



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und
Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Cleantech

Schlussbericht vom 03 Dezember 2018

NEST

By Empa and Eawag



© Empa 2018

Foto: Zooney Braun, Stuttgart

Datum: 03. Dezember 2018

Ort: Bern

Subventionsgeberin:

Schweizerische Eidgenossenschaft, handelnd durch das
Bundesamt für Energie BFE
Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprogramm
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Subventionsempfänger:

Empa
Überlandstrasse 129, CH-8600/Dübendorf
www.empa.ch

Ansprechperson:

Peter Richner, Empa, peter.richner@empa.ch

Autoren

Empa: Peter Richner, Reto Largo, Enrico Marchesi, Philipp Heer, Stephan Kälin, Björn Niesen
Eawag: Nathalie Hubaux, Carina Doll

BFE-Programmleitung: Yasmine Calisesi, yasmine.calisesi@bfe.admin.ch

BFE-Projektbegleitung: Rolf Moser, moser@enerconom.ch

BFE-Vertragsnummer: SI/501014-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen; Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · contact@bfe.admin.ch · www.bfe.admin.ch



Abstract

The mission of NEST is the promotion of innovation in the building sector in order to meet pending challenges such as decarbonization of the energy system, closing the material cycle or the ever increasing demand of flexible use of space. This can only be achieved in a joint effort by industry, academia and the public sector. NEST has successfully created a platform for all players to collaborate in the upscaling phase of the development of new concepts and solutions. The NEST ecosystem consists of more than 140 partners which actively participate in the development and operation of the units, the energy hub and the water hub. This is a clear prove of the fact that NEST has established its place as a research and innovation accelerator for buildings and energy related products and services. Over 1'000 visitors per month from mostly experts in the field and numerous awards for NEST or NEST units show the importance and relevance of NEST.

While first products, which were installed as prototypes in NEST for the first time, already found their way into the market, the market pull is in other areas still weak. One of the main obstacles is the lacking inclusion of external costs in energy prices. Another important point is the fact that many construction projects are still governed by investments costs rather than by full life cycle costs. However, changes in both areas are ongoing and technically proven solutions will eventually become successful as the boundary conditions change. On the other hand, new concepts such as circular economy or the energy hub approach generate a lot of interest and the implementation in real cases is steadily increasing.

For the future, the role of digitalization will gain even more attention. Presently, the dfab house and machine learning based technologies around the energy hub are already illustrating the potential for substantial innovation based on digitalization. However, much more can be achieved if this approach is applied to the complete life cycle of buildings from the first idea all the way to the demolition. Systemic innovations will be needed in order to capitalize on this opportunities and NEST will keep on playing a pioneering role in this regard.

Inhalt

Abstract	3
1 Ausgangslage, Vision, Mission, Konzept	6
1.1 Ausgangslage	6
1.2 Vision	6
1.3 Mission	6
1.4 Konzept	7
1.4.1 Backbone und Units	7
1.4.2 Querschnittstechnologien	8
1.5 Projektorganisation und Trägerschaft	8
1.6 Innovationsprozess	8
2 Units	10
2.1 Units in Betrieb	10
2.1.1 Meet2Create	10
2.1.2 Vision Wood	14
2.1.3 Solares Fitness & Wellness	17
2.1.4 Urban Mining & Recycling – UMAR	19
2.1.5 SolAce	24
2.2 Units – in Planung oder Ausführung	27
2.2.1 Digitale Fabrikation / DFAB HOUSE	27
2.2.2 HiLo	32
2.3 Units oder Themen – in Ideation	35
2.3.1 Steel House	35
2.3.2 Gastro	36
3 Energy Hub	37
3.1 Ausgangslage	37
3.2 Systemauslegung	37
3.3 Plattform	37
3.4 System	38
3.5 Stand der Arbeiten	38
3.6 Planung und Engineering des Energy-Hub-Konzepts	38
3.6.1 Elektrische Komponenten und Netze	38
3.6.2 Thermische Komponenten und Netze	40
3.7 Regelsystem und Automation der ehub-Plattform	42
3.8 Erweiterungen	42
3.9 Analyse und Betriebsszenarien	43
3.10 Projektübersicht	43
4 Water Hub	45
4.1 Dünger aus Urin	45
4.2 Brauchwasser aus Grauwasser	46
4.3 Energie aus Fäkalien	46
5 Digital Hub	48

6	Kommunikation	50
6.1	Medien.....	50
6.2	Events und Führungen im NEST	50
6.3	Öffentliche Auftritte und Messen.....	51
6.4	Awards	51
7	Ausgewählte Success Stories	52
7.1	UMAR City.....	52
7.2	AI zur Entlastung von Netzen	52
7.3	AI zur Regelung von Gebäudetechnik	52
7.4	Bedruckte PV-Panels	52
7.5	Möbel auf dem Markt	52
7.6	Hohe Nachfrage nach dezentralen Energienetzen.....	53
7.7	Vuna-Dünger in der Landwirtschaft zugelassen	53
7.8	Proof-of-concept mit Startups im Rahmen von Kickstart Accelerator gestartet.....	53

1 Ausgangslage, Vision, Mission, Konzept

1.1 Ausgangslage

Im Bau- und Energiebereich ist es anspruchsvoll, innovative Technologien und Produkte auf den Markt zu bringen. Tiefe Energiepreise, lange Investitionszeiten und administrativer Aufwand hemmen die Risikobereitschaft der Unternehmen in diesen Branchen in der Schweiz. Heute besteht oft eine grosse Lücke zwischen Technologien, die im Labor funktionieren, und dem Markt, der zuverlässige, ausgereifte und kosteneffiziente Produkte verlangt.

Die Marktteilnehmer wollen die neuen Technologien in realen Umgebungen zuerst im erfolgreichen Einsatz sehen bevor diese in neuen Projekten eingesetzt werden können.

1.2 Vision

Die Vision von NEST ist es, innovative Bautechnologien verstärkt zu fördern, um den Durchbruch nachhaltiger und bezahlbarer Bauten zu ermöglichen, die einen hohen Benutzerkomfort leisten und die gleichzeitig

- einen minimalen Energiebedarf ausweisen,
- kaum Treibhausgase verursachen und den ökologischen Fussabdruck reduzieren,
- sparsam mit Wasser umgehen.

NEST beschleunigt den Markteintritt nachhaltiger Technologien, Systeme und Prozesse im Gebäudebereich.

1.3 Mission

NEST ist ein Forschungs- und Innovations-Ökosystem von Partnern aus Forschung, Wirtschaft und der öffentlichen Hand.

NEST ist ein attraktiver Ort für die Marktteilnehmer, die sich über neue Lösungen informieren wollen.

NEST stellt eine Nutzumgebung zur Verfügung, die es erlaubt, grössere Risiken zu nehmen. NEST überbrückt die Lücke zwischen Forschungslabor und Markt

NEST ist ein «Living Lab» für die Erforschung und Entwicklung von neuen Materialien, Technologien und Produkten, Energiekonzepten sowie Nutzungskonzepten im Baubereich. Im Sinne dieses «Living Lab» sind die installierten Technologien keine abgeschotteten Laborumgebungen, sondern werden in real genutzte Wohn- und Arbeitsumgebungen eingesetzt.

Mit diesem Konzept macht NEST die Zusammenarbeit zwischen Forschung, Industrie und dem öffentlichen Sektor einfacher und effektiver. Die unternehmerischen Risiken werden gesenkt und die Innovationen kommen schneller im Markt an.

1.4 Konzept

1.4.1 Backbone und Units

NEST ist ein infrastrukturelles Forschungsgebäude, welches die Durchführung bautechnologischer Experimente ermöglicht und gleichzeitig als Gästehaus dient, in dem Besucher, Forscher und Wirtschaftspartner untergebracht werden können.

Das Gebäude gliedert sich in zwei Teile: Zum einen der permanente Teil (Backbone) und zum anderen die austauschbaren Gebäudeteile (Units), in denen Forschungsprojekte durchgeführt werden. Diese Units sollen in regelmässigen Zyklen zurückgebaut und durch neue ersetzt werden.



Der leere Backbone von NEST. Foto: Roman Keller

Der Backbone ist als vertikale Stapelung von Bauparzellen konzipiert. Das Bauwerk stellt drei 500-700 m² grosse, frei auskragende Flächen zur Verfügung, auf denen jeweils bis zu fünf voneinander unabhängige Parzellen definiert werden können. Die ersten beiden Geschosse erlauben einen eingeschossigen Ausbau mit Elementen. Die Plattform im dritten Obergeschoss ist so ausgelegt, dass komplette zwei- oder dreigeschossige Leichtbau-Module erstellt werden können.

Die Erschliessung erfolgt über zwei Treppenkerne und ein zentrales Atrium mit einer spiralförmigen Promenade, welche drei Gemeinschaftsräume in den Obergeschossen erschliesst, als Verknüpfung der Allgemeinflächen mit den Experimentflächen dient und Begegnungsraum für die Bewohner ist.

Im Erdgeschoss befinden sich der Empfang der Empa mit Foyer- und Ausstellungsflächen sowie zwei Sitzungszimmer.

Im Untergeschoss befinden sich Räume für den Energy Hub und den Water Hub, mit denen neue Konzepte für den Umgang mit Energie und Wasser auf Quartierstufe untersucht werden. Ein wesentlicher konzeptioneller Bestandteil des Entwurfes sind die grosszügig ausgelegten Schächte zur vertikalen und horizontalen Medienserschliessung. Diese führen die Medien (Frischwasser, Abwasser, Luft,

Strom, usw.) zu den Parzellen und von diesen wieder weg. Sie bieten zudem Platz für eine unkomplizierte Nachrüstung mit zukünftig benötigten Medienleitungen.

1.4.2 Querschnittstechnologien

Verschiedene Querschnittstechnologien kommen im NEST-Gebäude zum Einsatz:

- Dezentrales Energienetz, inkl. intelligenter Gebäudesteuerung (siehe Kapitel 5)
- Urbanes Wasser- und Abwassermanagement (siehe Kapitel 6)
- Integration der Mobilität (siehe dazu den separaten Demonstrator «move», <https://move.empa.ch>)

1.5 Projektorganisation und Trägerschaft

Oberstes Führungsgremium ist die Direktion der Empa, die das Projekt treuhänderisch für alle Beteiligten führt.

Hauptpartner in der Trägerschaft ist die Eawag, das Schwesterinstitut der Empa, welches sich mit den Themen Wasser, Abwasser und Wasserreinigung befasst.

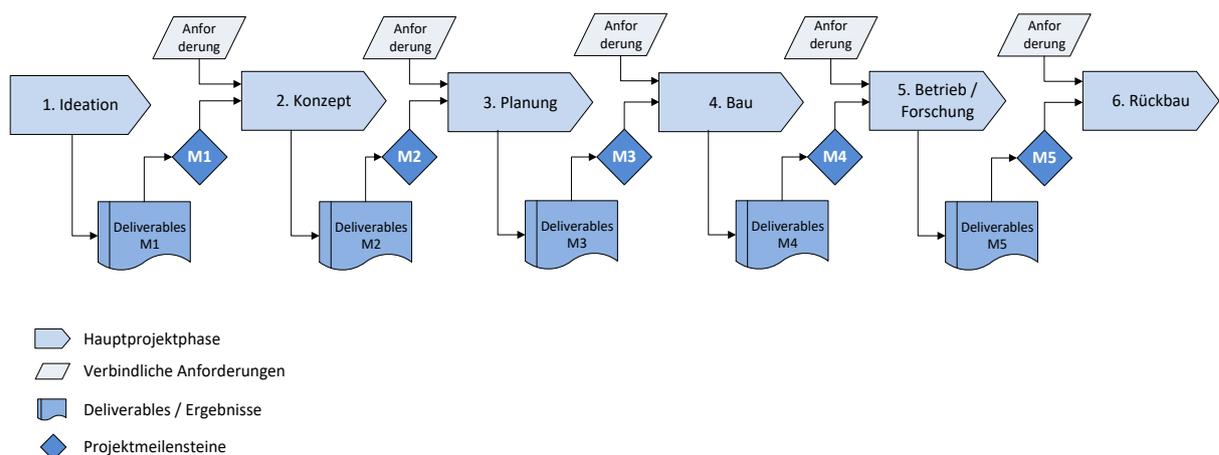
Die Trägerschaft besteht aus: Empa, Eawag, ETH-Rat, Kanton Zürich, Bundesamt für Energie, Ernst Göhner Stiftung, Stadt Dübendorf, ETH Zürich, EPFL, Hochschule Luzern, SBFI, SwissLife, Zürcher Kantonalbank.

Das Steering Committee besteht aus Vertretern der Projektträgerschaft und Vertretern des AWEL (Kt. Zürich) und BFE (Bund), welche das Projekt massgeblich unterstützen. Das Steering Committee entscheidet über die thematische Ausrichtung von NEST.

1.6 Innovationsprozess

Im NEST werden Fragestellungen von Forschung, Wirtschaft und der öffentlichen Hand aufgenommen und konkrete Antworten gezeigt. Ob diese Fragestellungen in einer bestehenden oder neuen NEST-Unit aufgenommen werden können, wird in der Ideation-Phase festgestellt.

Die folgende Abbildung zeigt den Innovationsprozess einer NEST-Unit schematisch:



Der gesamte Prozess ist in sechs Hauptphasen unterteilt. In den ersten beiden Phasen wird das Projekt konzeptionell so erarbeitet, dass eine bauliche Realisierung in Angriff genommen werden kann. In

den Phasen drei und vier wird die NEST-Unit im engeren Sinn eines Bauvorhabens geplant und erstellt. Die zentrale fünfte Phase umfasst den Betrieb. Gekennzeichnet ist diese Phase durch die aktive Weiterentwicklung der Produkte und Technologien der Unit durch die beteiligten Partner. Auch Upgrades und Umbauten sind in der Betriebsphase vorgesehen. Nach Beendigung aller Arbeiten wird die Unit in der Phase 6 rückgebaut und macht Platz für ein neues Projekt.

Der Innovationsprozess ist in einem Handbuch mit entsprechenden Deliverables beschrieben.

2 Units

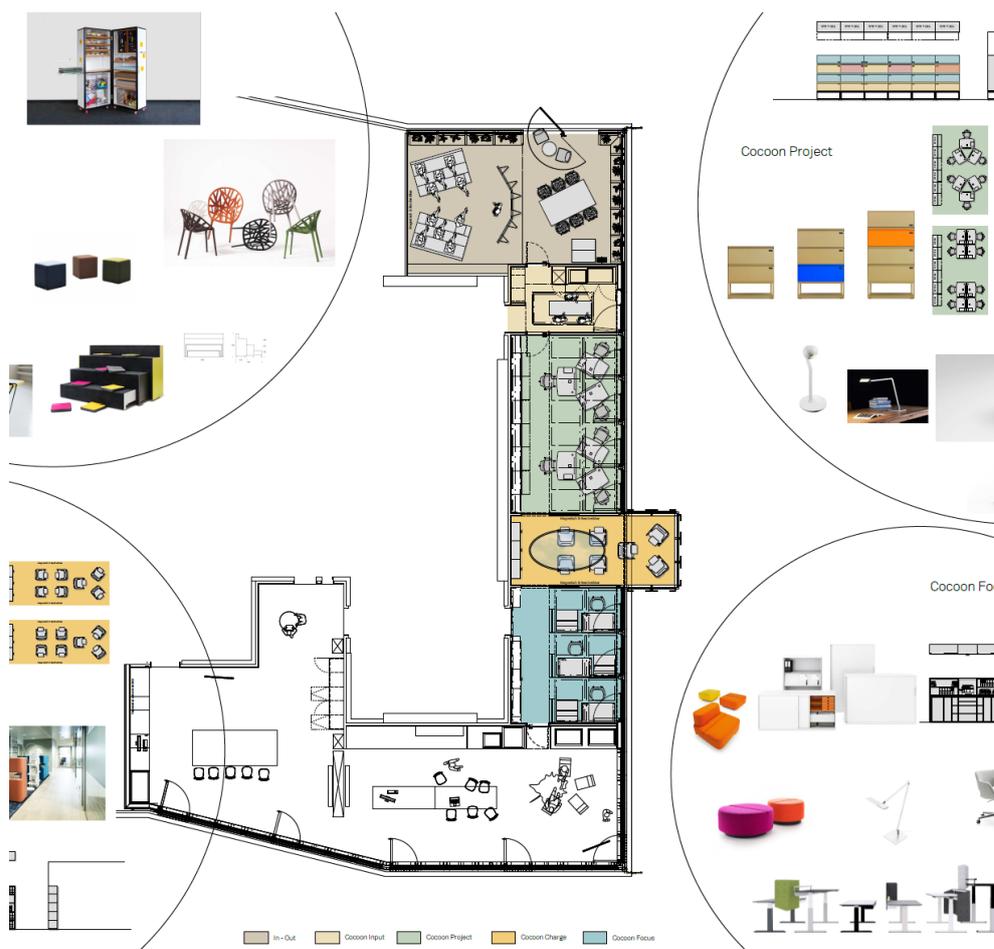
2.1 Units in Betrieb

2.1.1 Meet2Create

Beteiligte Partner: Hochschule Luzern– Technik & Architektur, HP, Belimo, Flumroc AG, Knauf AG, Lista Office Group, Sauter, Schenker Storen AG, Swisscom AG, Trilux AG, Vitra AG, Bauwerk Parkett AG, Creaplant AG, Creation Baumann AG, Dim3nsions, Feller AG, HAG, ionair, Lauber Iwisa AG, Lenzlinger Söhne AG, Pavatex, Plantronics, SageGlass, Samsung, Solprag Automation & Process Controll, Tuschmid AG, Zapco.

Die Forschungs- und Innovationsunit Meet2Create ist ein Labor für Kollaboration und Arbeitsprozesse und dient der Entwicklung von zukunftsfähigen Arbeitswelten. Im Zentrum steht dabei das Zusammenspiel zwischen Mensch, Raum und Technik, das im Rahmen von Forschungsprojekten erprobt und optimiert wird.

Initiatorin der Unit Meet2Create ist die Hochschule Luzern – Technik & Architektur – genauer das Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP) in Zusammenarbeit mit anderen Kompetenzzentren der Hochschule. Die Forschenden widmen sich der Frage, wie sich zukünftige Büroumgebungen dem ständigen Wandel der Arbeitswelt räumlich und technisch anpassen können. Die Unit gliedert sich in drei Bereiche.



Konzept-Layout Meet2Create

In-Out – Meeting Typologie & Atmosphäre

Der Raum kann für unterschiedliche Zusammenarbeitsformen wie Brainstorming, Diskussionen, Austausch und Workshops oder für Projektarbeit genutzt werden. Ein Drehbalkon ermöglicht es, auch draussen zu arbeiten.



Raum In-Out. Foto: HSLU

Cocoon – Diversität & Grossraum

Der Raum ermöglicht konzentrierte Einzelarbeit und Arbeiten im Projektteam. Cocoon bietet ein grösstmögliches Mass an Einflussnahme und Privatsphäre.

Hybrid – Innovation & flexible Worksettings

Hybrid dient der Projektentwicklung. Der Raum ermöglicht Tätigkeiten wie Meetings, Projektarbeit, Workshops und Präsentationen und wird von Teams und Gruppen ad-hoc oder über einen längeren Zeitraum genutzt. Das Mobiliar ist flexibel und kann nach eigenen Bedürfnissen selbst aufgestellt und angeordnet werden. Hybrid ist ein Ort, wo Firmen in Zusammenarbeit mit der Hochschule innovative Methoden erproben.

In der Unit realisierte Innovationsobjekte:

- Worksettings für Zusammenarbeit, diversitätsgerechte Möblierung, flexible Möblierung
- Photovoltaik an der Fassade
- Flexible Systemböden
- Passives Energiekonzept
- Schalldämmende Textilien

Worksettings für Zusammenarbeit, diversitätsgerechte Möblierung, flexible Möblierung

Zur Steigerung von Effizienz und Identifikation werden Strategien und Produkte für Räume der Zusammenarbeit im Corporate Office untersucht. Diversitätsgerechte Arbeitsplätze im Grossraumbüro

schaffen sowohl für den Austausch im Team als auch für konzentriertes Arbeiten optimale Bedingungen. Damit erhöht sich die Produktivität der Mitarbeitenden. Ein flexibler Raum für Tätigkeiten wie Meetings, Workshops und Präsentationen verlangt nach flexiblen Möbelsystemen: Im Raum Hybrid im Meet2Create werden neue Ansätze und Weiterentwicklungen von Möbeln getestet, die je nach Bedürfnis verschiedene Zwecke erfüllen können.

Photovoltaik an der Fassade

An der Fassade von Meet2Create wird die Wirkung von unterschiedlichen Fassaden-Verkleidungsmaterialien auf Photovoltaik-Module untersucht. Nach zwei Monaten Ertragsmessung jedes einzelnen PV-Moduls stellte sich heraus, dass die Oberflächenbeschaffenheit des Glases keinen signifikanten Einfluss auf den elektrischen Ertrag hat. Die Unterschiede betragen $\pm 5\%$, was im üblichen Toleranzbereich elektrischer PV-Module liegt. Visuell sind aber starke Unterschiede festzustellen. Für Architekten bedeutet dies, dass eine konstante Farb- oder Motivwahrnehmung nur über satiniertes Glas erreicht werden kann, was nicht zu einer Einbusse elektrischer Effizienz führt.



Bedruckte Photovoltaik-Elemente an der Meet2Create-Fassade. Foto: Empa

Passives Energiekonzept

Das ursprünglich geplante Konzept, mit geeigneten Hochleistungsmaterialien (Zeolith und PCM) und Pflanzen die Gebäudetechnik und damit auch den Energiebedarf im Raum In-Out massiv zu reduzieren ohne den Benutzerkomfort einzuschränken, konnte wegen fehlender Forschungsfinanzierung noch nicht umgesetzt werden. Der Passivraum In/Out ist heute aber schon bis auf sehr heiße und sehr kalte Tage einsetzbar.

Flexible Systemböden

Im Meet2Create kommt eine Weiterentwicklung von Hohlböden zum Einsatz, die für eine Verwendung in Wohnungs- und Hybridbauten getestet wird.

Schalldämmende Textilien

Hochleistungstextilien erlauben eine akustische Verbesserung der Räume und bringen eine hohe Flexibilität bei der Raumteilung.

Die Räume sind in reger Nutzung von Empa- und Eawag-Mitarbeitenden sowie NEST-Partnern. Das Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP) der HSLU veranstaltet regelmässig Innovations-Workshops.

Peer Reviewed Papers

Amstutz, S., Schwehr, P. (2014) Human Office. Arbeitswelten im Diskurs. Zürich: vdf Hochschulverlag.
Busch, S. (2016) NESTbau für die Zukunft. Das Magazin der Hochschule Luzern.

Invited Lectures

- Schwehr, P., Schuchert, L. (2017) Input & Workshop Office «Arbeitsplatz Zukunft / Ressource Raum – Reden. Denken. Tun.», Swiss Life Group HR, 14. August 2017.
- Schwehr, P. (2017) Usability Walkthrough Part 1, Vitra, LOG Empa, CCTP, 27. Juli 2017.
- Schwehr, P. (2017) Input & Expertentalk Office, Basler&Hoffmann Innerschweiz AG, 18. Juli 2017.
- Schwehr, P. (2017) ... und das ist erst der Anfang! Innovationsanlass, REM/TU Berlin, 1. Juli 2017.
- Schwehr, P. (2017) Input & Expertentalk Office, urban-consult/Berlin, 30. Juni 2017.
- Schwehr, P. (2017) 2050 ist heute gestern! Foresight & Innovationen - ein persönliches Statement, SPS/Wincasa, 28. Juni 2017.
- Schwehr, P. (2017) ... und das ist erst der Anfang! Innovationsanlass, SPS/Wincasa, 7. Juni 2017.
- Amstutz, S. (2017) Meet2Create Kriterien für das Wohlbefinden im Office, SVLW Generalversammlung, 11. Mai 2017.
- Schwehr, P. (2017) Input & Expertentalk Office, Stadt Zürich, Immobilien Verwaltungs-, Werk-, Sozial- u. Kulturbauten, 5. Mai 2017.
- Schwehr, P. (2017) Sinnfrage Office, Die Rolle des Office in Zeiten von Mobilität, Flexibilität und Erreichbarkeit, Velux, 20. März 2017.
- Eckert, J. (2016) Work a round – Ein Simulationsspiel zur Planung von Office, Herbsttagung Bueroszene, 22 November 2016.
- Amstutz, S. (2016) Human Office – Forschungsprojekte aus dem Bereich Arbeitswelten, Herbsttagung Bueroszene, 22 November 2016.
- Schwehr, P. (2016) Watson, Pepper & Co, Herbsttagung Bueroszene, 22 November 2016.
- Schwehr, P. (2016) Wirtschaftspartner Event CCTP, Repräsentanten aus Politik, Wirtschaft und Forschung, 22. November 2016.
- Schwehr, P. (2016) Sinnfrage Office? Die Rolle des Office in Zeiten von Mobilität, Flexibilität und Erreichbarkeit, ProRenova, 7. November 2016.
- Amstutz, S. (2016) Co Creation: Nährboden für kreative Zusammenarbeit, Office Symposium, Toni Areal, 8. September 2016.
- Schwehr, P., Amstutz, S. (2016) Meet2Create Laboratory for Collaboration NEST, Repräsentanten aus Politik, Wirtschaft und Forschung, 23. Mai 2016.

Video zur Unit Meet2Create
https://youtu.be/BMN0yBU1_TY



2.1.2 Vision Wood

Beteiligte Partner: Empa, ETH Zürich, Renggli AG, Bundesamt für Umwelt BAFU, EgoKiefer AG, Fagus Suisse SA, Glaeser Wogg AG, Henkel, Ruom Architekten, Sauter AG, Taconova AG, Wesco AG, Pavatex, Schilliger Holz Industrie AG, Hess & Co. AG, Falcone.

Die Forschungs- und Innovationsunit Vision Wood steht für den visionären Umgang mit der natürlichen Ressource Holz im Bauwesen. Die Wohneinheit liefert den Beweis dafür, dass sich mit dem altbewährten Werkstoff zukunftsweisende Lösungen für ökologisches Bauen und ansprechendes Design verbinden lassen.



Zimmer in Vision Wood. Foto: Roman Keller

Vision Wood ist Heimat für eine Vielzahl von Holzinnovationen. Entwickelt wurde die Unit von der Abteilung Angewandte Holzforschung der Empa in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich. Neueste Entwicklungen in der Holzforschung verbinden sich mit dem Know-how des modernen Holzbaus. Mit dem Ziel vor Augen, das Anwendungsspektrum der nachwachsenden Ressource zu vergrößern, geben die Forschenden dem Holz völlig neue Funktionen und verbessern die Eigenschaften von holzbasiereten Materialien. Die Wohneinheit Vision Wood bietet zwei Doktorierenden ein Zuhause. Im Austausch mit den Forschenden der Empa und ETH Zürich und den beteiligten Wirtschaftspartnern testen sie als Bewohner und Nutzer die neuen Anwendungen auf ihre Alltagstauglichkeit.

Innovationsobjekte:

- Buchenbrettsperrholz als Konstruktionsholz für den Modulbau
- Bindemittelarme Holzfaserdämmung
- Oberflächenbeschichtung mit nanofibrillierter Zellulose

- Antimikrobielle Holzoberflächen
- Magnetisierbares Holz
- Mineralisiertes Holz
- Funktionalisierte Zellulose in Silikon
- Nachhaltige und flammhemmende PU-Schäume
- Optimierte Energieeffizienz für bestes Raumklima
- Neue Regelkonzepte für optimierte Energieeffizienz und Raumklima

Buchenbrettsperrholz als Konstruktionsholz für den Modulbau

Buche wächst in den europäischen Wäldern in grosser Menge und wird trotz ihrer hohen mechanischen Festigkeit kaum im Bauwesen eingesetzt, sondern primär verfeuert. Fagus Suisse beabsichtigt, dies zu ändern und stellt Brettsperrholzplatten aus Buche für den konstruktiven Holzbau her, die in Vision Wood die tragende Grundstruktur bilden. Aufgrund der hohen Festigkeit dieser Platten ist ein besonders schlanker Aufbau beim modularen Holzbau möglich.

Bindemittelarme Holzfaserdämmung

Unter Verwendung natürlicher Enzyme gelang Forschern der Empa die Herstellung von Holzfaserdämmplatten mit hoher Plattenqualität. Durch Laccase-katalysierte Reaktionen kann das synthetische Bindemittel (Styrol-Butadien-Copolymer) komplett durch nachhaltige und umweltschonende Biopolymere (Ligninverbindungen, modifizierte Stärke) ersetzt werden. Mit diesem Verfahren werden die Forderungen an Nachhaltigkeit sowie die Ansprüche der Verbraucher in Bezug auf Wohngesundheit und Energieeffizienz erfüllt.

Oberflächenbeschichtung mit nanofibrillierter Zellulose

Nanofibrillierte Zellulose wird als Komponente in einer neuartigen Oberflächenbeschichtung von Holz im Aussenbereich eingesetzt, um dessen Dauerhaftigkeit gegenüber herkömmlichen Beschichtungen deutlich zu erhöhen. Die erwarteten Verbesserungen betreffen insbesondere den UV-Schutz, die Wasserabweisung, den Abnutzungswiderstand sowie den Widerstand gegen Rissbildung und Besiedelung durch Mikroorganismen.

Antimikrobielle Holzoberflächen

Ein von der Empa patentiertes enzymatisches Verfahren ermöglicht es, bakterio-statisch wirkendes Iod in der Holzstruktur zu binden, ohne dass es zu Auswaschungen kommt. Das Resultat ist eine Holzoberfläche, die anhaltenden Schutz gegen Besiedelung durch unerwünschte Mikroorganismen bietet und dadurch die Hygiene von Holzprodukten im Nassbereich oder in Küchen deutlich erhöht.

Magnetisierbares Holz

Durch das Einbringen von Eisenoxid-Nanopartikeln in die Holzstruktur können Magnete am Holz haften. Im Gegensatz zu einem gewöhnlichen, magnetischen Material wird in dem neu geschaffenen Hybridmaterial (Holz/Metall) die hierarchische Struktur von Holz genutzt, so dass ein richtungsabhängiges, magnetisches Verhalten entsteht (Anisotropie). Für die Anwendung besteht die Möglichkeit, Holzelemente so zu gestalten, dass diese sich bei einem angelegten Magnetfeld je nach Wunsch selektiv ausrichten oder reorientieren lassen.

Mineralisiertes Holz

Mit den entwickelten Methoden ist es möglich, Mineralien tief in die Holzstruktur einzubringen. Die Einlagerung kann gesteuert werden und findet entweder in den Holzzellwänden oder in den Zelllumen statt. In der Folge erreicht das behandelte Holz einen höheren Flammwiderstand und ermöglicht so, den Einsatz in Bereichen, wo flammhemmende Eigenschaften erforderlich sind.

Funktionalisierte Zellulose in Silikon

Nano-Zellulosefasern werden als Verdickungsmittel in Sanitär silikon für Dichtungszwecke verwendet. Die natürlichen Nanofasern ersetzen dabei herkömmliche, nicht-organische und schlecht abbaubare Verdickungsmittel und verbessern die mechanischen Eigenschaften des Silikons.

Nachhaltige und flammhemmende PU-Schäume

Auf der Basis von Schwefel-Stickstoffverbindungen wurden halogenfreie, flammhemmende Zusätze für Polyurethanschäume (PU) hergestellt. Mit dieser Entwicklung können herkömmliche, giftige Zusätze ersetzt werden bei gleichem oder sogar besserem Schutz des Materials. Mögliche Anwendungen ergeben sich insbesondere bei Möbeln wie Sesseln, Sofas und Betten.

Neue Regelkonzepte für optimierte Energie-Effizienz und Raumklima

Zur Optimierung der Energieeffizienz wird in der Raumautomation die Regelung der Gewerke Beleuchtung, Sonnenschutz sowie Heizung, Lüftung und Kälte in einem Regler integriert. Der Raumcontroller ecos504 von Sauter regelt über die DALI-Schnittstelle die Beleuchtung der Räume, so dass nur so viel Energie für Licht verbraucht wird, wie auch benötigt wird. Der Forschungscharakter der Wohneinheiten ermöglicht es, Regelstrategien und -algorithmen zur Optimierung der Energieeffizienz im Feld zu testen. So fließen unmittelbare Resultate bei Veränderungen in der Programmierung in die Verbesserung der Regelkonzepte ein.

Peer Reviewed Papers

Guo, H. et al. (2016). Bio-inspired superhydrophobic and omniphobic wood surfaces. *Advanced Materials Interfaces*, 1600289.

Berglund, L.A and Burgert, I. (2018). Bioinspired wood nanotechnology for functional materials. *Advanced Materials* 1704285.

Merk, V., Chanana, M., Gaan, S., Burgert, I. 2016. Mineralization of wood by calcium carbonate insertion for improved flame retardancy. *Holzforschung* 70(9): 867-876.

Grüneberger, F., Huch, A., Geiger, T., Tingaut, P. 2016. Fibrillated cellulose in heterophase polymerization of nanoscale poly(methyl methacrylate) spheres. *Colloid and Polymer Science* 294(9).

Burgert I., Cabane, E., Zollfrank, C., Berglund, L. 2015. Bio-inspired functional wood-based materials – hybrids and replicates. *IMR reviews* 60: 431-450.

Merk, V., Chanana, M., Keplinger, T., Gaan, S., Burgert, I. 2015. Hybrid wood materials with improved fire retardance by bio-inspired mineralization on the nano- and submicron level. *Green Chemistry* 17: 1423-1428.

Grüneberger, F., Künniger, T., Huch, A., Arnold, M. 2015. Nanofibrillated cellulose in wood coatings: dispersion and stabilization of ZnO as UV absorber. *Progress in Organic Coatings* 87.

Schubert, M., Ruedin, P., Civardi, C., Richter, M. Hach, A. 2015. Laccase-catalyzed surface modification of thermo-mechanical pulp (THM) for the production of wood fiber insulation boards using industrial process water.

Merk, V., Chanana, M., Gierlinger, N., Hirt, A. M., Burgert, I. 2014. Hybrid wood materials with magnetic anisotropy dictated by the hierarchical cell structure. *ACS Applied Materials & Interfaces* 6: 9760-9767.

Grüneberger, F., Künniger, T., Zimmermann, T., Arnold, M. 2014. Nanofibrillated cellulose in wood coatings: mechanical properties of free composite films 49(18): 6437-6448.

Grüneberger, F., Künniger, T., Zimmermann, T., Arnold, M. 2014. Rheology of nanofibrillated cellulose/acrylate systems for coating applications. *Cellulose* 21(3).

Ihsen, J., Schubert, M., Thöny-Meyer, L., Richter, M. 2014. Laccase catalyzed synthesis of iodinated phenolic compounds with antifungal activity. *Plos One* 9(3): e89924.

Schubert, M., Engel, L., Thöni-Meyer, L., Schwarze F. W. M. R., Ihssen, J. 2012. Protection of wood from microorganisms by laccase-catalysed iodination. *Applied Environmental Microbiology* 78(20): 7267-7275.

Schubert, M., Ihssen, J. 2013. Enzymatische Holziodierung für einen effektiven Schutz vor Mikroorganismen. *Holztechnologie* 1.

Conference Papers & Invited Lectures

Burgert, I. Bio-inspired wood materials. COST Action FP1407 - PhD Workshop Hamburg, 3-5 July 2017.

Zimmermann, T. Funktionale holz- und zellulosebasierte Materialien für ein breites Anwendungsspektrum. WKI Braunschweig, 27. März 2017.

Burgert, I. Bio-inspired wood materials. ETH - Chalmers 4th Bilateral Workshop, Zurich, 19-21 September 2016.

Burgert, I., Merk, V., Chanana, M. High performance wood materials – progress, challenges and visions. WCTE Vienna, 22-25 August 2016.

Michen, B., Bellanger, H., Guo, H., Burgert, I. Funktionalisierung von Holzoberflächen. S-WIN Statusseminar Holzoberflächen und Modifikationen für innovative Fassaden. Winterthur, 23 June 2016.

Zimmermann, T. Revolutionäres Holz – Materialinnovationen auf Holzbasis. Seminar Peterhans Schibli, Baden, 27. 05. 2016.

Zimmermann, T. NEST – Modul "Vision Wood" in der Umsetzung. 14. Techniker Tag VGQ. Dübendorf, 03. März 2016.

Zimmermann, T. Funktionalisierte holzbasierte Materialien für ein breites Anwendungsspektrum. Top 100 Gebäudehülle Network, Herbstversammlung, 8. November 2016.

Zimmermann, T. Functional wood based materials @Empa. Profildfeld Polymer- und Kolloidforschung, Universität Bayreuth, 2015

Zimmermann, T. NEST Module Vision Wood, NAREP + Energy Seminar. 02. November 2015.

Schubert, M. Fungal laccases as a tool for wood functionalization. The International Research Group on Wood Protection, Section 2: Test Methodology and Assessment. Proceedings 44th IRG Annual Meeting, Stockholm, Se, ISSN 2000-8953, 2013.

Video zur Unit Vision Wood
<https://youtu.be/J3ZoantY5W0>



2.1.3 Solares Fitness & Wellness

Beteiligte Partner: suissetec, Empa, Hochschule Luzern, NTB Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs, Belimo, Flumroc, Laufen Similar, Sauter, Schenker Storen, Technogym, Dransfeld Architekten, Fit & Wellness Concept, Glas Trösch, Grundfos, Kifa, Klafs, Küng Saunabau, Meyer Burger, Migros, Miloni Solar, Neovac, Scheco, Schweizer Metallbau, Swiss Eco Tap, Vogtpartner, Gasser Fassadentechnik, Helios, HSSP, Mountair, OBM Bionik, Serge Ferrari, Wagner Visuell, Wenger Fensterbau.

Fitness und Wellness stehen für ein wachsendes Bedürfnis unserer Gesellschaft, das normalerweise auf Kosten der Umwelt und Energie geht. Die solare Fitness- und Wellness-Unit (SFW) demonstriert, dass dieser Komfort auch ohne Verbrauch von fossilen Energien möglich ist.

Körperliches Training, um Strom zu erzeugen, und ein Wellness-Bereich, der mit Solarenergie betrieben wird: Mit der solaren Fitness- und Wellness-Anlage zeigt NEST, dass auch diese Bedürfnisse nachhaltig erfüllt werden können – und fördert gleichzeitig Gesundheit und Lebensqualität der Benutzer.



Innenansicht der NEST-Unit Solare Fitness & Wellness. Foto: Reinhard Zimmermann

Die Unit wurde mit dem Schweizerisch-Liechtensteinischen Gebäudetechnikverband suissetec realisiert und ging im August 2017 in Betrieb. Für die Gestaltung zeichnet der bekannte Solar-Architekt Peter Dransfeld verantwortlich. Er verortet die drei Wellness-Bereiche in drei «schwebenden» Ellipsoiden und schafft damit eine innovative Lösung mit viel Transparenz und einem besonderen Raumerlebnis. Sowohl das Dach wie auch die Fassade sind für die Energiegewinnung optimiert. Als innovative Wellness-technik kommt in Zusammenarbeit mit der Interstaatlichen Hochschule für Technik in Buchs (NTB) eine Hochtemperatur-CO₂-Wärmepumpe zum Einsatz, die die Wärme für Sauna und Dampfbad rund dreimal effizienter bereitstellen kann als herkömmliche Systeme.

Innovationsobjekte:

- Energieeffiziente Wellness-technik
- Wassersparende Armatur
- Nordfassaden mit Vier-fach-Verglasung

Energieeffiziente Wellnesstechnik

Mit einer CO₂-Wärmepumpe werden Temperaturen bis 120°C erzeugt. Damit ist sie in der Lage, über 60% der benötigten elektrischen Energie für Wellnessanlagen durch Umweltwärme zu ersetzen. Eine neu konzipierte Wärmeabgabe und Dampferzeugung ermöglichen die Nutzung von Wärme unter 100°C. Weitere Einsparungen sind durch optimierte Dämmung und Lüftung mit Wärme- und Feuchterückgewinnung möglich. Saunas und Dampfbäder lassen sich damit umweltneutral mit Solarenergie betreiben.

Wassersparende Armatur

Swiss Eco Tap reduziert den Wasserverbrauch beim Händewaschen mittels Sprühtechnik um 90 Prozent. Ausserdem kommt er ohne Warmwasseraufbereitung aus und kann direkt an das Niedertemperatur-Netz angeschlossen werden.

Nordfassaden mit 4-fach-Verglasung

Verdichtetes Bauen in Städten erfordert oft auch eine maximale Ausnutzung der Nordfassaden. Wie realisiert man eine transparente, komfortable und energieeffiziente Nordfassade? Die Empa testet mit einem Wirtschaftspartner die Verwendung einer acht Meter hohen Vier-fach-Verglasung auf der Nordseite der Fitness- & Wellness-Unit. Mit einem Isolationswert U von 0.3 W/(m²·K) erreicht diese Fassade im Winterhalbjahr eine günstigere Wärmebilanz als eine fünfmal dickere hochisolierte Wand, bei gleichzeitig hohem Komfort und Tageslichtanteil.

Im Rahmen der SFW-Begleitstudie, die zusätzlich vom BFE finanziert wurde, konnten unter anderem Kontakte zu neuen potentiellen Kunden der SFW-Technologie geknüpft werden. Die Technologie ist für die Marktteilnehmer interessant und wird im Rahmen von Umbauprojekten konkret geprüft.

2.1.4 Urban Mining & Recycling – UMAR

Beteiligte Partner: Werner Sobek Group, Karlsruher Institut für Technologie, Flumroc, Laufen & arwa, Schenker Storen, V-Zug, alphaEOS, Kaufmann Zimmerei & Tischlerei, Nimbus Group, Lindner, Pfister, Flextron, Magna Glaskeramik.

Die heutige Zeit ist geprägt durch eine weltweite Bevölkerungsexplosion bei einer gleichzeitig ständig steigenden Ressourcenverknappung. Es stellt sich die Frage, wie und mit welchen Mitteln die Städte der Zukunft gebaut werden können, ohne dabei unsere natürliche Umwelt weiter auszubeuten oder zu belasten. Angesichts dieser vielschichtigen Herausforderungen muss das Bauwesen mehr als je zuvor Engagement zeigen und Verantwortung übernehmen. Die gebaute Umwelt steht für mehr als ein Drittel des Energieverbrauchs und der Emissionen sowie mehr als die Hälfte des Ressourcenverbrauchs und des Massenmüllaufkommens.

Dringend benötigt werden deshalb Konzepte, die auf anschauliche Weise vermitteln, wie qualitativ hochstehend und nachhaltig zugleich gebaut werden kann – und zwar so, dass das gesamte Gebäude sich nicht nur zu 100% aus nicht-fossilen Quellen mit Energie versorgt, sondern auch möglichst ressourcenneutral ist und bei Bedarf sortenrein in seine Bestandteile zerlegt werden kann. Gebäude müssen also gleichzeitig als verantwortungsvolle Behausung für die Gegenwart und als Materiallager für die Zukunft konzipiert werden. Hinzu kommt eine weitere Funktion: Nachhaltige Gebäude sind idealerweise nicht nur zukünftige Materiallager – schon bei ihrer Errichtung sollten möglichst weitgehend bereits vorhandene, bis dato anderweitig genutzte Ressourcen durch Wiederverwertung oder Wiederverwendung zum Einsatz kommen.

Die urbane Mine soll zum Schutz und zur Alternative für natürliche Ressourcen werden. Der Kreislaufgedanke spielt hierbei eine zentrale Rolle. Die neue These lautet: Benötigte Materialien werden nicht mehr aus einer endlichen Ressource gewonnen und nach Gebrauch entsorgt, sondern für eine bestimmte Zeit aus einem Kreislauf entnommen und in diesen wieder zurückgegeben. Das Gebäude ist

ein Materialspeicher, den es zu systematisieren und verlässlich und dauerhaft zu katalogisieren gilt – da er erst so am Ende seines Lebenszyklus einer sinnvollen Weiterverwendung zugeführt werden kann.



Innenansicht Unit Urban Mining & Recycling. Foto: Zoöey Braun, Stuttgart

In der von Werner Sobek mit Dirk E. Hebel und Felix Heisel konzipierten Unit Urban Mining & Recycling wurde exemplarisch aufgezeigt, wie ein verantwortlicher Umgang mit unseren natürlichen Ressourcen mit einer ansprechenden Architektur kombiniert werden kann. Die verwendeten Materialien werden nicht verbraucht und dann entsorgt; sie sind vielmehr für eine bestimmte Zeit aus einem technischen bzw. natürlichen Kreislauf entnommen und werden später wieder in diese Kreisläufe zurückgeführt. Wiederverwendung und Wiederverwertung spielen hierbei eine ebenso grosse Rolle wie Recycling und Upcycling (sowohl auf systemischer wie auf molekularer bzw. biologischer Ebene, z.B. durch Einschmelzen oder Kompostierung). Die Unit Urban Mining & Recycling ist so zur gleichen Zeit temporäres Materiallager und Materiallabor.

Die Unit UMAR ist seit März 2018 in Betrieb und ständig durch zwei Personen bewohnt. Bisher haben sich die Materialien und Konstruktionslösungen als durchaus zweckmässig und im täglichen Umgang praktikabel erwiesen. Mit dem Projekt konnte in Planung und Ausführung nicht nur gezeigt werden, dass die Anwendung und Umsetzung der Urban-Mining-Grundsätze praktisch vollständig mit den heutigen funktionellen, technischen und gesetzlichen Anforderungen in Einklang gebracht werden können. Vielmehr ist mit der Unit eine moderne Wohnumgebung entstanden, welche durch ihre Qualität in Materialisierung und architektonischem Ausdruck vorbehaltlos überzeugt.

Erreicht wurde dieses Ergebnis durch die strikte und systematische Anwendung von Methoden und Materialien, welche sich in vier globale Innovationsbereiche eingliedern:

- Modulare Primärstruktur
- Materialressource Abfall
- Materialressource Urbane Mine

- Materialressource Kultivierte Materialien

Modulare Primärstruktur

Die Tragkonstruktion besteht aus Holz – ein Primärmaterial, das (solange es richtig eingesetzt wird) ohne Abwertung wiedergewonnen und -verwertet werden kann. Die Innovation liegt in den Verbindungen und einem materialgerechten Einsatz: Die Knoten des auf Zug und Druck beanspruchten Systems werden reversibel verbunden. Auf Klebeverbindungen wird zugunsten von Steck- und Schraubverbindungen verzichtet. Konstruktiver Holzschutz ersetzt die sonst üblichen Beschichtungen, durch die eine sortenreine Wiederverwertung bzw. eine rein biologische Entsorgung nicht mehr möglich wären.

Die entstandene Unit besteht aus selbsttragenden Modulen, die bei Bedarf auch «im laufenden Betrieb» ausgewechselt werden können. Das erlaubt eine Um- und Nachrüstung in der Werkstatt, eine wichtige Voraussetzung für eine 100-prozentige Weiternutzung der enthaltenen Materialien oder Produkte. In der Regel wird während der Projektlaufzeit aber ein Auswechseln der Wand- und Deckenpanele ausreichend sein, um die beabsichtigten Tests von Materialien durchführen zu können.

Materialressource Abfall

Rezyklierte Materialien aus der Materialressource Abfall stehen bereits heute in einer Vielzahl prototypischer Produkte für den Einsatz in der Unit Urban Mining & Recycling zur Verfügung. Das Innovationsobjekt zeigt durch den Einsatz exemplarischer Produktgruppen das Potenzial dieser Materialquelle auf und beantwortet Fragen über einen materialgerechten und sicheren Umgang mit Abfall als Baumaterial. Bei der Auswahl der jeweiligen Materialien gilt es zu beachten, dass durch die Umwandlung von Müll zu Baustoff keine Verlängerung der Sackgasse eintritt, sondern vielmehr der Rohstoff in einen Kreislauf (zum Teil unter Akzeptanz eines einmaligen Downcyclings) überführt wird.

Die Materialien dieses Innovationsobjekts lassen sich hierbei in drei Gruppen aufteilen, kategorisiert nach Herstellungsverfahren: (1) verdichtet, (2) physikalisch umgewandelt, und (3) chemisch umgewandelt. Ziel war es, jeweils mindestens ein Material aus den oben genannten Produktgruppen in der Unit Urban Mining & Recycling einzusetzen und auf seine Eignung für einen Einsatz im grösseren Umfang zu überprüfen. Diverse Hersteller von entsprechenden Baumaterialien zeigten hier grosses Interesse an einer Zusammenarbeit, um ihre Produkte in einer realen Umgebung im Massstab 1:1 im NEST zu erproben.

Materialressource Urban Mining

Die Materialressource Urban Mining besteht zurzeit hauptsächlich aus der Um- oder Weiternutzung von ca. 1% der Produkte, die sich durch einen Sammler- oder Zeitwert auszeichnen. Die überwiegende Menge der Ressource wird durch unsachgemässe Anwendung oder nicht rezyklierbare Verbindungen zu «Sondermüll», welcher auf Grund der Materialmischung nur schwer oder gar nicht weiternutzbar ist. Das vorherrschende Verfahren besteht daher in einem Downcycling-Prozess dieser Ressource in Form von Aggregaten oder Füllstoffen für wieder neue Mischstoffe.

Wenige Materialien aus der Materialressource Urban Mining stehen heute als prototypische Produkte für den Einsatz in der Unit Urban Mining & Recycling zur Verfügung. Dieses Innovationsobjekt verfolgt daher zwei verschiedene Strategien: (1) Der exemplarische Einsatz existierender Produkte, um das Potenzial aufzuzeigen und den Umgang mit derartigen Materialquellen zu erproben; (2) Die Verbesserung des Status Quo durch die Ermöglichung einer 100-prozentigen Weiternutzung der Materialressource NEST-Unit. Das Gebäude versteht sich als Materiallager.

Materialressource Cultivated Materials

Beton ist das meist verbaute Material der Menschheit – mit einem erheblichen Nachteil: Die für die Herstellung benötigten Rohstoffe werden knapp. Sand gehört bereits heute zu einer umkämpften Res-

source, Begriffe wie «Sand-Krieg» oder «Sand-Mafia» machen die Runde. Daher forscht die Professur Hebel am Karlsruher Institut für Technologie KIT nach Alternativen, welche das Zeitalter des «Abbaus» hinter sich lassen und einen Weg des «Erntens» beschreiben.

In der NEST-Unit Urban Mining & Recycling wurde daher eine dritte Materialgruppe eingeführt – die Ressource der kultivierten Baumaterialien. Myzelium bezeichnet die Gesamtheit aller Hyphen, der fadenförmigen Zellen eines Pilzes. Das Myzelium gewisser Pilzsorten lässt sich in Kombination mit organischen Abfallstoffen (z.B. Sägespäne oder Agrarabfälle) in druckfeste Baustoffe «verweben». Die physikalischen Eigenschaften des Baumaterials lassen sich bei diesem Prozess lokal steuern. Dieser druckfeste und natürliche Baustoff kann in frei formbaren Formen wachsen.

Peer Reviewed Papers & Book Chapters

Hebel, D.E. and Heisel, F. (2017). *Cultivated Building Materials: Industrialized Natural Resources for Architecture and Construction*. Berlin, Germany and Basel, Switzerland: Birkhäuser Verlag GmbH.

Hebel, Dirk E., Block, P., Heisel, F. and Mendez Echenagucia, T. (2017). *Beyond Mining - Urban Growth: The Architectural Innovation of Cultivated Resources through Appropriate Engineering*. In *IMMINENT COMMONS: THE EXPANDED CITY*, 116–127. Seoul, South Korea: Actar Publishers, Seoul Biennale of Architecture and Urbanism 2017.

Hebel, D.E. et al (2017). *Beyond Mining - Urban Growth*. In *2017 Seoul Biennale of Architecture and Urbanism: Imminent Commons*, eds. Yunyoung Lee, Yunji Hwang, and Dasom Gong, 48–49. Seoul, South Korea: Mediabus.

Von Richthofen, A. et al. (2017). *Urban Mining - Visualizing the Availability of Construction Materials for Re-Use in Future Cities*, paper presented at IV2017 - 21st International Conference on Information Visualisation, London, UK.

Hebel, D.E. 2017. *Reservoir Building: Towards an Idea of Abundant Pertinence*. In *Embodied Energy and Design: Making Architecture Between Metrics and Narratives*, edited by David Benjamin, 107–16. New York, N.Y, USA and Zürich, Switzerland: Columbia University GSAPP, Lars Müller Publishers.

Hebel, D.E., Wisniewska, M.H., and Heisel, F. 2017. *Building from Waste - the Waste Vault*. In *IMMINENT COMMONS: Urban Questions for the Near Future*, edited by Alejandro Zaera-Polo, Hyungmin Pai, and urbanNext. Seoul, South Korea: Actar Publishers, Seoul Biennale of Architecture and Urbanism 2017.

Hebel, D.E. et al. 2017. *Circular Economy Pedagogical Methods*, by Professor Dirk Hebel. In *The Re-Use Atlas: A Designer's Guide towards a Circular Economy*, edited by Duncan Baker-Brown, 110–13. London, UK: RIBA Publishing.

Heisel, F., and Bisrat, K. 2016. *The Economic Importance of Recycling*. In *Lessons of Informality: Architecture and Urban Planning for Emerging Territories - Concepts from Ethiopia*, edited by Felix Heisel and Bisrat Kifle, 121–28. Basel, Switzerland: Birkhäuser.

Hebel, D.E. 2015. *Technologie: Material und Technik - Dirk Hebel*. In *BodenSchätzeWerte, Unser Umgang mit Rohstoffen*, Publikation zur Sonderausstellung von focusTerra, edited by Kastrup, Ulrike, 1st ed. Zürich, Switzerland: focusTerra, ETH Zürich.

Invited Lectures

Heisel, F. (2018). *Urban Mining & Recycling, (R)Evolution Ahead*, NEST at Empa Dübendorf, Schweiz.

Heisel, F. (2018). *Innovative Baukonzepte für das 21. Jahrhundert, Die Zukunft das Bauens: Re-Cycle, Re-Use*, DETAIL research, KOMED, Cologne, Germany.

Hebel, D.E. (2018). *Material Architektur*, SFB1244 lecture series “Adaptivität als Utopie”, ILEK, University of Stuttgart.

Heisel, F. (2018). *Urban Mining and Recycling, Real Estate and Circular Economy: how to give waste an identity*, Dübendorf, Zürich, Switzerland.

- Hebel, D.E. (2018). Urban Mining and Recycling, Basel, Halle 7.
- Hebel, D.E. (2018). Alternative Zukunft, Stuttgart, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Weissenhof, Germany.
- Hebel, D.E. (2018). Alternativ(en) bauen – Neuartige Werkstoffe für das 21. Jahrhundert, Esslingen, Germany.
- Heisel, F. (2018). Anregungen Zum Ressourcen-Gerechten Bauen, FRÜHJAHRSEMPFANG des Umweltforum Rhein-Main e.V., Evangelische Akademie Frankfurt.
- Hebel, D.E. (2018). Baustoffe der Zukunft, BBU-Tage 2018 Fokus Mensch, Bad Saarow, Brandenburg, Germany.
- Hebel, D.E. and Heisel, F. (2018). Urban Mining and Recycling, Opening of Living Unit UMAR, Dübendorf, Zürich, Switzerland.
- Hebel, D.E. (2017). Ressourcen der Zukunft, Rotary-Fachseminar, Rapperswil, Switzerland.
- Hebel, D.E. (2017). Eine alternative Zukunft, IE Industrial Engineering Zürich AG, Zürich, Switzerland.
- Hebel, D.E. (2017). Constructing Alternatives, Hans and Roger Strauch Visiting Critic Lecture at Cornell University, Ithaca, NY State, Cornell University.
- Heisel, F. (2017). Rethinking Abundance, Resource-Adequate Building, and the Example of UMAR, On the Steps, Cornell University, APP, New York, USA.
- Heisel, F. (2017). Building from Waste - the Waste Vault. Public Lecture presented at the On the Steps / CYCLO: Architectures of Waste, Cornell University, APP, New York, USA.
- Hebel, D.E. (2017). Keynote - Circular Economy-Building from Waste, Circular Thinking – from Upcycling to Biofabrication, Cologne, Germany.
- Heisel, F. (2017). Urban Mining & Recycling - ein Experimentalebau als Materiallager, Kreislaufgerechtes Bauen / Methoden Projekte Ausblicke, Aachen, Germany.
- Heisel, F. (2017). Building an Urban Mine., Deconstruction Conference, Tu Delft, The Netherlands.
- Heisel, F. (2016). Building from Waste, MIECF 2016 - Macau International Environmental Co-operation Forum & Exhibition, Macau.
- Hebel, D.E. (2017). "Alternative Construction Materials." Lecture / Exhibition presented at the FCL Conference 2017, Singapore, Future Cities Laboratory.
- Hebel, D.E. (2016). "Building from Waste." Conference Lecture presented at the Embodied Energy and Design, Conference by GSAPP, Columbia University New York City, USA.
- Heisel, F. (2015). "The Waste Vault." Public Talk / Exhibition Opening presented at the architektur 0.15 at bauarena, Volketswil, Switzerland.
- Hebel, D.E. (2015). "BodenSchätzeWerte - Alternative Ressourcen schaffen." Public Lecture presented at the Alternative Ressourcen schaffen, Focus Terra, ETH Zürich, Switzerland. [Link](#)
- Hebel, D.E. (2015). "Bauen mit Müll." Public Lecture presented at the Migros Fachtagung Nachhaltiges Bauen, Bern, Switzerland.
- Hebel, D.E., Block, P., Wasiuta M., and Benjamin D. (2015). "In the Future, There Will Be No Waste ..." Panel Discussion presented at the IDEAS CITY, ETH Zurich Pavilion, New York City, USA. [Link](#)
- Wisniewska, M.H, and Heisel, F. (2015). "Constructing Waste: Upcycling and Rethinking Trash." Seminar and Workshop presented at the Swissnex San Francisco, 25 April 2015, San Francisco, USA.
- Wisniewska, M.H, Heisel F., Ross, and Faulders, T. (2015). "Waste Not: Exploring Alternative Building Materials." Public Lecture and Panel Discussion presented at the Swissnex San Francisco, 21 April 2015, San Francisco, USA. [Link](#)



2.1.5 SolAce

Beteiligte Partner: EPFL, V-ZUG, ABB, BASF, Duscholux, Griesser, Lutz Architects, Regent Lighting, Solstis, SwissINSO, tz menuiserie.

In der Unit SolAce forschen Experten der EPFL zusammen mit Industriepartnern an multifunktionalen Fassadentechnologien und deren Kopplung mit der Raumqualität. Das Ziel von SolAce ist eine positive Energiebilanz in den kombinierten Wohn- und Arbeitsräumen bei gleichzeitiger Minimierung des CO₂-Fussabdrucks über das Jahr – und dies ohne eine Dachfläche zur Verfügung zu haben.

Die positive Energiebilanz über das ganze Jahr soll in SolAce durch die Produktion von Strom und Warmwasser direkt durch die Fassade erreicht werden. Dazu kommen Photovoltaikmodule mit farbiger Verglasung auf Basis von Nanotechnologie sowie solarthermische Kollektoren zum Einsatz. Die innovative mikrostrukturierte Verglasung der Fenster ermöglicht ein saisonal-dynamisches Management der solaren Wärmegewinne.



Die Südfassade von SolAce. Foto: Roman Keller

Die Kombination von Wohn- und Arbeitsräumen und somit die Reduktion der benutzten Fläche senken den Energieverbrauch für Heizung und Beleuchtung erheblich und tragen zu einer verminderten Umweltbelastung bei. Darüber hinaus verbessern moderne Gebäudesensorik und Steuerungstechnik die Interaktion zwischen Benutzer und Gebäude. Dieser nutzerzentrierte Ansatz soll den Komfort für die Benutzer erhöhen und deren kognitive Leistung steigern. Das architektonische Design von SolAce mit vorgefertigten Holzelementen und modernen Kartonmöbeln setzt dabei auf Baumaterialien mit wenig grauer Energie und niedrigem CO₂-Gehalt.

Die folgenden Innovationsobjekte und Forschungsgebiete wurden in der Unit SolAce zum Einsatz gebracht und sind nun Gegenstand der mehrjährigen Forschungsarbeiten der EPFL:

- Farbige Verglasung für Photovoltaik und Solarthermie
- Strukturverglasung und Holzkonstruktion
- 3D-Mikrostrukturen zur Licht- und Wärmelenkung

- Laserbehandelte Selektivverglasung
- Jalousien zur Lichtlenkung
- HDR Vision-Sensortechnologie
- Dynamische und zirkadiane LED-Beleuchtung
- Lebenszyklus/ CO₂; Methoden und Werkzeuge

Farbige Verglasung für Photovoltaik und Solarthermie

Die Farbverglasung für Photovoltaikmodule und solarthermische Kollektoren basiert auf mehrlagigen Nano-Dünnschichten. Die Herstellung ist umweltfreundlich und geschieht mittels Plasmaabscheidung aus der Gasphase. Diese innovativen Beschichtungen benötigen für die Kolorierung keine absorbierenden Pigmente und sind für die Solarstromerzeugung und Warmwasserproduktion im Haus optimiert. Die an der EPFL entwickelte und patentierte Kromatix-Technologie wird derzeit von SwissINSO / Emirates Insolaire zur Marktreife gebracht. Mit einer grossen Gestaltungsflexibilität, Ästhetik und gleichzeitig optimalen Energiebilanzen bietet sie neue Möglichkeiten für die Einbindung von aktiven solaren Energiesystemen ins Gebäude.

Strukturverglasung und Holzkonstruktion

Sogenannte Pollux-Fenster sind eine Neuerung, die ursprünglich aus der Automobilindustrie stammt. Diese in der Schweiz hergestellten Fenster mit einer Holz-Glas-Verklebung ermöglichen besonders elegante Verglasungslösungen für Holzkonstruktionen und sind daher auch bei Designern äusserst beliebt. Die Fenster beinhalten verschiedene technische Innovationen, die den internen Forschungsaktivitäten des Industriepartners tz menuiserie sa zu verdanken sind. Flächenbündige Ausführung ohne Unterhaltsaufwand sind damit auch im Holz möglich. Zulieferer Sika entwickelte wiederum die Spezialkleber für die Glas-Holz-Verbindungen.

3D-Mikrostrukturen zur Licht- und Wärmelenkung

Ein neuartiger Verglasungstyp mit integrierten Mikrospiegeln, die für das menschliche Auge unsichtbar sind, leitet mehr Tageslicht in die Räume. Das Sonnenlicht wird damit direkt an die Decke umgelenkt. Diese Umlenkung führt zu einer gleichmässigeren Ausleuchtung der Arbeitsplätze und reduziert das Blendrisiko. Je nach Sonnenstand im Jahresverlauf können auch die solaren Wärmegewinne verändert werden: Hohe Gewinne im Winter reduzieren die Heizlast, geringere solare Gewinne im Sommer senken die Überhitzungsgefahr und den Kühlbedarf.

Laserbehandelte Selektivverglasung

Diese neuartige Verglasung wurde zur Verbesserung der Mobilfunkqualität in Zügen entwickelt. Sie lässt sich allerdings auch für Gebäudehüllen und/oder im Gebäudeinnern einsetzen. Durch eine selektive Beschichtung (z.B. E-Coating) wird eine hohe Wärmeisolation erreicht, so dass sich die Verglasung sowohl für Anwendungen bei warmen wie auch bei kalten Temperaturen eignet. Die laserbehandelten Glasscheiben können auf die gewünschte Masse zugeschnitten und zu Mehrfachverglasungen zusammengesetzt werden. Die Verglasung erfüllt alle üblichen Normen und kann daher von Glaserbetrieben problemlos verbaut werden.

Jalousien zur Lichtlenkung

Spezielle Beschattungssysteme tragen ebenfalls zum Beleuchtungskomfort in SolAce bei. Diese Grinotex Sinus-Lamellen sehen nicht nur gut aus, sie sind vor allem sehr effektiv. Durch ihre gebogene Form lenken sie die einfallenden Lichtstrahlen in ähnlicher Weise an die Decke wie nicht-visuelle optische Systeme (anidolische Systeme), die für ihre extrem hohe Lichtausbeute bekannt sind. Damit wird ein besonders angenehmes Ambiente geschaffen. Soll der Raum einmal komplett abgedunkelt werden, können die Grinotex Sinus-Lamellen mithilfe ihrer Dichtlippen vollständig geschlossen werden.

HDR Vision-Sensortechnologie

In SolAce wird der Prototyp eines neuartigen High-Dynamic-Range Vision-Sensors für eine Echtzeit-Überwachung der Beleuchtungsverhältnisse in einer Büroumgebung eingesetzt. Gemessen wird aus Sicht des Nutzers, beispielsweise von seinem Arbeitsplatz aus. Der Sensor ist dabei in der Lage nicht nur physikalische Größen wie Lichtintensität und Lichttemperatur zu messen. Er liefert darüber hinaus auch Kennwerte, welche die Blendwirkung aus menschlicher Sicht wiedergeben. Das Ziel ist die Verbesserung des visuellen Komforts, indem die Steuerung von Beschattungs- und Beleuchtungssystemen optimiert wird.

Dynamische und zirkadiane LED-Beleuchtung

Durch dynamische Beleuchtungsmuster kann der Tagesrhythmus der Gebäudenutzer reguliert und eine Verbesserung der visuellen und kognitiven Leistung erreicht werden. Das dynamische Beleuchtungssystem greift auf modernste Erkenntnisse über die nicht-visuellen Effekte des Lichts auf den Menschen zurück. Die Grundlage für die Umsetzung dieser völlig neuen Beleuchtungsstrategie sind bildverarbeitende Sensoren mit hohem Dynamikbereich und LED-Leuchten mit variabler korrelierter Farbtemperatur. Die positive Wirkung auf Büroarbeitskräfte soll mit Experimenten vor Ort und Post-Occupancy-Evaluierungen (POE) der beteiligten Nutzer belegt werden.

Lebenszyklus/CO₂: Methoden und Werkzeuge

Da sich die in SolAce verwendeten Technologien noch im Entwicklungsstadium befinden, fehlen Informationen und Daten zu deren Nachhaltigkeit noch weitgehend. Dies stellt eine wesentliche Herausforderung bei der Durchführung einer Lebenszyklusanalyse dar. Um sowohl die Prototypen als auch die künftigen Produkte – vorausgesetzt sie erreichen die Marktreife – untersuchen zu können, müssen verschiedene Annahmen getroffen werden. Bei der Beurteilung von SolAce insgesamt sowie der einzelnen Innovationsobjekte im Speziellen werden eine hochmoderne Datenbank und standardisierte Berechnungsmethoden eingesetzt.

SolAce wurde am 24. September 2018 offiziell eingeweiht und für den Betrieb freigegeben. Die Forschungsarbeiten der EPFL in der Unit haben bereits begonnen. In den nächsten Jahren wird die Unit als Aussenstation des Instituts LESO dienen. Diverse Forschende werden die Unit als Arbeitsumgebung nutzen und gleichzeitig temporär in der Unit wohnen. Ergänzt wird diese Belegung durch Studierende und Postdocs, welche in den nächsten Jahren in einem Kooperationsprojekt zwischen der Empa und dem Imperial College London im Themenbereich von urbanen Drohnensystemen forschen.

Peer Reviewed Papers & Book Chapters

Perera, A.T.D., Nik, V.M., Mauree, D., and Scartezzini, J.-L. An integrated approach to design site specific distributed electrical hubs combining optimization, multi-criterion assessment and decision making, *Energy*, 134, pp. 103-120, 2017.

Motamed, A., Deschamps, L., Scartezzini, J.-L. On-site monitoring and subjective comfort assessment of a sunshadings and electric lighting controller based on novel High Dynamic Range vision sensors, *Energy and Building*, 149, pp. 58-72, 2017.

Perera, A.T.D., Nik, V.M., Mauree, D., Scartezzini, J.-L. Electrical hubs: An effective way to integrate nondispatchable renewable energy sources with minimum impact to the grid, *Applied Energy*, 190, pp. 232-248, 2017.

Bouvard, O., Lanini, M., Burnier, L., Witte, R., Cuttat, B., Salvadè, A., Schueler, A. Structured transparent low emissivity coatings with high microwave transmission, *Applied Physics A*, 123(66), pp. 1-10, 2017.

Gong, J., Kostro, A., Motamed, A., and Schüler A. Potential advantages of a multifunctional complex fenestration system with embedded micro-mirrors in daylighting, *Solar Energy*, 139, pp. 412-415, 2016.

Kostro, A., Geiger, M., Scartezzini, J.-L., Schüler, A. CFSpro: ray tracing for design and optimization of complex fenestration systems using mixed dimensionality approach, *Applied Optics*, 55(19), pp. 469-482, 2016.

Assouline, D., Mohajeri, N., Scartezzini, J.-L. Estimation of large-scale solar rooftop PV potential for smart grid integration: A methodological review, *Sustainable Interdependent Networks: From Theory to Application*, 52 p., New York; Springer Publishing.

Invited Lectures

Scartezzini, J.-L. SCCER FEEB&D WP2 Building Energy Management R&D Activities, CTI Evaluation Panel Visit, November 2016, EMPA Dübendorf.

Scartezzini J.-L. NEST/SolAce Unit Presentation, EMPA NEST Review Meeting, September 2016, EMPA Dübendorf.

Schüler, A. Dynamisches Glas: Wie sieht das Fenster 2020/2035 aus? 2. Fachkongress Energie + Bauen, May 2016, St Gallen.

Schüler, A. Nanocomposite optical coatings for solar energy applications, Swiss Nano Convention 2016, June 2016, Basel.

Schüler, A. Smart Materials for Energy-Efficient Glazed Facades, Engineered Skins 2016 Symposium, October 2016, Bern.

Schüler, A. Nanocomposite optical coatings for solar energy applications, Conference on Science and Applications of Thin Films, September 2016, Cesme (Turkey).

Schüler, A. Innovative glazing with dynamic solar heat gains, SCCER FEEB&D Final Meeting Phase I, October 2016, EMPA Dübendorf.

Munari-Probst, M.-C. Solar Energy & Architecture: an Integration Challenge, EUROSUN 2016, November 2016, Palma de Majorca (Spain).

Mauree, D. Conforts thermiques, systèmes énergétiques et climats urbains, Build and Connect 2016, November 2016, Strasbourg (France).

Schüler A. Vitrages innovants pour la façade du future - Innovatives Glas für die Fassaden der Zukunft, Fachtagung Windays, March 2017, Kongresshaus, Bienne/Biel.

Video zur Unit SolAce

<https://youtu.be/pqwikjAwYjM>



2.2 Units – in Planung oder Ausführung

2.2.1 Digitale Fabrikation / DFAB HOUSE

Beteiligte Partner: NFS Digitale Fabrikation, ETH Zürich, ERNE Holzbau, Holcim, Laufen, Schenker Storen, V-ZUG, ABB, AGITEC, Bürgin Creations, digitalSTROM, Duscholux, Nussbaum, Pfister, Schibli, Securiton, Sika, ENGIE Service, Joulia, Lehni, Frutiger, 3Eflow, Carl Meier Sohn, Swisspor, VMZINC.

Die digitale Fabrikation verspricht, die Architektur zu revolutionieren. Die nahtlose Verbindung digitaler Technologien mit dem physischen Bauprozess ermöglicht die Umsetzung bisher ungeahnter Architekturen und kann die Effizienz in der Produktion und die Nachhaltigkeit von Gebäuden entscheidend erhöhen.



Installation von Smart Slab auf der Mesh-Mould-Wand. Foto: Empa

Die Schweizer Bauindustrie setzt sich zurzeit intensiv mit neuen Methoden der digitalen Gebäudeplanung (BIM) auseinander. Die Vorteile eines vollständig datengestützten Planungsprozesses entlang der gesamten Wertschöpfungskette sind heute klar dargelegt. Mit der Unit DFAB HOUSE wird zurzeit aufgezeigt, wie mit modernsten industriellen Fertigungsprozessen die digitale Kette in die physische Ausführung von Bauvorhaben weitergeführt werden kann.

Die ETH Zürich steht heute federführend an der Spitze der Entwicklung und Erforschung von automatisierten und maschinengestützten Produktionsmethoden im Bauwesen. Als Lead Partner in der Unit DFAB HOUSE überführt die ETH erstmals grossmassstäblich ausgewählte Produktionsmethoden in einen realen Nutzbau. Damit können die architektonischen und technischen Implikationen solcher Methoden in einem konkreten Bauvorhaben aufgezeigt und in den nachfolgenden Industrialisierungsprozess rückgeführt werden. Die ausgewählten Fertigungsprozesse sind das interdisziplinäre Forschungsergebnis von acht Professuren der ETHZ im Rahmen des nationalen Forschungsschwerpunkts NCCR Digital Fabrication. Es sind dies:

- Mesh Mould/In-situ Fabricator: Schalungsfreie Vor-Ort-Fabrikation mit Schweißroboter
- Smart Slab: Additive Vor-Fabrikation funktional integrierter Decken
- Smart Dynamic Casting: Vor-Fabrikation nicht-standardisierter Betonelemente mittels robotischem Gleitbauverfahren
- Spatial Timber Assemblies: Massgeschneiderte, robotische Vorfabrikation von Holzbauelementen
- Transluzente Leichtbaufassade
- Digital Living

Mesh Mould

Die neue Bautechnologie Mesh Mould vereint die beiden konventionell separaten Funktionen Schalung und Bewehrung: Ein digital generiertes Modell eines Stahldrahtgitters wird mittels eines Roboters in hoher Präzision gefertigt und danach mit Beton gefüllt. Dank der engen Maschen des Gitters und

der spezifischen Betonmischung fließt der flüssige Beton nicht heraus. Das Stahldrahtgitter übernimmt und vereint so die beiden Funktionen Schalung und Bewehrung. Mesh Mould ermöglicht so, sowohl Standard-Bauelemente als auch statisch optimierte, geschwungene und nichtstandardisierte Geometrien mit minimalem Abfall, weniger Material und Energie, sowie deutlich geringeren Produktionskosten herzustellen.

In-situ Fabricator

Der In-situ Fabricator ist ein mobiler Roboter, der für die Vor-Ort-Fertigung von Bauelementen ausgelegt ist. Dank integriertem Navigations- und Sensorsystem findet sich der mobile Roboter in sich ständig verändernden Baustellenumgebungen zurecht und kann sich autonom positionieren und bewegen. Der Industrieroboterarm kann mit unterschiedlichen Werkzeugen ausgerüstet werden. Dies ermöglicht dem Roboter verschiedene Aufgaben auf Baustellen auszuführen, die für den Menschen gefährlich, ungesund oder zu kompliziert sind. In DFAB HOUSE wurde der Roboter dazu eingesetzt, die feinmaschigen Stahldrahtgitter für eine mit der neuen Bautechnologie Mesh Mould gebaute, tragende Wand zu fabrizieren.

Video zum InSitu Fabricator und Mesh Mould

<https://youtu.be/TCJOQkOE69s>



Smart Slab

Mit einem 3D-Sanddrucker wurden hochaufgelöste, formgebende Elemente einer Geschosdecke vorfabriziert. Die Einzelelemente wurden mit einer Füllung aus ultrahochfestem, faserverstärktem Beton ausgegossen und mit Ankern für die nachträgliche Vorspannung auf der Baustelle ausgestattet. Dank der hohen Auflösung des Druckers konnten verschiedene Funktionen wie Gebäudetechnik, Beleuchtung und Akustik von vornherein in die Bauelemente integriert werden. Die Formfreiheit des Verfahrens ermöglichte zudem, die multifunktionalen Deckenelemente strukturell zu optimieren, so dass gegenüber Standard-Deckenelementen beträchtliche Mengen an Material eingespart werden konnte.

Video zu Smart Slab

<https://youtu.be/FUw3MWhD9dY>



Smart Dynamic Casting

Smart Dynamic Casting ist eine kontinuierliche, robotische Gleitschalungsbauweise, mittels welcher tragende Betonstrukturen mit variablem Querschnitt ohne Schalungsabfall vorfabriziert werden können. Das automatisierte Verfahren besteht darin, dass ein 40cm langes Schalungssegment fortlaufend mit Beton befüllt und kontinuierlich in die Höhe gezogen wird. Spezifische Zusätze sorgen dafür, dass der Beton beim Austritt aus dem Schalungssegment nur soweit abgebunden ist, dass er sich selbst und das Gewicht des darüber liegenden Betons trägt, gleichzeitig aber noch eine definierte Nachformung zulässt. Im Rahmen der Unit DFAB HOUSE ist das Verfahren für die Vorfabrikation der Fassadelemente im Untergeschoss zum Einsatz gekommen.

**Video zu
Smart Dynamic Casting**
https://youtu.be/kZyHNMh_SeU



Spatial Timber Assemblies

Die dreidimensionale, robotische Vorfertigung von hochintegrierten Holzbauerelementen erweitert die geometrischen Gestaltungsmöglichkeiten der Vorfabrikation, minimiert den Montageaufwand von Einzelelementen und erleichtert die Integration von Technik. Im Rahmen der Unit DFAB HOUSE wurde eine beplankte Holzständerkonstruktion gebaut, in welche bereits während der robotischen Vorfabrikation technische Installationen der Gebäudehülle integriert wurden.

**Video zu
Spatial Timber Assemblies**
<https://youtu.be/jA9IJDZuYNk>



Transluzente Leichtbaufassade

Spatial Timber Assemblies ermöglicht die Fabrikation von Strukturen mit einer hohen Steifigkeit in alle Richtungen, ohne dass dafür zusätzliche Bewehrungsplatten notwendig sind. Forschende innerhalb des Projektes DFAB HOUSE nutzten die sich daraus neu ergebende Freiheit in der Materialwahl, um eine ganzheitliche Hightech-Fassadenlösung zu entwickeln. Das innovative lichtdurchlässige Fassadensystem kombiniert die ausgezeichnete Wärmedämmung und Lichtdurchlässigkeit von Aerogel-Granulat mit der Leichtigkeit und der geometrischen Flexibilität eines Membransystemes. Das Resultat dieser patentierten Technologie ist eine schlanke Hochleistungsfassade mit neuartigen ästhetischen Qualitäten.

Die Unit DFAB HOUSE wird am 27. Februar 2019 eröffnet und in Betrieb genommen. Die Unit bietet danach für bis zu vier Personen eine hochwertige Wohnumgebung. Für die mehrjährige Betriebsphase konnte unter Führung des NEST-Innovationsteams eine Allianz von führenden Schweizer Industrieunternehmen geschmiedet werden. Diese Allianz arbeitet zurzeit unter dem Arbeitstitel «Digital Living» konkrete Arbeits- und Entwicklungsthemen aus. Erste Stossrichtungen liegen diesbezüglich auf den Themen Smart Home, Energie-Lastmanagement, Interoperabilität, sowie Gebäude- und Personensicherheit.

Peer Reviewed Papers

Wangler, Timothy, Ena Lloret, Lex Reiter, Norman Hack, Fabio Gramazio, Matthias Kohler, Mathias Bernhard, et al. 2016. Digital Concrete: Opportunities and Challenges. In RILEM Technical Letters 1:67–75. Link

Scotto, F., Lloret Fritschi, E., Gramazio, F., Kohler, M. and Flatt, R. J. 2018. Adaptive Control System for Smart Dynamic Casting – Defining Fabrication-Informed Design Tools and Process Parameters in Digital Fabrication Processes. In Learning, Adapting and Prototyping – Proceedings of the 23rd CAA-DRIA Conference – Volume 1, 255-264, Tsinghua University, Beijing, China. Link

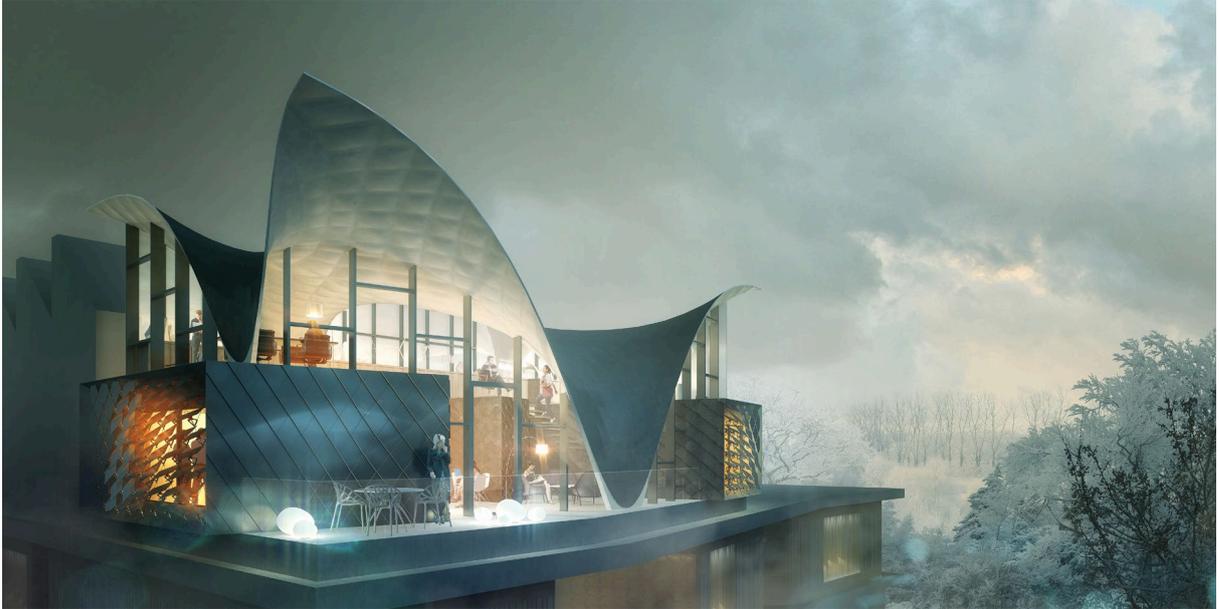
Agustí Juan, I., Müller, F., Hack, N., Wangler, T., and Habert G. 2017. Potential Benefits of Digital Fabrication for Complex Structures: Environmental Assessment of a Robotically Fabricated Concrete Wall. In Journal of Cleaner Production 154: 330–40. Link

- Dörfler, K., Timothy, S., Giffthaler, M., Gramazio, F., Kohler, M., and Buchli, J. 2016. Mobile Robotic Brickwork – Automation of a Discrete Robotic Fabrication Process Using an Autonomous Mobile Robot. In *Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design 2016*, edited by Dagmar Reinhardt, Rob Saunders, and Jane Burry, 204–17. Springer International Publishing. [Link](#)
- Hack, N. et al. 2017. MESH MOULD: AN ON SITE, ROBOTICALLY FABRICATED, FUNCTIONAL FORMWORK. In *High Performance Concrete and Concrete Innovation Conference*, edited by Submitted 01.11 2016. Tromsø. [Link](#)
- Kumar, N. et al. 2017. Design, Development and Experimental Assessment of a Robotic End-Effector for Non-standard Concrete Applications. In *Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, Singapore. [Link](#)
- Timothy, S., Giffthaler, M., Dörfler, K., Kohler, M., and Buchli, J. 2016. Autonomous Repositioning and Localization of an In Situ Fabricator. In *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, Stockholm, 2016, 2852–58. [Link](#)
- Lloret Fritschi, E., Reiter, L., Wangler, T., Gramazio, F., Kohler, M., and Flatt, R.J. 2017. Smart Dynamic Casting: – Slipforming with Flexible Formwork – Inline Measurement and Control. In *Proceedings of the Second Concrete Innovation Conference (CIC)*. Tromsø, Norway. [Link](#)
- Schultheiss, M., Wangler, T.P., Reiter, L., and Flatt R.J. 2016. Feedback Control of Smart Dynamic Casting through Formwork Friction Measurements. In *SCC 2016*
- 8th International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete, 637–44. Washington, DC, USA. [Link](#)
- Aghaei-Meibodi, M., Bernhard, M., Dillenburger B., and Jipa, A. 2017. The Smart Takes from the Strong. In *Fabricate 2017: Rethinking Design and Construction*, 210–17 London: UCL Press. [Link](#)
- Jipa, A., Bernhard, M., Dillenburger B., and Aghaei-Meibodi, M. 2016. 3D Printed Stay-in-Place Formwork for Topologically Optimised Concrete Slabs. *TxA: Emerging Design and Technology 2016*, San Antonio, Texas, submitted / to be published. [Link](#)
- Ruffray, N. et al. 2017. Complex architectural elements from UHPFRC and 3D printed sandstone. In *Proceedings of AFGC-ACI-fib-RILEM International Symposium on Ultra-High Performance Fibre-Reinforced Concrete (UHPFRC)*, 135–44. Montpellier, France. [Link](#)

2.2.2 HiLo

Beteiligte Partner: ETH Zürich, Holcim (Schweiz) AG, Flisom AG, Künzli Holzbau, Sika, Supermanoeuvre, Marti, Mensch und Maschine, Autodesk, BASF.

Die Unit HiLo demonstriert auf eindrückliche Weise die Möglichkeiten im Leichtbau. Die zweigeschossige Unit dient als Arbeitsraum, so kommen unter anderem neuartige bautechnische Lösungen aus ultra-leichten Betonschalen zum Einsatz.



Visualisierung HiLo. Bild: Empa, ETH Zürich

Für HiLo sind zwei Forschungsgruppen der ETH Zürich verantwortlich: die BLOCK Research Group (BRG) des Instituts für Technologie in der Architektur sowie die Assistenzprofessur für Architektur & Nachhaltige Gebäudetechnologien (SuAT). Die Forscher und Architekten kombinieren in HiLo Ultra-Leichtbau im Bereich der Böden und des Dachs und adaptive Gebäudetechnik am Beispiel einer Solar-Fassade.

Innovationsobjekte:

- Leichtbau-Dachkonstruktion
- Leichtbau-Bodenkonstruktion
- Leichtbau-Schalung
- Adaptive Solarfassade

Leichtbau-Dachkonstruktion

Das HiLo-Dach ist mit rund 70mm Dicke extrem leicht und dünn. Die grosse Oberfläche der Betonschale wird für die Wärmeübertragung mittels eines hydronischen Niedertemperaturheizungs- und Kühlsystems genutzt. Ausserdem wird das Dach mit hocheffizienten Dünnschicht-Photovoltaikzellen bestückt, um die solaren Energiegewinne zu steigern.

Leichtbau-Bodenkonstruktion

Dank einer gewölbten Rippenstruktur spart die Leichtbau-Konstruktion im Vergleich zu herkömmlichen Betonböden mehr als 70% Material ein. Die Bodenelemente lassen sich modular vorfertigen und einfach vor Ort installieren. Die Hohlräume ermöglichen die effiziente Integration von Lüftung, Kühlung und Niedertemperatur-Heizung.

Leichtbau-Schalung

Für die Leichtbau-Dachkonstruktion kommt eine wiederverwendbare Schalung aus Kabelnetz und Gewebe zum Einsatz. Sie erlaubt die Realisierung der doppelt gekrümmten Dachschale ohne die üblicherweise damit verbundenen hohen Arbeits- und Ressourcenaufwände. Das Schalungssystem bietet einen hohen Grad an Kontrolle über die Form, so dass diese auf verschiedene Kriterien hin optimiert werden kann.

Adaptive Solarfassade

Die adaptive Solarfassade ist eine dynamische Fassade aus Dünnschicht-Photovoltaikmodulen mit weichen, pneumatischen Antrieben für solare Nachführsysteme und Tageslichtsteuerung. Die Elemente sind sowohl für die solare Energiegewinnung als auch für die Beschattung zuständig und steuern die Transparenz der Fassade. Sie können sich drehen, um auf Veränderungen von aussen und auf Anforderungen von innen zu reagieren. Die Module werden zum einen durch Sensorik und zum anderen durch die direkte Einflussnahme der Personen im Innern des Gebäudes gesteuert. Adaptive Lernalgorithmen ermöglichen die kontinuierliche Verbesserung des Verhaltens und damit die Anpassung der Module an ihre Nutzer und ihre Umgebung.

Die Inbetriebnahme von HiLo ist für Q1 2020 vorgesehen.

Peer Reviewed Papers

Jayathissa, P., Caranovic, S., Hofer, J., Nagy, Z., Schlueter, A. Performative design environment for kinetic photovoltaic architecture. *Automation in Construction*, vol. 93, no. May, pp. 339–347, 2018.

Hofer, J., Svetozarevic, B., Schlueter, A. Hybrid AC/DC building microgrid for solar PV and battery storage integration, Conference: IEEE Second International Conference on DC Microgrids (ICDCM), 2017.

Block, P. and Schlueter, A. et al. NEST HiLo: Investigating lightweight construction and adaptive energy systems, *Journal of Building Engineering*, Volume 12, 2017, Pages 332-341.

Lydon, G.P., Hofer, J., Svetozarevic, B., Nagy, Z., Schlueter, A. Coupling energy systems with lightweight structures for a net plus energy building, *Appl. Energy*, 189 (2017), pp. 310-326.

Lydon, G.P., Hofer, J., Nagy, Z., Schlueter, A. High-resolution analysis for the development of tabs in lightweight structures, in: *IBPSA Building Simulation 2017*, San Francisco, USA, 2017.

Liew, A., López López, D., Van Mele, T., and Block, P. Design, fabrication and testing of a prototype, thin-vaulted, unreinforced concrete floor, *Engineering Structures*, 137: 323-335, 2017.

Jayathissa, P., Jansen, M., Heeren, N., Nagy, Z., and Schlueter, A. Life cycle assessment of dynamic building integrated photovoltaics. *Solar energy materials and solar cells* 156, 75-82, 2016

Lydon, G.P., Hofer, J., Nagy, Z., Schlueter, A., Thermal analysis of a multifunctional floor element, In: *IBPSA Building Simulation and Optimization 2016*, Newcastle, UK, 2016.

López López, D., Veenendaal, D., Akbarzadeh, M., and Block, P. Prototype of an ultra-thin, concrete vaulted floor system. *Proceedings of the IASS-SLTE 2014 Symposium*, Brasilia, Brazil, 2014.

Veenendaal, D. and Block, P. Design process for a prototype concrete shells using a hybrid cable-net and fabric formwork. *Engineering Structures*, 75: 39-50, 2014.

Veenendaal, D., Bezbradica, M., Novak, D., and Block, P. Controlling the geometry and forces of hybrid cable-net and fabric formworks. *Proceedings of the IASS-SLTE 2014 Symposium*, Brasilia, Brazil, 2014.

- Groenewolt, A., Bakker, J., Hofer, J., Nagy, Z., Schlueter, A. Methods for modeling, analysis and optimization of bendable photovoltaic modules on irregularly curved surfaces. *Int. Journal of Energy and Environmental Engineering*, 2016.
- Hofer, J., Nagy, Z., Schlueter, A. Electrical design and layout optimization of flexible thin-film photovoltaic modules. *EU PVSEC Conference*, Munich, Germany, 2016.
- Lydon, G.P., Willmann, A., Hofer, J., Nagy, Z., Schlueter, A. Balancing operational and embodied emissions for the energy concept of an experimental research and living unit, In: *Proceedings of CIS-BAT*, Lausanne, Switzerland, 2015.
- Méndez Echenagucia, T., Roozen, B., and Block, P. Minimization of sound radiation in doubly curved shell structures by means of stiffness. *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) Symposium 2016*, Tokyo, Japan, 2016 (September).
- Jayathissaa, P., Luzzatto, M., Schmidli, J., Hofer, J., Nagy, Z., Schlueter, A. Optimising Building Net Energy Demand with Dynamic BIPV Shading. *Applied Energy*, 202, 726-735, 2017.
- Jayathissa, P., Schmidli, J., Hofer, J., Schlueter, A. Energy performance of PV modules as adaptive building shading systems. *EU PVSEC Conference*, Munich, Germany, 2016.
- Jayathissa, P., Caranovic, S., Begle, M., Svetozarevic, B., Hofer, J., Nagy, Z., Schlueter, A. Structural and Architectural Integration of Adaptive Photovoltaic Modules. *Conference on Advanced Building Skins*, Bern, Switzerland, October 10-11, 2016.
- Nagy, Z. et al. The Adaptive Solar Facade: From Concept to Prototypes. *Frontiers of Architectural Research*, 5, 2, 2016.
- Jayathissa, P., Caranovic, S., Begle, M., Svetozarevic, B., Hofer, J., Nagy, Z., Schlueter, A. Structural and Architectural Integration of Adaptive Photovoltaic Modules. *Conference on Advanced Building Skins*, Bern, Switzerland, October 10-11, 2016.
- Svetozarevic, B., Nagy, Z., Hofer, J., Jacob, D., Begle, M., Chatzi, E., Schlueter, A. SoRo-Track: A Two-Axis Soft Robotic Platform for Solar Tracking and Building-Integrated Photovoltaic Applications. *IEEE Int. Conference on Robotics and Automation*, Stockholm, Sweden, 2016.
- Hofer, J., Groenewolt, A., Jayathissa, P., Nagy, Z., Schlueter, A. Parametric analysis and systems design of dynamic photovoltaic shading modules. *Energy Science and Engineering*, 4, 2, 134–152, 2016.
- Rossi, D., Nagy, Z., and Schlueter, A. Adaptive Distributed Robotics for Environmental Performance, Occupant Comfort and Architectural Expression, *Int'l. Journal of Architectural Computing*, vol.10, No.3, pp.341-360, September 2012.
- Svetozarevic, B., Nagy, Z., Rossi, D., and Schlueter, A. Experimental Characterization of a 2-DOF Soft Robotic Platform for Architectural Applications, *Robotics: Science and Systems, Workshop on Advances on Soft Robotics*, Berkeley, CA, USA, 2014.
- Rossi, D., Nagy, Z., and Schlueter, A. Simulation Framework for Design of Adaptive Solar Facade Systems, *CISBAT*, Lausanne, Switzerland, 2013.
- Nagy, Z., Hazas, M., Frei, M., Rossi, D., and Schlueter, A. Illuminating Adaptive Comfort: Dynamic Lighting for the Active Occupant, in *Proc. 8th Windsor Conference: Counting the Cost of Comfort in a Changing World*, April 2014, London, UK.

Invited Lectures

- First RILEM International Conference on Concrete and Digital Fabrication, ETH Zurich
- 9th Institute of Structural Engineers (IStructE) Asia-Pacific Forum on “Going Digital in Structural Engineering”, Shanghai, China
- Footbridge 2017, TU Berlin, Germany
- DigitalFUTURE Shanghai 2017, Tongji University, Shanghai, China
- University College, Bartlett School of Architecture, London, UK
- University of Bath, Department of Architecture and Civil Engineering, Bath, UK
- Geometry and Computational Design (GCD) Symposium, TU Vienna, Austria

Structural Engineering Day, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden
Symposium on Computational Fabrication, MIT CSAIL, Cambridge, MA, USA
Institute for Advanced Architecture of Catalonia, Barcelona, Spain
Polytechnic University of Valencia, Department of Architecture, Valencia, Spain
University of Michigan, Taubman College of Architecture and Urban Planning, Ann Arbor, MI, USA
Cardiff University, Welsh School of Architecture, Cardiff, UK
Geometry and Computational Design (GCD) Symposium, TU Vienna, Austria
Structural Engineering Day, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden
Symposium on Computational Fabrication, MIT CSAIL, Cambridge, MA, USA
TU Darmstadt, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Darmstadt, Germany
Princeton University, Department of Civil and Environmental Engineering, Princeton, NJ, USA
University of British Columbia, School of Architecture, Vancouver, Canada
Czech Technical University in Prague, Faculty of Architecture, Prague, Czech Republic
Chalmers University of Technology, Department of Architecture, Gothenburg, Sweden
University of Oregon, Department of Architecture, Eugene, WA, USA
University College London, The Bartlett School of Architecture, London, UK
University of Applied Arts, Institute of Architecture, Vienna, Austria
University of Kassel, School of Architecture, Urban Planning and Landscape Architecture, Germany
ETH Zurich, Department of Architecture, Zurich, Switzerland
Monash University, Faculty of Art, Design and Architecture, Melbourne, Australia
Syracuse University School of Architecture London Program, London, UK
Architectural Association, School of Architecture, London, UK
RMIT University, Design Research institute, Melbourne, Australia
University of Technology Sydney, Faculty of Design, Architecture & Building, Sydney, Australia
Vrije Universiteit Brussel, Department of Architectural Engineering, Brussels, Belgium
Université Catholique de Louvain, Faculty of Architecture, Architectural Engineering and Urbanism, Louvain-la-Neuve, Belgium

2.3 Units oder Themen – in Ideation

2.3.1 Steel House

Mit der Unit Steel House soll ein Konzept zum Thema modularer Wohnungsbau in Stahl untersucht werden. Das Konzept mit entkoppelten, normierten Einheiten soll eine hohe Flexibilität und Anpassbarkeit auf diverse Nutzungsanforderungen bieten. Ein bewusster Low-Tech-Ansatz mit hohem Vorfertigungsgrad hält die Kosten tief und soll somit eine weitere Alternative für bezahlbares Bauen aufzeigen. Die modularen Konstruktionslösungen und das Material Stahl tragen ausserdem durch einfache Rezyklierbarkeit dem Nachhaltigkeitsprinzip Rechnung.

Nach längerer Suche in der Industrie hat sich ein grosser Bauherr interessiert gezeigt. Zusätzlich gewinnt das Projekt Aufwind durch eine Projekterweiterung aus dem Bereich BIM. Mit der FHNW konnte ein Partner mit an Bord genommen werden, der in diesem Projekt exemplarisch einen BIM Showcase entwickeln und aufzeigen möchte. Dieses Teilprojekt ist für den Bauherrn von zusätzlichem, besonderem Interesse, da bei diesem Unternehmen nach wie vor keine belastbaren und nachhaltigen BIM-Prozesse und -Werkzeuge implementiert werden konnten. Auf den operativen Ebenen hat das Projekt starken Zuspruch gefunden. Auf den strategischen Ebenen muss nun noch die entsprechende Aufmerksamkeit generiert werden.

2.3.2 Gastro

Diese Unit soll diverse Prozesse im Gastro-Bereich optimieren.

Innovationsthemen:

- Optimierter und digitaler Betrieb
- Erhöhung der Raum-Flexibilität (Essen, Arbeiten, Lounge, Bar)
- Verbesserung der Akustik
- Verbesserte Luftqualität
- Einsatz von Robotics
- Neue Zusammenarbeitsmodelle, um Betreiber von Anfang an zu integrieren

Die Gastro-Unit befindet sich in der Ideation-Phase und die Inhalte werden weiterentwickelt.

3 Energy Hub

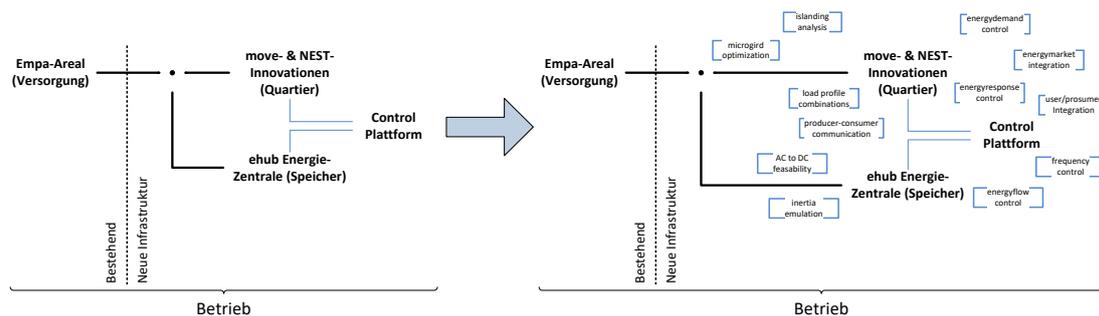
Beteiligte Partner: TwingTec, ABB, Viessmann, Swissgrid, e360, Aurora's Grid, Glattwerk, H2 Energy, FZSonick, HES SO, BFE, CCEM, Beckhoff, HSR, PSI, FHNW, HSLU, ETH, EPFL, ESC, SCS, SGS, Innosuisse

3.1 Ausgangslage

Mit dem Bau der Demonstratoren move und NEST, welche als Forschungsplattformen im Mobilitäts-, Bau- und Gebäudebereich, innovative Lösungen zusammen mit Projektpartnern entwickeln und fördern, wird eine Energie-Zentrale benötigt, welche diese Demonstratoren auch zur Plattform für Energiefragen macht. Dieser Schlussbericht des BFE geförderten Projekts «NEST» beinhaltet folgend die Planung, Realisierung, Fertigstellung und Inbetriebnahme dieser Energiezentrale ehub (Energy Hub) inkl. der ersten Durchführung von internen und externen Forschungsprojekten. Der Fokus dabei liegt auf dem elektrischen Teil der Infrastruktur, deren Nutzen und dem Microgrid, welches das elektrische Netz ergänzt.

3.2 Systemauslegung

Die Grundidee des ehub ist es, einen Ort zu schaffen an dem neue Konzepte der Energiespeicherung, -umwandlung und -verteilung im Gebäude, bis hin zum Quartier implementiert und verifiziert werden können. Das Leuchtturmprojekt NEST bietet dabei zusammen mit einem Demonstrator im Mobilitätsbereich (move) die Quartierinfrastruktur.



Schwerpunkte Erstellung und Betrieb

3.3 Plattform

Da unterschiedliche Energiekonzepte implementiert werden sollen, ist der ehub so ausgelegt, dass unterschiedliche Anlagen der Demonstratoren, unterschiedlichen Forschungsprojekten zugeteilt werden können. Betrachtet man die eingesetzten Komponenten des ehub, verkörpert er einerseits die Energiezentrale des Quartiers, die zentral thermische und elektrische Energien bereitstellen oder aufnehmen kann. Andererseits und zusätzlich, sind die beteiligten Verbraucher und Erzeuger von NEST und move so integriert, dass sie – konventionell – von der lokalen Steuerung aus angesteuert werden können (Grundbetrieb), jedoch auch von Forschungsprojekten übersteuert werden können. Dies sind unterschiedliche Projekte, die während definierten Zeiten auf die Anlagen zugreifen können, Messsignale auslesen können und die Anlage mit ihren Steuersignalen betreiben können. Ist kein Forschungsprojekt aktiv oder steuert der Forschungsalgorithmus die Anlage in einen Bereich ausserhalb der Spezifikationen, übernimmt die konventionelle, lokale Steuerung wieder.

3.4 System

Die einzelnen Anlagen (z.B. Lüftung des NEST-Backbones, Verschattung in einer NEST-Unit, Batteriespeicher der Energiezentrale) sind auf dem Stand der Technik ausgelegt. Sie funktionieren im Grundbetrieb autonom und robust wie konventionelle Anlagen.

Der technologische und gesellschaftliche Wandel stellt das heutige Energieversorgungssystem vor ungelöste Fragen: Wie viele zentrale oder dezentrale Speicher sind unter verschiedenen Gesichtspunkten sinnvoll (ökonomisch, ökologisch)? Welche neuen Pricing-Konzepte sind für EVUs mit den heutzutage verfügbaren Technologien denkbar und welche Informationen müssen zwischen EVU und Kunde ausgetauscht werden (wenn überhaupt)?

Die Möglichkeit, die einzelnen Anlagen im Forschungsbetrieb zu verbinden, erlaubt es, neue Konzepte der Anlagenbewirtschaftung zu implementieren und Antworten auf diese akuten Fragen der Wirtschaft und der Wissenschaft zu geben.

3.5 Stand der Arbeiten

Die drei Demonstratoren der Empa – move, NEST und ehub – wurden in Betrieb genommen. Neben dem operationellen Betrieb der Infrastruktur werden projektspezifische Erweiterungen an Hardware und Software durchgeführt. Dies betrifft den Zubau von NEST-Units (Einzelgebäude), aber auch Quartier-Energie-Anlagen, wie Methanisierungsanlagen für den Mobilitätsteil und Power-to-gas-Cycle, sowie den Zubau von thermischen und elektrischen Speichern für spezifische Projekte.

3.6 Planung und Engineering des Energy-Hub-Konzepts

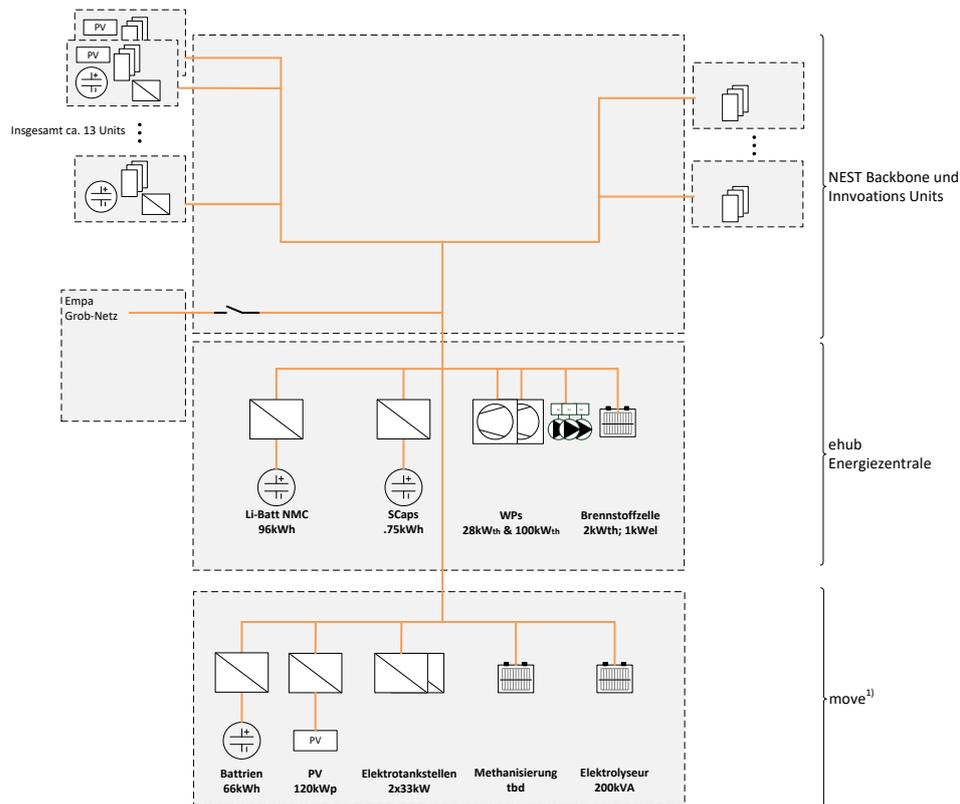
3.6.1 Elektrische Komponenten und Netze

Das elektrische System besteht aus einem Cluster mehrerer Technologien. Diese sind:

- Batterien und Superkondensatoren,
- PV-Anlagen,
- Brennstoffzellen und
- Bypass und Inselnetzschaltung.

Der Lastteil dieser Komponenten befindet sich auf demselben Netz, dem NEST-Grobnetz. Dieses kann vom Versorgungsnetz losgekoppelt werden, so dass das elektrische System autonom laufen kann.

Der Steuerungsteil der Komponenten befindet sich auf einem eigenständigen Netz (dem Not-Netz), welches unabhängig vom Lastpfad geführt ist. So können Spannungsspitzen der autonomen Lasten keine Einflüsse auf die Steuerungen haben, die das Netz stabil halten sollen.



Schematische Übersicht des elektrischen Grob-Netzes und der Kernkomponenten

Batterien und Superkondensatoren

Die Batterien dienen als Energiespeicher und dynamische Quelle im autarken sowie im netzgekoppelten Betriebsfall. Eine Analyse bestehender Marktprodukte liess die Wahl auf Lithium-Ionen (G-NMC) Batterien von Leclanche fallen. Zusätzlich wurden 66kWh Flüssigsalzbatterien bei move integriert, um verteilte, dezentrale Speichertechnologien analysieren zu können.

Zur Abschätzung der benötigten Energie wurde eine Simulation der erwarteten Lastprofile mit unterschiedlich grossen Batterien durchgeführt. Eine Installation von 100kWh bei Leistungsspitzen von 70kW ermöglichen es, NEST einen Tag im Sommer autonom zu betreiben. Die Installation wird so ausgeführt, dass weitere Speicher hinzugefügt werden können, wenn sich die Rahmenbedingungen ändern (je nach implementiertem Themenschwerpunkt der NEST-Innovationen können unterschiedliche elektrische und thermische Anforderungen resultieren).

Orientiert an einem Versuchsaufbau am EPFL-DESL wurden die Wechselrichter so ausgesucht, dass ein schnelles Kommunikationsinterface zur Verfügung steht und ein Inselnetzbetrieb erstellt werden kann.

Die Superkondensatoren dienen als Unterstützung der Batterien. Die relativ günstigen und sehr schnell agierenden SCaps sollen elektrische Spitzen tragen und so eine übermässige Alterung der relativ kostenintensiven Batterien vermeiden. Zur Abschätzung der benötigten Leistung wurde die grösste instantane Laständerung einer Komponente untersucht und anhand eines angenommenen Ausgleichprofils die benötigte Energie abgeleitet.

PV-Anlagen

Es sollen vereinzelte PV-Anlagen installiert werden. Diese reichen von kleineren Fassaden-Anlagen von 3kW bis grossen Dachflächen von ca. 100kW. Der Realisierungszeitraum erstreckt sich bis ins Jahr 2020; bis zur angenommenen Vollbelegung der Innovationsflächen von NEST. Es ist geplant, unterschiedliche PV-Technologien einzusetzen. Z.B. flexible Dünnschicht-Zellen die auf geschwungene

Oberflächen aufgebracht werden, oder Tracking-Module, die dem Sonnenstand oder anderen Sollwerten folgen können. Gleich wie bei den Wechselrichtern der Batterien und SCaps, wird bei den Wechselrichtern der PV-Anlagen darauf geachtet, dass ein schnelles Kommunikationsinterface zur Verfügung steht, dass die Sub-Sekunden-Stellbefehle akkurat implementiert werden können.

Brennstoffzellen

Eine weitere elektrische resp. thermische Quelle, die installiert wird, ist eine Brennstoffzelle, die mit Erdgas betrieben wird, welchem Wasserstoff beigesetzt wird. Die Brennstoffzelle soll im Dauerbetrieb gehalten werden. Lediglich die Wasserstoffkonzentration wird variiert. Der Wasserstoff wird im move mittels Elektrolyse erzeugt und gelagert. Mit einer Verbindungsleitung zum ehub wird der Wasserstoff transportiert. Dieses Wasserstoffnetz wird neu gebaut. Man definierte Sicherheitsorgane und Systemdrücke nach den angewandten Regeln der Technik.

Die thermische Leistung der Brennstoffzelle liegt bei 2kW. Mit einem Gas-Zusatzbrenner kann auf 20kW erhöht werden. Im Grundbetrieb des ehub ist jedoch die Verwendung des Zusatzbrenners nicht implementiert.

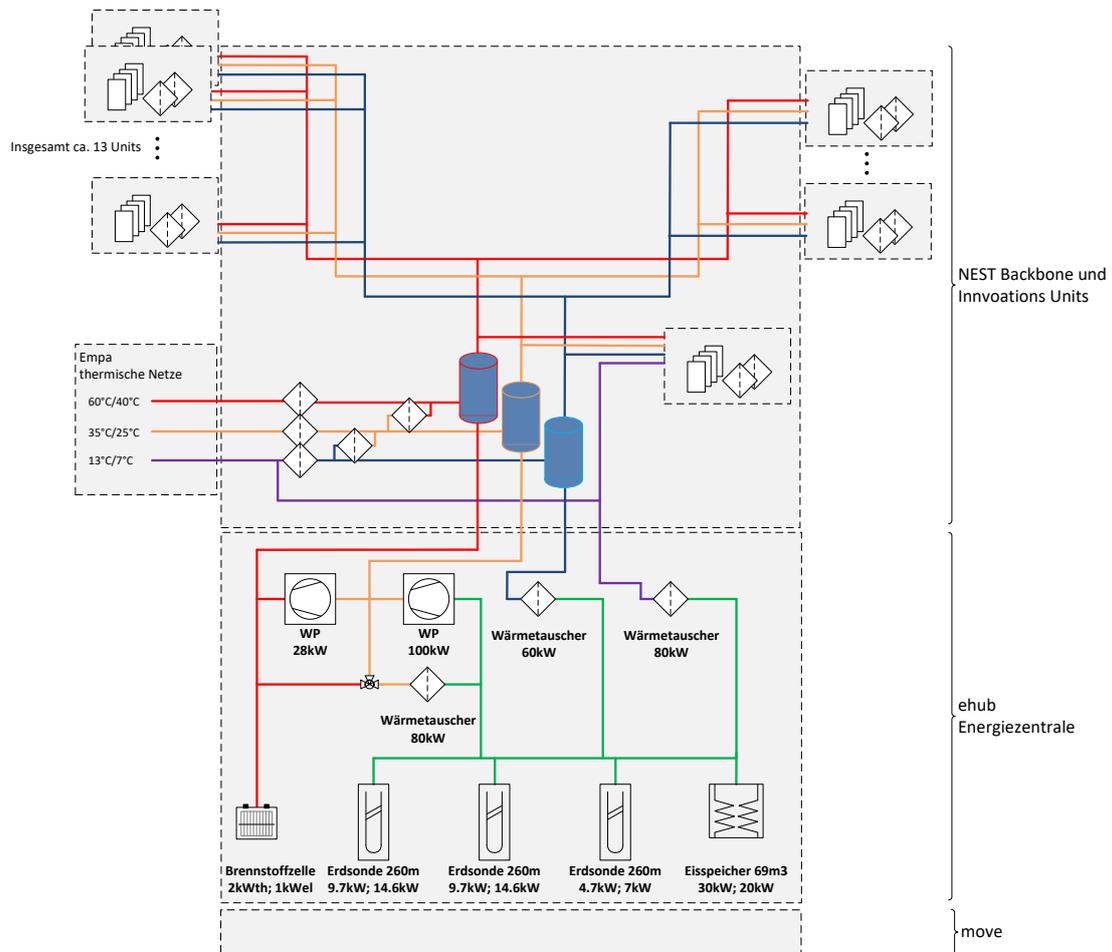
Bypass und Inselnetzschaltung

Die Batterien sind über einen Bypass eingebunden, so kann die gesamte Batterien-Installation und SCap-Installation vom Netz getrennt werden, ohne dass die Spannungsversorgung zu NEST unterbrochen wird. Ein Teil dieser Bypass-Schaltung ist auch der Netzfreeschalter, welcher das NEST autark schalten kann.

3.6.2 Thermische Komponenten und Netze

Neben den elektrischen Netzen und deren Komponenten sind die thermischen Installationen ebenfalls auf eine flexible Nutzung (Flussrichtung, Übergangsspeicher, Langzeitspeicher, Konversion) ausgelegt.

- Wärmepumpen,
- Erdsonden,
- Eisspeicher und,
- Brennstoffzellen.



Schematische Übersicht der thermischen Netze und Kernkomponenten

Wärmepumpen

Um die benötigte Wärme respektive Kälte bereitzustellen, werden zwei Wärmepumpen eingesetzt. Diese werden zwischen den drei thermischen Hauptnetzen eingesetzt. Als Energiequelle kann aber auch das Erdreich benutzt werden. Weitere Wärmepumpen sind in einzelnen NEST-Units verbaut.

Erdsonden

Zwei konventionelle 260m Erdsonden und eine «Thermpipe» die 12m tief ist, ermöglichen einen thermischen Austausch mit dem Erdreich. Probemessungen ergaben, dass man mit allen Erdsonden zusammen maximal ca. 37kW laden und mit ca. 25kW entladen kann. Das hydraulische System wurde so ausgelegt, dass gegebenenfalls weitere Sonden installiert werden können.

Eisspeicher

Es wurde ein Eisspeicher mit einem Volumen von 65m³ installiert, der ein Laden von 20kW und ein Entladen von 30kW erlaubt.

3.7 Regelsystem und Automation der ehub-Plattform

Die Steuerungskomponenten und die dahinterliegende IT-Infrastruktur wurden so gewählt, dass eine autonome Kommunikation für spezifische Forschungsprojekte gewährleistet werden kann. Zusätzlich wurden Betriebsarten der Steuerungskomponenten definiert, die das Einbinden weiterer forschungsrelevanter Komponenten und Regelalgorithmen erlauben.

Die Wahl der Industrie-Kontroller fiel auf Komponenten von Beckhoff Automation, die Industrie Steuerungen herstellen, welche auch im Gebäudebereich eingesetzt werden können. Sie haben den Vorteil, dass viele Protokolle implementiert werden können, sie robust laufen und eine sehr hohe Taktung resp. Zykluszahl besitzen.

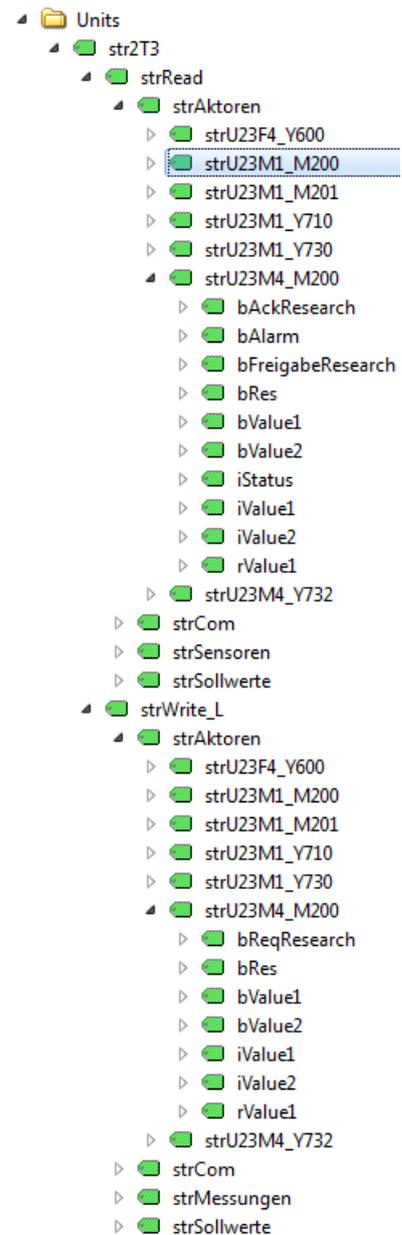
Softwarearchitektur

Um die gewünschte Flexibilität bereitzustellen, aber trotzdem einen sicheren Betrieb der Anlage gewährleisten zu können, wurden zwei unterschiedliche Betriebsarten definiert, die allen Aspekten nachkommen sollen. Dies sind der Grundbetrieb und der Forschungsbetrieb. Beide Betriebsarten sind auf derselben Hardware implementiert. Sie unterscheiden sich also nur in der Programmwahl und in der implementierten Logik.

Der Grundbetrieb orientiert sich stark an den Gegebenheiten der anderen Gebäudeautomationssysteme auf dem Empa-Areal. Der Hauptzweck ist es, einen sicheren Betriebsfall der Kernsysteme im NEST sicherzustellen und ein SCADA-System zu haben, das eine sichere Alarmierung und Pikett-Aufbietung zulässt. Die Teilsysteme laufen im Grundbetrieb autonom und werden im SCADA visualisiert.

Der Forschungsbetrieb hingegen bietet die Plattform für Forscher, um unterschiedliche Regelalgorithmen zu implementieren. Diese laufen anstatt der Algorithmen des Grundbetriebs. Die Implementierungen im Forschungsbetrieb haben unterschiedlichen Charakter, je nach Forschungsschwerpunkt. Dies bedeutet auch, dass Teilsysteme nicht mehr autonom betrieben werden müssen, sondern übergreifend und gesamtheitlich betrieben/optimiert werden können. Zur vereinheitlichten Integration von erweiterten NEST-Units oder Simulationsumgebungen wurde eine standardisierte Schnittstelle auf Basis der Semantik des OPC-UA-Kommunikationsbusses (Namespace-Definition) geschaffen. Die Forschungsprojekte sind von begrenzter Dauer und sollen sich in ihrem Zugriff auf die Anlagen ständig abwechseln. Ein Access-Management, aufbauend auf dem OPC-UA-Kommunikationsbus, erlaubt es, definierte Zugriffe freizugeben.

Alle Server werden virtualisiert in einer Cloud-Lösung betrieben.



Beispielhafte Namespace Definition

3.8 Erweiterungen

Innerhalb dieses Projekts wurde eine erste Version des ehub erstellt. In Zukunft wird der ehub erweitert, ausgebaut und durchzusätzliche Speicher und unterschiedliche Verbraucher ergänzt.

Weitere Systemanpassungen und -erweiterungen werden im Verlauf der Lebenszeit des ehub durchgeführt. Dies liegt in der Natur des ehub als Plattform für Forschungsfragen in einem Bereich, der sich technologisch schnell wandelt und dessen Problemstellungen fortwährend aktuell sind. So wurden beispielsweise im Nano-Terra.ch-Projekt «heatreserves» Aggregationen thermischer Lasten für den Sekundärregelmarkt untersucht und implementiert.

3.9 Analyse und Betriebsszenarien

Die Komponenten sind so dimensioniert, dass der ehub als Quelle für Wärme, Kälte und Elektrizität fürs NEST dienen kann und die Versorgung durch das Empa-Areal minimiert werden kann. Der ehub kann seine Wärme und Kälte aus dem Erdreich, den Prozessen der NEST-Units und dem Betrieb der Brennstoffzelle beziehen.

Elektrizität wird primär durch die PV-Installationen zur Verfügung gestellt. Bei Bedarf werden Verbraucher versorgt, Überschuss wird gespeichert. Es kann auch auf die Verbraucher zugegriffen werden, um eine Priorisierung der Verbräuche zu ermöglichen. Im Grundbetrieb kann so sichergestellt werden, dass erneuerbare Quellen optimal genutzt werden. Im Forschungsbetrieb können weiterführende Betriebsszenarien implementiert und analysiert werden.

Zur Energieanalyse erstellter NEST-Units wurde eine gewichtete Energiekennzahl (EKZ) definiert. Diese zieht die saisonale Verfügbarkeit einzelner Energieträger in Bezug zu den anfallenden Lastprofilen und Produktionsprofilen der einzelnen Units. Die EKZ ist so definiert, dass sie in die Planungsphase des Bauprozesses einfließen kann und während dem Betrieb der Units mit Messwerten verifiziert werden kann. Eine intermediäre Evaluation über NEST zeigt Units die unterschiedlich abschneiden. Die zu diesem Zeitpunkt (08.03.2018) verbaute Wohn-Unit schnitt überdurchschnittlich ab (EKZ: 33 im Wohnbereich; erlaubter Grenzwert: 38). Die Büro-Unit zeigte Verbesserungspotential (EKZ: 98, erlaubter Grenzwert: 53), schnitt jedoch besser ab als konventionelle Büro-Bauten der Empa (EKZ: 257.5).

ehub bietet Zugänglichkeit für Messdaten der Empa-Demonstratoren als eine Plattform für Forscher und Entwickler. Dies kann einerseits über RDP-Zugriffe, REST-API-Schnittstellen, Public-OPC-UA-Abfragen oder Browser-Abfragen durchgeführt werden.

3.10 Projektübersicht

Laufende Projekte

- Eco-friendly and Ageing-Aware Energy Management Software for Li-ions Battery (BFE ECO-BATTEM)
- Future energy efficient buildings and districts Phase 2 (SCCER FEEB&D Phase 2)
- Coherent Energy Demonstrator Assessment (SCCER JA CEDA)
- SAlt, Lithium-ion and SuperCapacitors storages in the distribution grid (SALISC)
- Efficient tethered drones for airborne wind energy (innosuisse T10)
- Algorithmic Regulation & Control: A novel hybrid data-driven approach for enhancing building performance along the life cycle (ARC)
- BFE ReMaP

Abgeschlossene Projekte

- Nano-Terra.ch heatreserves
- CCEM ideas4cities

- Future energy efficient buildings and districts Phase 1 (SCCER FEEB&D Phase 1)
- Optimized local control scheme for active distribution grids using machine learning techniques
- Google Summer of code: Visualization Dashboard for Empa-NEST

Video zum Energy Hub
<https://youtu.be/-VmdMevJPZc>



4 Water Hub

Beteiligte Partner: Eawag, Vuna GmbH, Duravit AG, Georg Fischer AG, Geberit AG, Laufen AG, 3E Flow, Empa

Der Water Hub ist ein experimenteller Standort, der es Eawag-Forschenden ermöglicht, Abwasser getrennt zu sammeln und Technologien für dessen Aufbereitung zu entwickeln und vorzuzeigen. Mit der Trennung von Abwasser an der Quelle wird es möglich, Ressourcen gezielt zu recyceln. Somit trägt der Water Hub dazu bei, vielversprechende Lösungen zur Reduktion des Wasserverbrauchs und zur Nutzung verschiedener Stoffe im Abwasser weiterzuentwickeln.



Ansicht Water Hub. Foto: Eawag, Aldo Todaro

Ein sparsamer Umgang mit Wasser ist weltweit ebenso wichtig wie die nachhaltige Nutzung energetischer Ressourcen. Das Projektteam konzentriert sich im NEST auf drei Recycling-Technologien:

- Urin: das NEST recycelt Nährstoffe und produziert seinen eigenen Dünger «Aurin».
- Grauwasser: gereinigtes Abwasser aus Küche und Bad soll wiederverwendet werden.
- Fäkalien: Gepresster und getrockneter Fäkalschlamm dient der Energiegewinnung.

4.1 Dünger aus Urin

Der im NEST gesammelte Urin wird in Zusammenarbeit mit dem Eawag-Spin-Off Vuna GmbH (www.vuna.ch) komplett in Flüssigdünger umgewandelt. Mit einem biologischen Verfahren wird sichergestellt, dass die Nährstoffe nicht verloren gehen. Durch die Behandlung des stabilisierten Urins mit einem Aktivkohlefilter werden Mikroverunreinigungen entfernt und in einem letzten Prozessschritt wird der Urin mittels einem Verdampfer aufkonzentriert. Der fertige Dünger «Aurin» steht am NEST-Empfang zum Verkauf, als im NEST gefertigtes Produkt. Seit diesem Frühjahr ist der Flüssigdünger offiziell vom Bundesamt für Landwirtschaft auch für essbare Pflanzen zugelassen. Das Urinaufbereitungsverfahren wird im Hinblick auf Energieaufwand, Kosten und Wartungsaufwand laufend weiter optimiert.

4.2 Brauchwasser aus Grauwasser

Durch die Behandlung und Verwendung von Grauwasser besteht das Potenzial, den Wasserverbrauch im Haushalt um mindestens 50% zu senken, wenn die Qualität des aufbereiteten Wassers nicht nur zum Bewässern und zur Toilettenspülung, sondern auch zum Waschen und Duschen ausreicht. Im Water Hub untersuchen die Forschenden Technologien zur Grauwasserbehandlung und testen Online-Überwachungsinstrumente, um das Wiederverwendungspotenzial von Grauwasser für Duschen im Gebäudemassstab zu bewerten. Das gesammelte Grauwasser wird zuerst biologisch behandelt und durch eine Membran gefiltert, die Feststoffe und Bakterien zurückhält.

Dieses Jahr wurde eine weitere Behandlungsstufe erfolgreich in Betrieb genommen. Es wird untersucht, ob das Wasser nach einer Behandlung mit einem biologischen Aktivkohlefilter zum Duschen wiederverwendet werden kann. Innovative Online-Sensoren zwischen den einzelnen Behandlungsschritten liefern Informationen über die Effizienz dieser Behandlungskette und über die chemische und mikrobielle Qualität des gelagerten, behandelten Wassers. Parallel dazu wird ein Modell entwickelt, um das Potenzial von energieeffizienten wasserbezogenen Technologien abzuschätzen. Dies beinhaltet unter anderem Wärmerückgewinnung aus Grauwasser.

4.3 Energie aus Fäkalien

Bei der Energiegewinnung aus Fäkalien ist das grösste Hindernis die Entwässerung vom Fäkalschlamm. Um grundlegende Erkenntnisse in der Fäkalschlamm-Entwässerung zu gewinnen, untersuchen Forschende der Eawag diese Prozesse. Dadurch sollen möglichst effizient Pellets als Brennstoff hergestellt werden können. Die ersten Versuche im Water Hub zeigen, dass die Separierung der Feststoffe vom Wasser sehr gut und ohne Energieaufwendung funktioniert.

Peer Reviewed Papers

Larsen, T. A., Hoffmann, S., Lüthi, C., Truffer, B., and Maurer, M. (2016) Emerging solutions to the water challenges of an urbanizing world, *Science*, 352(6288), 928-933.

Ward, B.J., Morgenroth, E., and Strande, L. (2017). Dewatering characterization of synthetic faecal sludge. *Sandec News* (18), 8.

Penn, R., Ward, B.J., Strande, L., and Maurer, M. (2017) Synthetic human faeces for sanitation and wastewater research: Review and development of a novel simulant. Submitted to *Water Research*.

Ding, A. et al. (2016) Impact of aeration shear stress on permeate flux and fouling layer properties in a low pressure membrane bioreactor for the treatment of grey water. *Journal of Membrane Science* 510, 382–390.

Ding, A., Liang, H., Li, G., Szivak, I., Traber, J., and Pronk, W. (2017) A Low Energy Membrane Bioreactor for Grey Water Treatment: Effect of Oxygen Content on Permeability and Removal of Organics. *Journal of Membrane Science*, in press.

Conference Papers & Invited Lectures

Etter, B., Hubaux, N., Udert, K.M., Morgenroth, E. (2017) Water Hub @ NEST: Practical Implications of Source Separation. IWA Conference on sustainable solutions for small water and wastewater treatment systems (S2small2017), 22-26 October, Nantes, France.

Etter, B. et al. (2016) Water Hub @ NEST: A Living Lab to Test Innovative Wastewater Treatment Solutions, 14-16 September, Athens, Greece.

Etter, B. (2016) Wasser und Nährstoffe rezyklieren im Gebäude – der Water Hub im NEST. WI-LO Fachtagung Wasser/Abwasser. 18. Oktober 2016, Pilatus, Schweiz.

Etter, B. (2016) Wasser: blau, grau, gelb oder schwarz – der Water Hub im NEST. TOP 100 Gebäudehüllen Fachtagung. 8. November 2016, Dübendorf, Schweiz.

Larsen, T.A. (2017) Urine source separation @ Eawag.

Invited keynote presentation and webinar at the Rich Earth Institute's 3rd Annual Urine Diversion Summit on 17-18 August, 2017, in Vermont, USA.

Larsen, T.A. (2017) Emerging solutions to the water challenges of an urbanizing world.

Invited keynote presentation at the 4th Water Research Conference: The Role of Water Technology Innovation in the Blue Economy, 10-13 September, 2017, in Waterloo, Ontario, Canada.

Video zum Water Hub

<https://youtu.be/EzBk5CdyXks>



5 Digital Hub

Beteiligte Partner: Empa, SCEER FEEBD, ZHAW, Autodesk, BIM Facility, codit, Mensch und Maschine, Microsoft, Cubera, Ecodomus, Lorient, Technis.

Digitale Technologien verändern die Wettbewerbslandschaft auch in den Bereichen Gebäude, Energie und Mobilität. Für die Unternehmen erfordert das Aufrechterhalten der Wettbewerbsfähigkeit ein ständiges Experimentieren mit neuen und vielversprechenden digitalen Technologien, von künstlicher Intelligenz über Augmented Reality bis hin zur Big-Data-Verarbeitung.

Mit dem Digital Hub «dhub» lassen sich neue digitale Lösungen schneller in den Markt bringen. Dabei werden neue Lösungen innerhalb der Bereiche Gebäude, Energie und Mobilität entwickelt. Die Kopplung dieser drei Bereiche und die daraus entstehenden Synergien erlauben es, ganzheitliche Lösungen und wirkungsvolle Geschäftsmodelle zu entwickeln. Die reale Einbettung des dhub in die Demonstratoren der Empa bietet eine wirkungsvolle Testumgebung.



Der Digital Hub wurde an der Swissbau im Januar 2018 lanciert und wird im Moment in folgenden Bereichen entwickelt:

- Digitale Technologien für Bau und Betrieb
- Reverse Engineering in digitale Modelle
- Künstliche Intelligenz im Bau- und Energiebereich
- Blockchain-Technologien für den P2P-Energiehandel
- Virtual Reality und Augmented Reality im Bau
- Intelligente Entscheidungshilfen
- Automatisierte Datenaufbereitung
- Neue Geschäftsmodelle

Digitale Technologien für Bau und Betrieb

Der Fokus liegt auf der Entwicklung von Use Cases für den digitalen Betrieb von Gebäuden sowie auf der Verbesserung der Schnittstelle von der Erstellung (BIM) zum Liegenschaftsinformationsmodell (AIM).

Reverse Engineering in digitale Modelle

Methoden und Tools werden entwickelt, um den bestehenden Gebäude- und Infrastrukturpark schnell und kostengünstig in digitale Modelle umwandeln zu können.

Künstliche Intelligenz im Bau- und Energiebereich

Der Einsatz von Machine Learning wird unsere Prozesse und Zusammenarbeit massiv verändern. Im Zentrum steht der Einsatz von künstlicher Intelligenz, um technische Systeme im Betrieb zu optimieren.

Blockchain-Technologien für den P2P-Energiehandel

Der Energiehandel wird immer weiter liberalisiert. Blockchain-basierte Technologien erlauben einen einfachen und sicheren Handel innerhalb heterogener Netzwerke und Partnerschaften auf Quartiersebene.

Virtual Reality und Augmented Reality im Bau

Anwendung im Bereich Virtual oder Augmented Reality erlauben neue Zusammenarbeitsmodelle und eine Beschleunigung von Entscheidungs-, Planungs- und Betriebsprozessen.

Intelligente Entscheidungshilfen

Anwendung intelligenter Algorithmen und Modelle zur Entscheidungsfindung bei der Planung und dem Betrieb von Gebäuden und Energiesystemen, basierend auf der automatisierten Bewertung von Handlungsoptionen.

Automatisierte Datenaufbereitung

Intelligente Gebäude und Quartiere generieren immer mehr Daten. Diese können automatisch so aufbereitet werden, dass Verbesserungsmaßnahmen getroffen werden können.

Neue Geschäftsmodelle

Auf Grund der realen Daten und Benutzung können neue Geschäftsmodelle in den Bereichen Gebäude, Energie und Mobilität und insbesondere in deren Kopplung (Sektorenkopplung) schneller validiert werden.

6 Kommunikation

Im Hinblick auf die Aufmerksamkeit, die NEST für Themen rund um das nachhaltige Bauen und Wohnen hervorgerufen hat, ist NEST ein starker Leuchtturm. Die Medienberichterstattung und die Besucherzahlen sind seit der Eröffnung von NEST im Mai 2016 konstant sehr hoch. Insbesondere in der Deutschschweiz ist NEST bei Fachleuten aus dem Bau- und Energiesektor gut bekannt. Dank der engen Zusammenarbeit mit Partnern aus der Westschweiz und dem benachbarten Ausland ist die Bekanntheit auch dort gestiegen. Ein wesentlicher Faktor in der Kommunikation rund um NEST spielen die beteiligten Partner. Sie tragen die Inhalte über ihre eigenen Kanäle an ihre Zielgruppen weiter. Mit dem stetig wachsenden Partner-Netzwerk erhöht sich dementsprechend auch die Sichtbarkeit von NEST.

6.1 Medien

Das Medieninteresse an NEST ist seit der Eröffnung im Mai 2016 ungebrochen. Der Medienbeobachtungsdienst Argus liefert folgende Zahlen zur Berichterstattung in den Schweizer Medien:

	2016	2017	2018*
Artikel/Beiträge	1'160	1'304	1'013

*01.01.2018 – 30.11.2018

Die Eröffnung von NEST am 23. Mai 2016 im Beisein des damaligen Bundespräsidenten Johann Schneider-Ammann hat ein sehr grosses Medienecho ausgelöst. Die wichtigsten Schweizer Leitmedien haben über NEST berichtet. Besonders zu erwähnen sind die tagesaktuellen Beiträge in der Deutschschweizer und der Tessiner Ausgabe der Tagesschau von SRF bzw. RSI.

Grosse Höhepunkte der Berichterstattung – besonders in den Publikumsmedien – sind jeweils die Eröffnungen von neuen Units. Gerade die Eröffnung der Unit «Urban Mining & Recycling» im Februar 2018 sorgte für eine breite Berichterstattung und hat aufgrund des internationalen Projektteams auch eine spürbare Internationalisierung der Medienanfragen bewirkt. Die Eröffnung der Unit «SolAce», die in Zusammenarbeit mit der EPFL entstanden ist, führte im September 2018 zu besonders vielen französischsprachigen Beiträgen und Artikel.

6.2 Events und Führungen im NEST

Das Interesse von Fachleuten aus dem Bau- und Energiebereich, sich selbst ein Bild von NEST zu machen, ist sehr gross. Seit der zweiten Jahreshälfte 2016 finden praktisch täglich Führungen und Events im NEST statt. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick:

	2016	2017	2018*
Führungen im NEST	188	395	381
Events im NEST	65	256	209
Besucher im NEST	5'716	12'361	12'300

*Schätzwerte aufgrund des Stands am 23.11.2018

Rund 80 Prozent der Besucherinnen und Besucher sind Fachpersonen aus dem Bau- und Energiebereich.

Für die Führungen stehen heute rund zehn Personen aus dem NEST- und dem Kommunikationsteam der Empa als Guides zur Verfügung. Neben individuellen Führungen für interessierte Gruppen (teilweise mit Fachexperten aus den Forschungsabteilungen) werden seit Juli 2016 regelmässig öffentliche Führungen für Privatpersonen angeboten.

Die Events im NEST werden zu einem grossen Teil von NEST-Partnern in Kollaboration mit dem NEST-Team durchgeführt und haben sehr unterschiedlichen Charakter: von grossen Kundenevents über interne Schulungen bis hin zu öffentlichen Workshops mit konkreter Know-how-Vermittlung.

6.3 Öffentliche Auftritte und Messen

Die Bekanntheit von NEST führte dazu, dass die Exponenten rund um NEST vermehrt als Referenten an Fachtagungen und Konferenzen im In- und Ausland geladen wurden, um über das Gesamtprojekt oder einzelne Themenaspekte zu sprechen.

An der Swissbau 2018 trat NEST erstmals mit einem eigenen Messestand auf. Gemeinsam mit einigen Partnern war NEST Teil des sogenannten Innovation Lab, der Sonderschau zur digitalen Transformation.

6.4 Awards

NEST durfte in den letzten beiden Jahren mehrere Awards entgegennehmen:

- Umsicht – Regards – Sguardi 2017
Auszeichnung verliehen durch den Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein (SIA)
- Cadre d'Or 2017
Award (Silber) für die NEST-Unit Vision Wood in der Kategorie «HolzBAU», verliehen durch Baukader Schweiz
- Award für Marketing + Architektur 2018
Award für die NEST-Unit Solare Fitness & Wellness in der Kategorie «Hotels, Restaurants, Bars, Touristikanlagen, Wellnessanlagen, Residenzen»
- Norman Foster Solar Awards 2018
Award für die NEST-Unit Solare Fitness & Wellness im Rahmen der 28. Schweizer Solarpreisverleihung

7 Ausgewählte Success Stories

7.1 UMAR City

Als direkte Konsequenz des Einbaus und der Eröffnung der NEST-Unit «Urban Mining & Recycling» ist eine grosse Gemeinde aus dem Kanton Zürich ans NEST-Team herangetreten. Gemeinsam soll evaluiert werden, ob und wie das UMAR-Konzept auf Gemeindeebene implementiert werden könnte.

7.2 AI zur Entlastung von Netzen

Energienetze brauchen viel Infrastruktur, um mit Überspannung aus erhöhter Wirkleistung umzugehen. Mittels eines Support-Vector-Regressors werden Verteilnetztopologien – auch mit Einbezug von Blindleistung – analysiert und optimiert. Mit dieser neuen Methode müssen weniger Investitionen in die Netze getätigt werden.

Ein entsprechendes Verfahren wurde im NEST bzw. im Energieforschungsdemonstrator Energy Hub (ehub) implementiert und verifiziert. Derzeit ist eine wissenschaftliche Publikation dazu in Arbeit.

7.3 AI zur Regelung von Gebäudetechnik

Die ehub-Gruppe hat einen Ersatz von sog. PID-Reglern mit AI realisiert am Beispiel der Steuerung einer Wärmepumpe. Damit lassen sich Installations- und Betriebskosten sparen. Die Optimierung eines technischen Systems kann mit AI kontinuierlich gewährleistet werden.

7.4 Bedruckte PV-Panels

Unter dem Motto «Schön viel Strom produzieren» installierte die HSLU an der Fassade der Unit «Meet2Create» im Februar 2018 farbige PV-Module. Ziel war es, herauszufinden, welchen Einfluss die Struktur der Glasoberfläche auf die elektrische Leistung hat, denn strukturiertes Glas zeigt weniger störende Reflexionen, weswegen auch ein aufgedrucktes Bildmotiv erkennbarer bleibt. Nach mehreren Monaten Ertragsmessung jedes einzelnen PV Moduls stellte sich heraus, dass die Oberflächenbeschaffenheit des Glases keinen signifikanten Einfluss auf den elektrischen Ertrag hat. Die Unterschiede betragen $\pm 5\%$, was im üblichen Toleranzbereich elektrischer PV Module liegt. Visuell sind aber starke Unterschiede festzustellen. Für Architekten bedeutet dies, dass eine konstante Farb- oder Motivwahrnehmung nur über satiniertes Glas erreicht werden kann, was nicht zu einer Einbusse elektrischer Effizienz führt.

7.5 Möbel auf dem Markt

Der Büromöbelausstatter Lista Office LO nutzt in Zusammenarbeit mit der HSLU die Unit «Meet2Create» zur Weiterentwicklung von Büromöbeln. Über Experten-Workshops und Fragebogen holten sie Rückmeldungen zu den eingesetzten Prototypen im NEST ein und nutzten das Feedback im Entwicklungsprozess. Mittlerweile sind die weiterentwickelten Versionen der Tischfamilie «LO Cockpit» auf dem Markt und werden erfolgreich verkauft.

7.6 Hohe Nachfrage nach dezentralen Energienetzen

Die Nachfrage nach der Gestaltung und Optimierung von dezentralen Energienetzen ist markant angestiegen und es wurden mehrere Projekte unter der Leitung der Empa Abteilung Urban Energy Systems gestartet.

7.7 Vuna-Dünger in der Landwirtschaft zugelassen

Der Urin-basierte Dünger «Aurin» der vom Eawag-Startup Vuna vermarktet wird, wurde offiziell für die Landwirtschaft zugelassen. Damit ist der Einsatz des Düngers in der Anwendung nicht mehr limitiert.

7.8 Proof-of-concept mit Startups im Rahmen von Kickstart Accelerator gestartet

Im Rahmen des Kickstart-Accelerator-Programms wurde ein Proof-of-concept mit dem Startup BlockDox gestartet. BlockDox hat einen Raumsensor auf Basis von thermischen Bildern und AI entwickelt. Diese Sensoren werden im Hybrid im Meet2Create eingesetzt.

Mit dem Startup Flecopower wird eine Machbarkeitsstudie durchgeführt. Mit dem Startup The Energy Audit wurden erste Diskussionen über einen möglichen Piloten gestartet.