Empa
Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf
T +41 58 765 11 11
F +41 58 765 11 22
www.empa.ch

© Empa 2018. Foto: Zooey Braun, Stuttgart

NEST

ABSCHLUSSBERICHT KANTON ZÜRICH

OKTOBER 2021

Datum: 03.11.21

Inhaltsverzeichnis

1 AUSGANGSLAGE, VISION, MISSION, KONZEPT 5

1.1 Ausgangslage 5

1.2 Vision 5

1.3 Mission 5

1.4 Konzept 5

1.4.1 Backbone und Units 5

1.4.2 Querschnittstechnologien 6

1.5 Projektorganisation und Trägerschaft 7

1.6 Innovationsprozess 7

2 UNITS 8

2.1 Units in Betrieb 8

2.1.1 Meet2Create 8

2.1.2 Vision Wood 12

2.1.3 Solares Fitness & Wellness 14

2.1.4 Urban Mining & Recycling – UMAR 16

2.1.5 SolAce 19

2.1.6 Digitale Fabrikation / DFAB HOUSE 22

2.1.7 HiLo 28

2.1.8 Sprint 31

2.2 Units – in Ideation oder Planung 33

2.2.1 STEP2 (Planung) 33

2.2.2 NET Zero (Ideation) 33

3 ENERGY HUB 34

3.1 Ausgangslage 34

3.2 Systemauslegung 34

3.3 Plattform 34

3.4 System 35

3.5 Stand der Arbeiten 35

3.6 Planung und Engineering des Energy-Hub-Konzepts 35

3.6.1 Elektrische Komponenten und Netze 35

3.6.2 Thermische Komponenten und Netze 37

3.7 Regelsystem und Automation der ehub-Plattform 39

3.7.1 Softwarearchitektur 39

3.7.2 Schnittstelle zu ReMaP 40

3.8 Analyse und Betriebsszenarien 40

3.9 Projektübersicht **40**
3.9.1 SNF NCCR Automation 40
3.9.2 SWEET: Dekarbonisierung von Kühlung und Heizung in der Schweiz (DeCarbCH) 41
3.9.3 SWEET: Verbesserung der Effizienz erneuerbarer Energiesysteme durch Flexibilität und Sektorkopplung (PATHFNDR) 41
3.9.4 Energie- und Komfortoptimierung in Wohn- und Arbeitsumgebungen durch eine nutzerzentrierte prädiktive Steuerung (UC-DPC) 42
3.9.5 K3 - Handwerkcity 42
3.9.6 Plattform für das Management und die Echtzeit-Kontrolle erneuerbarer Energien (ReMaP) 42
3.9.7 Innosuisse NIOD 43
3.9.8 Data Predictive Control 43
3.9.9 BFE S-DSM 43
3.9.10 Optimierung des CO2-Fussabdrucks von Strom in intelligenten Gebäuden (CAPITAL) 44
3.9.11 EU EcoQube 44
3.9.12 Abgeschlossene Projekte 45

4 WATER HUB **46**

4.1 Dünger aus Urin **46**

4.2 Brauchwasser aus Grauwasser **47**

4.3 Energie aus Fäkalien **47**

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 NEST Virtual **52**

7 AWARDS **53**

8 AUSGEWÄHLTE SUCCESS STORIES **54**

8.1 Buchenholz aus schweizer Wald **54**

8.2 Kreislauf im Bau **54**

8.3 AI zur Entlastung von Netzen **54**

8.4 AI zur Regelung von Gebäudetechnik **54**

8.5 Bedruckte PV-Panels **54**

8.6 Neue Möbel **55**

8.7 Hohe Nachfrage nach dezentralen Energienetzen **55**

8.8 Vuna-Dünger in der Landwirtschaft zugelassen 55

8.9 Neugründungen von Startups 55

8.10 Proof-of-concept mit Startups von Kickstart Accelerator 55

9 VERWENDUNG DER MITTEL 56

10 EMPFEHLUNGEN ZU ENERGIE-, KLIMA- UND RESSOURCENPOLITIK 57

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 reellen 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 und insbesondere Material 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 Backbone ist als vertikale Stapelung von Bauparzellen konzipiert. Das Bauwerk stellt drei 500- 700 m^2 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 Medienerschliessung. 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.

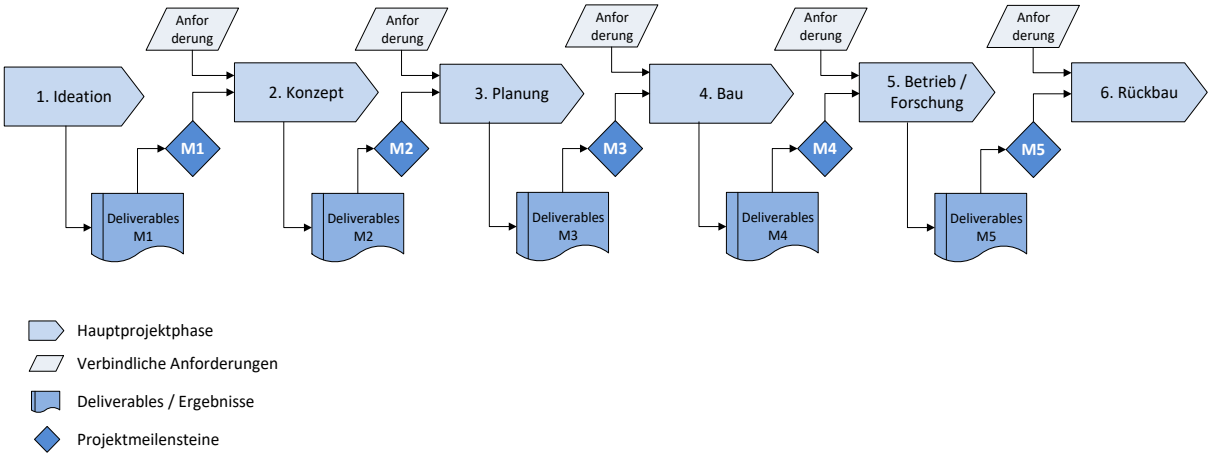
Die Trägerschaft besteht aus: Empa, Eawag, ETH-Rat, Kanton Zürich, Bundesamt für Energie, Ernst Göhner Stiftung, Stadt Dübendorf, ETH Zürich, EPFL, Hochschule Luzern, SBFI, SwissLife, Zürcher Kantonalbank.

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

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

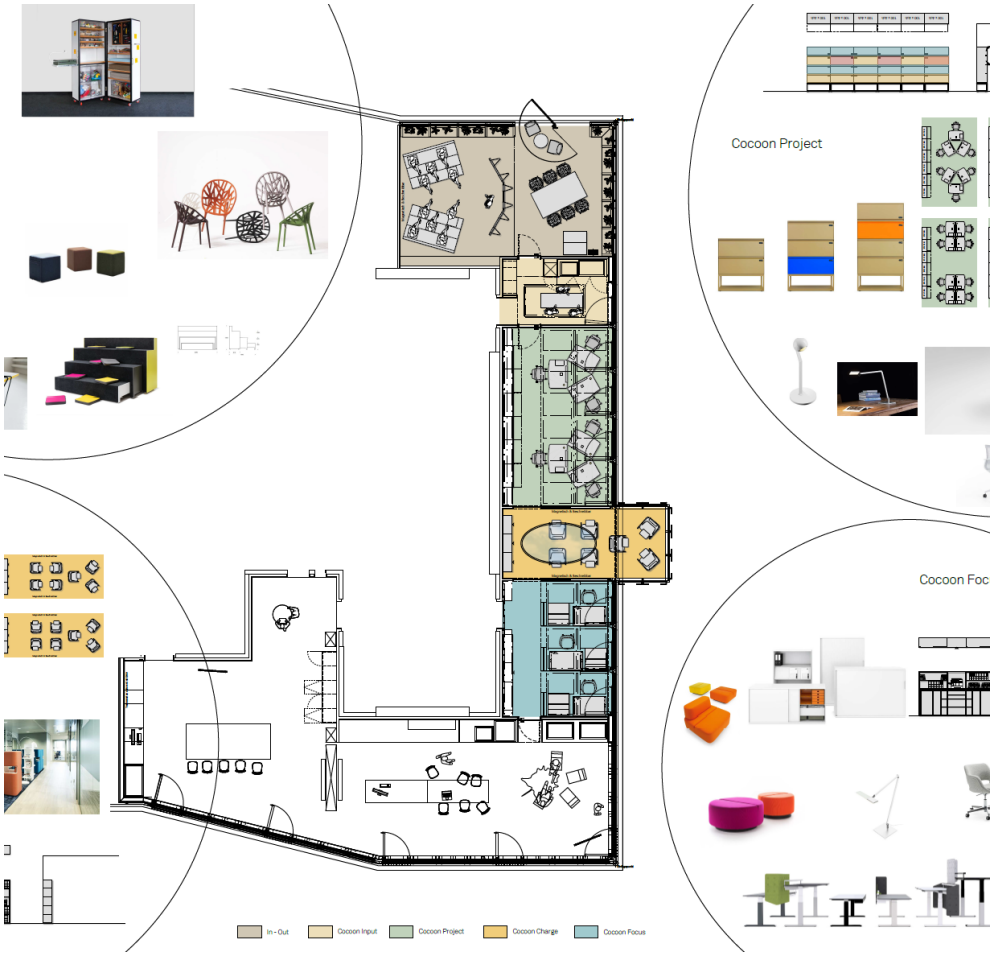
2.1 UNITS IN BETRIEB

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, Tuchschmid 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.

Initiantin 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.



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.

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 ±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.

Im September 2021 wurden die PV-Panels mit einer neuen Version ersetzt. Solarzellen als Designobjekte zieren neu die Fassade über dem Haupteingang des NEST-Gebäudes der Empa und Eawag. Das Design stammt aus einem interdisziplinären Design-Wettbewerb der Hochschule Luzern (HSLU) mit der Empa. Das Siegerprojekt zeigt an der NEST-Fassade augenscheinlich, wie sich Photovoltaik-Module visuell in Gebäude integrieren lassen und die architektonische Qualität verbessern können.

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 Forschungs-Finanzierung 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.

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, Ruum 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.

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 holzbasierten 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, bakteriostatisch 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 Sanitärsilikon 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.

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 Similor, 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.

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 Wellnesstechnik kommt in Zusammenarbeit mit der Interstaatlichen Hochschule für Technik in Buchs (NTB) eine Hochtemperatur-CO_2-Wärmepumpe zum Einsatz, die die Wärme für Sauna und Dampfbad rund dreimal effizienter bereitstellen kann als herkömmliche Systeme.

Innovationsobjekte:

- Energieeffiziente Wellnesstechnik
- Wassersparende Armatur
- Nordfassaden mit Vier-fach-Verglasung

Energieeffiziente Wellnesstechnik

Mit einer CO_2-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.

Informationen zur Unit Solare Fitness & Wellness

https://www.empa.ch/web/nest/sfw

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.

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

2.1.4.1.1 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.

2.1.4.1.2 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.

2.1.4.1.3 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.

2.1.4.1.4 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 Ressource, 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.

Video zum Einbau der Unit Urban Mining & Recycling
https://youtu.be/XCM3UaIPxy0

2.1.5 SOLACE

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

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 CO_2-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 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 CO_2-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/ CO_2; Methoden und Werkzeuge

2.1.5.1.1 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.

2.1.5.1.2 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.

2.1.5.1.3 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.

2.1.5.1.4 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 gewünschten Masse zugeschnitten und zu Mehrfachverglasungen zusammengesetzt werden. Die Verglasung erfüllt alle üblichen Normen und kann daher von Glasereibetrieben problemlos verbaut werden.

2.1.5.1.5 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.

2.1.5.1.6 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.

2.1.5.1.7 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.

2.1.5.1.8 Lebenszyklus/CO_2: 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.

Video zur Unit SolAce
https://youtu.be/pqwikjAwYjM

2.1.6 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.

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 aufzeigt und in den nachfolgenden Industrialisierungsprozess rückgeführt werden. Die ausgewählten Fertigungsprozesse sind das interdisziplinäre Forschungsresultat 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 Holzbauelmenten
- Transluzente Leichtbaufassade
- Digital Living

2.1.6.1.1 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.

2.1.6.1.2 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

2.1.6.1.3 Smart Slab

Mit einem 3D-Sanddrucker wurden hochaufgelöste, formgebende Elemente einer Geschossdecke 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 vorhinein 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.

Vi

deo zu Smart Slab

https://youtu.be/FUw3MWhD9dY

2.1.6.1.4 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 Fassadenelemente im Untergeschoss zum Einsatz gekommen.

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

2.1.6.1.5 Spatial Timber Assemblies

Die dreidimensionale, robotische Vorfertigung von hochintegrierten Holzbauelementen 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.

Die Raummodule wurden in der Bauhalle der ETH Zürich von zwei Robotern in Kollaboration mit menschlichen Arbeitern weitgehend vorfabriziert und auf die Baustelle angeliefert. Der Einsatz einer robotergestützten Fertigung erlaubt auch hier Effizienzvorteile, welche mit einem traditionellen, manuellen Prozess nicht zu erreichen sind. Die Entwicklungen und Erkenntnisse der langjährigen Forschungsarbeiten zu dieser Prozesstechnologie wurden in DFAB auf ihren Markteinsatz geprüft und validiert und werden heutzutage von der ERNE Holzbau AG in deren Produktionsstätten für Kundenprojekte genutzt.

Video zu
Spatial Timber Assemblies
https://youtu.be/jA9lJDZuYNk

2.1.6.1.6 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.

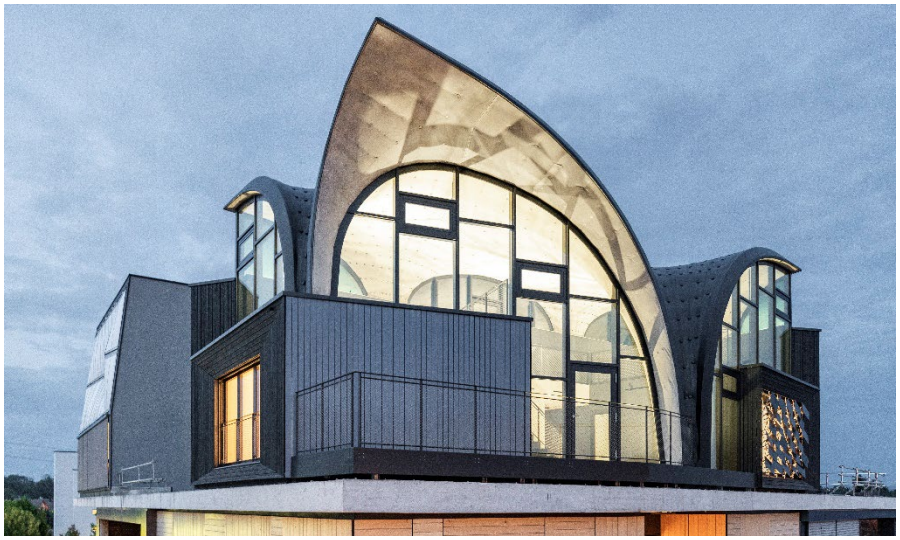
Transluzente Leichtbaufassade; Foto: Roman Keller

Die Unit DFAB HOUSE wurde am 27. Februar 2019 eröffnet und in Betrieb genommen. Die Unit bietet 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.

2.1.7 HILO

Beteiligte Partner: ETH Zürich, Holcim (Schweiz) AG, Flisom AG, Künzli Holzbau,Sika, Supermanoeuvre, Marti, Mensch und Maschine, Autodesk, BASF, ROK, ETH Foundation, Belimo, Bouygues ES, Bürgin Creations, Debrunner Acifer, Doka, Feller, Haworth, Mitsubishi Electric, Pletscher Metallbau, R. Nussbaum, SageGlass, Sika, Vetrotech.

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.



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 und -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.

Die beiden benötigten Betonschichten in der Sandwich-Konstruktion sind nur 5cm und 3 cm dick.

Doppelt-gekrümmtes Dach der HiLo-Unit; Foto: Roman Keller

Leichtbau-Bodenkonstruktionen

Dank einer gewölbten Rippenstruktur spart die Leichtbau-Konstruktion im Vergleich zu herkömmlichen Betonböden mehr als 60% Beton und Stahl ein. Die Bodenelemente lassen sich modular vorfertigen und einfach vor Ort installieren. Die Hohlräume ermöglichen die effiziente Integration von Lüftung, Kühlung und Niedertemperatur-Heizung.

Die beiden Leichtbau-Bodensysteme in den Büros der HiLo-Unit; Fotos: Roman Keller

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.

Adaptive Solarfassade in der HiLo-Unit; Fotos: Roman Keller

HiLo wurde am 6.10.2021 eröffnet.

Video zur Unit HiLo
https://youtu.be/FTToismPgQk

2.1.8 SPRINT

Beteiligte Partner: Baubüro in situ, Belimo, Bouygues ES, Glassolutions, Husner, zirkular.

Im Bau- und Energiebereich ist es schwierig, neue Verfahren und Produkte schnell auf den Markt zu bringen. Die Covid-19-Situation hat jedoch verdeutlicht, dass Gebäude noch flexibler sein müssen, weil sich unsere Bedürfnisse von einem Moment auf den anderen ändern können. In der neuen NEST-Unit Sprint setzt sich die Empa daher gemeinsam mit Partnern aus der Wirtschaft das Ziel, innerhalb kürzester Zeit flexible Büroräumlichkeiten zu schaffen – und dies mit grösstenteils wiederverwendeten Materialien. Vom Rückbau zum Re-Use werden die verschiedenen Herausforderungen Schritt für Schritt beleuchtet und auf deren Lösungsfindung fokussiert.

Wände aus Re-Use-Materialien in der Sprint-Unit; Foto: Martin Zeller

Kreislaufgerechtes Bauen wurde in den letzten Jahren immer wichtiger und ist die Grundlage für die Erreichung unserer CO2-Ziele. Ein effizienter Ansatz beim Schliessen von Kreisläufen ist die Wiederverwendung («Re-Use») von Materialien und ganzen Bauteilen. Obwohl dies teilweise bereits in Bauprojekten umgesetzt wird, stellen sich beim Rückbau und der Wiederverwendung der Materialien eine Reihe von Fragen, beispielsweise: Wie validiert man die Nutzbarkeit von wiederverwendeten Materialien hinsichtlich ihrer Bautauglichkeit? Auf diese fehlen derzeit noch allgemeingültige Antworten.

In der Unit Sprint wurden konsequent Bauteile verbaut, welche im Rahmen des Bauprojekts von Abbruchobjekten oder entsprechenden Materiallagern beschafft wurden. So waren zum Beispiel sämtliche Fenster

und Böden, Teile der Haustechnik, Dämmung und Innenausbau bereits in Gebäuden im Einsatz und durchlaufen nun in Sprint einen zweiten Nutzungszyklus. Die Unit folgt dabei dem Prinzip des «Design for Disassembly», damit bei einem Rückbau das Material und die Bauteile kosteneffizient ausgebaut und andernorts wiederum weiterverwendet werden können.

Insbesondere vereint die Empa mit Sprint den Ansatz der Wiederverwendung und die Marktanforderungen «schnelles und kosteneffizientes Bauen». Mit dem Projekt sollte im Realversuch belegt werden, dass ein solches Gebäude nicht nur technisch machbar ist, sondern insbesondere die Kundenerwartung hinsichtlich Bauzeit und Baukosten erfüllen kann. Diese Zielsetzung wurde vollumfänglich erreicht. Die Gesamtkosten von Sprint entsprechen einem vergleichbaren Gebäude in konventioneller Ausführung. Die Projektdauer lag sogar unter den Werten eines vergleichbaren, konventionellen Projekts. Dies lag insbesondere an den angespannten Märkten für Baumaterialien, wo kürzlich Preissteigerungen im dreistelligen Prozentbereich zu beobachten sind, gekoppelt mit Lieferfristen von mehreren Monaten oder länger.

Wenn die Schweiz die CO_2 Ziele der Energiestrategie 2050 erreichen möchte, so ist die Betrachtung und konsequente Optimierung der Materialströme im Bauwesen zwingend notwendig. Der Goldstandard für dieses Ziel ist die vollständige Kreislaufwirtschaft. Mit den Units Sprint und UMAR konnte in zwei Projekten gezeigt werden, dass nicht nur technisch möglich, sondern heute bereits in grossen Teilen marktgerecht umsetzbar ist.

Sprint besteht aus vorfabrizierten Holzmodulen; Foto: Martin Zeller

Informationen zur Unit Sprint
https://www.empa.ch/web/nest/sprint

2.2 UNITS – IN IDEATION ODER PLANUNG

2.2.1 STEP2 (PLANUNG)

Die STEP2-Unit fördert Innovationen in den NEST-Schwerpunktthemen Kreislaufwirtschaft, industrielle und digitale Fabrikation sowie Gebäudehülle und Energiesysteme. Partner aus Forschung und Wirtschaft arbeiten gemeinsam konsequent auf marktfähige Lösungen hin. Die Unit befindet sich momentan in der Planung. Nach ihrer Fertigstellung, die auf Ende 2022 geplant ist, wird sie als Innovationswerkstatt und Büroumgebung dienen.

Rendering der STEP2-Unit; Rendering: ROK Architekten

Video zur Unit STEP2
https://youtu.be/QDxlgtXF5Yo

2.2.2 NET ZERO (IDEATION)

Im Moment wird ein Konzept geprüft, wie ein Gebäude wirklich Co2-neutral gebaut werden könnte. Inkl. der ganzen Lifecycle-Betrachtungen und in Betrachtung der Volumina der in der Schweiz verfügbaren Baumaterialien.

3 ENERGY HUB

Industriepartner: Adaptricity, aliunid, Auroras Grid, Beckhoff, Belimo, die Werke Wallisellen, energie360°, energie-cluster, fleco Power, GF, Glattwerk AG, Nussbaum, swisspower, viessmann, VSE, xorella Frank

Akademische Partner: BFH, CSEM, EPFL, ETHZ, FHNW, HES-SO, HSLU, PSI, SCCER FEEB&D, SCCER JA CEDA

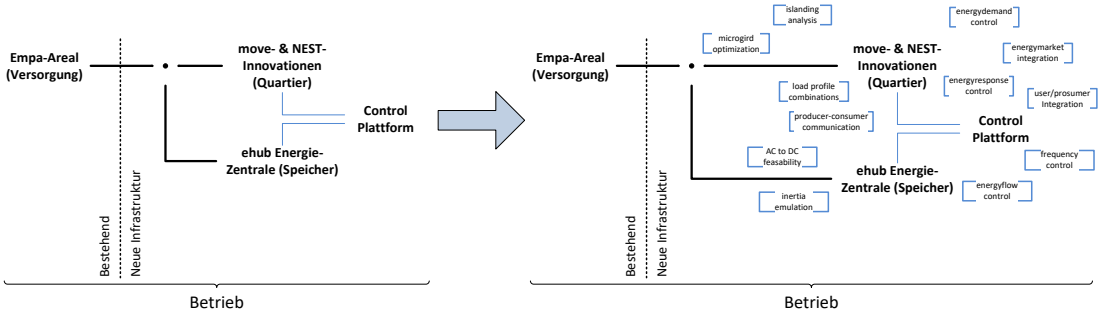
Funding Bodys: BFE, SSEM, Energie Schweiz, ETH-Rat, Innosuisse, Kanon Zürich, SNF, SVGW

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 als Plattform platziert im Schwerpunktsbereich Energie-, Daten- und Betriebsoptimierung. Dieser Schlussbericht des vom Regierungsrat des Kanton Zürich geförderten Projekts «NEST» beinhaltet folgend die Planung, Realisierung, Fertigstellung und Inbetriebnahme dieser Energie- und Datenplattform ehub (Energy Hub) inkl. der Durchführung von ausgewählten 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 nach 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 Demonstratoren move und NEST, sowie die Energieforschungsplattfom ehub wurden in Betreib 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 kommende Projekte.

3.6 PLANUNG UND ENGINEERING DES ENERGY-HUB-KONZEPTS

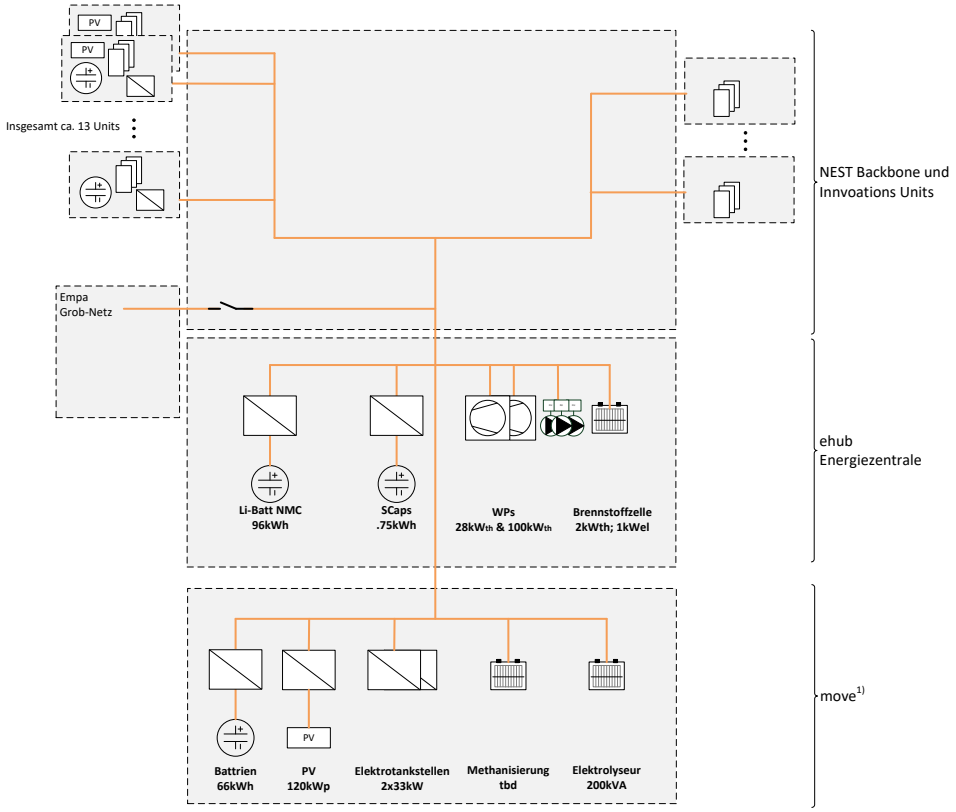
3.6.1 ELEKTRISCHE KOMPONENTEN UND NETZE

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 an der EPFL 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 Dünnfilm-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 Leitung 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.

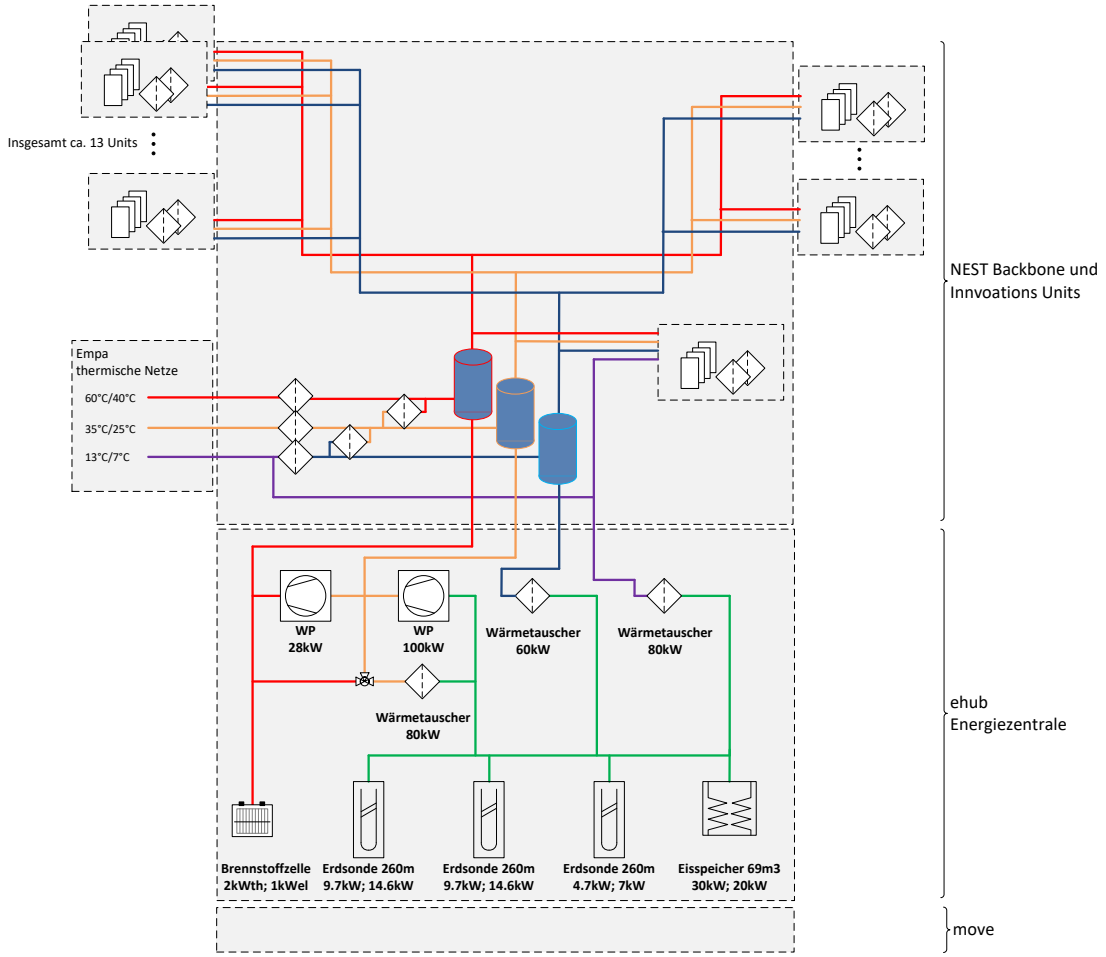
Bypass und Inselnetzschaltung

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 Netzfreischalter, 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 65m^3 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.

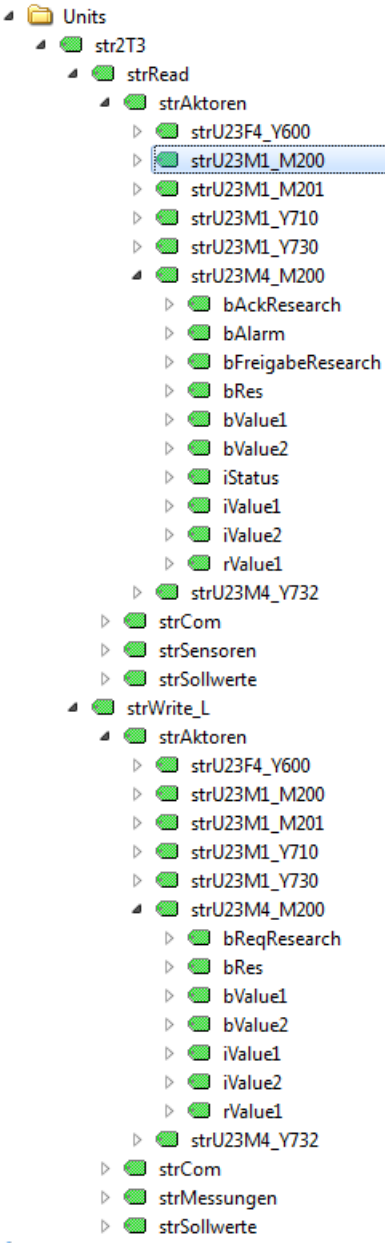
3.7.1 Softwarearchitektur

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 Implementationen 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.

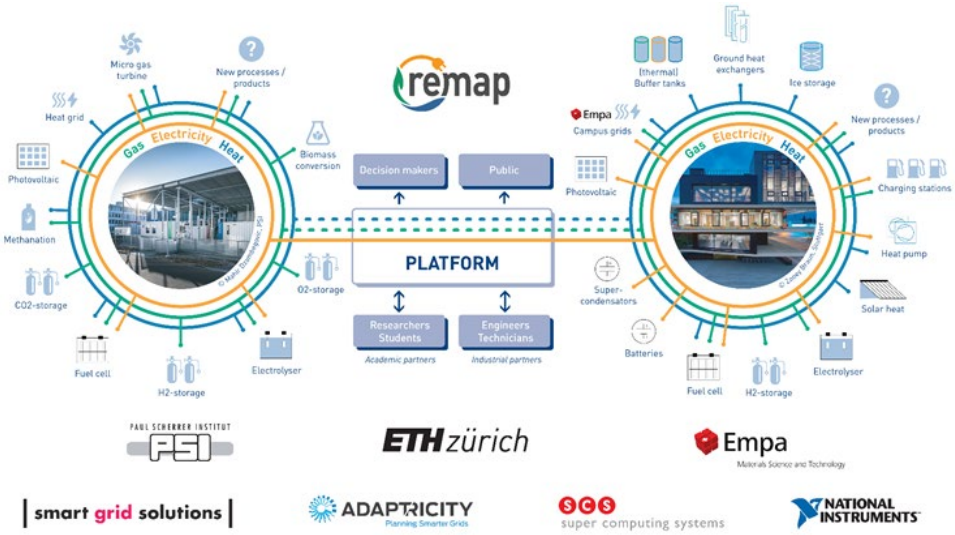
Alle Server werden virtualisiert in einer Cloud-Lösung betrieben.



Beispielhafte Namespace Definition

3.7.2 Schnittstelle zu ReMaP

Über die ehub Plattform konnten sich NEST und move als Entwicklungs- und Demonstraotionsorte für Energieforschung im Quartier etablieren. Ergänzend dazu wurde eine Verbindung zur ReMaP-Plattform geschaffen im Rahmen eines vom BFE unterstützten Pilot-& Demonstrationsprojekts. Diese Verbindung erlaubt den Echtzeitdatenaustausch auf Basis der ehub-Architektur und den Zugang zu einer Simulationsumgebung mit der Energieflüsse virtuell abgebildet werden können.



3.8 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 im Rahmen von Forschungs- & Entwicklungsprojekten.

Der Energy Hub 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.

3.9 PROJEKTÜBERSICHT

3.9.1 SNF NCCR Automation

Die neuesten Fortschritte in der Sensortechnologie, Datenerzeugung und Datenverarbeitung haben das Potenzial, Bereiche unseres Wirtschafts- und Alltagslebens grundlegend zu verändern. Die vollständige Automatisierung und Steuerung ganzer Systeme wie Städte (Smart Cities), Stromnetze (Smart Grids) oder industrielle Prozesse (Industrie 4.0) wird im Zuge der digitalen Transformation immer mehr zur Realität.

Ziel des «Nationalen Forschungsschwerpunktes» (NCCR) ist es, die methodischen und technologischen Grundlagen für die grosstechnische Umsetzung solcher komplexer Systeme voranzutreiben. Durch die Verbesserung von Entscheidungs- und Steuerungsverfahren und der Entwicklung neuer Algorithmen und Computermethoden kann die Zuverlässigkeit und Flexibilität intelligenter Systeme verbessert werden. Die neuen Erkenntnisse sollen in den Bereichen Energiemanagement, Mobilität und fortgeschrittene Fertigung Anwendung finden. Eines der Schlüsselprojekte des NFS ist die Entwicklung und Umsetzung eines vollautomatischen und dezentralen Energiemanagementsystems auf Bezirks- oder Gemeindeebene. Damit können das wirtschaftliche Potenzial und die sozialen Auswirkungen von automatisierten Anwendungen in der Praxis getestet werden.

Unterstützt durch: SNF
Partner: ETH Zurich, EPF Lausanne, FHNW
Kontakt: Philipp Heer

3.9.2 SWEET: Dekarbonisierung von Kühlung und Heizung in der Schweiz (DeCarbCH)

Das Projekt DeCarbCH befasst sich mit der gewaltigen Herausforderung der Dekarbonisierung von Heizung und Kühlung in der Schweiz innerhalb von drei Jahrzehnten und bereitet den Boden für negative CO2-Emissionen. Das DeCarbCH-Projekt konzentriert sich auf drei Hauptkomponenten, i) fortschrittliche erneuerbare Energie- und Umwandlungstechnologien, ii) Wärmenetze (für Wärme und Kälte) und iii) Energiespeicherung. Für diese Komponenten werden optimale Kombinationen (in technischer, wirtschaftlicher und ökologischer Hinsicht) sowie die notwendigen und wünschenswerten Bedingungen für ihre Umsetzung ermittelt. Ein lösungsorientierter, interdisziplinärer Ansatz wird für das Projekt als Ganzes und innerhalb der einzelnen Arbeitspakete verfolgt. Die Arbeitspakete befassen sich mit Teilsystemen (z.B. WP3 zu Netzen in Kombination mit erneuerbaren Energien und Energiespeichern, WP4/WP10 zur Industrie und WP5/WP11 zu primär autonomen, von erneuerbaren Energien angetriebenen Systemlösungen), sie stellen Fallstudien dar (WP6 für Zürich und WP7 für die Romandie) oder sie wenden spezifische Ansätze an (rechtliche und sozio-ökonomische Integration in WP2/WP9 und Energiesystemmodellierung in WP1/WP8), die zu Empfehlungen für politische Entscheidungsträger und andere Akteure führen.

Unterstützt durch: BFE, Industrie

Partner: UniGE, ETH, HSLU, UniGE, CSEM, ZHAW, HEIG-VD, SUPSI, INDP, Industrie

Kontakt: Matthias Sulzer

3.9.3 SWEET: Verbesserung der Effizienz erneuerbarer Energiesysteme durch Flexibilität und Sektorkopplung (PATHFNDR)

Im Projekt PATHFNDR wird untersucht, wie ein wesentlich höherer Anteil an erneuerbaren Energien in das Energiesystem integriert werden kann. Gleichzeitig wird ein effizienteres Schweizer Energiesystem angestrebt, mit dem Ziel, bis 2050 eine Gesellschaft ohne Treibhausgasemissionen zu erreichen, wie es der Bundesrat vorgibt. Um dieses Ziel zu erreichen, werden machbare Wege untersucht, insbesondere durch die Ermöglichung von Flexibilitätsanbietern in verschiedenen Sektoren, auf verschiedenen zeitlichen und räumlichen Ebenen, von der europäischen Perspektive über die Landesebene bis hin zu Gemeinden und einzelnen Unternehmen, Gebäuden und Technologien.

Um das energetische Flexibilitätspotenzial in den nationalen und internationalen Szenarien auszuschöpfen, können einzelne Technologien nicht isoliert betrachtet werden. Vielmehr müssen mehrere Technologien in den Kontext bestehender oder neuartiger Anwendungsfälle gestellt werden, um sie in einem ganzheitlichen Ansatz bewerten zu können. Basierend auf dem systemischen Zusammenspiel der einzelnen Technologien

kann ein reales und nutzbares Flexibilitätspotenzial quantifiziert und ausgeschöpft werden. Dies geschieht auf der Grundlage von Messdaten von Bottom-up-Technologien, die in Demonstrationsanlagen wie NEST, move und ehub sowie in den teilnehmenden Gemeinden und Städten in der Schweiz installiert sind.

Unterstützt durch: BFE, Industrie

Partner: ETH, PSI, HSLU, UniGE, Industrie

Kontakt: Philipp Heer

3.9.4 Energie- und Komfortoptimierung in Wohn- und Arbeitsumgebungen durch eine nutzerzentrierte prädiktive Steuerung (UC-DPC)

Das Bedürfnis der Nutzer nach Komfort ist einer der wichtigsten Aspekte für energieeffizientes Wohnen und Arbeiten. Jüngste Fortschritte bei der automatischen Optimierung des Raumklimas fördern zwar erfolgreich die Energieeffizienz, lassen aber in der Regel die Komfortbedürfnisse ausser Acht. In diesem Projekt wird ein Ansatz vorgestellt, der darauf abzielt, die Energieeffizienz und den Nutzerkomfort gleichzeitig zu maximieren. Zu diesem Zweck wird die Empa NEST als Testumgebung verwendet. Auf maschinellem Lernen basierende Energieoptimierungsalgorithmen (Reinforcement Learning) werden mit Echtzeit-Nutzerfeedback kombiniert. Unsere bisherigen Arbeiten deuten auf ein Energieeinsparungspotenzial von rund 20% hin.

Unterstützt durch: BFE

Partner: mehr als wohnen, Bouygues, Empa BEMC, Empa AMP, Empa NEST

Kontakt: Bratislav Svetozarevic

3.9.5 K3 - Handwerkcity

Das Gesamtziel dieses Projekts ist es, einen systembezogenen Beitrag der Schweizer Gaswirtschaft zur Umsetzung der Schweizer Energiestrategie 2050 aufzuzeigen. Die Empa wird eine Quantifizierung der energetischen Flexibilitäten und der freien Kapazitäten liefern. Zudem führen wir eine Optimierung für zukünftige Betriebsanpassungen durch. Die Empa evaluiert die Systemstabilität anhand von Messdaten und wird die wirtschaftlichen Faktoren im Zusammenhang mit der elektrischen Autarkie im K3-Gebäudekomplex bewerten.

K3, ein kommerziell genutzter Gebäudekomplex, wird als Validierungsbereich dienen. Sein Energiesystem besteht aus Dach- und Fassaden-PV-Systemen, Luft zu Wasser-Wärmepumpen, Wasser zu Wasser-Wärmepumpen, einem Blockheizkraftwerk und mehreren Warm- und Kaltwasserspeichern.

Unterstützt durch: FOGA
Partner: Die Werke Wallisellen, SVGW
Kontakt: Hanmin Cai

3.9.6 Plattform für das Management und die Echtzeit-Kontrolle erneuerbarer Energien (ReMaP)

Das multidisziplinäre Demonstrationsprojekt ReMaP wird eine flexible, softwarebasierte, modulare Forschungsplattform zur Bewertung potenzieller Energiesystemlösungen für das Quartier der Zukunft entwickeln. ReMaP wird die Erprobung, Analyse und Optimierung von Multikomponenten- und Multi-Energieträgersystemen auf der Verteilerebene ermöglichen, die Zusammenarbeit von multidisziplinären Forschungsteams aus Wissenschaft und Industrie fördern und darüber hinaus eine Steuerungs- und Kom-

munikationsinfrastruktur für den gemeinsamen Betrieb bestehender Plattformen und Demonstratorstandorte bereitstellen. Zahlreiche Institute der ETH Zürich, der Empa und des PSI haben sich verpflichtet, Forschungsprojekte mit Hilfe der Plattform durchzuführen, die inhärente Gemeinsamkeiten aufweisen und ideale Voraussetzungen für eine weitere Zusammenarbeit zwischen diesen Forschungsgruppen schaffen.

Unterstützt durch: BFE
Partner: Energy Science Center, ETH Zurich, PSI, SGS, Adaptricity, SCS, NI
Kontakt: Philipp Heer

3.9.7 Innosuisse NIOD

Ein robuster Grey-Box-Ansatz zur Erkennung von Bewohnern auf Basis von Luftqualitätsdaten in Innenräumen, zur Erkennung von Bewohnern wird entwickelt.

Partnerdaten und die umfangreiche Messinfrastruktur des NEST wird dabei verwendet.

Unterstützt durch: Innosuisse
Partner: Oxygen at Work AG
Kontakt: Philipp Heer

3.9.8 Data Predictive Control

Der Gebäudesektor ist für mehr als einen Drittel des globalen Endenergieverbrauchs verantwortlich. Das Heizen und Kühlen von Gebäuden benötigt etwa die Hälfte dieser Energie. Die Verbesserung des Betriebs von Heiz- und Kühlsystemen hat daher einen erheblichen Einfluss auf die Eindämmung des Klimawandels. Model Predictive Control (MPC) hat sich als ein energieeffizienter Ansatz für die Gebäudeklimatisierung erwiesen. Die Kosten für die Erstellung der erforderlichen, auf «first-principle»-basierenden Modelle könnten jedoch einen Engpass für eine weit verbreitete industrielle Anwendung von MPC im Gebäudebereich darstellen.

Dieses Projekt zielt darauf ab, die auf «first-principle»-basierenden Gebäudemodelle durch datengesteuerte Modelle im MPC-Rahmen (Data Predictive Control (DPC) genannt) zu ersetzen. Jüngste Experimente mit datengesteuerten Modellen, die auf einem angepassten «Random Forest»-Verfahren basieren, zeigten das hohe Potenzial der DPC für eine energieeffiziente Klimakontrolle in Wohngebäuden. Weitere Vergleiche mit State-of-the-Art-Controllern wie konventionelle MPC sowie die Implementierung des DPC-Algorithmus in ein eingebettetes System sind Teil dieses Projekts. Mit der Implementierung in ein eingebettetes System sind wir in der Lage, ein Thermostat-Nachrüstgehäuse für Wohngebäude zu testen und zu evaluieren.

Unterstützt durch: Empa
Partner: ETH Zurich
Kontakt: Benjamin Huber

3.9.9 BFE S-DSM

Ziel dieses Projektes ist es, ein Gebäudeautomationssystem zu entwickeln und praktisch zu erproben, das den CO2-Fussabdruck (Carbon Footprint, CF) des Schweizer Netzstroms berücksichtigt und damit einen nachhaltigen Betrieb von Gebäuden unterstützt. Es sollen zwei Steuerungskonzepte verglichen werden. Einerseits ein Konzept, das auf die Verteilnetzbetreiber (VNB) abzielt, andererseits ein Konzept, das direkt bei den Prosumenten, d.h. dem Gebäude, implementiert wird. Da der heutige Gebäudebetrieb das CF-Profil nicht berücksichtigt, gehen wir davon aus, dass es ein grosses Potenzial zur Einsparung von CO2-Emissionen gibt. Eine Schätzung auf der Grundlage historischer Daten zeigt für ein schlecht gedämmtes Zweifamilienhaus ein Einsparpotenzial von 22 %, was zu einer Einsparung von einer Tonne CO2-Äquivalent pro Jahr

führen kann. Dies ausschliesslich durch Anpassung des Betriebs der Anlage. In diesem Projekt soll dieses Potenzial anhand einer Büro-/Gewerbenutzung (K3-Überbauung, Wallisellen) und einer Wohnnutzung (NEST-Demonstrator, Dübendorf) analysiert und ausgeschöpft werden, indem es in einem Praxistest quantifiziert und validiert wird. An beiden Standorten wird der Gebäudebetrieb so erweitert, dass die Praxistauglichkeit der Entwicklungen aufgezeigt und die zu erwartenden Reduktionen des CF anhand von Messdaten zugeordnet werden können.

Unterstützt durch: BFE

Partner: die werke Wallisellen

Kontakt: Hanmin Cai

3.9.10 Optimierung des CO2-Fussabdrucks von Strom in intelligenten Gebäuden (CAPITAL)

In der Schweiz sind ca. 50 % des Endenergiebedarfs mit dem Gebäudebestand verbunden, wobei der steigende Strombedarf von einem nationalen Strommix abhängt, dessen Carbon Footprint (CF) stark variiert. Die traditionellen Lastprofile der Gebäude sind nicht mit der landesweiten Produktion erneuerbarer Energien abgestimmt, was bedeutet, dass Strom mit einem niedrigen CF nicht optimal genutzt wird.

Jüngste Forschungsaktivitäten zur dynamischen Ökobilanzierung (DLCA) von Energieflüssen in Schweizer Gebäuden und zur datengesteuerten Steuerung von Gebäuden sollten kombiniert werden, um die Verringerung der gegenwärtigen und zukünftigen Treibhausgasemissionen aus der Stromnutzung in Gebäuden anzugehen. Diese potenzielle Reduzierung kann dann mit der datengesteuerten Operationalisierung der Energieflexibilität, die im Rahmen der jüngsten Forschungsaktivitäten entwickelt wurde, optimiert werden.

Es wird davon ausgegangen, dass bis zu 20% der indirekten Emissionen durch einen nachhaltigkeitsbewussten Smart-Building-Betrieb reduziert werden können.

Unterstützt durch: Empa

Partner: Empa UESL, Empa TSL, Empa NEST

Kontakt: Hanmin Cai

3.9.11 EU EcoQube

Das intelligente Kühlsystem von ECO-Qube wird Simulationen der numerischen Strömungsmechanik (Computational Fluid Dynamics, CFD) nutzen, um das Kühlsystem und die IT-Geräte so anzupassen, dass der beste Luftstrom und die beste Kühlleistung in kleinen Rechenzentren bei minimalem Energieverbrauch erzielt werden.

Das ECO-Qube-Projekt wird eine innovative Kühlung von Edge-Rechenzentren durch zonales Wärmemanagement einführen. Das System wird die grossen Daten nutzen, die durch die Überwachung der CPU-Auslastung, der Temperatur und des Stromverbrauchs der IT-Geräte entstehen, um das zonale Wärmemanagementsystem zu betreiben, das den zonalen Temperaturanstieg im Voraus vorhersagt. In diesem Rahmen liest ECO-Qube den Kühlungsbedarf des Rechenzentrums sofort aus und stellt die Daten für das von künstlicher Intelligenz unterstützte Kühlungssystem und die Kontrolle über die Kühlungs- und Energiemanagementsysteme und IT-Geräte zur Verfügung, um einen energieeffizienten Betrieb der gesamten integrierten Einrichtung zu erreichen. Um dieses effiziente und dynamische Management der Anlage zu erreichen, wird ECO-Qube ein massgeschneidertes intelligentes Energiemanagementsystem entwickeln, das mit dem Energiemanagementsystem des Gebäudes (BEMS) verbunden ist. Darüber hinaus wird ECO-Qube Strategien aufzeigen, wie ein hoher Anteil des IKT-Energieverbrauchs durch nachhaltige Energiequellen gedeckt

werden kann: Rechenzentren können durch die erfolgreiche Integration erneuerbarer Energien umweltfreundlicher werden.

Die Entwicklung und Erprobung des intelligenten Kühlsystems ECO-Qube wird mit der Integration von Lösungen für erneuerbare Energien und Abwärmenutzung an drei Pilotstandorten, darunter der Empa-Demonstrator NEST, einhergehen.

Unterstützt durch: EU

Partner: LANDE, D&S TECH, SDIA, helio, VATTENFALL AB, LULEA TEKNISKA UNIVERSITET, STICHTING GREEN IT, GIROA, Endoks

Kontakt: Philipp Heer

3.9.12 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
- Eco-friendly and Ageing-Aware Energy Management Software for Li-ions Battery (BFE ECOBATTEM)
- 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 Aliunid Feldtest
- Innosuisse RAPIDE
- BFE EcoDynBat
- Zukunftsfiliale Lidl
- BFE Konnektivität im Gebäude

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 recyclen. Dadurch können Kreisläufe lokal geschlossen und Ressourcen wiederverwendet werden. Somit trägt der Water Hub dazu bei, vielversprechende Lösungen zur Reduktion des Wasserverbrauchs und zur Nutzung verschiedener Stoffe im Abwasser weiterzuentwickeln.

Ein sparsamer Umgang mit Wasser ist weltweit ebenso wichtig wie die nachhaltige Nutzung energetischer Ressourcen. Das interdisziplinäre 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. Mittlerweile ist der Flüssigdünger offiziell vom Bundesamt für Landwirtschaft auch für essbare Pflanzen zugelassen. Somit wird der Nährstoffkreislauf geschlossen und der Aurin Dünger kann für die lokalen Pflanzen verwendet werden. Das Urinaufbereitungsverfahren wird im

Hinblick auf Verfahrenstechnik, Energieaufwand, Kosten und Wartungsaufwand laufend weiter erforscht und 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.

Nach den erfolgreichen Tests eines biologischen Aktivkohlefilters als Nachbehandlung, werden nun weitere Technologien untersucht und getestet. Dabei sollen Technologien modular kombiniert werden, um flexibler auf die lokalen Gegebenheiten eingehen zu können. Innovative Online-Sensoren zwischen den einzelnen Behandlungsschritten liefern Informationen über die Effizienz dieser Behandlungskette und über die chemische und mikrobielle Qualität des gelagerten und behandelten Wassers.

Dieses Jahr wurde eine Studie zum Potenzial der Wärmerückgewinnung aus Grauwasser erfolgreich abgeschlossen. Es konnte gezeigt werden, dass die Wärmenutzung aus dem Duschwasser sinnvoll ist und Energieverluste im Abwassersystem verringert.

4.3 ENERGIE AUS FÄKALIEN

Bei der Energiegewinnung aus Fäkalien ist das grösste Hindernis die Entwässerung vom Fäkalschlamm. Um grundlegende Erkenntnisse in der Fäkalschlammentwässerung zu gewinnen, untersuchen Forschende der Eawag diese Prozesse. Dadurch sollen möglichst effizient Pellets als Brennstoff hergestellt werden können. Es wurden erste Versuche durchgeführt und nun werden im Water Hub neue Technologien zur Entwässerung getestet. Dabei soll eine Separierung ohne grossen Energieaufwendung funktionieren.

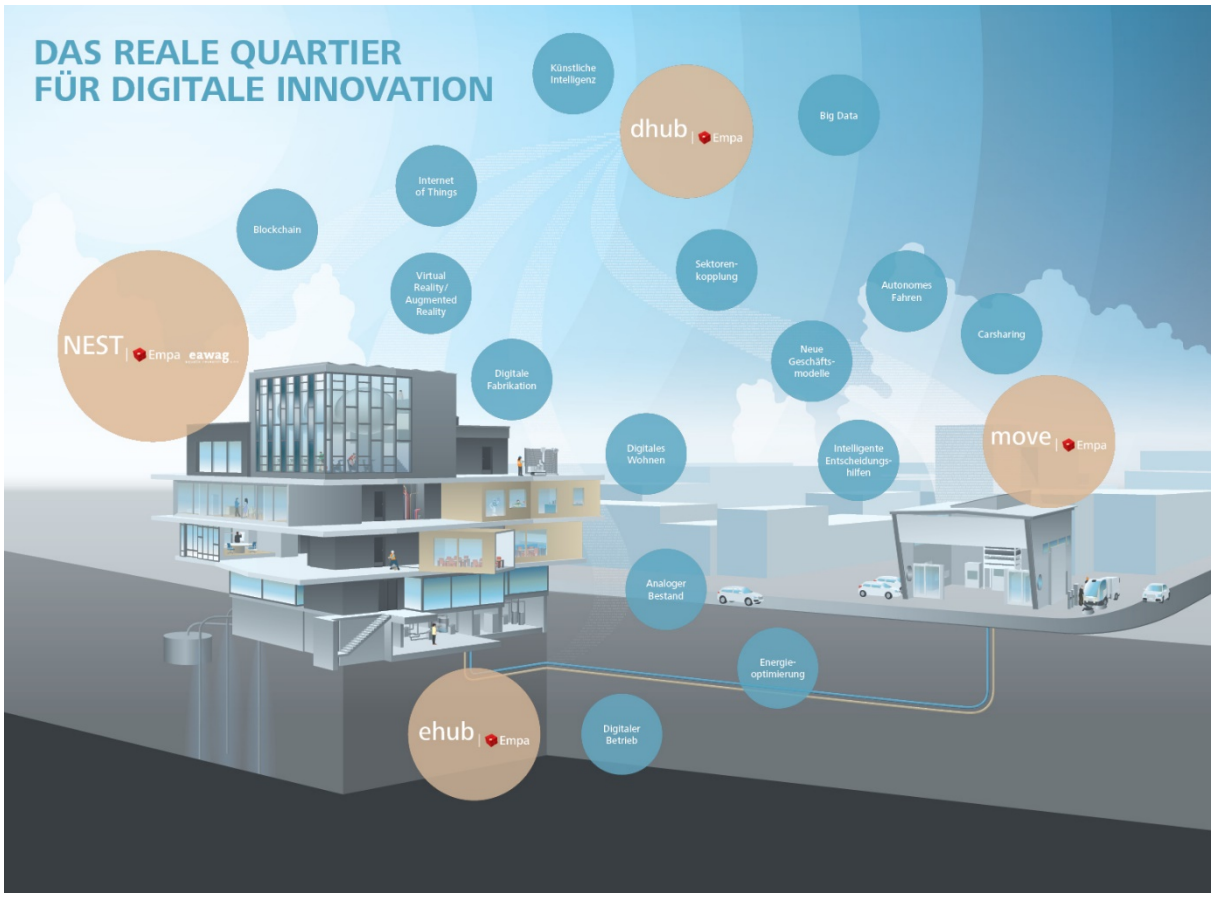
Video zum Water Hub
https://youtu.be/EzBk5CdyXks

5 DIGITAL HUB

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

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

Weitere Informationen zum Digital Hub
https://www.empa.ch/web/digital-hub/

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	2019	2020	2021*
Artikel/Beiträge	1’160	1’304	1’189	1’262	483	927

*01.01.2021– 11.10.2021

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. Auch die Realisierung der «Sprint»-Unit im August 2021 erhielt eine breite Medienaufmerksamkeit, die über mehrere Monate anhielt.

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. Eine Ausnahme bildet einzig das Jahr 2020 aufgrund der Corona-Pandemie. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick:

	2016	2017	2018	2019	2020
Führungen im NEST	188	395	384	392	74
Events im NEST	65	256	209	176	52
Besucher im NEST	5’716	12’361	12’164	11’288	1544

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.

Aufgrund der Corona-Pandemie konnte das NEST-Team im Jahr 2020 weniger Personen im NEST empfangen und auch weniger Anlässe durchführen. Um die Arbeit im NEST dennoch weiterhin der Öffentlichkeit zugänglich zu machen, wurden zwei neue Kommunikationskanäle eingeführt. Auf der einen Seite wurde das gesamte NEST-Gebäude in ein digitales Modell überführt. Somit haben Leute auf der ganzen Welt und rund um die Uhr die Möglichkeit, alle Units mit ihren Innovationen virtuell zu besichtigen. Auf der anderen Seite wurde der NEST Podcast ins Leben gerufen, in dem Peter Richner, stellvertretender Direktor der Empa, mit spannenden Personen aus dem Baubereich spricht. So findet einmal im Monat ein Wissenstransfer über diesen Kanal statt.

6.3 ÖFFENTLICHE AUFTRITTE UND MESSEN

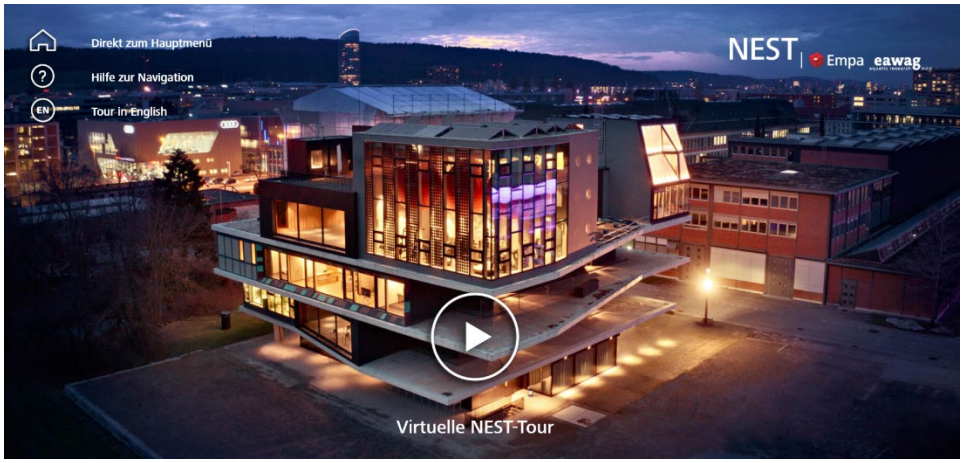
Die Bekanntheit von NEST führte dazu, dass die Exponenten rund um NEST vermehrt als Referenten an Fachtagungen und Konferenzen im In- und Ausland geladen wurden, um über das Gesamtprojekt oder einzelne Themenaspekte zu sprechen.

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.

Auch bei der nächsten Swissbau im Jahr 2022 wird NEST mit einem Messestand und mit vier Keynotes vertreten sein.

6.4 NEST VIRTUAL

Wie erwähnt, ist NEST seit Mitte 2021 in Rahmen einer virtuellen Tour erfahrbar. In der Tour können alle Units können besucht werden und die Nutzerinnen und Nutzer erhalten umfassende Informationen zu den Innovationen im NEST-Gebäude. Die Tour wird laufend erweitert beispielsweise bei der Eröffnung von neuen NEST-Units.



Link zur virtuellen NEST-Tour
https://www.empa-virtual.ch/nest/de/

7 AWARDS

NEST durfte in den letzten 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

Building Award 2019. Award für das gesamte NEST-Gebäude in der Kategorie «Forschung und Entwicklung»

Watt d'Or 2019. Spezialpreis «Transition» für NEST mit besonderer Erwähnung der Unit Solare Fitness & Wellness, verliehen durch das Bundesamt für Energie (BFE)

Beyond bauhaus – prototyping the future 2019. Award für die NEST-Unit Urban Mining & Recycling, verliehen durch die Initiative «Deutschland – Land der Ideen» gemeinsam mit dem Auswärtigen Amt, der Lotto Stiftung Berlin und SAP

BETON 21 – Architekturpreis 2021. Auszeichnung für die NEST-Unit DFAB HOUSE, verliehen durch BETONSUISSE

8 AUSGEWÄHLTE SUCCESS STORIES

8.1 BUCHENHOLZ AUS SCHWEIZER WALD

Buche wächst in den europäischen Wäldern in grosser Menge und wird trotz ihrer hohen mechanischen Festigkeit kaum im Bauwesen eingesetzt, sondern primär verfeuert. Aufgrund der hohen Festigkeit dieser Platten ist ein besonders schlanker Aufbau beim modularen Holzbau möglich.

Zusammen mit einem Schweizer Produzenten wurden in der Unit Vision Wood Buchen Sperrholz-Platten für die Vorfabrikation marktfähig entwickelt.

8.2 KREISLAUF IM BAU

Als direkte Konsequenz des Einbaus und der Eröffnung der NEST-Units «Urban Mining & Recycling» und «Sprint» sind öffentliche und private Bauherrn ans NEST-Team herangetreten, um die Bauherren zu befähigen Immobilien kreislauf-fähiger zu bauen. Mitglieder des NEST Teams und Experten aus dem Netzwerk unterstützen unter anderen die Gemeinde Dübendorf.

NEST hat zusammen mit dem Innovationspark Zentralschweiz Anfangs 2021 die Initiative "Circular Building Lab (CBL)" gegründet. CBL hat zum Ziel, die Bauindustrie in der Schweiz zu einer Material-optimierten Industrie zu transformieren. Der Kanton Zürich ist gerne eingeladen, dort mitzuwirken.

8.3 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.

8.4 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.

8.5 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 ±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.

Die PV-Panels wurden im September 2021 im Rahmen eines Wettbewerbers mit einer neuen Version ersetzt.

8.6 NEUE MÖBEL

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.

8.7 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.

8.8 VUNA-DÜNGER IN DER LANDWIRTSCHAFT ZUGELASSEN

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

8.9 NEUGRÜNDUNGEN VON STARTUPS

Auf Basis der in NEST erforschten Resultaten wurden drei Startups gegründet:

Vuna. Vuna plant und baut die Wasser- und Abwassersystem der Zukunft. Von Urban bis Alpin. Speziell wird aus Urin Dünger produziert.

Sympheny. Auf Basis der künstlichen Intelligenz werden Gebäude und dezentrale Energie-Netze optimal geplant und optimiert.

Viboo. Mit daten-gestützten Algorithmen wird der Energie-Bedarf von Gebäuden bis zu 30% reduziert.

8.10 PROOF-OF-CONCEPT MIT STARTUPS VON KICKSTART ACCELERATOR

Im Rahmen des jährlich durchgeführten Kickstart-Accelerator-Programms wurden verschiedene Proof-of-concept mit Startups aus dem "Smart City Vertical" durchgeführt.

9 VERWENDUNG DER MITTEL

Die im Subventionsvertrag vom 2014 freigegebenen Mittel wurden wie folgt eingesetzt:

	Bis 18.10.2021
Backbone	21'276'084
Units	17'377'593
Management & Kommunikation	7'647'779
Corporate Services	2'349'306
Total	**48'650'762**
Anteil Kanton Zürich	11'400'000
Anteil in Prozent	23%

10 EMPFEHLUNGEN ZU ENERGIE-, KLIMA- UND RESSOURCENPOLITIK

Die Bereiche Energie-, Klima- und Ressourcenpolitik sind eng miteinander verbunden in allen dreien spielt die gebaute Umwelt eine massgebliche Rolle.

Für eine sichere, bezahlbare und ökologische Energieversorgung der Schweiz muss der Energiebedarf der Gebäude massiv verringert werden, der Restbedarf mit erneuerbarer Energie gedeckt werden und die Gebäude müssen Teil des Energiesystems werden. In dieser neuen Rolle werden sie von den reinen Konsumenten zu Prosumern. Diese Integration muss schon auf Stufe Quartier über Mulitenergienetze und Energy Hubs erfolgen, so dass ein Maximum an erneuerbarer Energie lokal gewonnen und auch umgesetzt werden kann. Die Kopplung von Gebäuden und Mobilität ist dabei essentiell (Sektorkopplung). Mit mehreren Units konnten diese Konzepte im NEST demonstriert und validiert werden (Solare Fitness & Wellness, SolAce, …) und die Vernetzung über den ehub inklusive Verbindung zu move, dem Mobilitätsdemonstrator wurde ebenfalls erfolgreich umgesetzt. Diese Lösungen und Konzepte sind nun reif, um auf Stufe Kanton und Kommune implementiert zu werden. Dazu sind langfristig angelegte Roadmaps von Nöten, welche durch die öffentliche Hand koordiniert werden können.

Um das Netto Null Ziel bis 2050 (oder allenfalls früher) erreichen zu können, ist eine vollständige Dekarbonisierung der Energieversorgung der Gebäude notwendig und die verwendeten Baumaterialien und Komponenten dürfen kein graues CO_2 enthalten. Die bereits erwähnte Umstellung auf erneuerbare Energie ist also nur ein Teil der Lösung. Bei Neubauten ist die Umweltbelastung durch das eingesetzte Material etwa gleich gross, wie diejenige aus dem Energiebedarf der gesamten operativen Phase. Um das Ziel Net Zero bis 2050 zu erreichen, muss die Verwendung von Baumaterial bereits heute radikal optimiert werden. Weltweit muss auf Grund des Bevölkerungs-Wachstums bis 2050 ein Volumen von New York City neu gebaut werden, pro Monat.

Die Lösung heisst kreislaufgerechtes Bauen und Konstruieren. NEST konnte speziell mit den Units UMAR und Sprint aufzeigen, wie Strategien aus der Kreislaufwirtschaft den Materialverbrauch und die Umweltbelastung massiv verbessern kann. Damit diese Konzepte im Markt eingesetzt werden, braucht es ein Umdenken bei der Beschaffung von Gebäuden. Hier könnte die öffentliche Hand eine Vorreiterrolle einnehmen. Mittelfristig bräuchte es Vorgaben oder Incentivierungen für alle Marktteilnehmer, damit Gebäude Material-optimiert geplant, gebaut, betrieben und wieder einfach für die Wiederverwendung rückgebaut werden können.

Idealerweise werden Gebäude sogar zu einer Kohlenstoffsenke. Damit könnten fast nicht vermeidbare Emissionen (Zementproduktion, Landwirtschaft, …) kompensiert werden und zur Reduktion der CO_2-Konzentration in der Atmosphäre beigetragen werden. Entsprechende Forschungsarbeiten laufen und werden in naher Zukunft in neuen Units implementiert.