



1

Philipp Entner (Student uni.li)
Daniel Stockhammer

Vom linearen zum zirkularen Bauen: Liechtensteins Baubestand als Materialbank der Zukunft?

Um den Ressourcenbedarf von Liechtenstein zu decken, wird etwa das Viereinhalbfache dessen Landfläche benötigt.¹ Die Bauwirtschaft ist dabei der Haupttreiber im Materialverbrauch und für 65% aller Abfälle verantwortlich.² [Abb. 1] Angesichts der durch das Bauen massiv mitverursachten Ressourcen- und Klimaproblematik bedarf es nicht der Optimierung bestehender Prozesse, sondern eines Paradigmenwechsels im Denken und Konstruieren einer abfall- und schadstofffreien Architektur.³ Die zentrale Frage dabei ist: Was hätte eine solche Umstellung für Auswirkungen auf die Bauprozesse und Architektur in unserer Region? Voraussetzung dafür ist, dass der Gebäudebestand als anthropogene Lagerstätte und wichtige energetische, kulturelle, soziale und architektonische Ressource erkannt wird und so als Ausgangsmaterial für die Gestaltung unserer Zukunft nutzbar gemacht werden kann.



1 From demolition to 'harvest festival'— separation of building materials and raw material recovery in Cologne–Bayenthal. / Vom Abbruch zum «Erntefest» — Baustofftrennung und Rohstoffrückgewinnung in Köln Bayenthal.

Philipp Entner (student uni.li)
Daniel Stockhammer

From Linear to Circular Construction: Liechtenstein's Building Stock as the Material Bank of the Future?

To meet Liechtenstein's resource needs, about four and a half times its land area is required.¹ The construction industry is the main driver of material consumption and is responsible for 65 % of all waste.² [Fig 1] In view of the massive resource and climate problems caused mainly by construction, what is needed is not an optimization of existing processes, but a paradigm shift in thinking and the creation of an architecture that is free of waste and pollution.³ The pivotal question here is: What impacts would such a change have on building processes and architecture in our region? A precondition is for the building stock to be recognized as an anthropogenic repository and an important cultural, social, architectural, and energy resource, which can then be used as the source material for designing our future.

Liechtenstein's unused building stock

Untapped material resources are to be found everywhere in the settled area, whether as building relics in the form of decommissioned transformer towers, shuttered village shops, deserted fortifications, or in the network of entire post-war settlement structures. Reasons for their demolition include:

- Rapidly changing requirements of use for buildings: The faster the social and technological change, the greater the number of buildings that might lose their original function.
- The low durability of certain building materials and technologies: The lower its durability, the earlier and greater the need is for renewal of the building stock.

1 Data for Switzerland from: Global Footprint Network (2016), data.footprintnetwork.org, accessed 1 June 2019.

2 EUROSTAT Waste Statistics (2016): <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained>, retrieved 18 Aug. 2019; Corinne Wälti / João Almeida / Bundesamt für Umwelt BAFU (eds.), *Ent-Sorgen? Abfall in der Schweiz illustriert*, Bern 2016.

3 See in particular the concepts of Michael Braungart and William McDonough: Michael Braungart / William McDonough, *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, [New York 2002] London 2009.

2 Untapped buildings in Liechtenstein as an anthropogenic repository for the new? Building relics along Liechtenstein's Landstrasse as an outcome of structural change: vacant retail premises in Schaan. / Ungenutzte Bauten in Liechtenstein als anthropogene Lagerstätte für Neues? Bauliche Relikte an der Liechtensteiner Landstrasse als Nachlässe der Strukturwandels: Leerstehendes Geschäftsgebäude in Schaan.

3 When building components are dismantled, the work and the knowledge about their production and assembly are lost – and with recycling, the energy and history within the building materials are likewise lost. Retention, renovation, expansion, reuse, and repurposing ought to be preferred to recycling whenever possible. E.g. Eschen, St. Luzi-Strasse 8: farmhouse from 1871, demolished in 2011.

Mit der Zerlegung der Bauteile geht die Arbeit und das Wissen über deren Herstellung und Fügung, mit dem Recycling die Energie und Geschichte in den Baustoffen verloren. Erhalt, Um- und Weiterbau sowie Wieder- und Weiterverwendung sollten wenn immer möglich gegenüber dem Abbruch und Recycling bevorzugt werden. Beispiel Eschen, St. Luzi-Strasse 8: Bauernhaus von 1871, Abbruch 2011.

4 Destruction instead of recycling: Demolition material is mostly reprocessed for an inferior function (downcycling), 20 % ends up on a landfill or inside incinerators. E. g. Triesen, Landstrasse 317: community home, built 1905–07, demolished in 2010.

Vernichtung statt Verwertung – Das Abbruchmaterial wird grösstenteils in minderwertiger Funktion weiterverwertet (Downcycling), 20 % wird verbrannt oder landet auf der Deponie. Beispiel Triesen, Landstrasse 317: Bürgerheim von 1905–07, Abbruch 2010.



2
3

4

- The building stock continues to grow, and the land reserves are decreasing. Consequently, the areas already built upon become the reserves for the new, while at the same time the land values and the pressures on the building stock increase.

The following building categories are particularly affected by this structural change:

- Buildings from (small) trade and industry, such as village shops [Fig. 2] or, at a larger scale, already-repurposed properties like the Spörry site for the University of Liechtenstein in Vaduz, Technopark Liechtenstein in Schaan, or the former Kirchthaler-Dürst factory in Triesen.
- Agricultural buildings: farmsteads [Fig. 3] or disused stables and storehouses at higher altitudes.
- Buildings for tourism and gastronomy, such as Hotel Engel, Restaurant Alter Zoll, and Hotel Mühle.
- Buildings for public services [Fig. 4]: old post offices and customs buildings or the old railway station in Schaanwald.

These are buildings that have lost their original function and whose built form is too specific and inflexible for continued use. Owing to return-oriented investment practices, these buildings are often torn down or replaced before the end of their life span. According to Uta Hassler, the most sustainable architecture is therefore the one that can last; one that allows new functions and use models and is easy to maintain.⁴

Writing down instead of writing off

In order to gain more detailed insight into the building mass, material composition, and values of these jeopardized buildings, they are subsequently examined ‘anatomically’. To this end, they are graphically deconstructed into their individual parts and calculated according to volume and mass. Exemplary objects of investigation include a hay barn in Triesenberg, the former Schaanwald railway station [Fig. 6], a single-family house on the country road in Schaan, and an industrial building in Vaduz. This shows that an average single-family house with a gross volume of around 1000 m³ weighs around 400 tonnes, and about 70 % of this weight is accounted for the reinforced concrete used. If these values are correlated proportionally to the construction statistics for the entire country, one arrives at an estimated built mass of 6.8 million tonnes of building material for all the buildings in Liechtenstein. The overall material supply consists of 5.2 million tonnes of reinforced concrete, 0.9 million tonnes of clay bricks, 0.5 million tonnes of mineral-based building materials, and 0.25 million tonnes of metals and other materials. The total weight of

4 See Uta Hassler, *Das Dauerhafte und das Flüchtige – Planungsleitbilder und die Zukunft des Bestehenden*, in Uta Hassler (ed.) *Towards a Sustainable Development of the Built Environment*, Zurich 2011.

Liechtensteins ungenutzter Baubestand

Ungenutzte Materialressourcen finden sich überall im Siedlungsraum, ob als bauliche Relikte in Form von stillgelegten Transformatortürmen, geschlossenen Dorfläden, leeren Festungsbauten oder im Flechtwerk ganzer Siedlungsstrukturen aus der Nachkriegszeit.

Ursachen für deren Abriss sind unter anderem:

- Sich rasch ändernde Nutzungsanforderungen an die Bauwerke: Je schneller der gesellschaftliche und technologische Wandel, desto höher der Anteil an Bauten, die ihre ursprüngliche Funktion wieder verlieren können.
- Die geringe Haltbarkeit gewisser Baumaterialien und -technologien: Je geringer deren Dauerhaftigkeit, desto früher und grösser ist der Erneuerungsbedarf im Baubestand.
- Die Bodenspekulation: Der Baubestand wächst nach wie vor, die Landreserven nehmen ab. Somit werden die schon bebauten Areale die Reserven für Neues, gleichzeitig steigen der Bodenwert und der Druck auf den Baubestand.

Von diesem Strukturwandel sind folgende Gebäudekategorien besonders betroffen:

- Bauten des (Klein-)Gewerbes und der Industrie, zum Beispiel Dorfläden [Abb. 2] oder im grösseren Massstab bereits umgenutzt Anlagen wie das Spörry Areal mit der Universität Liechtenstein in Vaduz, der Technopark in Schaan oder die ehemalige Fabrik Kirchthaler-Dürst in Triesen.
- Bauten der Landwirtschaft: Bauernhöfe [Abb. 3] oder ungenutzte Ställe und Speicher in höheren Lagen.
- Bauten für Gastronomie und Tourismus: Beispielsweise das Hotel Engel, Restaurant Alter Zoll oder Hotel Mühle.
- Bauten für öffentliche Dienstleistungen [Abb. 4]: Alte Post- und Zollgebäude oder der alte Bahnhof in Schaanwald.

Es handelt sich dabei um Bauten, die ihre ursprüngliche Funktion verloren haben und für die Weiternutzung eine zu spezifische, wenig flexible Bauweise besitzen. Aufgrund einer renditeorientierten Investitionspraxis werden diese Gebäude oft vor Ende ihrer Lebensdauer abgerissen oder ersetzt. Die nachhaltigste Architektur sei deshalb diejenige, so Uta Hassler, die überdauern kann, die neue Funktionen und Nutzungsmodelle zulasse und einfach in ihrem Unterhalt sei.⁴

Erfassen statt Abschreiben

Um einen genaueren Einblick in die Baumasse, die stoffliche Zusammensetzung und Werte dieser gefährdeten Objekte zu bekommen,

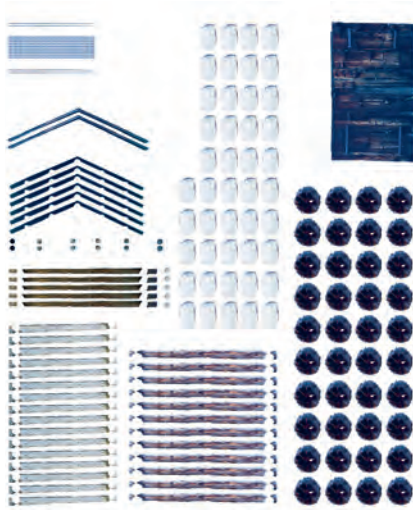
1 Angaben für die Schweiz, aus: Global Footprint Network (2016), data.footprintnetwork.org (Stand 1.6.2019)

2 EUROSTAT Abfallstatistik (2016): <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained> (Stand 18.08.2019); Corinne Wälti, João Almeida, Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.), *Ent-Sorgen? Abfall in der Schweiz illustriert*, Bern 2016.

3 Siehe dazu insbesondere die Konzepte von Michael Braungart und William McDonough in: Michael Braungart, William McDonough, *Cradle to Cradle. Re-making the Way We Make Things*, London 2009 (erste Ausgabe, New York 2002).

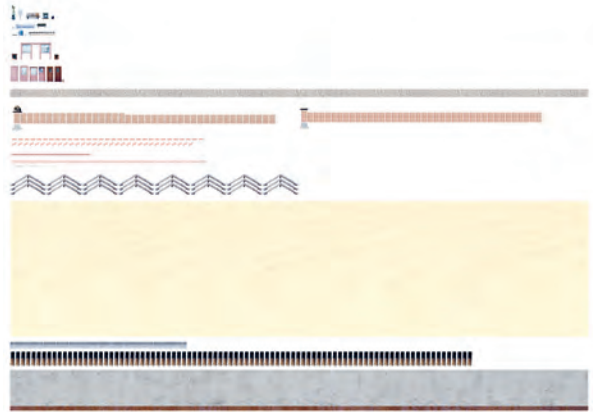
4 Siehe hierzu Uta Hassler, *Das Dauerhafte und das Flüchtige – Planungsleitbilder und die Zukunft des Bestehenden*, in Uta Hassler (Hrsg.) *Langfristabilität. Beiträge zur langfristigen Dynamik der gebauten Umwelt*. Zürich 2011.

5 Reuse harvested components elsewhere? Deconstruction of the hay barn to calculate the resources (still) bound therein. / Geerntete Bauteile anderswo wiederverwenden? Dekonstruktion des Heustadls zur Berechnung der (noch) gebundenen Ressourcen.



5

6 Inventory of building parts and materials grouped according to their volume. Deconstruction of the old railway station in Schaanwald. / Bauteil- und Baustoffinventar nach Volumen dargestellt. Dekonstruktion des alten Bahnhof Schaanwald.



6

5 From: Landesverwaltung Fürstentum Liechtenstein, Amt für Statistik (ed.) *Baustatistik 2017* www.as.llv.li, accessed 30 Oct. 2018.

6 See also: Mark Lennon, *Recycling Construction and Demolition Wastes: A Guide for Architects and Contractors*, New York 2005, www.seas.columbia.edu, accessed 8 Oct. 2018; Anders Lendager / Ditte Lysgaard Vind, *A Changemaker's Guide to the Future*, Nordhavn 2018.

7 Bea Johnson, *Zero Waste Home: The Ultimate Guide to Simplifying Your Life by Reducing Your Waste*, New York 2013.

non-recyclable or poorly recyclable materials (e. g. polystyrene) is approximately 100,000 tonnes. [Fig. 7] The approximate total value of the raw materials amounts to almost four billion Swiss francs. By contrast, roughly 35,000 tonnes of material (raw material value of 20.4 million CHF) are currently demolished and transported out of Liechtenstein each year while, at the same time, 95,000 tonnes of building materials must be purchased each year.⁵

The building stock is not only an ever-growing repository of physical raw material, but also the largest and most valuable one in the country. Construction waste and municipal waste will become our most important material resource. Downcycling or even destroying these valuable recyclable materials is a waste of resources that we can no longer afford.⁶

One-way is no way: Strategies for dealing with dismantled material

One of the currently most discussed approaches to avoiding waste (including dismantled material) is described by the principle of the 'Five R's' set out by Bea Johnson's Zero Waste initiative.⁷ By transposing this logic to the building sector, it is also possible

7 6.8 million tonnes of bound resources in Liechtenstein's building stock. Proportions of total weight: concrete (76.5%), brick (12.9%), mortar (7%), steel (3.6%), wood (1.93%), mineral wool (1.42%), etc. / 6,8 Mio. Tonnen gebundene Ressourcen in Liechtensteins Baubestand. In Gewichtanteilen der Materialien: Beton (76,5%), Ziegelsteine (12,9%), Mörtel (7%), Stahl (3,6%), Holz (1,93%), Mineralwolle (1,42%), u. a.

werden sie nachfolgend «bauanatomisch» untersucht. Dazu werden sie grafisch in ihre Einzelteile zerlegt und nach Volumen und Massen neu berechnet. Exemplarische Untersuchungsobjekte sind unter anderem ein Heustall in Triesenberg [Abb. 5], der ehemalige Bahnhof Schaanwald, [Abb. 6] ein Einfamilienhaus an der Landstrasse in Schaan und ein Industriebau in Vaduz. Dabei zeigt sich unter anderem, dass ein durchschnittliches Einfamilienhaus mit einem Bruttorauminhalt von circa 1000 m³ etwa 400 Tonnen wiegt, wobei der verbaute Stahlbeton circa 70 % dieser Masse ausmacht. Überträgt man diese Werte im Verhältnis auf die Baustatistik des ganzen Landes, kommt man auf eine geschätzte verbaute Masse von 6,8 Millionen Tonnen an Baumaterial für alle Gebäude in Liechtenstein. Das gesamte Materiallager setzt sich zusammen aus 5,2 Mio. Tonnen Stahlbeton, 0,9 Mio. Tonnen Tonziegeln, 0,5 Mio. Tonnen mineralischen Baustoffen, 0,25 Mio. Tonnen Metallen und weiteren Materialien. [Abb. 7] Das Gesamtgewicht von nicht oder schlecht wiederverwertbarer Materialien (z. B. Polystyrol) liegt bei ca. 100 000 Tonnen. Der approximative Gesamtwert der Rohstoffe ergibt knapp vier Milliarden Schweizerfranken. Heute hingegen werden pro Jahr in Liechtenstein etwa 35 000 Tonnen Material (Rohmaterialwert von 20,4 Millionen CHF) abgebrochen und ausser Landes geschafft, gleichzeitig müssen 95 000 Tonnen Baumaterial jährlich eingekauft werden.⁵

Baubestand ist nicht nur ein stetig wachsendes, sondern auch das grösste und wertvollste physische Rohstofflager im Land. Bau- und Siedlungsabfälle werden unsere wichtigste materielle Ressource. Das Downcycling oder gar die Zerstörung dieser Wertstoffe ist eine Ressourcenverschwendung, die wir uns nicht mehr leisten können.⁶

Einweg ist kein Weg: Strategien im Umgang mit Rückbaumaterial

Einer der derzeit am meisten diskutierten Lösungsansätze zur Vermeidung von Abfall (also auch Rückbaumaterial) beschreibt das Prinzip der «Fünf R's» der ZeroWaste-Initiative von Bea Johnson.⁷ Durch die Übertragung dieser Logik auf das Bauwesen kann auch ein mögliches Wertesystem zum Umgang mit Bestandsgebäuden



7

5 Aus: Landesverwaltung Fürstentum Liechtenstein, Amt für Statistik (Hrsg.) *Baustatistik 2017*, www.as.llv.li (Stand 30.10.2018).

6 Siehe auch: Mark Lennon, *Recycling Construction and Demolition Wastes. A Guide for Architects and Contractors*, New York 2005. www.seas.columbia.edu (Stand 8.10.2018). Anders Lendager, Ditte Lysgaard Vind, *A changemaker's guide to the future*, Nordhavn 2018.

7 Bea Johnson, *Zero waste home. The ultimate guide to simplifying your life by reducing your waste*, New York 2013.

8 Today's linear construction industry: construction for single use or inferior reuse. The 'cradle to grave' principle. / Lineare Bauwirtschaft heute: Bauen für den einmaligen Gebrauch oder die minderwertige Weiterverwertung. Das Prinzip «Von der Wiege zur Bahre» (*Cradle to Grave*).



8

9 The circular economy of tomorrow? From waste to supply repository, according to the 'cradle to cradle' concept developed by M. Braungart & W. McDonough. / Kreislaufwirtschaft von morgen? Vom Abfall zum Vorrat, nach dem Prinzip *Cradle to Cradle* von M. Braungart & W. McDonough.



9

to delineate a potential value system for dealing with existing buildings. The following reinterpretations are conceivable:

1. Refuse: no new construction, but retention, maintenance, and repair instead; (ownership) exchange instead of replacement; from construction to non-construction (category: protected or worthy of protection)
2. Reduce: reduced demand for land and less construction work on existing buildings: urban densification, renovation and expansion (category: worthy of retaining)
3. Reuse: dismantling, deconstruction, securing and reusing components (category: not worthy of retaining)
4. Recycle: demolition, separation of building materials, and material recycling or reprocessing
5. Rot: waste- and pollutant-free decomposition of a building (e.g. log cabin in the forest)

The smaller the changes in the source product, the better the energy balance of this process will be. Today, 80% of the demolition material is recycled and mostly reprocessed for an inferior function (downcycling), meaning that for uses that require materials of comparable quality, new building materials must be produced.

beschrieben werden. Folgende Umdeutungen wären vorstellbar:

1. Refuse (verwehren): keine Neubaumassnahmen, sondern Erhalt, Pflege und Reparatur, (Besitz-)Abtausch statt Ersatz(-bau), vom Bau zum Nichtbau (Kategorie: geschützt oder schützenswert)
2. Reduce (reduzieren): reduzierte Bodenbeanspruchung und reduzierte Baumassnahmen am Bestand: Nachverdichtung, Um- und Weiterbau (Kategorie: erhaltenswert)
3. Reuse (wiederverwenden): Rückbau, Dekonstruktion, Bauteilsicherung, Bauteilwiederverwendung (Kategorie: nicht erhaltenswert)
4. Recycle (wiederverwerten): Abbruch, Baustofftrennung und Wieder- oder Weiterverwertung
5. Rot (verrotten): abfall- und schadstofffreier Zerfall des Bauwerks (z.B. Blockhütte im Wald)

Je geringer dabei die Änderungen am Ausgangsprodukt ausfallen, desto besser ist die Energiebilanz dieses Prozesses. Heute wird 80% des Abbruchmaterials recycelt und grösstenteils in minderwertiger Funktion weiterverwertet (Downcycling), sodass für gleichwertige Materialaufgaben wieder neue Baustoffe erzeugt werden müssen. 20% des Abbruchs (etwa 7000 Tonnen pro Jahr in Liechtenstein) landet auf der Deponie oder in der Verbrennungsanlage [Abb. 8]. Mit der Zerlegung der Bauteile geht jedoch die Arbeit und das Wissen über deren Herstellung und Fügung, mit dem Recycling die Energie und Geschichte der Baustoffe verloren. Die Wieder- und Weiterverwendung sollte wenn immer möglich gegenüber dem Recycling bevorzugt werden.⁸ Sie ermöglicht:

- Kosteneinsparungen bei der Entsorgung von Altbaumaterial,
- Kosteneinsparungen bei der Beschaffung von Neubaumaterial,
- Einsparungen im Energieverbrauch bei der Produktherstellung,
- Einsparungen im Ausstoss von Abfall und Schadstoffen,
- Innovationsdruck für Wirtschaft und Architektur,
- neue Berufe und Beschäftigungsfelder.

Zirkulares Bauen und erneuerbare Architektur sind also keine idealistische Positionen, sondern suffiziente Strategien im Hinblick auf Ressourcen, Ökonomie und Ökologie [Abb. 9].⁹ Ein Produkt, das zu Abfall wird, ist ein «dummes Produkt»¹⁰, so Michael Braungart [Abb. 10]. Je früher wir in den Prozess gezielt eingreifen, desto höher ist die Nachhaltigkeit unserer Planung und desto niedriger sind die Folgekosten für Umwelt und Gesellschaft.

Einfälle statt Abfälle – Vom linearen zum zirkularen Bauen

Innovative Konzepte und Geschäftsmodelle für die Einführung einer Kreislaufwirtschaft existieren bereits in verschiedenen Ländern.¹¹

8 Siehe dazu: Julian M. Allwood, Jonathan M. Cullen (et al.), *Sustainable materials – with both eyes open*, Cambridge 2012.

9 Siehe dazu: Robert H. Crawford, *Life Cycle Assessment in the Built Environment*, London 2011. WRAP Bioregional, *Practical solutions for sustainable building construction. Reclaimed building products guide. A guide to procuring reclaimed building products and materials for use in construction projects*, www.wrap.org.uk 2008 (Stand 1.9.2019).

10 Michael Braungart, «Cradle to Cradle», Keynote, Entrepreneurship Summit Berlin 2015, youtube.com (Zugriff 24.4.2018)

11 Siehe dazu: Bill Addis, *Building with Reclaimed Components and Materials. A Design Handbook for Reuse and Recycling*, London 2006 / Walter R. Stahel, Policy for material efficiency – sustainable taxation as a departure from the throwaway society, in: *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 371 (2013) <https://doi.org/10.1098/rsta.2011.0567>

The remaining 20 % of the demolition material in Liechtenstein (roughly 7000 tonnes per year) ends up on a landfill or inside incinerators. [Fig. 8] When building components are dismantled, however, the work and the knowledge about their production and assembly are lost – and with recycling, the energy and history within the building materials are likewise lost. Reuse and repurposing ought to be preferred to recycling whenever possible.⁸ Doing so enables the following:

- cost savings from the disposal of fewer old building materials
- cost savings in the procurement of new building materials
- savings in energy consumption for making products
- reduced waste output and pollutant emissions
- impulse for business and architecture to innovate
- new occupations and fields of employment.

Circular construction and renewable architecture are therefore not idealistic positions, but strategies that suffice with respect to resources, economics, and ecology.⁹ [Fig. 9] A product that becomes waste is a ‘stupid product’¹⁰, according to Michael Braungart. [Fig. 10] The earlier we intervene in the process, the greater the sustainability of our planning and the lower the consequential costs for the environment and society will be.

8 See: Julian M. Allwood / Jonathan M. Cullen et al., *Sustainable Materials: With Both Eyes Open*, Cambridge 2012.

9 See: Robert H. Crawford, *Life Cycle Assessment in the Built Environment*, London 2011; WRAP Bioregional, *Reclaimed Building Products Guide: A Guide to Procuring Reclaimed Building Products and Materials for Use in Construction Projects*, Practical Solutions for Sustainable Construction, www.wrap.org.uk 2008, accessed 1 Sept. 2019.

10 Michael Braungart, ‘Cradle to Cradle’, keynote address, Entrepreneurship Summit Berlin 2015, [youtube.com](https://www.youtube.com/watch?v=...), accessed 24.4.2018.

11 See: Bill Addis, *Building with Reclaimed Components and Materials: A Design Handbook for Reuse and Recycling*, London 2006 / Walter R. Stahel, ‘Policy for Material Efficiency – Sustainable Taxation as a Departure from the Throwaway Society’, in: *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 371 (2013) <https://doi.org/10.1098/rsta.2011.0567>

From linear to circular construction

Innovative concepts and business models for the introduction of a circular economy already exist in various countries.¹¹ The following approaches demonstrate the extent to which they can be applied to the local (de)construction industry:

1. *Material cadastre*: Material passport and cadastre of building materials for their traceability (example: Madaster). Potential for Liechtenstein: material identity card and application for dismantling as supplement to the official building application.

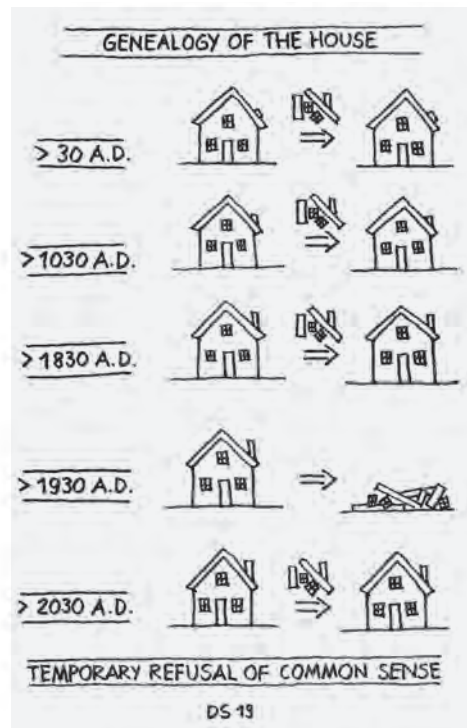
2. *Mining*: Careful dismantling of reusable and repurposable material on site by specialists for disassembly (examples: BauKarussell, rotordb.org). Potential for Liechtenstein: employment service platform to link property owners and contractors.

3. *Reconditioning and storage*: repair, refurbishment, and treatment of dismantled material (example: BAMB – Buildings as Material Banks). Potentials for Liechtenstein: regional centres for repair, refurbishment and support, with building parts repository.

4. *Commerce*: Digital platform for selling or renting building parts and materials (examples: btbbasel.ch, bauteilclick.ch, salza.ch, materium.ch, etc.). Potentials for Liechtenstein: online exchange for the sale, leasing, and insurance of building parts and materials.

10 Short-lived, non-reusable buildings as a temporary phenomenon of the 20th century. Conceptual sketch as a reinterpretation of Léon Krier's sketch 'Genealogy of the House – Temporary Refusal of the Archetype', 1988. / Kurzlebige Einwegbauwerke als temporäre Erscheinung des 20. Jahrhunderts. Thesen-skizze als Uminterpretation von Léon Krier's Skizze «Genealogy of the House – Temporary Refusal of the Archetype», 1988.

11 Buildings as material banks: Old bricks used for new construction and stored until next reuse. House 10–0412–DNA in Asse, Belgium, by BLAF architecten, 2013. / Das Bauwerk als Materialbank: Alte Ziegelsteine neu verbaut und eingelagert bis zur nächsten Wiederverwendung. Haus 10–0412–DNA in Asse, Belgien von BLAF architecten, 2013.



10

Inwiefern sie sich für die hiesige (Rück-)Bauwirtschaft anwenden lassen könnten, zeigen die folgenden Lösungsansätze:

1. *Materialkataster*: Materialpass und Kataster von Baumaterialien für deren Rückverfolgbarkeit (Beispiel: Madaster). Möglichkeit für Liechtenstein: Materialausweis und Rückbaueingabe als Zusatz bei der amtlichen Baueingabe.

2. *Abbau*: Sorgfältiger Rückbau von wieder- und weiterverwendbarem Material vor Ort durch Spezialisten für Demontage (Beispiel: BauKarussell – Beschäftigung & Kreislaufwirtschaft; rotordb.org). Möglichkeit für Liechtenstein: Arbeitsvermittlungsplattform zwischen Eigentümer und Auftragnehmer.

3. *Aufarbeitung und Lagerung*: Reparatur, Erneuerung und Veredlung von Rückbaumaterial (Beispiel: BAMB Buildings as material banks). Möglichkeiten für Liechtenstein: Regionale Reparatur-, Erneuerungs- und Beratungszentren mit Bauteillager.

4. *Handel*: Digitale Plattform für den Handel oder die Vermietung von Bauteilen und Baumaterialien (Beispiele: btbbasel.ch; bauteil-click.ch; salza.ch; matériuum.ch, etc.). Möglichkeiten für Liechtenstein: Onlinebörse für Handel, Leasing und Versicherung von Bauteilen und Baustoffen.



11

5. *Quality assurance*: Reinstallation of certified components and building materials with performance guarantee. Potentials for Liechtenstein: Establishment of regulations and legislation on matters of liability, valuation methods, and insurance products.

Thesis: Due to its small size, Liechtenstein would have the opportunity to become a test laboratory – as a (Central European) model case – and a pioneer for operating a circular economy in the construction industry. Moreover, the settlement structure possesses exemplary heterogeneity, the readiness to innovate is high, and decisions can be made quickly.

Reversing the processes – The building stock as material bank and raw material repository?

So what would it mean for construction and architecture if building materials are no longer discarded and removed from the resource cycle? What if eliminating waste leads to a recovery of resources and imports represent a growth of resources for our circular flow? How would architecture be constructed if building materials could only be stored for the life span of the building (or its function) and could be separated out when needed?

5. *Qualitätssicherung*: Wiedereinbau von zertifizierten Bauteilen und Baustoffen mit Leistungsgarantie. Möglichkeiten für Liechtenstein: Aufbau von Regelwerk und Gesetzgebung zur Frage von Haftung, Bewertungsmethoden und Versicherungsprodukten.

These: Liechtenstein hätte – dank seiner Kleinräumigkeit – die Möglichkeit als (mitteleuropäischer) Modellfall zum Testlabor und Vorreiter einer Kreislaufwirtschaft im Bauwesen zu werden. Dazu ist die Heterogenität der Siedlungsstruktur modellhaft, die Innovationsbereitschaft ist hoch und Entscheidungen können schnell gefällt werden.

Umkehr der Prozesse – Baubestand als Materialbank und Rohstofflager?

Was würde es demnach für das Bauen und die Architektur bedeuten, wenn kein Baumaterial mehr entsorgt und dem Ressourcenkreislauf entzogen werden würde? Was wäre, wenn kein Abfall eine Ressourcenrückgewinnung und Importe ein Ressourcenzuwachs für den eigenen Kreislauf bedeuten? Wie wird Architektur konstruiert, wenn Baumaterial für die Lebensdauer des Gebäudes (oder dessen Funktion) nur eingelagert und bei Bedarf wieder herausgelöst werden könnte?

Nach ökonomischen Grundsätzen würde bei einer Verknappung (oder gar dem Stopp) der Ressourcenzufuhr der Baumaterialwert steigen. Ziegelsteine beispielsweise würden vermutlich nicht mit hochfestem Mörtel vermauert. Um sie unbeschädigt rückzugewinnen, müssten sie gefügt oder mit lösbarem Mörtel verbunden werden [Abb. 11]. Bauten könnten zu Materialbanken werden, da sie als Lagerstätte zur Wertanlage würden. Anstelle von verklebtem Einwegpolystyrol würde der Wärmedämmwert zum Beispiel durch mehr Ziegelsteine oder dickere Holzkonstruktionen erreicht. Hinsichtlich Diversifizierung im schwankenden Markt aus Angebot und Nachfrage wären auch mehrfach einsetzbare Bauteile sinnvoll [Abb. 12]. Tragwerke aus Stahl würden womöglich nicht mehr geschweisst, sondern aus Standardbauteilen zusammengeschräubt.¹² [Abb. 13] Hybridmaterialien wie Stahlbeton blieben für ein solches System wirtschaftlich weniger interessant und die Herstellung von Einwegprodukten wäre nicht nur sehr teuer, sondern ihrer kurzen Lebensdauer wegen unrentabel.

Wir können davon ausgehen: Einige Prinzipien der linearen Bauwirtschaft würden bei einem Kreislaufmodell umgedreht und neu gedacht. Ökonomisch sinnvoll wären einzig Baumaterialien von hoher Lebensdauer (Dauerhaftigkeit und Qualität). Alle Bauteile müssten reparaturfähig werden, geplante Obsoleszenz wäre



12

12 Als Beispiel für die Wiederverwendung von Stahlbauteilen ohne Materialverlust durch Zuschnitte, siehe: Jan Brütting, Joseph Desruelle, Gennaro Senatore, Corentin Fivet: Design of Truss Structures Through Reuse, in: *Structures*, 18, S. 128 (2019), <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2018.11.006>



12 Building parts repository and multiplicity of meaning: Guard rails as safety barrier for vehicles are given the additional function of protecting against the weather by being used as façade elements on a multi-storey car park. If needed, they could be used again for their original function. Altstadt car park in Lucerne by Lussi + Halter Partner, 2009.

Bauteillager und Mehrfachsinn: Leitplanken als Absturzsicherung für Fahrzeuge bekommen am Parkhaus als wetterfeste Fassadenelemente eine weitere Funktion. Bei Bedarf könnten sie in ihrer ursprünglichen Funktion weiterverwendet werden. Parkhaus Altstadt in Luzern von Lussi + Halter Partner, 2009.

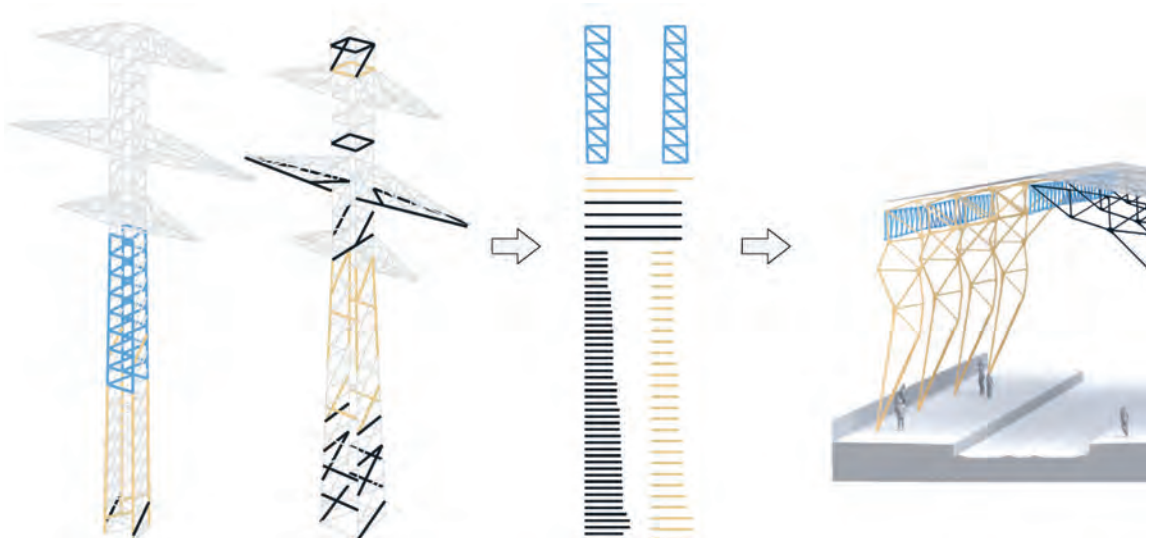
According to economic principles, a tightening of the resource input (or even a moratorium) would increase the values of building materials. Bricks, for example, would probably not be laid with high-strength mortar any more. Instead, in order to be able to recover them undamaged, they would have to be interlocked or bonded with removable mortar. [Fig. 11] Buildings could become material banks, since they would become a repository for valuable assets. Instead of bonded disposable polystyrene, the desired thermal insulating value would be achieved by using more bricks, for example, or thicker wood construction. And components that can be used multiple times would also make sense with regard to diversification in a market of fluctuating supply and demand. [Fig. 12] Structures made of steel might not be welded any more, but bolted together from standard components.¹² [Fig. 13] For such a system, hybrid materials such as reinforced concrete would still be economically less attractive, and due to their short life spans, it would be not only very expensive but also unprofitable to manufacture disposable products.

We can assume that some principles of the linear construction industry would be inverted and rethought in a circular flow model.

¹² For an example of the reuse of steel components without material loss from cutting to size, see: Jan Brütting / Joseph Desruelle / Gennaro Senatore / Corentin Fivet: 'Design of Truss Structures Through Reuse', in: *Structures*, 18, p. 128 (2019), <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2018.11.006>

13 Form follows availability: Repurposing of components from decommissioned high-voltage pylons for the roof of a railway station (Structural Xploration Lab, EPFL, 2018). From left to right: (1) Recording and taking inventory of the stock; (2) Topology optimization by means of component classification; (3) Geometrically optimized structure made of reused components.

Form Follows Availability: Weiterverwendung der Bauteile von ungenutzten Hochspannungsmasten für eine Bahnhofüberdachung (Structural Xploration Lab, EPFL, 2018), v.l.n.r.: 1. Erfassen und inventarisieren des Bestandes; 2. Topologieoptimierung durch Bauteilzuordnung; 3. Geometrisch optimiertes Tragwerk aus wiederverwendeten Bauteilen.

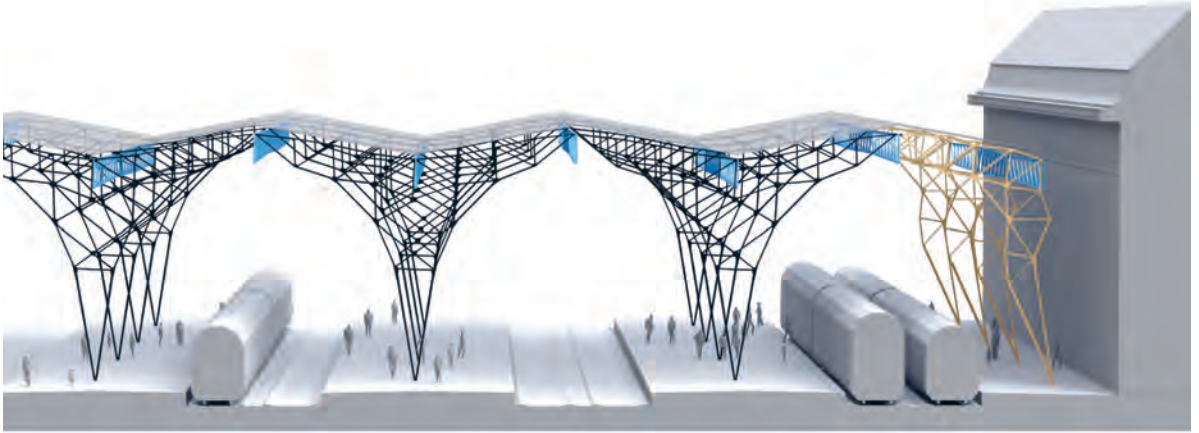


geschäftsschädigend (Reparatur statt Ersatz). Um den Kreislauf mittels Dekonstruktion und Wiederverwendung aufrecht zu erhalten, braucht es mehr Zeit, mehr Fachleute und neue Berufe (Arbeit statt Material).

Die Entscheidung gegen das Modell des Ersatzes und zugunsten der Ressourcenerhaltung wäre, so Vittorio M. Lampugnani, eine Entscheidung für das Entwerfen in der Dimension der Dauer. Bislang gäbe es für Architekten und Planer die Entscheidung zwischen zwei gegensätzlichen Modellen, «[...] zwischen dem des Ersatzes und dem der Wartung. Das erste zielt auf nicht reparierbare oder wiederverwendbare, billige und kurzlebige Gegenstände für einen festumschriebenen Gebrauch. Das zweite richtet sich auf Erzeugnisse, die auf verschiedene Weise verwendet, gerichtet, modifiziert und wiederaufbereitet werden können, einiges kosten und ein möglichst langes Leben haben.»¹³ Beides erfordert vom Entwerfer Erfindungsreichtum und Originalität, letzteres jedoch verlangt Genauigkeit, Langsamkeit und Geduld.

Dieser Beitrag basiert auf Ergebnissen des durch die Stiftung für Produktinnovation API geförderten Forschungsprojektes «Erneuerbare Architektur» und des «Research Projects» WS 2018 von Philipp Entner.

¹³ Vittorio M. Lampugnani, *Die Modernität des Dauerhaften. Essays zu Stadt, Architektur und Design*, Berlin 1995, S. 57.



13

Only building materials with a long life span would make economic sense (high durability and quality). All building parts would have to be repairable, and planned obsolescence would be bad for business (repair instead of replacement). In order to maintain the circular flow by means of deconstruction and reuse, more time, more specialists, and new vocations are needed (work instead of material).

According to Vittorio M. Lampugnani, deciding against replacement and in favour of resource conservation would be a decision for designing in the dimension of duration. Until now, architects and planners have had to choose between two antithetical production models, between that of replacement and that of maintenance. 'The former is aimed at cheap, unrepairable, and non-recyclable objects designed for a specific purpose. The latter concerns objects that can be used, mended, modified, and recycled in different ways; objects that cost more and have the longest possible life.'¹³ Both demand inventiveness and originality from the designer, but the latter calls for accuracy, slowness and patience.

13 Vittorio M. Lampugnani, *Modernity and Durability: Perspectives for the Culture of Design*, Berlin 2018 (transl. by Rodney Stringer), pp. 57–58.

This work is based on results of the WS2018 research semester project by Philipp Entner and the research project 'Renewable Architecture', which was funded by the API Foundation for Product Innovation.