

**Professur für Architektur  
und Konstruktion** Annette **Gigon**  
ETH Zürich Mike **Guyer**

HIL E 15  
Stefan-Franscini Platz 5  
CH 8093 Zürich  
Tel +41 44 633 06 14

**DURABILITY  
AND/OR  
CHANGE ?**

**Master's Thesis D-ARCH FS 23**  
**Seminar-Abende**

**ZÄHLT DAS JETZT ?**

**oder:**

**Was wir zum Klima-Fussabdruck  
immer schon mal fragen wollten –  
aber vielleicht doch nicht wissen möchten ...**

**22.02.2023, 18:30 Uhr, per Zoom**

## **MASS DER DINGE**

**Roger Boltshauser**

Boltshauser Architekten AG, Zürich / Dozent ETH Zürich

**Dr. Jürg Graser**

Graser Troxler Architekten, Zürich / Dozent ZHAW Winterthur

**Prof. Florian Nagler**

Florian Nagler Architekten GmbH, München / TU München

**28.02.2023, 18:30 Uhr, per Zoom**

## **HIDDEN FIGURES**

**Prof. Dr. Stefanie Hellweg**

Professur für ökologisches Systemdesign, ETH Zürich

**Dr. Almut Kirchner**

Leitung Energie- und Klimaschutzpolitik, Prognos AG, Basel

**Dr. Jacqueline Pauli**

ZPF Ingenieure AG, Basel / ab HS 23 Professur für Tragwerksentwurf, ETH Zürich

Die Zoom-Links sind vor Beginn der Veranstaltung abrufbar unter:

<https://gigon-guyer.arch.ethz.ch>

Zur Einführung empfohlen: Unterlagen und Links  
zur Master's Thesis platform HS22 / FS23,  
ebenfalls auf der o.g. Website verfügbar.

**Für weitere Auskünfte:**

Joni Kacani

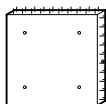
kacani@arch.ethz.ch

Arend Kölsch

kontakt@aka-energie.de

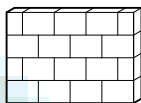
Die Schweizer Bevölkerung emittiert im Inland Treibhausgase (THG) von ca. **5.5 t CO<sub>2</sub>-eq\* pro Kopf u. Jahr**. Zusammen mit im Ausland anfallenden Emissionen/Importen sind es sogar **ca. 13 t CO<sub>2</sub>-eq pro Kopf u. Jahr**, doppelt so viel wie der globale Durchschnitt. Zur Erreichung der Klimaziele des Pariser Abkommens sollte bis 2030 eine Reduktion auf 2 t pro Kopf u. Jahr stattfinden, bis 2050 sogar auf netto-null.  
\* CO<sub>2</sub>-eq bezeichnet alle verschiedenen Treibhausgase in ihrer Wirkung verglichen mit CO<sub>2</sub>.

Gebäude und Haushalte beeinflussen rund ein Drittel bis zur Hälfte der Schweizer THG-Emissionen: Direkt über den Betriebsenergieverbrauch und die Erstellung, indirekt über die je nach Standort induzierte Mobilität.

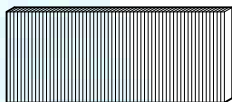


**1 m<sup>2</sup> Stahlbetonwand verursacht etwa 73 kg CO<sub>2</sub>-eq Treibhausgase in der Erstellung (graue Emissionen)**  
(Beton CEM I, 20 cm dick  $\triangleq$  46 kg CO<sub>2</sub>-eq + 1 % Armierung  $\triangleq$  27 kg CO<sub>2</sub>-eq)<sup>1</sup>

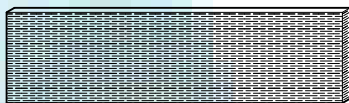
Das entspricht etwa so viel wie



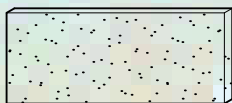
**1.4 m<sup>2</sup> Backsteinwand**  
(20 cm Swissmodul; 1 m<sup>2</sup>  $\triangleq$  53 kg CO<sub>2</sub>-eq)



**2.4 m<sup>2</sup> Wand aus Brettschichtholz**  
(1 m<sup>2</sup> 20 cm dick, verleimt  $\triangleq$  30 kg CO<sub>2</sub>-eq)



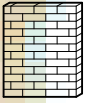
**3.7 m<sup>2</sup> Steinwolle-Dämmung**  
(1 m<sup>2</sup> 20 cm dick  $\triangleq$  22 kg CO<sub>2</sub>-eq – Kompaktfassade)



**2.4 m<sup>2</sup> EPS-Dämmung**  
(1 m<sup>2</sup> 20 cm dick  $\triangleq$  30 kg CO<sub>2</sub>-eq – Kompaktfassade)



**4.3 m<sup>2</sup> Holzfaser-Dämmung**  
(1 m<sup>2</sup> 20 cm dick  $\triangleq$  17 kg CO<sub>2</sub>-eq – Vorhangfassade)



## 0.8 m<sup>2</sup> Backstein-Klinkerschale

(1 m<sup>2</sup>, 11.5 cm dick, inkl. Mörtel u. Anker  $\triangleq$  89 kg CO<sub>2</sub>-eq)



## 2.2 m<sup>2</sup> Chromstahlblech

(1 m<sup>2</sup>, 1 mm dick  $\triangleq$  33 kg CO<sub>2</sub>-eq)



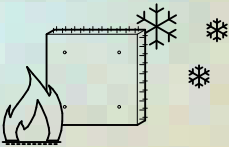
## 1.0 m<sup>2</sup> Dreifachisolierverglasung

(1 m<sup>2</sup>, U<sub>g</sub>-Wert 0.6  $\triangleq$  68 kg CO<sub>2</sub>-eq)



## 0.5 m<sup>2</sup> Fenster mit Holz-Metall-Rahmen

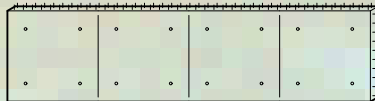
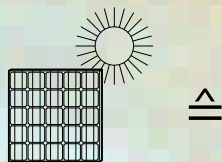
(1 m<sup>2</sup>, ohne Sonnenschutz  $\triangleq$  134 kg CO<sub>2</sub>-eq)



ca. **72 kg CO<sub>2</sub>-eq** emittiert auch eine Erdgasheizung jedes Jahr, wenn man die Wärmeverluste durch 1 m<sup>2</sup> ungedämmte Betonwand in Zürich ansetzt.

(Mit 20 cm Dämmung  $\lambda$  0.035 beträgt der THG-Ausstoss fürs Heizen 3–4 kg CO<sub>2</sub>-eq, und wenn ausserdem mit Erdsonden-Wärmepumpe geheizt wird, nur ca. 0.5 kg!)

Die grauen Emissionen von 1 m<sup>2</sup> Photovoltaik-Anlage entsprechen heute ca. 4 m<sup>2</sup> Betonwand. (– Zukünftig immer weniger!)



graue Emissionen PV  
vermeidene Emissionen  
aus Netzstrom 30 Jahre

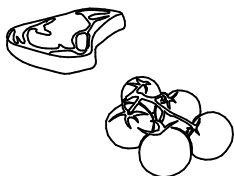
CH

ENTSO-E

Allerdings: Die PV-Anlage **amortisiert** ihren ursprünglichen THG-Aufwand in etwa einem Drittel ihrer Lebensdauer

(sofern sie gut orientiert ist, nicht verschattet, ohne Farbschichten), verglichen mit dem CH-Strommix; verglichen mit dem Europäischen ENTSO-E Strommix sogar schon in 2 Jahren!

**Baustoffe sind langlebig (60 Jahre plus).  
Aber auch Einmalaktionen wie Essen und Reisen können  
Klima-Fussabdrücke in vergleichbarer Grössenordnung haben:**

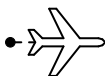


**ca. 70–80 kg CO<sub>2</sub>-eq verursacht der Konsum  
von 1 kg Rindfleisch aus Brasilien<sup>2</sup>  
oder 2.5 kg Bio-Cherry-Tomaten aus dem  
Treibhaus im März<sup>2</sup>.**

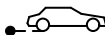
(Es bräuchte Etiketten mit Angaben zu  
den Treibhausgasen pro kg Lebensmittel!)

**oder z.B. eine Reise von ...**

(Betriebsenergie und Anteil Fahrzeugherstellung)

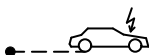


**260 km im Flugzeug**



**340 km mit einem Durchschnittsauto**

(Belegung 1.6 Personen)



**780 km mit einem Elektroauto**

(Belegung 1.6 Personen, CH-Strommix)



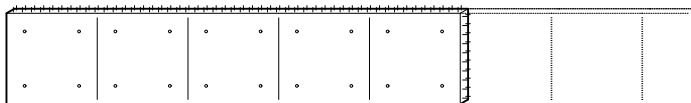
**1'000–2'000 km mit dem E-Bike<sup>2</sup>**



**9'000 km mit der Schweizer Bahn**

**Umgekehrt entspricht der  
Treibhausgasausstoss einer einzigen  
Bitcoin-Transaktion etwa dem von  
5 m<sup>2</sup> der genannten Betonwände**

(– nach anderen Quellen sogar 15 m<sup>2</sup>).<sup>3,4</sup>



Aber warum vergleichen wir denn noch mit Betonwänden?  
– Sollten wir Architekt:innen nicht sowieso umsteigen auf **Holz, Hanf, Stroh, Lehm, massiven Stein, etc.?** Kann man die Produktion biogener Stoffe steigern, um damit weltweit die CO<sub>2</sub>-intensiven Baustoffe wie Beton, Stahl, Backstein weitgehend zu substituieren? Was würde das bedeuten?

Und: Wenn man biogene Rohstoffe nicht verbrennt, sondern verbaut – könnten Gebäude so zumindest als temporäre **Kohlenstoff-Speicher** dienen, ehe das CO<sub>2</sub> am Ende der Nutzungsdauer wieder freigesetzt wird?

Oder anders gefragt: Wieviel CO<sub>2</sub> produzieren die besten Gebäude heute pro m<sup>2</sup> und Jahr für Erstellung und Betrieb (Lebenszyklus 60 Jahre)? Der SIA-Effizienzpfad verlangt 12 kg/(m<sup>2</sup>×a) (Wohnen, Neubau, Erstellung + Betrieb).  
**Wer rechnet nach? Wer misst nach?**

Welche Mitverantwortung sollen die **Nutzer:innen** tragen, z.B. mit ihrem Lüftungsverhalten, ihren Komfortansprüchen bei Raumtemperatur und Warmwasser?

Wie kommen wir je auf **netto Null** bis 2050?

Müssen wir uns mit diesen Zahlen- und Datenbergen überhaupt noch beschäftigen, wenn aktuell geforscht wird zu **CCS** (Carbon Capture and Storage), **CCU** (Carbon Capture and Use)?

Könnte nicht **Wasserstoff** einen wichtigen Beitrag leisten?  
– Auch wenn heute noch weltweit über 95 % des H<sub>2</sub> aus fossilen Rohstoffen gewonnen wird, auch wenn die Katalyse mit Elektrizität eine schlechte Effizienz hat und erneuerbarer Strom immer noch eine höchst rare Form von Energie ist? Könnte Wasserstoff zumindest als Speichermedium wertvoll sein, für künftige, kurzfristige Überschüsse an erneuerbarer Energie aus Wind und Sonne?

Tausende von Gebäuden sollten und könnten in der Schweiz **energetisch ertüchtigt** werden, um den Klimazielen zu genügen – aber in der Kombination mit unseren hohen heutigen **Standards, Normen und Baugesetzen** (Schallschutz, Brandschutz, Erdbebenschutz, etc.) führt dies zumeist zum Abbruch und Ersatzbauten.

Wie soll man hier abwägen – und wer?

Müssen unsere Architekturen nun autonome **Kraftwerke** werden, die die Welt retten helfen, und muss dafür die **gestalterische Qualität** hintanstehen?

Wo sind die **grossen Hebel**?

Wo müssen, können wir überall ansetzen?

**Und wie erreicht man die nötige, breite Carbon-Literacy?**

Bzw. genügt es nicht, dass Spezialist:innen und Politiker:innen sich mit Treibhausgasen, Energieformen, Zahlen auskennen?  
Warum sollen wir uns alle das komplizierte «Alphabet» der Treibhausgase beibringen – dazu derzeit fast gänzlich autodidaktisch?

Oder warum gibt es nicht zumindest eine verlässliche und umfassende **Informationsquelle** des Bundes oder der ETH, wo wir uns zu verschiedenen Aspekten laufend orientieren könnten?

Einen niederschweligen CO<sub>2</sub>-Info-Kiosk-Rechner für uns alle?

UND: Wem gelingen motivierende, überzeugende **Narrative** zu den unbequemen Daten und Fakten?  
(Oder sprechen die Daten für sich?)

**Können wir Architekt:innen uns vorläufig auf eine «4×5-Punkte-Rezeptur» für klimaschonende Bauten verständigen, um sofort das anzuwenden, was wir schon wissen und können?**

**Fünf Punkte zum Ersten – Baustoffe und Konstruktion**

- Bestandsbauten erhalten und energetisch ertüchtigen
- Wenn möglich: Baustoffe und -elemente wiederverwenden
- Wenn nicht: nachwachsende Baustoffe bevorzugen
- Leicht, langlebig, recyclingfähig konstruieren
- Mehr als 20 cm Wärmedämmung anbringen, non-fossil

**Fünf Punkte zum Zweiten – Entwurf und Technik**

- Kompakte, flächeneffiziente Gebäude konzipieren
- Untergeschosse minimieren
- Fensterfläche : Bodenfläche  $\leq 1 : 3$ , und Sonnenschutz
- Heizen mit Wärmepumpe, möglichst Sole/Grundwasser
- Gut orientierte Photovoltaik integrieren

**Fünf Punkte zum Dritten – Stadt und Gesellschaft**

- Bodenversiegelung reduzieren
- Stadtgrün schützen und schaffen
- Flächenbedarf pro Kopf tendenziell verringern
- Transportwege und Autoverkehr gering halten
- Daten erheben, zugänglich machen, kommunizieren

**Fünf Punkte zum Vierten – Gebäudenutzer:innen**

- Warm kleiden statt stark heizen (18–20°)
- Kurz duschen
- Kurz lüften
- Treppensteigen statt Lift fahren
- Strom sparen, z.B. LED-Lampen, Geräte Klasse A etc.

1) Daten zu Baustoffen und Reisedstrecken basierend auf Ökobilanzdaten im Baubereich KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022

2) Daten zu Lebensmitteln und E-Bikes aus Mike Berners-Lee, «How bad are Bananas? The Carbon Footprint of Everthing», London 2020

3) <http://explore-ip.com/2021-The-Carbon-Emissions-of-Bitcoin-From-an-Investor-Perspective.pdf> (Zugriff 06.07.2022)

4) <https://www.derstandard.at/story/2000132519190/umweltsuende-bitcoin-so-schaedlich-ist-die-kryptowaehrung> (Zugriff 06.07.2022)