

# RESSOURCEN WECHSEL





Prozessdokumentation

# RESSOURCEN WECHSEL

Die Wiederverwendung von Bauteilen  
Für eine verantwortungsvolle Architektur

Vielen herzlichen Dank

an meine BetreuerInnen der HSLU D&K Isabel Rosa  
Mügglers Zumstein, Klaus Marek und Meri Zirkelbach

Februar 2022

## Impressum

### Verfasserin

Vanessa Feri  
Bachelor of Science ETH in Architektur  
Master of Arts Hochschule Luzern/FHZ in Design  
vanessa\_f@bluewin.ch  
079 128 69 92

### Fotografien und Abbildungen

Alle Grafiken, wenn nicht anders verwiesen, sind eigene Darstellungen.

### Druck

Multi Reflex AG  
Februar 2022



# Kontext und Vision



## Relevanz

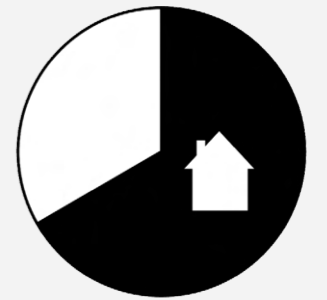
Die Bauindustrie ist für 40% der weltweiten Treibhausgase verantwortlich<sup>1</sup>. Der ausserordentliche Klimanotstand in der Architektur fordert sofortiges Handeln. Fundamentale Ziele sind die Reduktion von Emissionen, Abfällen sowie des Energie- und Ressourcenverbrauchs.

In der Schweiz verursacht der Bausektor mit 65% die grössten Abfallmengen. Von den 15 Millionen Tonnen Rückbaumaterial wird zwei Drittel recycelt, wobei der Rest verbrannt oder auf Deponien gelagert wird<sup>2</sup>.

40%



65%



Die Wiederverwendung von Bauteilen wirkt dieser Problematik entgegen und ist für eine verantwortungsvolle und kreislauffähige Architektur unabdingbar: Wiederverwendung bedeutet den Werterhalt von Material, Baukultur, Handwerk, grauer Energie, Treibhausgasen und Geld.

Noch befindet sie sich in den Kinderschuhen und zeigt Pioniercharakter. Organisatorische, rechtliche, finanzielle und soziokulturelle Herausforderungen generieren Unsicherheiten entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Der zusätzliche Aufwand wird oftmals als nicht lohnenswert empfunden, weil gewöhnliche Bauteile nach Gebrauch praktisch keinen Wert mehr haben. **Wie kann also der Wert von gebrauchten Bauteilen erhalten oder gar gesteigert werden, damit die Wiederverwendung in der Architektur attraktiv wird?**

Der Dachziegel steht repräsentativ für die Herausforderungen bei der Wiederverwendung von Bauteilen: Mit seinem günstigen Neupreis lohnt sich der Aufwand für die Wiederverwendung finanziell nicht, obwohl der Dachziegel hervorragende technische Eigenschaften besitzt. Diese Masterarbeit untersucht Strategien zur Wertsteigerung von gebrauchten Bauteilen anhand einer Fallstudie mit Dachziegeln und sucht Möglichkeiten für deren Skalierbarkeit in der Architektur.

<sup>1</sup>United Nations Environment Programme. (2020). *Executive Summary of the 2020 Global Status Report for Buildings and Construction*. [https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020%20Buildings%20GSR\\_FULL%20REPORT.pdf](https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020%20Buildings%20GSR_FULL%20REPORT.pdf)

<sup>2</sup>Salza. (2020). *Wiederverwendung Bauen*. [https://reiriwi.ch/wp-content/uploads/2021/02/Wiederverwendung-Bauen-2020\\_Feb.pdf](https://reiriwi.ch/wp-content/uploads/2021/02/Wiederverwendung-Bauen-2020_Feb.pdf)



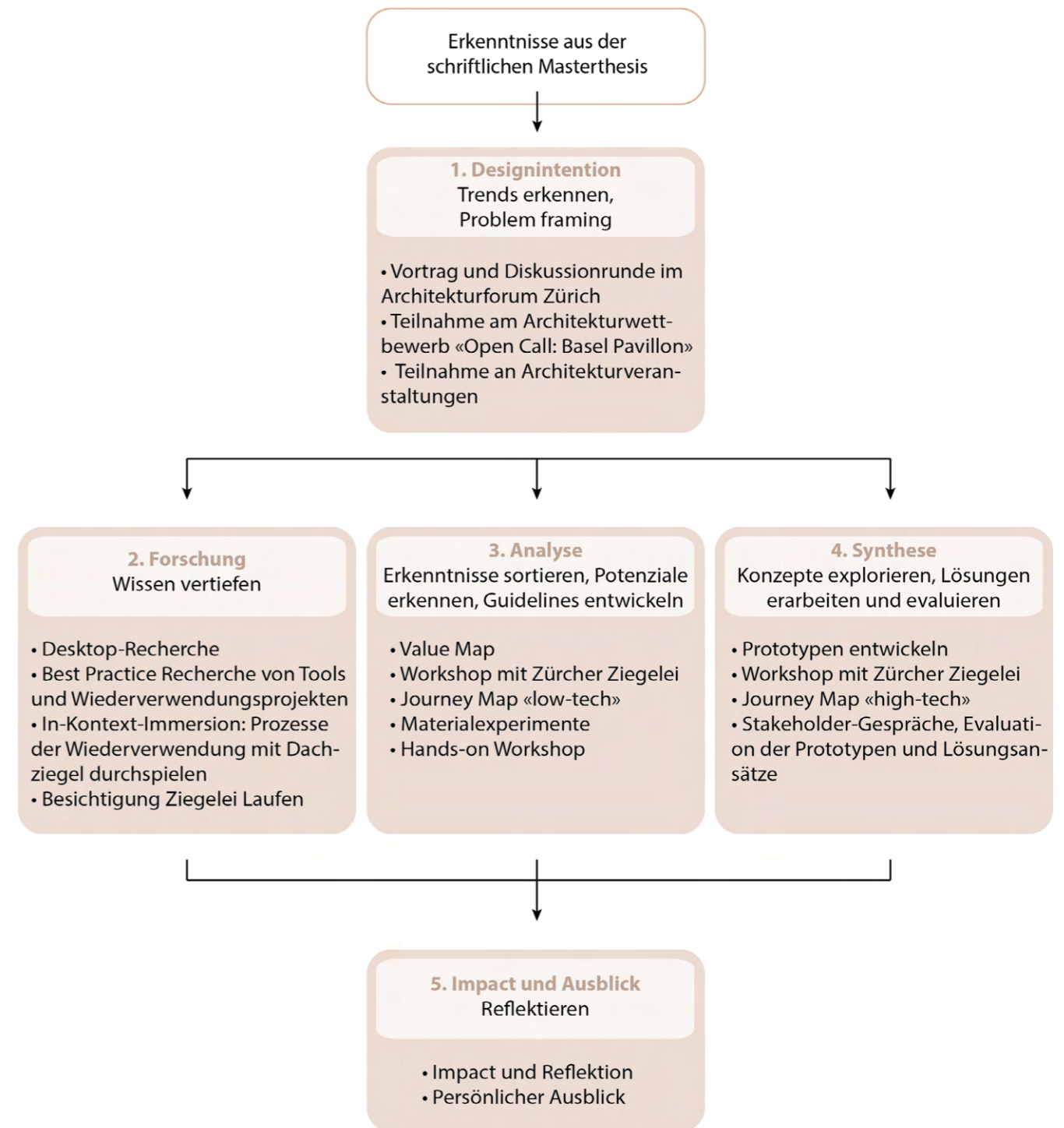
# Prozess und Methoden



## Prozessablauf

Die Erkenntnisse aus der schriftlichen Masterthesis dienen als Grundlage für diesen praktischen Teil der Arbeit. Daraus ergaben sich verschiedene Herangehensweisen, um das gleiche Ziel zu verfolgen: Die Bauindustrie für die Wiederverwendung von Bauteilen zu motivieren und Sicherheit für diese Thematik zu schaffen. Das persönliche Netzwerk

wurde aktiv erweitert und mit jedem Gespräch konnten Inputs gesammelt werden, welche zu neuen Entscheidungen und Richtungswechseln der praktischen Masterarbeit führten. Mit einem explorativen und iterativen Mindset wurde das gewonnene Wissen parallel auf Ebenen der Forschung, Analyse und Synthese verfolgt und verknüpft.





## Erkenntnisse aus der schriftlichen Masterthesis

Die Wiederverwendung von Bauteilen steckt in den Kinderschuhen und ist schwierig umzusetzen. Im nationalen Architekturdiskurs und in der Ausbildung gewinnt diese Thematik jedoch an Wichtigkeit. Die schriftliche Masterthesis führt verhaltenspsychologische Ansätze mit der Wiederverwendung von Bauteilen zusammen und zeigt Wege auf, wie die Motivation und Sicherheit von ArchitektInnen gestärkt werden kann. Die Erkenntnisse der schriftlichen Masterthesis sind als Designguidelines zusammengefasst und haben Folgendes zum Ziel:

- Die Akzeptanz und Unterstützung seitens Bauherrschaft und Projektbeteiligten zu fördern, da der Widerstand von aussen als grösstes Hindernis beschrieben wird.
- Den Zugang zu einer effizienten Infrastruktur mit einem grossmasstäblichen sowie rechtssicheren Angebot an wiederverwendbaren Bauteilen zu schaffen, damit das Konzept der Wiederverwendung architektonisch skalierbar wird.

## Designguidelines

### Hoher relativer Vorteil

- Geeignete politische und infrastrukturelle Rahmenbedingungen für ein grossmasstäbliches sowie rechtssicheres Angebot an Bauteilen

### Hohe Kompatibilität

- Rolle von ArchitektInnen neu definieren: Wiederverwendung von Bauteilen ist die neue Normalität
- Umfeld mit Wiederverwendungsbefürwortern

### Hohe Beobachtbarkeit

- Sichtbare Referenzprojekte, die den ökologischen, kulturellen, sozialen sowie finanziellen Mehrwert der Wiederverwendung von Bauteilen architektonisch vermittelt

### Geringe Komplexität

- Förderung der Zusammenarbeit mit ExpertInnen
- Planungstools und digitale Möglichkeiten aufzeigen

### Hohe Erprobbarkeit

- ArchitektInnen ermutigen kleine und machbare Schritte zu unternehmen sowie die Wiederverwendung von Bauteilen praktisch zu erproben

Viele wichtige Erkenntnisse entwickelten sich dank dem persönlichen Austausch mit unterschiedlichen Stakeholdern. Es wurden Eindrücke aus möglichst verschiedenen Perspektiven gesammelt: Von Pionieren bis zu vereinzelt WiederverwendungsgegnerInnen im Bauwesen. An Architekturveranstaltungen, Workshops und Kursen wurde über Problemfelder, Bedürfnisse sowie Potenziale diskutiert. Es hat sich gezeigt, dass die Thematik der Wiederverwendung von Bau-

teilen langfristig verfolgt werden muss. Die aktive Vernetzung und der Aufbau eines unterstützenden Umfelds bestärken und ermutigen gemeinsam neue Lösungen zu entwickeln sowie gewonnenes Wissen zu teilen. Das Netzwerk wurde und wird sich noch konstant erweitern: Bisher wurde auf die Bereiche Wiederverwendung, Architektur, Bildung, Produktion und Digitalisierung fokussiert.

## Stakeholder Netzwerk





# 1. Designintention

Mit der praktischen Masterarbeit sollen unterschiedliche Stakeholder der Baubranche für die Wiederverwendung von Bauteilen sensibilisiert und motiviert werden. Es braucht unter anderem Sichtbarkeit, die das qualitative und gestalterische Potenzial der

Wiederverwendung aufzeigt. Insbesondere können Bauteile auf unkonventionelle Weise wieder eingesetzt werden. Wie im Hintergrundbild ersichtlich, können beispielsweise gebrauchte Dachziegel zu einer Innenwand geschichtet werden.



## Vortrag im Architekturforum Zürich

Für die neue Vortragsreihe «Zukunft bauen. Jetzt!» im Architekturforum Zürich wurden Andreas Haug und ich eingeladen, über die Wiederverwendung von Bauteilen eine Präsentation zu halten. Andreas Haug ist Architekt und Projektleiter beim Pionier «Baubüro in Situ» und hat praktische Erfahrung mit der Thematik Wiederverwendung. Gemeinsam vertraten wir den klimaaktivistischen Architekturverein «Countdown2030».

Das Publikum bildeten geschätzte 30 Architekturschaffende. In diesem Vortrag wurden konkrete Möglichkeiten und Grundsätze zum Bauen mit wiederverwendeten Materialien erläutert und die Breite an architektonischen Wiederverwendungsprojekten

vorgezeigt. Abschliessend wurde gemeinsam mit der Zuhörerschaft über die grössten Problemfelder und über die Rolle von ArchitektInnen diskutiert. Das Hauptproblem sehen die meisten bei Bauherrschaften mit profitorientierten Mindsets. Sei es bei Pensionskassen, die Wert nur in Neuem sehen oder Wettbewerbsjurys, die sich für die rentabelsten Projektideen entscheiden, obwohl die Ausschreibungen oftmals nachhaltige Konzepte voraussetzen. Die Architektur muss Konformansprüche, Normen und ihre eigene Rolle hinterfragen. Zur neuen Normalität gehört vermehrt das Umstrukturieren und weniger das Produzieren. Dafür braucht es jedoch flexible Räume, welche zukünftig adaptiert werden können.

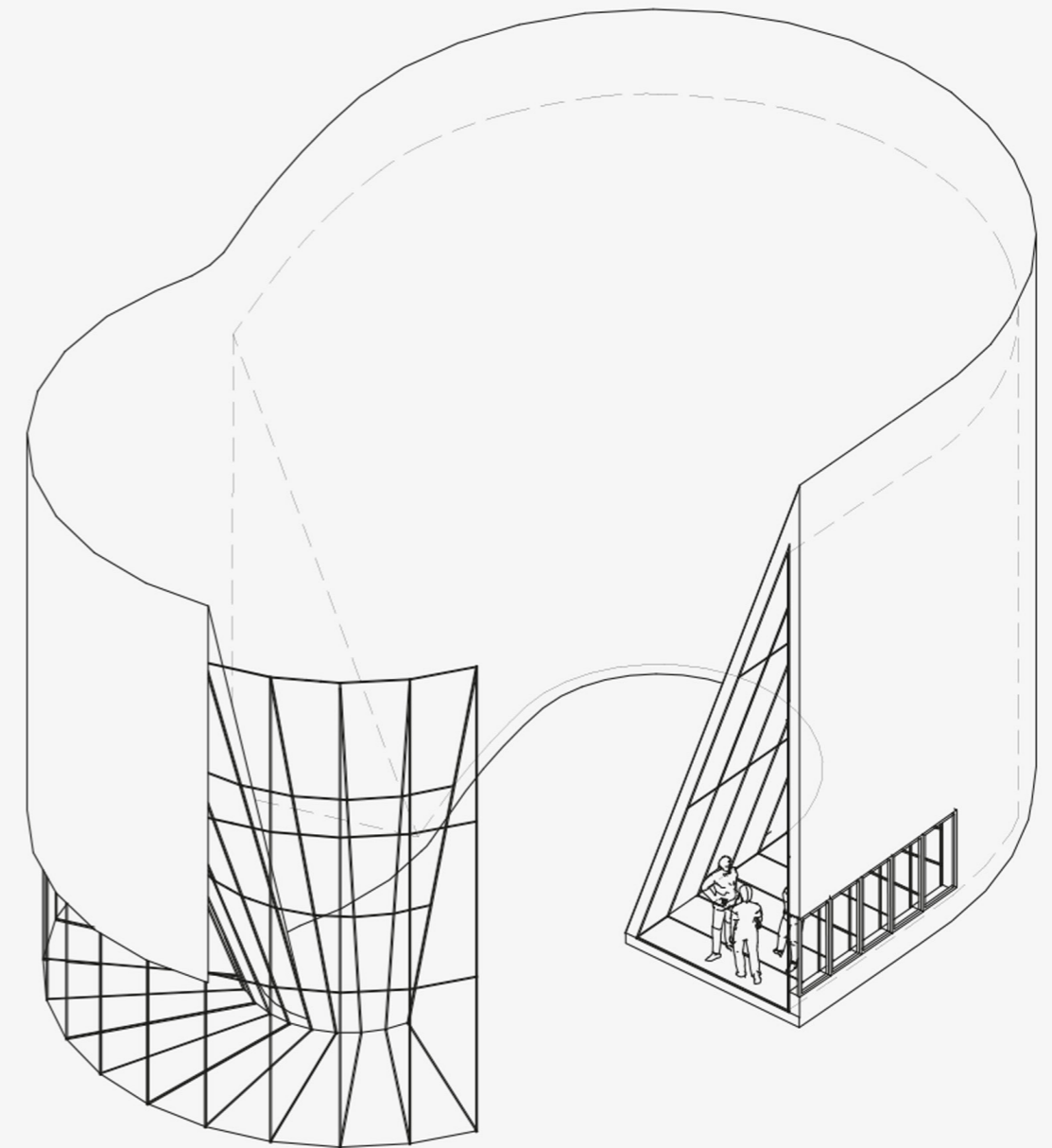
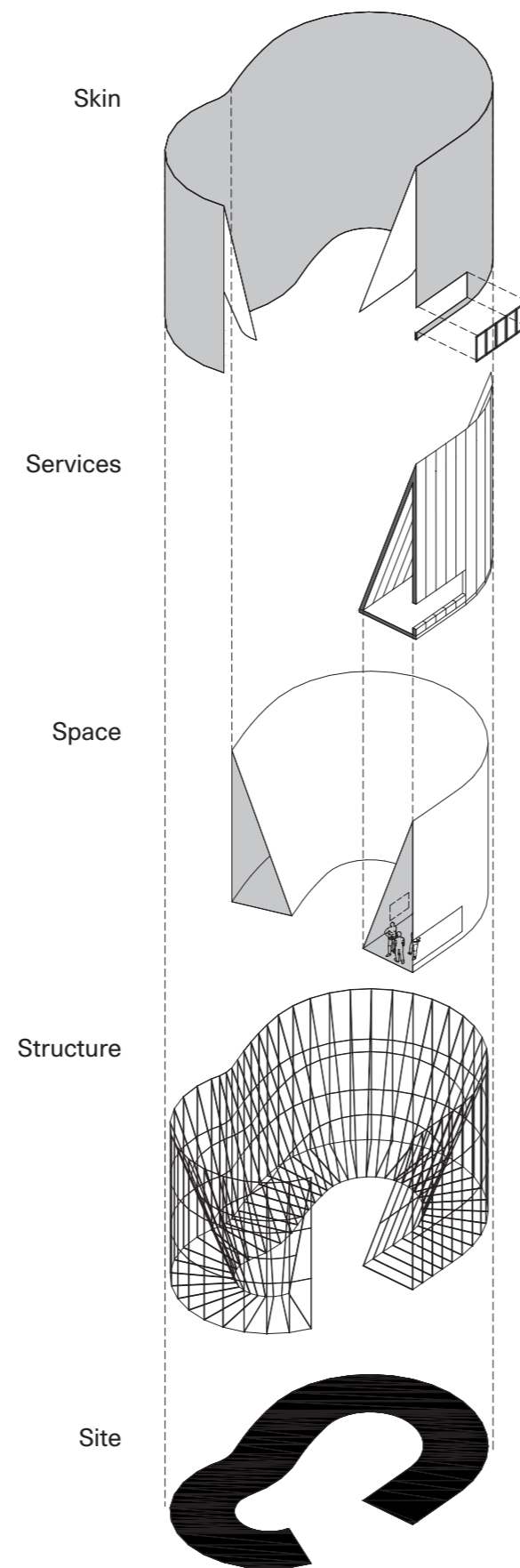




## Open Call: Basel Pavillon

Im Rahmen der «Architekturwoche Basel» im Mai 2022 wird der erste Pavillon aus wiederverwendeten Bauteilen vor Ort entstehen. Für diesen Architekturwettbewerb wurde ich von einem multidisziplinären Team angefragt teilzunehmen. Gemeinsam deckten wir die Bereiche Architektur, Service- und Grafikdesign sowie Fotografie ab. Der entstandene Entwurf, auf den Abbildungen rechts, folgte mehr der Vision einer «Mobilität» anstelle der gewöhnlichen Immobilie. Der Pavillon sollte als Bauteilzwischenlager gesehen werden und nach Gebrauch als Ressource für neue Projekte dienen. Ziel war eine lesbare und reversible Konstruktion nach dem Prinzip der «Shearing Layers» (Site - Structure - Space - Services - Skin). Diese sichtbaren Schichten mit unterschiedlichen Lebensspannen führen BesucherInnen durch die verschiedenen Ebenen des Pavillons. Mit dem Konzept der Wiederverwendung entstehen ausserdem kreative Möglichkeiten Bauteile anders zu betrachten: Ein Dachziegel ist kein Dachziegel, sondern ein modulares, kleinteiliges, reliefiertes, hartes und witterungsbeständiges Element. Dieses kann multifunktional in einem neuen Kontext wieder eingesetzt werden und sich in unterschiedlichsten ästhetischen Ausdrucksformen manifestieren.

Insgesamt wurden 182 Projekte aus der ganzen Welt eingereicht. Für den weiteren Wettbewerb entschied sich die Jury für andere Projekte. Das Siegerprojekt wird bedeutenden Pioniercharakter haben und eine «ästhetisch-radikale These formulieren<sup>3</sup>». Die Wiederverwendung von Bauteilen soll einen hohen Stellenwert in der Architektur bekommen.



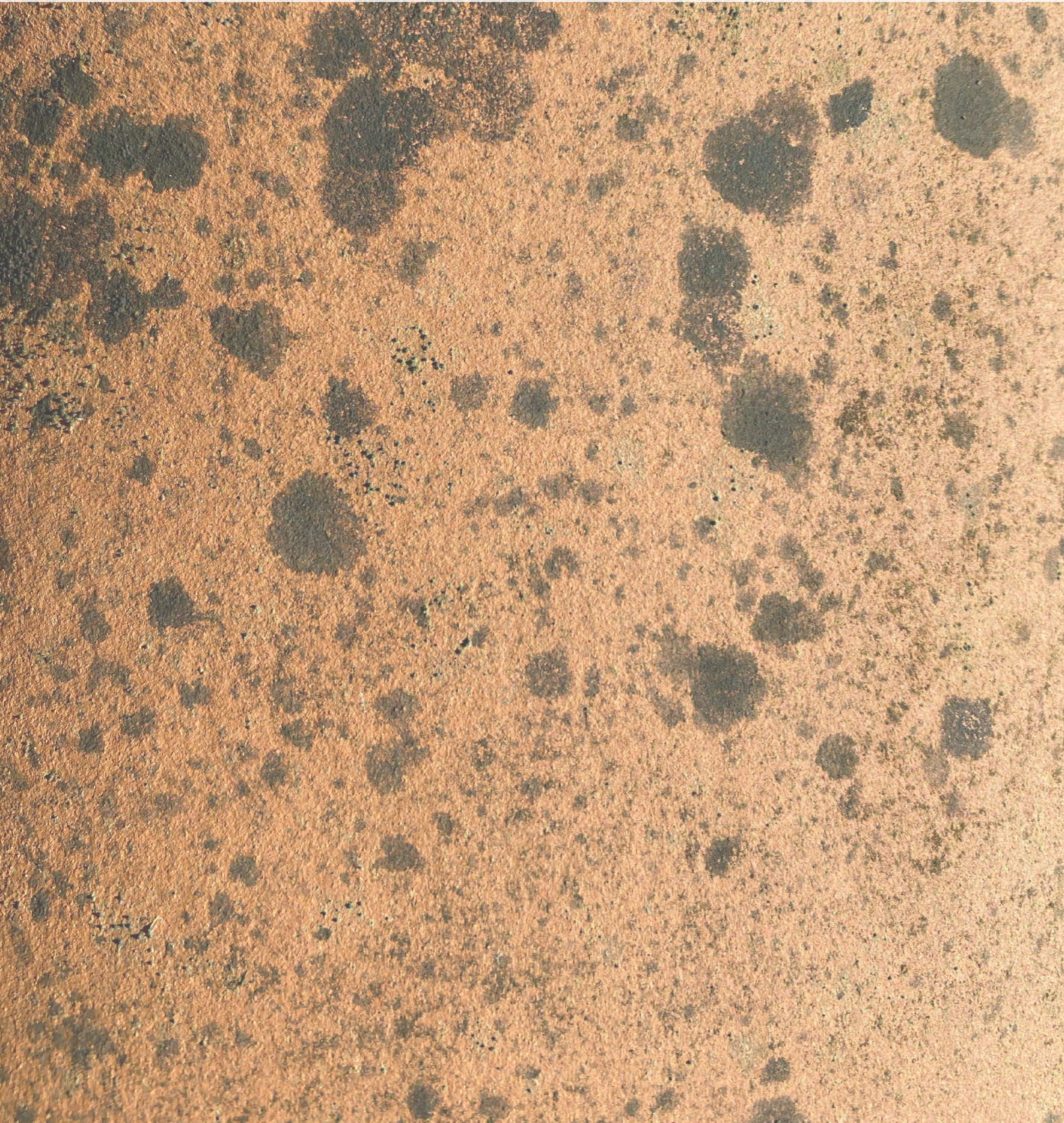
<sup>3</sup> Architektur Basel. (2021). *Basel Pavillon: Open Call*. <https://architekturbasel.ch/basel-pavillon-open-call/>



## 2. Forschung

Das komplexe Thema der Wiederverwendung von Bauteilen wurde auf ein konkretes Bauteil heruntergebrochen. Der kostengünstige Dachziegel wird als Fallstudie gewählt, da er trotz seinen sehr guten Voraussetzungen nur selten wiederverwendet wird. Dieser wurde genauer unter die Lupe genommen.

Die Makroaufnahme im Hintergrundbild zeigt die Oberflächenpatina eines Altziegels. Erforscht wurden historische, sozio-kulturelle sowie materielle Werte des Dachziegels und der Prozess für dessen Wiederverwendung.



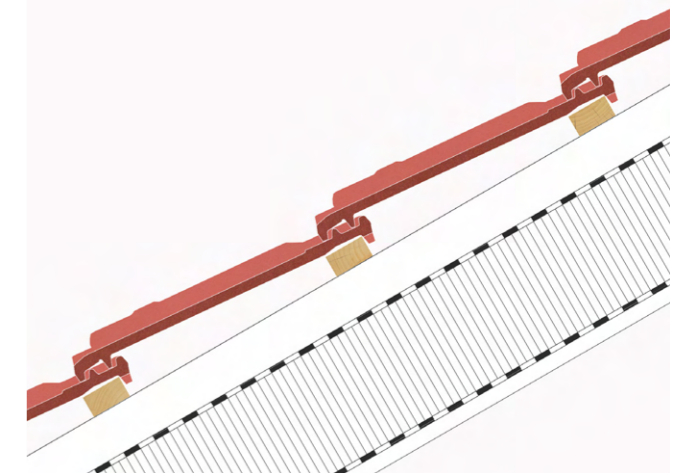
### Der Dachziegel und seine Eigenschaften

Der Dachziegel hat eine lange Tradition. Bereits 2300 v. Chr. wurde der erste Dachziegel in Griechenland entdeckt. Eingesetzt wurde er in Tempeln, später in Klöstern, Kirchen sowie städtischen Gebäuden und ersetzte mit seinen brandfesten Eigenschaften Holz als Dachmaterial. Im Mittelalter wurde der wertvolle keramische Baustoff, wo möglich, wiederverwendet. Seit der Industrialisierung werden Dachziegel hauptsächlich maschinell produziert.<sup>4</sup> Als langlebiges und qualitativ hochwertiges Produkt besitzt er hervorragende Eigenschaften:<sup>5</sup>

- Wärmespeicherung
- Formbeständigkeit
- Diffusionsfähigkeit durch Kapillarporen
- UV-Beständigkeit
- Feuerresistenz
- Frostbeständigkeit

Durch das Einhängesystem lässt er sich gut wieder demontieren. Die Abbildung rechts veranschaulicht als Schnitt wie die Dachzie-

gel übereinandergeschuppt auf der Dachlatung liegen. Die jahrtausendalte Decktechnik prägt noch heute die zeitgenössische Baukultur.<sup>4</sup> Demzufolge sind im Denkmalschutz besonders alte Modelle, wie der Biberschwanzziegel, mit historischer Patina beliebt. Nichtsdestotrotz wird der grösste Teil der Dachziegel bei Gebäudeabbrüchen oder Dachsanierungen entsorgt, obwohl sie oftmals noch viele weitere Jahre ihre Funktionstüchtigkeit weiterbehalten könnten.<sup>6</sup>



### Der Herstellungsprozess

Durch die Besichtigung der Ziegelei Laufen wurde der gesamte Herstellungsprozess sichtbar. Diese Erfahrung führte zu einer anderen Wahrnehmung und widerspiegelt den eigentlichen Wert des Dachziegels. Hinter dem relativ simpel aussehenden Produkt steckt viel Aufwand, der wertgeschätzt werden muss. Roman Knuchel, Produktmanager der Zürcher Ziegelei, gibt eine Führung durch das Areal und erklärt jeden Schritt: Ziegel bestehen aus gebranntem Ton. Der Rohstoff wird aus lokalen Lehm- und Ton-schiefergruben abgebaut.



<sup>4</sup> Bender, W. (2004). *Vom Ziegelgott zum Industrieelektroniker. Geschichte der Ziegelherstellung von den Anfängen bis heute.*

<sup>5</sup> CREATON GmbH. (2022). *Tonziegel.* <https://www.creaton.ch/produkte/tondachziegel>

<sup>6</sup> Dechantsreiter, U. (2016). *Bauteile wiederverwenden – Werte entdecken. Ein Handbuch für die Praxis.*



Durch Mischen und Sumpfen wird der Ton aufbereitet und zum Dachziegel verpresst. Danach folgen die energieaufwändigen Prozesse: Zwischen 42 und 90 Stunden werden die Ziegel getrocknet und danach bei 1000°C für eine Woche gebrannt. Beim Brennen muss die räumliche Wärmeverteilung vor allem bei den Aufheiz- und Kühlungsphasen homogen sein, ansonsten kommt es zu Rissen im Ziegel. Der optimale Brennvorgang ist zentral für die Sicherstellung der Qualität.



Je nach ästhetischen Präferenzen wird die Oberfläche zwischen dem Trocknen und Brennen zusätzlich engobiert. Das bedeutet, dass die Oberfläche mit einer Farbe versehen wird. Aufgrund der Nachfrage wird teilweise eine künstliche Patina auf die Dachziegel aufgetragen.

Nach Fertigstellung untergeht jeder Dachziegel einer Qualitätskontrolle. Sie können per Augenschein und Klopfen oder mithilfe von intelligenten Scansystemen beurteilt werden. Erfüllen die Dachziegel alle Kriterien, stehen sie palettiert und in Plastik verpackt für den Abtransport bereit. Dachziegel mit Rissen können die Festigkeit sowie Frostbeständigkeit nicht mehr garantieren und werden deshalb aussortiert. Meist entscheiden jedoch ästhetischen Kriterien, denn die perfektionistischen Ansprüche der Kundschaft erlauben keinen Markt mit Produkten zweiter Qualität. Der Ausschuss der Zürcher Ziegelei liegt ungefähr bei 8%. Dieser wird zerkleinert an Recyclingunternehmen verkauft. Ziegelsplitt wird für Strassen-/ Wegebau, Tennisplätze, Wasserfilteranlagen und als Pflanzensubstrat verwendet.



## Werterhalt

Zur Wiederholung: Der Dachziegel steht repräsentativ für die Herausforderungen bei der Wiederverwendung von Bauteilen. Als günstiges Eindeckmaterial lohnt sich der finanzielle, logistische sowie rechtliche Aufwand für die Wiederverwendung nicht, obwohl der Dachziegel ausgezeichnete materielle Eigenschaften besitzt. Der fehlende ökonomische Vorteil führt zu Widerstand seitens Bauherrschaften und Projektbeteiligten. So wie gebrauchte Bauteile heutzutage

neben dem konkurrenzfähigen Neumarkt in den meisten Fällen keinen Wert mehr haben, werden auch gut erhaltene Dachziegel tonnenweise entsorgt. Aus ökologischer, sozialer und kultureller Sicht macht dies jedoch wenig Sinn.

Um ein eigenes Verständnis für diesen zusätzlichen Prozessaufwand zu erlangen, begab ich mich in die Praxis und spielte die einzelnen Schritte selber durch.

## Prozess der Wiederverwendung

### Beschaffung

Online-Verkaufsplattformen, wie Ricardo, Tutti, Salza oder Bauteilbörsen, bieten meist bereits demontierte Dachziegel an. Auf Ricardo war ich mit CHF 1.00 Höchstbietende für vier Paletten.

Bei der Logistikplanung ist es notwendig die Nutzlasten von Lieferwagen und Lagerstandort (z.B. Geschossnutzlast) zu kennen. Für die praktische Masterarbeit wurden 68 Dachziegel, sprich geschätzte 270kg aus einer Distanz von 60km abgeholt.

### Aufbereitung

Erst bei der Reinigung fiel auf, dass die Dachziegelmodelle trotz sehr ähnlichem Erscheinungsbild sich in Format, Hersteller und Jahrgang unterscheiden. Die auffallende Patina verleiht jedem Dachziegel ein einzigartiges Aussehen.





### Katalogisierung

Die fotografische Dokumentation unterstreicht die Vielfalt des Erscheinungsbildes.



### Moodboard Wiederverwendung von Dachziegeln

Für gebrauchte Dachziegel gibt es eine Vielzahl an kreativen Wiederverwendungsmöglichkeiten und Alternativen zum Recycling. Referenzbeispiele zeigen Anwendungen im Objekt-Design, Innenraum, Außenraum sowie an der Fassade. Auf diese Weise wird

ein Mehrwert geschaffen. Besonders wichtig, die Thematik der Wiederverwendung gewinnt an Sichtbarkeit. Solche Projekte beweisen die Machbarkeit und tragen der Entwicklung einer neuen sowie zeitgemässen architektonischen Sprache bei.

Objekt-Design



Innenraum



Außenraum



Fassade





# 3. Analyse

Mit dem Ziel den Wert des gebrauchten Dachziegels zu erhalten oder zu steigern, wurden Materialexperimente durchgeführt. Dabei wurden neue Anwendungsmöglichkeiten untersucht und versucht die unterschiedlichen Dachziegeln zu einem konstruktiven Ganzen zu verbinden. Auf diese Weise sollte die Wiederverwendung archi-

tektonisch sichtbar ausgedrückt werden. Für die grossmassstäbliche Wiederverwendung muss allerdings die Skalierbarkeit gewährleistet werden. Dafür wurden alle notwendigen Schritte zu einer Prozessskizze ausgearbeitet, welche ProduktherstellerInnen miteinbezieht.

## Prototypen im 1:1 Massstab

In Prototypen wurden für unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten neue Fügungssysteme und Anordnungen getestet: Schichten, aneinanderreihen, stecken, spannen, klem-

men sowie aufhängen. Die experimentelle Arbeitsweise erlaubte es neue Ausdrucksformen auszuprobieren und diverse Dachziegel gestalterisch miteinander zu kombinieren.



Beschädigte Dachziegel oder kleinere Teile können kompositartig zu einem Recyclingprodukt verbunden werden. Mithilfe von Bindungsmitteln lassen sich Dachziegelstücke oder Pigmente zusammenhalten. Lehmputze für die Innenwand können mit Ziegelpigment gefärbt werden oder durch Hinzufügen von feinen Ziegelsplitt eine unregelmässige sowie gröbere Oberflächenstruktur bilden. Daraus könnten grössere

Lehmplatten hergestellt werden. Ein weiteres Experiment ist rechts unten im Bild ersichtlich. Ziegelpigment kann, wie alle anderen Pigmente, zu Öl- und Acrylfarbe gemischt werden. Anita Wanner, Restauratorin und Spezialistin für Farben und Pigmente, findet es durchaus sinnvoll, anstelle von natürlichem Gestein, gebrauchte Dachziegel für die Farbherstellung zu verwenden.

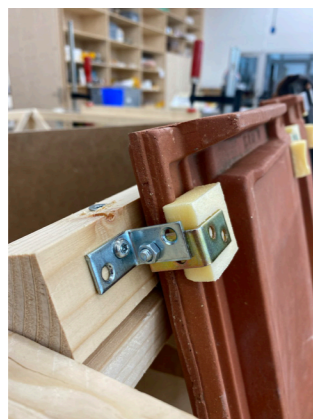




## Hands-on Workshop

Am Workshop nahmen vier Teilnehmende aus den Bereichen Architektur, Objektdesign, Maschinenbau und Robotik teil. Nach dem Motto «thinking through making» wurden Fügungssysteme untersucht. Die Aufgabe war, einen Umgang mit der Diversität der Dachziegel zu finden. Wie können diverse Formate kompatibel und reversibel miteinander verbunden werden? Diese grundsätzliche Frage lässt sich auf andere Bauteile übertragen und ist eine Herausforderung bei der Wiederverwendung.

Der Workshop wurde als Gelegenheit gebraucht, um eigene Prototypen zu evaluieren. Einerseits ist es sinnvoll die Dachziegel so einzusetzen, dass deren thermische oder hydrophysikalische Eigenschaften genutzt werden können. Hierbei wurde über Systeme von Fassaden, Kühlung, Wasserleitungen sowie Filtern diskutiert. Andererseits würde die Entwicklung neuer Tools den Entwurf und den Montageprozess vereinfachen und effizienter gestalten.



## 3D Scan als Tool

In einem weiteren Schritt wurde untersucht, ob die Methode des 3D Scannens dem gestalterischen Entwurf zuvorkommt und zum Werterhalt beiträgt. Einerseits können die Dachziegel digital besser gehandhabt werden, da sie das praktische Arbeiten im 1:1 Massstab durch ihr Gewicht und ihre komplexe Form verlangsamen. Andererseits verleiht die digitale Erfassung mitsamt den Informationen den Dachziegeln eine Identität. Geht die Identität eines Materials verloren, wird es zu wertlosem Abfall.<sup>7</sup>

Bei manchen Dachziegeln können Produktionsdatum und Herstellername auf der Rückseite entnommen werden. Ist Letzte-

res bekannt, kann das Ziegelmodell mit den entsprechenden technischen Daten beim Produkthanbietenden ausfindig gemacht werden. Informationen und die digitale Erfassung von Bauteilen ist notwendig, um Daten für die weitere Planung mit dem Wiedereinbau zu haben. Gleichzeitig ermöglicht der 3D Scan ein plastisches und realistisches Abbild, gar mit Patina. Dies erlaubt selbst ohne den Dachziegel in der Hand zu haben, ein Gefühl für die Materialität und Charakteristiken zu bekommen. Hierfür wurde mit dem Handscanner ein Punktwolkenmodell erzeugt und zu einem Mesh mit Textur konvertiert.

<b>Hersteller<sup>8</sup>:</b>	zzwancor
<b>Ziegelmodell:</b>	Firstziegel Fi45
<b>Marktpreis:</b>	12.65 CHF/ Stück
<b>Abholort:</b>	Thunstetten 4922
<b>Anzahl:</b>	2 Stück
<b>Ziegellänge:</b>	45.5 cm
<b>Decklänge:</b>	36.3 - 40.5 cm
<b>Ziegelbreite innen:</b>	23.8 / 18.4 cm
<b>Ziegelbreite aussen:</b>	27.5 / 22.0 cm
<b>Ziegelhöhe:</b>	11.5 / 10.0 cm
<b>Bedarf:</b>	2.5 - 2.8 Stück/ m <sup>2</sup>
<b>Gewicht:</b>	4.3 kg/ Stück



Das Potenzial von 3D Scans als Tool für die Wiederverwendung wurde mit Oliver Zirkelbach angeschaut. Er ist Partner bei BFB Architekten AG, Dozent in Digital Construction im Bereich Kollaboration an der Hochschule Luzern und Aktivmitglied bei «Bauen digital Schweiz / buildingSMART Switzerland».

Oliver Zirkelbach ist der Meinung, dass das Einscannen von Dachziegeln für Planende keinen Mehrwert bringt. Solche kleinbau-

teilige Objekte werden in der Planung nicht zu detailliert, sondern mit ungefähren Annahmen von Dimensionen dargestellt. Der Dachziegel soll mit wenigen wichtigen Informationen weiterhin als einfaches und generisches Bauteilmodell digital zur Verfügung stehen. Ein 3D Scan würde daher zu viele Daten enthalten. Selbst beim Arbeiten mit Building Information Modeling, kurz BIM, werden nur relevante Bauteilinformationen im Modell abgebildet.

<sup>7</sup> Rau, T., & Oberhuber, S. (2018). *Material Matters: Wie wir es schaffen, die Ressourcenverschwendung zu beenden, die Wirtschaft zu motivieren, bessere Produkte zu erzeugen und wie Unternehmen, Verbraucher und die Umwelt davon profitieren*.  
<sup>8</sup> zzwancor. (2020). *Das Steildach- Massbuch: Von ZZ Wancor für Planer und Anwender*. [https://www.zz-ag.ch/content/dam/wienerberger/switzerland/marketing/documents-magazines/technical/technical-product-info-sheet/roof/zzw\\_techn\\_brochure\\_Dach\\_Steildach-Massbuch\\_DE.pdf](https://www.zz-ag.ch/content/dam/wienerberger/switzerland/marketing/documents-magazines/technical/technical-product-info-sheet/roof/zzw_techn_brochure_Dach_Steildach-Massbuch_DE.pdf)



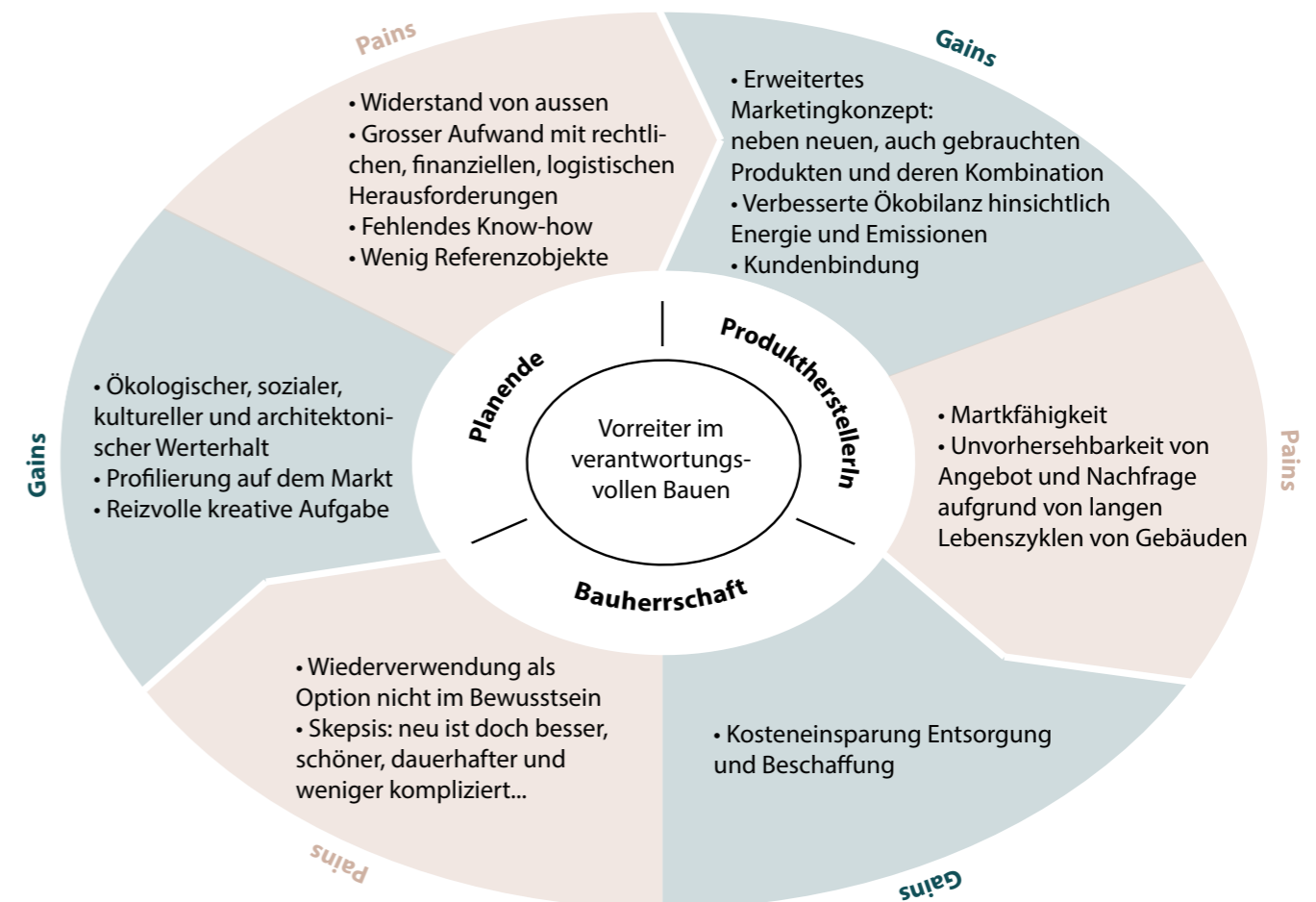
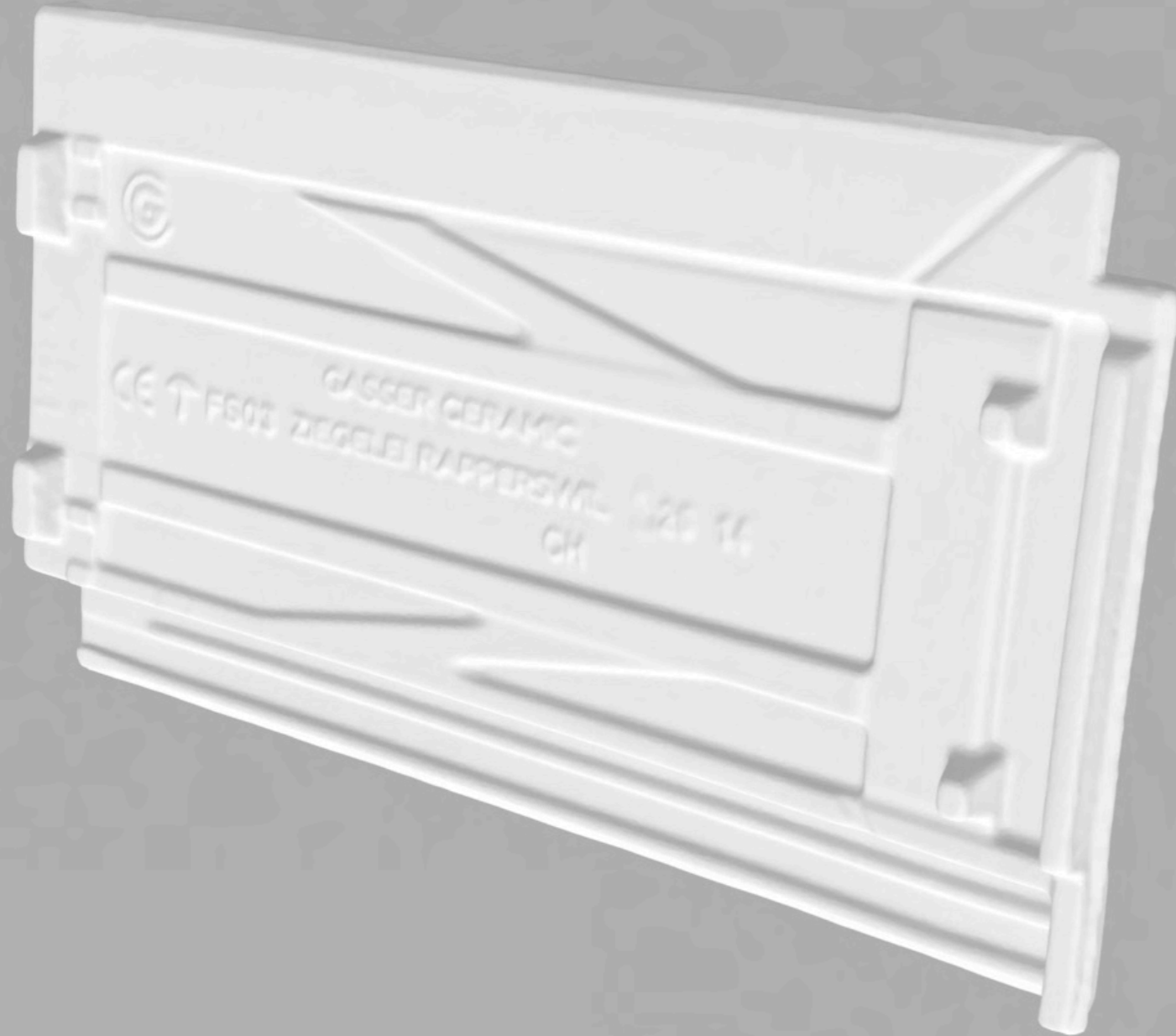
## Skalierbarkeit

Der Ansatz der Werterhaltung wurde grossmasstäblich auf den Gesamtprozess der Wiederverwendung ausgeweitet, um die Skalierbarkeit zu ermöglichen. Folgende Prozessschritte tragen alle zum Werterhalt bei: Suche, Beurteilung, Dokumentation, Erwerb, Rückbau, Transport, Lagerung, Aufbereitung, Wiedereinbau und Unterhalt.<sup>9</sup>

Dieser zusätzliche Aufwand kann jedoch bei den hohen Schweizer Lohnkosten kaum bezahlt werden. Dank Arbeitsintegrationsprogrammen für Erwerbslose können sich die Bauteilbörsen finanziell über Wasser halten. Sie bieten diverse kleinere Objekte wie Türen, Heizkörper oder Spülbecken an. Im starken Gegensatz hierzu kann in Belgien, Frankreich oder den Niederlanden die Wiederverwendung von Bauteilen mit dem Neuen konkurrieren. Dies da die Lohnkosten vergleichsweise niedriger sind. Spezialisier-

te HändlerInnen verkaufen ein bestimmtes Bauteil in grossen Mengen. Auf diese Weise werden die Kosten-, Termin- sowie Qualitätssicherheit gewährleistet und der logistische Aufwand für Planende und Bauherrschaften reduziert.

Die Schweiz benötigt ebenfalls solche geeignete Rahmenbedingungen. Zirkuläre Unternehmen sollen die Verantwortungslücke zwischen HerstellerIn und KäuferIn schliessen. Indem ProduzentInnen ihre Ware nach Gebrauch für den Wiederverkauf anbieten, entsteht ein sicheres und grossmasstäbliches Angebot. Die «Pains» von einer Stakeholdergruppe können sich zu «Gains» einer anderen umwandeln. Produkt anbietende haben das Potenzial einen sehr wichtigen Teil der fehlenden Infrastruktur für die Wiederverwendung aufzubauen.



<sup>9</sup> E. Stricker et al. (2021). Bauteile wiederverwenden. Ein Kompendium zum zirkulären Bauen.



## Workshop mit der Zürcher Ziegelei

Das Konzept der Skalierbarkeit wurde der Zürcher Ziegelei vorgestellt. Den Austausch sahen sie als gute Möglichkeit sich intensiver mit dem Thema der Wiederverwendung auseinanderzusetzen. In einem gemeinsamen Workshop wurden die Problemfelder identifiziert, Lösungsansätze entwickelt und eigene Prototypen evaluiert. Die Workshop-

Teilnehmenden waren:

- Christian Brunner (Mitglied Geschäftsleitung, Leiter Verkauf & Marketing)
- Roman Knuchel (Produktmanager Dach / Fassade / Photovoltaik)
- Jonas Luethy, Michael Benz, Ronny Egli (Beratung & Verkauf Wand, Flachdach oder Steildach, Technischer Außendienst)

Laut der Zürcher Ziegelei sei der Dachziegel für die Wiederverwendung bestimmt. Die Herausforderung liege nicht am Produkt an sich, sondern am Prozess mit der ganzen Logistik, Garantie und Finanzierung. Die Frage nach dem ökonomischen Vorteil begleitete den Workshop durchgehend. Dazu wurden Subventionierungen mehrfach erwähnt. Damit die Wiederverwendung an Attraktivität gewinnt, braucht es unabhängige Fördergelder. Bauherrschaften, die durch die Wieder-

verwendung den ökologischen Fussabdruck zu Gunsten der Umwelt und Gesellschaft reduzieren, sollen beispielsweise durch Gelder aus den CO<sub>2</sub>-Abgaben subventioniert werden. Ein interessanteres Geschäftsmodell als die Wiederverwendung findet die Zürcher Ziegelei, aus Altem etwas Neues zu produzieren. Für sie ist es wirtschaftlicher, und eher mit ihrer Kernkompetenz vereinbar, den Rohstoff Ton mit alten Materialien für die Herstellung von Ziegeln zu ersetzen.

Als Produzentin neuer Ziegel wäre die untere Prozessskizze für die Zürcher Ziegelei ein zu grosser Paradigmenwechsel. Obwohl sie eine vermehrte Nachfrage für die Wiederverwendung seitens ArchitektInnen bemerkt, kann sie sich die Wiederverwendung nur im kleinen Rahmen vorstellen: Beispielsweise wenn es darum geht vor Ort nach einer Dachsanierung die gleichen Altziegel wieder einzubauen oder ihren Produktionsausschuss für andere Zwecke als Recycling zu

verkaufen. Auf Anfrage vom Wiederverwendungspionier «Baubüro in Situ» stellte die Zürcher Ziegelei für das Dach minderwertige Dachziegel für geschichtete Innenwände im Projekt «Sprint Unit» an der EMPA Nest zur Verfügung.

## Prozessskizze low-tech



### 1a. Suche nach gebrauchten Dachziegeln

- Recherche von Abbruchbaustellen (z.B. Amtsblatt) und Kontaktaufnahme mit Eigentümerschaft
- Online Vermittlungs- und Handelsplattformen (Bauteilbörsen, Ricardo, Salza)



### 2. Qualitätsbeurteilung



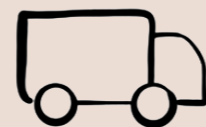
### 3. Erwerb

- Erwerb ab Bau: Preis  $\leq$  Schrottwert
- Erwerb ab HändlerIn



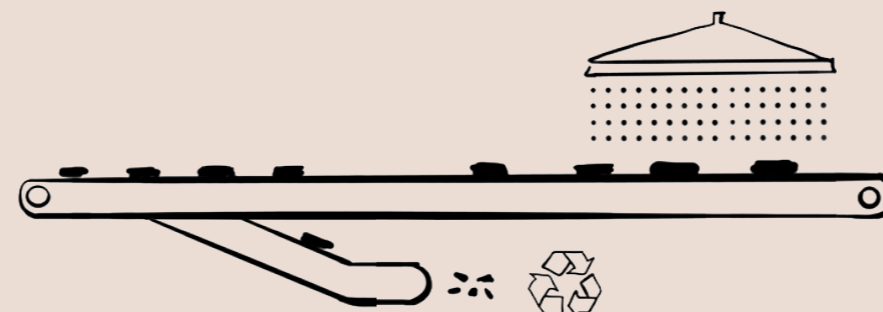
### 4. Rückbau

- Beauftragung DachdeckerIn
- Beauftragung Abbruchfirmen



### 5. Transport

- zu regionalen Aufbereitungsstandorten



### 6. Qualitätsüberprüfung

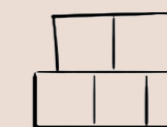
- Qualitativ minderwertige Dachziegel für Recycling aussortieren

### 7. Reinigung



### 8. Bestandesaufnahme

- Digitale Erfassung mit originalen Daten (falls diese vorhanden sind)
- Andernfalls Herkunft recherchieren und Dokumentation erstellen



### 9. Lagerung



### 10. Verkauf und Wiedereinbau



### 11. Unterhalt

### 1b. Anfragen

- Kontaktaufnahme seitens Eigentümerschaft für Verkauf von Dachziegeln oder Dachsanierungen

### Wertverlust

Gebrauchte Dachziegel haben keinen Wert mehr und werden für das Recycling zu Ziegelsplitt verarbeitet.

### Risikoabschätzung

Wie können die Dachziegel schnell und ohne Fachkräfte vor Ort beurteilt werden?

### Finanzielle Nachteile

Der Aufwand für die Wiederverwendung ist vor allem beim günstigen Preis des Dachziegels unverhältnismässig.

### Hohe Lohnkosten

Die sorgfältige Demontage der Dachziegel braucht Zeit und ist teuer.

### Regionale Standorte

Das Dachziegelgeschäft ist sehr regional, weshalb die Produkte nach Gebrauch nicht zu weit transportiert werden sollten.

### Tauglichkeit

Ein Dachziegel, der bereits 30 Jahre als Dachelement getaugt hat, wird weiterhin taugen. Falls trotzdem unbrauchbare Dachziegel erst in diesem Stadium identifiziert und aussortiert werden, hat sich der bisherige Aufwand nicht gelohnt.

### Optik

Dachziegel werden nach Reinigung nicht wie neu aussehen, was womöglich den ArchitektInnen mit höchsten ästhetischen Anforderungen nicht genügen wird.

### Fehlende Daten

Informationen wie Eindeckmass, mittlere Deckbreite, Lattendistanz etc. sind für die Planungsarbeiten notwendig. Fremde Dachziegel, die nicht in der internen Datenbank bereits erfasst sind, bedeuten einen Mehraufwand.

### Verfügbarkeit

Wie können Angebot und Nachfrage aufeinander abgestimmt werden, um eine lange Lagerdauer zu vermeiden? Was passiert mit Restposten?

### Vermarktung

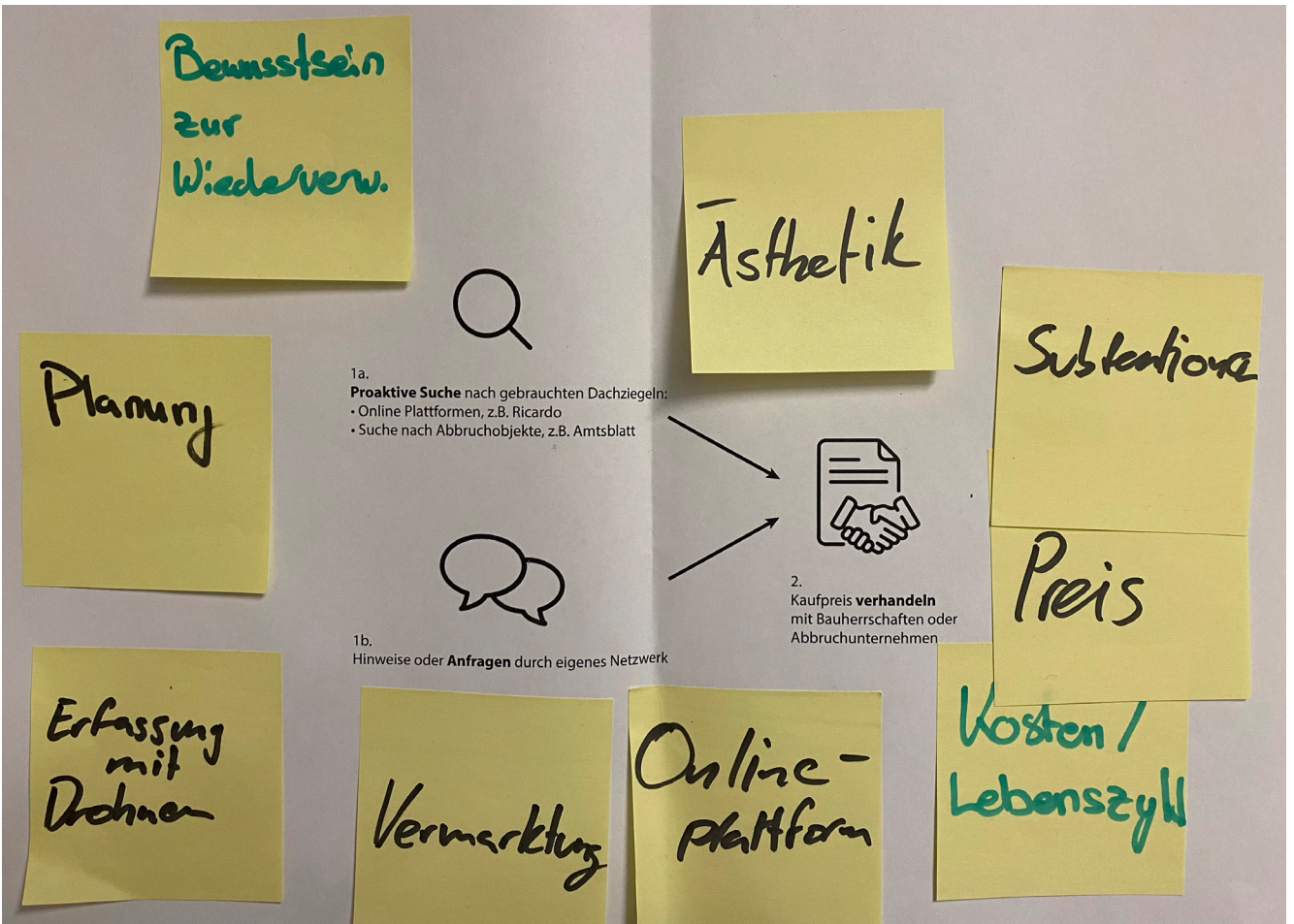
Wie können Planende und Bauherrschaften überzeugt werden ihren persönlichen Fussabdruck zu reduzieren?

### Garantiezeiten

Die Dachziegelmodelle müssen 10 Jahre lang im Lager für Schäden und Produktersatz zur Verfügung stehen.

## Problemfelder







## 4. Synthese

Im Austausch mit diversen Stakeholdern aus der Baubranche wurde ein Set von Strategien erarbeitet, wie das zukünftige high-tech Prozessdesign für die Wiederverwendung von Dachziegeln aussehen könnte. Indem die Vielfältigkeit an Anwendungsmöglichkeiten aufgezeigt und damit der aktuelle Wert des

gebrauchten Dachziegels gesteigert wird, erweist sich der Aufwand für die Wiederverwendung als lohnenswert. Zudem können Dachziegel bereits bei der Produktion multifunktional ausgebildet werden, um die vielseitige Anwendung der Dachziegel zu vereinfachen.

### Konzeptvorschläge

Die analysierten Problemfelder greifen komplex ineinander und erfordern Lösungen auf unterschiedlichen Prozessebenen. Ein übergeordnetes Thema ist stets die Finanzierung. Hier bedarf es an weiteren Untersuchungen zu den Demontage-, Transport, Aufbereitungs- sowie Lagerkosten und wie die «Economy of Scale» diese beeinflusst. Bei der Wiederverwendung liegt der Fokus viel mehr auf dem Umstrukturieren anstatt dem Produzieren. Eine Ausweitung ihrer Dienstleistung auf Wiederverwendung würde laut Zürcher Ziegelei zu politischen Interessenskonflikten innerhalb des Unternehmens führen. Produzierende seien nicht interessiert hundertprozentig zirkulär zu sein und distanzieren sich klar von der Rolle des Gebrauchtwarenhändlers. Vielleicht sind es eher Abbruchunternehmen oder Ziegel-

recyclingfirmen, die sich dieser Dienstleistung zukünftig widmen werden. Womöglich könnte das Konzept der Bauteilbörsen mithilfe von digitalen Tools revolutioniert und skaliert werden. Zwar gibt es Vermittlungsplattformen, dennoch basieren die bisherigen Arbeitsschritte auf dem Know-how von erfahrenen HandwerkerInnen und das Vorgehen ist sehr low-tech. Werden die Prozesse jedoch automatisiert und durch high-tech Lösungen optimiert, könnte die Wiederverwendung effizient und marktauglich werden. Auf den nächsten Seiten werden diverse Konzepte vorgeschlagen, um die Prozessschritte effizienter zu gestalten. Die Digitalisierung könnte dadurch zu einem grossen und preiswerten Angebot an wiederverwendbaren Dachziegeln beitragen.



## Prozessskizze high-tech



### Push-Benachrichtigungen

Eine Registrierung beim städtischen Amtsblatt meldet aktuelle Bauprojekte.

### Intelligente Scansysteme

erkennen das Produkt anhand von fotografischen Aufnahmen und bewerten dessen Dauerhaftigkeit anhand von bestimmten Parametern.

### Verknüpfung mit Datenbank

Jeder Dachziegel hat auf der Rückseite einen Code (z.B. Zahlencode, Strichcode, QR Code), der direkt zu einer öffentlich zugänglichen Materialdatenbank führt. Dort befinden sich alle wichtigen Informationen zum Produktionsunternehmen, Modell, Alter sowie technische Eigenschaften. Ergänzt kann mit neu aufgenommenen Daten wie die anfallende Energie und der CO<sub>2</sub>-Ausstoss bei der Produktion

### Dachziegel-Tinder

Eine App deckt Angebot und Nachfrage zeitlich ab und verringert die Lagerdauer: Z.B. Profil X braucht 200m<sup>2</sup> Pfannenziegel in Grauton.

### Algorithmen

Algorithmen spielen diverse Möglichkeiten mit auf Lager verfügbaren Dachziegeln durch und zeigen Kunden gestalterische Kombinationen.

## Lösungsansätze



## Wertsteigerung durch vielfältige Anwendungsmöglichkeiten

### Dachziegel als Dachziegel

Das grösste Potenzial hat laut Zürcher Ziegelei die Wiederverwendung auf dem Dach. Durch die Kombination diverser Farb- und Ziegelmodelle entstehen neue ästhetische Möglichkeiten. Diese sind abhängig von der Verfügbarkeit jeweiliger Modelle. Algorithmen

können dabei kreative Anordnungen durchspielen. Die natürliche Patina sorgt für einen lebendigen Charakter und gehört zur architektonischen Sprache der Wiederverwendung.



### Dachziegel als Fassadenelement

Die Wertsteigerung kann auch durch neue Anwendungsmöglichkeiten stattfinden. Dadurch wird das entwerferische und qualitative Potenzial von Dachziegeln unterstrichen. Die Entwicklung einer neuen architektonischen Sprache für die Wiederverwendung verschafft diesem Thema Sichtbarkeit und reflektiert gesellschaftliche Tendenzen. Es braucht daher eine neue Ästhetik, wie alt und neu miteinander kombiniert werden können. Um die hochwertigen Eigenschaften

des Dachziegels zu nutzen, kann er als Gebäudehülle oder im Aussenraum wieder eingesetzt werden.

Bewährte technische Systeme können adaptiert werden. Windklammern oder flexible Verbindungselemente ermöglichen die vertikale Befestigung der Dachziegel. Das Übereinanderschuppen erlaubt Toleranzen unterschiedlicher Ziegelmodelle auszugleichen.



### Dachziegel als Symbiont

Die vielfältigen Eigenschaften des Dachziegels können gezielt symbiotisch genutzt werden. Beispielsweise wirkt der Dachziegel gut als horizontale Erosionsbremse bei Stampflehmbauten. Hierbei entzieht er dem Lehm das Wasser, damit dieser nicht zu schnell abgebaut und dadurch verwittern würde.





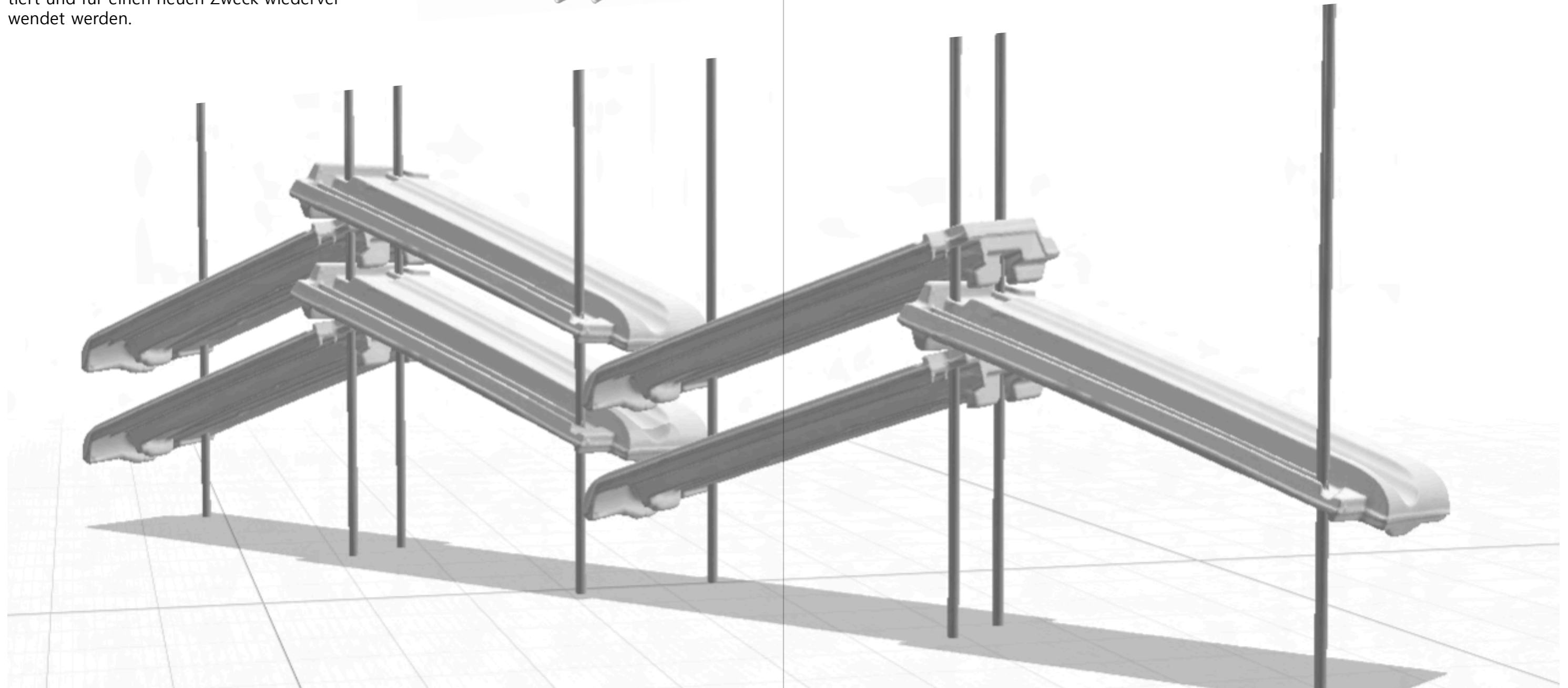
**Design for re-use**

Für eine vielseitige Anwendung des Dachziegels, kann er bereits bei der Produktion multifunktional ausgebildet werden. Die drei Lochungen im Ziegelmodell rechts sind an den Stellen angebracht wo sich die Dachziegel überlappen, um das Durchdringen von Regenwasser zu verhindern. Die Qualität des Dachziegels darf keinesfalls beeinträchtigt werden. Bereits kleine Eingriffe können einen Mehrwert schaffen und das Aufhängen sowie Aufschauben oder mörtelfreie Schichten ermöglichen. Dank diesen reversiblen Verbindungen kann der Dachziegel nach Gebrauch einfach demon­tiert und für einen neuen Zweck wiederverwendet werden.

**Dachziegel als Wandelement**

Die Architektur muss sich dem zunehmend wärmeren Klima und der Stadthitze anpassen<sup>10</sup>. Der Wärmeinseleffekt, auch bekannt als Urban Heat Island, beschreibt eine höhere Temperatur in städtischen Gebieten gegenüber dem Umland. Dies kann zu einer Überwärmung führen und bedeutet, dass insbesondere Städte vermehrt Fassadenbegrünung sowie Schattenspenden benötigen. Dachziegel besitzen geeigne-

te Eigenschaften dafür. Indem sie Wasser speichern, kühlen sie beim Verdunsten die Umgebung ab. Dank dem modularen Aufbau können sie leicht zu Wänden aufgebaut werden. Dies bedingt gemäss Zürcher Ziegelei eine verwinkelte Anordnung. Eine horizontale Strukturierung würde aufgrund der Ansammlung von Regenwasser zu Abplatzungen führen.



<sup>10</sup> A. Herzog (2021). *Klima bauen. Ein Lexikon zu Architektur, Landschaftsarchitektur und Raumplanung unterwegs zu Netto-Null.*







### Dachziegel als Wandputz

Beschädigte oder minderwertige Dachziegel bilden den Rohstoff für das Recycling. Die nächste Doppelseite zeigt, wie Ziegelsplitt als Zusatz für Kompositprodukte verwendet werden kann. Zusammen mit Lehm als natürliches Bindemittel können kleine Körnun-

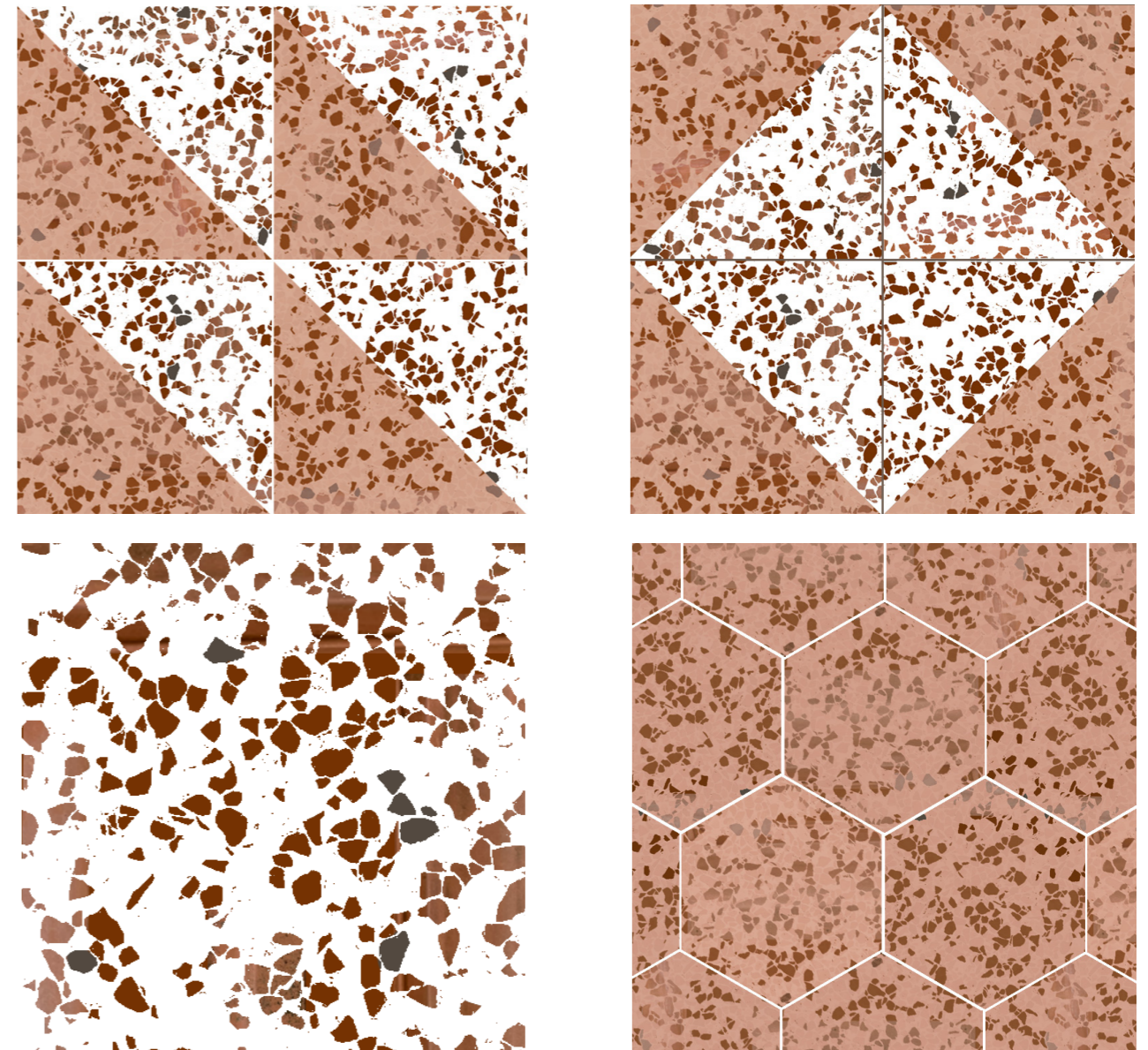
gen als rauhen Wandverputz gebraucht werden. Durch Zugabe von Ziegelpigment lässt sich der Putz leicht rötlich färben und schafft ein angenehmes sowie warmes Innenraumambiente.



### Dachziegel als Terrazzoboden

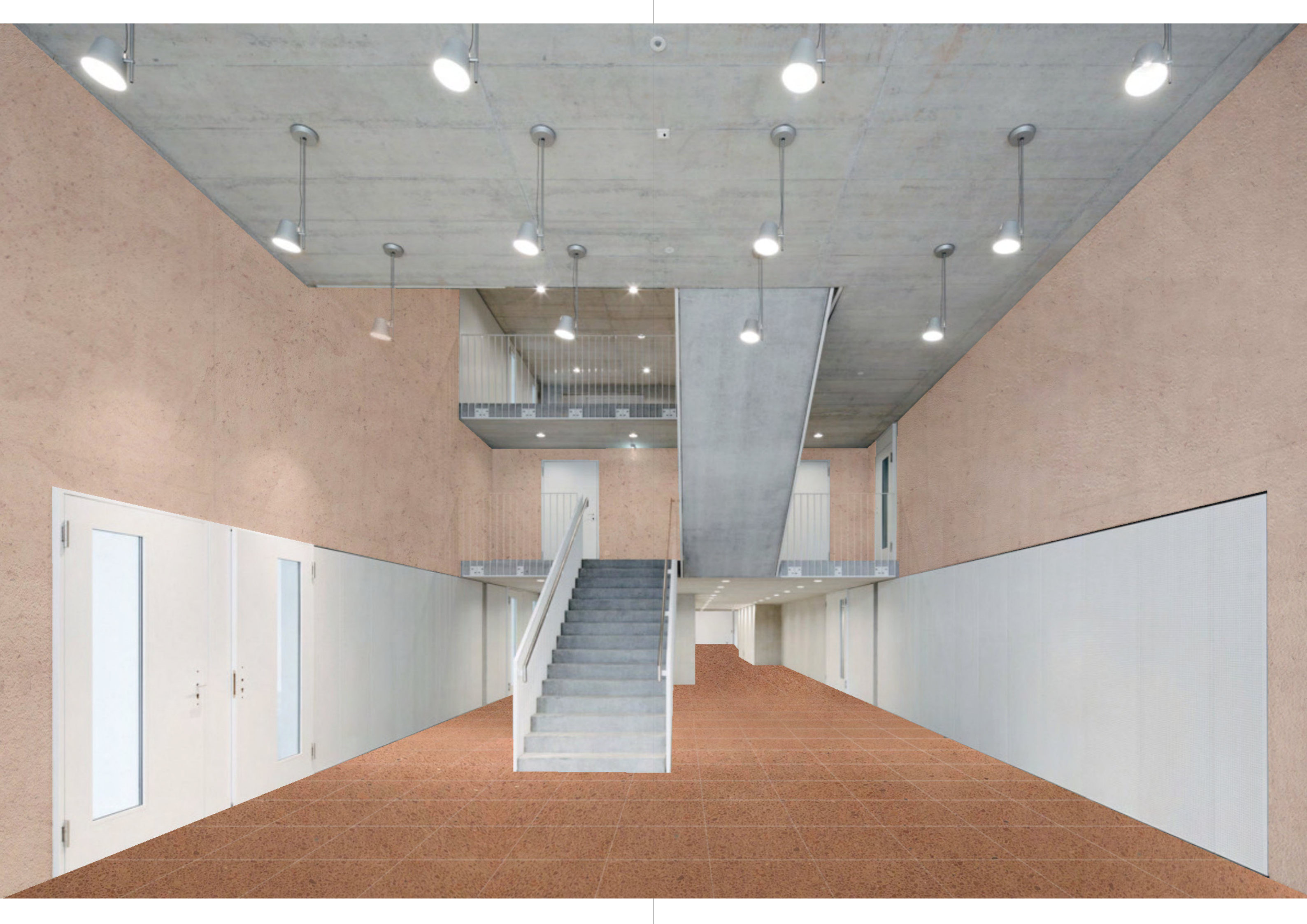
Die Prototypen für Terrazzoböden haben die Stakeholder am meisten überzeugt. Einige mögliche Varianten sind nachfolgend abgebildet. Die Collage auf der nächsten Doppelseite zeigt eine ästhetische Annäherung an die gewöhnliche Architektur auf und wirkt dadurch vertraut. Demzufolge hat der Prototyp des Terrazzobodens das grösste Potenzial realisiert und skaliert zu werden. Das Prozessdesign dafür scheint klar und unkompliziert zu sein. Die Platten können qualitativ hochwertig und sehr dauerhaft sein, wenn ein starkes Bindemittel, wie Zement, bei der Herstellung verwendet wird. Bei beschädig-

ter Oberfläche können wenige Millimeter abgeschliffen und die Platten als Boden-, Wand- oder Fassadenelementen wiederverwendet werden. Die Firma «DryTile» verlegt ihre Bodenplatten trocken, somit ohne Klebstoff, auf eine rutschfeste Korkschiicht. Die Fugen werden mit einer systemeigenen Masse verschlossen und können von HandwerkerInnen bei Bedarf einfach wieder aufgerissen werden<sup>11</sup>. Anders als beim gewöhnlichen Verlegen mit einem Klebstoff oder einem fugenlosen Walzterrazzo wird eine zukünftige Wiederverwendung ermöglicht.



<sup>11</sup> Drytile. (2022). *Drytile-System*. <https://drytile-ceramics.de/der-aufbau/>







## 5. Impact & Ausblick

Die Wiederverwendung von Bauteilen ist ein essentieller Bestandteil einer neuen Generation der ganzheitlichen Planung in der Baubranche. Sie ist wünschenswert für die Gesellschaft sowie Umwelt, um langfristig

verantwortungsvoll bauen zu können. Diese Masterarbeit hat einen Impact auf das persönliche Umfeld, auf das Stakeholder-Netzwerk und auf die zukünftige Forschung.



### Impact und Reflektion

Diese Masterarbeit trägt zur gesellschaftlichen Sensibilisierung bei und sieht sich als Teil einer sehr aktuellen Bewegung. Sie versucht die Akzeptanz für die Wiederverwendung von Bauteilen zu fördern und die Wiederverwendungsarchitektur als zeitgemäss und erstrebenswert wiederzugeben. Die grosse Schwierigkeit diesbezüglich ist die weitverbreitete Skepsis mit wirtschaftlichen Argumenten zu widerlegen und aufzuzeigen, dass Wert nicht nur rein monetär ist. Kernkritikpunkt im Rahmen dieser Masterarbeit blieb die Finanzierung. Die Berechnung der finanziellen Kosten ist nach wie vor sehr schwierig und situationsabhängig. Umso wichtiger ist es mithilfe von Design die aktuelle Lage zu hinterfragen, den Menschen ins Zentrum zu rücken und

neue Perspektiven zu schaffen. Der Dachziegel eignete sich exemplarisch als Fallstudie, um dieses komplexe Thema herunterzubrechen und Rückschlüsse auf andere Bauteile zu ziehen. Diese Masterarbeit zeigt Wege der Wertsteigerung auf, indem unkonventionelle Anwendungsmöglichkeiten untersucht und neue «designs for re-use» vorgeschlagen wurden. Es zeigte sich, dass digitale Tools das Potenzial haben, den aufwändigen handwerklichen Prozess effizienter und die Wiederverwendung skalierbar zu gestalten. Es wird empfohlen, zukünftig dieses Thema mit grosser Entwicklungsmöglichkeit vertiefter zu erforschen. Dafür wurden auch grössere AkteurInnen der Baubranche wie Produkthanbietende ermutigt, sich für diese Bauwende zu beteiligen.



Lucerne University of  
Applied Sciences and Arts

**HOCHSCHULE  
LUZERN**

Design & Kunst  
FH Zentralschweiz

**Master  
Design**

**Vanessa Feri**