



SS22-WS24

# Zukunftspotential Sandstein

Nachhaltige Fertigungstechnologien und multiple Anwendungsmöglichkeiten mit Hilfe von digitalen Werkzeugen



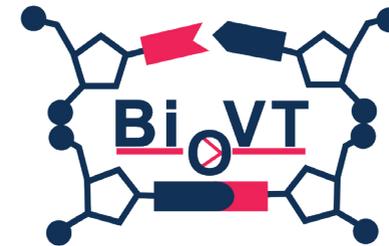
Rheinland-Pfälzische Technische Universität  
Kaiserslautern Landau

Fachbereich Architektur  
Lehrgebiet  
Architektonische Darstellung und  
Entwerfen

Prof. Alexander Bartscher

Wissenschaftliche Mitarbeiter:  
Eva Hagen, M. Sc. Dipl. Ing.  
Benedikt Blumenröder M.Sc.

Studentische Hilfskräfte:  
Pascal Malschofsky



Rheinland-Pfälzische Technische Universität  
Kaiserslautern Landau

Fachbereich Maschinenbau und  
Verfahrenstechnik  
Lehrgebiet  
Bioverfahrenstechnik

Prof. Dr. rer. nat. Roland Ulber  
Dr.-Ing. Dorina Strieth

Wissenschaftliche Mitarbeiter  
Niklas Erdmann, M.Sc.  
Felix Kästner, M.Sc.

Studentische Hilfskräfte:  
Torben Simon

# VORWORT

Der lokale Buntsandstein prägt das historische Stadtbild in Kaiserslautern, doch in aktuellen Bauprojekten spielt dieser nachhaltige Baustoff kaum mehr eine Rolle. Anknüpfend an die seit 2020 am Fachbereich Architektur (FBA) stattfindende Auseinandersetzung mit dem Material Sandstein wollen wir im geplanten Seminar die vielfältigen Ausdrucksmöglichkeiten des in Kaiserslautern verbauten Sandsteins analysieren und dieses Material auf seine Zukunftspotentiale hin untersuchen. Mittels Methoden der digitalen und experimentellen Fertigung versuchen wir nachhaltige und zeitgenössische Anwendungsfelder für den Stein zu identifizieren.

Zudem werden die Teilnehmer\*innen im Rahmen des Seminars im FBA eine Datenbank aufbauen, die dreidimensionale digitale Bauteile, architektonischen Elemente etc. aus Sandstein umfasst. Diese Datenbank wird über das laufende Seminar hinaus weitergeführt und allen Studierenden zur Verfügung stehen. Die gewonnenen Erkenntnisse werden Studierenden der kommenden Semester ermöglichen, Projekte mit 1 Bitte fügen Sie diesem Antrag eine tabellarische Zeit- und Finanzplanung (zeitlicher und finanzieller Gesamtumfang) bei. Diese kann mit der Beschreibung der Projektphasen und Meilensteine verknüpft oder in einem gesonderten Dokument eingereicht werden. dem Baustoff Sandstein im Rahmen ihres Studiums entwickeln zu können und mit Hilfe der breitgefächerten Anwendungsmöglichkeiten Mockups und Modelle aus Sandstein herzustellen. Das Seminar bietet Studierenden der Architektur die Möglichkeit, innovative Herstellungs- und Anwendungsmethoden jenseits der traditionellen Sandsteinbearbeitung kennen zu lernen und sich im Rahmen eines eigen entwickelten Projektes mit dem nachhaltigen Umgang des Baustoffs Sandsteins auseinanderzusetzen. Zu den möglichen Fertigungsprozessen gehören die robotergesteuerte Fertigung (Fräsen), maschinelle Bearbeitung (Sägen), chemisches Kristallisieren (Gießen), manuelle Bearbeitung (Steinmetzarbeit).

Durch eine enge Kollaboration mit dem lokalen Natursteinwerk Carl Picard haben wir unmittelbaren Zugriff auf das Material in seinen verschiedensten Verarbeitungsgraden. Rohblöcke direkt aus dem Steinbruch, konfektioniertes Plattenmaterial bis hin zu Bruchsand stehen zur Verfügung.

Insbesondere interessiert uns der Materialanteil von ca. 50 %, der als Abfallprodukt der Werkstofffertigung anfällt (Bruchsand). Das Lehrgebiet Bioverfahrenstechnik (BIOVT) am Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik stehen und als Forschungspartner\*innen für komplexe Fertigungstechniken abseits des an der Fakultät vorhandenen Maschinenparks zur Seite. Die BioVT beschäftigt sich seit 2019 mit dem Thema der mikrobiologisch induzierten Calciumcarbonatfällung (MICP) zur Produktion von Biosandstein als nachhaltiges Baumaterial, unter anderem mittels eines neu entwickelten 3D-Druckverfahrens. Dabei werden in einem zyklischen Verfahren im Wechsel eine Zellsuspension (L1) und eine Calciniierungslösung (L2: Urea + Calcium) bestehend aus Harnstoff und Calcium aufgetragen, wobei durch den Stoffwechsel der Zellen Calciumcarbonatkristalle entstehen, die den Baustoff (z. B.: Sand) miteinander verbinden. Im Rahmen dieses Projekts soll getestet werden, ob sich Bruchsand zur Herstellung von „Biosandstein“ eignet. Die experimentellen Untersuchungen sollen von Studierenden aus dem BCI-Studiengang im Rahmen von Forschungs- bzw. Abschlussarbeiten durchgeführt werden. Abschließend soll aus dem Bruchsand ein Modell der von den Studierenden entwickelten architektonischen Elemente produziert werden. Die Ergebnisse sowie die Grundlagen der MICP zur Herstellung von Biosandstein sollen in der vertiefenden Vorlesung im Master BCI „Bioraffinerie“ integriert werden. Die Vorlesung soll zukünftig unter dem Namen „Nachhaltigkeit in der Bioverfahrenstechnik“ den Schwerpunkt auf nachhaltige und innovative Prozesse legen, die zum Erreichen der globalen Nachhaltigkeitsziele beitragen können.

Die folgenden Seiten dienen als Projektzusammenfassung und sollen einen Überblick darüber verschaffen, wie weit die unterschiedlichen Projekte voranschreiten konnten, welche intra- und interdisziplinären Schnittstellen zwischen der Forschung und der Lehre entstehen konnten und welche Ausblicke sich daraus ergeben.

# INHALTSVERZEICHNIS

02 Impressum

04 Vorwort

08  **STEIN AUF STEIN** 27/10/21  
Kurzer Rückblick auf ein erstes Projekt in Zusammenarbeit mit dem **Natursteinwerk Picard**, welches den Sandstein als natürliche, zukunftsfähige Ressource in Zusammenarbeit mit Studierenden untersucht hat.

14  **ERSTE PROTOTYP** 01/08/22  
Für die Fabrikation der studentischen Arbeiten, begann die Suche nach alternativen Möglichkeiten der Sandsteinbearbeitung. In **Fachbereichsübergreifender** Zusammenarbeit entstand ein neuer Ansatz.

20  **BESUCH IN VERONA** 27/09/22  
Parallel zur Verfolgung der neuen Forschungsansätzen wird die, durch Robotertechnik prozessierte Adaption einer studentischen Arbeit, in Verona auf der **Marmo+mac** ausgestellt.

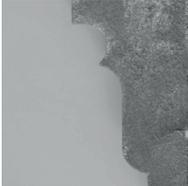
22  **EIN NEUER START** 01/07/21  
Mit dem Start ins Wintersemester 2023 stellt sich eine neue Gruppe der Thematik des Sandsteins im Bauwesen. Im Vordergrund wird die **Erforschung** seiner historischen Bedeutung und **Anwendung** liegen.

**KITBASH-ING** 26/04/22  
Vom Stadtspaziergang zur kreativen neuen Ideen in der Verwendung und Verarbeitung von Sandstein. Eine **Projektvorstellung** der Studierenden mit Konzeptioneller Vorstellung der Arbeiten  26

**SAMMELN** 01/06/22  
Um die **Grundlage** zum Kitbashing zu schaffen, sammelten die Teilnehmer und Teilnehmerinnen des Seminars im Raum Kaiserslautern nach verschiedensten Elemente und Details aus Sandstein.  30

**ERGEBNISSE** 19/07/22  
Anhand einer exemplarischen **Auswahl** der Projekte, soll ein Einblick in die inhaltliche Auseinandersetzung der Studierenden und die Vielfalt der verschiedenen Ansätze und Ergebnisse gegeben werden.  36

**NEUER ANSATZ** 01/08/22  
Durch den großen potenziellen **Bedarf** innerhalb der **Gebäudesanierung** unter Verwendung neuer Fertigungsverfahren, rückte die Arbeit von Sebastian Barth in den Vordergrund der Forschung.  48

**PROOF OF CONCEPT** 01/09/23  
Nachdem die Interlockingsteine in Reihe produziert werden konnte, wurde nun das Augenmerk in der Forschung auf das Erreichen einer möglichst hohen **Festigkeit** sowie **scharfen Kanten** gelegt.  52

**PERSPEKTIVE** 01/03/24  
Durch die vorherigen Testläufe wurde bewiesen, dass ein Prototyp in **realistischem Maßstab** möglich ist. Der nächste Schritt verlässt Modellmaßstab für eine beispielhafte **Umsetzung** im 1:1.  56

# STEIN AUF STEIN

Ein Projekt unter Leitung von Cornelia Leopold

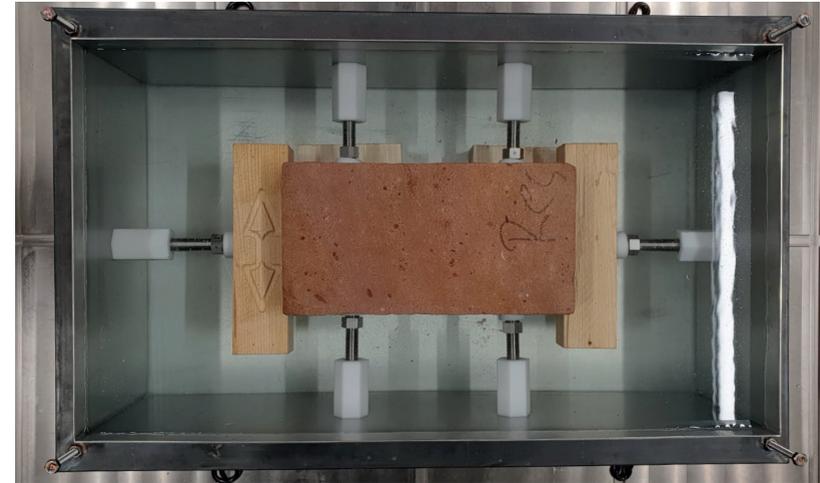
---

## UNSER SET-UP

(Bild rechts) Der Kuka-roboter, der die Sandsteinblöcke mit einem speziellen Fräser bearbeitet hat.



In einer Zeit, in der die planetaren Herausforderungen durch den Klimawandel unser Denken und Handeln mehr denn je prägen, eröffnet sich die Notwendigkeit, historische sowie neue Ressourcen nachhaltig zu nutzen und zu verstehen. Besonders der Bau-sektor ist aufgrund des hohen Ressourcen- und Energieverbrauchs sowie der enormen Müllproduktion gezwungen umzudenken.



Der Sandstein, als natürlicher Rohstoff, fungiert nicht nur als prägendes Element in der architektonischen und künstlerischen Gestaltung. Seine lokale Verfügbarkeit hebt ihn als nachhaltigen Rohstoff mit enormen Potenzial hervor und unterstreicht die Dringlichkeit, seine vielseitigen Eigenschaften zu verstehen und erforschen. In diesem Kontext entstand 2021 das Wahlfach „Stein auf Stein“, ein kollektives Forschungsprojekt in dem Studierende verschiedener Semester versucht haben eine Struktur zu entwickeln, die aufgrund ihrer Geometrie und Materialeigenschaften in der Lage sein kann die eigene Last sowie aufkommende Nutzlasten zu tragen. Diese „Interlocking - Bausteine“ ermöglichen somit ein kreislauf-effizientes Bauen, da die Steine nach Nutzung „sortenrein“ getrennt werden können und nutzen das Eigengewicht der Steine als Stärke. Als erster Input und mögliche Referenz diente die Arbeit von Professor Giuseppe Fallacara. Um die Umsetzung der studentischen Projekte möglich zu machen, musste der Kuka

---

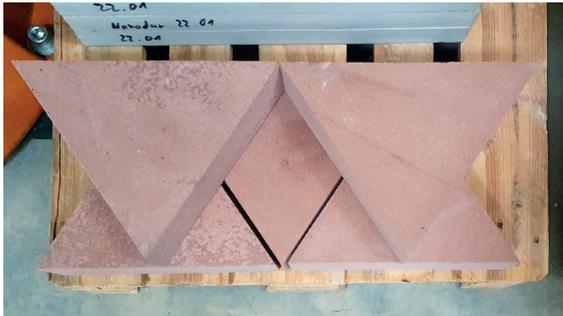
## TESTREIHE

(Bild oben) Anhand von verschiedenen Reststücken aus der Sandsteinproduktion des Natursteinwerk Picard's konnten wir uns dem neuen Rohstoff nähern. Nachdem alle nötigen Parameter ermittelt waren ging es dann zu den eigentlichen Rohlingen

Roboterarm des Fachbereiches für eine mögliche Nassbearbeitung vorbereitet werden, da der Sandstein einen sehr hohen Quarzanteil besitzt, welcher als Staub giftig ist. Außerdem kann durch eine Bearbeitung mit Wasser die Langlebigkeit und effektive sowie materialgerechte Nutzung des verwendeten Werkzeuges gesichert werden. Roboter, die für die Stein- oder Betonbearbeitung genutzt

### ROHLINGE (Bild oben)

Frisch aus dem Steinbruch wurden die Dreieckigen Rohlinge 15min zum Roboter gefahren wo sie jetzt auf ihre Weiterverarbeitung warten. Um alle Seiten bearbeiten zu können, musste nach der ersten Fräsung der Stein neu Positioniert werden. Dafür wurde ein Negativ 3D-Gedrukt um eine präzise Fertigstellung zu ermöglichen.



werden, sind meist in der Lage, Wasser entweder durch das Werkzeug selbst zur Frässtelle zu befördern oder durch Schläuche die seitlich davon angebracht sind. In unserem Fall war dies nicht möglich. Daher haben zwei der beteiligten Studierenden, Florian Lapport und Pascal Malschofsky in Zusammenarbeit mit der Metallwerkstatt der Technischen Universität Kaiserslautern, eine Wanne für die Fertigung entwickelt. Diese kann sicher auf dem Tisch befestigt werden und ermöglicht das Werkstück, den Sandstein Rohling, unter Wasser zu setzen. Um die Kräfte des Fräsens während dem Prozess aufnehmen zu können, wird der Rohling von, eigens dafür entworfenen und hergestellten, Spannbolzen gegen die Außenwand der Wanne gespannt. Die Kontaktstelle wird von außen zusätzlich von einem massiven Metallrahmen verstärkt.

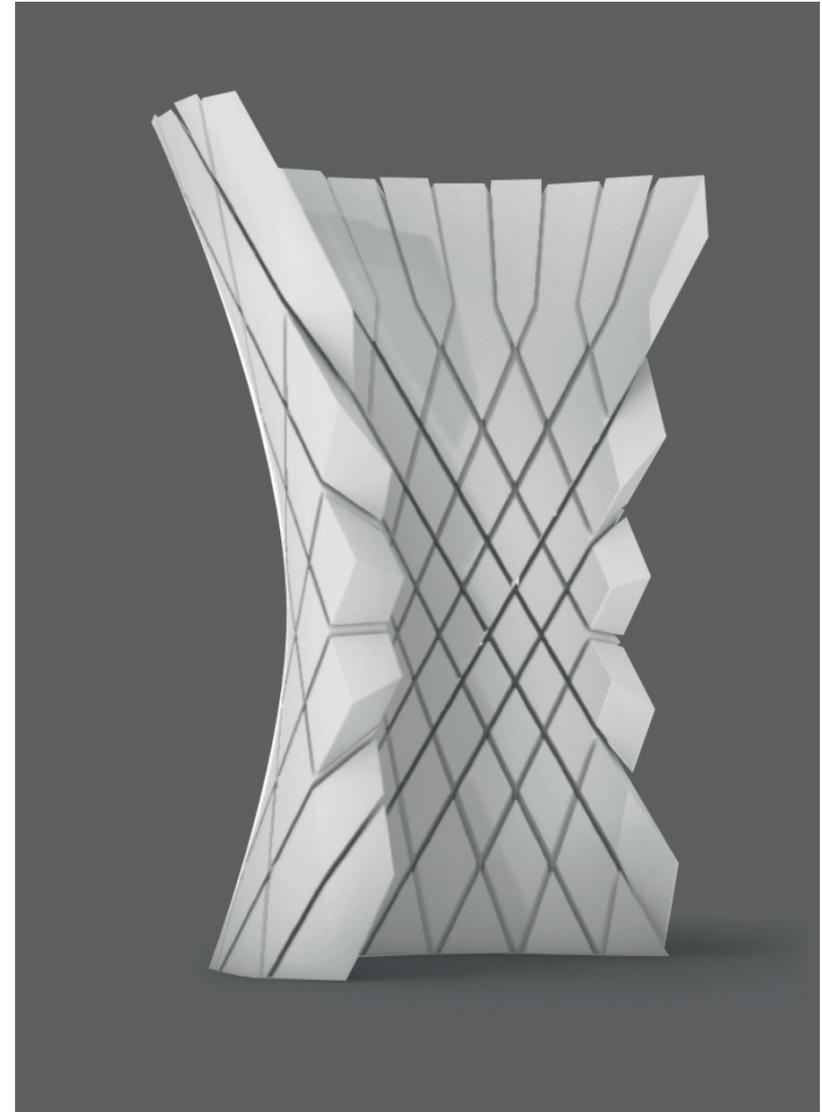
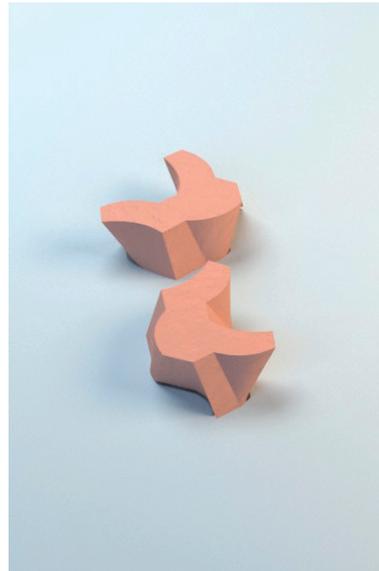


**ERSTEN ELEMENTE** (Bild oben) Nach einigen Testdurchläufen konnte die Präzision im Verfahren weitestgehend optimiert werden. Die sieben Interlockingsteine ergänzen sich zu einem eindrucklichen Mosaik, welches von den natürlichen Maserungen des Sandsteins einen einzigartigen Ausdruck bekommt. Die größte Schwachstelle des Materials sind jedoch die Kanten und Ecken. Sie sind anfällig für Abnutzung und erfordern einen besonders sorgsamen Umgang mit dem Material.

Dies wurde notwendig, da sich sonst die dünne Außenwand verbiegen würde und der Rohling sich im Prozess lösen könnte. Außerdem wird eine langfristige Verformung der Wanne auf diese Art und Weise verhindert. Da sich hier zum einen aus der reinen Geometrie der Wanne aber zum anderen durch die möglichen Winkel im Bezug auf die Geometrie des Roboters verschiedene Restriktionen entstanden sind, waren die Möglichkeiten der möglichen Geometrien und deren Größe sehr begrenzt.



**ARUTIUN PAPIKIAN** (Bild oben+unten) Aus formidentischen, dreidimensionalen Interlockingmodulen aus Sandstein, soll ein zweidimensionales, tragfähiges Element generiert werden, welches durch seine Materialität und seinen mosaikhaften Charakter einen hohen ästhetischen Anspruch erfüllen kann sowie eine einfache digitale Fertigung und Vervielfältigung ermöglicht.



**CHRISTIAN IZABAYO** (Bild oben) Aus einem Konglomerat verschiedener Blockgeometrien soll eine Menschengroße Skulptur entstehen. Durch die sorgfältig gewählten Neigungen der Elemente und das Eigengewicht des Steins soll diese ohne die Hilfe einer zusätzlichen Konstruktion in der Lage zu sein sich eigenständig auszusteuern. Die Herstellung war, aufgrund der relativ einfachen Geometrie, durch herkömmliches Zusägen geplant.

# ERSTE PROTOTYP

Zusammenarbeit mit Bio-Verfahrenstechnik RPTU

---

## INTERLOCKING STEIN GEGOSSEN

In verkleinertem Maßstab, mit 3cm Höhe, wurde der erste Interlockingstein, von Felix Kästner, gegossen.



Während das studentische Projekt in der Fertigung war, eröffnete ein Projekt der Bio-Verfahrenstechniker eine neue Perspektive für die Herstellung von komplexen Teilen aus Sand, dem einzigen Abfallprodukt der Sandsteinschöpfung und Verarbeitung. Dieses Abfallprodukt, welches momentan hauptsächlich als Schüttung für Ausgrube diente, könnte mit Hilfe einer Suspension und den

richtigen biochemischen Prozessen, zu neuem Sandstein gegossen werden. Die Form des gegossenen Sandsteines würde sich dabei durch die Geometrie der verwendeten Schalung ergeben und damit eine Freiheit der Gestaltung erreichen die wir im Bauwesen bis dato nur von Stahlbeton kennen. Während das primäre Forschungsziel darin bestand, das Verfahren von einem Gussverfahren in ein 3D-Druck ähnliches, optimiertes Verfahren zu entwickeln, stand im Vordergrund der Kollabartion zum einen die Festigkeit des „künstlichen Sandsteins“ sowie die mögliche Verwendung des lokalen Sandes. Zur Überprüfung wurden zu Beginn fünf verschiedene Sandproben untersucht. Dafür wurde der Sand gesiebt um die Zusammensetzung der einzelnen Körnungsgrößen festzustellen und anschließend in verschiedensten Mischverhältnissen in kleinen Zylindern gegossen.



---

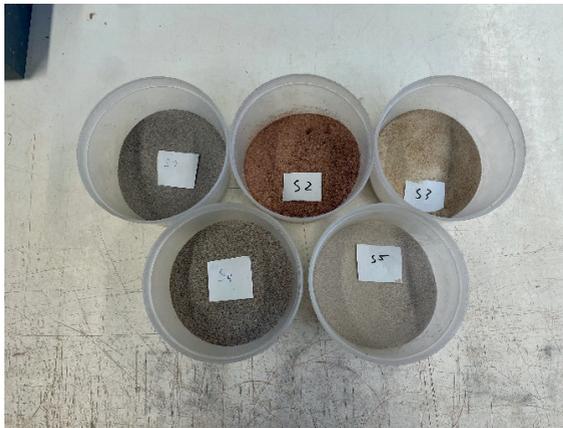
## BRUCHSAND

Bruchsand aus dem Steinbruch vom Natursteinwerk Carl Picard im Schweinstal

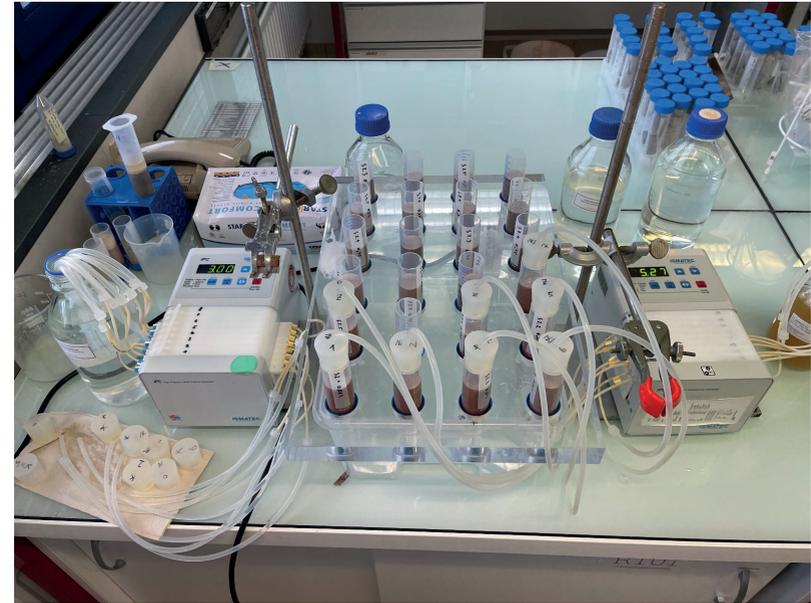
Diese konnten dann auf ihre Druckfestigkeit und ihren Kalziumkarbonat Gehalt überprüft werden und miteinander verglichen werden. Neben einem reinen Quarzsand (S1) konnten so verschiedenste Zusammensetzungen des Bruchsandes aus dem Steinbruch von Martin Picard (S2), dem Sandmehl, welches beim Fräsen des studentischen Projektes angefallen ist, (S3) Wüstensand aus Namibia (S4) und Wüstensand aus der Sahara (S5). Das Sandmehl eignete sich aufgrund Körnungsgröße

#### SANDPROBEN

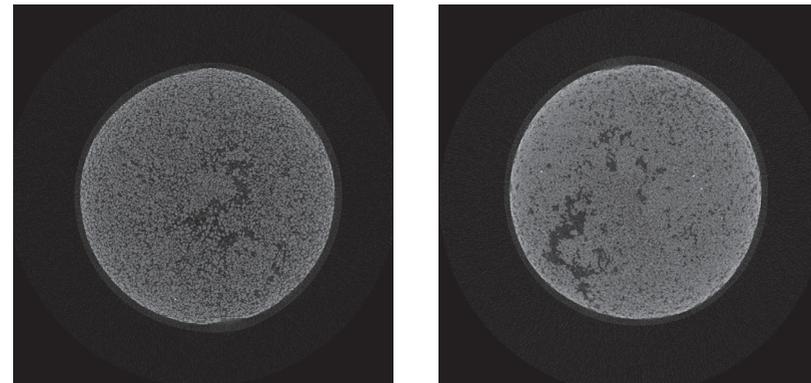
- S1: H33 Quarzsand
- S2: Bruchsand Picard
- S3: Schnittsand Picard
- S4: Wüstensand (N)
- S5: Wüstensand (S)



und Dichte nicht und wurde verworfen. Als besonders herausfordernd im Vorgang war die notwendige Trocknung und Siebung des Sandes. Aufgrund der niedrigen Konzentration der feineren Körnungsgrößen musste viel Sand gesiebt werden um eine ausreichende Menge an Material in den einzelnen Dimensionen zu erhalten. Hier entstand eine weitere Kooperation mit den Bauingenieuren and der RPTU Kaiserslautern. Diese konnte mit ihrer Siebmaschine diese großen Mengen relativ schnell und gut bewältigen und sorgten somit für das nötige Probenmaterial.



**VERSUCHSAUFBAU** (Bild oben) Der Versuchsaufbau bei der Untersuchung der einzelnen Sandtypen im direkten Vergleich. Hier wird der Kalziumkarbonatgehalt in den Konstellationen überprüft.

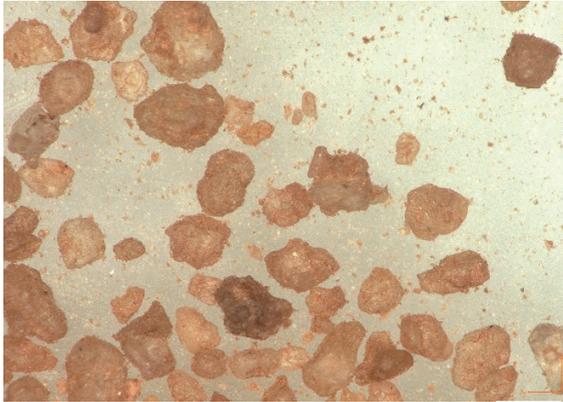


**ENTWICKLUNG** (Bild oben links) CT - Aufnahmen an der CT des MVT, von Biosandstein von Quarzsand H33 verfestigt mit *S. pasteurii* nach zwei Zugaben und Aufnahme nach zehn Zugaben (Bild oben rechts)

---

**BRUCHSAND**

Mikroskopische Ansicht in  
200.00  $\mu\text{m}$



---

**BRUCHSAND**

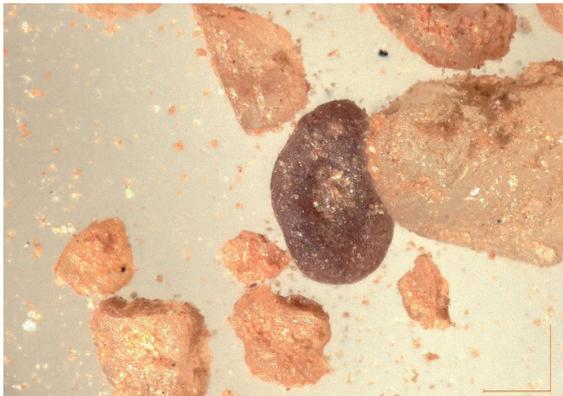
Mikroskopische Ansicht in  
100.00  $\mu\text{m}$



---

**BRUCHSAND**

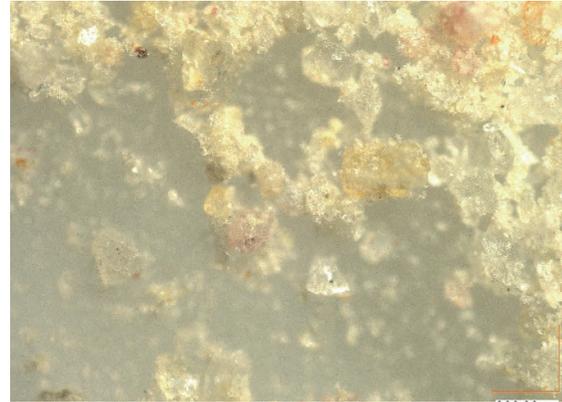
Mikroskopische Ansicht in  
200.00  $\mu\text{m}$



---

**SCHNITTSAND**

Mikroskopische Ansicht  
in 200.00  $\mu\text{m}$



---

**SCHNITTSAND**

Mikroskopische Ansicht  
in 200.00  $\mu\text{m}$



---

**SCHNITTSAND**

Mikroskopische Ansicht  
in 200.00  $\mu\text{m}$



# BESUCH IN VERONA

Abschluss Projekt „Stein auf Stein“ September 2022



## UNSER SET-UP

(Bild Oben) Tischbeine von Florian Lapport geschweißt

Nach Fertigstellung der sieben Module und dem Hölzernen Rahmen, konnte der Tisch als erste mögliche Variante aufgebaut werden. Bereits während der Entwurfsphase wurden die Studierenden, durch den Input und zeitweilige Korrektur, von Giuseppe Fallacara unterstützt. Das finale Modul wurde dann, im September 2022, auf der Marmomac Messe in Verona ausgestellt und von Cornelia Leopold vorgestellt. Für diesen Anlass entstand auch ein Präsentationsvideo was hier zu finden ist:

<https://youtu.be/vxz2SONoNjg>



**MARMOMAC**  
Veranstaltungsplakat der  
Marmomac Messe von  
2022



**PRÄSENTATION**  
Projektvorstellung durch  
Cornelia Leopold  
(Zweite von Rechts)



**KURATION**  
Hexagonales Interlocking  
System“ an der Marmomac  
Messe, Verona, Italien -  
27 - 30 September 2022  
als Teil der Ausstellung  
MARMOMAC MEETS  
ACADEMIES, kuratiert  
von Giuseppe Fallacara  
und Domenico Potenza

# EIN NEUER START

„Kitbash“ unter der Leitung von Alexander Bartscher und Luc Merx



---

## DER STEINBRUCH

(Bild oben) Sprengung im Steinbruch des Natursteinwerk Picard im Schweinstaal

Mit dem Start in das Sommersemester 2022 und der Berufung von Alexander Bartscher gab es eine neue Richtung in der Näherung des Materials Sandstein. Mit zusätzlicher Verstärkung von Luc Merx entstand so ein neues Seminar mit dem Ziel, die vielfältigen Ausdrucksmöglichkeiten des in Kaiserslautern verbauten Sandstein zu analysieren und das Material auf seine Zukunftspotenziale hin zu untersuchen. Aus einer interpretativen Dokumentation des formalen Reichtums historischer Steinverarbeitung wurden nachhaltige Wege gesucht die, mittels Methoden der digitalen und experimentellen

Fertigung, zeitgenössische Anwendungsfelder für den Stein zu identifizieren. Eine erneute, enge Kollaboration mit dem lokalen Natursteinwerk Carl Picard, stellte weiterhin den unmittelbaren Zugriff auf das Material in seinen verschiedensten Verarbeitungsgraden sicher. Besonderes Augenmerk lag auf dem Materialanteil von ca. 50% der als Abfallprodukt der Werksteinfertigung anfällt. Die Kooperation aus dem vorhergegangenen Semester mit dem Lehrgebiet für Bioverfahrenstechnik (BIOVT) und dem Lehrstuhl für Computational Physics in Engineering (CPE) am Fachbereich Maschinenbau und Verfah-



---

## DAS HANDWERK KENNENLERNEN

Von Sebastian Barth, im Steinmetzworkshop der Meisterschule in Kaiserslautern, bearbeitete Buntsandsteinrohling

renstechnik stand auch im Rahmen des neuen Seminars weiter als Forschungspartner zur Seite. Die Herstellung eines Prototypen einer studentischen Arbeit durch die neuen Verfahren sollte, neben der Vertiefung der Forschung, am Ende des Projektes stehen. Zu Beginn des Seminars wurden die Studierenden in die Thematik des Kitbashing eingeführt um sich anschließend dem Baubestand in Kaiserslautern mit neuen Augen, analytisch zu nähern. Neben intensiver Korrektur und Feedback seitens der Lehrstühle konnte die Studenten und Studentinnen sich außerdem, über einen betreuten Steinmetzworkshop an der Meisterschule in Kaiserslautern sowie einen geführten Besuch im Natursteinwerk Picard, dem Material in seiner traditionellen Verwendung und Verarbeitung fachgerecht nähern. Dies schaffte bei den Teilnehmern und Teilnehmerinnen für ein neues Bewusstsein bezüglich der unterschiedlichen und aufwendigen händische Bearbeitung. Bei den anschließenden Stadtspaziergängen durch Kaiserslautern konnte das Gesehene so neu evaluiert und geschätzt werden und half die materiellen Restriktionen besser zu verstehen.

---

### DAS HANDWERK KENNENLERNEN

Von Sebastian Barth, im Steinmetzworkshop der Meisterschule in Kai-



**STEINMETZ WORKSHOP** (Bild oben) Gemeinsame Näherung der Projektteilnehmern und Teilnehmerinnen an ein traditionelles Handwerk mit professioneller Unterstützung.

# KITBASHING

Sammeln, Kombinieren, Neuschöpfen



## MARK FOSTER GAGE

(Bild oben) Das „Velichor Residential Building“ in New York von Mark Foster Gage Architects zeigt wie Kitbashing in der Architektur Anwendung finden kann

Kitbashing beschreibt eine kreative Technik, die häufig im Modellbau angewendet wird, um realistische und einzigartige Modelle oder Miniaturen zu erstellen. Dafür werden Teile, Bauelemente und Objekte aus verschiedenen Modellbausätzen gesammelt und anschließend kombiniert, um neue Strukturen zu erschaffen. Der Begriff „Kitbashing“ leitet sich von „kit“ (Bausatz) und „bash“ (zusammenstoßen) ab. Diese, im Modellbau aus kommerziellen Bausätzen entstandene Technik, findet sich aber auch in der freien Kunst,

dem Film und in der Architektur wieder. Ein bekanntes Beispiel sind die verschiedenen Raumschiffe von Star Wars, welche durch Kitbashing, im ursprünglichen Sinne, entstanden sind. Dabei kann sich, im Rahmen des entwerferischen Prozess, bewusst der Methode des

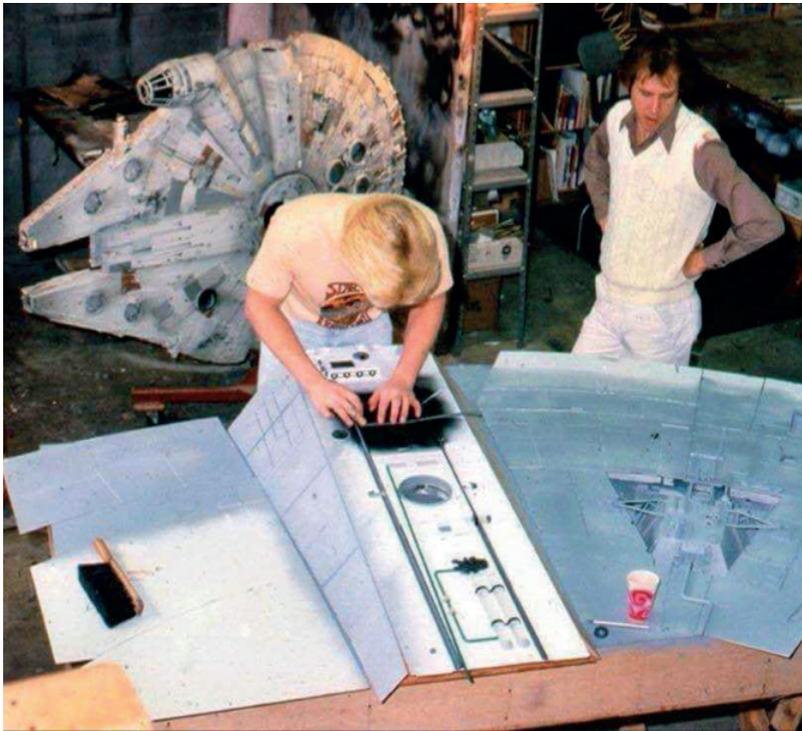


Kitbashing bedient werden oder es kommt aufgrund historischer oder anderer Faktoren zu einem „unbewussten“ Kitbashing. In beiden Fällen kann der prozessbezogene Begriff gestaltprägend werden und als eigener Stil interpretiert werden. Eine alte Methode, die in architekturhistorischer Perspektive als Despoliatio, eine Entnahme von Bauteilen aus ihrem früheren gebauten Zusammenhang, bezeichnet wird, findet sich heute unter Begriffen wie Wiederverwendung, Recycling oder eben dem Kitbashing wieder. Sie Alle

## WÜRZBURGER RESIDENZ

Bild aus privater Bildsammlung von Luc Merx

sammeln sich unter dem Hintergrund, Ressourcen einzusparen und mit dem, was bereits bestehend ist, dem Vorhanden, auf kreative Art und Weise umzugehen und erhalten, im Anbetracht der aktuellen Entwicklungen, eine wichtige Rolle in aktuellen Diskursen.



### STAR WARS

Die bekannten Flugzeuge und Raumschiffe aus Star Wars wurden durch Kitbashing zusammengestellt und entworfen

Im Rahmen des Seminars lernten die Studenten und Studentinnen, dass die Methoden, die eine Rolle in der Lösung unserer aktuellen Probleme spielen können, nicht neu erfunden werden müssen und konnten sich einen ersten Zugang erarbeiten. Zu Beginn stellten sich die Studierenden einer Sammlung an möglichem Material, Formen und Details als Grundlage für die spätere Neuschöpfung zusammen.



**KATALOGISIEREN** (Bild oben) Beim digitalen Kitbashing kann eine visuelle Katalogisierung helfen einen Überblick über die verfügbaren Strukturen und Objekte zu erhalten



**WEITERE BEISPIELE** (Bild links) Besonders Star Wars inspirierte viele Generationen von Kitbashing Künstlern. (Bild rechts) Entwurf von Mark Foster Gage für das Guggenheimmuseum in Helsinki, Finnland von 2014

# SAMMELN

Sammeln, Kombinieren, Neuschöpfen

---

## FOTOAUSWAHL

- 1: Polizeipräsidium Kaiserslautern, Ronald Tak
- 2: Villa „Kröckel“ in Kaiserslautern, Marisol Stahl Valerio
- 3: Katholische Kirche Maria-Himmelfahrt Otterbach, Jan-nis Rickertsen
- 4: Albrechtsbrunnen in Kaiserslautern, David Schick
- 5: ehe. Helmhold-Gymnasium in Zweibrücken, Paul Schmitt
- 6: Schloss in Zweibrücken, Paul Schmitt

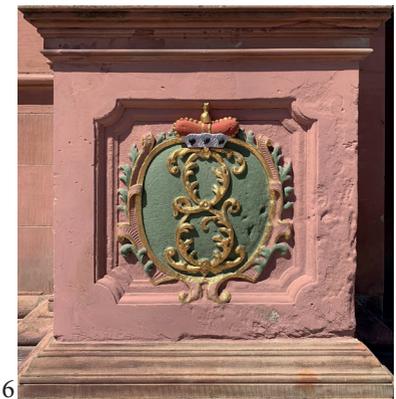
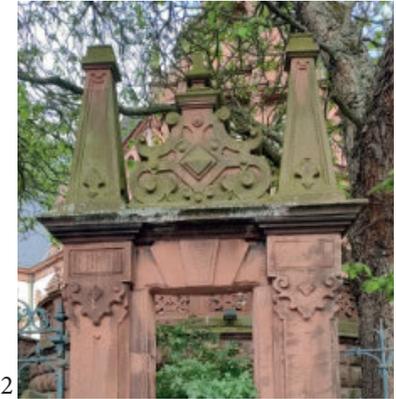


---

## SÄULE

An dem kleinen Kiosk auf dem Stiftsplatz, Cornelius Pfeffer

Sammeln stand auch bei Seminarbeginn als erste Aufgabe an. Beim Spazieren, dem Weg zur Arbeit oder Universität; die Studierenden suchten, fotografierten und modellierten die verschiedensten städtischen Sandsteindetails und legte so eine Datenbank an, die anschließend über die Seite Sketchfab online für alle zugänglich gemacht wurde: [https://sketchfab.com/ADE\\_fatuk/models](https://sketchfab.com/ADE_fatuk/models)



---

### BLINDFENSTER

Im Erdgeschoss des Saalbaus  
in Neustadt  
Dokumentiert von Svenja  
Schneider



---

### PILASTER

An der Südfassade des  
Schloss in Zweibrücken  
Dokumentiert von Paul  
Schmitt

---

### SKULPTUR

von Deute Frei in Otter-  
bach  
Dokumentiert von Jannis  
Rickertsen



---

### STÜTZE

Am Eingangportal der Villa  
Wagner in Kaiserslautern  
Dokumentiert von Carolin  
Doenneweg

---

### KIRCHENFENSTER

An der Portalseite der  
Stiftskirche in Kaiserslau-  
tern  
Dokumentiert von Simona



---

### SKULPTUR

Am Polizeipräsidium West-  
pfalz in Kaiserslautern.  
Dokumentiert von Ronald  
Tak

---

**FASSADEN  
VERZIERUNGEN**

Modell und Rendering  
von Sebastian Barth



---

**KIRCHENFENSTER**

Modell und Rendering von  
Sebastian Barth



---

**EINGANGSPORTAL**

Modell und Rendering  
von Sebastian Barth

# ERGEBNISSE

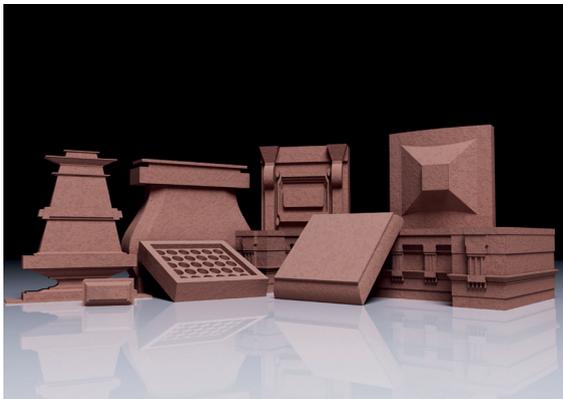
Abschluss Projekt „Kitbashing“

Nach Analyse und Dokumentation durften sich die Studierenden an einem eigenen „Kitbash“ versuchen. Eine Auswahl an Arbeiten zeigt die Vielfalt der verschiedenen Ansätze und deren Ergebnisse.

---

## THE FRAME

Ronald Tuk und Paul Schmitt



---

## MÖBEL DER EPOCHEN

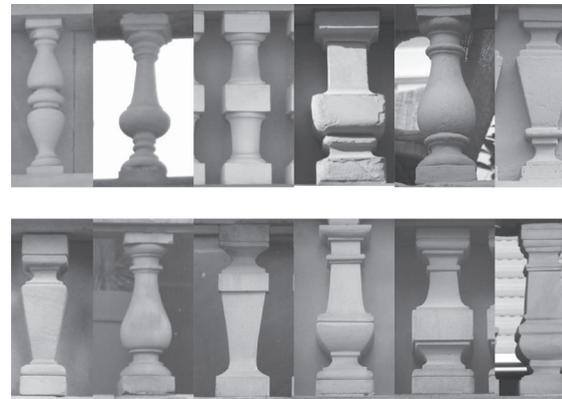
Svenja Brehm



---

## SÄULEN KITBASH

Jannis Rickertsen



---

## GENERATOR

David Schick & Nicole Luzina



---

## DAS GEWÄNDE-SCHALPUZZEL

Sebastian Barth

## THE FRAME

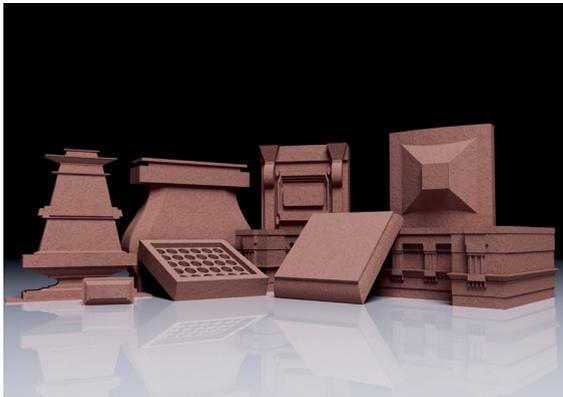
Sandstone City KIT - Ronald Tuk & Paul Schmitt

Um eine großmaßstäbliche Aufwertung im städtischen Raum zu erzeugen entwickelten die Studierenden ein Baukastensystem aus ausgewählten Sandstein-Elementen. Aus diesem können unter anderem Skulpturen oder Fassadenelemente generiert werden. Als beispielhaftes Objekt wählten Ronald Tuk und Paul Schmitt eine Sitzbank im Außenbereich. Nach eingehender Analyse wurde die

---

### DAS SAMMELN

Die „Kitelemente“ in digitaler Form gesammelt



Sitzbank in vier Elemente aufgeteilt: Korpus, Armlehnen, Rückenlehne und Sitzfläche. Anhand weiterer parametrischer Daten, wie beispielsweise der Sitzhöhe von 45cm wurde ein Grundgerüst entwickelt -THE FRAME. Je zwei KIT-ELEMENTE wurden einer FRAME-BOX zugeordnet. Daraus entstehen 16 verschiedene Bankvarianten, die bei acht KIT-ELEMENTEN möglich sind. Durch das Hinzufügen von weiteren steigt die Variationsmöglichkeit exponentiell. (Kombinatorischer Ansatz: 4; 4; 4; etc.)



---

### DAS „KIT“

Für das Kit wurden zunächst acht verschiedene Kit-Elemente ausgewählt

---

### ZUSAMMENFÜGEN

Anhand des erstellten Kits wurden 16 unterschiedliche Bänke entworfen



---

### PRÄSENTATION

Wie die entworfenen Bänke räumlich wirken wurde von den Entwerfern in einer Reihe von Renderings untersucht und dargestellt

## MÖBEL DER EPOCHEN

Svenja Brehm

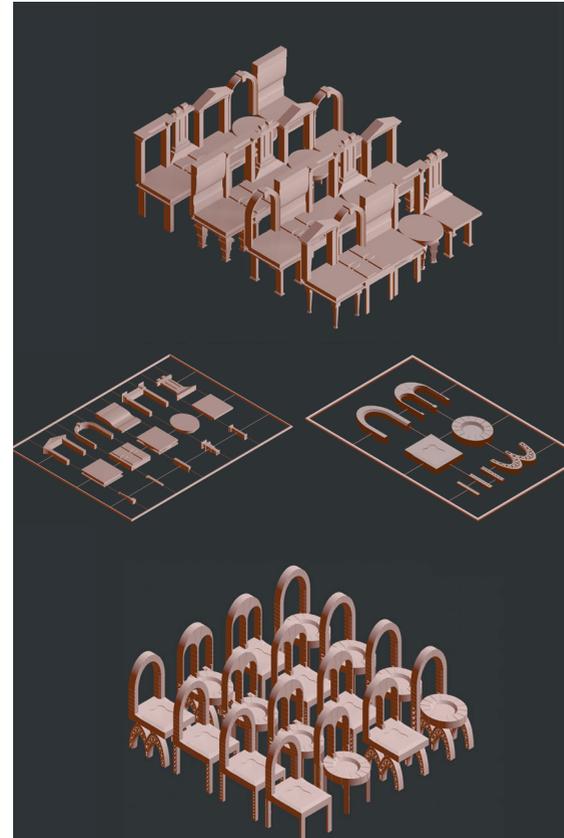
Der Entwurf „Möbel der Epochen“ geht das Thema Kitbashing im Hinblick auf die Stilrichtungen der Sandsteinarchitektur Kaiserslauterns an. Das Polizeipräsidium welches 1893 von Ludwig Ritter von Stempel im Stil des Neobarocks erbaut wurde und die Fruchthalle, welche 1846 von August von Volt im Neorenaissance Stil erbaut wurde, untersuchte Svenja auf epochenspezifische

### MÖBELBAU

Drei mögliche Varianten, die aus dem Kit zusammengesetzt werden können



Elemente im Bezug auf den Möbelbau. Ein großer Vorreiter im stilspezifischen Möbelbau und Inspiration war Thomasa Chippendale. Um den Kitbashing Prozess zu strukturieren wurden die wichtigsten Elemente der beiden Bauten zu einem Kit und in Kategorien eingeteilt-horizontale, vertikale und Stützelemente. Für das Exempel des Stuhles für das Präsidium, gibt es je Kategorie fünf Elemente der Fassade, die skaliert und teilweise verzerrt und anschließend miteinander „gebastet“ werden, um einen neuen Stilgerechten Stuhl zu generieren.



### ZUSAMMENFÜGEN

Anhand des erstellten Kits können nun die verschiedensten Formen erstellt werden

### MODELLBAUKASTEN

Die einzelnen Kit-Elemente wie sie in einem Modellbaukasten vorzufinden wären



### WIRKUNG IM RAUM

Wie das Sandsteinmöbiliar im städtischen Raum wirkt wurde von der Entwurfsverfasserin perspektivisch überprüft und dargestellt

# DAS SÄULEN KITBASH

Jannis Rickertsen

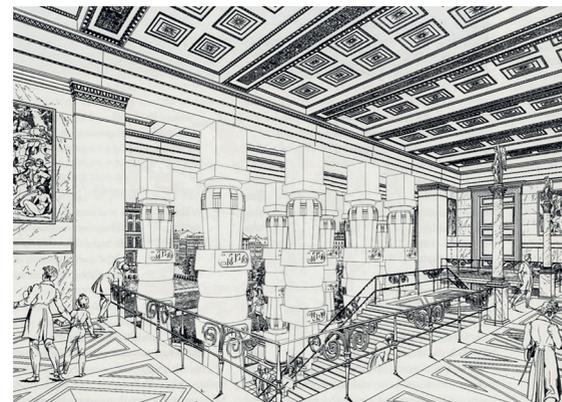
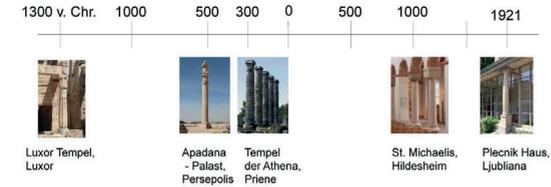
Veränderlichkeit von Säulen und deren Raumwirkung sowie verschiedene Drehkörper, wie Schachfiguren, bildeten die Grundlage dieser Arbeit um die Frage zu beantworten, wie weit ein allgemein bekannter Körper in seiner Anordnung verändert werden kann ohne jedoch seinen Wiedererkennungswert zu verlieren. Inspiration war das Bauhausschach, bei dem trotz Abstrahierung der

## PERSPEKTIVISCHE DARSTELLUNGSREIHE

Die verschiedenen neuen Säulen können durch einheitliche Visualisierung auf ihre räumliche Wirkung untersucht werden



Formen die Wertigkeit der einzelnen Figuren abgelesen werden. Die typologische Form der Säule bildet die Brücke zur Architektur und Untersuchungsgegenstand. Fünf Säulen verschiedenster Epochen wurden hierfür erst in ihre einzelnen Elemente zerlegt. Im Anschluss konnten diese dann neu kombiniert werden. Die Ergebnisse wurden in den stets gleichen Kontext gerendert wobei Bildbänder mit den verschiedenen Konstellationen entstanden, die einen direkten Vergleich ermöglichen und die Grenzen der Veränderlichkeit aufzeigen.



## EINORDNUNG

Zeitstrahl für die historische Verortung und Stilgeschichtlichen Kontext

## SCHACHFIGUREN

Die Schachfiguren als beispielhafte Drehkörper dienten als Inspiration

## ZERLEGEN

Die Säulen wurden, als Vorbereitung für das Kitbashing, in ihre einzelnen Elemente zerlegt

## ZEICHNUNG ALS MEDIUM

In der abstrakten Darstellung einer Linienzeichnung, losgelöst von farblichen Merkmalen, kann die Entstehende Verfremdung auf struktureller Ebene verglichen werden

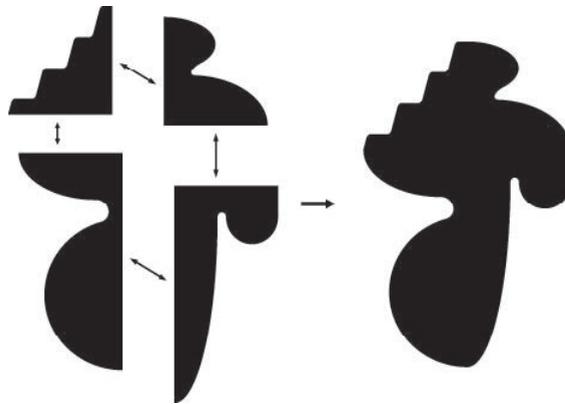
## KITBASHING - GENERATOR

Zwischen Massenproduktion und Individualität  
David Schick und Nicole Luzina

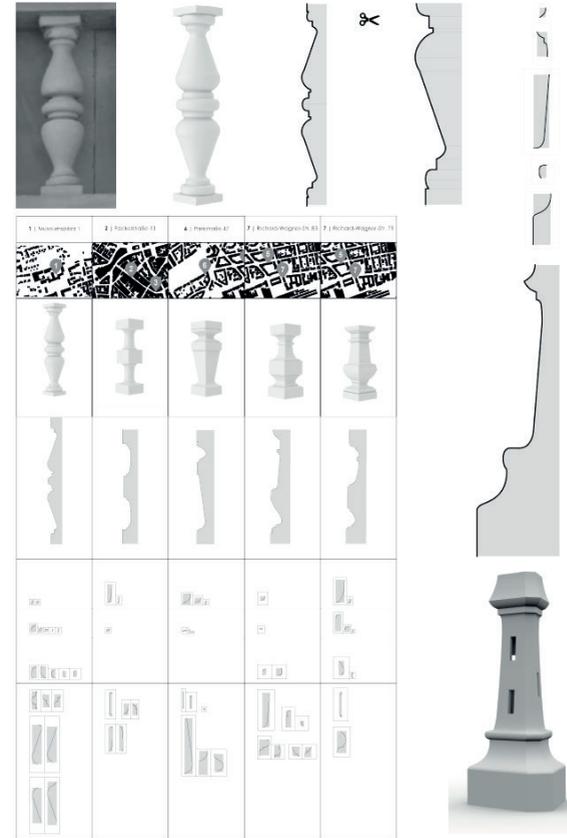
The Shape Project von Allan McCollum vereint vier Elemente zu einem neuen Ganzen. Weiterführend spiegelte er einzelne Elemente horizontal, vertikal und verband sie an den Endpunkten. Dieses Prinzip war Ausgangspunkt der Arbeit. Die zweidimensionalen Profillinien von Baluster in Kaiserslautern wurden zuerst in einem Katalog ge-

### ALLAN MCCOLLUM

Allan McCollum, The Shapes Project, Combining four parts, 2005 - 2006



sammelt und geordnet. Um die einzelnen, gesammelten Segmente zu einem neuen Profil zusammenzufügen, wurde eine digitale Maschine entwickelt, welche die gelisteten Segmente automatisch vereinigt. Sie wandelt automatisch die 2D Profillinien in 3D Körper um, indem sie Grundrissformen generiert und extrudiert werden. Hierbei kann zwischen kreisförmig oder polygonal gewählt werden. Die entstandenen maßstabslosen Formen erhalten erst durch den lokalen Bezug eine Dimension und Funktion. Sie sind somit vielseitig einsetzbar und frei skalierbar.



### FORMSUCHE

Zuerst wurden verschiedene Grundformen gesucht, die dem Grasshopperskript als Grundlage dienen können

### DATENBANK

Die einzelnen Kurven wurden dann über ein Trennverfahren unterteilt und in eine digitale Datenbank eingespeist

### GENERIEREN

Mit Hilfe der digitalen Datenbank und dem angepassten Grasshopperskript können nun 3D-Modelle in den verschiedensten Formen automatisch generiert werden

## GEWÄNDE-SCHAL-PUZZEL

Sebastian Barth

Viele Sand- oder Natursteingewänden können durch ihre schlechten Dämmeigenschaften bei Sanierungen oft nicht erhalten bleiben, da es keine dämmfähige Natursteingewände gibt. Dieses Projekt beschreibt eine mögliche Anwendung von vergussfähigem oder formbarem Bio-Naturstein, die den Erhalt des Fassadencharakters gewährleisten soll. Die Gewände sind nur selten identisch.

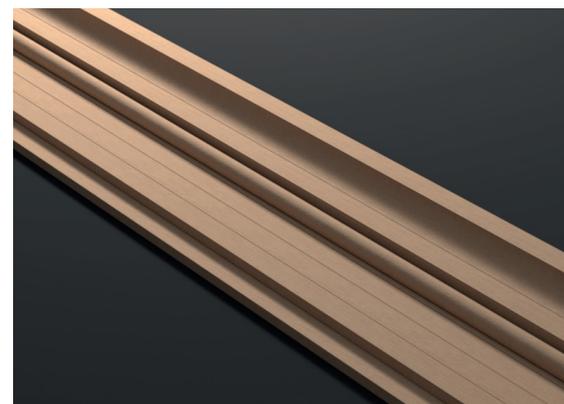
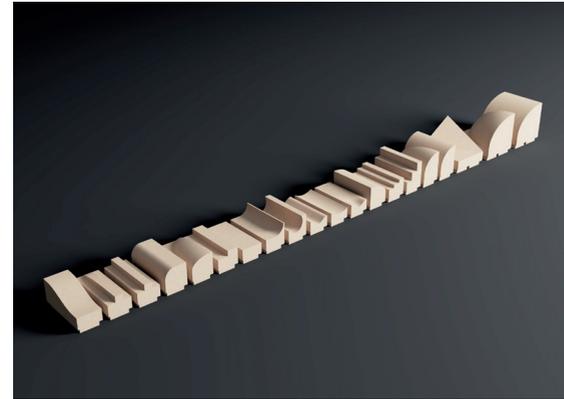
---

### PROOF OF CONCEPT

(Bild Oben) Tischbeine von Florian Lapport geschweißt



Dennoch weisen sie gleiche geometrische Elemente auf. Werden diese in Höhe und Breite genormt, entsteht ein Gewände-Schal-Puzzle, welches aus zwanzig verschiedenen Formen und verschiedenen Abstandshaltern eine sehr große Anzahl einzigartiger Gewändeschalungen kreieren kann. In Kombination mit der Chance Dämmung in die Schalung einzubringen, könnten individualisierte Gestaltung und Funktionalität kombiniert werden. Anders als bei Styroporgewänden, bleibt die Haptik und die leichte Unreinheit des Sandsteins erhalten. Zudem bieten diese Gewände auch die Mög-



---

### FORMEN KATALOG

Veranstaltungsplakat der Marmomac Messe von 2022

---

### VIELFALT AN MÖGLICHKEITEN

Die vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten bieten trotz einheitlichem Herstellungsprozess eine Vielfalt and Gestaltung

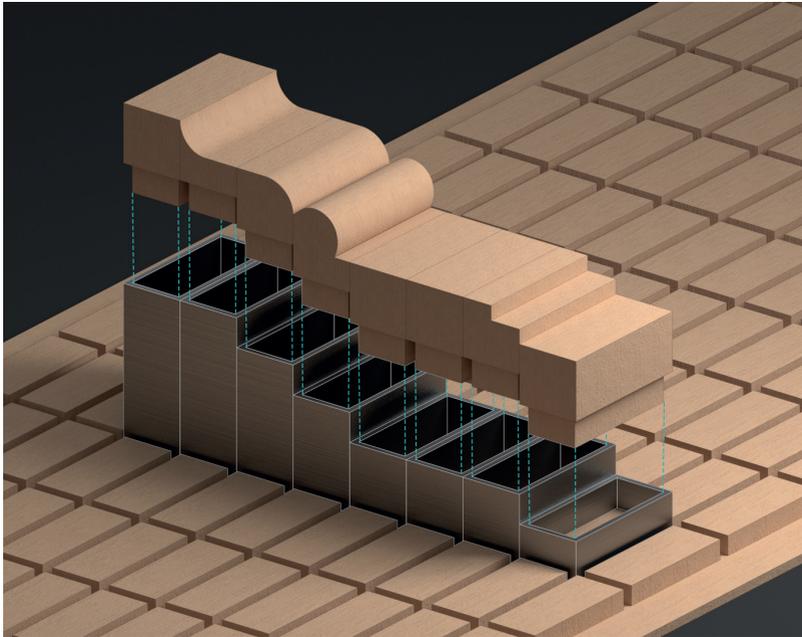
---

### FORMFREIHEIT

Das Gussverfahren bietet dabei eine Formfreiheit wie sie heute nur im Stahlbeton vorhanden ist

# VERTIEFUNG

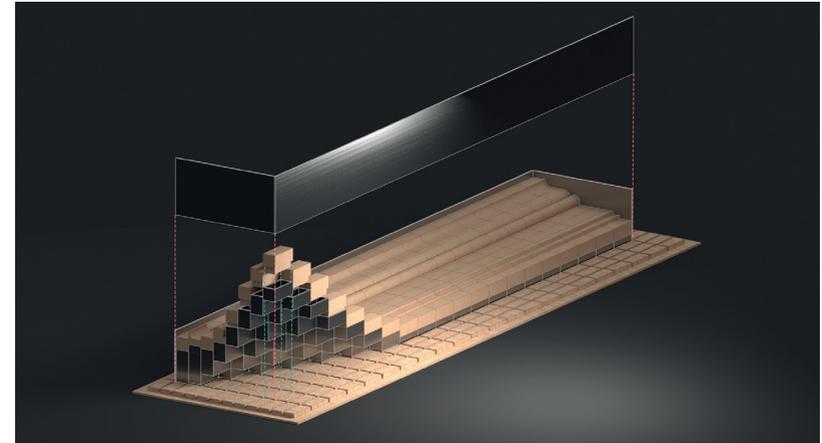
Projektentwicklung von Sebastian Barth



## STECKSYSTEM

(Bild oben) Die Stempel werden auf den verschiedenen Abstandshalter befestigt und anschließend auf der Steckplatte fixiert

Aufgrund des großen Sanierungsdrucks alter Gebäude, angesichts der aktuellen Entwicklung, besteht ein großer potenzieller Bedarf nach neuen Möglichkeiten zu suchen, die einerseits den ästhetischen und andererseits den ökonomischen Anforderungen gerecht werden können. Das von Sebastian Barth entwickelte Puzzelsystem sollte vor diesem Hintergrund genauer untersucht werden und rückte in den Vordergrund der Forschung. Sein System aus Abstandshaltern und Formstempeln kann vielseitig kombiniert werden

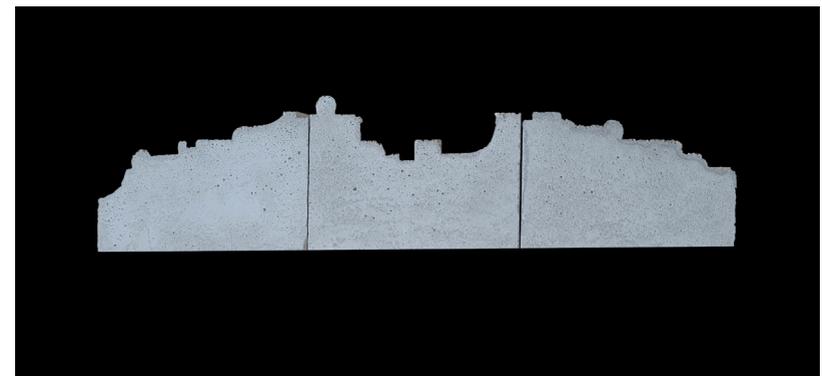


um eine große Vielzahl verschiedener Gewändeformen mit möglichst niedrigem Aufwand zu erhalten. Die Schaltempel haben ein Maß von 20 x 50 mm und können somit alle Gewändestärken abbilden, die ein vielfaches von 20 mm messen. Die Höhe der Elemente ist jeweils aufeinander abgestimmt, sodass diese problemlos aneinander gefügt und kombiniert werden können. Um Varianz in der Höhe zu bringen, können verschiedene Abstandshalter gewählt werden. Diese sind in 10 mm Schritten theoretisch in jeder Größe möglich. Wenn

## KONZEPT SCHEMA

(Bild oben) Durch Aneinanderreihung mehrerer Module kann so ein ganzes Gewände entstehen.

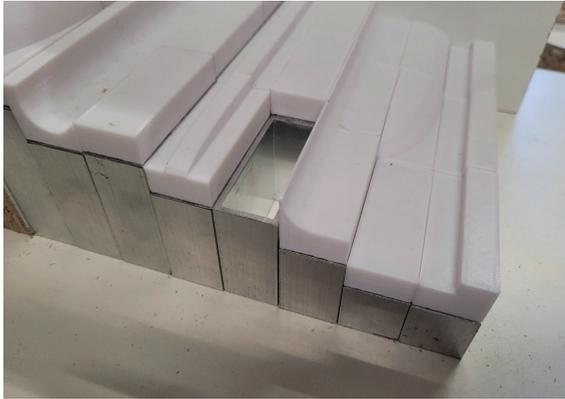
(Bild unten) drei mögliche Profile, gegossen aus Beton



---

## UMSETZUNG

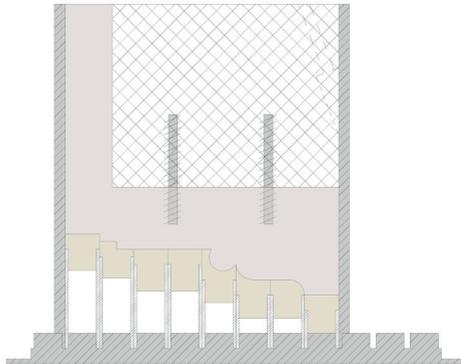
(Bild oben) Die Abstandshalter, bestehend aus 20 x 50 mm Aluminiumprofilen, sind in 10 mm Schritten abgelängt. Die Stempel sind Negativabdrücke des Gewählten Gewändeprofiles und in einer von vielen möglichen Anordnungen auf den Abstandshaltern



---

## DÄMMUNG

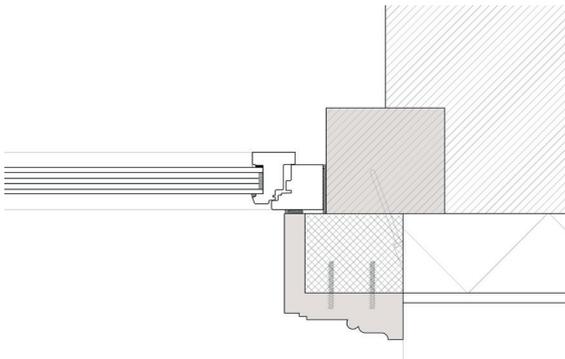
Im Schnitt ist zu sehen, wie durch die verschiedenen Abstandshalter und Stempel eine neue Kontur entsteht, welche aufgrund des neuen Verfahrens eine Möglichkeit zur Dämmung bietet



---

## EINBAU

Das neue Gewände kann dann anschließend an der zu sanierenden Fassade angebracht werden ohne den ursprünglichen Charakter des Haus zu kompromittieren.



**PROOF OF CONCEPT** (Bild oben) als 15 x 16 cm Ausschnitt aus dem zuvor beschriebenen Schalsystem. Die einzelnen Formen wurden zuvor nach dem Beispiel echter Gewände modelliert und aus *Poly lactid* (PLA) 3D gedruckt. Die eingeschaltete Form wurde nun stellvertretend mit Zementmörtel gefüllt und aushärten gelassen. Beim Ausschalen haben sich die Stempel aus PLA als sehr trennfähig herausgestellt und konnten nach dem Einsatz leicht gereinigt und erneut genutzt werden.

der gewünschte Querschnitt gefunden ist, kann dieser nun auf der Steckplatte verlängert werden (Abb. XYZ), sodass sich eine Schalung für ein gesamtes Gewände ergibt. Durch eine Längsunterteilung der Schalstempel in 50 mm Segmente, kann nun nicht nur im Querschnitt, sondern auch in der Länge mit verschiedenen Formen gearbeitet werden. Danach werden die Schalwände um den gewünschten Bereich gestellt, die Schalung ausgegossen und nach Aushärtung die Dämmung eingebracht.

# PROOF OF CONCEPT

Zusammenarbeit mit Bio-Verfahrenstechnik RPTU

## GEWÄNDESTEIN

Der erste, aus dem lokalen Sand hergestellte, komplexe Körper nach der Ausschalung



Anders als bei dem Interlocking Modul spielte bei dem „Gewändestein“ die Schärfe der Kanten, da diese maßgeblich die Ausdrucksstärke des entstehenden Profils bestimmt, eine große Rolle. Da es sich am Ende um ein volles Fenstergewände handeln soll, spielt auch die Festigkeit sowie die maximal herstellbare Größe einen entscheidenden Faktor. Nachdem Niklas Erdmann die ver-



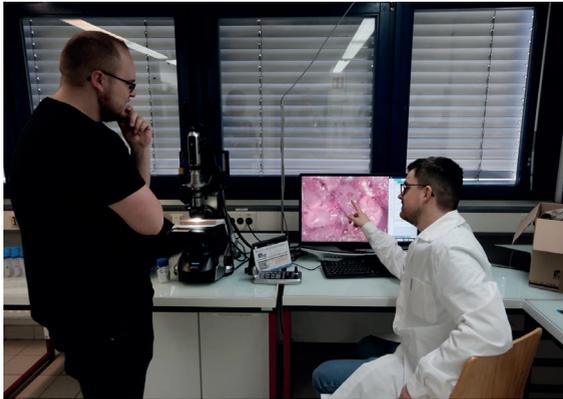
**DER „BALKEN“** (Beide Bilder oben) Auch wenn die Oberfläche noch nicht sehr präzise war, stellte sich der Versuch dennoch als voller Erfolg heraus. Nicht nur von Haptik und Farbe ähnelt der Guss dem lokalen Buntsandstein sondern ist in der Lage sein eigenes Gewicht zu tragen.

schiedensten Mischverhältnisse auf ihre Festigkeit und Kalziumkarbonatdichte überprüft hatte, konnten die entscheidenden Faktoren an ersten Test überprüft werden. Dafür wurde zum einen der Ausschnitt einer möglichen Gewändekombination sowie ein 50cm großer Balken hergestellt. Anhand des Gewändeausschnittes wurde die Schärfe der Kanten sowie die entstehende Oberflächenstruktur geprüft. Anhand des Balkens sollte neben der Frage, ob ein Modul dieser Größe in der Lage wäre das eigene Gewicht zu tragen, auch die Frage beantwortet werden, wie homogen das Ergebnis bei einer größeren Höhe sein wird. Denn während alle vorherigen Testobjekte auf 2-3cm Höhe begrenzt waren, wurde der Balken mit einer Höhe von 5cm gegossen. Da bei dem Gießverfahren in mehreren einzelnen Schritten, eine Bakterien-Nährflüssigkeitsmischung auf den Sand schichtweise aufgetragen wird, die durch Ausbildung von Kalziumkarbonatkristallen zu einer Verfestigung führt, kann es größerer Höhe eher

---

### CLOSE UP

Auch der Blick durch das Mikroskop zeigt den Erfolg des Versuchs. Die Sandkörner sind von dichten Kalziumkarbonatkristalle umgeben. Nach Anfärbung des Kalziumkarbonates mit *Alizarin* rötlich.



dazu führen, dass sich die oberen Schichten des Sandes verfestigen wodurch die Lösung nicht bis zu den unteren Schichten durchsickern kann. In diesem Fall würde die untere Schicht, nachdem der Sandstein entschalt wurde, einfach zerbröseln bzw. eine deutlich geringere Festigkeit als die obere Seite aufweisen. In unserem Test war dies jedoch nicht der Fall. Auch die scharfen Kanten stellten, aufgrund der neuen Mischverhältnisse und sorgfältigen Auftragung, kein Problem mehr da.

---

### NÄHRLÖSUNG

Die Bakterien werden Anfangs mit einem Komplexmedium auf Basis von *Hefeextrakt* und *Harnstoff*, welcher den Bakterien als Stickstoffquelle dient, vermischt.



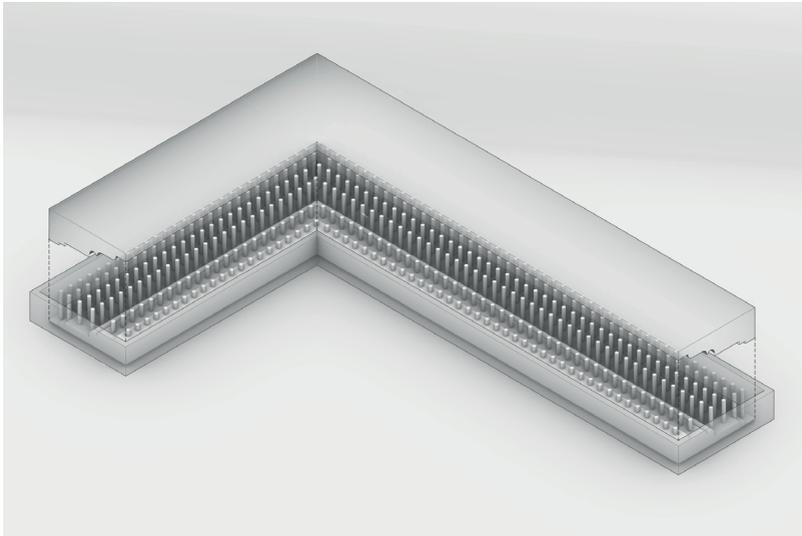
**KULTIVIERUNG** (Bild oben) Nachdem die Bakterienkultur und das Kulturmedium gemischt wurden, brauchen die Bakterien Zeit um sich zu vermehren.

**GIESSEN UND ENTSCHALEN** Auftragen der Zellsuspension und *Kalziumchlorid*, aus dem *Harnstoff* und *Kalziumsalz*, auf den Sand. Aus Löcher im Boden der Schalung, fließt überschüssige Flüssigkeit. (Bild unten links) Ist der Sand ausgehärtet, kann der fertige Sandstein entschalt werden. Bei 3h pro Zyklus, 12 Zyklen und 2 Tagen Trocknung dauert dies ca. zwei Wochen (Bild unten rechts)



# PERSPEKTIVE

Größerer Prototyp in der Vorbereitung



## SCHALUNGS MODELL

(Bild oben) Das Modell zeigt, wie die Schalung für den nächsten Prototypen aussehen könnte. Die Zylinder zeigen die Stellen, an denen Abläufe in der Schalung positioniert sein müssen um ein Absickern zu ermöglichen

Unsere Test zeigen, dass der gegossene Sandstein auf größere Objekte anwendbar ist. Dennoch gibt es noch einige Hürden. Da bei der Schalung, aufgrund der Dimensionen, nicht wie vorher einen 3D-Drucker verwenden können, muss die Schalung aus Holz, mit Hilfe des Kuka-Roboters, hergestellt werden. Auch die Kultivierung der Bakterienkulturen stellt sich mit steigender Größe als zunehmend schwierig heraus. Hier bräuchte es daher andere technische Hilfsmittel als die, die bisher zur Verfügung stehen. Dennoch sind wir zuversichtlich, dass unter den richtigen Rahmenbedingungen ein Fenstergesims aus gegossenem Sandstein möglich ist.



**DER NÄCHSTE PROTOTYP** (Bild oben) Hier das Positiv der Schalung. Wenn auch dieser Test glückt, ist der letzte Schritt ein vollständiges Gewände herzustellen



**EIN VOLLSTÄNDIGES GEWÄNDE** (Bild oben) Ein mögliches Gewände, aus dem „Gewände-Puzzle“ von Sebastian, als finaler Meilenstein

# Notizen

