

Die Kreislaufwirtschaft im Bausektor

Eine Vision und ein Lösungsansatz in Zeiten
von Klimakrise und Ressourcenknappheit

Maturitätsarbeit
Anouk J. Waldmann
Liceo Artistico 2022
Betreuung Gabriella Hunya
3.1.2022

Inhaltsverzeichnis

<i>Einleitung</i>	1
<i>Der Bausektor von Heute</i>	2
Probleme des Bausektors	3
Konventionelle Baumaterialien.....	4
Tabelle zu Konventionelle Baumaterialien.....	4
Beispiel Beton.....	5
<i>Der Bausektor von Morgen</i>	6
Lineare Wirtschaft und Kreislaufwirtschaft	7
Forderungen an den Bausektor	7
Der Umgang mit Ressourcen in der Kreislaufwirtschaft	8
Methoden der Kreislaufwirtschaft.....	9
Kreislaufwirtschaft im geschichtlichen Kontext.....	10
Alternative Materialien.....	11
Tabelle zu alternativen Materialien.....	12
Beispiel Pilz.....	13
Wandel im Bausektor aufgrund des Klimawandels	13-14
Die Vision	15
<i>Meine praktische Arbeit</i>	16
Arbeitsprozess	17
Das Pilzhaus.....	18
“Vorhang auf für neue Formen des Zusammenlebens“.....	19
Kresse-Siedlung.....	20
Collage.....	21
Endprodukt.....	22
<i>Fazit</i>	23
<i>Quellenverzeichnis</i>	25

Einleitung

Das Thema Umweltschutz begleitet mich schon seit meiner Kindheit. Ich hatte das Privileg mit Garten und nahem Zugang zum Wald und Haustieren aufzuwachsen. Den bewussten Umgang mit der Natur haben mir meine Eltern von klein auf mitgegeben.

Deshalb bereitet mir, die sich zuspitzende Lage der Klimakrise grosse Sorgen. Deren Auswirkungen waren auch schon in unserem kleinen Garten-Ökosystem zu spüren. So zum Beispiel durch den Insektenchwund, extremeren Wetterlagen und das Bienensterben.

Interessiert an Lösungsansätzen, die der Klimakrise entgegenwirken, wollte ich das Thema der Nachhaltigkeit von Anfang an in meiner Maturitätsarbeit einbauen. Nach dem Lockdown wusste ich, dass ich den Themenbereich auf den Wohnsektor und die Nachhaltigkeit im Bausektor beschränken möchte. Da der Bewegungsraum zu dieser Zeit sehr eingeschränkt war, bekam die unmittelbare Umgebung eine neue Präsenz.

Fragen wie unsere Familiensiedlung wohl in ihrer utopischen Zukunftsversion aussehen würde, und aus welchen Faktoren eine solche utopische Vision wohl bestehen würde, waren wichtige Ausgangspunkte. Darauf folgten die Fragen: Welche Faktoren müssen für Infrastrukturen beim Bau in Betracht gezogen werden, in Hinblick auf den Klimawandel und den darauffolgenden Naturkatastrophen?

Die Familiengenossenschaftssiedlung (FGZ), in der ich wohne, empfinde ich als passendes Fundament für eine ökologisch utopische Vision. Schon seit 1924 wirbt sie damit, grün und gemeinschaftlich zu sein¹. Es gibt Informationsveranstaltungen, Workshops und Kurse im Rahmen der Nachhaltigkeit und Mitwirkungsgruppen, die sich für die Natur im Umkreis einsetzen.

Ich hoffe, dass hier viele innovative Ideen für eine klimaneutrale Zukunft entstehen können.

¹ Vorstand der Familienheim Genossenschaft Zürich (Hg.) (1999): FGZ, wer sie ist, wie sie wurde. Zürich.

Essenziell für eine **CO₂-neutrale**² Zukunft ist die Kreislaufwirtschaft, ein zentraler Begriff meiner Maturitätsarbeit. Im Zusammenhang mit der Kreislaufwirtschaft stellte ich mir folgende Fragen: Welche Teile eines Altbaus der Siedlung sind wieder/-weiterverwendbar? Welche alternativen lokalen Baumaterialien können benutzt werden? Daraufhin setzte ich den Fokus auf den Bausektor und wie er sich ändern muss, da er noch immer für einen grossen Teil der CO₂-Emissionen verantwortlich ist.

Bei der Umsetzung meiner praktischen Arbeit beschäftigte ich mich mit der Frage: Eine Utopie basierend auf der Kreislaufwirtschaft, wie sieht das aus?

Daraus entstand kein architektonisches Projekt, sondern eine kreative Auseinandersetzung mit einzelnen Aspekten aus der Kreislaufwirtschaft, die ich mit verschiedenen Materialien und Medien visualisierte.

² CO₂-neutral: Vom Mensch verursachte Treibhausgase werden nicht in die Atmosphäre abgegeben. Der Austoss von klimaschädlichen Gasen wird unterbunden oder vollständig kompensiert.

DER BAUSEKTOR VON HEUTE



Probleme des Bausektors

Wir leben in einem Zeitalter des Wandels. Der Klimawandel, die grösste Krise, die dem Menschen je gegenüberstand, zwingt uns in vielen Bereichen des Lebens zum Umdenken. Der Ausstoss von Treibhausgasen muss drastisch gesenkt werden, um die Klimaerwärmung auf ein Minimum zu reduzieren. Unter anderem müssen wir lernen sparsamer mit den Ressourcen umzugehen, die uns die Erde bietet.

Die Bevölkerungszahl wird in nächster Zeit noch zunehmen und somit nimmt auch die Nachfrage an Wohnraum zu. Bis 2050 wird im Kanton Zürich eine Bevölkerung von zwei Millionen erwartet³ und die Schweizer Bevölkerung wird voraussichtlich auf 10 Millionen Menschen wachsen.⁴

Um der wachsenden Bevölkerungszahl entgegenzutreten zu können, wird der urbane Raum ausgebreitet und mit vielen neuen Infrastrukturen verdichtet werden. Der Gebäudesektor ist aber verantwortlich für 25 Prozent der jährlichen CO₂-Emissionen in der Schweiz⁵ und für 39 Prozent Emissionen von Treibhausgasen weltweit⁶. Um diese Emissionen zu minimieren, fokussiert man sich vor allem auf eine treibhausgasneutrale Energieversorgung der Gebäude. Die Klimaneutralität ist dadurch jedoch noch lange nicht erreicht. Denn die weniger gut ersichtlichen Emissionen stecken nicht im Betrieb eines Gebäudes, sondern entstehen während dem Bau oder dem Abriss. Diese Energie die durch die Herstellung von Produkten, deren Transport und deren Entsorgung entsteht, nennt man graue Energie.⁷

3 Kanton Zürich. Neue Prognosen bis 2050.

4 SRF (2020). Die 10-Millionen-Schweiz kommt.

5 Salza. Wiederverwenden.

6 Ecoinvent. Building & Construction.

7 Spiegelhalter, Madeleine (2020). Stiftung Baukulturerbe. Was ist graue Energie? Nachhaltigkeit bei Gebäuden.

Der Bausektor ist nicht nur für einen Viertel der CO₂-Emissionen schweizweit verantwortlich, er ist auch der ressourcenintensivste Bereich. In der Schweiz ist er jährlich für den Verbrauch und die Entnahme von 70 bis 80 Millionen Tonnen Baumaterial verantwortlich. Davon ist nur etwa 10 Prozent rezykliertes Material. Die 15 Millionen Tonnen Bauschutt, die jährlich anfallen, werden grösstenteils auf Abfalldeponien entsorgt^{8 9}. Obwohl es viele Lösungsansätze gibt, den Bauschutt als rezykliertes Material wieder in den Gebrauchskreislauf zu bringen, ist deren Verwendung in Bauprojekten noch lange nicht standardisiert.

Weiterhin werden **Primärstoffe**¹⁰ bevorzugt, um Baumaterial herzustellen, obwohl der Überfluss an Ressourcen, an den wir als Konsumgesellschaft gewöhnt sind, ein Trugbild ist. Durch die immer grösser werdende Nachfrage an Konsumgütern, werden Ressourcen in einem solchem Mass erwirtschaftet, dass die Biokapazität der Erde jedes Jahr überschritten wird. Im Jahr 2021 waren schon am 29. Juli alle erneuerbaren Ressourcen aufgebraucht. Dieser Tag wird auch «Earth Overshoot day» genannt. Die Menschheit bräuchte 1.74 Erden, um die Nachfrage erfüllen zu können, ohne die Natur weiter auszubeuten¹¹. Und wenn alle Menschen wie Schweizer*innen leben würden, dann bräuchte es sogar rund 3 Erden¹².

8 Der Bundesrat. Das Portal der Schweizer Regierung. Wie viel verbraucht die Schweiz?

9 Birkenmeier, Anna (2017). Der Bundesrat. Das Portal der Schweizer Regierung. Schweiz macht sich beim Recycling von Bauschutt auf den Weg.

10 **Primärrohstoffe** sind unbearbeitete natürliche Ressourcen. Wie zum Beispiel Kies oder Sand. Sekundärrohstoffe dagegen sind wiederaufbereitete Primärrohstoffe wie zum Beispiel Altpapierfasern, die wieder zu Papier verarbeitet werden, oder Altglas, das wieder für die Herstellung von Flaschen verwendet wird.

11 Global Footprint Network. Earth Overshoot Day.

12 WWF (2020). Swiss Overshoot Day: Wir leben, als ob es kein Morgen gäbe.

Konventionelle Baumaterialien

Den Materialien ist die Anzahl Umweltbelastungspunkte (UBP) beigeführt, um sie miteinander vergleichen zu können. (Die Daten der UBP sind dem folgenden Bericht entnommen: KBOB c/o BBL (Hg.) (2016): Ökobilanzdaten im Baubereich.)

Die Wärmeleitfähigkeit eines Stoffes sagt aus, wie stark der Temperaturexaustausch zwischen Innen- und Aussenraum ist. Eine hohe Wärmeleitfähigkeit eines Stoffes ist schlecht, da z.B. die Wärme von Räumen leicht nach Aussen tritt; der Energieverlust ist gross. Bei einer tiefen Wärmeleitfähigkeit leitet das Material schlecht Wärme. Es eignet sich zum Dämmen; der Energieverlust ist gering.

Material	Verwendung	Vorteile	Nachteile	Recycling Möglichkeiten/ End-of-life
Beton (60-477 UBP) -Magerbeton -Stahlbeton -Porenbeton -Leichtbeton	-Wände -Böden -Dächer	+guter Schallschutz +gute Wärmespeicherung +vielseitige Nutzung +resistent und langlebig	-umweltbelastende Herstellung -Umweltbelastung von recycling Beton sinkt nur um ca. 4%	-Wiederverwertung möglich
Baustahl (1000 UBP) I	-Tragkonstruktion	+statische Festigkeit +ermöglicht hohe Bauten +langlebig +kostengünstig	- Eisenerz ist eine endliche Ressource	-kann sehr oft wiederverwertet werden
Backstein (217 UBP) -Ziegelsteine (für Dämmwirkung zusätzlich gefüllt) -Blähton -Hintermauerziegel (mit aussenseitigen Klinkerschale als Witterungsschutz)	-Kombination von hintereinander angeordneten Ziegeln -Böden (aus Blähton) -einschalig, beidseitig verputzte Wände -Aussen-und Innenwände	+geringe Wärmeleitfähigkeit +gut tragfähig	-Witterungsschutz (->Aussenputz) -grosser Energieaufwand beim brennen	-Wiederverwendung nur bei nicht beschädigten Steinen, sonst als Ziegelzyklat wieder-/weiterverwertet
Holz (311-2180 UBP)	-Innen-/Aussenwände -Böden -Tragkonstruktion	+relativ leicht +gutes Raumklima +hat viel CO2 gespeichert +verliert Tragfähigkeit nicht bei hohen Temperaturen (verglichen mit Metall)	-lange Transportwege -Energieverbrauch in Holztrocknungsanlagen -hoher Leimanteil ->erschwert Recycling Vorgang -eher teuer	-Wiederverwertung/-verwendung
Glas (1140-1350 UBP)	-Fenster -architektonische Besonderheiten	+witterungsbeständig +temperaturbeständig +langlebig	-hoher Energieverbrauch bei Herstellung -Wiederverwertung ist nicht umweltschonend -hohe Wärmeleitfähigkeit -teuer	- Weiterverwertung (aus recycling Glas wird selten wieder Fensterglas) -Wiederverwertung bei nicht beschädigtem Material

Beispiel Beton

In der heutigen Bauindustrie ist Beton das bevorzugteste Baumaterial. Jährlich werden 40 Millionen Tonnen davon gebraucht. Es ist sehr resistent und langlebig und kann durch seine Verformbarkeit vielseitig eingesetzt werden. Beton ist ein guter Schallschutz und ermöglicht eine gute Wärmespeicherung was zu tieferen Heizkosten führt. Trotzdem werden diese Vorteile durch die Umweltbelastung während der Produktion überschattet.

Beton war schon bei den Römern ein bekanntes Baumaterial. Die Grundbestandteile sind Zement aus Kalkstein und Ton, Sand, Kies und Wasser. Kalkstein ist ein Sedimentgestein, das aus Ablagerungen von Korallen und Kleinstlebewesen entstanden ist. Dadurch ist im Kalkstein sehr viel CO_2 gespeichert. Um Beton herstellen zu können muss der Zement bei 1450°C gebrannt werden. Dabei wird das CO_2 aus dem Kalk in die Atmosphäre freigesetzt. Bei der Herstellung von einer Tonne Beton werden dadurch 700kg CO_2 ausgestossen. Dies entspricht ungefähr sechs bis neun Prozent der CO_2 -Emissionen jährlich, die weltweit durch den Menschen verursacht werden¹³.

Lösungsansätze wären, den Kalk durch andere Materialien wie zum Beispiel Ton zu ersetzen, das emittierte CO_2 zu speichern oder als Nebenprodukt weiter zu verarbeiten¹⁴.

Weitere Umweltbelastungen fallen beim hohen Energieverbrauch während der Produktion an. Dieses Problem kann aber mit nachhaltigen und ökologischen Energiequellen behoben werden. Ein weiteres Problem ist die Ausbeutung von begrenzt verfügbaren Ressourcen wie Sand und Kies¹⁵. In der Schweiz werden jährlich 33 Millionen Tonnen Kies für die Produktion von Beton benötigt. Davon sind lediglich 2 Millionen Tonnen recycelt.

-
- 13 Durant, Tobias (2021). Ist Beton nachhaltig?
Lossau, Norbert (2020). Welt. So soll Beton zum Klimaschützer werden.
- 14 Bayerischer Rundfunk (2018). Sand wird knapp. Klimakiller Zement.
- 15 Durant, Tobias (2021). Ist Beton nachhaltig?.

DER BAUSEKTOR VON MORGEN



Lineare Wirtschaft und Kreislaufwirtschaft

Das Modell der derzeitigen Wirtschaft, entspricht dem linearen Ablauf: «Extrahieren-Produzieren-Konsumieren-Wegwerfen» (Hottinger & Simon, 2021, 10-11).

Diese «lineare Wirtschaft», die der Mentalität der Wegwerfgesellschaft entspricht, ist nicht nachhaltig, und gefährdet die Zukunft von nachfolgenden Generationen.

Das Gegenstück zu diesem dekonstruktiven Modell ist die Kreislaufwirtschaft. Ihr Ziel ist es, Ressourcen möglichst lange im Umlauf zu behalten, um die Verwendung von primären Rohstoffen zu vermeiden.

Forderungen an den Bausektor

Es gibt schon viele Richtlinien, um die Energieeffizienz und die CO₂-Neutralität eines Hauses zu fördern. Dabei wird aber nur der CO₂ Ausstoss während der Lebenszeit eines Gebäudes berücksichtigt. Der Reduktion der Emissionen in den Phasen des Baus oder des Abrisses, werden weniger Beachtung geschenkt. Deshalb braucht es auch in diesen Sektoren des Baugewerbes einen raschen Wandel, um in Zukunft klimaneutral bauen zu können.

Dazu sind folgende Punkte bei der Wahl der Materialien grundlegend:

- a. Der Transportweg soll möglichst kurzgehalten werden, deshalb muss die Verwendung von lokal verfügbaren Ressourcen gefördert werden. (mehr dazu siehe Kapitel «Alternative Materialien»)
- b. Die Materialien sollen möglichst ökologisch und CO₂-neutral hergestellt und bearbeitet sein.

- c. Es muss beachtet werden, ob sich die Materialien am Ende des Lebens eines Gebäudes für eine Kreislaufwirtschaft eignen. Sind die Materialien einfach und energie-/umweltschonend rezyklierbar, also wieder/-weiterverwertbar? Kann das Material auch ohne Aufbereitungsprozess wieder/-weiterverwendet werden? Um diesen Vorgang zu optimieren wurde die sogenannte BIM-Methode (Building Information Modeling) entwickelt. Es ist ein virtuelles Datenmodell aller Daten eines Bauwerks, das während des gesamten Lebenszyklus erfasst wird, um den Stoffkreislauf zu optimieren¹⁶. Ausserdem sollte bei Neubauten der Rückbau eines Gebäudes schon in der Konstruktion eingeplant sein, um die Wiederverwendung von Bauteilen zu vereinfachen.

- d. Materialien verwenden, die sich schon in der Kreislaufwirtschaft befinden.

- e. Die Langlebigkeit von Baustoffen und deren Resistenz abschätzen.

- f. Abwägen des Einsatzbereiches von Materialien. Zum Beispiel macht es Sinn, im Fundament eines Gebäudes Beton einzusetzen, da er der Feuchtigkeit trotzen kann.

- g. Abwägen der wirtschaftlichen Effizienz.

Um diesen Kriterien gerecht zu werden ist natürlich auch ein Mehraufwand vorausgesetzt was Zeit, Planung und Kosten angeht. Kann das eine Familienheim Genossenschaft, deren Fokus vor allem auch auf billigen Wohnraum für Familien liegt, überhaupt realisieren?

16 Hillebrandt, Annette & Riegler-Floors, Petra & Rosen Anja & Seggewies, Johanna-Katharina (2018): Atlas Recycling: Gebäude als Materialressource. München: Detail Business Information GmbH. S.14.

Der Umgang mit Ressourcen in der Kreislaufwirtschaft

Nicht nur die Auswirkungen des Klimawandels, sondern auch die Ausbeutung von Ressourcen werden wir in Zukunft immer mehr zu spüren bekommen.

Deshalb muss allen klar werden, dass die Ressourcen auf der Erde limitiert sind und es braucht dringend ein Umdenken unseres Umgangs mit den endlichen Ressourcen.

Wie schon früher im Text erwähnt, müssen wir lernen sparsamer und schonender mit dem umzugehen, was uns die Natur bietet. Die Wegwerfwirtschaft muss als Kreislaufwirtschaft neu erfunden werden.

Die Grundidee der Kreislaufwirtschaft ist einfach; den Lebenszyklus von schon vorhandenen Materialien zu verlängern. Dieser Prozess wird «Recycling» genannt. Recycling wird als Überbegriff für verschiedene Umsetzungsformen, der «Rückführung von gebrauchten Materialien und Produkten in den Ressourcenkreislauf», verwendet¹⁷.

17 Stockhammer, Daniel (Hg.) (2020): Wieder- und Weiterverwendung als Gestaltungsprinzip in der Architektur. Zürich: Triest Verlag. S. 1.

Methoden der Kreislaufwirtschaft

Wiederverwendung	Intaktes Material nimmt in seiner Ursprungsform seine alte Funktion ein.	Zum Beispiel Pfandflaschen, Mauerziegelsteine (wieder in Mauer eingebaut) ...
Weiterverwendung	Intaktes Material nimmt in seiner Ursprungsform eine neue Funktion ein.	Zum Beispiel werden gestapelte Dachziegel zur Mauer, ein umgedrehter Schiffsrumpf zu einem Gebäudedach, alte gestapelte Teppiche zu Isolationsmaterial eines Hauses...
Wiederverwertung	Material wird zerstört und in einem weiteren Prozess wieder in seine Ursprungsform gebracht.	Zum Beispiel Recyclingglas, PET, Recycling von Beton.
Weiterverwertung	Material wird zerstört und in einem weiteren Prozess in ein anderes Material mit einem neuen Zweck umgewandelt.	Zum Beispiel wird Altglas zu Glaswolle verarbeitet.
Upcycling	Material wird aufgewertet und veredelt. Das Resultat ist ein neuwertiges Produkt (mit einer neuen Funktion).	Zum Beispiel werden Nespresso Kapseln zu Schmuck, Flaschen zu Lampen, Transportpaletten zu Möbeln
Downcycling	Material wird zerstört und direkt verwendet.	Zum Beispiel werden Mauerziegel zertrümmert und später als Füllmaterial benützt.

Urban Mining

Im Bausektor verwendet man auch den Begriff «Urban Mining»

Dieser Begriff beschreibt das Konzept, die Abfälle von abgerissenen Häusern als wiederverwendbare Baumaterialien zu verwenden, damit diese nicht auf Abfalldeponien landen¹⁸. In der Schweiz gibt es mehrere Bauteilbörsen, die Materialien anbieten, die durch das «Urban Mining» ein zweites Leben erhalten sollen.

¹⁸ Urban Mining. Kreislaufwirtschaft.

Kreislaufwirtschaft im geschichtlichen Kontext

Seit die Menschen sesshaft wurden und die ersten Häuser bauten, ist das Wiederverwenden von Baumaterialien ein Thema der Architektur. Vor allem in Krisenzeiten gewinnt das Thema an Aktualität. Nach den Weltkriegen war die Zerstörung gross und es mangelte an Ressourcen. Trotzdem brauchte es einen schnellen Wiederaufbau, um die Wirtschaftslage zu stabilisieren und der Wohnungsnot entgegenwirken zu können. Einige Architekten initiierten daraufhin die Idee, aus den Trümmern der zerbombten Häuser, Neubauten zu machen. (So zum Beispiel die Alte Pinakothek, München, Architekt Hans Döllgast)¹⁹. In den 1960er Jahre begann ein durch die Modernisierung und den Wirtschaftsaufschwung angetriebener, Bauboom, der bis heute anhält. Gleichzeitig bildeten sich Gruppen, welche sich dieser Überflussesgesellschaft entgegensetzen wollten. Seit der Gründung von Greenpeace in den 70er Jahren gewannen Bewegungen, die auf die menschenverursachten Umweltkatastrophen aufmerksam machten, immer mehr an Grösse. Die Wiederverwendung von Abfallmaterialien in der Architektur wurde erstmals von Michael Reynolds thematisiert. Reynolds erhielt jedoch in den damaligen Architekturkreisen wenig Beachtung für seine Ideen und seinem Projekt «Earth ship», bei dem er mit Erde gefüllte Autoreifen und alte Glasflaschen als Baumaterial benutzte. Die heutige Zeit wird immer öfter als Krisenzeit bezeichnet, da immer mehr Menschen die Auswirkungen des Klimawandels zu spüren bekommen. In dieser prekären Situation brauchen wir Innovation in der Architektur und dem Bausektor, damit die Methoden der Kreislaufwirtschaft wieder an Aktualität gewinnen, aber auch verbessert und weiterentwickelt werden können.

¹⁹ Stockhammer, Daniel (Hg.) (2020): Wieder- und Weiterverwendung als Gestaltungsprinzip in der Architektur. Zürich: Triest Verlag, S. 118-124.



Abb. 1: Alte Pinakothek München



Abb. 2: Earthship

Alternative Materialien

Zum Konzept der Kreislaufwirtschaft gehört auch der Gebrauch von alternativen Baumaterialien.

Im «Climate Action Plan» der Klimajugend Schweiz wird eine «Förderung von biologisch basierten Baumaterialien» gefordert²⁰. Diese sollen bei der Produktion einen möglichst niedrigen ökologischen Fussabdruck aufweisen. Dazu muss gewährleistet sein, dass sie am Ende ihres Lebens wieder in den Ressourcenkreislauf integriert werden, indem sie biologisch abbaubar sind oder mit möglichst wenig Aufwand recycelt werden können.

Das Angebot von Baumaterialien muss expandiert werden, damit ökologische lokale Materialien wieder populärer werden und die Methoden bei der Verwendung weiterentwickelt werden können.

Eine grosse positive Auswirkung auf die Reduktion von CO₂ Emissionen eines Hauses hat die richtige Dämmung. Das Dämmmaterial muss eine geringe Wärmeleitfähigkeit aufweisen, um die Wärme im Winter im Haus zu behalten und im Sommer kühle Temperaturen zu bewahren.



Abb. 3: Lehmhaus, Merian Gärten Basel



Abb. 4: Strohhaus

Bemerkungen zur folgenden Tabelle

Die aufgeführten Baustoffe sind lokal verfügbar und/oder geeignet für einen lokalen Anbau. Da eher selten oder noch nicht mit diesen Materialien gebaut wird, gab es nur wenige Daten die Auskunft über die Umweltbelastungspunkte gegeben hätten, um einen Vergleich in Zahlen zu haben.

Tabelle zu alternativen Materialien

	Verwendung	Vorteile	Nachteile	End-of-Life
Lehm -Stampflehm (39.4 UBP) -Lehmstein mit Lehm- mörtel gemauert -Lehmputz (62.3 UBP)	-Innenwände -Zwischenwände -Aussenwänden -Böden (aus Stampflehm)	+Schallschutz +Wärmespeicherfähigkeit +stabile Raumluftfeuchtigkeit	-Erosion bei Regen, Frost (die Oberfläche von Aussen- wänden muss vor Regen und Frost geschützt werden) -Lehm hat eine hohe Wär- meleitfähigkeit (->es braucht eine Wärmedämmung)	-leichte Aufbereitung für Wiederverwendung -kann wieder vererdet werden
Jute -Jutefaser	-Innenbekleidung, Oberflächen im Innenraum, an Decke, an Wand (aus gesponnener Jute) ! -als Dämmmaterial -als Stopfwole in Spalten -als Abdichtungsmaterial	+ gutes Raumklima (Feuchtigkeitsaustausch) +natürliche Resistenz gegen Schimmel und Ungeziefer +Material besteht meistens aus weiterverwerteten Jutesäcken +energiearme Herstellung +geringe Wärmeleitfähigkeit	-kein guter Schallschutz -unbehandelt entflammbar	-unbehandelt: bio- logisch abbaubar, kompostierbar
Hanf -Hanffaser -Hanfvlies -Dämmmaterial	-als Dämmmaterial in der Wand -als Stopfwole in Spalten -als Abdichtungsmaterial	+ gutes Raumklima +natürliche Resistenz gegen Schimmel und Ungeziefer (Bitterstoffe) +schadstofffrei +anspruchloser Anbau +resistent gegen Abbauprozess +energiearme Herstellung +geringe Wärmeleitfähigkeit +guter Schallschutz	-eher teuer -unbehandelt entflammbar	-unbehandelt: bio- logisch abbaubar, kompostierbar -mit Reisswolf aufgefa- sert für die Wiederver- wendung
Stroh -Strohbauplatte -gebündeltes Stroh -Strohballen (Strohballenwand UBP 562)	-Dämmmaterial -Schallschutz -Innenwände/ Boden -Beplankung -Dachbedeckung -Aussenfassade -Tragkonstruktion (lasttragend)	+Nebenprodukt des Weizenanbaus +regional +energieeffizient +schnelles Nachwachsen +neutrale CO2-Bilanz +gutes Raumklima in Kombination mit Lehm	-Brandgefahr bei z.B. Reet- dach	unbehandelt: biologisch abbaubar, kompostier- bar -energetisch ver- wertbar
Pilzmyzel	-Boden/ Trittschallplatten -Isolationsplatten -Klebstoff für Bauplatten -Bausteine -Tragkonstruktion -Boden -Wände	+biologisch abbaubar (wenn nicht zusätzlich behandelt) +Reststoffe aus Agrar-/Holzindustrie könne als Nährboden für das Myzel verwendet werden	-Bauteile müssen zum Teil noch behandelt werden um erosionssicher zu werden ->nicht mehr biologisch abbaubar	-unbehandelt: bio- logisch abbaubar, kompostierbar

Beispiel Pilz

Pilz fasziniert. Weder Tier noch Pflanze. Und er kann sehr viel mehr als ein köstliches Nahrungsmittel zu sein. Denn was wir an der Oberfläche vom Pilz zu sehen bekommen, ist nur die Frucht. Das eigentliche Gebilde eines Pilzes befindet sich im Boden. Dort erstreckt sich das Wurzelgeflecht: das Pilzmyzel. In diesem Myzel sehen Wissenschaftler:innen ein grosses Potenzial für die Baubranche. Das Myzel wächst auf einem Nährboden, aus Holz, Stroh oder Hanf. Dieses Substrat kann auch aus den Reststoffen aus der Agrar-/Holzwirtschaft gewonnen werden. Das Myzel ist schnellwachsend, kann in jede Form einwachsen und wirkt wie ein Leim um das Substrat. Nach der Erhitzung stirbt das Myzel ab und das Material kann zugeschnitten, geschliffen, gepresst und gefärbt werden. Es gibt Millionen von Arten mit eigenen Eigenschaften, die es zu erforschen gilt²¹.



Abb. 5: Pilzmyzel



Abb. 6: Pilzmyzel, Ziegelstein

Wandel im Bausektor aufgrund des Klimawandels

Die Vorstellung wie wir in Zukunft leben werden, wird sehr stark von Filmen geprägt.

Meistens wird ein dicht bevölkertes Stadtbild dargestellt, in welchem die Wolkenkratzer immer höher werden und man auf den Flugverkehr umgestiegen ist. Die zunehmende Überbevölkerung ist schon ein lange bekanntes Zukunftsszenario mit dem in Sci-fi Filmen gerne gespielt wird. Vermehrt werden Filme, die in der Zukunft spielen, auch mit Zukunftsszenarien gespickt, welche mit dem Klimawandel zusammenhängen. Egal ob sich die Städte im Untergrund entwickeln, wie in dem Film Matrix, oder sich das Leben auf dem Wasser oder in der Luft abspielt, es geht immer darum, einen neuen Lebensraum zu finden. Dies, da die Oberfläche der Erde unbewohnbar geworden ist. Entsprechend wird auch das Bild, wie wir in Zukunft leben werden, immer mehr geprägt von Ideen, wie sich die Menschheit in einer stark veränderten Umwelt anzupassen versucht. Diese Zukunftsfantasien sind meist überspitzt dargestellt und werden sich vielleicht nie so ereignen. Trotzdem entstehen diese Ideen aus der Realität einer drohenden Klimakrise.

In küstennahen Städten wird das Leben auf dem Wasser eine notwendige Massnahme sein, um dem steigenden Meeresspiegel zu entkommen.

Neben dem steigenden Meeresspiegel gibt es unzählige Szenarien, die durch den Klimawandel ausgelöst werden. Extreme Hitzesommer und Extremwetterereignisse, zum Beispiel Stürme und heftiger Niederschlag sind Veränderungen, mit denen wir uns in Zukunft auseinandersetzen müssen. Trotzdem ist die Zukunft unsicher, niemand weiss mit Sicherheit wie der Klimawandel sich auf unser Wetter auswirken wird.

²¹ Fischer, Danielle. (2021). „Baupioniere aus dem Untergrund.“ In: Schweizerische Bauzeitung TEC21, Nr. 25-26, s. 38-43.

Was sicher ist, ist, dass diese Extremereignisse häufiger auftreten werden.

Wie muss in Zukunft unsere Infrastruktur konstruiert werden, um den Menschen in extremen Wettersituationen ein angenehmes Wohnklima zu bieten? Wie wird sich dadurch der Bausektor verändern?

Für Städte stellen extreme Hitze und Überschwemmungen eine zunehmende Bedrohung dar. Die Anzahl der Hitzetoten²² und das Ausmass an Zerstörung durch Überschwemmungen nehmen stetig zu. Verdichtete Städte sind Hitzeinseln, da die grossflächigen versiegelten Asphaltflächen viel Wärme aufnehmen und diese an die Umgebung abgeben²³.

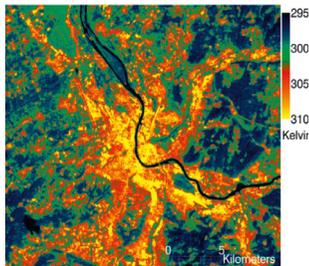


Abb. 7: Hitzeverteilung Stadt



Abb. 8: Fassadenbegrünung

In die Stadt-/Gebäudeplanung müssen also auch kühlende Elemente eingeplant werden, um Mensch und Umwelt in Hitzemonaten zu entlasten. Wichtig sind dazu Grünflächen und Bäume, die Schatten spenden und zum Beispiel als Fassadenbegrünung das Klima im Innen- und Aussenraum verbessern. Dazu wirken Grünflächen wärmeabstrahlend (und kühlend).

Wenn eine Begrünung nicht möglich ist, kann das Anstreichen von

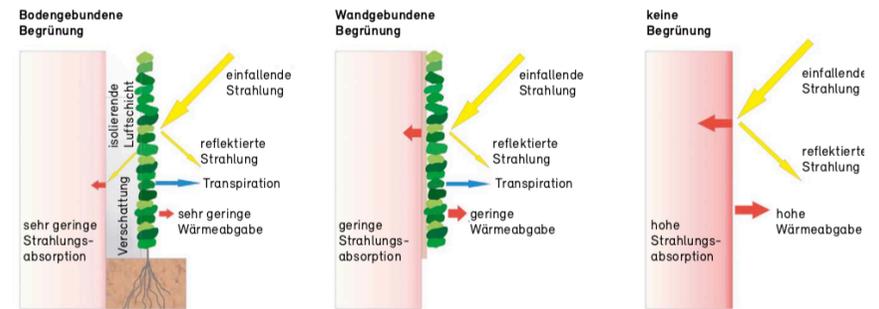


Abb. 9: Hitzeabstrahlung Fassadenbegrünung

Oberflächen (helle Fassaden/Dächer/Böden) mit einer hellen, weissen Farbe ein einfacher Lösungsansatz sein. Das Sonnenlicht wird reflektiert und nicht von der hellen Farbe absorbiert²⁴.

Pflanzen haben auch eine schützende Wirkung bei Überschwemmungen. Dies macht sich der chinesische Landschaftsarchitekt Kongjian Yu zu Nutze. In seinem realisierten Projekt «Yanweizhou Park» verringert die Parklandschaft die Auswirkungen von Überschwemmungen²⁵.



Abb. 10: Bodenanstreich gegen Hitze



Abb. 11: Yanweizhou Park

22 SRF (2021). Klimaerwärmung ist für jeden dritten Hitzetod verantwortlich. Nature climate change (2021). Extreme sea levels at different global warming level.

23 Nature (2021). Cities must protect people from extreme heat. Der Bundesrat. Das Portal der Schweizer Regierung. Hitze in Städten.

24 BAFU(Hrsg.) 2018: Hitze in Städten. Grundlage für eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen, Nr. 1812: 108 S.

25 Landscape Architecture built. A resilient Landscape: Yanweizhou Park.

Die Vision

Duden, Herkunft «Vision»:
mittelhochdeutsch vision, visiun = Traum-
gesicht; Erscheinung < lateinisch visio
(Genitiv: visionis) = das Sehen; Anblick;
Erscheinung, zu: visum, Visage

Eine Vision ist eine «Zukunftserwartung», ein «in jeman-
des Vorstellung besonders in Bezug auf Zukünftiges ent-
worfenen Bild». (Duden, Wörterbuch)

Eine zukunftsorientierte Sichtweise. Visionäre und utopi-
sche Projekte gab es immer wieder in der Architektur. Im-
mer häufiger werden solche architektonischen Visionen
in Verbindung mit den wandelnden Umständen aufgrund
des Klimawandels gebracht. Solche Projekte gilt es jetzt
aber in Sichtweite der Gegenwart zu rücken. Es muss der
Mut aufgebracht werden Visionärprojekte in die Wirk-
lichkeit umzusetzen.

Neben den Innovationen im Bereich Baumaterial und der
Gestaltung eines CO₂ neutralen Bausektors, gehören noch
andere Faktoren zu einer visionären Architektur in einer
Netto-Null Zukunft.

Die Vision, dass sich der Mensch wieder aktiv in den
Kreislauf des Ökosystems einbringt und wieder lernt,
dem Rhythmus der Natur zu folgen, sollte auch Teil da-
von sein.

Unser Bewusstsein gegenüber der Natur muss gefördert
werden, damit wir alle Verantwortung übernehmen, unse-
rer Umwelt Sorge zu tragen.

Der Wohnort soll zum Ort werden, wo wir einen sorgfältigen und
respektvollen Umgang mit der Natur erlernen. Dies kann zum Bei-
spiel mithilfe von gemeinsam genutzten Anbauflächen realisiert
werden, wo Menschen ihr Wissen über Pflanzen und deren Kultu-
rierung teilen und weiterentwickeln können. Durch den nahen Zu-
gang zur Natur soll der Umweltschutz als Selbstverständlichkeit in
den Alltag einfließen.

Der Anbau von Nutzpflanzen am Wohnort kann als lokale Nah-
rungsquelle genutzt werden. Ein möglicher Nebeneffekt davon
wäre auch eine gesteigerte Sensibilität gegenüber unseres Kon-
sumverhaltens und die Wertschätzung von Nahrungsmitteln. Die
richtige Anbauweise fördert die Biodiversität und erhöht die Re-
sistenz der Natur gegenüber den Auswirkungen des Klimawan-
dels.

Teil der Vision ist auch der Aspekt Gemeinschaft. Wegen der Ver-
dichtung durch die Bevölkerungszunahme, wird man auch näher
aneinanderrücken müssen. Die Gemeinschaft soll gestärkt wer-
den, damit geteilte Räume wie Gemeinschaftsküchen, -gärten und
Arbeitsräume realisiert werden können. Dies wirkt platz- und res-
sourcensparend. Das Teilen von Räumen, Gebrauchsgegenständen
und Wissen steht im Sinne der Kreislaufwirtschaft.

MEINE PRAKTISCHE ARBEIT



Arbeitsprozess

Die Grundidee meiner praktischen Arbeit war, ein utopisches Zukunftsmodell meines Wohnorts in der Familienheim-Genossenschaft Zürich, kurz FGZ, zu machen. Meine Leitfrage war dabei, wie sich die Genossenschaft angesichts der Bevölkerungszunahme, des Klimawandels und der Ressourcenknappheit entwickeln könnte. Da die Genossenschaft viele verschiedenen Etappen umfasst, beschränkte ich mich auf die Etappe 16, in der ich wohne. Als ich der Frage nachging, welche Anforderungen und Änderungen dem Bausektor aufgrund der genannten Szenarien bevorstehen, erkannte ich erst, wie umfangreich das Thema war.

Die Vision eines ganzheitlichen, nachhaltigen Gebäudes läuft auf verschiedenen Ebenen ab, die aber alle miteinander verbunden sind. Die Kreislaufwirtschaft beeinflusst alle diese Bereiche und zieht sich als roter Faden durch ein visionäres Projekt.

Ich musste mir zugestehen, dass die Zeit nicht reichen wird, all diese Punkte in einem einzigen, umfassenden Projekt zusammen zu tragen. Deshalb versuchte ich, einzelne Aspekte einer nachhaltigen Wohnvision aus diesem verwobenen Konstrukt herauszuberechnen und diese einzeln zu behandeln. Schlussendlich entschied ich mich folgende Begriffe zu behandeln: Wieder-/Wiederverwendung/verwertung, Begrünung, alternative Baustoffe, Gemeinschaft.

Mit verschiedenen gestalterischen Mitteln versuche ich die einzelnen Aspekte, im konkreten oder symbolischen Sinn darzustellen. Ich habe mit verschiedenen Medien gearbeitet und habe bewusst Materialien gewählt, die nach den Methoden der Kreislaufwirtschaft ausgewählt und hergestellt wurden.

Daraus ergaben sich die folgenden vier Produkte.



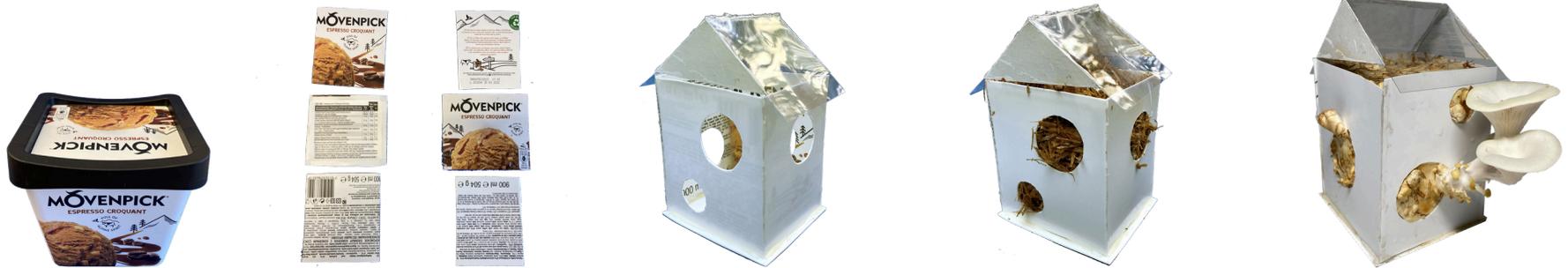
Das Pilzhaus

Symbolisiert den Pioniergeist im Entwickeln von neuartigen Baumaterialien und das Potenzial in unerforschten, natürlichen Baustoffen.

Der Pilz, der aus dem Haus herauswächst, steht mit seiner organisch lebendigen Form in Kontrast zur statischen, sehr klassischen Geometrie und Form eines Hauses, und haucht diesem Leben ein. Das Wachstum dokumentiere ich mit einem Zeitraffer-Video, in welchem auch die Bewegung und die Lebendigkeit des Pilzes ersichtlich wird. Dafür verwende ich ein Stopmotion App auf meinem Smartphone, mit dem ich täglich Aufnahmen machte.

Da der Pilz ein lebendiger Organismus ist und es nicht vorhersehbar ist, wie und ob er in den Modellhäusern wachsen wird, habe ich vier verschiedene Häuser angefertigt. Die Modellhäuser sind aus weiterverwerteten Plastikverpackungen hergestellt. In die fertigen Häuser habe ich Stroh gefüllt, das mit dem Pilzmyzel des gelben Austernpilzes durchwachsen ist. Es hat rund vier Wochen gedauert, bis der erste Pilz sichtbar wurde. Danach ging das Wachstum sehr schnell und ich musste zweimal täglich ein Foto machen. Ein vollständig ausgebildeter Pilz wuchs leider nur in einem der Häuser.

Am Ende des Lebenszyklus wurde der Pilz von der Schale des Hauses befreit. Um weiteres Wachstum zu verhindern und das Pilzmaterial ausstellen zu können, musste es bei 60° getrocknet werden.



„Vorhang auf für neue Formen des Zusammenlebens“

Meine Siedlung, die Etappe 16 der FGZ Friesenberg, hat eine klare Gliederung, die man aus der Luftperspektive erkennen kann. Fünf Reihen mit jeweils zwei leicht voneinander verschobenen Häuserzeilen. Ich experimentierte mit einer vereinfachten Form dieser Häuserzeile und versuchte diese neu anzuordnen. Mein Ziel war von dieser geradlinigen Anordnung zu einer runderen kreisförmigen Form zu kommen. Die Wohnhäuser angeordnet im Kreis symbolisieren einerseits das Leben in einer Kreislaufwirtschaft und andererseits auch die Vision des gemeinschaftlichen Lebens. Dafür wendete ich die Methode des Linoldruckes an. Für den Untergrund des Linoldruckes verwendete ich alte Küchentücher weiter. Die bedruckten Tücher sind hintereinander in einer Box hängend installiert. Mit einer Vorrichtung aus Elastik Schnüren kann beim Drücken eines Hebels, welcher sich auf der Seite der Box befindet, das vordere Tuch wie ein Vorhang aufgeschoben werden. Mit einem Magnetschalter geht bei diesem Vorgang ein Licht im Inneren der Box an und das hintere Tuch, mit der kreisförmigen Anordnung der Häuser, wird erkennbar.

Die Darstellungsform eines Vorhanges habe ich gewählt, um zu symbolisieren, dass durch das Wegschieben von alten Formen, der Weg frei wird, Neues zu entdecken.

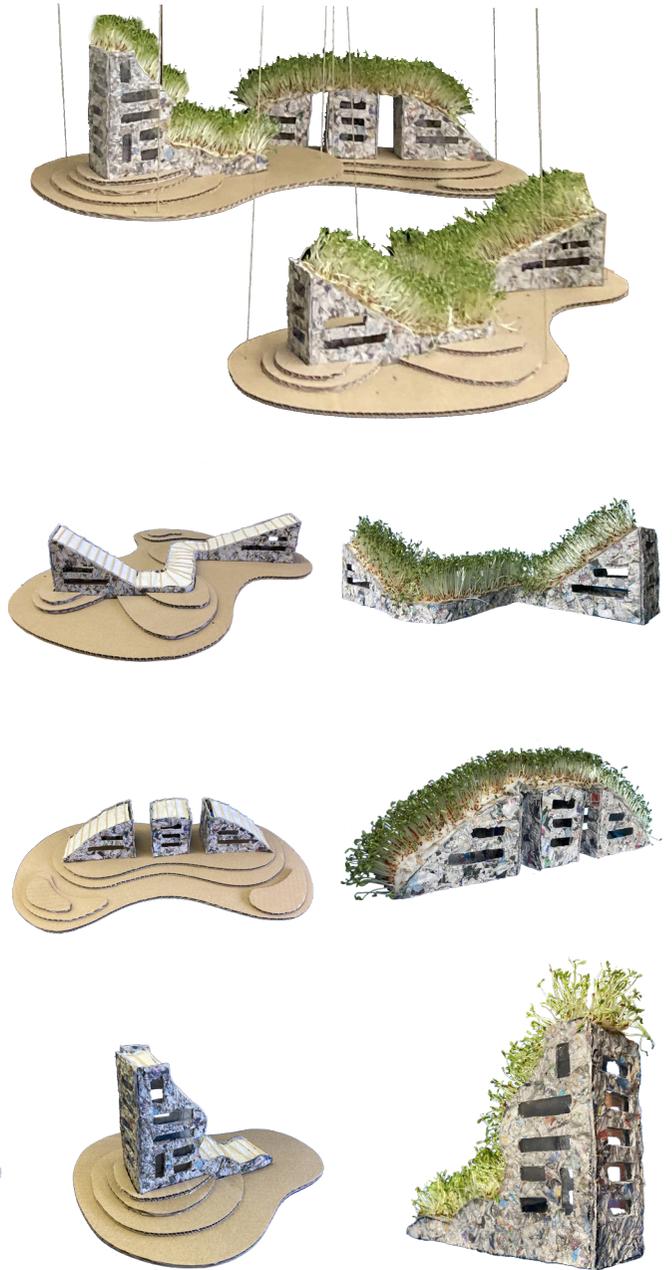


Abb.12: Siedlung Luftaufnahme



Kresse-Siedlung

Bei diesem Produkt behandelte ich das Thema der Begrünung. Das Begrünen von Gebäuden ist gleichzeitig Schutz vor Auswirkungen des Klimawandels und dient auch als Mittel, den Menschen näher an die Natur zu bringen. Die Modelle der Kressesiedlung bestehen aus weiterverwerteter Zeitung, die zerschnitten und mit Papier-Mâché angerührt wurden. Diese Masse habe ich glattgestrichen und anschliessend getrocknet, um daraus Platten herzustellen. Die Idee dahinter war, dass damit auf den Einsatz von Karton verzichtet werden konnte. Es sind drei verschiedene Modelle entstanden, inspiriert von meinen Skizzen vom Anfang der Ideensammlung. Die Kressesamen wurden auf einem nachhaltigen Bambusfasern-Fliess herangezüchtet, in das sich die Wurzeln der Kresse-sprösslinge einwuchsen. Das Fliess kann nach wenigen Tagen, wenn die Kresse ausgewachsen ist, auf die Modelle gelegt werden. Für das Endprodukt habe ich Karton Plattformen zugeschnitten, mit denen die Topografie einer Landschaft imitiert wird.



Collage

Welche Teile der Gebäude der FGZ-Siedlung sind weiterverwendbar?
Um diese Frage genauer zu behandeln, habe ich mithilfe von Photoshop und analoger Collage eine Bilderserie von drei Bildern angefertigt.

Es sind Detailaufnahmen einer visionären Siedlung entstanden, um Materialien aus dem "Altbau" in ihrer weiterverwend-/verwertbaren Form aufzuzeigen. Als Vorlage dieser visionären Siedlung habe ich Fotos der fertigen Kresse-Modelle verwendet.

Die gewählten, wiederverwendeten Elemente aus dem "Altbau" sind: Dachziegel, Fenster, Fensterläden, Dachrinne.

Ich nutzte Photoshop für das Platzieren und Verzerren dieser Elemente, um deren neue Funktion am visionären Gebäude ersichtlich zu machen. Aus Dachziegeln, Fenstern und Fensterläden entsteht eine Fassadenbekleidung. Die Dachrinnen dienen als Beet für eine Fassadenbegrünung.

Mit alten Postkarten und Bildern aus Magazinen ergänzte ich analog, die digitale Collage.



"Altbau" FGZ-Siedlung



Das Endprodukt

Die Herausforderung bestand darin, diese einzelnen Produkte in einen gemeinsamen Kontext zu setzen. Zu diesem Zweck fertigte ich ein Gerüst aus Holzlatten, das die klassische Form eines Hauses wieder aufnimmt. Es umrahmt die einzelnen Produkte und bringt sie alle "unter ein Dach". Der verwendete Karton ist wiederverwendetes Material von Verpackungs- und Zügel-Kisen. Das Video des Pilzhauses wird auf einem iPad gezeigt, das in einem vertikal hängenden Karton eingerahmt ist. Links und rechts davon hängt jeweils ein des getrockneten Pilzmyzel Material.

Wegen seiner Größe ist die "Vorhang-Box", als einziges Objekt, fest installiert auf dem Holzgerüst.

Die Modelle der Kresse-Siedlung werden einzeln auf, an Schnüren hängenden, Karton-Plattformen platziert.

Die fertigen Collagen sind auf Karton geklebt. Um sie aufzuhängen, habe ich die Beschaffenheit des Wellkartons ausgenutzt und die Schnur durch dessen Hohlräume eingefädelt.



Fazit

Im Verlauf meiner Recherche wurde mein Bild des visionären Wohnens und Bauens immer klarer. Mit dem Konzept der Kreislaufwirtschaft kam ich der Antwort näher, wie sich der Bausektor ändern muss, um einerseits die Umwelt zu schonen und andererseits den Menschen von den Konsequenzen der Klimakrise zu schützen.

Die Bandbreite der konventionellen Baustoffe, ist sehr beschränkt. Dass die Natur noch viel mehr zu bieten hat, entdeckte ich bei meiner Recherche zu alternativen Materialien. Ich erhielt einen Einblick in die Vielfältigkeit von alternativen Baustoffen und erkannte am Beispiel Pilz, welches Potenzial in noch unerforschten Materialien stecken kann.

Die Informationsgewinnung zur Umweltbilanz von Baustoffen hat mir jedoch einige Schwierigkeiten bereitet. Die Angaben divergierten zum Teil auseinander. Abhängig von der Quelle und der Interessengruppe gab es mal bessere, mal schlechtere Werte. Eine Kontaktaufnahme mit der EMPA hat mir dabei geholfen, zu neutralen Quellen zu gelangen.

Im praktischen Teil konnte ich mit verschiedenen Medien experimentieren und meine Kreativität zum Ausdruck bringen. Es entstand eine künstlerische Ergänzung zum theoretischen schriftlichen Teil.

Die Siedlung spielt dabei eine weniger grosse Rolle, wie ich es anfangs gedacht hatte.

Im Nachhinein hätte ich es jedoch spannend gefunden, mehr im Austausch mit der FGZ zu stehen. Für diesen zusätzlichen Aufwand hätte ich mich aber in meinem Themenbereich einschränken müssen, da die Fertigstellung des Produktes schon sehr arbeitsintensiv und zeitaufwändig war.

Der Mensch hält gerne an seinen Gewohnheiten fest. Die Klimakrise fordert von uns aber, unsere Gewohnheiten, die der Umwelt schaden, loszuwerden und ein klimafreundliches Handeln zur gewohnten Praxis zu machen. Dies gilt auch für den Bausektor. Viele Verfahren sind standardisiert und ein Umdenken erfordert einen Mehraufwand der lieber umgangen wird. Es braucht Mut aber auch Kreativität, um neue Verfahren und Baustoffe anzuwenden und die Kreislaufwirtschaft in den Bausektor zu integrieren. Und schlussendlich braucht es den politischen Willen, um wirklich einen Wandel zu initiieren.

Das Thema hat mich fasziniert und wird mich mit hoher Wahrscheinlichkeit noch weiterhin begleiten.

**Vielen Dank
an meine Familie, Freunde und meine Betreuungsperson,
für die Unterstützung, Inspiration und Ermutigung.**



Quellenverzeichnis

Bücher

Bildmuseet (Umeå) & HeK (Basel) & LABoral (Gijón) & MAAT (Lisbon) (2018): **Eco-Visionaries: art, architecture, and new media after the Anthropocene**. Berlin: Hatje Cantz.

Choppin, Julien & Delon, Nicola (2014): **Matière grise**. Paris: Pavillon de l'Arsenal.

Dobraszczyk, Paul (2019): **Future Cities**. London: Reaktion Books Ltd.

Hillebrandt, Annette & Riegler-Floors, Petra & Rosen Anja & Seggewies, Johanna-Katharina (2018): **Atlas Recycling: Gebäude als Materialressource**. München: Detail Business Information GmbH.

Stockhammer, Daniel (Hg.) (2020): **Wieder- und Weiterverwendung als Gestaltungsprinzip in der Architektur**. Zürich: Triest Verlag.

Witzgall, Susanne (2011): **(Re)designing nature**. Ostfildern: Hatje Cantz.

Magazine

Vorstand der Familienheim Genossenschaft Zürich (Hg.) (1999): **FGZ, wer sie ist, wie sie wurde**. Zürich.

Artikel

Fischer, Danielle. (2021). „**Baupioniere aus dem Untergrund**.“ In: Schweizerische Bauzeitung TEC21, Nr. 25-26, s. 38-43.

Hottinger Sarah & Simon, Elodie (2021): „**Auf dem Weg zur Kreislaufwirtschaft**.“ In: Casanostra, Nr. 162/September 2021, s.10-11.

Papazoglou, Liza. (2021): „**Mit Regenwürmern die Umwelt retten**.“ In: Wohnen Extra, Ausgabe April 2021, s.4-7.

Wepf, Mirella. (2021): „**Bauen mit Holz-traditionell und hochmodern**.“ Casanostra, Nr. 162/September 2021, s.5-7.

Berichte

BAFU (Hg.) (2018): **Hitze in Städten. Grundlage für eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung**. Bern: Bundesamt für Umwelt. Umwelt-Wissen, Nr. 1812: 108 S.

BAFU (Hg.) (2008): **Die Methode der Umweltbelastungspunkte (UBP)**.

KBOB c/o BBL (Hg.) (2016): **Ökobilanzdaten im Baubereich**. Bern. 2009/1:2016.

Webseiten

Probleme des Bausektors

Birkenmeier, Anna (2017). Der Bundesrat. Das Portal der Schweizer Regierung. **Schweiz macht sich beim Recycling von Bauschutt auf den Weg.** https://www.gruenewirtschaft.admin.ch/grwi/de/home/Gruene_Wirtschaft_konkret/schweiz-macht-sich-beim-recycling-von-bauschutt-auf-den-weg.html (Abgerufen: 12.7.2021)

Der Bundesrat. Das Portal der Schweizer Regierung. **Die Verluste von Energie und Rohstoffen im Bau reduzieren.** <https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-79218.html> (Abgerufen: 19.7.2021)

Der Bundesrat. Das Portal der Schweizer Regierung. **Wie viel verbraucht die Schweiz?.** <https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-83120.html> (Abgerufen: 12.7.2021)

Ecoinvent. Building & Construction. <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/sectors/building-construction-materials/> (Abgerufen: 18.11.2021)

Global Footprint Network. **Earth Overshoot Day.** <https://www.footprintnetwork.org/our-work/earth-overshoot-day/> (Abgerufen: 19.7.2021)

Kanton Zürich. **Neue Prognosen bis 2050.** https://www.zh.ch/de/soziales/bevoelkerungszahlen/zukuenftige_entwicklung.html (Abgerufen: 12.7.2021)

Kloiber, Benjamin (2015). Der Wertstoffblog. **Primär- und Sekundärrohstoffe eine Definition.** <https://wertstoffblog.de/2015/09/01/primaer-und-sekundaer-rohstoffe-eine-definition/> (Abgerufen: 16.8.2021)

Salza. Wiederverwenden. <https://salza.ch/de/how-it-works> (Abgerufen: 20.9.2021)

Spiegelhalter, Madeleine (2020). Stiftung Baukulturerbe. **Was ist graue energie? Nachhaltigkeit bei Gebäuden.** <https://stiftung-baukulturerbe.de/was-ist-graue-energie-nachhaltigkeit-bei-gebaeuden> (Abgerufen: 12.7. 2021)

SRF (2020). **Die 10-Millionen-Schweiz kommt.** <https://www.srf.ch/news/schweiz/prognose-des-bundes-die-10-millionen-schweiz-kommt>. (Abgerufen: 12.7.2021)

WWF (2020). **Swiss Overshoot Day: Wir leben, als ob es kein Morgen gäbe.** <https://www.wwf.ch/de/medien/swiss-overshoot-day-wir-leben-als-ob-es-kein-morgen-gaebe> (Abgerufen: 19.7.2021)

Tabelle zu konventionellen Materialien

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat. Ökobaudat, Informationsportal nachhaltiges Bauen. https://www.oekobaudat.de/no_cache/datenbank/suche.html (Abgerufen: 18.11.2021)

Der Bundesrat. Das Portal der Schweizer Regierung. **Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2016.** https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/themenleistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html (Abgerufen: 5.8.2021)

Stadt Zürich, Amt für Hochbauten. KBOB. **Betonrechner.** https://treeze.ch/fileadmin/user_upload/calculators/Betonsortenrechner_Planer_DE/Betonsortenrechner_Planer.htm (Abgerufen: 22.11.2021)

Beispiel Beton

Bayerischer Rundfunk (2018). **Sand wird knapp. Klimakiller Zement.** <https://www.youtube.com/watch?v=NHXYiZF69Ac> (Abgerufen: 4.8.2021)

Durant, Tobias (2021). **Ist Beton nachhaltig?.** <https://citizensustainable.com/de/beton-nachhaltig/> (Abgerufen: 4.8.2021)

Energie Zukunft. **Zementproduktion kann klimafreundlich werden.** <https://www.energiezukunft.eu/bauen/zementproduktion-kann-klimafreundlicher-werden/> (Abgerufen: 4.8.2021)

Lossau, Norbert (2020). Welt. **So soll Beton zum Klimaschützer werden.** <https://www.welt.de/wissenschaft/article212471801/Neuer-Beton-soll-kein-CO2-mehr-verursachen.html> (Abgerufen: 4.8.2021)

Der Umgang mit Ressourcen in der Kreislaufwirtschaft

Urban Mining. Kreislaufwirtschaft. <https://urbanmining.ch/loesung> (Abgerufen: 19.7.2021)

Alternative Materialien

Klimastreik. **Gebäude und Raumentwicklung**. <https://climatestrike.ch/de/posts/cap-3-buildings-and-spatial-planning-executive-summary#vision> (Abgerufen: 19.7.2021)

Tabelle zu alternativen Materialien

Duzia, Thomas & Trewer, Philip. Baunetz Wissen. **Stroh**. <https://www.baunetz-wissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/baustoffe--teile/stroh-4712662> (Abgerufen: 6.12.2021)

Ruiz, Debbie (2016). Wohnsauber. **Vorteile und Nachteile von Glas als Baumaterial**. <https://www.wohnsauber.com/vorteile-und-nachteile-von-glas-als-baumaterial> (Abgerufen: 6.12.2021)

Schneider, Katharina (2020). Wohnglück. **Jutedämmung: Alles über Jute als Dämmstoff**. <https://wohnglueck.de/artikel/jutedaemmung-31659> (Abgerufen: 6.12.2021)

Schneider, Katharina (2020). Wohnglück. **Mit Hanf dämmen: Alles über Hanfdämmung**. <https://wohnglueck.de/artikel/hanfdaemmung-31113> (Abgerufen: 6.12.2021)

Wandel im Bausektor aufgrund des Klimawandel

Der Bundesrat. Das Portal der Schweizer Regierung. **Hitze in Städten**. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/publikationen-studien/publikationen/hitze-in-staedten.html> (Abgerufen: 20.9.2021)

Landscape Architecture built. **A resilient Landscape: Yanweizhou Park**. <https://www.landscapearchitecturebuilt.com/yanweizhou-park/> (Abgerufen: 23.9.2021)

Nature (2021). **Cities must protect people from extreme heat**. <https://www.nature.com/articles/d41586-021-01903-1> (Abgerufen: 20.9.2021)

Nature climate change (2021). **Extreme sea levels at different global warming level**. <https://www.nature.com/articles/s41558-021-01127-1> (Abgerufen: 20.9.2021)

SRF (2021). **Klimaerwärmung ist für jeden dritten Hitzetod verantwortlich**. <https://www.srf.ch/news/international/risiko-fuer-die-gesundheit-klimaerwaermung-ist-fuer-jeden-dritten-hitzetod-verantwortlich> (Abgerufen: 20.9.2021)

Die Vision

Duden. Wörterbuch. **Vision**. <https://www.duden.de/rechtschreibung/Vision> (Abgerufen: 6.9.2021)

TEDx Talks. **Toward an architecture of nature**. <https://www.youtube.com/watch?v=S6XkapYLWks> (Abgerufen: 26.7.2021)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1, Seite 10: **Alte Pinakothek München**. Von Klenze, Leo.

Abbildung 2, Seite 10: **Earthship**. Dondereciclo.org.ar.

Abbildung 3, Seite 11: **Lehmhaus, Merian Gärten Basel**. Christoph Merian Stiftung. Schulthess, Kathrin.

Abbildung 4, Seite 11: **Strohhaus**. iStock/anandoart.

Abbildung 5, Seite 13: **Pilzmyzel**. Foto Community. Günther B.

Abbildung 6, Seite 13: **Pilzmyzel Ziegelstein**. Kessler, Kilian J.

Abbildung 7+9, Seite 14: **Hitzeverteilung Stadt**. Bericht: BAFU (Hg.) (2018): Hitze in Städten. Grundlage für eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung. Bern: Bundesamt für Umwelt. Umwelt-Wissen, Nr. 1812: 108 S.

Abbildung 8, Seite 14: **Fassadenbegrünung**. Enzi, Vera.

Abbildung 10, Seite 14: **Bodenanstrich gegen Hitze**. LA Bureau of Street Services.

Abbildung 11, Seite 14: **Yanweizhou Park**. Turenscape.com.

Abbildung 12, Seite 19: **Siedlung Luftaufnahme**. Google Maps.

Alle weiteren Bilder sind aus eigener Quelle.