

Tagungsband 2023

**Weniger.
Aber mehr daraus machen!**

**Less.
But let's make more out of it!**

BauZ!

Wiener Kongress für zukunftsfähiges Bauen
Vienna Congress on Sustainable Building

IBO Verlag

Eine Veranstaltung von:



IBO – Österreichisches Institut
für Baubiologie und -ökologie
1090 Wien, Alserbachstraße 5/8
fon: +43 (1)319 20 05 0
email: kongress@ibo.at
www.ibo.at

Förderer / Public Sponsors

 Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie



Sponsoren / Sponsors



Kooperationspartner / Cooperation Partners



Freunde / Friends



Tagungsband

**Weniger.
Aber mehr daraus machen!**

**Less.
But let's make more out of it!**

BauZ! | Wiener Kongress für zukunftsfähiges Bauen
Vienna Congress on Sustainable Building

Internationaler Kongress, 29. und 30. März 2023

IBO Verlag

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Funk-
sendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, blei-
ben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Die Inhalte der Referate stellen ausnahmslos die persönliche Meinung der ReferentInnen dar. Eine Instituts-Meinung oder -Empfeh-
lung kann nicht zwingend abgeleitet werden. Der Herausgeber weist darauf hin, dass bei Drucklegung dieses Tagungsbandes nicht
alle Beiträge vorlagen. Für die Inhalte und die Bildrechte zeichnen die jeweiligen Verfassenden verantwortlich.

© 2023 IBO Verlag, Wien

Redaktion & Lektorat: Gudrun Dorninger, Tobias Waltjen, IBO
Grafik, Layout, Gestaltung & Produktion: Gerhard Enzenberger, IBO
Umschlagsbild: RnB Pictures, Bence Szalai, BASEhabitat Projekt Haegi Wendls

ISBN 978-3-900403-54-6



Foto ©: BMK/Cajetan Perwein

Preface

Our planet's resources are finite. At the moment, though, we in Austria are living as if we had three Earths to play with. Our economic system has "waste" as its default setting – we use up valuable raw materials, turning them into products that we often dispose of not long afterwards. This is harming our environment, our natural world, and our children.

The climate crisis and its consequences are the result of this economic system, and all of us can see its ramifications: terrible storms, flooding, drought. We should therefore be in no doubt that the climate crisis has arrived in Austria too. So we now need to drive forward the energy transformation, moving away from dirty oil and gas and towards clean renewable sources.

And construction has an important part to play in this solution. The sector accounts for around a third of the world's carbon emissions, 40 per cent of its final energy needs, and over 50 per cent of its material consumption. If we are to protect the climate and our resources over the long term, the building industry of the future will need to be energy-efficient, sparing with the materials it uses, and fit for the circular economy. Every single construction project, be it an office block or a detached house, offers the opportunity to plan and build in accordance with environmental principles.

The Ministry of Climate Action is funding BauZ! as part of the "Climate-Neutral City" project and is providing comprehensive information and advice via the klimaaktiv climate protection initiative. Over the past few years, we have also been able to support countless successful research and development ventures on behalf of Austria's towns and cities. National research initiatives are paving the way for us to achieve our common goal of climate neutrality by 2040. Working together, we are writing success stories of urban design inspired by the energy, heat, and mobility transformation.

BauZ! 2023 shows us in spectacular fashion how much is already under way and what huge potential the construction sector offers. Let us continue to take more big steps together on our journey towards climate neutrality!

Leonore Gewessler

Federal Minister for Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology

Vorwort

Die Ressourcen unseres Planeten sind endlich. Derzeit leben wir in Österreich aber so, als hätten wir drei Planeten zur Verfügung. Unser Wirtschaftssystem ist auf Verschwendung programmiert – wir benutzen wertvolle Rohstoffe, stellen daraus Produkte her und entsorgen diese oft schon nach kurzer Zeit. Das geht auf Kosten unserer Umwelt, unserer Natur und unserer Kinder.

Die Klimakrise und ihre Auswirkungen sind das Resultat dieses Wirtschaftssystems. Wir alle können die Auswirkungen sehen und spüren – Unwetter, Hochwässer, Dürreperioden. Das zeigt uns klar: Die Klimakrise ist auch in Österreich angekommen. Das heißt für uns, die Energiewende weiter voranzutreiben: Raus aus dreckigem Öl und Gas und rein in die Erneuerbaren.

Die Bauwirtschaft ist hierbei ein wichtiger Teil der Lösung. Global betrachtet steht der Sektor für rund ein Drittel der CO₂-Emissionen, 40 Prozent des Endenergiebedarfs und mehr als 50 Prozent des Materialverbrauchs. Um das Klima und unsere Ressourcen dauerhaft zu schützen, muss das Bauen der Zukunft materialsparsam, energieeffizient und kreislauffähig sein. Jedes einzelne Bauprojekt, egal ob Bürogebäude oder Einfamilienhaus, bietet die Chance nach ökologischen Gesichtspunkten zu planen und zu bauen.

Das Klimaschutzministerium fördert die BauZ! im Rahmen der Initiative „Klimaneutrale Stadt“ und stellt über die Klimaschutzinitiative klimaaktiv ein umfassendes Informations- und Beratungsangebot bereit. In den vergangenen Jahren konnten wir zudem unzählige erfolgreiche Forschungs- und Entwicklungsvorhaben für Österreichs Städte unterstützen. Nationale Forschungsinitiativen sind Wegbereiter für das gemeinsame Ziel der Klimaneutralität bis 2040. Gemeinsam schreiben wir urbane Erfolgsgeschichten im Zeichen der Energie-, Wärme- und Mobilitätswende.

Die BauZ! 2023 führt uns eindrucksvoll vor Augen, wie viel bereits in Bewegung ist und welch enormes Potenzial im Bausektor liegt. Gehen wir mit großen gemeinsamen Schritten weiter in Richtung Klimaneutralität!

Leonore Gewessler

Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie



Preface

Welcome to BauZ! 2023, the 20th issue in the series of BauZ! Congresses. This year, we meet under the motto of urgency. Instead of emphasising a section of the life cycle of buildings, we say „All at once and on the spot!“

The urgency is due to actual, and even more, future shortages. Shortage is everywhere: skilled manpower, energy, (temporarily) building materials and components, and – due to inflation and increased interest rates – also money. We are running short of fertile soil and water. And, yes, to be short of inclination to change behaviours and attitudes may explain all the other shortages.

New is our venue: We are hosted by the Technical University of Vienna in their room „TUtheSky“ on top of their Plus-Energy Office High-Rise Building with a splendid view over Vienna.

A lovely tradition is, by contrast, the reception by the Embassy of Finland in Vienna on Wednesday evening.

New is a congress programme that has been shortened to two mornings. We open with circular economy and with advances with the measurement of thermal comfort. We proceed with neighbourhood development and progress with integration of eco-data into BIM software. On Thursday morning we get presentations of new constructions and materials followed by remarkable new building projects.

This short update is complemented with an unprecedented range of six workshops taking place in the afternoons. Choose from: Final presentations of large research projects (1, 4), fostering cooperation and research partnerships between Austria and Ukraine (2) and generally in Europe (6), Results of consultations with producers of a key building material (3) and an overview on renovation options (5).

We would like to express our gratitude for the generous sponsorship by the Federal Ministry for Climate Action (BMK), for the support by the Technical University Vienna, the Bau.Energie.Umweltcluster Lower Austria, baubook GmbH, Business Finland as well as Advantage Austria, the Foreign Trade Office of the Austrian Economic Chamber (WKO),

Dr. Tobias Waltjen

IBO – Austrian Institute for Healthy and Ecological Building

Vorwort

Herzlich Willkommen bei BauZ! 2023, dem 20. Kongress dieser Reihe! Der diesjährige BauZ! Kongress steht unter dem Motto der Dringlichkeit. Statt einen Abschnitt des ökologischen Lebenslaufs als Schwerpunkt herauszugreifen, sagen wir „Alles, und das sofort!“

Die Dringlichkeit ergibt sich aus akuten und mehr noch zukünftigen Knappheiten. Knapp ist alles: Fachkräfte, Energie, vorübergehend Baumaterial und Komponenten und – wegen der Inflation und den Zinsanhebungen – auch Geld. Knapp ist zunehmend fruchtbarer Boden und Wasser. Knapp ist ferner die Bereitschaft, Gewohnheiten und Denkweisen zu ändern, und ja, das könnte die übrigen Knappheiten erklären.

Neu ist unser Tagungsort: Wir sind zu Gast bei der TU Wien im Saal „TUtheSky“ des Plus-Energie-Bürohochhauses mit prächtigem Wien-Weitblick.

Schon eine schöne Tradition ist dagegen der Empfang der Botschaft von Finnland in Wien, zu dem wir am Mittwoch Abend geladen sind.

Neu ist ein auf die beiden Vormittage verkürztes Kongressprogramm. Wir eröffnen mit Kreislaufwirtschaft und mit Fortschritten bei der Messung von thermischem Komfort. Wir setzen fort mit Quartiersentwicklung und der Integration von Ökodaten in BIM Software. Am Donnerstag werden uns neue Konstruktionen und Materialien vorgestellt, zum Abschluss folgen wegweisende Bauprojekte.

Diesem knappen Update steht ein noch nie dagewesenes Angebot von sechs Workshops gegenüber. Ihnen sind die beiden Nachmittage gewidmet. Zur Wahl stehen Abschlusspräsentationen von großen Forschungsprojekten (1, 4), die Pflege der Zusammenarbeit und Forschungspartnerschaft zwischen Österreich und der Ukraine (2) und generell in Europa 6), Beratungsergebnisse mit Herstellern eines Schlüsselbaustoffs (3) und einen Überblick über Sanierungsmöglichkeiten (5).

Wir danken für die großzügige Förderung durch das Bundesministerium für Klimaschutz (BMK), die Unterstützung durch die TU Wien, den Bau.Energie.Umweltcluster Niederösterreich, die baubook GmbH, Business Finland sowie die WKO Außenwirtschaft.

Dr. Tobias Waltjen

IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie

Inhaltsverzeichnis | Table of contents

Die neue Bauproduktenverordnung 2023 The new Construction Products Regulation 2023 Rainer Mikulits, Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB)	1
From Demolition to Deconstruction and Reuse – the City of Helsinki Circular Economy Cluster: Developing Processes and Tools for Circularity in Construction Ronny Rantamäki, City of Helsinki, Circular Economy Cluster Program	3
Weniger starre Grenzen im thermischen Komfort – mehr Klimaschutz und Zufriedenheit Less Rigid Boundaries in Thermal Comfort – More Climate Protection and Contentment Thomas Zelger, FH Technikum Wien Bernhard Lipp, IBO GmbH	9
Green Diversity Linz: Von der Infrastrukturbrache zum innerstädtischen Mischquartier – Integration von Biodiversität, Energie und Wassermanagement Green Diversity Linz: From a Former Infrastructure Site to a Mixed City Quarter – Integration of Biodiversity, Energy and Water Management Martina Majcen, Tobias Weiss, AEE INTEC Susanne Formanek, Isabelle Heymerle, Stefanie Kotrba, GrünStattGrau Andreas Boden, Lukas Boß, Studio Boden Stefan Nussmüller, Mario Stefan, David Wernig, Nussmüller Architekten Harald Engelke, Andreas Frey, Peter Doppler, Chistina Ladinik, Alexej Putrih, Post AG	15
Partizipativer Klima-Transformationsfahrplan für erneuerbare Wärmebereitstellung im gasversorgten Kahlenbergerdorf A Participative Climate Transformation Roadmap as a Starting Point in the Gas-Supplied Kahlenbergerdorf Katharina Franziska Schlager, Gerhard Hofer, Sama Schoisengeier, e7 energy innovation & engineering Micha Schober, Gernot Tscherteu, realitylab	23
Die produzierende Bauwerksbegrünung – wie BIM und Pflanzen zusammenwirken könn(t)en The Producing Greening of Buildings – How BIM and Plants Can (Could) Join their Forces Bente Knoll, Agnes Renkin, B-NK GmbH Büro für nachhaltige Kompetenz Joachim Kräftner, Kräftner Landschaftsarchitektur Ralf Dopheide, Dipl.-Ing. Ralf Dopheide e.U.	27
BIMpeco – Grundlagen für das lebenszyklische Informationsmanagement von umweltrelevanten Produktdaten BIMpeco - Basics for the lifecycle information management of environmentally relevant product data Veronika Huemer-Kals, Hildegund Figl, IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie Kurt Battisti, A-NULL Development GmbH Stefan Perschy, ib-data GmbH	30
BIM4eco – Web-Tool für die automatisierte Erstellung von Ökobilanzen von Gebäuden auf Basis eines BIM-Modells BIM4eco – Web-Tool for Automatic Generation of Life Cycle Assessments of Buildings Based on a BIM Model Wolfgang Kradischnig, Ana Jugovic, Eva Bacher, DELTA Gruppe	33
Kühlpotentiale der modellprädiktiven Nachtlüftung unter Realisierung tageslichtoptimierter Beschattungen am Beispiel historischer oder denkmalgeschützter Gebäude Cooling Potentials of Model Predictive Controlled Night Ventilation in Historic and Listed Buildings with Daylight-Optimised Shading Albert Treytl, Markus Winkler; Donau Universität Krems Johann Gerstmann; Bundesverband Sonnenschutztechnik	36
Kastenfenstersanierung mit innovativen Glasprodukten Renovation of Box Windows with Innovative Glass Products Ulrich Pont, Magdalena Wölzl, Matthias Schuss, Forschungsbereich Bauphysik und Bauökologie, E259.3, TU Wien Peter Schober, Karin Hauer, Holzforschung Austria	42
Klimadecke ohne Leistungslimit: Entfeuchten, Luftmengen reduzieren und den Bestand heizen Air-Handling Ceiling Without Performance Limits: Dehumidifying, Reducing Air Exchange Rates and Heating the Existing Room Jochen Käferhaus, TB Käferhaus GmbH Maximilian Gruber, abaton GmbH	51
Fundamente aus Holz für mehrgeschoßige Gebäude Timber foundations for multistorey buildings Staffan Schartner, omniplan Stockholm	55

Baustoffe der Zukunft: Pilze als Game-Changer – Potential des Pilzmyzels bei der Dekarbonisierung des Immobiliensektors Building Materials of the Future: Fungi as a Game Changer – Potential of Fungal Mycelium in Decarbonisation in the Real Estate Industry Zuzana Zavodsky, Donau-Universität Krems	59
Respekt – Erweiterung und Adaptierung Volksschule und Mittelschule in Auerstahl Respect – Extension and adaptation elementary and secondary school in Auerstahl Andrea Dorsch, ARGE MAGK illiz Architektur	65
Haegi Wendls – Raum und Materialien weiter denken Haegi Wendls – Rethinking Space and Materials Ulrike Schwantner, BASEhabitat, Kunstuniversität Linz	70
Leuchtturm für nachhaltige Architektur: Neuer Campus im Krankenhaus der Barmherzigen Schwestern Ried Lighthouse Project of Sustainable Architecture: New Campus of the Hospital of Sisters of Charity Ried Tobias Ziegelmeyer, DELTA Gruppe	75
ReferentInnen Speakers	79

Die neue Bauproduktenverordnung 2023

The new Construction Products Regulation 2023

Rainer Mikulits, *Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB)*

Um das Ziel eines Binnenmarktes ohne Handelshemmnisse in der Europäischen Union auch für Bauprodukte zu realisieren, wurde bereits im Jahr 1988 ein erstes Harmonisierungsdokument veröffentlicht. Es handelte sich dabei um die „Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Bauprodukte“ (kurz „Bauproduktenrichtlinie“) vom Dezember 1988 – die Harmonisierung des Bauproduktenmarktes in Europa startete also bereits vor 35 Jahren. Der Bauproduktenrichtlinie war eine Lebensdauer von 23 Jahren vergönnt, bis im Jahr 2011 die EU-Bauproduktenverordnung (BPV) beschlossen wurde und Mitte 2013 in Kraft trat. Deren Lebensdauer wird jedoch deutlich kürzer sein, soll doch noch heuer eine neue Ausgabe der BPV beschlossen werden. Damit wird sich die aktuelle Bauproduktenverordnung lediglich 10 Jahre gehalten haben.

Interessant ist auch ein Vergleich des Umfanges dieser drei Generationen von europäischen Rechtsvorschriften für Bauprodukte: begnügte sich die Bauprodukten-Richtlinie aus 1988 noch mit 21 Seiten samt aller Anhänge, so waren es bei der BPV 2011 samt Anhängen bereits 59 Seiten. Der aktuelle Entwurf für die BPV 2023 hingegen umfasst mit 259 Seiten samt Anhängen ein Vielfaches des Vorgängerdokuments (siehe Tabelle 1).

Der neue Vorschlag der BPV 2023 enthält nichts radikal neues, aber substantielle Überarbeitungen und Ergänzungen. Die Kommissionsdienste waren dabei sehr ambitioniert, was leider auch dazu führte, dass die neue BPV – wie schon angedeutet – eine sehr umfangreiche Rechtsvorschrift wurde. Dies betrifft nicht nur den bereits erwähnten Umfang an Seiten des Hauptdokumentes, sondern auch die Anhänge, von denen es in der BPV 2011 fünf im Umfang von insgesamt 11 Seiten gab, in der BPV 2023 werden es hingegen sieben Anhänge mit einem Umfang von 42 Seiten sein.

Besonders auffallend ist der Unterschied zwischen diesen beiden Rechtsvorschriften im Hinblick auf die in ihnen vorgesehenen delegierten Rechtsakte. Gab es in der BPV 2011 noch 13 mögliche Fälle für delegierte Rechtsakte, so sind es im aktuellen Entwurf 2023 mit 36 möglichen delegierten Rechtsakten fast dreimal so viele. Das bedeutet, dass der Kommission ein relativ großes Poupvoir an nachträglichem Gestaltungsspielraum gegeben wird.

Am schwersten fällt aber sicher ins Gewicht, dass sich bei der BPV 2023 der Umfang der Verordnung mit 217 Seiten gegenüber der Vorgängerverordnung aus 2011, die lediglich 48 Seiten umfasste, mehr als verdreifacht hat.

Positiv kann jedoch erwähnt werden, dass sich inhaltlich grundsätzlich nicht viel verändert hat, das Ziel ist wie bisher der freie Verkehr von Bauprodukten im Binnenmarkt der EU, der durch die Schaffung harmonisierter technischer Spezifikationen gewährleistet werden soll. Dies umfasst neben den „harmonisierten europäischen Normen“ auch die insbesondere für innovative Produkte vorgesehenen Europäischen Technischen Bewertungen (European Technical Assessments – ETA). Ebenfalls gleich geblieben ist, dass neben der CE-Kennzeichnung eine Leistungserklärung ausgestellt werden muss, in der entsprechend dem „Performance Approach“ die Kennwerte („wesentlichen Merkmale“) der Produkte deklariert werden müssen.

Bei den „Grundanforderungen an Bauwerke“ wurde wenig geändert, allerdings sind es nun nicht mehr sieben Grundanforderungen, wie in der aktuellen BPV, sondern acht – neu ist die Grundanforderung „Gefährliche Emissionen von Bauwerken in die Außenumgebung“ (jetzt Grundanforderung 7), die Grundanforderung „Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen“ (bisher Grundanforderung 7) wird damit zu Grundanforderung 8. Einen Überblick über die Entwicklung der Grundanforderungen an Bauwerke in den unterschiedlichen Ausgaben der BPV gibt die Tabelle 2.

Darüber hinaus wurde der Text der BPV entsprechend den Verbesserungsvorschlägen aus diversen Berichten der EC, den Vorschlägen der REFIT-Plattform sowie des „European Green Deal“, der Renovierungswelle und einiger mehr berücksichtigt – sogar die „EU-Waldstrategie“ wird diesbezüglich erwähnt.

Wesentliche Inspirationsquellen der Überarbeitung waren auch der „Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft“ sowie das Konzept des „Digitalen Binnenmarkts“. Weiters berücksichtigt wurden auch neue Technologien, wie insbesondere der 3D-Druck. Diesbezüglich muss jedoch angemerkt werden, dass die Bestimmungen hierfür noch nicht wirklich ausgereift sind.

Tabelle 1: Entwicklung des Umfanges der BPV

	BPV 2011	BPV-Entwurf 2023	Δ
Anzahl der Artikel	68	94	+ 38 %
Seiten Text	48	217	+352 %
Seiten Annexe	11	42	+281 %
Anzahl Deleg. Rechtsakte	13	36	+177 %

Grundanf.	BPR 1988	BPV 2011	BPV-Entwurf 2023
1	Mechanische Festigkeit und Standsicherheit	Mechanische Festigkeit und Standsicherheit	Strukturelle Integrität von Bauwerken
2	Brandschutz	Brandschutz	Brandschutz von Bauwerken
3	Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz	Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz	Schutz von Arbeitnehmern, Verbrauchern und Bewohnern vor nachteiligen Auswirkungen hinsichtlich Hygiene und Gesundheit in Verbindung mit Bauwerken
4	Nutzungssicherheit	Sicherheit und Barrierefreiheit bei der Nutzung	Schutz von Arbeitnehmern, Verbrauchern und Bewohnern vor Körperverletzungen in Verbindung mit Bauwerken
5	Schallschutz	Schallschutz	Widerstandsfähigkeit gegen Schalldurchgang und Schalleigenschaften von Bauwerken
6	Energieeinsparung und Wärmeschutz	Energieeinsparung und Wärmeschutz	Energieeffizienz und thermische Leistung von Bauwerken
7		Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen	Gefährliche Emissionen von Bauwerken in die Außenumgebung
8			Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen von Bauwerken

Tabelle 2: Entwicklung der Grundanforderungen an Bauwerke

Es wurde auch versucht, im Entwurf der neuen BPV wesentliche Kritikpunkte und Mängel der aktuellen Rechtsvorschrift zu berücksichtigen bzw. zu eliminieren. Hierbei sind zu erwähnen:

- nicht ausreichend effiziente Marktüberwachung,
- nicht ausreichend realisierte Vereinfachungen der Bestimmungen,
- Mängel bei notifizierten Stellen (sowohl im Hinblick auf deren Tätigkeit, als auch hinsichtlich der Koordinierung der notifizierten Stellen),
- nicht ausreichend wirksame Vereinfachungen für KMUs,
- Probleme bei Aspekten der Digitalisierung, wie z.B. bei der digitalen Leistungserklärung,
- last but not least die noch nicht realisierte praktische Umsetzung der bisherigen Grundanforderung 7 „Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen“ (die, wie erwähnt nun zu Grundanforderung 8 wurde).

From Demolition to Deconstruction and Reuse – the City of Helsinki Circular Economy Cluster: Developing Processes and Tools for Circularity in Construction

Ronny Rantamäki, *City of Helsinki, Circular Economy Cluster Program*

Abstract

The Circular Economy Cluster in Helsinki facilitates the development of tools and processes for circularity in construction with the aim of reducing emissions while creating jobs and growth for companies.

As our biggest testbed in Helsinki, we work with an area in Vattuniemi, where commercial properties will be rezoned as residential. The existing buildings will mostly be demolished in the coming years. All the properties are privately owned, and the city has together with Motiva, the Finnish government owned sustainable development company, created a project around the future construction sites. The aim is to coordinate and facilitate cooperation of the sites through data creation and sharing, finding synergies for promoting sustainable solutions and aiming to increase deconstruction instead of demolition and find reuse cases within the different construction projects.

One important tool for creating data about the buildings is the voluntary pre-demolition audit. They can be utilized in reusing construction products and materials with the goal of retaining their existing value and even up-cycling. The contents and tools for conducting the audit are developed together with our partners. With Motiva, we are developing a data-ecosystem and a platform for testing digital solutions for gathering, improving, and sharing data.

To increase the know-how on what is possible to do with the reuse of construction products, we are conducting experiments

with materials and products. The first experiments include testing 360 pictures and online access service of pre-demolition sites and BIM-model creation from blueprints. We also have innovation challenges at our disposal, e.g., replacing cement and reusing windows and floor carpet material. We had a competition for architecture students where they planned storage facilities from repurposed materials.

We have experts on the validation of products and materials for reuse working on models for safely using deconstructed items and developing the processes involved.

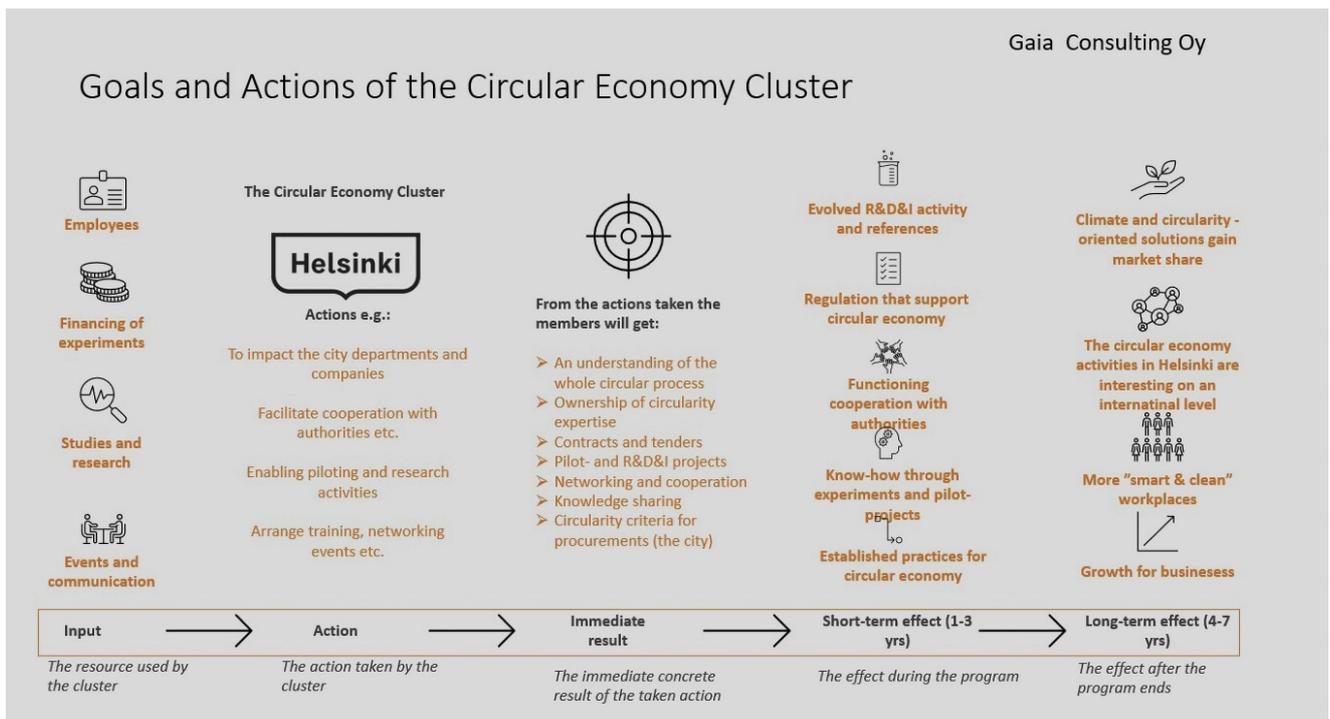
Through tackling real and identified issues we can overcome challenges and create trust for circularity in construction.

Background

The City of Helsinki Circular Economy Cluster Program

The city's strategic goals of carbon neutrality and the will to be a forerunner in sustainability functioned as drivers for the Circular Economy Cluster Program and the initial funding was part of the city's Covid-19 recovery allocation. The goal is to create jobs and growth for sustainable and circular economy-based companies and cut emissions. The main clients of the program are businesses situated or at least active in Helsinki and the city organization.

The program is set for 2021-2024 with a budget of three million euros of city money. For this initial program period, we have no external funding, but it's possible that we will investigate other



Picture 1: Circular Economy Cluster goals and actions, Gaia Consulting Oy.

models for financing the activities in the future. The cluster team consists of three full time experts and one shared expert/communications resource. We also buy external expertise and rely on partners on tech-specific issues or when otherwise necessary.

The cluster is our tool for organizing a systematic form of contact to businesses through a thematic common nominator: circularity in construction. The city has the role of an active facilitator in the initial phase. The cluster is of the classic institutional Porters triple helix model and consists of businesses mostly in the construction industry, related R&D&I and representatives of the public sector. The cluster enables the cooperation between various involved parties and the creating of ecosystems.

The pre-demolition audits

With origins in the EU Construction & Demolition Waste Management Protocol, Pre-demolition audits are in Finland a new, voluntary measure for mapping out the materials and hazardous substances in buildings to be demolished. The purpose of the surveys is to create good conditions for the appropriate use of demolition materials while preventing environmental and health risks and ensuring a high-quality demolition process in all demolition projects. The Finnish pre-demolition audit is based on EU initiated audit procedure. The aim is also to enable digital integration of the audits to material flow databases and markets. A key driver for developing the audit is Finland's objective to reach the target of 70 per cent material utilization set for construction and demolition waste in the EU Waste Directive, and there is a lot that needs to be done before that goal is reached. It's still compulsory only to do the hazardous materials audit, but voluntary to do the pre-demolition audit for which we have guides from the ministry of the environment from 2019 on. The auditor needs to have an extensive knowledge of a wide array of subjects. The voluntary audits are focused on estimating and mapping the material flows and making an inventory of reusable products. The audit can also contain recommendations on how to use materials and products. A new law is in the making, and pre-demolition audits will most likely be compulsory in the future, but to what extent is still unknown.

Developing tools for circularity

The pre-demolition audit; getting from pre-demolition to pre-deconstruction.

In one of our projects a set of pre-demolition audits were analyzed, and a summary report was made based on the results. The key findings were that the audits were of very varying quality and some even quite poorly made, so we are working on finding ways to standardize and make the auditing easier. Motiva has also made carbon footprint calculation models as additions to the audits.

The audit process needs to be cost-efficient and fast. Therefore, we're cooperating with universities, startups, and other actors to facilitate the development and use of digital solutions for creating data and information for the deconstruction/demolition/reconstruction process and for enabling an easy data-transfer API to a market for pre-used construction elements and materials.

We are also further developing the concept of the audit itself with a stronger focus on identifying potential reuse of products and materials. To keep costs reasonable, the testing process on what needs to be included or excluded in the audit, with regards to the whole process and other involved stakeholders is also being overhauled. It is important to keep in mind that safety cannot be compromised on the count of being fast and efficient, so facilitating the compulsory hazardous materials charting is equally important.

The need for know-how in deconstruction and reuse is apparent. With our partners, we are looking for ways for improving the training for auditors as well as experts working with demolition and deconstruction.

In 2022, we had an innovation challenge for using ground mineral wool as binding material in concrete, replacing cement and two new challenges for identifying materials and products are currently being prepared. The first is about finding and removing vinyl carpet, a material that is reusable when certain criteria are met. The second is about mapping and testing the opportunities provided by a digital 360 -environment of a pre-demolition site, where the next step is to test the possibilities for identifying the photographed products and materials with the help of machine learning and AI.



Picture 2: Pre-demolition audit, Ministry of the Environment

Always when producing data, we need the capability for exporting product information via API to a digital marketplace. To counteract the possibility of abuse in flexibility from authorities is through the openness of the data and easier monitoring, so that there will be less risk for illegal dumping or other cases of foul play.

Experiments and studies

We study different reuse cases through experiments. We have done and are doing experiments on the reuse of windows with and without panes, façade bricks, concrete hollow-core slabs and rejected or used wood materials from construction sites.

Together with Aalto University, we organized a competition for architecture students where they were assigned to design storage facilities for the city’s Culture and Leisure Division using reused materials. The materials and products used in the competition were from a set that was identified as the most commonly available from demolition or deconstruction sites, e.g., hollow-core slabs.

The smaller cases lay a foundation for a larger project in the Vattuniemi area in western Helsinki. Vattuniemi area with 16 properties is in the process of being rezoned from commercial to residential and several big buildings next to each-other are to be demolished. All properties are owned by private entities which provides a unique opportunity in creating trust and cooperation so that it will be possible to coordinate the demolition/deconstruction and following construction between sites.

We have identified great economic and environmental potential in creating synergies between the construction sites in logistics, tools, machines, transport, and the application of new innovative solutions. For circularity, we are exploring ways of storing and reusing materials and products in the vicinity of the source.

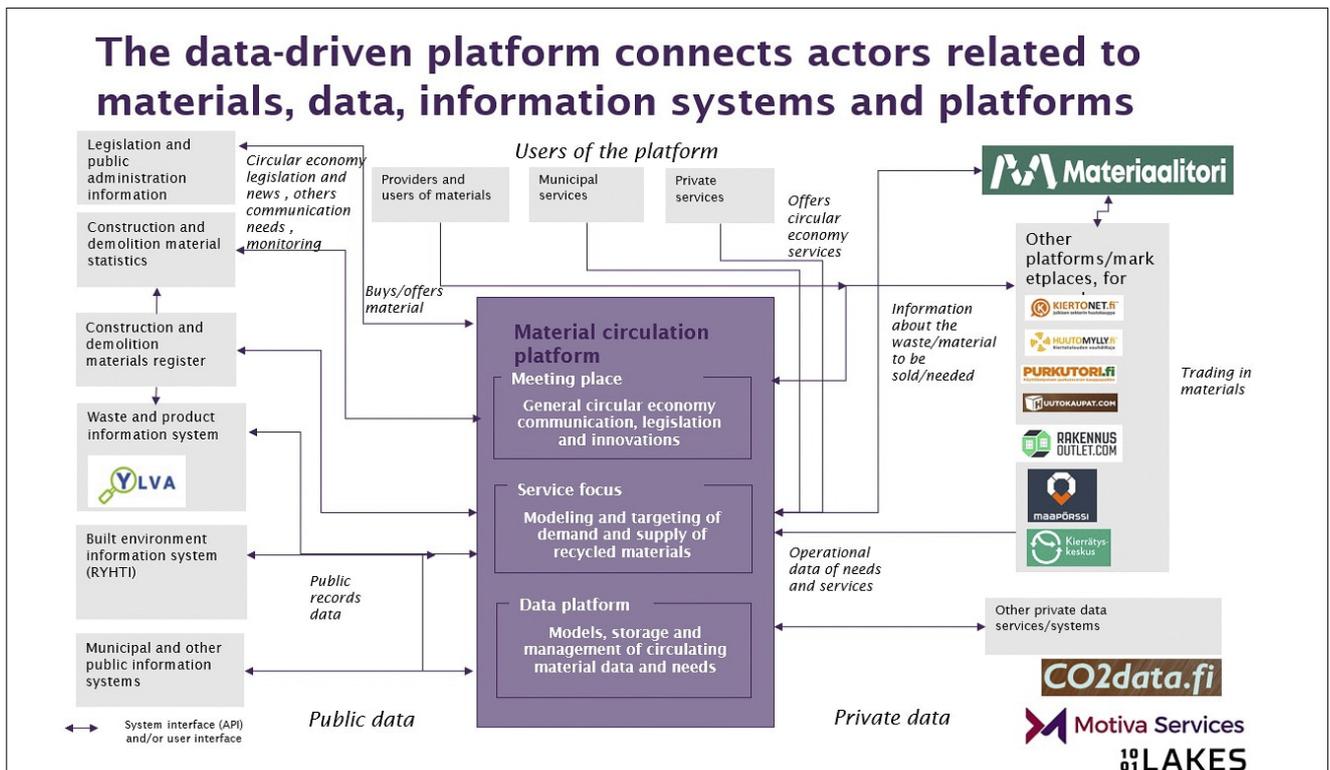
Key processes for enabling circularity

In Finland, we have ongoing revisions on the legislation related to construction and waste, which means that we are in active dialogue with the involved businesses and the government officials related to the process, mainly in the Ministry of the Environment.

Open questions for us in the law revision work are defining what is waste, mapping when a product or material at a construction site becomes waste and how storage and transportation play a role. There is also a need to understand what the implications are if a material or product gets waste status compared to not. We want to avoid getting a law that inadvertently would make reuse impossible through looking at the practical implementation of the suggested changes.

Circularity needs to become market-driven. We had an issue in Finland with CE-marking and entering the common market with new repurposed and reused products. Previously, it was interpreted as illegal to sell materials for reuse as they would need to be CE-marked again if entering the market. A go-around was that products and materials from the same site could be used, or even between sites if owned by the same entity, as the products in these cases never entered the open market. However, we engaged experts, the EU Commission, and the Ministry of the Environment in long discussions about this. In the spring of 2022, the EU Commission clarified that the mandate on this was delegated to national authorities and the Ministry of the Environment gave the OK for reuse without re-CE-marking products.

To make sure the products are usable, advancing product validation on how the reusable products can be proven safe and ready to use is one of our priority ongoing projects. The goal is to find ways to show that the product is safe to use in its intend-



Picture 3: Data-driven platform, Motiva Services Oy & 1001 Lakes Oy

ed purpose. In some cases, testing is needed and there we chart the necessary sample sizes. In others, we try to find other ways of validation.

We are also involved in new and circularity-based materials development and validation. The materials so far are clay mixed with reeds or woodchip, and rammed earth solutions.

One of the biggest challenges with the whole construction industry is fitting the existing and very leaned linear processes into a circular loop as the logic for making a profit can be very different and all the businesses have their own models and forms of *modus operandi*. In general, the lack of resilience and extra capacity or resources makes it hard to adapt to new operating models. This inflexibility leads to an inherent reluctance to change for some of the entrepreneurs.

We have addressed these issues through identifying concrete issues and nudging with small, practical approaches and exper-

iments under the notion that "One thing solved: What's next?". We have found that it is important to do the practical trials and experiments to pinpoint the real issues as it's easier to get companies and the correct people on board with a less abstract topic. At the same time, it is important to keep in mind the big picture as every small thing needs to fit together. Acknowledging that many things need to change but everything is not possible to solve all at once, doesn't mean we shouldn't keep working on it. With resolving one, or maybe a few, real identified issues at a time, we can remove barriers to change at an ever-increasing pace. Doing real things together with businesses create trust and enable bigger projects.

Collaboration through the Cluster

The first and foremost task we have is to create trust between the cluster members. Our approach in trying to achieve this, is

Specification for reused products

Table gives verification methods and requirement levels for essential characteristics in different intended uses of reused construction products. Verification may be based on original product information, visual inspection, known safe side performance, calculations or testing.

Clay masonry U-units with general purpose mortar, harmonised product standard EN 771-1+A1:2015						
Intended use	Structural use	Indoor contact	Type of structure	Essential characteristics***)	Verification methods Original product information, if available	Tabulated value, calculation, testing
cladding, non-structural	no	no	all	dimensions and tolerances	yes	measurement EN 772-16
				configuration	yes	description on holes and volume % of hole
				cleannes	no	visual inspection
				unbroken corners	no	visual inspection
				compressive strength	yes	testing EN 772-1
				water absorption	yes	testing EN 772-21
				water vapour permeability	yes	tabulated value EN 1745
freeze-thaw resistance	yes	testing SFS 7001 Annex 1, Method 1				
external wall, structural,	yes	no	all	dimensions and tolerances	yes	measurement EN 772-16
				configuration	yes	description on holes and volume % of hole
				cleannes	no	visual inspection
				unbroken corners	no	visual inspection
				compressive strength	yes	testing EN 772-1
				bond strength	yes	to be declared in the mortar DoP
				water absorption	yes	testing EN 772-21
water vapour permeability	yes	tabulated value EN 1745				
freeze-thaw resistance	yes	testing SFS 7001 Annex 1, Method 1				
internal wall, non-structure	no	yes	all	dimensions and tolerances	yes	measurement EN 772-16
				configuration	yes	description on holes and volume % of hole
				cleannes	no	visual inspection
				unbroken corners	no	visual inspection
				compressive strength	yes	testing EN 772-1
				reaction to fire	yes	A1 without testing EN 771-1 clause 5.3.11
				water absorption	yes	testing EN 772-21
release of dangerous substances	no	test method under development****)				
internal wall, structural	yes	yes	all	dimensions and tolerances	yes	measurement EN 772-16
				configuration	yes	description on holes and volume % of hole
				cleannes	no	visual inspection
				unbroken corners	no	visual inspection
				compressive strength	yes	testing EN 772-1
				bond strength	yes	to be declared in the mortar DoP
				reaction to fire	yes	A1 without testing EN 771-1 clause 5.3.11
water absorption	yes	testing EN 772-21				
release of dangerous substances	no	test method under development****)				
clay cladding panel (cut from masonry cladding)	no	no	cladding	dimensions of the panel	no	tape measure
				undamaged appearance	no	visual inspection
				compressive strength of masonry unit	yes	testing EN 772-1
				reaction to fire	no	A1 without testing EN 771-1 clause 5.3.11
				shear bond strength of the masonry unit and	no	testing EN 1052-3 with adaptation
				freeze-thaw resistance of masonry unit	yes	testing SFS 7001 Annex 1, Method 1
				freeze-thaw resistance of mortar	yes	testing SFS 7001 Annex 4, Method B with adi
strengt of the drill-fixing	no	pull-out and shear testing				

***) In addition information is needed on the original construction works, its date of construction and conditions on which construction product has been exposed.
 ****) Reused construction product needs different kind of testing for release of dangerous substances compared to new products and for the time being this classification is under development.
 Additional information on dangerous substances, impurities, pollutants and chemicals, see:

through openness and understanding the realities of the companies and different parties in the construction industry. Targeted events for architects or planners can focus on real issues and attract more people than grand visionary workshops.

We try to stay up to date on new innovations and technologies that we can introduce to applicable situations and in that way find solutions that haven't been possible before. We can even share the cost burden of implementing new solutions or ideas. We facilitate dialogue and cooperation between authorities, enterprises, research entities, industry interest groups and representatives of the education sector so that we don't necessarily have to be involved in everything ourselves.

Together with other cities and national authorities, we are working on e.g., shared criteria for calculating carbon footprints and tendering criteria for property development competitions.

Circular economy in construction cannot be publicly funded for-

ever, so finding ways to make or save money is key, as charity and common good projects can only get you so far. That's why we work with startups and organize innovation challenges. That way we, with the help of our partners, try to get new solutions market viable.

New knowledge and know-how are needed. Therefore, collaborating with universities and other entities for increasing the skill-level of architects, planners and all laborers involved in the industry is necessary.

It's necessary to collaborate widely and beyond the city or national borders to find new innovations and ideas for shared problems. Joint projects on an international level are needed for solving common market and climate/environment problems that don't stop at borders.

Requirement levels in Finnish climate conditions	Number of consignment testing*) (identical units from the same construction works and have been in same exposure conditions)	Akkreditated testing laboratory	Time needed for testing**)	Notes
	*) Number of testing is indicative, case by case consideration is recommended. Number of testing shall be as given for the case when number of consignment is smaller.		**) Time needed before testing can be started and for reporting have to be considered in addition to testing time.	
declaration of sample dimensions to be declared	3 test samples/10000 masonry units		1 day	
declaration of cleanness class	10 test samples/5000 masonry units			
declaration of unbroken corners class	10 test samples/5000 masonry units			
declaration of mean compressive strength f_{cm} , mean normalized compressive strength f_b (≥ 5 N/mm ²), category and	3 test samples/5000 category II masonry units 6 test samples/5000 category I		1 day	
declaration of mean water absorption to be declared	3 test samples/10000 masonry units		1 day	
pass	1 measurement (5 samples)/10000 masonry units		1 month	testing not necessary when masonry units have originally been in exposed climate conditions
declaration of sample dimensions to be declared	3 test samples/10000 masonry units		1 day	
declaration of cleanness class	10 test samples/5000 masonry units			
declaration of unbroken corners class	10 test samples/5000 masonry units			
declaration of mean compressive strength f_{cm} , mean normalized compressive strength f_b (≥ 5 N/mm ²), category and characteristic shear strength $f_{vk0} \geq 0,16$ N/mm ²	3 test samples/5000 category II masonry units 6 test samples/5000 category I		1 day	
declaration of mean water absorption to be declared	3 test samples/10000 masonry units		1 day	
pass	1 measurement (5 samples)/10000 masonry units		1 day	testing not necessary when masonry units have originally been in exposed climate conditions
declaration of sample dimensions to be declared	3 test samples/10000 masonry units		1 day	
declaration of cleanness class	10 test samples/5000 masonry units			
declaration of unbroken corners class	10 test samples/5000 masonry units			
declaration of mean compressive strength f_{cm} , mean normalized compressive strength f_b (≥ 5 N/mm ²), category and	3 test samples/5000 category II masonry units 6 test samples/5000 category I		1 day	
to be declared				A1 satisfies Finnish Building Code requirements in all applications
declaration of mean water absorption	3 test samples/10000 masonry units		1 day	
release class X	according to the X-classification	yes	1 month	testing not necessary when masonry unit has not been exposed to dangerous substances
declaration of sample dimensions to be declared	3 test samples/10000 masonry units		1 day	
declaration of cleanness class	10 test samples/5000 masonry units			
declaration of unbroken corners class	10 test samples/5000 masonry units			
declaration of mean compressive strength f_{cm} , mean normalized compressive strength f_b (≥ 5 N/mm ²), category and characteristic shear strength $f_{vk0} \geq 0,16$ N/mm ²	3 test samples/5000 category II masonry units 6 test samples/5000 category I		1 day	
to be declared				A1 satisfies Finnish Building Code requirements in all applications
declaration of mean water absorption	3 test samples/10000 masonry units		1 day	
release class X	according to the X-classification	yes	1 month	testing not necessary when masonry unit has not been exposed to dangerous substances
declaration of panel dimensions result of the inspection to be declared	all panels		1 day	
declaration of mean compressive strength f_{cm} , mean normalized compressive strength f_b (≥ 5 N/mm ²), category and loading direction	3 test samples/50 panels		1 day	
to be declared				A1 satisfies Finnish Building Code requirements in all applications
declaration of characteristic initial shear strength $\geq 0,16$ N/mm ²	3 test samples/50 panels		1 day	seinästä irrotetuille testinäytteille (kolmelle liimitetylle tiilelle, jotka laastilla kiinni toisissaan)
pass	1 measurement (5 samples)/50 panels		1 month	testing not necessary when masonry units have originally been in exposed climate conditions
pass (when loss of mass max 5 %)	1 measurement (3 mortar specimens from masonry)		1 month	testing not necessary when masonry units have originally been in exposed climate conditions
declaration of pull-out and shear strength (kN)	3 test samples/20 panels		1 day	testing not necessary when fixing manufacturer declares pull-out and shear resistance for clay masonry or drill-fixings are not used

Picture 4: Validation of reused materials, Rasek Consulting Oy Ltd.

Issues to be addressed next

Regulation related to environmental protection does not always go smoothly with circular economy solutions. The laws made to protect the environment and waste was something that needed to be regulated strictly and this can hinder reuse of what is traditionally regarded as waste. Luckily, it's often a matter of interpretation and no laws necessarily need be changed. An active dialogue with the proper authorities is needed.

To facilitate a circular approach in construction, we need to improve and adapt our thinking and processes in many aspects. Within the city organization we need clear and shared goals with allocated time, resources and defined tasks in the different departments and units. There needs to be an established channel for dialogue within the city, involving authority on permits etc. This is detrimental if we first encourage entrepreneurs to do something and then the city authority forbids it.

The role of the cluster outwards from the city must be resolved. Some entity should take the ownership of advancing circular economy nationally, and in things that reaches beyond Helsinki. We have been and are still forced to address many national and even EU-level issues, because there is no other entity doing this. For the future, we need to identify what is the correct party to enable and pay for the projects if the scope is clearly beyond the city.

Next steps in enabling circularity are getting liability and finance issues work for reused materials and related projects. As safe

and cost-effective deconstruction seems hard to do, at least in this initial phase, we need non-market-driven financing for experimental projects. This implies public sector funded projects and possibly ideology-driven financing.

A key problem for reuse projects from the perspective of traditional financial institutions is the liability for potential damages when deconstructing and in the future in cases of the part somehow failing. Perceived high-risk means high insurance fees which mixes poorly with the aim of keeping costs low to match the possible profits of the expensive project.

There are also still open questions about the ownership and management of construction products, and the transfer thereof. We need models for how to use these products in other than the originally intended way, so that the entity that gets the profits also shares the liability of possible problems. Now there is a clear mismatch in the allocation of cost and potential profits. The idea of a building as an urban mine is a potential approach to this issue, but there is still the up-front-costs vs. potential future value conundrum to be solved.

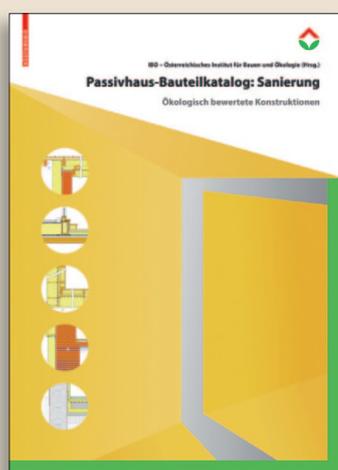
Resources

City of Helsinki Circular Economy Cluster: <https://testbed.hel.fi/en/circular-economy/>.

Motiva: <https://www.motiva.fi/en/motiva>.

Guide for pre-demolition audits, Ministry of the Environment: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161883>

IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie (Hrsg.) Passivhaus-Bauteilkatalog: Sanierung – ökologisch bewertete Konstruktionen Details for Passive Houses: Renovation – A Catalogue of Ecologically Rated Constructions



Eine ökologische Sanierung nach Passivhaus-Standard benötigt Know-how und Erfahrung. Dieses Buch ist deshalb als Planungswerkzeug konzipiert, das bestehende Lösungen systematisch aufarbeitet: Bauphysikalische, konstruktive und ökologische Fallbeispiele wurden nach der erfolgreichen Darstellungsweise des IBO Passivhaus Bauteilkatalogs einheitlich mit Regelquerschnitten und Anschlussdetails in vierfarbigen maßstäblichen Zeichnungen und zahlreichen Tabellen aufbereitet. Sie sind nach Bauaufgaben und -epochen geordnet und können leicht für die Entwicklung eigener Lösungen genutzt werden.

Das Buch ist die ideale Ergänzung zum Passivhaus Bauteilkatalog: unverzichtbar für Planer und Bauherrn, die Immobilien nachhaltig sanieren wollen.

Erschienen in deutscher und englischer Sprache.

BIRKHÄUSER 2017, 312 Seiten, gebunden, 440 Abbildungen (Farbe), 213 Tabellen (sw)
Deutsche oder englische Ausgabe: gebunden, Euro 82,19

Weniger starre Grenzen im thermischen Komfort – mehr Klimaschutz und Zufriedenheit

Less Rigid Boundaries in Thermal Comfort – More Climate Protection and Contentment

Thomas Zelger, FH Technikum Wien | Bernhard Lipp, IBO GmbH

Einleitung

Bei der ökologischen und ökonomischen Bewertung von Gebäudenkonzepten sind stets alle beeinflussenden Parameter zu berücksichtigen – sowohl sämtliche generierte Kosten, Energie-, und Materialströme als auch die Wirkung auf die Menschen, auch wenn diese nicht immer quantitativ abgebildet werden können. Gebäude sind komplexe Systeme – sie bestehen aus einer Vielzahl von Einzelkomponenten, die einander beeinflussen, sie existieren in Abhängigkeit von anderen Systemen und haben Auswirkungen darauf. Diese Auswirkungen werden unter anderem von den Umgebungsbedingungen, Gebäudeeigenschaften, dem historischen und regionalen Kontext und den Nutzenden bestimmt und beziehen sich auf die gesamte Lebensdauer eines Gebäudes und darüber hinaus.

Vor allem die eingesetzte Gebäudetechnik hat Auswirkungen auf die Menschen. Wesentlich für das Funktionieren des Systems „Gebäude“ unter energieeffizienten Gesichtspunkten ist deshalb die Einbindung der Personen, die in diesem System agieren, weil auch sehr durchdachte Steuerungskonzepte von ihnen mitgetragen werden müssen. Um ihre Bereitschaft zu fördern, aktiver Teil dieses Systems zu sein, sind Akzeptanz und Komfort im Gebäude von entscheidender Bedeutung. Hier spielt vor allem die Schnittstelle Mensch-Technik eine zentrale Rolle.

Inwiefern sich low-tech Konzepte auf die Zufriedenheit der Nutzer:innen auswirken, wurde in der Sondierungsstudie „Nutzerkomfort durch low-tech Konzepte in Gebäuden“, beauftragt vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen (BBSR) und Raumordnung (BBR) im Zeitraum 2019-22 untersucht.

Behaglichkeitsmodelle

Um thermische Behaglichkeitsgrenzen planen zu können, greift man derzeit hauptsächlich auf die Regelwerke ÖNORM EN ISO 7730 und ÖNORM EN 16798-1 als Stand der Technik zurück. Die ÖNORM EN 16798-1 ist eine Norm, die sich mit der energetischen Bewertung von Gebäuden befasst. Im speziellen geht es um die Bewertung der Behaglichkeit in Innenräumen. Die ÖNORM EN ISO 7730 ist an das Berechnungsmodell von Ole Fanger angelehnt und wurde eigentlich für klimatisierte Räume entwickelt. Die ÖNORM EN 16798-1 thematisiert den Unterschied zwischen frei belüfteten und maschinell beheizten und gekühlten Umgebungen durch die Verwendung von zwei Behaglichkeitsmodellen. Für maschinell gekühlte und klimatisierte Gebäude wird das Modell der ÖNORM EN ISO 7730 verwendet, während für frei belüftete Gebäude ein adaptives Behaglichkeitsmodell zur Anwendung kommt. Behaglichkeit bezieht sich dabei auf das Wohlbefinden der Menschen in einem Raum. Die ÖNORM EN 16798-1 definiert Behaglichkeit als einen Zustand, bei dem die thermische Umge-

bung, die Luftqualität, die Beleuchtung, die Akustik und andere relevante Faktoren so gestaltet sind, dass die Menschen sich wohl fühlen. Die EN 16798-1 gibt auch Kriterien und Empfehlungen zur Bewertung und Gewährleistung der Behaglichkeit in Innenräumen. Dazu gehören unter anderem die folgenden Parameter:

1. Raumtemperatur
2. Luftfeuchtigkeit
3. Luftqualität: Die ÖNORM EN 16798-1 definiert verschiedene Parameter zur Bewertung der Luftqualität, wie z.B. CO₂-Konzentration, VOC-Konzentration, Luftwechselrate und Partikelkonzentration.
4. Beleuchtung: Die ÖNORM EN 16798-1 gibt Empfehlungen zur Beleuchtungsstärke und Farbtemperatur.
5. Akustik: Die ÖNORM EN 16798-1 empfiehlt Maßnahmen zur Reduzierung von Lärm und Schallübertragung.

Die ÖNORM EN 16798-1 verwendet zwei unterschiedliche thermische Behaglichkeitsmodelle, die auf der Bewertung der thermischen Umgebung eines Raums basieren. Das Modell berücksichtigt 6 Basisparameter:

1. Operative Temperatur (T_{op}): Die operative Temperatur ist ein Maß für die tatsächliche thermische Umgebung, die die Menschen in einem Raum erfahren. Sie berücksichtigt die Raumtemperatur, die Oberflächentemperaturen der umgebenden Flächen und die Luftgeschwindigkeit.
2. Außentemperatur: Der gleitende Mittelwert der Außentemperatur bestimmt die Grenzen der Behaglichkeitsklassen im adaptiven Modell.
3. Luftgeschwindigkeit (v): Die Luftgeschwindigkeit beeinflusst das Wärmeempfinden der Menschen. Wenn die Luftgeschwindigkeit zu hoch ist, kann sie das Wärmeempfinden verschlechtern.
4. Relative Luftfeuchtigkeit (RH): Die relative Luftfeuchtigkeit beeinflusst das Wärmeempfinden der Menschen. Wenn die relative Luftfeuchtigkeit zu niedrig ist, kann dies zu trockenen Augen und Haut führen. Wenn sie zu hoch ist, kann dies zu einem feuchten und unangenehmen Gefühl führen.
5. Bekleidung (clo): Die Bekleidung beeinflusst das Wärmeempfinden der Menschen. Je wärmer die Bekleidung, desto höher ist die operative Temperatur, die für die thermische Behaglichkeit erforderlich ist.
6. Metabolische Rate (met): Die metabolische Rate beschreibt die Wärmeerzeugung des menschlichen Körpers, die von der körperlichen Aktivität und der Stoffwechselrate abhängt.

Das adaptive Behaglichkeitsmodell basiert auf der Idee, dass Menschen in der Lage sind, sich an Veränderungen in ihrer Umgebung anzupassen, um ein optimales Behaglichkeitsniveau zu erreichen. Dabei ist sehr wichtig, dass Personen sich typischerweise nach

der Außentemperatur kleiden und so sich auch an die Innentemperaturen anpassen. Daher ist dieses Behaglichkeitsmodell entscheidend von der „mittleren“ Außentemperatur abhängig.

Forschungsergebnisse zum Thema dynamische thermische Behaglichkeit

Im Rahmen des Forschungsprojektes FLUCCOplus – Flexibler Nutzer:innenkomfort in viertelstündlich CO₂-neutralen Plusenergiequartieren, erfolgte eine Überprüfung der Behaglichkeitsmodelle in Bezug auf dynamische Parameter zu Komfort und nutzer:innenakzeptierten Regelungskonzepten anhand von Befragungen - begleitet von physiologischen Untersuchungen – unter Labor- und Realbedingungen. Dazu wurden Untersuchungen in der sogenannten Fassadenprüfbox durchgeführt, um unter vorgegebenen Bedingungen Behaglichkeit und Komfortempfinden von 21 Testpersonen zu erheben. Es wurden dynamische Temperaturszenarien ausgewählt, die in dieser bzw. ähnlicher Form in energieflexiblen Gebäuden auftreten können und die Proband:innen zu ihrem aktuellen Empfinden befragt. Zusätzlich wurden für die Dauer der drei Erhebungstage in der Prüfbox Messungen der Herzratenvariabilität durchgeführt.

Ziel der Fassadenprüfbox-Untersuchungen war, die Grenzparameter des dynamischen Komfortmodells durch Simulation von Extremsituationen auszuloten. Durch größere Toleranzbereiche des thermischen erlaubten Komfortbereiches lassen sich die Ziele des stündlich CO₂-neutralen Gebäudes deutlich leichter und damit kosteneffizienter erreichen.

Die Auswertungen haben sehr interessante Ergebnisse gebracht. Das thermische Befinden, der thermische Komfort, die thermi-

sche Präferenz, die Bekleidung usw. wurden mittels Fragebogen erhoben.

Grundsätzlich stimmen die Bewertungen mit den bekannten Temperaturverläufen überein (Abb. 2, Abb. 3). Es ist zu erkennen, dass die Füße die höchste mittlere Raumtemperatur benötigen bis sie in die Komfortzone (PMV = - 0,5) kommen und der Kopf den Komfortbereich schon bei 26,5 °C wieder verlässt. Besonders interessant sind die Votings bezüglich Behaglichkeit. Hier zeigen die Versuche, dass sich die Personen, entgegen dem gängigen Modell, deutlich toleranter gegenüber höheren Temperaturen verhalten (Abbildung 3, Variablen ThKomfort).

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass in Richtung höhere Temperaturen eine deutlich höhere Toleranz gegeben ist, als es das Fanger-Modell (ÖNORM EN ISO 7730) unterstellt. Die Ergebnisse lassen sich gut mit dem adaptiven Komfortmodell in der ÖNORM EN ISO 16798-1 beschreiben.

Deutlich empfindlicher sind die Personen, wenn es um Temperaturen im unteren Bereich geht, wie die Abbildung 5 zeigt.

Die Versuchspersonen empfinden Temperaturen unter 20,5 °C Lufttemperatur als inakzeptabel. Auf diese Grenze muss also bei Energiesparmaßnahmen besonders geachtet werden, da Grenzüberschreitungen in diese Richtung zu großem Unmut führen würden.

Untersuchungsergebnisse zum Thema low-tech und Klimaschutz

Der im Rahmen einer Sondierungsstudie entwickelte Low Tech Readiness Indicator (LowTRI) soll die vielfältigen, sowohl Energieeffizienz als auch Nutzer:innenkomfort beeinflussenden Aspekte

Thermisches Befinden		Thermischer Komfort		Thermische Präferenz	
-3	kalt	-3	sehr unbehaglich	-3	viel kühler
-2	kühl	-2	unbehaglich	-2	kühler
-1	etwas kühl	-1	eher unbehaglich	-1	etwas kühler
0	neutral	0	neutral	0	neutral
1	etwas warm	1	eher behaglich	1	etwas wärmer
2	warm	2	behaglich	2	wärmer
3	heiß	3	sehr behaglich	3	viel wärmer

Abb. 1: Ein Auszug aus den abgegebenen Bewertungskategorien

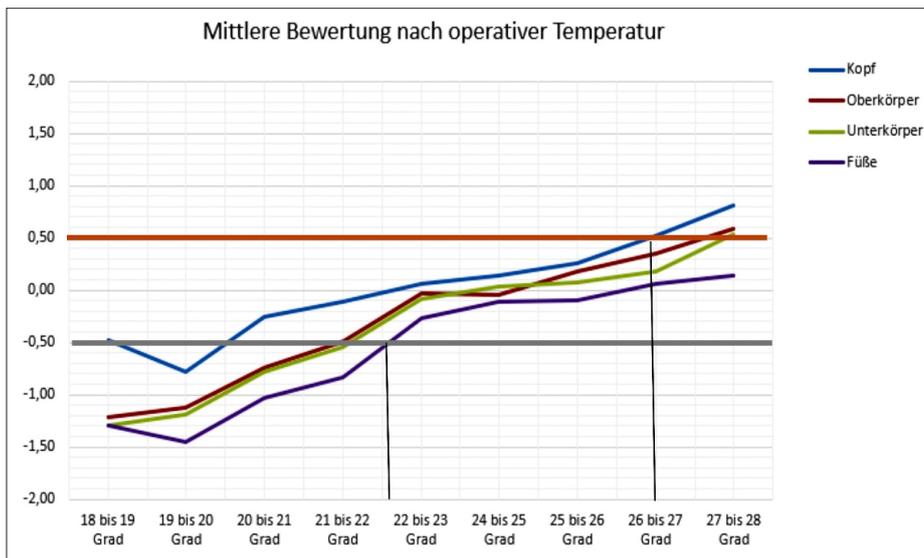


Abb. 2: Mittlere PMV-Bewertung für Kopf, Oberkörper, Unterkörper und Füße

Abb. 3: Mittlere Bewertung für die Variablen ThWohlbefinden (Fanger-Skala), ThPräferenz und ThKomfort (Behaglichkeit)

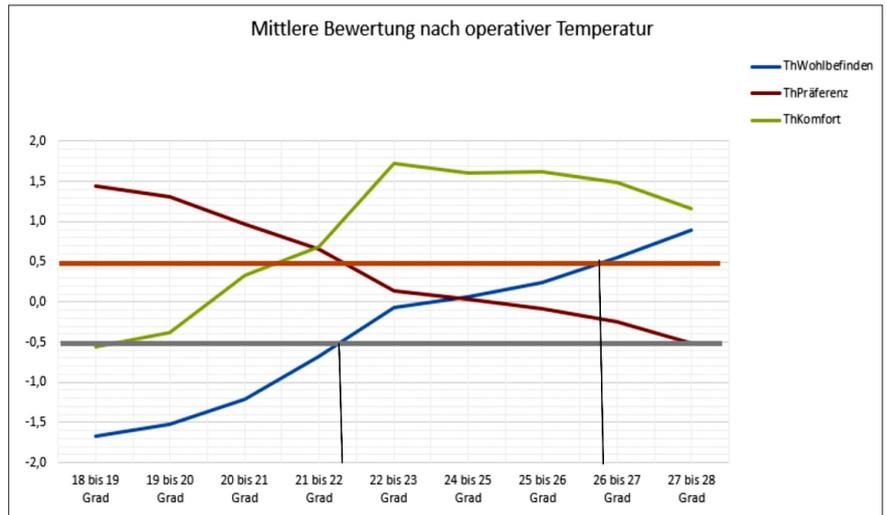


Abb.4: EN 16798-1, Anhang B1: Auslegungswerte der operativen Innentemperatur für Gebäude ohne maschinelle Kühlanlagen in Abhängigkeit vom exponentiell gewichteten gleitenden Mittelwert der Außentemperatur

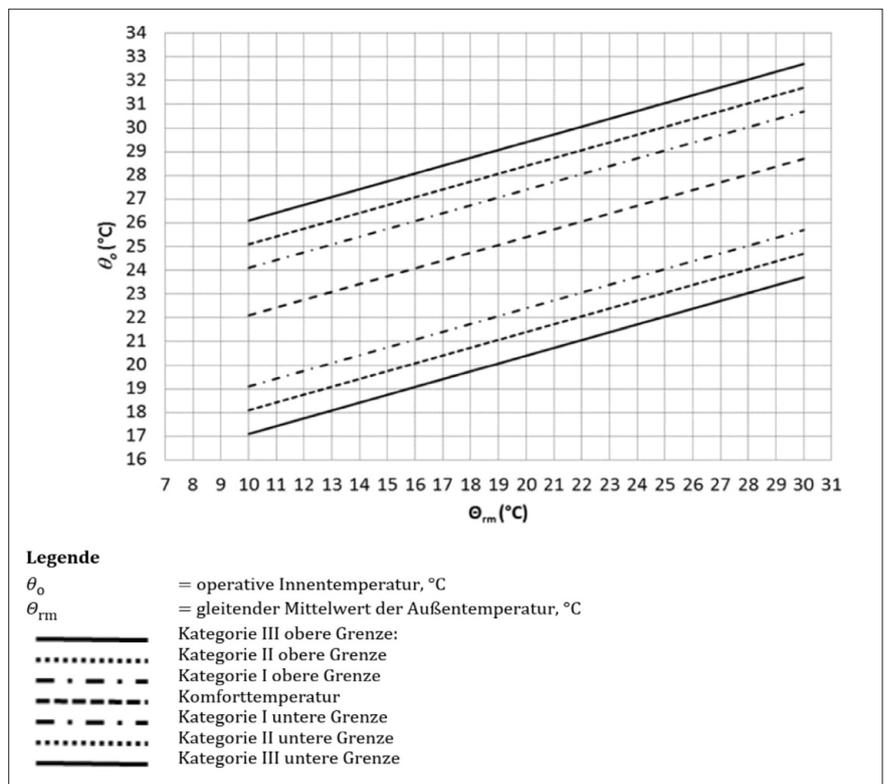
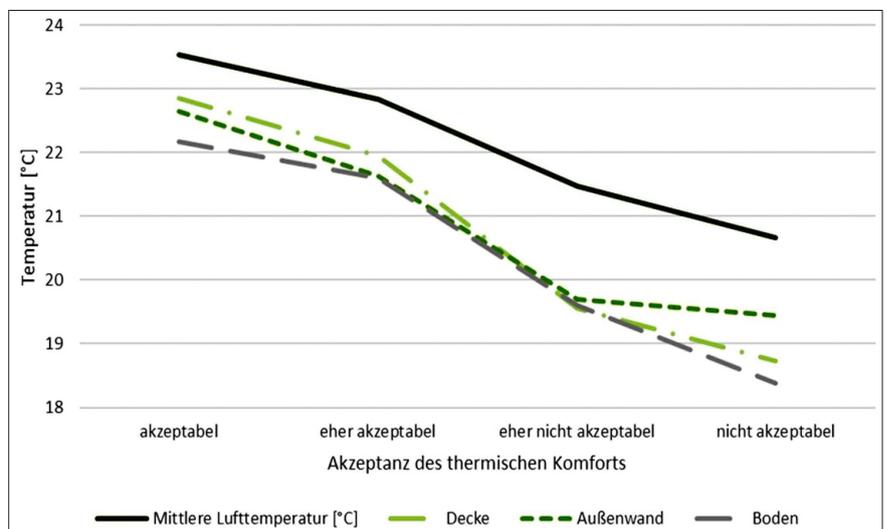


Abb.5: Vergleich der mittleren Oberflächen- und Lufttemperatur mit der Akzeptanz des thermischen Komforts aus [4].



einbinden und abbilden. Fragestellungen waren unter anderem, welchen Einfluss unterschiedliche Maßnahmen im Bereich der Gebäudeplanung und -ausstattung auf den Nutzer:innenkomfort haben. Inwiefern Nutzer:innen sowohl mit den Innenraumkonditionen wie beispielsweise dem Klima als auch mit deren Beeinflussungsmöglichkeiten zufrieden sind und sogenannte low-tech Konzepte auf Akzeptanz stoßen, wurde anhand von Raumklimamessungen und Befragungen in ausgewählten Testgebäuden erhoben.

Für die Entwicklung des LowTRI wurden Muss- und Sollkriterien sowohl für den Aufwand für die Gebäudetechnik (Herstellung, Wartung, Instandsetzung) und die Bautechnik, die Kompatibilität mit der Klimaneutralität 2040, als auch den Nutzer:innenkomfort festgelegt. Diese wurden gewichtet und ermöglichen, die Aufwände und Qualitäten einer spezifischen Gebäudeausstattung einander gegenüberzustellen.

Folgende Kriterien wurden für die Bewertung von Gebäuden insbesondere in Hinblick auf low-tech Qualitäten operationalisiert:

- Technisierungsgrad, eingesetzte Komponenten
- Regelbarkeit, Automatisierung
- Investkosten und/oder Anteil TGA
- Betriebskosten
- Instandsetzungs- und Wartungsaufwand, Wartungsintervalle, Reparierbarkeit (Lebenszykluskosten)
- Interaktionsmöglichkeit, bzw. Aufwand Nutzer:innen
- Nutzungsflexibilität/Anpassbarkeit
- Primärenergie nicht erneuerbar (PENRE), Treibhauspotential Betrieb bzw. über den gesamten Lebenszyklus
- Adaptierbarkeit an den Klimawandel
- Komfort

Ein Beispiel für die Bewertung unterschiedlicher Lösungen für die Gebäudeausstattung ist in Abbildung 6 zu sehen. Die Einstufung der Einzelmaßnahmen muss je nach systemischer Lösung zusatzbewertet werden (z.B. wenn Teilsysteme mehrere Funktionen erfüllen können (z.B. Bauteilaktivierung für Heizen und Kühlen).

Auf der Grundlage von technischen Bewertungen, der Recherche zu low-tech Konzepten und den Befragungen wurde die folgende Gesamtbewertung für nachhaltige low-tech Gebäude vorgeschlagen.

Musskriterien:

Kriterium Gebäudetechnik <= 20 %: Geringer Aufwand für Gebäudetechnik in der Herstellung, Wartung und Instandsetzung, ein geringer Komplexitätsgrad und eine robuste Gebäudetechnik sind die Voraussetzung für low-tech Gebäude.

Niedrige Energie/Klimabelastung <= 20 %: low-tech Gebäude sind nur dann zukunftsfähig, wenn sie mit der 100% Versorgung mit erneuerbaren Energieträgern, bzw. Klimaneutralität kompatibel sind.

Sollkriterien:

Abweichung Komfortgrenzen <= 40 %: Wenn die Nutzer:innen gut informiert und ein low-tech Gebäude erwarten, sind die Komfortgrenzen andere wie in high-tech Gebäuden mit Vollklimatisierung: Siehe adaptives Komfortmodell, aber auch Befragungsergebnisse und Literatur.

Aufwand Nutzer:innen „aktiv“ <= 80 %: Nutzer:innen sind in low-tech Gebäuden meist stärker gefragt und müssen „gut informiert“ sein, um das Potential des Gebäudes bezüglich Komfort und Energie/Klimabelastung ausschöpfen zu können. Eine professionelle Begleitung ist bei Bezug, aber auch während des Betriebs notwendig. Eine Abstimmung mit dem Arbeitsschutz etc. ist sinnvoll.

Kriterien informativ:

Aufwand für die Bautechnik: Dieser wird informativ angegeben. Es gibt keine Einschränkung für eine positive Einstufung eines Bauwerks als low-tech Gebäude. Dies ist vor allem der meist langen Nutzungsdauer und dem geringen Wartungsaufwand der baulichen Komponenten im Vergleich zu den gebäudetechnischen geschuldet.

Lesebeispiel Abb. 7: Projektvariante-Rechteck muss innerhalb des Muss-Ziel-Quadrats liegen und sollte auch innerhalb des Soll-Ziel-Quaders liegen. Die Grenzen zum Aufwand Nutzer:innen werden gebäudespezifisch festgelegt.

Bei der Formulierung der Grenzwerte wurde auf eine Differenzierung hinsichtlich der Rahmenbedingen Trakttiefen, Belegungsdichten, Grundrissgestaltung verzichtet. Dies gilt auch für den Einfluss des lokalen Klimas (Stadtzentrum, Land und Klimazone) auf

	LowTRI	Lüften	Heizen (mit WW)	Kühlen
high high tech	1	Komfortlüftung, raumweise CO2-geregelt	Befeuchtung, Fußbodenheizung etc.	Klimaanlage, hochkomfortable Einbringung, Flächenkühlung
high tech	0,75	Komfortlüftung, CO2-geregelt	Deckensegel (flexibel), Lüftung beheizt	Mechan. Lüftung nur hygienisch inkl. Entfeuchtung, Flächenkühlung extra (nicht Heizflächen)
middle tech	0,5	Komfortlüftung hybrid (50% Anlage, 50% Fensterlüftung)	Flächenheizung ohne Befeuchtung, Zuluftheizung	Mechan. Lüftung nur hygienisch ohne extra Entfeuchtung, Flächenkühlung mit Heizflächen
low tech	0,25	Abluftanlage zentral	Radiatoren, Niedertemperatur mit Thermostatventilen	Temperierung über Verteilung/Abgabe Heizung, Adiabate Kühlung
low low tech	0	händisch	keine Beheizung außer Beleuchtung	Fensteröffnung handgesteuert, kein Schlagregen- und Einbruchschutz

Abb. 6: Überlegungen zur Planung von low-tech Gebäuden: Idealtypische Lösungen

den Komfort, bzw. auf die erneuerbare Versorgung. Diese Rahmenbedingungen müssen in die Gewichtung der Einzelkriterien integriert werden, insofern sie nicht „automatisch“ in der Detailbewertung erfasst sind (z.B. gehen in die Komfortbewertung nach adaptiven Modell die gleitende Außenlufttemperatur in die Bewertung ein, d.h. an wärmeren Standorten sind höhere empfundene Temperaturen akzeptabel für die Erreichung einer Qualitäts-Klasse). Kein Gebäude in der obigen Darstellung kann im Bereich Energie/Klimabelastung den Grenzwert einhalten. Das ist vor allem der unzureichenden Nutzung der lokalen Energieressourcen (PV) und teilweise der ineffizienten Gebäudehülle und -technik geschuldet. Die Anforderung Gebäudetechnik wird von den Gründerzeitgebäuden, dem Gebäuden 2226 und BMU_Var3 unterschritten. Die Komfortanforderung kann von allen Gebäuden außer dem Gründerzeitgebäude eingehalten werden. Insgesamt ist keines der Gebäude ein nachhaltiges low-tech Gebäude laut der hier vorgelegten Definition. Eine Weiterentwicklung der Gebäude im Bereich Energie/Klimabelastung würde eine Reihe von low-tech-Gebäuden hervorbringen.

Schlussfolgerungen

Der LowTRI ist eine Möglichkeit zur Strukturierung und Bewertung der für den Gebäudebetrieb erforderlichen Gebäudetechnik nach dem Motto „weniger ist mehr“. Je nach Standort, Gebäudefunktion, -konstruktion und -größe, Nutz:innenprofil usw. ist eine unterschiedliche Herangehensweise gefragt. Individuell gefundene Lösungen für die jeweiligen Aufgabenstellungen sollen im Zielbereich des LowTRI (LowTech Readiness Indicators) liegen, um hohe Qualitäten auf Basis klimaverträglicher Lösungen bei

moderatem Gebäudetechnikeinsatz zu ermöglichen.

Die Ergebnisse der Sondierungsstudie dienen in erster Linie einer Überprüfung des entwickelten Erhebungswerkzeuges und können Ausgangspunkt weiterer, vertiefender Untersuchungen bestehender Bürogebäude sein. Diese Ergebnisse fließen idealerweise in künftig errichtete Gebäude ein. Vor allem in Hinblick auf die steigenden Temperaturen sind Maßnahmen gegen sommerliche Überwärmung als Beitrag zum NutzerInnenkomfort und zur Vermeidung eines hohen energetischen Kühlaufwandes zu setzen.

Literatur

- [1] ÖNORM EN 16798: Energieeffizienz von Gebäuden, Teil 1: Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik – Modul M1-6
- [2] Thomas Zelger, Daniel Bell, Bernhard Lipp, Ute Muñoz-Czerny, Ernst Gruber: Nutzerkomfort durch low-tech Konzepte in Gebäuden. Low Tech, Symposium Summer 22, TU Berlin, Tagungsband
- [3] <https://www.fluccoplus.at/>, FLUCCOplus -Flexibler NutzerInnenkomfort in stündlich CO₂-neutralen Plusenergiequartieren, 2023
- [4] Winter Marlene (2022): Thermische Messdaten und subjektive Wahrnehmungen auf Basis von Fassadenprüfboxexperimenten. Masterarbeit, FH Technikum Wien
- [5] Brandstätter Fabian (2022): Thermische Komfort in energieflexiblen Wohngebäuden – Ergebnisse aus einem experimentellen Studiensetup. Masterarbeit, FH Technikum Wien
- [6] Fabbri K. (2015): Indoor Thermal Comfort Perception. Springer International Publishing AG, Switserland
- [7] Edeltraud Haselsteiner (Hrsg.): Robuste Architektur – Lowtech Design. Edition DE-TAIL 2022

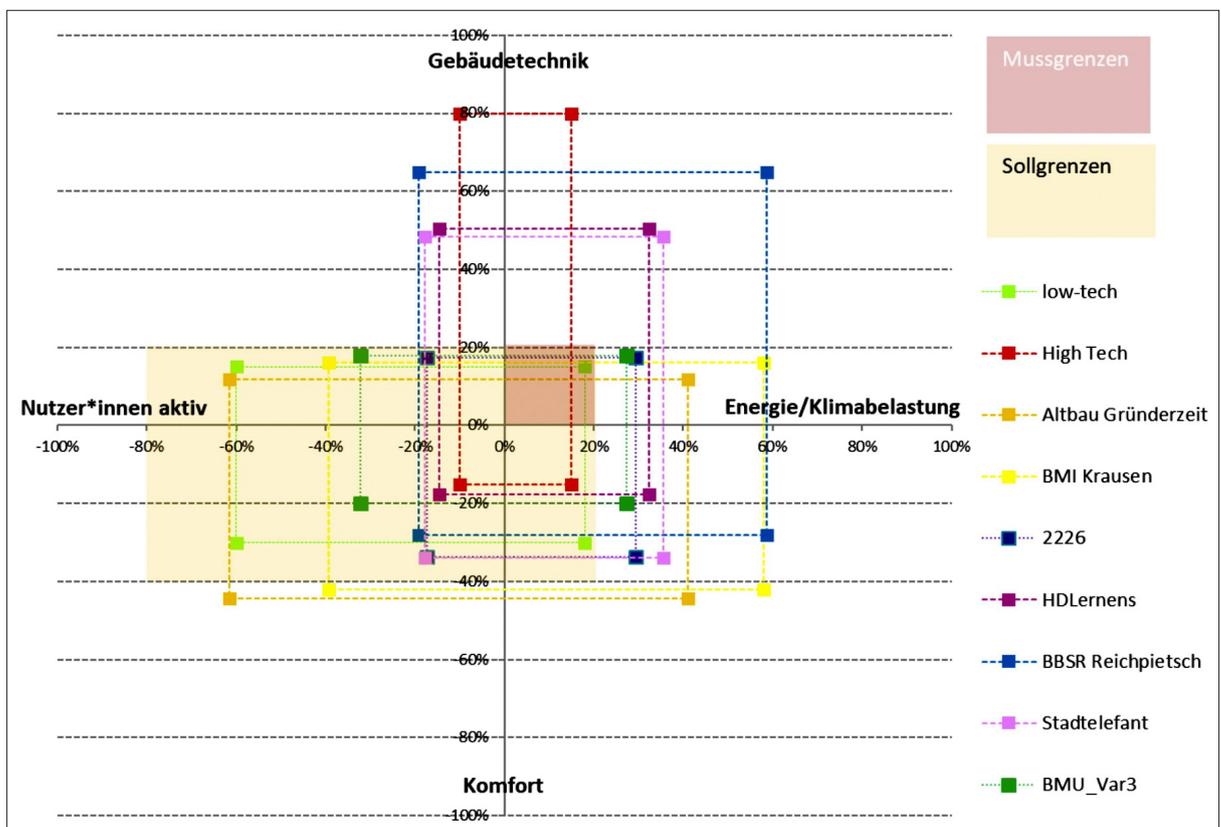


Abbildung 7: Darstellung der Bewertung der Testgebäude anhand des LowTRI



THERMISCHE BAUPHYSIK
BAUAKUSTIK | SCHALLSCHUTZ
RAUMAKUSTIK | LÄRMSCHUTZ
BAUÖKOLOGIE | MESSUNGEN | SIMULATION
GUTACHTEN | GEBÄUDEZERTIFIKATE

SPEKTRUM Bauphysik & Bauökologie

Lustenauerstr. 64, 6850 Dornbirn

T +43 (0)5572 208008

office@spektrum.co.at

www.spektrum.co.at

Green Diversity Linz: Von der Infrastrukturbrache zum innerstädtischen Mischquartier – Integration von Biodiversität, Energie und Wassermanagement

Green Diversity Linz: From a Former Infrastructure Site to a Mixed City Quarter – Integration of Biodiversity, Energy und Water Management

Martina Majcen, Tobias Weiss, *AEE INTEC* | Susanne Formanek, Isabelle Heymerle, Stefanie Kotrba, *GrünStadtGrau* | Andreas Boden, Lukas Boß, *Studio Boden* | Stefan Nussmüller, Mario Stefan, David Wernig, *Nussmüller Architekten* | Harald Engelke, Andreas Frey, Peter Doppler, Chistina Ladinik, Alexej Putrih, *Post AG*

Abstract

The former postal distribution center next to the Linz train station is presently transforming from a sealed infrastructural wasteland to a mixed-use quarter with approx. 150,000m² of gross floor space, 6000m² of public space with green areas and parks and around 13,000m² of green roofs and terraces, named "Post City Gardens".

Out of a two-stage EU-wide open general planner competition in 2019, a district with an innovative mix including office, commercial, hotel, infrastructure and residential in 11 large buildings will transform the formerly closed area into a permeable, connecting building block in the urban fabric over the next few years.

Funded by the FFG - "Stadt der Zukunft" program, an exploratory research project started in April 2022 parallel to the design phase, which offered the opportunity to go beyond the usual scope of planning and work out the integrability of quality of life, biodiversity, urban climate, water management and local renewable energy conversion into an interdisciplinary concept.

Innovative green structures were designed, and their impact on urban heat islands and the increase of microclimatic outdoor conditions was examined. Following the principles of Animal Aided Design, the creation of habitats and biodiversity-enhancing structures was planned, which can support existing species and create habitats for new species. CO₂-neutral energy supply using geothermal probes with building-integrated photovoltaics and heat recovery from wastewater, innovative synergetic energy management in the neighbourhood and rainwater management and usage based on the principle of the "sponge city" were analyzed individually and in their mutual interactions with each other. Life cycle cost analyses accompanied all measures. The final comprehensive concept forms the basis for the implementation of the results into the current Post City Gardens planning process. It shows multipliable solutions for transforming abandoned inner-city industrial and commercial areas into resilient energy- and resource-saving mixed-use neighbourhoods.

Die Post City Gardens

Das ehemalige Postverteilerzentrum neben dem Linzer Bahnhof erfährt aktuell eine grundlegende Transformation von praktisch vollständig versiegelter Infrastrukturbrache hin zu einem gemischt genutzten Quartier mit ca. 150.000m² Bruttogeschoßfläche. Im Zuge der geplanten Umwidmung wurde 2019 ein zweistufiger EU-weit offener Generalplaner:innenwettbewerb ausgeschrieben, den ein Team aus Graz um die Nussmüller Architekten ZT GmbH und Studio Boden Landschaftsarchitektur für sich entscheiden konnte. Ein Stadtteil mit innovativem Nutzungsmix aus Büro, Gewerbe, Hotel, Infrastruktur und Wohnen in 11 großvolumigen Häusern und Frei- und Grünräumen auf mehreren Ebenen, der in den nächsten Jahren in mehreren Phasen errichtet wird, verwandelt das ehemals geschlossene Areal zukünftig in einen durchlässigen, verbindenden Baustein im Stadtgefüge. Um seinem Quartiersnamen „Post City Gardens“ gerecht zu werden, sollen rund 6.000m² des öffentlichen Raums mit Grünflächen und Parks sowie zudem rund 13.000 m² begrünte Dachflächen bzw. Dachterrassen geschaffen werden.

Das Forschungsprojekt

Parallel zur Entwurfsphase des Quartieres startete im April 2022 ein FFG gefördertes Sondierungsprojekt, das die Möglichkeiten

bot über das in der Planung gewohnte Maß hinaus die Integrierbarkeit der aktuellen Themen Biodiversität, Stadtklima, Regenwassermanagement und CO₂ neutrale Energieversorgung in einem interdisziplinären Konzept zu erarbeiten. Ein Team aus Architekt:innen, Landschaftsarchitekt:innen, Wissenschaftler:innen aus dem Begrünungs-, Biodiversitäts- und Energiebereich und den Bauherr:innen arbeitete ein Jahr lang intensiv an der Entwicklung eines gesamten Maßnahmenbündels das diese Vielfalt an Themen integrativ behandelt (Abb. 1).

Als Teil eines systematischen und aufeinander abgestimmten Vorgehens wurden die Einzelmaßnahmen dabei auch auf ihre gegenseitigen Wechselwirkungen hin analysiert und Synergiepotentiale untersucht.

Bei den Themen Regenwassermanagement und erneuerbare Energieerzeugung sowie grundlegenden Festlegungen zur Biodiversitätsförderung stellte sich rasch heraus, dass eine quartiersübergreifende Betrachtung für eine sinnvolle Konzeptionierung unbedingt erforderlich ist. In drei unterschiedlichen Fokusbereichen wurden auf dieser Basis architektonische, bautechnische und landschaftsplanerische Fragestellungen zur Umsetzung der Maßnahmen detailliert behandelt und in konkrete Entwürfe formuliert.

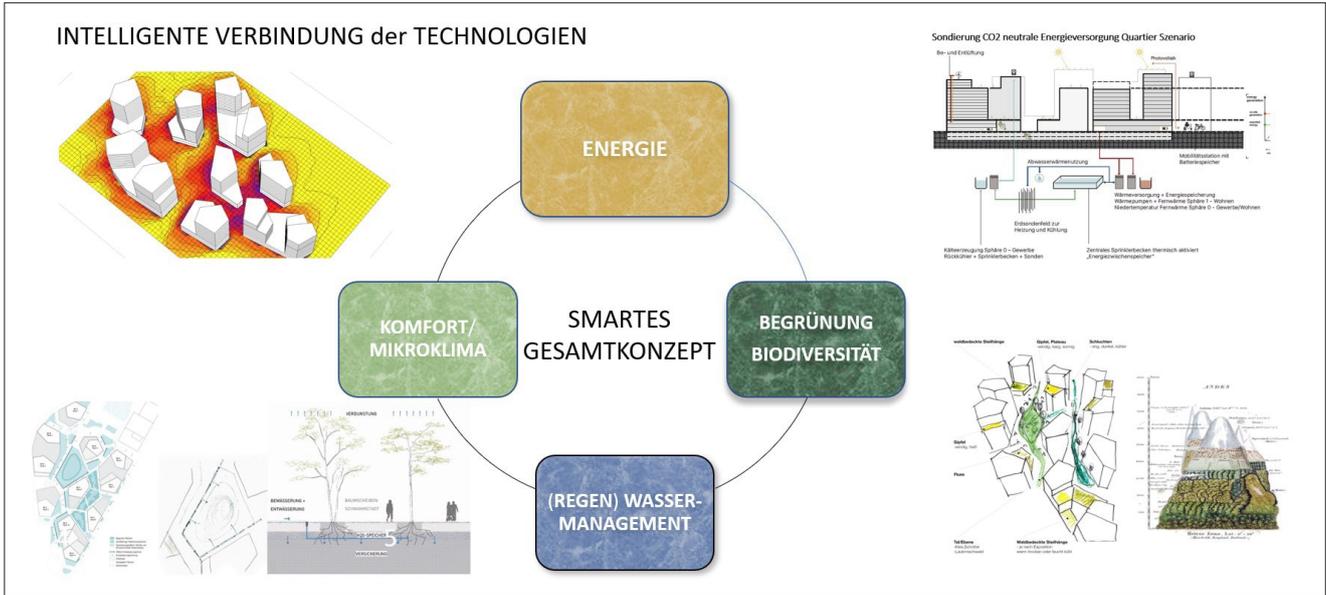


Abbildung 1: Integration der unterschiedlichen Quartiersentwicklungsthemen in ein smartes Gesamtkonzept
 Figure 1: Integration of the different neighborhood development topics into a smart overall concept

Vertikale Schichtung als Entwurfskonzept mit vielen Vorteilen

Detaillierte Analysen zu Sonneneinstrahlung, Windströmungen und Mikroklima-Simulationen ergaben, dass eine vertikale Schichtung von Begrünung und Energieproduktion einerseits für die Energieausbeute am sinnvollsten, andererseits aber auch für die Mikroklimabeeinflussung, Biodiversitätsförderung, Wirtschaftlichkeit und gegenseitiger Synergienutzung der Maßnahmen am besten geeignet ist. Die PV-Module können in den oberen Fassadenteilen am meisten Sonnenenergie umwandeln, während eine

bodennahe Begrünung den meisten Effekt auf das Mikroklima in den Aufenthaltsbereichen entfaltet. Durch den Einsatz von praktisch ausschließlich bodengebundenen Begrünungssystemen wird der notwendige Materialeinsatz und Wartungsaufwand für die Gebäudebegrünung minimiert, was sich auch positiv auf die Lebenszykluskosten, die Ökobilanz und das langfristige Gedeihen der Pflanzen auswirkt. Die Begrünung befindet sich damit zudem in den Ebenen wo sich die meisten Vögel und Insekten bewegen und kann dort ihre maximale biodiversitätsfördernde Wirkung als Nahrungsquelle und Nisthabitat erfüllen (Abb. 2).

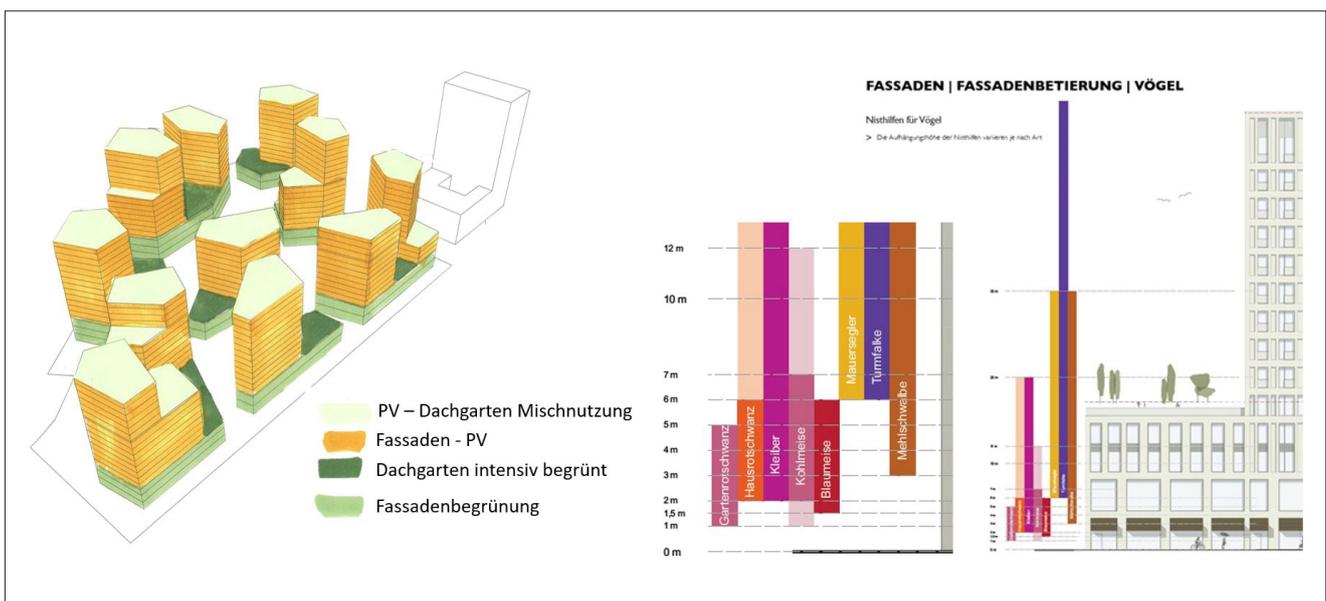


Abbildung 2: Vertikale Schichtung von Begrünung und Energiegewinnung an Gebäuden und die Habitate von Vogelarten.
 Figure 2: Vertical layering of greening and energy harvesting on buildings and vertical distribution of bird species habitat.

Begrünung und Biodiversitätsförderung zum Erhalt unserer Ökosysteme

Nicht zuletzt seit der Veröffentlichung der EU-Biodiversitätsstrategie 2030 wird Biodiversität auch in der Quartiersentwicklung nicht mehr als Randthema wahrgenommen, sondern gewinnt als einer der zentralen Punkte zur Sicherung eines dauerhaft funktionierenden Ökosystems Erde zunehmend an Bedeutung. Neben Grünräumen und -flächen können auch Fassaden und Dächer in dichten Quartieren wertvoller Lebensraum für Tiere und Pflanzen sein. Dafür wurden die fördernden Lebensraumelemente – wie Nistplätze, Sandbäder, Totholz, Steinmauern, u.a. von Anfang an in den gestalterischen Prozess des Projektes aufgenommen. Die Kernidee von Animal Aided Design (AAD) ist es, das Vorkommen von Tieren als Teil der Freiraumgestaltung integrativ zu planen. Die neu geschaffene Grüne Infrastruktur fungiert dabei als Trittsteinbiotop und vernetzt umliegende bestehende Habitate miteinander.

In der Studie wurde im Detail auf die Vernetzung des Quartiers-Grünraumes mit dem nahen „Froschberg“ eingegangen, der dem Quartier als Haupteinzugsgebiet für Fauna dient (Abbildung 3). Nisthilfen in der Fassadenbegrünung und am Biodiversitätsdach mit Totholzelementen, Wasserstellen, Lehmsubstraten für Wildbienen und Staubädern für Vögel bilden zusammen mit einer vogelfreundlichen Brüstung und quartiersseitiger Fassadenbegrünung eine attraktive Brücke für eine Vielzahl an Tierarten bis in den Quartierspark.

Für das Umsetzungskonzept wurde ein Maßnahmenkatalog zur Förderung der Biodiversität im Quartier erarbeitet, die von der Anbringung fassadenintegrierter Nisthilfen über Brutkästen in Freiräumen, Wasserstellen und Totholzbereiche für Insekten auf die lokalen Zieltierarten abgestimmt wurden. Eine Übersicht über die geplanten Maßnahmen enthält die Tabelle 1.

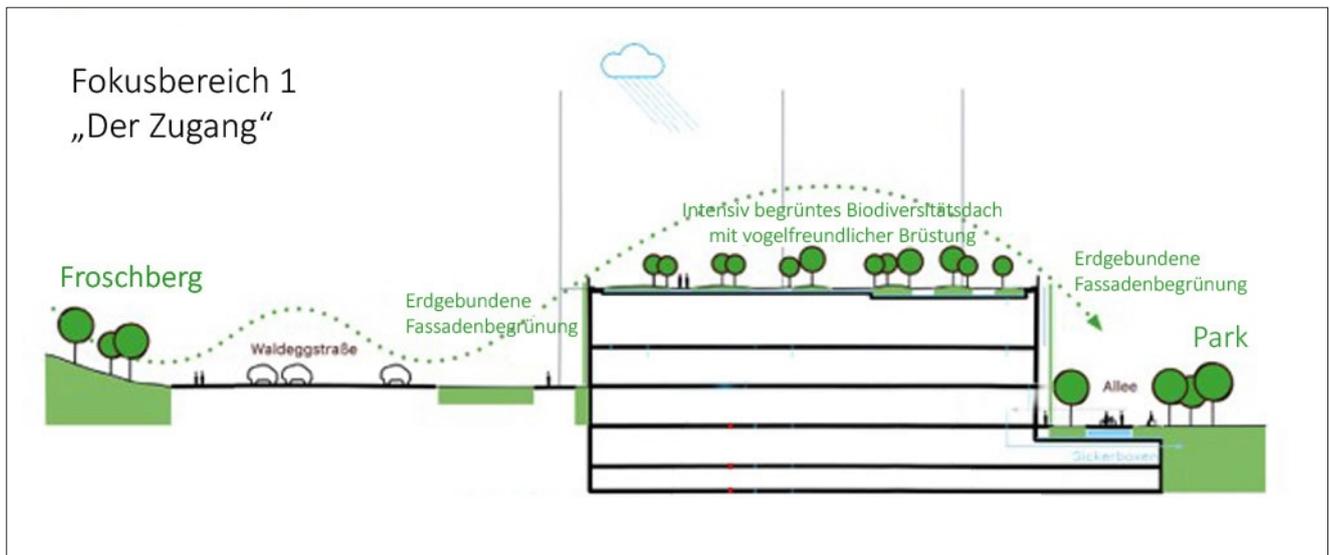


Abbildung 3: Biotopvernetzung als Grundprinzip des Animal Aided Design und Quartierszugang für Tiere.
 Figure 3: Biotope connectivity as a basic principle of Animal Aided Design and quarter access for animals.

- | | |
|---|--|
| Freiräume vernetzen, Strukturvielfalt bei Grünräumen | Standortangepasste und funktionale Bepflanzung, autochthones Saatgut |
| Fassadenquartiere für Vögel schaffen, Tierartspezifische Nistplätze integrieren | Begrünung als Nahrungsquelle, Winter-Futterstellen für Vögel |
| Zieltierarten definieren, ihre Biologie und Lebenszyklus beachten | Vogelschlag vermeiden durch angepasste Fassadenplanung |
| Biodiversitätselemente und Substratmodellierung am Gründach | Trockenrasen anlegen als „Hotspots der Artenvielfalt“ |

Tabelle 1: Übersicht über die geplanten Maßnahmen
 Table 1: Overview of planned measures

Regenwassermanagement – wertvolle Ressource mit räumlichen Herausforderungen

In der Klimawandelanpassung spielt das Management von Niederschlagswässern eine zentrale Rolle.

In den Post City Gardens wird dafür ein erheblicher Anteil der Außenanlagen unter Anwendung des Schwammstadtprinzips geplant. Dabei werden die (nicht streusalzbelasteten) Sommerwässer in einen H₂O Speicher unter den Bäumen eingeleitet, von wo sie entweder durch die Bepflanzung aufgenommen und verdunstet werden oder versickern. Neben großflächigen versickerungsfähigen Arealen und

Sickerboxen werden für massive Starkregenereignisse zusätzlich muldenartige Zonen in den Parkflächen ausgebildet, die für „Urban Flooding“ zur Verfügung stehen (Abb. 4).

Eine Berechnung der sammelbaren Gesamtmengen an Regenwasser am Grundstück incl. Abschlagsfaktoren ergab unter Anwendung der lokalen Klimadaten ein Volumen von ca. 15,2 Millionen Liter pro Jahr, die derzeit ungenutzt in Sickerboxen und Kanal verschwinden. Der Bewässerungsbedarf für sämtliche Grünanlagen incl. Fassadenbegrünung unter Berücksichtigung des natürlichen Niederschlages beläuft sich dagegen nur auf einen Bruchteil die-



Abbildung 4: Regenwassermanagement in der Vorentwurfsplanung (schwarzer Text) und zusätzlich erarbeitete Maßnahmen im Sondierungsprojekt (blauer Text).
 Figure 4: Stormwater management in the preliminary design (black text) and additional measures developed in the exploratory project (blue text).

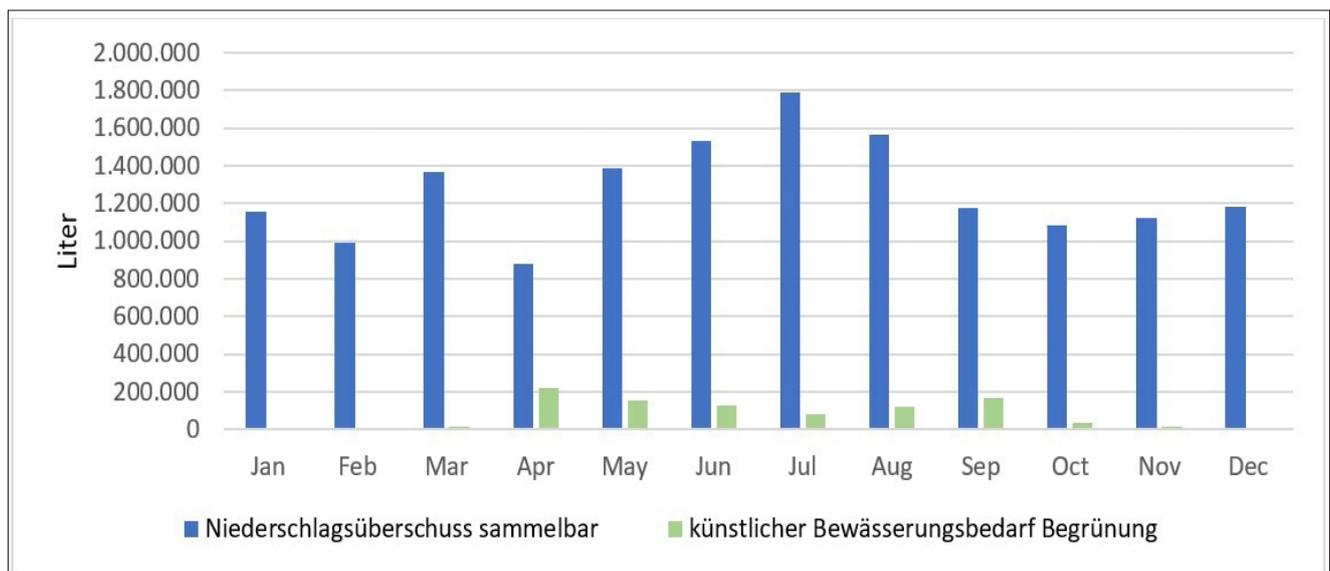


Abbildung 5: Sammelbare Regenwässer und Bewässerungsbedarf im Jahresverlauf.
 Figure 5: Collectable stormwater (blue) and irrigation demand (green) throughout the year.

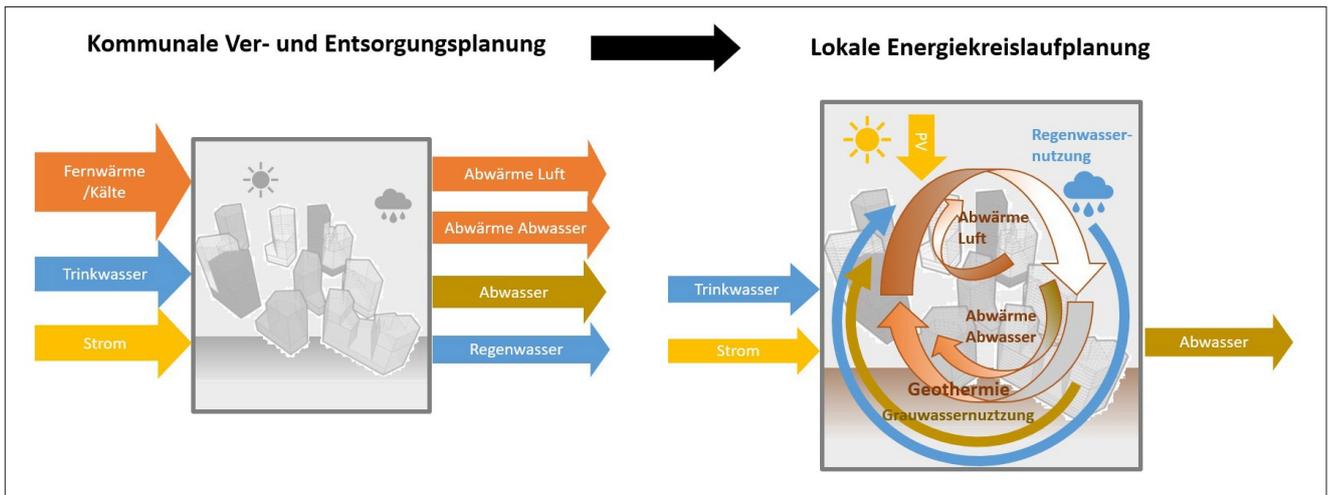


Abbildung 6 Umdenken in der Energieversorgung von Quartieren.
Figure 6: Rethinking the energy supply of neighbourhoods.

ser Menge, nämlich etwas über 900.000 Liter/Jahr. Mit dem verbleibenden Volumen könnte der Jahresbedarf an WC-Spülwasser für ca. 650 Bewohner:innen gedeckt werden (Abb 5).

Bei dermaßen dichten, meist großflächig mit Tiefgaragen unterbauten Quartieren, stellt aber vor allem der Platzbedarf für die Speicherung des diskontinuierlich anfallenden Regenwassers das größte Hindernis für die intensive Nutzung dar. In Zukunft wären hier grundstücksübergreifende Konzepte im urbanen Bereich zu untersuchen, die eine effiziente Nutzung der immer knapper und damit wertvoller werdenden Ressource Wasser ermöglichen.

Energiemanagement – von der Ver- und Entsorgung zur Kreislaufplanung mit lokalen Ressourcen

8,3 Gigawattstunden jährlicher Bedarf an Wärme, 3,6 GWh an Kälte und 6,78 GWh an Strom (ohne ev. Wärmepumpen) sind die Größenordnungen für das Gesamtquartier, die anhand von Benchmark-Werten für die aktuell vorgesehene Nutzungen ermittelt wurden.

Um das Quartier möglichst CO₂ neutral zu betreiben ist es notwendig, von der traditionellen Ver- und Entsorgungsplanung mit externer Energieversorgung in eine kreislauforientierten Energieplanung mit maximaler Nutzung der vorhandenen erneuerbaren Energiequellen am Grundstück und Minimierung der Wärmeverluste über Gebäudehülle, Abluft und Abwasser umzudenken (Abb.6).

Photovoltaik

Im ersten Schritt wurde das Stromerzeugungspotential durch Photovoltaik an Fassaden und Dächern detailliert untersucht. Durch die Hochhausgeometrie ergaben sich dabei besondere Herausforderungen: die ideal besonnten Dachflächen sind im Verhältnis zur benötigten Energie sehr klein und stehen durch Belegung mit Haustechnik nur zu einem geringen Teil für Photovoltaik zur Verfügung, während bei der großflächigen Belegung der Fassaden mit PV-Modulen vor allem ästhetische und Kostenfaktoren zu berücksichtigen sind. Die obersten Geschossdächer wurden als PV-Gründächer mit extensiver Begrünung konzipiert. Hier ist die Sonnenenergieausbeute am höchsten und die Kombination mit Begrünung dient sowohl der Regenwasserretention als

auch der Biodiversitätsförderung und adiabaten Kühlung der PV-Paneele mit entsprechender Ertragssteigerung. Nicht dichterelevante Flugdächer über den haustechnischen Anlagen mit PV-Gründach lösen die Platzprobleme.

Simulationen von unterschiedlichen Fassadenbelegungen mit Dünnschicht- und/oder monokristallinen Modulen unter Linzer Klimadaten mündeten in einem iterativen Prozess gemeinsam mit den Architekten in einen Lösungsvorschlag mit Dachmodulen und monokristallinen Fassadenmodulen innerhalb des Fensterrasters, mit dem pro Jahr ca. 1,6 GWh an elektrischer Energie produziert werden können. Damit kann etwa ein Viertel des Strombedarfes für Lüftung, Geräte und Beleuchtung selbst erzeugt werden.

Geothermie und Überlegungen zur Auslegung der Anlagen

Die Nutzung des Geothermiepotentials am Grundstück mittels eines 150 m tiefen Erdsondenfeldes unter der gesamten Tiefgarage und Anergienetz reicht knapp vollständig zur Deckung des gesamten Wärmebedarfs aus. Allerdings unter den Voraussetzungen, dass (1) max. Heiz- und Kühlleistungen nicht nach Norm ausgelegt werden und (2) kurzfristige Leistungsreserven eingeplant werden. Der limitierende Faktor einer auf Geothermie basierenden Energieversorgung ist die Leistung der Erdsonden. Auch wenn im Erdreich genug Wärme gespeichert ist, kann über die Erdsonden die Wärme nicht in unbeschränktem Ausmaß transportiert werden.

Die laut Normberechnung benötigten Heiz- und Kühlleistungen, die für die Auslegung normalerweise herangezogen werden, werden jedoch bei einer Simulation der bezogenen Leistungen im Jahresverlauf auf Basis lokaler Klimadaten deutlich unterschritten (Abb. 7). Besonders ausschlaggebend sind für die benötigten Heiz- und Kühlleistungen die angesetzten Luftwechselraten in den Bürogebäuden.

Gerade in so großen Quartieren, bei denen zum Zeitpunkt der Dimensionierung der Anlagen weder ein final fixiertes Nutzungsprofil noch ausreichend Erfahrungen mit tatsächlichen Betriebsdaten vorliegen, besteht eine hohe Gefahr, dass die Wärme- und

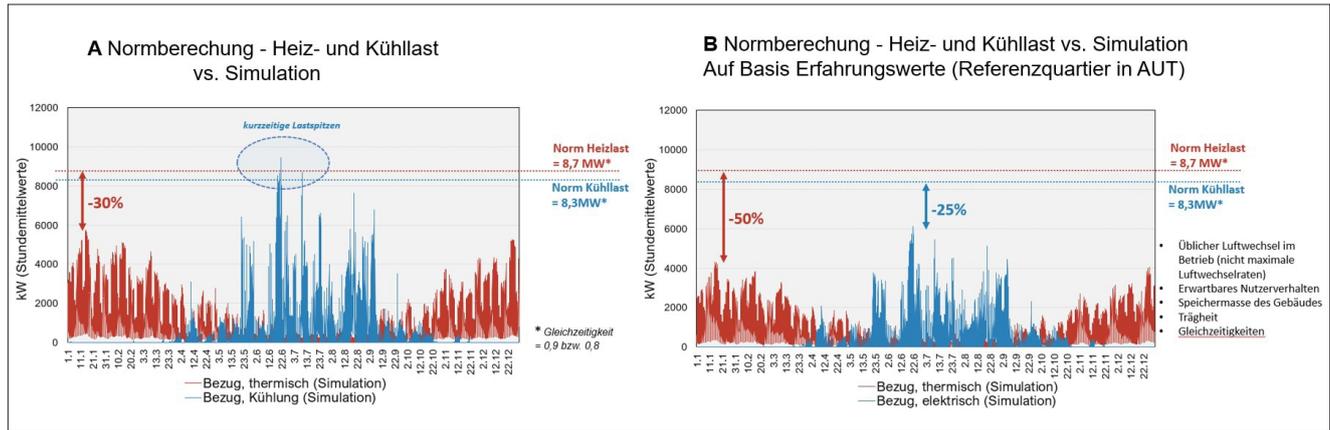


Abbildung 7 Differenz zwischen Normberechnung und Betriebssimulation bei Heiz- und Kühllasten.
Figure 7: Difference between standard calculation and operating simulation for heating and cooling loads.

Kälteversorgungsanlagen bei der risikofreien Auslegung nach Normheiz- und Kühllasten deutlich überdimensioniert werden und damit sowohl Investitions- als auch Lebenszykluskosten und Ökobilanz negativ beeinflusst werden. Die koordinierte Erhebung von tatsächlichen Verbräuchen aus solchen großen Neubau-Quartieren im Betrieb könnte dem in Zukunft entgegenwirken und für Rechtssicherheit sorgen, indem z.B. validierte Abschlagsfaktoren für die Normberechnungen für solche Quartiere in die rechtlichen Vorgaben aufgenommen werden.

In der aktuellen Planung ist auch die Bilanz zwischen Wärmeentzug im Winter und Abwärme-Einbringung aus der sommerlichen Kühlung nicht ausgeglichen, sodass weitere Wärmequellen zur Regeneration des Sondenfeldes im Sommer herangezogen werden müssen, um die Temperatur im Erdkörper langfristig stabil zu halten. Dafür können Solarkollektoren, die Abwärme aus den Gebäuden, gewerblichen Nutzungen in den unteren Geschoßen, Kanalwärme oder auch gut besonnte Wärmeabsorber in Straßen und Fassaden im Quartier zum Einsatz kommen.

Wärme aus Abwasser

Eine thermische Nutzung von Abwässern ist im Quartier auf mehreren Ebenen möglich, vom Einbau eines Wärmetauschers in Duschwannen über inhouse-Lösungen zur Wärmerückgewinnung aus Grau- oder Abwasser, bis hin zu Wärmetauschern in Sammelkanälen am Grundstück (Abb. 8). Bei den Post City Gardens ist zudem im Rahmen eines Straßenbauprojektes in unmittelbarer Nähe der Neubau eines großen Abwasserkanales geplant, was ebenfalls große Chancen zur erneuerbaren Energiegewinnung birgt. Während die technischen Lösungen bereits ausgereift sind, liegen die Schwierigkeiten in der Umsetzung solcher ökologisch sehr sinnvollen aber Grundstücks- und Eigentümerübergreifenden Anlagen, aber aktuell vor allem in den organisatorischen, rechtlichen und abrechnungstechnischen Fragestellungen. Die Abwärmenutzung aus Grauwasser ist vor allem für die Wohnnutzung interessant. Über ein Grauwasseraufbereitungssystem mit anschließendem Wärmetauscher und wärmepumpenunterstützter thermischer Nutzung für die Warmwasserbereitung könnten in den Wohnhäusern ca. 800 Megawattstunden pro Jahr unter

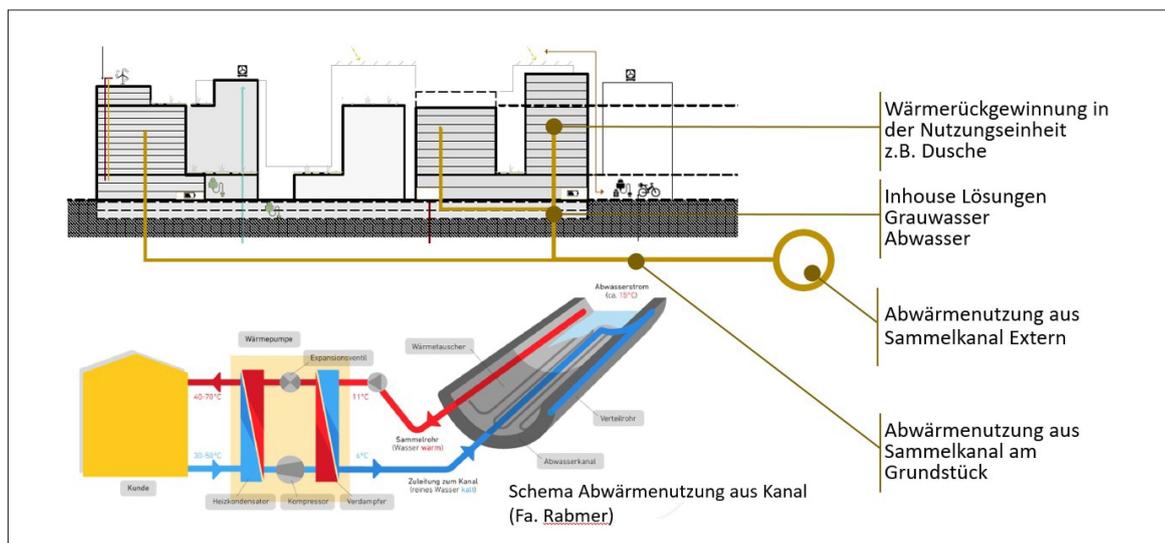


Abbildung 8 Möglichkeiten zur Abwärmenutzung aus Grau- und Abwasser.
Figure 8: Possibilities for waste heat utilization from gray and waste water.

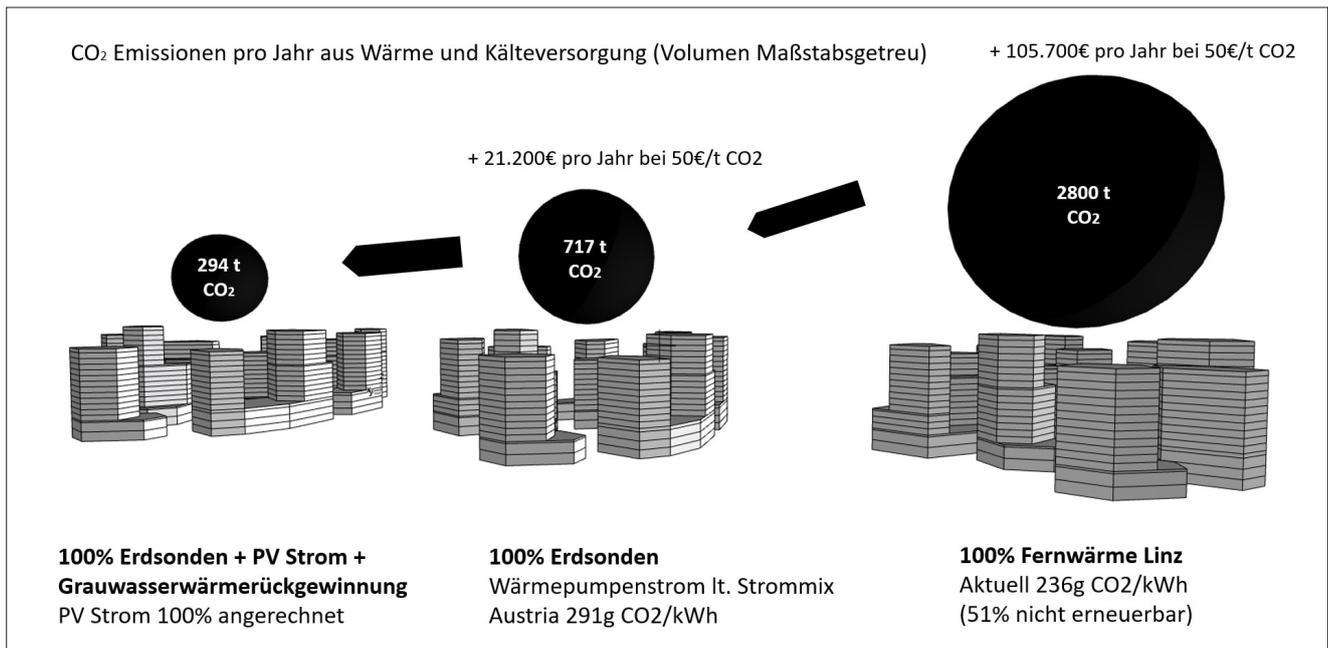


Abbildung 9: CO₂ Einsparungspotential durch die untersuchten Maßnahmen.
Figure 9: CO₂ savings potential through the measures investigated.

dem Einsatz von lediglich 153 MWh an Strom aus Grauwasser gewonnen werden. Das entspricht dem gesamten veranschlagten Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung derselben Häuser. Zusätzlich stehen im Jahr 25.000 m³ gereinigtes Grauwasser für die Nutzung z.B. in WC-Spülungen zur Verfügung. Unter der Voraussetzung dass auch das Wasser genutzt wird, wurde die Amortisationszeit mit etwa 7 Jahren berechnet.

Adiabate Abluftkühlung

Aktuelle Studien zum Einsatz der Verdunstungskühlleistung von Wasser – 0,75 kW pro verdunstetem Liter – für die Luftkühlung in Gebäuden, lassen ein sehr hohes Energie- und Kosteneinsparpotential durch den Einsatz dieser Technik vermuten (1). Der Einsatz der adiabaten Abluftkühlung ist in den Post City Gardens besonders für die Bürogebäude interessant, da hier einerseits hohe Luftwechselraten ebenso hohen Anforderungen an den thermischen Komfort gegenüberstehen, was einen hohen Energieverbrauch für die Luftkühlung nach sich zieht. Andererseits ist eine Zuluftbefeuchtung im Winter für die Bürogebäude bereits vorgesehen, die technisch auch als Hybridlösung für die Abluftbefeuchtung im Sommer ausgeführt werden kann. Eine Berechnung der konkreten Energieeinsparpotentiale erfolgt im Rahmen der weiteren Planung.

Der Weg hin zur CO₂ Neutralität

Durch die maximale Nutzung der beschriebenen untersuchten erneuerbaren Energiequellen kann der jährliche CO₂ Ausstoß aus der Wärme- und Kälteversorgung des Quartieres aktuell um fast 90 % gesenkt werden. Alleine der Umstieg von reiner Fernwärmeversorgung auf Geothermie + Anergienetz bringt derzeit eine Einsparung von 75 % des CO₂ Ausstoßes. Eine maßstabsgetreue Darstellung der entsprechenden Volumina zeigt Abbildung 9. Bei der Stromversorgung ist das Quartier aber jedenfalls auf ex-

terne Quellen angewiesen, wodurch sich eine vollständige CO₂-Neutralität nur unter der Bedingung erreichen lässt, dass der bezogene Strom zu 100 % aus erneuerbaren Quellen stammt.

Umsetzungskonzept und Übertragbarkeit

Die in der Sondierung gewonnenen Erkenntnisse wurden in einem innovativen Gesamtkonzept zusammengefasst, das sowohl Maßnahmen auf Gesamtquartiersebene als auch planerisch ausformulierte Umsetzungsempfehlungen beinhaltet. Dieses umfassende Konzept bildet die Grundlage für die Umsetzung der Erkenntnisse in der laufenden Planung. Dabei zeigte sich auch, dass sich der Zeitraum zwischen Vorentwurf und Entwurf sehr gut für eine detaillierte Auseinandersetzung mit Nachhaltigkeitsthemen in der Quartiersentwicklung eignet. Während grundsätzliche Richtungsentscheidungen bereits vor Beginn der Planungen festgelegt werden, können konkrete Berechnungen und standortangepasste Umsetzungsempfehlungen erst erarbeitet werden, wenn bereits wichtige Einflussparameter wie Gebäude- und Freiraumgeometrien, Flächenkennwerte und Nutzungen im Vorentwurf geplant wurden.

Die erarbeiteten Maßnahmenkataloge sowie Handlungsempfehlungen mit der ganzheitlichen Betrachtung von Begrünung, Energiegewinnung, Biodiversitätsförderung und Aufenthaltsqualität und deren Integration auf dem begrenzt verfügbaren Fassaden-, Dach- und Außenraum stellen multiplizierbare Lösungen für die Transformation von innerstädtischen Industrie- und Gewerbeflächen in resiliente energie- und ressourcenschonende zukunftsfähige Quartiere dar.

Quellen

(1) TU Berlin: Abschlussbericht „HighTech-LowEx: Energieeffizienz Berlin Adlershof 2020“ Teil 8 Energieeffiziente Gebäude, BMWi Förderkennzeichen 03ET1038A und 03ET1038B, 144 S., Berlin, 2014.



Behaglichkeit für alle Fälle

Gesunde Raumluf

Mehr Wohlbefinden mit Komfortlüftung und schadstoffarmen Produkten.

Ausgezeichnete Bauprodukte

Baubiologisch geprüft, bauphysikalisch sinnvoll, Qualität gesichert.

Schimmelfrei

Hygienisch einwandfreie Wohnverhältnisse schaffen.

www.IBO.at

Lehrgänge Forschung Behaglichkeit
Kreativität Gebäudesimulation Produktprüfung Optimierung
Materialökologie Schall EU GreenBuilding
Elektromagnetische Felder LEED Wissensverbreitung
Webinare TQB / ÖGNB BauZ! Qualitätssicherung Netzwerk
Ökobilanzen Messungen IBO ÖKOPASS EPD-Plattform
Passivhaus natureplus Lebenszykluskosten Entwicklung
Tools Tageslichtsimulation Consulting Werkstattgespräche
Gebäudebewertung Luftdichtigkeit Bauproduktmanagement
green academy Bauphysik klima:aktiv Feuchtesimulation
Raumluf

Entsorgung Recherche Monitoring Lebenszyklusanalyse

Partizipativer Klima-Transformationsfahrplan für erneuerbare Wärmebereitstellung im gasversorgten Kahlenbergerdorf

A Participative Climate Transformation Roadmap as a Starting Point in the Gas-Supplied Kahlenbergerdorf

Katharina Franziska Schlager, Gerhard Hofer, Sama Schoisengeier, e7 energy innovation & engineering |
 Micha Schober, Gernot Tscherteu, realitylab

Abstract

An active community of residents in Kahlenbergerdorf in Vienna has set the goal of becoming climate-neutral and has founded the association "Klimadörf!" for this purpose. A transformation roadmap for achieving a climate-neutral heat supply by 2040 is to help to reach this goal. Subsequently, a specific area will be selected for a pilot implementation. Ensuring acceptance among the residents is essential for the successful realisation of the project. This is achieved through the continuous involvement of the residents in the project by the association with the support of experts. To develop the transformation roadmap, data and simulation results are summarized in a QGIS model to represent energy potentials and requirements.

Einleitung

Die Stadt Wien hat im Jänner 2022 einen Plan für die Transformation zur Klimaneutralität bis 2040 vorgelegt [1]. Nun soll auch für das Kahlenbergerdorf ein Transformationsfahrplan für eine erneuerbare Wärmeversorgung bis 2040 erstellt werden. Das Kahlenbergerdorf (Abbildung 1) ist ein kleiner Stadtteil in Döbling im Norden Wiens, dessen Ortskern in einer Schutzzone der Stadt Wien steht. Die Wärmeversorgung basiert zum Großteil auf Erdgas. Eine aktive Gemeinschaft aus Bewohner:innen des Kahlenbergerdorfs hat sich zum Ziel gesetzt, klimaneutral zu werden. Der Transformationsfahrplan für erneuerbare Wärmeversorgung ist ein erster Schritt und soll dabei helfen, dieses Ziel zu erreichen. Zudem wird mit den Bewohner:innen ein Geschäftsmodell zur Umsetzung eines Wärmenetzes entwickelt und ein Teilgebiet für die Umsetzung festgelegt. Aus den Erfahrungen entsteht ein Leitfaden für zukünftige vergleichbare Projekte.

Bestandsquartier:

Das Quartier liegt an der Donau, die Siedlungsstruktur bietet eine verdichtete Bebauung im Ortskern und ein Straßendorf in Hanglage. Die Gebäudetypen reichen vom Winzerhaus über moderne, freistehende Einfamilienhäuser bis zum dreigeschoßigen Bürgerhaus; ihre Entstehungsjahre variieren ebenso wie ihre Dämmstandards. Ein signifikanter Anteil der Gebäude steht auf Baurechtsgründen, welche sich im Eigentum des Stifts Klosterneuburg befinden. Es besteht ein Nutzungsmix aus verschiedenen Formen: Wohngebäude, Gastronomie und Fremdenzimmer sowie Pfarrgebäude.

Ziele der Sondierung sind in Abbildung 2 dargestellt.

Der Transformationsfahrplan für erneuerbare Wärmeversorgung beinhaltet die konkreten Maßnahmen, einen Zeitplan der Umsetzung, gegebenenfalls Übergangslösungen, die Größenordnung

der Kosten, einen CO₂-Absenkpfad sowie Einbeziehung der betroffenen Akteure und Gebäudeeigentümer:innen. Die Akzeptanzsicherung wird durch einen Partizipationsprozess in Zusammenarbeit mit dem lokalen Verein "Klimadörf!" sichergestellt. Dieser Prozess, der neben inhaltlicher Arbeit auch Gemeinschaftsbildung vorsieht, ist die Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung des Projekts im Kahlenbergerdorf. Das im Prozess erarbeitete Organisations- und Geschäftsmodell befasst sich sowohl mit Errichtung, Betrieb, Eigentumsverhältnissen und Instandhaltung des Wärmenetzes.

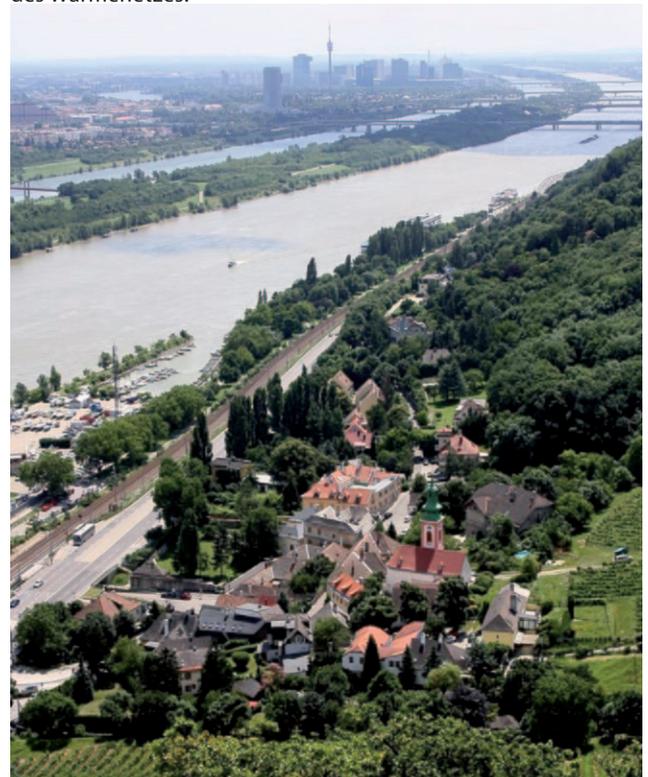


Abb. 1.: Kahlenbergerdorf, Foto: C.Stadler/Bwag

Projektziele der Sondierung			
Ziel 1	Ziel 2	Ziel 3	Ziel 4
Transformationsfahrplan für klimaneutrales Quartier 2040	Akzeptanzsicherung durch Partizipationsprozess	Organisations- und Geschäftsmodell zur Umsetzung des klimaneutralen Quartiers	Auswahl eines Teilgebietes zur Umsetzung eines Demo-Projektes

Abb. 2: Projektziele der Sondierung

Methodische Vorgangsweise

Einige Bewohner:innen haben sich bereits vor Projektbeginn mit dem Ziel eines klimaneutralen Kahlenbergdorfs im Verein "Klimadörfli" organisiert. Um der äußerst heterogenen Struktur an Nutzer:innen und Eigentümer:innen der Objekte im Kahlenbergdorf begegnen zu können, bietet dieser von den Bewohner:innen begründete freiwillige Zusammenschluss den notwendigen Rahmen, um die Strukturen einer entscheidungsfähigen, lokalen Community aufzubauen. Der Verein schafft die Möglichkeit, auch als Nachbarschaft gemeinschaftlich tätig zu sein, Versammlungen abzuhalten und Grundsatzentscheidungen zu treffen. Zudem nimmt das "Klimadörfli" als Projektpartner aktiv an Konsortialtreffen teil, begleitet persönlich den Datenerhebungsprozess vor Ort und erarbeitet mit Expert:innen notwendige Organisationsstrukturen zur späteren Umsetzung sowie zum Betrieb des Pilotareals. Dies geschieht durch Infoveranstaltungen, Visions-Workshops, laufende Gruppentreffen, die Bildung von Arbeitsgemeinschaften und auch im Zuge der Datenerhebung mittels Fragebogen und Befragungen vor Ort. Der Verein spielt somit eine zentrale Rolle bei der Aktivierung der Bewohner:innen und übernimmt durch die Verbreitung von relevantem Wissen auch eine wichtige Bildungsaufgabe. Er wird dabei von den Projektpartnern e7 und realitylab unterstützt: das Ingenieurbüro e7 vermittelt Know-how und sorgt für die technische Orientierung auf dem Wärmetransformationspfad; realitylab unterstützt die Gemeinschaft dabei, sich durch Selbstorganisation zu befähigen, eine tragende Rolle bei der Transformation zu übernehmen und sich von der Abhängigkeit von fossilen Energieformen zu lösen.

Urbanes Informationsmodell:

Ein wichtiges Kriterium für die technische Konzeptionierung des Transformationsfahrplans ist die räumliche Verteilung von Nachfrage und Verfügbarkeit der erneuerbaren Energie im Quartier. Daher werden sämtliche erhobene Daten, sowie Ergebnisse der Energieraumanalyse in einem GIS-Modell gesammelt (siehe Abbildung 3). Dieses bildet eine Grundlage zum Erarbeiten der tech-

nischen Lösungen und des Transformationsfahrplans. Ausgehend von den Daten des GIS-Modells werden typische Gebäude definiert. Mittels dynamischer Gebäudesimulation der definierten Typen werden Leistungs- und Energiebedarf des Gebäudebestands über das gesamte Jahr möglichst genau abgebildet. Die Ergebnisse werden ebenfalls in das GIS-Modell eingespielt.

Erste Ergebnisse

Seit der Gründung des Vereines wurden nach einer Phase von Visionsfindung und Aufbau erster Organisationsstrukturen insbesondere Formate der nachbarschaftlichen Fortbildung und Entscheidungsfindung entwickelt.

Im Rahmen eines Visionsworkshops wurde nicht nur die gemeinsame Sprache für den Wunsch nach einem klimaneutralen Quartier entwickelt (Abbildung 4), sondern es wurden sechs Arbeitsgemeinschaften (ARGE) gegründet, für die jeweils mindestens zwei Personen die Verantwortung übernahmen. Die ARGEs tauschen sich in einem Koordinationskreis, dem neben dem Vereinsvorstand auch e7 und realitylab angehören, regelmäßig aus. Die ARGEs umfassen die Themenbereiche Kommunikation, Ökonomisches Modell & Business Case, Rechtliches & Organisation, Soziales & Dorfgestaltung sowie Energie & Technik.

Ihre Aufgaben bestehen darin, den jeweiligen Themenbereich durch eigene Aktivitäten (Informationsbeschaffung, Einholen von Expertisen, Veranstaltungen, Schaffung von Infrastrukturen etc.) zu entwickeln. Die Mitglieder der ARGE stellen den direkten Kontakt zu den Eigentümer:innen und Bewohner:innen im Quartier her und schaffen so die Möglichkeit, relevante Abstimmungen auf kurzem Wege umzusetzen. Darüber hinaus stellen die ARGE Mitglieder mit ihrem lokalen Fachwissen und ihrer individuellen Expertise eine wichtige Ressource dar. Die ARGEs übernehmen auch eine wichtige Rolle dabei, das Vertrauen in die Erhebung von sensiblen Daten zum Energieverbrauch in den Haushalten herzustellen. Der Verein "Klimadörfli" organisiert alle zwei Monate das „Forum Klimadörfli“: Neben Vorträgen von Expert:innen rund um Themen der Klimakrise gibt es Berichte der Konsortialpartner im

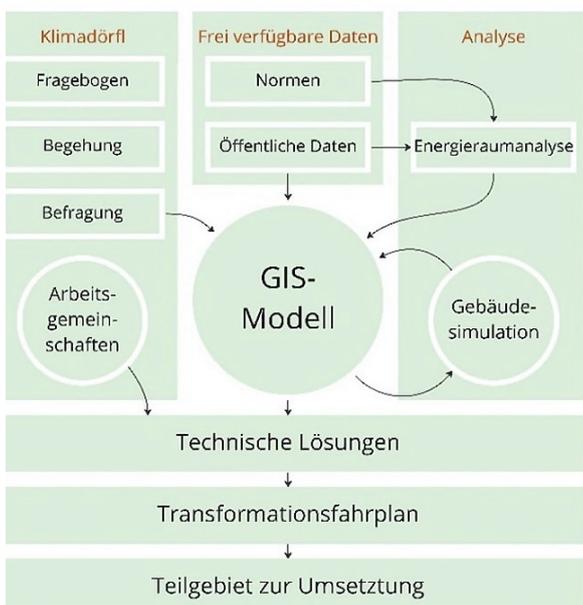


Abb. 3: Methodische Vorgangsweise

Unsere Vision

Kooperative Dorfgemeinschaft

Wir sind eine vielfältige, wachsende Interessengemeinschaft, die individuelle Stärken einbeziehend an einem Strang zieht und zum Mitgestalten einlädt.

L(i)ebenswertes Idyll

Wir kommen uns durch Nahversorgung näher und mehren den Erholungswert durch Gestaltung unseres Dörfli.

Nachhaltige und saubere Energie

Wir generieren und nutzen Energie im Einklang mit der Natur und mit Blick auf kommende Generationen, damit wir zuversichtlich der Zukunft entgegengehen.

Abb. 4: Im Workshop erarbeitete Vision des Klimadörfli

Projekt „Die Wärmepioniere“; auch die ARGes berichten über Fortschritte in ihren jeweiligen Themenbereichen. Das Format schafft einen Ort für lebendigen Austausch, an dem Grundsatzentscheidungen für die weitere Entwicklung des Projektes getroffen werden. Das abschließende Buffet ermöglicht den direkten Dialog zwischen den Bewohner:innen sowie das gemeinsame Feiern kleiner und großer Erfolge. Diese Veranstaltungen sind auch für interessierte Nachbar:innen offen und ermöglichen damit auch jene abzuholen, die sich noch nicht für eine Vereinsmitgliedschaft entschieden haben. Durch die Entwicklung einer lokalen Gemeinschaft, die bereit ist, selbst Verantwortung bei der Dekarbonisierung des „Klimadörfles“ zu übernehmen, kann es auch leichter gelingen, die zahlreichen bevorstehenden Herausforderungen wie Denkmalschutz, Widerstände bei den Behörden aber auch in der eigenen Nachbarschaft zu überwinden. Dialogformate und transparente Entscheidungsprozesse stellen wesentliche Instrumente für die Gemeinschaft dar, mit denen auch den Befürchtungen und Ängsten einer überwiegend älteren Bevölkerung (viele befinden sich bereits in der Pension) begegnet werden kann.

Ergebnisse der Datenerhebung:

Der Prozess der Datenerhebung startete mit einer Begehung. Hier wurde der Gebäudezustand von außen erhoben, um eine erste

Abschätzung der Möglichkeiten für eine erneuerbare Wärmeversorgung vornehmen zu können. Im nächsten Schritt wurde ein Fragebogen an die Bewohner:innen verteilt. Der Inhalt umfasste nähere Angaben zum Gebäude wie Baujahr, Nutzfläche, Wärmeabgabe- und Wärmeverteilsystem, aber auch zur Bereitschaft am Projekt teilzunehmen. Dadurch konnte eine genauere Abgrenzung für ein mögliches Demoquartier getroffen werden. Die Befragung erfolgte in Haushalten, welche sich im möglichen Demoquartier befinden und welche an einer Teilnahme interessiert sind. Die Befragung umfasst eine Besichtigung der Gebäude von Innen wobei Daten wie Lage und Leistung des Wärmeerzeugungssystems, aber auch Art und Vorlauftemperatur des Wärmeabgabesystems erhoben wurden. Bei der Befragung wurde der Fokus daraufgelegt, Möglichkeiten des Anschlusses ans Wärmenetz zu eruieren.

Ergebnisse der Gebäudestruktur durch die Datenerhebung:

Die Datenerhebung zeigt einen sehr unterschiedlichen Gebäudebestand (siehe Abbildung 5). Die meisten Gebäude wurden vor 1900 errichtet und sind teilweise bis zu 400 Jahre alt. Einige Gebäude wurden bereits vollständig oder teilsaniert. Um den Energie- und Leistungsbedarf möglichst genau abbilden zu können wurde der Sanierungsgrad in die Betrachtung miteinbezogen.

Tab. 1: Untersuchte Potentiale und deren Ergebnisse (grün: Gutes Potential, orange: Unklar, rot: Schlechtes Potential)

POTENTIAL	BESCHREIBUNG
• Fernwärme	Keine Anbindung vorhanden, wird von Wien Energie auch nicht geplant
• Abwärme, Kanal	Nur ein geringes Potential vorhanden
• Abwärme, Gebäude	Kein Potential vorhanden
• Solar	Gebäude Großteils in Schutzzone, wenige Gebäude mit Solarpotential
• Freiflächen Solar	Landschaftsschutzgebiet, eventuell Agrar-Photovoltaik möglich
• Biomasse	Zulässig, erzeugt vor Ort Emissionen. Daher nur in Kombination mit Wärmepumpe
• Erdsonden	Gutes Potential vorhanden
• Brunnen:Grundwasser	Gutes Potential vorhanden
• Donauwasser	Genehmigungsverfahren ist noch zu prüfen

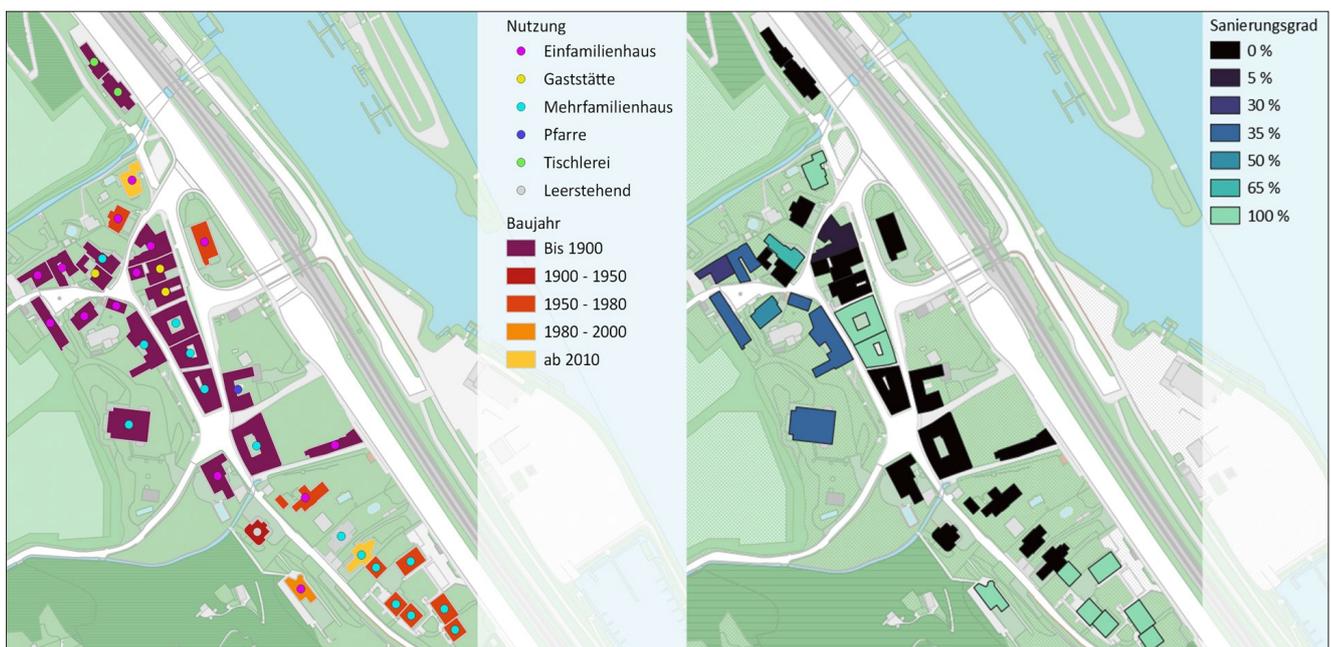


Abb. 5: Baujahr und Nutzungstyp der Gebäude (links), Sanierungsgrad der Gebäude (rechts)

Ergebnisse der Energieraumanalyse:

Bei der Energieraumanalyse (Tabelle 1) wurde erörtert, welche erneuerbare Energiepotentiale einen Beitrag zur Wärmeversorgung liefern können. Von neun untersuchten Energiepotentialen konnten zwei, nämlich die Nutzung von Erdwärme mittels Erdsonden und die Grundwassernutzung mittels Brunnen, mit einem guten Potential eingestuft werden. Diese werden einer genaueren Betrachtung unterzogen. Die Nutzung von Biomasse ist möglich. Da aber dadurch vor Ort Emissionen entstehen, wird sie nur dann näher betrachtet, wenn das Wärmenetz auf Hochtemperaturniveau betrieben werden muss. Ob die Nutzung von Donauwasser möglich ist, ist derzeit noch unklar, wird aber geprüft.

Weitere Schritte

Im nächsten Schritt wird ausgehend von den Ergebnissen der Gebäudesimulation geprüft, ob die in der Energieraumanalyse eruierten Potentiale zur Wärmeversorgung ausreichend sind. Darauf aufbauend werden die technischen Lösungen des Transformationsfahrplans, wie beispielsweise die Art des Wärmenetzes, der Standort der Wärmezentrale sowie Anbindungsmöglichkeiten der Gebäude an das Wärmenetz etc. erarbeitet. Ebenso wird eine Kostenabschätzung als Basis für die Entwicklung eines Organisations- und Geschäftsmodells durchgeführt. Anhand dieses Modells werden die zu erwartenden Kosten je Haushalt/Liegenschaft ermittelt.

Literatur

[1] Wiener Klima-Fahrplan, Unser Weg zur klimagerechten Stadt. Entwurf. Stand 21.01.2022. (n.d.). Retrieved from <https://www.wien.gv.at/umwelt-klimaschutz/klimafahrplan-2040.html>

Hinweis

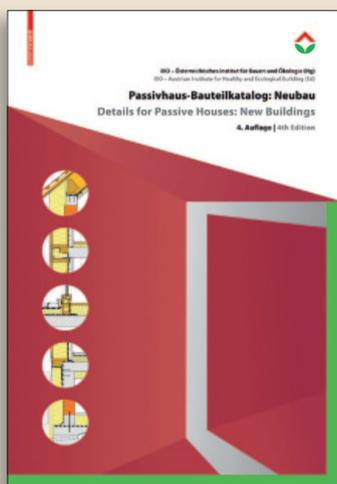
Das Projekt Partizipativer Klima-Transformationsfahrplan als Basis für ein Demo-Quartier im gas-versorgten Kahlenbergerdorf wird im Rahmen des Programmes Stadt der Zukunft des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) gefördert. Das Projekt wird von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) abgewickelt.



IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie (Hrsg.)

Passivhaus-Bauteilkatalog: Neubau – ökologisch bewertete Konstruktionen

Details for Passive Houses: New Buildings – A Catalogue of Ecologically Rated Constructions



Als Sammlung ökologischer Bewertungen und bauphysikalischer Kennwerte ist der Bauteilkatalog ein Klassiker in jeder Konstruktionsbibliothek und das Basiswerk zum Buch Passivhaus-Bauteilkatalog: Sanierung. Planer, Architekten und Wettbewerb-Auslober finden in der Neuauflage des Bauteilkatalogs wie gewohnt zuverlässige Baudetails für den Passivhaus-Standard, Baustoffberatungswissen, Kriterien für den Nachweis ökologisch optimierter Planung sowie für die Ausschreibung. Sämtliche Bewertungen wurden auf Grundlage des internationalen Passivhausstandards durchgeführt. Insgesamt: ein fundiertes Nachschlagewerk, das durch seine Zweisprachigkeit hilft, Sprachbarrieren zu überwinden und somit auch für die Beratung mit internationalen Bauherren herangezogen werden kann.

BIRKHÄUSER Verlag, vierte durchgesehene Aufl. 2021, 356 Seiten, deutsch/englisch, Euro 99,95

Portofreie Bestellungen mit dem Code TAGUNGSBAND2023 an: ibo@ibo.at

Die produzierende Bauwerksbegrünung – wie BIM und Pflanzen zusammenwirken könn(t)en

The Producing Greening of Buildings – How BIM and Plants Can (Could) Join their Forces

Bente Knoll, Agnes Renkin, *B-NK GmbH Büro für nachhaltige Kompetenz* | Joachim Kräftner, *Kräftner Landschaftsarchitektur* | Ralf Dopheide, *Dipl.-Ing. Ralf Dopheide e.U.* – alle 4 auch im Vorstand des Vereins zur Förderung der Grünen Baukultur GmbH

Weniger. Aber mehr daraus machen! Eine Krise nach der anderen... Ist da an Gebäudebegrünungen wie Fassaden- und Dachbegrünungen überhaupt zu denken? – oder sollten Bauwerksbegrünungen gerade erst jetzt umgesetzt werden – zur Kühlung, als Anpassung an den Klimawandel, zur Steigerung der Aufenthaltsqualität im Freien oder der Behaglichkeit in Innenräumen? Das Projekt Green BIM schafft eine Neuausrichtung bei Gebäudebegrünungen – von den ersten Planungsschritten, über die Herstellung bis zur Grünpflege und technischen Wartung im laufenden Betrieb.

Was ist BIM? Building Information Modeling umfasst die Erstellung und Verwaltung von digitalen Bauwerksmodellen (BIM-Modelle), welche die physikalischen und funktionalen Eigenschaften eines Bauwerks beschreiben. BIM-Modelle bestehen über alle Lebensphasen eines Bauwerks, vom ersten Konzept bis zum Rückbau. Über den gesamten Lebenszyklus werden diese Modelle von den verschiedenen Projektbeteiligten modifiziert und aktualisiert. Daher dienen sie als verlässliche Grundlage für alle Entscheidungen, welche im Laufe des Lebenszyklus eines Bauwerks zu treffen sind.

Während in Architektur- und Generalplanungsbüros bereits intensiv mit BIM (Building Information Modelling = eine Modelldatenbank, die alle Informationen enthält, die für die optimierte Planung, Ausführung und Bewirtschaftung eines Gebäudes erforderlich sind) gearbeitet wird, fehlen für die Landschaftsarchitektur und Vegetationstechnik bisher wesentliche Grundlagen (Brückner et al. 2019). Zurzeit gibt es noch keine Möglichkeit Begrünungen auf einer standardisierten Grundlage in open-BIM-Projekte zu integrieren bzw. die dabei benötigten Komponenten mittels IFC abzubilden. Bis dato ist eine konsistente und datenverlustfreie BIM-Modellierung von Bauwerksbegrünung nur innerhalb von proprietären Datenformaten (closedBIM) möglich, da die Industry Foundation Classes (IFC)-Schnittstelle von BIM-Modellierungssoftware für offenen Datenaustausch (openBIM) noch nicht fähig ist, Bauwerksbegrünung hinreichend abzubilden.

Behelfsmäßig werden in der Landschaftsarchitektur aktuell geometrische Elemente wie „Slab“, oder „column“ verwendet, um grüne Bauelemente zu beschreiben. Unter „building element proxy“ können weitere Elemente zugeordnet werden, für die sonst keine sinnvollen Elemente herangezogen werden können, dies ist jedoch für einen BIM-basierten Prozess nicht zielführend. Weiters können selbstverständlich individuell und projektbezogen Attribute und Elementbeschreibungen durch die Auftraggebenden bzw. BIM-Koordination definiert und von den planenden

Landschaftsarchitekt:innen eingefordert werden (über BAP und AIA). Dies erfolgt allerdings „chaotisch“ und unstrukturiert, zu meist ohne fachlichen Background, und mitunter auch ohne eingehende Diskussion mit den Auftraggeber:innen und die Frage, welche Daten bzw. Attribute denn eigentlich tatsächlich erforderlich und verwertbar sind. Diese Tatsache scheint einem gewissen aktuellen „Hype“ auf der Auftraggeber:innen-Seite geschuldet, einen BIM-Prozess vom beauftragten Planungsteam einzufordern, ohne bereits selber über geeignete Strukturen oder technische Möglichkeiten auf der Auftraggeber:innen-Seite zu verfügen. Der Mehrwert der BIM-Planung, konsistente und mitunter umfangreiche Dateninformationen über das Modell zu generieren und zu transportieren, geht dadurch leider verloren.

Für das **Forschungsprojekt Green BIM**, welches durch das Programm „Stadt der Zukunft“ des BMK (Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie) gefördert wurde, hat sich ein interdisziplinäres Team zusammengeschlossen, um die Anwendung von BIM in sämtliche Prozessphasen von der Planung, über den Bau, die Grünpflege und technische Wartung von Bauwerksbegrünungen (Dach-, Fassaden- und Innenraumbegrünungen) zu bringen. Während in Architektur- und Generalplanungsbüros bereits mehr oder weniger intensiv mit BIM gearbeitet wird, fehlten für die Landschaftsarchitektur bisher wesentliche Grundlagen. Die disziplinübergreifende Materie der Bauwerks- und Gebäudebegrünung stellt ein komplexes Planungssystem dar, das immer schnittstellen- und gewerkeübergreifend zu bearbeiten ist. Dies macht eine frühzeitige Integration von Bauwerksbegrünung in BIM-Modelle umso wichtiger – denn vor allem hochtechnische Fassaden- und Dachbegrünungen verlangen eine gesamtheitliche durchdachte Planung, die abseits der Ausführung und Installation auch den laufenden Betrieb und die Grünpflege und technische Wartung der Grünsysteme miteinschließt.

Im Forschungsprojekt wurden die Strukturkomponenten (Domain/Klasse/Typen/Merkmale/ Modelleinheiten) der Bauwerksbegrünung für die IFC-Datenstruktur sowie Auftraggeber-Informationsanforderungen, Phasenmodelle und Case Studien (Prozessmuster) erarbeitet. Im Projekt wurden die Kriterien für eine BIM-basierte Planung über den gesamten Lebenszyklus (Planung, Ausführung, Pflege, Wartung) erstellt. Neben diesen Vorgaben an die Datenstrukturgrundlagen entstanden auch Grundlagen zu Vorgaben in Hinblick auf versch. alphanumerische (LOI) und geometrische (LOG) Detaillierungsgrade von Modellinformationen im Projektverlauf sowie detaillierte Vorgaben zur Modellierung von Bauwerksbegrünungssystemen.

Ergebnisse des Vorgänger-Projekts „Green BIM“ im Überblick	
Green BIM IFC-Datenstruktur für die Bauwerksbegrünung („Bauwerksbegrünungsmodell“ im BIMQ)	Erweiterungsvorschlag für eine IFC-Datenstruktur, die Merkmale der Bauwerksbegrünung berücksichtigt – entlang der Leistungsphasen der Landschaftsplanung
Ergänzungen des AIA-Templates von bsAT	Anforderungen der Bauwerksbegrünung integriert
buildingSMART Data Dictionary (bsDD)	Begriffe der Bauwerksbegrünung für das bsDD in Deutsch und Englisch
BIM-basierte prototypische Prozessmuster und Phasenmuster für 3 Use Cases	Ausgearbeitet für 3 Anwendungsfälle (Use Cases) in der Bauwerksbegrünung: Ausschreibung und Vergabe von Bauwerksbegrünungen Ökologische Bewertung von begrünten Bauwerken Übergabe des BIM-Modells an die Betriebsführung

Abbildung 1: Ergebnisse aus dem Projekt „Green BIM. Bauwerksbegrünung als Teil BIM-basierter Planung und Pflege“ (FFG-Nr. 873526; 09/2019 bis 11/2022)

Es konnten über 270 BIM-Attribute für den Bereich Bauwerksbegrünungen (Dach-, Fassaden- und Innenraumbegrünungen) identifiziert werden, die noch nicht in IFC und bSDD definiert worden sind. Die Attribute wurden im Fachmodell „Bauwerksbegrünung“ zusammengeführt und weiter zu unterschiedlichen MSets zugeordnet. Die überwiegende Anzahl von Attributen wird in den Leistungsphasen Genehmigungsplanung (Einreichung) sowie Ausführungsplanung (Detailplanung) benötigt. Die Beachtung relevanter Attribute bereits in frühen Entwurfsphasen ist empfehlenswert.

- Die MSets adressieren neben „klassischen Komponenten“ der Bauwerksbegrünung wie Pflanzgefäße, Schichtaufbauten, Rankhilfen, Pflanzen bzw. Kletterpflanze und Bewässerungsanforderungen auch MSets zu Steuerung und Monitoring, zu mikroklimatischen Effekten, zu Behaglichkeit und der Umweltverträglichkeit.
- Im MSet Bauphysik werden die für mikroklimatische Verbesserungen relevanten Attribute wie Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Albedo, UHI-Reduktion und Wärmefluss uvm. zusammengefasst.
- Im MSet Umweltverträglichkeit werden Umweltparameter der eingesetzten Materialien und Komponenten dargestellt. Unter anderem wurden folgende Umweltparameter berücksichtigt: Treibhausgase/ global warming potential (GWP), Versauerung und Ozonabbaupotential (ODP).
- Das MSet Grünpflege und Instandhaltung richtet sich insbesondere an die Grünpflegephasen und -intervalle im laufenden Betrieb, die Akutpflege im Stördienst, die Bewässerung und die Düngung und Nährstoffversorgung.

Die Ergebnisse des Projekts bilden die optimale Grundlage für eine zukünftig digital verschränkte Arbeit von Architektur und Bautechnik mit Bauwerksbegrünungen. Langfristig sollen auch die zur BIM-Modellierung von Bauwerksbegrünung erforderlichen Metadaten und Datenstrukturen in den IFC-Standard einfließen.

Green BIM birgt durch die mögliche Fülle an standardisierten Informationen viele Möglichkeiten in Hinblick auf die Bewertung und das Monitoring Grüner/Blauer Infrastrukturen und von Gebäuden. Einerseits können BIM-Modelle einen Beitrag zur Nachhaltigkeitsbewertung (ESG) und Gebäudezertifizierung leisten, andererseits können durch Ökosimulation und Leistungsindikatoren die tatsächlichen Leistungen von Pflanzen abgebildet werden. Zudem kann über BIM auch ein Monitoring von Pflanzen und Gebäuden stattfinden, das für Grünpflege- und Wartungsprozesse sowie für die Gebäude- oder Begrünungs-Performance wiederum wichtig sein kann. Ressourcen und Energie spielen hierbei neben dem Aspekt der Begrünung auch eine wesentliche Rolle. In diesem Sinne kann Bauwerksbegrünung auch Daten „produzieren“.



baubook unterstützt energieeffizientes und ökologisches Bauen und bietet dazu Tools, Werkzeuge und Schnittstellen zu EAW-Software an. Kern der baubook ist die Datenbank mit qualitätsgesicherten und validierten Bauprodukten sowie umfassenden Hersteller- und Händlerangaben. baubook beinhaltet Kriterien, nützliche Ausschreibungstexte und steht Architekten, Fachplanern und Bauleuten kostenfrei zur Verfügung.

Reinschauen. Ökologisch bauen.

BIMpeco – Grundlagen für das lebenszyklische Informationsmanagement von umweltrelevanten Produktdaten

BIMpeco – Basics for the lifecycle information management of environmentally relevant product data

Veronika Huemer-Kals, Hildegund Figl, IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie | Kurt Battisti, A-NULL Development GmbH | Stefan Perschy, ib-data GmbH

Abstract

The digital documentation of the materials used in buildings and their ecological properties will be essential for the transformation of the construction industry into a circular economy. However, qualitative, environmentally relevant product information is not represented in life cycle assessments and is not yet systematically included in the BIM environment. So far, normative standards for product information management and product data templates over the building life cycle have only been applied sporadically in proprietary systems. In a cooperative research project, the IBO has therefore developed the basics for life cycle information management of environmentally relevant product data. The project results include an ISO 23387-compliant attribute model for environmentally relevant product information on construction products and building services components, sample data templates for around 40 product groups, the definition of requirements for a common data environment, and a guideline for life cycle product information management. They are made available to the public open-source.

Bauprodukte können aufgrund ihrer Schadstoffgehalte oder Schadstofffreisetzungen ein Risikopotenzial für die Umwelt und die Gesundheit darstellen. Dies gilt sowohl für die Verarbeitung in der Errichtungsphase des Bauwerks als auch während des Gebäudebetriebs – und für die Verwertung der Materialien am Ende des Gebäudelebenszyklus. Für die Transformation der Bauwirtschaft zu einer Kreislaufwirtschaft wird die digitale Dokumentation der verbauten Materialien und ihrer ökologischen Eigenschaften essenziell sein. Qualitative umweltrelevante Produktinformationen

werden jedoch in Ökobilanzen nicht abgebildet und in die BIM-Umgebung bislang noch nicht systematisch einbezogen. Normative Standards für das Produktinformationsmanagement und Produkt-Datenvorlagen über den Bauwerkslebenszyklus wie die ISO 19650-1 und ISO 23387 wurden bisher nur vereinzelt in proprietären Systemen angewandt. Dies veranlasste das IBO dazu, das Forschungsprojekt BIMpeco zu initiieren und gemeinsam mit Partner*innen aus der Austrian Cooperative Research (AEE – Institut für Nachhaltige Technologien und Güssing Energy Technologies) sowie Software-Expert*innen (A-NULL Development GmbH und ib-data GmbH) Grundlagen für das Informationsmanagement von umweltrelevanten Produktdaten zu entwickeln.

Grundlagen für die Auswahl schadstoff- und emissionsarmer Bauprodukte

Erfolgreiche Beispiele für die Beschaffung schadstoff- und emissionsarmer Bauprodukte sind „ÖkoKauf Wien“ (AG Hochbau und Innenausbau)¹, das Servicepaket „Nachhaltig Bauen in der Gemeinde“² und die „Nachhaltige Beschaffung (naBe)“ des Bundes³, welche für schadstoff- und emissionsarme Produkte die sogenannten ÖkoBaukriterien vorschreiben. Das Verfahren und die Kriterien werden auch im Rahmen des Produktmanagements für Gebäudezertifizierungssysteme angewandt.⁴ Die ÖkoBaukriterien bestehen aus Erläuterungstext, Mindestanforderung und der Vorgabe für die Nachweisführung (Abb 1). Sie werden digital in der online-Plattform <https://www.baubook.info/oea/> verwaltet und können über eine bestehende Schnittstelle in AVA-Software eingelesen werden.

2. 2. 12. Verbot von akut toxischen Stoffen

Beschreibung [Produkte](#) [Relevante Produktgruppen](#)

Erläuterung

Stoffe, die bei Verschlucken (oral), Einatmen (inhalativ) oder durch Resorption über die Haut (dermal) lebensgefährlich oder giftig sind, dürfen nicht zum Einsatz kommen.

Mindestanforderung

Es dürfen keine Stoffe enthalten sein, die nach der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (CLP-Verordnung) mit folgenden H-Sätzen gekennzeichnet werden müssen:

CLP Einstufung	Gefahrenhinweis
Akute Toxizität, Kategorie 1	H300 (oral) H310 (dermal) H330 (inhal.)
Akute Toxizität, Kategorie 2	H300 (oral) H310 (dermal) H330 (inhal.)
Akute Toxizität, Kategorie 3	H301 (oral) H311 (dermal) H331 (inhal.)

Als Grenzwert werden Gehalte je Stoff bis zu 0,1 Gewichtsprozent akzeptiert.

Nachweis:
Sicherheitsdatenblatt gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 und Bestätigung der Herstellerin bzw. des Herstellers

Abb. 1: Beispielhafte Darstellung eines ÖkoBaukriteriums, Quelle: IBO

In baubook können die Herstellerfirmen ihre Bauprodukte zu den ökologischen Kriterien, bauphysikalischen und ökologischen Kennwerten sowie weiteren produktgruppenabhängigen Eigenschaften deklarieren. Prüfzeugnisse, Sicherheitsdatenblätter und andere Nachweise werden an dieser einen Stelle zentral hinterlegt. Nach erfolgreich durchlaufener Qualitätssicherung werden die deklarierten Produkte in den zielgruppenspezifischen baubook-Plattformen gelistet. Die ÖkoBauKriterien und die dazu deklarierten Produkte sind in der Plattform „ökologisch ausschreiben“ dargestellt. Kriterienkataloge für Haustechnik und Beleuchtung wurden von der ÖkoKauf Wien AG „Haustechnik“ herausgebracht.⁵ Eine digitale Aufbereitung dieser Informationen wurde bisher nicht vorgenommen.

Standards für Produktinformationsmanagement und Datenvorlagen

Mehrere Standards zu Datenstrukturen und Informationsmanagement wurden zum Zeitpunkt der Projektinitiierung gerade erst veröffentlicht bzw. befanden sich in Veröffentlichung. Die ISO 19650 Teil 1 beschreibt die Begriffe und Grundsätze für das Informationsmanagement sowie Empfehlungen für eine Vorgabe zur Verwaltung von Informationen, einschließlich Austausch, Aufzeichnung, Versionierung und Organisation für alle Akteure. Für die Umsetzung des Informationsmanagements wird eine CDE-Lösung ausdrücklich empfohlen: Das Common Data Environment (kurz CDE) beschreibt eine Umgebung, in der alle – auch nicht-grafische – Produktinformationen gesammelt, verwaltet, ausgetauscht und dokumentiert werden.

Die ISO 23387 legt die Grundlage einer genormten Datenstruktur zum Austausch von Informationen zu jeder Art von Bauobjekten, z. B. Produkt, System, Baugruppe, Raum, Gebäude usw., vom anfänglichen Entwurf bis zum Abriss des Bauwerks dar. Für einen zuverlässigen und nachhaltigen Austausch von Informationen während des Lebenszyklus von Bauwerken werden maschinenlesbare Daten benötigt. Diese Datenvorlagen sollten genormt und in Form von Datenkatalogen auf der Grundlage von EN ISO 12006-3 verfügbar gemacht werden. Darüber hinaus sollten sie in Verbindung mit Industry Foundation Classes (IFC) nach EN ISO 16739 verwendet werden, um Prozesse im Sinne von openBIM zu ermöglichen und zu unterstützen.

BIMpeco – Umweltrelevante Produktdaten in kollaborativen BIM-Umgebungen

Aufbauend auf diesen Standards und etablierten Prozessen wurden im Projekt BIMpeco erstmals Grundlagen für das digitale Informationsmanagement von qualitativen umweltrelevanten Produktdaten entwickelt. Das Produktinformationsmanagement sollte in Anlehnung an ISO 19650-1 folgenden Prinzipien genügen:

- Verwaltung und Dokumentation im Common Data Environment,
- Aufbau auf aktuellen Standards und Methoden
- Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus des Bauwerks,
- Weitergabe der Informationen entlang der Lieferkette,
- fortlaufende Spezifizierung der Informationsanforderungen,
- Qualitätssicherung der Informationen.

Das Produktinformationsmanagement sollte den gesamten Lebenszyklus und die gesamte Lieferkette berücksichtigen, im Speziellen im Hinblick auf das ökologische Produktmanagement, die

Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung (AVA), die Wartung der Materialien und die spätere Kreislaufführung („Stör- und Schadstofferkundung“).

Dazu bedient sich BIMpeco des Konzepts der Datenvorlagen oder „Data Templates“ aus der ISO 23387, mit welchen detaillierte Produkteigenschaften nicht (zwingend) direkt im BIM-Modell gespeichert, sondern den darin verorteten IFC-Elementen zugeordnet werden. Dies entschärft Herausforderungen bezüglich Datenvolumen und Zugriffsrechte, gleichzeitig wird eine Zusammenarbeit aller Beteiligten auf open BIM-Basis unterstützt.

Jedes Data Template bezieht sich gemäß ISO 23387 auf genau ein „Construction Object“; umgekehrt kann jedem Construction Object eine Sammlung von Data Templates zugeordnet werden. Damit kann man ein Construction Object auch als Sammlung von Datenblättern verstehen, die jedes für sich nur einen Aspekt eines Produktes abbilden.

Ein Attributmodell für umweltrelevante Produktinformationen

In den Projektworkshops mit Produktherstellerfirmen und Anwender*innen von Bauproduktedaten kam mehrfach der Bedarf an einheitlich definierten Produktmerkmalen als Grundvoraussetzung für gelingende digitalisierte Prozesse zur Sprache. Zumindest die Eigenschaften, die für eine Bauproduktgruppe jeweils in der Leistungserklärung anzugeben sind, sollten im Rahmen der Produktnormung standardisiert und für die Anwendung in Data Templates vorbereitet werden. Im Projekt BIMpeco wurden die oben erwähnten ÖkoBauKriterien sowie die ÖkoKaufWien-Kriterienkataloge für ausgewählte Haustechnikkomponenten in ein ISO 23387-konformes Attributmodell für umweltrelevante Produktinformationen zu Bauprodukten und Haustechnikkomponenten übersetzt. Für ca. 40 Produktgruppen wurden Beispiel-Datenvorlagen erarbeitet.

Integration in einen BIM-gestützten Soll-Prozess

Unter Berücksichtigung der Ansprüche verschiedener am Planungs- und Bauprozess Beteiligter sowie der normativen Vorgaben wurden konzeptionelle Überlegungen zu Data Templates und Data Sheets angestellt, deren Eingliederung in bestehende Abläufe und Datenstrukturen untersucht und Empfehlungen für einen BIM-gestützten Soll-Prozess erarbeitet.

Das Zusammenspiel der unterschiedlichen Akteur*innen wird in Abbildung 2 anschaulich: Grundvoraussetzung ist die Bereitstellung von Data Templates durch unterschiedliche Organisationen (Schritt 01) bzw. von Produktdaten in der Form ebendieser Data Templates durch die Produkthersteller*innen (05). Beim Modellieren wird auf Data Templates zurückgegriffen (02 und 03), sodass die Bietenden nachvollziehen können, welche Produktdaten zu liefern sind (06) und die entsprechenden Datenblätter der geplanten Produkte übermitteln oder gleich mit dem BIM-Modell

1 <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/oekokauf/>

2 https://www.gemeindeverband.at/Themen/Nachhaltige_Beschaffung/Nachhaltig_Bauen_in_der_Gemeinde

3 <https://www.nabe.gv.at/hochbau/>

4 <https://www.ibo.at/materialoekologie/produktauswahl/bauproduktmanagement/>

5 <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/oekokauf/ergebnisse.html#haustechnik>

verknüpfen können (08). In der Praxis kommt es im Bauablauf häufig zu Änderungen der Produkte, sodass die zugeordneten Data Sheets aktualisiert werden müssen (09 und 10).

Wer wann welche Information in welcher Form zur Verfügung stellen muss, wird Bauprojekt spezifisch in den Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA) bzw. im BIM Abwicklungsplan (BAP) geregelt. Ebenso ist in diesen Dokumenten festzulegen, auf welche Art und Weise die Relation zwischen Objekten im BIM-/IFC-Modell und den mittels Data Templates beschriebenen Construction Objects hergestellt wird. Data Templates können direkt in das IFC-Modell eingebracht oder durch Verweis nutzbar gemacht werden. Bei der letztgenannten Strategie spielen die Möglichkeiten des verwendeten Common Data Environments eine noch größere Rolle. Das IFC-Modell bildet den Ankerpunkt, und die Data Templates werden über ein Mapping verknüpft. Dies ermöglicht es, das IFC-Modell selbst datentechnisch schlank zu halten und dennoch die Möglichkeiten der Data Templates für bestimmte Anwendungsbereiche zu nutzen.

Im Bereich Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung (AVA) setzt sich die ÖNORM A 2063-2 mit dem AVA-Prozess unter Miteinbeziehung der openBIM-Methode auseinander. Diese Norm sieht vor, neben dem Bauwerksmodell eine Projektelementliste zu führen, welche für relevante modellierte Bauelemente ein entsprechendes AVA-Element enthält. Ein AVA-Element besteht aus zugeordneten Komponenten, wie etwa Positionen und ökologischen Vorbemerkungen, für die Erstellung eines Ausschreibungs-Leistungsverzeichnisses, beinhaltet bauphysikalische und ökologische Kennwerte für entsprechende Berechnungen und ist mit dem modellierten Bauelement verknüpft. Somit ist über die Projektelementliste bereits eine Verbindung zwischen den im Gebäudemodell verorteten Elementen und den verwendeten Bauprodukten bzw. Haustechnikelementen gegeben, die auch für die Zuordnung von Data Templates genutzt werden kann.

Weitere Projektergebnisse

Die Anforderungen an ein Common Data Environment, das ein lebenszyklusbegleitendes Produktinformationsmanagement mit Hilfe von Data Templates ermöglicht, wurden in einem Leitfaden zu-

sammengefasst. Eine Richtlinie für ein Lieferketten- und lebenszyklusbegleitendes Produktinformationssystem im Common Data Environment ist als Artikelserie unter <https://archiphysik.at/tag/bimpeco/> nachzulesen. Die Projektergebnisse werden demnächst gesammelt auf der Projekthomepage www.bimpeco.com veröffentlicht.

Zusammenfassung und Ausblick

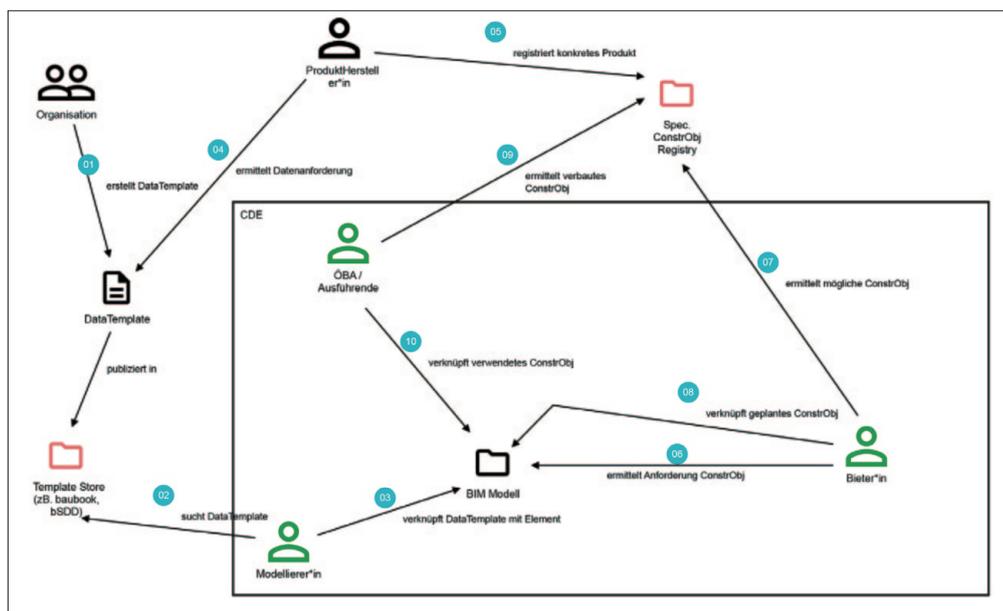
Während die Forschung an Lösungen für eine verstärkte Digitalisierung arbeitet, um Informationen über Bauprodukte bereitzustellen und über den Gebäudelebenszyklus transparent zu halten, sind in der Praxis die Herausforderungen der Zusammenarbeit an einem zentralen Bauwerksmodell längst nicht bewältigt. Construction Objects mit Data Templates könnten für verschiedene Anwendungsfälle eine sinnvolle Lösung sein. Die Möglichkeit, einzelne Produkte oder Gruppen von Produkten (z.B. Verbundwerkstoffe oder ganze haustechnische Anlagen) darzustellen, zusammen mit der Möglichkeit, diese Daten mit dem Gebäudemodell, beschrieben in IFC, zu verknüpfen, ermöglicht viele interessante Anwendungsfelder.

Literatur

- ÖNORM EN ISO 19650-1: 2019 04 15 Organisation von Daten zu Bauwerken – Informationsmanagement mit BIM – Teil 1: Konzepte und Grundsätze (ISO 19650-1:2018)
- ÖNORM EN ISO 23387: 2020 11 15 Bauwerksinformationsmodellierung (BIM) - Datenvorlagen für Bauobjekte während des Lebenszyklus eines baulichen Vermögensgegenstandes - Konzepte und Grundsätze

Das Projekt »BIMpeco – Umweltrelevante Produktdaten in kollaborativen BIM-Umgebungen« wurde im Programm »Stadt der Zukunft« gefördert.

»Stadt der Zukunft« ist ein Forschungs- und Technologieprogramm des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. Es wird im Auftrag des BMK von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) gemeinsam mit der Austria Wirtschaftsservice Gesellschaft mbH (AWS) und der Österreichischen Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT) abgewickelt.



Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

FFG
Forschung wirkt.

STADT
der Zukunft

Abb. 2: Ablaufschema für den Produktdaten-Transfer in BIM mit Data Templates, Quelle: A-NULL Development GmbH

BIM4eco – Web-Tool für die automatisierte Erstellung von Ökobilanzen von Gebäuden auf Basis eines BIM-Modells

BIM4eco – Web-Tool for Automatic Generation of Life Cycle Assessments of Buildings Based on a BIM Model

Wolfgang Kradischnig, Ana Jugovic, Eva Bacher, Delta Gruppe

Abstract

Buildings account for 40 percent of energy consumption and 36 percent of energy-related greenhouse gas emissions in the EU¹ and play a key role in decarbonising the economy. To achieve climate neutrality by 2050 as stipulated in the European Green Deal and the aim of climate neutrality by 2040 in Austria, a fundamental transformation of the building sector is required. This can be achieved by phasing out fossil fuels, increasing energy efficiency, using renewable energy sources, and considering ecological criteria in the design and building process. Therefore, digital technologies and an optimized and effective handling of information and data is needed.

The ecological impact of buildings (e.g., CO_{2e}-emissions, acidification of soil and water, proportion of non-renewable primary energy) is evaluated by a life cycle assessment (LCA). The earlier in the planning process these life cycle assessments are generated, the greater is the potential for optimization in terms of environmental impact. Life cycle assessments are calculated using special software programs that are linked to environmental databases, that provide data on environmental impacts. The common workflow is that the individual materials or component layers of the building are put in manually into the software program. However, this is a time-consuming and costly process, especially in the early planning phases, as there can be many changes to the project design and layout.

Therefore, linking LCA tools with BIM applications (BIM = Building Information Modelling) opens new possibilities for automated and efficient data exchange. Such software solutions exist already on the market, but they do not fully meet the requirements for the calculation method and system boundaries of the Oekoindex OI3 of IBO - Austrian Institute for Building Biology and Ecology as well as for the quality assurance of the data or data consistency. The Oekoindex OI3 is part of the "klimaaktiv" building evaluation system in Austria.

"BIM4eco" was developed under the FFG funding program, and it enables the automated generation of a LCA from a digital building model based on the life cycle assessment method Oekoindex OI3. "BIM4eco" couples BIM and the existing tool "eco2soft - life cycle assessment of buildings" on the baubook platform (www.baubook.at/eco2soft). By IFC files, exported from the BIM model the information can be imported into the webtool and is further processed in "eco2soft" via XML. To make this process work, specific parameters, and information for the IFC export must be defined in the BIM modelling program. The OI3 index report is then automatically generated and available for the user in the PDF format. Furthermore, it is also possible to process, change or add the transferred data directly in "eco2soft".

Aufgabenstellung

Gebäude sind für 40 Prozent des Energieverbrauchs und 36 Prozent der energiebedingten Treibhausgasemissionen in der EU¹ verantwortlich und spielen daher eine entscheidende Rolle bei der Dekarbonisierung des Sektors. Um die im europäischen Green Deal festgelegte Klimaneutralität bis 2050 und das Ziel der Klimaneutralität bis 2040 in Österreich zu erreichen, bedarf es einer grundlegenden Transformation des Bausektors. Dies kann vor allem durch den schrittweisen Ausstieg aus fossilen Brennstoffen, die Steigerung der Energieeffizienz, die Nutzung erneuerbarer Energiequellen und die Berücksichtigung ökologischer Kriterien bei der Planung und im Bau erreicht werden. Dazu sind digitale Technologien und ein optimierter und effektiver Umgang mit Informationen und Daten erforderlich.

Die ökologischen Auswirkungen der Gebäude (z.B. CO₂-Emissionen, Versauerung von Böden und Gewässern, Anteil an nicht erneuerbarer Primärenergie) werden durch eine Lebenszyklusanalyse (LCA) bzw. Ökobilanzierung dargestellt und bewertet. Je früher im Planungsprozess Ökobilanzen generiert werden, desto größer ist das Potenzial für die Optimierung bezüglich der Umweltauswirkungen. Ökobilanzen werden mit Hilfe spezieller Softwareprogramme berechnet, die mit Umweltdatenbanken verknüpft sind, welche Daten über Umweltauswirkungen standardisiert bereitstellen. Der übliche Arbeitsablauf ist, dass die einzelnen Materialien oder Bauteilschichten des Gebäudes manuell in das Softwareprogramm eingegeben werden. Dies ist jedoch ein zeit- und kostenaufwändiger Prozess, vor allem in den frühen Planungsphasen, da es hier zu vielen Änderungen im Projektdesign und -layout kommen kann.

Die Verknüpfung von LCA-Tools mit BIM-Anwendungen (BIM = Building Information Modeling) eröffnet daher neue Möglichkeiten für einen automatisierten und effizienten Datenaustausch. Entsprechende Softwarelösungen sind bereits am Markt vorhanden, erfüllen jedoch nicht vollumfänglich die Anforderungen an die Berechnungsmethode und Systemgrenzen des Oekoindex OI3 des IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie, sowie an die Qualitätssicherung der Daten bzw. die Datenkonsistenz. Der Oekoindex OI3 ist Teil des klimaaktiv Gebäudebewertungssystems in Österreich.

¹ Europäische Kommission (2021). https://germany.representation.ec.europa.eu/news/europaischer-gruner-deal-neue-vorschlaege-zur-energieeffizienz-von-gebau-den-2021-12-15_de (letzter Zugriff: 19.02.2023)

Das in einem von der FFG geförderten Projektkonsortium entwickelte Web-Tool „BIM4eco“ ermöglicht die automatisierte Erstellung einer Ökobilanz aus einem digitalen Gebäudemodell basierend auf der Ökobilanzmethode Oekoindex OI3 (Bilanzgrenze 3). Dabei koppelt „BIM4eco“ Informationen aus einem BIM-Modell und das existierende Tool „eco2soft – Ökobilanz für Gebäude“ auf der baubook-Plattform (www.baubook.at/eco2soft). Das BIM-Modell wird als IFC-Datei im Webtool hochgeladen und in „eco2soft“ über eine XML-Schnittstelle weiterverarbeitet. Damit dieser Prozess funktioniert, müssen im BIM-Modellierungsprogramm spezifische Parameter und Informationen für den IFC-Export definiert sein. Der OI3-Report wird automatisch generiert und steht dem:der Anwender:in im PDF-Format zur Verfügung. Darüber hinaus ist es auch möglich, die übertragenen Daten direkt in „eco2soft“ weiterzubearbeiten, zu ändern oder zu ergänzen.

Methodik

Die Entwicklung von BIM4eco bestand aus der Festlegung der BIM-Modellierungsmethode, der Generierung des notwendigen IFC-Datenmodells und der Entwicklung der XML-Schnittstelle. Die zukünftigen Anwender:innen (DELTA Mitarbeiter:innen) wurden von Beginn an in die Entwicklung miteinbezogen, um den Anforderungen in der Praxis gerecht zu werden. Durch mehrere Bearbeitungsschleifen wurde die Anwenderfreundlichkeit dadurch schon während der Entwicklungsphase gesichert.

Die Ökobilanzierungsmethode ist im Tool „eco2soft– Ökobilanz für Gebäude“ hinterlegt. Diese erfordert den detailgetreuen Aufbau von Bauteilen mit Baustoffzuordnung und Mengen- bzw. Schichtdickenangaben. Im BIM-Gebäudemodell bzw. in den entsprechenden IFC-Exportdateien sind diese Daten nicht standardmäßig bzw. unvollständig enthalten. Die Anwender:innen formulierten die Anforderungen (User-Stories) in einfacher Sprache und stellten Testdaten (Use Cases) in Form eines BIM-Modells zur Verfügung, die diese Anforderungen abbildeten und den Projektpartner:innen als Grundlage für die Umsetzung des Projekts sowie dessen Überprüfung dienten. Mit jeder Schleife wurden die

Ziele konkreter und detaillierter formuliert. Die Erreichung der Ziele wurde in jeder Schleife durch die DELTA Mitarbeiter:innen evaluiert und bei Bedarf nachgeschärft.

BIM-Modellierung

Die in den BIM-Objekten hinterlegten Informationen müssen einer gewissen Systematik folgen, z.B. der Benennung von Materialien (Do's and Don't's) bzw. der Definition von Attributen, damit das Programm „eco2soft“ die Informationen verarbeiten kann. Für eine leichtere Handhabung wurde im Programm Autodesk Revit eine Projektvorlage erstellt, in der die notwendigen Voreinstellungen sowie das benutzerdefinierte Property Set „BIM4eco“ hinzugefügt ist. In einem Modellierleitfaden wurden die notwendigen Einstellungen in der BIM-Software sowie die anzugebenden Attribute angeführt und können somit von den Planer:innen nachvollzogen werden.

Programmierung der Schnittstelle / Konvertierung

In einem ersten Schritt wurden die „baubook“-Baustoffdaten mit der Materialdatenbank von DELTA in der BIM-Software verglichen, wobei eine gute Vergleichbarkeit festgestellt werden konnte. Auf Basis dieser Erkenntnisse wurden die Definitionen in einer IFC-Mapping Datei erstellt, um die Daten über den eigens programmierten Konverter in der XML-Schnittstelle von „eco2soft“ darzustellen. Der Konverter liest die Informationen aus der IFC-Datei und gibt sie als XML-Datei wieder aus (Abb. 1).

Dennoch gab es Bedarf für Anpassungen in den Programmen. Seitens der IFC-Daten handelte es sich dabei um die Festlegung auf Bauteiltypen und um ergänzende Merkmale zur Beschreibung inhomogener Schichten. Seitens „baubook“ handelte es sich um Ergänzungen zur Modellierung, z.B. von Pfosten-Riegel-Fassaden und um die Möglichkeit „sonstige“ oder „weitere“ Bestandteile zu definieren, sodass auch nicht spezifizierte Schichten und Bauteile konfliktfrei aus der IFC-Datei importiert werden können. Ebenso wurde die XML-Schnittstelle von „eco2soft“ auf die Anforderungen aus den „Use Cases“ angepasst.

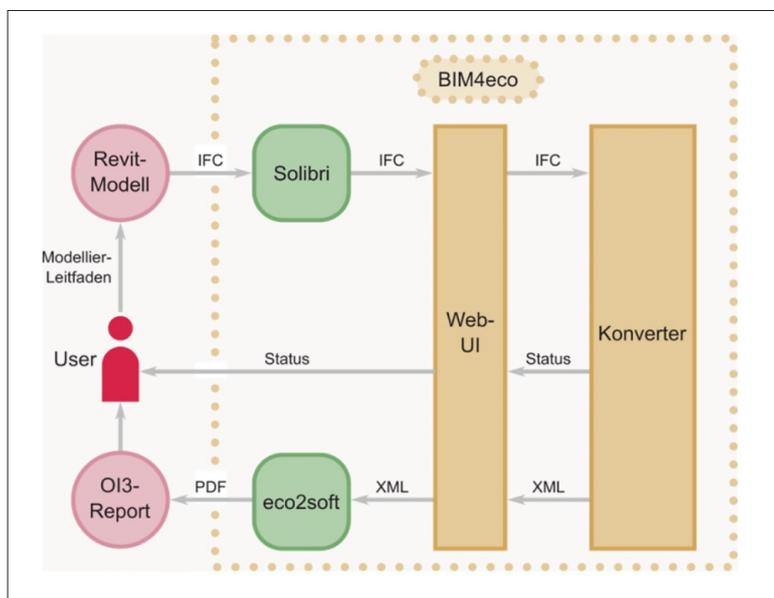


Abbildung 1: Visualisierung des Workflows, Bildquelle: DELTA Holding GmbH

Web-User Interface

Über das Web User-Interface werden die IFC-Dateien durch den:die Benutzer:in hochgeladen, der Konvertierungsprozess gestartet, der Status der Konvertierung abgefragt sowie das Ergebnis als XML-Datei abgerufen. Die geprüften und konvertierten IFC-Dateien werden dann durch das Web-User Interface weiterverarbeitet. Zusätzlich wurde eine Logik zum Ignorieren jener Bauelemente eingeführt, für die Informationen fehlen (z.B. kein „Pset_BIM4eco“, keine Geometrieinformationen). Dadurch können Bauelemente auch gezielt aus der OI3-Berechnung exkludiert werden. Alle ignorierten Elemente werden dem:der Nutzer:in aufgelistet.

Erfolgt ein fehlerfreier IFC-Upload, wird der OI3-Report direkt in das User Interface als PDF-Datei gespielt. Alternativ hat der:die Benutzer:in aber auch die Möglichkeit, die Daten im Programm „eco2soft“ weiter zu bearbeiten, um z.B. Variantenstudien durchzuführen oder um andere Anpassungen vorzunehmen. Das Web-User Interface wird direkt bei IBO/„baubook“ gehostet (Abb. 2).

Evaluierung

Die Evaluierung von „BIM4eco“ wurde von DELTA Planer:innen durchgeführt. Diesen wurden die User-Stories vorgestellt und in den Modellierungsleitfaden eingeschult. Sie haben das User-Interface, den Workflow, die Anwendbarkeit sowie Darstellung von Ergebnissen getestet und bewertet und konstruktive Einwendungen zur besseren Anwendbarkeit eingebracht. Eine erweiterte Test & Trial Phase wird weitergeführt werden, um vorhandenes Optimierungspotential umzusetzen und den Umfang an Funktionen in Zukunft noch zu erweitern.

Ergebnisse und Fazit

Durch „BIM4eco“ kann auf besonders einfache und schnelle Art eine automatisierte Erstellung von Ökobilanzen (Oekoindex OI3, BG 3) für alle Projektstände erfolgen. Im Gegensatz zum manuellen Workflow, welche bei komplexen Gebäuden – je nach Erfahrungen mit „eco2soft“ – mehrere Tage beanspruchen kann, dau-

ert die automatisierte Variante mittels Upload einer IFC-Datei einen Bruchteil dieser Zeit.

Zusammenfassend sind die realisierten Bestandteile von „BIM4eco“ ein webbasiertes User-Interface (für Eingabe, Statusmeldungen und Ergebnisse), die Überprüfung verschiedener Aspekte des IFC-Modells (z.B. ob es alle notwendigen Daten enthält) sowie die Rückmeldung desselben an die Anwender:innen, die Übersetzung des IFC-Modells in das Format der XML-Schnittstelle von baubook/„eco2soft“ und schließlich der PDF-Report mit den Ökobilanz-Berechnungsergebnissen aus „eco2soft“.

Die Funktionalität von „BIM4eco“ ist durch die Fähigkeit zur Verarbeitung realer Gebäudedaten, die Anpassungsfähigkeit bzw. Erweiterbarkeit, die Kopplung mit einem bewährten Ökobilanzierungsprogramm sowie die effektive Kommunikation des Konvertierungsvorganges an den:die Nutzer:in kennzeichnend.

Projektpartner:innen

- DELTA Holding GmbH (Initiator und Konsortialführerin)
- IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie (wissenschaftliche Partnerin)
- Baubook GmbH (Dritteilesterin)
- AIT Austrian Institute of Technologie (Dritteilesterin)

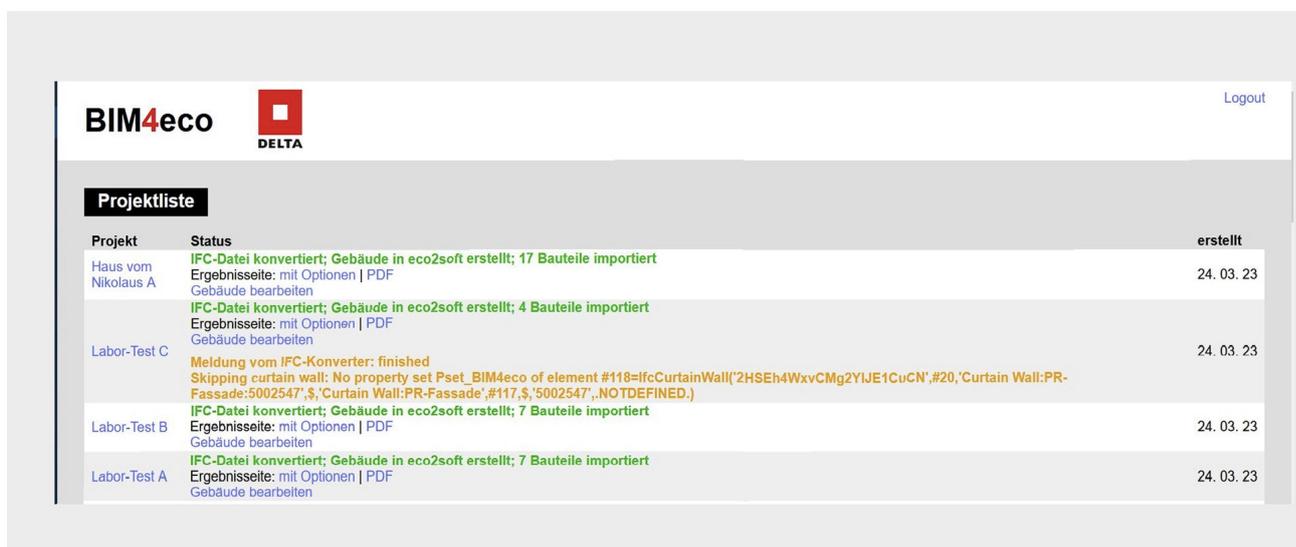


Abbildung 2: Web-User Interface, Bildquelle: DELTA Holding GmbH

Kühlpotentiale der modellprädiktiven Nachtlüftung unter Realisierung tageslicht-optimierter Beschattungen am Beispiel historischer oder denkmalgeschützter Gebäude

Cooling Potentials of Model Predictive Controlled Night Ventilation in Historic and Listed Buildings with Daylight-Optimised Shading

Albert Treytl, Markus Winkler; *Donau Universität Krems* | Johann Gerstmann; *Bundesverband Sonnenschutztechnik*

Der Kühlenergiebedarf von Gebäuden rückt verstärkt in den Fokus von Planungsschaffenden, Gebäudeverwaltern und Nutzer:innen. Vor allem im Bereich von Büro- und Verwaltungsgebäuden sind aktive Kühlmaßnahmen auch in unseren Breiten nicht mehr wegzudenken. Raumtemperaturen im Sommer über 30 °C sind mitunter keine Seltenheit mehr, wenn suboptimale Planung und/oder Fehlbedienung von (Beschattungs-) Maßnahmen die Ursachen bilden. In vielen Fällen kann mittlerweile die gesamte Zeit außerhalb der eigentlichen Heizperiode als Kühlperiode betrachtet werden. Der Anstieg der Außentemperaturen durch den Klimawandel, eine Erhöhung der Wärmelasten aufgrund solarer Einträge durch großzügige Fenster- bzw. Glasflächen und eine Erhöhung der inneren Wärmelasten durch technisches Equipment im Allgemeinen tragen zu einem rapiden Anstieg des Kühlenergiebedarfs bei. Nicht zu vernachlässigen sind dabei entsprechend mitgestiegene Komfortansprüche von Nutzer:innen dieser Gebäude im Laufe der Zeit.

Projektziel

Das FFG Forschungsprojekt CoolAIR verfolgte den Ansatz einer ressourcenschonenden Senkung des Kühlenergiebedarfs durch energieeffiziente natürliche Nachtlüftung in Kombination mit tageslichtoptimierter Verschattung im Sinne eines Low-Tech-Ansatzes. Ziel war die Entwicklung einer automatisierten und prädiktiven modellbasierten Regelstrategie für das Öffnen und Schließen von Fenstern (allgemein: Öffnungen) in der Gebäudehülle.

Methodik

Methodisch folgte das Projekt einem transdisziplinären Ansatz aus empirischer und simulationsbasierter Analyse der entwickelten Konzepte. Grundlagen dafür waren sowohl Daten aus der Literatur als auch ein über die gesamte Projektdauer durchgeführtes Langzeitmonitoring eines Testbüros im Altbau der Universität für Weiterbildung Krems (Donau-Universität Krems). Neben der Aufbereitung von realen Messdatensätzen über die Projektlaufzeit wurden synthetische Datensätze aus Simulationsergebnissen generiert. Im Zuge dieser thermisch dynamischen Gebäudesimulationen mit IDA ICE konnten naturgemäß wesentlich mehr und v.a. in wesentlich kürzerer Zeit Datensätze erstellt werden, die für ein und dasselbe Kalenderjahr auf unterschiedlichen Randbedingungen (Szenarien) basierten. Im Vergleich zur seriellen „real time“-Abfolge von Szenarien über die Projektlaufzeit waren für ein und denselben Klimadatensatz unterschiedliche Regelungen der Nachtlüftung sowie der Verschattung parallel möglich. Der Simulationszeitraum erstreckte sich dabei grundsätzlich jeweils vom 1. April bis 31. Oktober (erweiterte Kühllastperiode). Abbildung 1 zeigt das Simulationsmodell im Überblick. In der Auswertung wurde ein zentraler Einzelraum (Testbüro, südorientiert; rot markiert) betrachtet. Die angrenzenden Zonen im Gebäude dienen mit ihren entsprechenden thermischen Trägheiten bzw. Massen als Pufferzonen, die im Gegensatz zu adiabaten Zonen Grenzen das thermische Verhalten des Testraumes entsprechend mittragen. Daraus resultieren wiederum entsprechende Wärmeströme in und aus der zentral betrachteten Zone (Testbüro).

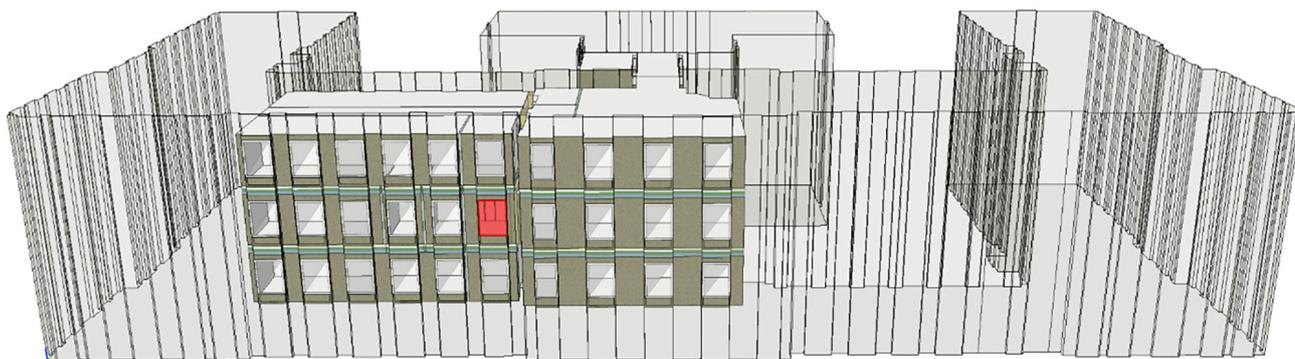


Abbildung 1: IDA ICE Modell mit Testraum mit rot markiertem Fenster

Die Simulationen wurden dabei vorerst jeweils mit den realen Klimadaten der Jahre 2020 und 2021 am Standort durchgeführt. Die Randbedingungen wie Raum- und Fenstergeometrie, Solltemperatur während der Heizperiode, Infiltrationsluftwechsel, Aufbauten opaker sowie transparenter Bauteile etc. wurden in den Varianten nicht verändert. Nachfolgende Tabelle 1 zeigt die variierten Parameter Lüftung und Verschattung bzw. regelungstechnische Unterschiede, woraus sieben Grundvarianten hervorgingen.

Ausgewählte Simulationsergebnisse auf Basis realer Klimadaten am Standort bildeten neben den Messdaten aus dem Testbüro jene Datensätze, die die modellprädiktive Regelung (MPC)

für ihr sogenanntes Training benötigte, um Vorhersagen der Entwicklung der Raumtemperaturen für den nächsten Zeitschritt (jeweils 1 Stunde) tätigen zu können.

Fokus Steuerung Kastenfenster

Der Fokus wurde u.a. dabei auf das Kastenfenster selbst, das in IDA ICE als gering belüftete Doppelfassade modelliert wurde, gelegt. Wie in Tabelle 1 ersichtlich wurde des Weiteren die äußere Flügelebene des Kastenfensters tagsüber in einigen Szenarien real geöffnet, in der Simulation die äußere Scheibe der Doppelfassade zweckmäßig virtuell entfernt, wobei unter Tags ggf. Rollos im Scheibenzwischenraum aktiv waren.

Variante	Fensterflügel tagsüber		Fensterflügel nachts		Beschattung	Nachtlüftung
	innen	außen	innen	außen	Regelung	Regelung
1a	geschlossen	geschlossen	geschlossen	geschlossen	keine	keine Lüftung
1b	geschlossen	geschlossen	geschlossen	geschlossen	08:00 - 20:00	keine Lüftung
2a	geschlossen	geschlossen	offen	offen	keine	20:00 - 08:00 durchgängig
2b	geschlossen	geschlossen	offen	offen	08:00 - 20:00	20:00 - 08:00 durchgängig
3a	geschlossen	geschlossen	auf-zu-auf...	auf-zu-auf...	keine	20:00 - 08:00 „stündlich“
3b	geschlossen	geschlossen	auf-zu-auf...	auf-zu-auf...	08:00 - 20:00	20:00 - 08:00 „stündlich“
4a	geschlossen	geschlossen	offen (siehe Regelung)	offen (siehe Regelung)	keine	20:00 - 08:00 „stündlich“ Freigabe, wenn: • $T_i > 23,0 \text{ °C}$ • $T_a < T_i$ Schließung, wenn $T_i < 19 \text{ °C}$
4b	geschlossen	geschlossen	offen (siehe Regelung)	offen (siehe Regelung)	08:00 - 20:00	20:00 - 08:00 „stündlich“ Freigabe, wenn: • $T_i > 23,0 \text{ °C}$ • $T_a < T_i$ Schließung, wenn $T_i < 19 \text{ °C}$
5a	geschlossen	geschlossen	offen (siehe Regelung)	offen (siehe Regelung)	keine	20:00 - 08:00 „stündlich“ und Freigabe, wenn: • $T_a < T_i$
5b	geschlossen	geschlossen	offen (siehe Regelung)	offen (siehe Regelung)	08:00 - 20:00	20:00 - 08:00 „stündlich“ und Freigabe, wenn: • $T_a < T_i$
6a	geschlossen	offen	geschlossen	geschlossen	08:00 - 20:00	keine Lüftung
6b	geschlossen	offen	offen	offen	08:00 - 20:00	20:00 - 08:00 durchgängig
6c	geschlossen	offen	auf-zu-auf...	auf-zu-auf...	08:00 - 20:00	20:00 - 08:00 „stündlich“
7	geschlossen	geschlossen	offen	offen	08:00 - 20:00	20:00 - 08:00 durchgängig wie 2b jedoch 50 % Öffnung

Tabelle 1: untersuchte Simulationsvarianten als Grundlage für die modellbasierte Regelung (MPC)

Die nachfolgende Abbildung 2 verdeutlicht exemplarisch den Unterschied hinsichtlich des Tagesganges der Raumlufttemperatur im Testbüro zwischen geschlossenen (2b) und offenen Außenflügeln (6b) des Kastenfensters bei sonst gleichen Randbedingungen am Beispiel einer ausgewählten Juliwoche. Nachts wird in beiden Fällen dauerhaft (ohne Regelung) gelüftet und unter Tags verschattet (vgl. auch Tabelle 1).

Der gelb durchgezogene Graph repräsentiert die Solarstrahlung auf die betreffende Südfassade vor dem Testraum, die beiden gelb strichlierten jene Wärmeleistung durch das gesamte Kastenfenster. Negative Werte nachts verdeutlichen dabei die entsprechende Wärmeabfuhr nach außen. Variante 6b mit offenen Außenflügeln erreicht ca. ein Drittel bis max. die Hälfte der Wärmeleistung als Variante 2b mit geschlossenen Außenflügeln. Hinsichtlich der darauf basierenden Raumtemperaturen ergeben sich Unterschiede von max. 1,1 K (20.07.), wobei sich jeweils bis 12:00 Uhr Unterschiede von mind. 0,5 K einstellen, die wesentlich für die Planung von Anwesenheitszeiten im Büro sein können.

Ausschließlich auf das nächtliche Kühlpotential bezogen ergeben sich während der Sommerperiode wenig Unterschiede zwischen den einzelnen Regelungsstrategien, da sich die Fensteröffnungszeiten beinahe ausschließlich überschneiden und die nächtlichen Temperaturen grundsätzlich hoch, jedoch meist noch unterhalb der Tropennachtgrenztemperatur von 20 °C liegen. Abseits dieser Randbedingungen (Übergangszeiten, Nächte mit Temperaturen deutlich unter 15 °C) ist jedoch die Regelungsstrategie ausschlaggebend für die Kühlung und die morgendlichen Komfortbedingungen. Uhrzeitbasierte (starre) Regelungen kommen hier

unweigerlich an ihre Grenzen. Rein Lufttemperatur-basierte Regelungen können dagegen das Kühlpotential aufgrund der thermischen Raumträgheit nicht gänzlich ausschöpfen, woraus unter Tags höhere Raumtemperaturen als grundsätzlich möglich resultieren. Zumindest ist hier die Unterkühlung des Raumes in den Morgenstunden ausschließbar.

Model Predictive Control (MPC)

In CoolAIR wurde deshalb eine modellprädiktive Regelung (Model Predictive Control – MPC) als Entscheidungsfindungsalgorithmus eingesetzt, der die Ausschöpfung des Kühlpotentials bei gleichzeitiger Optimierung des Komforts, v.a. in den Übergangszeiten Frühjahr und Herbst, verbessern soll.

Dieser bewährte MPC-Ansatz hat gegenüber rein zeitgesteuerten und sensorbasierten Verfahren Vorteile, die die Effizienz der passiven Kühlung weiter steigern und die Häufigkeit der Aktuatorverwendung und damit den Verschleiß verringern.

Die MPC [1] kann über ein Vorhersagemodell in der Zukunft liegende Sollgrößen erreichen und dabei das System so ausregeln, dass es flexibel auf Störungen reagieren kann:

- 1.) Abbildung 3 zeigt die Regelschleife, in deren Zentrum das Raummodell steht, um die Veränderung der physikalischen Raumparameter vorherzusagen (Vorhersagemodell). Die MPC bildet dazu Vorhersagen über das Systemverhalten bis zum sogenannten Vorhersagehorizont (siehe Abbildung 4) und errechnet über eine Kostenfunktion die notwendigen (aktuellen und zukünftigen) Stellwerte (grüne Kurve in Abbildung 4) über diesen Zeitraum, um den Zielwert am Vor-

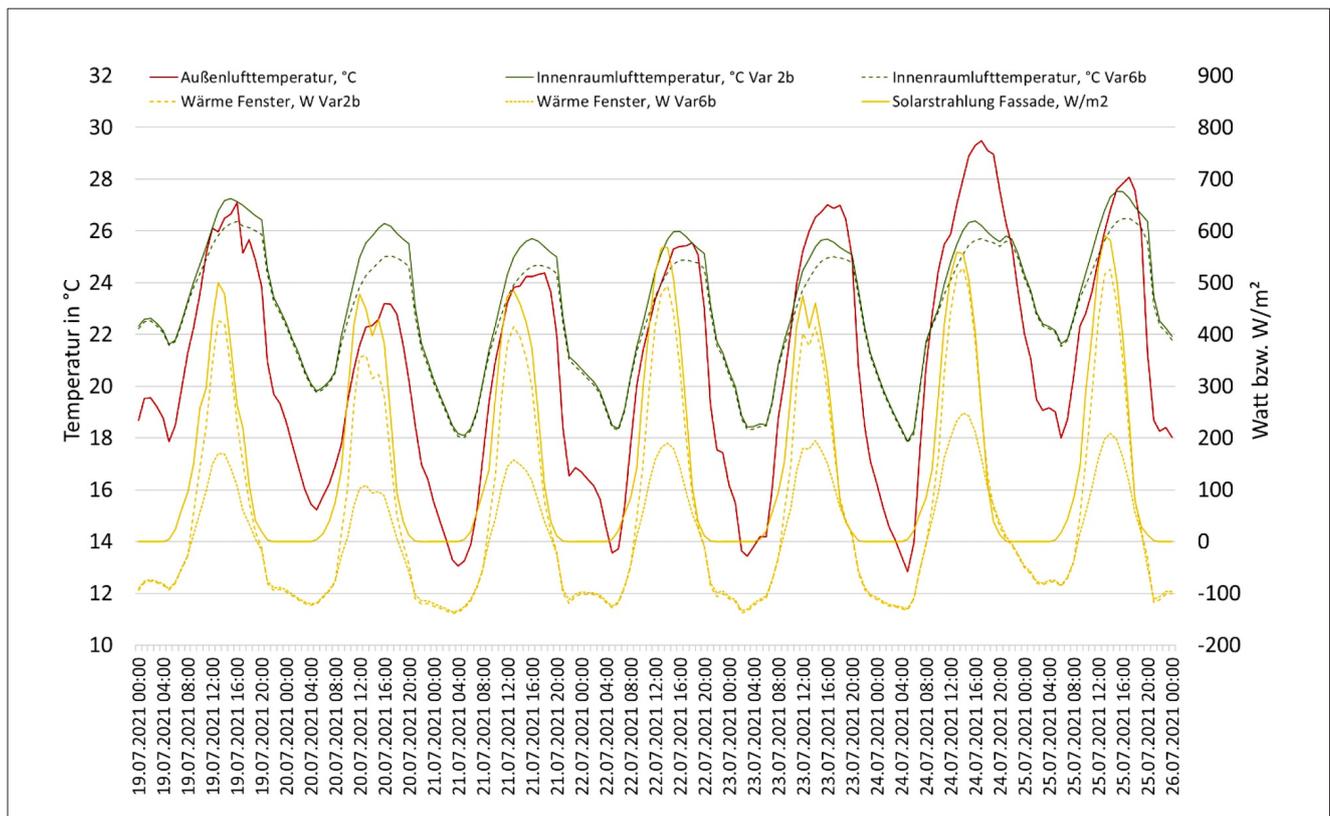


Abbildung 2: Innenraumlufttemperaturvergleich bei geschlossener (2b) vs. offener äußerer Flügelebene (6b) bei Verschattung tagsüber im Scheibenzwischenraum während ausgewählter Juliwoche

hersagehorizont optimal zu erreichen. Der Zeitraum bis zum Vorhersagehorizont wird dabei in äquidistante Zeitschritte – in CoolAIR eine Stunde – geteilt.

- 2.) Daraufhin wird der errechnete aktuelle Stellwert auf die Aktoren angewandt, in diesem Fall das Fenster zur Lüftung geöffnet.
- 3.) Nach Vergehen eines Zeitschrittes wird die MPC erneut aufgerufen und die Stellwerte über das verkürzte Zeitintervall wiederholt bis zum Vorhersagehorizont berechnet. Auf diese Weise werden nach jedem Zeitschritt die Regelgrößen an allfällige im vergangenen Zeitschritt aufgetretene Störungen und Abweichungen angepasst und optimiert.

Der Vorteil der MPC liegt erstens darin, dass eine Zielgröße zu einem in der Zukunft liegenden Zeitpunkt geregelt werden kann, d.h. die Komfortgrenzen nur zu Beginn der „Tageszeit“ eingehalten werden können. Zweites kann durch die Vorausberechnung der Stellgröße das Stellverhalten optimiert werden. Im Falle von CoolAIR optimiert die MPC dahingehend, dass möglichst wenig Steuerbefehle gesendet werden. Besonders bei einer Zweipunktregelung, die zwischen geschlossenen und vollständig geöffneten Fenstern zur effizientesten Kühlung regeln würde, kann so einem unnötigen Verschleiß der Antriebe vorgebeugt und auch Störungen durch Lärmbelästigung vermieden werden.

Zusammenfassung modellbasierte Regelung

Die Anwendung einer Modellprädiktiven Steuerung (MPC) hat sich als gewinnbringend herausgestellt. Es konnte damit die morgendliche Zieltemperatur entsprechend erreicht und eine Unterkühlung des Raumes durch ggf. zu forsch Vortemperierung verhindert werden.

Besonders hervorzuheben ist jedoch die Tatsache, dass die Regelqualität der MPC naturgemäß stark vom Modell abhängt. Die Neuheit des Projektes ist ein raumzentriertes Design, das auf einem KI-basierten Modell und einer minimalen Anzahl an Sensoren (Außentemperatur, Innenluft- und oberflächennahe Bauteiltemperatur, Fenster- und Türöffnung) basiert. Die Verwendung von neuronalen Netzen als Modell bedingt aber auch eine sorgfältige Auswahl an Trainingsdaten, um das physikalische Verhalten gut abzubilden. Messdaten aus dem Betrieb sind hierzu bei stark schwankendem Nutzerverhalten nur bedingt für ein Training von neuronalen Modellen geeignet, da zu viele Unbekannte wie wechselndes Nutzerverhalten oder unbekannte Wetterdaten ein Lernen erschweren. Im Allgemeinen tendiert der zum Lernen verwendete sog. Back Propagation-Ansatz in solchen Fällen zu einem Lag oder Verschiebung, d.h. die Vorhersagen weichen wenig vom aktuellen Wert ab. Der Ansatz der simulationsbasierten Generierung von Trainingsdaten hat sich als praktikabler und zielführender erwiesen. Während die Gebäudeeigen-

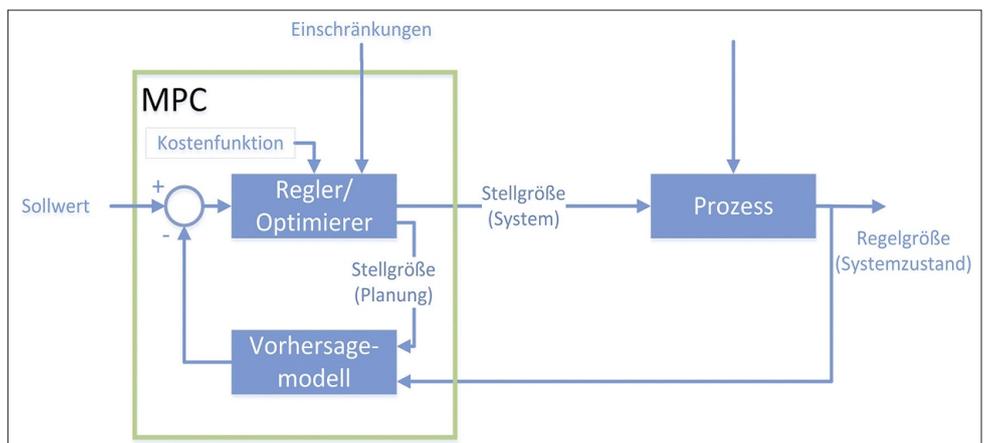


Abbildung 3: Regelschleife einer Modell Prädiktiven Regelung mit Optimierer und Vorhersagemodell

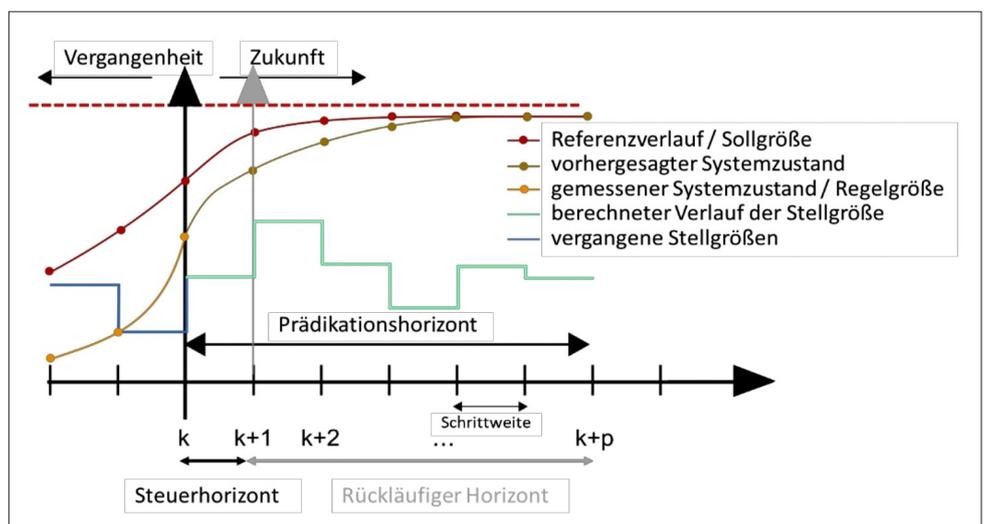


Abbildung 4: Regelverhalten der MPC zur Erreichung einer Zielgröße in der Zukunft (t=k+p) unter Optimierung der Stellgröße (grüne Linie)
Bildgrundlage von Martin Behrent

schaften in dem verwendeten datengetriebenen Ansatz bei sehr geringer Nutzer:innenfrequenz (der Testraum war nur gering genutzt) gut modelliert werden konnten, stellen Abweichungen der Wetterbedingungen signifikante Fehlerquellen dar. Besonders die Saisonalität und lokale Wettereinflüsse bedeuten hier eine Herausforderung für die KI-Methoden. Durch eine Aufspaltung des Modells in saisonale Modelle für die Außentemperatur und ein Raummodell für die Innenraumparameter konnte jedoch eine ausreichende Vorhersagegenauigkeit erreicht werden ohne auf eine komplexere Wettervorhersage (Wetterbericht) zurückgreifen zu müssen. Bei der Modellbildung für die Innenraumparameter ist aber auch auf zeitliche Abhängigkeiten zu achten. Dies liegt wiederum am verwendeten LSTM-Typ (Long Short Term Memory) des neuronalen Netzes, der für die Vorhersage die Sensorwerte der letzten 6 bis 12 Stunden für die Prognose heranzieht. Besonders die Fensterposition sorgt dabei für Probleme während des Trainings, da es oft schwach eindeutige Muster für eine Vorhersage gibt. Ansätze zur automatisierten Adaption der Modelle durch maschinelles Lernen konnten im Projekt noch nicht verfolgt werden.

Vorteile gegenüber anderen Steuermethoden wie zeitbasierten oder sensorgestützten Methoden sind besonders in den Übergangszeiten gegeben. Dort kann das Kühlpotential bei Einhaltung der Komfortgrenzen besser ausgeschöpft werden. An heißen Sommertagen blieben in den Testräumlichkeiten die Fenster fast dauerhaft geöffnet (zeitbasiert) und in sehr kalten Nächten sind die Unterschiede zur sensorgesteuerten Regelung eher gering.

In der zweiten Projekthälfte fand die MPC die Umsetzung in der Hofburg Wien, bei der ein Büro mit einem Kastenfenster mit vier Fensterflügeln nicht nur mit sehr geringer Motorenanzahl für die ventilative Nachtkühlung automatisiert werden konnte, sondern die Lösung auch den Anforderungen des Denkmalschutzes entsprach.

Realisierung tageslichtoptimierter Beschattungen in historischen oder denkmalgeschützten Gebäuden

(Teilergebnis aus dem Forschungsprojekt CoolAIR)

Passive Maßnahmen wie tageslichtoptimierte Verschattung und natürliche Nachtlüftung weisen in Kombination ein hohes Energieeinsparpotential hinsichtlich Kühlung und Beleuchtung auf. Im Projekt wurde daher weiter erforscht, wie man Sonnenschutz und Tageslichtversorgung mittels Kastenfenstern von denkmalgeschützten Gebäuden für die Ansprüche von zeitgemäßen Arbeitsplätzen gestalten kann. Dafür wurden entsprechende Konzepte entwickelt.

Für das Projekt standen zwei Testräume (Krems/Wien) zur Verfügung, einer mit Grazer Kastenfenstern und einer mit Wiener Kastenfenstern. Für beide Räume wurden mittels Tageslichtsimulation und Berechnung des Gesamtenergieeintrages die Beschattungslösungen geplant und realisiert.

Die Tageslichtoptimierung wurde durch eine horizontale Zweiteilung der Lichteintrittsöffnung in einen Oberlichtbereich und einen Sichtbereich bewerkstelligt. Die textilen Behänge gewährleisteten bei direkter Sonne einen Lichteintrag, der einem bedeckten Himmel entspricht. Die motorisierten Beschattungen werden über die für CoolAIR entwickelte prädiktive Steuerung je nach Sonnen- oder Blendschutzanforderung positioniert. Abbildung 5 zeigt einen morgendlichen Zustand kurz vor Schließen der Fenster und der beiden Rollos.

Lichtmessungen im Testraum an der Universität für Weiterbildung Krems dienten der Überprüfung der Planung. Die Tageslichtsimulation ließ erwarten, dass sich beim Blendschutz durch die Teilverschattung des Fensters die Tageslichtversorgung um das Vierfache gegenüber einer vollflächigen Beschattung verbessern lässt und auch bei aktiviertem Sonnenschutz der Raum ausreichend natürlich beleuchtet wird.



Abbildung 5: Testbüro an Südfassade des Altbaus der Universität für Weiterbildung Krems: Zustand kurz vor morgendlicher Schließung des Fensters und Aktivierung der beiden Verschattungsrollos, Foto ©: Markus Winkler

Das Projekt CoolAIR eröffnete zudem die Möglichkeit, das Zusammenwirken von diversen Beschattungen und Glasaufbauten zu untersuchen. Ziel war es, ein einfaches Modell für den Gesamtenergieeintrag transparenter Bauteile zu entwickeln, das für übliche Aufbauten valide Werte liefert. Die aus dem Jahre 1989 stammende Methode, den Energieeintrag mittels Abschattungswerten zu berechnen, entsprach nicht mehr dem Stand der Technik, womit die Planung des Sonnenschutzes problematisch wurde. Das im Projekt CoolAIR konzipierte Modell beruht auf den Transmissionswerten aller Komponenten zuzüglich der sekundären Wärmeabgabe der Gesamtkonstruktionen. Durch Clustern der Berechnungsergebnisse nach Behangfarbe, Transmissionsstufen und Glasqualität ließen sich sehr einfach strukturierte Tabellen mit den Energiedurchlasswerten typischer Kombinationen aus Beschattung und Verglasung darstellen, was zugleich eine rasche, sichere und herstellerneutrale Planung ermöglicht. Dieses Modell wurde 2019 in die Normung (Wärmeschutz im Hochbau) übernommen.

Auch für die Planung der Tageslichtversorgung gelang es, ein einfach anzuwendendes Modell zu entwickeln. Ziel war es, ohne Tageslichtsimulation den Nachweis zu erbringen, dass die geplanten oder vorhandenen Lichteintrittsflächen, unter Berücksichtigung aller Faktoren, die den freien Lichteinfall mindern können, einen medianen Tageslichtquotienten von $D_{med} \geq 2\%$ gewährleisten und damit die Mindestanforderung der europäischen Tageslichtnormen erfüllen.

Nach Abschluss des Projektes im Frühjahr 2022 lässt sich festhalten, dass ein Projektziel, Kastenfenster im denkmalgeschützten Gebäudebestand kostengünstig mit adaptierten Standard-Beschattungen effektiv (im Sinne von Ressourcennutzung und Energievermeidung) nachgerüstet werden können, ohne das äußere Erscheinungsbild des Gebäudes zu verändern, erreicht wurde.

Zusammenfassung und Ausblick

Verschattung und Fenster als Komponenten zur natürlichen Lüftung und Kühlung einzusetzen ist nichts Neues und wurde bereits in der Antike angewendet. Heute können diese Komponenten jedoch automatisiert und zur Potentialhebung derer Effekte eingesetzt werden. Durch Herunterbrechen der Regelung auf Raumebene entstand ein hoch flexibles System, das durch Nutzung und teilweise Automatisierung bereits vorhandener Lüftungsöffnungen, ohne Vernetzung durch die Gebäudeleittechnik, und mittels Plug&Play das passive Kühlpotential durch Nachlüftung voll ausschöpfen kann. Zukünftige technische Entwicklungen sind Systembausätze, mit denen (Kasten)Fenster mit nur geringem Vorbereitungsaufwand direkt vor Ort unkompliziert automatisiert werden können. Selbstlernende Algorithmen, die sich automatisch an die jeweils vorhandenen Umgebungen und Nutzungsszenarien anpassen, wären weitere Schritte. Letztendlich werden steigende Energiepreise aber auch legislative Maßnahmen passive Kühlkonzepte bzw. hybride Konzepte deutlich attraktiver machen.

Die wesentlichen Gesamtergebnisse aus CoolAIR können wie folgt zusammengefasst werden:

- Es besteht in Österreich ein nächtlich nutzbares Kühlpotential, das sich insbesondere in den Übergangsjahreszeiten effizient nutzen lässt, auch wenn sich die Anzahl der durch den Klimawandel nutzbaren Nächte reduziert bzw. jahreszeitlich verschiebt.
- Für die modellprädiktive Regelung konnten Rahmenbedingungen erforscht werden und die Eignung für eine maximale nächtliche Speichermassenentladung unter Minimierung der Fensteröffnungszyklen auf Eins nachgewiesen werden. Jedoch ist die Auswahl von Trainingsdaten ein komplexer Prozess. Selbstlernende Systeme konnten in diesem Projekt nicht entwickelt werden.
- Es wurde gezeigt, wie sich Blendschutz unter guter Tageslichtnutzung bei alten Gebäuden mit hohen Räumen und Fenstern vereinbaren lassen.
- Es konnte an der Universität für Weiterbildung Krems und der Wiener Hofburg demonstriert werden, dass Kastenfenster unterschiedlicher Bauart (Wiener und Grazer Typ) für die ventilative Kühlung automatisiert werden können und auch den Anforderungen des Denkmalschutzes entsprechen.

Gebäude können nur durch ein Bündel von Maßnahmen dem Klimawandel angepasst werden. Dieses Forschungsprojekt hat Grundlagen geschaffen, Gebäude passiv und damit energieeffizienter zu kühlen.

[1] Dittmar, Rainer und Pfeiffer, Bernd-Markus. Modellbasierte prädiktive Regelung: Eine Einführung für Ingenieure, Berlin, Boston: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2004. <https://doi.org/10.1515/9783486594911>

Kastenfenstersanierung mit innovativen Glasprodukten

Ansätze – Methoden – Ergebnisse!

Renovation of Box Windows with Innovative Glass Products

Approaches – Methods – Results

Ulrich Pont, Magdalena Wölzl, Matthias Schuss, *Forschungsbereich Bauphysik und Bauökologie, E259.3, TU Wien* |

Peter Schober, Karin Hauer, *Holzforschung Austria*

Kurzfassung

Der Forschungsbereich Bauphysik und Bauökologie der TU Wien hat gemeinsam mit der Holzforschung Austria in den vergangenen Jahren an der Implementierung von innovativen Vakuumglasprodukten in Fensterkonstruktionen geforscht. Dabei wurden – unter Beteiligung namhafter Fensterbau-Unternehmen Österreichs – sowohl neue Fenster konzipiert, geplant, als Prototypen gebaut und umfassend als Mock-Ups im Labor und virtuell mittels Simulation untersucht, wie auch traditionelle Fensterkonstruktionen hinsichtlich des Sanierungspotentials mit Vakuumglas untersucht. Während bei neuen Fenstern entsprechend disruptiv-innovative Fenster entstanden sind, die rund um die Erfordernisse des Vakuumglases und zeitgenössischer Beschlags- und Dichtungstechnologien geplant werden können, gibt es bei Bestandsfenstern eine grundlegend andere Herausforderung: Hier geht es um eine thermische, energetische und akustische Verbesserung der Kastenfenster unter gleichzeitiger Beibehaltung der optischen Erscheinung dieser Fenster. Die in den meisten Fällen minimalinvasiv erfolgende Sanierung von Kastenfenstern besitzt darüber hinaus im Spiegel von Ressourcenschonung, Förderung lokalen kleinunternehmerischen Handwerks und einer Möglichkeit der Ertüchtigung im laufenden Betrieb zahlreiche Vorteile. Dieser Beitrag illustriert dementsprechend die Ansätze, Methoden und Ergebnisse eines kürzlich mit einigen Tischlereiunternehmen durchgeführten Forschungsprojektes, wo nicht nur Kastenfenster mit Vakuumglas geplant wurden, sondern an zahlreichen historischen Demonstrationsobjekten umgesetzt wurden und einer rigorosen Begutachtung und messtechnischen Erfassung der Performance unterzogen wurden. Es stellte sich heraus, dass Kastenfenster ohne gröbere optische Einschränkung bzw. grobe bauliche Eingriffe zu einer äußerst guten thermischen und akustischen Performance ertüchtigt werden können, wengleich eine detaillierte hochbautechnische und bauphysikalische Planung für den erfolgreichen und zielführenden Einsatz der innovativen Vakuumgläser erforderlich ist. Bei großmaßstäblicher Einführung im Sanierungsalltag kann dadurch nicht nur das baukulturelle Erbe gesichert werden, sondern auch ein erheblicher Beitrag zur Bestandertüchtigung unter minimalem Ressourceneinsatz geleistet werden.

Einführung

Die Forschungs- und Entwicklungsbemühungen des von der österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) geförderten Forschungsprojektes VAMOS (Vakuumglas-Kastenfenster: Performance-Monitoring in Sanierungsprojekten)[1], sowie zeitlich davor gesetzter Forschungsprojekte im Vakuumglasbereich [2][3] [4], basieren auf einer Reihe von Beobachtungen:

- Der historische Gebäudebestand steht trotz seiner baukulturellen, identitätsstiftenden Bedeutung für europäische Großstädte unter großem Druck. Einerseits wird die thermisch-energetische Performance der Gebäude heute oftmals als unzureichend beschrieben und allzu viele wirklich bestandsgerechte Sanierungsvarianten gibt es nicht, zum anderen fallen viele schöne, alte Bauwerke dem profitgetriebenen Abbruch im Sinne einer Baufeldfreimachung für neue „profitablere“ Bauwerke zum Opfer. Dies trifft nicht nur auf die Gebäude selbst zu, sondern zum Teil auch auf konstituierende Teile der Gebäude wie historische Fensterkonstruktionen, insbesondere das Kastenfenster (in den Ausformungen Alt-Wiener/Grazer Kastenfenster vulgo Pfostenstockfenster, aber auch als Wiener Kastenfenster in den Konstruktionsformen Leistenstockfenster, Rahmenstock- und Doppelrahmenstockfenster). Während man solche Kastenfensterkonstruktionen zurecht als einen technologischen Meilenstein in der Fensterentwicklung betrachten kann, werden diese trotzdem immer wieder abgebrochen und gegen neuwertige Mehrscheibenfenster getauscht.
- Die historischen Kastenfenster werden zwar oft als besonders identitätsstiftende Elemente in Fassaden wahrgenommen, aber gleichzeitig wird diesen hochentwickelten Fensterkonstruktionen mangelnde Wärmedämmung und schlechter Einfluss auf den thermischen Komfort im Sinne von allzu großer Undichtheit unterstellt. Darüber hinaus bestehen oftmals Ressentiments gegenüber Kastenfenstern durch deren Erfordernis alle paar Jahre gewartet zu werden sowie hinsichtlich Aspekten der Bedienbarkeit und Barrierefreiheit. Vorzüge der Kastenfensterkonstruktionen wie z.B. exzellenter Schallschutz, doppelschalige Dämmwirkung oder auch Langlebigkeit und Dauerhaftigkeit (bei entsprechender Wartung) und damit – neben der überschaubaren Anzahl an verwendeten und fast ausschließlich ökologisch unbedenklichen Materialien – ein geringer ökologischer Fußabdruck werden leider oft negiert.
- Bei der Sanierung von Bauwerken wird durch die Förderstellen fast immer nur der Fenstertausch, aber kaum die Fensterinstandsetzung gefördert, was die Zahl der Kastenfenster institutionell motiviert stetig geringer werden lässt. Dies und das Faktum, dass oftmals einzelne NutzerInnen individuell und unkoordiniert entsprechende Fenstertausche durchführen (lassen), führt dann zu Fassadenbildern wie dem in Abbildung 01.
- Es gibt schlanke, hochwärmedämmende Glasprodukte am Markt, die auch für eine thermisch-energetische Ertüchtigung von Kastenfenstern in Frage kämen, im Vergleich zur



Abbildung 01: Uneinheitliches Fassadenbild: Während die offenbar noch halbwegs originalgetreuen, sehr zarten Kastenfensterkonstruktionen bei den drei Fenstern links einer Instandsetzung sehnsuchtsvoll entgegen harren, sind bei den beiden Fenstern rechts wenig passende, viel klobigere Fenster im Zuge eines Fenstertausches eingesetzt worden (Quelle: P. Schober / HFA).

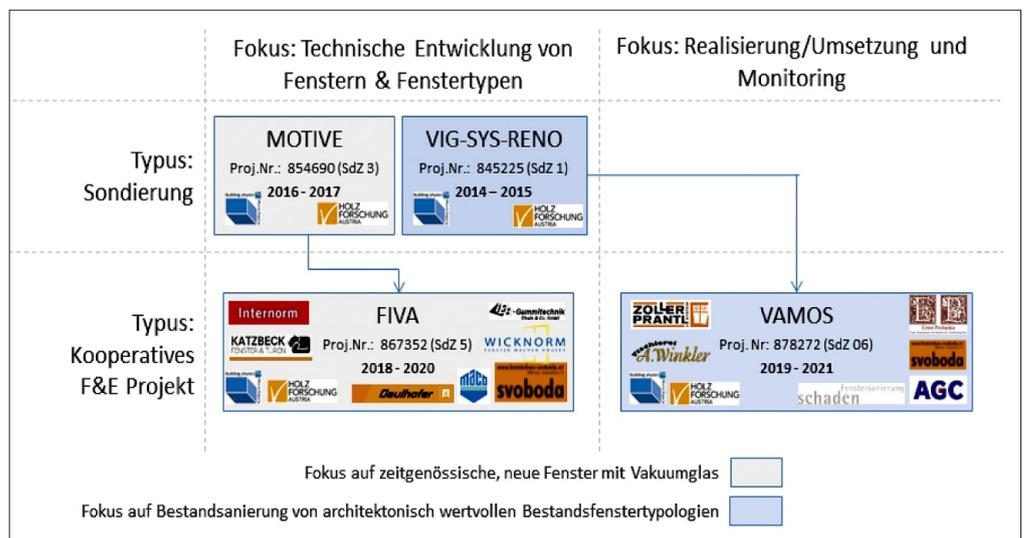
sehr intensiv beforschten Herstellung solcher Glasprodukte gibt es nur sehr wenige Forschungs- und Entwicklungsbe-mühungen im Bereich der Integration solcher hochwärme-dämmenden Produkte in Gesamt-Fensterkonstruktionen (sowohl im Gebäudebestandsbereich, wie auch im Neufensterbereich). Gerade solche F&E-Bemühungen sind aber für die Marktdurchdringung in der Praxis dringend nötig. Insbesondere trifft dies auf Vakuumglasprodukte zu, die seit etwa einer Dekade als hochwertige und dauerhafte Produk-te am Markt verfügbar sind. Ein Argument gegen Vakuum-gläser – nämlich deren lange Lieferkette und damit verbun-dene Zeitverzögerungen – hat sich in den vergangenen Jah-ren relativiert, da nun seit einigen Jahren auch in Europa Vakuumgläser gefertigt werden.

- Aufgrund sehr weniger Demonstrationsprojekte gibt es eine große Skepsis vieler Stakeholder gegenüber innovativen Fensteranierungsansätzen, insbesondere mit Vakuumgläsern. Von wirtschaftstreibenden Kleinunternehmern (Tischlereien, Fensterbauern) kann der Innovationsschritt der Ver-wendung von hochwärmedämmenden Vakuumgläsern ohne entsprechende risikominimierende Forschungs- und Entwicklung alleine kaum gestemmt werden. Dagegen sind große, industriell fertige Unternehmen im Fensterbau

aufgrund verschiedener Aspekte gegenüber den Vakuum-gläsern in der Vergangenheit zurückhaltend gewesen. Ar-gumente waren die langen Lieferketten, der große Aufwand in der Adaptierung des auf Mehrscheiben-Isoliergläsern ab-gestimmten Produktionsprozesse und schlicht und ergreifend, dass noch keine entsprechenden Erfahrungen mit den Vakuumglasprodukten vorlagen.

Unter diesen Rahmenbedingungen haben der Forschungsbereich Bauphysik und Bauökologie und die Holzforschung Austria in den vergangenen 10 Jahren vier Forschungsprojekte, zum Teil gemein-sam mit Wirtschaftspartnern durchgeführt, die sich mit un-terschiedlichen Aspekten der Vakuumglasintegration in Neu- und Bestandsfenster auseinandersetzen. Abbildung 02 zeigt die „Land-schaft“ der unterschiedlichen Forschungsprojekte. Während die Projekte MOTIVE und FIVA sich auf neue Fensterkonstruktionen mit Vakuumgläsern fokussierten und im Rahmen dieser Ab-handlung nur gestreift werden sollen (vergleiche hierzu [3][4][5][6], wurde die prinzipielle Tauglichkeit von Vakuumgläsern für Kas-tenfensteranierung mittels theoretischer, simulatorischer und labortechnischer Annäherung im Sondierungsprojekt VIG-SYS-RENO durchgeführt. Um die Praxistauglichkeit der dort erarbei-teten Ergebnisse zu testen, wurde das Projekt VAMOS aufgesetzt,

Abbildung 02: Projekte von TU Wien und Holzforschung Austria (zum Teil gemeinsam mit Wirtschaftspartnern) im Bereich Integration von Vakuumgläsern in neue und Bestandsfensterkonstruktionen. In den jeweiligen Kästen sind das Förderprogramm der FFG (Sdz 1,3,5,6), die Projektnummer und der Durchführungszeitraum dargestellt (Quelle: AutorInnen dieses Beitrags)



welches die Performance von mit Vakuumglas ertüchtigten Kastenfenstern mittels Monitoring am Realobjekt dokumentieren. Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass die Integration von Vakuumglasscheiben in Fenster für Neubauten und Bestandsbauten zwar eine verwandte, aber doch unterschiedliche Herangehensweise bedingt:

- Bei der Entwicklung von neuen Fenstern, die Vakuumgläser verwenden, sollten die wesentlichen Triebfedern die Performance der Fenster im thermisch-energetischen (bzw. generell bauphysikalischen) Sinne, sowie im ästhetischen Sinne sein. Gewissermaßen sollte das Fenster um die Anforderungen des Vakuumglases herum konstruiert werden. Will man darüber hinaus Fenster erstellen, die im Sinne moderner Bauwerksentwicklung in der Gebäudeautomation als Aktuatoren mitwirken, dann ist eine Motorisierung der Beschläge anzudenken, daraus ergibt sich dann das Denkmuster: Konstruiere den Fensterflügel um das Vakuumglas, den Fensterahmen um die Beschlagsanforderungen. Die im Projekt FI-VA entwickelten Fenster wurden allesamt teilmotorisiert, was bei entsprechender Steuerung z.B. automatisiertes Lüften für gute Hygiene und minimalen Energieverlust sicherstellen kann (vgl. hierzu [7])
- Bei der Integration von Vakuumglasscheiben in (historisch wertvolle) Bestandskastenfenster spielt die thermisch-energetische Ertüchtigung selbstverständlich auch eine wesentliche Rolle. Die Freiheitsgrade im Sinne von „Gestalte das Fenster nach den Anforderungen der Vakuumglasscheibe“ bestehen aber in der Regel nicht, da der Erhalt der Erscheinungsform des Fensters aus baukulturell-ästhetisch und denkmalpflegerischer Sicht wesentlich erscheint. Es gilt hier also einen Kompromiss zwischen thermischer Performance, Vermeidung von negativen Einwirkungen (z.B. Kondensatbildung am / im Randbereich) und Veränderung der Erscheinung des Fensters zu finden. Bei den Kastenfenstern stellt sich darüber hinaus – neben vielen anderen Fragen - die Frage, ob eine Ertüchtigung des Innen- oder des Außenflügels aus bauphysikalisch-hochbautechnischer, sanierungstechnischer/erhaltungstechnischer und organisatorischer Sicht ratsamer erscheint.

Dieser Beitrag stellt in der folgenden Sektion Vakuumgläser als Bauprodukt und dessen wesentliche Eigenschaften vor, berichtet anschließend über die methodologische Herangehensweise im VAMOS Projekt und zeigt dann wesentliche Resultate aus den Monitoring-Bemühungen. Insbesondere wird auf die Kondensatfreiheit der Implementierungen, die Verbesserung von thermischem Komfort einerseits und energetischer Performance andererseits, sowie die Frage nach der Positionierung der Vakuumglasscheibe (im Innen- oder im Außenflügel) eingegangen. Aus bauphysikalischer Sicht ist festzuhalten, dass unterschiedlichen bauphysikalischen Faustregeln gefolgt werden kann: (i) Eine weitestgehend dampfdichte Ausführung des inneren Fensterflügels (Vakuumglas, Flügel, Fuge und Dichtung) würde der oft propagierten Regel entsprechen von innen nach außen diffusionsoffener zu werden. (ii) Eine Implementierung im Außenflügel würde dagegen der Regel entsprechen, den größten Temperaturabfall so weit wie möglich nach außen zu verlagern (vergleiche Wirkung von opaken Wärmedämmungen auf der Außenseite von Wänden). Aus den labor- und simulationsgestützten Vorstudien im Projekt VIG-SYS-RENO ergab sich, dass grundsätzlich beide Positionen in Frage kommen. Letztlich ist der Monitoring-unterstützte Einsatz in Realobjekten auch und vor allem aus dieser Fragestellung heraus eine wesentliche Triebfeder des Projektes VAMOS gewesen.

Vakuumglasprodukte und deren Eigenschaften

Unter Vakuumglasprodukten versteht man in der Regel ein Glasprodukt, das aus zwei planparallelen Glasscheiben besteht, zwischen denen ein schmaler (i.d.R. weniger als 1 mm stark) Zwischenraum besteht, welcher dann evakuiert wird und ein Hochvakuum beinhaltet. Damit das System funktioniert, benötigt das Glasprodukt einen gasdichten, bzw. vakuumhaltenden Randverbund der beiden Scheiben, sowie ein Raster an Abstandhaltern, die verhindern, dass die beiden Scheiben sich durch den umgebenden Luftdruck dann gegeneinander bewegen. In der Regel beträgt der Achsabstand zwischen den einzelnen Abstandhaltern („Pill-

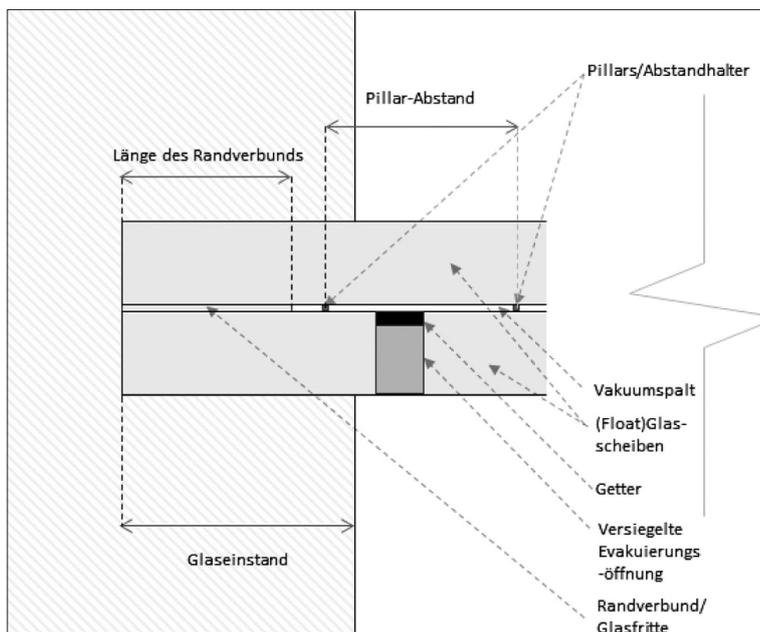


Abbildung 03: Schematischer Schnitt durch ein Vakuumglas: Wesentliche Bestandteile und Terminologien von Vakuumgläsern (Quelle: Autorinnen dieses Beitrags)

Bild					
Hersteller	Pilkington (Jpn)	Synergy (Chn)	Eagon (Kor)	Guardian (USA)	AGC Interpane (B)
Produkt	Spacia				Fineo
Achsabstand / Pillar	20 mm	40 mm	40 mm	40 mm	20 mm
Dicke	Ca. 10mm	Ca. 10 mm	Ca. 10mm	Ca. 10mm	Ca. 5 mm
Randverbund					
Getter	Getterpunkt ca. 12 mm Durchmesser	Getterpunkt ca. 14 mm Durchmesser	Getterpunkt ca. 18 mm Durchmesser	Getterpunkt ca. 16 mm Durchmesser	Getterlinie ca 2mm
U_g-Wert [W·m⁻²·K⁻¹]	0,90	0,58	0,48	0,47	0,70

Tabelle 01: Einige typische Vakuumgläser (Anmerkung: Diese Tabelle stellt typisch verfügbare Vakuumgläser zum Zeitpunkt der Projektdurchführung dar, und nicht die aktuell am Markt verfügbaren Gläser) (Quelle: AutorInnen dieses Beitrags)

lars“), die zumeist sehr kleinflächig ausgestaltet sind und aus Edelstahl oder Feststoffen auf Kieselsäure-Basis bestehen, etwa 20 bis 40 mm. Bei einigen Vakuumglasprodukten gibt es eine eigene Evakuierungsöffnung, die dann ebenfalls gas/vakuumdicht versiegelt wird, bei anderen Produkten wird die Evakuierung über eine dann zu schließende Öffnung des Randverbunds durchgeführt. Die meisten Vakuumglasprodukte besitzen auch eine reaktive Oberfläche zum Innenraum, mit der verbliebene Partikel im Vakuum gebunden werden sollen (sogenannter „Getter“). Durch den evakuierten Zwischenraum werden die Wärmetransportmechanismen Wärmeleitung und Wärmekonvektion minimiert. Das bedeutet, dass diese Gläser mit vergleichsweise geringen Systemstärken sehr niedrige U_g-Werte erzielen, die herkömmliche Mehrscheibenisoliervgläser nur mit großen Systemstärken und damit zusammenhängend mit sehr großem Gewicht erreichen. Die Pillar und der Randverbund stellen jedoch punktförmige bzw. linienförmige Wärmebrücken dar. Während die punktförmigen Wärmebrücken durch die Abstandhalter kaum eine große Relevanz hinsichtlich Wärmeverlusten und reduzierten Oberflächentemperaturen haben (vgl. hierzu [8]), ist die umlaufende Wärmebrücke des Randverbunds doch kritisch zu werten. In einer von den AutorInnen durchgeführten, simulationsbasierten Vorstudie [9] konnte ermittelt werden, dass ein Glaseinstand von 40 – 50

mm ideal erscheint um Wärmebrückeneffekte zu minimieren. Bei neuen Fenstern, die auf die Notwendigkeiten des Vakuumglases reagieren, kann der Randverbund in einen entsprechend ausgestalteten Rahmen eingebettet werden, so dass diese Anforderung erfüllt ist. Bei zarten Rahmen von Bestandskastenfenstern kann dieser Glaseinstand kaum erfüllt werden.

Abbildung 03 zeigt schematisch die Bestandteile (und Terminologien) von Vakuumglasprodukten, während die Tabelle 01 typische Vakuumglasprodukte, die in den vergangenen Jahren am Markt erhältlich waren, sowie deren Eigenschaften illustriert.

Methoden

Im Projekt VAMOS konnten – mit Unterstützung der Wirtschaftspartner – in Summe sechs Demonstrationsobjekte identifiziert werden, in welchen Fenster mit Vakuumglas ertüchtigt werden konnten. Bei der Auswahl dieser Objekte wurde großer Augenmerk daraufgelegt, möglichst unterschiedliche Kastenfenster und möglichst unterschiedliche Rahmenbedingungen hinsichtlich Gebäudenutzung und mikroklimatischen Randbedingungen abzubilden. Abbildung 04 zeigt die Position der Demonstrationsobjekte in Österreich, während Tabelle 02 die wesentlichsten Informationen zu den jeweiligen Objekten darstellt.

In 5 der Objekte wurden für die Zwecke der Studie jeweils 3 Fens-

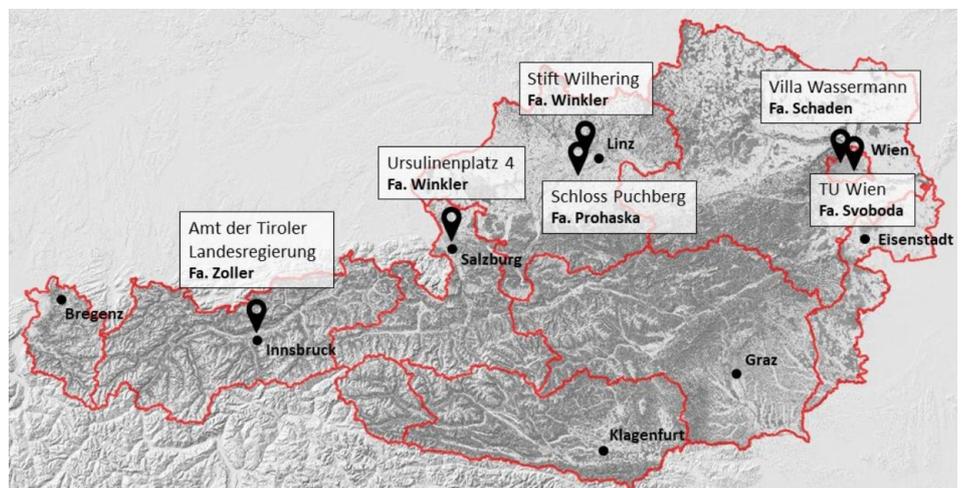


Abbildung 04: Österreichkarte mit den Positionierungen der Demonstrationsobjekte und den bearbeitenden Firmen (Darstellung von den AutorInnen erstellt)

Bild	Information
	<p>Objekt und Ort: Schloss Puchberg in Wels (OÖ) Bauart: Rahmenstock-Fenster Position in der Wand: in der Leibung Öffnungsrichtung: innen öffnend Teilung: 2-flg. + 2Oberlicht Nutzung der Räume bei den Demonstrationsfenstern: Wohnraum Besonderheit: Glastausch Hersteller Vakuumglas: AGC / Interpane</p>
	<p>Objekt und Ort: Villa in Wien Bauart: Pfostenstock-Fenster Position in der Wand: außenbündig Öffnungsrichtung: außen-öffnend Teilung: 2-flg. + Oberlicht Nutzung der Räume bei den Demonstrationsfenstern: Wohnung Besonderheit: Außenflügel neu (& alle Fenster getauscht) Hersteller Vakuumglas: EAGON</p>
	<p>Objekt und Ort: Universitätsgebäude in Wien (TU Wien) Bauart: Pfostenstock-Fenster Position in der Wand: außenbündig Öffnungsrichtung: außen-öffnend Teilung: 2-flg. Nutzung der Räume bei den Demonstrationsfenstern: Büro/Wissenschaft Besonderheit: Flügel neu Hersteller Vakuumglas: AGC / Interpane</p>
	<p>Objekt und Ort: Stift in Wilhering (OÖ) Bauart: Doppelrahmenkastenfenster Position in der Wand: außenbündig Öffnungsrichtung: innen öffnend Teilung: 2-flg. Nutzung der Räume bei den Demonstrationsfenstern: leer Besonderheit: Neufenster mit Steingewände Hersteller Vakuumglas: AGC / Interpane</p>
	<p>Objekt und Ort: Architekturbüro in Salzburg Bauart: Pfostenstock Position in der Wand: außenbündig Öffnungsrichtung: außen öffnend Teilung: 2-flg. Nutzung der Räume bei den Demonstrationsfenstern: Büroraum Besonderheit: Neufenster Hersteller Vakuumglas: AGC / Interpane</p>
	<p>Objekt und Ort: Amtshaus in Innsbruck (Tirol) Bauart: Rahmenstock Position in der Wand: in der Leibung Öffnungsrichtung: innen öffnend Teilung: 2-flg. Nutzung der Räume bei den Demonstrationsfenstern: Büroraum / Amt Besonderheit: Neufenster mit Steingewände (& Innenflügel im Bestand: 2-Scheiben Isolierglasfenster) Hersteller Vakuumglas: AGC / Interpane</p>

Tabelle 02: Überblickstabelle über die wesentlichsten Kennwerte der Demonstrationsobjekte. (Quelle: AutorInnen dieses Beitrags)

ter herangezogen. Diese Fenster wurden so gewählt, dass sie hinsichtlich Ausrichtung, dahinterliegendem Raum und Raumnutzung, sowie von Bauart weitestgehend ident waren. Ein Fenster wurde im Originalzustand belassen, bei den anderen beiden wurden Vakuumgläser eingebaut, einmal im Außenflügel und einmal im Innenflügel. Im sechsten Objekt wurden auf Wunsch der Bauherrenschaft alle Fenster mit Vakuumglas ausgestattet, jedoch wurde das gleiche Monitoringschema mit den 3 Fenstern durchgesetzt. Nicht bei allen Objekten wurde von einer Float-Float-Ausstattung begonnen, bei einigen Objekten waren bereits 2-Scheiben Isoliergläser zwecks thermischer Ertüchtigung bereits vor Applikation der Vakuumgläser eingebaut gewesen.

Bei allen Objekten wurde eine Monitoring-Infrastruktur appliziert. Dabei wurden zwei Ausstattungsgrade unterschieden: Während bei Schloss Puchberg in Wels, der Villa in Wien, dem Stift in Wilhering und dem Architekturbüro in Salzburg eine kompakte, funkbasierte Messtechnik in allen Flügeln eingesetzt wurde, konnte in Innsbruck und an der TU Wien eine umfassendere Sensorik auf Basis von WiFi implementiert werden. Abbildung 05 illustriert Messtechnik und Sensorpunkte, es wurde jeweils Temperatur, Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit, sowie Wärmestrom an wichtigen Positionen im Fenster gemessen. Die Messperiode erstreckte sich vom Ende des Sommers des Jahres 2020 bis zum Beginn der Sommerferien 2021 (Die Messperioden waren aus logis-

tischen Gründen bei den unterschiedlichen Objekten durch Auf- und Abbau leichten Schwankungen unterzogen).

Resultate

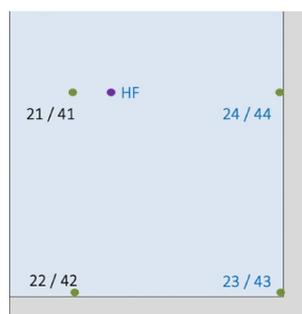
Hinsichtlich der Resultate ist vorweg festzuhalten, dass bei allen Objekten eine signifikante Verkleinerung der Wärmeverluste durch das Vakuumglas im Fenster im Sinne eines berechneten U-Wertes bzw. kontrollierter Labormessungen angenommen werden konnte (basierend auf den Bemühungen vor der Monitoring-Periode). Die messtechnischen Ergebnisse sollten diese Berechnungen validieren. Darüber hinaus war eine wesentliche Zielsetzung des Monitorings, ob es zu Kondensat- oder sogar Eisbildung in den Fenstern kommen würde.

Zusammenfassend kann folgendes festgehalten werden:

- Bei 5 der Objekte kam es auch bei harschen, winterlichen Außenbedingungen (im Winter 20/21) weder zur Eisblumen noch zur Kondensatbildung, weder bei Vakuumglasapplikation innen, noch bei Vakuumglasapplikation außen. Bei all diesen Objekten befand sich ein Heizkörper unter dem Fenster, wenn gleich zum Teil auch nur in „frostfreiem“ Betriebsmodus (Stift Wilhering). Bei einem Objekt (Villa in Wien) kam es zeitweise zur Kondensatbildung und Eiszapfenbildung an sehr kalten Tagen (Kältephase Februar 2021) Hier stellte sich aber heraus, dass es Mängel in der Dichtungsapplikation des Fensters gab, sowie die Beheizung durch die noch



Front view:



Sectional view:

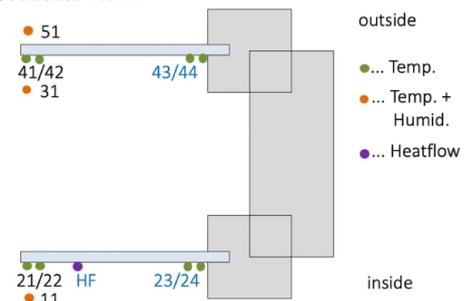


Abbildung 05: Bilder der Messtechnik (oben) und schematische Illustration der Sensorpositionen (unten) (Quelle: AutorInnen dieses Beitrags)

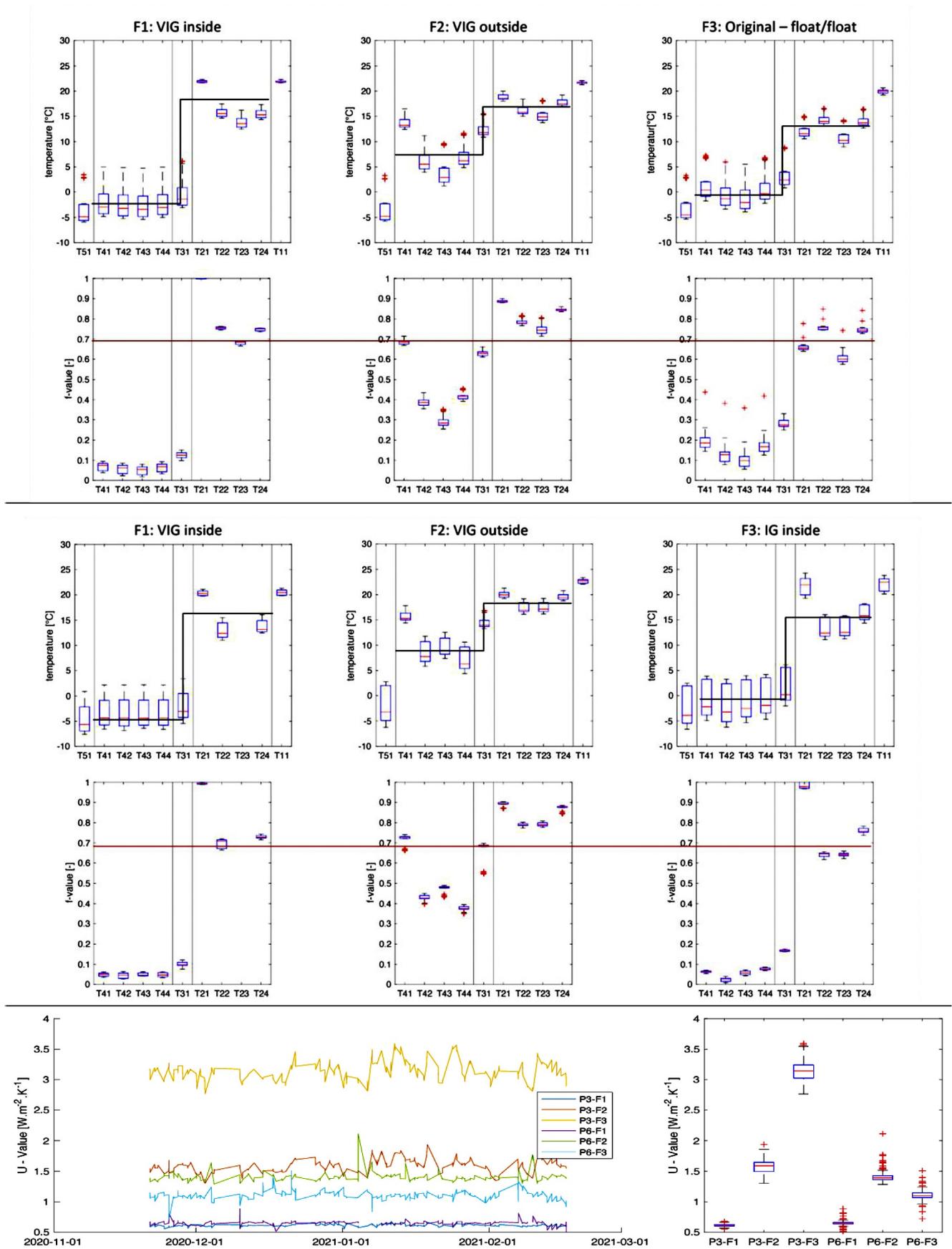


Abbildung 06: Ergebnisdarstellung: Temperaturverteilungen und f-Werte in Wien (oben) und Innsbruck (Mitte), sowie „gemessene“ U-Werte für alle drei Fenster in beiden Locations während einer winterlichen Kältephase (Kältephase Februar 2021: 10. – 12.02.2021). (Quelle: AutorInnen dieses Beitrags)

bestehende Baustelle unzureichend war (Es erfolgte kaum Beheizung durch die vorhandene Fußbodenheizung. Darüber hinaus ist eine Fußbodenheizung generell durch niedrigere Vor- und Rücklauftemperaturen und größere Distanz der heißen Heizungsrohre sowie der warm aufsteigenden Luft zu den Fenstern im Vergleich zu den Heizkörpern unter den Fenstern grundsätzlich als weniger effizient in der Vermeidung von Kondensat anzusehen). Auch die große Baufeuchte vor Ort hatte hier einen Einfluss. Nach entsprechender Anpassung der Fenster war auch hier keinerlei Kondensat mehr feststellbar.

- Aus den Messungen wurden „gemessene“ U-Werte der Fenster abgeleitet, sowie die Temperaturverteilungen (und Temperaturfaktoren) an den unterschiedlichen Sensorpunkten in Boxplots abgeleitet. Diese Ergebnisse sind für die TU Wien und das Amtshaus in Innsbruck in Abbildung 06 für eine Kältephase des Winters 20/21 (10 – 12.02.2021 mit Temperaturen von -5 bis -10 Grad Celsius) dargestellt.

Die dargestellten Ergebnisse unterstreichen die grundsätzliche Tauglichkeit der Vakuumgläser in Kastenfenstern. Bei entsprechender qualitativvoller Ausführung und sorgsamer hochbautechnischer Planung können nicht nur stark reduzierte U-Werte erwartet werden, sondern auch eine Kondensatfreiheit sichergestellt werden.

Conclusio und Ausblick

Die Bemühungen des Projektes VAMOS haben gezeigt, dass der Einsatz von Vakuumglas zur Kastenfenstersanierung gut möglich ist. Wenngleich in vielen Fällen eine minimalinvasive Sanierung durch Flügeltausch möglich erscheint, muss dennoch auf das Erfordernis einer detaillierten hochbautechnischen Planung hingewiesen werden, die sich unter anderem mit dem Vorhandensein bzw. Implementieren von (Fenster-)Dichtungen befassen muss. Zu den Einflussfaktoren die in einer hochbautechnischen Sanierungsplanung auf jeden Fall für den Einsatz von Vakuumglasfenstern berücksichtigt werden müssen zählen

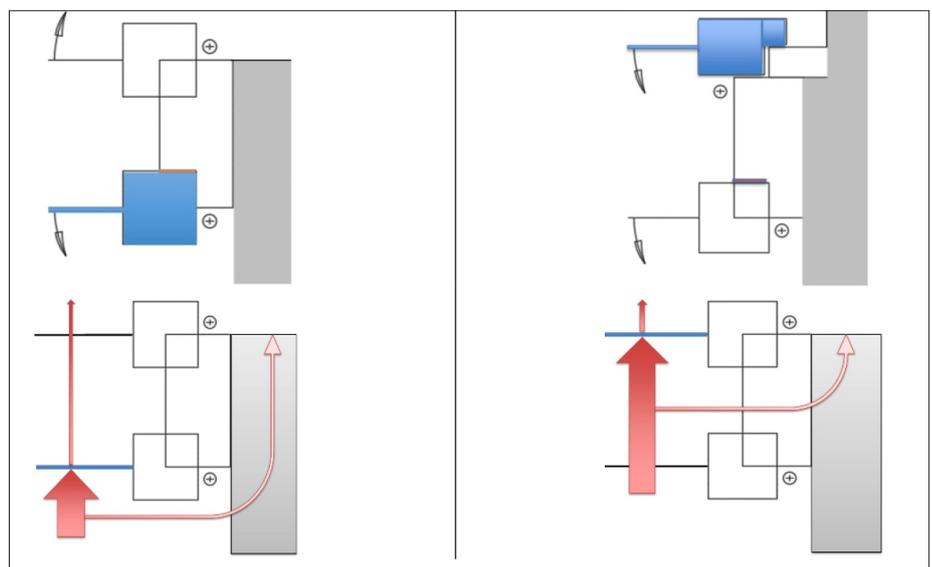
- ob sich Heizkörper unter den Fenstern befinden,
- wie der Sanierungszustand der Fenster ist,
- welche Qualität und Eigenschaften die innere (Diffusions-) Dichtebene (Fensterdichtungen) hat,
- welcher Feuchteintrag auf der Raumseite zu erwarten ist,
- welche Orientierung die Fenster haben und
- wie das Mikroklima in der direkten Umgebung zum Fenster ist.

Die Fragestellung ob nun Vakuumgläser eher innen oder eher außen zu implementieren sind, hat mehrere Entscheidungsebenen. Lässt man andere Aspekte, wie die Eigentumsverhältnisse und Verantwortungen (Innenflügel und Außenflügel obliegen manchmal der Verantwortung unterschiedlicher Stakeholder), den Aufwand einer Sanierung hinsichtlich Zugänglichkeit und auch Erhaltungsüberlegungen (oftmals sind Außenflügel durch ihre Abwitterung/Abwitterung in der Vergangenheit getauscht worden während der innere Flügel oft noch das wertvolle „Original“ ist) beiseite, sondern orientiert sich rein an der hochbautechnisch-bauphysikalischen Planung, dann können die Darstellungen in Abbildung 07 Auskunft geben.

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass eine Applikation des Vakuumglases in Kastenfenstern im Außen- und im Innenflügel möglich ist. Bei Alt-Wiener Kastenfenstern (Pfostenstockfenstern) und Kastenfenstern mit stark wärmeleitendem Gewände (z.B. aus Stein) ist eine Applikation im Innenflügel sinnvoll, eine Applikation im Außenflügel würde durch die Positionierung des Außenflügels vor der Fassade und die sehr geringe Wärmedämmleistung des Gewändes (entweder aufgrund der geringen Überdeckung oder wegen hoher Wärmeleitfähigkeit des Materials) problematisch werden. Bei allen anderen Kastenfenstern (Rahmenstock-, Doppelrahmenstock, Leistenstockfenster) erscheint eine Applikation innen wie auch außen bei entsprechender Berücksichtigung von Dichtungsebenen möglich.

Grundsätzlich kann eine Reduktion des U_{Win} -Werts des Kastenfensters durch Vakuumglas bei sehr geringer Modifikation gegenüber dem Originalzustand bis auf Werte von unter $1,0 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$

Abbildung 07: Schematische Darstellung betreffs des Wärmetransports in Kastenfenstern mit Vakuumglas: Auf der linken Seite wird ein (nach außen-öffnendes) Alt-Wiener-Kastenfenster (Pfostenstockfenster) dargestellt: Hier empfiehlt sich die Applikation des Vakuumglases im Innenflügel. Wärmeverluste über die Flanke werden durch den weiteren Weg durch das Gewände minimiert (links unten). Auf der rechten Seite die Applikation im Außenflügel: Dies ist möglich bei (nach innen-öffnenden) Wiener Kastenfenstern (Rahmenstock, Doppelrahmenstock-Fenstern). Der Wärmetransport über die Flanke wird durch die Position des Fensters in der Fensteröffnung (nicht bündig an der Außenoberfläche des Bauwerks) reduziert. (Quelle: AutorInnen dieses Beitrags)



erreicht werden. Das stellt gegenüber der üblichen Annahme des U-Wertes von (Bestands-)Kastenfenstern gemäß OIB-Leitfaden [10] (dort steht etwas von einem $U_{W_{in}}$ -Wert $2,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$) eine signifikante Verbesserung dar. In einer Vorstudie [11] konnte gezeigt werden, dass allein mit dem Ertüchtigen der Kastenfenster eines typischen Gründerzeithauses mit Vakuumglas als minimalinvasive Solitärmaßnahme der Heizwärmebedarf um bis zu 10 % gesenkt werden kann. Darüber hinaus stellt die Erhöhung der Oberflächentemperaturen in der kalten Saison auch einen Komfortgewinn dar, der eventuell auch Sekundärwirkung auf den Heizwärmebedarf hat: Durch die verringerte Strahlungsasymmetrie besteht eventuell kein so hoher Bedarf nach hoher Leistung von Radiatoren und dergleichen zur Beseitigung von Komfortproblemen.

Umfassend kann über das Projekt VAMOS im demnächst publizierten, öffentlichen Endbericht des Projektes [12] nachgelesen werden. Darüber hinaus hat es eine Reihe von Veröffentlichungen mit spezifischen Foci, z.B. Messtechnik gegeben [13][14][15][16].

Danksagung

Das Projekt VAMOS wurde im Rahmen des thematischen Förderprogramms Stadt der Zukunft (6. Call) durch die österreichische Forschungsförderungsgesellschaft gefördert (Projektnummer: 878272). Die Firmen AGC, Prohaska, Schaden, Svoboda, Winkler, Zoller-Prantl waren Projektpartner und haben hier wertvolle Inputs erbracht.

Referenzen

- [1] Webseite des Forschungsprojektes VAMOS – Vakuumglas-Kastenfenster: Performance-Monitoring in Sanierungsprojekten; URL: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/vamos.php> (zuletzt abgerufen im Februar 2023)
- [2] Webseite des Forschungsprojektes VIG-SYS-RENO -Sondierung von Fenstersystemen mit innovativen Gläsern - speziell Vakuum-Isoliergläsern - zur Gebäudesanierung; URL: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/vig-sys-reno.php> (zuletzt abgerufen im Februar 2023)
- [3] Webseite des Forschungsprojektes MOTIVE – Modellierung, Optimierung und technische Integration von Vakuumglas-Elementen; URL: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/motive-modellierung-optimierung-und-technische-integration-von-vakuumglas-elementen.php> (zuletzt abgerufen im Februar 2023)
- [4] Webseite des Forschungsprojektes FIVA - Fensterprototypen mit integriertem Vakuumglas- ; URL: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/fiva.php> (zuletzt abgerufen im Februar 2023)
- [5] U. Pont, M. Schuss, A. Mahdavi, P. Schober, K. Hauer, C. Lux (2018): Motive – Modellierung, Optimierung und technische Integration von Vakuumglas-Elementen; Berichte aus Energie- und Umweltforschung 24/2018, Herausgeber: BMVIT – Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; URL: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/berichte/schriftenreihe-2018-24-motive.pdf (zuletzt abgerufen im Februar 2023)
- [6] U. Pont, M. Wölzl, M. Schuss, A. Mahdavi, P. Schober, J. Haberl, C. Lux (2020): FIVA – Fensterprototypen mit integriertem Vakuumglas; Berichte aus Energie- und Umweltforschung 47/2020, , Herausgeber: – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie; URL: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2020-47-fiva.pdf (zuletzt abgerufen im Februar 2023)
- [7] U. Pont, P. Schober, M. Wölzl, M. Schuss, J. Haberl (2020): "Das Morgenfenster - Entwicklung smarter und energieeffizienter Fensterprototypen"; Hauptvortrag: Fenster-Türen-Treff 2020, Salzburg (eingeladen); 05.03.2020 - 06.03.2020; in: "Happy Birthday - Fenster-Türen-Treff 2020 - Tagungsband 5.-6. März 2020 Salzburg", Holzforschung Austria (Hrg.); (2020), ISBN: 978-3-9504488-8-7; S. 30 - 38.
- [8] U. Pont, A. Mahdavi (2017): A comparison of the performance of two- and three-dimensional thermal bridge assessment for typical construction joints; Vortrag: Building Simulation Applications - 3rd IBPSA-Italy Conference Bozen-Bolzano 8.2.17 - 10.2.17, Bozen, Italien; 08.02.2017 - 10.02.2017; in: "Building Simulation Applications Proceedings", M. Baratieri, V. Corrado, A. Gasparella, F. Patuzzi (Hrg.); bu.press (publisher of the Free University of Bozen-Bolzano), 3. (2017), ISSN: 2531-6702; Paper-Nr. 75, 8 S.
- [9] U. Pont, M. Wölzl, P. Schober, S.N. Khosravi, M. Schuss, A. Mahdavi (2019), Recent progress in the development of windows with vacuum glass, Vortrag: Digital Proceedings CESBP2019 - Matec Web of Conferences 282, 02020, Prag, Tschechische Republik; 02.09.2019 - 05.09.2019; in: "Digital Proceedings CESBP2019", R. Cerny (Hrg.); Matec Web of Conferences, 282 (2019), Paper-Nr. 2020, 8 S.
- [10] Österreichisches Institut für Bautechnik (2019): Leitfaden energietechnisches Verhalten von Gebäuden; URL: <https://www.oib.or.at/de/oib-richtlinien/richtlinien/2019/oib-richtlinie-6-leitfaden> (zuletzt abgerufen im Februar 2023)
- [11] O. Proskurnina, U. Pont, A. Mahdavi (2016): The performance of vacuum glazing in existing window constructions: A case study; Vortrag: Proceedings of the CESBP Central European Symposium on Building Physics AND BauSIM 2016, Dresden, Germany; 14.09.2016 - 16.09.2016; in: "Proceedings of the 3rd Central European Symposium on Building Physics", J. Grunewald et al. (Hrg.); Technische Universität Dresden / Scientific Committee of the CESBP, (2016), 978-3-8167-9798-2; S. 435 - 440.
- [12] U. Pont, M. Schuss, M. Wölzl, P. Schober, K. Hauer, J. Haberl, C. Lux (2023): VAMOS-Vakuumglas-Kastenfenster: Performance-Monitoring in Sanierungsprojekten; Berichte aus Energie- und Umweltforschung XX/2023; Herausgeber: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie; in Erscheinung.
- [13] M. Schuss, U. Pont, M. Wölzl, P. Schober, A. Mahdavi (2021): In-situ performance evaluation of historic box-type windows with vacuum glazing, J. Phys.: Conf. Ser. 2069 012128, DOI 10.1088/1742-6596/2069/1/012128
- [14] U. Pont, P. Schober (2022): Thermische Sanierung von Kastenfenster" - Aktuelle Ergebnisse aus dem F&E Projekt "VAMOS Vakuumglas-Kastenfenster: Performance - Monitoring in Sanierungsprojekten"; Hauptvortrag: Wiener Sanierungstage 2022, Wien, OIAV (eingeladen); 05.05.2022 - 06.05.2022; in: "Wiener Sanierungstage 2022", OFI Technologie&Innovation (Hrg.); (2022).
- [15] U. Pont, P. Schober, M. Wölzl, M. Schuss, A. Mahdavi (2019) "Implementation of vacuum glazing into existing and new windows: A report on recent research and development efforts"; Vortrag: BSA2019 - Building Simulation Applications - 4th IBPSA - Italy Conference, Bozen/Bolzano, Italy; 19.06.2019 - 21.06.2019; in: "Book of Abstract / to be published", A. Gasparella et al. (Hrg.); (2019).
- [16] P. Schober, U. Pont, K. Hauer, M. Wölzl, J. Haberl, M. Schuss (2022): "Kastenfenster gestern, heute, morgen"; Hauptvortrag: Fenster-Türen-Treff 2022 -, Salzburg (eingeladen); 09.06.2022 - 10.06.2022; in: "Fenster-Türen-Treff 2022 - Tagungsband (09. - 10. Juni 2022, Salzburg)", Holzforschung Austria (Hrg.); Holzforschung Austria, (2022), ISBN: 978-3-9519933-5-5; S. 42 - 50.

Klimadecke ohne Leistungslimit: Entfeuchten, Luftmengen reduzieren und den Bestand heizen

Air-Handling Ceiling Without Performance Limits: Dehumidifying, Reducing Air Exchange Rates and Heating the Existing Room

Jochen Käferhaus, TB Käferhaus GmbH | Maximilian Gruber, abaton GmbH

Das gibt es nicht – eine Heiz-/Kühldecke die beim Kühlen nicht kondensiert?!

Energiesparende und vorbildliche Heizlösungen brauchen eine Wärmepumpe mit solarer oder geothermischer Aktivierung. Es gibt kaum sinnvollere Lösungen.

Mit Geothermie wird das Problem ‚Kühlen‘ sogar zur Lösung. Es kann die sommerliche Abwärme saisonal zwischengespeichert und im Winter zum Heizen genutzt werden.

Nur gibt es einen Schönheitsfehler: Für den effizienten Betrieb des ‚free cooling‘ ist eine Flächenheizung / Kühlung notwendig. Im Neubau ist dies schon Standard. Aber was macht man im Bestand?

Klimatisierung über die Decke! Also Heizen UND Kühlen mit einem System!

Das ist weniger und wirtschaftlich! Man hat nur ein System für Heizen und Kühlen. Aber man macht mehr draus!

Mit moderaten Oberflächentemperaturen ist die Decke die komfortabelste Lösung für Heizen und Kühlen.

Bisher können Flächenkühlungen in Gebäuden nicht sinnvoll eingesetzt werden, ohne dass die Außenluft vorentfeuchtet werden muss.

Der Grund ist das physikalische Limit durch den Taupunkt. Kühlt man im Sommer eine Oberfläche zu sehr ab, beginnt Luftfeuchtigkeit darauf zu kondensieren. Wie bei einer kalten Bierflasche, auf der sich Wassertropfen auf der Oberfläche bilden.

Ähnliches passiert auch bei konventionellen Kühldecken in schwülen Sommern: Man muss sie gerade dann abschalten, wenn man sie braucht.

Um die Kondensatbildung, oder das ‚Schwitzen‘ zu verhindern, muss entweder eine teure und energieintensive Lüftung mit Entfeuchtung installiert werden, oder die Kühlung schaltet ab - wie dies üblicherweise geschieht.

Was lag näher, eine Deckenheizung/-kühlung zu entwickeln, die beim Kühlen im Sommer nicht – wie alle marktüblichen Kühldecken – von Taupunktfühlern abgeschaltet wird.

Die neue ‚abaton‘ Kühldecke von den drei Gebäudeingenieuren Leo Obkircher, Wieland Moser und Jochen Käferhaus aus Wien entwickelt, patentiert und marktreif entwickelt, nimmt während eines Sommertages die beim Kühlen entstandene Feuchtigkeit auf und gibt sie während der Nachtstunden wieder ab.

Konventionelle Kühldecken können ohne Entfeuchtung in realen Bedingungen nur mit rund 45-75 W/m² Leistung betrieben werden.

Das ‚abaton‘ Paneel schafft die doppelte Kühlleistung und spart gleichzeitig ca. 25 % an Energie, die sonst für Konditionierung der Zuluft aufgewendet werden müsste.

Damit vereint dieses ‚abaton‘ Kühlpaneel die Vorteile von Komfort und Effizienz mit der Leistungsfähigkeit von konvektiven Systemen. Das heißt konkret:

- Fenster können im Sommer gefahrlos bei Kühlung geöffnet werden.
- Reduktion der Zuluftmengen auf das hygienische Minimum. In Kombination mit Quellluft sogar unter vorgeschriebene 35m³/h gem. Arbeitsstättenverordnung.
- Reduktion des Regelungsaufwandes: keine Taupunktfühler mehr, keine Fensterkontakte.
- Keine Entfeuchtung der Zuluft.
- Das heißt: sowohl Energieeinsparung bei der Trocknung der Zuluft als auch bei deren Nachheizung. (Dieses Nachheizen kann teilweise absurde Ausmaße annehmen. Ein extremes Beispiel aus Wien: Ein Büroturm mit Flächenkühlung. Wärmebedarf im Winter: 300MWh Fernwärme. Wärmebedarf zum Nachheizen der gekühlten, getrockneten Luft im Sommer: 100MWh Fernwärme.)

In der Folge höchst interessante Messergebnisse aus Praxis und Forschung – insbesondere für nachträgliche Sanierungen und Komfortbetrachtungen bei Einbau einer Heiz-/Kühldecke:

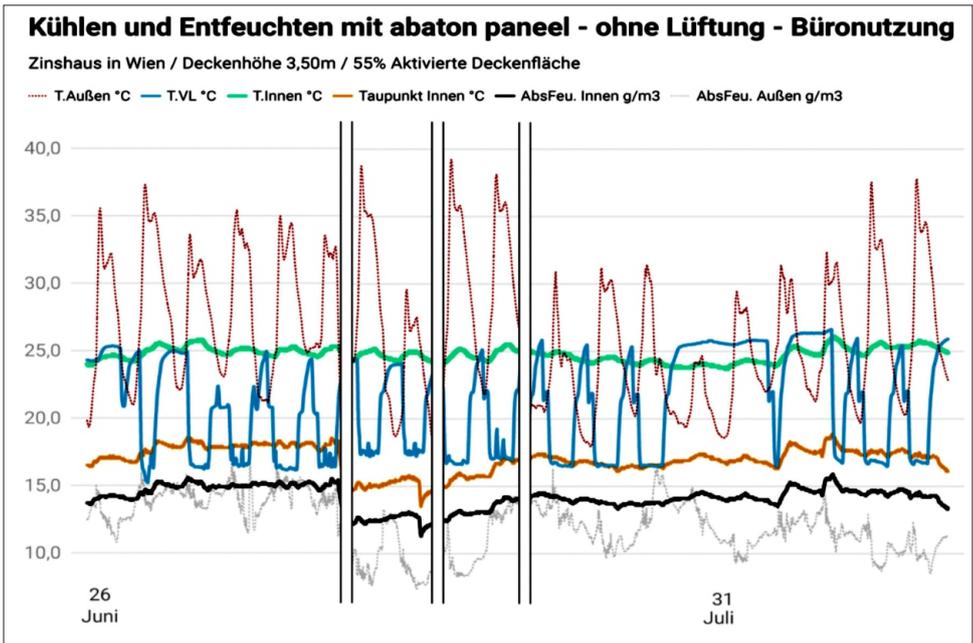
1. Altbau mit Büro, Kühlen und Entfeuchten ohne Lüftungsanlage
2. Altbau mit Büro, Heizen über Decke und Radiatoren, Komfortvariante (22 °C)
3. Altbau mit Büro, Heizen nur über Decke, Energiesparvariante (19 °C)
 - 4.1 Thermographien in Dachausbau Heizen über Fußbodenheizung und Deckenheizung
 - 4.2 Thermographien in Dachausbau Heizen nur über Decke

1. Fallbeispiel Kühlen und Entfeuchten im Altbau Büro ohne Lüftungsanlage

Fallbeispiel Büro im 18. Bezirk.

Rahmenbedingungen:

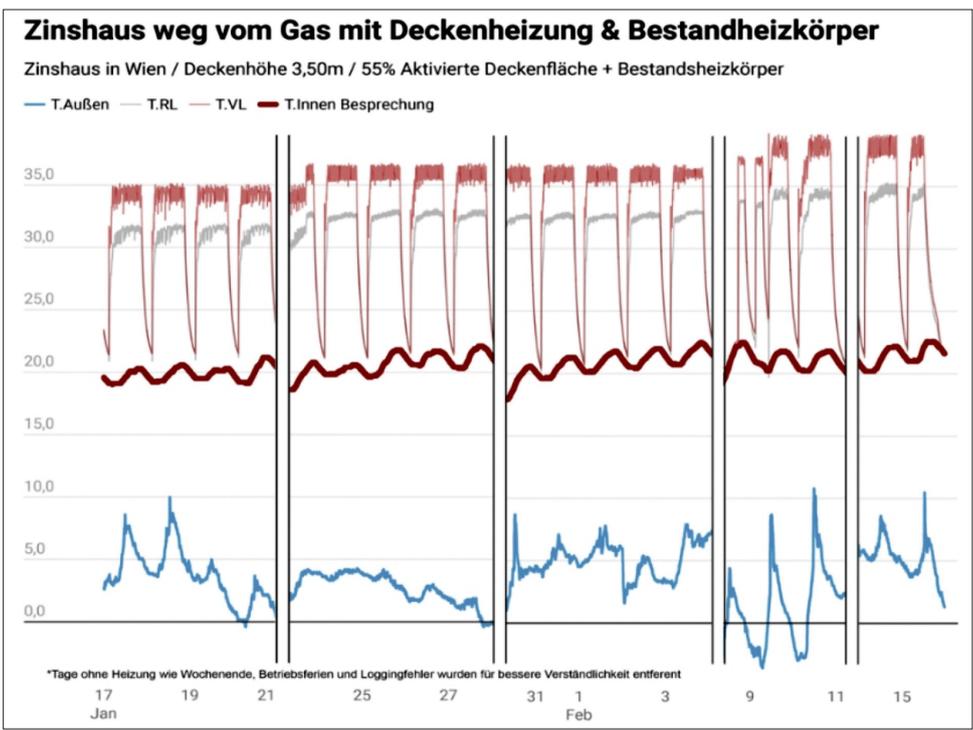
- abaton Heiz-Kühldecke montiert, Belegungsgrad je nach Raum ca. 50 % bis 65 %
- Raumhöhen 3,4 bis 3,7 m
- Es ist keine Lüftungsanlage eingebaut
- Kühlen und Feuchteregulierung ausschließl. über ‚abaton‘-Paneele, indem die Flächenkühlung unter dem Taupunkt betrieben wird
- VL-Temperatur wurde mit 16 °C gewählt
- Dabei ist Kühlung ca. 12 h im Betrieb und 12 h deaktiviert.
- Bedarfslüftung via Fenster



Graphenbeschreibung:

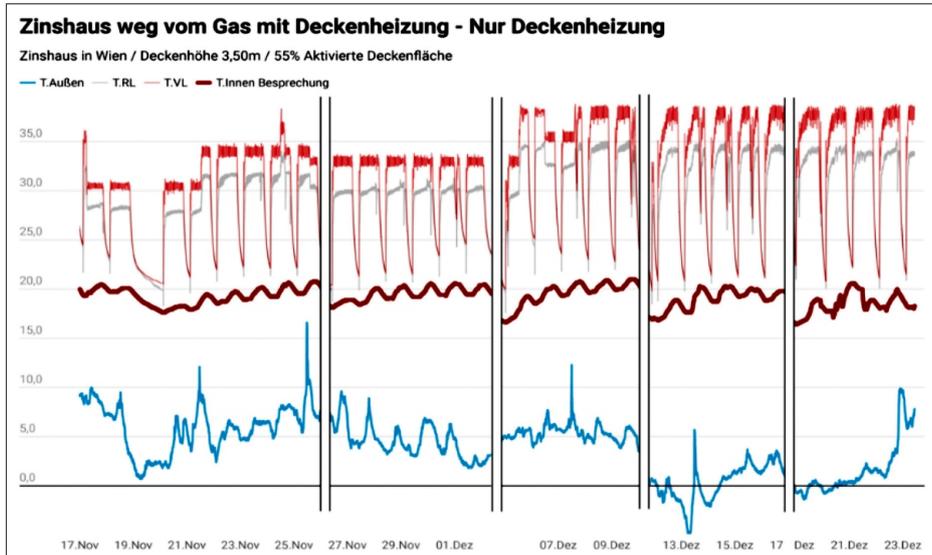
- Es kann problemlos auf 23–25 °C gekühlt werden, bei Außentemperaturen von bis zu 38 °C
- Auch bei „moderaten“ 16 °C VL wird der Taupunkt regelmäßig unterschritten
- Die absolute Feuchtigkeit kann stabilisiert werden, trotz voller Belegung des Büros
- Komfortbereich wird auch ohne Lüftung eingehalten

2. Fallbeispiel Altbau Heizen Büronutzung Deckenheizung und Radiatoren (ohne Lüftung) Komfort 22 °C



Kombibetrieb Decke + Heizkörper, "Komfort", RT Soll 22 °C, VL/ RL 36/32 °C

3. Fallbeispiel Altbau Heizen Wohnen nur Deckenheizung (ohne Lüftung) Energiesparen 19 °C



Nur Deckenheizung ohne HK, Energiekrise, Soll 19 °C 38/34 °C

4.1 Fallbeispiel: Neuer DG-Ausbau mit Fußbodenheizung und Deckenheizung, beide Heizungen aktiv

Dachgeschoßausbau in 1050 Wien, Baujahr 2022, betrachtete Räume verfügen über eine Fußbodenheizung und eine abaton Heiz-Kühldecke.

Belegung FBH ca. 100 % (98 m²), Belegung Klimadecke 53,5 % (70 Paneele)

Für den Versuch wurde erst eine Referenzmessung mit FBH + Deckenheizung durchgeführt, dann die FBH für drei Tage deaktiviert und nur mit der Decke geheizt.

Referenzmessung vom Fr. 27.01.2023:

Mit FBH (75 %) und Deckenheizung (25 %)

Oberflächentemperatur FB raummitte = 23,2 °C

Raumtemperatur = 22,1 °C

VL Decke/Boden = 25 °C

Messgerät: FLUKE Stab-Oberflächenthermometer, elektronisch

4.2 Fallbeispiel: Neuer DG-Ausbau mit Fußbodenheizung und Deckenheizung, nur Decke aktiv

Ergebnisse Messversuch am 31.01.2023:

FBH aus seit 3 Tagen (ab 27.01.23); Heizung in der Zeit nur über die Decke (100 %);

Oberflächentemperatur Fußboden Raummitte 22,0–22,9 °C,

Oberflächentemperatur FB bei Fenster = 21,3–22,4 °C

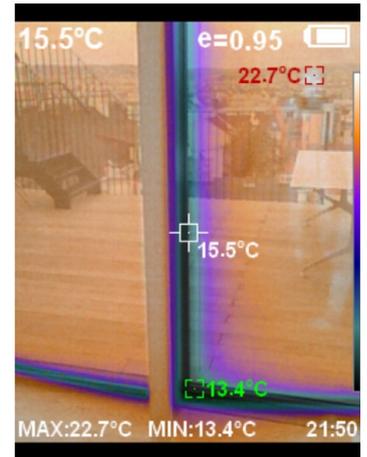
Oberflächentemperatur Decke = 24,0–24,6 °C

Raum = 22, °C

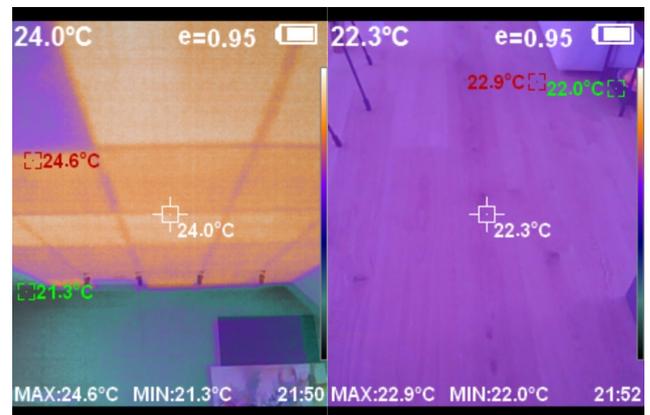
VL Decke = 27, °C

Messgeräte:

- FLUKE Stab-Oberflächenthermometer, elektronisch
- Thermografiekamera

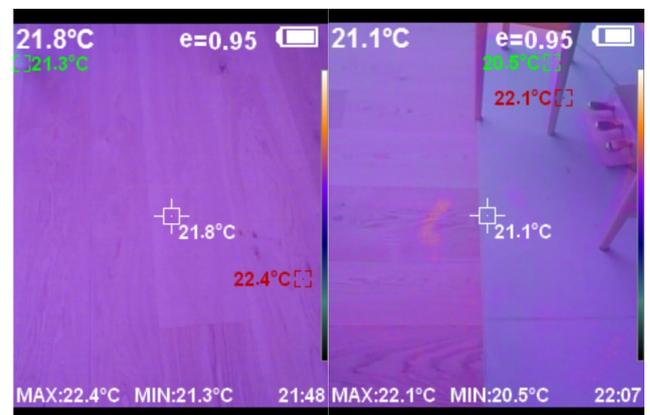


Fenster



Decke Wohnzimmer

Boden Wohnzimmer



Boden WoZi Randbereich bei Fenster

Randbereich mit Estrich

Ergebnisse

Vorlauftemperatur bei nur Deckenheizung musste auf 27,5 °C angehoben werden (Referenz: Decke + FBH 25 °C) für Raumtemperatur 22 °C.

Bewohner, die nicht vom Versuch informiert wurden, merkten keinen Unterschied.

Oberflächentemperatur des Fußbodens ist je nach Messpunkt etwa 1K-1,5K niedriger als bei der Referenzmessung mit Fußbodenheizung.

Die mittlere Oberflächentemperatur der Decke liegt bei ca. 24,6 °C.

Fazit

Die Räume können trotz relativ geringer Belegungsfläche (53,5 %) und ohne "Randzonen-Heizung" gleichmäßig gut beheizt werden. Wie erwartet, muss die Systemtemperatur beim Wegfall der FBH angehoben werden. Oberflächentemperaturen des Fußbodens sind in einem komfortablen Bereich: Aufenthalt mit Socken auf allen Oberflächen sehr angenehm. Barfuß auf Parkettboden ebenso, bei partiellem Sichtestrichboden etwas kühler. Direkt beim raumhohen Terrassenfenster ist trotz ihrer Undichtigkeiten die Oberflächentemperatur des Fußbodens bei mindestens 21,3 °C. Die Oberflächentemperatur der Deckenheizung ist unter 25 °C.

Übrigens: Heizen und Kühlen über Luft, wie es sehr oft mittels Fan Coils in vielen Büros oder auch mit Heizkörpern getan wird, ist höchst unkomfortabel und zug- und staubbelastet. Zusätzlich

trocknet konvektive Heizung noch die Raumluft aus, da sie den Dampfdruck im Raum erhöht, was Unbehagen zur Folge hat bzw. einen höheren Nachbefeuchtungsbedarf fordert.

Deckenheizungen sind komfortabler, effizienter, gesünder und damit besser als eine Fußbodenheizung.

Wichtig ist, dass Deckenheizungen nur wenig über Körpertemperatur erwärmt werden dürfen.

Dann sind sie effizienter als Fußbodenheizungen und weitaus komfortabler.

Man darf nicht vergessen: Auch eine Fußbodenheizung erzeugt große Luftumwälzungen.

Laut DIN geht man bei Fußbodenheizungen von 49 % Konvektion aus. Staub wird aufgewirbelt und konstant im Raum verteilt. Klimadecken bringen Wärme fast ausschließlich über Infrarotstrahlung in den Raum. Laut DIN 15 15% Konvektion und 85 % Strahlung.

Luft sollte man nie zum Heizen, sondern nur für die notwendige Lüfthygiene im Raum einsetzen.

Noch etwas: Wenn Kühldecken als Kühlsegel (und Heizsegel) von 'abaton' eingesetzt werden, kann mit einem mindestens 2-fachen, freien Luftwechsel in kühleren Sommernächten neben der schweren Bestandsdecke auch die schweren Betonkühlsegel für den nächsten, heißen Sommertag zur freien Kühlung vorgekühlt werden.



natureplus *Late Lunch Sessions* 2023
1x im Monat, 13:00 – 13:45 Uhr & kostenfrei!



Fundamente aus Holz für mehrgeschoßige Gebäude

Timber foundations for multistorey buildings

Staffan Schartner, *omniplan Stockholm*

The world's construction activities and the resulting buildings together account for around 40% of global carbon dioxide emissions - and even more of the waste and some other pollutants. In individual countries and regions, the figures may vary. Drawing the line for "construction" is also not an absolute science. However, those of us professionally involved in the built environment have a huge responsibility for the future of the planet.

Of this 40 %, about half come from existing buildings and the other half in construction. Of the 20 % in construction, concrete production is the undisputed leader, with steel in second place. There are various estimates, but the most commonly cited figure is that concrete alone accounts for about 8 % of global CO₂ emissions.

The concrete industry is obviously aware of its enormous responsibility for the lethal development in our biosphere, trying to improve the situation. It is sometimes possible to use lower quality concrete, with less cement, it is possible to replace some limestone-based Portland cement with binders of other origins, and it is possible to capture the carbon dioxide from the limestone and the combustion for storage in the bedrock somewhere. But deterioration in quality does not result in any great savings, fly ash etc. is a very limited raw material which also derives from completely unsustainable industrial processes and if CO₂ is to be captured for storage (CCS), it must be better to invest in the capture of carbon from the combustion of biological materials, thereby reducing the amount of CO₂ in the atmosphere. This is also an expensive and inherently resource-intensive process. And none of this will affect other unacceptable aspects of concrete, like the depletion of sand.

Throughout my professional life, there has been a strong focus on limiting the energy used to heat, cool and power buildings. Work on better building envelopes, better windows, more efficient fans, new technologies for extracting and utilising cooling, heating and electricity, more efficient use of buildings and much more has been successful and new buildings - at least in the rich parts of the world - are significantly better than they were just a generation ago.

With the introduction a few decades ago of cross-laminated timber, a fine Austrian invention, the ability to construct building frames that store significant amounts of carbon has improved considerably. Even for relatively large buildings. For the last 10 years I have been working exclusively with wooden frames.

So we have found ways to tackle the two biggest components of the 40 per cent of carbon emissions – operation energy and building envelopes. In addition, here and there in Europe, we have seriously started to find ways to reuse building components. Incidentally, this is also a field where concrete is generally a really problematic material.

Leaving aside infrastructure projects, which I must admit I have little knowledge of, the next big area we need to address to move towards sustainable construction, is clearly the foundation.

Before concrete became a widely available building material, there have been many different foundation techniques. People have used, for example, natural stone, brick and wood in various more or less sophisticated ways, sometimes with questionable results, both in terms of longevity, load-bearing capacity and the moisture migration that is often the eternal scourge of a building.

In order to use wood as foundation material, it has often been necessary for the wood to be in oxygen-free or low-oxygen environments, e.g. underwater in places where it is not affected by pests.

With a mix of new and old sustainable technologies, it is once again possible to use wood as a biological, growing material in large structures, with an amazing potential to capture carbon from the atmosphere as it grows and store it for a very long time in buildings, certainly longer than the time we have to solve our carbon dioxide problem. This could be called bCCuS, biological Carbon Capture and urban Storage. Of course, it would be appropriate to have an in-depth discussion about forests and forestry, whether the trees are most useful where they grow or as a carbon storage in cities, the restoration of degraded forests, natural forests or plantations, the methods of modern forestry and much more - but that will have to wait for another time.

This presentation will tell you about a couple of projects where we use ordinary cross-laminated timber, CLT, and cellular glass for the foundation of multi-storey buildings.

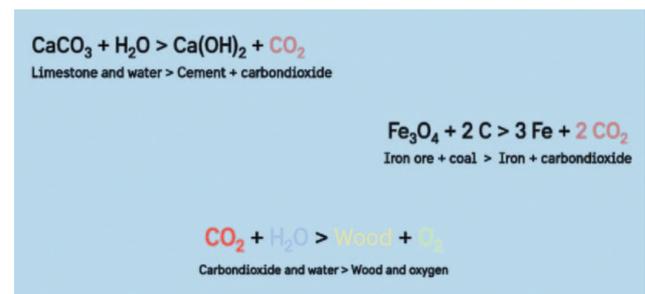


Figure 1: Kemiska former

I will later present a project for 5-storey residential building in the very south of Sweden, but the first building is the Swedish pavilion for the EXPO 2020 world exhibition in Dubai. Some might think it's a simple task with a small, temporary building in a desert climate, but the outer dimensions of the building are 30 x 60 x 20 metres, it's built to possibly remain on site for a long time - or to be dismantled and reused. When it rains in Dubai, it often rains heavily! There are also termites to consider.



Figure 2: Swedish pavilion in Dubai, Expo 2020_ Alessandro-Ripellino-Arkiteter_ Studio-Adrien-Gardere_Luigi-Pardo-Architetti

The Swedish pavilion in Dubai was designed by a group of young women in the offices of Alessandro Ripellino in Stockholm, Adrien Gardère in Paris and Luigi Pardo in Catania. It is called "The Forest" and is effectively a conference centre for about 300 people supported by a number of natural tree trunks. Underneath, there is a public exhibition among a total of 300 tree trunks up to 20 metres tall. The pavilion has a 100% wooden frame, wrapped in wood fibre insulation and with wooden panels as the dominant facade material (although there are also large areas of solar panels and mirror-reflecting sheet metal). Of course, the entire interior, including the prefabricated bathroom units, all stairs, lift shafts, floors, walls, railings, etc. are also made of wood. The major structural challenges of the project have been to deal with wind and earthquake loads with extremely narrow parts of the building reaching the ground, and to deal with the buckling of the upper part of the naturally cone-shaped spruce trunks.



Figure 3: Timber foundation

The foundation is designed as a large wooden box that covers the entire buildable part of the site. The lower slab is completely smooth and lies horizontally, the upper slab is provided with holes for all the tree trunks and lies on a 1:100 slope to ensure water drainage. This means that the height of the cavity ranges from around 2m to less than 1.5m at the front edge. This also corresponds to the gentle slope of the surrounding land. Under the wooden box there are first two layers of thin plywood. Those are partly to support the termite protection in the form of a boric salt solution and partly to prevent the CLT elements from being damaged by the bitumen insulation. Beneath the plywood sheets is a bitumen-based waterproofing layer, carefully joined to the insulation on the outer wall of the foundation and glued to the cellular glass layers. Foamglas has supplied two layers of cellular glass bonded with bitumen with staggered joints. Great care was taken to make the sand layer and the draining gravel layer, the "road-base", absolutely flat.

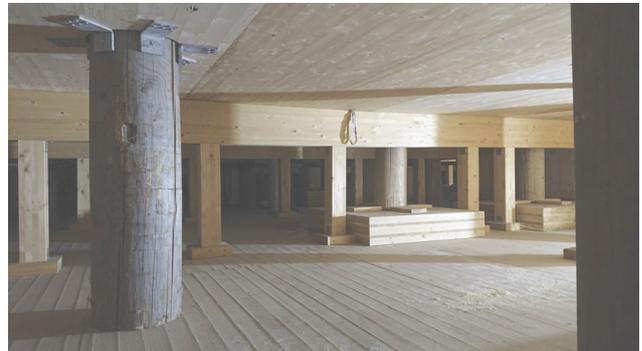


Figure 4: Fundament hålrum

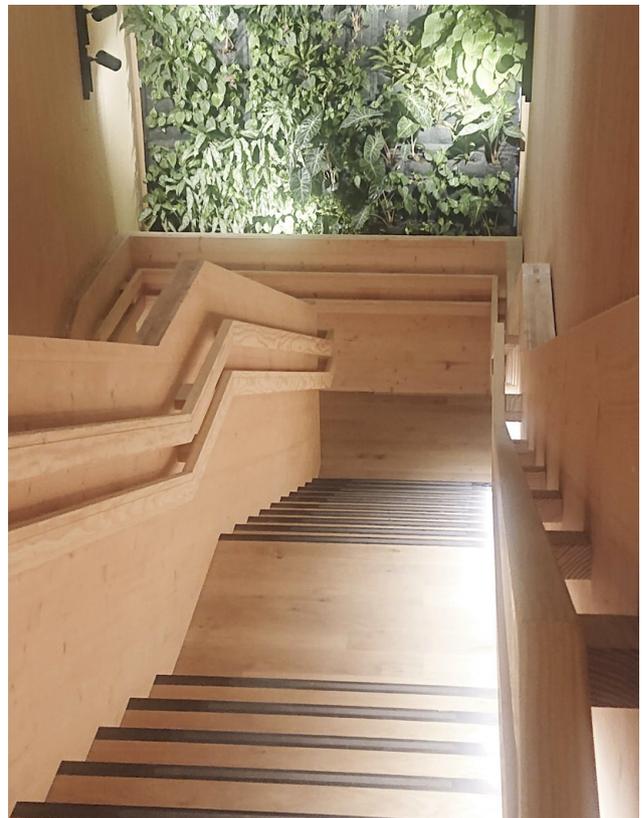


Figure 5: Main stair

Inside the foundation there is a system of columns and beams to carry the heavy load of the dm-thick pavement from a nearby quarry and the up to one metre thick sublayers. There are also around 50 pcs of 36 cm thick CLT pressure distribution plates and the vast majority of the 46 load-bearing and around 250 decorative tree trunks.

The two parts of the building that reach the ground, which include lifts, stairs and shafts, utilise the height of the structure to transfer horizontal loads to the foundation using large glulam beams as connectors.

The main design concern was to convince the Emirati authorities that wood is a viable structural material, but also to avoid the requirement to install a sprinkler system for fire protection in the void. We considered the introduction of pressurised water as posing a bigger risk than the event of something in the empty space igniting a fire.

Of particular concern in the authorisation process was that the European code (Eurocode Part 5) is not as well developed as the steel and concrete parts, nor are there suitable calculation modules in the most commonly used structural software. For timber foundations there are no standards at all. General design principles had to be used.

The sprinkler system was eventually replaced by aspirating smoke detectors, allowing the void to be completely free from cables – and pressurised water.

After massive torrential rainfall in the first days of 2022 we did have considerable amounts of water in the substructure. During the detailed investigation of the foundations, all the water was found to come from faults in the waterproofing at the top of the lift shaft or from inadequate seals between the natural, partially cracked tree trunks and the waterproofing under the exhibition at ground level. Despite the fact that the water remained for quite a long time in an environment with very low air exchange, there was no damage to the wood. In a few places, water penetrated the joints between the different elements of the base plate, but even here the humidity values indicating risk for permanent damages were not exceeded. In a few places, water entered via pipe penetrations in the wall under the floor covering. It was clear that the safer cuffs saved by the local architect should have been used. From a structural point of view, there were no problems whatsoever with the foundation.

In Sweden, there are a couple of companies that provide concrete-free foundations for smaller buildings, single-family houses and 2–3-storey terraced houses. As far as I know, our project T4 in the new centrally located neighbourhood Övre in Trelleborg is the first main-stream multistorey project that intends to do completely without concrete and structural steel in Sweden. (Image: 506 T4 Övre fr gatan)

As in Dubai, we will be building on soil with good bearing capacity, with a drainage layer of macadam on the ground and a layer of finer, washed gravel for levelling. On top of this will be two layers of cellular glass, not yet decided from which manufacturer. The two layers are glued together with bitumen, in the top layer the individual tiles are also glued to each other. On top

of the cellular glass, a bitumen-based waterproofing layer is glued, which is carefully connected to the waterproofing of the outer walls of the foundation.

The entire base plate is at the same level as the lift pit, just over a metre down from the ground floor. All service connections are placed in the wall to be accessible in case of a leak. The base plate itself has no penetrations, height changes or other complications which could cause an increased risk of leakage.

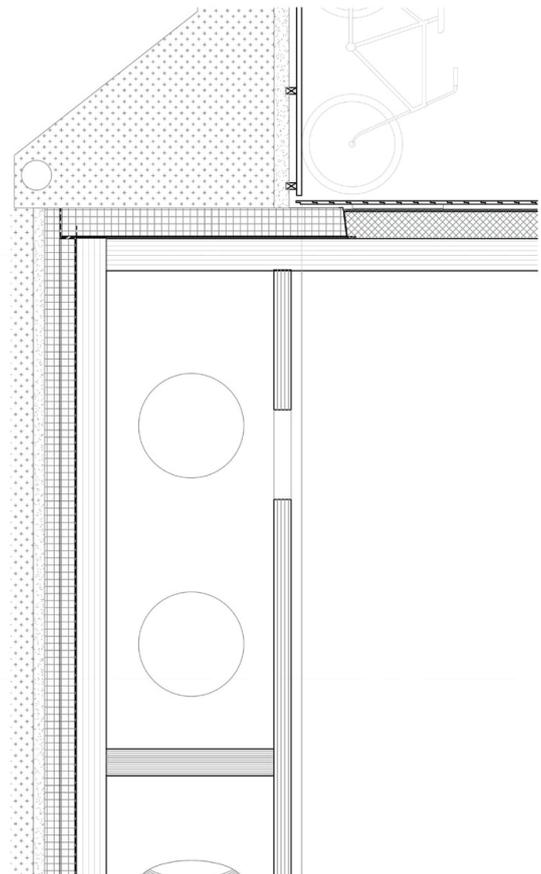


Figure 6: Extract of section

Since the building is designed to be able to change over time and to have completely different uses on the different floors, there are no load-bearing or stiffening internal walls. All stabilisation is in the two facades and the two end walls. In particular, wind loads on the two main facades impose difficult forces on the corners of the building. To withstand these loads, the foundation must be sufficiently rigid, which is a challenge for a soft material like spruce CLT. Rigidity is achieved by building a sandwich structure, as in Dubai, with beams in the cavity that transfer loads in the centre of the building to the corners. There is a hypothesis to have the bottom elements of the gable walls made of a harder wood. It would be possible, for example, to use a couple of elements of cultivated eucalyptus CLT, LVL or beach-wood.

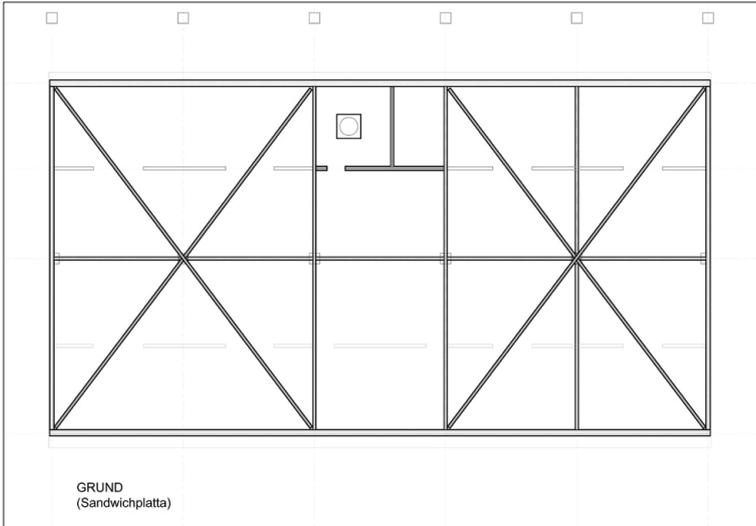


Figure 7: Plan foundation)

The cavity in the foundation will be used for the routing of all different types of installations, although we avoid all connections that could cause water leakage or sparking. The entire foundation is available for inspection and will be monitored for increased humidity. The main risk in terms of moisture penetration from below or from the side is that the outer layer of wood becomes damp and the layers of polyurethane glue in the elements prevent the moisture from escaping to the air in the cavity. We will therefore drill enough holes through the glue layers to allow the moisture to travel along the wood fibres to a place where the moisture ratio can be equalised. An advantage of the wood material is that it is perfectly possible to replace a piece of wood that has become damaged despite all the precautions.



Figure 8: Tomt våningsplan

It is hard to imagine a world without concrete, but to save the climate and the world's supply of sand with the right properties, we must do our utmost to limit its use so that the concrete used can be produced responsibly. We claim that concrete is a material that is unnecessary in buildings and our projects are our way of proving it.



Figure 9: T4 Övre fr gården

Baustoffe der Zukunft: Pilze als Game-Changer

Potential des Pilzmyzels bei der Dekarbonisierung des Immobiliensektors

Building Materials of the Future: Fungi as a Game Changer

Potential of Fungal Mycelium in Decarbonisation in the Real Estate Industry

Zuzana Zavodsky, *Donau-Universität Krems*

Abstract

The construction industry is responsible for a significant amount of global carbon emissions and resource depletion. With the growing environmental awareness and focus on sustainability in recent years, the pressure on the construction industry to reduce its impact on the environment and especially its carbon footprint is increasing. Mycelium, the root-like structure of fungi, is a part of the solution to carbon-neutral buildings. It is a non-toxic, biodegradable, and sustainable material delivering competitive thermal and acoustic insulation properties, fulfilling fire-safety requirements. It can be produced cost-effectively from organic, regionally available waste and residual materials, keeping manufacturing supply

chains short. The use of mycelium as a production material ranges from interior design and the furniture industry to the production of food and novel packaging products. In the production of mycelium-based materials, a specific substrate is selected for growth and mixed with fungal spores. The mixture then grows into the desired shape in designated containers and can be customised depending on the incubation conditions, the fungal strain and the substrate selected. The mycelium-based insulation material is a pioneering product that offers great potential for the construction industry to achieve sustainability goals, but at the same time requires further research and development..

Einleitung

Das Thema Nachhaltigkeit hat in der Bauindustrie weltweit signifikant an Bedeutung gewonnen und nimmt mittlerweile einen hohen Stellenwert ein, da die Bauindustrie für einen erheblichen Teil der weltweiten CO₂-Emissionen und des Ressourcenverbrauchs verantwortlich ist. Dies führt zu einem wachsenden Bedarf an alternativen Baumaterialien und -systemen. Der wesentliche Teil der von der Bauindustrie verursachten Emissionen entstehen durch Heizung, Kühlung und Stromversorgung der Gebäude, ein erheblicher Teil wird jedoch durch die energie- und CO₂-intensive Produktion von Baumaterialien verursacht. Der Bausektor hat die Aufgabe, sowohl den CO₂-Fußabdruck neuer Gebäude zu verringern als auch bestehende Gebäude energieeffizienter zu machen, um das auf EU-Ebene definierte Ziel der CO₂-Neutralität bis 2050 zu erreichen. Der Paradigmenwechsel von einer linearen zu einer kreislauforientierten Wirtschaft ist damit dringend erforderlich. Die Kreislaufwirtschaft bietet der Bauindustrie die Möglichkeit, ihre Ressourcen zu sichern, die Abfälle zu reduzieren und in letzter Konsequenz nachhaltig zu werden.

Regulatorische Verankerung

Die zahlreichen regulatorischen Vorgaben unterstreichen die weltweite Priorität des Themas Nachhaltigkeit in der Bauwirtschaft für Regierungen und Organisationen. Das Pariser Abkommen von 2015 fordert die Dekarbonisierung als Mittel zur Reduzierung der globalen Erwärmung, und die Vereinten Nationen haben 17 Nachhaltigkeitsentwicklungsziele (Sustainable Development Goals - SDGs) veröffentlicht, um ausgewählte Nachhaltigkeitsziele in den Vordergrund zu stellen. Der europäische Green Deal sieht Regelungen vor, die die Klimaneutralität der europäischen Wirtschaft und damit auch der Bauindustrie bis 2050 fordern. Die EU-Taxonomie-Verordnung legt Kriterien für nachhaltige Aktivitäten fest, mit dem Ziel, CO₂-Emissionen zu reduzieren und die Kreislaufwirtschaft in der Bauindustrie zu fördern. Die Erfüllung der Nachhaltigkeits- und Dekarbonisierungsziele stellt die Immobilienbranche vor immense Herausforderungen

Introduction

Sustainability of the construction industry is increasingly becoming a priority worldwide, as it is responsible for a significant portion of the world's carbon dioxide emissions and resource depletion, leading to a need for alternative building materials and systems. Most of these emissions come from heating, cooling, and electricity, however a significant proportion is caused by the energy- and carbon-intensive production of construction materials. The construction sector has the task of both reducing the carbon footprint of new buildings and making existing ones more energy efficient to reach the target of CO₂-neutrality by 2050 at EU level. The paradigm shift from a linear to a circular economy is urgently needed. Circularity offers opportunities for the building industry to secure its resources and reduce waste, as well as to be more resilient and sustainable.

Regulatory Anchoring

Many regulatory agreements reflect the priority of the sustainability of construction industry for governments and organisations worldwide. The Paris Agreement of 2015 calls for decarbonisation as a means of reducing global warming, and the United Nations published 17 Sustainability Development Goals (SDGs) to prioritise sustainability targets. The European Green Deal outlines regulations aimed at transforming the European economy towards climate neutrality by 2050. Criteria for what is considered a sustainable activity, with the goal of reducing carbon emissions and promoting circularity in the building industry are set by the EU-Taxonomy Directive. Meeting sustainability and decarbonisation targets poses immense challenges to the real estate industry and is at the same time essential for its continuity in order to ensure the availability of scarce resources through the use of sustainable concepts and products in the future.

und ist gleichzeitig essentiell für deren Fortbestand, um die Verfügbarkeit von notwendigen Ressourcen durch den Einsatz von nachhaltigen Konzepten und Produkten auch in Zukunft zu gewährleisten.

Pilze im Ökosystem

Während das Wort Pilz meist den Fruchtkörper beschreibt, lebt der größte Teil des Pilzkörpers unterirdisch. Aus unzähligen Fäden im Boden, den Hyphen, bildet sich ein feines großes Netzwerk, das Pilzmyzel. Das Myzel spielt in unserem Ökosystem als Wiederverwerter der Erde eine wichtige Rolle. Das Myzelnetzwerk dient zur Kommunikation zwischen Pflanzen, indem es Signale zwischen ihnen und so auch zur Regeneration von Wäldern beiträgt. Es handelt sich um ein ungiftiges biologisches Material, das schnell wächst und als Alternative für Plastik, Holz, Karton oder Leder verwendet werden kann.¹ Myzel wird oft als natürlicher Klebstoff bezeichnet, weil es die Bestandteile des Substrats miteinander verbindet und biologisch abbaubare, unbedenkliche und nachhaltige alternative Materialien schafft.^{2,3}

“Myzel ist ein Teil der Lösung für CO₂-negative Gebäude.”⁴

Pilze spielen eine entscheidende Rolle im Ökosystem, indem sie das Pflanzenwachstum fördern, organische Rückstände abbauen, Kohlendioxid im Boden binden und die Auswirkungen des Klimawandels abmildern. Neben Fauna und Flora stellen Pilze ein eigenes Reich dar. Myzel wird zunehmend in verschiedenen Branchen eingesetzt, z. B. in der Innenarchitektur, der Mode-, Verpackungs- und Möbelindustrie sowie der bei der Produktion von Lebensmitteln. Essbare Pilze sind eine Quelle von Proteinen, B-Vitaminen und Mineralien und können mit einem vernachlässigbaren CO₂-Fußabdruck angebaut werden. Der Forschung zufolge ist das Myzel des Dunklen Hallimasch (*Armillaria Ostoyae*) im Malheur National Forest in Oregon (USA) 9 km² groß. Damit ist der etwa 2.400 Jahre alte Pilz der größte lebende Organismus der Welt.⁵

Fungi in the Ecosystem

While the word mushroom usually describes the fruiting body, most of the fungus lives underground. From countless threads in the soil, hyphae, it forms a fine large network, the mycelium. The mycelium plays an important role in our ecosystem as the Earth's recycler. The mycelium network can communicate and transfer signals between plants and help to regenerate forests. It is a non-toxic biological material that grows quickly and can be used as an alternative for plastic, wood, cardboard, or leather.¹ Mycelium is often considered as natural glue because it binds together components in the substrate and creates biodegradable, harmless, and sustainable alternative materials.^{2,3}

“Mycelium is a part of the solution to carbon-negative buildings.”⁴

Fungi play a crucial role in the ecosystem by facilitating plant growth, breaking down organic residues, binding carbon dioxide in the soil, and mitigating the effects of climate change. Next to fauna and flora, fungi represent a realm of their own. Mycelium is increasingly applied in various industries, such as interior design, fashion, packaging, furniture, and food production. Edible mushrooms are a source of proteins, B-vitamins, and minerals and can be grown with a negligible carbon footprint. According to the research, mycelium of Dark Hallimasch (*Armillaria ostoyae*) in the Malheur National Forest in Oregon (US) is 9 km² large. This makes the approximately 2,400-year-old fungus the largest living organism in the world.⁵

Out of the 17 UN's Sustainable Development Goals fungal biotechnology can essentially contribute to 10 of them as illustrated in the figure below. Fungi can advance the transition from a petroleum-based linear economy into a bio-based cir-

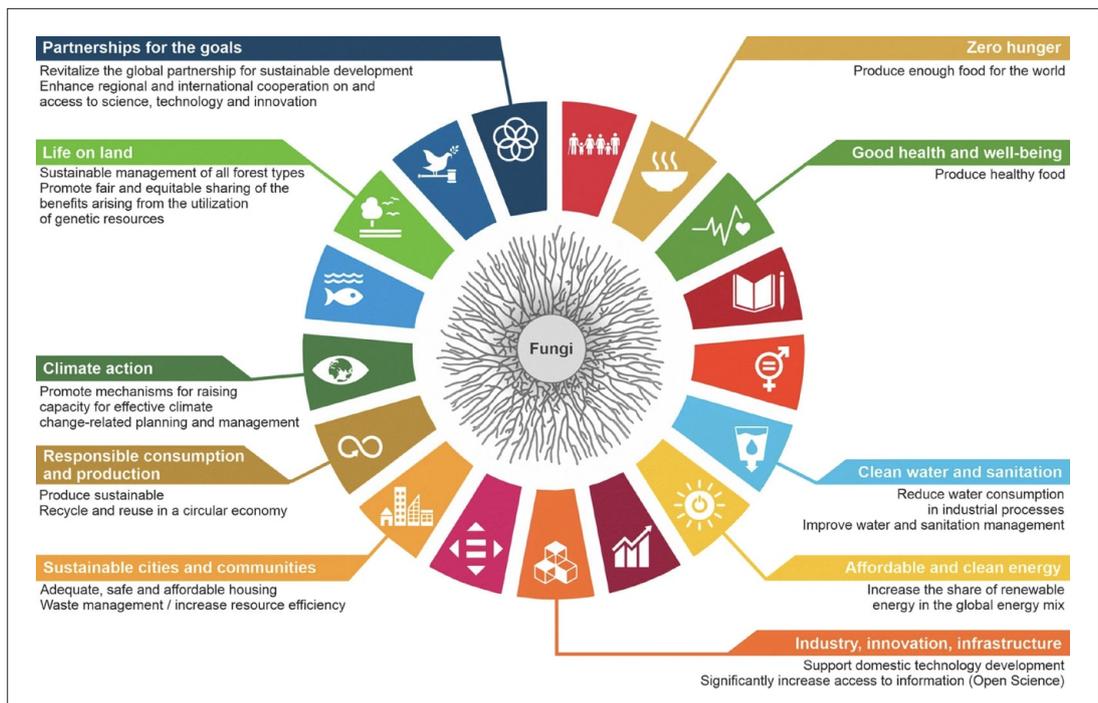


Abbildung 1: Pilze und SDGs 7
Figure 1: Fungi and SDGs 7

Die hohe Bedeutung der Pilzbiotechnologie für den Gedanken der Nachhaltigkeit wird in Abbildung 1 demonstriert. Die Pilzbiotechnologie trägt demnach zur Erreichung von 10 der von der UN definierten 17 SDGs bei. Pilze können den Übergang von einer erdölbasierten linearen Wirtschaft zu einer biobasierten Kreislaufwirtschaft vorantreiben, die Lösungen für die Nahrungsmittelversorgung einer wachsenden Weltbevölkerung bieten und gleichzeitig den CO₂-Fußabdruck verringern.⁶

Eines der Anwendungsspektren von Pilzmyzel sind Baustoffe und hier insbesondere die thermische und akustische Dämmung. Myzelbasierte Materialien wurden bereits in mehreren Bauprojekten verwendet, darunter das Mycotectural Alpha Teahouse, der Hy-Fi Pavilion, der MycoTree, der Growing Pavilion, die MyCel-Bürozellen, das FungiFacturing-Projekt des Fraunhofer-Instituts und die Akustikplatten und -böden der Firma Mogu. Diese Projekte demonstrieren die Vielseitigkeit von Myzel als Baumaterial, von der Verwendung als Konstruktionsbauteil im MycoTree und im Growing Pavilion bis hin zu seiner Anwendung als schallabsorbierende Platten und Fliesen. Trotz der jahrzehntelangen Entwicklung der myzelbasierten Materialien sind die Produkte noch immer ein Pionierbereich, in dem noch viel geforscht und entwickelt wird.

Herstellungsprozess

Die Herstellung von myzelbasierten Materialien (siehe Abbildung 2) erfordert ein Verständnis des Pilzwachstums. Die Wahl des Substrats bestimmt die Dichte des Endmaterials. Bei der Herstellung muss das Substrat sterilisiert, befeuchtet und homogenisiert werden, bevor es mit Pilzsporen beimpft und in Behälter mit Perforationen gefüllt wird. Innerhalb von fünf bis zehn Tagen wächst in den Behältern eine schwammartige feste Substanz, die die Nährstoffe aus dem Substrat verdaut und dieses zu einer festen Struktur verbindet. Während des Herstellungsprozesses reicht die Raumtemperatur aus. Damit bestehen keine besonderen Anforderungen an die Herstellungsräume und der Platzbedarf kann gering gehalten werden. Um das Wachstum des Pilzes zu stoppen und die Restfeuchte verdampfen zu lassen, wird das Material bei einer leicht erhöhten Temperatur von 50–70 °C getrocknet. Die Eigenschaften des Endprodukts können individuell an die jeweiligen Bedürfnisse angepasst werden. Dabei spielen die Inkubationsbedingungen, die Wahl des Pilzstammes und des Substrats für das Myzelwachstum sowie eventuell heiße oder kalte Kompression eine entscheidende Rolle. Diese Parameter und deren optimale Ausgestaltung für das jeweilige Anwendungsgebiet sind Gegenstand weiterer Forschung.

cular economy offering solutions for food supply for a growing mankind population and simultaneously lowering the carbon footprint.⁶

One of the application spectra of fungi are building materials – especially thermal and acoustic insulations. Mycelium-based materials have been used in several building projects, including the Mycotectural Alpha Teahouse, Hy-Fi Pavilion, MycoTree, Growing Pavilion, MyCel office cubicles, Fraunhofer Institute's FungiFacturing project, and acoustic boards and flooring from company Mogu. These projects demonstrate the versatility of mycelium as a building material, from its use as a structural component in the MycoTree and Growing Pavilion to its application as sound-absorbing panels and tiles. Despite being in development for decades, mycelium is still a pioneering field with much research and development ongoing.

Production Process

The production of mycelium-based materials (see figure 2) requires the understanding of the growth of mushrooms. Substrate selection for the growth determines the density of the final material. During the manufacturing the substrate must be sterilised, moistened, and homogenised before it is inoculated with fungal spores and filled into containers with perforations. Within five to ten days, a sponge-like solid substance grows in the containers, digesting the nutrients and binding the substrate into a solid structure. During the manufacturing process room temperature is sufficient and only limited space is required. To stop the growth of the fungus and to evaporate residual moisture the material is dried at a slightly increased temperature of 50–70 °C. The properties of the final product can be individually customised to the respective needs. The incubation conditions, the choice of the fungal strain and the substrate for mycelial growth and potentially hot or cold compression play here a decisive role. These parameters and their optimal design for the respective field of application are the subject of further research.

Insulation as the building envelope, often accounting for more than 50 % of the volume of the building fabric, is crucial for energy efficiency and thermal comfort. Building insulation acts as a thermal and acoustic barrier between the indoor and the outdoor environment, improving the thermal comfort. It should be open to vapor diffusion, have excellent fire-retar-

1 Holzmagazin (2019): <https://www.holzmagazin.com/> retrieved on 15.7.2022

2 Healthy Materials Lab (2022): <https://healthymaterialslab.org/> retrieved on 19.8.2022

3 Tacer-Caba et al. (2020)

4 Fairs (2021): <https://www.dezeen.com/> retrieved on 19.8.2022

5 Planet wissen (2019): under <https://www.planet-wissen.de> retrieved 17.8.2022

6 Meyer et al. (2020)

7 Meyer et al. (2020)

8 BIOHM (2022): Webinar with Oksana Bondar under <https://vimeo.com/753860006> presented on 21.9.2022



Abbildung 2: Herstellung von Materialien auf Mycelbasis: Eingangs- und Ausgangsmaterialien⁸

Figure 2: Production of mycelium-based materials: input and output materials⁸

Die Gebäudedämmung, die oft mehr als 50 % des Volumens des Gebäudetrags ausmacht, ist für die Energieeffizienz und den thermischen Komfort entscheidend. Sie wirkt als thermische und akustische Barriere zwischen dem Innen- und dem Außenbereich und verbessert den gefühlten Gebäudekomfort. Sie sollte dampfdiffusionsoffen sein, über ausgezeichnete brandschutztechnische Eigenschaften verfügen und eine lange Lebensdauer und wirtschaftliche Effizienz aufweisen. Bei der Entscheidung über die Art der zu verwendenden Dämmung müssen sowohl der CO₂-Fußabdruck der Dämmstoffe als auch der Primärenergieverbrauch während ihres Lebenszyklus von der Gewinnung bis zur Entsorgung berücksichtigt werden. Die Dichte und die Druckfestigkeit der Dämmstoffe sind wichtig und beeinflussen die thermischen Dämmeigenschaften. Das ideale Dämmmaterial hat eine niedrige Dichte und eine hohe Porosität, ist aber gleichzeitig belastbar, um einen breiten Anwendungsbereich zu gewährleisten.

Myzelbasierte Materialien erfüllen genau diese Anforderungen und können kostengünstig aus land- oder forstwirtschaftlichen Nebenprodukten hergestellt werden. Die Herstellung erfordert einen geringen Energieverbrauch und die Produkte verfügen über hervorragende thermische und akustische Eigenschaften sowie Brandschutzmerkmale. Sie sind biologisch abbaubar und stellen damit ein nachhaltiges Material dar, das individuell adaptierbar, kreislauffähig und nachhaltig ist. Um den CO₂-Fußabdruck auch bei der Herstellung möglichst gering zu halten, sollte ein kurzer Transportradius für die Beschaffung des Substrats sowie für den Einsatz des Endproduktes berücksichtigt werden.

Analyse und Ergebnisse

Im Rahmen meiner Master-Thesis „Konkurrenzfähigkeit von myzelbasierten Baustoffen“ wurde ein Vergleich der Wettbewerbsfähigkeit von myzelbasierten Dämmstoffen mit EPS, Mineralwolle und Hanf auf Basis der Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Analysis – LCA), definierten Produkteigenschaften und der Marktgängigkeit dieses neuartigen Produkts durchgeführt.

Die Ökobilanz unter Verwendung von Umweltproduktdeklarationen (Environmental Product Declarations - EPDs) für die ausgewählten Materialien zeigt, dass konventionelle Dämmstoffe (Mineralwolle, EPS) einen hohen CO₂-Fußabdruck haben, während nachhaltige Materialien wie Hanf und myzelbasierte Dämmstoffe dank der Kohlenstoffbindung einen geringen oder sogar negativen CO₂-Fußabdruck aufweisen. EPS weist einen hohen Primärenergieverbrauch auf, während Mineralwolle und Hanf einen mäßigen bis niedrigen grauen Energiegehalt aufweisen und Myzel nur einen vernachlässigbar geringen Energieverbrauch verursacht.⁹

Bei der Analyse der Produkteigenschaften (mechanische, thermische, hygri-sche und akustische Eigenschaften sowie Brandschutz, Luftqualität, Lebensdauer und Wirtschaftlichkeit) überzeugt der myzelbasierte Dämmstoff im Allgemeinen durch seine sehr guten thermischen, akustischen und hygri-schen Eigenschaften und seine geringe Dichte, wobei die Druckfestigkeit nicht abschließend untersucht wurde.¹⁰ Reduzierte Schwankungen der Innentemperatur während extremer Wetterereignisse, die zu Einsparungen bei Betriebsenergie führen, sind vielversprechende Vorteile dieses Materials.¹¹ Je nach Substrat und Wachstumsperiode variierten die Wasserabsorptionseigenschaften von Myzeldämmstoffen, was noch Spielraum für eine Standardisierung und Raum für Forschung aufzeigt.

In den ExpertInneninterviews wurden einige Herausforderungen

erwähnt, die langfristige Haltbarkeit und wirtschaftliche Effizienz betreffen. Bei der Entscheidung über die Art der Dämmung zu verwenden, muss sowohl der CO₂-Fußabdruck der Dämmstoffe als auch der Energieverbrauch während ihres Lebenszyklus, von der Gewinnung bis zur Entsorgung, berücksichtigt werden. Dichte und Druckfestigkeit der Dämmstoffe sind wichtig, da sie die thermischen Dämmparameter beeinflussen. Das ideale Dämmmaterial hat eine niedrige Dichte und eine hohe Porosität, ist aber gleichzeitig belastbar, um einen breiten Anwendungsbereich zu gewährleisten.

Myzelium-basierte Materialien werden kostengünstig aus landwirtschaftlichen oder forstwirtschaftlichen Nebenprodukten hergestellt, sind biologisch abbaubar und verfügen über hervorragende thermische und akustische Eigenschaften sowie Brandschutzmerkmale. Myzelium-basierte Dämmung ist ein nachhaltiges Material, das anpassbar, kreislauffähig und nachhaltig ist.

Analysis and Results

A comparison of competitiveness of mycelium-based insulation with EPS, mineral wool and hemp based on analysis of Life Cycle Analysis (LCA), defined product properties and viability of this novel product was conducted in my master thesis on Competitiveness of Mycelium-Based Building Materials. The LCA using Environmental Product Declarations (EPDs) of the selected materials showed that conventional insulation materials (mineral wool, EPS) have high carbon footprint while sustainable materials like hemp and mycelium-based insulation have lower or even negative carbon impact thanks to carbon sequestration. EPS indicates high primary energy consumption, while mineral wool, and hemp set off moderate to low embodied energy and mycelium caused only negligibly low energy consumption.⁹

In the analysis of product properties (mechanical, thermal, hygric, and acoustic properties, as well as fire safety, airborne quality, service lifetime, and economic efficiency) mycelium-based insulation generally convinces with its very good thermal, acoustic insulation and hygric properties and low density, however the compressive strength has not been conclusively investigated. Reduced indoor temperature fluctuations during extreme weather conditions, resulting in operational energy savings, are promising advantages of this materials. Depending on the substrate and growing period, the water absorption properties of mycelium insulation reported varied as there is still potential for standardisation and scope for research.

Several challenges and drawbacks were revealed in expert interviews that have to be addressed in order to ensure the viability of mycelium-based insulation in the construction industry. These challenges include the need for extensive data availability, standardisation, and uniformity of biogenic resources. A clear resistance to change from the traditional cost-driven construction industry, lack of established distribution channels, missing construction and processing methods, lack of education and training on sustainable materials, and strong lobbying groups, especially as regards to EPS are the main challenges that mycelium has to meet. Additionally, the

und Nachteile aufgedeckt, die angegangen werden müssen, um die Marktgängigkeit von myzelbasierten Dämmstoffen in der Bauindustrie zu gewährleisten. Zu diesen Herausforderungen gehören die Notwendigkeit einer umfassenden Datenverfügbarkeit, Standardisierung und Homogenität der biogenen Ressourcen. Ein deutlicher Widerstand gegen Veränderungen seitens der traditionellen, kostenorientierten Bauindustrie, das Fehlen etablierter Vertriebskanäle, fehlende Konstruktions- und Verarbeitungsmethoden, mangelnde Aus- und Weiterbildung im Bereich der nachhaltigen Materialien und starke Lobby, insbesondere in Hinblick auf EPS, stellen die größten Herausforderungen dar, denen sich Myzel stellen muss. Zusätzlich sollten das Vertrauen in den Montageprozess und die Abhängigkeit von Lieferanten, Patentrechte und damit verbundene einmalige Kosten bei der Preisbestimmung und der Produkteinführung berücksichtigt werden. Um diese Hürden zu überwinden, muss sich die Branche auf Forschung, Zusammenarbeit und Bildung sowie auf eine erhöhte Aufmerksamkeit und Unterstützung durch Regularien konzentrieren. Pilotprojekte sind willkommene Unterstützung, um die Produktreife von myzelbasierten Materialien zu erhöhen.

Die Vermarktung myzelbasierter Baumaterialien erfordert das Verständnis der ökologischen Vorteile gegenüber den herkömmlichen Materialien, eine Standardisierung der Ausgangsmaterialien und der Herstellung sowie eine marktfähige Bauweise. Für die Herstellung und Vermarktung wird ein Franchisemodell vorgeschlagen, bei dem lokale Start-ups eine Lizenz erhalten und mit ausgewählten regionalen Zulieferern zusammenarbeiten. So können die jungen Unternehmen von der zentralen Forschung profitieren und sich eine starke Marke teilen. Das Angebot von Dämmstoffen als Dienstleistung (product as a service), bei der der Hersteller für Wartung, Reparatur und Entsorgung verantwortlich ist, kann die Kreislaufwirtschaft unterstützen und langfristige Kundenbeziehungen aufbauen. Green Marketing wird die Förderung von umweltfreundlichen Produkten verstärken und eine zentrale Rolle in der nachhaltigen Gebäudearchitektur spielen.

Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die myzelbasierten Dämmstoffe über ein großes Zukunftspotential als nachhaltige Alternative zu konventionellen und anderen nachhaltigen Dämmstoffen verfügen. Sie weisen konkurrenzfähige Eigenschaften wie thermische und akustische Dämmbarkeit und Feuerbeständigkeit, geringe Kosten, einen vernachlässigbaren CO₂-Fußabdruck und biologische Abbaubarkeit auf. Der 3D-Druck ermöglicht die Herstellung komplexer Strukturen, wodurch die computergestützte Optimierung das Endprodukt weiter verbessern kann. Auch wenn noch weitere Forschung erforderlich ist, um die Materialeigenschaften zu verbessern, den Herstellungsprozess zu standardisieren und die behördlichen Anforderungen zu erfüllen, hat die myzelbasierte Dämmung das Potential, die Bauindustrie radikal zu verändern und den notwendigen Veränderungsprozess zu einer Kreislaufwirtschaft zu beschleunigen. Die Forschungstrends weisen eindeutig auf ein wachsendes Interesse an myzelbasierten Dämmstoffen hin, doch in der Bauindustrie gibt es noch fehlendes Bewusstsein und eine Zurückhaltung gegenüber derartigen Veränderungen. Eine enge Zusammenarbeit zwischen Industrie und Forschung ist erforderlich, um diese Herausforderungen zu überwinden. Weitere Forschungsrichtungen auf diesem Gebiet umfassen die Optimierung der Wachstumsparameter, die Untersuchung der Verwendung als Ersatz für Zement sowie Verwendung in Trockenbauwänden. Darüber hinaus sind auch die

trust in the assembly process and reliance on suppliers, patent rights, and one-time cost associated with them should also be considered when determining the pricing and launch of the product. To overcome these hurdles, the industry needs to focus on research, collaboration, and education, as well as increased awareness and support from regulatory bodies. Pilot projects are welcome support to increase the product readiness of mycelium-based materials.

Commercialisation of mycelium-based construction materials requires understanding the ecological benefits over traditional materials, standardisation of input materials and manufacturing, and a marketable construction method. A franchise model is proposed for local start-ups to obtain a license, cooperate with selected providers, benefit from central research, and share a strong brand. Offering insulation as a service where the manufacturer is responsible for maintenance, repair, and disposal can support the circularity and build long-term customer relationships. Green marketing will strengthen the promotion of environmentally friendly products and play a central role in sustainable building architecture.

Conclusion

In conclusion, there is a high potential of mycelium-based insulation as a sustainable alternative to conventional and other sustainable materials, with its favourable properties of thermal, acoustic insulation, and fire resistance, low cost, negligible carbon footprint, and biodegradability. 3D-printing allows for the creation of complex structures, while computerised optimisation enhances its performance. Although further research is necessary to improve the material properties, standardise the fabrication process, and address regulatory requirements, mycelium-based insulation has great promise to transform the construction industry and contribute to a circular economy. Research trends clearly indicate growing interest in mycelium-based insulation, but there is lack of awareness and hesitation to change in the construction industry. Close cooperation between industry and research is necessary to overcome these challenges. Further research directions include optimising growth parameters, examining usage as a substitute for cement and drywalls, standardising testing procedures, investigating behaviour under different weather conditions, and regulating disposal and usage as compost or fertiliser. Mycelium-based insulation holds great potential and is a promising and unique alternative to traditional insulation materials that can help to create a more sustainable future.

9 IBU (2018, 2021, 2022), environdec (2020), Livne et al. (2022)

10 Kumar et al. (2020), Asdrubali/D'Alessandro/Schiavoni (2015), Gauvin et al. (2021), BIOHM, Elsacker et al. (2019), Yang et al. (2017)

11 Zhang et al. (2022)

Standardisierung von Testverfahren, die Untersuchung des Verhaltens unter extremen Wetterbedingungen und die Regelung der Entsorgung und Verwendung als Kompost oder Dünger weiter zu beleuchten und zu untersuchen. Myzelbasierte Dämmstoffe sind eine vielversprechende und einzigartige Alternative zu herkömmlichen Dämmstoffen und können einen wesentlichen Beitrag zu einer nachhaltigeren Zukunft leisten.

Verweise /References

Asdrubali, F., D'Alessandro, F., & Schiavoni, S. (2015). A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies*. doi:10.1016/j.susmat.2015.05.002

BIOHM. (2022). Retrieved Aug 19, 2022, from <https://www.biohm.co.uk/mycelium>

Elsacker, E., Brancart, J., Vandeloock, S., Peeters, E., & De Laet, L. (2019). Mechanical, physical and chemical characterisation of mycelium-based composites with different types of lignocellulosic substrates. *Plos One*. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213954>

Fairs, M. (2021). <https://www.dezeen.com/>. Retrieved Aug 19, 2022, from <https://www.dezeen.com/2021/06/25/carbon-negative-buildings-mycelium-insulation-fire-proofing/>

Gauvin, F., Tsao, V., Vette, J., & Brouwers, H. (2021). Physical Properties And Hygrothermal Behavior Of Mycelium-based Composites As Foam-like Wall Insulation Material. 4th International Conference on Bio-Based Building Materials. doi:10.4028/www.scientific.net/CTA.1.643

Healthy Materials Lab, Parsons School of Design. (2022). Retrieved Aug 19, 2022, from <https://healthymaterialslab.org/material-collections/fungi>

Holzmagazin. (2019). Dämmen mit Schwämmen. Retrieved Jul 15, 2022, from <https://www.holzmagazin.com/technik/1949-daemmen-mit-schwaemmen>

IBU. (2019). Environmental Product Declaration - Multipurpose Rock Mineral Wool insulation. Retrieved Aug 7, 2022, from <https://ibu-epd.com/>: <https://epd-online.com/EmbeddedEpdList/Download/15125>

IBU. (2021). Environmental Product Declaration - SAGLAN glass wool. Retrieved Aug 7, 2022, from <https://ibu-epd.com/>: <https://epd-online.com/EmbeddedEpdList/Download/15125>

IBU. (2022). Umweltproduktdeklaration - EPS-Hartschaum. Retrieved Aug 25, 2022, from <https://ibu-epd.com/>: <https://epd-online.com/EmbeddedEpdList/Download/15788>

Kumar, D., Alam, M., Zou, P., Sanjayan, J., & Memon, R. (2020). Comparative analysis of building insulation material properties and performance. *Renewable and sustainable energy reviews* 131. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110038>

Livne, A., Wösten, H. A., Pearlmutter, D., & Gal, E. (2022). Fungal Mycelium Bio-Composite Acts as a CO₂-Sink Building Material with Low Embodied Energy. *ACS Sustainable Chem. Eng.* doi:<https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c01314>

Meyer, V., Basenko, E. Y., Benz, J. P., Braus, G. H., Caddick, M. X., Csukai, M., . . . Wösten, H. (2020). Growing a circular economy with fungal biotechnology: a white paper. *Fungal Biology and Biotechnology* (7). doi: <https://doi.org/10.1186/s40694-020-00095-z>

Planet wissen. (2019). Das weltgrößte Lebewesen. Retrieved Aug 17, 2022, from https://www.planet-wissen.de/gesellschaft/lebensmittel/gift_und_speisepilze/pwiedasweltgroesstelebewesen100.html

Tacer-Caba, Z., Varis, J., Lankinen, P., & Mikkonen, K. (2020). Comparison of novel fungal mycelia strains and sustainable growth substrates to produce humidity-resistant biocomposites. *Materials and Design*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2020.108728>

Yang, Z., Zhang, F., Still, B., & Amstislavski, P. (2017). Physical and Mechanical Properties of Fungal Mycelium-Based Biofoam. *Journal of Materials in Civil Engineering*. doi:10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001866

Zhang, X., Hu, J., Fan, X., & Yu, X. (2022). Naturally grown mycelium-composite as sustainable building insulation materials. *Journal of Cleaner Production* 342. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130784>

Gebäudesoftskills – Bauen in menschlichen Dimensionen

Beiträge aus Praxis – Wissenschaft – Kunst

Es geht um viel mehr, als nur ein Dach über dem Kopf zu haben. Wir untersuchen was wir brauchen, damit wir uns in Räumen langfristig wohl fühlen.

In diesem Buch stellen wir uns den komplexen Wechselwirkungen zwischen Menschen und Gebäuden und beschäftigen uns mit wissenschaftlichen Erkenntnissen, die es dazu gibt.

Mit QR-Codes am Ende der Themenblöcke sind A4 pdfs mit den im Text erwähnten Planungstipps downloadbar.

Pia Anna Buxbaum und Elisabeth Oberzaucher (Hg)

Michael Wegerer (Kunst)

Gebäudesoftskills

Bauen in menschlichen Dimensionen

Praxis – Wissenschaft – Kunst

IBO Verlag 2021, 128 Seiten, Euro 39,-

ISBN 978-3-900403-51-5



Respekt – Erweiterung und Adaptierung Volksschule und Mittelschule in Auersthal

Respect – Extension and adaptation elementary and secondary school in Auersthal

Andrea Dorsch, ARGE MAGK illiz Architektur

Technological advances, increased knowledge and flexible construction methods have resulted in many possibilities within building construction. Combined with significantly higher living standards there is a trend of "abundance" in building. A trend that is going in the wrong direction. Current challenges, such as the strongly fluctuating economy, climate change, high energy costs and many other are forcing people to rethink! Reuse-Reduce-Recycle - We contribute while respecting what already exists and with a responsibility to future generations. A contribution that starts with appreciation of the materials, so they do not end up as landfill waste at the end of their lifetime.

What makes us feel comfortable in a building?

How do we define sustainable building and how does it influence people?

Furthermore, what resources do we use – now and in the future?

In our daily work we are concerned by these questions. This is also reflected in our projects.

Der technische Fortschritt, vermehrtes Wissen und vielseitigere Konstruktionen brachten eine Vielzahl an Möglichkeiten im Bauwesen hervor, die im Zusammenhang mit erheblich höheren Lebensstandards zu einem Bau-Trend des Überflusses führten.

Ein Trend der in die falsche Richtung ging. Aktuelle Herausforderungen, wie die stark schwankende Wirtschaft, Veränderung des Klimas, hohe Energiekosten und viele andere Herausforderungen, zwingen die Menschen wiederum zum Umdenken!

Reuse- Reduce- Recycle – Mit dem Respekt zum Bestehenden und der Verantwortung gegenüber zukünftigen Generationen leisten wir einen Beitrag.

Ein Beitrag, in dem der Respekt gegenüber dem Material, das am Ende seiner Nutzungszeit nicht als Deponieabfall enden soll, ganz am Anfang steht.

Was sorgt dafür, dass wir uns in einem Gebäude wohlfühlen?

Wie definieren wir nachhaltiges Bauen und welchen Einfluss üben wir damit auf die Menschen aus?

Und überhaupt, welche Ressourcen verwenden wir dafür – jetzt und in Zukunft?

Fragen, die uns im Alltag beschäftigen und sich in unseren Projekten widerspiegeln.

Die Erweiterung und Adaptierung der bestehenden Schule in Auersthal, ist eines der Vorzeigeprojekte, wie längst veraltete Gebäudetypen in einen zeitgemäßen Schulbau überführt werden können und so eine Antwort auf die nachhaltige Gebäudesanierung und Verdichtung geben.

Ein Gebäudetyp, der durch die Wissensvermittlung prädestiniert ist, den zukünftigen Generationen zu vermitteln, wie wichtig eine ganzheitliche Nachhaltigkeit und der respektvolle Umgang mit den bestehenden Ressourcen ist. Denn nicht nur Pädagog:innen spielen eine entscheidende Rolle zur Umsetzung neuer Lernkonzepte, sondern auch die unmittelbare Umgebung hat einen direkten Einfluss.

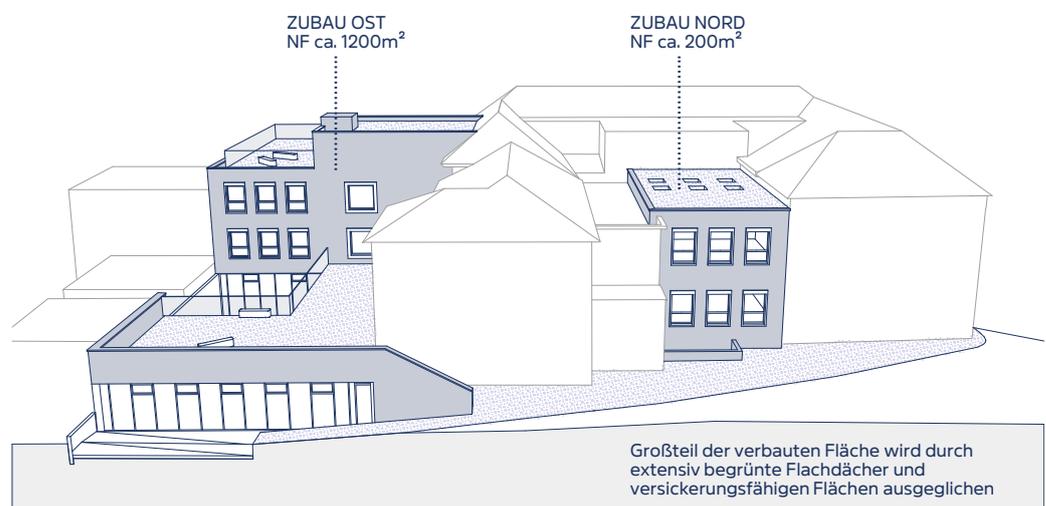


Abbildung 1: 3D Perspektive

Das Projekt ist das Ergebnis der Auseinandersetzung mit einem modernen schulischen Konzept, dem schonenden Umgang mit dem Bestand inklusive seiner Funktionen und dem Entwickeln von Synergien in funktionaler und gestalterischer Hinsicht.

Mit diesen Schwerpunkten konnte das Konzept Sanieren, Verdichten und Ergänzen in einem ausgeschriebenen Wettbewerb überzeugen und befindet sich seit Juli 2022 in der Umsetzungsphase. Die Fertigstellung für Um- und Zubau, sowie Turnsaal erfolgt nach ca. 12 Monaten Bauzeit im August 2023.

Die Herausforderung im Entwurf bestand darin den steigenden Bedarf an Unterrichtsräumen und Nachmittagsbetreuung zu decken, neue Schulkonzepte in die bestehenden Räumlichkeiten zu integrieren, sowie die Verbindung zwischen Alt- und Neubau, sowohl im Außen- als auch im Innenraum zu schaffen.

Das bestehende Schulgebäude wurde im Jahr 1893 errichtet, zum ersten Mal im Jahr 1929 und ein weiteres Mal in den Jahren 1997/98 erweitert.

Durch eine weitere Addition drei neuer Gebäudeteile (Zubau Ost, Zubau Nord und Turnsaal) wird zum einen eine Baulücke und zum anderen ein Innenhof geschlossen, wodurch die ursprüngliche Kubatur noch kompakter wird. Dabei stand im Fokus, aus einer minimal verfügbaren Fläche, das Maximum an Qualität zu gewinnen. Ganz im Sinne von: **Weniger - Aber mehr daraus machen!**

Besonders erwähnenswert ist, dass der geringe Flächenanteil, der durch die Zubauten versiegelt wird, wiederum durch versickerungsfähige Bodenbeläge und extensiv begrünte und begehbare Flachdächer ausgeglichen wird, die zudem als erweiterter Freiraum für die Schüler:innen dienen.

Außerdem entstehen durch die weiterentwickelte Gebäudekubatur spannende Zwischenbereiche, die Alt und Neu miteinander verbinden. Diese Zonen sollen in Zukunft multifunktional von den Lehrenden und Schüler:innen bespielt werden.

Um ein ganzheitlich nachhaltiges Projekt umzusetzen, stand nicht nur der Aspekt, so viel wie möglich zu erhalten, im Vordergrund, sondern auch der überwiegende Einsatz regenerativer Materialien. Deshalb wurden die beiden Zubauten Ost und Nord mit einer Nutzfläche von rund 1.420 m² und der Turnsaal mit einer Nutzfläche von rund 380m² in vorgefertigter Holzbauweise geplant, mit dem Ziel die Vorteile des Materials als nachwachsenden und nachhaltigen Rohstoff effizient einzusetzen (Abb. 1).

Die Zubauten in Zahlen

Eine überschlagsmäßige Bilanzierung der Zubauten im Hinblick auf regenerative Rohstoffe.

Das Hauptaugenmerk liegt auf dem Zubau Ost, der als neuer Dreh- und Angelpunkt, mit offener Bibliothek, Lehrküche, Speisesaal und Aula, gesehen werden kann. Da die Erdgeschoßzone in Form einer sichtbaren Holzskelett Bauweise mit kraftschlüssig verbundenen BSH-Rippen- und Brettsperrholzdecke ausgebildet wird, entstehen großzügige Räume, die ein hohes Maß an Flexibilität zulassen. Die Erdgeschoßzone mit transparenter Fassade, losgelöst von der tragenden Konstruktion, begünstigt diese und bietet eine hohe Durchlässigkeit sowie Blickbeziehung zur Umgebung.

Das Tragsystem wurde dabei mit geringen Querschnitten und sorgfältigen Details entwickelt, die im Sinne der kurzen Bauzeit, eine hohe Vorfertigung erlauben, wodurch eine geräuschärmere und schnelle Montage bei laufendem Schulbetrieb ermöglicht wird, da langwierige Austrocknungszeiten entfallen.

Die beiden oberen Geschoße werden dahingegen mit tragenden BSP-Wänden ausgeführt. Die energetisch hochwertige Fassade besteht aus Holz-Riegelwänden mit diffusionsoffenen Lagen und einer Zellulosedämmung.

Im folgenden Abschnitt wird eine überschlagsmäßige Ökobilanzierung der Hauptkonstruktionen der jeweiligen Zubauten mittels der Software eco2soft durchgeführt.

Diese Software ist ein Werkzeug, um aufzuzeigen wie sehr einzelne Materialien die Umwelt belasten können.

Auskunft über die Umweltwirkung gibt dabei das Global Warming Potential [GWP_{total}], das angibt, wie hoch die CO₂-Emissionen der jeweiligen Materialien, in der Herstellungsphase und Rohstoffgewinnung, sind.

Ziel ist es, die CO₂-Emissionen so gering wie möglich zu halten oder durch den Einsatz regenerativer Materialien zu kompensieren. Im Idealfall kann durch regenerative Materialien mehr CO₂ gespeichert werden, als durch mineralische Materialien produziert wird [GWP_{total} < GWP_{speicher}].

Betrachtet werden in dieser Bilanzierung die maßgebenden Bauteile, wie tragende Konstruktion inklusive Fundierung, Innenwände und Fassade (ohne Fenster). Zur Vereinfachung werden die Transportwege zum Bauplatz außeracht gelassen.

Bilanz Zubau Ost

Der ebenerdig ausgeführte Zubau Ost wird überwiegend in Holzbauweise ausgeführt, weshalb mehr CO₂-gebunden werden kann, als bei der Herstellung produziert wird. Rein die Herstellungsphase betrachtet, handelt es sich somit um ein CO₂-negatives Gebäude.

Zubau Ost

62 % (605 m³) der tragenden und aussteifenden Konstruktion in Holzbauweise

Grundkonstruktion

38 % Beton (387 m³) Stiegenhaus + Aufzugschacht (ca. 25 % des Betonanteils), Mauer an der Grundstücksgrenze (ca. 25 % des Betonanteils) und Bodenplatte + Fundamente (50 % des Betonanteils), 236 t verbautes Holz

Global Warming Potential

GWP_{total} = 296 kg CO₂/ m² BZF

GWP_{Speicher} = 341 CO₂/ m² BZF

EI10 = 8,7 Punkte (Klasse B)

Bilanz Zubau Nord

Aufgrund der Anbindung zum Bestand und der Ergänzung im Innenhof wird in etwa ein Drittel des Zubaus Erdberührt ausgeführt, weshalb in der Bilanzierung der Betonanteil etwas höher als beim „freiliegenden“ Zubau Ost ausfällt. Das bei der Produktion entstandene CO₂ kann dennoch nahezu vollständig durch die Bauteile in Holzbauweise gebunden werden.

An dieser Stelle ist besonders anzumerken, dass im gesamten Projekt, ausschließlich erdberührte, feuchtbelastete, sowie statisch hochbeanspruchte Bauteile in Stahlbetonbauweise zur Ausfüh-

zung kommen und das Augenmerk überwiegend auf dem Werkstoff Holz liegt.

Generell wurde der Materialeinsatz hinsichtlich der Lebenszyklus Betrachtung bis hin zum Recycling und der Rückbaubarkeit kritisch hinterfragt und im Rahmen des Machbaren zugunsten des ökologischen Gedankens ausgewählt. Dies betrifft ebenfalls Materialien im Ausbau, welche bei dieser Bilanz unberücksichtigt gelassen wurden.

Zubau Nord

58 % (70 m³) der tragenden und aussteifenden Konstruktion in Holzbauweise, 28 t verbautes Holz

Grundkonstruktion

42 % Beton (50 m³) = 100 % der erdberührten Bauteile

Global Warming Potential

GWP_{total} = 140 kg CO₂/ m² BZF

GWP_{Speicher} = 137 CO₂/ m² BZF

EI10 = 9,3 Punkte (Klasse B)

Bilanz Turnsaal

Analog zum Zubau Nord, liegt auch beim Turnsaal mehr als die Hälfte des gesamten Gebäudes unterhalb der Geländeoberfläche. Grund dafür sind die Anbindung an den bestehenden Turnsaal und die örtlichen Gegebenheiten, wie

ein starker Geländeanstieg/Abfall bzw. die Verbindung zwischen Bestand & Zubau und barrierefreie Ertüchtigung.

Dies hat zur Folge, dass der Betonanteil dementsprechend hoch ist und der Holzanteil die CO₂-Emissionen nicht kompensieren kann.

Turnsaal

50 % (310 m³) der tragenden und aussteifenden Konstruktion in Holzbauweise, 88 t verbautes Holz

Grundkonstruktion

50 % Beton (320m³) = 100 % der erdberührten Bauteile

Global Warming Potential

GWP_{total} = 4 84 kg CO₂/ m² BZF

GWP_{Speicher} = 302 CO₂/ m² BZF

EI10 = 9,3 Punkte (Klasse B)



Abbildung 2: Schnitt Ost

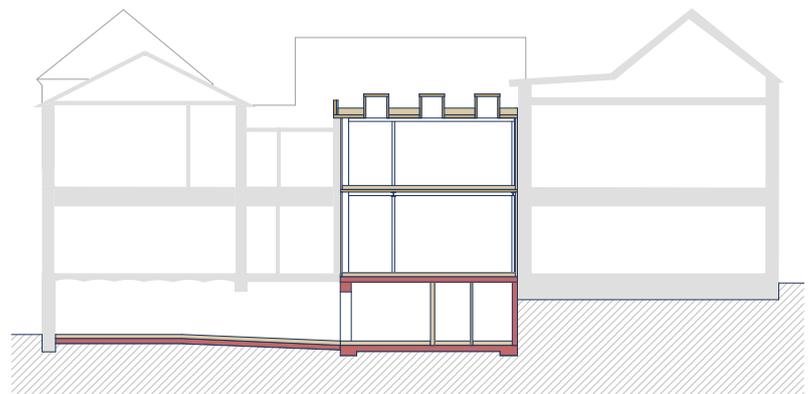


Abbildung 3: Schnitt Nord

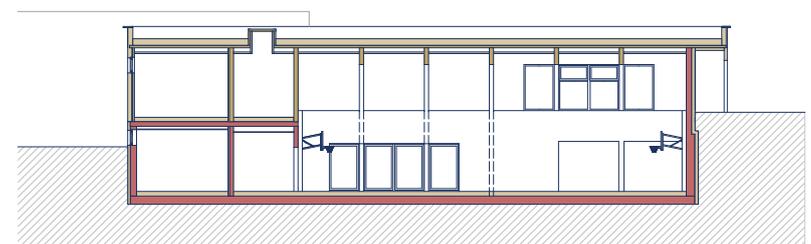


Abbildung 4: Schnitt Turnsaal

Die Wahl der Bauweise und ihre Auswirkungen

Eine vergleichende Betrachtung hinsichtlich der CO₂-Emissionen

In einem weiteren Schritt der Bilanzierungen soll aufgezeigt werden, wie sich die Ökobilanz verändern würde, wenn eine andere Bauweise bzw. der Abbruch des Bestands zur Ausführung gekommen wäre.

Dazu werden 3 Szenarien angenommen, die hinsichtlich der Bauweise (mineralisch oder regenerativ) miteinander verglichen werden. Im Fokus stehen erneut, wie in der vorherigen Darstellung, die maßgebenden Bauteile.

Zur Vereinfachung wird außerdem nur das Bestandsgebäude und der Zubau Ost, der die größte BGF aufweist, betrachtet.

- 1) Im ersten Szenario, das der tatsächlichen Ausführung entspricht, wird der Bestand so weit wie möglich erhalten und der Zubau weitestgehend in regenerativer Bauweise errichtet (tatsächliche Ausführung)
- 2) Im Gegensatz dazu wird in Szenario 2 angenommen, dass der Zubau in einer mineralischen Bauweise umgesetzt wird.
- 3) Im letzten Szenario wird ein vollständiger Abbruch des gesamten bestehenden Gebäudes und die Neuerrichtung inklusive des Zubaus angedacht.

Szenario 1

Wie bereits erwähnt kann durch den hohen Holzanteil mehr CO₂ gebunden als produziert werden, weshalb es sich in der Gesamtbilanz um ein CO₂-negatives Gebäude handelt.

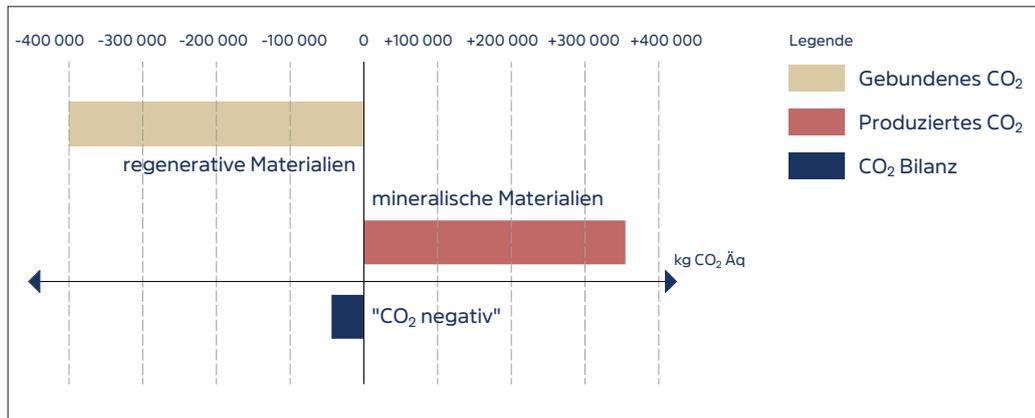


Abbildung 5: Szenario 1

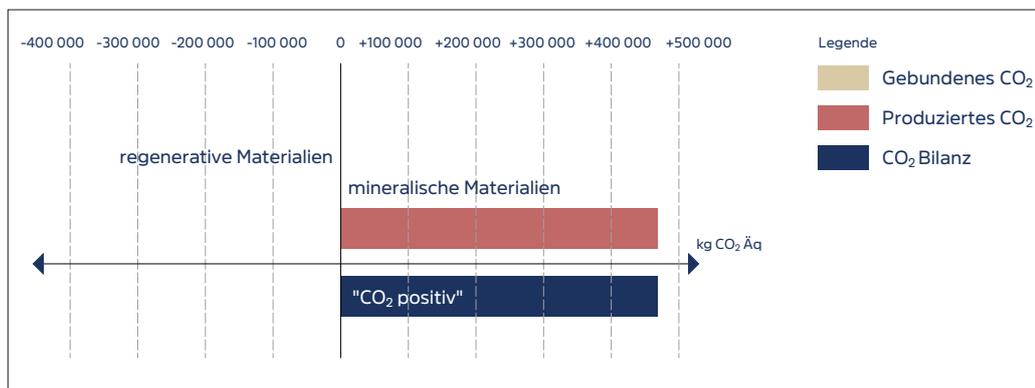


Abbildung 6: Szenario 2

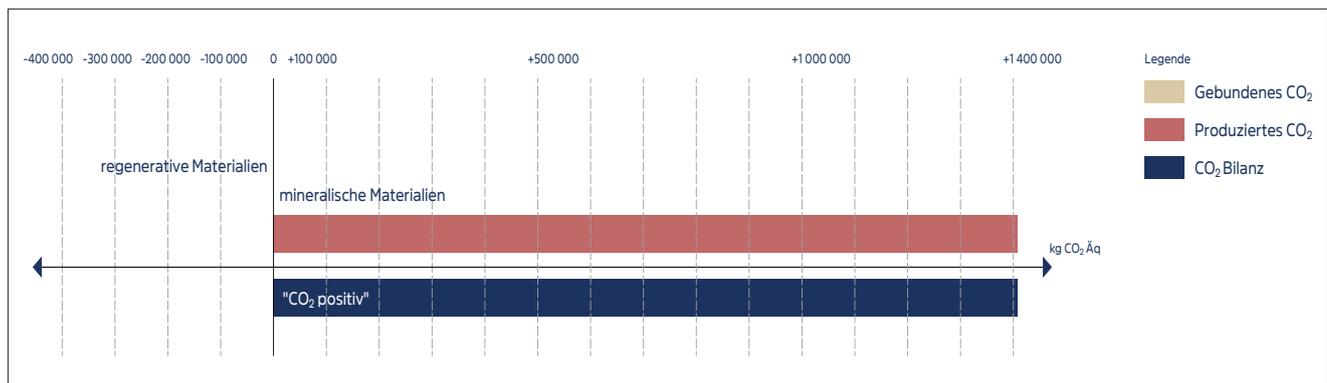


Abbildung 7: Szenario 3

Szenario 2

Geht man nun davon aus, dass der Anteil an verbauten Holzelementen, in diesem Fall in etwa 600m³, vollständig durch Beton ersetzt wird, würde sich die Bilanz folgendermaßen verändern. Der CO₂ bindende Anteil, des Holzbaus entfällt vollständig, wodurch ausschließlich CO₂ produziert wird. In der Gesamtbilanz steigt demnach der Anteil des produzierten CO₂ im Vergleich zu Szenario 1 gravierend an.

Szenario 3

Das Szenario 3 mit Abbruch und Neubau ist eine der gängigsten Maßnahmen, die in der heutigen Zeit zur Umsetzung kommen und hat enormen Einfluss auf die globalen CO₂-Emissionen. Dies kann deutlich anhand der Gesamtbilanz gezeigt werden. Im Vergleich zu Szenario 2, indem der Bestand erhalten und saniert wird, würde sich der CO₂-Ausstoß nahezu verdreifachen.

Diese Gegenüberstellung soll darauf aufmerksam machen, dass nur ein weitgehender Erhalt des Bestehenden und eine Erweiterung in regenerativer Bauweise dazu beitragen kann, heutige Klimaziele zu erreichen.

Es muss ein erhöhtes Augenmerk auf die Wahl der Bauweise und der Materialien gelegt werden.

Ganzheitliche Nachhaltigkeit

Standort

Der Respekt vor dem Bestehenden und gegenüber dem Material spiegelt sich nicht nur in der Reduktion der CO₂-Emissionen wider, sondern auch in vielen Aspekten der Nachhaltigkeit.

Durch den Erhalt und die Erweiterung der Schule, die sich, seit mehreren Generationen im Ort befindet, wird gewährleistet, dass diese langfristig am Standort bleibt und weiterhin ein zentraler Dreh- und Angelpunkt für die Gemeinde sein kann.

Durch die zusätzlichen Räumlichkeiten, die auch außerhalb des Schulbetriebs genutzt und bespielt werden sollen, wird für zusätzliche Qualität am Standort gesorgt.

Vor Ort bleiben können auch die Schüler:innen während der gesamten Bauphase. Durch den Respekt vor dem laufenden Schulbetrieb wurde der Ablauf in Phasen getaktet, sodass keine Zwischenlösung, wie z.B. ein temporärer Schulcontainer, erforderlich war. Maßnahmen im Bestandsgebäude erfolgen zu Ferienzeiten. Alle anderen Zubauten können während der Schulzeit umgesetzt werden.

Insbesondere durch die Möglichkeit der Vorfertigung wird die Lärmbelastung verstärkt reduziert.

Baustoffe und Konstruktion

Die Möglichkeit der Vorfertigung, ein reduzierter Materialeinsatz, trockene und wiedererlegbare Aufbauten sind das Ergebnis einer intelligenten und gut durchdachten Ergänzung und sind neben dem Erhalt des Bestehenden wichtige Parameter, um die CO₂-Emissionen radikal zu reduzieren.

Komfort und Gesundheit

Durch die sichtbaren Holzelemente, die sich in allen Zubauten durchziehen, wird Nachhaltigkeit sowohl für Schüler:innen als auch Lehrende spürbar. Insbesondere die Wahrnehmung von Geruch, Haptik und Optik des Holzes tragen zu qualitativen und komfortablen Räumen bei.

Conclusio

Reuse- Reduce- Recycle - Mit dem Respekt zum Bestehenden und der Verantwortung gegenüber zukünftigen Generationen. Das Bestehende weiternutzen, ein reduzierter Materialverbrauch und die Kreislauffähigkeit des verbauten Materials anstreben. Das ist unsere Antwort auf den Umgang mit Ressourcen!

#Verantwortung gegenüber zukünftigen Generationen #Nachhaltigkeit ganzheitlich denken #Respekt vor dem Bestehenden

Das Projekt wurde geplant und umgesetzt von MAGK Architekten und Illiz Architektur.

Haegi Wendls – Raum und Materialien weiter denken

Haegi Wendls – Rethinking Space and Materials

Ulrike Schwantner, *BASEhabitat, Kunstuniversität Linz*

The way we plan and build not only shapes our settlements and living spaces, but also the lives of future generations. Which spaces can we claim and share as individuals? Which resources do we use and how will we obtain them in the future as raw materials become increasingly scarce? Construction and existing buildings are responsible for more than a third of global CO₂ emissions and energy consumption; short life cycles and enormous waste production exacerbate the situation. Change is required, and projects with a focus on reusing spaces and materials, rather than consuming ever more land and other resources, can serve as valuable examples of a new approach in the building sector.

Hägi Wendls is an extraordinary story of the conversion of a small farmstead in Vorarlberg, Austria, dating back to 1458. The building, named after its original owner, was transformed into a family home and a cultural venue for the region where gatherings, readings and concerts can take place. Most of the existing building fabric was preserved and sensitively complemented. Only natural building materials were used for the conversion, and as many parts as possible were reused from the existing structure.

The project is an example of how a group of pioneers in the field of sustainable construction joined forces and took action. It is a co-creation and construction-site experiment where university, craftsmen, architects, experts, house owners and students cooperated, bridging gaps between disciplines and areas of expertise. The project is based on a shared vision of sustainability that gives value to an existing building, to its structures and memories, but at the same time demands high-quality design new approaches on natural building materials to create a liveable atmosphere. Had it not been for this commitment, the old building would have been torn down and replaced by a new one, most likely using conventional materials like concrete and petroleum-based products.

Challenges in Today's Architecture

Climate change, and related social and economic problems, probably constitutes the peak of the current ecological challenge. The negative consequences are becoming more and more evident around the globe. Construction activities and existing buildings are main contributors to this fatal change of the climate. At 38 %, the major share of global CO₂ emissions can be traced back to buildings and construction and this share has been rising significantly over the last years. Ten percent of emissions alone are due to the industrial production of building materials such as cement, steel, and glass, with cement holding by far the highest share.¹

More than 40 % of all resources extracted on our planet are used for housing, construction, and infrastructure. At the same time an enormous amount of waste is caused by this sector.

Construction and demolition hold a share of 25–30 % of the total waste in the EU, including a wide range of valuable materials like concrete, bricks, glass, tiles, gypsum, wood, plastic, and excavated soil.² We build resource-intensively on the one hand and produce waste on the other.

Another critical aspect related to construction activity is the consumption and sealing of land. In fact, Austria is on top in the EU in terms of consumed land per capita. Urban sprawl induces traffic which, in turn, leads to increased CO₂ emissions. An increase in sealed soil surfaces through the building of new developments and roads has a negative impact on food security, water storage capacity and heat generation. Thus, we should not only rethink the materials we use, but also the space we build on. The best house is the one that is not built.³

Circularity of Building Materials

An important strategy to tackle these global challenges is to consider the building and its components in a circular way, so that valuable raw materials do not end up as waste after a short period of use (Image 1). Basically, the consumption of new and finite materials has to be reduced, avoiding unnecessary demand through the renovation and preservation of existing buildings and by reusing their materials and components.

The material cycle starts with the acquisition of resources (extraction). There are alternatives to mining and extractive processes, like bio-based materials or recycled secondary resources. Reusing components from existing buildings is another important source that requires probably more logistics but has to be a future strategy. Our existing settlements should be considered an important and growing raw material storage, especially as we are running out of natural resources.

The energy needed for transforming raw materials into building materials (preparation) should be considered as well as the distances that have to be covered until the materials end up on the construction site (distribution). When it comes to construction, the design plays an important role. We must improve our skills in applying materials according to their properties, and consider aspects such as thermal mass, regulation of humidity, natural light and ventilation. Our buildings should be designed in such a way that they can do without external cooling and heating as far as possible. Importantly, a large amount of waste is already generated during the construction process.

Furthermore, the period of use of the building materials should be extended. This can be achieved if the designs allow for the flexible use of spaces, for example, flats that can be enlarged, repurposed, or divided according to need, and thus vacancies are avoided (adaptation and sharing space). Another important aspect is to design buildings and building elements in a way that maintenance or renovation is easily possible. All this has a crucial influence on the extension of a building's lifecycle. At the

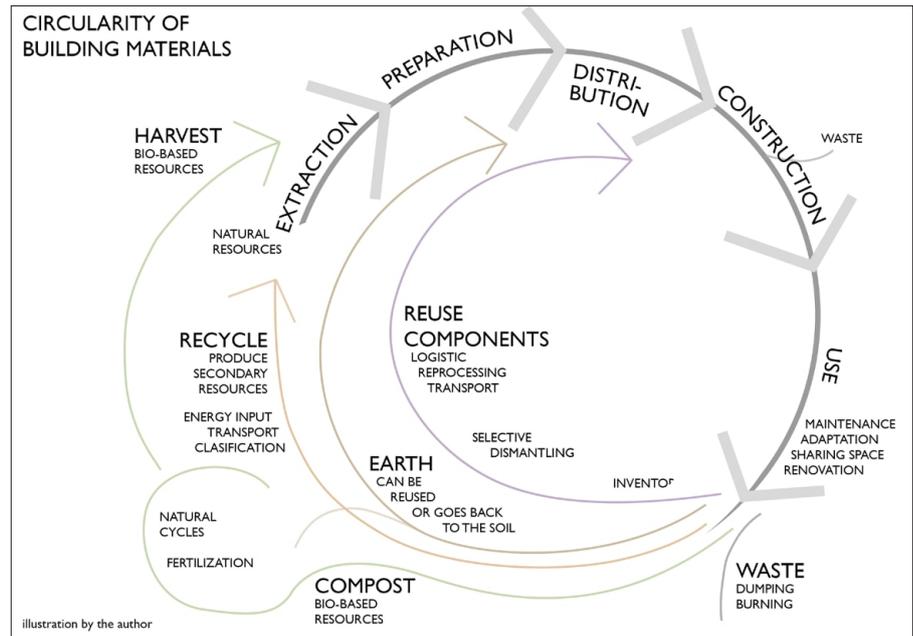


Image1: Circularity of Building Materials, 2022
©Ulrike Schwantner

end of the use, dumping and burning materials should be avoided as far as possible.

Reuse, Bio-based Materials and Earth – Supporting the Resilience of the Building Sector

Reuse of building components in new buildings is a promising approach. Reuse should not be understood as a selective refitting of single items, but must be made possible on large scale. For it to work efficiently, components must be developed that are already designed to be reused, standardised, dismantlable, and catalogued. In this way, the current effort-intensive process of reusing building materials could be routinised.

Bio-based resources offer considerable potential for the building sector. In addition to well-known materials such as timber and bamboo, these include a whole range of plant fibres like straw, hemp, reed, rice husks, algae, or fungal mycelium. Most bio-based materials sequester CO₂ emissions while growing and store it while they are in use as a building material. At the end of the life-cycle they can be composted and help to regenerate soils. Bio-based materials of particular interest are those which are agricultural by-products, so there is no competition for land that could otherwise be used for agricultural food production. Hemp, for instance, can even fertilize soil while growing.⁴

Earth is another building material of particular interest in addressing climate change and resource depletion. It is an affordable building material that can be found almost everywhere in the world, it is CO₂ neutral as it can be dissolved after use, taken back to earth, and reused again and again. In most construction sites in Central Europe, the excavated material contains clay, which could be used directly or with little processing as a building material.⁵ There are very many different earth building techniques that go back to old building traditions, but which have made the leap into the present thanks to dedicated researchers and pioneers. Martin Rauch was the first to enable new dimensions with the industrial prefabrication of rammed earth elements and to build impressive buildings such as the Ricola Herb

Centre (CH)⁶ or Alnatura Campus (DE). Rammed earth can serve as a load-bearing construction; light earth in combination with fibers reaches better insulation values. In addition to clay plasters and earth floors, many new prefabricated earth elements are being developed and research is done on new techniques like poured earth and 3D printing.

Earth and bio-based materials have amazing properties. They provide a particularly comfortable indoor climate, are breathable, balance moisture and, above all, are versatile in their combination. Furthermore, earth is a material that easily allows for repairs. Despite the multi-faceted benefits, it still often associated with old-fashioned aesthetics and poor quality. BASEhabitat shows with its Travel Guide Earthen Architecture in Central Europe that earth is an appropriate building material that is compatible with contemporary design.

The transition to circularity can only succeed if different stakeholders are involved in developing and testing new solutions; product developers and retailers, craftsmen, architects, clients, and public entities that support these processes.

1 United Nations Environment Programme (2020). 2020 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. Nairobi: United Nations Environment Programme. Available online at: https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020%20Buildings%20GSR_FULL%20REPORT.pdf. p.20.

2 Ibid. p.48.

3 Fitz, A., Mayr, K., Ritter, K. and Architekturzentrum Wien eds. (2020). Boden für alle. Zürich: Park Books, p.139–142.

4 United Nations Environment Programme (2020). 2020 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. Nairobi: United Nations Environment Programme. p.53.

5 Minke, G. (2017). Handbuch Lehm: Baustoffkunde, Techniken, Lehmarchitektur. Stauf bei Freiburg: Ökobuch Verlag GmbH. p.11.

6 Sauer, M. and Kapfinger, O. (2015). Martin Rauch: Refined Earth: Construction & Design with Rammed Earth. Munich: DETAIL. p.118

7 BASEhabitat ed. (2016). Earthen Architecture in Central Europe, Travel Guide. Linz: BASEhabitat.

The story of Hägi Wendls

"A house has a history and future. While we are still discovering the past, finding wooden beams from the Middle Ages, we are, at the same time, designing the future of the house, without knowing where exactly it is going to take us. We are part of the story." (Silvia Keckeis and Johannes Lampert, owner of Hägi Wendls)

The existing historical building was mainly made of wood and some stone walls, consisting of crooked small rooms in the living area and a working area with stable and barn. Over the years it has been used by many different people with different professions – up to 14 people lived there at the same time. The current owners of Hägi Wendls have a close relationship to the house and its past. Demolition and new construction, which would have been the more common approach, was out of the question for them. They wanted to renovate the building sensitively. At the same time, it was important to them to create an open house as a meeting place for cultural activities and people of the community. This is how the vision of combining living in Hägi Wendls with an open cultural centre came about.

According to the conversion plans the exterior and volume of the building was to remain the same, only the roof was to be raised slightly to achieve better room heights. A large window was added in the living room. Since the existing building was made of wood, the construction continued with wood, supplemented with earth and lime as well as various fibres – all raw materials from the region.

Preserving an old structure implies many uncertainties and unpredictable challenges, therefore teamwork is crucial. In May 2020 the idea came up to carry out the conversion through a cooperation between the owner, the architects, experts in earth construction, innovative carpenters, and BASEhabitat, with other professionals like a structural engineer, a wood expert, and various craftsmen joining the team. Many things had to be thought through, planned, and rethought, and the goal of a construction site without waste, using only sustainable materials as far as possible, took shape.

The possibility of implementing the project together with engaged students was particularly interesting and space was provided for experimenting and mutual learning. In October 2020 the construction site experiment began, until 2021 three groups of students worked on site, in three-months construction traineeships and a summer school under the guidance of BASEhabitat construction site managers.

The Conversion in Detail

Shortly after the beginning of construction it became clear that it was necessary to stabilise the foundation, a large part of the existing building had to be stripped down to its core construction and reinforced (Image 2). Load-bearing wooden structures had to be protected against rising humidity. The structure was raised at certain points and concrete foundations were poured, single posts and beams were removed and replaced with new ones (Image 2). Wooden walls and floors that had to be removed were restored where possible and later re-installed in other places (Image 4).

The new basic interior construction was wood frame infilled with light-loam. The mix of wooden chips and liquid earth, which provides both an insulating layer and thermal mass, was filled into a lost wooden formwork (Image 2). Two different techniques have been tried out, prefabricated wood-earth blocks, and a liquid mix filled directly into the formwork. Both materials, wooden chips and earth, were easily available as a waste material of a sawmill and rest material from a gravel plant. The insulation value of light-loam depends on the ratio of earth to fibre, the material can also absorb noise and is fire-protecting. The external walls were built in the same way, and the original outer surface was preserved. By using the light-loam infill and a second wooden wall on the inside, it was possible to level out the sloping outer walls. The energy pass, that has been issued for the building, shows very good values.



Image 2: Reinforcement of the Structure
© Martin Schachenhofer



Image 3: Building Techniques ©1_BASEhabitat 2_Silvia Keckeis 3_Bence Szalai

A rammed earth floor was placed in the main room of the living area (Image 3/1). These kinds of floors are very common in vernacular architecture around the world. By modifying the construction, more resistant floors can be created that have a strong, long-lasting, and impermeable surface.⁸ The floor was placed on a wooden substructure with a fill of capillary-breaking foam-glass, gravel and clay powder. It includes an underfloor heating system, but otherwise does not consist of anything other, than a compressed mix of earth and stones, polished and sealed with a natural wax. A trass-lime floor was installed in the public area of the building – this is similar to rammed earth but more resistant for intensive use. On the upper floor, a lighter construction was required, so an earth-perlite infill and earth slabs with integrated heating pipes were applied under the restored old wooden boards.

The whole house was plastered with clay, basically applied on top of reed mats. To increase the resistance, the first rough plaster was mixed with straw and cow dung, that naturally contains the right mix of ammonia and casein.⁹ For the finishing plaster in wet areas, different additives were tested like linseed oil, carnauba wax or natural soap, improving the water-resistance of the surface. Some walls were covered with original wooden boards.

Old wooden windows and doors were restored and put in place again. The traditional façade of wooden shingles was restored with new ones (Image 3/2). The roof covering was not changed. The original roof tiles were cleaned and reused, and some replacement tiles were bought second-hand. The students exper-

imented with discarded roof tiles, designing a bar for the cultural venue (Image 3/3).

In July 2022, the conversion was finished, and the cultural centre was inaugurated with the premiere of a documentary film of the whole building process. Entering Hägi Wendls, one can feel the special combination of old and new building elements. A light steel staircase with old wooden steps leads the visitors to the event room on the first floor in the former hayloft. The living area on the opposite side convinces with its open design and natural lighting. The materials used have a special haptic and create a particular atmosphere (Image 4). Hägi Wendls already attracts curious visitors who are astonished by the pioneering project, which, furthermore, has encouraged other house owners to use earth and bio-based materials.

Towards a Sustainable Future

Coming back to the question of how to organize our built environment in a more sustainable way and which space and building materials to use, Hägi Wendls is an extraordinary, visionary project. It is crucial to understand architecture as a process that involves many players, and therefore recognise the need for and

8 Sauer, M. and Kapfinger, O. (2015). Martin Rauch: Refined Earth: Construction & Design with Rammed Earth. Munich: DETAIL. p.51.

9 Minke, G. (2017). Handbuch Lehm- und Ziegelbau: Baustoffkunde, Techniken, Lehmarchitektur. Staufen bei Freiburg: Ökobuch Verlag GmbH. p.43.



Image 4: Old and New © 1_Silvia Keckeis
2-3_Bence Szalai

opportunity presented by co-operation, from sketching first ideas to the search for sustainable building materials until implementation. At Hägi Wendls the owners were open to adapting their ideas to the options the building was giving them, planners and craftsmen were joining their expertise in using earth and bio-based materials and the cooperation with the university added further know-how and research base to the project. Creating buildings in a circular way, means giving the next generation the chance to re-use the buildings according to their future needs. Facing the burning global challenges caused by the construction sector, it is not about doing some small changes here and there, but radically re-thinking the way we plan and build including our approach to architecture. Projects like Hägi Wendls are an important starting point.

About BASEhabitat

As a studio of the Department of Architecture at the University of Art and Design Linz, BASEhabitat is part of a growing community of organisations which work intensively on the global challenges connected to the built environment and is member of the UNESCO Chair Earthen Architecture. BASEhabitat focuses on providing young architects with the means to implement more sustainable and socially responsible design, planning, and construction processes. Studying at BASEhabitat includes intensive hands-on experience with sustainable building materials.

Further information on the Hägi Wendls project:

www.basehabitat.org/en/projects/haegi-wendls
https://youtu.be/7CvFD472_b8

Leuchtturm für nachhaltige Architektur: Neuer Campus im Krankenhaus der Barmherzigen Schwestern Ried

Lighthouse Project of Sustainable Architecture: New Campus of the Hospital of the Sisters of Charity Ried.

Tobias Ziegelmeier, *DELTA Gruppe*

Abstract

Good planning requires not only modern design, flexibility in use and functionality, but also quality building materials. Wood is one of these building materials because it promotes both the sustainability and longevity of our buildings and surroundings and the well-being of the people who spend most of their time inside of them. The question is how wood can be used more frequently and optimally in the future to promote sustainable buildings and show the successful use of natural materials.

The path from design to the finished project is also fundamentally different with wood than with traditional concrete buildings. It is important to involve the executing timber construction company in the project at an early stage to overcome challenges: prefabricated timber components must be transported and installed "just in time", the weather plays a greater role, and the right partner companies with timber expertise are currently still rare. On the other hand, the work is faster, more efficient, and more sustainable and regional than with conventional buildings.

With the education building project for the FH Campus in Ried, DELTA shows how timber construction can be efficiently implemented and ensure energy efficiency in operation. To reduce CO₂ emissions in the construction industry, a new form of architecture and project management must make an entrance because they are here to stay. In the FH Campus Ried project, DELTA implemented a ventilation system only in reduced premises, a built-in energy monitoring system, a district heating connection to the nearby hospital and more to ensure energy efficiency.

Keywords: Timber construction, architecture, sustainability, refurbishment

Ausgangssituation

Der neue Campus im Krankenhaus der Barmherzigen Schwestern Ried mit Platz für rund 220 Schüler:innen und Studierende ging im September 2022 in Betrieb. Das Gebäude beinhaltet auf einer Bruttogeschossfläche von 7.500m² eine Fachhochschule und eine Krankenpflegeschule, moderne Büroräumlichkeiten für die Verwaltung sowie mehrere Werkstätten. Der neue Campus und der Schulbereich Vinzentinum bieten Platz für eine moderne pflegerische Ausbildungsstätte.

Im Rahmen des Bauvorhabens wurde ein Neubau an das bestehende Gebäude angeschlossen. Dabei war die Erhaltung des Patient:innengartens zentral und auch der Bestandskeller musste berücksichtigt werden. Die Architektur stammt von DELTA und

stellt das Thema Holz in den Mittelpunkt aller Überlegungen. DELTAs Architekturteam hat das Projekt von der ersten Machbarkeitsstudie bis zur finalen Übergabe betreut.

Warum Holzbau

Der neue Campus in Ried ist der erste Holzbau in ganz Oberösterreich, der mit Baubuche umgesetzt wurde. Als regionaler und nachhaltiger Rohstoff bietet Baubuche vielfältige Einsatzmöglichkeiten und ist sowohl für kleinste Bauteile als auch große Spannweiten geeignet. Eine Tonspachtelung sowie die Anwendung von nachhaltigen Materialien sorgen für Langlebigkeit und Schadstofffreiheit in den Räumlichkeiten.

Durch den hohen Vorfertigungsgrad der Holzbaufertigteile konnte die erforderliche Haustechnik reduziert werden und auch die Bauzeit verkürzt werden. Eine Photovoltaikanlage auf dem Dach, die Holzriegelbauweise mit Baubuchentragsystem und eine Brettsperrholzdecke sowie hochwertige Holzalufenster sparen Energie und sorgen für Komfort. Das Lernen und Arbeiten in den lichtdurchfluteten Räumen im gesamten Gebäude fällt leicht.





Die Entscheidung, einen Bildungsbau in Holz umzusetzen, muss aus Überzeugung entstehen und von allen Beteiligten mitgetragen werden, denn: In jeder Bauphase gelten spezielle Regeln bezüglich Planung, Vorfabrikation, Lieferung und Montage. Die Arbeit macht sich allerdings bereits in der Optik bezahlt: Holz-sichtflächen, die Holzoptik der Fassade sowie Holzalufenster sind am neuen Campus ein echter Blickfang.

Die Behaglichkeit durch den angenehmen und natürlichen Bau-stoff in Einklang mit der Natur ist in der Nutzung ein zusätzlicher Bonus. Die Raumluftqualität ist „riechbar“ besser. Eine sichtbare Tragkonstruktion mit Stützen und Trägern aus Baubuche runden die wohlige Atmosphäre ab.

Nachhaltigkeit & Technische Umsetzung

Die Kühlung und Lüftung kommt ausschließlich in den Hörsälen und Besprechungsräumen zum Einsatz. Zur Reduzierung der Betriebskosten wurden erhöhte Dämmstärken ausgeführt und mittels CO₂-Fühler wird den Nutzer:innen signalisiert, wann die Fenster in ihren Büros manuell zu öffnen sind.

Für die Effizienz im Betrieb wurde ein Energiemonitoring-System eingebaut, das ab der Eröffnung genutzt wird. Der Fernwärme-anschluss sorgt für eine perfekte Synergie mit dem dazugehörigen Krankenhaus. Zum ökologischen Konzept gehört außerdem eine automatische Jalousiesteuerung nach Sonnenstand auf der Südseite des Gebäudes sowie eine Retentionsanlage zur Drosselung des Regenwassers.

Bei der Wahl der ausführenden Firmen wurde auf Regionalität geachtet; dadurch waren kurze Wege und eine ressourcenschonende Baustellenlogistik gewährleistet. Der Holzbau als Hybridlösung vereint Ästhetik, Funktionalität und Nachhaltigkeit am neuen Campus auf optimale Weise.

Key Learnings

Nachhaltigkeit bedeutet auch, bestehende Objekte möglichst ressourcenschonend zu behandeln. Wertvolle Bauteile, Materialien und bestehende Strukturen können und müssen effizienter genutzt werden. Zentral ist auch die Erhaltung bestehender Grünflächen für das Klima in der Umgebung, wie im Fall des FH Campus der Patient:innengarten. Die Bedeutung der Sanierung darf aufgrund von Themen wie Bodenversiegelung und Ressourceneinsparung nicht außer Acht gelassen werden. In Zukunft wird viel Potenzial darin liegen, nicht mehr neu zu bauen, sondern mit dem Bestand zu arbeiten.

Den bestehenden Keller und die umliegenden Gebäude anzuschließen sowie einen Bauplatz im Krankenhaus im laufenden Betrieb zu betreuen, waren die größten Herausforderungen im Projekt, führten allerdings zum gewünschten und nachhaltigen Ergebnis.

Eine konstruktive und vertrauensvolle Zusammenarbeit ist bei Projekten grundsätzlich nicht zu unterschätzen, aber besonders bei neuen Prozessen für nachhaltigere Projekte extrem wichtig. DELTA kooperiert mit dem Krankenhaus der Barmherzigen Schwestern in Ried nun schon seit mehr als 20 Jahren. Die nachhaltigen planerischen Lösungen des Architekturteams wurden daher gefördert und umgesetzt.

Ein großer Faktor bei nachhaltigen Projekten und Bauen mit Holz sind natürlich immer die Kosten. Der Holzbau war aufgrund der vorhandenen Unterkellerung und des geringeren Gewichts im Vergleich zu einem konventionellen Betonbau sehr attraktiv in Bezug auf die Kosten. Die Nachhaltigkeitsstrategie und die daraus resultierenden Maßnahmen wurden von Anfang an eingeplant und berücksichtigt und nicht im Nachhinein als Streichposten ersetzt - schließlich sind es genau diese Maßnahmen, die letztlich viel an Energie- und Betriebskosten einsparen.

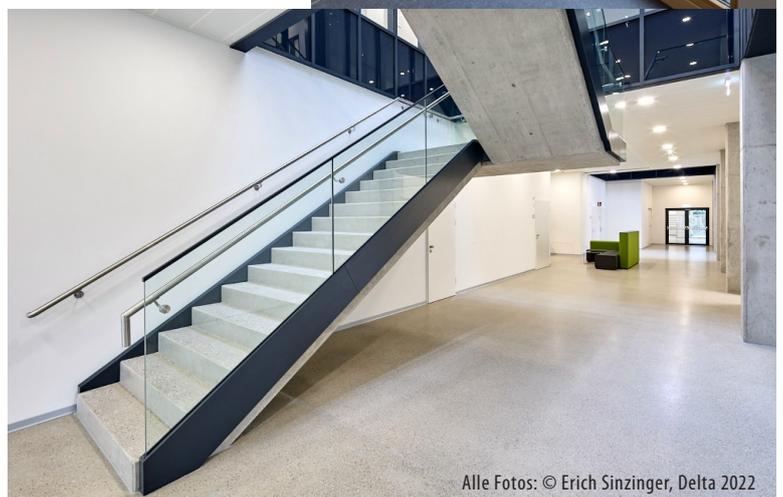
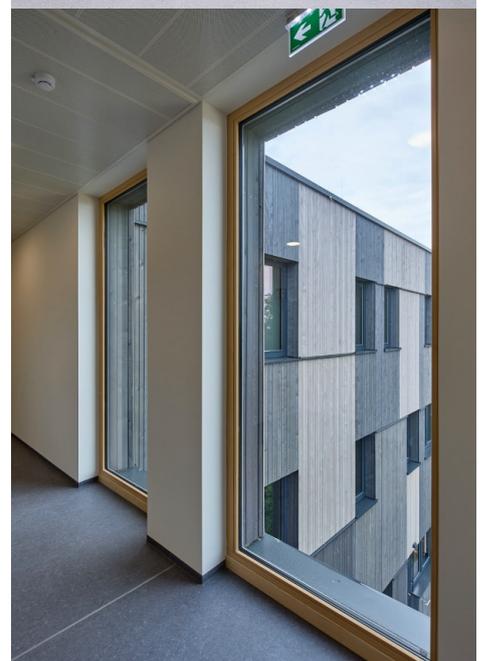
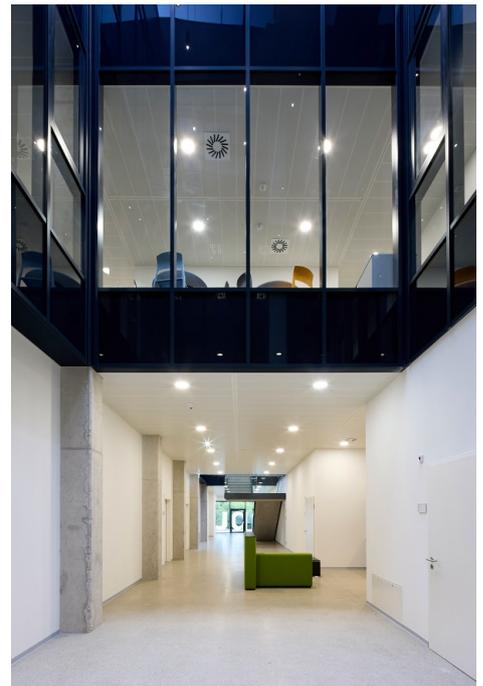
Ergebnisse und Fazit

Das Ziel, einen Platz für eine moderne pflegerische Ausbildungsstätte zu bieten, die gleichzeitig nachhaltig ist, eine angenehme Atmosphäre bietet und einen ressourcenschonenden Betrieb gewährleistet, wurde erreicht. Viele Lernpunkte über nachhaltige Planung, den Umgang mit Holzbauteilen, und eine effiziente Energienutzung haben DELTA und andere Beteiligte in diesem Projekt begleitet und sind wertvoll für zukünftige Bauten dieser Art. Um im Kampf gegen den Klimawandel zu bestehen, muss eine neue Art des Bauens etabliert werden.

Der Campus im Krankenhaus der BHS-Ried ist nicht nur ein Leuchtturmprojekt für Oberösterreich und ein Best-Practice Beispiel für effiziente, regionale und moderne Holzbaulösungen, sondern auch ein Projekt, das den positiven Effekt einer langjährigen vertrauensvollen Zusammenarbeit offenbart.

Facts zum Projekt

- Holzbau mit Baubuche als erstes Projekt in Oberösterreich
- Reduktion der Bauzeit & Haustechnik durch den Vorfertigungsgrad der Holzbauteile
- Lichtdurchflutete Räume bis ins Erdgeschoss sorgen für Komfort
- Eine Lüftungsanlage nur in reduzierten Räumlichkeiten zur Frischluftversorgung
- Feuchteregulierung um Energie- und Betriebskosten in der Zukunft zu sparen



Alle Fotos: © Erich Sinzinger, Delta 2022

Ihr Ansprechpartner für gesunde Raumluf

Ihr Service

- + Luftschadstoffanalyse
- + Schimmelpilzberatung
- + Elektromagnetische Felder
- + Klima- und Lüftungsanlagen
- + Blower-Door
- + Sensorische Geruchsanalyse



Unsere Kompetenz

- + Messungen in ganz Österreich
- + über 20 Jahre Erfahrung
- + Diplomierte TechnikerInnen
- + 400 Messungen/Jahr
- + Kostenfreies Angebot

www.innenraumanalytik.at

Tel 01/983 80 80

Fax 01/983 80 80-15

office@innenraumanalytik.at

ReferentInnen | Speakers

Dominik Abbrederis
Kunstuniversität Linz
Hauptplatz 6
4020 Linz/Österreich
mail: dominik.abbrederis@kunstuni-linz.at

DI(FH) Eva Bacher, MEng
Delta Projektconsult GmbH
Kalkofenstraße 21
4600 Wels/Österreich
mail: e.bacher@delta.at

DI Andrea Dorsch
MAGK Architekten ZT OG
Barichgasse 38/2/2
1030 Wien/Österreich
mail: a.dorsch@magk.at

Harald Engelke
Österreichische Post AG
Rochusplatz 1
1030 Wien/Österreich
mail: harald.engelke@post.at

Maximilian Gruber, MSc
abaton gmbH
Lacknergasse 67
1180 Wien/Österreich
mail: m.gruber@abaton.studio

Mag. Veronika Huemer-Kals
IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH
Alserbachstraße 5/8
1090 Wien/Österreich
mail: veronika.huemer-kals@ibo.at

DI Ana Jugovic
Delta Podsedensek Architekten ZT GmbH
Haidingergasse 2
1030 Wien/Österreich
mail: a.jugovic@delta-pods.at

Dr. Jochen Käferhaus
Käferhaus GmbH
Ybbsstraße 29/1
1020 Wien/Österreich
mail: kaeferhaus@kaeferhaus.at

DI Dr. Bente Knoll
B-NK GmbH Büro für nachhaltige Kompetenz
Diepoldplatz 6/18
1170 Wien/Österreich
mail: bente.knoll@b-nk.at

DI Christina Leitner
MAGK Architekten ZT OG
Barichgasse 38/2/2
1030 Wien/Österreich
mail: c.leitner@magk.at

DI Dr. Bernhard Lipp
IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH
Alserbachstraße 5/8
1090 Wien/Österreich
mail: bernhard.lipp@ibo.at

Martina Majcen
AEE - Institut für Nachhaltige Technologien
Feldgasse 19
8200 Gleisdorf/Österreich
mail: m.majcen@aee.at

Dr. Rainer Mikulits
Österreichisches Institut für Bautechnik
Schenkenstraße 4
1010 Wien/Österreich
mail: mikulits@oib.or.at

DI Dr.techn. Ulrich Pont
TU Wien, Forschungsbereich Bauphysik und Bauökologie
Karlsplatz 13/3
1040 Wien/Österreich
mail: ulrich.pont@tuwien.ac.at

Ronny Rantamäki
City of Helsinki
Kansakoulukatu 3 (POB 70)
00099 Helsinki/Finnland
mail: ronny.rantamaki@hel.fi

Staffan Schartner
omniplan
Fiskargatan 9
116 20 Stockholm/Schweden
mail: staffan.schartner@omniplan.se

Katharina Franziska Schlager, BSc
e7 Energie Markt Analyse GmbH
Walcherstraße 11
1020 Wien/Österreich
mail: katharina.schlager@e-sieben.at

DI Micha Schober, MSc
realitylab GmbH
Ernst-Melchior-Gasse 11/1/G1
1020 Wien/Österreich
mail: ms@realitylab.at

DI Helmut Schöberl
Schöberl & Pöll GmbH
Lassallestraße 2/6-8
1020 Wien/Österreich
mail: helmut.schoeberl@schoeberlpoell.at

DI Ulrike Schwantner
Kunstuniversität Linz
Hauptplatz 6
4020 Linz/Österreich
mail: ulrike.schwantner@kunstuni-linz.at

DI Albert Treytl
Universität für Weiterbildung Krems
Dr. Karl Dorrek Straße 30
3500 Krems an der Donau/Österreich
mail: albert.treytl@donau-uni.ac.at

DI Markus Winkler
Universität für Weiterbildung Krems
Dr. Karl Dorrek Straße 30
3500 Krems an der Donau/Österreich
mail: markus.winkler@donau-uni.ac.at

Mag. Zuzana Zavodsky
Universität für Weiterbildung Krems
Dr. Karl Dorrek Straße 30
3500 Krems an der Donau/Österreich
mail: zuzana.zavodsky@gmx.at

DI Thomas Zelger
Fachhochschule Technikum Wien
Giefinggasse 6
1210 Wien/Österreich
mail: thomas.zelger@technikum-wien.at

Arch. DI Tobias Ziegelmeyer
Delta Projektconsult GmbH
Kalkofenstraße 21
4600 Wels/Österreich
mail: t.ziegelmeyer@delta.at

Weltweit nachhaltig bauen „Made in Austria“

Das ist AUSTRIAN GREEN PLANET BUILDING®

Knowhow und Technologien aus Österreich finden im Bausektor weltweit Anerkennung: Herausragende Architektur, höchste Kompetenzen beim energieeffizienten Bauen, erfahrene Bauunternehmen und Technologie-Lieferanten sichern hochwertige Gebäude.

Der AUSTRIAN GREEN PLANET BUILDING® (AGPB) Award zeichnet genau diese nachhaltigen Gebäude und die daran beteiligten österreichischen Unternehmen aus. AGPB überträgt die Zielsetzungen und Kriterien der nationalen Klimaschutzinitiative klimaaktiv für die Bau- und Immobilienwirtschaft ins internationale Umfeld.

In 13 Ländern wurden bereits Gebäude mit dem AGPB Award ausgezeichnet

Ob norwegische Kaffeerösterei, chinesisches Bürohaus, kasachische Kirche, belgische Bank, estnisches Passivhaus oder Botschaftsgebäude in Thailand: Der AGPB-Award macht sichtbar, dass österreichische Unternehmen im Bereich des nachhaltigen Bauens weltweit erfolgreich sind.



Feierliche Preisverleihung der AGPB Awards 2022 in Wien

v.l.n.r. Patrick Sagmeister (stv. Abteilungsleiter AUSSENWIRTSCHAFT AUSTRIA), Silvio Kus (Gesandter der Botschaft der Republik Kroatien), Eva Prenner, Virginia Rudics, Ursula Reiner und Adrijana Bajric (ATP architekten ingenieure), Michael Haugeneder (ATP sustain), Jürgen Schneider (Leiter der Sektion Klima und Energie im BM für Klimaschutz); © Eva Manhart für AGPB

AGPB lässt Ihren Beitrag zu nachhaltigem Bauen glänzen

AUSTRIAN GREEN PLANET BUILDING® ist mehr als der Award. Die Verbreitung über Social Media, Presseaussendungen und Projektvideos sind nur ein Teil eines gesamten Kommunikationspakets für die ausgezeichneten Gebäude und beteiligten Unternehmen.

Die AGPB-Awards werden gemeinsam vom Bundesministerium für Klimaschutz (BMK) und der Außenwirtschaft Austria (AWA) verliehen. Zusammen bilden diese beiden Dachträger:innen der Marke AGPB eine unschlagbare Basis für den internationalen Einsatz österreichischer Expertise im Bereich nachhaltigen Bauens.

Sie sind international im Bereich des nachhaltigen Bauens tätig? Wir freuen uns auf die Einreichung Ihrer Projekte unter office@agpb.at. Mehr Infos auf [agpb.at](https://www.agpb.at).

Durchblick



Klimaschutz



Wohngesundheit



Nachhaltigkeit

Wollen Ihre Kunden nachhaltig bauen? natureplus®-geprüfte Produkte erfüllen höchste Anforderungen an nachhaltige Rohstoffauswahl, niedrige Emissionen und saubere Herstellung.

**Verwendbar
als Nachweis für**

DIBt, LEED, BNB,
DGNB, BREEAM
und div. Förder-
programme



natureplus.org

natürlich nachhaltig bauen

natureplus e.V.

Internationaler Verein für
zukunftsfähiges Bauen und Wohnen

Hauptstraße 24 | 69151 Neckargemünd
T +49 6223 86 60 170

www.natureplus.org

Jederzeit umfassende und aktuelle Informationen über alle ca. 600 geprüften Produkte (Ökobilanzdaten, Schadstofftests) auf www.natureplus-database.org – kostenlos!