REPORT 1.2.8

VORBILDVERFAHREN-BERICHT ZU METHODEN, FÄHIGKEITEN UND KOMPETENZEN IN BEZUG AUF NATURSTEINPRODUKTE

BAUVERFAHREN FÜR AUSSENWÄNDE AUS GROSSFORMATIGEN STEINBLÖCKEN

Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

"Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Billigung der Inhalte dar, die nur die Ansichten der Autoren widerspiegeln, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden".

Consortium members: Deutscher Naturwerkstein-Verband E.V (DNV), Asociatia Romania Green Building Council (RoGBC), Colegio Oficial de Arquitectos de la Región de Murcia (COAMU), Asociación Empresarial de Investigación Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales (CTM), Klesarska Skola Pucisca (KLESARSKA)

INHALT

1. INTRODUCTION 3
2. ENVIRONMENTAL CONSIDERATIONS 4
3. CONSTRUCTIVE CONSIDERATIONS 5
4. CONSTRUCTION PROCESS 7
4.1 Placement of the guides 7
4.2 Layout of first row of natural stone ashlars 8
4.3 Lifting of the guide rope for laying successive rows of ashlars 14
4.4 Laying of the remaining courses of the ashlar walls 15
4.5 Laying of the last row for the roof execution 18
5. SUMMARY. STEPS TO FOLLOW IN THE CONSTRUCTIVE PROCESS 20
6. REFERENCES 20

1. EINFÜHRUNG

Das BIMstone-Projekt entstand aus der Verschmelzung von drei Aktionslinien, deren Konvergenz eine Festigung einer didaktischen Materialbasis für die Ausbildung im Steinsektor darstellt. Diese drei Aktionslinien sind:
- BIM.
- Ökobilanz (Lebenszyklusanalyse).
- Digitalisierung von Anwendungsmethoden für Natursteinprodukte.

Die Europäische Kommission konzentriert sich auf den Bausektor nach den Kriterien intelligentes Wachstum (wissens- und innovationsbasierte Entwicklung und Wirtschaft) und integratives Wachstum (Sicherung des sozialen und territorialen Zusammenhalts durch Beschäftigung). Gemäß dem oben genannten Kontext besteht das allgemeine Ziel des BIMstone-Projekts darin, die Fähigkeiten der Arbeiter im Bereich der Verlegung von Natursteinprodukten zu verbessern, insbesondere beim Verlegen verschiedener Natursteinbeläge auf Böden und Wänden in Gebäuden und städtischen Umgebungen unter Berücksichtigung der Qualität der Ausführung, der Dauerhaftigkeit der Arbeit und deren Umweltverträglichkeit, indem Methoden ohne nicht recycelbare und/oder umweltfreundliche Materialien gezeigt werden. Aus diesem Grund ist es notwendig, die am besten geeigneten Ausführungssysteme und Verlegemethoden für Natursteinprodukte zu definieren und zusammenzustellen.

Die erste Aufgabe des BIMstone-Projekts "O1. Etablierung gemeinsamer Lernergebnisse zu Naturstein-Verlegemethoden, Lebenszyklusanalyse (LCA) und Vorschriften" umfasst eine Reihe konkreter Aufgaben, unter denen wir die Ausarbeitung dieses Berichts finden.

Dieser Vorbildverfahrens-Bericht befasst sich mit dem Aufbau von Fähigkeiten und Kompetenzen sowie der Definition der nachhaltigsten und umweltfreundlichsten Umsetzungsprozesse.

Von allen in diesem Projekt ausgewählten Naturstein-Bauelementen konzentriert sich dieser Bericht auf den Bau einer Außenwand mit großformatigen Quadern aus Naturstein und beschreibt detailliert einige ihrer konstruktiven und ökologischen Eigenschaften und den Bauprozess, der zu befolgen ist, um ein optimales Ergebnis zu erzielen.

2. UMWELTERWÄGUNGEN

Die Umweltproduktdeklaration (EPD) ist die eindeutigste, strengste und international anerkannteste Methode, das Umweltprofil eines Produkts während seines gesamten Lebenszyklus anzugeben.

Die EPD "***Fassaden- und Wandplatten aus Jura Kalkstein***" beinhaltet Naturstein-Produkte, deren Hauptfunktion dekorative Zwecke sind und zur Bekleidung von Innen- und Außenflächen wie Böden, Wände, Fassaden, Treppen usw. verwendet werden. Sie wurde geprüft und veröffentlicht bei https://ibu-epd.com.

Die EPD von Kalksteinplatten wurde nach der Ökobilanz-Methodik mit quantifizierten Umweltinformationen des gesamten Lebenszyklus durchgeführt. Das heißt, die EPD dieser Materialien ist vom Typ „Wiege bis Werkstor", wie in der folgenden Tabelle zu sehen ist, die die betrachteten Lebenszyklusstadien umfasst.

DESCRIPTION OF THE SYSTEM BOUNDARY (X = INCLUDED IN LCA; MND = MODULE NOT DECLARED)																
PRODUCT STAGE			CONSTRUCTION PROCESS STAGE		USE STAGE							END OF LIFE STAGE				BENEFITS AND LOADS BEYOND THE SYSTEM BOUNDARIES
Raw material supply	Transport	Manufacturing	Transport from the gate to the site	Assembly	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	De-construction demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse-Recovery-Recycling-potential
A1	**A2**	**A3**	**A4**	**A5**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B5**	**B6**	**B7**	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**D**
X	X	X	X	MND	MND	X	MNR	MNR	MNR	MND	MND	MND	MND	MND	X	MND

Quelle: IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V.

Diese EPD wurde gemäß den Normen EN 15804 und EN ISO 14025 und den Product Category Rules (PCR) für Marmor- und Kalksteinplatten im Hochbau entwickelt und verifiziert.

Die EPD-Funktionseinheit ist definiert für 1 Tonne Naturstein (entspricht 12,82 m², 30 mm dick). Der Umfang der Studie wurde von der Wiege bis zum Werkstor definiert und umfasst nur das Herstellungsmodul (Gewinnung und Aufbereitung der Rohstoffe, Verarbeitung der Natursteinplatten und Transport zwischen diesen Phasen).

Die EPD beschreibt die anzuwendenden Parameter (Umrechnungsfaktoren), um die funktionale Einheit von einer Tonne Natursteine auf einen Quadratmeter Fassade umzuwandeln.

Faktoren zur Kalkulation von Ergebnissen verschiedener Dicken:

Parameter	1t (entspricht 19,23 m² mit 20mm Dicke)	1t (entspricht 12,82 m² mit 30mm Dicke)	1t (entspricht 9,62 m² mit 40mm Dicke)
GWP	1,29	1,00	0,85
ODP	1,37	1,00	0,81
AP	1,18	1,00	0,90
EP	1,19	1,00	0,90
POCP	1,27	1,00	0,86
ADPE	1,41	1,00	0,78
ADPF	1,31	1,00	0,85
PERT	1,36	1,00	0,79
PENRT	1,31	1,00	0,84

Quelle: IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V.

Ergebnisse der Ökobilanz – Umweltauswirkungen:

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ UMWELTAUSWIRKUNGEN: 1 t Fassaden- und Wandplatten aus Naturstein (entspricht 12,82 m², Dicke 30 mm)

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	B2	C4
Globales Erwärmungspotenzial	[kg CO_2-Äq.]	59,90	4,73	0,04	16,14
Abbau Potential der stratosphärischen Ozonschicht	[kg CFC11-Äq.]	6,33E-11	6,00E-13	2,21E-9	1,52E-11
Versauerungspotenzial von Boden und Wasser	[kg SO_2-Äq.]	1,80E-1	1,96E-2	9,75E-5	9,54E-2
Eutrophierungspotenzial	[kg $(PO_4)^{3-}$-Äq.]	2,72E-2	4,84E-3	6,26E-5	1,30E-2
Bildungspotential für troposphärisches Ozon	[kg Ethen-Äq.]	1,25E-2	-7,24E-3	2,47E-5	7,51E-3
Potenzial für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen	[kg Sb-Äq.]	8,61E-5	4,92E-7	-6,13E-9	5,79E-6
Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe	[MJ]	842,44	64,26	0,59	208,74

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ RESSOURCENEINSATZ: 1 t Fassaden- und Wandplatten aus Naturstein (entspricht 12,82 m², Dicke 30 mm)

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	B2	C4
Erneuerbare Primärenergie als Energieträger	[MJ]	1188,26	4,25	0,15	25,24
Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00
Total erneuerbare Primärenergie	[MJ]	1188,26	4,25	0,15	25,24
Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger	[MJ]	850,92	64,45	0,61	216,11
Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung	[MJ]	14,29	0,00	0,00	0,00
Total nicht erneuerbare Primärenergie	[MJ]	865,22	64,45	0,61	216,11
Einsatz von Sekundärstoffen	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00
Erneuerbare Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00
Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00
Einsatz von Süßwasserressourcen	[m³]	2,02	0,00	0,01	0,04

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ OUTPUT-FLÜSSE UND ABFALLKATEGORIEN: 1 t Fassaden- und Wandplatten aus Naturstein (entspricht 12,82 m², Dicke 30 mm)

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	B2	C4
Gefährlicher Abfall zur Deponie	[kg]	1,32E-5	4,06E-6	1,12E-5	3,42E-6
Entsorgter nicht gefährlicher Abfall	[kg]	1,35E+3	4,70E-3	8,28E-3	1,00E+3
Entsorgter radioaktiver Abfall	[kg]	9,03E-3	7,40E-5	5,89E-6	2,92E-3
Komponenten für die Wiederverwendung	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00
Stoffe zum Recycling	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00
Stoffe für die Energierückgewinnung	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00
Exportierte elektrische Energie	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00
Exportierte thermische Energie	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00

Quelle: IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V.

3. KONSTRUKTIVE ERWÄGUNGEN

Mauerwerk ist der Name des traditionellen Bausystems, das aus der Errichtung von Wänden und Bekleidungen (Vormauerschalen) für verschiedene Anwendungen besteht, indem Natursteinelemente aufgemauert werden.

Naturstein zeichnet sich durch seine Vielfalt an Farben, Oberflächen, Texturen, Formaten sowie seine Originalität, große Widerstandsfähigkeit und Haltbarkeit aus. In Bezug auf die Energieeffizienz zeichnen sie sich durch ihre thermische Beständigkeit und die Beibehaltung der Temperatur im Inneren aus, was erhebliche Energieeinsparungen bedeutet.

Dieses System ermöglicht eine Reduzierung der Verschwendung von verwendeten Materialien und erzeugt tragende Fassaden; Es eignet sich für Konstruktionen von großen Höhen. Der größte Teil der Konstruktion ist strukturell.

Die Anordnung und Verzahnung der in den Wänden verwendeten Natursteine wird als Mauerwerk bezeichnet. Heutzutage wird in der Regel ein Mörtel aus Zement und Sand unter Zugabe einer geeigneten Menge Wasser verwendet, um die Teile miteinander zu verbinden.

Die Expositionsbedingungen an Fassaden, Fundamenten usw., bei denen Wasser auf mindestens einer Seite der Wand vorhanden sein kann, unabhängig davon, ob die Wand tragend ist oder nicht, erfordern eine geringe Permeabilität und Absorptionsvermögen, um das Eindringen von Wasser durch die Wand zu verhindern.

Natürlich wird dieses Phänomen stark reduziert, wenn die Wand zusätzlich durch Putze, Farben, wasserabweisende Imprägnierung usw. geschützt wird.

Aus Sicht der Festigkeit ist dies kein kritischer Faktor, solange das Mauerwerk witterungsbeständig und über die Zeit stabil ist.

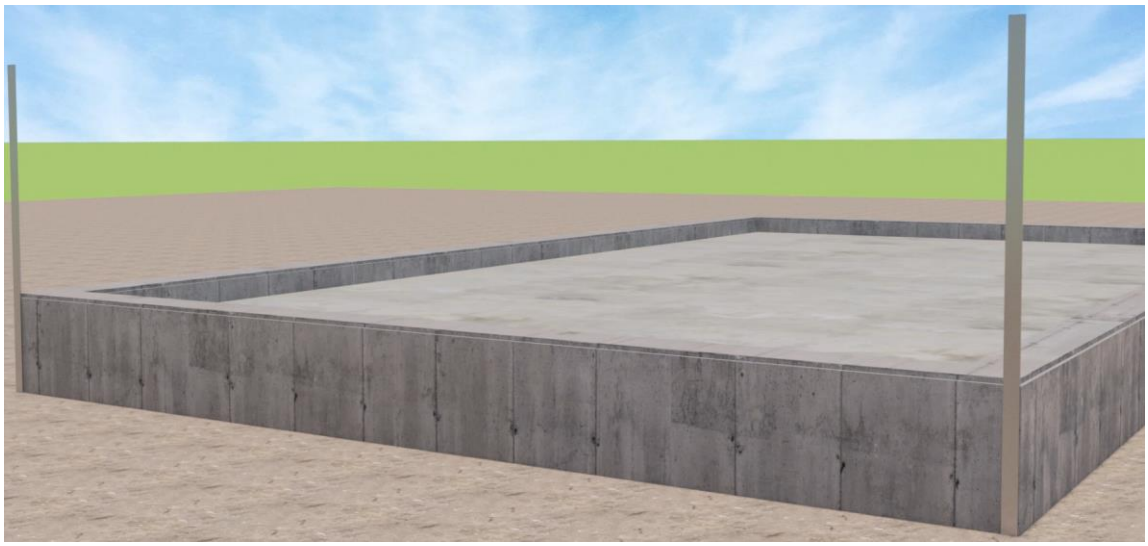
Bei der Auswahl aus einer Vielzahl von Steinen für ein bestimmtes Projekt ist es notwendig, die erforderlichen Eigenschaften für das Projekt zu kennen, die durch Labortests erhalten wurden.

Naturstein, der für Fassaden verwendet wird, muss maßhaltig, widerstandsfähig, absorptions-, unempfindlich und widerstandsfähig gegenüber Veränderungen durch Wärmezyklen, Frost, Stoßlasten, und Salzkristallisation sein.

4. Bauverfahren

4.1 Anordnung der Führungen

Auf der bereits verlegten Fundamentfläche sind an den Ecken jeder zu errichtenden Wand vier Führungen platziert.



Quelle: BIMstone-Projekt Webseite.

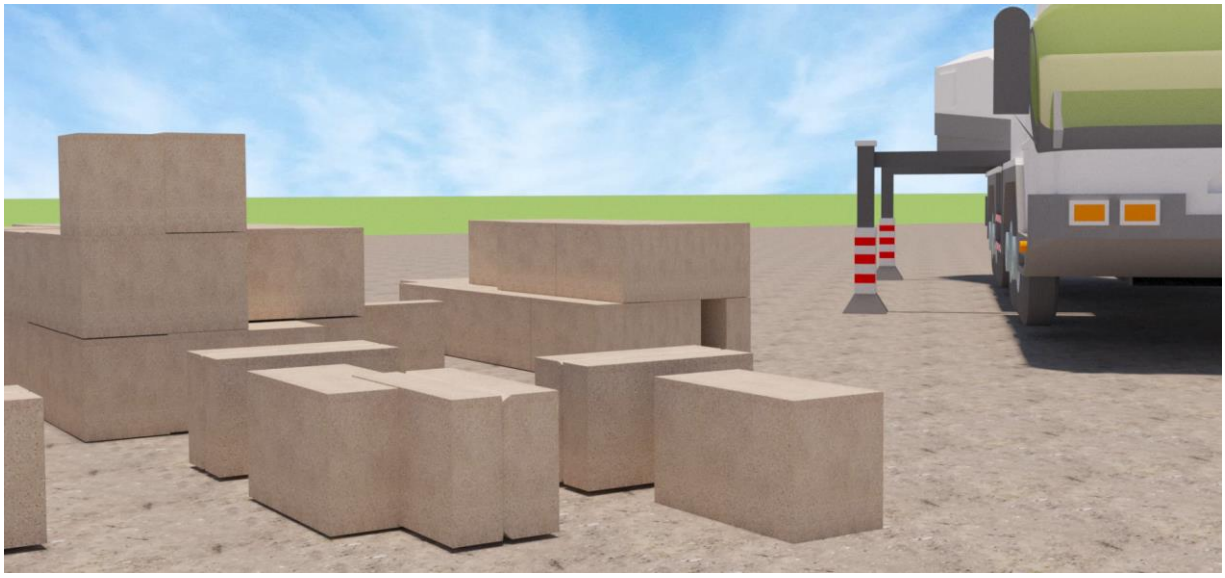
Sobald die Führungsschienen an den Enden jeder Wand platziert wurden, wird ein ebenes Führungsseil angeordnet, um die Tiefengrenze zu markieren, an der die erste Reihe von Quadern platziert werden soll.

Quelle: BIMstone-Projekt Webseite.

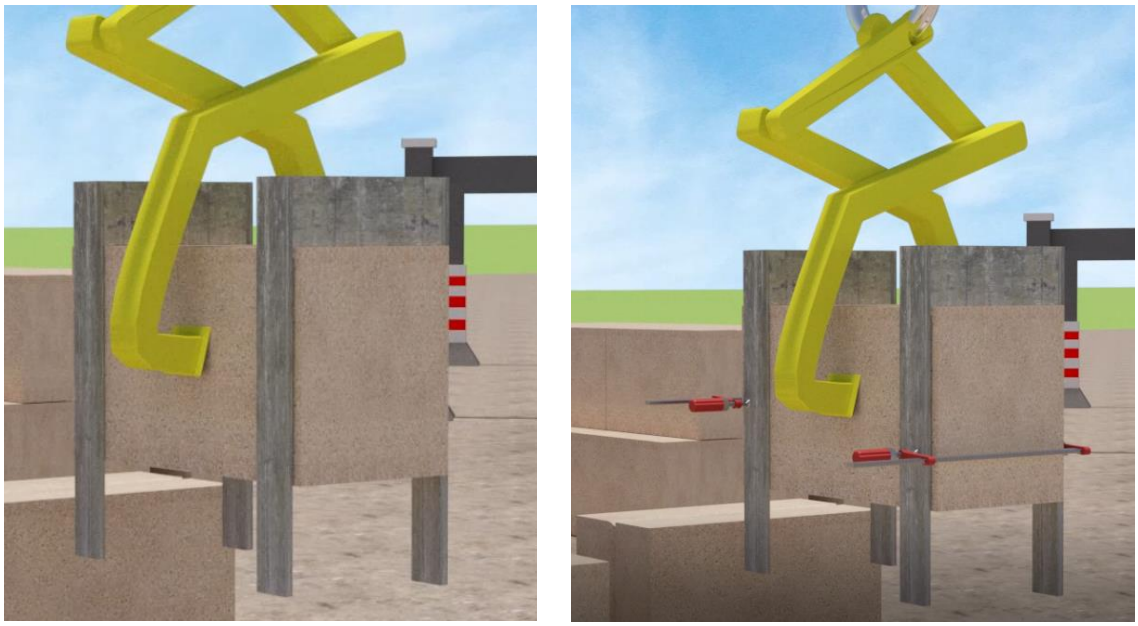
4.2 Grundriss der ersten Reihe von Natursteinquadern

Mit den entsprechenden Hebewerkzeugen werden die Natursteinblöcke bewegt und vor Ort platziert.

Die zu diesem Zweck verwendeten Hebevorrichtungen, Maschinen und Anlagen müssen den geltenden Vorschriften entsprechen, um eine korrekte Verbringung unter Einhaltung der Sicherheitsanforderungen zu gewährleisten.

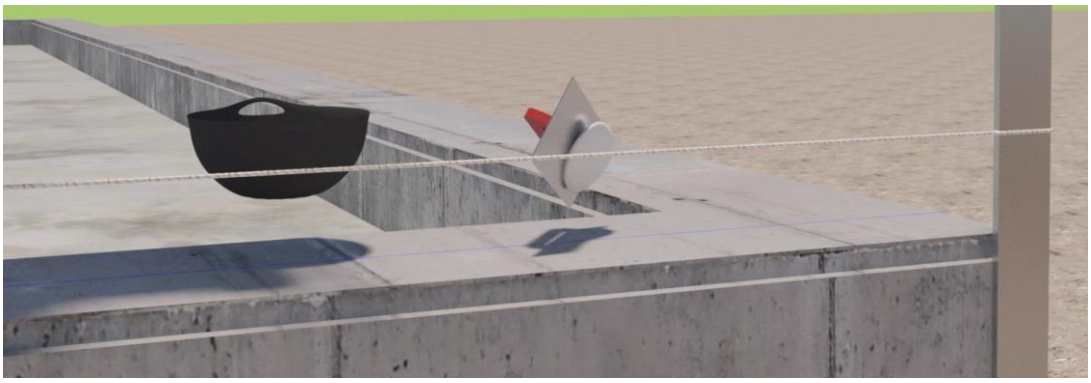


Quelle: BIMstone-Projekt Webseite.



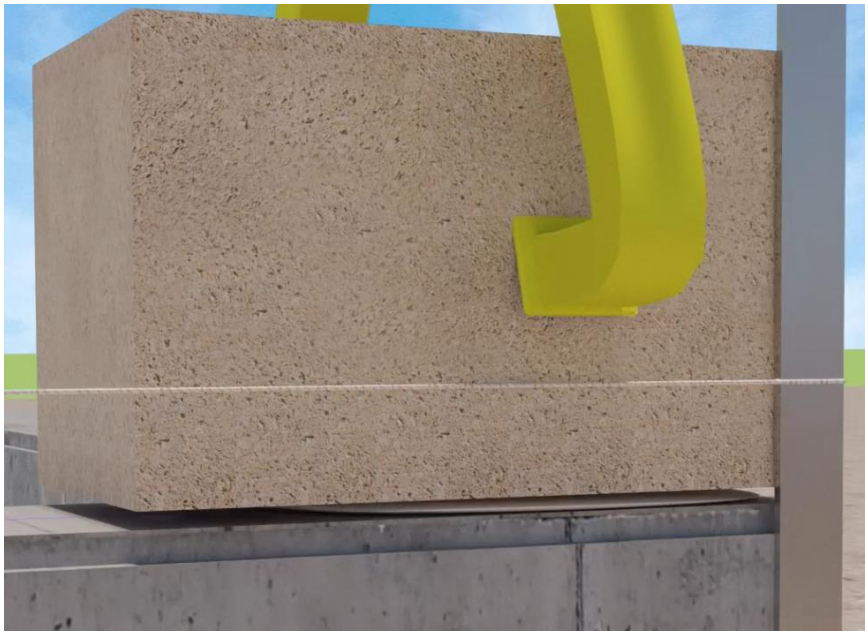
Quelle: BIMstone-Projekt Webseite.

Der erste Natursteinquader, der verlegt wird, ist der Eckstein. Dazu wird mit Hilfe einer Kelle eine Schicht Klebemörtel auf die Legefläche aufgetragen.



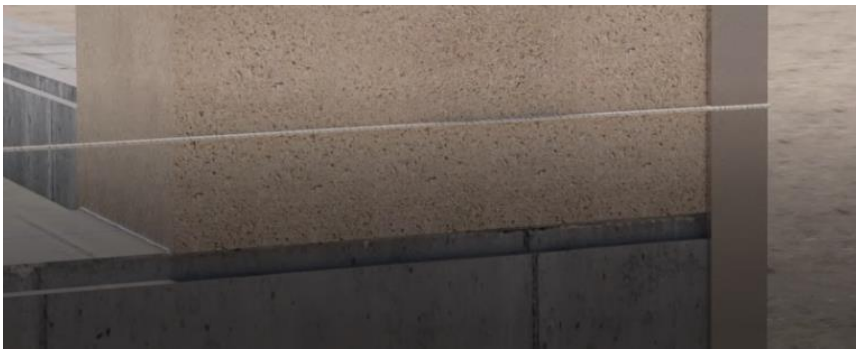
Quelle: BIMstone-Projekt Webseite.

Quelle: BIMstone-Projekt Webseite



Quelle: BIMstone-Projekt Webseite

Das überschüssige Material wird mit Hilfe einer Kelle entfernt.

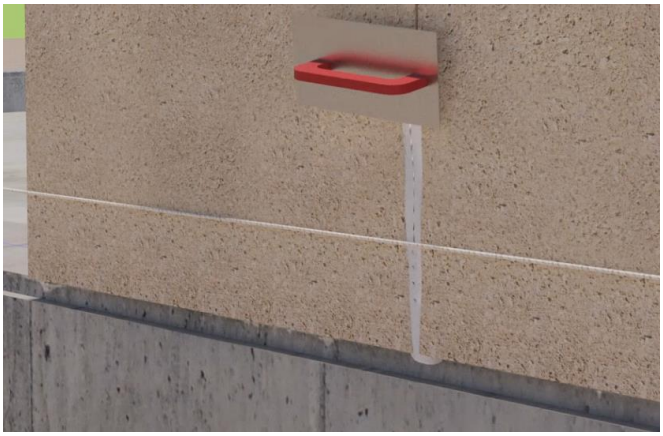


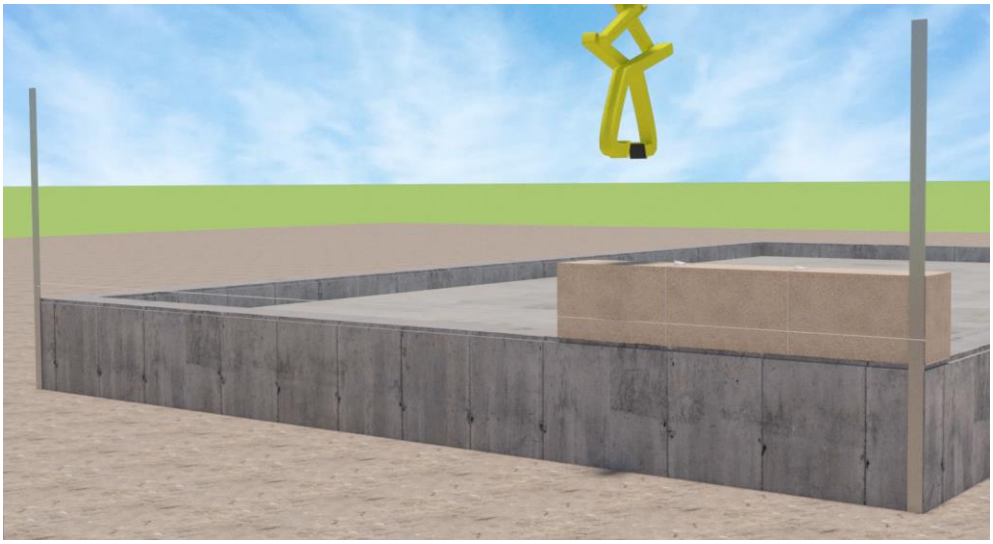
Quelle: BIMstone-Projekt Webseite

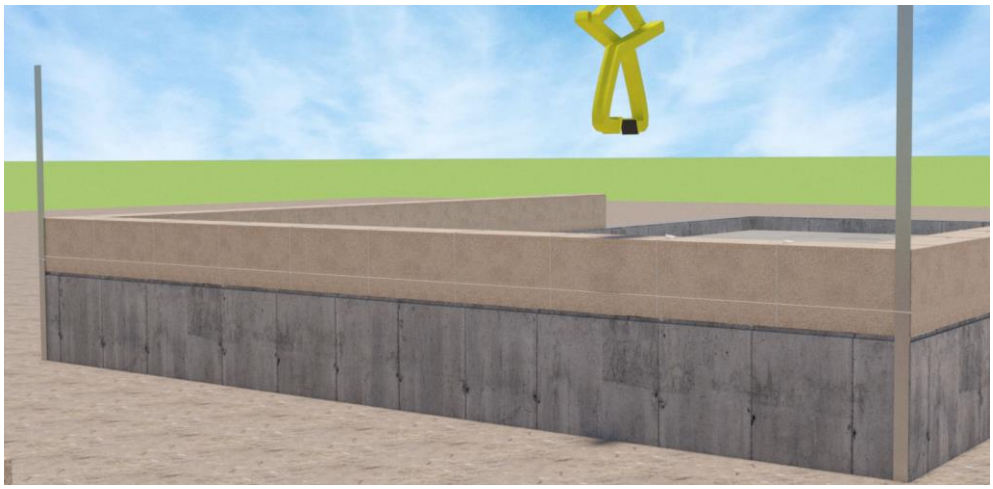
Nach dem gleichen Verfahren wird die Verlegung aller Natursteinquader der ersten Reihe abgeschlossen.
Es muss berücksichtigt werden, dass zum Versetzen von zwei aufeinanderfolgenden Stücken eine Schicht Klebemörtel auf die Seite des zu platzierenden Quaders aufgetragen werden muss, um diesen mit dem aufeinanderfolgenden Quader zu vermörteln.

Quelle: BIMstone-Projekt Webseite

Ebenso werden die Fugen zwischen Quadern mit Mörtel verschlossen.







Quelle: BIMstone-Projekt Webseite

4.3 Anheben des Führungsseils zum Verlegen aufeinanderfolgender Quaderreihen

Sobald die erste Reihe von Quadern platziert wurde, werden die zweite und aufeinanderfolgende Reihe platziert. Dazu ist es notwendig, das Führungsseil auf die Höhe der gewünschten Linie anzuheben, um die Tiefe wieder zu markieren.

Consortium members: Deutscher Naturwerkstein-Verband E.V (DNV), Asociatia Romania Green Building Council (RoGBC), Colegio Oficial de Arquitectos de la Región de Murcia (COAMU), Asociación Empresarial de Investigación Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales (CTM), Klesarska Skola Pucisca (KLESARSKA)

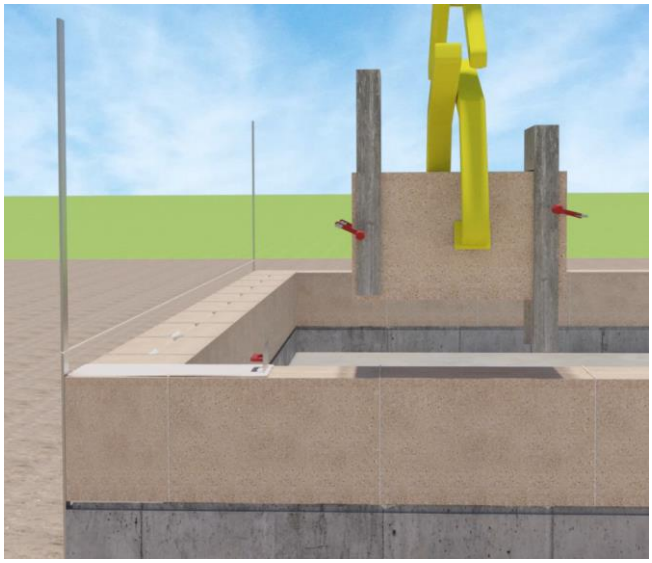
Quelle: BIMstone-Projekt Webseite

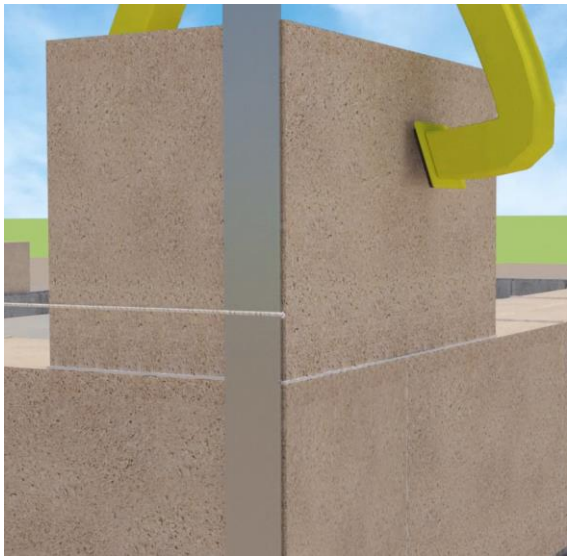
4.4 Verlegung der restlichen Reihen der Quaderwände

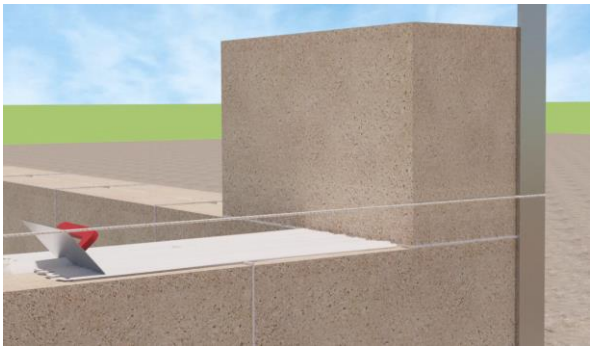
Wie bei der ersten Linie werden die restlichen Reihen von Natursteinquadern platziert, immer beginnend mit den Eckstücken.

Das Auftragen von Klebemörtel garantiert die Fixierung der Quader. Auf der gleichen Linie wie die erste Reihe muss der überschüssige Mörtel mit Hilfe einer Kelle entfernt werden.

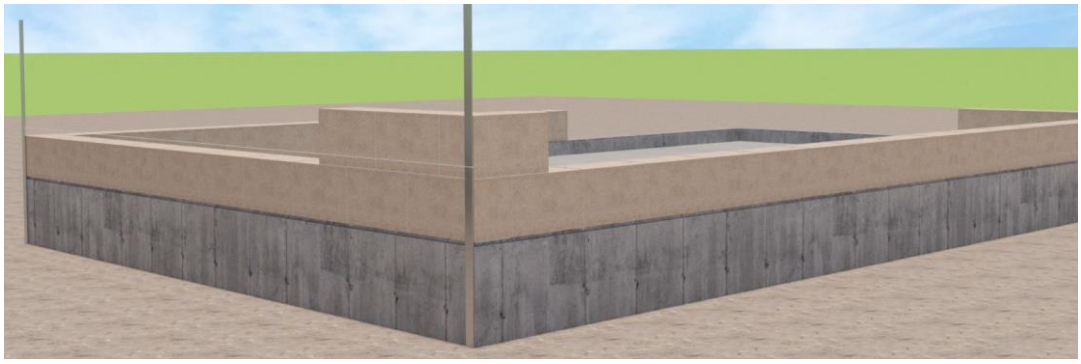
Consortium members: Deutscher Naturwerkstein-Verband E.V (DNV), Asociatia Romania Green Building Council (RoGBC), Colegio Oficial de Arquitectos de la Región de Murcia (COAMU), Asociación Empresarial de Investigación Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales (CTM), Klesarska Skola Pucisca (KLESARSKA)

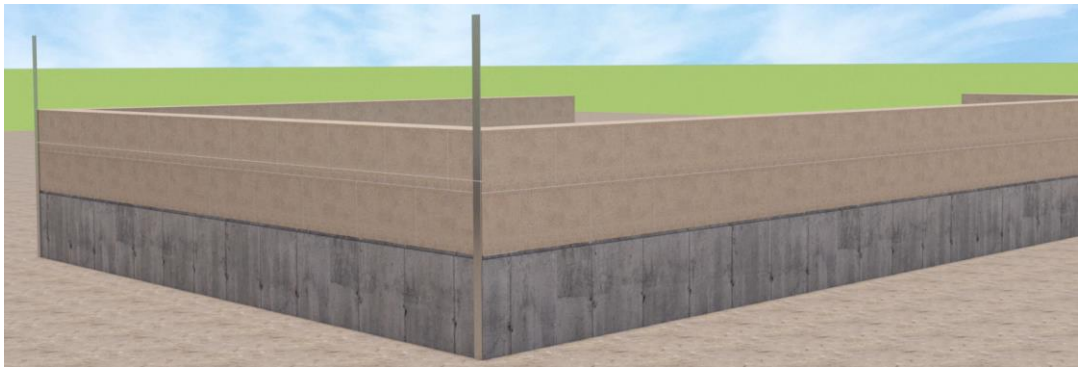


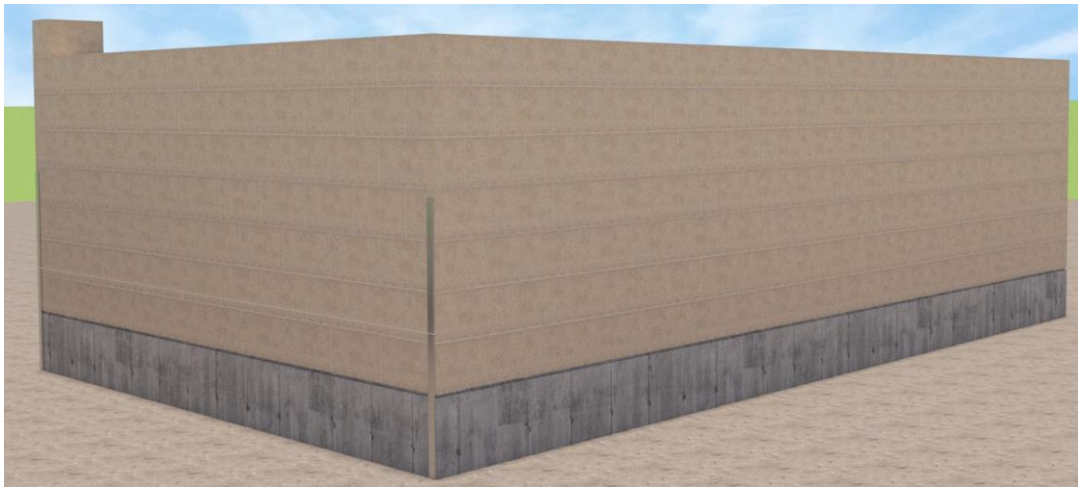




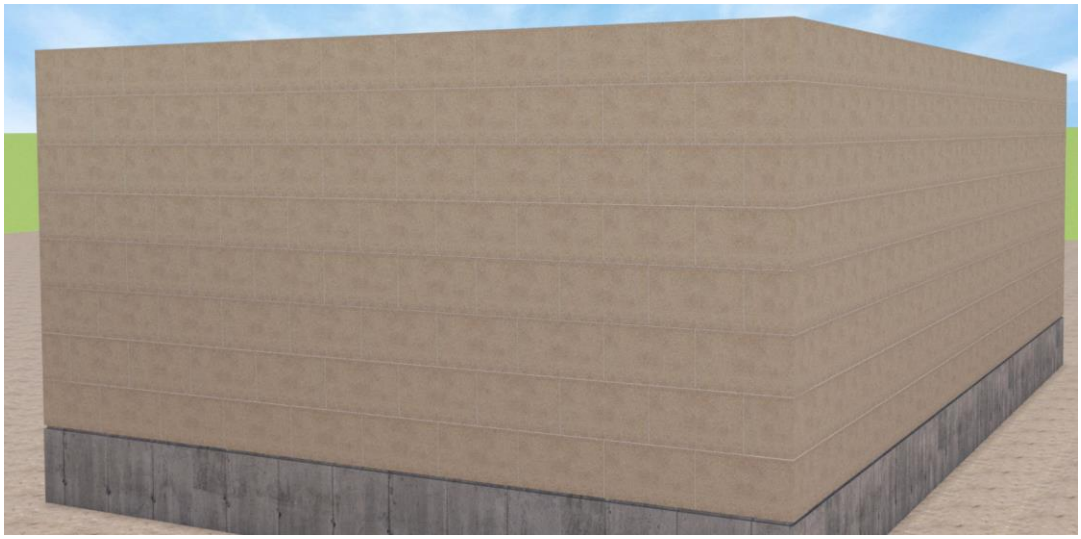
Quelle: BIMstone-Projekt Webseite







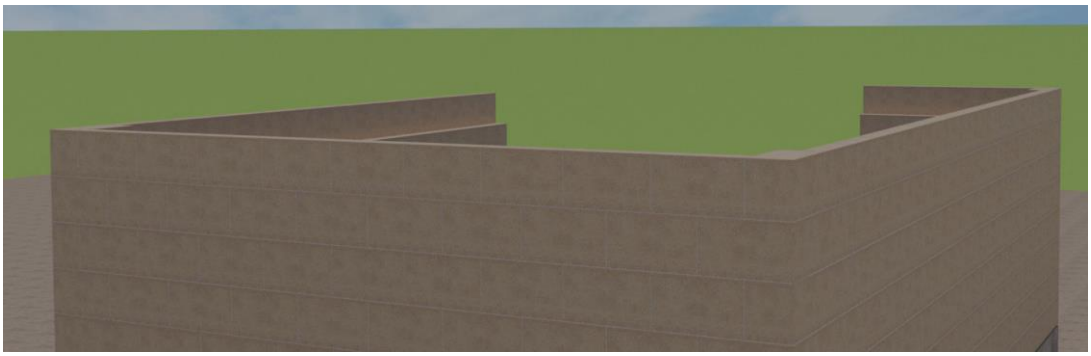
Quelle: BIMstone-Projekt Webseite.

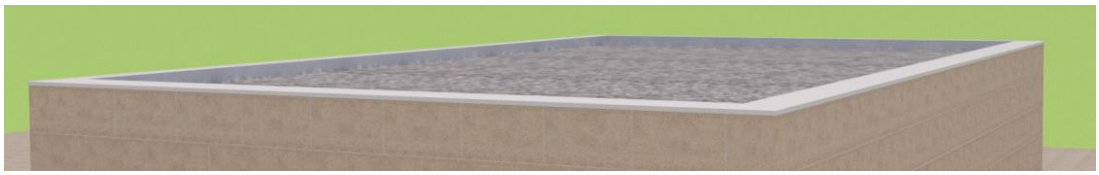


Quelle: BIMstone-Projekt Webseite.

4.5 Verlegung der letzten Reihe für die Dachausführung

Um den Bau der Fassade abzuschließen, wird die letzte Reihe der Außenwand nach dem gleichen Verfahren fertiggestellt, um anschließend das Dach zu bauen.





Quelle: BIMstone-Projekt Webseite.

Quelle: BIMstone-Projekt Webseite.

5. ZUSAMMENFASSUNG: EINZELSCHRITTE FÜR DEN KONSTRUKTIONSPROZESS

Das Bauverfahren einer Natursteinfassade aus großformatigen Quadern sind nachfolgend zusammengefasst:

1. Platzierung der Führungen.
2. Anordnung der ersten Reihe von Natursteinquadern.
3. Anheben des Führungsseils zum Verlegen aufeinanderfolgender Reihen von Quadern.
4. Verlegung der restlichen Reihen der Quaderwände.
5. Verlegung der letzten Reihe für die Dachausführung.

6. REFERENZEN

1. BIMstone-Projekt Website. www.bimstoneproject.eu/bimstone-products

2. *Jura Kalkstein Fassadenpaneele und Wandverkleidungen. Franken-Schotter GmbH & Co. KG. Umwelt-Produktdeklaration. IBU – Institut Bauen und Umwelt e.V.* https://epd-online.com/EmbeddedEpdList/Download/10098

3. Video "08. Großformatige Quaderfassade" des BIMstone-Projekts. https://youtu.be/3vK9A8fvBAI