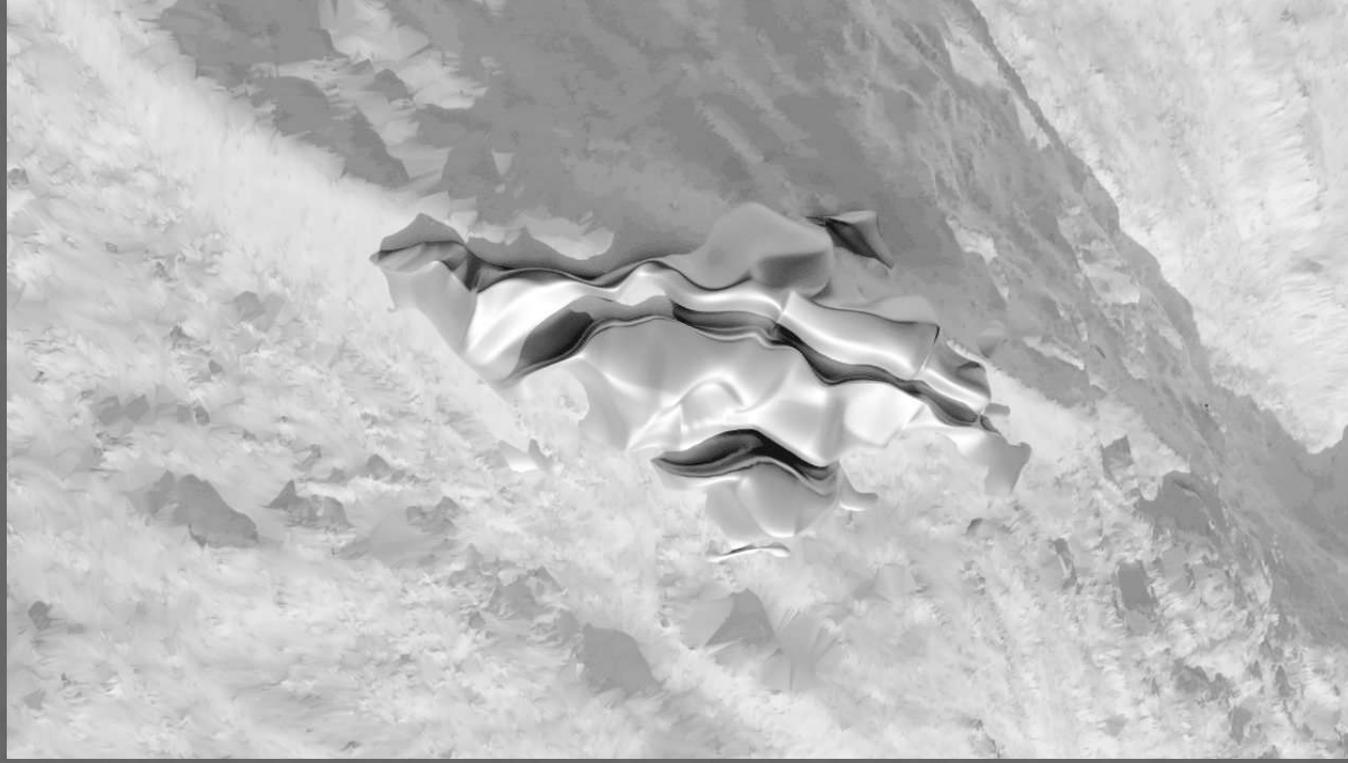


Abb.:29 - Einschnitte in der Form





Abb.:34 - Formfindung 05

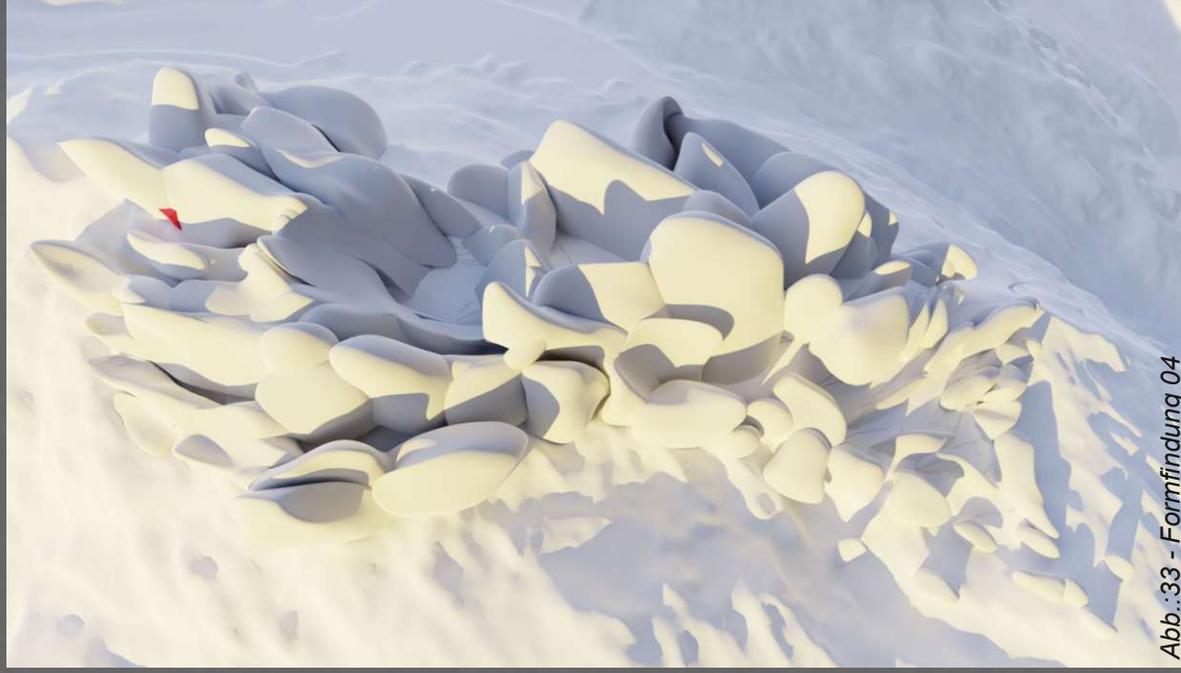


Abb.:33 - Formfindung 04



Abb.:36 - Formfindung 07

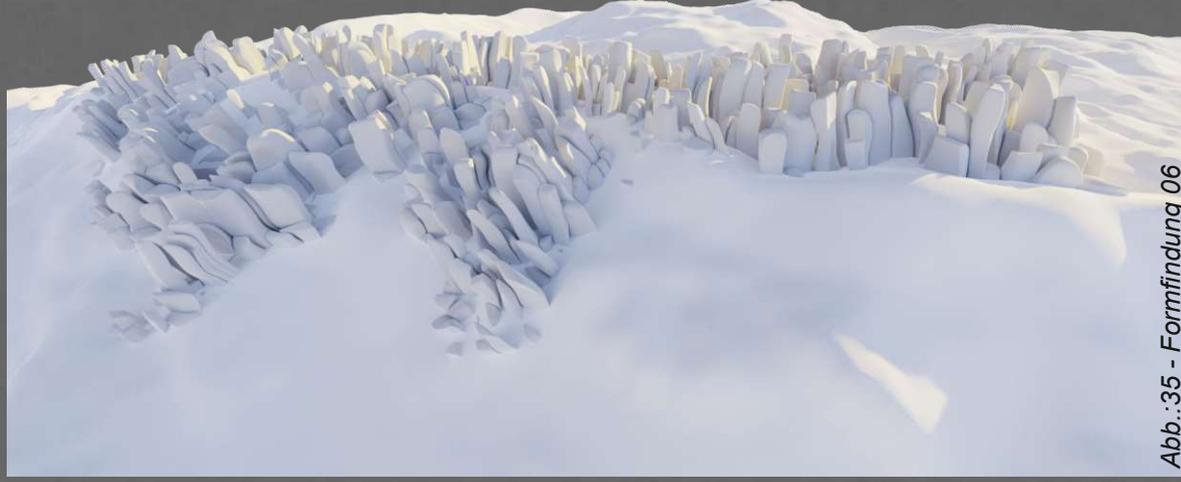
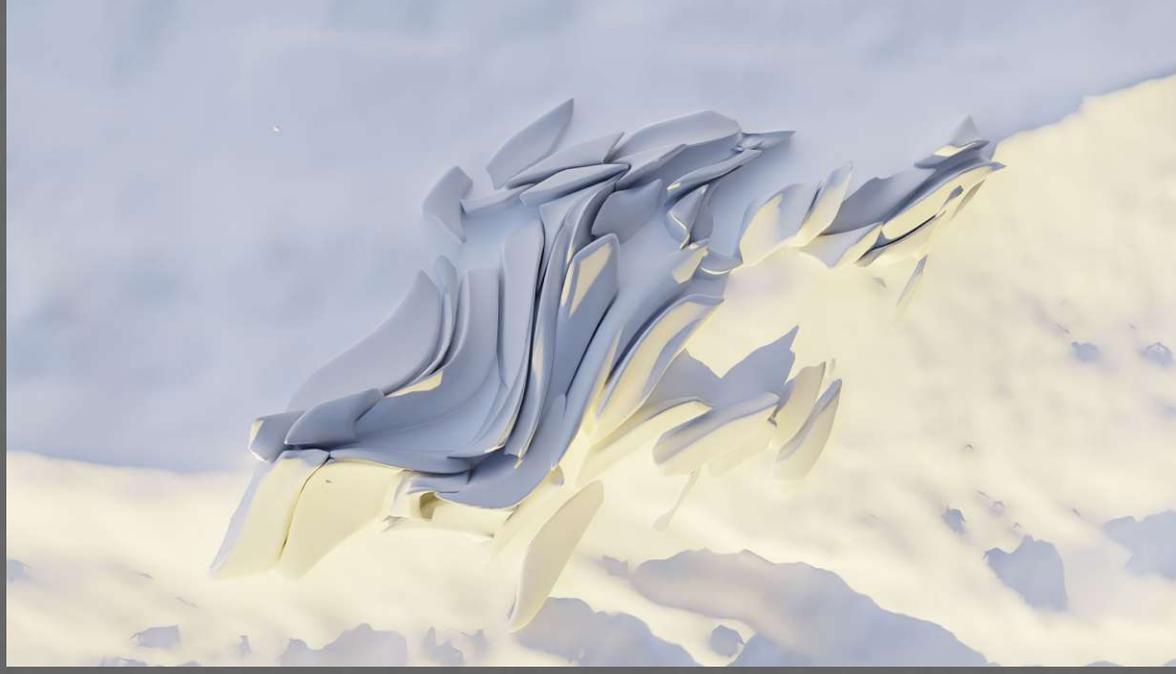


Abb.:35 - Formfindung 06



05.3 | FLOW-Script : Aufbau Schritt für Schritt

Nach zahlreichen Experimenten war das Basisskript fertig. Dieses wird auf den folgenden Seiten Schritt für Schritt erklärt.

Anmerkung:

Im Verlauf der Masterarbeit wurde mit Blender Version 3.1 - 3.4 gearbeitet. Da Blender laufend Updates veröffentlicht und Geometry Nodes vergleichsweise jung ist, könnten einige Bausteine in späteren Versionen so nicht mehr im Programm integriert sein.

Übersicht: Fertiges Skript [Building-Mode]

01 BASE GRID

02 CONVERT GRID

03 GRID NOISE

04 SCALE FACES

05 DECIMATE MESH

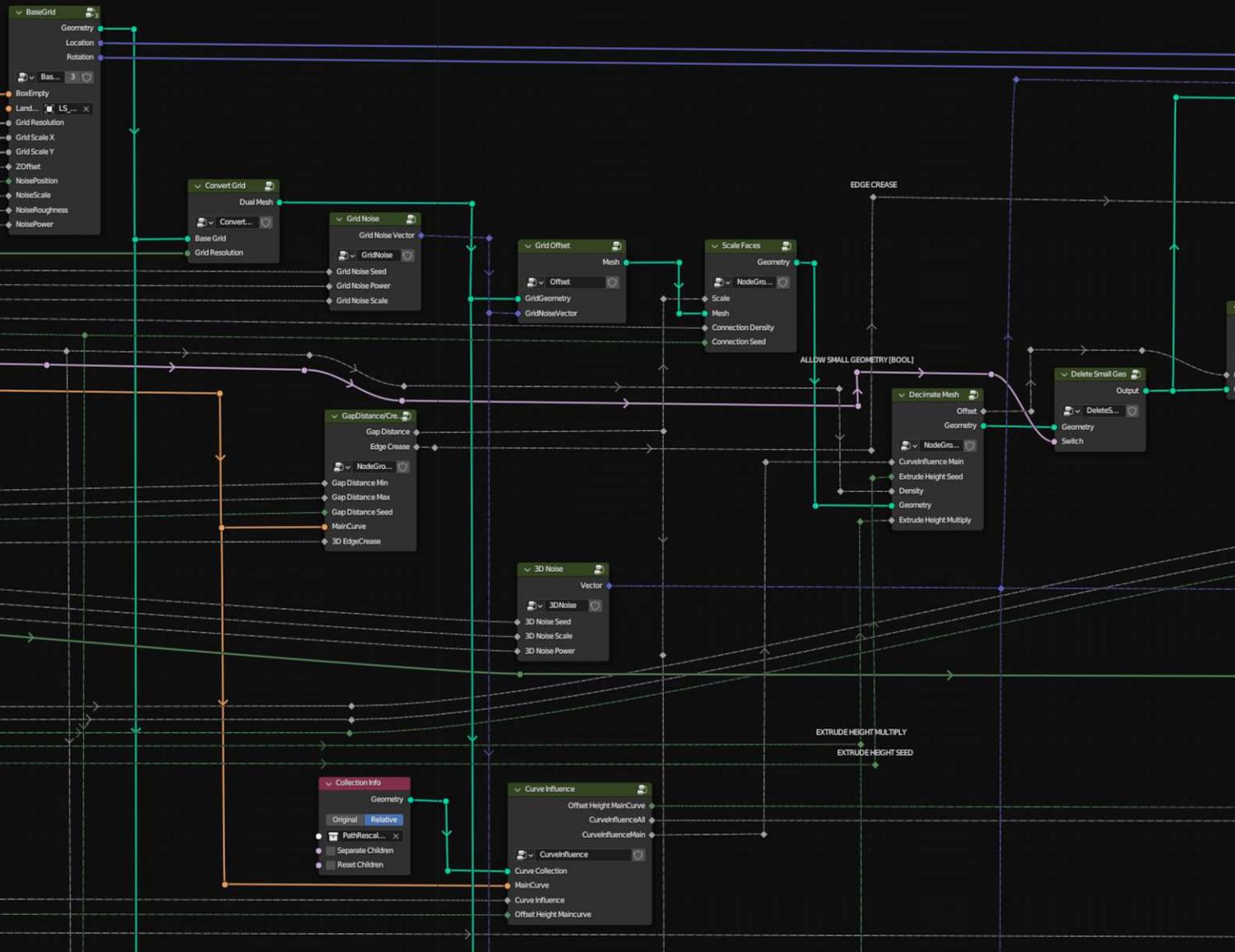
06 DELETE SMALL GEO

07

MODE 01 - BUILDING

Parameter

- Scale Box
- Base Grid Resolution
- Base Grid Scale X
- Base Grid Scale Y
- Base Z Offset
- Base Noise Seed
- Base Noise Scale
- Base Noise Roughness
- Base Noise Power
- Grid Resolution
- Grid Noise Seed
- Grid Noise Power
- Grid Noise Scale
- Grid Connection
- Connection Seed...
- Density
- Show Small Geometry
- CurveInfluence
- MainCurve
- Offset Height MainCurve
- Offset Height Min
- Offset Height Max
- Offset Height Seed
- Extrude Height Multiply
- Extrude Height Seed
- Gap Scale Top
- Gap Distance Min
- Gap Distance Max
- Gap Distance Seed
- 3D Edge Crease
- 3D Noise Seed
- 3D Noise Scale
- 3D Noise Power
- 3D Mesh Resolution
- Switch Mode
- Switch 2D/3D



*Das Basic-Setup (2-4, 7, 10) ist inspiriert von Default Cube's Node-Setup Tutorial "Turning ANYTHING into Rocks" (<https://www.youtube.com/watch?v=QA13LPCZ3dM&t=374s>)

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



EXTRUDE GEO

CALCULATE AREA

08 OFFSET TOP FACES

09 SUBDIVIDE

10 3D NOISE

11 FINAL SMOOTHING

12 JOIN 3D HULL & 2D FLOOR

13 SWITCH MODES

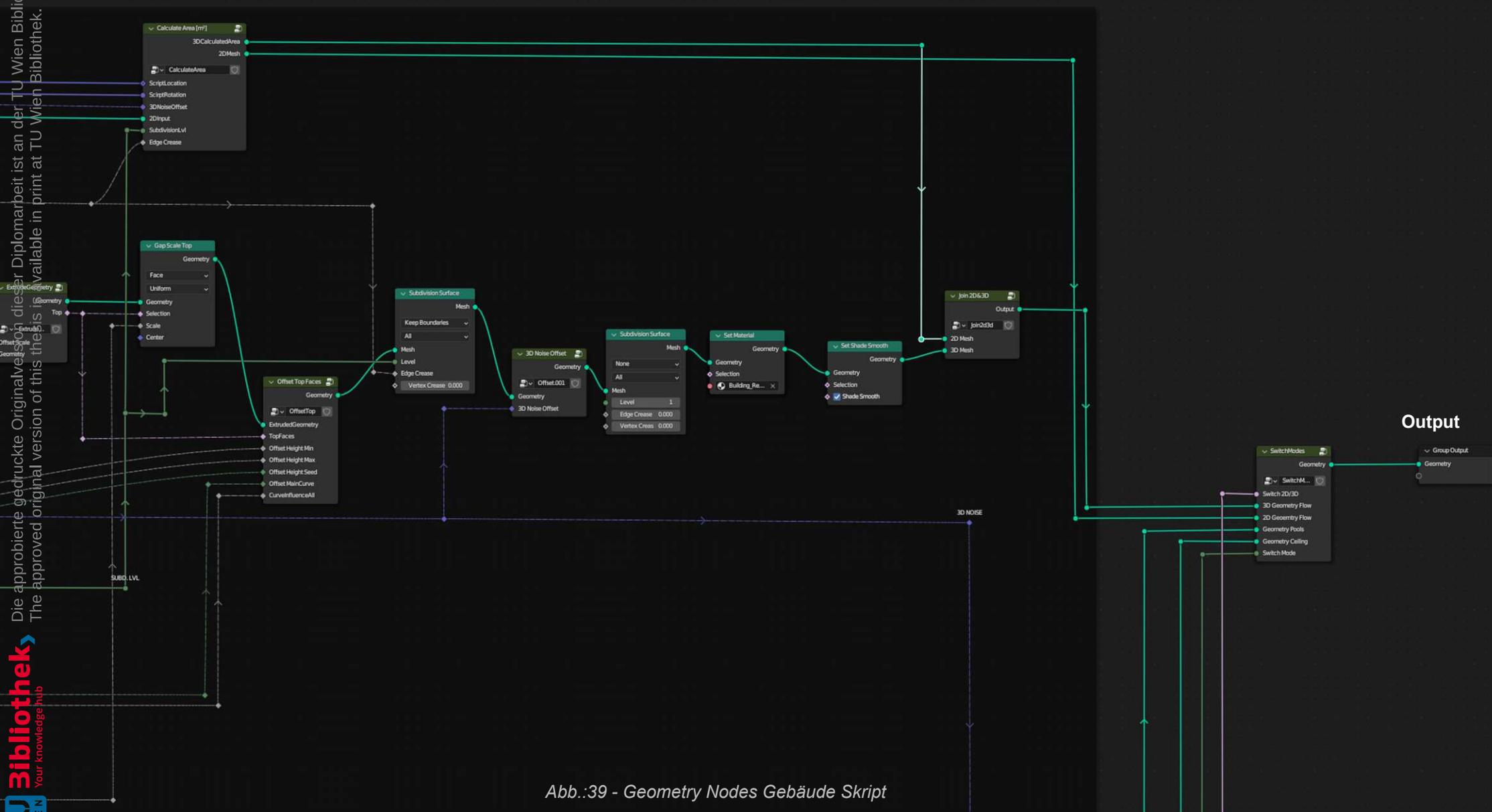


Abb.:39 - Geometry Nodes Gebäude Skript

Schritt für Schritt - Entstehung

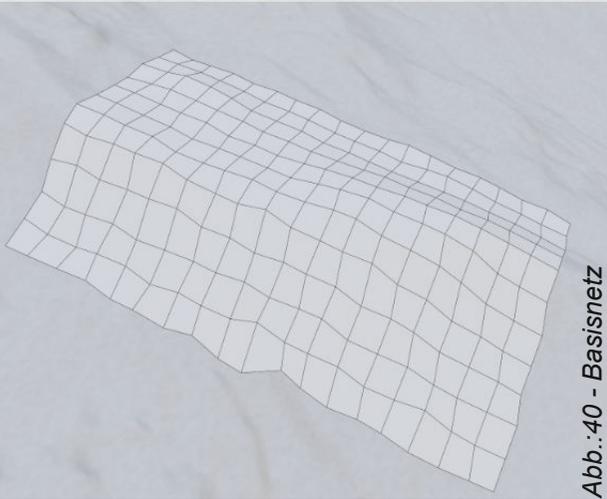
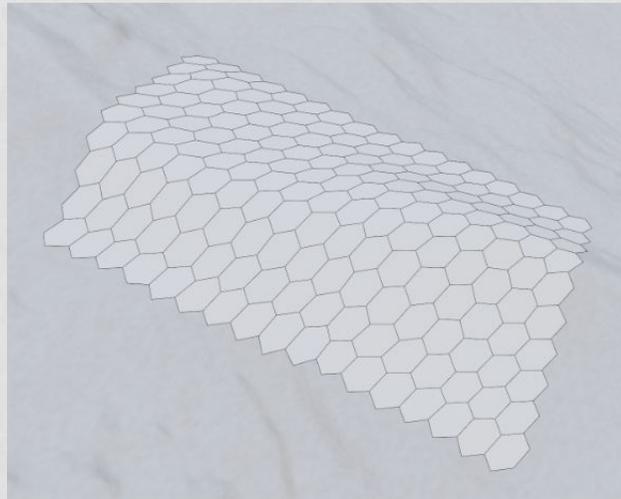


Abb.:40 - Basisnetz

01 Basis Netz
Erstellung eines Rasters, welches sich automatisch an das gegebene Gelände anpasst



02 Netzumwandlung
Umwandlung des Rasters in Wabenstruktur

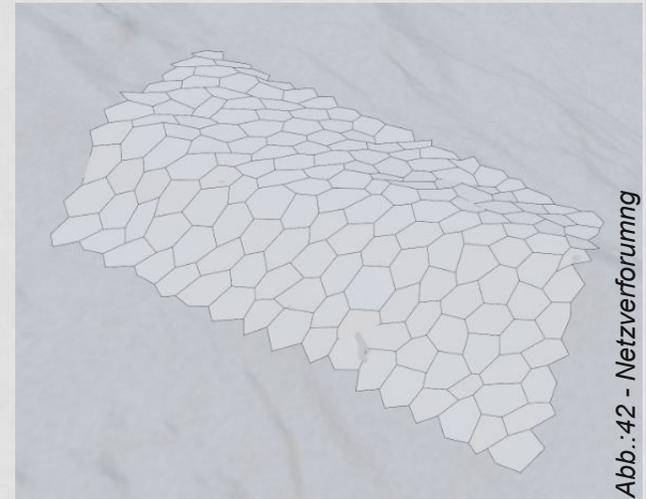
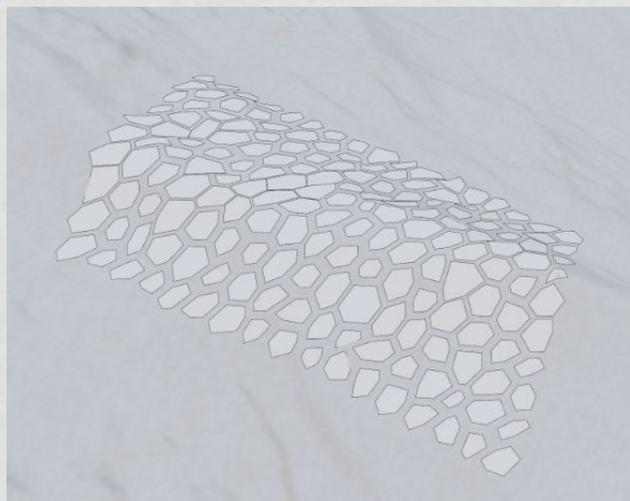
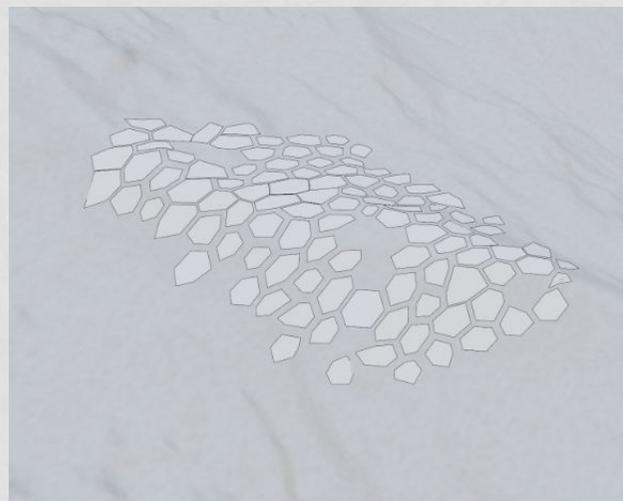


Abb.:42 - Netzverformung

03 Netzverformung
'Noise'-Verformung des Wabennetzes



04 Spaltung und Skalierung
Netz wird in einzelne Flächen zerlegt
und anschließend skaliert



05 Auflockerung durch Löschen
Die einzelnen Flächen werden basierend auf
den verknüpften Kurven gelöscht.



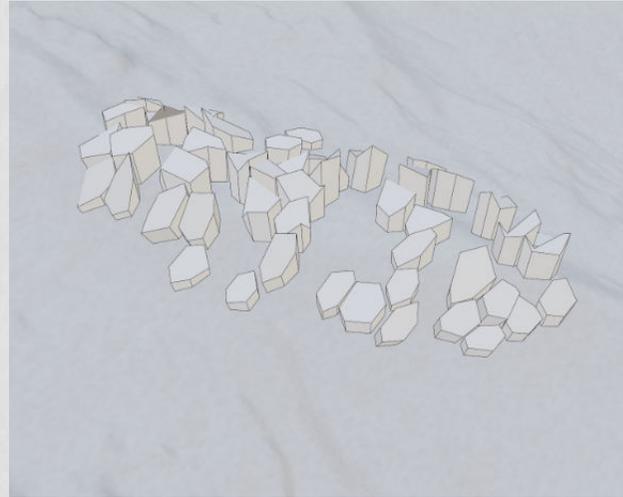
06 Aussortierung von kleinen Geometrien
Flächen, welche um einen bestimmten Betrag kleiner
als der Mittelwert aller Flächen sind,
werden wahlweise gelöscht oder behalten.

Abb. :45 - Aussortierung



Abb.:46 - Extrudieren

07 Extrudieren der Geometrie
Flächen werden anhand bestimmter Parameter jeweils entsprechend extrudiert



08 Verschiebung der Deckflächen
Die Deckflächen der einzelnen Geometrien werden nochmal anhand bestimmter Parameter nach oben versetzt.



Abb.:48 - Subdivision Surface

09 'Subdivision Surface'
Erhöhung der Auflösung - Abrundung der Geometrie



10 3D - 'Noise' - Verformung
3D Verformung der Geometrie als ganzes



11 Finale Verfeinerung
Weitere 'Subdivision', sowie Materialzuweisung
und Aktivierung des 'Smooth-Shading'



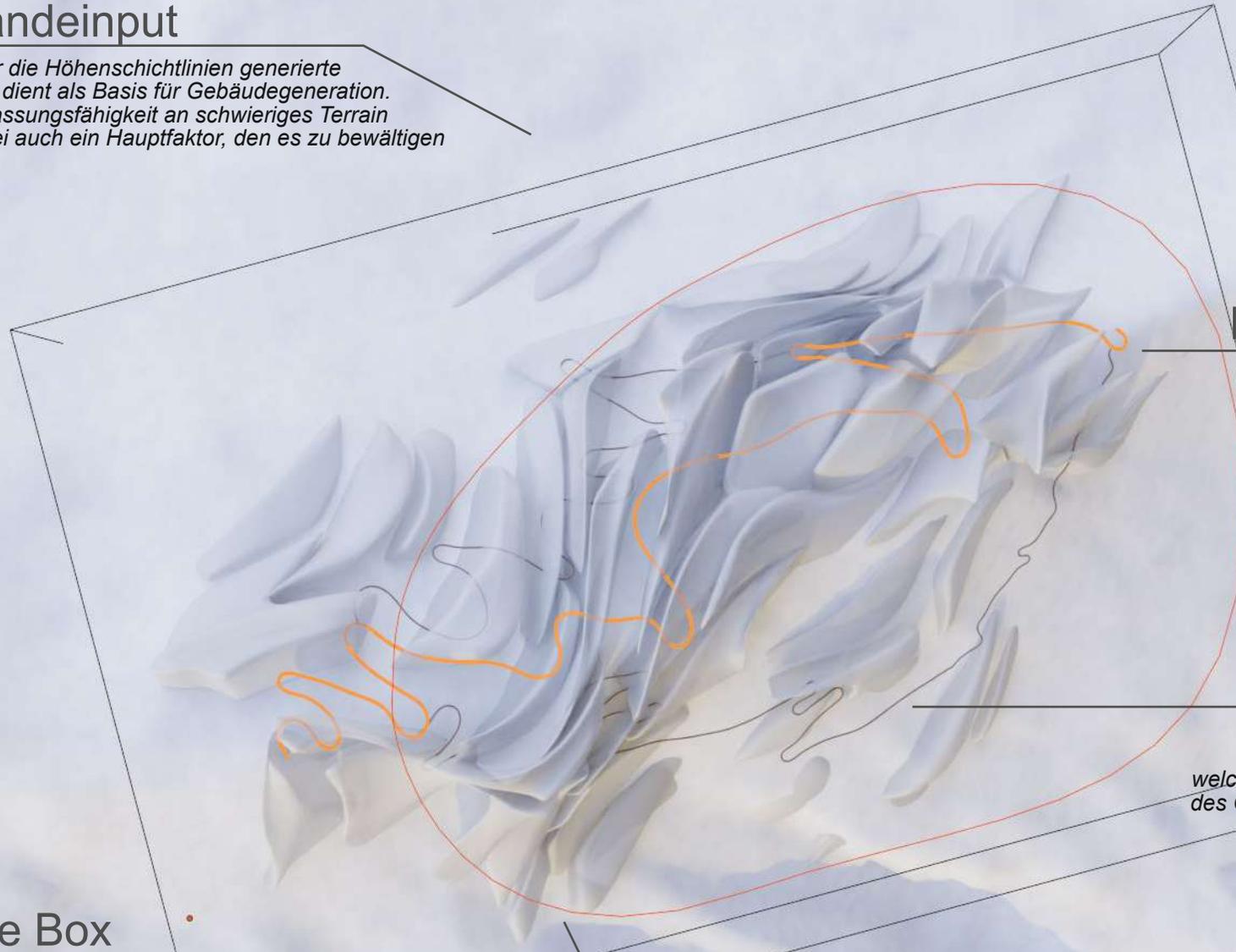
Fertiges Ergebnis nach Anpassung der Parameter
Parameter siehe Variantenstudie

Abb.:51 - Beispielergebnis

ÜBERSICHT BASIS-SETUP IN BLENDER

Geländeinput

Das über die Höhenschichtlinien generierte Gelände dient als Basis für Gebäudegeneration. Die Anpassungsfähigkeit an schwieriges Terrain war dabei auch ein Hauptfaktor, den es zu bewältigen gab.



Scale Box

Die 'Empty - Box' dient als Tool zur Platzierung, Skalierung und Rotation des zu generierenden Gebäudes. Wie hier gut sichtbar, wird das Gebäude innerhalb der Box generiert.

Hauptbezugskurve

In Grasshopper generierte Bezugskurve zur Beeinflussung diverser Parameter. (Erstellung siehe Kapitel 5.5) Kann auch eine händisch erstellte Kurve sein.

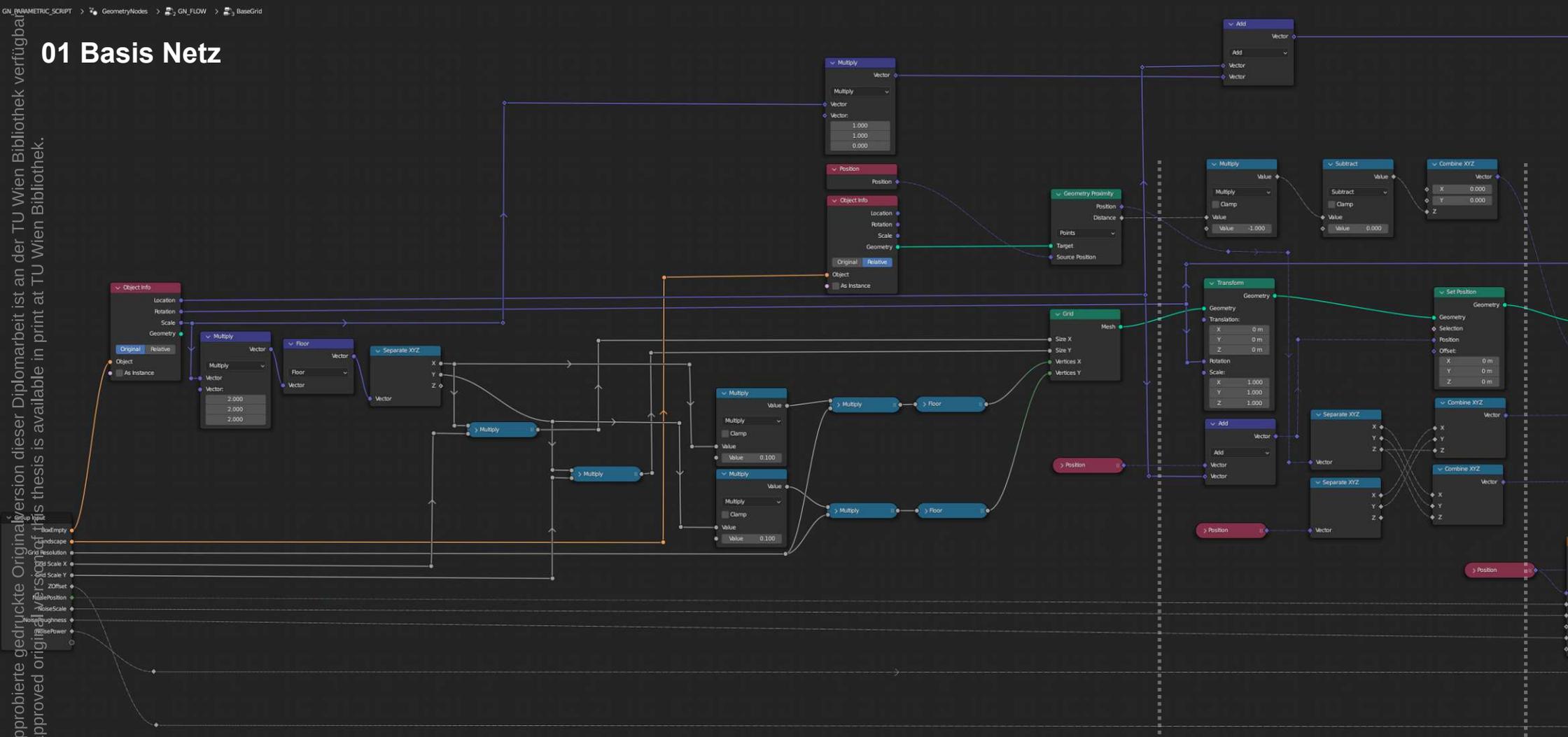
Bezugskurven

Zusätzlich zur Hauptbezugskurve, gibt es mehrere Nebenkurven, welche hauptsächlich für die Begrenzung des Gebäudes ähnlich zur Pool Selection Curve zuständig sind.

Pool Selection Curve

Eine konkave geschlossene Kurve, welche als Begrenzung für die spätere Generierung der Wasserbecken und des Dachs dient.

01 Basis Netz



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

SCHRITT 1a

Berechnung der Netzstruktur in X- und Y-Richtung basierend auf dem Scale-Faktor der 'BoxEmpty'. Das BoxEmpty kann beliebig über dem Gelände verschoben und skaliert werden und beeinflusst somit die Lage und auch Form maßgebend. Zusätzlich kann das Netz nachträglich unabhängig in die X- und Y-Richtung skaliert werden.

SCHRITT 1b

Platzierung des generierten Netzes an die Position der 'Empty-Box'.

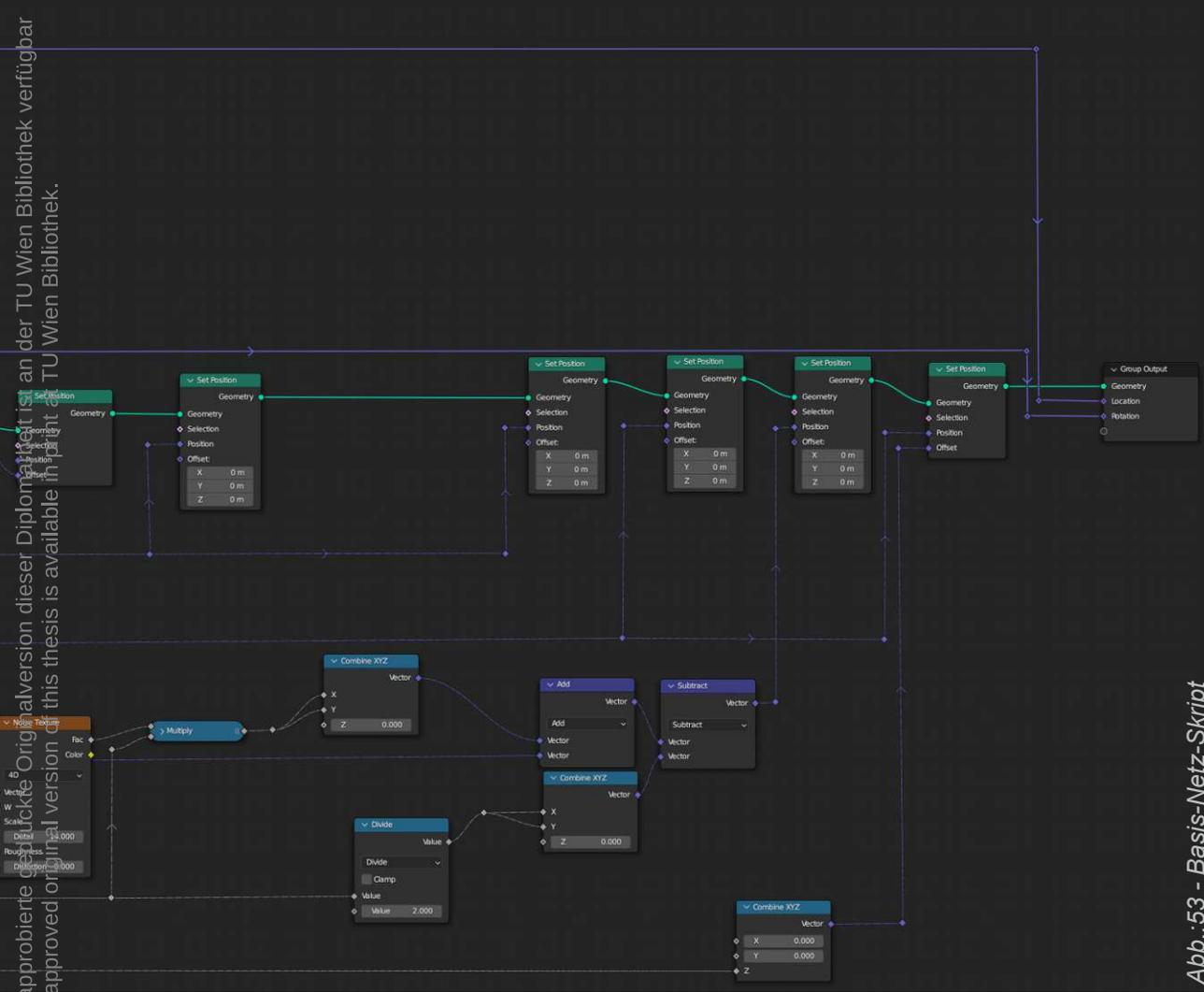


Abb.:53 - Basis-Netz-Skript

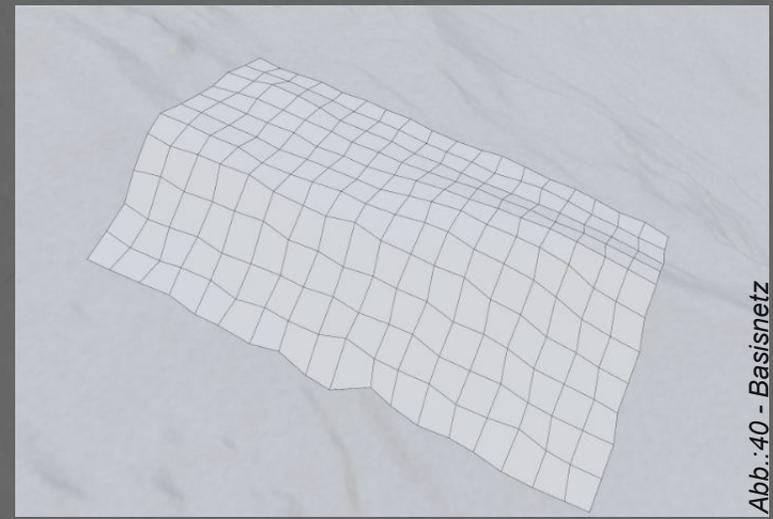


Abb.:40 - Basisnetz

SCHRITT 1c

Wiederholtes Anpassen der einzelnen Flächen an des gegebene Gelände mithilfe der 'Geometry Proximity'. Durch mehrer Iterationen erhöht sich die Genauigkeit der Anpassung.

SCHRITT 1d

Parallel zu Schritt 1c wird mit der 3. Iteration das Netz mittels Noise_texture [Base Noise] in X- und Y-Richtung verschoben um die Regelmäßigkeit des Netzes zu brechen. Anschliesend wird Schritt 1c wiederholt.

Parameter Inputs

- Box Empty - Quader zur Bestimmung der Position und Skalierung des Netzes
- Landscape - Gelände, an welches das Netz angepasst wird
- Grid Resolution - Detailgrad des Netzes
- GridScale X - Skalierung des Netzes in X-Achse
- GridScale Y - Skalierung des Netzes in Y-Achse
- ZOffset - Verschiebung des Netzes in positive Z-Achse
- Base NoisePosition - Position/Seed der Noise-Verformung
- Base NoiseScale - Skalierung der Noise-Verformung
- Base NoiseRoughness - Feinheit/Rauheit der Noise-Verformung
- Base NoisePower - Stärke der Noise-Verformung

Parameter Outputs

- Grid Geometry - Parametrisch anpassbares Netz, welches als Grundlage für die Gebäudegenerierung dient
- Location - Postion der generierten Geometrie
- Rotation - Verdrehung der generierten Geometrie

02 Netzumwandlung

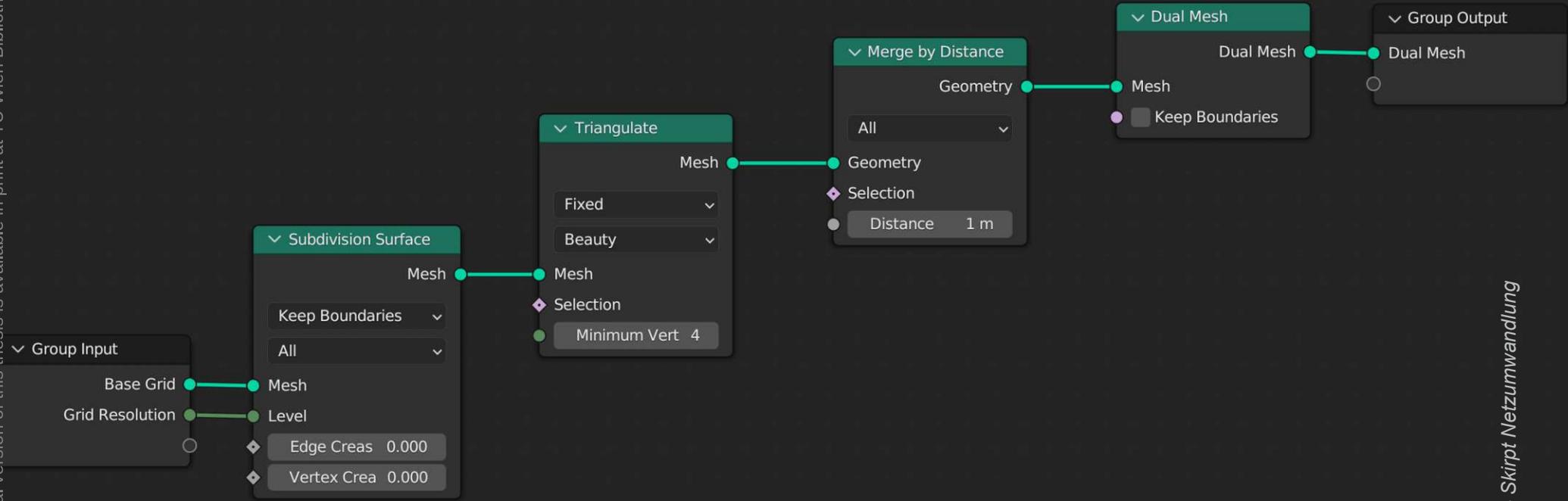


Abb.:54 - Skript Netzumwandlung

SCHRITT 2

Definierung der Auflösung über Subdivision und anschließende Umwandlung des Netzes in 3 Schritten. Als erstes werden die viereckigen Flächen in Dreiecke umgewandelt. Als nächstes werden alle nah beieinander liegenden Punkte mit einander verschmolzen und im letzten Schritt werden die dreieckigen Flächen über die Dual Mesh-Funktion (generiert weitere Punkte in der Mitte jeder Kante) zu Sechsecken umgewandelt.

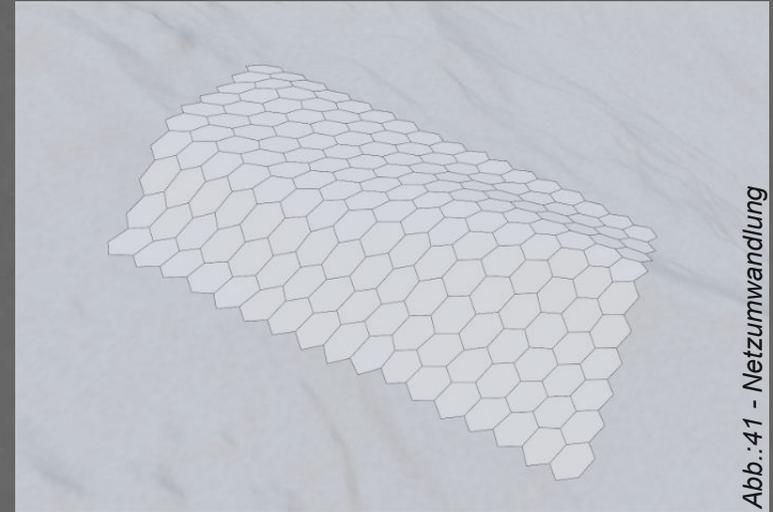


Abb.:41 - Netzumwandlung

Parameter Inputs

Base Grid - Angepasstes Basisnetz

Grid Resolution - Auflösung (Subdivision level) des Netzes

Parameter Outputs

Dual Mesh - Hexagonales Netz

03a 'Grid Noise'

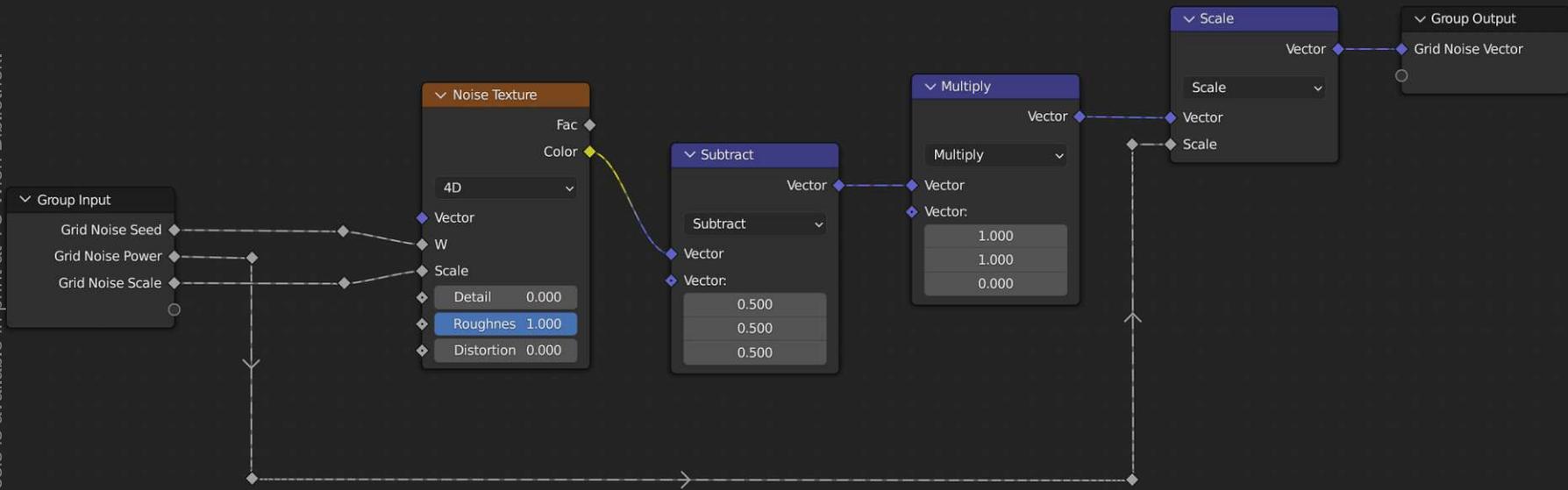


Abb.:55 - Grid noise Skript

SCHRITT 3a

'Grid Noise' wird definiert und lässt sich über die Parameter ansteuern.
Die Vectorverschiebung wird dabei nur in X- und Y- Achse definiert.

Parameter Inputs

- Grid Noise Seed - Steuert die Noise-Position, bzw den Seed
- Grid Noise Power - Steuert die Skalierung der Vektoren
- Grid Noise Scale - Steuert die Noise-Skalierung

Parameter Outputs

- Grid Noise Vector - Vektor Output für Noise-Verschiebung

03b Noise-Verschiebung

SCHRITT 3b

'Noise'-Verschiebung mittels Grid Noise Vektor.
Die Skalierung in Z-Achse wurde hier nicht angewandt.

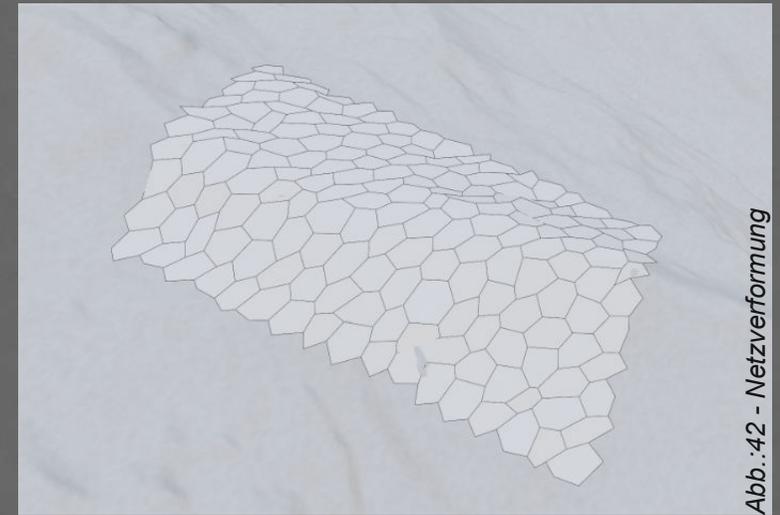


Abb.:42 - Netzverformung

Parameter Inputs

GridGeometry - Hexagonales Basisnetz

GridNoiseVector - 'Noise'-Vector aus 3a

Parameter Outputs

Mesh - Verzerrtes Hexagonales Netz

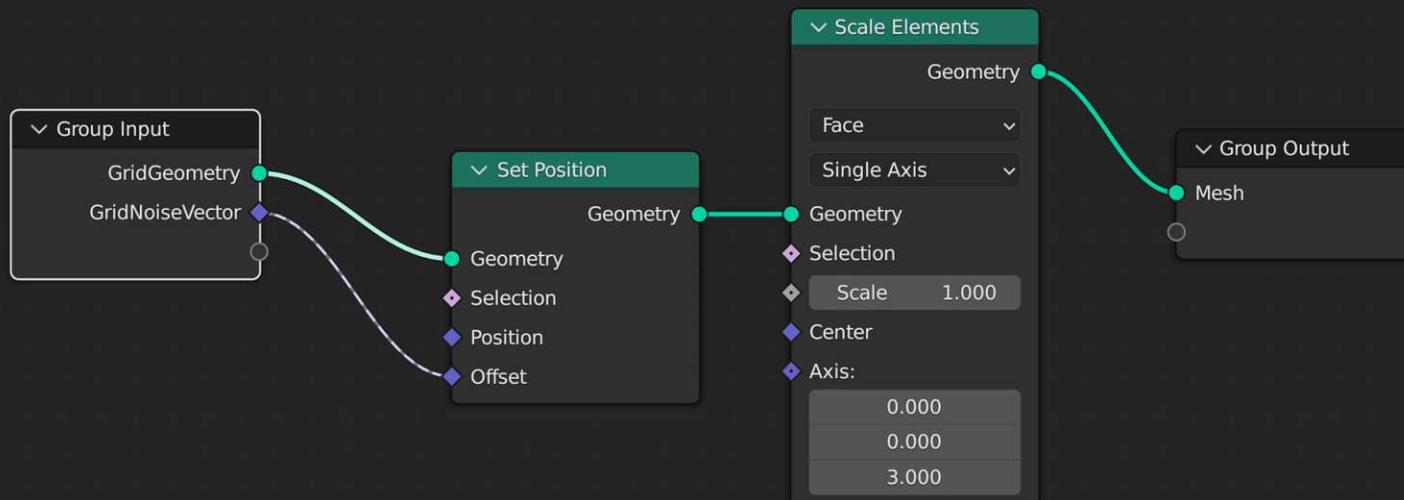


Abb.:56 - Noise-Verschiebung Skript

04a Fugenbreite/Kantenhärte

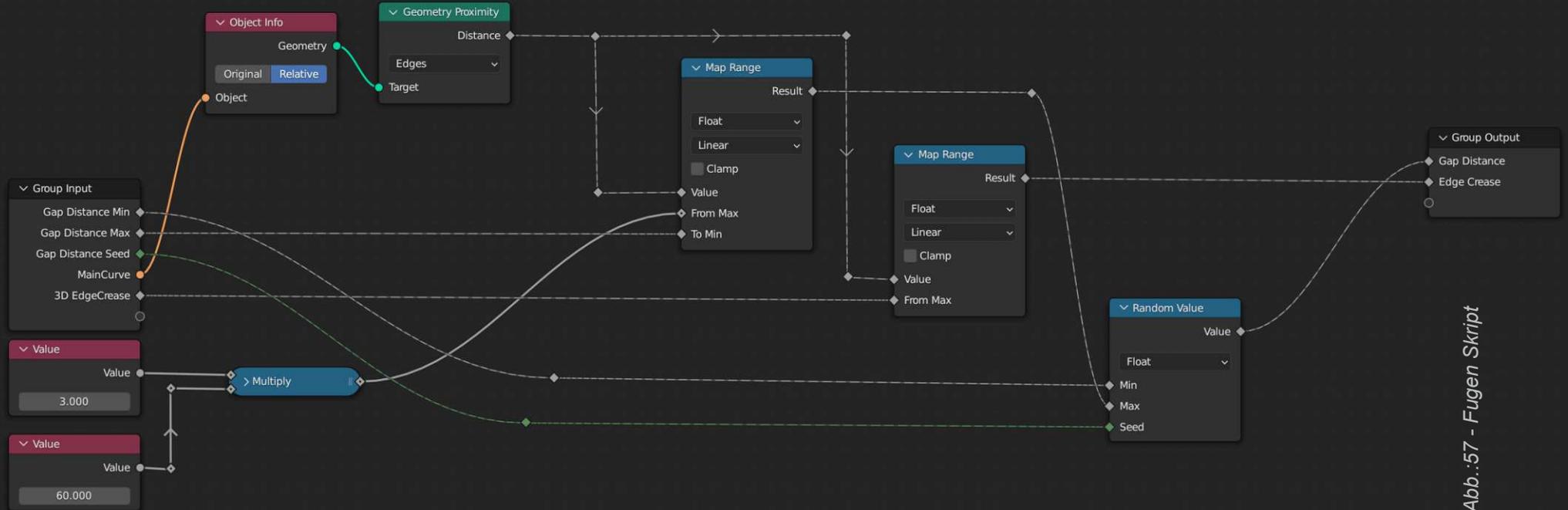


Abb.:57 - Fugen Skript

SCHRITT 4a

In diesem Schritt wird die Fugenbreite, bzw. der Abstand zu den anderen Flächen definiert. Diese entsteht durch die Skalierung der einzelnen Felder und wird über einen Min- und Max- Wert definiert. Die Werte dazwischen werden dann vom Script über den Abstand zur Leitkurve und einem Zufallsstreuwert definiert.

Parameter Inputs

GapDistanceMin - Hexagonales Basisnetz
GapDistanceMax - 'Noise'-Vector aus 3a
GapDistanceSeed - 'Noise'-Vector aus 3a
MainCurve - 'Noise'-Vector aus 3a
3D EdgeCrease - 'Noise'-Vector aus 3a

Parameter Outputs

Gap Distance - Verzerrtes Hexagonales Netz
Edge Crease - Verzerrtes Hexagonales Netz

04b Flächenspaltung und Skalierung

SCHRITT 4b

Skalierung der Flächen über den in 4a generierten Faktor, welcher unter anderem von der Hauptbezugskurve abhängt (je näher an der Kurve, desto kleiner die Fugen, je weiter weg, desto größer die Skalierung). Zuvor wird das Netz über die Split Edges Funktion in einzelne Flächen zerlegt. Mit der 'Connection Density' ist es möglich, verbundene Gruppierungen zu generieren.

Parameter Inputs

Scale - Skalierung der Flächen über 'Gap Distance' von Schritt 4a

Mesh - Input für das verzerrte Hexagonale Netz
Connection Density - Faktor an verbunden bleibenden Flächen

Connection Seed - Random Seed für Verbindungen

Parameter Outputs

Geometry - Sammlung and skalierten Flächen

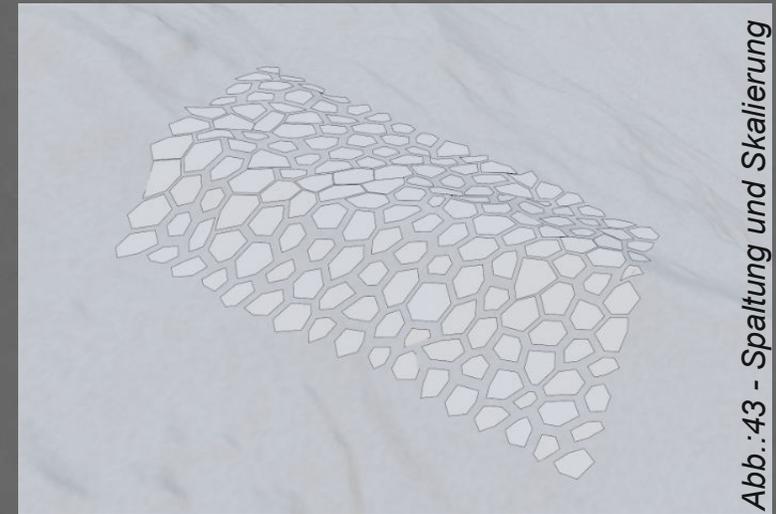


Abb.:43 - Spaltung und Skalierung

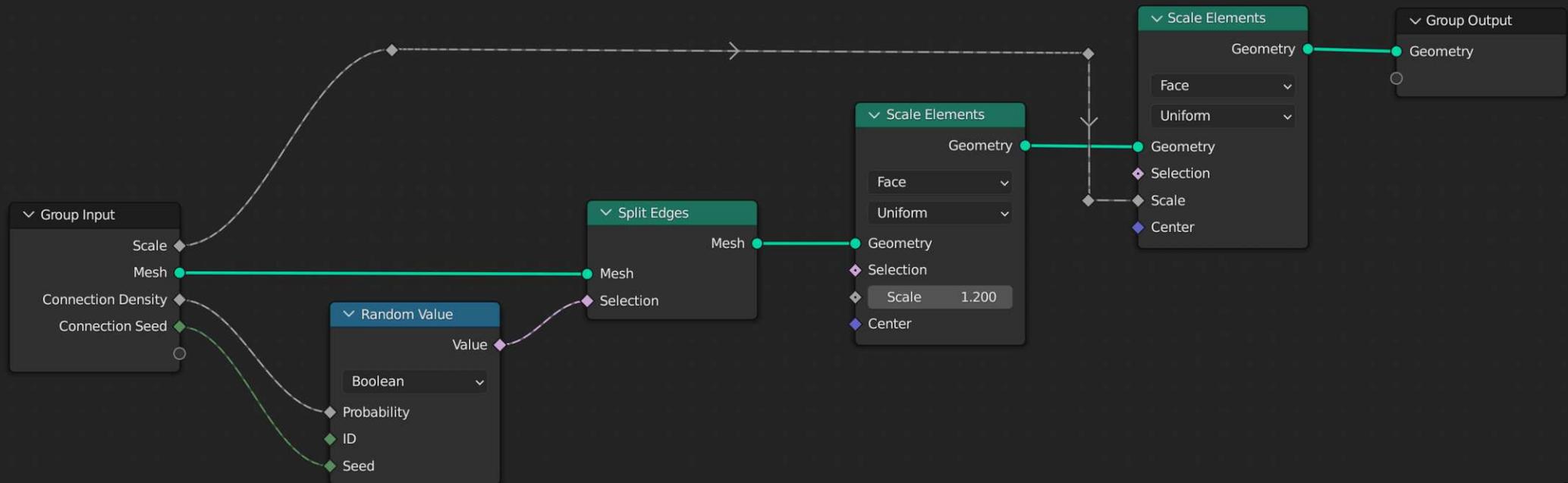
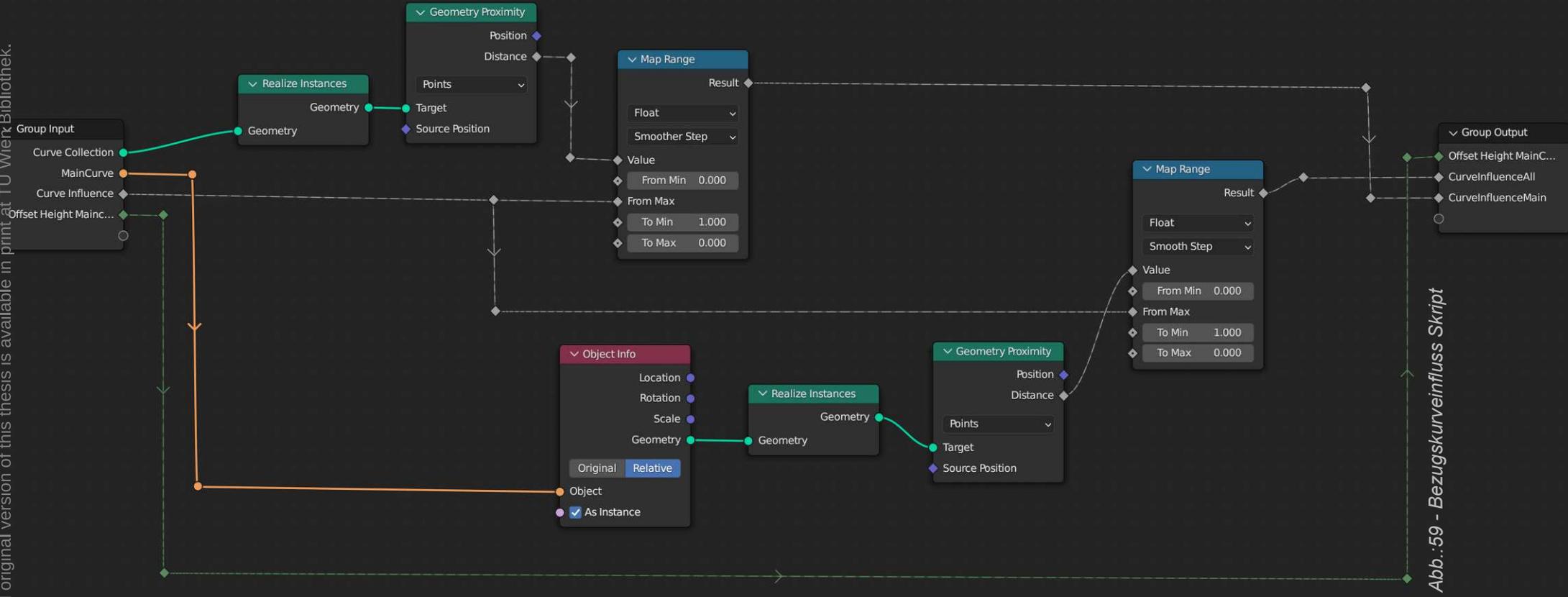


Abb.:58 - Flächenspaltung Skript

05a Hauptbezugskurveinfluss



SCHRITT 5a

Für die Auflockerung der Geometrie werden Bezugskurven herangezogen.
 Je Näher die einzelnen Elemente der Kurven sind, desto dichter liegen sie aneinander.
 Zum Rand hin wird die Geometrie aufgelöst.
 Erreicht wird dies über die 'Geometry Proximity'-Node. Diese berechnet den Abstand zu den Kurven und über die 'Map Range' wird der Einfluss der Kurven definiert.
 Als Output wird einmal der Einfluss aller Kurven als Faktor ausgegeben und zudem auch der Faktor einer gewählten Bezugskurve.

Parameter Inputs

- Curve Collection - Collection mit den Bezugskurven
- MainCurve - Hauptbezugskurve
- Curve Influence - Kurveneinfluss auf Geometrie
- Offset Height Maincurve - Verschiebung in Z-Achse bezogen auf Hauptbezugskurve

Parameter Outputs

- Offset Height MainCurve - Verschiebung bez. auf HBK.
- CurveInfluenceAll - Einfluss aller Kurven auf Geometrie
- CurveInfluenceMain - Einfluss der Hauptbezugskurve auf die Geometrie

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.



05b Auflockerung durch Löschen

SCHRITT 5b

Mit Hilfe des Hauptkurveneinflussfaktors wird im nächsten Schritt ein Boolean-Wert [True/False] definiert. Je näher die Fläche an der Kurve, desto höher damit auch die Wahrscheinlichkeit, dass die Fläche ein 'False' zugeteilt bekommt. Damit bleibt diese beim Löschen der Flächen bestehen. Durch die rechteckige Gesamtform aufgebrochen.

Parameter Inputs

CurveInfluence Main - Einfluss der Hauptbez.kurve
Extrude Height Seed - Seed für spätere Extrusion
Density - Dichte der Geometrie (1=no delete)
Geometry - Flächen als Input
Extrude Height Multiplier - Extrusionsfaktor

Parameter Outputs

Offset - Offset für spätere Extrusion
Geometry - Aufgelöste Flächengeometrie

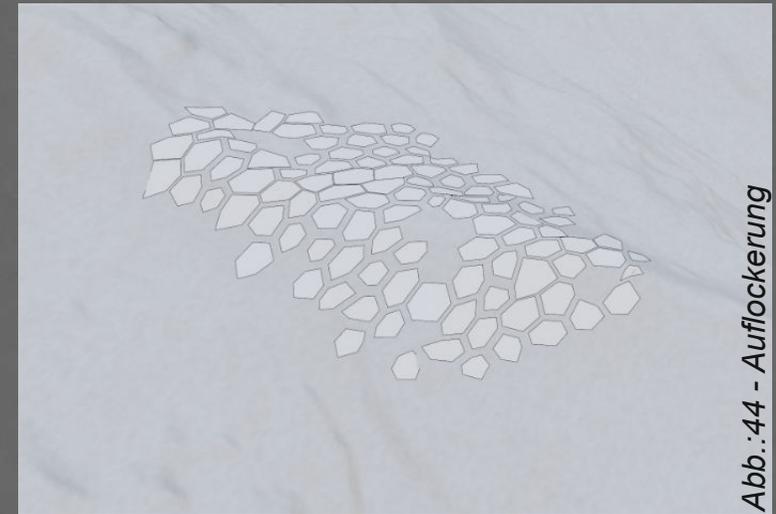


Abb.:44 - Auflockerung

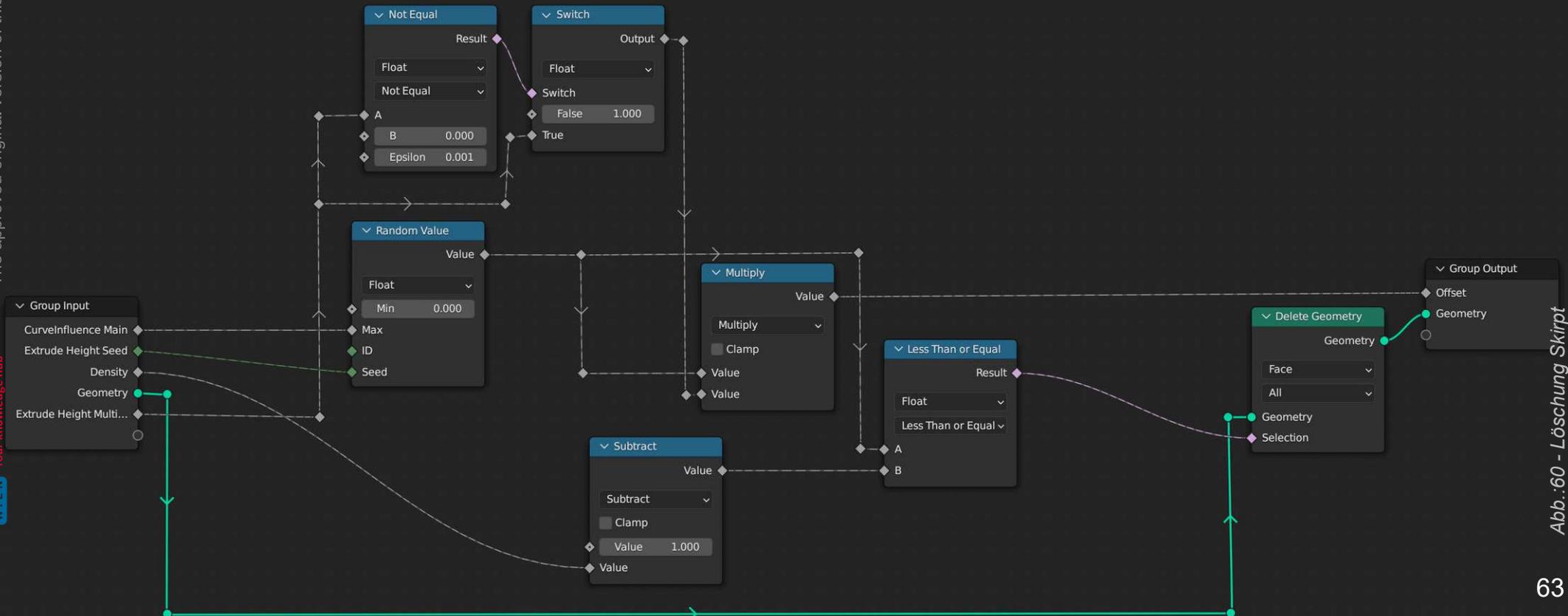


Abb.:60 - Löschung Skript

06 Aussortierung von kleinen Geometrien

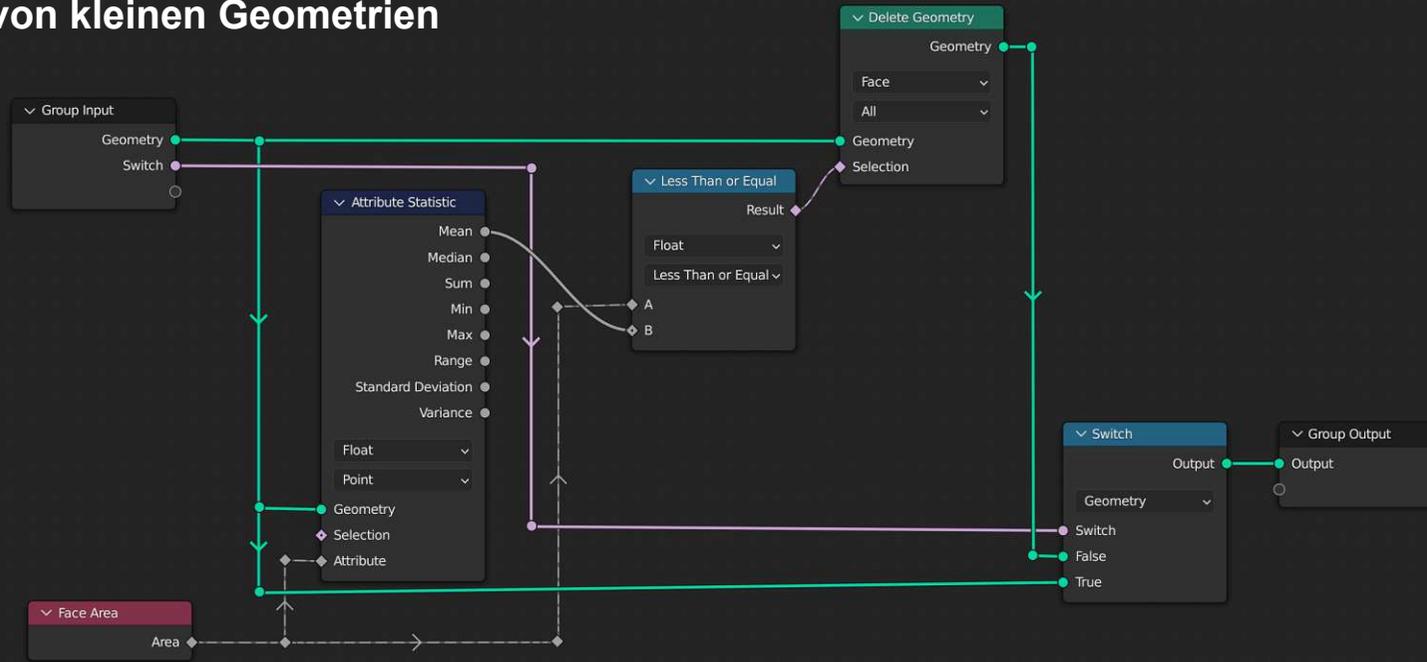


Abb.:61 - Aussortierung Skript

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.:45 - Aussortierung

SCHRITT 6

Für die weitere Auflockerung können Geometrien, welche unter einem bestimmten Wert, bezogen auf den Flächendurchschnitt aller Flächen liegen, wahlweise gelöscht werden. Neben der Auflockerung werden dabei auch zu kleine nicht nutzbare Räume vermieden.

Parameter Inputs

Geometry - Aufgelöste hexagonale Flächen
Switch - On/Off Schalter zur Ein- bzw. Ausblendung kleiner Flächen

Parameter Outputs

Geometry - Aufgelöste hexagonale Flächen

07 Extrudieren von Geometrie

SCHRITT 7

Nachdem die 2D-Bearbeitung abgeschlossen ist, wird die Geometrie mittels Extrusionsfaktor extrudiert.

Dieser setzt sich aus den eingestellten

Parametern,

sowie dem Einfluss der Hauptbezugskurve zusammen.

Parameter Inputs

Offset Scale - Extrusionsfaktor, der sich aus vorherigen Berechnungen ergeben hat

Geometry - Flächen als Input

Parameter Outputs

Geometry - Extrudierte Flächen

Top - Selektion der oberen Flächen



Abb.:46 - Extrusion

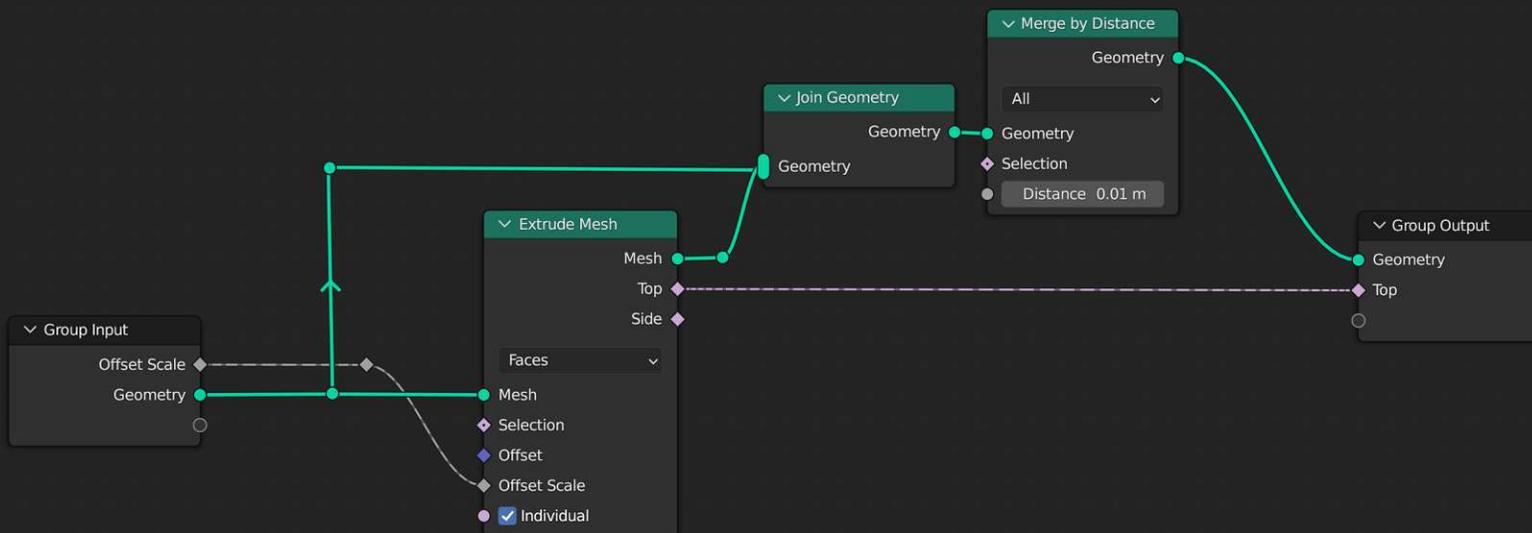


Abb.:62 - Extrudierung Skript

08 Verschiebung der Deckflächen

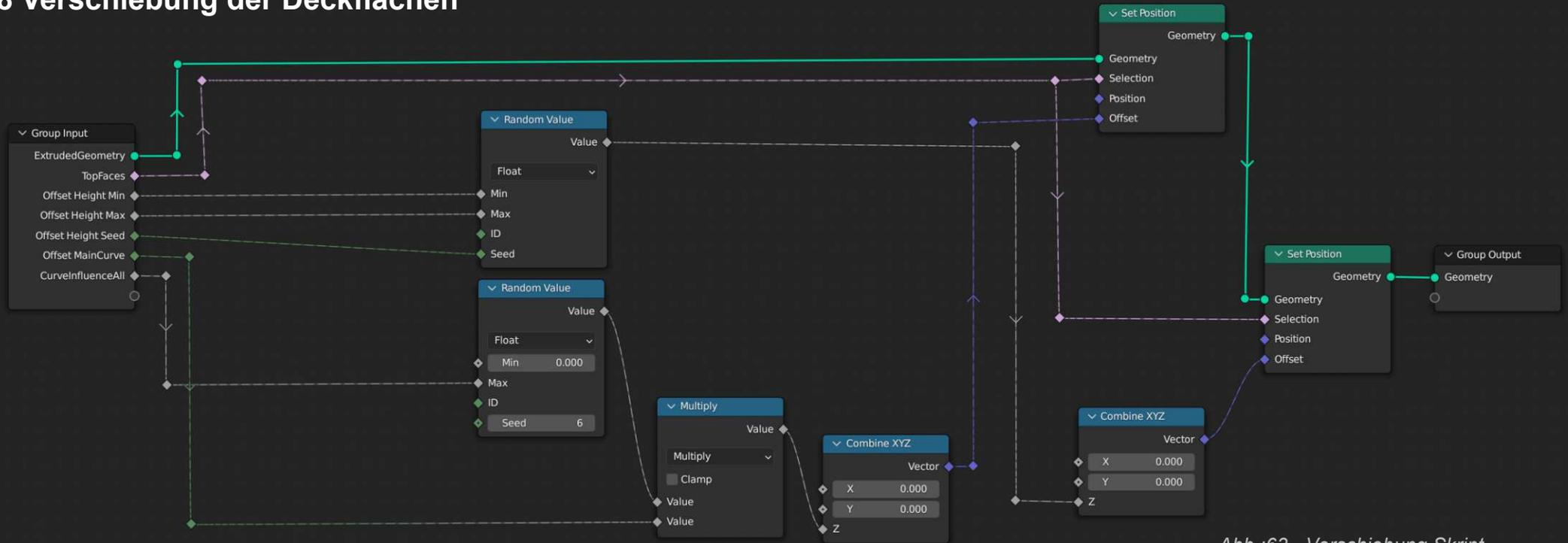


Abb.:63 - Verschiebung Skript



Abb.:47 - Offset

SCHRITT 8

Im nächsten Schritt werden die Deckflächen der Extrusion, nach dem sie im Zwischenschritt (GapScaleTop - siehe s.53) skaliert werden, in +Z - Richtung verschoben. Dabei lässt sich der Minimal- und der Maximalwert einstellen. Zusätzlich wird über eine weitere Iteration ein Offset abhängig zur Bezugskurve initiiert. Dadurch wird die Geometrie zur Mitte hin höher und es entsteht ein dynamischer Verlauf.

Parameter Inputs

ExtrudedGeometry - Extrudierte Geometrie
TopFaces - Deckflächen aus Extrusion [Selektion]
Offset Height Min - Minimaler Offset
Offset Height Max - Maximaler Offset
Offset Height Seed - Offset-Seed für Variation
Offset MainCurve - Separater Offset für Bezugskurve
CurveInfluenceAll - Kurveneinflussfaktor

Parameter Outputs

Geometry - Extrudierte verschobene 3D Geometrie

09 'Subdivision Surface'

SCHRITT 9

Erhöhung der Mesh-Auflösung für weitere Verarbeitung. Mittels Edge Crease wird die Kantenabrundung angesteuert. Diese ist wiederum von der Bezugskurve abhängig. Je näher an der Bezugskurve, desto härter die Kanten der Objekte.

Parameter Inputs

- Mesh - Verformte 3D Geometrie
- Edge Crease - Kantenabrundungsgrad
- Level - 'Subdivision Surface Level'

Parameter Outputs

- Mesh - Geglättete Geometrie

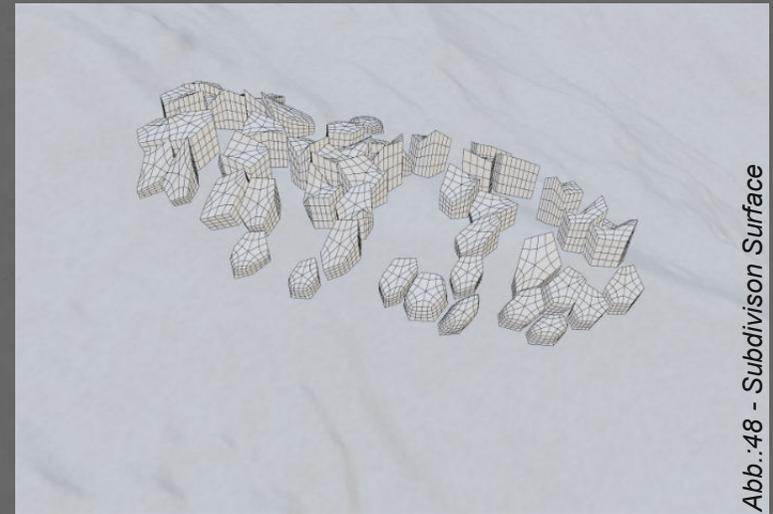


Abb.:48 - Subdivision Surface

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.

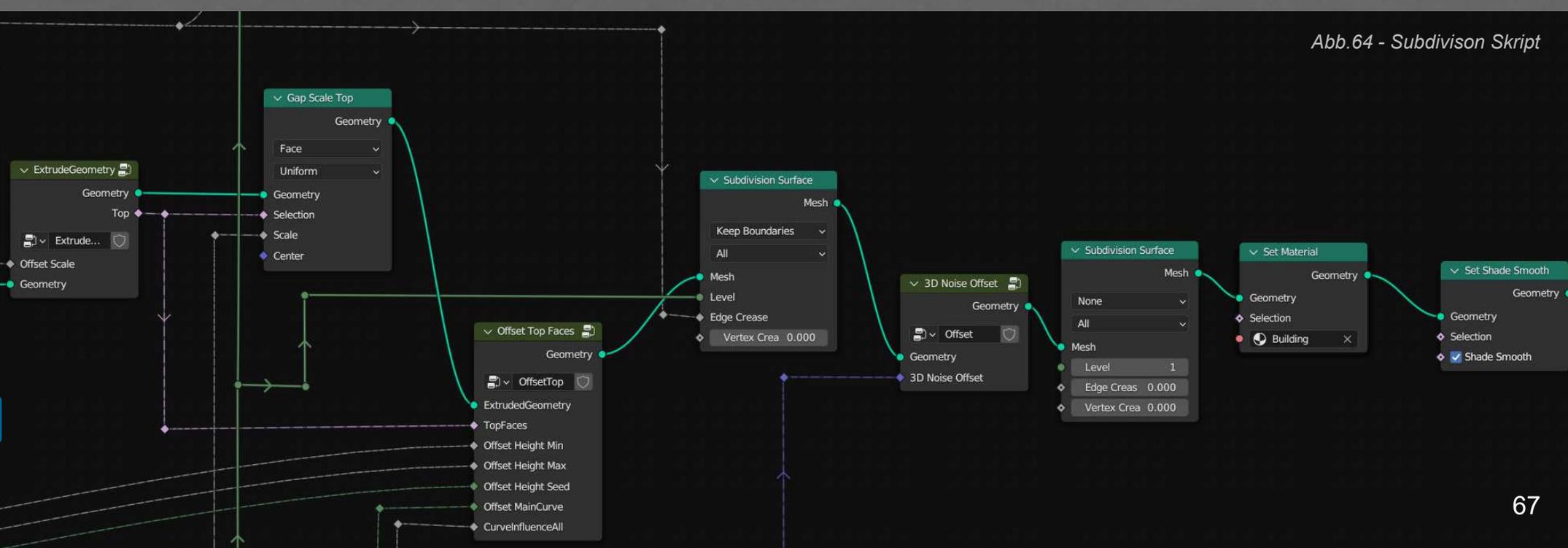


Abb.64 - Subdivison Skript

10a 3D Noise Vektor

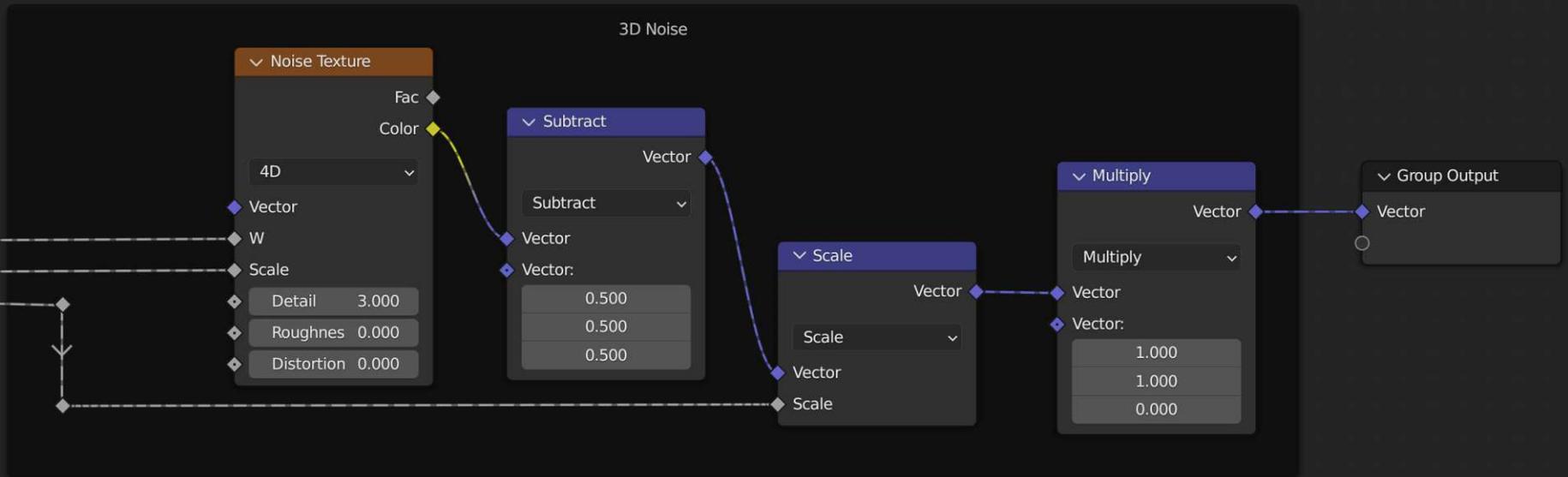


Abb.:65 - 3D Noise Skript

SCHRITT 10a

Ähnlich wie in Schritt 3a wird auch hier der Verschiebungsvektor über eine Noise Texture mit Inputs zu Seed, Skalierung und Intensität gesteuert. Der Unterschied zur vorherigen 2D Verschiebung ist hier die Verschiebung in alle 3 Achsen.

Parameter Inputs

- 3D Noise Seed - Random Seed/Noise Position
- 3D Noise Scale - Skalierung von 'Noise' - Verformung
- 3D Noise Power - Skalierung des Vektors

Parameter Outputs

- Vector - Vektor für 3D Noise-Verformung

10b 3D 'Noise' - Verformung

SCHRITT 10b

3D Verschiebung der gesamten Geometrie basierend auf dem '3D Noise Vector' aus Schritt 10a.

Parameter Inputs

Geometry - 3D Geometrie
3D Noise Offset - Vektor zur Verformung

Parameter Outputs

Geometry - Verzerrte 3D Geometrie

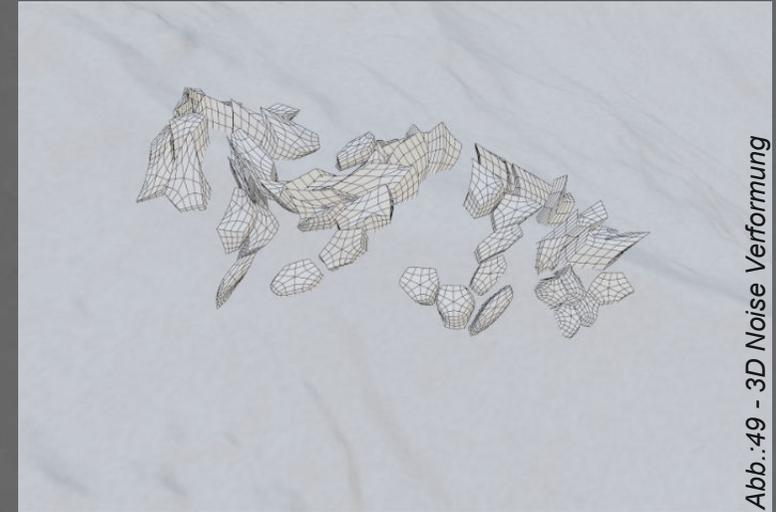


Abb.:49 - 3D Noise Verformung

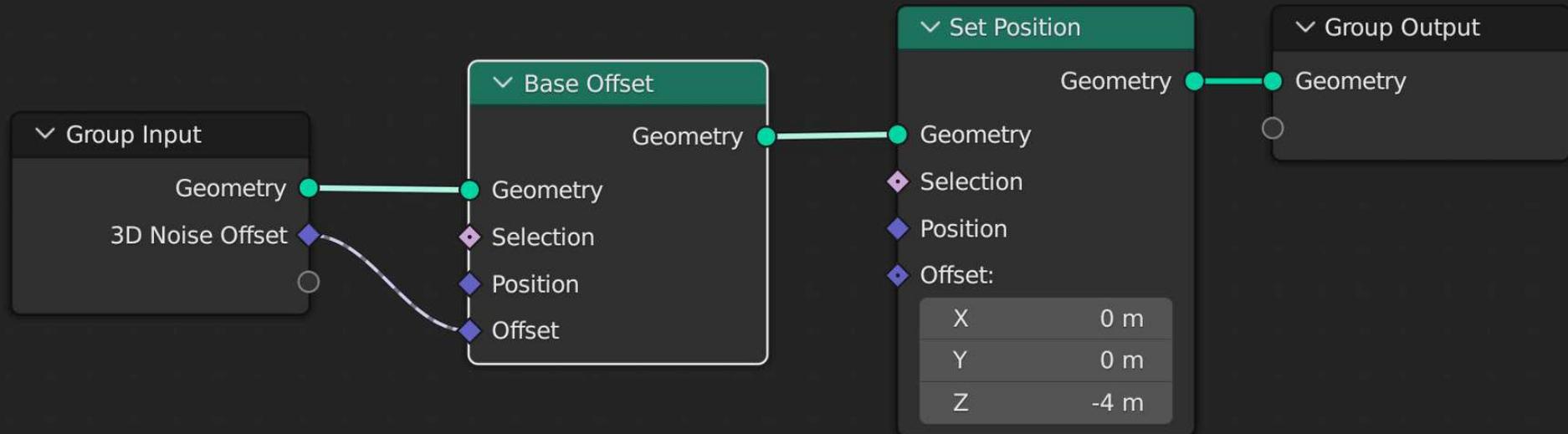


Abb.:66 - 3D Noise Verformung Skript

11 Finale Verfeinerung

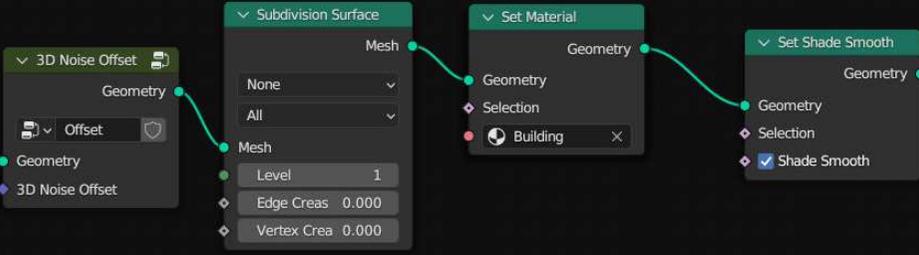


Abb.:67 - Verfeinerung Skript



Abb.:68 - Beispiel/Variante 02

Beispiel für Variante mit fertigem Skript

SCHRITT 11

Im Finalen Schritt für den MODUS:00 - Building wird die Geometrie nochmal dividiert um die Auflösung zu erhöhen und anschließend ein Material zugewiesen. Zudem wird das Smooth Shading aktiviert, wodurch die Kanten im Programm runder wirken.

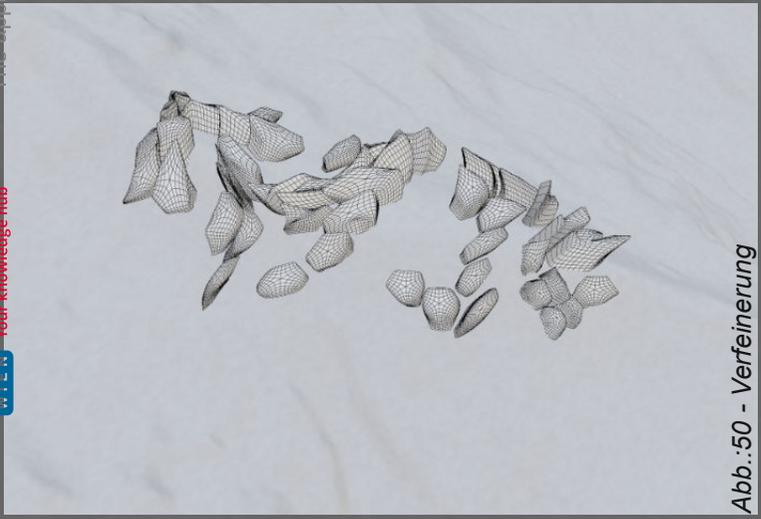


Abb.:50 - Verfeinerung

12 Zusatzfeature: Flächenberechnung

SCHRITT 12

Da das Raumprogramm und die Quadratmeterzahlen im Vorhinein feststanden, war es wichtig, bei der Generierung auf die gewünschte Grundfläche zu kommen. Dafür werden die 2D - Daten nach Schritt 6 abgezweigt und weiter berechnet. Zuerst werden alle Verformungen, die später auch im 3D stattfinden, angewendet, damit die Flächen zusammen passen. Dann wird über die Summe die Fläche berechnet und schließlich visuell dargestellt. Zudem kann die 2D Ansicht ausgegeben werden.

Parameter Inputs

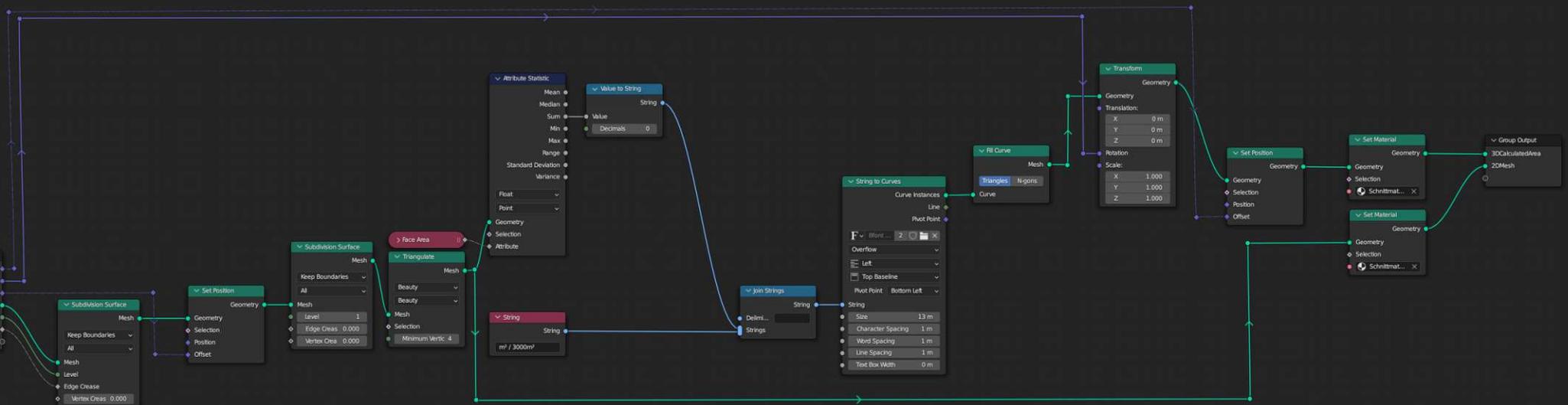
ScriptLocation - Skript-Position für Schriftplatzierung
ScriptRotation - Skript-Rotation für Schriftplatzierung
3DNoiseOffset - 3D-Verschiebungsvektor
2DInput - Flächeninput aus Schritt 6
SubdivisionLvl - Detailgrad wie bei 3D Skript
Edge Crease - Kantenabrundung wie bei 3D Skript

Parameter Outputs

3DCalculatedArea - Berechnete Fläche als 3D Schriftzug
2DMesh - Korrekte Grundfläche



Abb.:70 - Flächenberechnung Skript



Variationen

Über die verschiedenen Parameter können unzählige Varianten generieren werden. Auf den folgenden Seiten werden einige Variationen mit den dazugehörigen Werten aufgeführt. Über diese Studie wurde schlussendlich eine Form für die weitere Verarbeitung ausgewählt.

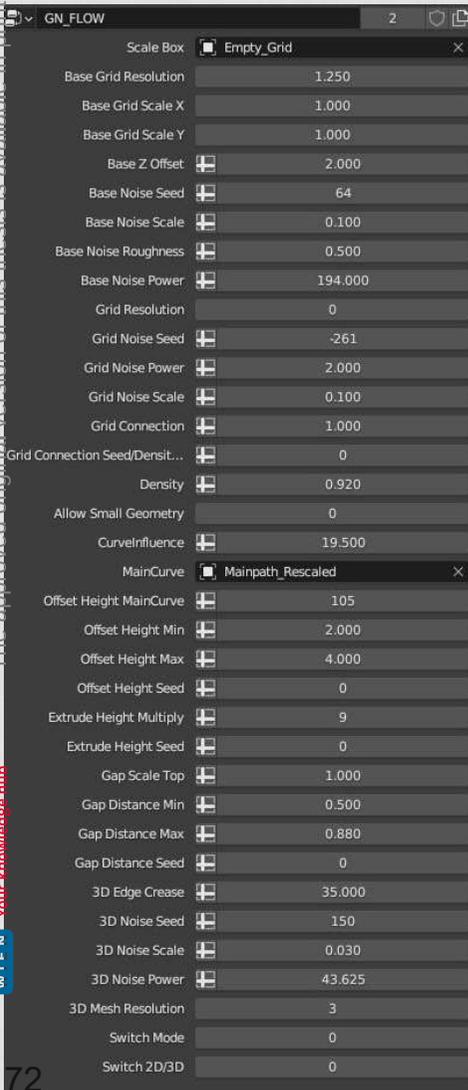


Abb.:71 - Parameter in Blender

PARAMETER	Type	Min	Max	Beschreibung
Scale Box	Object	-	-	Box Empty, welcher frei verschoben und skaliert werden kann
Base Grid Resolution	Float	0.01	10.0	Gitternetz Auflösung
Base Grid Scale X	Float	0.5	5.0	Netzauflösungsskalierung in X-Richtung
Base Grid Scale Y	Float	0.5	5.0	Netzauflösungsskalierung in Y-Richtung
Base Z Offset	Float	-100.0	100.0	Offset für Basisnetz in Z-Achse
Base Noise Seed	Integer	0	500	Basis-Noise-Verzerrungs-Seed für Variation
Base Noise Scale	Float	0.0	500.0	Basis-Noise-Skalierung [je größer, desto mehr Noise]
Base Noise Roughness	Float	0.0	1.0	Basis-Noise-Verlauf
Base Noise Power	Float	0.0	500.0	Intensität der Noise-Verzerrung
Grid Resolution	Integer	0	4	Auflösung des Basisnetzes [Subd. Surface Level]
Grid Noise Seed	Integer	-500	500	Netz-Noise-Verzerrungs-Seed für Variation
Grid Noise Power	Float	0.0	100.0	Intensität der Netz-Noiseverzerrung
Grid Noise Scale	Float	0.0	50.0	Netz-Noise-Skalierung [je größer, desto mehr Noise]
Grid Connection	Float	0.5	1.0	Verbundenheitsfaktor von einzelnen Faces [1=nicht verbunden]
Grid Connection-/Density Seed	Integer	0	100	Seed für Grid Connection/bzw. Dichte bei Mode 1
Density	Float	0.0	1.0	Dichte der Flächenansammlung [je niedriger, desto weniger Fl.]
Allow Small Geometry	Boolean	True	False	Schalter für De - /Aktivierung von kleiner Geometrie
Curve Influence	Float	0.0	50.0	Einfluss der Hauptbezugskurve
Main Curve	Object	-	-	Hauptbezugskurve
Offset Height Main Curve	Integer	0	200	Verschiebung in Z-Achse bezogen auf die Hauptbezugskurve
Offset Height Min	Float	0.0	100.0	Minimaler Offset
Offset Height Max	Float	0.0	100.0	Maximaler Offset
Offset Height Seed	Integer	0	500	Offset-Seed für Variation
Extrude Height Multiply	Float	1.0	30.0	Multiplikator für die Extrusionstiefe der 2D-Flächen
Extrude Height Seed	Integer	0	100	Extrusions-Seed für Variation der Extrusionstiefe
Gap Scale Top	Float	0.5	5.0	Skalierung der Deckflächen nach Extrusion
Gap Distance Min	Float	0.1	1.0	Minimale Skalierung der Flächen [je kleiner, desto größere Fuge]
Gap Distance Max	Float	0.1	1.2	Maximale Skalierung der Flächen [je größer, desto kleinere Fuge]
Gap Distance Seed	Integer	0	100	Seed für Variation der Fugen/bzw. Skalierung der Flächen
3D Edge Crease	Float	0.0	500.0	Faktor für Rundung der Kanten
3D Noise Seed	Integer	0	150	Seed für Variation der 3D-Verzerrung
3D Noise Scale	Float	0.0	0.5	Skalierung für Noise-Verzerrung
3D Noise Power	Float	0.0	100.0	Intensität der 3D-Noise-Verzerrung
3D Mesh Resolution	Integer	0	5	Auflösung des 3D-Objekts
Switch Mode	Integer	0	2	Schalter für Modis [0 = Gebäude, 1 = Becken/Dach, 3 = Gerüst]
Switch 2D/3D	Boolean	True	False	Schalter für Wechsel zwischen 2D und 3D - Modus

Scale Box* Für die folgenden Variationen hat die Scale Box stets die selbe Position und Skalierung Location (831.74/94.262/294.62m), Rotation (0/0/15°), Scale (77.41/49.542/24.771)



Abb.:72 - Variante 1

Settings: base grid resolution 1.3, base z offset 2.0, base noise seed 25, base noise scale 0.1, base noise roughness 0.0, base noise power 15.0, grid resolution 0, grid noise seed 55, grid noise power 20.0, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 0.721, curve influence 19.29, maincurve Curve01, offset height maincurve 15, offset height min 3.0, offset height max 6.0, offset height seed 0, extrude height multiply 0, extrude height seed 0, gap scale top 1.0, gap distance min 0.7, gap distance max 1.1, gap distance seed 1, 3d noise seed 150, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 3.0, 3d edge crease 0.7, 3d mesh resolution 2



Abb.:73 - Variante 2

Settings: base grid resolution 1.2, base z offset 1.0, base noise seed 25, base noise scale 0.1, base noise roughness 0.0, base noise power 15.0, grid resolution 0, grid noise seed 55, grid noise power 20.0, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 0.721, curve influence 19.29, maincurve Curve01, offset height maincurve 15, offset height min 3.0, offset height max 6.0, offset height seed 0, extrude height multiply 3, extrude height seed 0, gap scale top 1.0, gap distance min 0.5, gap distance max 1.1, gap distance seed 0, 3d noise seed 88, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 24.56, 3d edge crease 0.7, 3d mesh resolution 2



Abb.:74 - Variante 3

Settings: base grid resolution 1.1, base z offset 1.0, base noise seed 76, base noise scale 0.962, base noise roughness 0.0, base noise power 35.09, grid resolution 0, grid noise seed 55, grid noise power 35.09, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 0.784, curve influence 20.0, maincurve Curve01, offset height maincurve 25, offset height min 3.0, offset height max 6.0, offset height seed 0, extrude height multiply 3, extrude height seed 0, gap scale top 1.3, gap distance min 0.5, gap distance max 0.9, gap distance seed 0, 3d noise seed 88, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 15.0, 3d edge crease 0.7, 3d mesh resolution 2

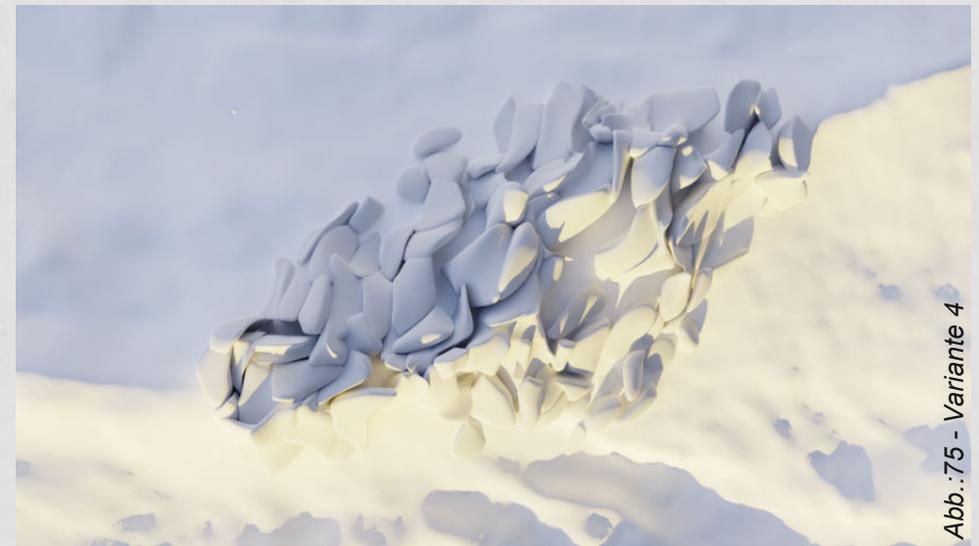


Abb.:75 - Variante 4

Settings: base grid resolution 1.48, base z offset 1.0, base noise seed 75, base noise scale 0.1, base noise roughness 0.5, base noise power 35.0, grid resolution 0, grid noise seed -261, grid noise power 9.7, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 0.84, curve influence 18.68, maincurve Curve01, offset height maincurve 28, offset height min 1.0, offset height max 3.6, offset height seed 0, extrude height multiply 8, extrude height seed 0, gap scale top 1.5, gap distance min 0.5, gap distance max 0.9, gap distance seed 0, 3d noise seed 128, 3d noise scale 0.063, 3d noise power 14.86, 3d edge crease 23.74, 3d mesh resolution 2



Abb.:76 - Variante 6

Settings: base grid resolution 1.3, base z offset 1.0, base noise seed 25, base noise scale 0.1, base noise roughness 0.5, base noise power 107.2, grid resolution 0, grid noise seed -261, grid noise power 0.6, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 0.6, curve influence 17.0, maincurve Curve01, offset height maincurve 15, offset height min 1.0, offset height max 5.0, offset height seed 0, extrude height multiply 9, extrude height seed 0, gap scale top 1.0, gap distance min 0.76, gap distance max 1.1, gap distance seed 1, 3d noise seed 150, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 52.43, 3d edge crease 0.7, 3d mesh resolution 2



Abb.:77 - Variante 7

Settings: base grid resolution 1.5, base z offset 1.0, base noise seed 25, base noise scale 0.1, base noise roughness 0.0, base noise power 79.05, grid resolution 0, grid noise seed -261, grid noise power 5.0, grid noise scale 2.0, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 0.6, curve influence 19.29, maincurve Curve01, offset height maincurve 15, offset height min 1.0, offset height max 5.0, offset height seed 0, extrude height multiply 5, extrude height seed 0, gap scale top 1.0, gap distance min 0.6, gap distance max 1.1, gap distance seed 1, 3d noise seed 150, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 15.96, 3d edge crease 0.70, 3d mesh resolution 2

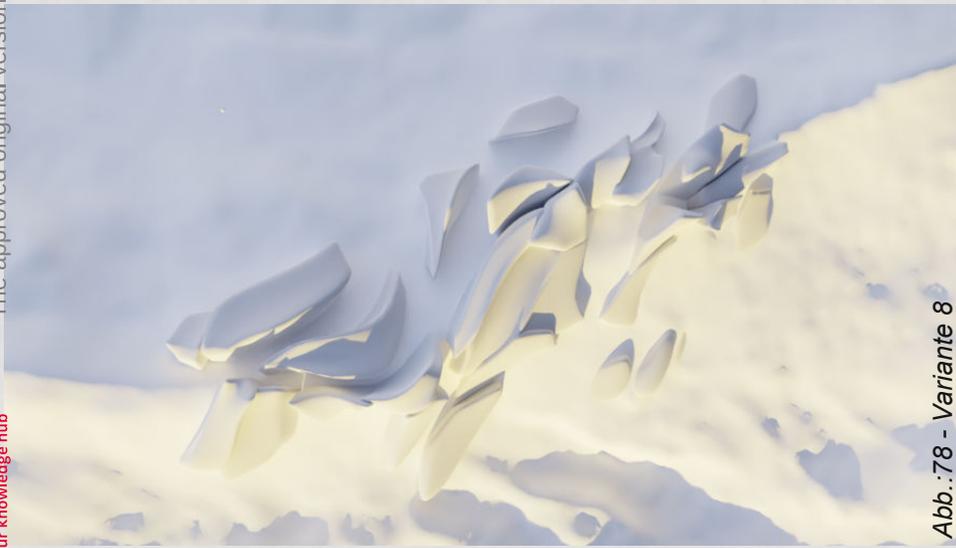


Abb.:78 - Variante 8

Settings: base grid resolution 1.25, base z offset 1.0, base noise seed 46, base noise scale 0.1, base noise roughness 0.5, base noise power 107.0, grid resolution 0, grid noise seed -261, grid noise power 20.0, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 0.7, curve influence 22.516, maincurve Curve01, offset height maincurve 15, offset height min 1.0, offset height max 5.0, offset height seed 0, extrude height multiply 8, extrude height seed 0, gap scale top 1.0, gap distance min 0.5, gap distance max 1.1, gap distance seed 0, 3d noise seed 150, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 35.0, 3d edge crease 0.7, 3d mesh resolution 2

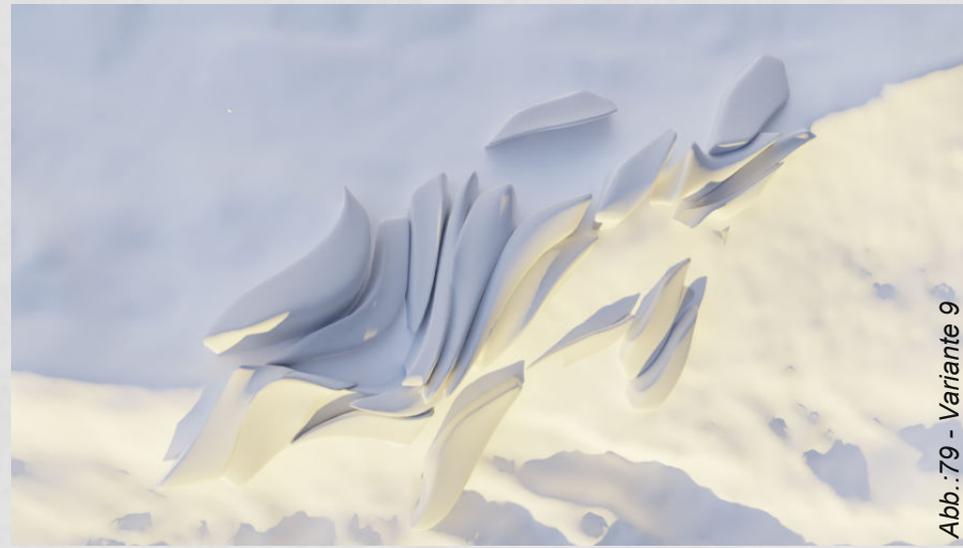


Abb.:79 - Variante 9

Settings: base grid resolution 1.25, base z offset 3.0, base noise seed 46, base noise scale 0.1, base noise roughness 0.5, base noise power 194.07, grid resolution 0, grid noise seed -261, grid noise power 2.0, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 0.569, allow small geometry 0, curve influence 24.6, maincurve Curve01, offset height maincurve 12, offset height min 1.0, offset height max 3.0, offset height seed 0, extrude height multiply 8, extrude height seed 0, gap scale top 1.0, gap distance min 0.5, gap distance max 1.1, gap distance seed 1, 3d noise seed 150, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 35.0, 3d edge crease 57.07, 3d mesh resolution 2

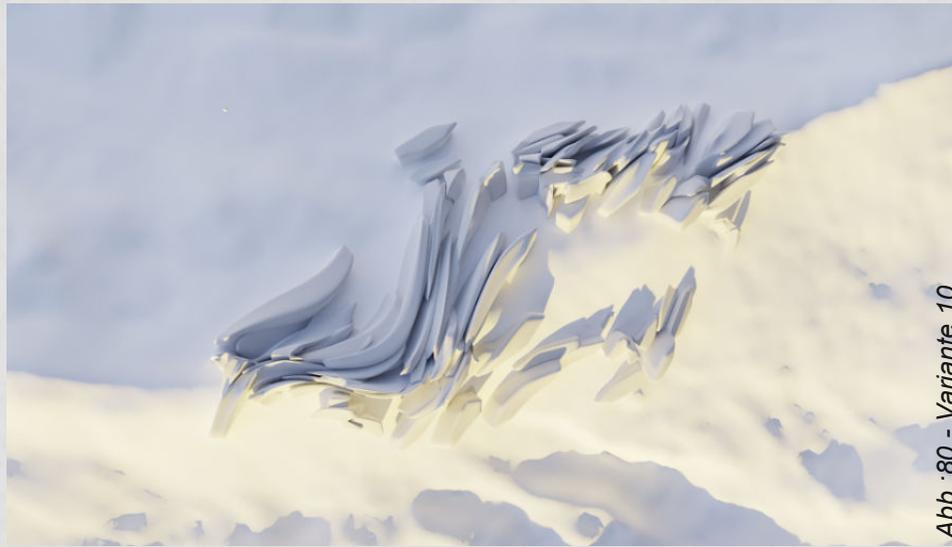


Abb.:80 - Variante 10

Settings: base grid resolution 1.25, base z offset 3.0, base noise seed 46, base noise scale 0.1, base noise roughness 0.5, base noise power 194.07, grid resolution 1, grid noise seed -261, grid noise power 2.0, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 0.569, allow small geometry 1, curve influence 24.6, maincurve Curve01, offset height maincurve 12, offset height min 1.0, offset height max 3.0, offset height seed 0, extrude height multiply 8, extrude height seed 0, gap scale top 1.0, gap distance min 0.5, gap distance max 1.1, gap distance seed 1, 3d noise seed 150, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 35.0, 3d edge crease 57.07, 3d mesh resolution 2



Abb.:81 - Variante 11

Settings: base grid resolution 1.48, base z offset 1.0, base noise seed 75, base noise scale 0.1, base noise roughness 0.5, base noise power 194.07, grid resolution 0, grid noise seed -261, grid noise power 9.7, grid noise scale 1.0, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 0.55, curve influence 14.45, maincurve Curve01, offset height maincurve 28, offset height min 1.0, offset height max 3.6, offset height seed 0, extrude height multiply 8, extrude height seed 0, gap scale top 1.7, gap distance min 0.5, gap distance max 0.9, gap distance seed 0, 3d noise seed 128, 3d noise scale 0.063, 3d noise power 14.86, 3d edge crease 17.03, 3d mesh resolution 2

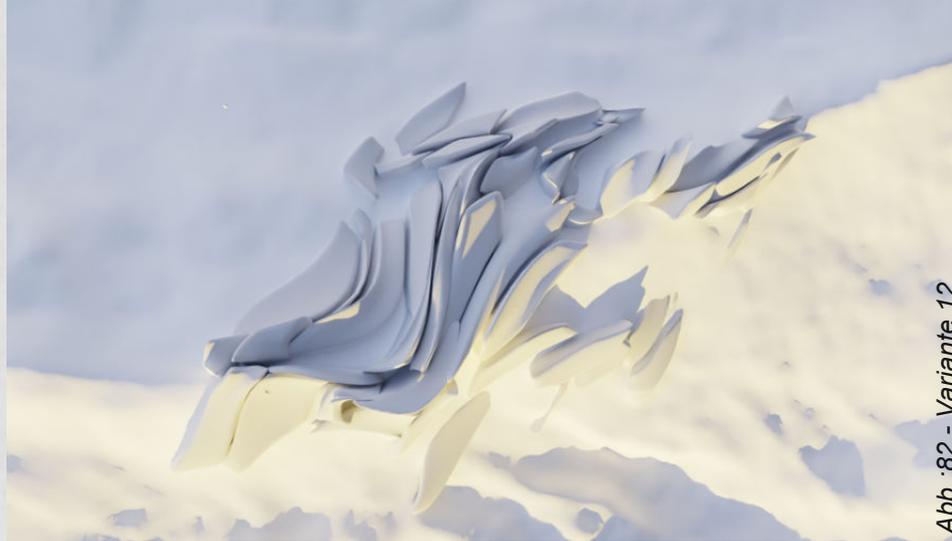


Abb.:82 - Variante 12

Settings: base grid resolution 1.25, base z offset 1.0, base noise seed 46, base noise scale 0.1, base noise roughness 0.5, base noise power 194.0, grid resolution 0, grid noise seed -261, grid noise power 20.0, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 0.67, curve influence 22.0, maincurve Curve01, offset height maincurve 15, offset height min 1.0, offset height max 3.5, offset height seed 0, extrude height multiply 8, extrude height seed 0, gap scale top 1.05, gap distance min 0.5, gap distance max 0.88, gap distance seed 0, 3d noise seed 150, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 35.0, 3d edge crease 57.0, 3d mesh resolution 2



Abb.:83 - Variante 13

Settings: base grid resolution 0.86, base z offset 1.0, base noise seed 73, base noise scale 0.05, base noise roughness 0.5, base noise power 250.0, grid resolution 0, grid noise seed -261, grid noise power 2.0, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 0.762, curve influence 22.0, maincurve Curve01, offset height maincurve 15, offset height min 1.0, offset height max 3.5, offset height seed 0, extrude height multiply 8, extrude height seed 0, gap scale top 1.05, gap distance min 0.5, gap distance max 0.88, gap distance seed 0, 3d noise seed 150, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 35.0, 3d edge crease 57.0, 3d mesh resolution 2



Abb.:84 - Variante 14

Settings: base grid resolution 1.40, base z offset 2.0, base noise seed 73, base noise scale 0.05, base noise roughness 0.5, base noise power 150.0, grid resolution 0, grid noise seed -261, grid noise power 2.0, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 0.975, curve influence 22.0, maincurve Curve01, offset height maincurve 15, offset height min 2.0, offset height max 3.5, offset height seed 0, extrude height multiply 9, extrude height seed 0, gap scale top 1.05, gap distance min 0.5, gap distance max 0.88, gap distance seed 0, 3d noise seed 150, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 35.0, 3d edge crease 57.0, 3d mesh resolution 2



Abb.:85 - Variante 15

Settings: base grid resolution 1.25, base z offset 2.0, base noise seed 73, base noise scale 0.05, base noise roughness 0.5, base noise power 150.0, grid resolution 0, grid noise seed -261, grid noise power 2.0, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 0.975, curve influence 22.0, maincurve Curve01, offset height maincurve 15, offset height min 2.0, offset height max 3.5, offset height seed 0, extrude height multiply 9, extrude height seed 0, gap scale top 1.05, gap distance min 0.5, gap distance max 0.88, gap distance seed 0, 3d noise seed 150, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 35.0, 3d edge crease 57.0, 3d mesh resolution 2



Abb.:86 - Variante 16

Settings: base grid resolution 1.25, base z offset 2.0, base noise seed 73, base noise scale 0.1, base noise roughness 0.5, base noise power 194.0, grid resolution 0, grid noise seed -261, grid noise power 2.0, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 0.880, curve influence 21.0, maincurve Curve01, offset height maincurve 15, offset height min 2.0, offset height max 4.0, offset height seed 0, extrude height multiply 9, extrude height seed 0, gap scale top 1.05, gap distance min 0.5, gap distance max 1.1, gap distance seed 0, 3d noise seed 150, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 35.0, 3d edge crease 57.0, 3d mesh resolution 2



Abb.:87 - Variante 17

Settings: base grid resolution 1.25, base z offset 2.0, base noise seed 73, base noise scale 0.1, base noise roughness 0.5, base noise power 210.0, grid resolution 0, grid noise seed -261, grid noise power 2.0, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 0.880, curve influence 21.0, maincurve Curve01, offset height maincurve 15, offset height min 2.0, offset height max 4.0, offset height seed 0, extrude height multiply 9, extrude height seed 0, gap scale top 1.1, gap distance min 0.5, gap distance max 0.88, gap distance seed 0, 3d noise seed 150, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 35.0, 3d edge crease 57.0, 3d mesh resolution 2

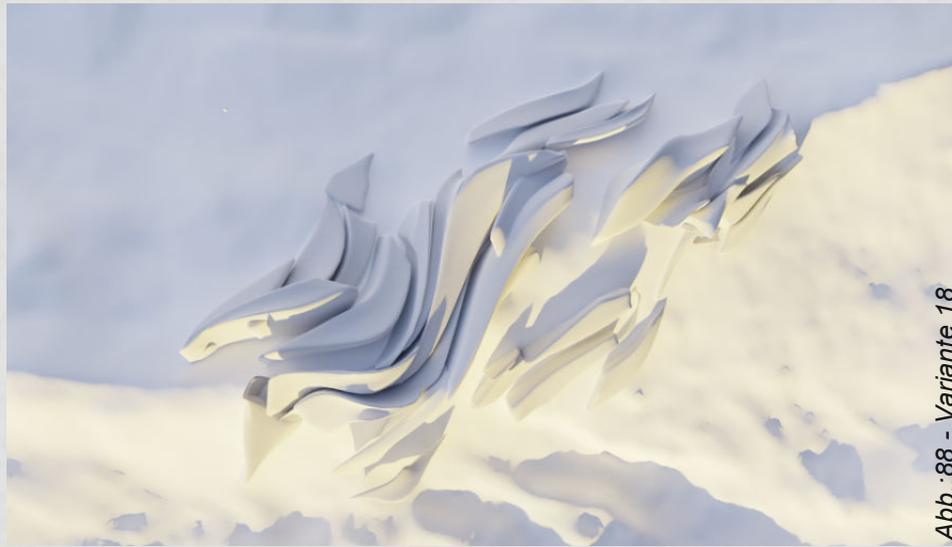


Abb.:88 - Variante 18

Settings: base grid resolution 1.22, base z offset 2.0, base noise seed 73, base noise scale 0.1, base noise roughness 0.5, base noise power 244.18, grid resolution 0, grid noise seed -261, grid noise power 2.0, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 0.880, curve influence 21.0, maincurve Curve01, offset height maincurve 15, offset height min 2.0, offset height max 4.0, offset height seed 0, extrude height multiply 9, extrude height seed 0, gap scale top 1.05, gap distance min 0.5, gap distance max 0.88, gap distance seed 0, 3d noise seed 150, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 35.0, 3d edge crease 57.0, 3d mesh resolution 2



Abb.:89 - Variante 19

Settings: base grid resolution 1.30, base z offset 2.0, base noise seed 73, base noise scale 0.1, base noise roughness 0.5, base noise power 208.565, grid resolution 0, grid noise seed -261, grid noise power 2.0, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 0.930, curve influence 21.0, maincurve Curve01, offset height maincurve 15, offset height min 2.0, offset height max 4.0, offset height seed 0, extrude height multiply 9, extrude height seed 0, gap scale top 1.10, gap distance min 0.5, gap distance max 0.88, gap distance seed 0, 3d noise seed 150, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 43.625, 3d edge crease 57.0, 3d mesh resolution 2



Abb.:90 - Variante 20

Settings: base grid resolution 1.10, base z offset 2.0, base noise seed 38, base noise scale 0.1, base noise roughness 0.5, base noise power 200.38, grid resolution 0, grid noise seed -261, grid noise power 2.0, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 0.920, curve influence 27.57, maincurve Curve01, offset height maincurve 15, offset height min 2.0, offset height max 4.0, offset height seed 0, extrude height multiply 9, extrude height seed 0, gap scale top 1.05, gap distance min 0.5, gap distance max 0.88, gap distance seed 0, 3d noise seed 150, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 84.740, 3d edge crease 35.0, 3d mesh resolution 2



Abb.:91 - Variante 21

Settings: base grid resolution 1.25, base z offset 2.0, base noise seed 73, base noise scale 0.1, base noise roughness 0.5, base noise power 194.0, grid resolution 0, grid noise seed -261, grid noise power 2.0, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 0.920, curve influence 19.5, maincurve Curve01, offset height maincurve 15, offset height min 2.0, offset height max 4.0, offset height seed 0, extrude height multiply 9, extrude height seed 0, gap scale top 1.05, gap distance min 0.5, gap distance max 0.88, gap distance seed 0, 3d noise seed 150, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 43.625, 3d edge crease 35.0, 3d mesh resolution 2

Gewählte generierte Form



Abb.:92 - Generierte Endvariante

Settings: base grid resolution 1.25, base z offset 2.0, base noise seed 73, base noise scale 0.1, base noise roughness 0.5, base noise power 194.0, grid resolution 0, grid noise seed -261, grid noise power 2.0, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 0.920, curve influence 19.5, maincurve Curve01, offset height maincurve 15, offset height min 2.0, offset height max 4.0, offset height seed 0, extrude height multiply 9, extrude height seed 0, gap scale top 1.05, gap distance min 0.5, gap distance max 0.88, gap distance seed 0, 3d noise seed 150, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 43.625, 3d edge crease 35.0, 3d mesh resolution 2



Abb.:93 - Grundfläche der Variante 21

Perspektive | Gewählte generierte Form



4.4 | Überarbeitung der generierten Form

Nach unzähligen Versuchen und Adaptierungen des Scripts wurde eine ansprechende Form gefunden, welche sich perfekt in das Konzept einfügt. Der Gletscher unweit von dem Bauplatz zieht sich wie ein erstarrter Fluss aus Schnee- und Eismassen über den Berg und genau dieser Fluss spiegelt sich nun auch in der Form der Therme wieder.

Um die Form weiter zu bearbeiten wurde nun eine manuelle Überarbeitung vorgenommen. Warum?

Durch die starke Verzerrung überlappen sich einige Gebäudeteile miteinander und einige Objektstellen laufen zu spitz zusammen, sodass eine Wandstärkengenerierung nicht direkt möglich ist. Zudem sind einige Bereiche zu schmal, um darin eine Nutzung zu gewährleisten.



Abb.:96 - Formfehler 02

Überschneidungen zwischen den Gebäudeteilen

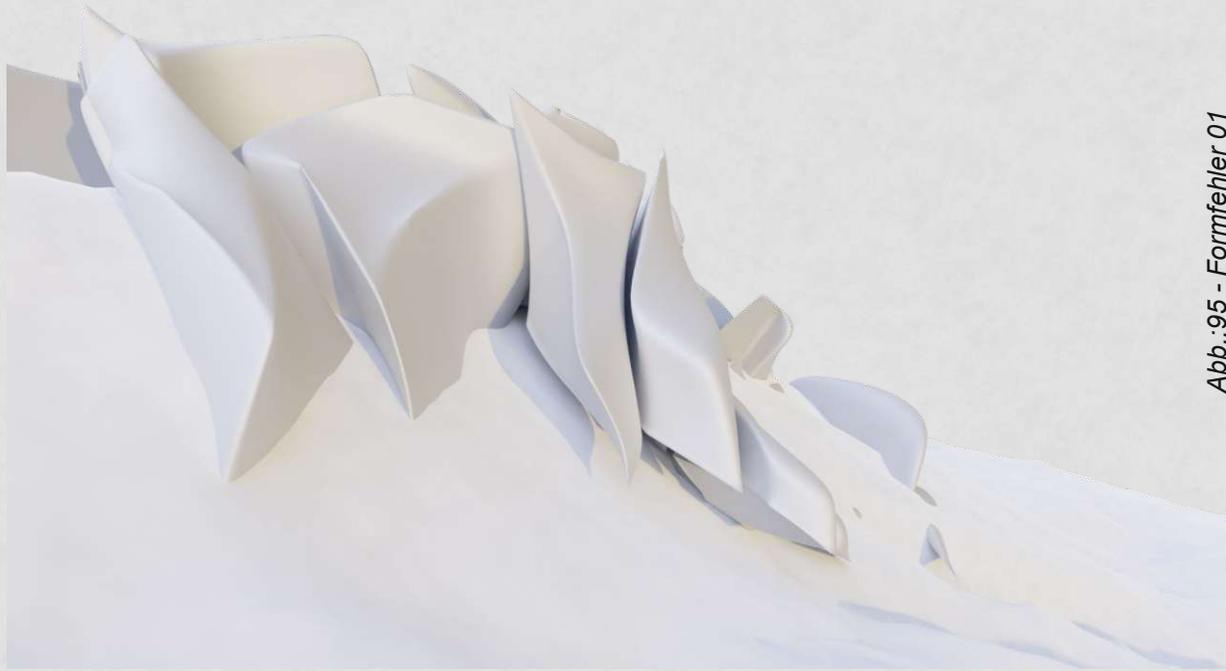


Abb.:95 - Formfehler 01

Schwebender Baukörper durch 3D - Noise muss angepasst werden

Final überarbeitete Außenhülle



Abb.:92 - Generierte Endvariante



Abb.:97 - Überarbeitete Form



Rhino-Setup für Geländepfadgenerierung

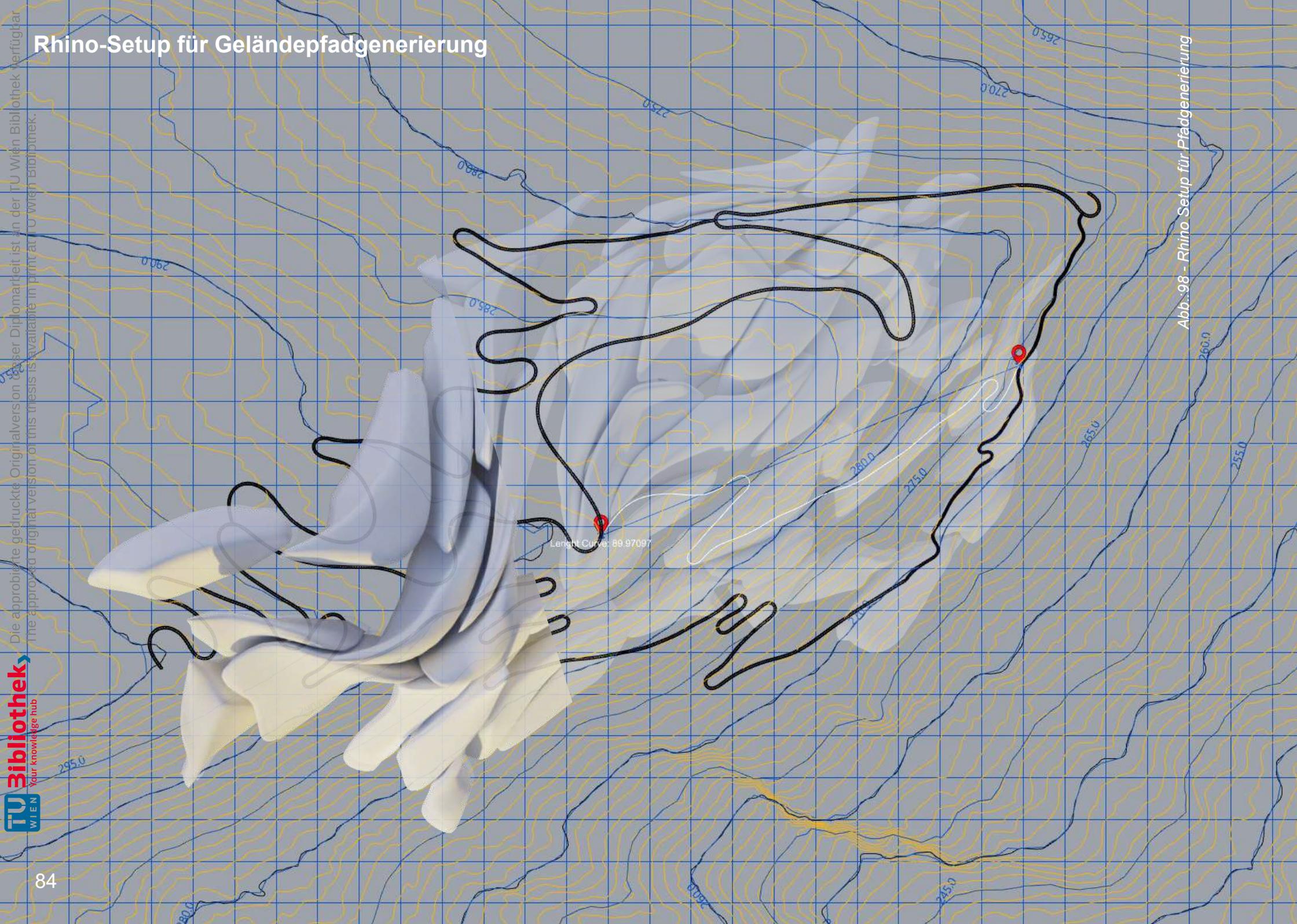


Abb.:98 - Rhino Setup für Pfadgenerierung

04.5 | Erschließung - Serpentinengenerierung

Beschreibung:

Um die Gebäudeform besser zu beeinflussen, wurden für die Generierung Bezugskurven einbezogen. Für das fließende Design verlaufen diese entlang des Geländes und suchen dabei zwischen Anfangs und Endpunkt die flacheste Steigung, basierend auf einer Gesamtlänge.

Das Skript dazu wurde in Rhino - Grasshopper mit Hilfe des Kangaroo2 - Plugins erstellt. Warum nicht in Blender?

Zum Zeitpunkt der Generierung gab es keine Bausteine für ein ähnliches Ergebnis.

Mit Blender 3.3 wurde Geometry Nodes um den "Shortest Edge Paths" - Baustein [3], dieser könnte ebenfalls für die Generierung der Bezugskurven und Pfade verwendet werden.

Das Skript basiert auf jenem von Daniel Piker [4] und funktioniert wie folgt:

Eine gerade Linie zwischen 2 Punkten wird in viele Segmente zerteilt, die Endsegmente werden dann in der Z-Achse fixiert, während die Länge dazwischen kontrolliert wird.

Wenn alle Segmente dazwischen die gleiche Länge haben, haben sie auch die gleiche Steigung, da die Höhendifferenz der Enden gleich ist. Die Punkte werden dann alle auf das Gelände gezogen und durch die Biegeungsresistenz können die Knicke gerundet werden [4].

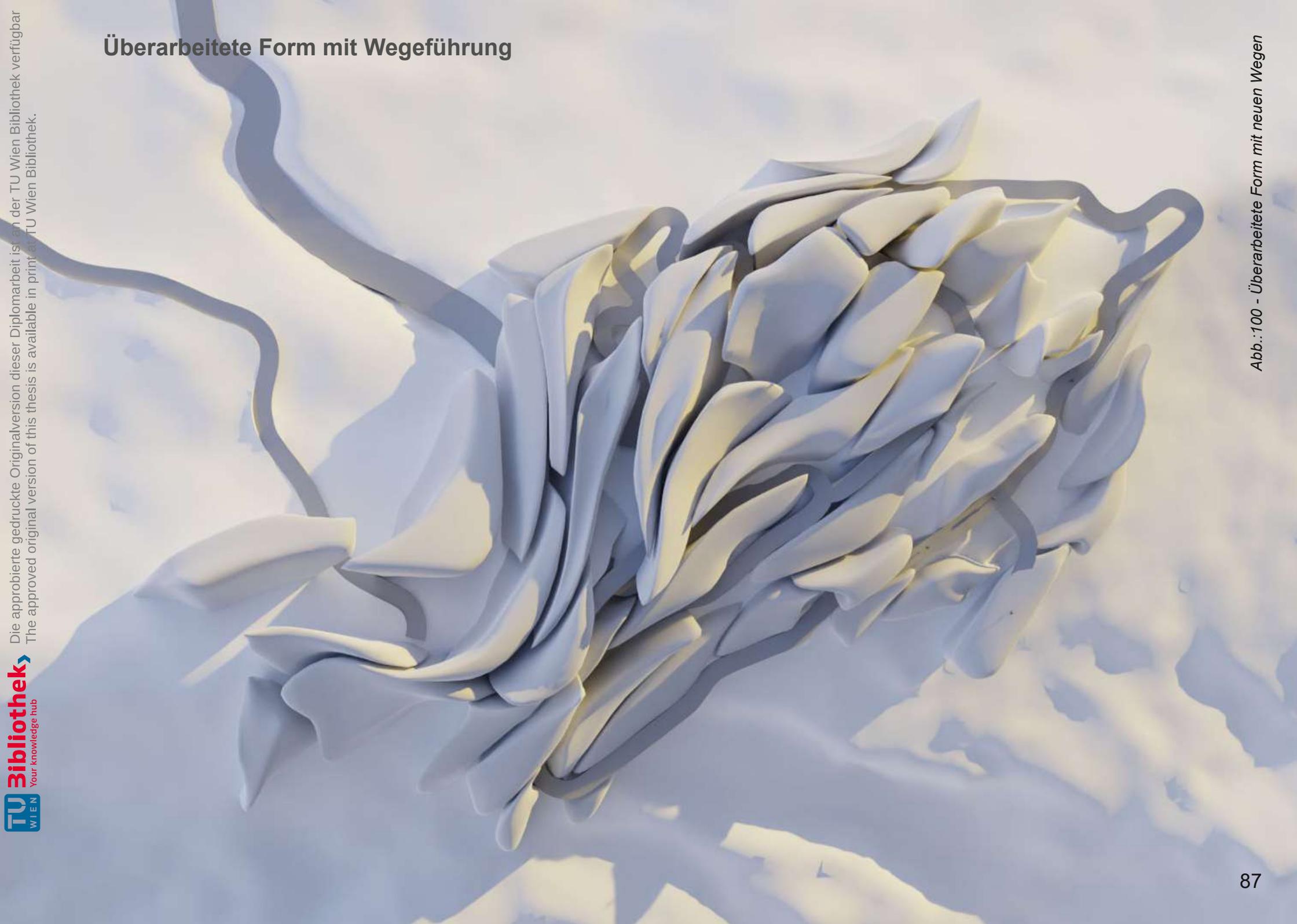
PARAMETER	Type	Min	Max	Beschreibung
Length Factor	Float	1.00	10.00	Multiplizierungsfaktor der Länge der Kurve
PullStrength	Float	0.00	5.00	Faktor für Anziehung der Kurve auf das Gelände
BendStrength	Float	0.00	5.00	Faktor zur Steuerung der Biegeungsresistenz
Start- & Endpunkt	Point			Start und Endpunkt der zu generierenden Serpentine

Wie in der Abbildung (Abb.: 98) zu sehen ist, passt sich die Form an die darunter liegenden Bezugskurven an. Gleichzeitig dienen sie auch als Grundlage für das Erschließungssystem. Da die Kurven jedoch teils durch Gebäudeteile durchgehen, wurden diese für den nächsten Schritt angepasst (Abb.:99), neue Wege generiert und das fertige Wegenetz in Blender integriert (Abb.:100).

[3] vgl. The Blender Foundation (2002), Abgerufen unter: https://wiki.blender.org/wiki/Reference/Release_Notes/3.3/Nodes_Physics (29.03.2023)

[4] vgl. Piker, Daniel (McNeel), 2020, Pathslope. Abgerufen unter: <https://discourse.mcneel.com/t/min-max-slope-pathfinder-in-kangaroo/101259/4> (27.06.2022)

Überarbeitete Form mit Wegeführung



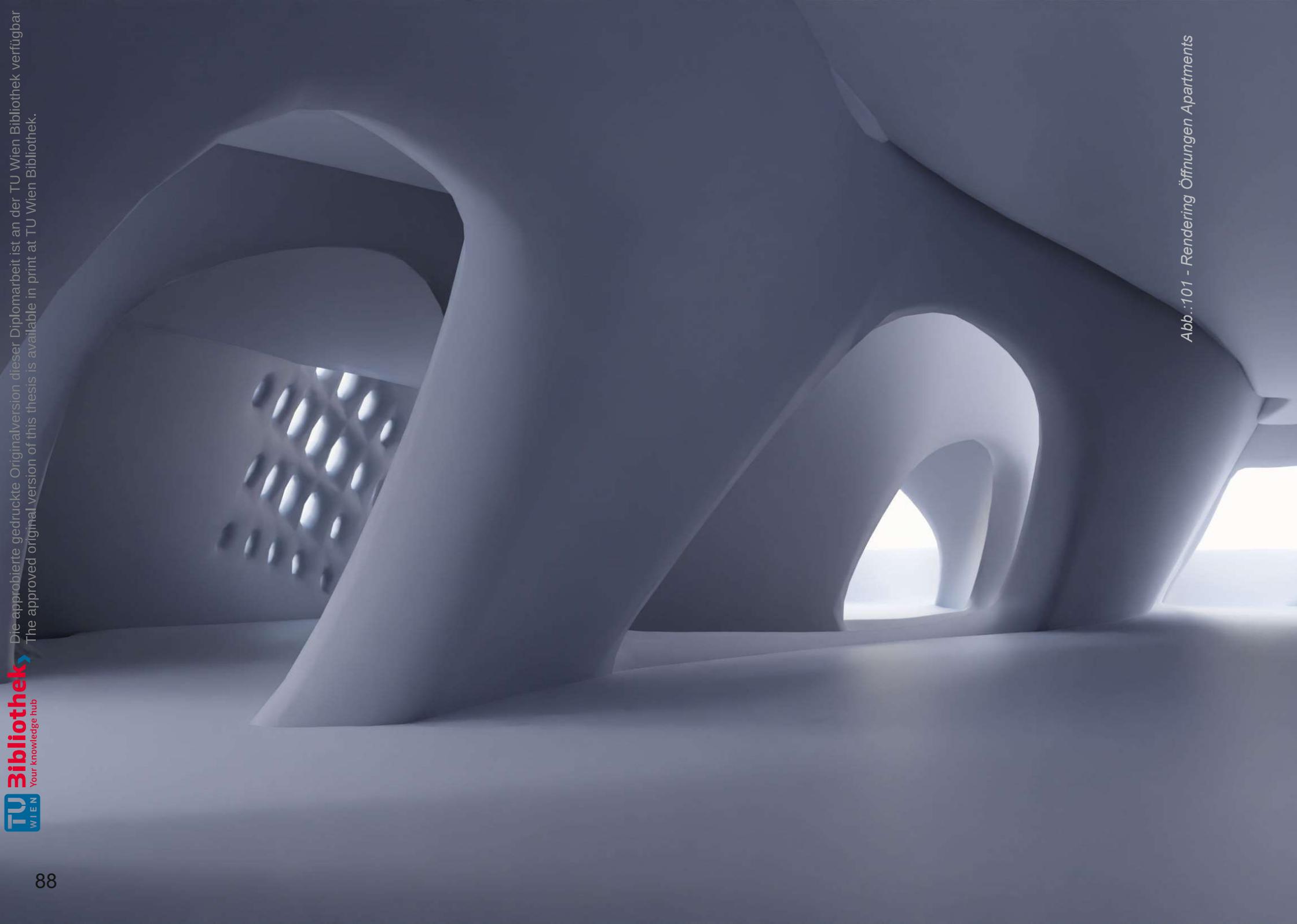


Abb.:101 - Rendering Öffnungen Apartments

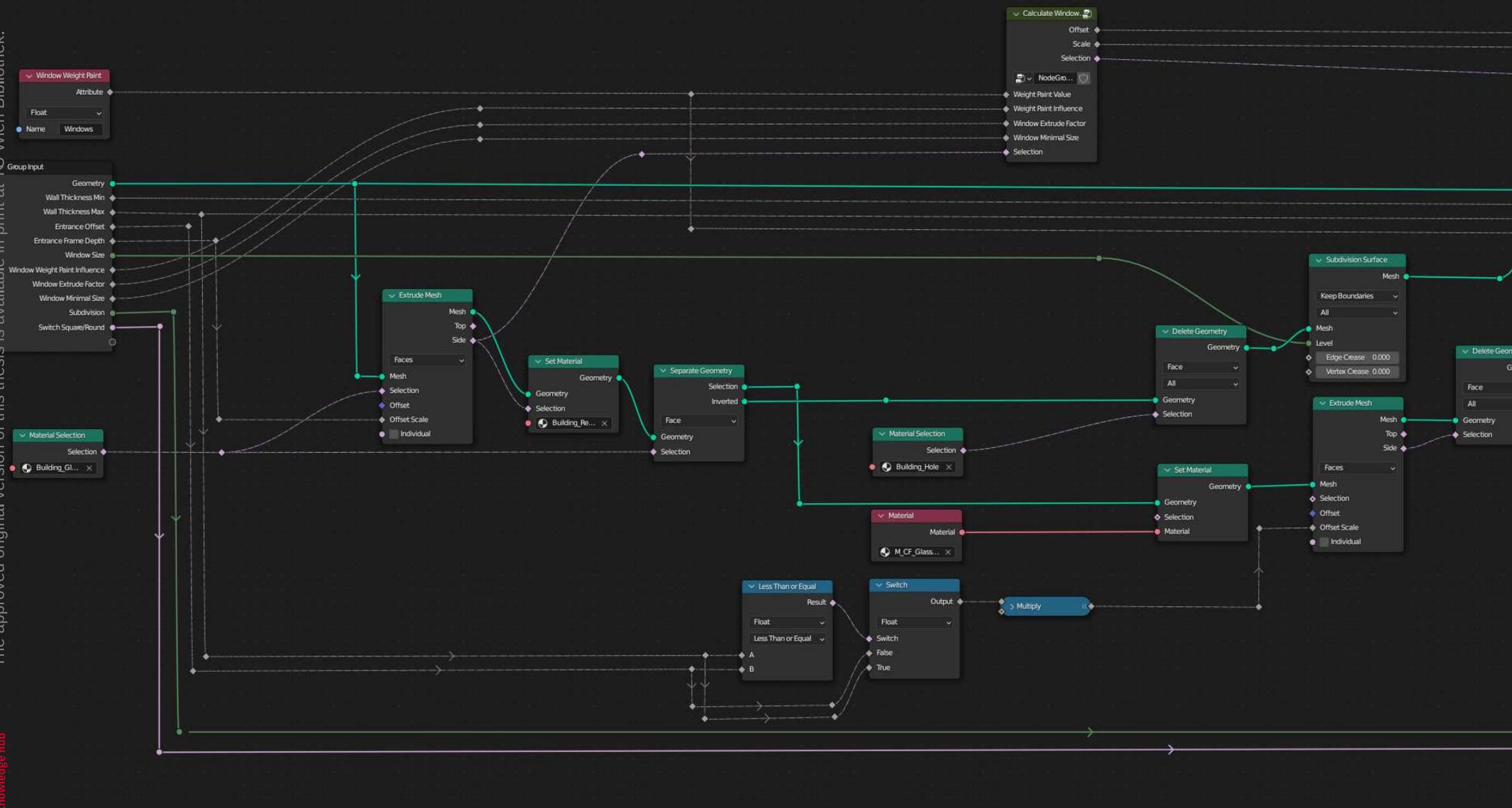
04.6 ÖFFNUNGEN

Nach der manuellen Überarbeitung wird das Gebäude erneut in Geometry Nodes weiter modifiziert.

Dabei wird mit verschiedene Öffnungsarten und Methoden experimentiert und zudem die Wandstärke generiert.

ÖFFNUNGEN - SCRIPT

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.



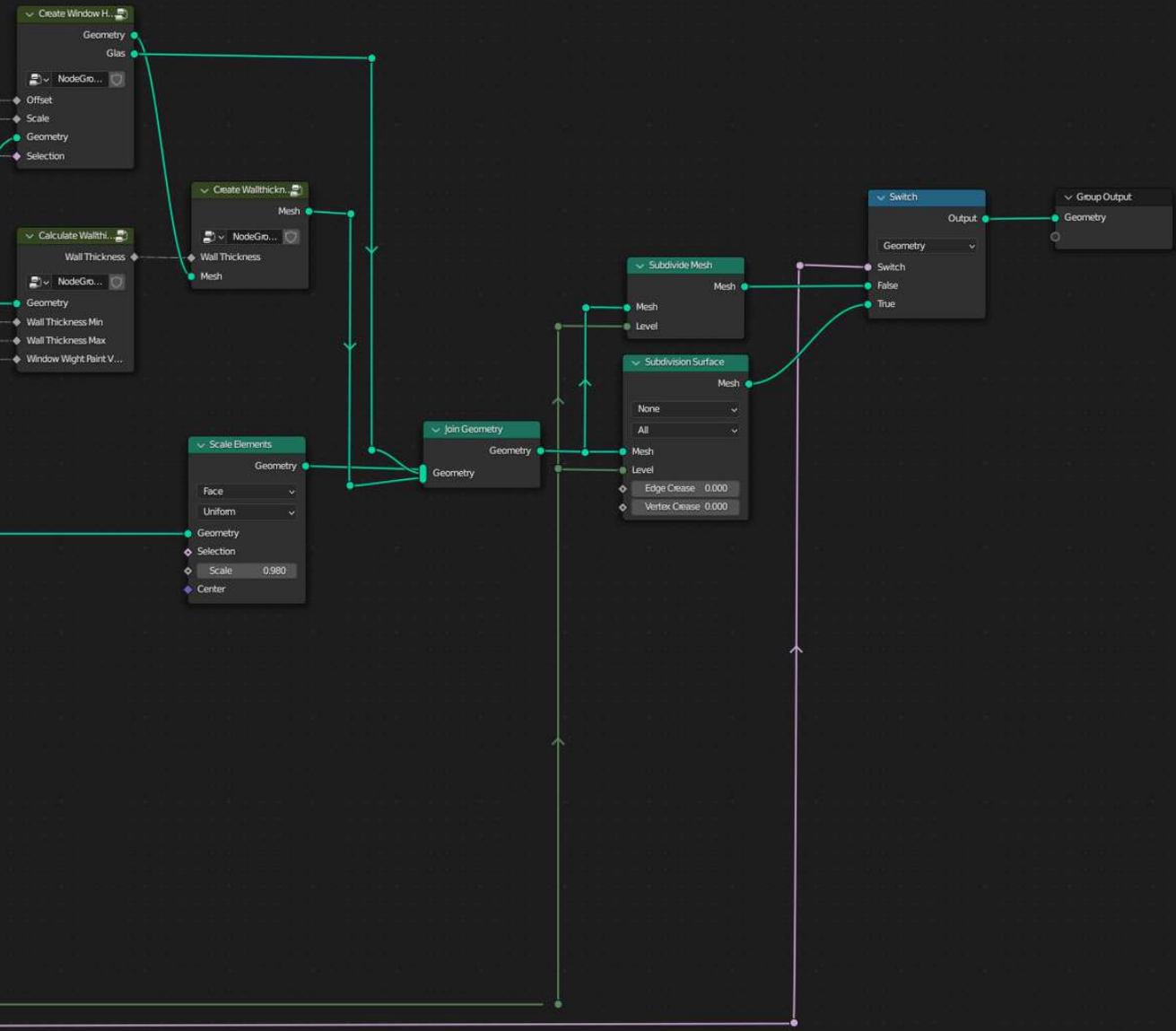


Abb.:102 - Script für Öffnungen

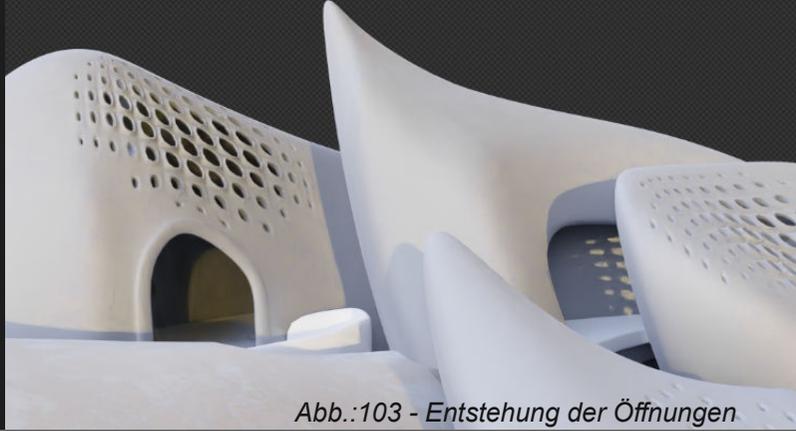
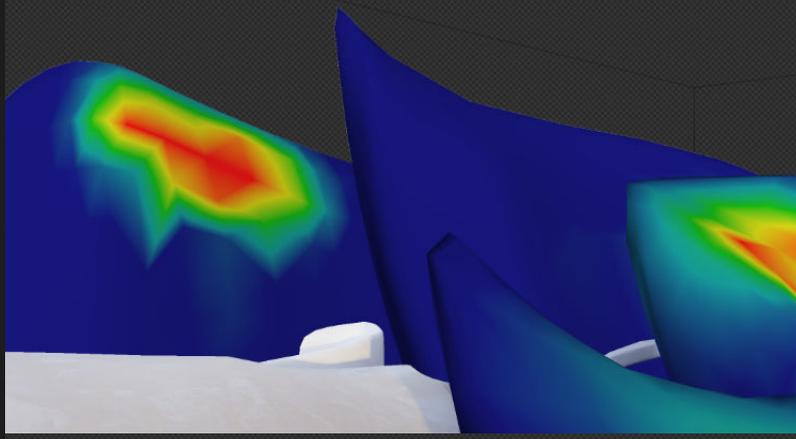
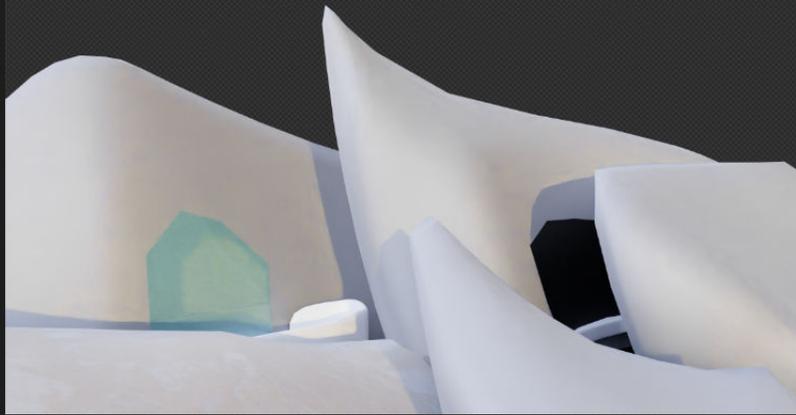


Abb.:103 - Entstehung der Öffnungen

04.5.1 Ausschnitt und Verglasung je nach Materialzuweisung

MATERIALNAME *Eigenschaften*

Building_Render *Geschlossene Wände des Gebäudekomplexes*

Building_Glass *Extrudiert Wandfläche und schneidet Öffnung mit Verglasung hinein - Große Fensteröffnungen*

Building_Hole *Löscht Wandfläche für Öffnungen im Innenraum ohne Verglasung*

PARAMETER	Type	Min	Max	Beschreibung
Wall thickness min	Float	0.05	0.50	Minimale Wandstärke an der dünnsten Stelle
Wall thickness max	Float	0.10	1.00	Maximale Wandstärke an der dicksten Stelle
Subdivision	Integer	0	4	Netzauflösung des Gebäudes
Entrance Offset	Float	0.00	1.00	Versatz der Glasscheibe nach Innen (Ab Rahmenaußenseite)
Entrance Frame Depth	Float	0.00	2.00	Extrusion des Fensterrahmens nach Außen

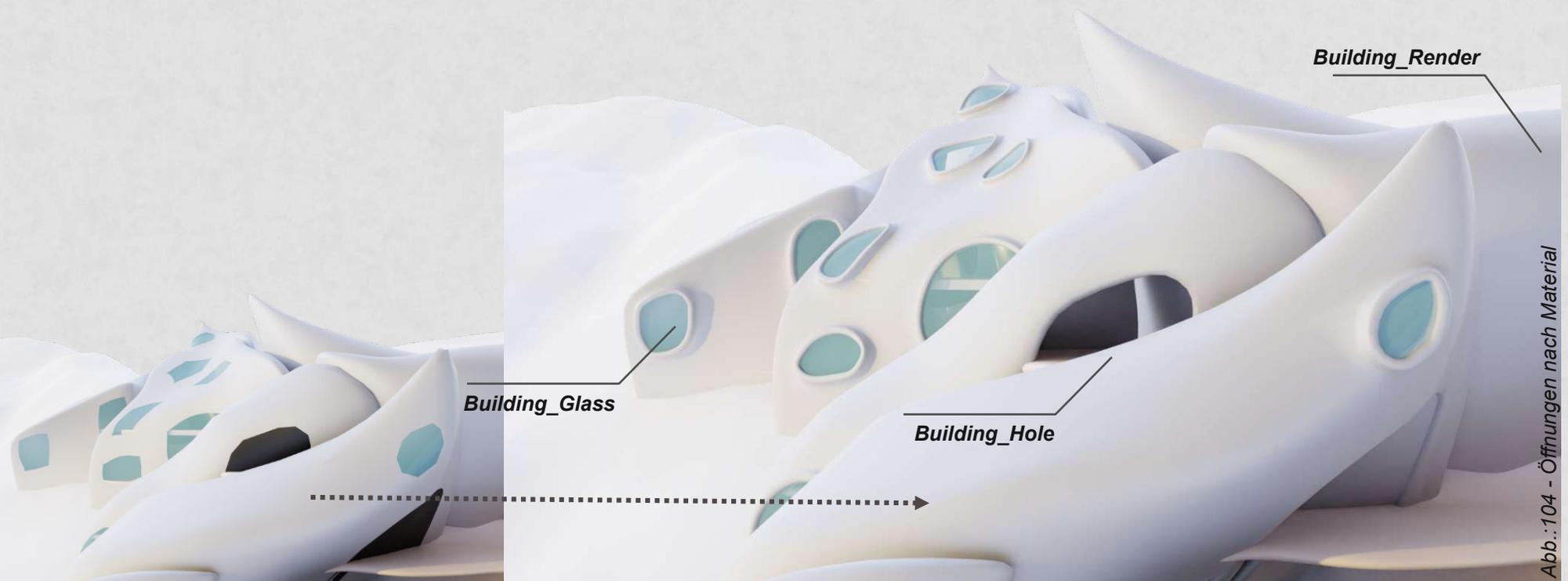


Abb.:104 - Öffnungen nach Material

04.5.2 Lochfassade nach "Weight - Paint":

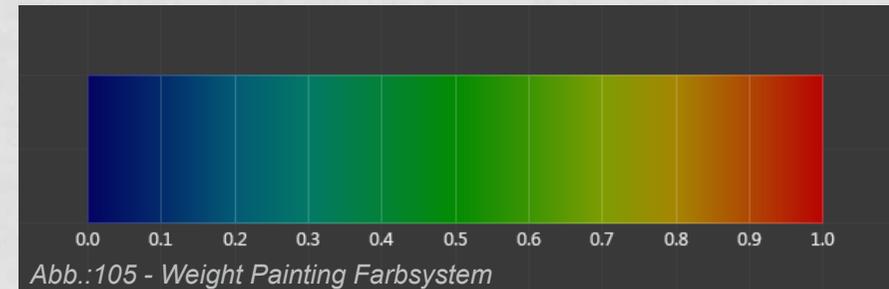
Was ist Weight - Paint?:

Weight Painting bietet die Möglichkeit, über Aufmalen auf ein 3D-Mesh Gewichtungen zu erstellen.

Gewichtungen werden durch einen Farbverlauf mit einem Kalt/Warm-Farbsystem visualisiert, sodass Bereiche mit niedrigem Wert (mit Gewichten nahe 0,0) blau (kalt) und Bereiche mit hohem Wert (mit Gewichten nahe 1,0) rot angezeigt werden (heiß). Und alle Zwischenwerte werden als Regenbogenfarben dargestellt (blau, grün, gelb, orange, rot).[5]

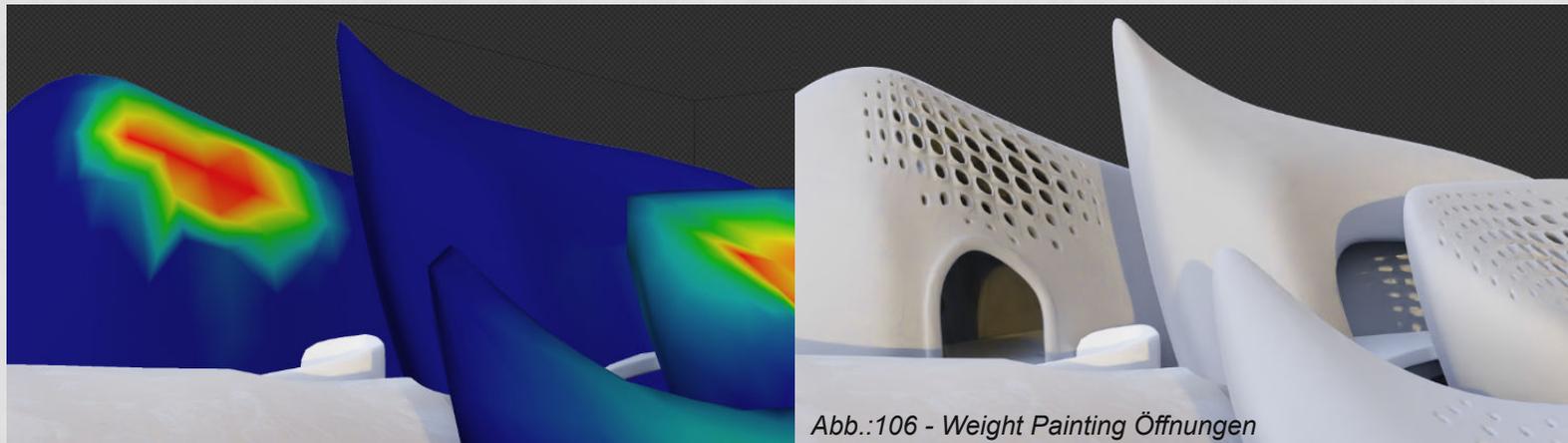
Verwendung:

Weight-Painting wird nun verwendet um die Fenster non-destruktiv, also jederzeit umkehrbar, auf das Gebäude aufzumalen:
Alle roten Bereiche generieren Fenster mit der maximalen Öffnungsgröße, blaue Flächen bestimmen die geschlossenen Wandflächen, dazwischen werden die Fenstergrößen interpoliert.
Über einen Parameter lässt sich zudem die minimale Fensteröffnungsgröße (als Faktor) bestimmen um zu kleine Öffnungen zu vermeiden.



[5] vgl. The Blender Foundation (2002), Abgerufen unter:
https://docs.blender.org/manual/en/latest/sculpt_paint/weight_paint/introduction.html#the-weighting-color-code (27.03.2023)

PARAMETER	Type	Min	Max	Beschreibung
Window Size	Integer	0	2	Anpassung der Fenstergröße durch Subdivision des Meshes
Window Weight Paint Influence	Float	0.00	1.50	Einfluss der Weight-Paint-Werte auf Fenstergrößen
Window Extrude Factor	Float	0.00	1.00	Extrusion der Fenster (Maximalwert - wird über Weight-Paint interpoliert)
Window Minimal Size	Float	0.00	0.80	Minimale Fenstergröße (Wert, ab welcher Weight-Paint zum Tragen kommt)
Switch Square/Round	Boolean	False	True	Wechsel zwischen runden und eckigen Fensteröffnungen



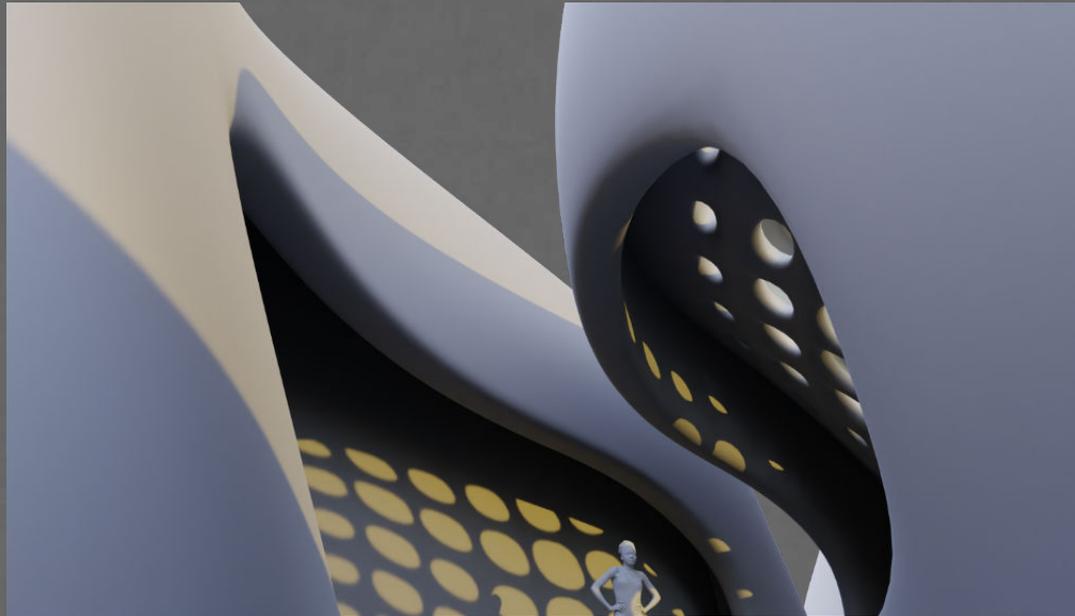


Abb.:107 - Öffnungen Rund

Switch Square/Round

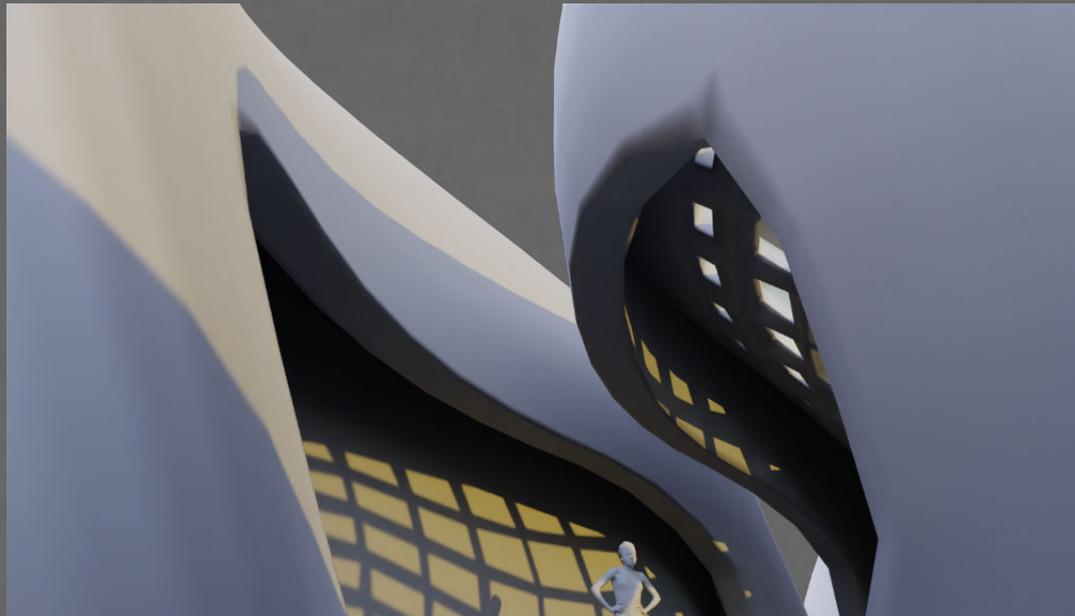
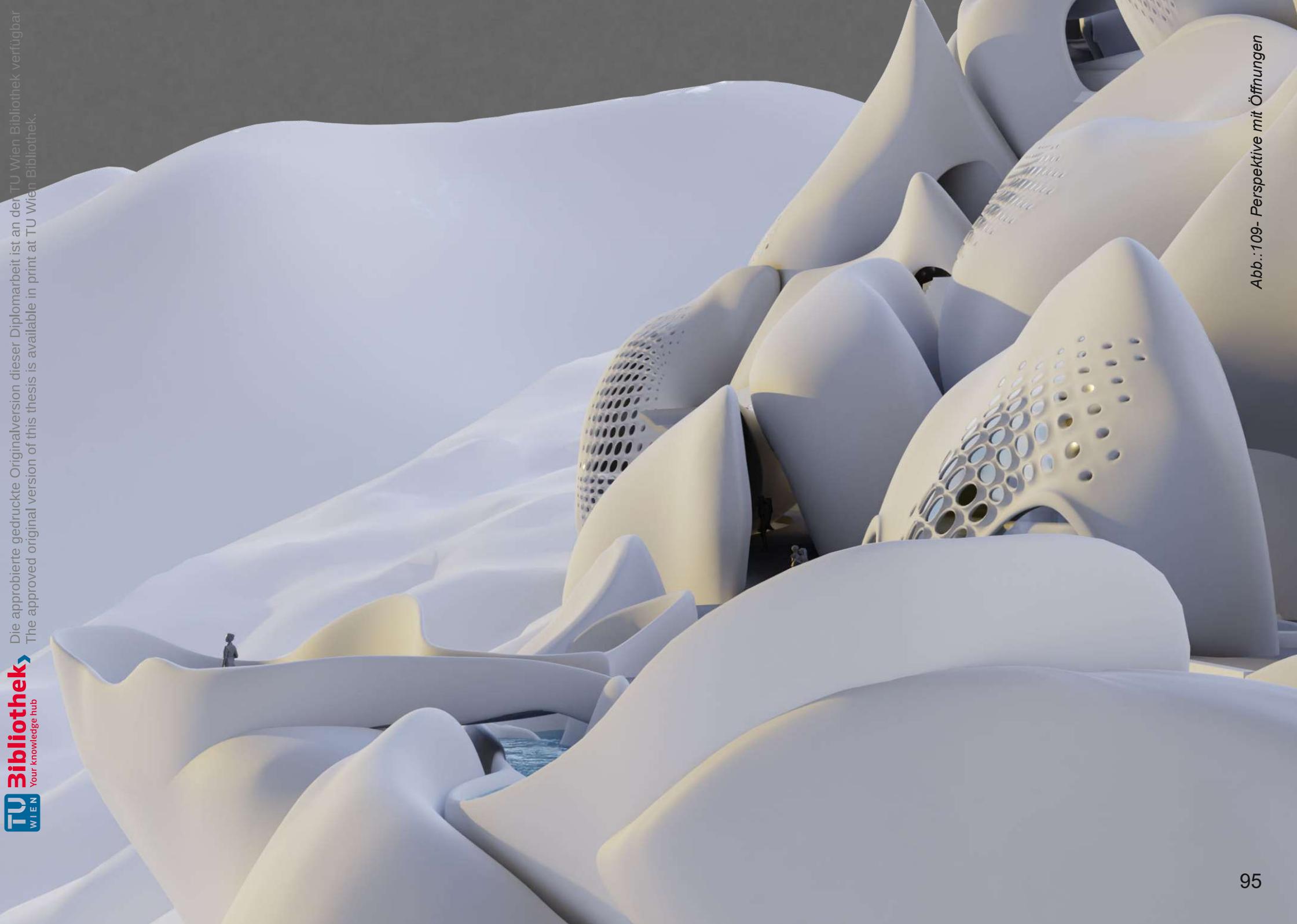


Abb.:108 - Öffnungen Eckig



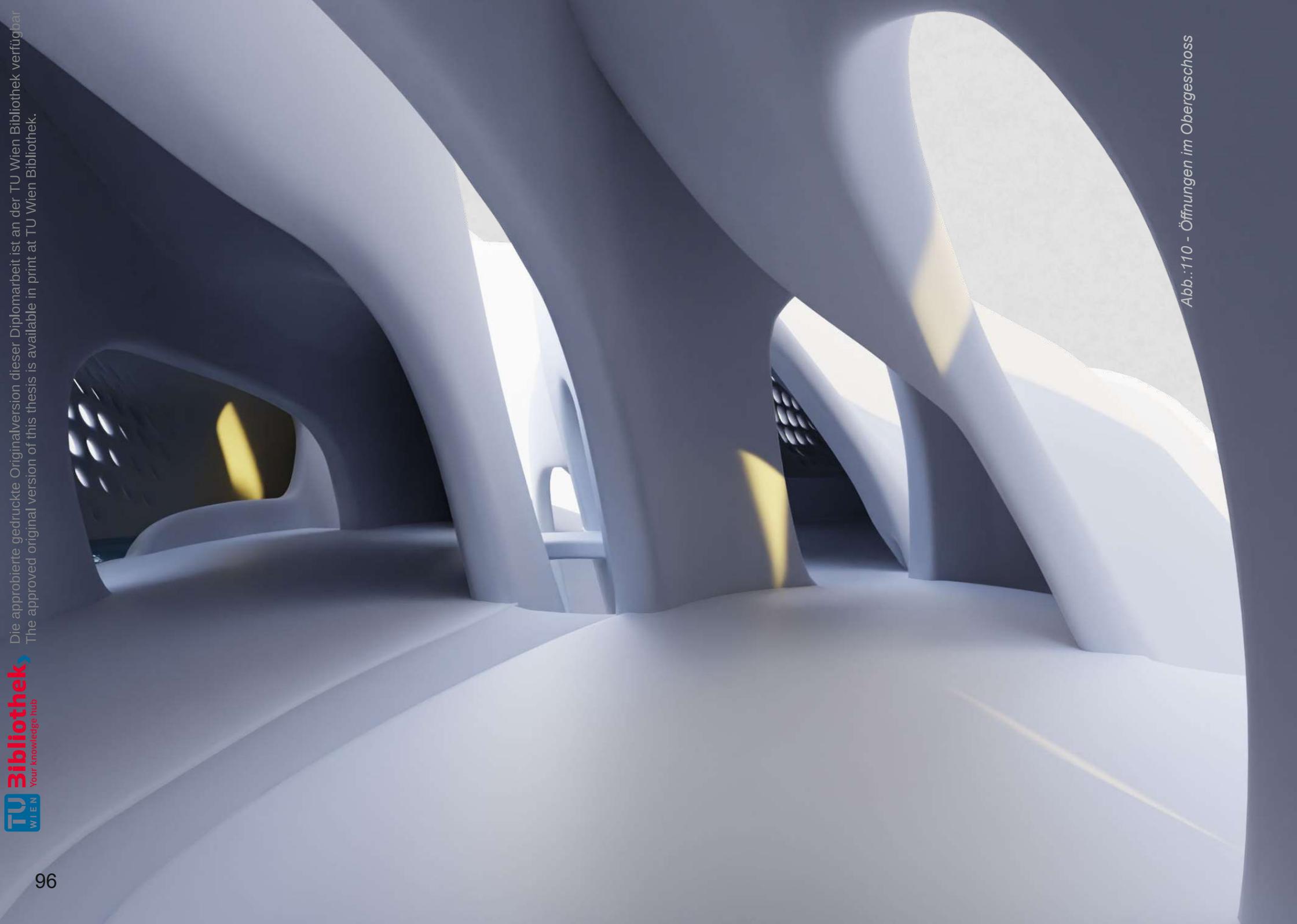


Abb.:110 - Öffnungen im Obergeschoss



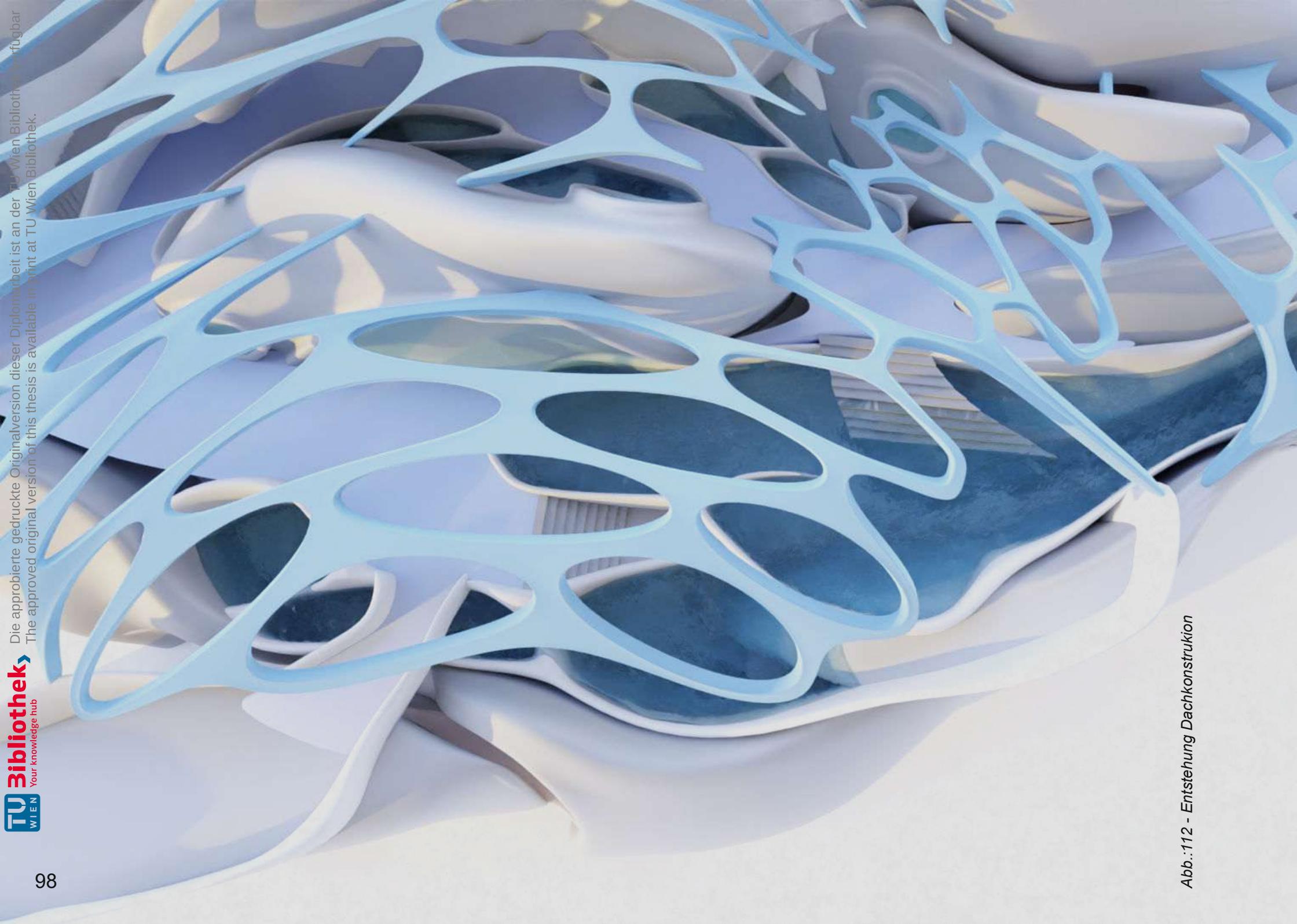


Abb.:112 - Entstehung Dachkonstruktion

04.6 | WASSERBECKEN & DACHKONSTRUKTION

Nachdem die Gebäudeform und die dazugehörigen Öffnungen fertig integriert wurden, geht es den letzten Schritten der Gebäudegeneration.

Das Skript für das Gebäude erhält einen Modus - Switch, der es erlaubt, die Logik umgekehrt zu Nutzen und nun die Zwischenräume zur Struktur zu machen. Diese Struktur dient anschließend den Wasserbecken und der Dachkonstruktion als Vorlage.

Auf den folgenden Seiten wird die Logik hinter dem Skript genauer erläutert.

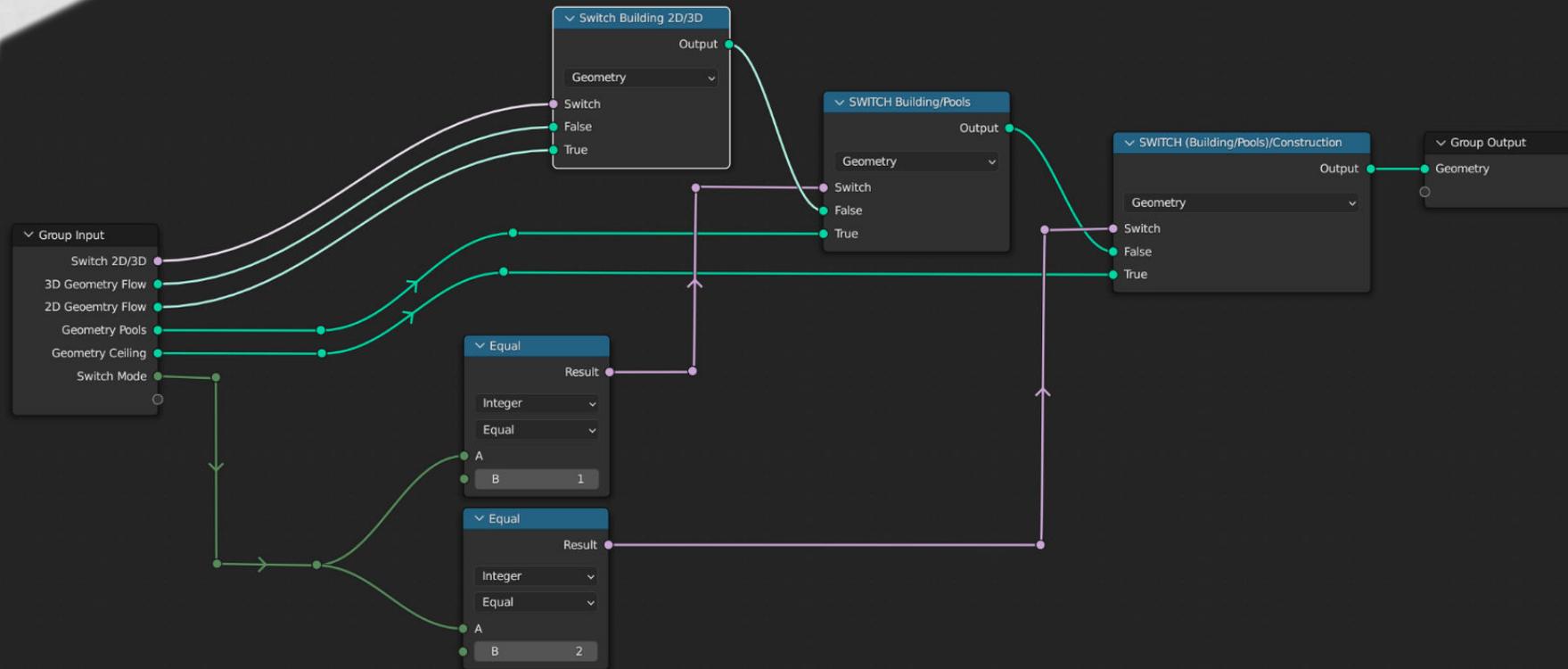
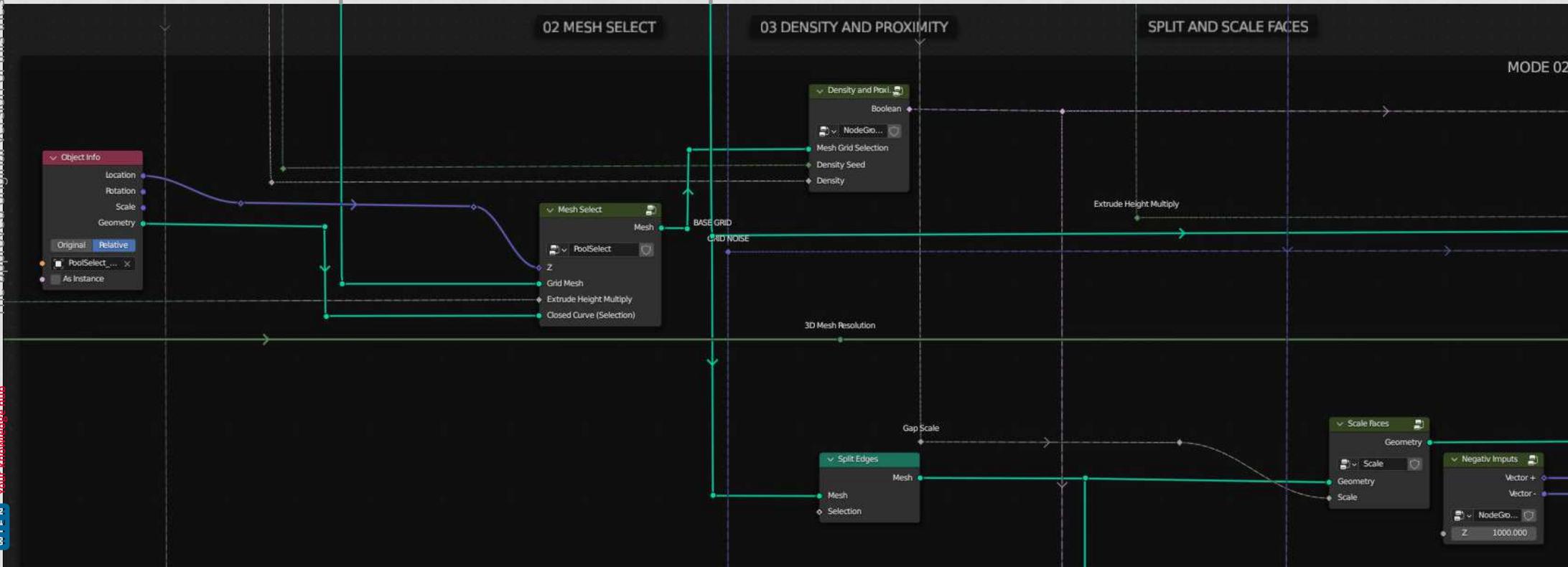
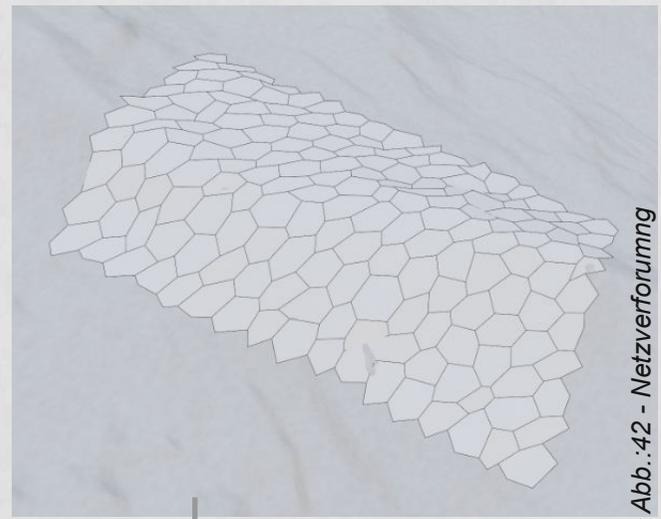
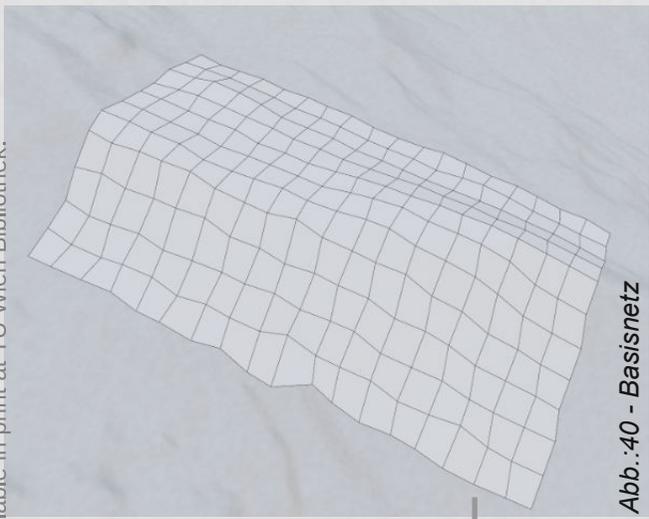


Abb.:113 - Skript für Moduswechsel



Übersicht: Fertiges Skript [Pool/Roof-Mode]

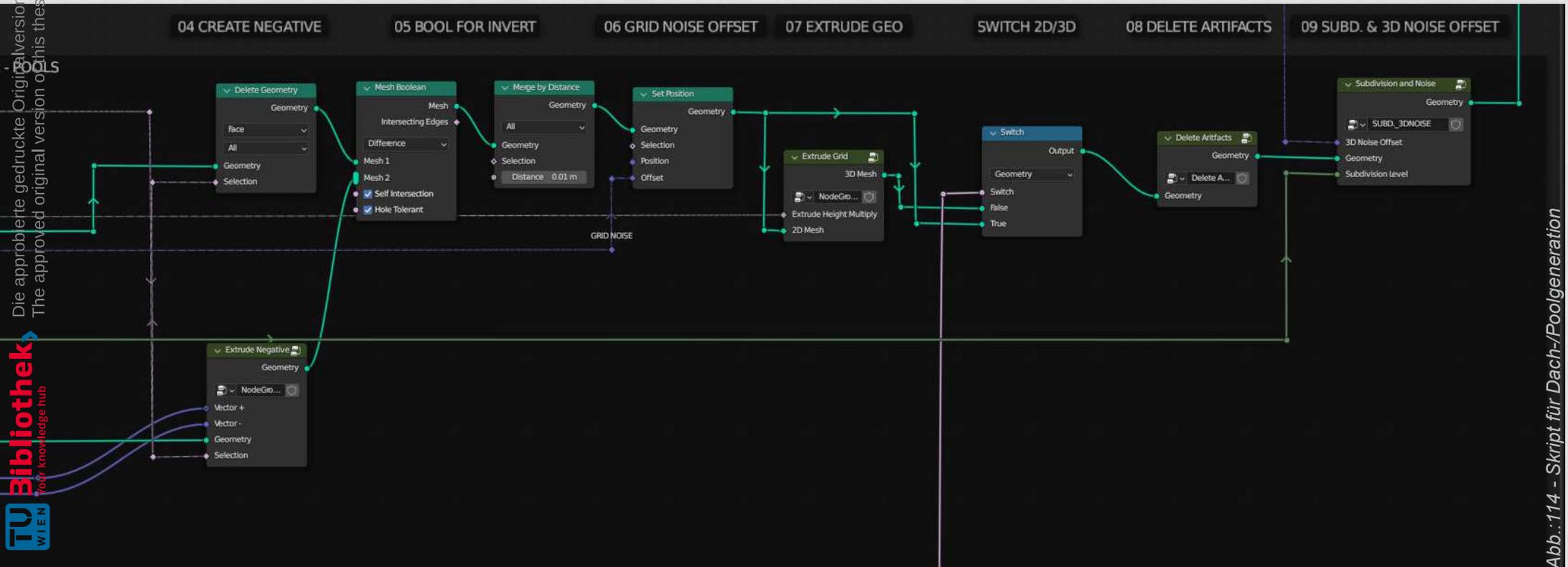


Abb.:114 - Skript für Dach-/Poolgeneration

01a Basisnetz aus Schritt 1 + Noise
Verzerrtes Basisnetz für Proximity



Abb.:115 - Basisnetz mit Noise

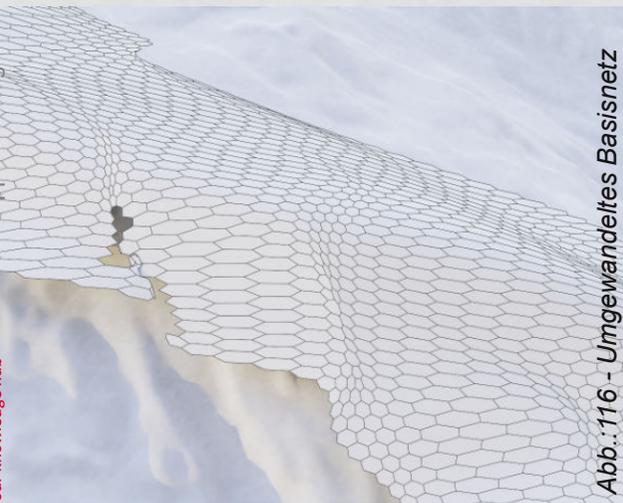


Abb.:116 - Umgewandeltes Basisnetz

01b Umgewandeltes Basisnetz aus Schritt 3b
Grundlage des Pool-Gen. ist das Netz aus Mod1

02a Boolean und Proximity
Boolean Differenz zu Kurve und anschließende Proximity-Berechnung für Selektion der Hexagons für Löschung [Schritt2]



Abb.:117 - Boolean Differenz

Schritt für Schritt - Entstehung



Abb.:118 - Proximity

02b Löschen von Geometry außerhalb der Kurve
Löschen durch Proximity-Berechnung zu 2b



Abb.:119 - Skalierung und Extrusion

03 Skalierung und Extrusion
Skalierung der Form nach Gap-Distance-Parameter und anschließende Extrusion für Negativkörper

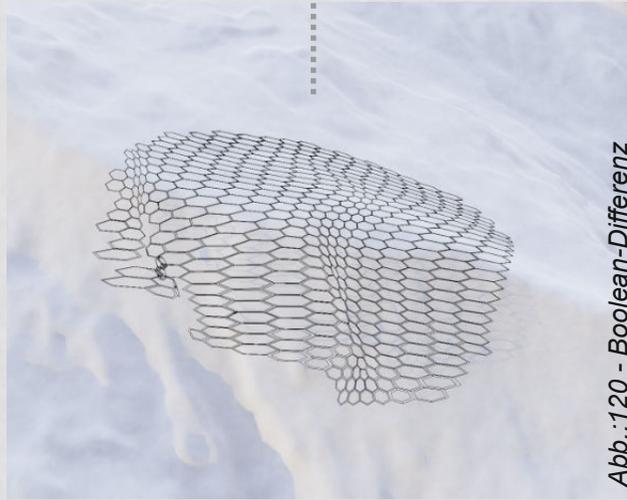
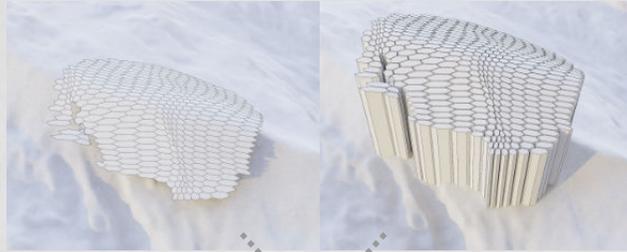


Abb.:120 - Boolean-Differenz

04 Boolean-Differenz
Generieren der Pool-/Dachstruktur durch Boolean-Differenz aus Punkt 2 und 3



05 Noise-Verzerrung
Verzerrung des Netzes in X - und Y -Richtung

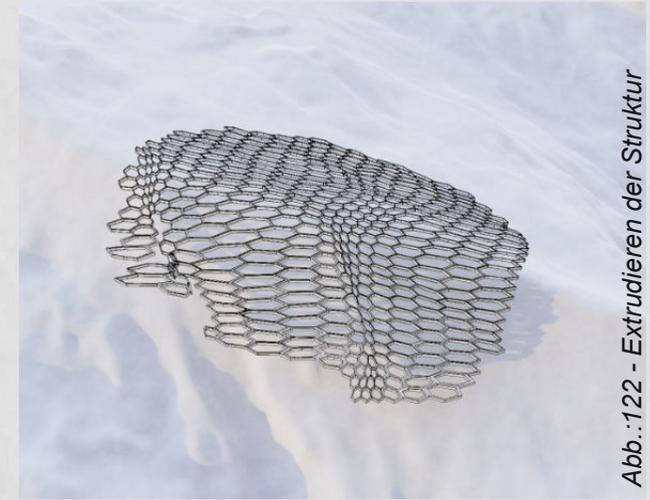


Abb.:122 - Extrudieren der Struktur

06 Extrudieren der Struktur
Extrusion der Pool - /Dachstruktur



Abb.:124 - Fehlerbehebung



Abb.:123 - Fehler

07 Fehlerbehebung

Bei hoher 'Grid Resolution' können Artefakte entstehen, welche über Selektion gefiltert werden.



Abb.:125 - 3D Verzerrung

08 3D-Noise Verzerrung und Subdivision
3D Verzerrung über Noise und anschließende Subdivision, Glättung und Materialzuweisung.

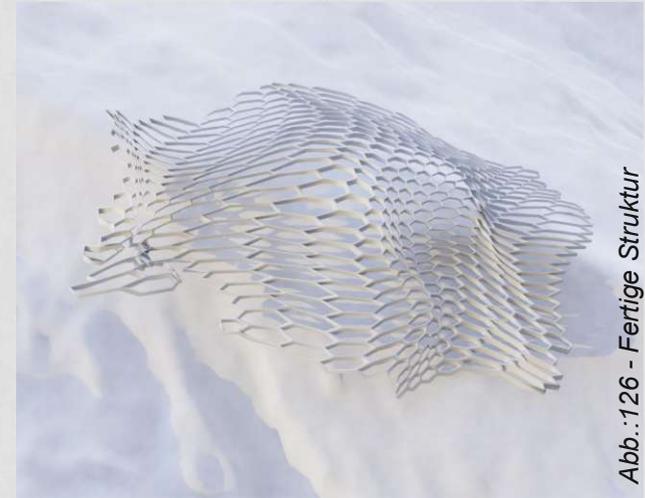


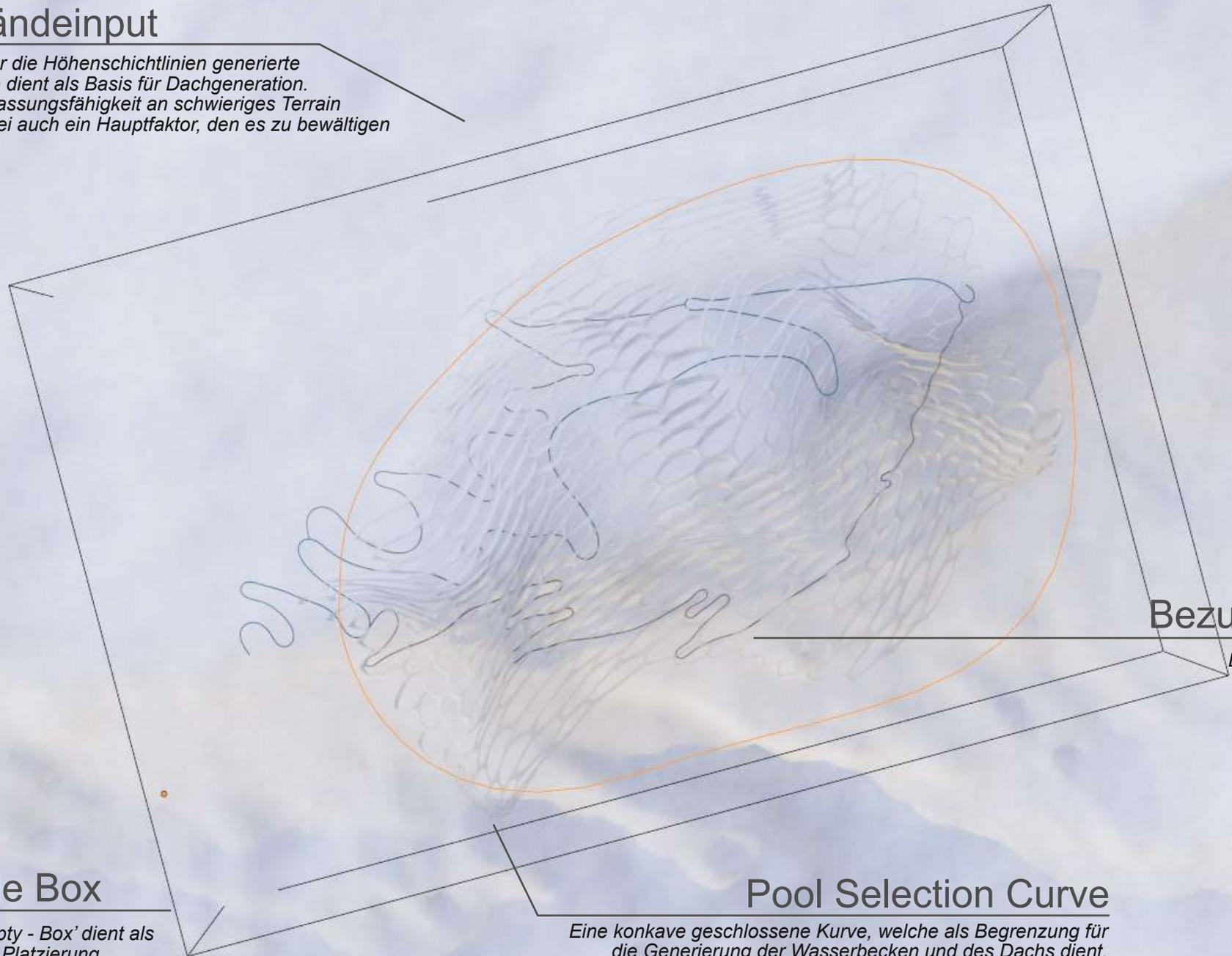
Abb.:126 - Fertige Struktur

Fertige Struktur für Weiterverarbeitung
Variante für Dachstruktur - für Wasserbecken wird die Selektion angepasst (kleinerer Ausschnitt)

ÜBERSICHT DACH-SETUP IN BLENDER

Geländeinput

Das über die Höhenschichtlinien generierte Gelände dient als Basis für Dachgeneration. Die Anpassungsfähigkeit an schwieriges Terrain war dabei auch ein Hauptfaktor, den es zu bewältigen gab.



Scale Box

Die 'Empty - Box' dient als Tool zur Platzierung, Skalierung und Rotation der zu generierenden Struktur.

Pool Selection Curve

Eine konkave geschlossene Kurve, welche als Begrenzung für die Generierung der Wasserbecken und des Dachs dient.

Bezugskurven

Bezugskurven sind für Poolskript vernachlässigbar

02a | 1 Mesh Boolean

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.

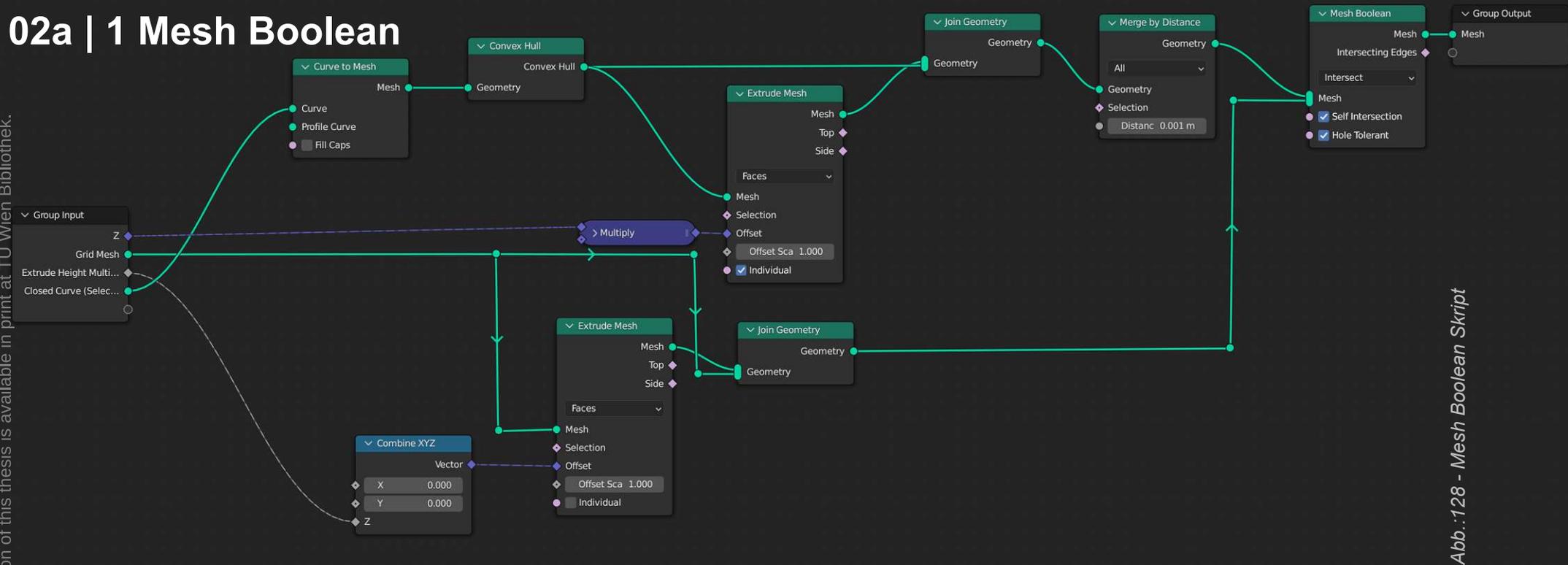


Abb.:128 - Mesh Boolean Skript



Abb.:117 - Boolean Differenz

SCHRITT 2a

Das Basisnetz, welches für die Gebäudegeneration verwendet wird, dient auch hier als Grundlage. Dieses wird um den Extrusionsfaktor extrudiert. Parallel dazu wird die (konkave) Selektionskurve in eine Geometrie umgewandelt und ebenfalls extrudiert. Über die Boolean-Durchschnittsfunktion wird schließlich der Teil innerhalb der Selektionskurve errechnet und ausgegeben.

Parameter Inputs

- Z - Vektor mit hohem Z-Wert [0,0,1000] für Extrusion
- GridMesh - Verformtes Basismesh
- Extrude Height Multiply - Extrusionsfaktor für Netz
- Offset Height Maincurve - Verschiebung in Z-Achse bezogen auf Hauptbezugskurve

Parameter Outputs

- Mesh - Ausgeschnittes extrudiertes Netz

SCHRITT 2a | 2

Das Mesh aus Schritt |1 wird nun für die Geometry Proximity Berechnung verwendet. Es werden für jede Fläche Abstandswerte errechnet und durch die 'Größer als' - Auswahl werden alle Flächen, welche zu weit entfernt sind, aussortiert. Danach wird dieses Ergebnis als Boolean-Wert [True/False] weitergegeben. Zusätzlich lässt sich die Dichte ansteuern, diese wird ebenfalls errechnet und die kombinierten Boolean-Ergebnisse werden ausgegeben.

Parameter Inputs

Mesh Grid Selection - Mesh aus 2a | 1 für die Selektion

Density Seed - Seed für Dichte

Density - Dichte der Struktur

Parameter Outputs

Boolean - Selektion für Struktur

02a | 2 Proximity Selektion

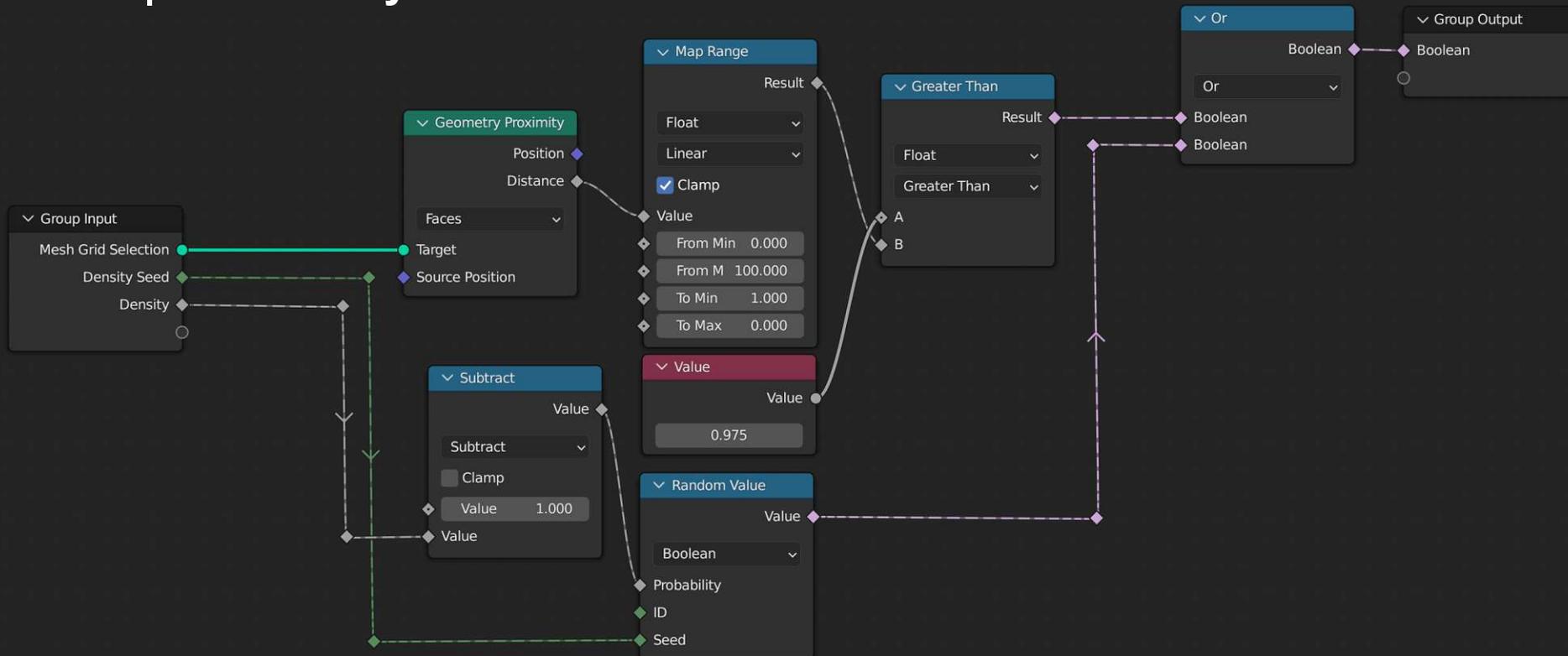


Abb.:129 - Proximity Selektion Skript

03 Skalierung und Extrusion

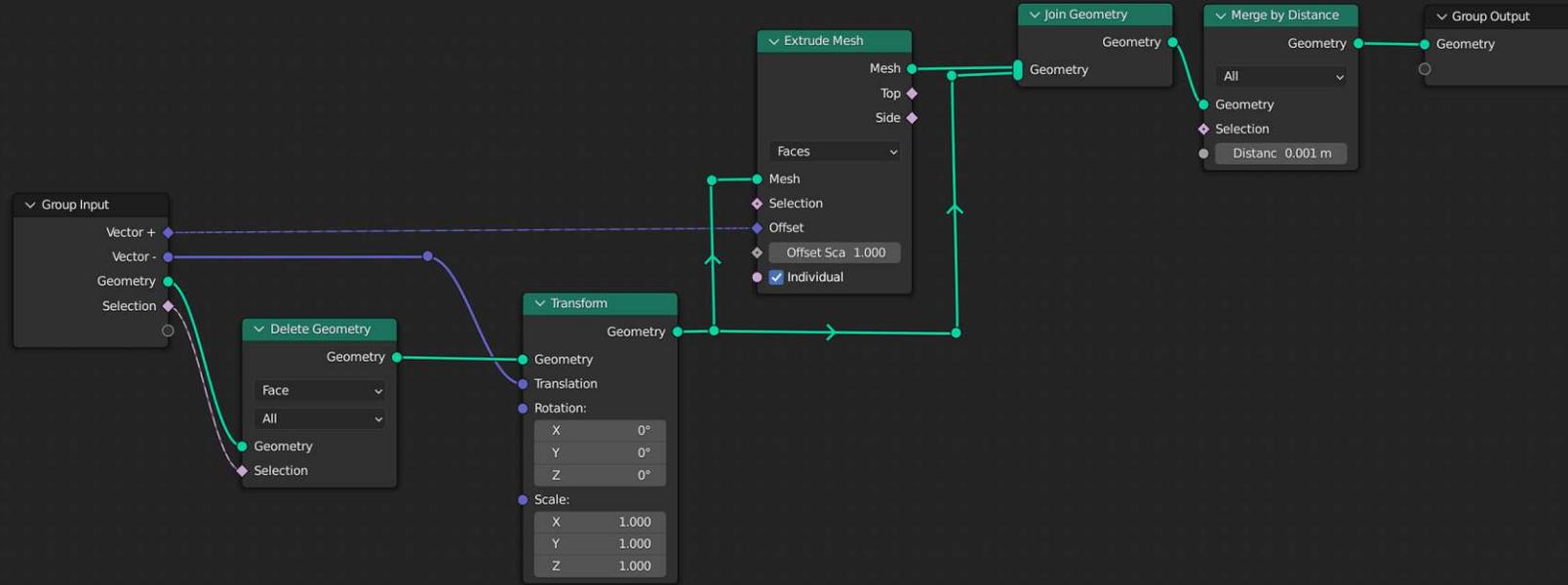


Abb.:130 - Skalierung und Extrusion Skript

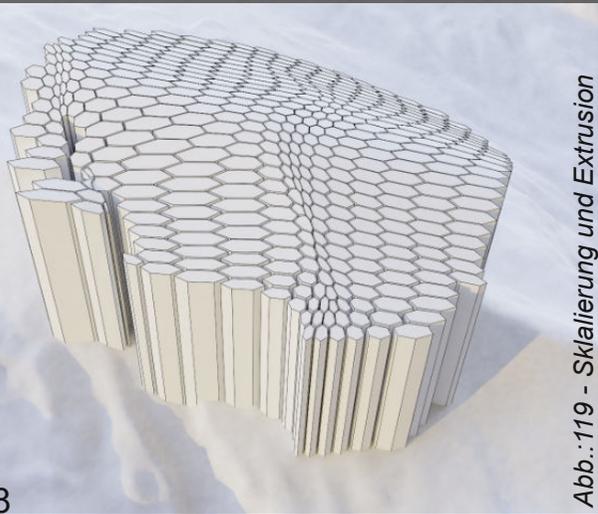


Abb.:119 - Skalierung und Extrusion

SCHRITT 3

Das Basisnetz, welches für die Gebäudegeneration verwendet wird, dient hier wieder als Grundlage, diesmal in höherer Auflösung. Vor Schritt 3 wird es außerdem wie bei Modus 0: Building in ein Hexagonales Netz umgewandelt und um den Gap Min/Max Faktor skaliert. In Schritt 3 wird nun die Selektion durch Löschen mithilfe der Boolean-Selektion aus Schritt 2 durchgeführt. Anschließend wird das Netz negativ verschoben und dann um einen hohen Z-Wert extrudiert. Durch die Extremwerte wird sicher gestellt, dass das Negativmodell sich überall mit dem Positiv-Netz überschneidet.

Parameter Inputs

- Vector + - Vektor mit hohem Z-Wert [0,0,1000] für Extrusion
- Vector - - Vektor mit hohem Negativ-Z-Wert für Extrusion
- Geometry - Skaliertes Basisnetz
- Selection - Selektion aus Schritt 2

Parameter Outputs

- Geometry - Extrudiertes Negativ Mesh

SCHRITT 4

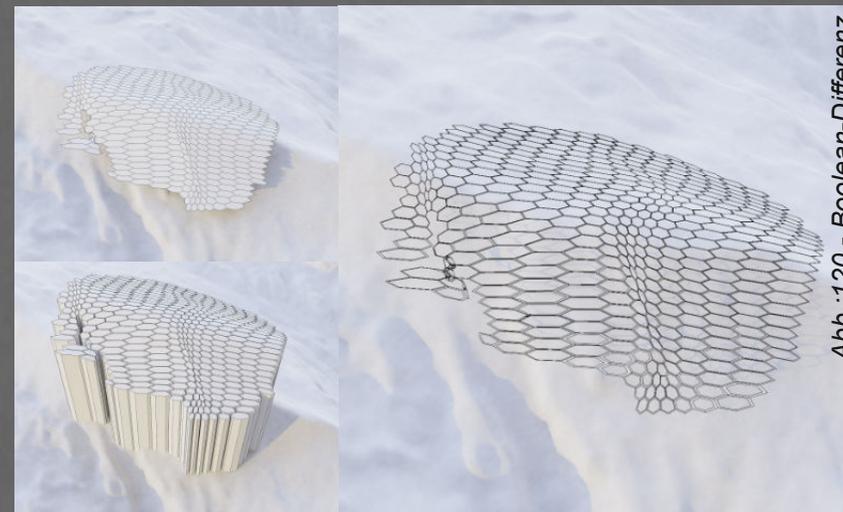
Im 4. Schritt werden die beiden Meshes aus Schritt 2 und 3 zusammengeführt und über eine Boolean Differenz verschnitten. Als Ergebnis entsteht das durchlöchernde Gitternetz.

Parameter Inputs

- Mesh 1 - Hexagonales Basemesh
- Mesh 2 - Extrudiertes skaliertes Mesh aus Schritt 3

Parameter Outputs

- Mesh - Gitterstruktur



04 Boolean Differenz

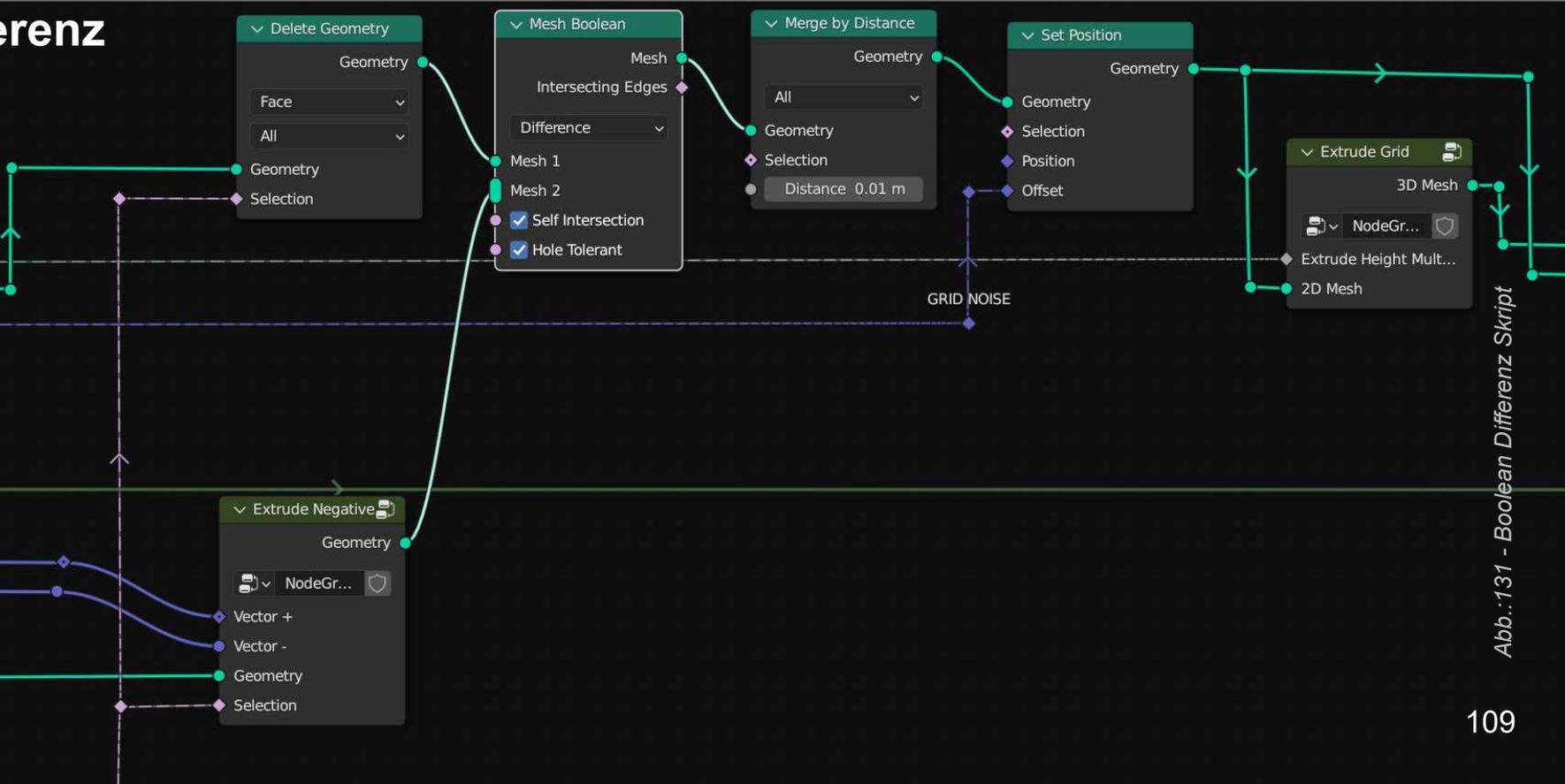


Abb.:131 - Boolean Differenz Skript

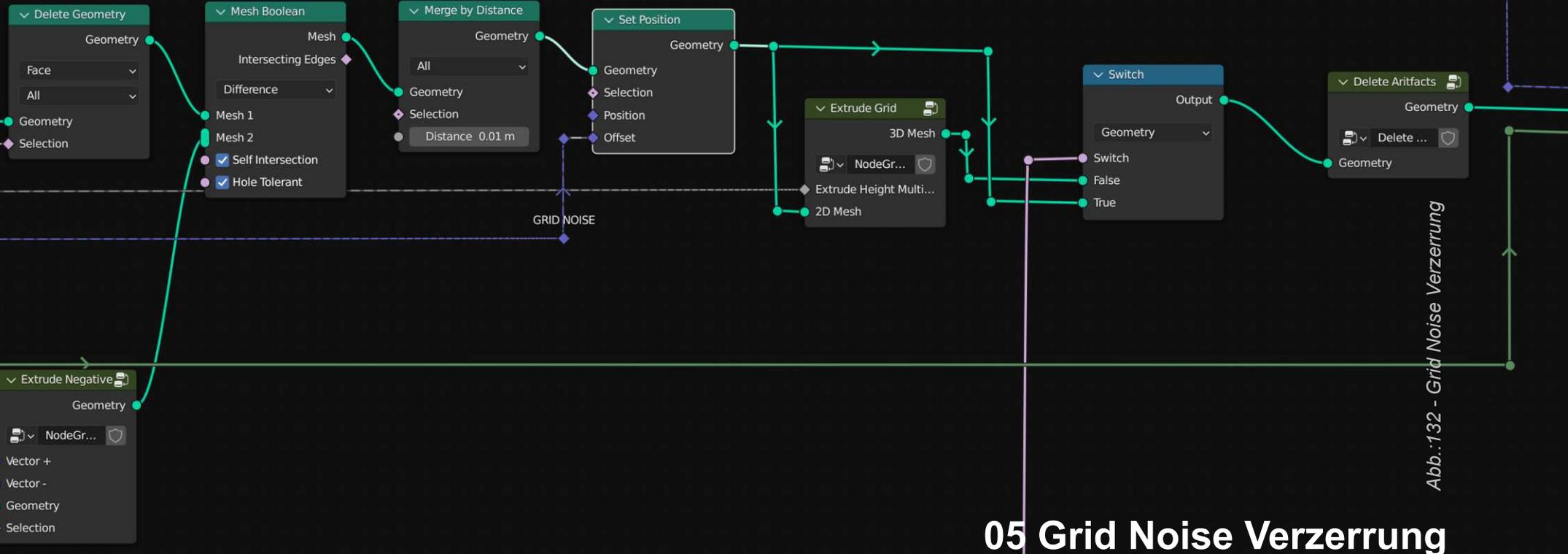


Abb.:132 - Grid Noise Verzerrung

05 Grid Noise Verzerrung

SCHRITT 5

Im nächsten Schritt wird die Struktur um den 'Grid Noise' verzerrt. Dieser ist ident mit der Verzerrung von Modus 0: Building - Schritt 3a. Durch wechseln des Modis steuern die selben Parameter die selbe Verzerrung.

Parameter Inputs

Geometry - Vektor mit hohem Z-Wert [0,0,1000] für Extrusion
Offset - Vektor mit hohem Negativ-Z-Wert für Extrusionv

Parameter Outputs

Geometry - Verzerrte Gitterstruktur

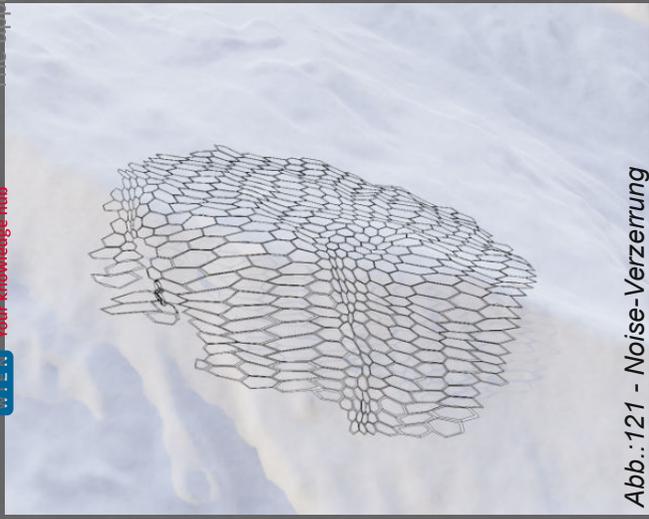


Abb.:121 - Noise-Verzerrung

SCHRITT 6

Mit Hilfe des Extrusionsfaktors wird die Struktur nun, in diesem Fall gleichmäßig, extrudiert.
Für eine reduzierte Abrundung der späteren Subsurface Division wird die Deckfläche erneut um 1/5 des Extrusionsfaktors extrudiert.

Anm.: Für die Dachkonstruktion würde für eine spannendere und statisch sinnvollere Struktur eine unregelmäßige Extrusion, sprich höhere Trägerstärke wo gebraucht etc. mehr Sinn machen. Allerdings fehlen hier in Blender Geometry Nodes noch viele Funktionen, welche Grasshopper zum Beispiel zu bieten hat, die eine sinnvolle Berechnung ermöglichen würden. Mit weiteren Updates in der Zukunft kann hier bestimmt noch viel mehr erreicht werden.

Parameter Inputs

Extrude Height Multiply - Extrusionsfaktor
2D Mesh - Verzerrtes 2D Netz aus Schritt 5

Parameter Outputs

3D Mesh - Extrudierte Gitterstruktur

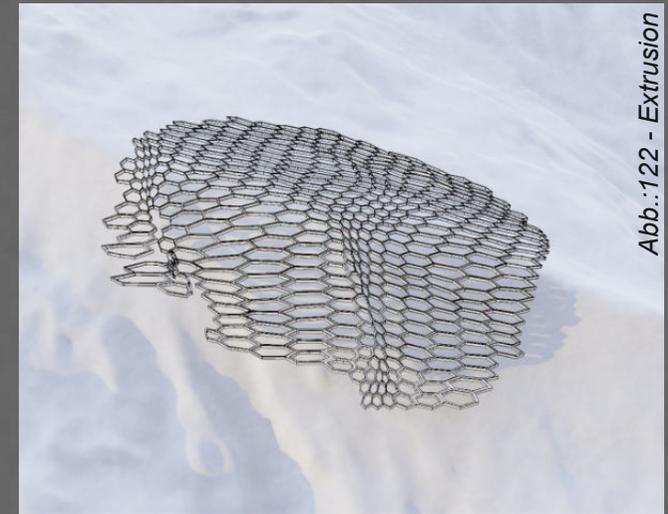


Abb.:122 - Extrusion

06 Extrudieren der Struktur

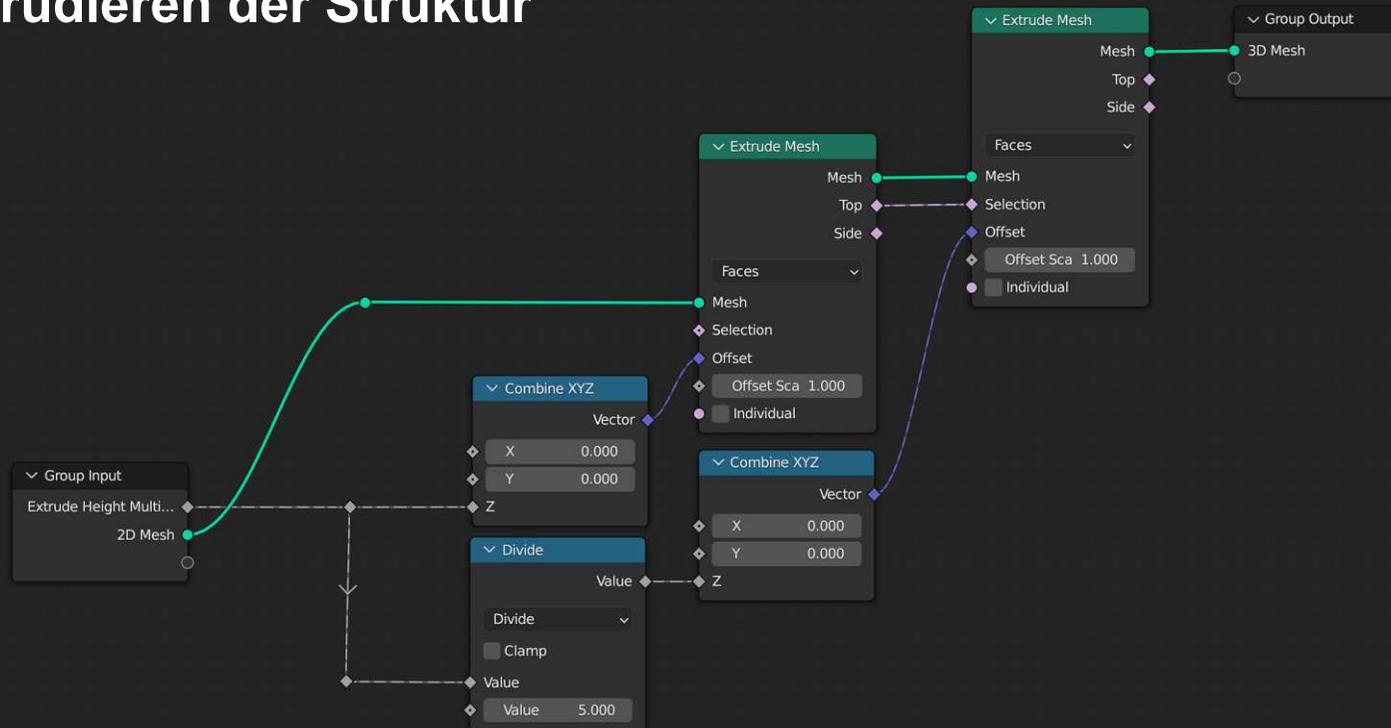


Abb.:133 - Extrudieren der Struktur

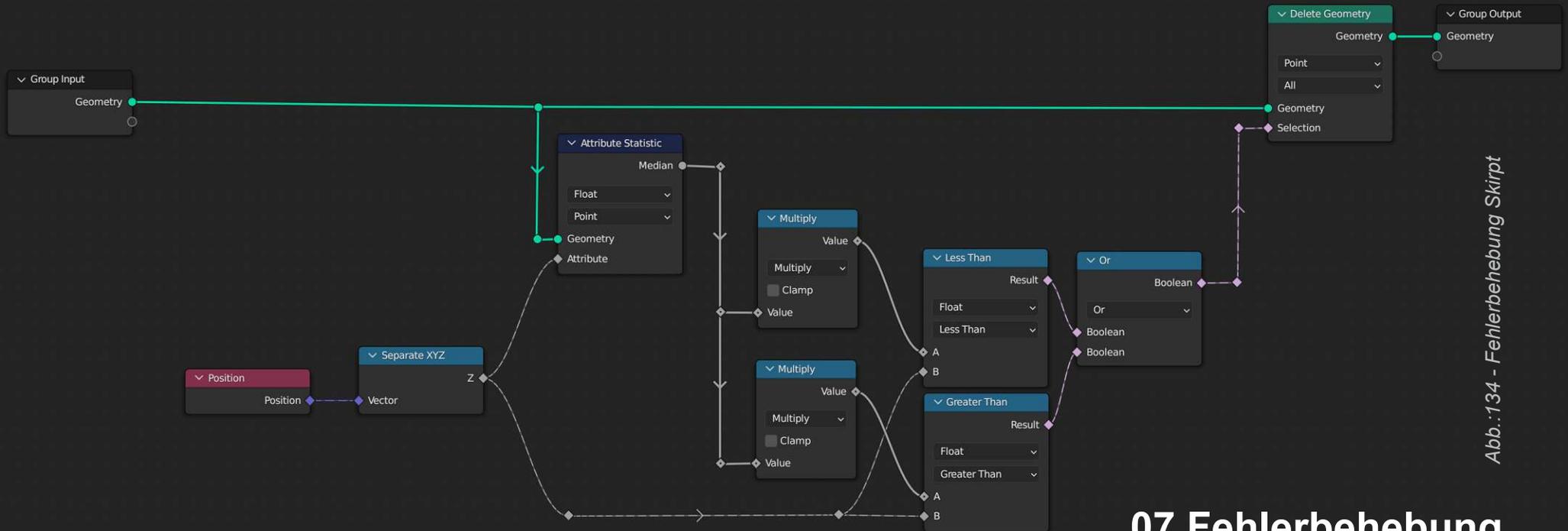


Abb.:134 - Fehlerbehebung Skript

07 Fehlerbehebung



Abb.:123 - Fehler



Abb.:124 - Fehlerbehebung

SCHRITT 7

Durch zu hohe Verzerrung oder zu kleinteilige Geometry können Verzerrungen entstehen. Diese werden in diesem Zwischenschritt herausgefiltert, in dem nach Extremabweichungen in der Z-Achse gesucht wird. Die gesäuberte Geometry wird anschließend ausgegeben.

Parameter Inputs

Geometry - Fehlerhafte Geometry

Parameter Outputs

Geometry - Überarbeitete Geometry

SCHRITT 8

Im Finalen Schritt wird der 3D Noise Offset, welcher ident zu jenem aus Modus 0: Building ist, auf die 'Subdivided Geometry' angewendet. Danach wird ein Material zugewiesen und 'Smooth Shading' aktiviert.

Parameter Inputs

3D Noise Offset - Vektor für 3D-Noise
Geometry - Extrudierte verzerrte Gitterstruktur
Subdivision Level - Auflösungsstufe für Subd.

Parameter Outputs

Geometry - Fertige Struktur für Modus 1: Pools

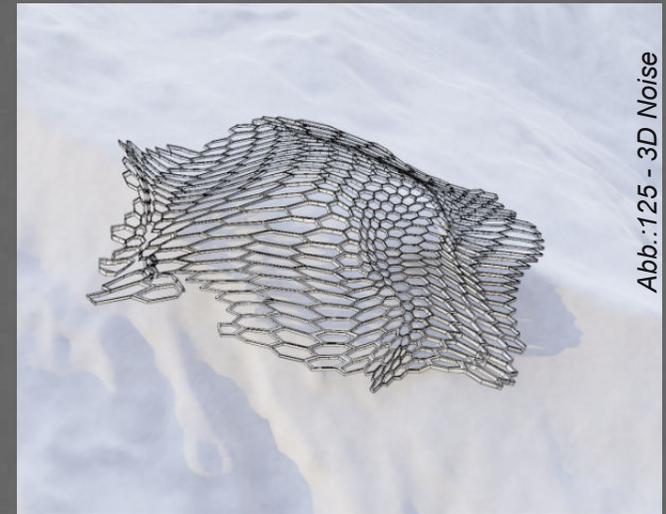


Abb.:125 - 3D Noise

08 3D Noise Verzerrung und Subdivison

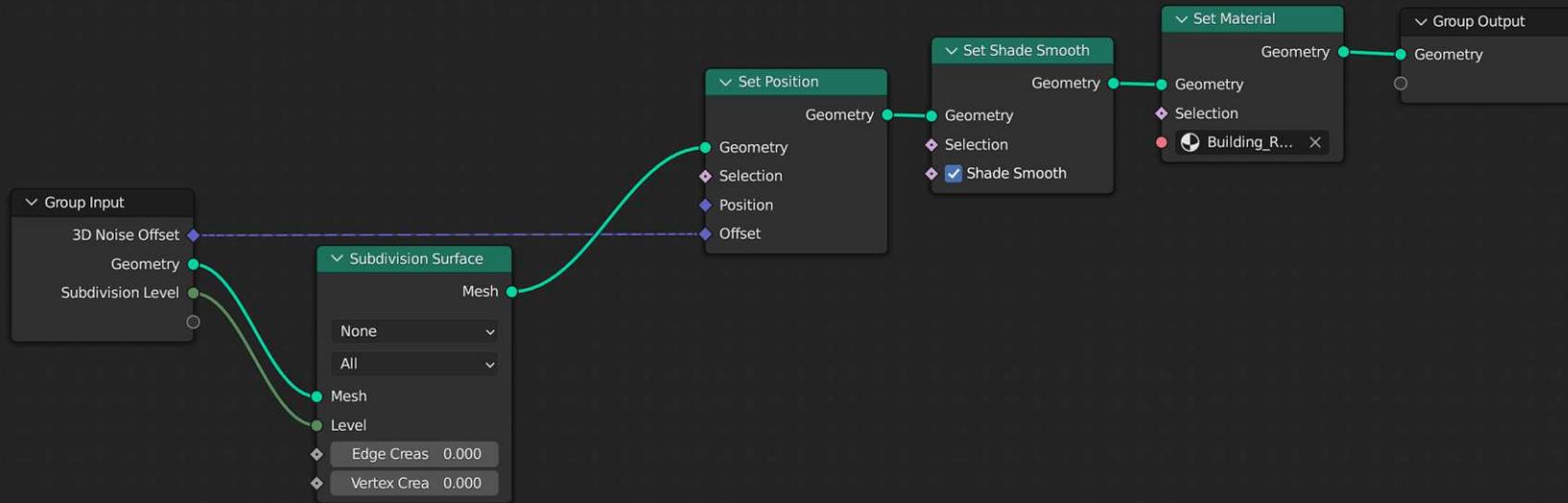


Abb.:135 - 3D Noise Verzerrung Skript

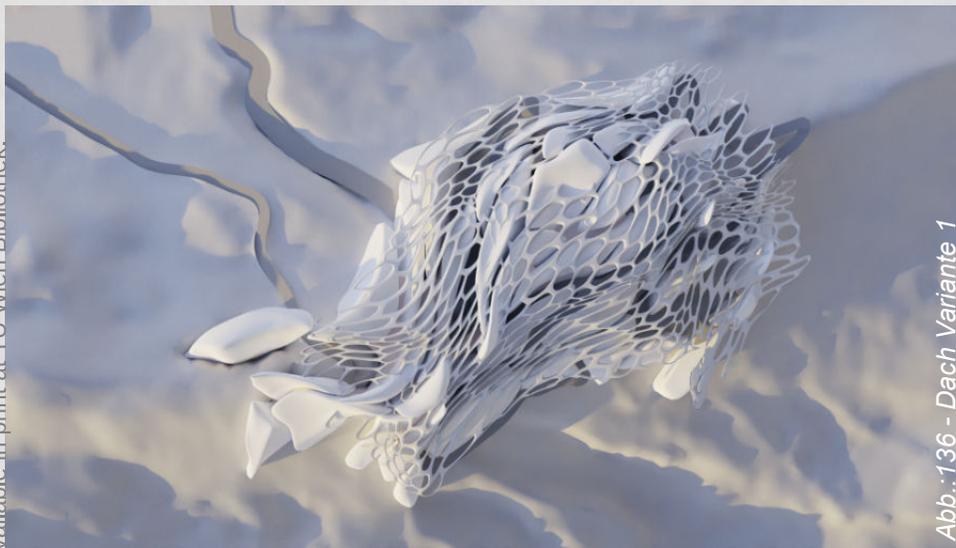


Abb.:136 - Dach Variante 1

Settings: base grid resolution 0.92, base grid scale X/Y 1.8/1.0, base z offset 12.0, base noise seed 194, base noise scale 0.1, base noise roughness 0.0, base noise power 120.00, grid resolution 2, grid noise seed 120, grid noise power 5.0, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 1.00, curve influence 25.00, offset height min 2.0, offset height max 4.0, offset height seed 0, extrude height multiply 1, extrude height seed 0, gap scale top 1.05, gap distance min 0.7, gap distance max 0.83, gap distance seed 1, 3d noise seed 150, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 28.0, 3d edge crease 35.00, 3d mesh resolution 1

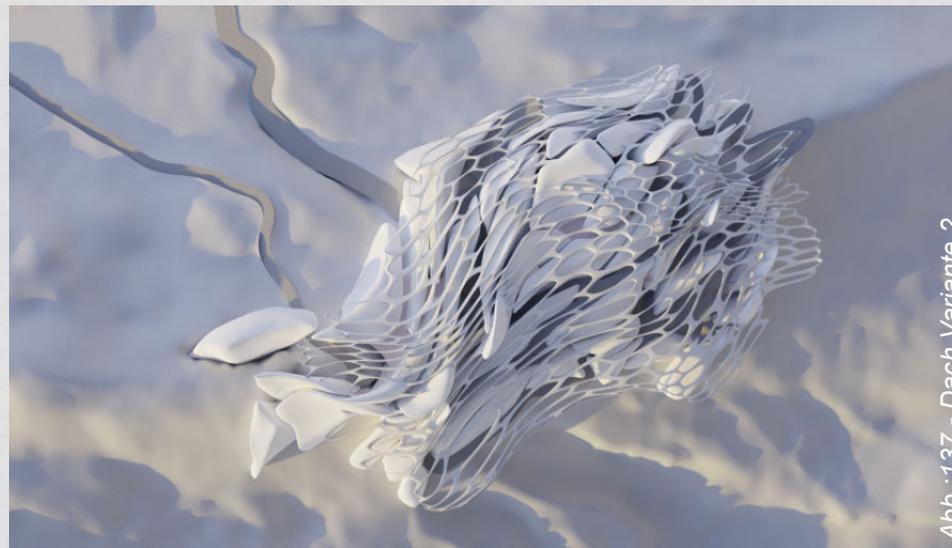


Abb.:137 - Dach Variante 2

Settings: base grid resolution 0.92, base grid scale X/Y 3.0/1.0, base z offset 12.0, base noise seed 194, base noise scale 0.1, base noise roughness 0.0, base noise power 90.00, grid resolution 2, grid noise seed 120, grid noise power 3.0, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 1.00, curve influence 23.00, offset height min 2.0, offset height max 4.0, offset height seed 0, extrude height multiply 1, extrude height seed 0, gap scale top 1.05, gap distance min 0.8, gap distance max 0.83, gap distance seed 1, 3d noise seed 150, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 30.0, 3d edge crease 35.00, 3d mesh resolution 1

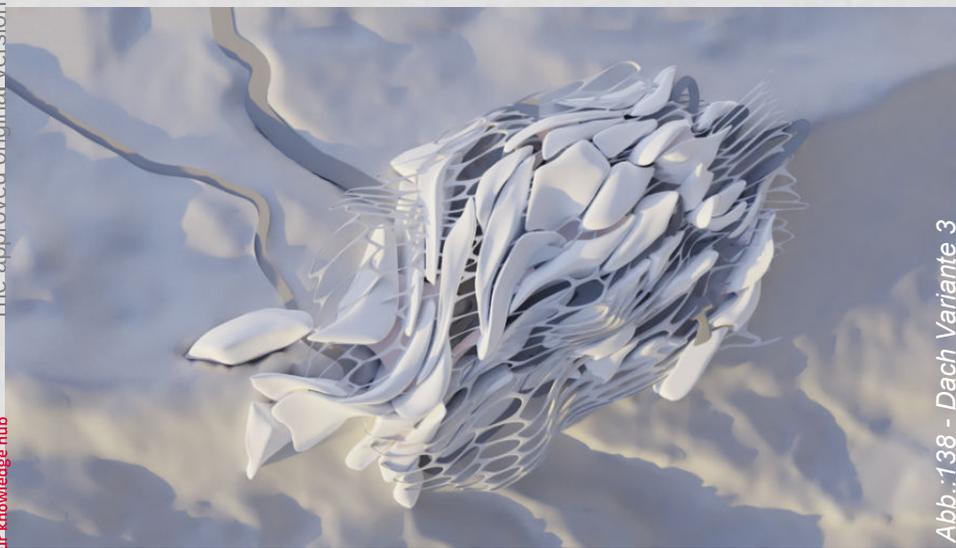


Abb.:138 - Dach Variante 3

Settings: base grid resolution 0.92, base grid scale X/Y 4.0/1.0, base z offset 8.0, base noise seed 194, base noise scale 0.1, base noise roughness 0.0, base noise power 90.00, grid resolution 2, grid noise seed 120, grid noise power 3.0, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 1.00, curve influence 23.00, offset height min 2.0, offset height max 4.0, offset height seed 0, extrude height multiply 1, extrude height seed 0, gap scale top 1.05, gap distance min 0.8, gap distance max 0.83, gap distance seed 1, 3d noise seed 150, 3d noise scale 0.031, 3d noise power 30.0, 3d edge crease 35.00, 3d mesh resolution 1

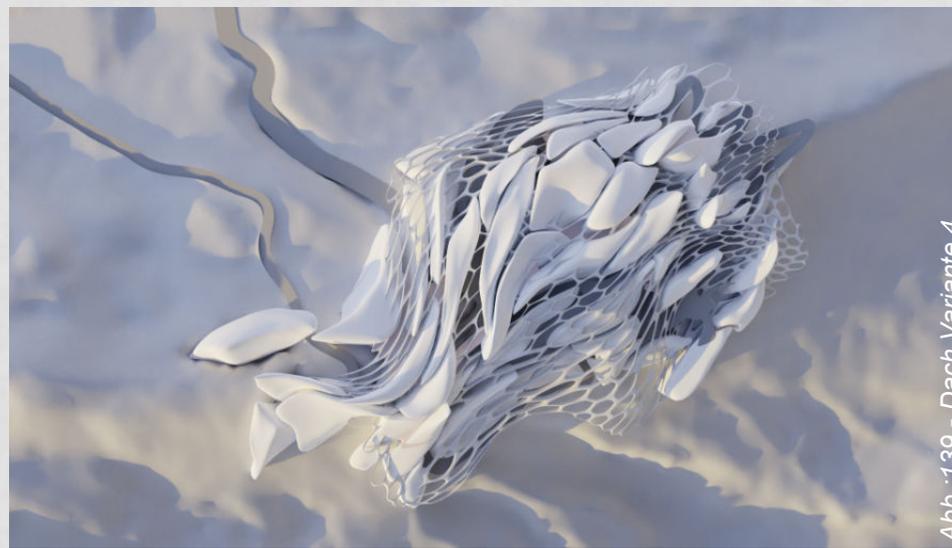
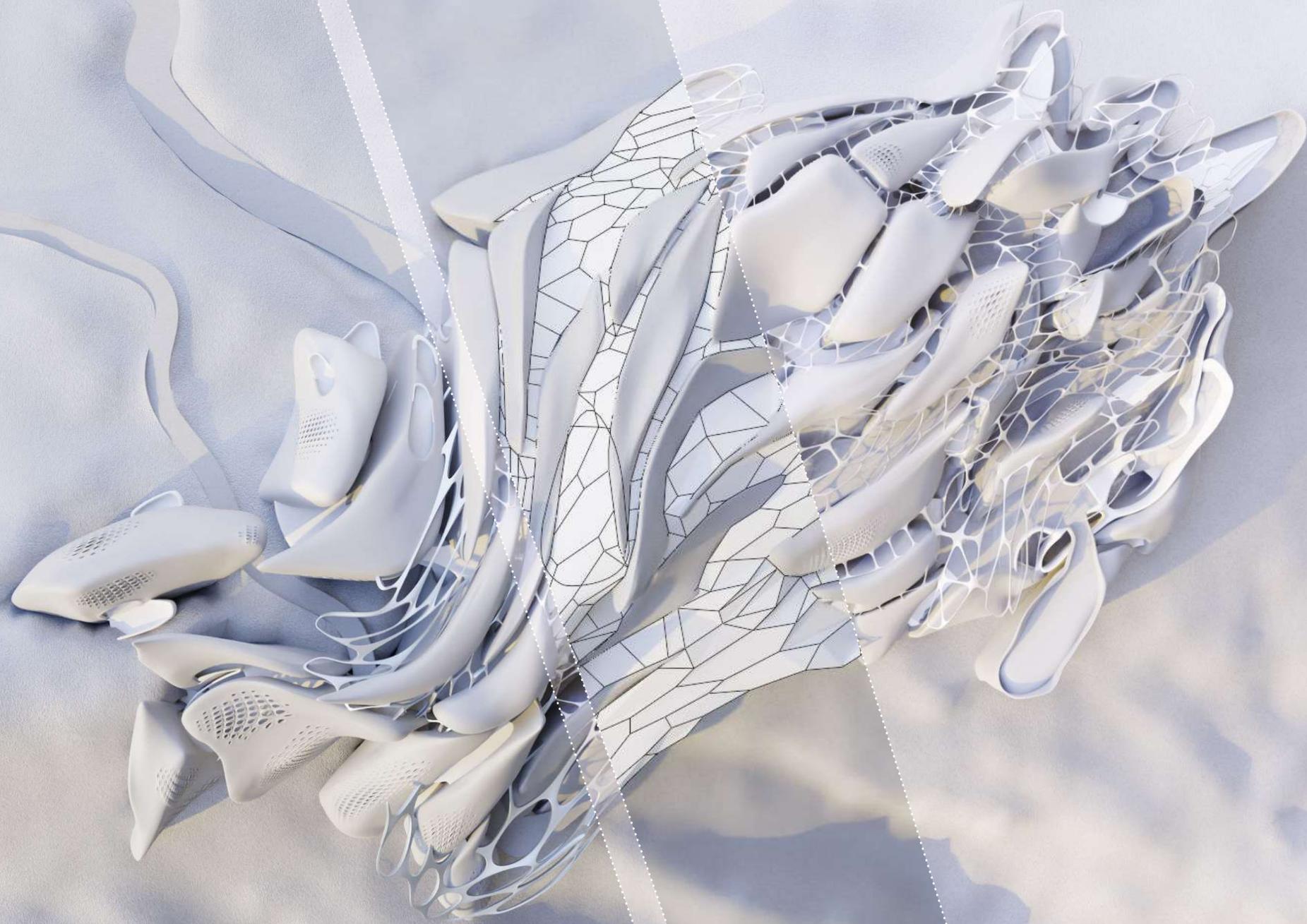


Abb.:139 - Dach Variante 4

Settings: base grid resolution 0.92, base grid scale X/Y 2.0/1.0, base z offset 8.0, base noise seed 194, base noise scale 0.1, base noise roughness 0.0, base noise power 90.00, grid resolution 2, grid noise seed 120, grid noise power 3.0, grid noise scale 0.1, grid connection 1.0, grid connection seed 0, density 1.00, curve influence 23.00, offset height min 2.0, offset height max 4.0, offset height seed 0, extrude height multiply 1, extrude height seed 0, gap scale top 1.05, gap distance min 0.8, gap distance max 0.83, gap distance seed 1, 3d noise seed 150, 3d noise scale 0.03, 3d noise power 40.0, 3d edge crease 35.00, 3d mesh resolution 1

04.6.1 | Dachkonstruktion



Die finale Dachkonstruktion wurde schließlich manuell überarbeitet.
Die generierte Form diente lediglich als Referenz, da die Geometrie unsauber war
und zum momentanen Zeitpunkt Analysetools zur Überarbeitung in Geoemtry
Nodes fehlten.

Deswegen wurde das Dach mit Flächenfeldern aufgezogen und über Geoemetry
Nodes der Rahmen und das Glas daraus generiert.

04.6.2 | Poolmodellierung



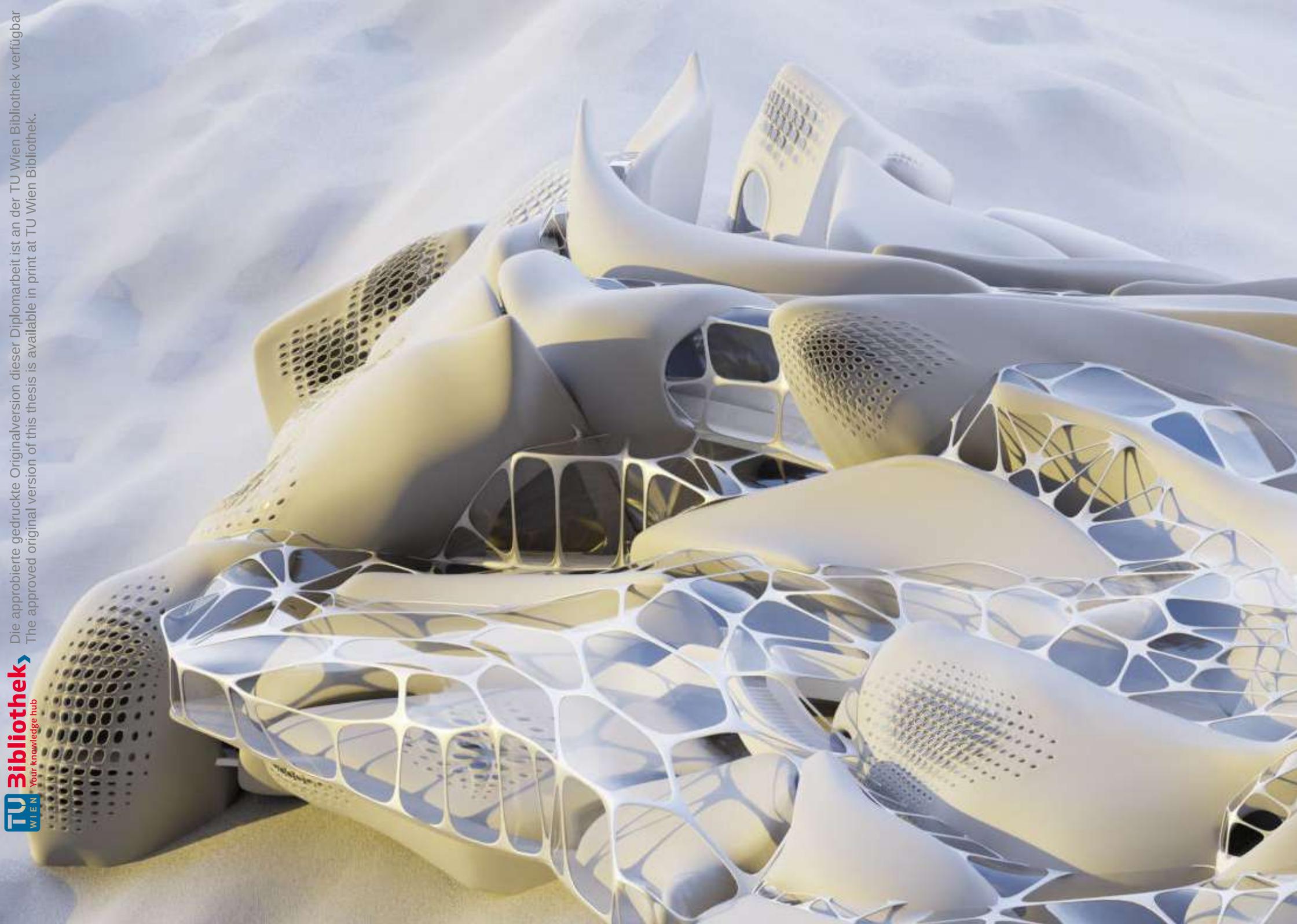
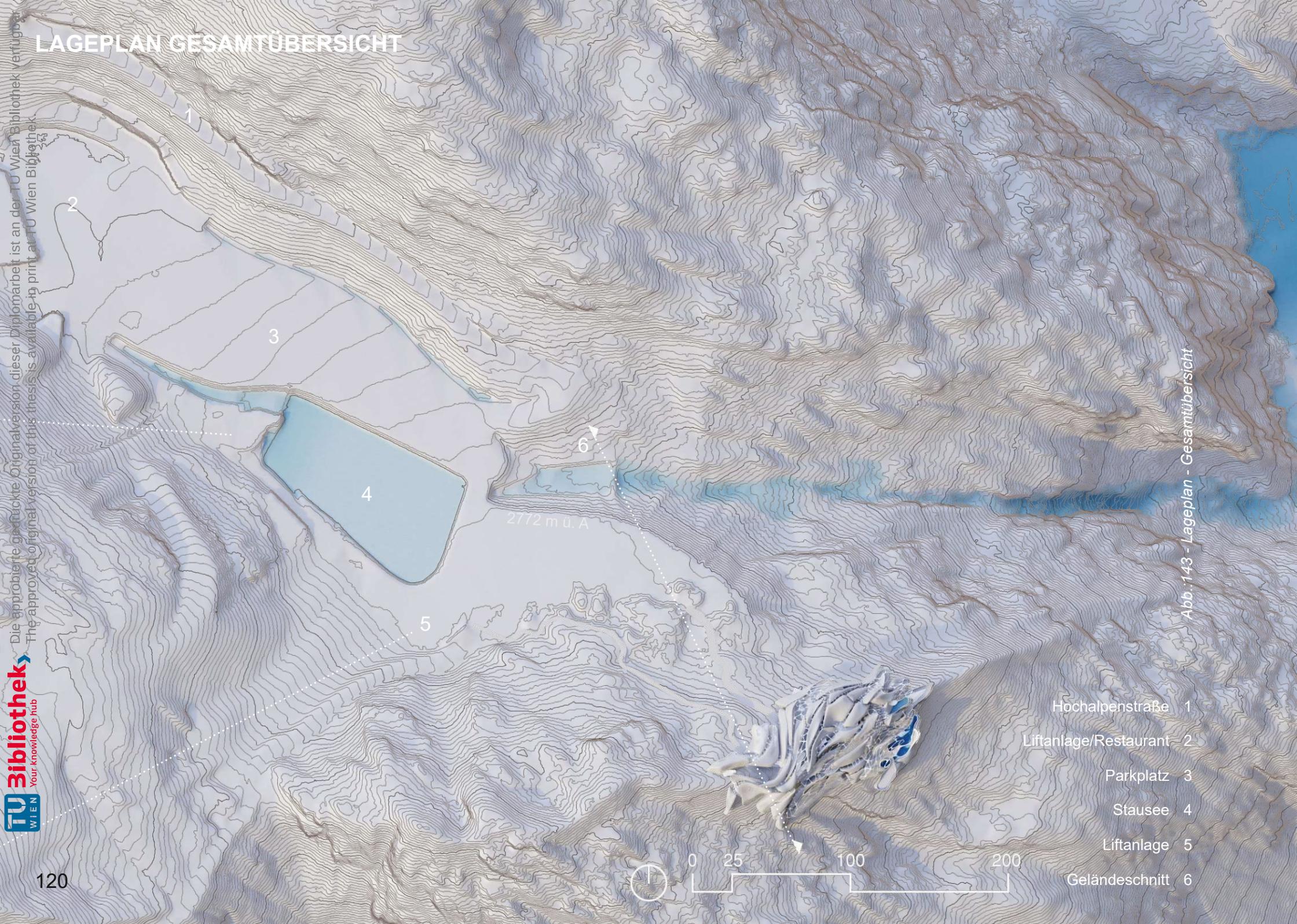




Abb.:142 - Perspektive des fertigen Gebäudes

LAGEPLAN GESAMTÜBERSICHT



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

TU Bibliothek
WIEN Your knowledge hub

Abb. 143 - Lageplan - Gesamtübersicht

- Hochalpenstraße 1
- Lifanlage/Restaurant 2
- Parkplatz 3
- Stausee 4
- Lifanlage 5
- Geländeschnitt 6

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.

LAGEPLAN BAUPLATZ

05.1 | Plangrafiken

- Zugang Besucher 1
- Anfahrt Logistik 2
- Fluchtweg Extern 3
- Haupteingang Besucher 4



Abb.: 144 - Lageplan - Nähere Umgebung

GELÄNDESCHNITT EINGANG



Abb.:145 - Geländeschnitt Eingang

GRUNDRISS DG





Abb.:147 - Grundriss 20G

- | | |
|--------------|---|
| Apartment 01 | 1 |
| Apartment 02 | 2 |
| Cafe' | 3 |

- 1 Wohn-Essbereich
- 2 Zimmer 01
- 3 Zimmer 02
- 4 Bad + WC
- 5 Cafe
- 6 Erschließung

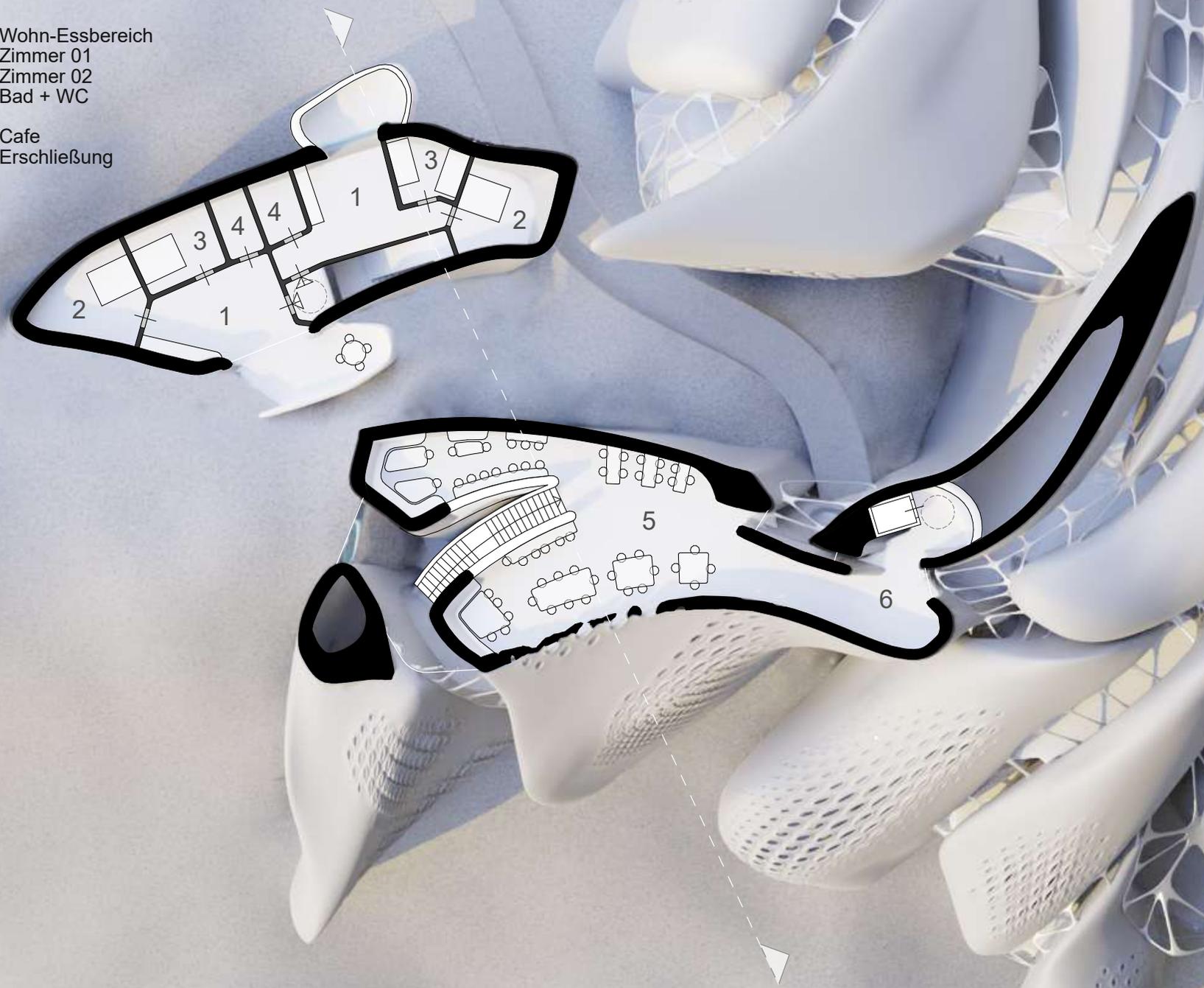
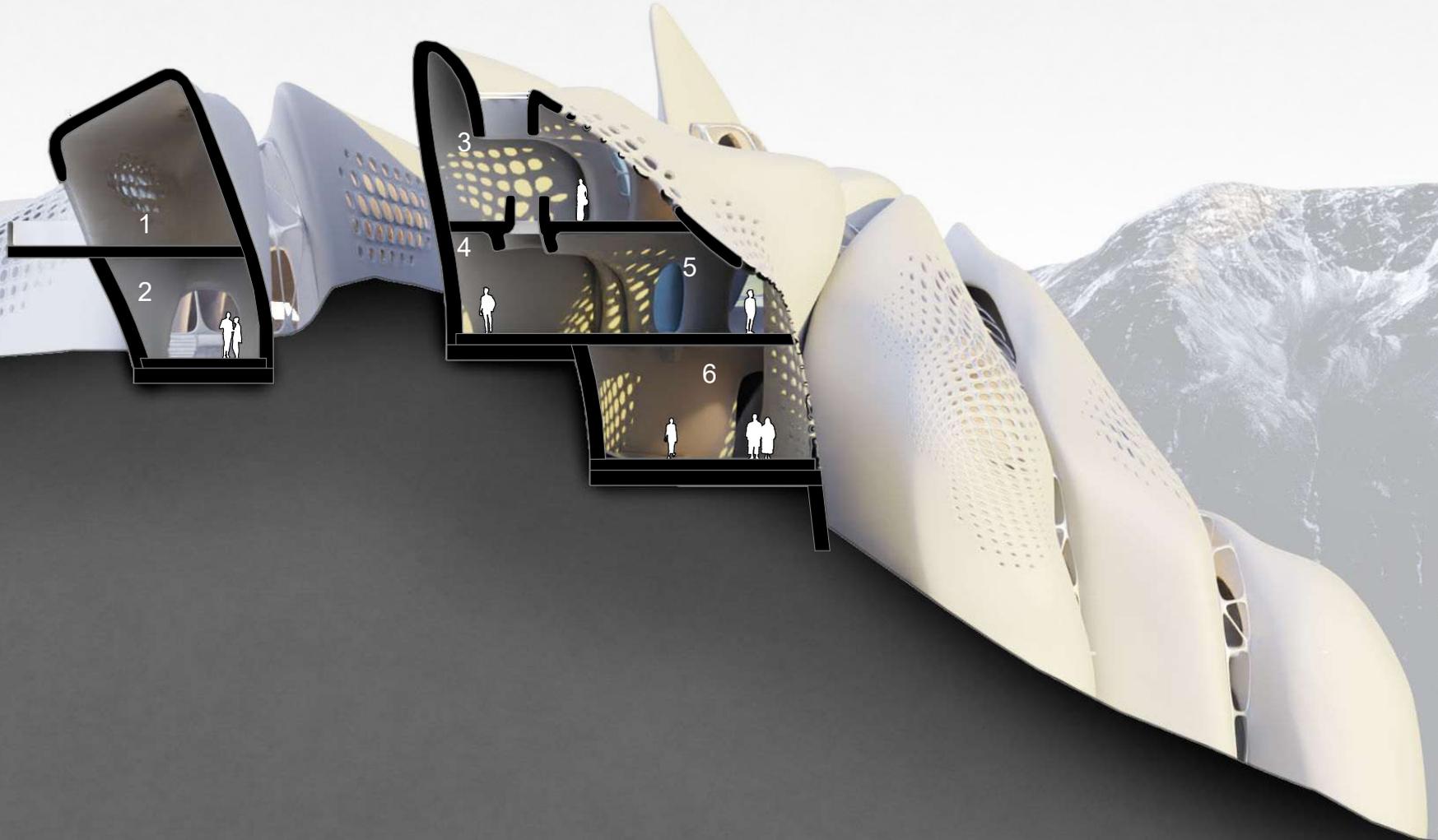


Abb.:148 - Grundriss 2OG Detailliert

SCHNITT A

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



- 1 Apartment 01
- 2 Apartment 03
- 3 Cafe
- 4 Foyer
- 5 Eingangszone
- 6 Thermen Restaurant

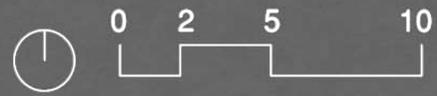


Abb.:149 -Schnitt A: Cafe

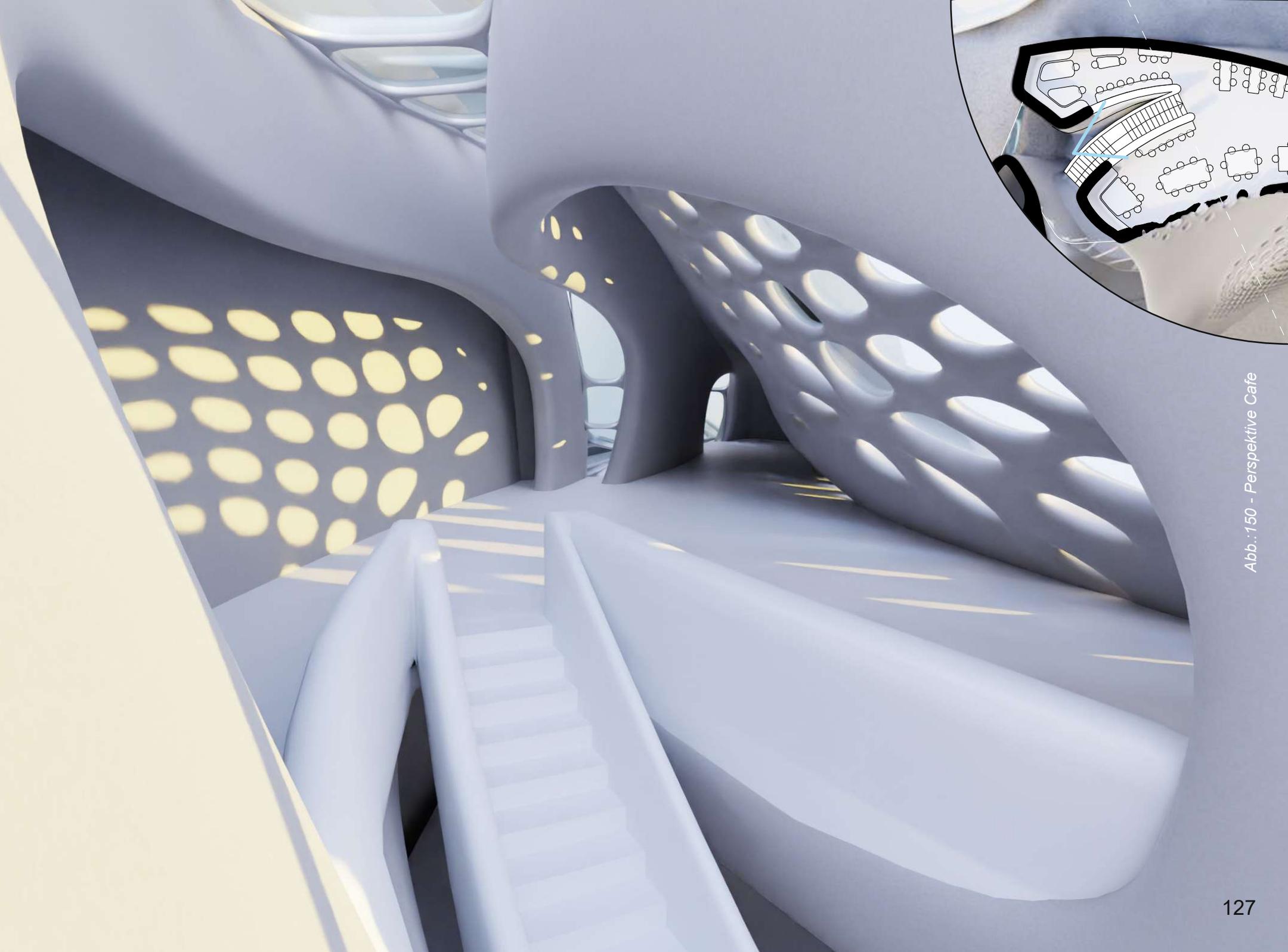


Abb.:150 - Perspektive Cafe



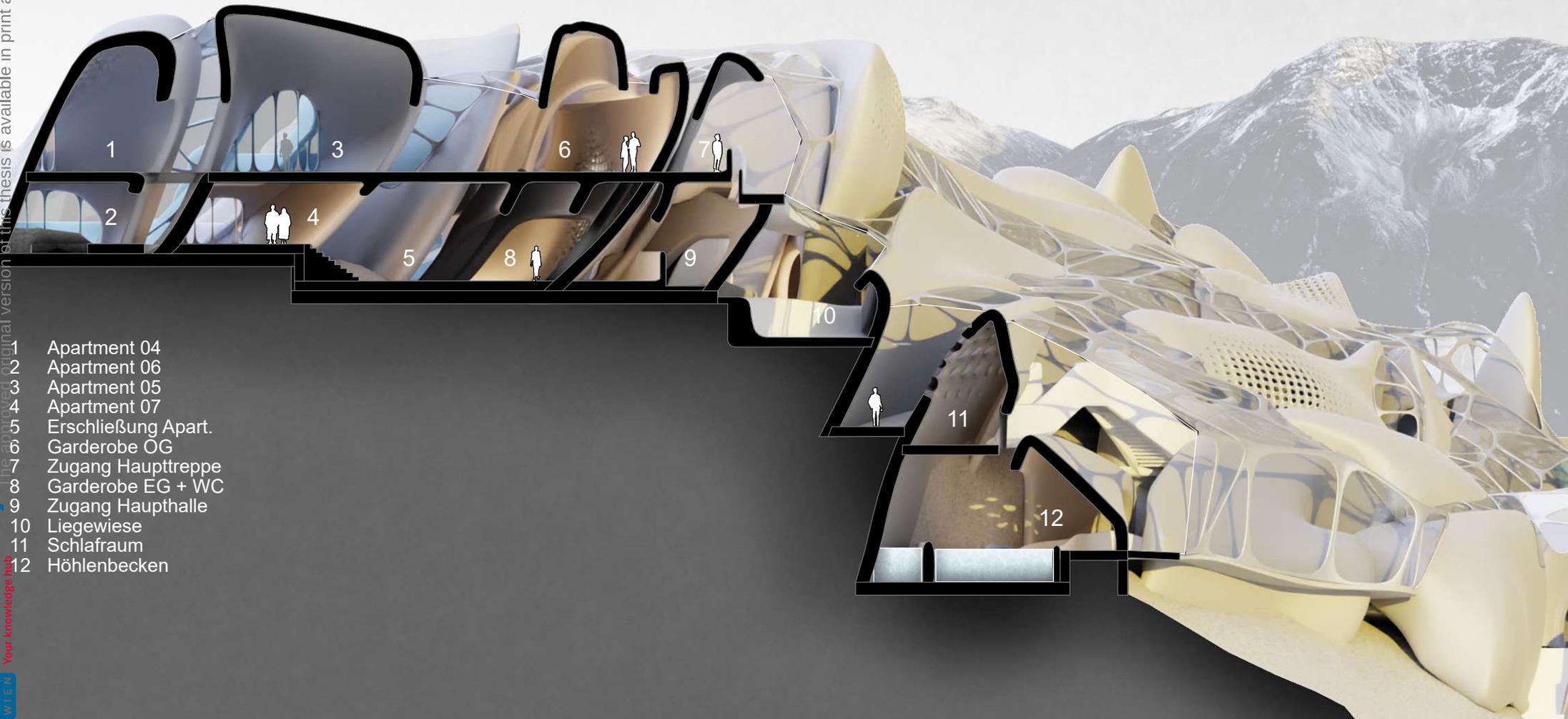
- 1 Apartment 03
- 2 Apartment 04
- 3 Apartment 05
- 4 Erschließung Apart.
- 5 Eingangszone
- 6 Rezeption
- 7 Foyer
- 8 Cafe' Bar/Küche
- 9 Personal Aufenthalt
- 10 Backoffice
- 11 Eingang Thermenbereich
- 12 Garderobe Umkleiden
- 13 Garderobe Locker
- 14 Raumbecken OG
- 15 Galerie/Ruhebereich
- 16 Galerie/Ruhebereich
- 17 Treppenbecken



Abb.:152 - Grundriss 10G Detailliert

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

SCHNITT B



- 1 Apartment 04
- 2 Apartment 06
- 3 Apartment 05
- 4 Apartment 07
- 5 Erschließung Apart.
- 6 Garderobe OG
- 7 Zugang Haupttreppe
- 8 Garderobe EG + WC
- 9 Zugang Haupthalle
- 10 Liegewiese
- 11 Schlafrum
- 12 Höhlenbecken

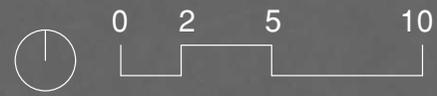


Abb.:153 -Schnitt B:Eingangsbereich





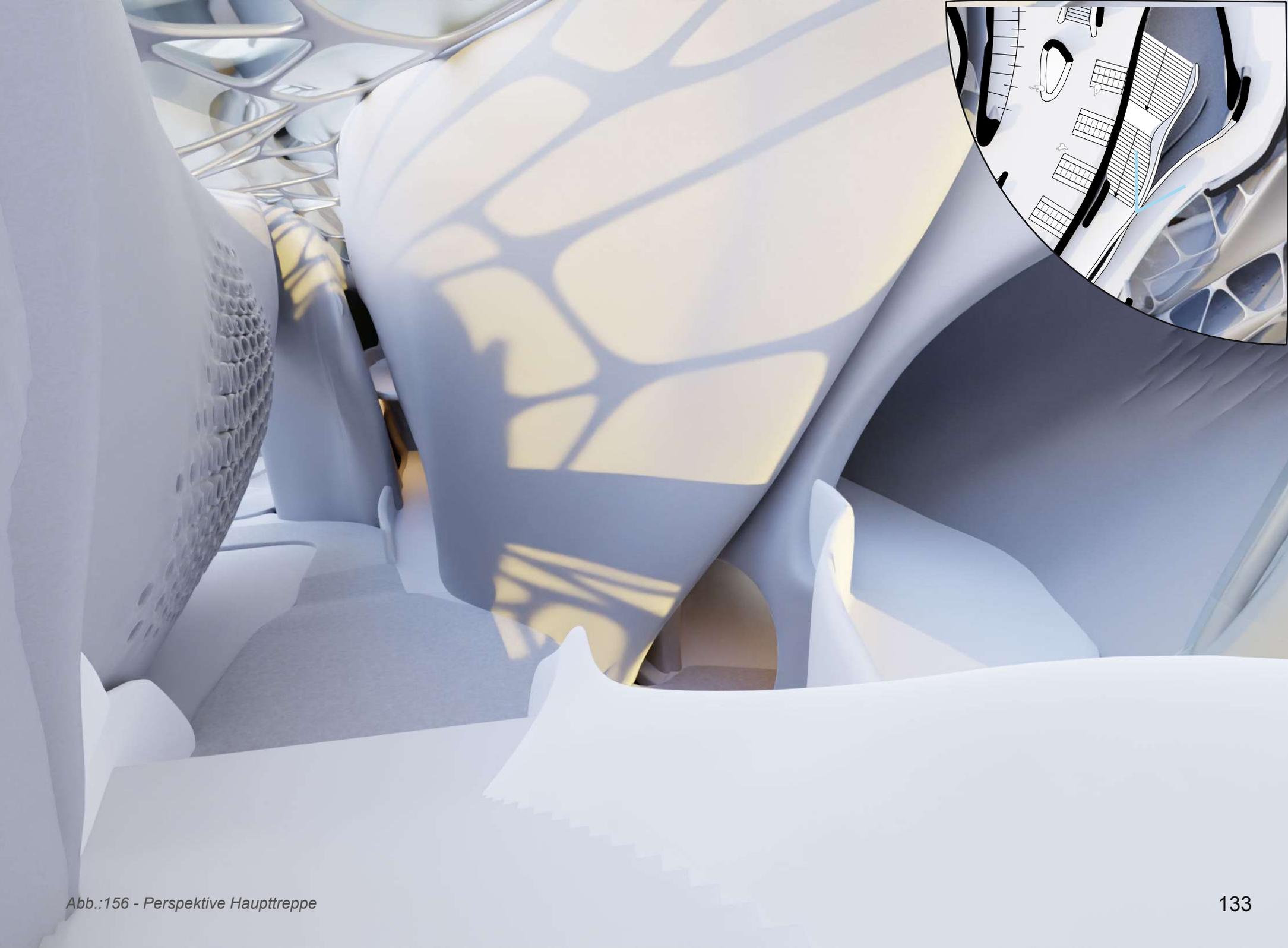


Abb.:156 - Perspektive Haupttreppe

GRUNDRISS EG

- 1 Apartament 06
- 2 Apartament 07
- 3 Restaurant
- 4 Küche
- 5 Liegewiese
- 6 WC
- 7 Garderobe
- 8 Duschen
- 9 Thermenland
- 10 Ruhezone
- 11 Flinta* Thermenland
- 12 Flinta* Ruhezone
- 13 Raumbecken EG

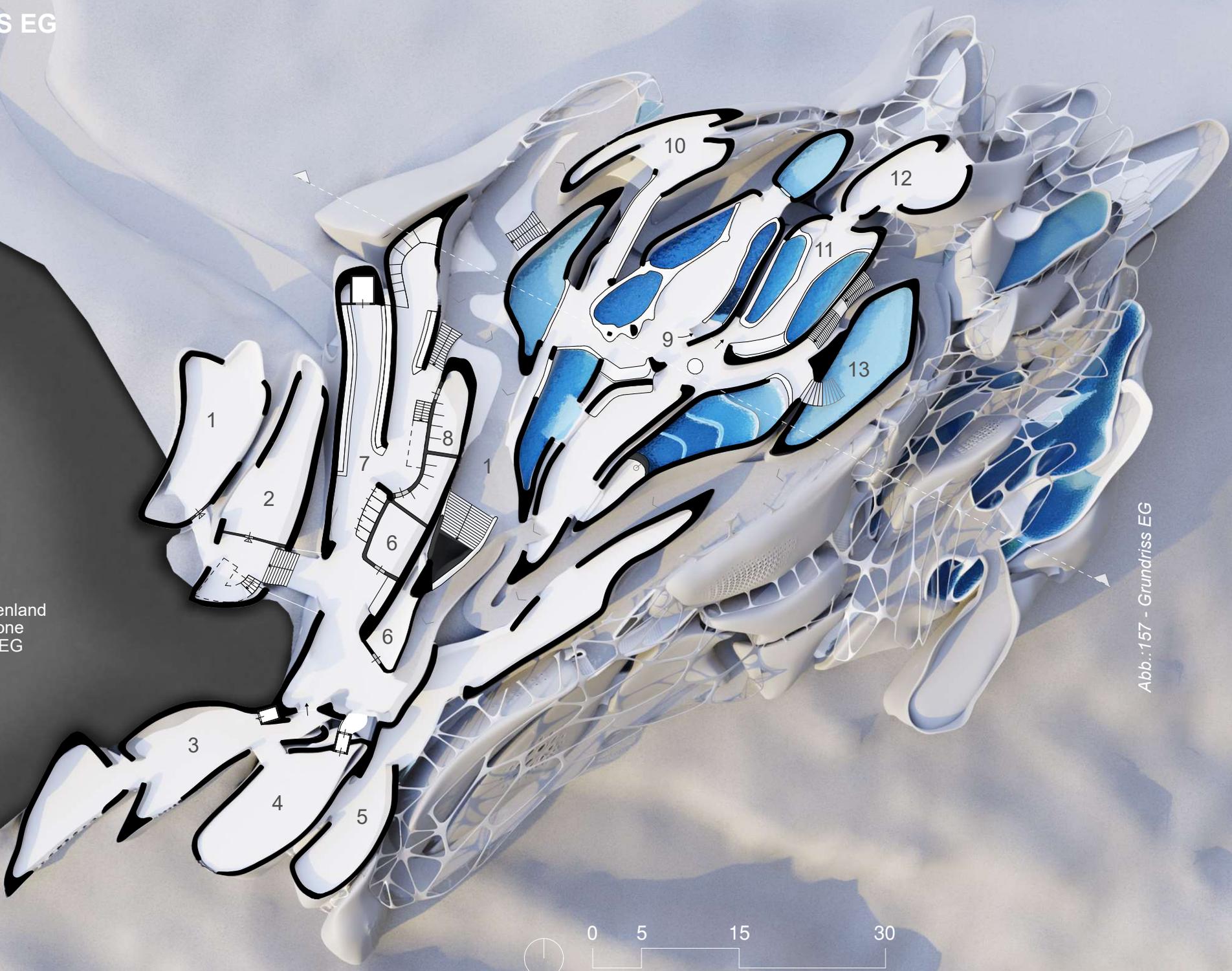


Abb.:157 - Grundriss EG



Abb.:158 - Grundriss EG Detailliert

SCHNITT C

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



- 1 Anlieferung
- 2 Lager
- 3 Beckenraum OG
- 4 Gallerie/Ruhebereich
- 5 Thermenland
- 6 Treppenbecken
- 7 Soft-Sauna-Bereich
- 8 Outdoor Bar
- 9 Outdoor Becken



Abb.:159 -Schnitt C: Haupthalle



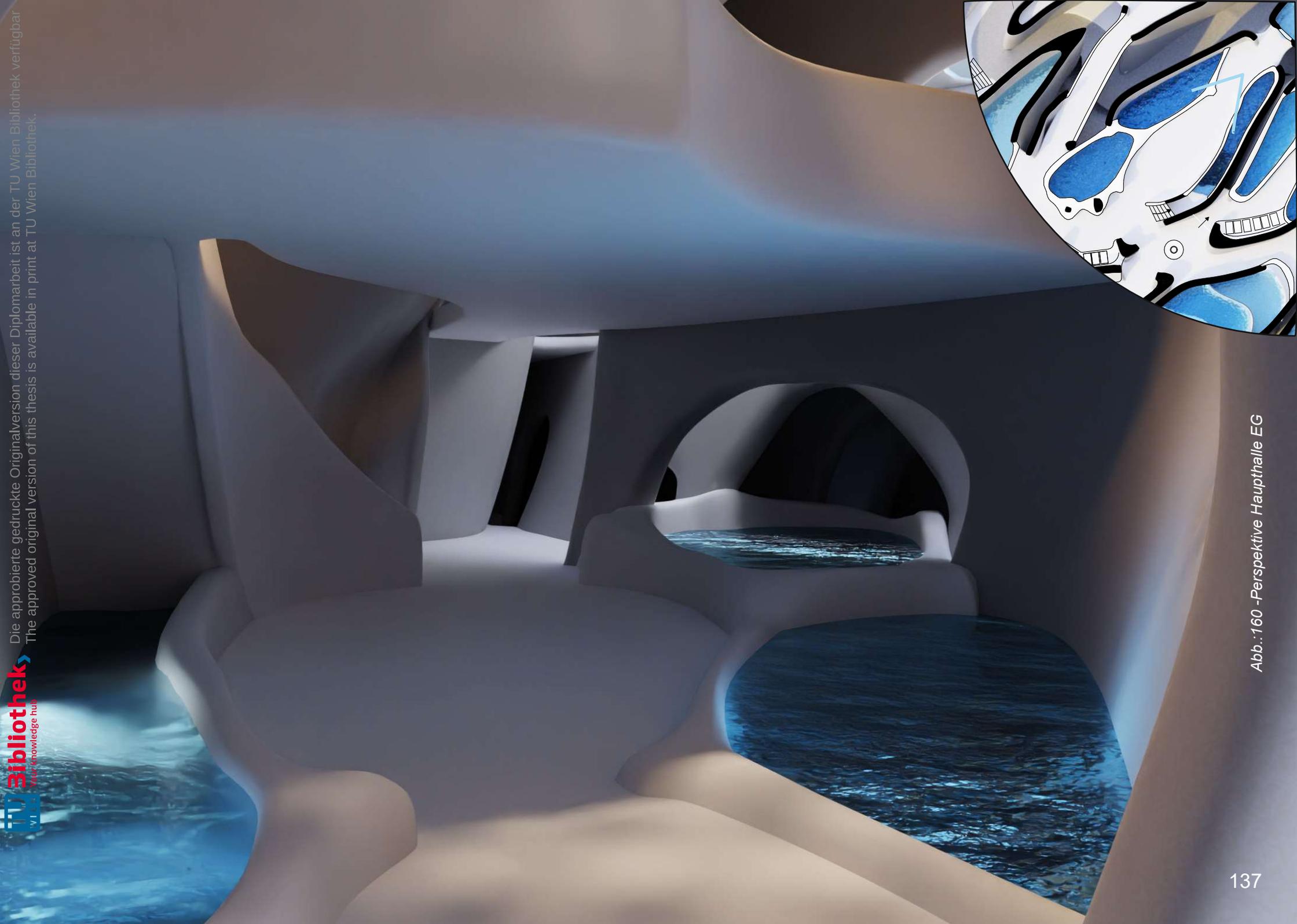


Abb.:160 -Perspektive Haupthalle EG



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

Abb.:161 -Perspektive Beckenraum

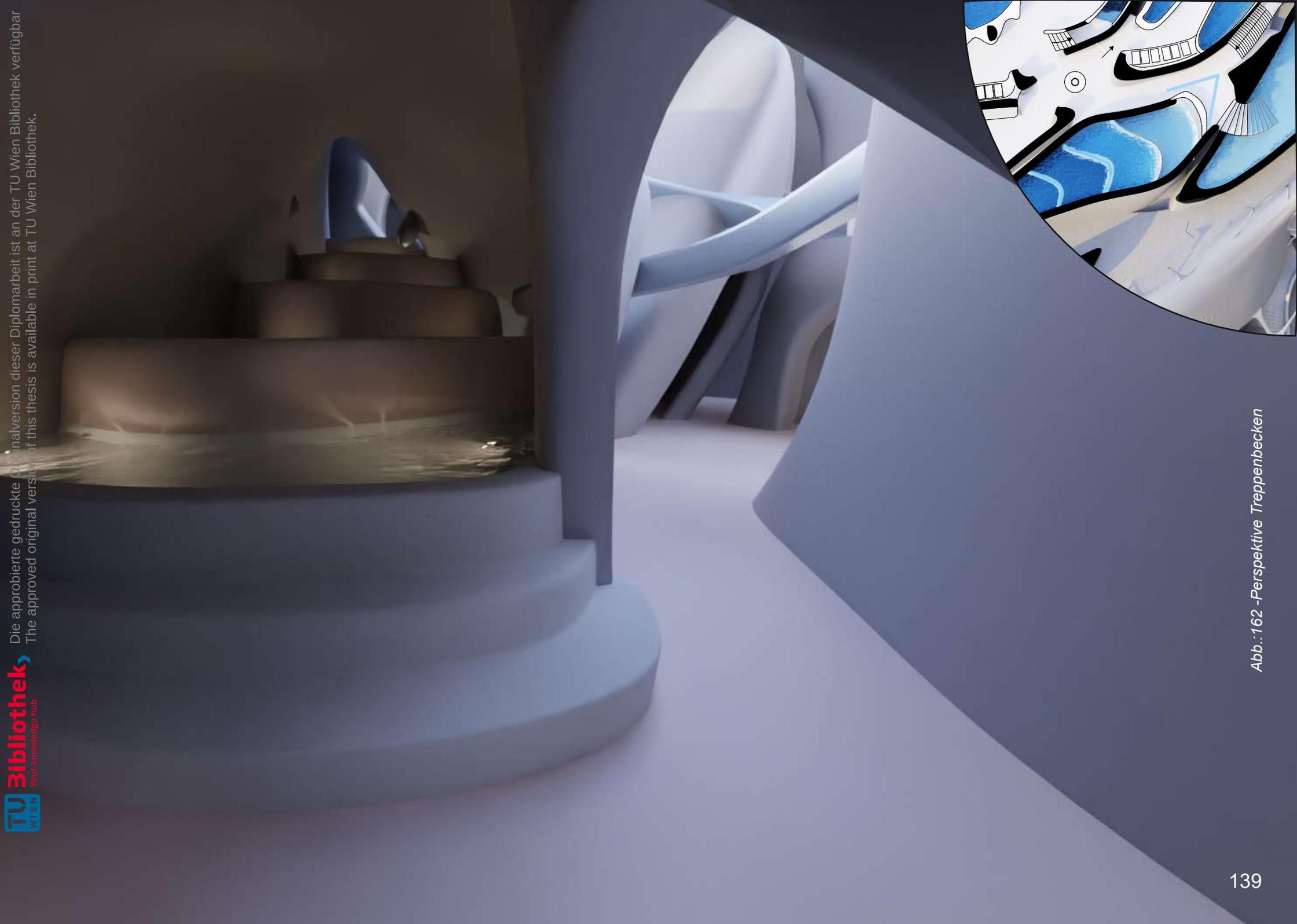
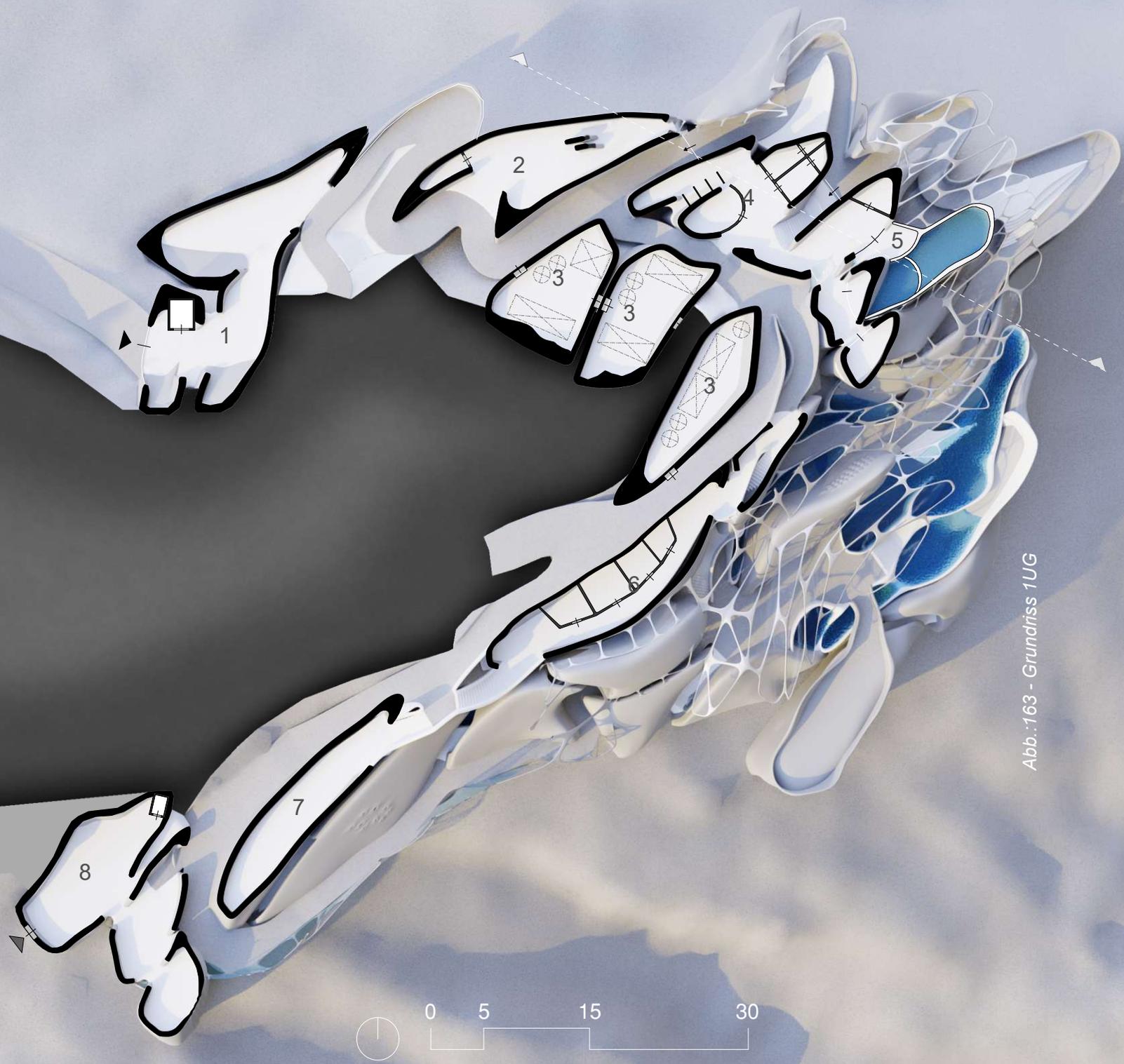


Abb.:162 -Perspektive Treppenbecken

GRUNDRISS 1UG

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



- 1 Anlieferung/Logistik
- 2 Ruhebereich
- 3 Technik Wasser
- 4 Saunalandschaft
- 5 Sauna Außenbereich
- 6 Soft-Sauna-Bereich
- 7 Schlafräum
- 8 Ruhebereich

Abb.:163 - Grundriss 1UG



Abb.:164 - Grundriss 1UG Detailliert

SCHNITT D

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

TU Bibliothek
WIEN
UNIVERSITÄT



- 1 Ruhebereich
- 2 Haustechnik
- 3 Saunalandschaft
- 4 Flinta* Ruhebereich
- 5 Sauna Ruheräume
- 6 Sauna Outdoorbereich





- 1 Ruhebereich
- 2 Höhlenbecken
- 3 WC
- 4 Outdoor Bar
- 5 Outdoor Beckenlandschaft
- 6 Finnische Außensauna
- 7 Sauna Ruhebereiche



Abb.:167 - Grundriss 2UG



Abb.:168 - Grundriss 2UG Detailliert

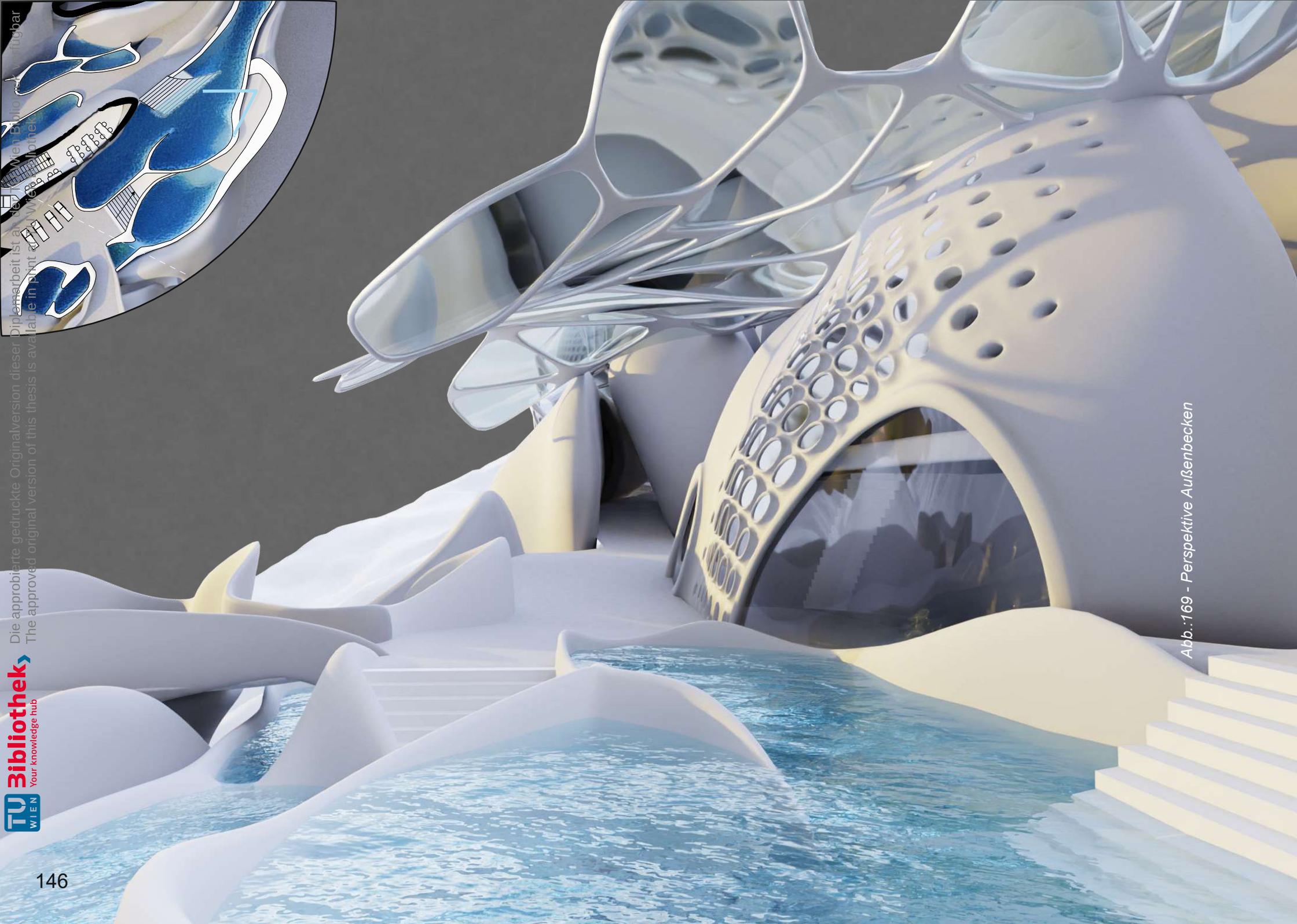


Abb.:169 - Perspektive Außenbecken

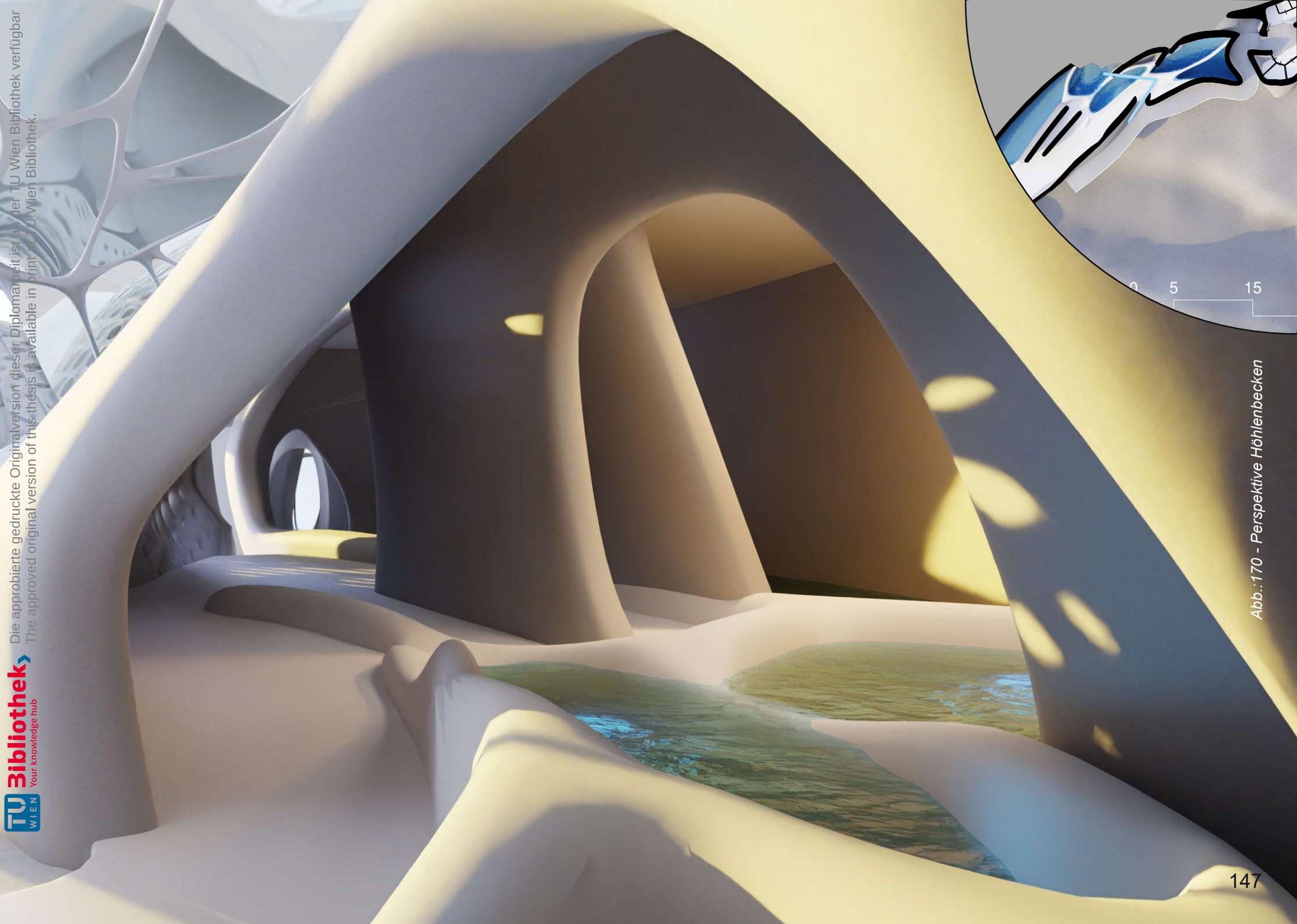


Abb.:170 - Perspektivie Höhlenbecken





Abb.:171 - Perspektive Nord

06 | BEWERTUNG

Bewertung des Blender Geometry Nodes - Tools für Architektur

Im Zuge der Arbeit sind viele neue Ansätze für eine parametrische Architektur in Blender entstanden und die Ergebnisse zeigen, dass Geometry Nodes durchaus fähig zur Entwicklung und auch zur Ausarbeitung ist. Der Einsatz des Node-Systems konnte sowohl in der Gebäudegenerierung selbst, als auch für viele Details eingesetzt werden.

Folgende genannte Aufgaben wurden über Geometry Nodes bewältigt:

Generierung einer Grundform für die weitere Verarbeitung
Umwandlung von Kurven in Wege für eine rasche Modellierung
Erstellung von verschiedenen Öffnungsarten mittels Materialzuweisung und Weight Paint
Generierung einer Pool/Dachstruktur als Grundlage zur Modellierung
Umwandlung einer Netzstruktur in eine fertige Dachhaut
Generierung von nach oben dünner werdenden Wandstärken
Marker zur Berechnung der Seehöhe/Höhe zum Projektnull

Folgende Aufgaben wurden über Grasshopper bewältigt:

Generierung der Pfade zwischen 2 Punkten auf dem Gelände mit möglichst geringem Gefälle

Der Grund für das Ausweichen auf Grasshopper erfolgte wegen fehlender Bausteine in Blender. Mit dem Update 3.3 [4] wurde eine Shortest Path Node hinzugefügt, dieser könnte bei der Aufgabe helfen. Des Weiteren wird gerade an einem Simulation Node gearbeitet, welcher komplizierte Berechnungen erlauben könnte [6].

Umwandlung der Höhenschichtlinien in ein 3D Modell

Die Entscheidung für Grasshopper hatte mehrere Gründe. Zum Einen erlaubt Rhino (Grasshopper) einen Umgang mit vielerlei CAD Daten. Des Weiteren waren für diese Aufgabe Datenlisten sehr wichtig, die einzelnen Höhenschichtlinien konnten in der Liste richtig sortiert und dann in der richtigen Reihenfolge über eine Schleife eine nach der anderen versetzt werden. In Geometry Nodes ist der Umgang mit Listen-Daten nicht so transparent gestaltet und Schleifen sind bis dato (2023/03) noch nicht möglich.

[6] vgl. Default Cube. Blender Simulation Node Review. Abgerufen unter: https://www.youtube.com/watch?v=0p_Rds5w01U (30.03.2023)

07 | ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Nach eingehender Auseinandersetzung mit Geometry Nodes lässt sich feststellen, dass diese Technologie ein beträchtliches Potenzial für die Architektur der Zukunft birgt. Von der Fassade bis hin zu städtebaulichen Assembles erlaubt das Tool die Erstellung komplexer und einzigartiger organischen Designs. Für die Detaillierung ist meist ein Zwischenschritt zur Geometrieanpassung nötig. Hier müsste noch weiter an Lösungsansätzen geforscht werden. Da Blender 3D laufend Updates veröffentlicht, besteht hier noch großes Potenzial für weitere Fortschritte und Verbesserungen. Dementsprechend gilt es auch, in Zukunft weitere neue Bausteine zu testen und in die Arbeitsschritte zu implementieren. Auch abseits von Geometry Nodes hat Blender 3D viel zu bieten, eine Kombination aus parametrischer Modellierung, manueller Modellierung und der Ergänzung durch zahlreiche verfügbare Plugins erschafft beinahe endlos viele Möglichkeiten. Die Software könnte somit den Grundstein für eine zukunftsweisende Architektur legen.

Nach derzeitigem Stand kann man sagen, dass für die Detaillierung bei der Erstellung von organischen Designs mit Geometry Nodes oft ein Zwischenschritt zur Geometrieanpassung erforderlich ist. Es bleibt jedoch noch viel Raum für Forschung und Lösungsansätze in diesem Bereich.

Da Blender 3D kontinuierlich aktualisiert wird, können weitere Entwicklungen und Verbesserungen erwartet werden, um die Anforderungen von Architekten und Designern zu erfüllen. Infolgedessen ist es wichtig, zukünftig neue Bausteine zu testen und in die Arbeitsabläufe zu integrieren.

Abgesehen von Geometry Nodes bietet Blender 3D auch eine breite Palette an Möglichkeiten, darunter parametrische und manuelle Modellierung sowie die Integration von zahlreichen Plugins. Dies macht Blender 3D zu einer leistungsstarken und vielseitigen Software für Architekten und Designer, die sich für eine zukunftsweisende Architektur einsetzen.

08 | QUELLENVERZEICHNIS

[1] Information zur Hochalpenstraße: 13 km lange Hochalpenstraße

Abgerufen unter: <https://www.soelden.com/de/sommer/sport-und-freizeit/ausflugziele/ausflugziele-in-soelden/hochalpen-und-mautstrassen.html> (31.03.2023)

[2] Was ist Blender Geometry Nodes?

Abgerufen unter: https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/geometry_nodes/introduction.html (27.03.2023)

Freie Übersetzung aus dem Englischen ins Deutsche.

[3] Shortest edge path node in Blender 3.3

Abgerufen unter: https://wiki.blender.org/wiki/Reference/Release_Notes/3.3/Nodes_Physics (29.03.2023)

[4] Piker, Daniel (McNeel), 2020, Pathslope. Abgerufen unter: <https://discourse.mcneel.com/t/min-max-slope-pathfinder-in-kangaroo/101259/4> (27.06.2022)

[5] Was is Weight Painting?

Abgerufen unter: https://docs.blender.org/manual/en/latest/sculpt_paint/weight_paint/introduction.html#the-weighting-color-code (27.03.2023)

Freie Übersetzung aus dem Englischen ins Deutsche.

[6] Blender Simulation Node. Abgerufen unter: https://www.youtube.com/watch?v=0p_Rds5w01U (30.03.2023)

08.1 | Programmliste

Blender 3D (Version 3.1 - 3.4) (<https://www.blender.org/>) (15.03.2022)

Blender GIS - Plugin

Rhino 7 + Grasshopper (<https://www.rhino3d.com/>) (16.04.2022)

Bison Addon (<https://www.bison.la/>) (20.05.2022)

Terrainmesh Addon (<https://www.food4rhino.com/en/app/dtm-digital-terrain-mesh>) (20.05.2022)

Unreal Engine 5 (<https://www.unrealengine.com/en-US/unreal-engine-5>) (02.02.2023), verwendet für: Visualisierung

ArchiCAD (https://graphisoft.com/de/archicad?gclid=CjwKCAjw5pShBhB_EiwAvmnNVzrJHEJjdUKZwXoM8KPZf9nojLLluwhZ6-V0emaBLrd26fh4ouO3lXoC0MQQAvD_BwE) (31.03.2023)

Sonstige: GIMP, Krita, Affinity Suit

09 | ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb.:01 *Bauplatz-Ansicht mit generiertem Gebäudekomplex: Daten aus Blender GIS*

Quelle: <https://github.com/domlysz/BlenderGIS> (20.03.2023), bearbeitet in Blender, gerendert in Unreal Engine

Abb.:02 *Screenshot der Bauplatzübersicht*

Quelle: *Google Earth (Google Inc.)*

Abgerufen unter: <https://earth.google.com/web/@46.92271185,10.94783731,2793.50355849a,4789.96167295d,35y,-0h,8.17436974t,0r> (31.03.2022)

Abb.:03 *Screenshot der Bauplatz-Ansicht*

Quelle: *Google Earth (Google Inc.)*

Abgerufen unter: <https://earth.google.com/web/@46.92271185,10.94783731,2793.50355849a,4789.96167295d,35y,-0h,8.17436974t,0r> (31.03.2022)

Abb.:04 *Screenshot des Bauplatz mit Umgebung*

Quelle: *Google Earth (Google Inc.)*

Abgerufen unter: <https://earth.google.com/web/@46.92271185,10.94783731,2793.50355849a,4789.96167295d,35y,-0h,8.17436974t,0r> (31.03.2022)

Abb.:05 *Screenshot des Bauplatzes & ummittelbare Umgebung*

Quelle: *Google Earth (Google Inc.)*

Abgerufen unter: <https://earth.google.com/web/@46.92271185,10.94783731,2793.50355849a,4789.96167295d,35y,-0h,8.17436974t,0r> (31.03.2022)

Abb.:06 *Domes, Otto. Tiefenbach Gletscher Sölden Sommer 2016*

Quelle: *Wikipedia*, abgerufen unter: https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Tiefenbachgletscher_S%C3%B6lden_Sommer_2016.jpg (30.03.2023)

Abb.:07 *Zumthor, Peter. Perspektivische Zeichnung der Therme Vals* Abgerufen unter: <https://www.behance.net/gallery/18747089/Zumthors-Therme-Vals-Analysis> (30.03.2023)

Abb.:08 *Diego, Delso. Aquae Suli Bath (CC BY-SA via Wikimedia Commons)*

Abgerufen unter <https://thermen.at/magazin/news/2079-geschichte-der-thermen-die-roemische-thermenkultur> (30.03.2023)

Abb.:09 *"Intérieur de bains publics à Kashan en Perse vers - Lithographie de Pascal Coste." by Eugène Flandin - Voyage en Perse, avec Flandin, éd. Gide et Baudry, 1851 (Public Domain via Wikimedia Commons)*

Quelle: *thermen.at*, abgerufen unter: <https://thermen.at/magazin/wissenswertes/2080-geschichte-der-thermen-das-mittelalter> (30.03.2023)

Abb.:10 *Therme Vals Foto.* Abgerufen unter: <https://vals.ch/erleben/erholung/therme-vals/> (30.03.2023)

Abb.:11 *Grundriss der zentralen Thermen in Pompeji*

Quelle: *Wikipedia*, abgerufen unter: https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Tiefenbachgletscher_S%C3%B6lden_Sommer_2016.jpg (30.03.2023)
bearbeitet in Krita

Abb.:12 *Rieser, Micha L. 2010, Anordnung der Räume und Bäder der Badeebene - Therme Vals*

Abgerufen unter: https://de.wikipedia.org/wiki/Therme_Vals#/media/Datei:Therme-Vals-Anordnung.svg (30.03.2023)

Abb.:13 *Raumprogramm - Therme Vals, erstellt mit Draw.io* (<https://app.diagrams.net/>)

Abb.:14 *Vorläufiges Raumprogramm, erstellt mit Draw.io* (<https://app.diagrams.net/>)

Abb.:15 *Geländemodellierung in Rhino3D: Geländedaten aus: 'Land Tirol - data.tirol.gv.at', verfügbar unter CC BY 4.0 - Lizenz, Lizenz-Daten nachzulesen unter <https://www.tirol.gv.at/data/nutzungsbedingungen/>, geöffnet in AutoCAD, umgewandelt in Rhino/Grasshopper*

Abb.:16 Screenshot zu Download der Laserdaten: Geländedaten aus: 'Land Tirol - data.tirol.gv.at', verfügbar unter CC BY 4.0 - Lizenz, Lizenz-Daten nachzulesen unter <https://www.tirol.gv.at/data/nutzungsbedingungen/>, geöffnet in AutoCAD, umgewandelt in Rhino/Grasshopper
Abgerufen unter: <https://tiris.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=5e3071044cb44e76843d110baef8b138> (21.05.2022)

Abb.:17 In Rhino importierte Höhenschichtlinien: Geländedaten aus: 'Land Tirol - data.tirol.gv.at', verfügbar unter CC BY 4.0 - Lizenz, Lizenz-Daten nachzulesen unter <https://www.tirol.gv.at/data/nutzungsbedingungen/>, geöffnet in AutoCAD, bearbeitet in Rhino

Abb.:18 3D Gelände in Rhino3D: Geländedaten aus: 'Land Tirol - data.tirol.gv.at', verfügbar unter CC BY 4.0 - Lizenz, Lizenz-Daten nachzulesen unter <https://www.tirol.gv.at/data/nutzungsbedingungen/>, geöffnet in AutoCAD, umgewandelt in Rhino/Grasshopper

Abb.:19 Grasshopper Script und generierte Geometrie

Abb.:20 Blender Geometry Nodes Übersicht.
Abgerufen unter https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/geometry_nodes/introduction.html (27.03.2023)

Abb.:21 - 25 Experimente in Blender Geometry Nodes (Blender Version 3.1)

Abb.: 26 Nachbildung und Experimente inspiriert von: Default Cube, *Turning ANYTHING into Rocks*.
Abgerufen unter: <https://www.youtube.com/watch?v=QA13LPCZ3dM&t=666s> (13.05.2022)

Abb.:27-38 Experimente und Gebäudeentwicklung in Blender Geometry Nodes (Blender Version 3.1)

Abb.:39 Geometry Nodes - Gebäude Skript Übersicht in Blender (Blender Version 3.4)

Abb.:40-51 Schritt für Schritt - Generation des Gebäudes

Abb.:52 Übersicht zum Basis-Setup in Blender

Abb.:53-67,70 Auszüge und Node-Gruppen aus dem Gebäude Skript in Blender Geometry Nodes (Blender Version 3.4)

Abb.:68 Beispiel für Variante der Generation in Blender

Abb.:69 Flächenberechnung der Grundflächen des generierten Gebäudes in Blender Geometry Nodes

Abb.:71 Skript - Parameter in Blender 3.4 (Modifier Tab)

Abb.:72-91 Mit Gebäudeskript erstellte Varianten, Blender

Abb.:92 Generierte gewählte Variante, Blender

Abb.:93 Grundflächen der gewählten Variante (21)

Abb.:94 Perspektive der gewählten Variante

Abb.:95-96 Formfehler durch die Generierung, Blender

Abb.:97 Manuell überarbeitete Gebäudehülle

Abb.:98 Rhino-Setup für Geländemodellierung mit Overlay der Blender Geometrie

Abb.:99 Erste Skizze zur Raumverteilung und Anpassung des Wegnetzes, erstellt in Krita

Abb.:100 Überarbeitete Form mit neuen Wegen, Blender

Abb.:101 Rendering - Öffnungen in den Apartments

Abb.:102 Blender Geometry Nodes Skript für Öffnungen (Blender 3.4)

Abb.:103 Entstehung der Öffnungen in Blender

Abb.:104 Darstellung der Öffnungen durch Materialzuweisung vor und nach Blender Geoemtry Nodes

Abb.:105 Weight Painting Farbsystem. Abgerufen unter: https://docs.blender.org/manual/en/latest/sculpt_paint/weight_paint/introduction.html#the-weighting-color-code (27.03.2023)

Abb.:106 Weight Painting Öffnungen vor und nach Blender Geoemtry Nodes

Abb.:107-108 Vergleich: Runde und eckige Öffnungen durch Blender Geometry Nodes Skript

Abb.:109 Perspektive mit Öffnungen, Blender

Abb.:110 Öffnungen im Obergeschoss, Blender

Abb.:111 Öffnungen im Grundriss, Blender

Abb.:112 Entstehung der Dachkonstruktion in Blender

Abb.:113 Blender Geometry Nodes Skript zum Modus-Wechsel (Blender 3.4)

Abb.:114 Skriptübersicht für Dach-/Poolgeneration (Blender 3.4)

Abb.:115-126 Schritt für Schritt - Generation der Dachstruktur/Poolstruktur

Abb.:127 Übersicht zum Dach-Setup in Blender

Abb.:128-135 Auszüge und Node-Gruppen aus dem Pool Skript in Blender Geometry Nodes (Blender Version 3.4)

Abb.:136-139 Dachvarianten, Blender

Abb.:140 Umwandlung der Dachkonstruktion in 2 Schritten

Abb.:141 Fertige Poolkonstruktion im Grundriss, Blender

Abb.:142 Perspektive des fertigen Gebäudes

Abb.:143-170 Grundrisse, Lagepläne, Schnitte und Perspektiven, erstellt in Blender, ArchiCAD und GIMP