



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

DIPLOMARBEIT

Parametrisches Entwerfen für den hochalpinen Raum

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

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Manfred Wolff-Plottegg

E 253

Institut für Architektur und Entwerfen

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

BSc. Florian Hartmaier
01026325

Wien, am 14.03.2020

ERKLÄRUNG

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne die Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

INHALTSVERZEICHNIS

0	ABSTRACT	7
1	ANALYSE VON BEISPIELEN	9
2	GRUNDLAGE	15
3	ENTWURF	17
	3.1 GRUNDSTÜCK	17
	3.2 QUADER	22
	3.3 NEUE ANORDNUNG DER QUADER	27
4	WEITERFÜHRUNG	37
	4.1 KONSTRUKTIVE AUSFORMULIERUNG - GEBÄUDE 01	37
	4.2 KONSTRUKTIVE AUSFORMULIERUNG - GEBÄUDE 02	44
5	ABSCHLUSS	51
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	52
	LITERATURVERZEICHNIS	54

0 ABSTRACT

Das Projekt behandelt Bauwerke für den hochalpinen Raum.

Ziel ist es, eine neue und automatisierte Entwurfsmethode für Gebäudestrukturen im alpinen Raum zu generieren, wobei der Computer verwendet wird.

Die vielen bestehenden Beispiele von Bauten im Gebirge zeigen unterschiedliche Entwurfsansätze. Das dominante Gestaltungskonzept - beispielsweise an sechs Bauten analysiert - zeigt jedoch wenig Bezug zum jeweiligen Ort.

Diese Diplomarbeit nimmt die Eigenschaften des Ortes/Bauplatzes in Form der Topografie/ Geometrie direkt auf und entwickelt daraus die neue Gebäudestruktur.

Die in Folge analysierten Beispiele veranschaulichen die Diversität an Entwürfen und Funktionen von Gebäuden im alpinen Raum.

Diese Diplomarbeit behandelt das PARAMETRISCHE ENTWERFEN FÜR DEN HOCHALPINEN RAUM. Dabei wird mit einer neuen Entwurfsmethode gearbeitet, die speziell auf die Topografie im hochalpinen Gelände ausgelegt ist. Bestehende Gebirgszüge werden erfasst und als dreidimensionales Modell am Computer eingelesen. Im nächsten Schritt wird die Oberfläche der Berglandschaft analysiert und die dabei gewonnenen Daten dienen als Input für den Entwurf und werden durch zahlreiche Operationen digital bearbeitet. Rhino und Grasshopper sind die dabei verwendeten Programme. Das Grasshopper Script lässt dabei ein Gebäude entstehen, dessen Gestaltung sich aus den Standortdaten ergibt, an dem es sich befindet. In Rhino wird die 3D Geometrie dargestellt. Dieses Script bildet den Kern der Diplomarbeit.

Die Entwicklung und die einzelnen Operationen im Script werden in den folgenden Kapiteln erläutert. Das Script ist unabhängig vom Input der jeweiligen Topografie und das Gebäude wird an jedem Ort der Berglandschaft automatisch eine andere Form annehmen. Das demonstrieren entsprechende Varianten dazu.

ABSTRACT - ENGLISH

The project deals with structures for the high alpine region.

The aim is to generate a new and automated design method for building structures in alpine areas, using the computer.

The many existing examples of buildings in the mountains show different design approaches. The dominant design concept - analyzed on six buildings, for example - shows little relation to the respective location.

This diploma thesis directly takes on the properties of the site / building site in the form of topography / geometry and develops the new building structure from it.

The examples analyzed below illustrate the diversity of designs and functions of buildings in the Alpine region.

This diploma thesis deals with **PARAMETRIC DESIGN FOR THE HIGH ALPINE SPACE**.

This involves working with a new design method that is specifically designed for the topography in high alpine terrain. Existing mountain ranges are recorded and read in as a three-dimensional model on the computer. In the next step, the surface of the mountain landscape is analyzed and the data obtained serves as input for the design and is digitally processed through numerous operations. Rhino and Grasshopper are the programs used. The Grasshopper Script creates a building, the design of which results from the location data where it is located. The 3D geometry is displayed in Rhino. This script forms the core of the diploma thesis.

The development and the individual operations in the script are explained in the following chapters. The script is independent of the input of the respective topography and the building will automatically take on a different shape at every location in the mountain landscape. The corresponding variants demonstrate this.

1 ANALYSE VON BEISPIELEN

GAMSKARKOGELHÜTTE

Die Gamskarkogelhütte wurde 1828 von Erzherzog - Johann errichtet und ist eine der ältesten Schutzbauten der Alpen. Sie befindet sich auf dem Gipfel des Gamskarkogels in Bad Hofgastein.¹

“Der Beginn der Schutzhütten war geprägt von der Funktion, Erstbesteigungen überhaupt zu ermöglichen und den Adel sowie das Großbürgertum in Ihren ehrgeizigen Gebirgsannäherungen zu unterstützen.”²

Auch heute bietet die Alpenvereinshütte Bergsteigern Schutz vor Unwettern. In einfachen Matratzenlagern, ohne fließendem Wasser und Strom, können hier bis zu 24 Personen übernachten.³

Architektur

Typ: Almhütte - Die gleiche Bauform, wie sie im Tal häufig zu finden ist wurde auf den Berg transferiert. Landesübliche Materialien wie Holz und Stein aus der Umgebung kamen zum Einsatz.

Auf die umliegende Topografie wird bei diesem Beispiel wenig Rücksicht genommen. Im östlichen Gebäudeteil, in ca. zwei Metern Höhe befindet sich eine kleine Tür in der Wand. Diese Tür, nur über eine Leiter erreichbar, stellt den Eingang in den Winterraum dar und wird auch bei hoher Schneelage im Winter nicht verschüttet. Diese Anpassung des Gebäudes ermöglicht Bergsteigern den Zugang im Winter und stellt somit eine Veränderung zu Bauten im Tal dar.



Abb. 1 Gamskarkogelhütte

Quelle: grossarlal.info/de/almen/gamskarkogelhuette.html. 03.02.2020.

¹ Vgl. Bergwelten: Gamskarkogelhütte.

² Hallama, Doris: Hüttenbauen im Hochalpinen. S. 121.

³ Vgl. Gamskarkogelhütte: Die Hütte.

RUDOLFSHÜTTE

Die erste Rudolfshütte wurde 1874 als einfache Schutzhütte mit Kochplatz und Matratzenlager für fünf Personen errichtet. Durch den Bau eines Staudamms versank die Hütte 1953 im Weißsee.

1959 wurde als Ersatz die neue Rudolfshütte erbaut, welche sich 65m über dem Wasserspiegel des Weißsees befindet. Mit 220 Betten sprengte das neue Haus alle Grenzen an Größe bisheriger Schutzbauten des Alpenvereins.

Durch zahlreiche Umbauten und Erneuerungen dient die heutige Rudolfshütte nicht nur Alpinisten als Stützpunkt, sondern begeistert auch als Berghotel mit Wellnessbereich etc. ein breites Publikum. Die Funktion veränderte sich im Laufe der Jahre vom Schutzhaus zum Erholungsort auf 2315 Metern.⁴

Architektur

Typ: städtisch - Das viergeschossige Gebäude mit steil geneigtem Pultdach erinnert stark an ein Wohnhaus im dicht bebauten, städtischen Gebiet. Auch hier nimmt die umliegende Landschaft kaum Einfluss auf die Architektur des Hotels. Die Sockelzone wurde aus gemauerten Steinschichtungen errichtet. Der Großteil der Fassade ist mit Lärchenschindeln gedeckt.

Der südliche Gebäudeteil ist leicht abgerundet. Hier wurde eine Photovoltaikanlage an der Fassade angebracht. Im Sockelbereich von diesem Gebäudeteil befindet sich der Wellnessbereich, der mit großzügigen Glasflächen, eine Blickbeziehung zum Weißsee und dem angrenzenden Gletscher herstellt.



Abb. 2 Berghotel Rudolfshütte Quelle: alpinzentrum-rudolfshuette.at. 03.02.2020.

⁴ Vgl. Alpinzentrum-Rudolfshütte: Berghotel Rudolfshütte. Geschichte.

OBSERVATORIUM SONNBLICK

Die meteorologische Beobachtungsstation wurde 1886 am Gipfel des Hohen Sonnblicks auf 3106 m Höhe eröffnet. Zur Erforschung von höheren atmosphärischen Schichten wurde die Forschungsstation in exponierter Lage errichtet und seit der Erbauung permanent von Meteorologen bewohnt. Das Gebäude bestand aus einem Wasserturm und einer kleinen Hütte. Diese kleine Hütte, das Zittelhaus, wurde für die Unterbringung der Forscher verwendet und im Laufe der Zeit erweitert und verbessert.⁵ 1986 wurde die Station grundlegend erneuert und es wurde zusätzlich ein Gebäude für luftchemische Messungen, fernab von Emissionsquellen, errichtet. Heute wird die Station in Zusammenarbeit mit der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) für zahlreiche Forschungsprojekte genutzt. Das Zittelhaus ist im Besitz des Alpenvereins und wird im Sommer auch für die Unterbringung und Bewirtung von Alpinisten genutzt.⁶

Architektur

Typ: Raumstation - Das Gebäude wurde aus mehreren Bauabschnitten zusammengesetzt. Zahlreiche Masten, Antennen und Messinstrumente dieser kleinteiligen Architektur vermitteln den Eindruck als würde es sich um eine Raumstation handeln. Die vielen Anbauten wurden je nach Bedarf an Messgeräten angebracht, berücksichtigen aber nicht die Einbindung in die Umgebung. Die Fassade wurde größtenteils aus roten Blechbahnen gestaltet und weist wenig Fensteröffnungen auf. Das Gebäude wurde rücksichtslos in Hinblick auf den Standort errichtet. Durch Auftauen des Permafrostes kommt es am Bauplatz zu starken Verschiebungen des Untergrundes. Nur durch die Errichtung von Erdankern und Betonpfeilern kann der poröse Bauplatz zusammengehalten werden. Bei anderen Projekten, wie z.B. dem Alpine Hybrid - im Folgenden näher dargestellt - wird die Wahl des Standortes besser gelöst.



Abb. 3 Observatorium Sonnblick
Quelle: sonnblick.net/de. 03.02.2020.

⁵ Vgl. Hallama, Doris: Hüttenbauen im Hochalpinen. S. 165f.

⁶ Vgl. Sonnblick. Über uns.

MESSNER MOUNTAIN MUSEUM

Auf dem Gipfelplateau des Kronplatzes in Südtirol, auf 2275 Metern Höhe, ließ Reinhold Messner von Zaha Hadid sein sechstes und letztes Messner Mountain Museum errichten. Das Museum zeigt den traditionellen Alpinismus, wurde 2015 eröffnet und zählt zu den spektakulärsten Bauten in den Alpen. Der Kronplatz, ein beliebtes Skigebiet ist durch den Museumsbau nun auch im Sommer belebt. Messners Idee war es, einen Ort der Stille und Entschleunigung, der im Gegensatz zum Skibetrieb im Winter steht, zu schaffen.⁷ Das Gebäude wurde zum Großteil unterirdisch angelegt, um so wenig wie möglich in die Landschaft einzugreifen und eine zusätzliche Verbauung des Gipfels zu vermeiden. Drei große Fensterfronten und eine Plattform ragen aus dem Berg und geben den Blick auf das umliegende Bergpanorama frei. Das Gebäude wurde innen, sowie außen aus Beton gefertigt.⁸

Architektur

Typ: Zaha Hadid - fließende, organisch anmutende Formen dominieren den Entwurf und spiegeln die einzigartige Formensprache der Architektin wieder. Die Ausformulierung der Fenster in Form von Bullaugen wurde unabhängig vom Standort, bei mehreren Gebäuden der Architektin umgesetzt. Diese Gestaltungsmerkmale haben demnach nichts mit dem Ort zu tun an dem sich das Museum befindet, sondern vielmehr mit der Designsprache Hadids. Die Tatsache, dass sich das Gebäude auf der Spitze eines Berges befindet und größtenteils in den Berg hineingegraben ist, stellt eher einen Bezug zum Standort und dessen Topografie dar. In Wahrheit wurde das Gebäude jedoch nicht, wie auf Renderings und Schnitten dargestellt, in den Berg gegraben. Das Museum wurde errichtet und nachträglich mit Erdmaterial überhüllt, um so den Eindruck einer unterirdischen Architektur zu erzeugen.



Abb. 4 Messner Mountain Museum Corones

Quelle: kronplatz.com/de/sehen-erleben/museen/mmm+corones_i-142588. 03.02.2020

⁷ Vgl. Messner Mountain Museum. Corones.

⁸ Vgl. Bergwelten: MMM Corones. Ein Museum im Berggipfel.

MONTE ROSA HÜTTE

Die Monte Rosa Hütte ist eine Schutzhütte in den Schweizer Alpen und wurde 2008 in Zusammenarbeit vom Schweizer Alpen Club (SAC) und der Architekturabteilung der ETH Zürich geplant.

Die Hütte hat die Form eines Kristalls, bietet Platz für 120 Personen und wird vom SAC als Hightech Hütte bezeichnet. Bei dem Gebäude mit silberner Aluminiumhülle wurden bezüglich Haustechnik und Energiemanagement neue Ideen umgesetzt. In die Südfassade wurden Photovoltaikanlagen und thermische Solarkollektoren integriert, wodurch sich die Hütte zu 90 Prozent selbst mit Energie versorgt. Zudem wird Schmelzwasser in Kavernen gesammelt, gefiltert und eingespeist. Grauwasser wird für die Toilettenspülung wiederverwendet und kann danach durch bakterielle Filterung mit einer Mini-Kläranlage wieder in die Umgebung geleitet werden. Der Holzbau wurde in vorgefertigten Elementen per Hubschrauber eingeflogen und vor Ort zusammengesetzt.⁹

Architektur

Typ: Solitär - Die Monte Rosa Hütte wurde als kegelförmiges Gebäude scheinbar willkürlich in die Gletscherlandschaft der Schweizer Alpen gestellt. Die Formgebung als Kristall, um einen Bezug zur Umgebung herzustellen, ist nur bedingt ablesbar und wirkt sehr abstrakt. Auch bei diesem Beispiel hat die Struktur dieser Hütte wenig mit dem Standort zu tun, an dem sie sich befindet. Vielmehr stehen die im Gebäude verwendeten Technologien im Vordergrund und machen diese nach außen hin sichtbar. Daraus ergibt sich z.B. die geneigte, dunkle Fassade an der Südseite mit integrierter PV- Anlage.

Als entlegene Schutzhütte in extremen Gebiet funktioniert das Gebäude dadurch sehr gut, stellt jedoch gestalterisch keine Verbindung zum jeweiligen Ort her.



Abb. 5 Monte Rosa Hütte

Quelle: zermatt.ch/Media/Attraktionen/SAC-Huette-Monte-Rosa. 03.02.2020.

⁹ Vgl. Monte Rosa Hütte: Geschichte.

ALPINE HYBRID

Zwischen 2012 und 2015 wurde von dem Architekturbüro LAAC an dem Projekt Alpine Hybrid gearbeitet. Als Einziger, der zuvor genannten Projekte, wurde dieser Entwurf noch nicht realisiert.

“Ein Alpine Hybrid ist ein multifunktionales alpines Bauwerk. Unterschiedliche Funktionen alpiner Infrastrukturen wie beispielsweise Schutzbauten werden mit touristisch attraktiven Funktionen und im Bedarfsfall Energieträgern kombiniert.”¹⁰

Das Forschungsprojekt untersucht Infrastrukturen, die monofunktional und eine zeitlich begrenzte Nutzung haben, aber trotzdem das Potential besitzen, die unterschiedlichen Anforderungen des alpinen Raums miteinzubeziehen.

Unterschiedliche Funktionen sollen in einem Bauwerk zusammengefügt und verdichtet werden.¹¹

Architektur

Typ: Konzept

Dieser Entwurf ist am nächsten an der örtlichen Topografie orientiert - wurde aber nicht gebaut.

Das Gebäude erstreckt sich entlang des Steilhangs und ist vertikal in drei Streifen unterteilt. Die Höhe der Streifen verläuft annähernd parallel zum Steilhang. Das gesamte Gebäude ist feingliedrig aufgeteilt, gibt aber keine Auskunft über die Nutzung oder den Maßstab.

Durch Einbindung der Topografie in den Entwurfsprozess, schafft dieser Entwurf eine neue Formensprache für Gebäude im alpinen Raum.



Abb. 6 Visualisierung Alpine Hybrid Quelle: laac.eu/de/projects/alpine-hybrid. 03.02.2020

¹⁰ LAAC: AHY Alpine Hybrid.

¹¹ Vgl. LAAC: AHY Alpine Hybrid.

Anhand der Analyse der sechs Beispiele ist festzustellen, dass fast ausnahmslos wenig Rücksicht auf die umliegende Topografie genommen wurde. Die Gebäude wurden aus dem Kontext gerissen und an einen beliebigen Bauplatz im alpinen Gelände gesetzt.

Diese Erkenntnis ist ausschlaggebend für das Thema dieser Diplomarbeit, in der die umliegende Topografie aufgegriffen wird, um den Entwurf zu generieren. Im folgenden Kapitel wird der Ablauf der Generierung Schritt für Schritt dargestellt und anhand mehrfacher Ausführungen veranschaulicht.

2 GRUNDLAGE

Als Grundlage für den parametrischen Entwurf wird ein digitales Geländemodell, wie z.B. von Österreich, herangezogen. Dieses Geländemodell verwendet präzise LiDAR Daten, die mittels Airborne Laserscan (ALS) - Befliegungen ermittelt wurden.

Die Daten sind auf folgender Website frei zugänglich:

<http://data.opendataportal.at/dataset/dtm-austria>

Im ersten Schritt werden die Vermessungspunkte mit dem Add on Elk in Grasshopper eingelesen und in einem zweiten Schritt mit Rhino zu Oberflächen der jeweiligen Region zusammengefügt.

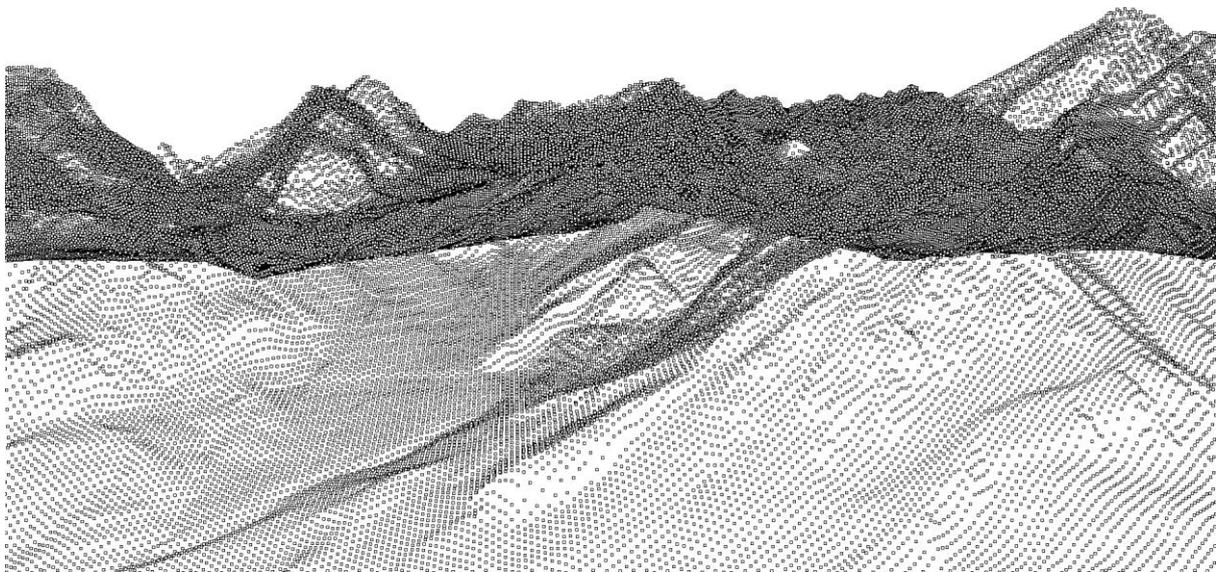


Abb. 7 LIDAR Daten Wolke - Abstand der Punkte 2m

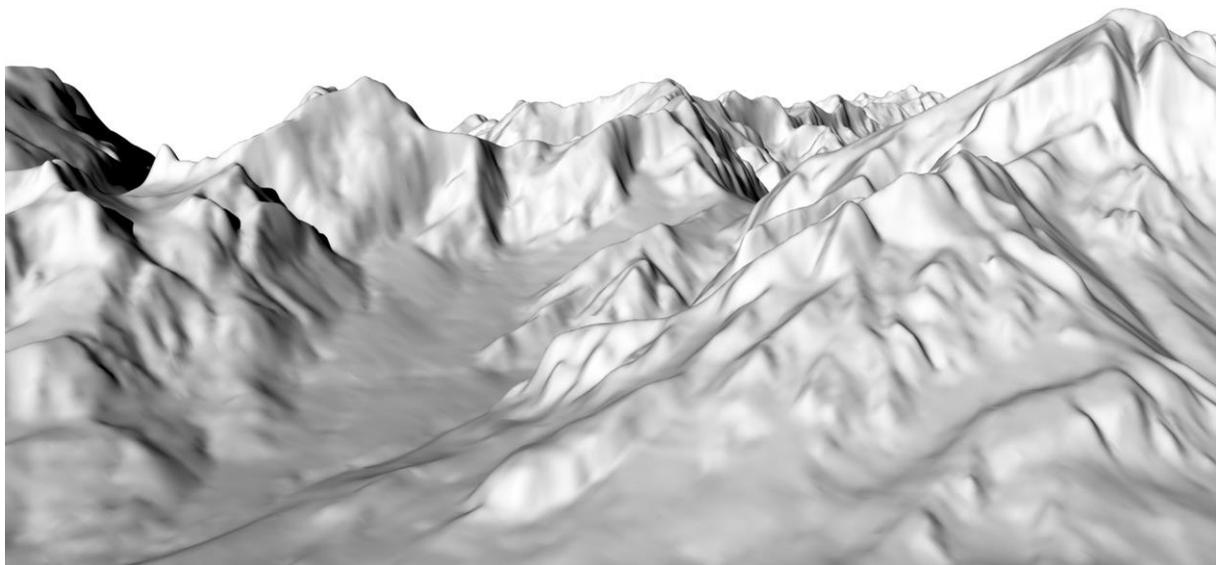


Abb. 8 Umwandlung zu orthogonalem Oberflächennetz/ Rendering

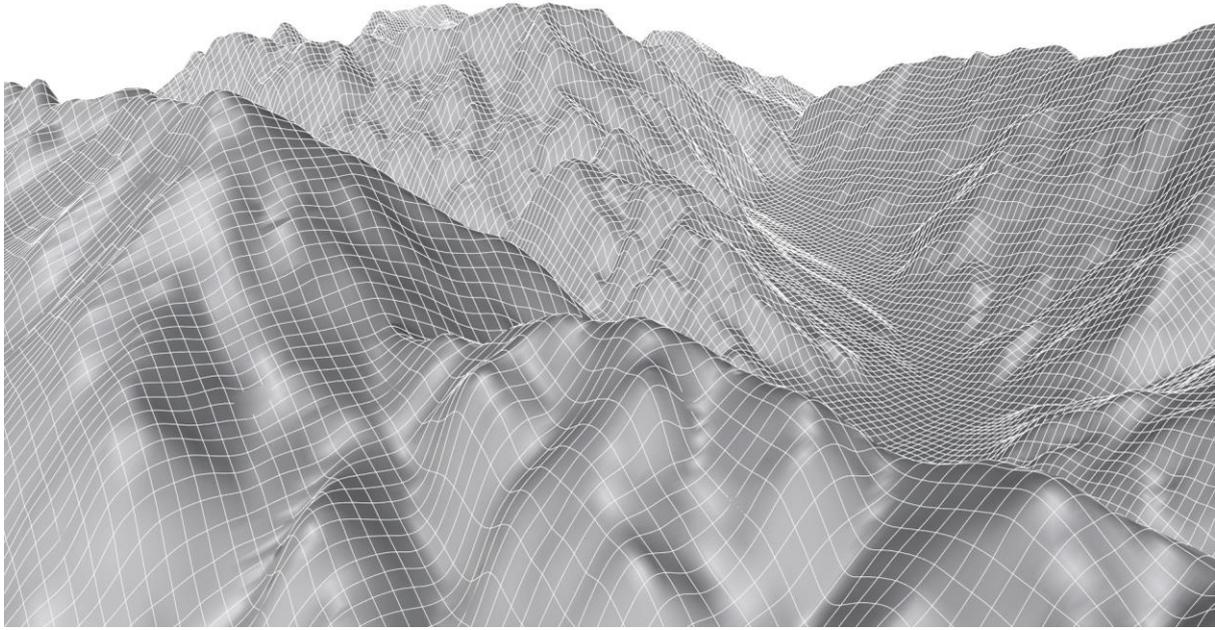


Abb. 9 Zoom - Orthogonales Oberflächennetz

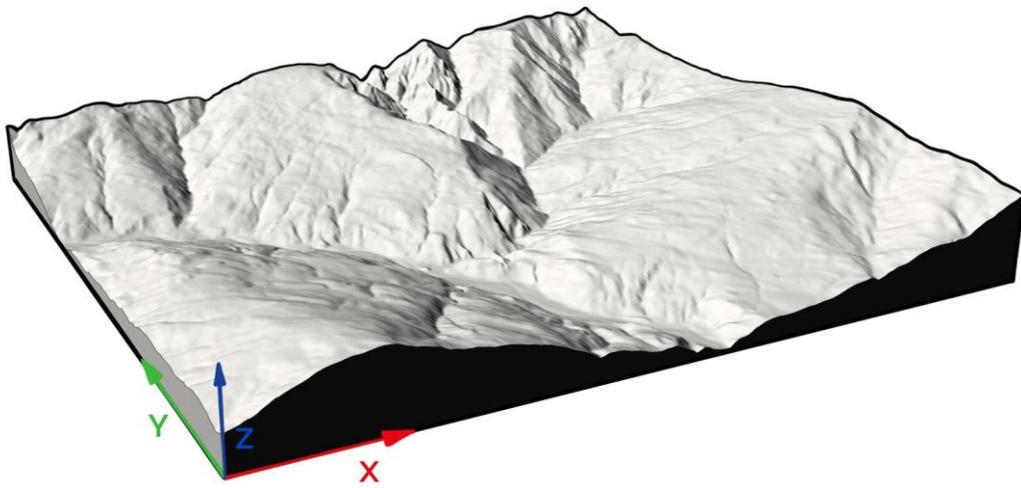


Abb. 10 3D Massenmodell mit xyz Koordinaten Ursprung

3 ENTWURF

3.1 GRUNDSTÜCK

Aus den heruntergeladenen Lidar Daten wird eine Bergregion in der Größe von z.B. 1100x1100 Metern herausgeschnitten.

Diese Bergregion wird in gleichgroße Quadrate unterteilt, indem die Region z.B. in 30x30 Felder aufgeteilt wird. Von diesen 900 Feldern wird ein Quadrat als Grundstück per Mausclick ausgewählt. Die Seitenlänge des Grundstücks beträgt 36,66m.

Die Abmessungen des quadratischen Grundstücks können per Slider verändert werden, indem z.B. in 40x40 Felder aufgeteilt wird.

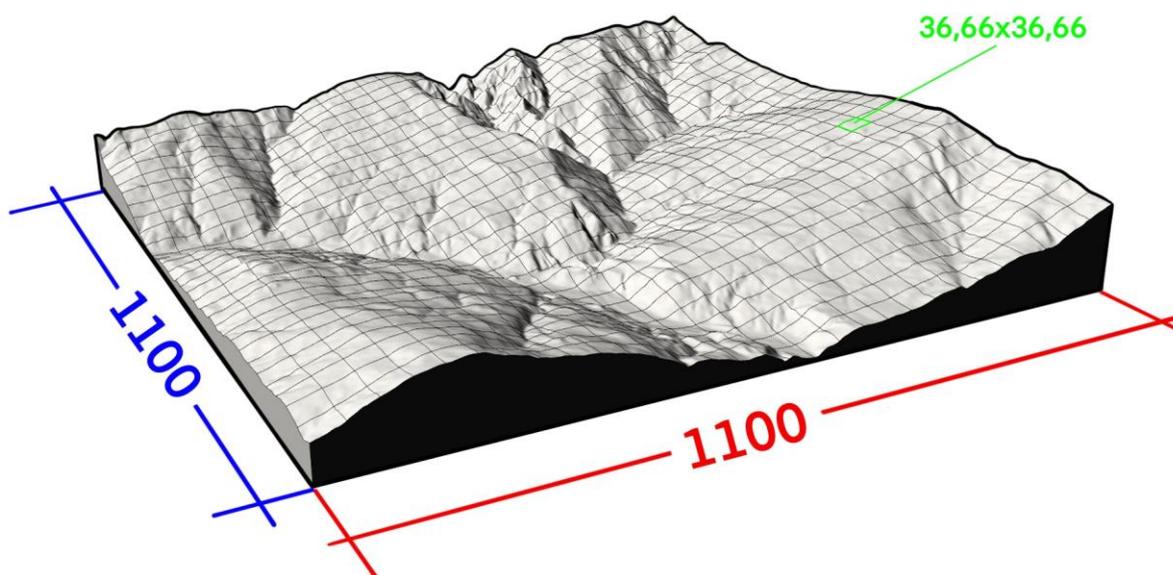


Abb. 11 Aufteilung der Oberfläche in 30x30 Felder

Ausführung in Grasshopper:

Die Oberfläche der Berglandschaft wird mit dem Befehl Isotrim unterteilt, wobei die Aufteilung über DivideDomain² gebildet wird. Hier kann mittels Slider die Anzahl der Unterteilungen in X und Y Richtung ausgewählt werden (z.B.30x30). Mit Selectable Preview, einem AddOn für Grasshopper wird ein gewünschtes Quadrat der Oberfläche ausgewählt. Die ausgewählte Oberfläche stellt das Grundstück G dar - den vorgesehenen Bauplatz.

Um die Abmessungen des Grundstücks G zu berechnen wird eine BoundingBox über G gelegt. Mit DeconstructBrep werden zwei Eckpunkte der BoundingBox selektiert und über Distance deren Abstand zueinander ermittelt. Über ein Panel kann die Seitenlänge s (im Bsp. 36,66m) des quadratischen Grundstücks G angezeigt werden.

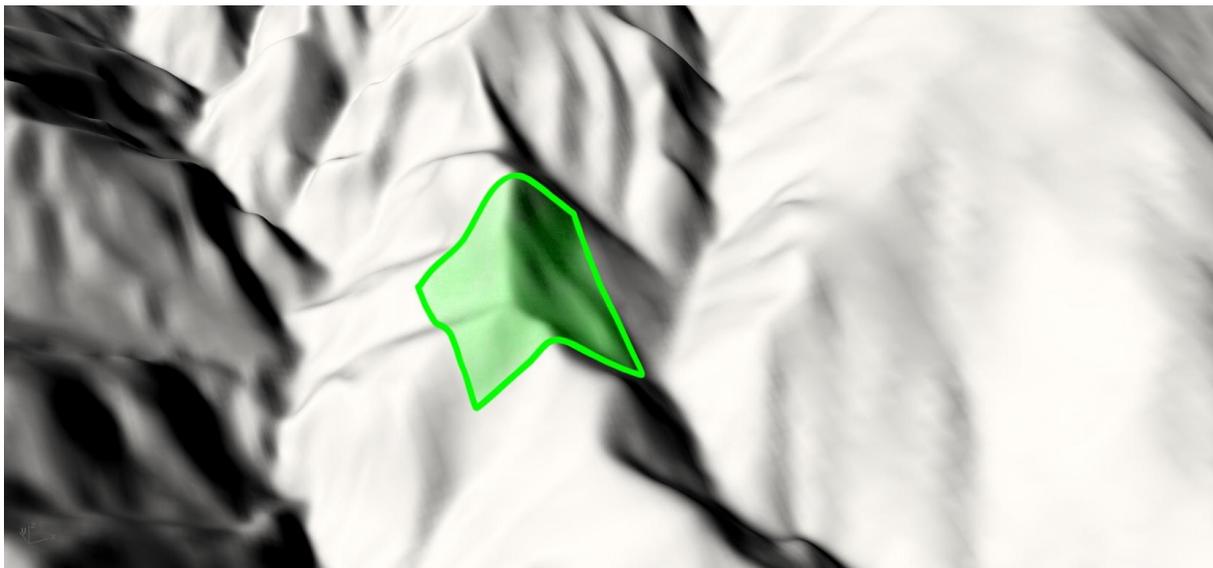


Abb. 12 Beliebiges Grundstück G durch SelectablePreview ausgewählt

Im tiefsten Punkt der Grundstücksoberfläche G (Topografie) wird horizontal und eben ein gleichmäßiges Punkteraster R gelegt. Diese Punkte bilden die Grundlage für alle weiteren geometrischen Aktionen im Script, die schließlich zu den Kuben der Gebäudestruktur führen werden.

Die Anzahl der Rasterpunkte wird mit einem Slider z.B. zwischen 2 und 20 gesteuert. Folglich ergibt sich: je mehr Rasterpunkte, umso mehr Kuben. Von den jeweiligen Punkten des Rasters R wird im Minimalabstand (Surface Closest Point) zur Grundstücksoberfläche ein Punkt R' auf G erzeugt.

Wird die Rasterebene höhenmäßig verschoben, ergeben sich andere Minimalabstände und folglich andere Punkte R' . Siehe Animation.

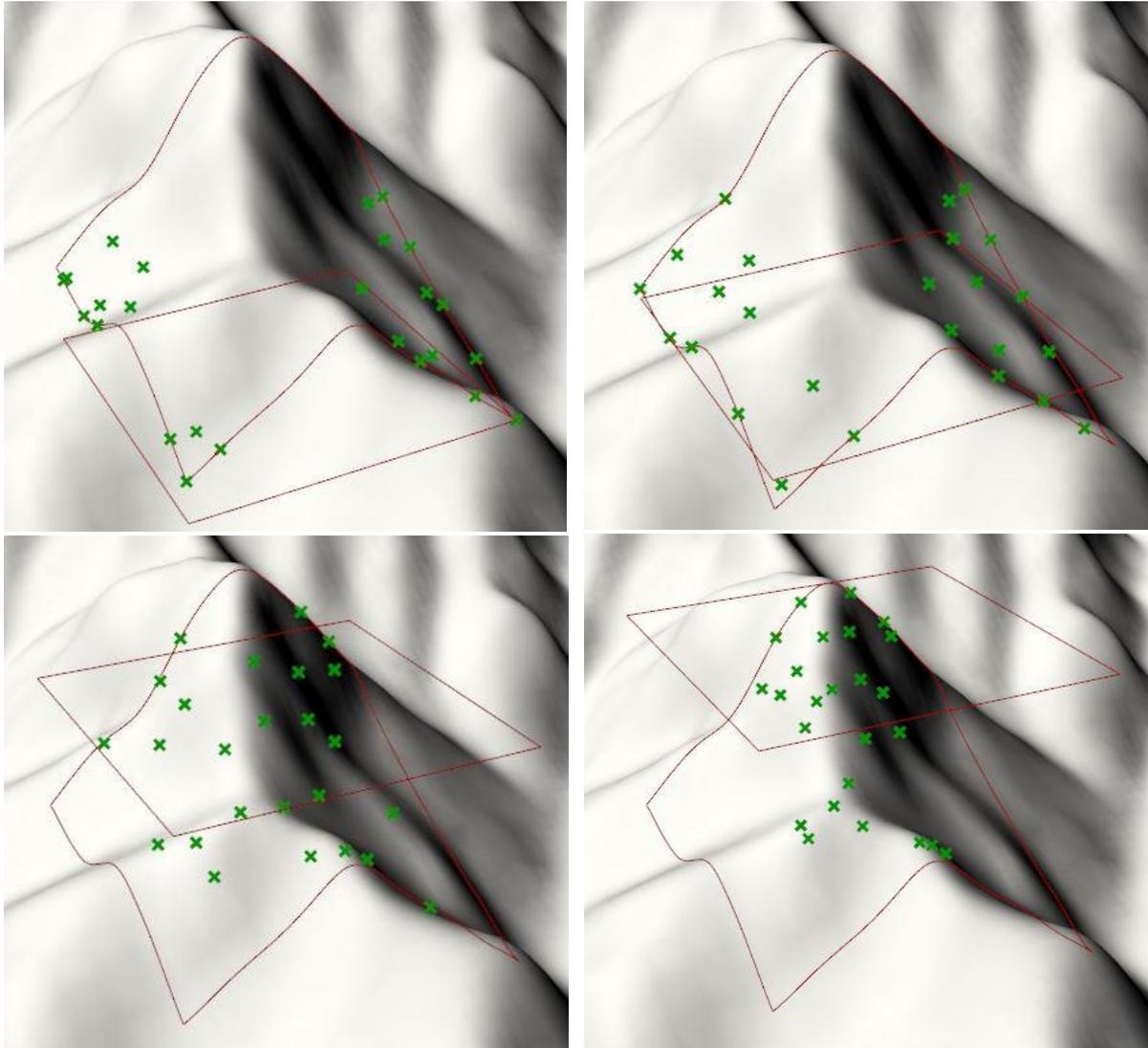


Abb. 13 Lageänderung der Punkte R' durch Verschiebung der Rasterebene

Liegt der Punktraster tiefer unten, kommen die Punkte R' jeweils im unteren Bereich der Oberfläche zu liegen. Liegt der Punktraster im höchsten Punkt, kommen die Punkte R' jeweils im oberen Bereich der Oberfläche zu liegen. Dadurch kann der Benutzer steuern, welche Punkte zur weiteren Bearbeitung herangezogen werden sollen.

An jedem Punkt R' wird nun die Flächennormale N berechnet. Je nach Neigung und Krümmung der Oberfläche ergeben sich spezifische Konfigurationen der Normalen. (Auf einem ebenen Bauplatz - alle vertikal nach oben).

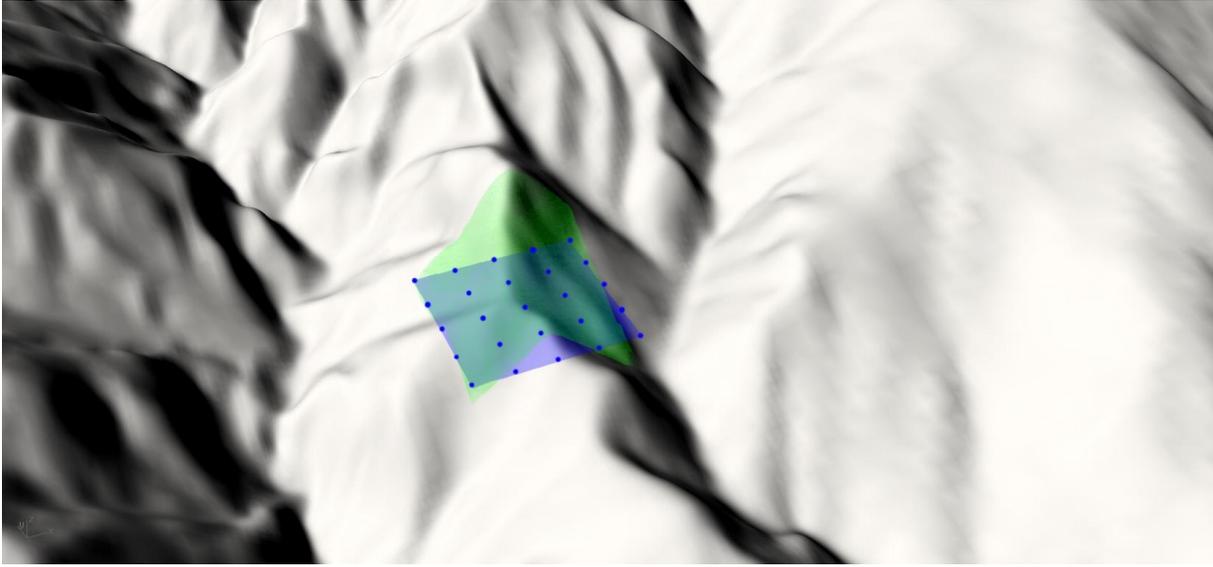


Abb. 14 Gleichmäßiges Punktraster R über Grundstücksoberfläche G

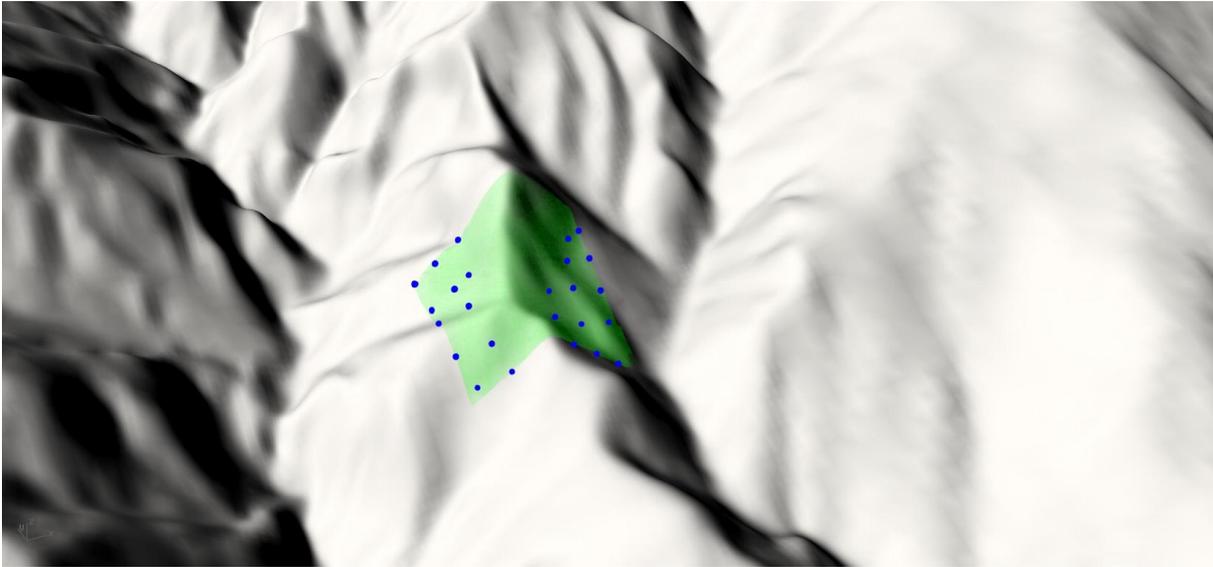


Abb. 15 Punkte R' auf der Grundstücksoberfläche G - Der kürzeste Abstand zwischen den Rasterpunkten R und der Oberfläche G wird errechnet - dort werden die Punkte R' platziert.

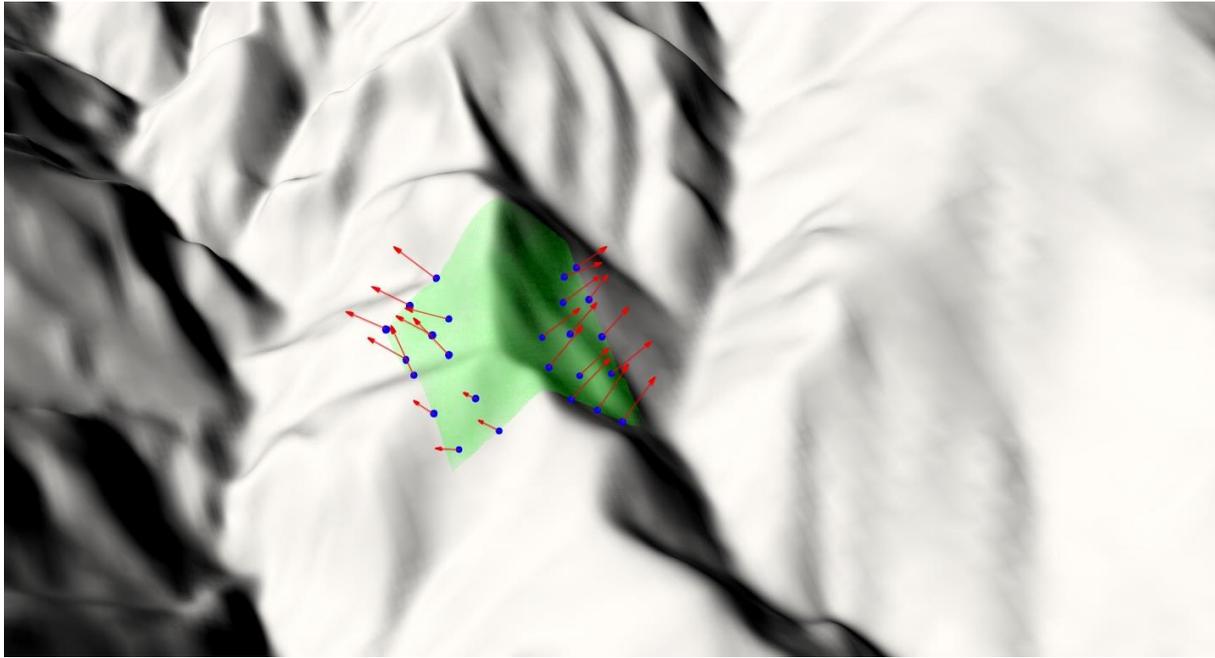


Abb. 16 An allen Punkten R' gebildete Flächennormale N

Ausführung in Grasshopper:

Um die Grundstücksoberfläche G wird eine BoundingBox gebildet, welche die Oberfläche im kleinstmöglichen Quader einschließt. Mit dem Befehl EvaluateBox wird nun das Punktraster R in die Bounding Box eingeschrieben. Höhe und Anzahl der Punkte im Raster R lassen sich über die Inputs des Befehls verändern.

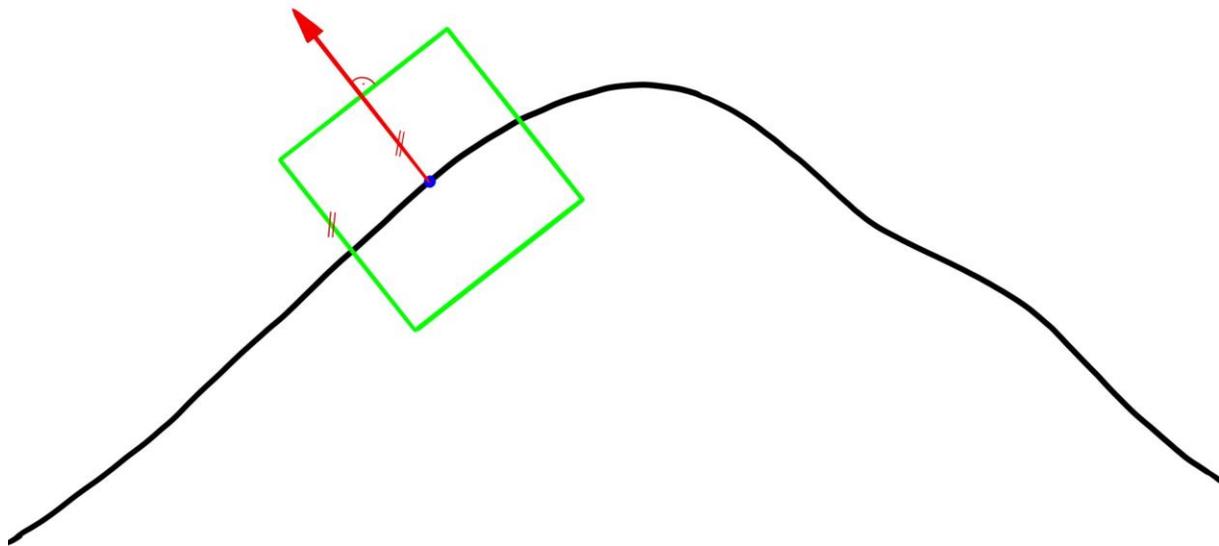
Im nächsten Schritt werden die Rasterpunkte über den Befehl SurfaceClosestPoint auf die Oberfläche G platziert. Um zuletzt mit PlaneNormal die Flächennormale N an jedem Punkt R' zu berechnen.

3.2 QUADER

An jedem Punkt R' wird ein Quader Q platziert.

Die Orientierung der Quader entspricht dem Normalvektor an dem jeweiligen Punkt.

Demnach stehen die vier Seitenflächen parallel, Grund- und Deckfläche des Quaders rechtwinklig auf den Normalvektor.



Quader Q : Seitenfläche parallel, Deckfläche rechtwinklig auf Normalvektor

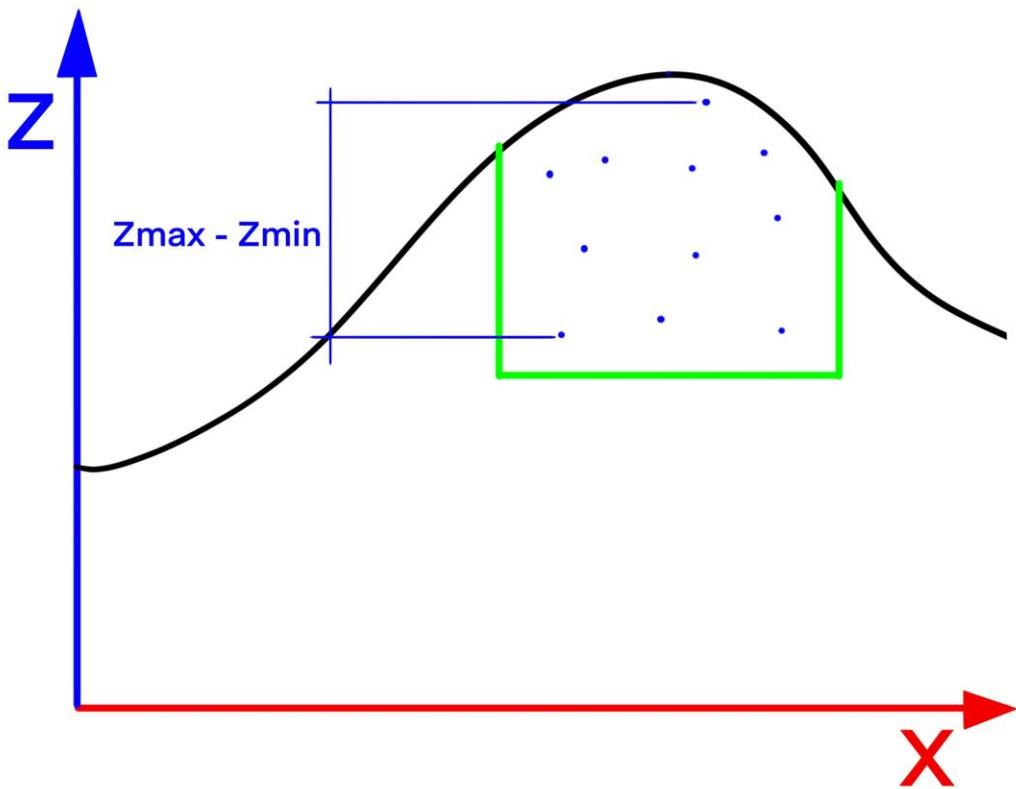
Die Größe der Quader ist abhängig von der Z Koordinate des jeweiligen Punktes R' .

Je höher ein Punkt R' liegt, umso größer ist der Quader Q .

Der Z Wert (gemessen vom Projektursprung) des jeweiligen Punktes R' kann jedoch nicht direkt als Kantenlänge des Quaders Q herangezogen werden. Die Werte sind zu hoch, um ein sinnhaftes Gebäude zu generieren. Deshalb werden alle Z Werte der Punkte R' ausgetauscht.

Dazu wird der Punkt mit dem niedrigsten Z Wert von dem Punkt mit dem höchsten Z Wert subtrahiert und durch 4 dividiert: $(Z_{\max} - Z_{\min}) / 4 = B$. Die Liste der originalen Z Werte wird proportional durch Werte von 0 bis B ausgetauscht, welche nun die Kantenlänge der Quader Q darstellen.

Durch diesen Austausch ergeben sich Werte für die einzelnen Quader, die später annähernd den Proportionen eines Gebäudes entsprechen.



Punkte R' auf dem Grundstück G - $(Z_{max}-Z_{min})/4 = B$



Abb. 17 An jedem Punkt R' wird ein Quader Q platziert

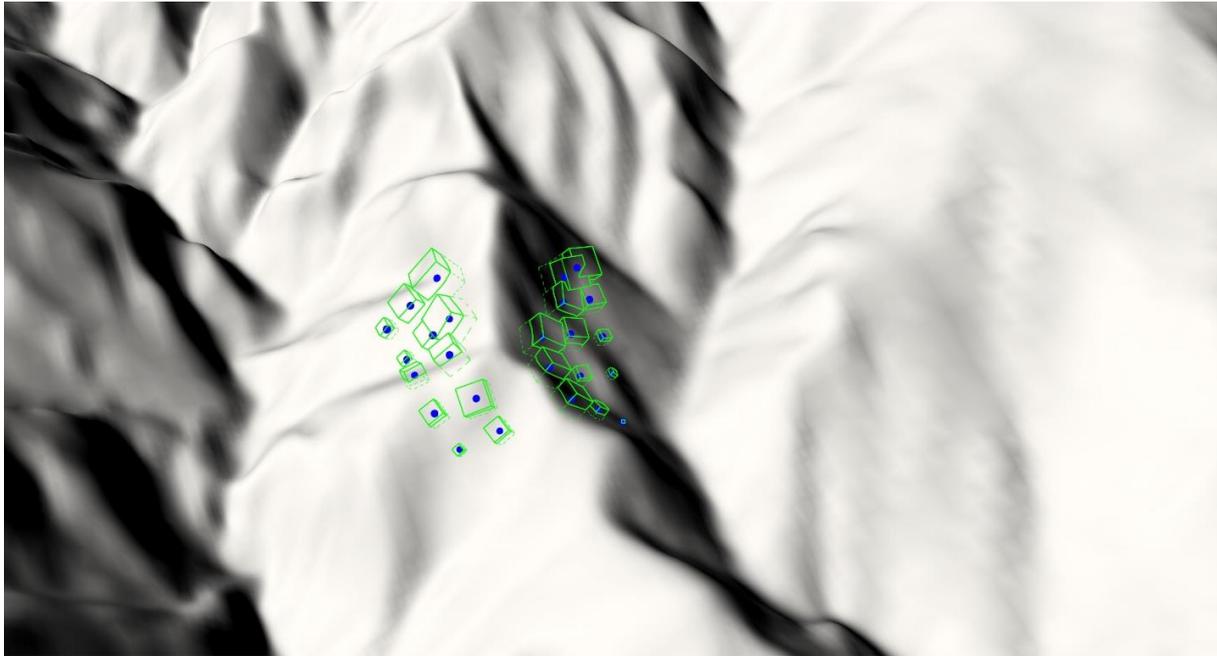


Abb. 18 Die untere Hälfte der **Quader** verschwindet in der Berglandschaft
Die **Punkte R'** stellen den Mittelpunkt der **Quader Q** dar

Ausführung in Grasshopper:

Mit dem Befehl Deconstruct werden die Z Werte der Punkte R' ausgegeben. Mittels List Befehlen werden die Minimal- und Maximalwerte der Punkte festgestellt. Der Minimalwert Z_{min} wird nun vom Maximalwert Z_{max} subtrahiert und dann mittels Division durch 4 geteilt. Dies ergibt den Wert B. Mit Construct Domain wird nun ein Bereich zwischen 0 und B gebildet. Die Quader Q sollen später Kantenlängen zwischen 0 und B annehmen. Dazu wird der Befehl Remap Numbers verwendet. Der zuvor gebildete Bereich von 0 bis B wird als Ziel (Target) Input für Remap Numbers herangezogen und die Z Werte der Punkte R' als Ursprungs-Bereich (Source). Durch diesen Schritt werden die ursprünglichen Z Werte von jedem Punkt R' mit Werten von 0 bis B proportional ausgetauscht, welche nun als Input für Domain Box verwendet werden und dadurch die Quader Q ergeben. Über Plane Normal werden die Grundflächen der Quader ausgerichtet, sodass sie im rechten Winkel auf die Normalvektoren stehen.

An jedem Punkt R' befindet sich nun ein Quader mit Abmessungen zwischen 0 und B.

3.3 NEUE ANORDNUNG DER QUADER

Die erzeugten Quader Q werden neu angeordnet und ergeben die Gebäudestruktur. Die Orientierung der Quader bleibt bestehen.

Die Verschiebung der Quader erfolgt über eine weitere Definition:

Ein Punkt M wird auf der Grundstücksoberfläche G generiert. Dieser Punkt stellt den Mittelpunkt der Grundfläche des Gebäudes dar und lässt sich mittels multidimensionalen Slider am Grundstück verschieben.

Eine Center Box C wird um den Punkt M erzeugt. Die Abmessungen der Center Box ergeben sich aus der Topografie des Grundstücks. Die Seitenlängen der Grundfläche des Quaders sind ident. Diese errechnen sich aus dem Wert B (siehe Kapitel 3.2) dividiert durch zwei.

Das Volumen der Center Box C ist z.B. mit 500m^3 voreingestellt und mit einem Slider einstellbar. Die Höhe der Center Box C errechnet sich demnach aus: 500 dividiert durch die Grundfläche der Center Box.

Weist ein Grundstück wenig Höhenunterschied auf, ist die Box schlank und hoch. Weist das Grundstück ein starkes Gefälle auf, ist die Box flach und die Grundfläche groß.

In die Center Box werden Punkte CP gelegt. Die Anzahl der Punkte entspricht der Anzahl der Quader Q. Die Position der Punkte wird per Zufall generiert.

Die Quader werden im letzten Schritt (mit deren Mittelpunkt) auf die Punkte CP verschoben.

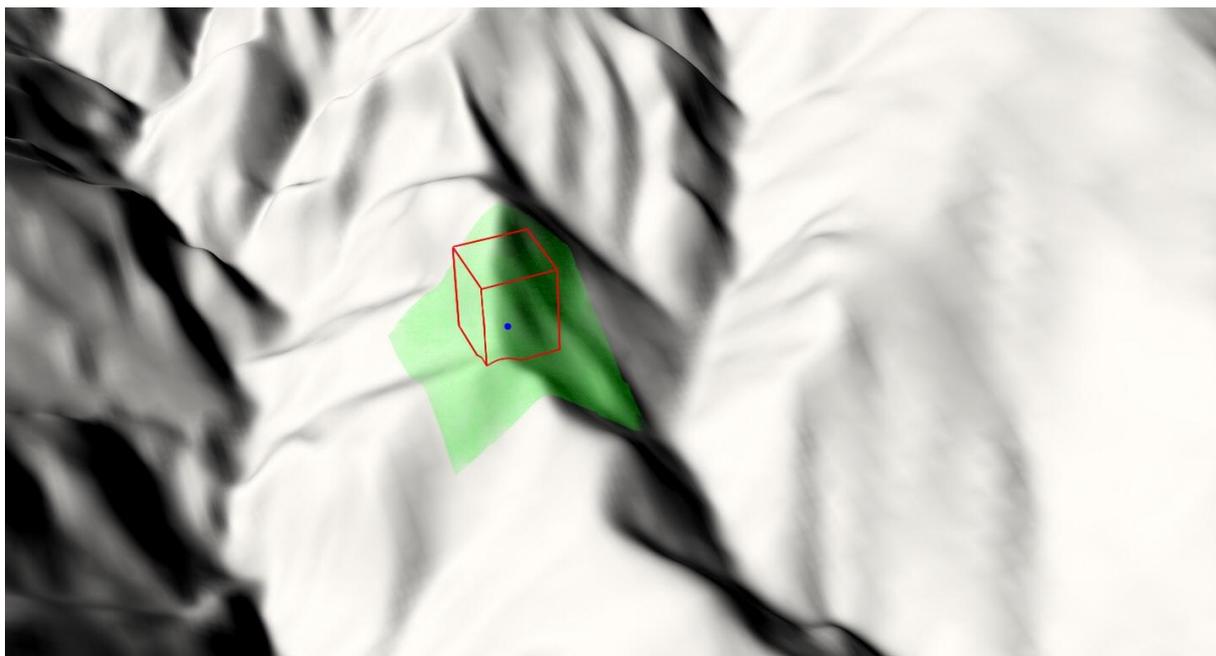


Abb. 19 Center Box C um den Punkt M

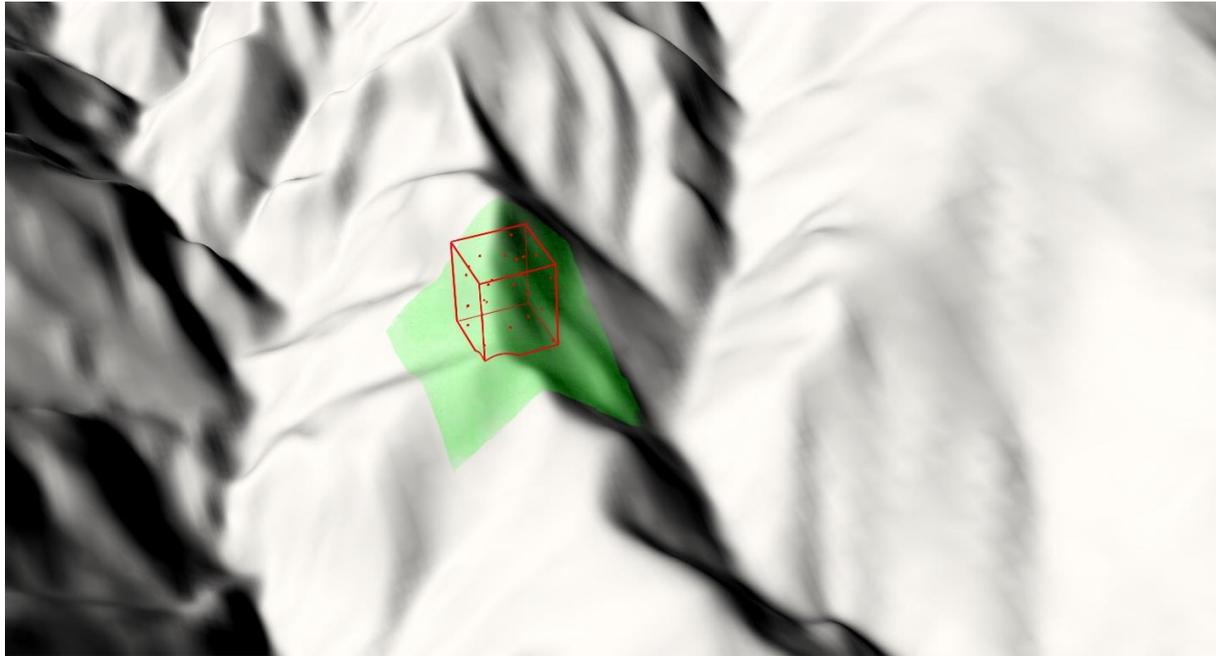


Abb. 20 Zufällige Punkte CP in der **Center Box C**

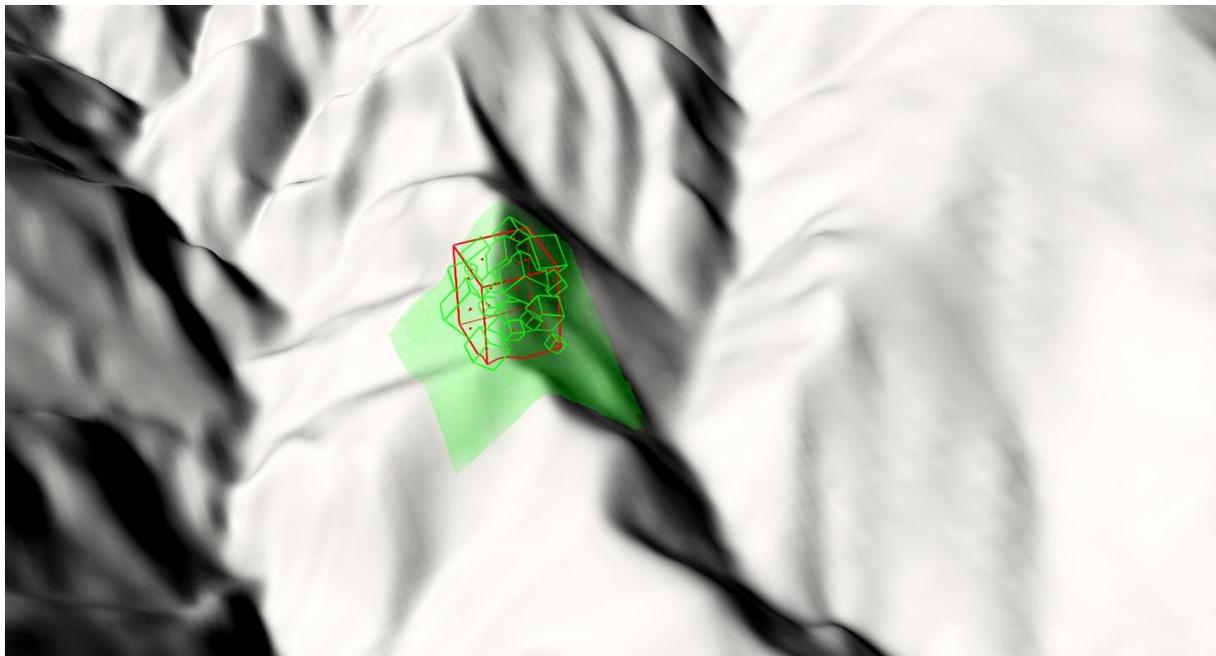


Abb. 21 **Quader Q** im Mittelpunkt auf die Punkte CP verschoben

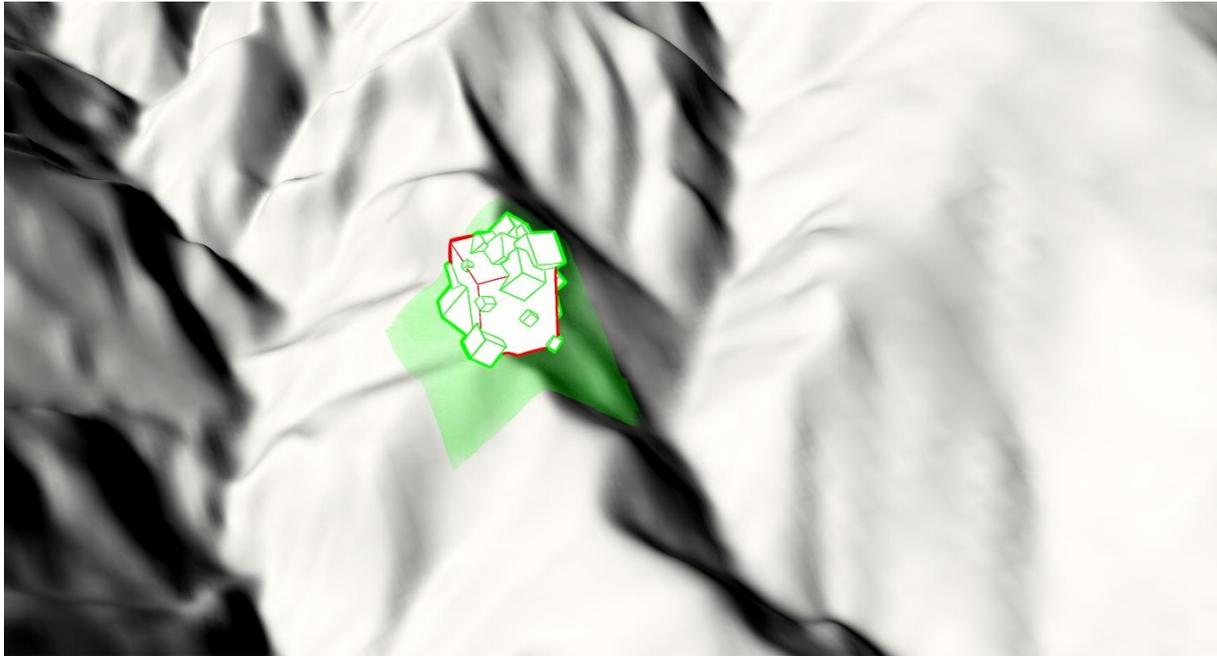


Abb. 22 Quader Q mit Center Box

Auf den folgenden sechs Seiten werden mehrere Generierungen durch das Script dargestellt. Jeder Entwurf wird dabei in drei Ausführungen - genannt Gebäudestrukturen - unterteilt:

- Gebäudestruktur 1: Quader plus Center Box
- Gebäudestruktur 2: Quader
- Gebäudestruktur 3: Center Box minus Quader

Auf den Seiten 30-32 werden die Gebäudestrukturen 1, 2 und 3 jeweils auf dem gleichen Grundstück dargestellt.

Die Seiten 33-35 zeigen die Gebäudestrukturen 1 bis 3 auf sechs unterschiedlichen Grundstücken.

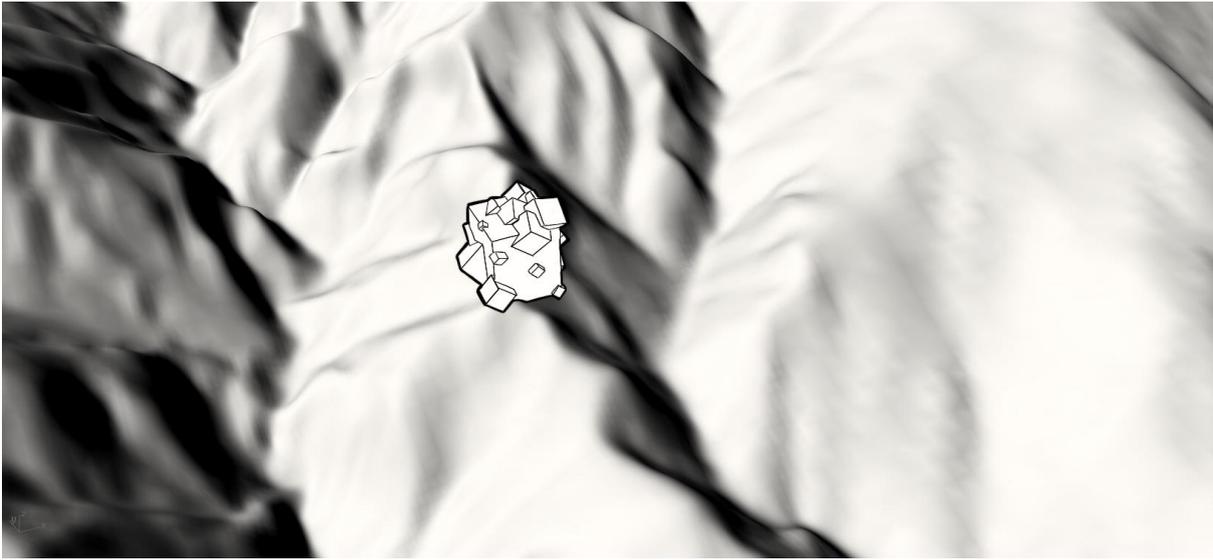


Abb. 23 Gebäudestruktur 1: Quader plus Center Box - Axonometrie



Abb. 24 Gebäudestruktur 1: Quader plus Center Box - Draufsicht

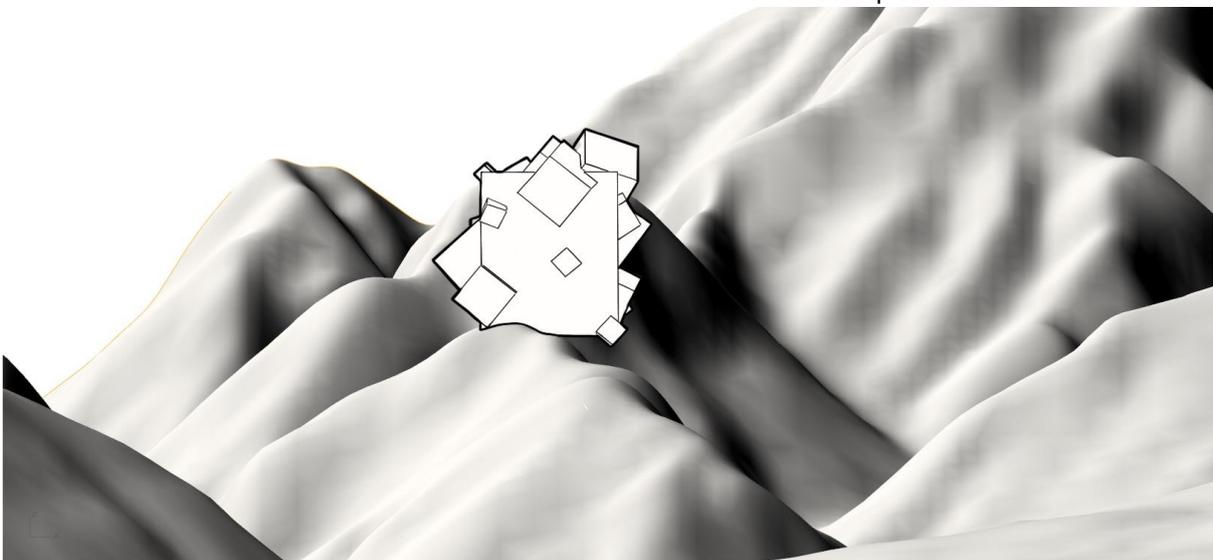


Abb. 25 Gebäudestruktur 1: Quader plus Center Box - Ansicht

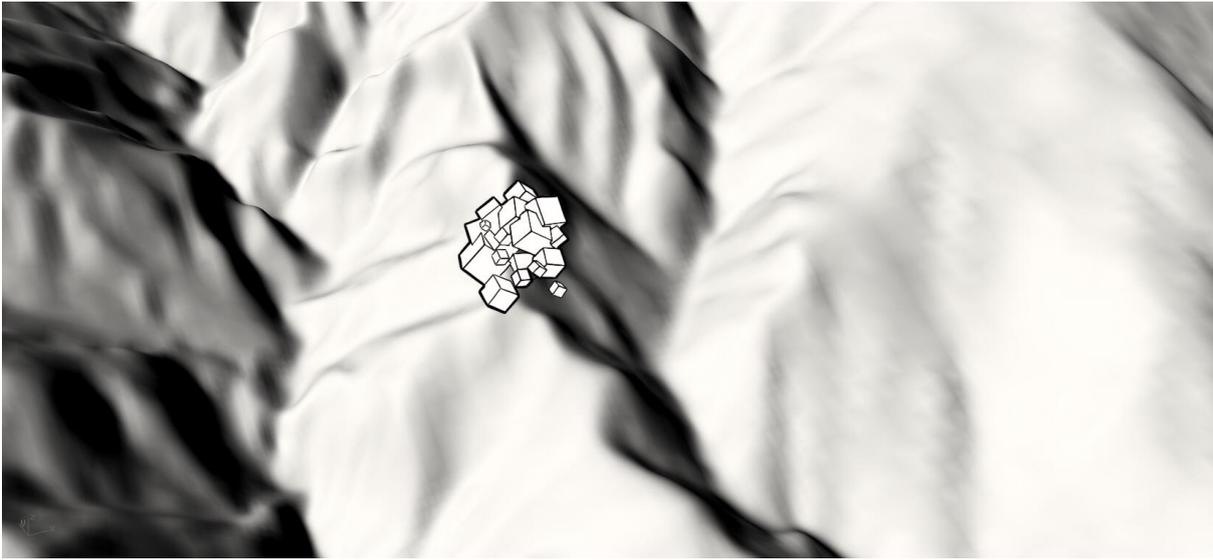


Abb. 26 Gebäudestruktur 2: Quader - Axonometrie

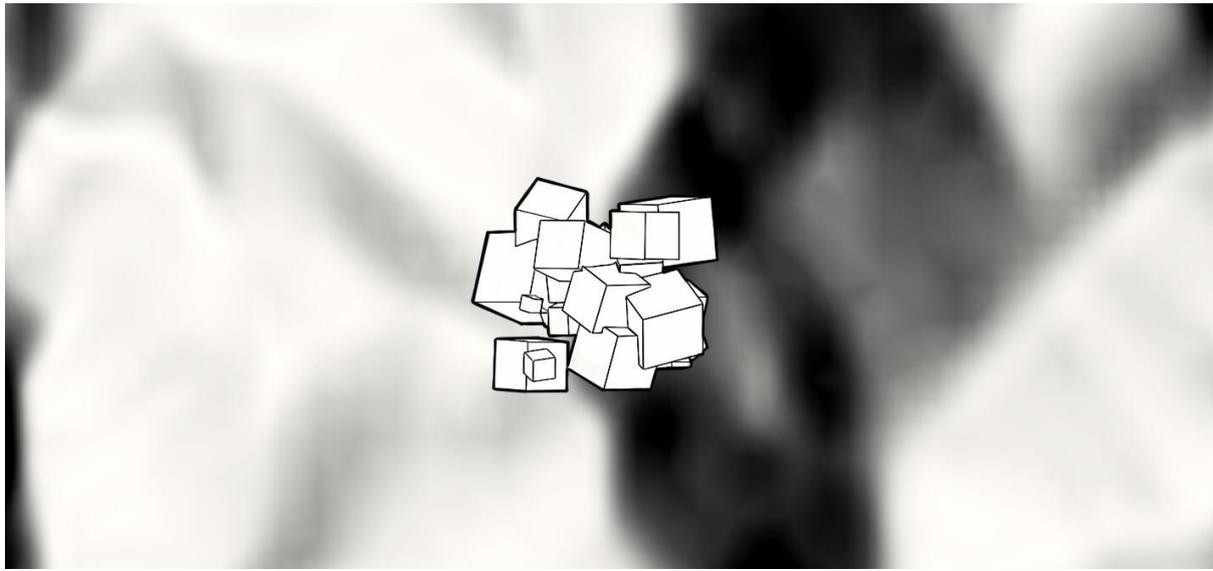


Abb. 27 Gebäudestruktur 2: Quader - Draufsicht

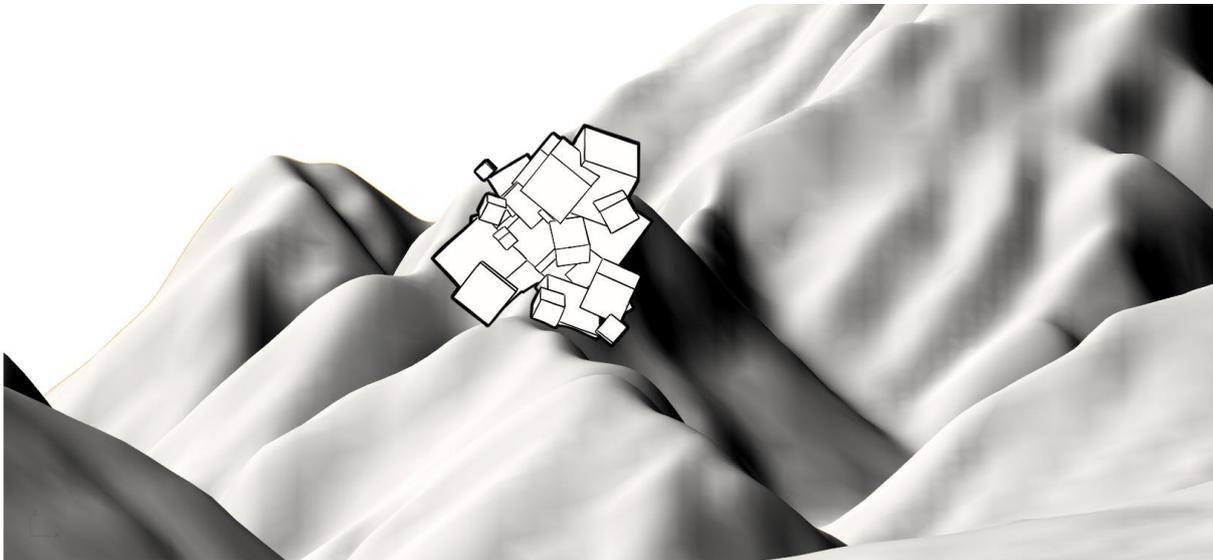


Abb. 28 Gebäudestruktur 2: Quader - Ansicht



Abb. 29 Gebäudestruktur 3: Center Box minus Quader - Axonometrie

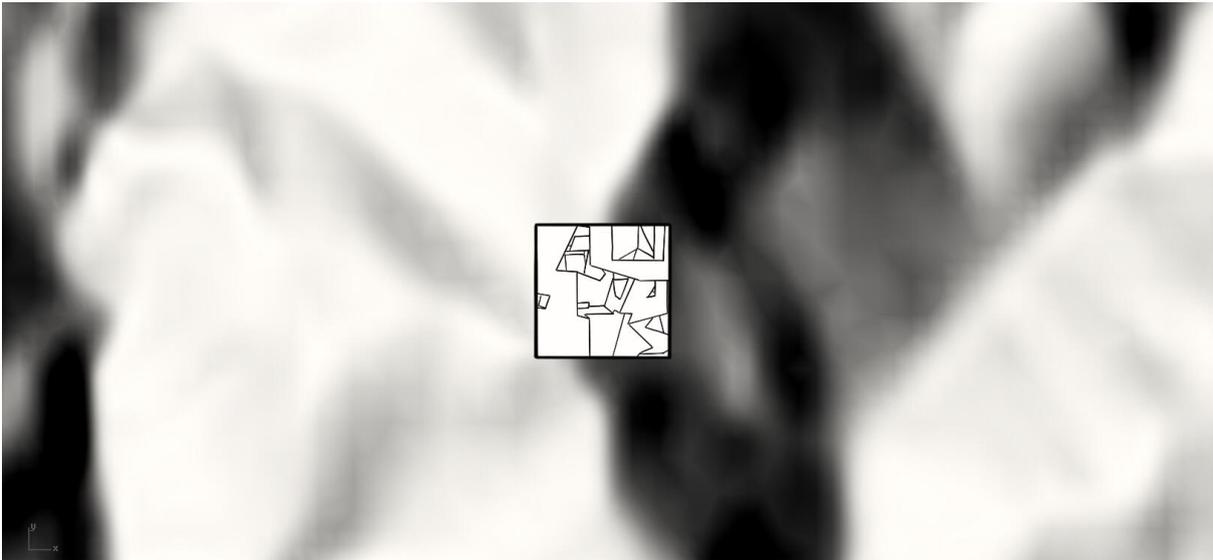


Abb. 30 Gebäudestruktur 3: Center Box minus Quader - Axonometrie

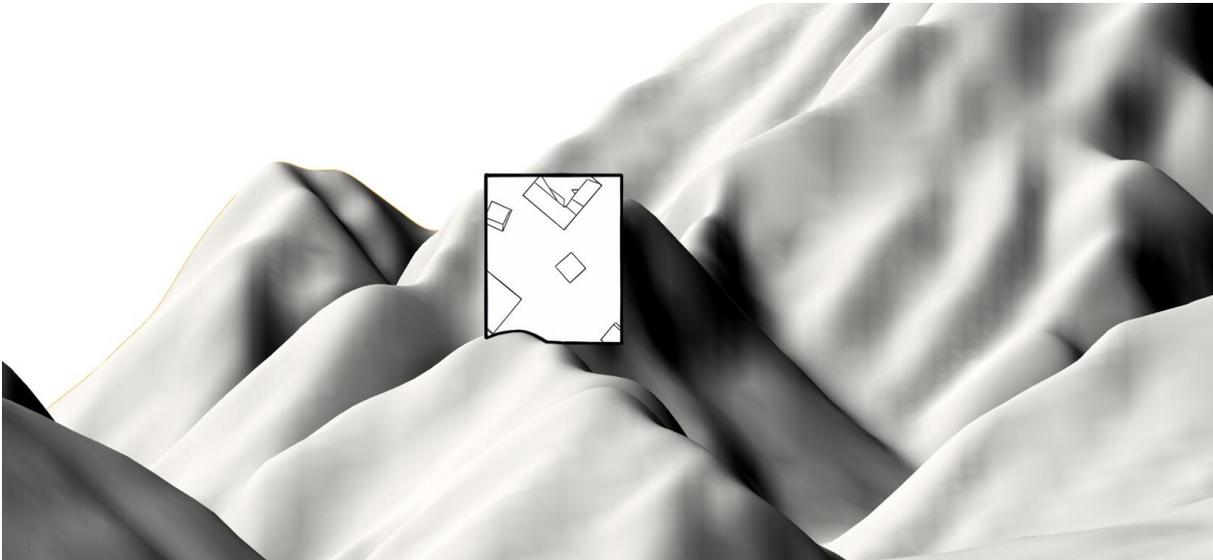


Abb. 31 Gebäudestruktur 3: Center Box minus Quader - Ansicht

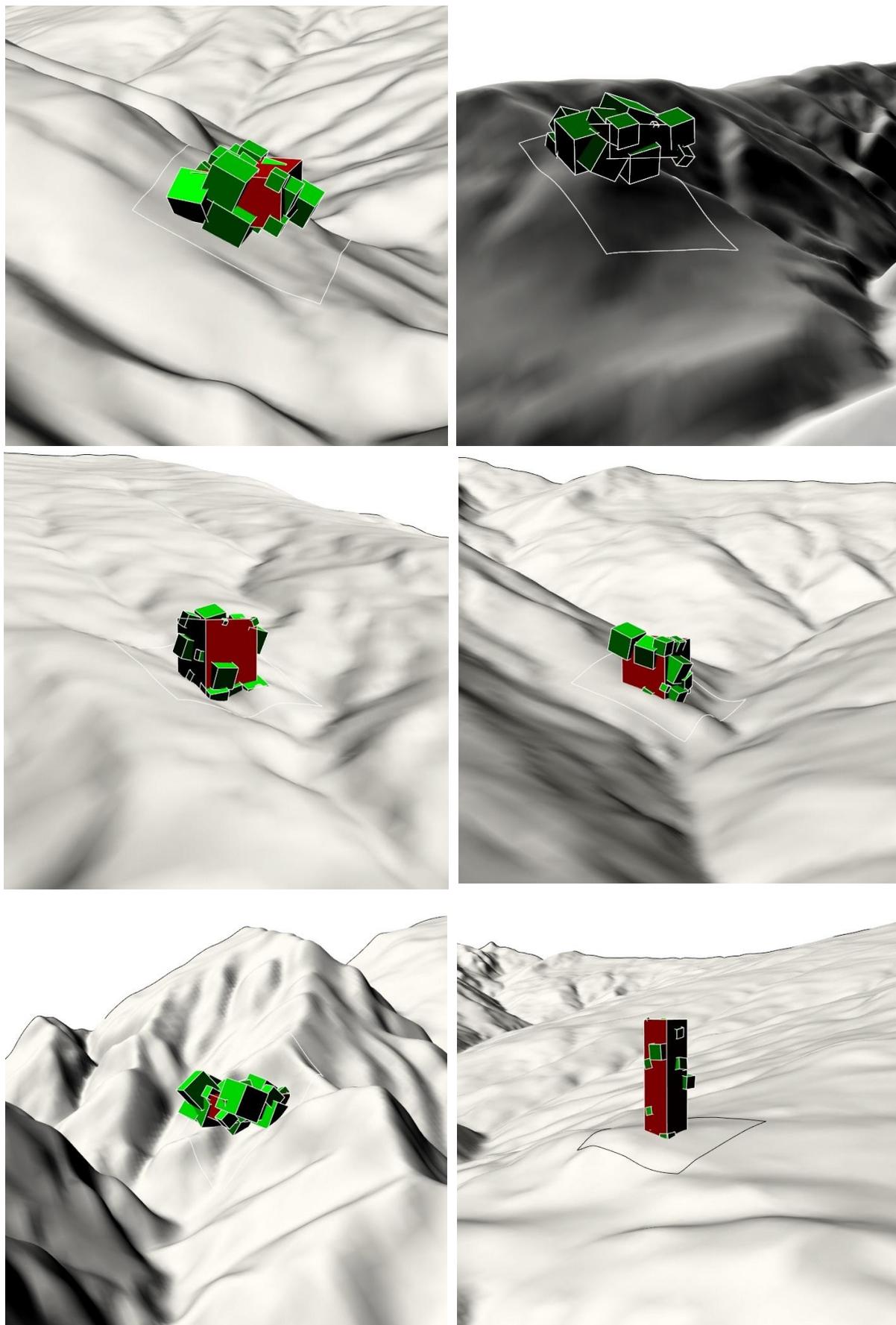


Abb. 32 Quader plus Center Box

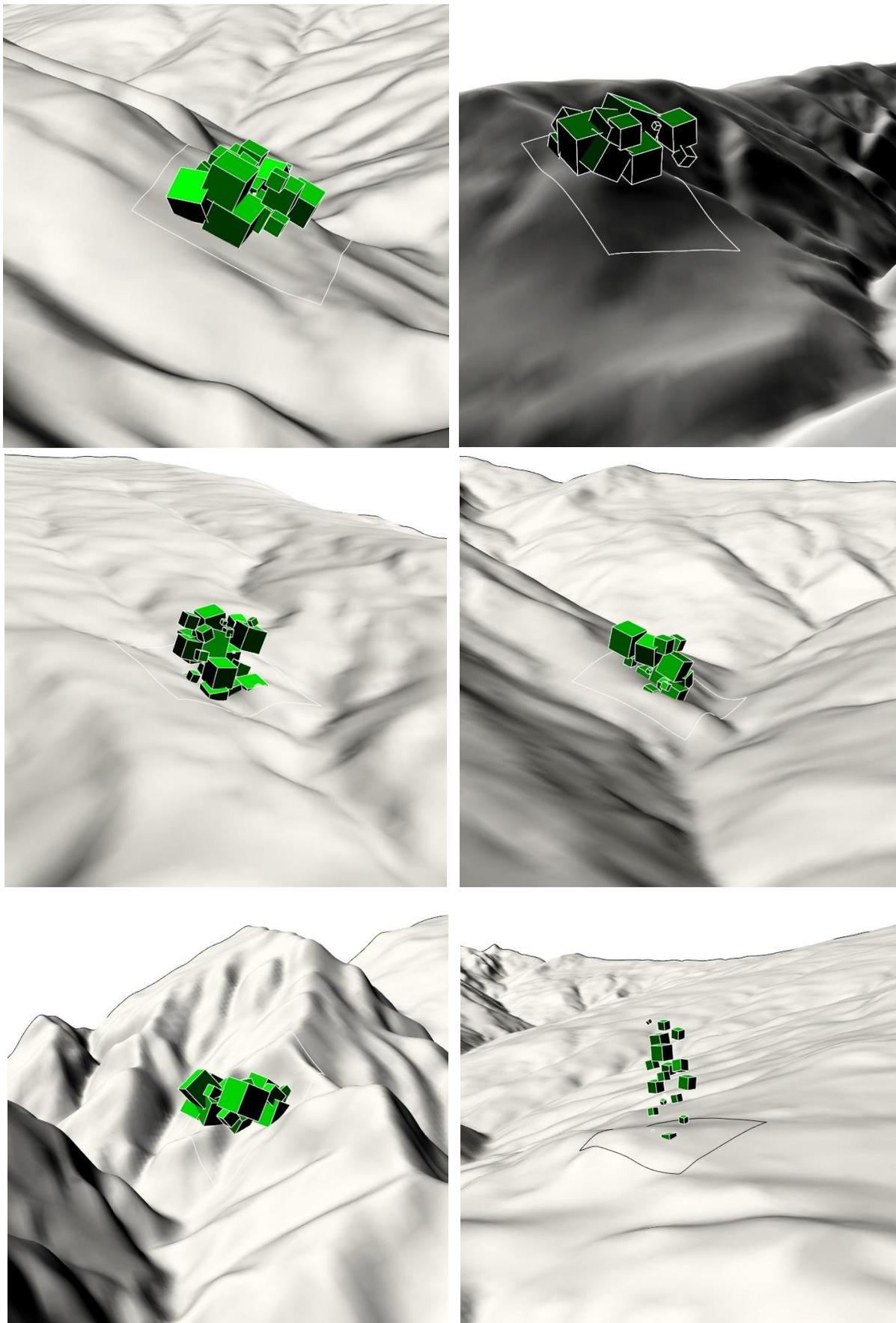


Abb. 33 **Quader**

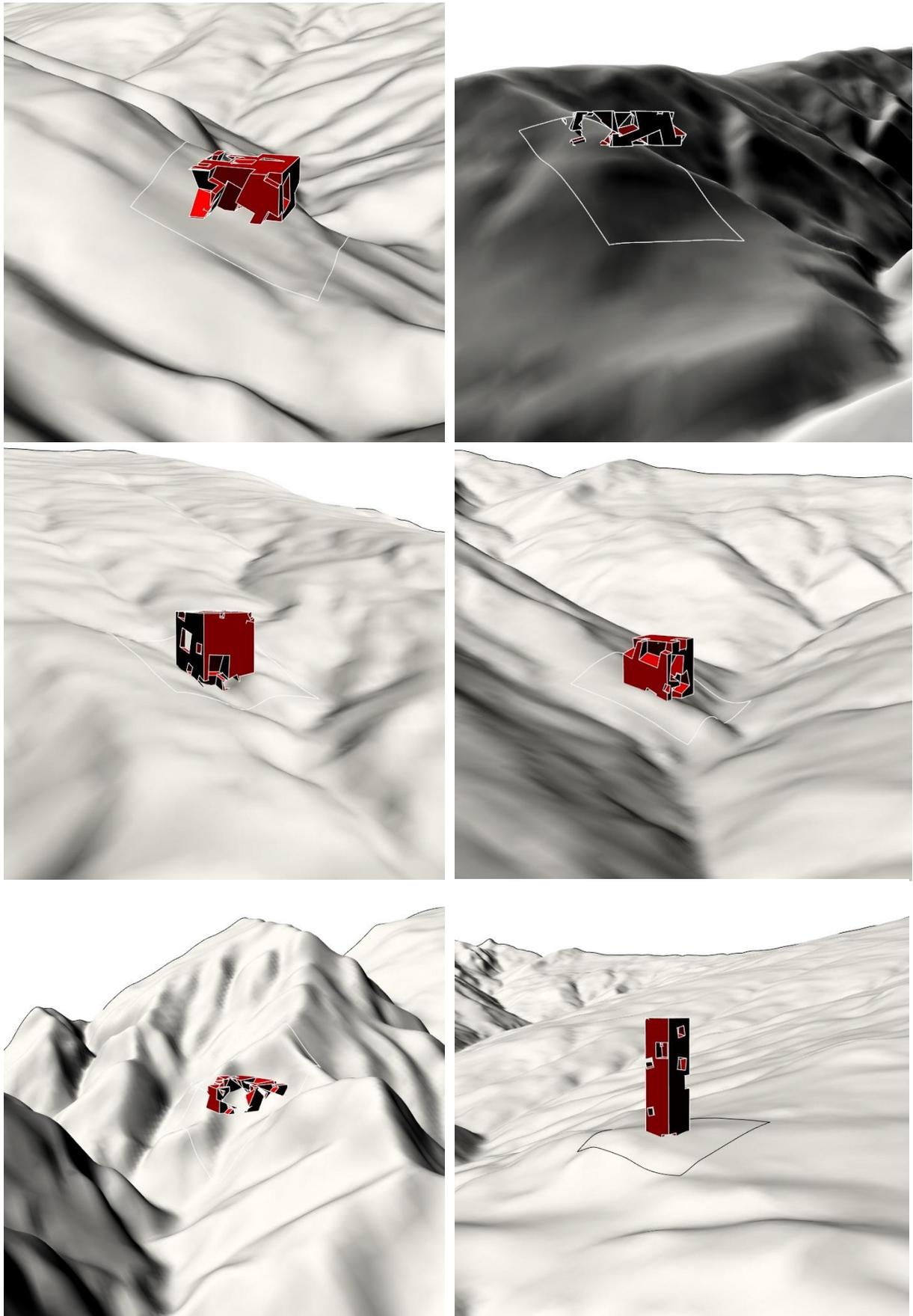


Abb. 34 Center Box minus Quader

Nach mehreren Generierungen durch das Script, zeigen die Entwürfe - unabhängig von der Topografie - eine gewisse Selbstähnlichkeit. Die Center Box schlägt teilweise dominant durch und beeinflusst den Entwurf stark. Die Lösungen ohne Center Box sind weniger selbstähnlich.

Ausführung in Grasshopper:

Über Evaluate Surface wird ein Punkt auf die Grundstücksoberfläche G projiziert, wobei die xy Koordinaten mittels Md Slider eingestellt werden. Um die Grundfläche G mit dem Md Slider übereinstimmen zu lassen, muss der Input Surface bei Evaluate Surface Reparametrisiert werden. Danach wird der Punkt M über Move z.B. 6 Meter in z Richtung nach oben verschoben Slider. Dann wird über den Befehl Center Box die Center Box C erzeugt. X und Y Inputs, also die Grundfläche der Center Box, ergeben sich aus Division durch 2 des Wertes Zmax minus Zmin. Der Z Input wird mit 500 dividiert durch die Grundfläche erzeugt. Im nächsten Schritt werden über Populate 3D die CP Punkte in der Center Box C erzeugt. Die Anzahl der Punkte CP entspricht genau der Anzahl der Punkte R' und wird über List Length in den Input N verbunden. Danach bedarf es nur noch eines Sliders um den Seed der Punkteverteilung zu steuern. Am Ende wird ein Vektor erzeugt, der sich von den Punkten R' bis zu den Center Punkten CP erstreckt. Entlang diesem Vektor werden die Quader Q mit dem Befehl Move verschoben. Die Außenhülle des Gebäudes ist geschaffen. Über den Seed im Populate 3D lassen sich unendlich viele Variationen der Quader Q anzeigen.

4 WEITERFÜHRUNG

Wie können die generierten Strukturen funktionell und konstruktiv interpretiert und einer brauchbaren Nutzung zugeführt werden? Anhand zweier Beispiele werden weiterführende Methoden zur Ausformulierung behandelt. Dabei werden Themen wie Erschließung, Belichtung und Raumaufteilung exemplarisch dargestellt.

Die einzelnen Entwurfsschritte werden in Form von Regeln definiert und nacheinander ausgeführt.

4.1 KONSTRUKTIVE AUSFORMULIERUNG - GEBÄUDE 01

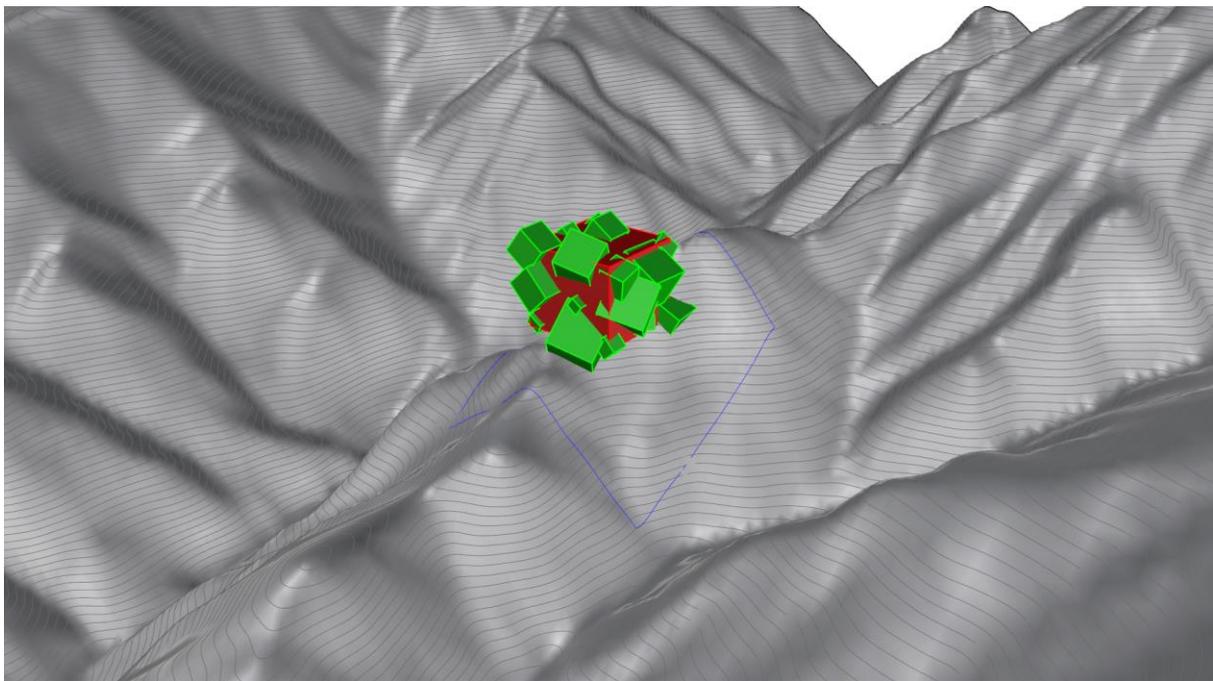


Abb. 35 Gebäude 01 Ergebnis Script - Axonometrie
Center Box von Quadern durchdrungen auf Grundstück

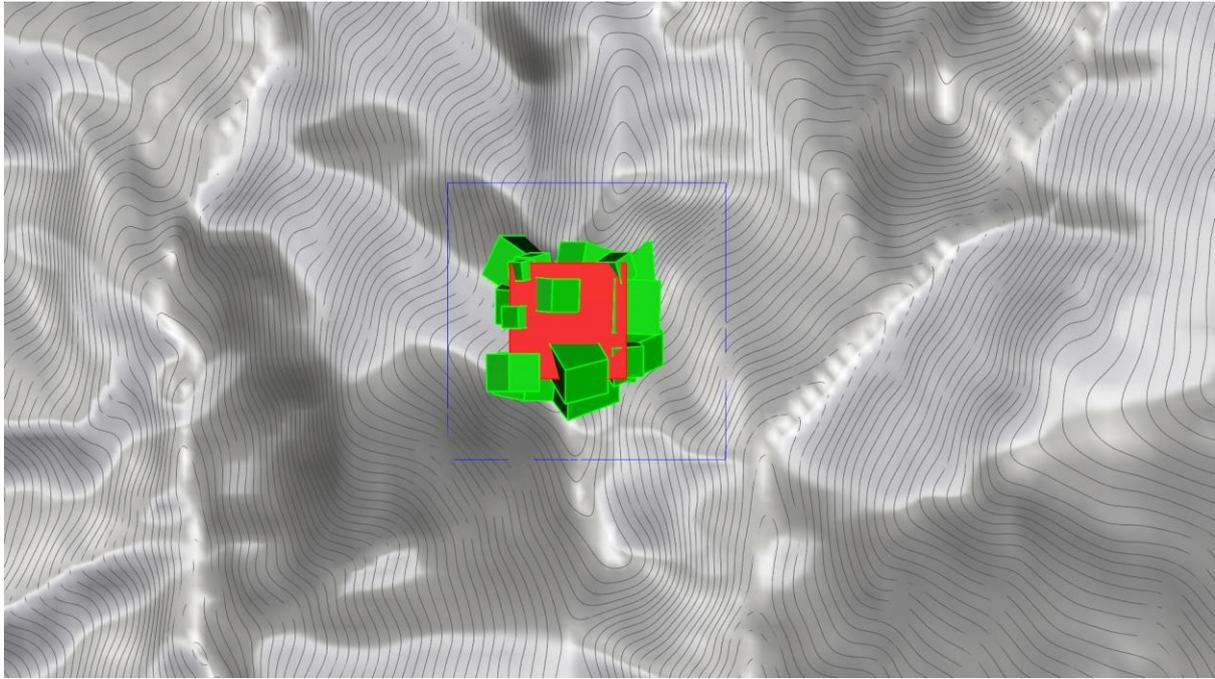


Abb. 36 Gebäude 01 Ergebnis Script - Draufsicht

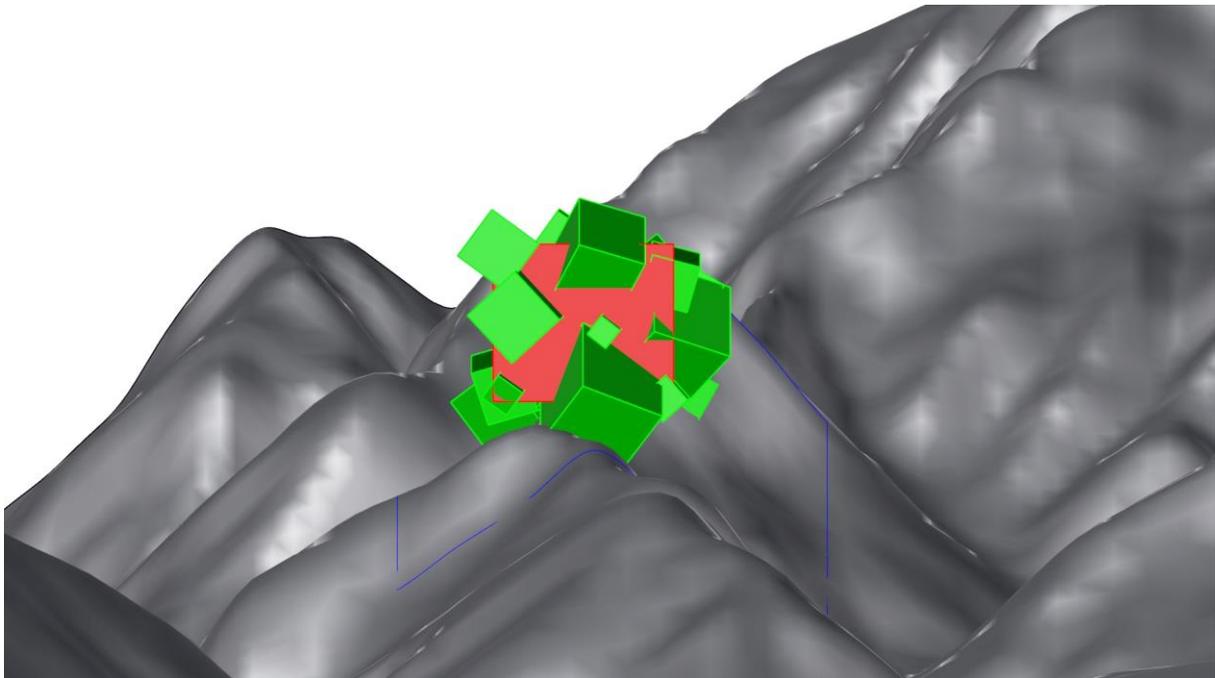
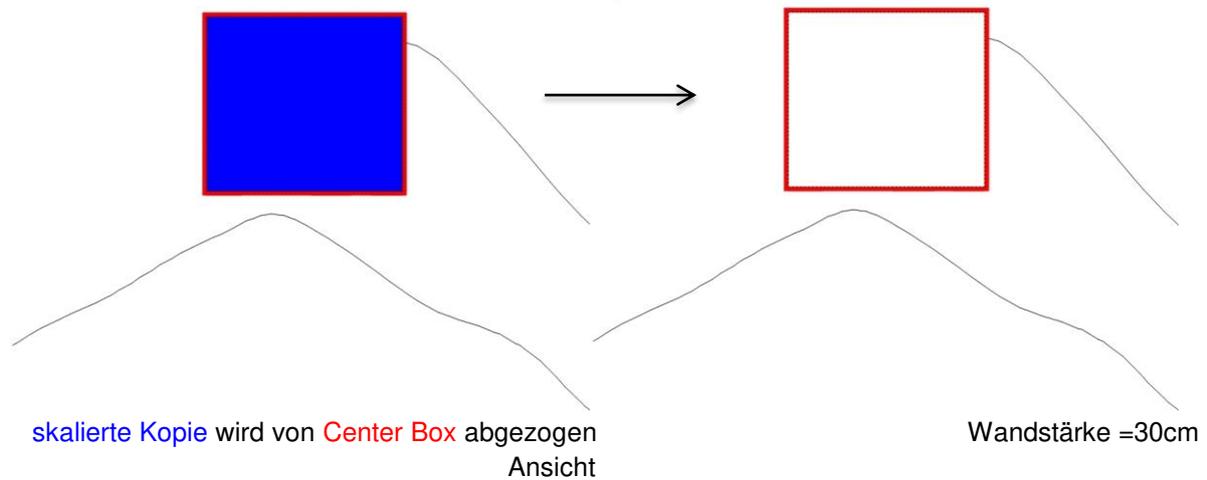


Abb. 37 Gebäude 01 Ergebnis Script - Südansicht

WÄNDE

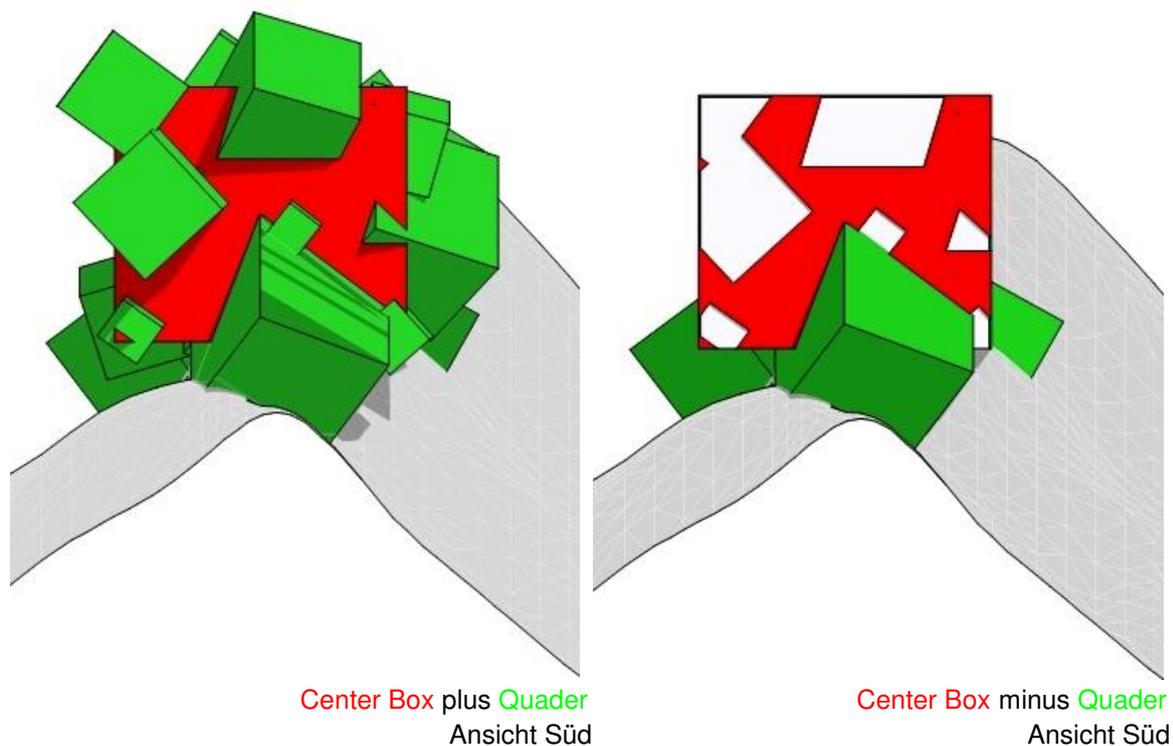
1. Die Center Box wird kopiert und um den Mittelpunkt skaliert. Diese Kopie wird von der ursprünglichen Center Box abgezogen, sodass sich eine Wandstärke von 30 cm ergibt.



FENSTER

2. Quader werden gelöscht und von der Center Box abgezogen, wodurch Öffnungen in der Center Box entstehen. Die Öffnungen werden mit Glas gefüllt und ergeben Fenster.

3. Erdberührende Quader werden nicht gelöscht. Sie bilden das Fundament des Gebäudes. Im größten erdberührten Quader befindet sich der Eingang.



EBENEN

4. Die Höhe der Center Box (12,92m innen) wird dividiert, sodass sich Raumhöhen von rund 3m ergeben. -> $12,92 : 4 = 3,23\text{m}$ -> 4 Geschöße zu je 3,23m Höhe.

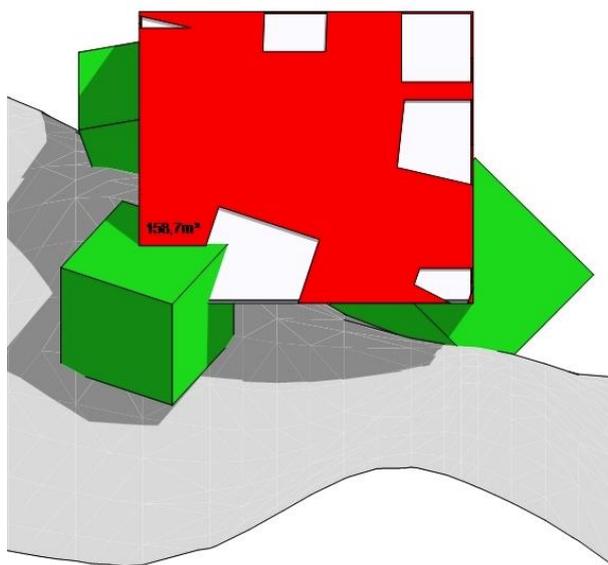
Dach und EG Boden werden durch die Center Box gebildet. Um die errechnete Geschosshöhe von 3,23m zu erreichen werden 3 weitere Ebenen benötigt. Dazu werden die vier Fassaden nach Wandanteil gereiht, gekippt und als Zwischenebenen eingefügt. Jene Fassade mit dem höchsten Wandanteil wird zur obersten Zwischenebene usw.

West : $158,65\text{m}^2$ > Decke über 2. OG

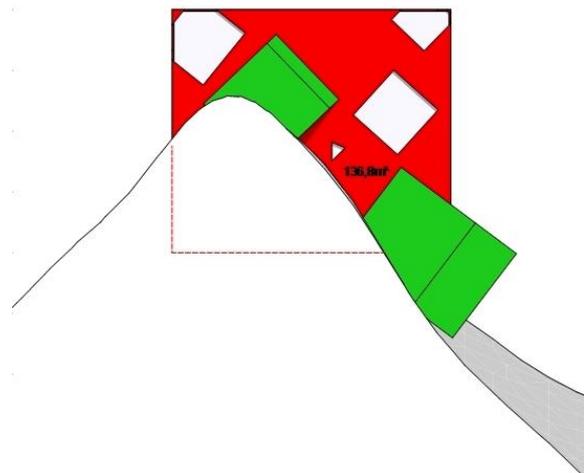
Nord: $136,83\text{m}^2$ > Decke über 1.OG

Süd: $109,74\text{m}^2$ > Decke über EG

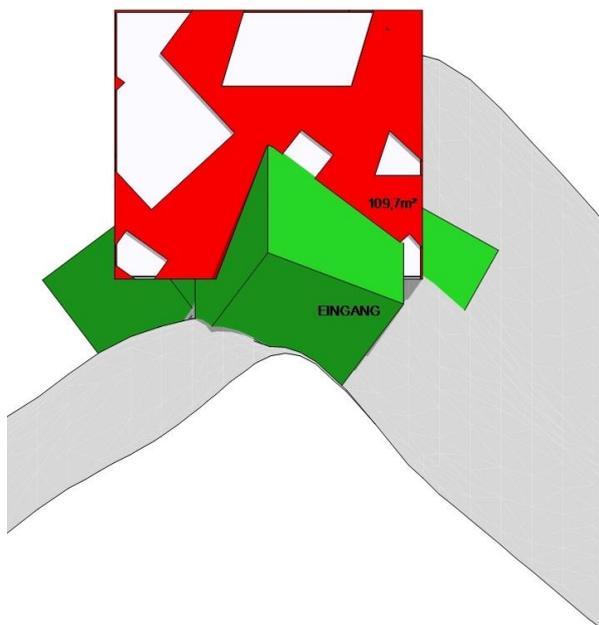
Ost: $76,69\text{m}^2$ > entfällt > EG Boden = Center Box



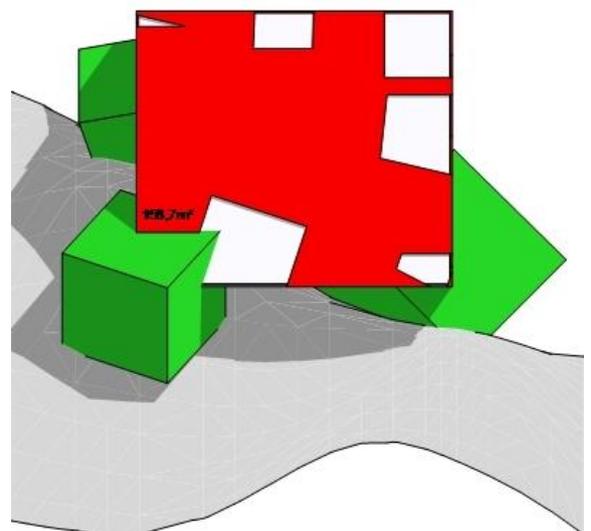
Ansicht West



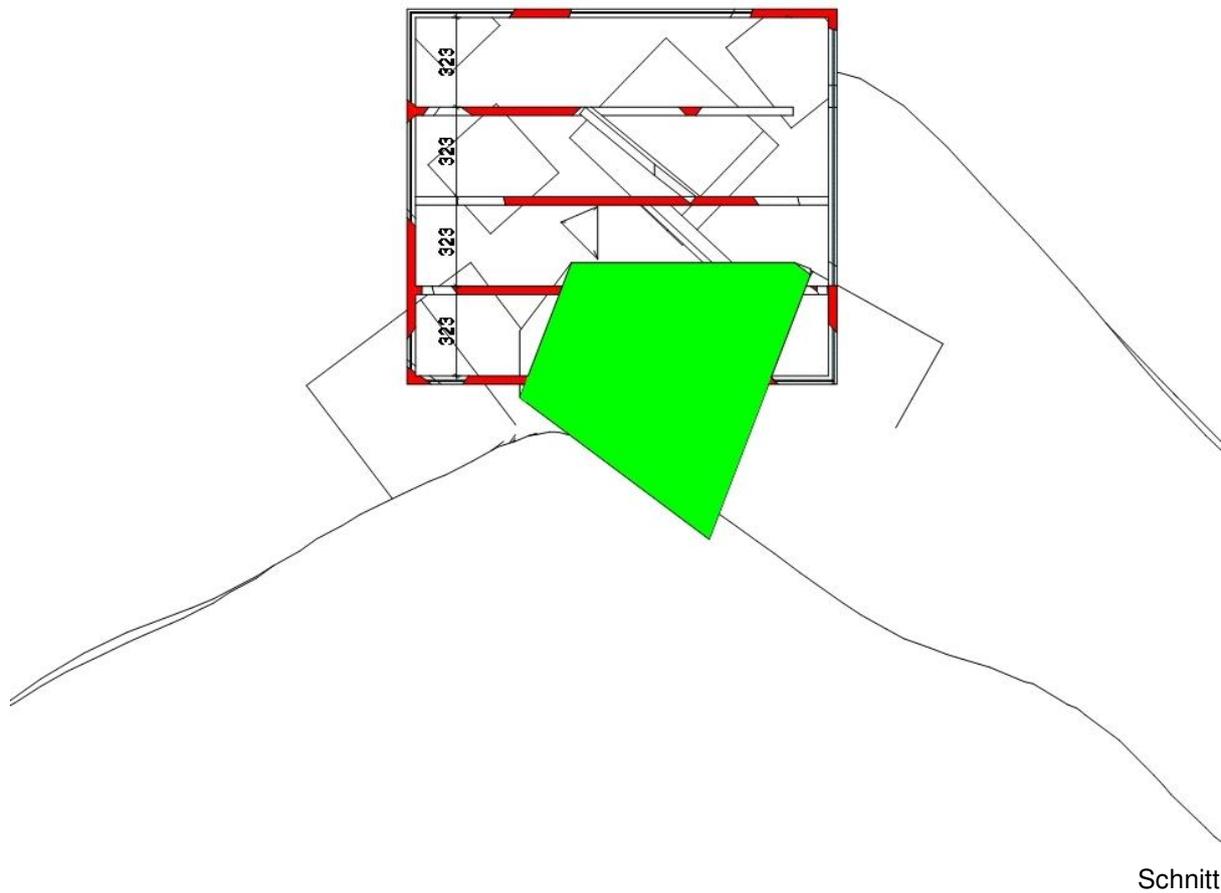
Ansicht Nord



Ansicht Süd



Ansicht Ost



ERSCHLIESSUNG VERTIKAL

5. Treppen werden in den Deckenlöchern so positioniert, dass bei An- und Austritt mindestens 80cm Platz ist. Falls notwendig werden Podeste vorgeschaltet. Das Steigungsverhältnis ergibt sich aus den vorhandenen Deckenlöchern.

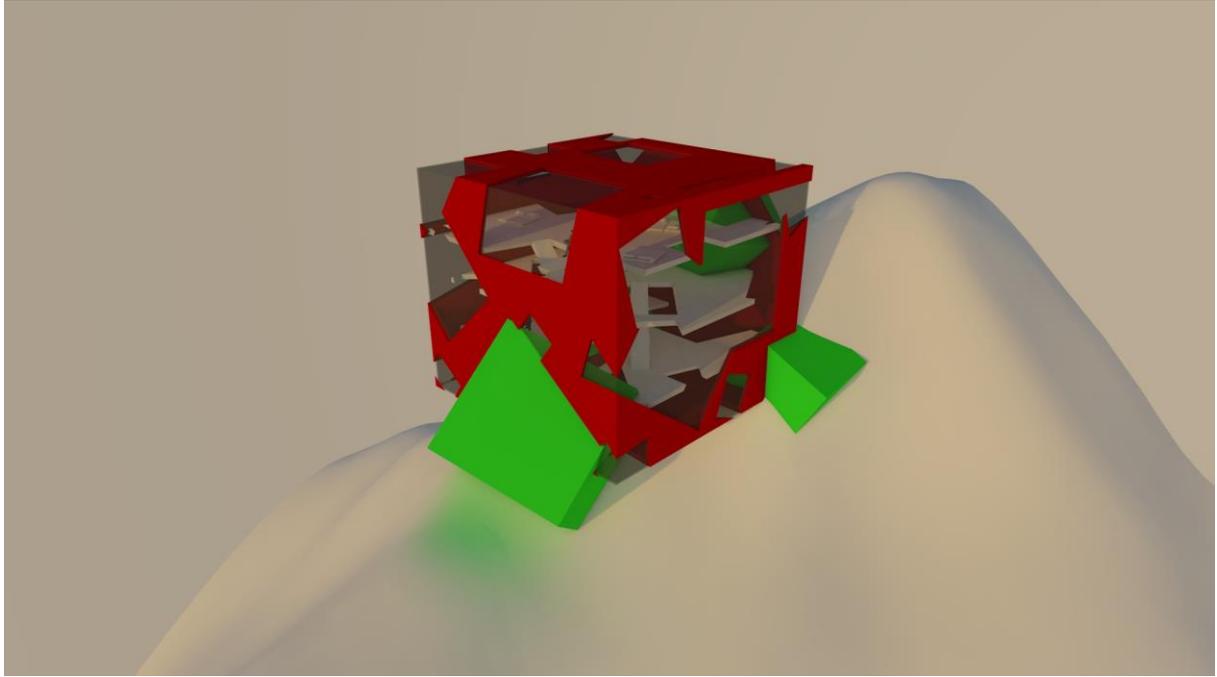


Abb. 38 Gebäude Außenansicht 1

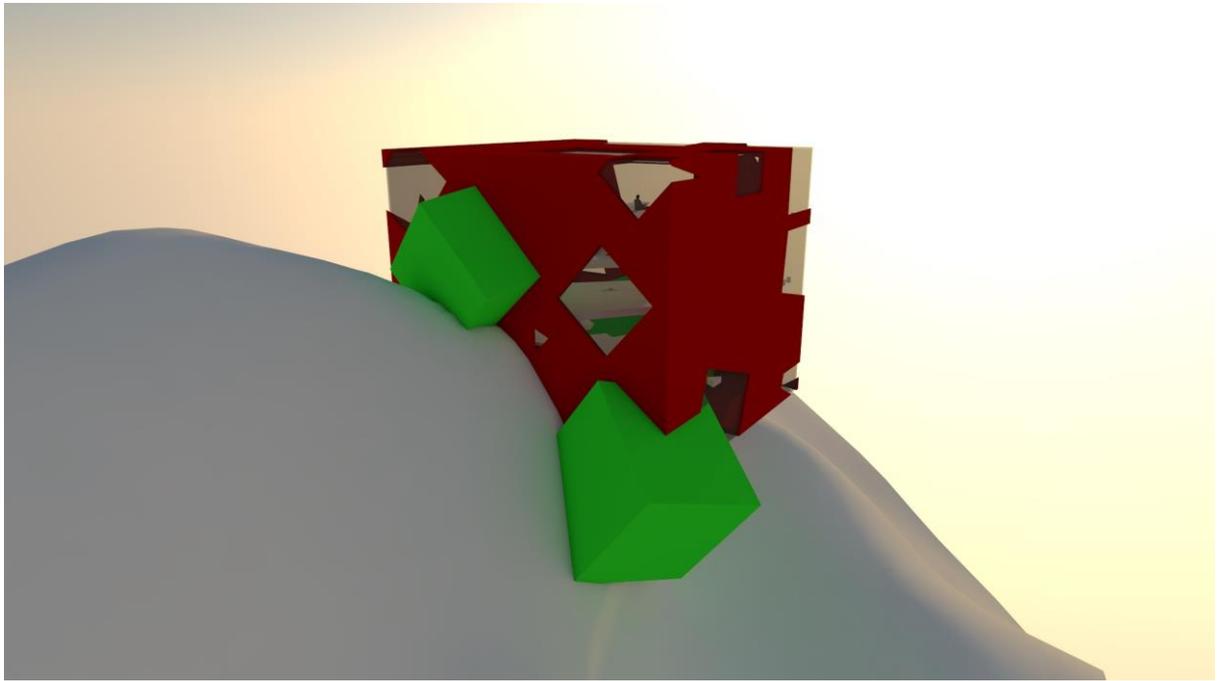


Abb. 39 Gebäude Außenansicht 2

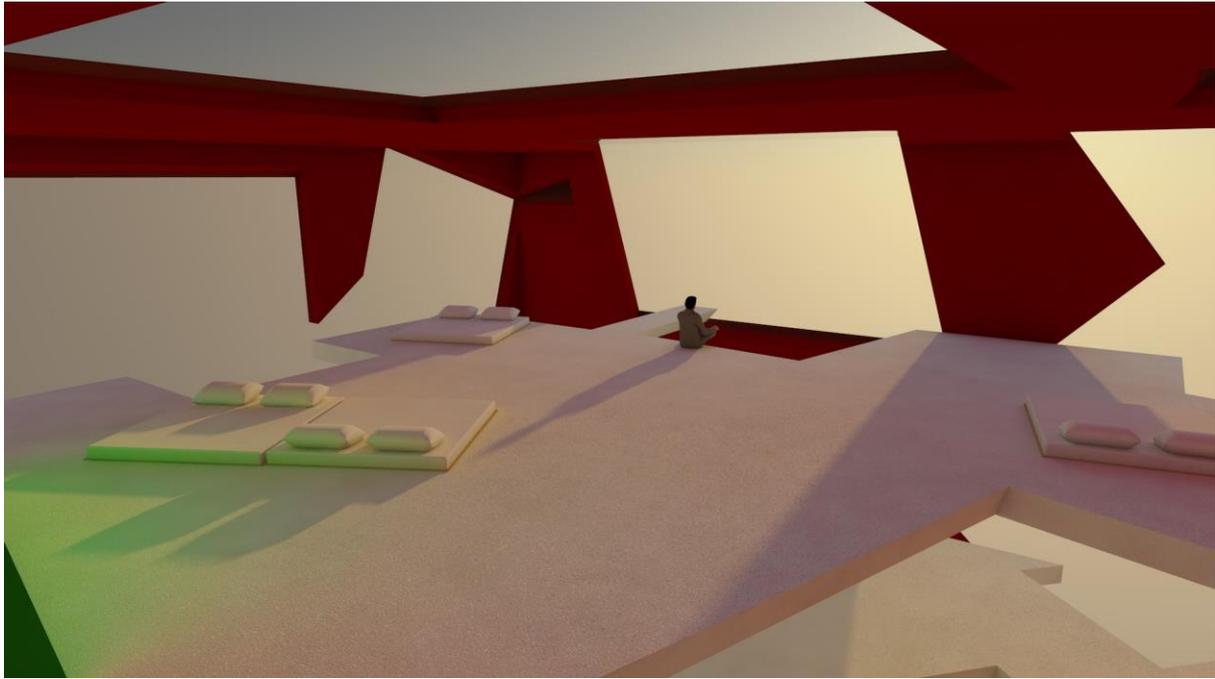


Abb. 40 Gebäude Innenansicht 1

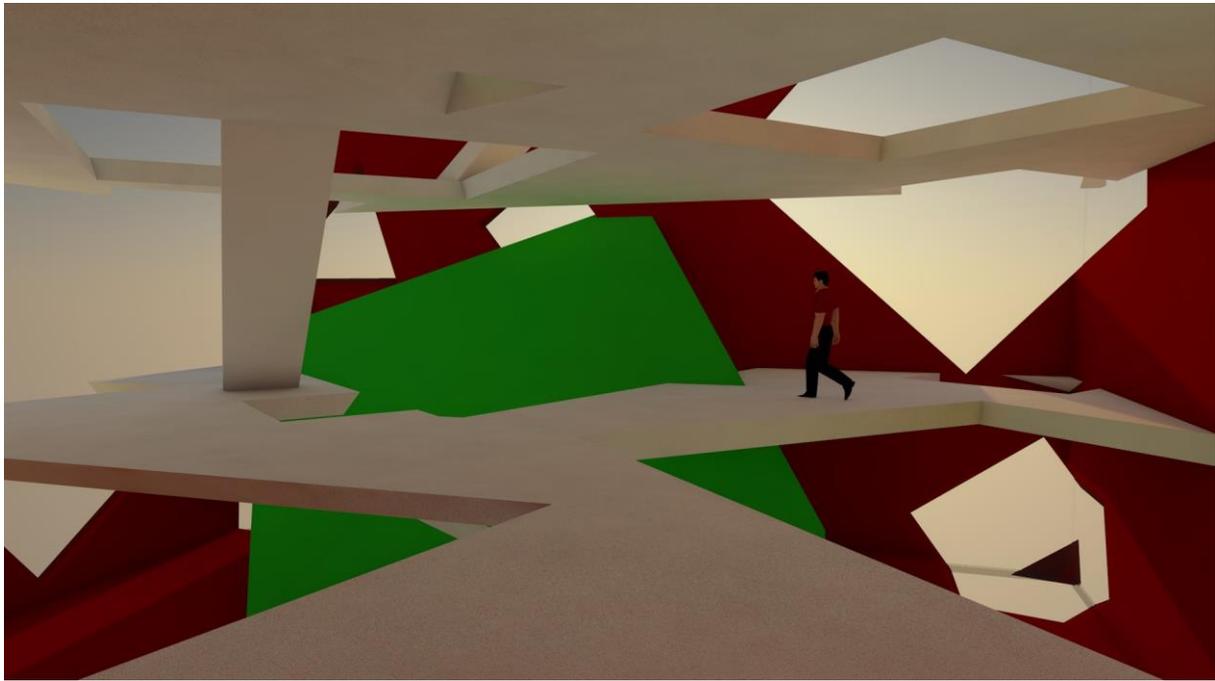


Abb. 41 Gebäude Innenansicht 2

4.2 KONSTRUKTIVE AUSFORMULIERUNG - GEBÄUDE 02

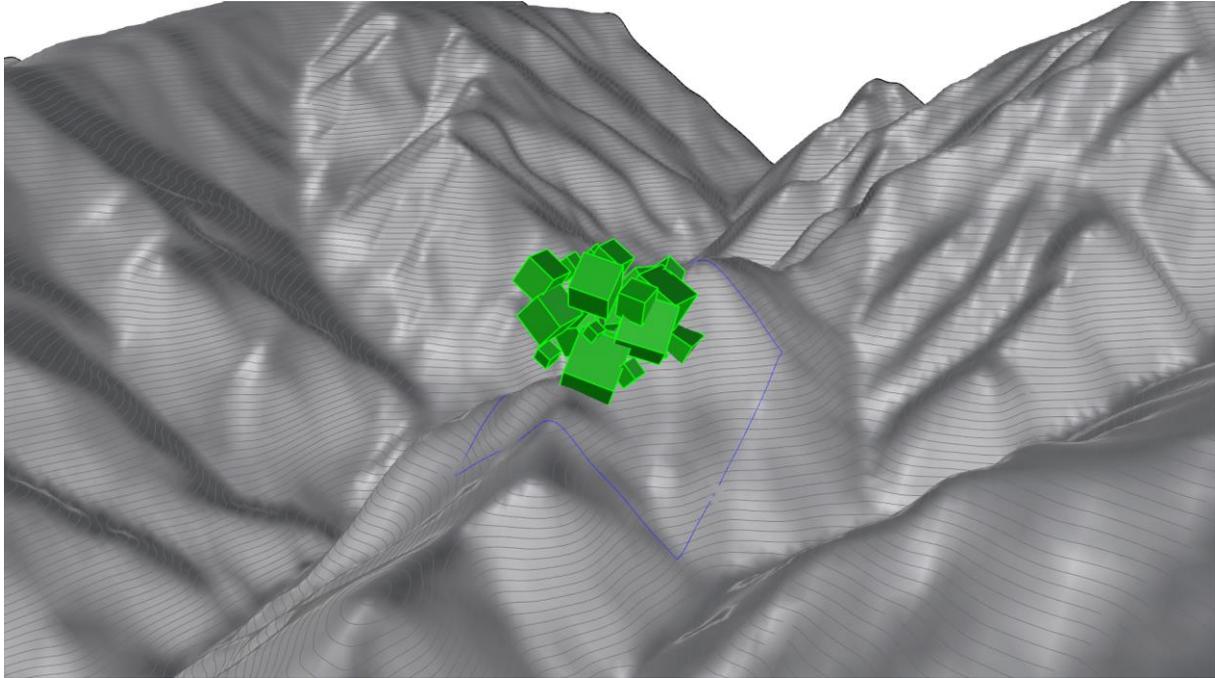


Abb. 42 Gebäude 02 Ergebnis Script - Axonometrie
Quader auf Grundstück

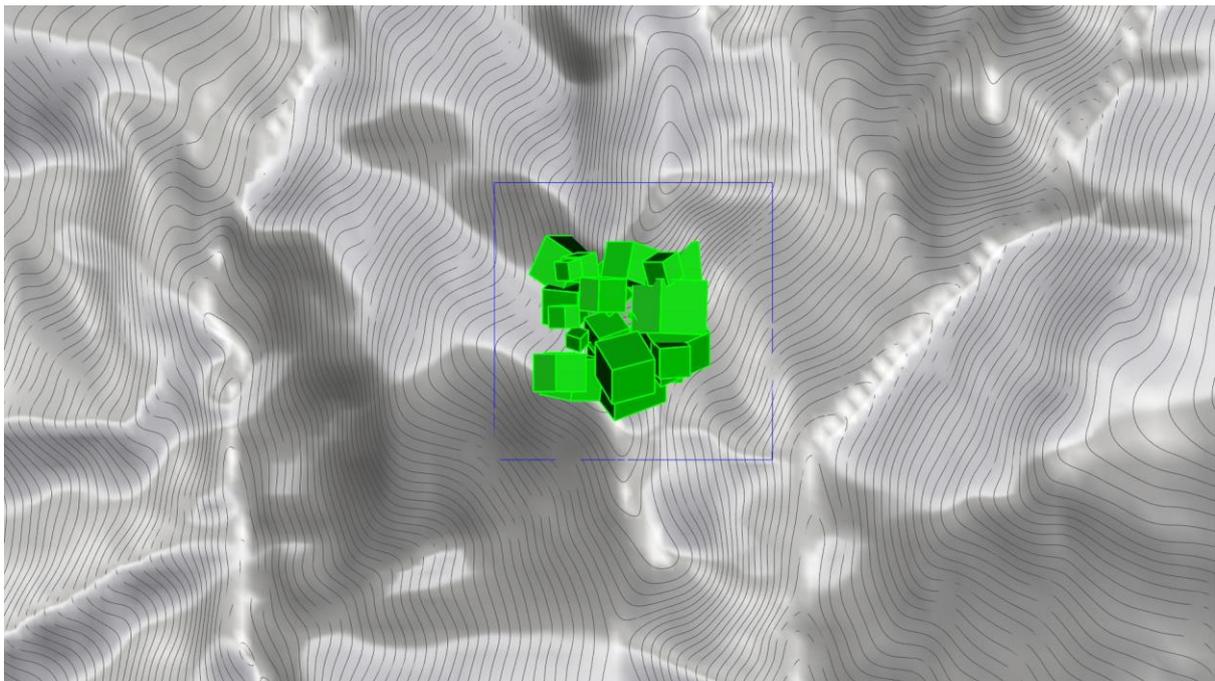


Abb. 43 Gebäude 02 Ergebnis Script - Draufsicht

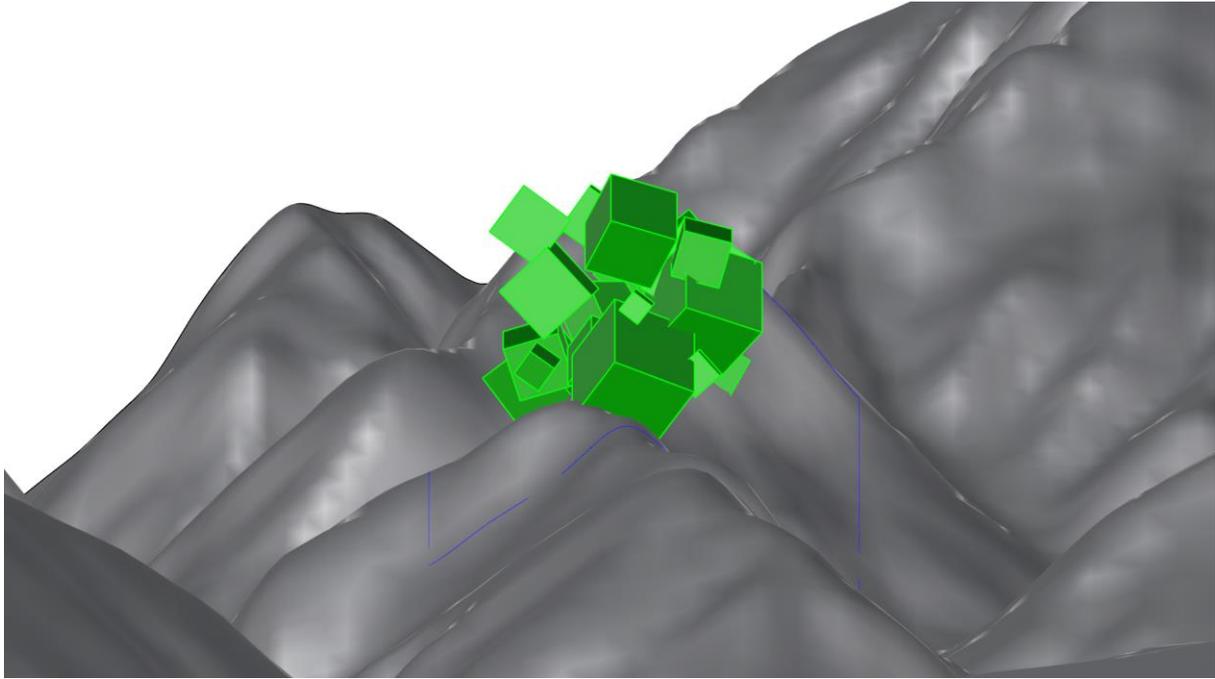
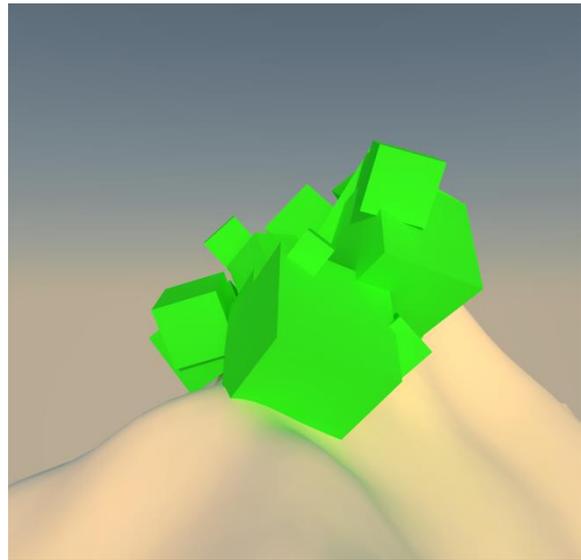
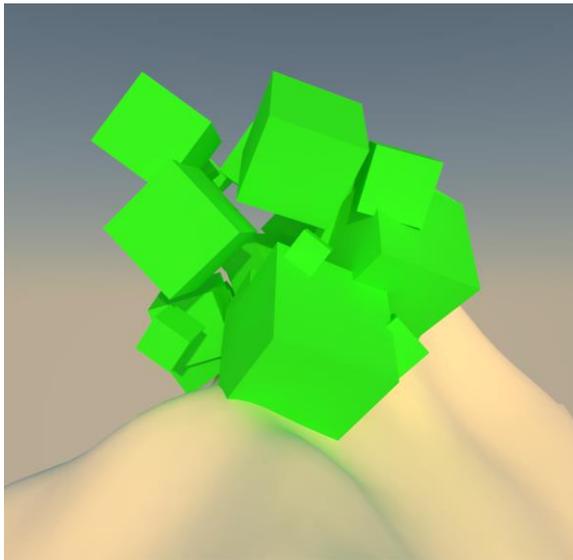


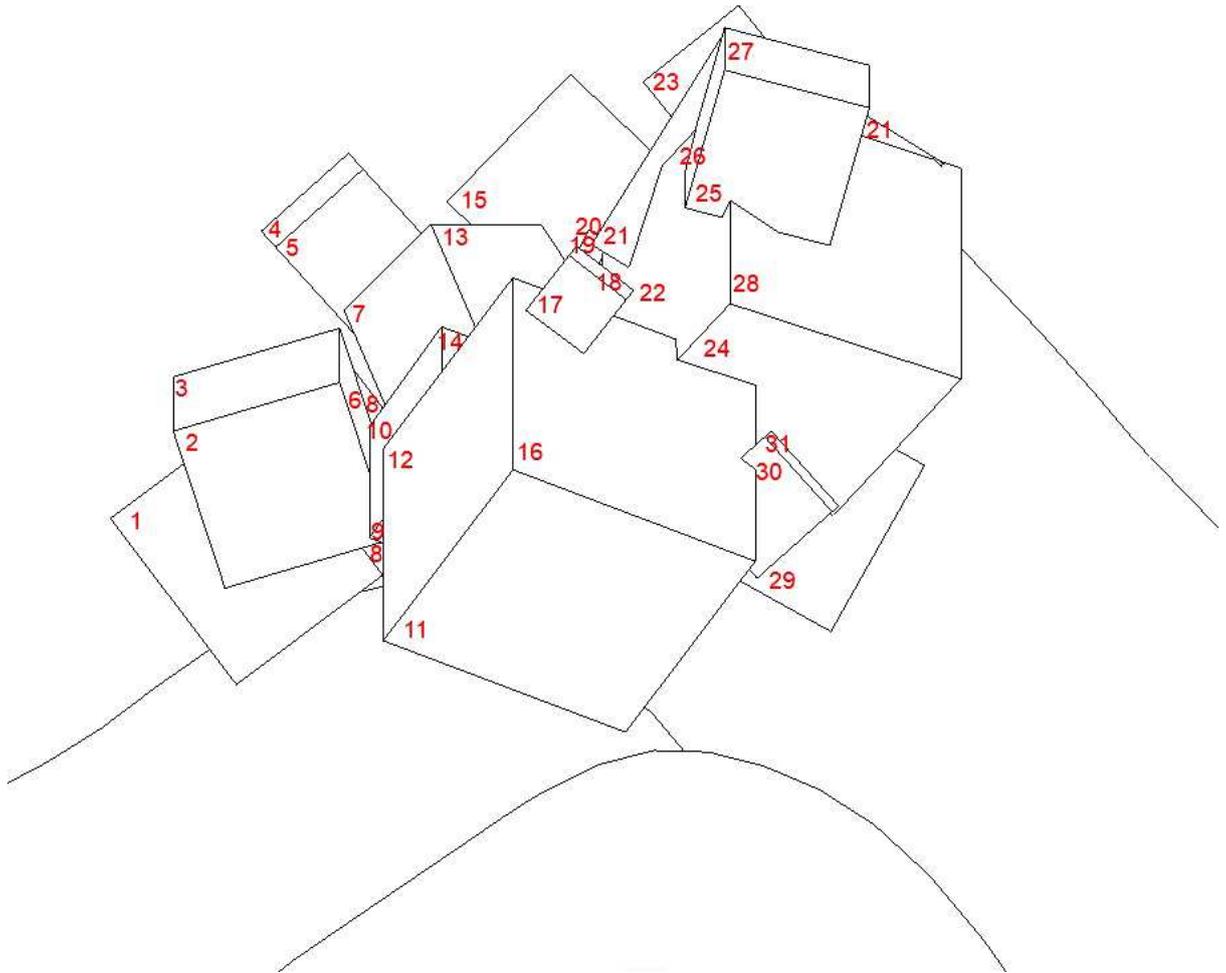
Abb. 44 Gebäude 01 Ergebnis Script - Südansicht

REGELN

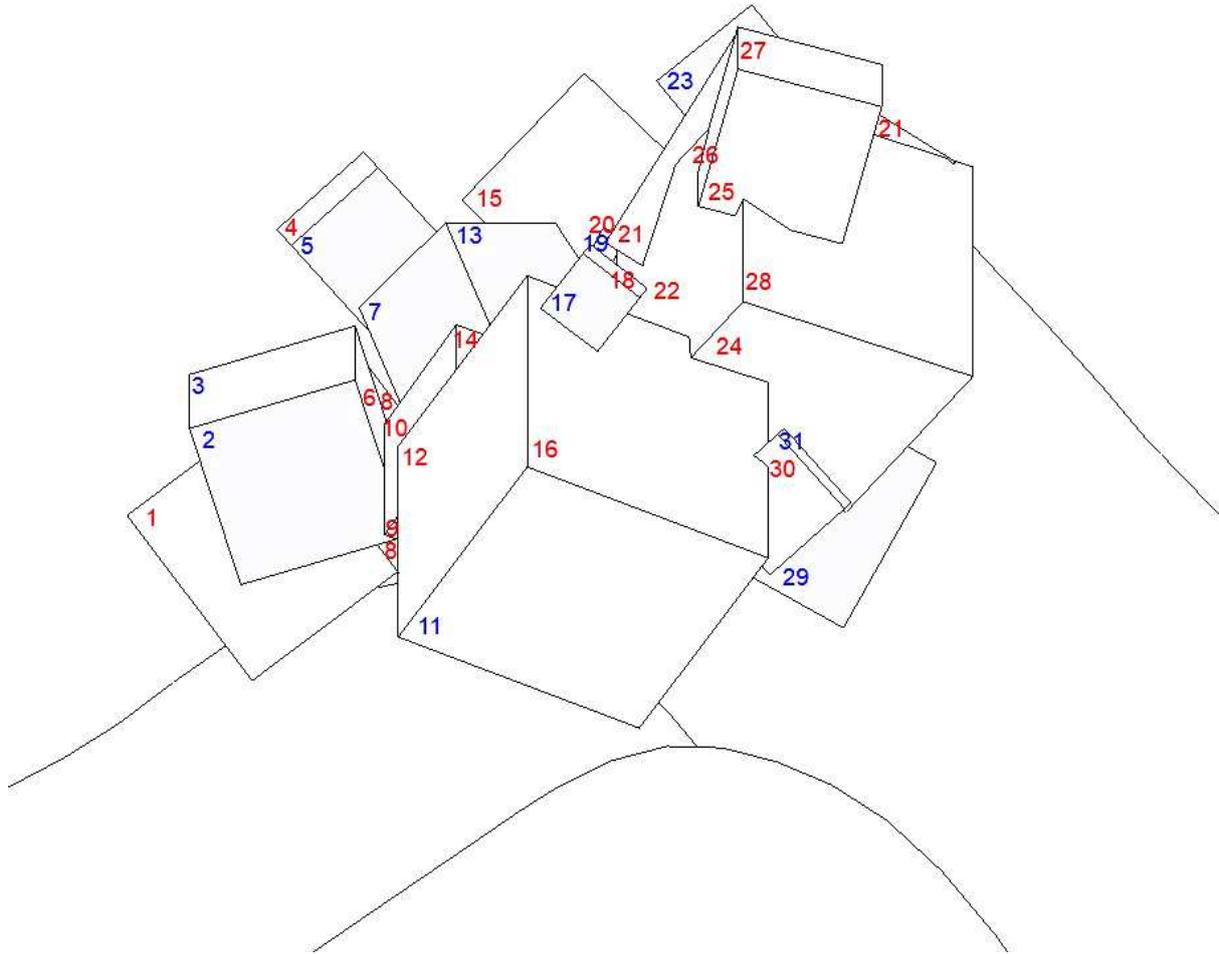
1. Quader, die sich nicht mit anderen Quadern oder mit der Grundstücksoberfläche überschneiden werden gelöscht.



2. Umwandlung des Volumenmodells in einzelne Oberflächen.
3. Darstellung in der Südansicht (bei diesem Beispiel aufgrund der Belichtung und Hangneigung) und Nummerierung aller Oberflächen. Die Nummerierung erfolgt von links nach rechts 1 bis 31.



4. Alle Oberflächen, die mit einer Primzahl (2/3/5/7/11/13/17/19/23/29/31) nummeriert sind, werden in Glasflächen umgewandelt.



5. Zusammenhängende Gebäudeteile werden einheitlich gefärbt: Rot, Grün, Blau

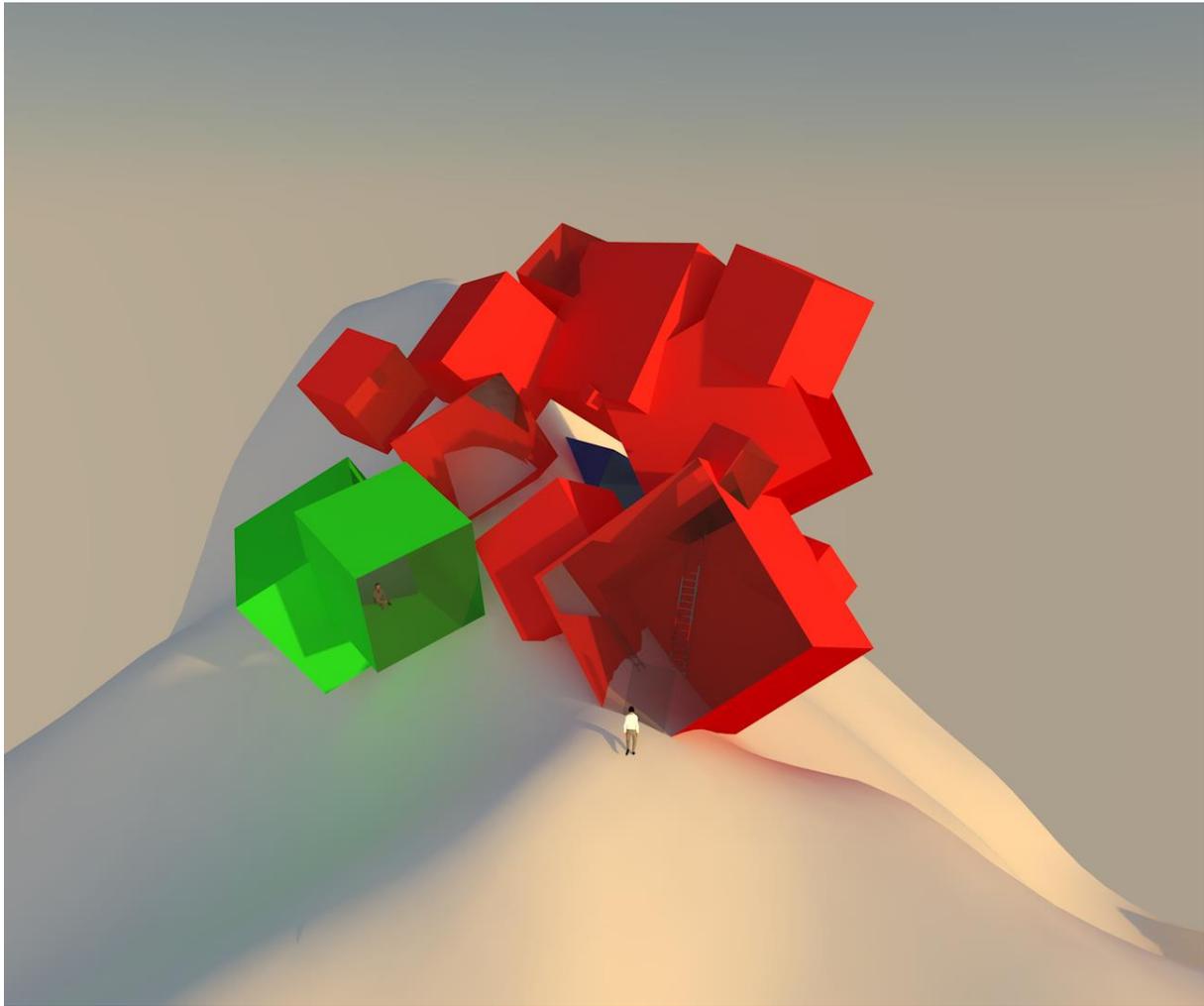


Abb. 45 Außenansicht 1

6. Der größte erdberührende Quader wird zum Eingang, eine Seitenfläche des Quaders wird verglast -> Tür wird in die Glasfläche eingesetzt.
Dies gilt für alle 3 Gebäudeteile.

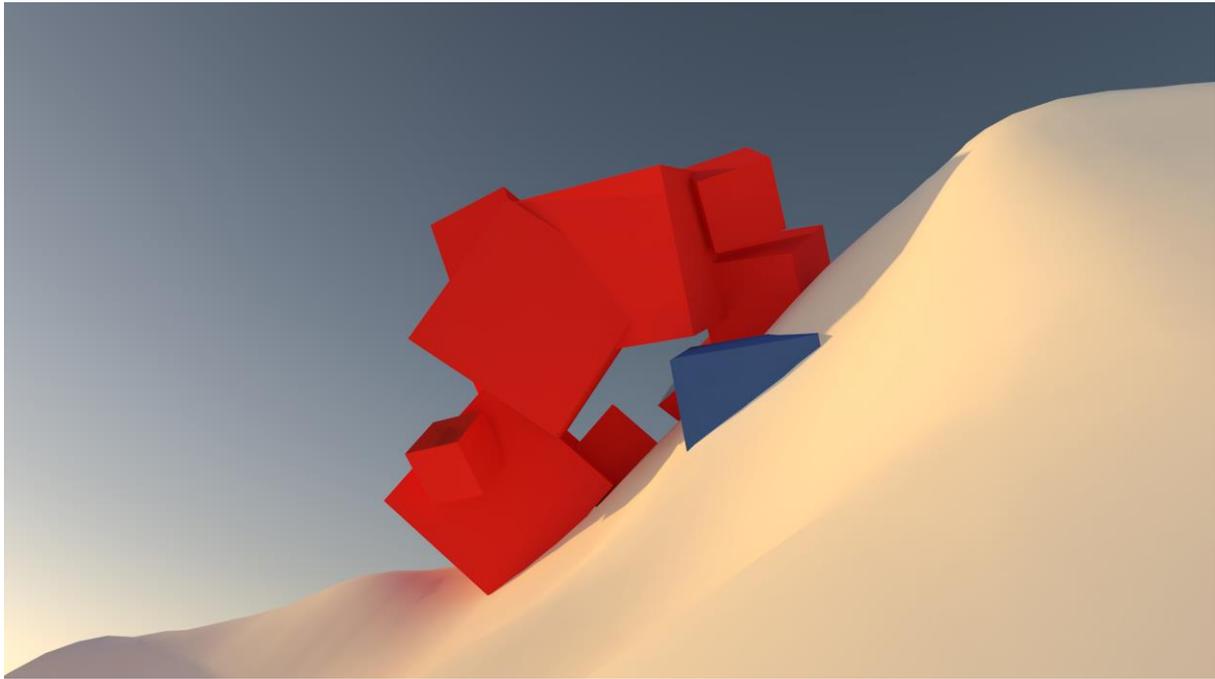


Abb. 46 Außenansicht 2

7. Die innere Erschließung wird mit Leitern ermöglicht, sodass jeder Quader erreichbar ist.



Abb. 47 Innenansicht 1

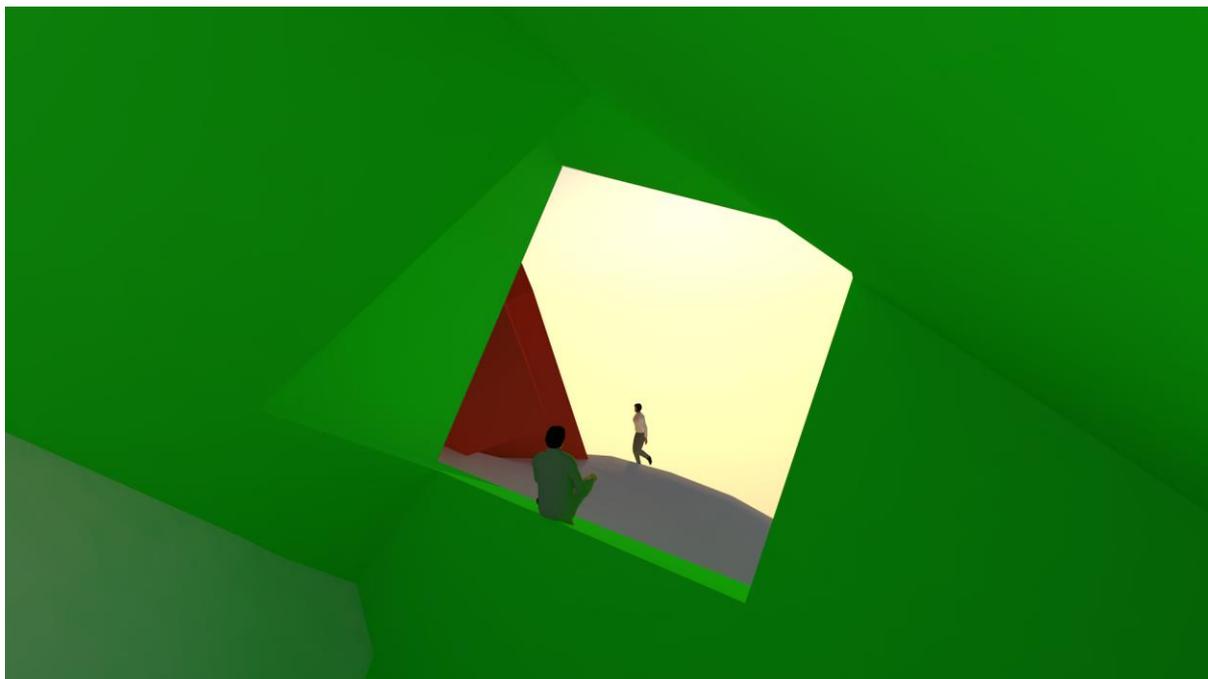


Abb. 48 Innenansicht 2

5 ABSCHLUSS

Mit dieser Diplomarbeit wurde eine neue Formensprache für Bauten im hochalpinen Raum geschaffen. Die Gebäude entstehen aus der Topografie des Ortes an dem sie sich befinden. Das Grasshopper Script - der Kern dieser Arbeit - kann zukünftig als Unterstützung der Formfindung für neue Bauaufgaben verwendet werden. Das Script kann weltweit auf jedem beliebigen Grundstück angewendet werden. Der parametrische Entwurf wird durch Änderung der Inputs unzählige Formen annehmen, die vom Anwender einfach mittels Slider gesteuert werden.

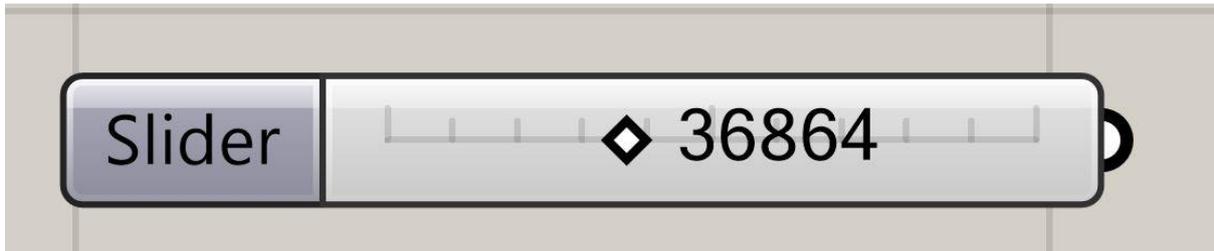


Abb. 49 Slider Grasshopper

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1 Gamskarkogelhütte	9
Abb. 2 Berghotel Rudolfshütte	10
Abb. 3 Observatorium Sonnblick	11
Abb. 4 Messner Mountain Museum Coronas	12
Abb. 5 Monte Rosa Hütte	13
Abb. 6 Visualisierung Alpine Hybrid	14
Abb. 7 LIDAR Daten Wolke - Abstand der Punkte 2m	17
Abb. 8 Umwandlung zu orthogonalem Oberflächennetz/ Rendering	17
Abb. 9 Zoom - Orthogonales Oberflächennetz	18
Abb. 10 3D Massenmodell mit xyz Koordinaten Ursprung	18
Abb. 11 Aufteilung der Oberfläche in 30x30 Felder	19
Abb. 12 Beliebige Grundstück G durch SelectablePreview ausgewählt	20
Abb. 13 Lageänderung der Punkte R´ durch Verschiebung der Rasterebene gif	21
Abb. 14 Gleichmäßiges Punktraster R über Grundstücksoberfläche G	22
Abb. 15 Punkte R´ auf der Grundstücksoberfläche G	22
Abb. 16 An allen Punkten R´ gebildete Flächennormale N	23
Abb. 17 An jedem Punkt R´ wird ein Quader Q platziert	25
Abb. 18 Die untere Hälfte der Quader verschwindet in der Berglandschaft	26
Abb. 19 Center Box C um den Punkt M	27
Abb. 20 Zufällige Punkte CP in der Center Box C	28
Abb. 21 Quader Q im Mittelpunkt auf die Punkte CP verschoben	28
Abb. 22 Quader Q: grün; Center Box C: rot	29
Abb. 23 Gebäudestruktur 1: Quader plus Center Box - Axonometrie	30
Abb. 24 Gebäudestruktur 1: Quader plus Center Box - Draufsicht	30
Abb. 25 Gebäudestruktur 1: Quader plus Center Box - Ansicht	30
Abb. 26 Gebäudestruktur 2: Quader - Axonometrie	31
Abb. 27 Gebäudestruktur 2: Quader - Draufsicht	31
Abb. 28 Gebäudestruktur 2: Quader - Ansicht	31
Abb. 29 Gebäudestruktur 3: Center Box minus Quader - Axonometrie	32
Abb. 30 Gebäudestruktur 3: Center Box minus Quader - Axonometrie	32
Abb. 31 Gebäudestruktur 3: Center Box minus Quader - Ansicht	32
Abb. 32 Quader plus Center Box	33
Abb. 33 Quader	34
Abb. 34 Center Box minus Quader	35
Abb. 35 Gebäude 01 Ergebnis Script - Axonometrie	37
Abb. 36 Gebäude 01 Ergebnis Script - Draufsicht	38
Abb. 37 Gebäude 01 Ergebnis Script - Südansicht	38
Abb. 38 Gebäude Innenansicht	42
Abb. 39 Gebäude Innenansicht	42
Abb. 40 Gebäude Innenansicht	43
Abb. 41 Gebäude Innenansicht	43
Abb. 42 Gebäude 02 Ergebnis Script - Axonometrie	44
Abb. 43 Gebäude 02 Ergebnis Script - Draufsicht	44
Abb. 44 Gebäude 01 Ergebnis Script - Südansicht	45
Abb. 45 Außenansicht 1	48
Abb. 46 Außenansicht 2	49
Abb. 47 Innenansicht 1	49
Abb. 48 Innenansicht 2	50
Abb. 49 Slider Grasshopper	51

LITERATURVERZEICHNIS

Hallama, Doris: Hüttenbauten im Hochalpinen. In: Deutscher Alpenverein / Österreichischer Alpenverein / Alpenverein Südtirol: Hoch hinaus! Wege und Hütten in den Alpen. Band 1. 2016. Köln Weimar Wien: Böhlau Verlag GmbH & Cie. S. 121-201.

SAMMELBAND

Deutscher Alpenverein / Österreichischer Alpenverein / Alpenverein Südtirol: Hoch hinaus! Wege und Hütten in den Alpen. Band 1. 2016. Köln Weimar Wien: Böhlau Verlag GmbH & Cie.

INTERNETQUELLEN

Alpinzentrum-Rudolfshütte: Berghotel Rudolfshütte. Geschichte. In: <https://www.alpinzentrum-rudolfshuette.at/de/berghotel-rudolfshuette/geschichte/>. 03.02.2020.

Bergwelten: Gamskarkogelhütte. In: <https://www.bergwelten.com/h/gamskarkogelhuette>. 03.02.2020.

Bergwelten: MMM Coronas. Ein Museum am Berggipfel. In: <https://www.bergwelten.com/a/mmm-corones-ein-museum-am-berggipfel>. 03.02.2020.

Gamskarkogelhütte: Die Hütte. In: http://www.gamskarkogelhuette.at/die_huette.php. 03.02.2020.

LAAC: AHY Alpine Hybrid. In: <http://www.laac.eu/de/projects/alpine-hybrid>. 03.02.2020.

Messner Mountain Museum: Coronas. In: <http://www.messner-mountain-museum.it/corones/museum/>. 03.02.2020.

Monte Rosa Hütte: Geschichte. In: <https://monterosahuette.ch/geschichte/>. 03.02.2020.

Sonnblick: Über uns. In: <https://www.sonnblick.net/de/ueber-uns/>. 03.02.2020.