



LEHMBAU MASSIVBAUTECHNIKEN

1:1 Lehm bauworkshops im Waldökozentrum Sopron/Ungarn 2013-2016



BAUGESCHICHTE
BAUFORSCHUNG



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

1:1 Lehmbauworkshops - Info

Ort:

Waldökozentrum Sopron
Soproni Gyermek és Ifjúsági Tábor
Sopron, Brennbergi út, 9406 Ungarn

Zeitraum:

2013 – 2016

Entwurf:

Denise Kießling

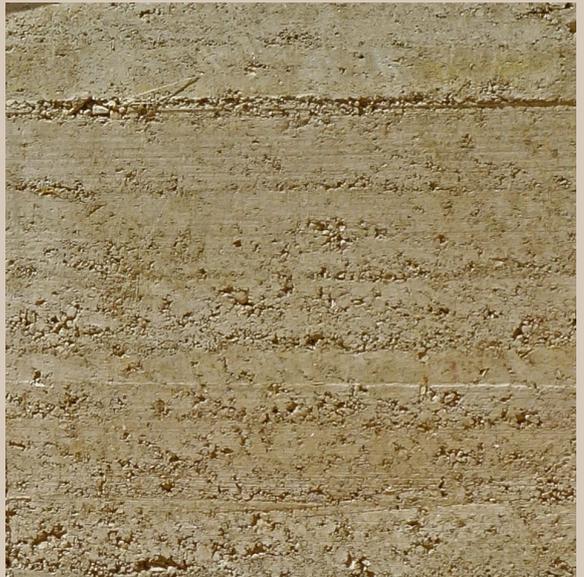
Leitung:

Ao. Univ. Prof. DI Dr. Andrea Rieger-Jandl
DI David Kraler
DI Christoph Lachberger
DI Ferenc Zamolyi
TutorInnen: Aaron Merdinger, Denise Kießling
Baugeschichte::Bauforschung
Technische Universität Wien

Herausgeber: A. Eyb, S. Rasztovits, P. Somweber

INHALTSVERZEICHNIS

Einführung	4
LEHMWELLERBAU	6
STAMPFLEHMBAU	10
LEHMZIEGEL	14
STEREOSKOPISCHE HÖHENMODELLE	18
Literaturverzeichnis	22



EINFÜHRUNG



Im Zuge eines mehrtägigen Workshops des Instituts für Kunstgeschichte, Bauforschung & Denkmalpflege, Fachgebiet Baugeschichte und Bauforschung der TU Wien, im Waldökozentrum nahe Sopron / Ungarn wurden verschiedene Lehmbautechniken angewendet. Ziel des Seminars war es, durch das praktische Arbeiten mit dem Baustoff Lehm, Einblicke in die Vielfalt der Lehmbautechniken unterschiedlicher Regionen zu erlangen.

Im Zuge des Workshops im Juni 2016 wurden einige Ausbesserungsmaßnahmen an der bestehenden Skulptur, nach einem Entwurf von Denise Kießling, vorgenommen.

In dieser Broschüre werden die allgemeinen Techniken der Herstellung und die speziellen, an dieser Skulptur angewandten Techniken, näher erläutert.

ABBILDUNGEN

Bilder: Denise Kießling

DEFINITION

Der Lehmwellerbau (engl. Cob) ist eine der schnellsten und günstigsten Techniken im Lehmbau, da kaum Hilfsmittel wie Schalung oder fachspezifisches Wissen erforderlich sind.

Wichtigstes Merkmal des Lehmwellerbaus ist, dass dem Lehm eine große Menge von Stroh (ca. 50kg auf 1,5m³ Lehm) beigemischt wird. Die Lehm-Stroh-Mischung wird vor der zu errichtenden Wand platziert und dann mit einer Mistgabel (lockere Mischung) oder per Hand (dichte Mischung) in Schichten von ca. 30cm aufgebracht. Während des Einbringens wird der Lehm festgeschlagen bzw. zusätzlich, je nach Konsistenz des Materials (weicher oder eher fester), mit den Füßen, den Händen oder mit einem sog. Cob-Holz verdichtet. Spätestens wenn die Schicht 80cm erreicht hat, muss ein Trocknungsprozess von 2-3 Wochen gewährleistet werden, bevor mit der nächsten Schicht begonnen werden kann.

Die Errichtung einer raumhohen Wand erfolgt in der Regel in drei Arbeitsschritten bzw. Schichten mit jeweils 70 - 80cm Höhe. Die Dicke einer Lehmwellerwand für eingeschossige Gebäude beträgt ca. 38cm, wobei der aufgebraute Lehm vorerst 5 - 10cm über die spätere Mauerflucht hinausragen soll. Nach einer Trocknungszeit von zwei bis drei Tagen kann die fertige Schicht entlang der endgültigen Mauerflucht mit einem Spaten plan abgestochen oder mit einer Säge (Fuchsschwanz) eben geschnitten werden. Für diesen Arbeitsschritt erfordert es eine erfahrene Fachkraft. Nach diesem Arbeitsschritt kann die nächste Lage in derselben Weise aufgebracht werden.



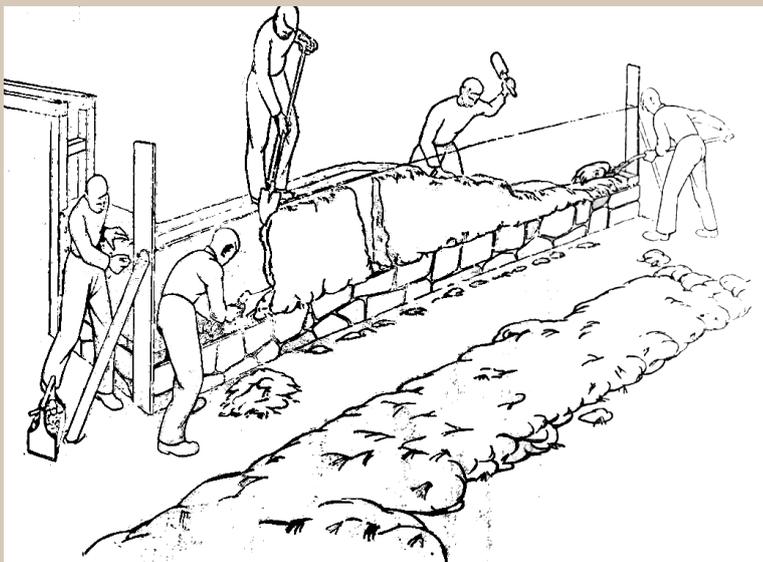
1



2

LEHMWELLERBAU

Wände in Lehmwellertechnik können nur von Frühling bis Herbst ausgeführt werden. Die Austrocknung der fertigen Wand kann bis zu einem Jahr dauern. Erst dann kann eine Putzschicht aufgebracht werden. Um die Haftung des Putzes zu gewährleisten, können in eine Lehmwellerwand 4-6cm tiefe Löcher mit einem Hartholzdorn gestochen werden oder diese noch zusätzlich mit herausragenden Steinen gespickt werden.



3

ABBILDUNGEN

- 1: Wellerlehmischung, Bild: Teilnehmer Lehmbauseminar
- 2: Wellerlehmwand, Bild: Teilnehmer Lehmbauseminar
- 3: Bau einer Wellerlehmwand, Bild: HENSELMANN, Lehmbaufibel

HERSTELLUNG

Die Wellerlehmwand besteht grundsätzlich aus Baulehm und Stroh (30-40cm Länge). Beide Materialien wurden abwechselnd übereinander geschichtet und mit der richtigen Menge an Wasser durchgearbeitet (gewalzt, getreten, etc.).

Nachdem der Lehm gleichmäßig mit dem Stroh vermengt wurde, musste die Mischung über Nacht ruhen (mauken), um anschließend verarbeitet werden zu können. Für die Verarbeitung der Mischung wurden faustgroße Mengen mit Wucht aus ca. 1m Höhe gezielt auf das Fundament aufgetragen und anschließend per Hand verdichtet. Nachdem die gewünschte Höhe der Wand erreicht war, konnte sie fluchtgerecht mit einer Säge abgestochen werden.



1



2



3

LEHMWELLERBAU



4



5

ABBILDUNGEN

- 1: Mischen des Materials, Bild: Teilnehmer Lehmbauseminar
- 2: Fertige Lehmmischung, Bild: Teilnehmer Lehmbauseminar
- 3: Aufbringen der Lehmmischung, Bild: Teilnehmer Lehmbauseminar
- 4: Aufbringen der Lehmmischung, Bild: Teilnehmer Lehmbauseminar
- 5: Abstechen der Wellerwand mit einer Säge, Bild: Teilnehmer Lehmbauseminar

DEFINITION

Der Stampflehmbau erfordert eine stabile Schalung und muss insgesamt sehr sorgfältig ausgeführt werden, was ihn relativ arbeitsintensiv macht. Der Lehm wird in erdfeuchtem Zustand direkt aus dem Boden entnommen und sofern er genug Bindekraft besitzt, ist keine besondere Aufbereitung erforderlich. Beim modernen Stampflehmbau wird der Lehm häufig mit Schotter versetzt, um das Schwindmaß möglichst gering zu halten. Der erdfeuchte Lehm wird in mehreren Lagen von je 10 - 15cm in eine meist hölzerne Schalung eingebracht und gestampft. Dabei kann bis zu einer Höhe von 2m durchgestampft werden, ohne dass ein Trocknungsprozess dazwischen notwendig ist.

In traditionellen Stampflehmbauverfahren wird beim Erreichen einer Schichthöhe von 50 – 80cm ausgeschalt. Die Schalung besteht aus zwei parallel liegenden Ebenen, zwischen denen der Lehm eingebracht wird und die von außen in Form gehalten werden. Es bedarf einer ausreichenden Stabilität der Schalung, damit sie sich während des Stampfvorgangs nicht nach außen durchbiegt. Es können umlaufende Ringschalungen oder Wanderschaltungen zum Einsatz kommen.

Das Stampfen der eingebrachten Schichten dient der Verdichtung und dem Eliminieren von Hohlräumen. Historisch wurden hierfür Holzstampfer verwendet, heute kommen auch Metallstampfer bzw. hydraulische Stampfer zum Einsatz. Die Wandaußenflächen am Rand der Schalung erfordern besondere Sorgfalt beim Stampfen, weshalb hier teils schmalere Stampfer zum Einsatz kommen.



1



2

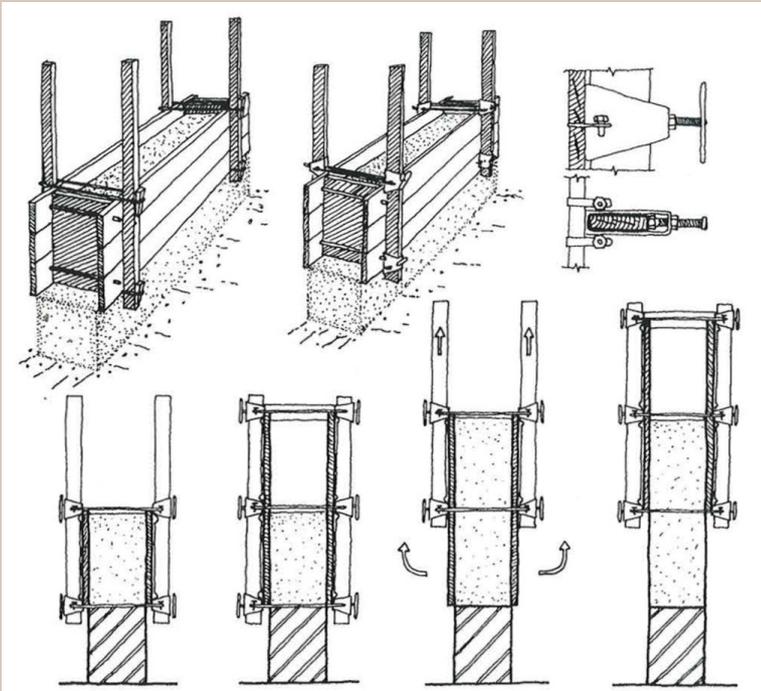


3

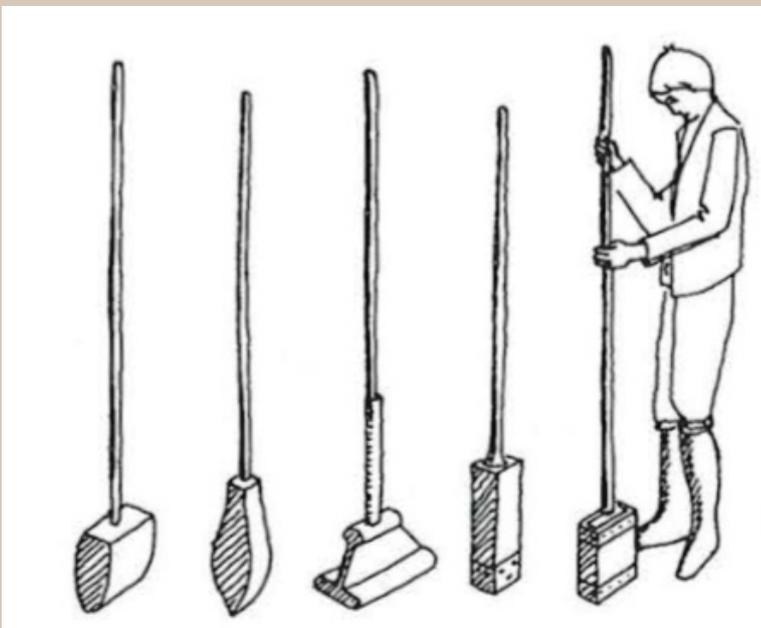
STAMPFLEHMBAU

Die Schichten sollten möglichst „feucht in feucht“ aufgebracht werden, um Schwundrisse zwischen den Lagen zu vermeiden.

Stampflehmwände können verputzt werden, werden aber aufgrund der hohen Oberflächenverdichtung und der ästhetisch ansprechenden Oberflächentextur häufig unverputzt belassen.



4



5

ABBILDUNGEN

- 1: Stampflehmwand, Bild: Teilnehmer Lehmbauseminar
- 2: Stampfen der Wandaußenfläche, Bild: Teilnehmer Lehmbauseminar
- 3: Schichten der Stampflehmwand, Bild: Teilnehmer Lehmbauseminar
- 4: Schalungen für Stampflehmwände, Bild: MINKE, Gernot. Handbuch Lehm bau
- 5: Verschiedene Stampfer, Bild: MINKE, Handbuch Lehm bau

HERSTELLUNG

Besonders geeignet für die Stampflehmwand sind gemischtkörniger bis steiniger Lehm. Sehr fetter Baulehm und Tone lassen sich hingegen nur schwer zu homogenen Stampflehmmischungen verarbeiten.

Bei der Skulptur wurde deshalb ein Materialverhältnis von 1.5 Teile Lehm, 2 Teile Dolomit, 0.5 Teile gesiebter Dolomit und 1 Teil Betonschotter verwendet. Dieses Mischverhältnis hat eine weitgestufte Kornverteilung und verspricht bessere, witterungsresistente Eigenschaften. Um eine Stampflehmwand zu fertigen, musste zuallererst eine robuste Schalung errichtet werden. Danach wurde die Lehmmischung (ca. 14cm) eingefügt. Als erstes wurden die äußeren Bereiche, die direkt an der Schalung liegen, mit einem schmalen Holzstück oder ähnlichem „vorgestampft“. Anschließend wurde der Rest solange mit einem Holzstampfer verdichtet, bis etwa 1/2 (ca. 7cm) der eingefügten Mischung übrig blieb. Zum Schluss wurde noch der Grat, der an der Schalung entsteht, abgenommen und die gestampfte Schicht wurde aufgeraut, um eine bessere Verbindung mit der nächsten Schicht herzustellen. Bei der Skulptur wurden insgesamt 17 Schichten gestampft.



1



2



3

STAMPFLEHMBAU



4



5

ABBILDUNGEN

- 1: Schalung für die Stampflehmwand, Bild: Teilnehmer Lehmbauworkshop
- 2: Stampfen der Wand, Bild: Teilnehmer Lehmbauworkshop
- 3: Wand nach der Entschalung, Bild: Teilnehmer Lehmbauworkshop
- 4: Auffüllen einer neuen Lehmschicht, Bild: Teilnehmer Lehmbauseminar
- 5: Auffüllen einer neuen Lehmschicht, Bild: Teilnehmer Lehmbauseminar

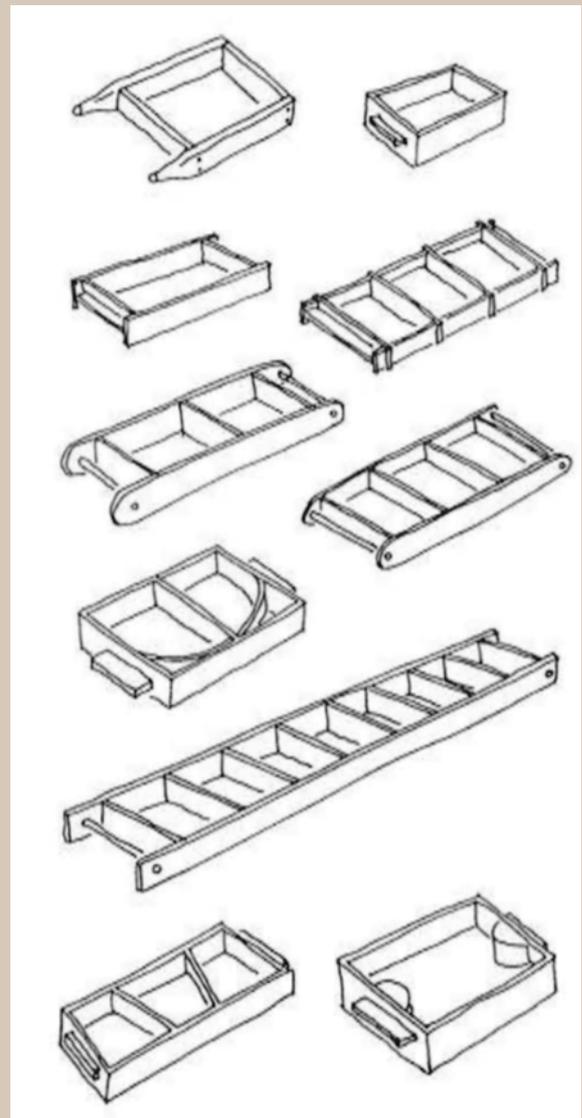
DEFINITION

Für eine Lehmziegelwand werden luftgetrocknete, ungebrannte Ziegel aus Lehm (in Deutschland: Lehmsteine) mit Lehmmörtel vermauert.

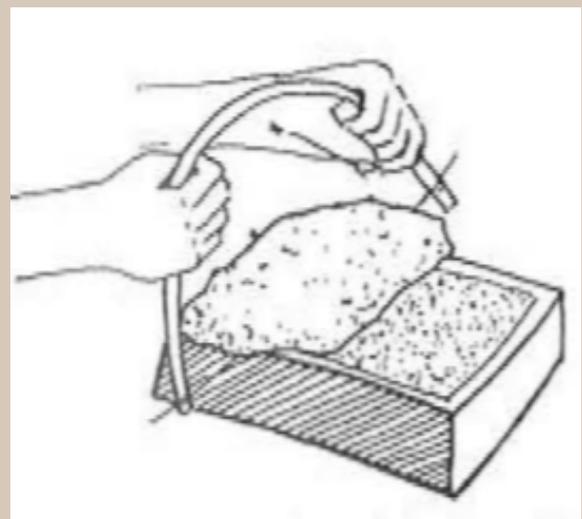
Bei der Ziegelherstellung unterscheidet man drei Verfahren: a) Die mit Wasser aufbereitete Lehm-masse wird mit Druck in meist hölzerne Formen (Ziegelmodel) geworfen, b) die aufbereitete Lehm-masse wird per Hand in quaderförmige Ziegel geformt und getrocknet, oder c) erdfeuchter Lehm wird mit Druck in eine Form gepresst (die Verdichtung erfolgt entweder mittels mechanischer oder hydraulischer Pressen).

Am weitesten verbreitet ist jedoch die Verwendung von Ziegelmodeln. Das Material selbst ist mittelfett (das Ausgangsmaterial wird meist mit Sand abgemagert) und wird häufig mit faserigen Zusatzstoffen (z. B. Stroh) vermengt, um Schwindrisse zu vermeiden. Ist die Form mit Lehm gefüllt, wird die Oberfläche abgestrichen, um einen glatten Abschluss des Ziegels zu garantieren. Nach kurzer Antrocknungszeit werden die Ziegel hochkant aufgestellt, um eine gleichmäßigere Trocknung zu gewährleisten. Je nach Witterung werden die Ziegel nach mehreren Tagen geschichtet und sind nun bereit, im Verband vermauert zu werden. Die Verlegung erfolgt im Mörtelbett, wobei der Lehmmörtel eine ähnliche Zusammensetzung wie der Ziegel selbst aufweisen sollte.

Als „Grünlinge“ bezeichnet man Lehmziegel, die industriell hergestellt und vor dem Brennprozess entnommen werden.



1



2

LEHMZIEGEL

Vorteil des Lehmziegelbaus ist die jahreszeitunabhängige Herstellung, da die Ziegel auch während des Winters vorbereitet werden können. Außerdem bedarf es durch die Vorfertigung kaum weiterer Trocknung, nachdem die Lehmziegel verbaut wurden.



3



4

ABBILDUNGEN

- 1: Verschiedene Ziegelmodelle, Bild: MINKE, Gernot. Handbuch Lehm-
bau
- 2: Ziegelmodell, Bild: MINKE, Gernot. Handbuch Lehm-
bau
- 3: Lehmziegelwand, Bild: Teilnehmer Lehm-
bauworkshop
- 4: Gestapelte Lehmziegel nach der Austrocknung, Bild:
Teilnehmer Lehm-
bauworkshop

HERSTELLUNG

Zuerst wurde der aus Niederösterreich stammende Lehm (ca. 1/3m³) mit 5-6 Kübeln Wasser vermengt, verrührt und über Nacht stehen gelassen (mauken). Überschüssiges Wasser wurde stetig abgegossen. Die Lehmmischung wurde nach dem mauken per Fuß durchgemengt und grobe Brocken zerstampft. Anschließend wurde 1 Teil dieser Mischung mit 2 Teilen Sand, und 0.25 Teilen Strohhäcksel (bis 2cm Länge) vermengt. Die fertige Masse wurde dann mit Druck in einem Holzmodel geworfen, abgestrichen und der Model wurde sofort wieder entfernt.

Die hergestellten und völlig getrockneten Lehmziegel wurden vor dem Vermauern an den Breitseiten angenässt. Auf jede Schicht Ziegel wurde eine ca. 1cm dicke Mörtelschicht aufgebracht (gleiches Mischverhältnis wie die Lehmziegel).



1



2

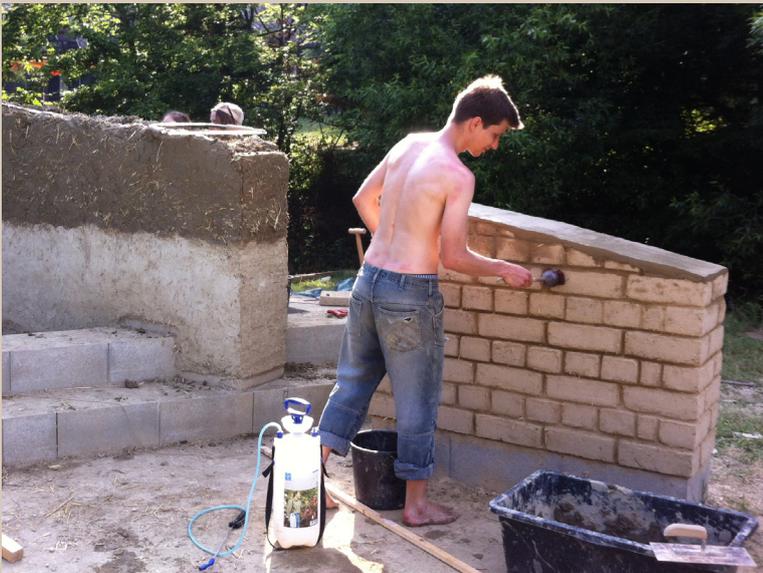


3

LEHMZIEGEL



4



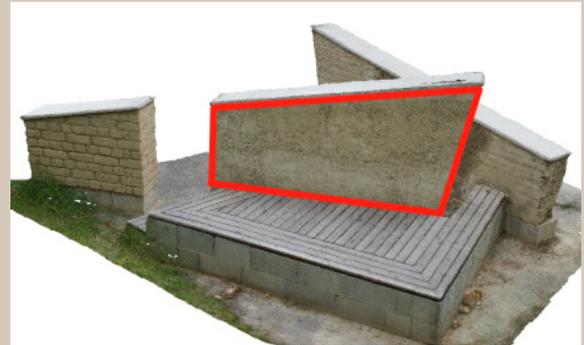
5

ABBILDUNGEN

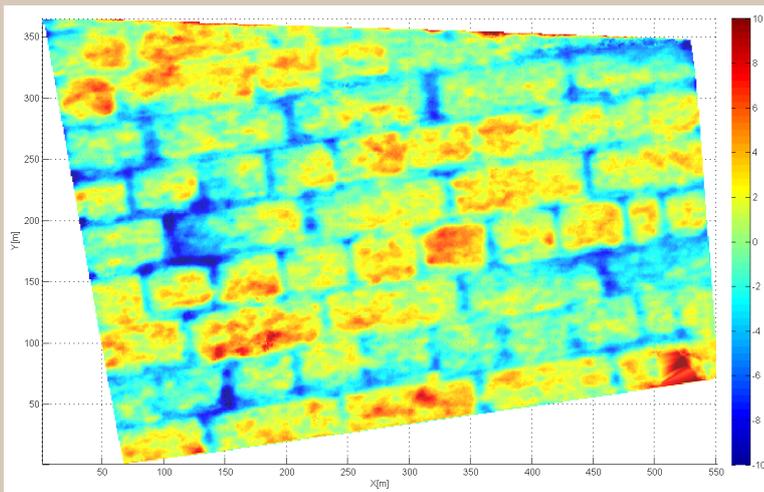
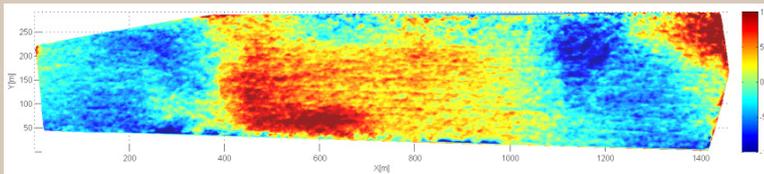
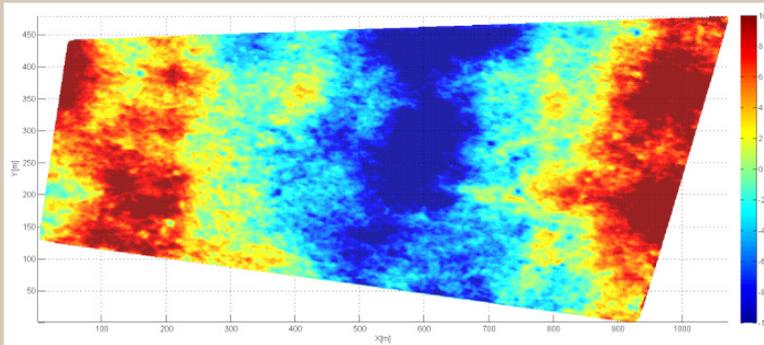
- 1: Einbringen des Lehms in den Model, Bild: Teilnehmer Lehmbauworkshop
- 2: Lehmziegel nach Entfernung der Model, Bild: Teilnehmer Lehmbauworkshop
- 3: Lehmziegel nach Entfernung der Model, Bild: Teilnehmer Lehmbauworkshop
- 4: Lehmziegelwand während des Aufstellungsvorgangs, Bild: Teilnehmer Lehmbauworkshop
- 5: Letzte Arbeiten an der Lehmziegelwand, Bild: Teilnehmer Lehmbauworkshop

DEFINITION

Die Datengrundlage für die Höhenmodelle sind stereoskopisch aufgenommene Bilder einer digitalen Amateurkamera. Aus diesen Bildern kann anschließend eine dichte Punktwolke abgeleitet werden. Anschließend wurden (ebene) Wandbereiche innerhalb dieser Punktwolke selektiert und die Parameter einer best-angepassten Ebene berechnet. Danach kann der Normalabstand zwischen der Ebene und jedem einzelnen Punkt berechnet und einem Farbwert zugeordnet werden.



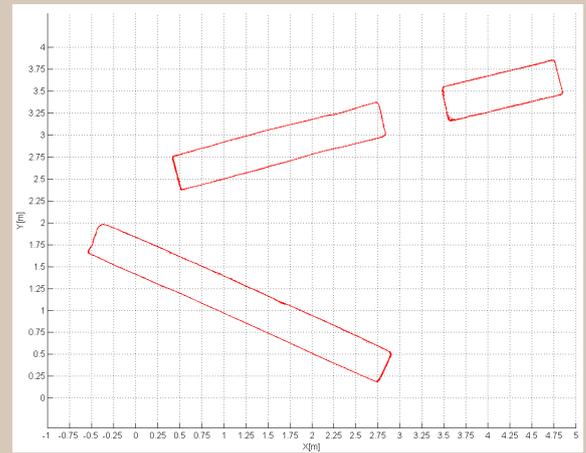
STEREOSKOPISCHE HÖHENMODELLE



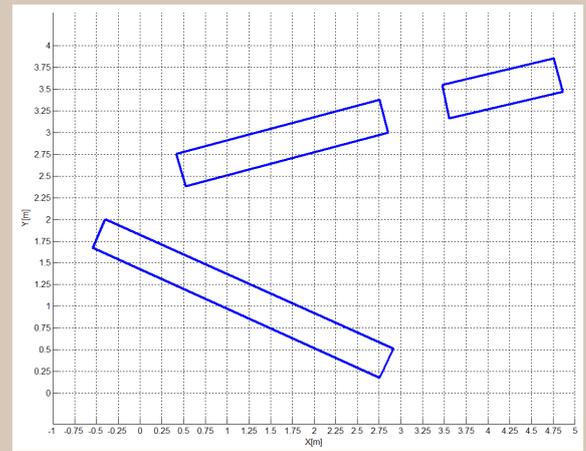
ABBILDUNGEN

- 1: Wellerlehmwand Höhenmodell Südwall,
Bild: S. Rasztovic
- 2: Stampflehmwand Höhenmodell Nordwall,
Bild: S. Rasztovic
- 3: Lehmziegelwand Höhenmodell Nordwall,
Bild: S. Rasztovic

HORIZONTALSCHNITTE

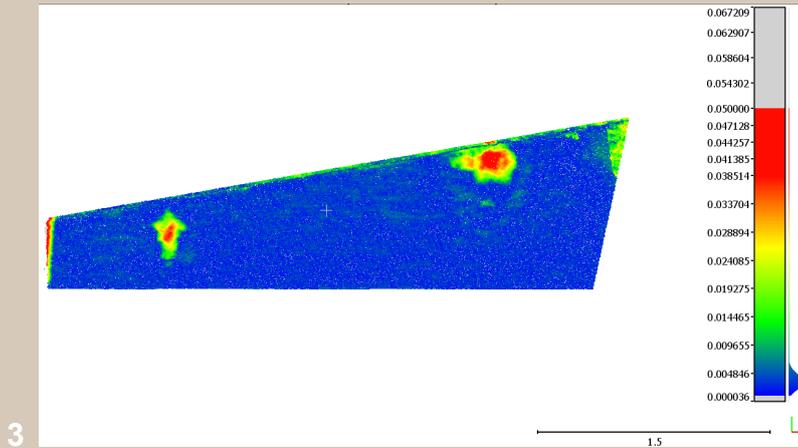


1



2

STEREOSKOPISCHE HÖHENMODELLE



DIFFERENZMODELL

Die Stampflehmwand wies, bedingt durch die rauen Witterungsverhältnisse Soprons, einige Schwachstellen auf. Vor allem ungewollte und über längere Zeit herrschende Feuchtigkeit hatte zur Folge, dass immer mehr und mehr Material von den Wänden abgetragen wurde. Folgende Analyse zeigt die Unterschiede zwischen einer beschädigten und einer renovierten Wand.

ONLINE 3D MODELL

Ein texturiertes 3D Modell der Skulptur (aus überlappenden Bildern gerechnet) ist unter folgenden Link zu finden:

<https://skfb.ly/PSBU>

ABBILDUNGEN

- 1: Profilschnitt durch Punktwolke - Höhe 0.5[m] über Boden, Bild: S. Rasztovic
- 2: Profilschnitt digitalisiert- Höhe: 0.5[m] über Boden, Bild: Bild: S. Rasztovic
- 3: Differenzmodell, Bild: Bild: S. Rasztovic

LITERATURVERZEICHNIS

Henselmann, Hermann (Hrsg.)/Miller, T./Grigutsch, E./
Schulze, K.W.: Lehmhaufibel. Schriftenreihe der Forschungs-
gemeinschaften Hochschule/Weimar, Heft 3. Weimar: For-
schungsgemeinschaften Hochschule, 1947

Minke, Gernot: Handbuch Lehmhauf. Baustoffkunde, Techni-
ken, Lehmarchitektur. Staufeu bei Freiburg: ökobuch Verlag,
2009

Röhlen, Ulrich/Ziegert, Christof: Lehmhauf-Praxis. Planung
und Ausführung. Berlin/Wien/Zürich: Beuth Verlag GmbH,
2014