TÄTIGKEITSBERICHT

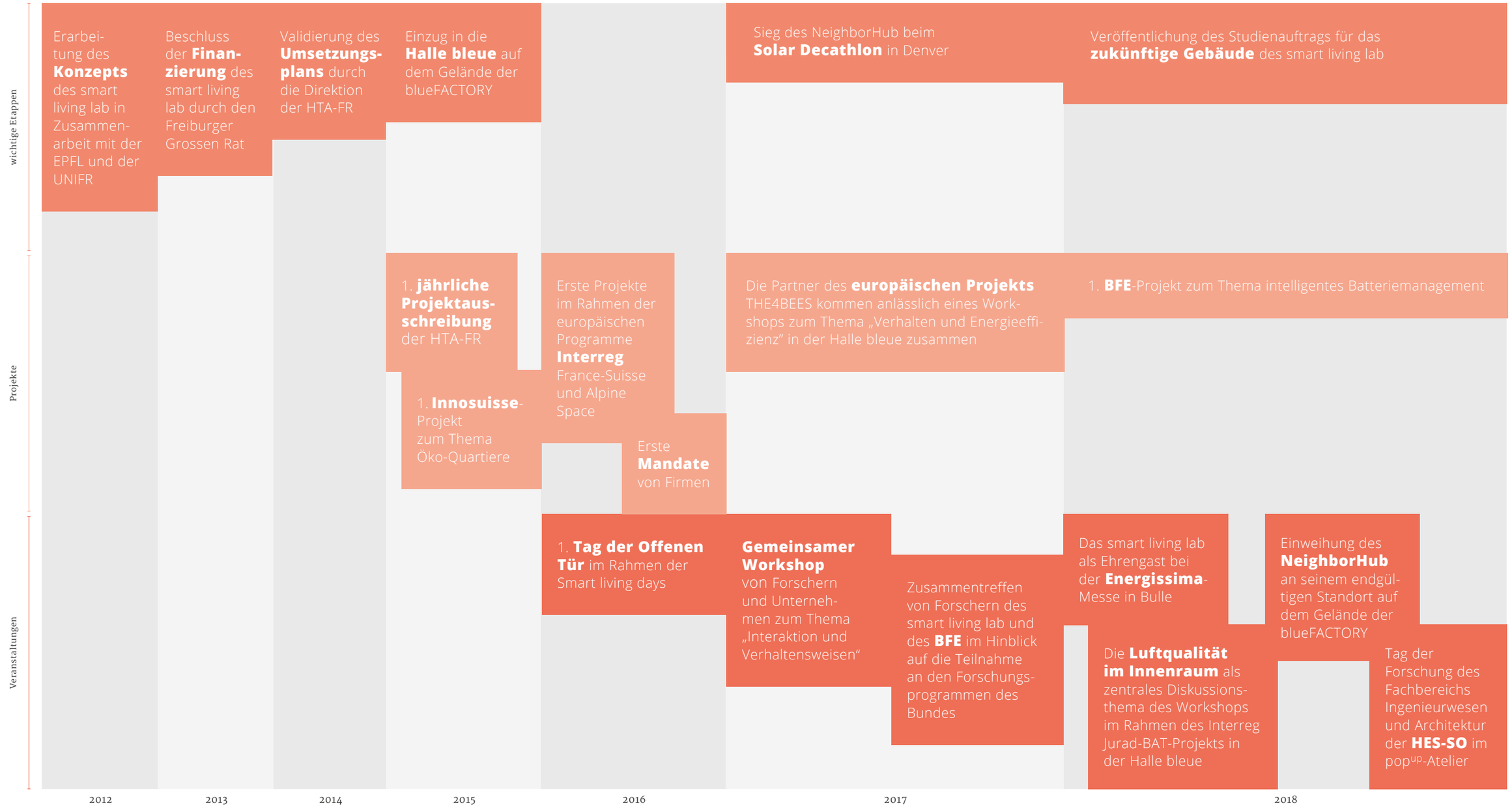
smart living lab

Beteiligung der HTA-FR am smart living lab

ZEITRAUM 2015 — 2018

Hes·so
Haute Ecole Spécialisée de Suisse occidentale
Fachhochschule Westschweiz
University of Applied Sciences and Arts Western Switzerland

Haute école d'ingénierie et d'architecture Fribourg
Hochschule für Technik und Architektur Freiburg


wichtige Etappen
Projekte
Veranstaltungen
Erarbeitung des **Konzepts** des smart living lab in Zusammenarbeit mit der EPFL und der UNIFR
Beschluss der **Finanzierung** des smart living lab durch den Freiburger Grossen Rat
Validierung des **Umsetzungsplans** durch die Direktion der HTA-FR
Einzug in die **Halle bleue** auf dem Gelände der blueFACTORY
Sieg des NeighborHub beim **Solar Decathlon** in Denver
Veröffentlichung des Studienauftrags für das **zukünftige Gebäude** des smart living lab
1. **jährliche Projektausschreibung** der HTA-FR
1. **Innosuisse**-Projekt zum Thema Öko-Quartiere
Erste Projekte im Rahmen der europäischen Programme **Interreg** France-Suisse und Alpine Space
Erste **Mandate** von Firmen
Die Partner des **europäischen Projekts** THE4BEES kommen anlässlich eines Workshops zum Thema „Verhalten und Energieeffizienz" in der Halle bleue zusammen
1. **BFE**-Projekt zum Thema intelligentes Batteriemanagement
1. **Tag der Offenen Tür** im Rahmen der Smart living days
Gemeinsamer Workshop von Forschern und Unternehmen zum Thema „Interaktion und Verhaltensweisen"
Zusammentreffen von Forschern des smart living lab und des **BFE** im Hinblick auf die Teilnahme an den Forschungsprogrammen des Bundes
Das smart living lab als Ehrengast bei der **Energissima**-Messe in Bulle
Einweihung des **NeighborHub** an seinem endgültigen Standort auf dem Gelände der blueFACTORY
Die **Luftqualität im Innenraum** als zentrales Diskussionsthema des Workshops im Rahmen des Interreg Jurad-BAT-Projekts in der Halle bleue
Tag der Forschung des Fachbereichs Ingenieurwesen und Architektur der **HES-SO** im pop^{up}-Atelier
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018

IMPRESSUM

REDAKTION
Jean-Philippe Bacher
Violaine Coard
Projektverantwortliche

ÜBERSETZUNGEN
Nina May Vicente

KORREKTUREN
Charly Veuthey
Laure Thorens
Mario Luongo
Nathalie Bachmann

GRAFISCHE GESTALTUNG
karakter

FOTOS
Horsform / Nicolas Brodard
Thomas Delley
Dominique Bersier

DRUCK
Druckerei Saint-Paul

© Hochschule für Technik und Architektur
Freiburg (HTA-FR), 2018

MIX
Paper from responsible sources
FSC® C020089
www.fsc.org

CO₂ neutral gedruckt
www.climate-services.ch
www.saint-paul.ch

Inhaltsverzeichnis

3 Vorworte
8 Kennzahlen
9 Forschungsgebiete des smart living lab

11 Ressourcen im Dienst eines strategischen Projekts
12 Forschungsinstitute
14 Verbindung Ausbildung–Forschung
16 Forschungsinfrastruktur

21 Innovation durch Forschungsprojekte
22 Air-Sûr
23 Build-Unbuild-Repeat
24 CIMI
25 Corrélation carbone
26 DevEco
27 ExpSEBI
28 INDALUX
29 Talk to the NeighborHub
30 Smart PCM Walls
31 THE4BEES

33 Forschung, die auf Wissens- und Technologietransfer ausgerichtet ist
34 Partner
36 Projektliste des Forschungsprogramms
39 Ausgewählte Publikationen

41 Finanzen und Organisation
42 Finanzen
44 Organisation
47 Fazit

49 Die Sichtweise der Akteure aus Wirtschaft und Politik

„Für die HTA-FR steht die Umsetzung aktueller Erkenntnisse in praktischen Nutzen im Vordergrund.“

Jean-Nicolas Aebischer,
Direktor der HTA-FR

smart living lab – Eine Wertschöpfungskette mit starkem Potenzial

So wie die Ingenieurspraxis nicht ohne wissenschaftliche Grundlage auskommt, ist die Wissenschaft ohne Praxisorientierung nicht relevant. Das smart living lab zeichnet sich durch die Komplementarität der drei Hochschulen EPFL, UNIFR und HTA-FR aus.

Während die ersten beiden schwerpunktmässig und langfristig Wissen schaffen, steht für die HTA-FR die Umsetzung aktueller Erkenntnisse in praktischen Nutzen im Vordergrund.

Die beiden Hochschularten unterscheiden sich daher in Bezug auf die Fristigkeit und die Schwerpunktsetzung zwischen Entwicklung und Nutzung von Wissen. Zusammen bilden sie eine Wertschöpfungskette, die das substanzielle finanzielle Engagement der öffentlichen Hand und insbesondere des Kantons rechtfertigt.

Aus diesem Grund verschreibt sich das smart living lab auch der aktiven Zusammenarbeit mit privaten und öffentlichen Partnern.

Die HTA-FR profitiert in hohem Masse von der Zusammenarbeit mit den beiden Hochschulen, insbesondere für die Ausbildung ihrer Studierenden. Fragen und Antworten aus der Wissenschaft werden in Projekten von Studierenden der Architektur und der verschiedenen Ingenieurdisziplinen (Bauingenieurwesen, Elektrotechnik, Maschinentechnik, Informatik und Telekommunikation) zur Lösung konkreter Probleme genutzt und stimulieren damit direkt die Lehre.

Die HTA-FR versteht sich als wichtiger Akteur im Freiburger Bildungs-, Forschungs- und Innovationssystem. Sie ist überzeugt, dass die Zusammenarbeit mit anderen Hochschulen und insbesondere auch mit öffentlichen und privaten Partnern die Innovationskraft des Kantons stärken kann.

Das smart living lab wird diesen Effekt haben! Erste sichtbare Zeichen sind da und ich lade Sie ein, diese auf den folgenden Seiten zu entdecken.

„Das smart living lab hat die Entwicklung unserer anwendungsorientierten Forschung entscheidend beeinflusst.“

Jacques Bersier, Vizedirektor HTA-FR, Direktion aF&E

Ein Entwicklungsbeschleuniger für unsere Forschung

Die anwendungsorientierte Forschung der HTA-FR ist in zehn Instituten und drei Kompetenzzentren organisiert. Ihr gemeinsamer Nenner sind die Wertschöpfungsketten „Bauen und Wohnen der Zukunft” sowie „Technologien und Verfahren der zukünftigen Produktion”.

Die am smart living lab beteiligten Institute entwickeln neue Energiesysteme, innovative Lebensraum- und Raumordnungskonzepte sowie neue Tragewerke, und zwar stets unter Berücksichtigung der Entwicklung des Nutzerverhaltens. Ihre Arbeit ist eng verknüpft mit der Forschungstätigkeit des smart living lab zur Entwicklung und Konzipierung des Wohnraums der Zukunft.

Diese Zukunft zeichnet sich insbesondere auf Ebene der Grundlagenforschung unserer universitären Partner ab. Die Forschungsergebnisse der HTA-FR haben hingegen mehr unmittelbare Konsequenzen, insofern sie umgehend von Bauunternehmen und anderen Akteuren der Branche angewendet werden können: Architekturbüros, Planungsbüros, Investoren und Hausverwaltungen. Der Wissenstransfer erfolgt über Direktaufträge von Firmen oder über Projekte, die vom BFE, vom BAFU, Innosuisse oder auf internationaler Ebene von H2020 und Interreg finanziert werden.

Die Institute ENERGY und TRANSFORM haben sich verstärkt im smart living lab eingebracht. Im Gegenzug hat das smart living lab die Entwicklung unserer anwendungsorientierten Forschung entscheidend beeinflusst. Ich freue mich sehr darüber, dass wir mit unserem „smart living lab“-Konzept, welches wir im Verlauf des Jahres 2012 gemeinsam mit der EPFL entwickelt haben, einen solchen Mehrwert für unsere Forschung, für unsere Hochschule und für die Unternehmen der Region geschaffen haben.

„Das smart living lab stärkt ein bereits wettbewerbsfähiges regionales Ökosystem.“

Jean-Philippe Bacher, Professor, Projektverantwortlicher für die HTA-FR

Ein Projekt inmitten von Umbrüchen

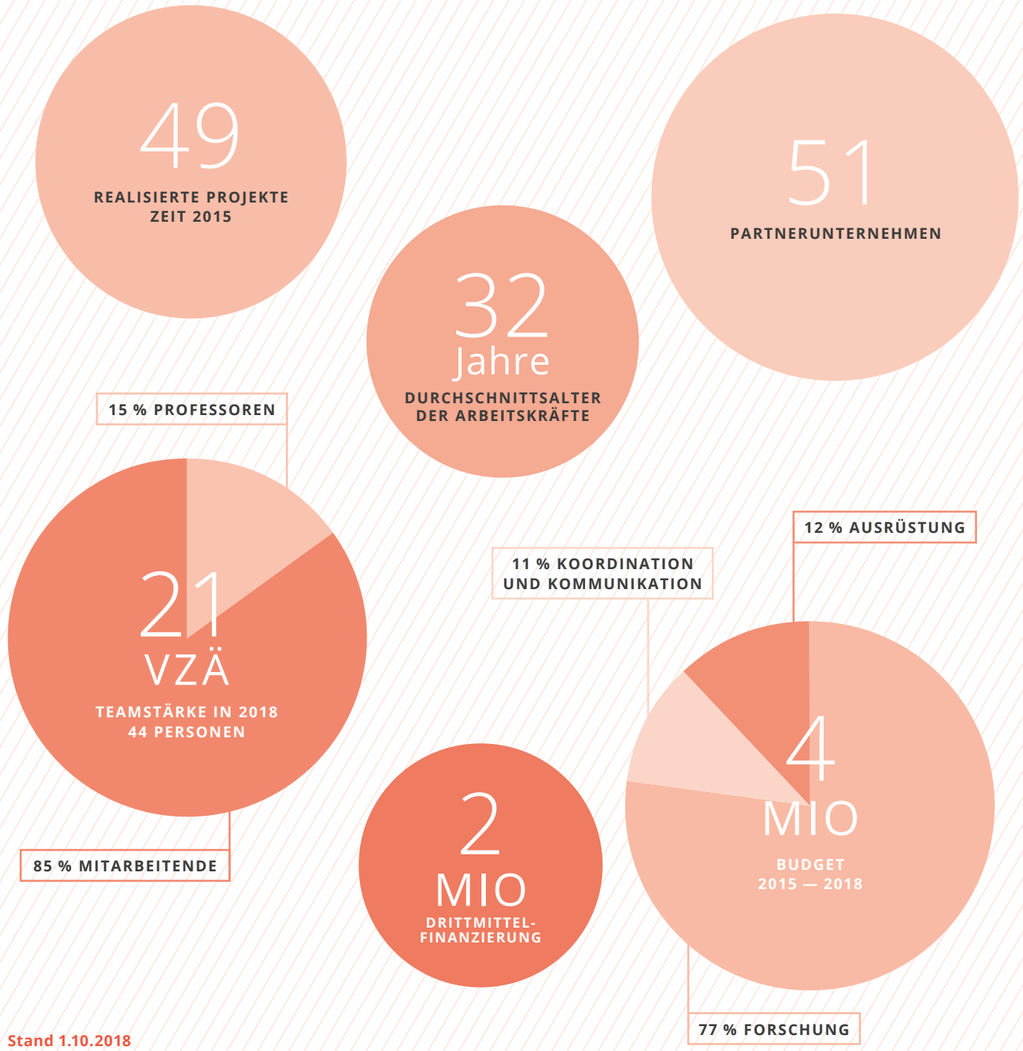
Die Forschungs- und Entwicklungstätigkeit des smart living lab erfolgt inmitten mehrerer wichtiger Umbrüche für die Baubranche. Die Notwendigkeit, die Landschaft zu erhalten und vor der Zersiedlung zu bewahren, führt zu einer Weiterentwicklung der Denkweise in Bezug auf Raumplanung und -entwicklung. Parallel dazu rufen Energie- und Klimapolitik zur schnellen Modernisierung des Schweizer Gebäudeparks auf, indem sowohl die Effizienz der Gebäude gesteigert als auch vermehrt erneuerbarer Energien eingesetzt werden sollen. Hinzu kommen grundlegende Entwicklungstendenzen wie die Digitalisierung, die neue Gestaltungs- und Herstellungsverfahren im Baubereich ermöglicht. Schliesslich beeinflusst das Aufkommen neuer Lebens- und Arbeitsweisen die Bedürfnisse der Nutzer nach Flexibilität und Ausbaufähigkeit der gebauten Umwelt.

Diese Veränderungen sind innovationsfördernd und bieten viele Möglichkeiten für die anwendungsorientierte Forschung. In diesem Kontext gewinnt die Entwicklung des smart living lab als Kompetenzzentrum für Wohnformen der Zukunft ihre ganze Bedeutung: Es stärkt ein bereits wettbewerbsfähiges regionales Ökosystem in einer Logik der intelligenten Spezialisierung.

Die Forschungsprojekte der HTA-FR im Rahmen des smart living lab schreiben sich in vier Bereiche ein. Im Bereich Bautechnik und Energiesysteme werden Lösungsansätze untersucht, um die Umweltauswirkungen des Bausektors während des gesamten Lebenszyklus von Gebäuden zu reduzieren. Die Studien zu Wohlbefinden und Verhalten der Nutzer ermöglichen ein besseres Verständnis, eine verbesserte Prognose sowie Optimierung der tatsächlichen Nutzung und der von den Nutzern wahrgenommenen Gebäudeeigenschaften während der Betriebsphase eines Gebäudes. Im Bereich Interaktionen und Designprozesse schliesslich liegt der Fokus auf Bauverfahren und der Entwicklung innovativer sowie effektiver Methoden und Werkzeuge.

Im Rahmen dieses strategischen Projekts entwickeln die Forschenden unserer Hochschule in Zusammenarbeit mit privaten und öffentlichen Partnern herausragende Kompetenzen, dank der sie zu Akteuren der aktuell stattfindenden Umbrüche werden. Damit setzen sie auch den Anspruch der Fachhochschulen um, eine Schlüsselrolle in der Schweizer Hochschullandschaft einzunehmen – als Brücke zwischen akademischer Forschung und Praxis.

Kennzahlen



Stand 1.10.2018

Forschungsgebiete des smart living lab

Wohlbefinden und Verhalten

Verbesserung der Gesundheit und des Komforts des Menschen durch die Optimierung der Umgebungsqualität in Innenräumen und die positive Beeinflussung von Verhaltensmustern.

Interaktionen und Designprozesse

Den Dialog zwischen allen Akteuren eines Gebäude-Lebenszyklus verstehen, strukturieren und fördern, um Werkzeuge für das Design, die Modellierung und den Betrieb von Gebäuden zu entwickeln.

Bautechnologien

Ressourceneffizienz evaluieren und Veränderungsprozesse im Bausektor beschleunigen.

Energiesysteme

Entwicklung von intelligenten und energieeffizienten Systemen und Technologien, die Optimierung des Managements solcher Systeme sowie die Evaluierung rechtlicher und wirtschaftlicher Auswirkungen.

Ressourcen im Dienst eines strategischen Projekts

Partnerinstitute des smart living lab

ENERGY

Institut für anwendungsorientierte Forschung Energiesysteme

Die Versorgung, Erzeugung und Verteilung der Energie werden im 21. Jahrhundert tiefgreifende Veränderungen durchlaufen. Die zunehmende Verknappung fossiler Ressourcen, der Klimawandel, der Atomausstieg, das Aufkommen erneuerbarer Energiequellen und die Dezentralisierung der Energieproduktion werden die technologischen Entwicklungen massgeblich beeinflussen.

Dank seiner interdisziplinären Kompetenzen trägt das Institut ENERGY zur Entwicklung einer energieeffizienten Gesellschaft bei, indem es die rationelle Nutzung emissionsarmer Energieträger fördert.

Strategische Forschungsschwerpunkte

- **Energieeffizienz von Gebäuden und Stadtteilen: Optimierter Technologieeinsatz, rationelle Energienutzung auf Stadtteilebene und Optimierung der Gebäude, die als Energiequelle und Energiespeicher zugleich aufgefasst werden.**
- **Technologie und Betrieb des Stromnetzes: Energieeffizienter Einsatz und Rationalisierung der vorhandenen Komponenten, Tools und Kompetenzen zur Konzeption neuer Anlagen, Konzeption und Betrieb des Energienetzes von morgen im Hinblick auf die Übertragung und die Verteilung sowie unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen und technischen Aspekte.**
- **Energiesysteme und industrielle Verfahren: Integration und Rationalisierung, Energieeffizienz, erneuerbare Energien, Energieoptimierung.**

TRANSFORM

Institut für Architektur – Erbe, Konstruktion und Nutzungsweisen

Thematischer Schwerpunkt des Instituts ist „Transformation", der auf die Abfolge der verschiedenen Phasen des architektonischen Prozesses und die Dynamik der architektonischen Interventionen während ihres gesamten Lebenszyklus angewendet wird.

Transformation wird verstanden als Veränderung, Anpassung, Optimierung, Variation, Evolution und Übergang. Ihre gängigen Formen sind Renovierung, Restaurierung, Rehabilitation, Aus- und Umbau, Umnutzung und Aufwertung, die das Bestehende berücksichtigen und valorisieren.

Strategische Forschungsschwerpunkte

- **Gebautes Erbe und territoriale Identitäten: Anpassung unter Werterhaltung des Erbes; Gestaltung der Transformation eines städtischen oder ländlichen Gebiets unter Berücksichtigung seiner Identität.**
- **Entwurf und Bau: Integration innovativer Technologien in den Gebäudebau; Valorisierung einfacher Bauprozesse; Konzeptionsmethoden, die Bauschäden minimieren.**
- **Interaktion zwischen Orten und Nutzern: Anpassung der architektonischen Typologien an die vielfältigen Nutzerprofile; auf neue Bedürfnisse und gesundheitliche Probleme abgestimmte Raumgestaltung; Verfolgen der neuesten technologischen Entwicklungen von Bauwerkstoffen.**

Beteiligung weiterer Institute der HTA-FR am smart living lab

iTEC

Der Fokus des Instituts für Bau- und Umwelttechnologien (iTEC) liegt auf der Entwicklung von Methoden, technologischen Verfahren und Produkten im Bereich Bauingenieurwissenschaften und Umwelt. Im Kontext des smart living lab bringt das Institut seine Kompetenzen und sein spezifisches Fachwissen im Bereich Bautechnologie und Bauprozesse ein. Bisher hat sich das Institut an Arbeiten zu Konzeption, Modellierung und digitaler Simulation beteiligt sowie an Experimenten im kleinen und grossen Massstab zu Lösungen, welche die graue Energie von Bauteilen und, im weiteren Sinne, ihre Umweltauswirkungen reduzieren. Ende 2018 wird sich iTEC den Partnerinstituten des smart living lab anschliessen.

iCoSys

Das Institut für komplexe Systeme (iCoSys) ist auf die Massenverarbeitung von Informationen (Big data), Cloud computing, Machine learning, Business intelligence und Signalverarbeitung spezialisiert. Im Kontext des smart living lab bringt das Institut seine Kompetenzen in Projekten ein, welche die Speicherung und Analyse von grossen Datenmengen oder Softwarearchitektur im Bereich Internet der Dinge (smart buildings, smart cities) voraussetzen.

iSIS

Das Institut für Sichere und Intelligente Systeme (iSIS) ist auf die Entwicklung von sicheren und zuverlässigen Hardware- und Softwaresystemen spezialisiert. Seine Fachkenntnisse im Bereich eingebettete Systeme bringt das Institut in Projekten zur Sensorentwicklung und zu Kommunikationsprotokollen für intelligente Gebäude ein.

HumanTech

Zielsetzung des Instituts HumanTech ist die Stärkung der Fähigkeiten sowohl des Individuums als auch des Kollektivs dank einer Verbesserung der Lebensqualität und des Wohlbefindens des Menschen, und zwar mittels der erfinderischen Nutzung neuer Technologien.

Die Ausbildung von Fachleuten der Zukunft

STEFANIE SCHWAB

Im Anschluss an ihr Architekturdiplom der TU Darmstadt spezialisiert sich Stefanie Schwab zunächst auf Baudiagnostik und die Renovierung bestehender Gebäude. Anschliessend tritt sie dem Studiengang Architektur und dem Institut TRANSFORM der HTA-FR bei. Sie lehrt Baukonstruktion und leitet Forschungsprojekte im Bereich Sanierung und Umnutzung der bestehenden Bausubstanz.

Wie profitieren die Bacherlor- und Masterstudierenden konkret von einem Kompetenzzentrum wie das smart living lab?

Das smart living lab bietet die Möglichkeit, Projekte unter realen Bedingungen zu testen und umzusetzen. Durch die Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen und die Konfrontation mit realen Anforderungen erwerben die Studierenden praktische und interdisziplinäre Kompetenzen.

Inwiefern trägt die anwendungsorientierte Forschung zur Qualität der Ausbildung bei?

Die anwendungsorientierte Forschung ermöglicht ein besseres Verständnis der Herausforderungen, Möglichkeiten und Hindernisse von Projekten. Durch die Erarbeitung globaler Ansätze trägt die anwendungsorientierte Forschung dazu bei Fachleute auszubilden, welche die Herausforderungen der Zukunft annehmen können.

Konkret ausgedrückt, wie wichtig ist die Verbindung von anwendungsorientierter Forschung und Lehre für Ihren Unterricht?

Die Methoden und Werkzeuge, die ich im Rahmen meiner Forschungsprojekte im Bereich der energetischen Gebäudesanierung entwickle, werden in der Ausbildung von Architekten, GEAK-Experten und Immobilienexperten ausgiebig getestet und integriert. Auf diese Weise wird der direkte Transfer von wissenschaftlichen Erkenntnissen in die Praxis sichergestellt.

Wie sehen Sie die weitere Entwicklung der Verbindung von Forschung und Lehre im Renovierungsbereich?

Das Kompetenzzentrum verbindet nationale und internationale wissenschaftliche Forschung mit der Ausbildung von Fachkräften. Der regelmässige Austausch mit Fachleuten, Eigentümern und den zuständigen Dienststellen im Hinblick auf die Komplexität und die Herausforderungen des Fachbereichs ermöglicht eine erhebliche Verbesserung der Prozesse, der Qualität und Nachhaltigkeit der Sanierungen.

Ein berufliches Sprungbrett

HAROLD BRÜLHART

Nach seinem Bachelorabschluss in Telekommunikation hat Harold Brülhart als wissenschaftlicher Mitarbeiter der Institute iSIS und ENERGY der HTA-FR an Projekten gearbeitet, welche die Entwicklung von Hardware und Software im Bereich Energieoptimierung verbinden.

Welche Rolle und welche Tätigkeiten erfüllen Sie im Rahmen des smart living lab?

Ich wurde vom Institut ENERGY als Mitarbeiter für die Digitalisierung und Konzeption von Kommunikationsschnittstellen engagiert, um Daten verschiedener Sensoren und Aktuatoren im Gebäude auszuwerten. Aufgrund der engen Zusammenarbeit mit Energieingenieuren konnte ich ergänzende Kompetenzen in diesem Bereich erwerben.

Welche Verbindungen sehen Sie zwischen der Ausbildung und der Forschungstätigkeit des smart living lab?

Meine Ausbildung an der HTA-FR hat es mir ermöglicht, notwendige Kompetenzen und Methoden für die Ausführung von Arbeiten und die Lösung von Problemen zu erwerben. Durch die Mitarbeit an Projekten im smart living lab konnte ich praktische und technische Erfahrung sammeln.

Welchen Nutzen ziehen Sie für Ihre berufliche Tätigkeit aus der Erfahrung, die Sie im smart living lab erworben haben?

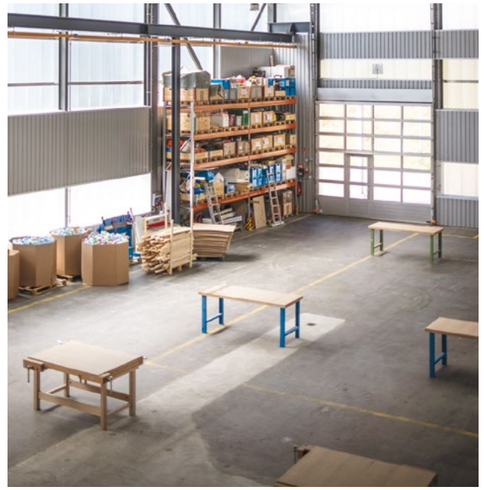
Die Zusammenarbeit mit privaten Firmen im Rahmen von Mandaten und Projekten sowie die eigenständige Organisation meiner Arbeit waren deutliche Vorteile bei meiner Arbeitssuche. Durch die Vielseitigkeit der täglichen Aufgaben und Anforderungen habe ich gelernt, flexibel und reaktiv zu sein, zwei Schlüsselkompetenzen also auf dem aktuellen Arbeitsmarkt. Für meinen Arbeitgeber bringe ich breites technisches Wissen und Arbeitserfahrung mit, die den Anforderungen der Privatwirtschaft entsprechen.

Halle bleue

Bis zum Bau seines zukünftigen Gebäudes ist das smart living lab in der Halle bleue inmitten des Innovationsquartiers blueFACTORY in Freiburg untergebracht. Seit Ende 2015 stehen in der Halle bleue 200 Arbeitsplätze und Labore zur Verfügung. Das Gebäude wird mit einer Luft/Wasser-Wärmepumpe geheizt und verfügt über 1800 m^2 Photovoltaik-Module, die auf dem Dach angebracht sind. Damit entspricht die Halle bleue den von blueFACTORY vorgegebenen „Zero Carbon"-Kriterien. Zahlreiche Sensoren (Temperatur, Energiezähler, Tür- und Fensteröffnungen, CO_2) liefern den Forschenden Daten für ihre Projekte und Experimente in ihrem Arbeitsumfeld.

Pop^{up} Atelier

Das pop^{up}-Atelier ist eine Bau- und Experimentierhalle, die auf 1320 m^2 die Möglichkeit bietet, Prototypen im Massstab 1:1 herzustellen. Hier können die Forschenden des smart living lab Prototypen bauen und Modelle testen, seien es Bauteile (Fassaden, Tragwerke) oder komplette Gebäude wie beispielsweise der Neighbor-Hub. Um die Studierenden möglichst nah an die Materie heranzuführen, wird das Atelier ebenfalls im Rahmen von Themenwochen der HTA-FR und der EPFL genutzt. Das Zwischengeschoss steht mit 430 m^2 für Gruppenarbeiten zur Verfügung und wird regelmässig für Veranstaltungen und Konferenzen genutzt.



Labor für die Integration erneuerbarer Energien (LIRE)

Das Labor bietet eine Entwicklungs- und Testplattform unter realen Bedingungen für die Integration verschiedener erneuerbarer Energiequellen und Energiespeicher für Gebäude. Die im Labor durchgeführten praktischen Arbeiten und Projekte befassen sich mit der Optimierung des Energiemanagements, d.h. mit der Produktion (Photovoltaik- und thermische Solaranlagen, Luft/Wasser-Wärmepumpe), der Speicherung (Wärme, Kälte, Batterie), dem Verbrauch und der Rückspeisung ins Netz. Die verschiedenen Systeme sind untereinander verbunden und die Messungen der zahlreichen Sensoren werden laufend ausgewertet und gespeichert.

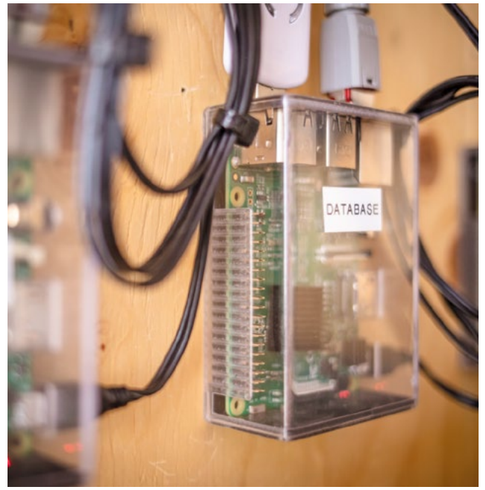
NeighborHub

Nach dem Sieg im internationalen Wettbewerb Solar Decathlon 2017 in Denver (USA) wurde der NeighborHub auf dem Gelände der blueFACTORY wiederaufgebaut. Konzipiert wurde der NeighborHub von Studierenden sowie Professorinnen und Professoren aus vier Hochschulen (EPFL, HTA-FR, HEAD und UNIFR). Er ist als Begegnungsort für die örtliche Gemeinschaft gedacht, um Lösungsansätze für eine nachhaltigere Zukunft zu entwickeln. Er ist ebenfalls mit zahlreichen Sensoren ausgestattet und dient dem smart living lab als Forschungslabor.

Forschungsinfrastruktur

BBDATA

BBDATA ist eine sichere Speicherplattform für Gebäudedaten. Sie integriert die neuesten Technologien aus den Bereichen Internet der Dinge und „Big data“ . Die Plattform beherbergt grosse Datenmengen, die von den Sensoren der Halle bleue, des NeighborHub und der mobilen Messgeräte geliefert werden. Sie stellt Dienste für die Visualisierung, die Verarbeitung und die Analyse von Daten zur Verfügung, die eine wertvolle Informationsquelle für Betreiber und Forschende darstellen.



Das zukünftige Gebäude des smart living lab

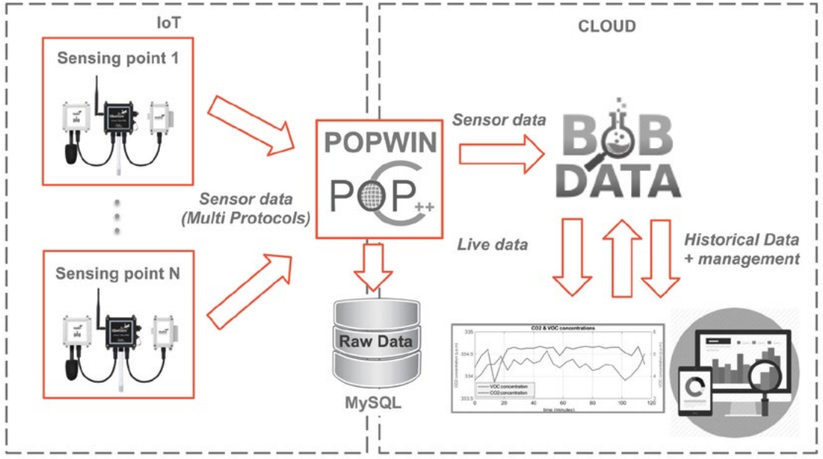
Schlicht, innovativ, nachhaltig und emblematisch – das zukünftige Gebäude des smart living lab wird ein Vorreiter für die Wohnformen von morgen sein. Als experimentelles Gebäude wird es die Anwendung von Konzepten und Technologien ermöglichen, die im Rahmen des smart living lab entwickelt wurden, und unter ständiger Beobachtung und Auswertung sein. Der evolutive Charakter des Gebäudes wird seine Anpassung an neue Anforderungen und Technologien ermöglichen. Ab seiner Inbetriebnahme, die für 2022 vorgesehen ist, wird das neue Gebäude den Zwischenzielen der 2000 Watt-Gesellschaft entsprechen müssen, die für 2050 angesetzt sind.

Innovation durch Forschungs-projekte

Air-Sûr

Entwicklung und Test eines Prototyps für die Überwachung der Luftqualität im Innenraum

Projektdauer
07.2016 – 12.2017
Projektverantwortliche
Prof. Dr. Joëlle Goyette Pernot

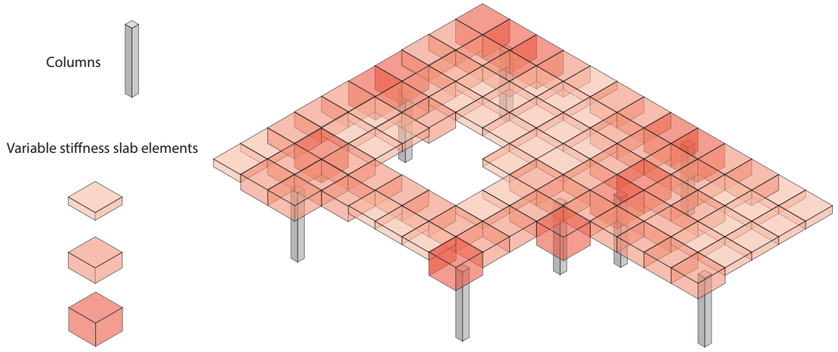


Ziel des Projekts Air-Sûr ist die Entwicklung einer Anlage, die eine kontinuierliche Überwachung der sanitären Bedingungen in einem Innenraum auf Grundlage von Messungen einer bestimmten Reihe mehr oder weniger komplexer (chemischer, physikalischer und biologischer) Parameter ermöglicht. Die Anlage muss Kriterien wie Flexibilität, Modularität, Skalierbarkeit, Verlässlichkeit der Messungen und Kostenoptimierung erfüllen. Es kann sich um eine mobile, auf Diagnostik ausgelegte Anlage handeln, oder aber um eine feste Einrichtung, die in einem bestimmten Raum installiert wird mit dem Ziel, eine langfristige sanitäre Überwachung durchzuführen, und gegebenenfalls in ein Gebäudemanagementsystem integriert werden kann. Das skalierbare System wird zukünftig in der Lage sein, weitere Sensoren aufzunehmen, die zurzeit in verschiedenen Labors entwickelt werden. Zusammengefasst streben wir eine robuste und dennoch „erschwingliche" Anlage an, und zwar sowohl in Bezug auf Materialkosten als auch in Bezug auf Betrieb, Handhabung und Wartung. Der Einsatz einer solchen Anlage ist besonders gut für Orte geeignet, die von verschiedenen Personengruppen frequentiert werden, wie beispielsweise Krippen, Schulen oder Arbeitsplätze. Das Prinzip besteht darin, eine durchgehende Überwachung der Umgebungsbedingungen zu gewährleisten, um auf Grundlage der Messungen die Verhaltens-, Lebens- und Verbrauchsmuster in den betreffenden Gebäuden so anzupassen, dass optimale hygienische Bedingungen und Komfort geschaffen werden.

Build-Unbuild-Repeat

Ein wiederverwendbares Tragwerksystem für Bürogebäude

Projektdauer
09.2018 – 12.2019
Projektverantwortliche
Prof. Dr. Corentin Fivet (EPFL)
Prof. Dr. Dario Redaelli (HTA-FR)



Wir renovieren unsere Gebäude, um die immer neuen Anforderungen unserer Gesellschaft zu erfüllen: Wir ersetzen die Gebäudehülle und die Raumaufteilungen und erhalten dabei so lange wie möglich das Tragwerk.

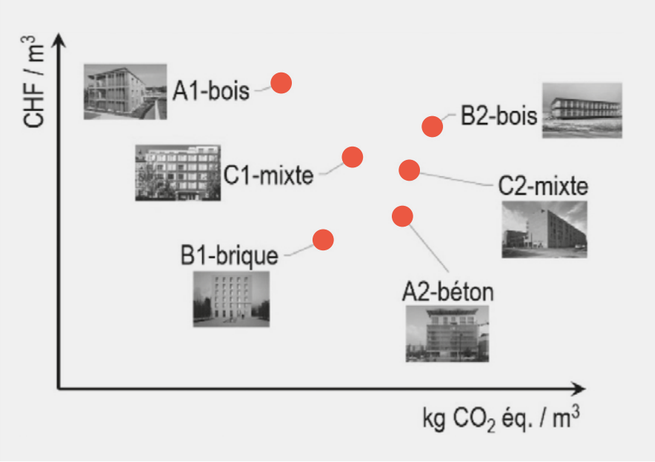
Obwohl bereits Lösungen für die Konzeption von wiederverwendbaren Gebäudehüllen, Innenausbauten und Ausrüstungen vorhanden sind, gibt es aktuell keine robuste Lösung, die eine Wiederverwendung der Tragwerksteile ermöglicht.

Das Ziel ist daher der Entwurf eines hoch flexiblen Tragwerksystems für Bürogebäude mit einer Lebensdauer von 200 Jahren, das mehrfach demontiert und in neuen räumlichen Konfigurationen wiederaufgebaut werden kann. Als Schlüsselelement des Systems wurde ein neuartiges modulares Plattenkonzept entwickelt. Unter Berücksichtigung der gewählten Grenzen (maximale Spannweite, usw.) sind die Abmessungen und die Montagetechnik der Module so ausgelegt, dass sämtliche unvorhergesehenen räumlichen Neuorganisationen und damit sämtliche unvorhergesehenen Nutzungen des Gebäudes möglich sind.

CIMI

Konzeption von multifunktionalen, innovativen Integralbauteilen

Projektdauer
04.2016 – 12.2018
Projektverantwortlicher
Prof. Dr. Daia Zwicky



Wechselwirkungen zwischen der ökologischen und wirtschaftlichen Leistung „grüner“ Gebäude.

© Institut iTEC (HTA-FR) / Mirhat Medziti

Unter Beachtung der vielfältigen Anforderungen (Statik, Bauphysik, Energieerzeugung und -speicherung, technische Anlagen, Wirtschaft, Ökologie, Architektur) an die Gestaltung von Bauteilen werden neue Bauideen mit neuen und innovativen Baustoffen und neue Anwendungen bereits vorhandener Baustoffe entwickelt. Ziel des Projekts ist die Erarbeitung von Empfehlungen für den systemischen Entwurf von Bauteilen, um ökologische Bauten zu konzipieren, die auch wirtschaftlichen Kriterien entsprechen.

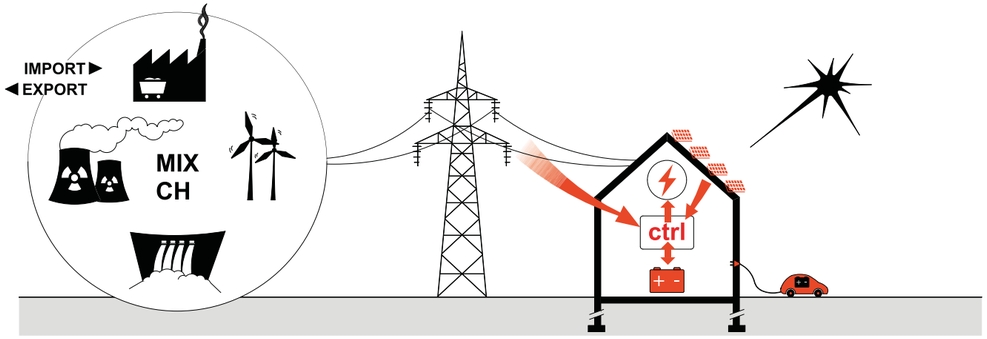
Einerseits geht es darum zu erfassen, welchen Beitrag die Hauptbauteile (Decken, Fassade, Dach, Bodenplatte, usw.) für die Ökobilanz („graue“ Energie und Nutzungsenergie) und Wirtschaftlichkeit des gesamten Gebäudes leisten. Andererseits geht es darum zu bestimmen, welche Schichten dieser Bauteile in erster Linie für eine verbesserte Ökobilanz optimiert werden müssen, ohne dabei die wirtschaftlichen Anforderungen aus den Augen zu verlieren. Durch die detaillierte Beurteilung von sechs Gebäuden, die für ihre ökologische Performance renommiert sind, werden unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus des Gebäudes die Auswirkungen der verschiedenen Bauteile auf die Ökobilanz und die Wirtschaftlichkeit bestimmt.

Diese Ergebnisse liefern die Grundlage für die Entwicklung eines Beurteilungsrasters, das beim Entwurf von Bauteilen als Entscheidungswerkzeug dient. Abschluss des Projekts sind Vorschläge für Prototypen, die auf Grundlage des Beurteilungsrasters und der Richtlinien, die von den vorangegangenen Beurteilungen abgeleitet wurden, für die Ökobilanz und Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes optimiert wurden.

Corrélation carbone

Algorithmus für eine emissionsarme Energiestrategie

Projektdauer
11.2015 – 10.2016
Projektverantwortliche
Dr. Didier Vuarnoz (EPFL)
Prof. Dr. Elena-Lavinia Niederhäuser (HTA-FR)



© Amélie Poncéty

In ihrer Energiestrategie 2050 hat die Schweiz neue Massnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und zur Verringerung der Treibhausgasemissionen vorgeschlagen.

Die Stromerzeugung erfolgt über mehrere Verfahren mit unterschiedlichen Umweltauswirkungen. Um die erforderliche Menge an elektrischer Energie bereitzustellen, werden die verschiedenen Energiequellen kombiniert. Infolgedessen variiert der CO_2-Ausstoss des Strommix im Verlauf der Tage und Jahre.

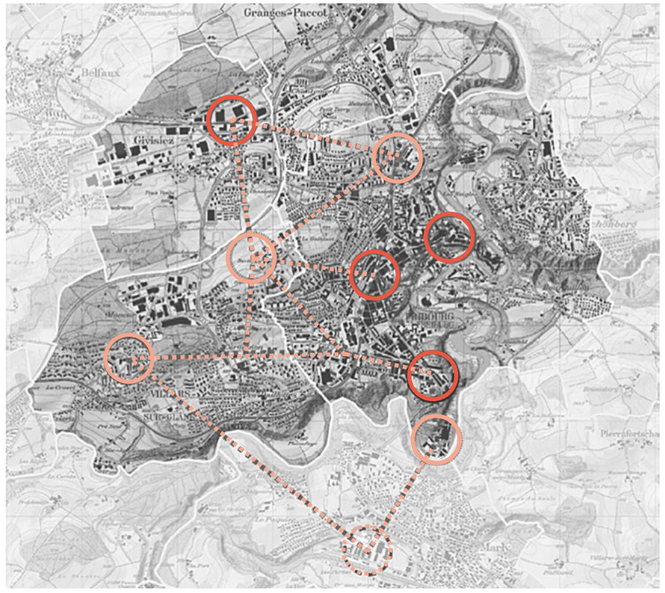
Die Nutzungsintensität und die Gestaltung eines Gebäudes führen ebenfalls zu Schwankungen im Energieverbrauch. In diesem Zusammenhang untersucht das Projekt im Experiment die Synchronisierung einer umweltfreundlichen Stromversorgung mit dem Stromverbrauch des Gebäudes.

Dank der berechneten und aufgezeichneten Werte, die in einen Simulationsalgorithmus eingespeist werden, wird eine emissionsarme Energiestrategie entwickelt und umgesetzt, die Stromerzeugung und -verbrauch kombiniert. Eine Evaluierung der Strategie hat ergeben, welche jährlichen Gewinne mit dieser Strategie im Vergleich zur alleinigen Nutzung des Schweizer Stromnetzes erzielt werden könnten. Erreicht wurde eine Reduzierung des CO_2-Fussabdrucks von 40%.

DevEco

Die städtebauliche Entwicklung als Rahmenbedingung für die wirtschaftliche Entwicklung – Grossfreiburg

Projektdauer
01.2016 – 12.2017
Projektverantwortlicher
Prof. Dr. Florinel Radu



Das für die kommenden Jahrzehnte erwartete starke Wachstum der Freiburger Bevölkerung und der politische Wille zur Stimulierung der wirtschaftlichen Entwicklung erfordern städtebauliche Massnahmen, welche die Ansiedlung von Unternehmen begünstigen. Das Projekt DevEco bietet als Lösungsansatz für dieses Problem eine ganzheitliche Sichtweise, die den Gestaltungsprozess von Grossfreiburg begleiten soll.

Das vom DevEco-Projekt vorgeschlagene Szenario nutzt die Gelegenheit des Zusammenschlusses mehrerer Gemeinden, indem es die Umwandlung des Grossraumes Freiburg in eine polyzentrische und natürliche Netzwerkstadt („Blue Green Freiburg") vorsieht, die sich aus bestehenden und neu entstehenden multifunktionalen Polen (strategischen Standorten) sowie strukturierenden Mobilitätsachsen zusammensetzt.

Auf der einen Seite liefert das Projekt DevEco die Koordinaten für eine gemeinsame Wirtschafts- und Städtebaupolitik, mit der dieses Szenario verwirklicht werden kann:

- **Harmonische Definition der strategischen Standorte zwischen den drei institutionellen Ebenen;**
- **Bestimmung des Aufnahmepotenzials der strategischen Standorte in Bezug auf die anvisierten Unternehmensarten;**
- **Realisierung von Mobilitätsachsen, welche die strategischen Standorte verbinden und Ausrüstung der Gewerbeflächen, die für die Ansiedlung von Unternehmen vorgesehen sind;**
- **Einsetzung einer gemeinsamen Governance Kanton – Agglomeration – Stadt Freiburg.**

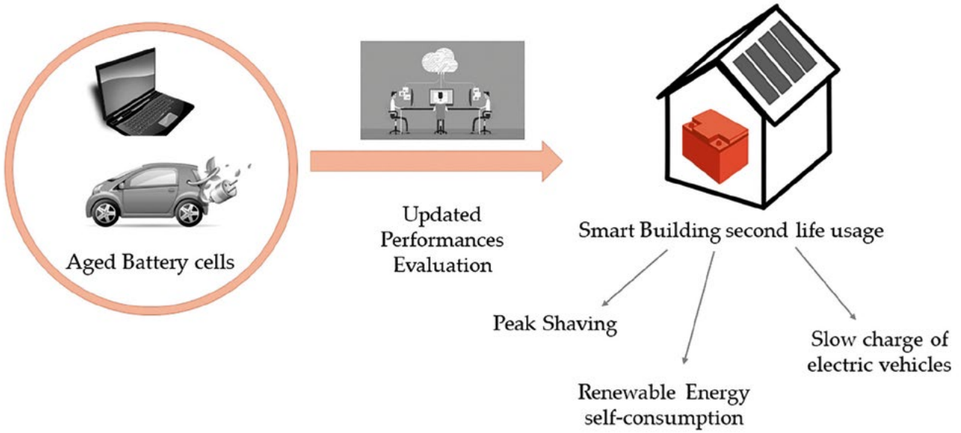
Auf der anderen Seite stellt DevEco zwei Werkzeuge bereit, die für die Umsetzung des Szenarios notwendig sind:

- **Methodik zur Analyse von Zentralitäten und gemischten Entwicklungspolen;**
- **Typologie der Unternehmen (Produktion und Dienstleistungen) nach ihren räumlichen Anforderungen und ihrem Potenzial für die Koexistenz mit dem Stadtgebiet.**

ExpSEBI

Experimentelle Untersuchung des „zweiten Lebens" von elektrochemischen Speichersystemen für intelligente Gebäude und Mikro-Netzwerke

Projektdauer
02.2018 – 05.2019
Projektverantwortliche
Prof. Dr. Elena-Lavinia Niederhäuser



Die Energiestrategie 2050 hat sich ehrgeizige Ziele zur Senkung des Energieverbrauchs und der CO_2-Emissionen gesetzt. Sie fördert die Einführung erneuerbarer Energien. Die Unbeständigkeit dieser erneuerbaren Energien hat erhebliche wirtschaftliche Auswirkungen sowohl für die Betreiber von Verteilernetzen als auch für Endkunden. Beide sind daran interessiert, batteriebetriebene Energiespeicher (BES) zu integrieren, um diese Unbeständigkeit zu kompensieren. Um die Umweltauswirkungen solcher Geräte zu reduzieren, ist es wichtig, ihre Lebensdauer zu verlängern.

Ziel dieses Projekts ist die Optimierung von Szenarien, in denen anstelle von neuen Batterien Gebrauchtbatterien mit verminderter Leistung genutzt werden, um die wirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen des Gebäudes insgesamt zu reduzieren.

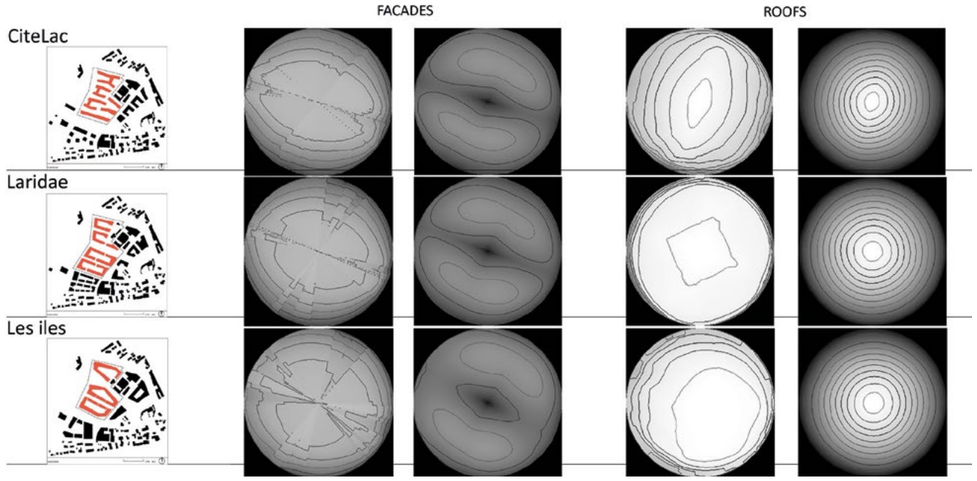
Folgender Ansatz wird vorgeschlagen:

- **Stand der Technik zum Einsatz von Gebrauchtbatterien;**
- **Experimentelle Charakterisierung von Gebrauchtbatterien, um die Lücken in der bestehenden Literatur zu schliessen;**
- **Vorläufige Berechnung des wirtschaftlichen Nutzens von Gebrauchtbatterien für den Eigenverbrauch von Energie in Gebäuden.**

INDALUX

Indikatoren für den Zugang zu Tages- und Sonnenlicht im Stadtgebiet

Projektdauer
01.2017 – 07.2017
Projektverantwortlicher
Prof. Dr. Raphaël Compagnon



Vergleich von 3 Stadtteilvarianten – Die Vergleiche wurden jeweils separat für die Fassaden und Dächer vorgenommen.

Im Rahmen dieses Projekts wurde eine Reihe von Werkzeugen zur Berechnung verschiedener digitaler Indikatoren entwickelt, die den Zugang zu Sonnen- und Tageslicht in Gebäuden und öffentlichen Räumen kennzeichnen. Die Berechnungen basieren auf speziellen grafischen Darstellungen des Stadtgefüges und der Sonneneinstrahlung, die in verschiedenen Massstäben (einzelne Fassade, ganzes Gebäude, Stadtteil, öffentliche Räume) und für mehrere Szenarien erstellt werden können:

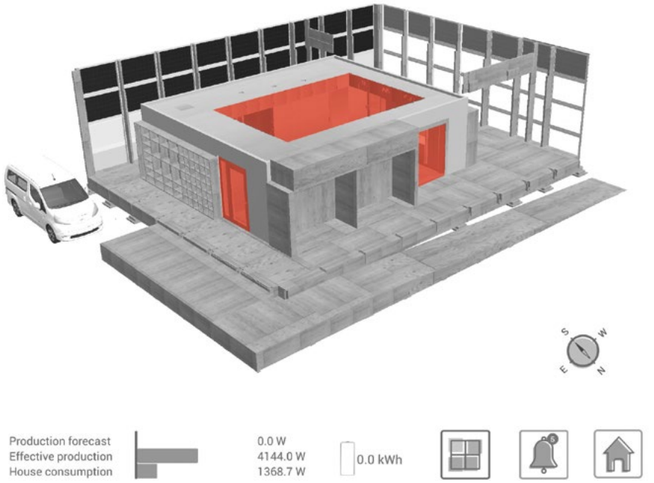
- **Entwurf neuer Stadtteilpläne mit hohem Potenzial für die passive oder aktive Nutzung der Sonneneinstrahlung;**
- **Beurteilung der Auswirkungen von neuen Gebäuden oder Gebäudeerhöhungen auf den Zugang der Nachbarschaft zu Sonnen- und Tageslicht;**
- **Gestaltung von komfortablen öffentlichen Räumen;**
- **Vergleich der Standortvarianten für Sonnenkollektoren im Stadtgebiet.**

Diese Methode trägt den Bedenken Rechnung, die im aktuellen Kontext zunehmen werden: Die Politik befürwortet nachdrücklich die städtische Verdichtung, welche die Sonnennutzung durch die Gebäude erhöhen und gleichzeitig eine gute Lebensqualität im öffentlichen Aussenraum gewährleisten soll.

Talk to the Neighborhub

Ein Pilotgebäude, um die Konvergenz von Building Information Modeling und dem Internet der Dinge zu testen

Projektdauer
03.2018 – 12.2018
Projektverantwortlicher
Prof. Dr. Jean-Philippe Bacher



Das Internet der Dinge (IoT) und Building Information Modeling (BIM) sind disruptive Innovationen, welche unsere Denkweise über Bauprozesse verändern und neue Möglichkeiten für die Integration und Vernetzung der technischen Anlagen eines Gebäudes bieten. Das Projekt Talk to the Neighborhub basiert auf verschiedenen Plattformen, Programmen, Tools und Protokollen und insbesondere auf Unity3D, openBIM und MQTT.

Der NeighborHub, das Siegerprojekt des Solar Decathlon-Wettbewerbs 2017, wurde auf dem Gelände der blueFACTORY wiederaufgebaut. Seine Softwarearchitektur ist vollständig modular und nach dem IoT-Paradigma konzipiert. Die aktuelle Forschungsarbeit soll zeigen, dass eine Konvergenz von IoT und BIM möglich und sinnvoll ist und einen erheblichen Mehrwert beim Übergang von der Entwurfs- zur Umsetzungsphase bieten kann. Die umfangreichen Informationen, die in das BIM-Modell eingegeben und darüber geteilt werden, können während der gesamten Lebensdauer des Gebäudes jederzeit genutzt werden.

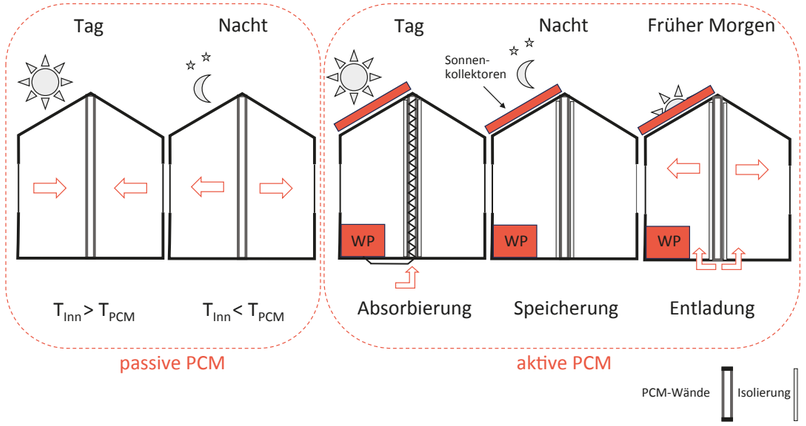
So können beispielsweise Daten, die sich auf die physische Welt beziehen, in der virtuellen Welt verortet und veranschaulicht werden. Umgekehrt kann eine Interaktion mit der virtuellen Welt eine konkrete Auswirkung auf die reale Welt haben.

Die Konvergenz von IoT und BIM wird die Konzeption und Konfigurierung von Gebäudemanagementsystemen und die Schaffung von Schnittstellen zwischen Mensch und Gebäude erheblich vereinfachen.

Smart PCM Walls

Gewährleistung der Energieunabhängigkeit eines Gebäudes durch intelligente Wärmedämmwände

Projektdauer
12.2015 – 06.2017
Projektverantwortlicher
Prof. Dr. Jacques Robadey



Das Projekt „Smart PCM Walls“ umfasst die Entwicklung, die Implementierung und die kritische Analyse eines neuen Nutzungskonzeptes für Phase Change Materials (PCM), bei dem das Laden und Entladen der PCM bei Bedarf aktiviert werden kann. Auf diese Weise wird das Problem der zeitlichen Diskrepanz zwischen der Erzeugung erneuerbarer Energie und dem Bedarf an Heizenergie gelöst.

Die Zielsetzungen des Projekts wurden erreicht, indem mikroverkapseltes Paraffin mit einer Schmelztemperatur von 23°C als optimales PCM definiert, die Lüftung zur Aktivierung der PCM-Entladung gewählt und ein makroskopischer Prüfstand eingerichtet wurde. Mehrtägige experimentelle Tests wurden erfolgreich durchgeführt und simuliert. Die verifizierte Simulation wurde dann auf reale Gebäude angewendet. Es wurde nachgewiesen, dass das Aufladen von PCM mit erneuerbarer Energie am Tag und das Entladen am Morgen es ermöglicht, in Minergie-P-Gebäuden bei Aussentemperaturen bis zu -5°C eine Temperatur von 20,5°C zu halten.

Folgende Resultate wurden im Verlauf des Projekts erbracht: aktueller Stand der Technik für PCM, Spezifikation des aktiven PCM-Systems, Konzeption und Implementierung des Prüfstands, experimentelle Messungen, Simulationsergebnisse und eine technisch-wirtschaftliche Analyse, die eine Investitionsrentabilität in 30 Jahren aufzeigt.

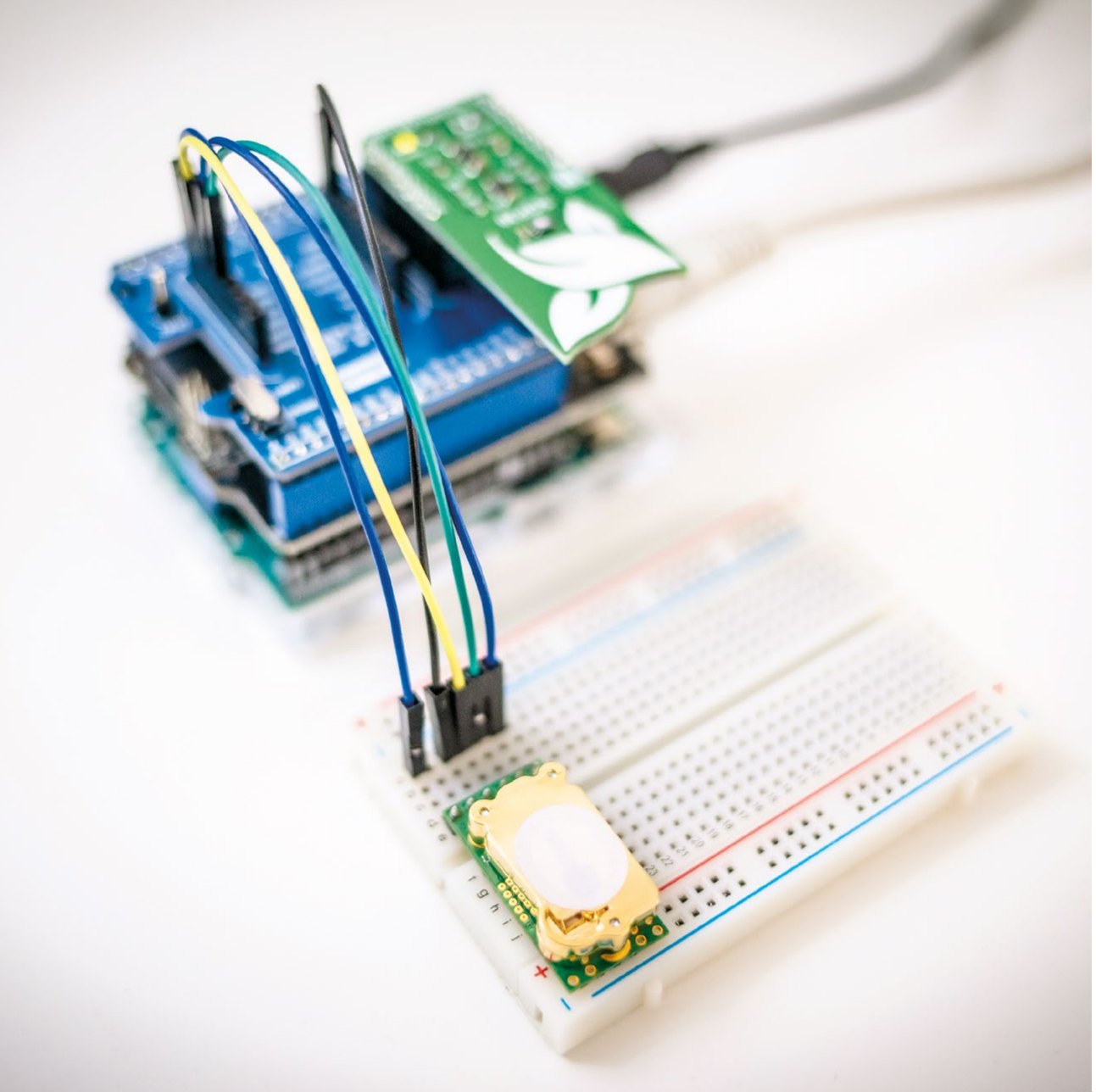
THE4BEES

Verbesserte Energieeffizienz durch einen gemeinsamen Schaffensprozess

Projektdauer
01.2016 – 09.2018
Projektverantwortlicher
Prof. Dr. Jean-Philippe Bacher

THE4BEES basiert auf der folgenden Hypothese: Energie wird vielmehr von Menschen als von Gebäuden verbraucht. Obwohl sich die meisten Strategien zur Erreichung der Energieeffizienz in Gebäuden auf technische Minderungsmassnahmen konzentrieren, müssen strukturelle und „sanfte“ Ansätze ergänzend berücksichtigt werden, um die von der EU festgelegten ehrgeizigen Ziele zu erreichen.

THE4BEES konzentriert sich auf Veränderungen im Nutzerverhalten, die notwendig sind, um den Energieverbrauch in öffentlichen Gebäuden zu senken. Diese Veränderungen werden durch den Einsatz innovativer IKT-Anwendungen ausgelöst, welche wiederum im Rahmen eines gemeinsamen Schaffensprozesses mit den Nutzern entwickelt werden. Da der Fokus des Konzepts auf den Erwartungen und Präferenzen der Nutzer liegt, ist es möglich, die Akzeptanz der entwickelten Lösungen zu erhöhen. Anschliessend werden die Anwendungen von Zielgruppen an Demonstrationsstandorten (Schulen, Wohngebäude, Arbeitsplätze) genutzt, um Verhaltensänderungen in Bezug auf Energieeffizienz und die Reduzierung des CO_2-Fussabdrucks zu fördern. Der während des Projekts verfolgte Ansatz war erfolgreich, da eine deutliche Senkung des Energieverbrauchs erreicht wurde, ohne den Komfort der Nutzer zu beeinträchtigen.



Forschung, die auf Wissens- und Technologietransfer ausgerichtet ist

Partner

Lutz Architectes
Interreg Europe
Die Mobiliar
HSLU
B+S
Dienst für Stadtplanung und Architektur Freiburg
Aurora's Grid
E4tech
Minergie
Energie Concept
butikofer de oliveira vernay
CSD INGENIEURE
Studer Innotec
CSEM
JPF-Ducret
BFE
BAG
Leclanché
Energie-FR
ECONS
heig-vd
blueFACTORY
HSW-FR
Energissima
Losinger Marazzi
Schweizerischer Nationalfonds
Bureau EHE
Building Innovation Cluster
EM Microelectronic
Groupe E

SCCER
Climate Services
Newis
EMPA
Insolight
BFH
WIP
Lehmorange
Innosuisse
EPFL
Edificiens
Prona
bureau Arup
Projeco Environnement
Logitech
Planair
UniFR
Groupe PSA
Agglo Freiburg
ZT Medien
H.Glass
Implenia
Freiburger Spital
URBASOL
Solaxess
Pronoó
RWB
Raiffeisen
Neue Regionalpolitik
Griesser
ABB
ancotech
Kinderkrippe Perollino
ENERGIL
Vidinoti
Amt für Energie Freiburg
CS Domotic
hepia
Charpentes Vial
ThinkEE
HSR
Tecnoservice
Romande Energie

Projekte des Forschungsprogramms

Folgende Projekte haben eine Finanzierung des kantonalen Forschungsprogramm-Fonds erhalten:

	PROJEKT-AKRONYM	THEMATIK	WOHLBEFINDEN UND VERHALTEN	BAUTECHNOLOGIEN	INTERAKTIONEN UND DESIGNPROZESSE	ENERGIESYSTEME	PROJEKTVERANTWORTLICHE
2015	ARQUA/B2050	Architektonischer Konzeptionsprozess			●		PROF. DR. FLORINEL RADU
	BBDATA	Big Data, IoT, Cloud, Monitoring	●			●	PROF. DR. JEAN HENNEBERT
	CIMI	Integriertes Design, multifunktionale Elemente		●	●	●	PROF. DR. DAIA ZWICKY
	CORRELATION CARBONE/ B2050	Energiemanagement, CO_2-Bilanz				●	DR. DIDIER VUARNOZ
	IER-BAT	BIPV, erneuerbare Energien		●		●	DR. PHILIPPE COUTY
	SMART MOBILITY MAPPING	CO_2-Bilanz, Mobilität			●		PROF. DR. JEAN-FRÉDÉRIC WAGEN
	SMART PCM WALLS	Aktive PCM, Speicher		●		●	PROF. DR. JACQUES ROBADEY
2016	CITYPULSE	Smart City	●		●		PROF. DR. JEAN HENNEBERT
	DEVECO	Städtebau, wirtschaftliche Entwicklung			●		PROF. DR. FLORINEL RADU
	INDALUX	Licht, Einfluss der Stadtform			●	●	PROF. DR. RAPHAËL COMPAGNON
	QUALITEP	Qualität öffentlicher Räume			●		PROF. DR. MARKUS ZEPF
	AIR-SUR	Luftqualität	●				PROF. DR. JOËLLE GOYETTE PERNOT
	TRIPLEE	Energiemanagement				●	PROF. DR. ELENA-LAVINIA NIEDERHÄUSER
2017	BLUECAD	Fortgeschrittene Wärmenetze				●	PROF. DR. MALICK KANE
	EXPSEBI	Elektrochemischer Speicher, Wiederverwendung				●	PROF. DR. ELENA-LAVINIA NIEDERHÄUSER
	MULTI-CONFORT	Komfort, Wahrnehmung, multiple Faktoren	●				PROF. DR. FLORINEL RADU
	SMARTCONNECTEDBUILDING	Kabellose Sensoren, IoT	●			●	PROF. DR. SERGE AYER

Sonstige, mit dem smart living lab themenverwandte Projekte

Folgende Projekte sind mit den Themen des smart living lab verwandt und wurden durch Drittmittel finanziert.

PROJEKT-AKRONYM	THEMATIK	WOHLBEFINDEN UND VERHALTEN	BAUTECHNOLOGIEN	INTERAKTIONEN UND DESIGNPROZESSE	ENERGIESYSTEME	SONSTIGE	PROJEKT-VERANTWORTLICHE	HAUPTFINANZIERUNGS-QUELLE
PEREN	SIA-Prozesse, Energieeffizienz			●			PROF. DR. FLORINEL RADU	NRP
MESQUALAIR	Luftqualität im Innenraum, Energieeffizienz von Gebäuden	●	●				PROF. DR. JOËLLE GOYETTE PERNOT	NRP
MODSTOCK	Energiespeicherung, Dimensionierung, Energie-, wirtschaftliche und ökologische Optimierung			●	●		PROF. DR. ELENA-LAVINIA NIEDERHÄUSER	NRP
LPWAN - VPN	Kabellose Verbindung mit geringem Energieverbrauch, LoRa/LoRaWAN		●				PROF. DR. SERGE AYER	NRP
OPEN GRID LAB	Smart grids, Energiemanagement, prädiktive Systeme				●		PROF. DR. SERGE AYER	HES-SO
MICROGRID DC	Mikro-Stromnetze, Einfluss des zunehmenden Photovoltaik-Anteils auf das Stromnetz, auf Gleichstrom basierte Speicherung, Industriegebäude				●		PROF. DR. ELENA-LAVINIA NIEDERHÄUSER	HES-SO
GREENCOOL	Energiesysteme für nachhaltige Kühlung/Klimatisierung, Energie-, wirtschaftliche und ökologische Optimierung, prädiktive Steuerung				●		PROF. DR. ELENA-LAVINIA NIEDERHÄUSER	HES-SO
EREN / EREN2	Energetische Sanierung		●	●	●		PROF. STEFANIE SCHWAB	HES-SO
CONDENSURBEN	Städtebauliche Verdichtung, Bautechniken, Multifunktionalität, Ökologie		●	●			PROF. DR. DAIA ZWICKY	HES-SO
MODD	Öko-Stadtteile, Designprozesse			●			PROF. DR. FLORINEL RADU	INNOSUISSE
OPTIBAT_GWP	Graue Energie, ökologisches Potenzial, Vergleichsanalyse, alternative Baustoffe, Designprozesse		●	●			PROF. DR. DAIA ZWICKY	BFE
AURORA – BFE	Elektrochemischer Speicher, Wiederverwendung				●		PROF. DR. ELENA-LAVINIA NIEDERHÄUSER	BFE
RENFCHILL	Alternative Verstärkung (Bodenplatten), Multifunktionalität, Tragverhalten		●				PROF. DR. DAIA ZWICKY	ASTRA
VTB-AGB	Alternative Verstärkung (Bodenplatten), Tragverhalten, Dimensionierung von Tragwerken		●				PROF. DR. DAIA ZWICKY	ASTRA
THE4BEES	Energieoptimierung, Einfluss des Nutzerverhaltens, Nutzerschnittstellen	●			●		PROF. DR. JEAN-PHILIPPE BACHER	INTERREG
JURAD-BAT	Radon, Luftqualität im Innenraum	●	●				PROF. DR. JOËLLE GOYETTE PERNOT	INTERREG

Sonstige, mit dem smart living lab themenverwandte Projekte

Folgende Projekte sind mit den Themen des smart living lab verwandt und wurden durch Drittmittel finanziert.

PROJEKT-AKRONYM	THEMATIK	WOHLBEFINDEN UND VERHALTEN	BAUTECH-NOLOGIEN	INTERAK-TIONEN UND DESIGNPROZESSE	ENERGIESYSTEME	SONSTIGE	PROJEKT-VERANTWORTLICHE	HAUPTFINANZIE-RUNGS-QUELLE
MICROGRID SCCER	Mikro-Stromnetz, elektrochemische Speicherung				●		PROF. DR. ELENA-LAVINIA NIEDERHÄUSER	SCCER FURIES
WOOCON	Alternative Baustoffe, neue alternative Bauweisen, Tragverhalten, Dimensionierung von Tragwerken, Multifunktionalität, Ökologie		●	●			PROF. DR. DAIA ZWICKY	SNF, HES-SO
ACTIVE INTERFACES	BIPV, Marktpotenzial, Technologieakzeptanzmodell			●	●		PROF. DR. JEAN-PHILIPPE BACHER	SNF
BBDATA DEMO	Gebäude-Monitoring, Big Data, IoT, Cloud-Speicher	●			●		PROF. DR. JEAN-PHILIPPE BACHER	SLL-DEMO
BUILD-UNBUILD-REPEAT	Lebenszyklusanalyse, Bau - Abbau, Tragwerkverhalten, Dimensionierung		●				PROF. DR. CORENTIN FIVET	SLL-DEMO
INNOVEM	Energiemanagement, ökologische Optimierung, Demonstrationsanlage				●		PROF. DR. ELENA-LAVINIA NIEDERHÄUSER	SLL-DEMO
INSOLIGHT	Intelligente Beleuchtung	●			●		PROF. DR. JÉRÔME KAEMPF	SLL-DEMO
SMART SHADING CONTROL	Intelligente Storen	●		●			PROF. DR. JÉRÔME KAEMPF	SLL-DEMO
TALK TO THE NEIGHBORHUB	Gebäudemanagementsystem, Gebäudeüberwachungssystem, BIM-IoT-Konvergenz			●	●		PROF. DR. JEAN-PHILIPPE BACHER	SLL-DEMO
BBMEYRIN	Neue alternative Bauweise (Böden), Tragverhalten, Dimensionierung von Tragwerken		●				PROF. DR. DAIA ZWICKY	MANDAT CHARPENTES VIAL / B+S
ASSELES	Alternative Verstärkung (Sandwich-Fassaden), Tragverhalten, Dimensionierung von Tragwerken		●				PROF. DR. DAIA ZWICKY	MANDAT ANCOTECH
ENERGISSIMA 2018	Fachkonferenzen					●	PROF. DR. JEAN-PHILIPPE BACHER	MANDAT ENERGISSIMA
BUILDING GATEWAY EXTENTION	Energieoptimierung, prädiktive Überwachung, Cloud-Services				●		PROF. DR. JEAN-PHILIPPE BACHER	MANDAT PRONOO
UPDATE PLATEFORME CO_2	CO_2-Bilanz			●		●	PROF. DR. JEAN-PHILIPPE BACHER	MANDAT CLIMATE SERVICES
RADON-BEAUFTRAGTE DES BAG FÜR DIE WESTSCHWEIZ	Ausbildung und Betreuung von Fachleuten für Radon und Luftqualität im Innenraum	●	●				PROF. DR. JOËLLE GOYETTE PERNOT	MANDAT BAG
KURZE MESSUNG	Entwicklung eines Protokolls für die kurze Messung von Radon	●					PROF. DR. JOËLLE GOYETTE PERNOT	MANDAT ECONS – BAG

Ausgewählte Publikationen

ACTIVE INTERFACES
M. Boesiger, P. Couty, and J.-P. Bacher, Market potential and acceptance of building integrated PV (BIPV) solutions, a practical approach. Conference proceedings of the 12th Conference on Advanced Building Skins. Bern, Switzerland. p. 362-370. October 2017.

BBDATA
L. Linder et al. Big Building Data - a Big Data Platform for Smart Buildings. Cisbat 2017 International Conference Future Buildings & Districts - Energy Efficiency from Nano to Urban Scale, Lausanne, Switzerland. September 2017.

CORRELATION CARBONE
D. Vuarnoz, S. Cozza, T. Jusselme, G. Magnin, T. M. Schafer, P. Couty, E.-L. Niederhäuser, Integrating hourly life-cycle energy and carbon emissions of energy supply in buildings. Sustainable Cities and Society (Elsevier), Volume 43, Pages 305-316, November 2018.

DevEco
F. Radu, J. Parrat and N. Jan, Grand Fribourg : d'une agglomération vers une ville. Les Cahiers de l'ASPAN N° 1/2018

eREN
L. Rinquet and S. Schwab. eREN Energetic refurbishment – a global approach for the building envelope. Energy Procedia. September 2017.

ExpSEBI
D. Torregrossa, E.-L. Niederhäuser, Rooftop Photovoltaic Power Plant and Electrochemical Storage : Trend and Perspectives for Residential Buildings. International Symposium on Computer Science and Intelligent Controls (ISCSIC), Budapest, Hungary, October 2017

IER-BAT
P. Couty and E. Simon. Solar Energy in retrofitting building : 10 case studies of integration in the residential heritage of the 20th century in Western Switzerland. Cisbat 2017 International Conference Future Buildings & Districts - Energy Efficiency from Nano to Urban Scale. Lausanne, Switzerland. September 2017.

INDALUX
C. Chatzipoulka, R. Compagnon, and J. Kaempf, An Image-Based Method to Evaluate Solar and Daylight Potential in Urban Areas. Symposium on Simulation for Architecture & Urban Design, Delft, the Netherlands, May 2018.

MESQUALAIR
J. Goyette Pernot, C. Hager-Jörin, and L. Pampuri, Indoor Radon and Air Quality Investigations in New or Renovated Energy-Efficient Swiss Single-Family Dwellings. PLEA, Bologna Italy, September 2015.

MODD
F. Radu, Diversifying your neighbourhood. Research Features Magazine 126, May 2018.

QUALITEP
I. Ramirez-Cobo, M. Zepf, La mémoire collective comme fondatrice des espaces de négociation. Une proposition méthodologique au service de la conception du projet urbain. CIST 2018, Rouen, France, March 2018

SMART PCM WALLS
R. Wegmueller et al. Controlled active thermal storage in smart PCM walls for energy independent building applications. 5th International Conference on Renewable Energy: Generation and Applications 2018 (ICREGA), Al Ain, United Arab Emirates, February 2018.

J. Robadey, E.-L. Niederhäuser, A. Boss, G. Magnin and R. Wegmüller, Thermal storage and discharge efficiency as a function of the PCM phase change temperature : simulations and experimental analysis. 15. Symposium Energieinnovation (EnInnov) pp. 398-400, Graz, Austria, February 2018.

THE4BEES
A. Paone and J.-P. Bacher, The Impact of Building Occupant Behavior on Energy Efficiency and Methods to Influence It : A Review of the State of the Art. Energies, November 2018.

TRIPLE E
T. M. Schafer, E.-L. Niederhäuser, G. Magnin and D. Vuarnoz. Development and validation of an intelligent algorithm for synchronizing a low-environmental-impact electricity supply with a building's electricity consumption. IOP Conference Series : Earth and Environmental Science, Kuala Lumpur, Malaysia, January 2018.

L. Favre, E.-L. Niederhäuser, J.-L. Robyr, T. M. Schafer, Genetic algorithm optimization of the economical, ecological and self-consumption of the energy production of a single building, World Academy of Science, Engineering and Technology. International Journal of Energy and Power Engineering, Vol: 12, N°: 9, September 2018.

Finanzen und Organisation

Finanzen

	2015	2016	2017	BUDGET 2018	TOTAL
Projektleitung und Koordination	82 100.–	100 000.–	100 000.–	100 000.–	382 100.–
Events und Kommunikation		20 000.–	20 000.–	24 000.–	64 000.–
Entwicklung von Schlüsselkompetenzen	40 000.–	160 680.–	141 232.50	345 282.50	687 195.–
Projektfinanzierung des Forschungsprogramms	153 845.–	512 660.–	637 850.–	1 118 400.–	2 422 755.–
Ausstattung	0.–	105 000.–	30 000.–	365 000.–	500 000.–
Gesamtkosten	**275 945.–**	**898 340.–**	**929 082.50**	**1 952 682.50**	**4 056 050.–**

Finanzen

Entwicklung von Schlüsselkompetenzen

Das smart living lab bietet mit den Mitteln, welche der HTA-FR durch den Kanton zugeteilt wurden, eine einmalige Gelegenheit für den Erwerb und die Entwicklung von Schlüsselkompetenzen. Diese sind für zahlreiche Projekte von Nutzen und stehen im Zentrum der Forschungsthemen des smart living lab. Bisher wurden folgende Schlüsselkompetenzen in folgenden Bereichen entwickelt:

- **Betrieb von Mikronetzen auf Gebäude- und Stadtteilebene;**
- **IT-Systeme und -Dienstleistungen für Gebäudetechnik;**
- **Interaktion zwischen Örtlichkeiten und Nutzern;**
- **Prozesse und Methoden der architektonischen und urbanen Transformation.**

Projektfinanzierung des Forschungsprogramms

Die Mittel, die der HTA-FR für das smart living lab zugeteilt wurden, haben die Finanzierung eines Forschungsprogramms in Form einer jährlichen Projektausschreibung ermöglicht. Die Projektausschreibung erfolgte jeweils in zwei Schritten, zunächst der Projektentwurf und schliesslich der vollständige Projektbeschrieb. Die eingereichten Projekte wurden einer Beurteilung durch externe Experten unterzogen.

Projektfinanzierung über das Programm Building2050 und die gemeinschaftlichen DEMO-Projekte

Zusätzlich zu den Projekten des Forschungsprogramms konnte die HTA-FR dank des Programms Building2050 und der DEMO-Projekte mehrere Projekte in Zusammenarbeit mit der EPFL und der UNIFR realisieren. Das zusätzliche Budget für diese Projekte beläuft sich insgesamt auf ungefähr 500’000 CHF.

Projektfinanzierung durch Drittmittel

Diverse Projektfinanzierungen wurden über Drittmittel ermöglicht. Finanzierungsquellen waren die HES-SO, Innosuisse, die Neue Regionalpolitik, das Programm Interreg, das Bundesamt für Energie, der Schweizerische Nationalfonds und verschiedene Mandate von Partnerunternehmen. Der Gesamtbetrag dieser Drittmittel beläuft sich auf nahezu 2 Millionen CHF. Im betreffenden Zeitraum wurde also ein Quotient von 0,6 erreicht (Betrag Drittmittel/Betrag Projekte smart living lab).

Organisation

Auf interinstitutioneller Ebene des smart living lab

Gemeinsamer Steuerungsausschuss

Der gemeinsame Steuerungsausschuss besteht aus neun Mitgliedern. Die akademischen Gründerinstitutionen (EPFL, HTA-FR, UNIFR) sind mit sechs Mitgliedern vertreten und der Staat Freiburg (VWD, EKSD, WIF) hat drei Vertreter. Der gemeinsame Steuerungsausschuss erfüllt eine Aufsichtsrolle für den Aufbau des smart living lab, Infrastruktur und Budget miteingeschlossen. Er entscheidet über die Zielsetzungen und definiert Prioritäten im Rahmen des Finanzdekrets 2014-2018 und der Konvention Staat Freiburg-EPFL. Die HTA-FR ist durch ihren Direktor, Jean-Nicolas Aebischer vertreten.

Operativer Ausschuss

Der operative Ausschuss besteht aus fünf Mitgliedern: Ein Koordinator, jeweils ein Vertreter für jede der akademischen Gründerinstitutionen (EPFL, HTA-FR, UNIFR) und ein Vertreter des Staats Freiburg. Der operative Ausschuss setzt das Programm des smart living lab im Rahmen der Befugnisse um, die ihm vom gemeinsamen Steuerungsausschuss erteilt werden. Jean-Philippe Bacher, Leiter des Projekts smart living lab an der HTA-FR, vertritt in diesem Ausschuss die Interessen seiner Institution.

Wissenschaftliche Kommission

Die wissenschaftliche Kommission vereint die akademischen Verantwortlichen der Forschungsgruppen. Sie wird von einem Professor präsidiert, den die EPFL designiert. Aufgabe der Kommission ist die strategische Positionierung der Forschungsbereiche des smart living lab. Sie hat ebenfalls den Auftrag, die Zusammenarbeit und Synergien zwischen den Forschungsgruppen zu stärken. Vertreter der HTA-FR sind in dieser Kommission die Leiter der Institute TRANSFORM (Florinel Radu), ENERGY (Elena-Lavinia Niederhäuser und Jean-Philippe Bacher) und seit Kurzem auch iTEC (Daia Zwicky).

Organisation

Auf Ebene der HTA-FR

Exekutivausschuss

Der Exekutivausschuss besteht aus fünf Mitgliedern, die der HTA-FR angehören: Jacques Bersier, Vizedirektor, Direktion anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung (aF&E) sowie Jean-Philippe Bacher, Leiter des Projekts smart living lab an der HTA-FR und Co-Leiter des Instituts ENERGY, Florinel Radu, Leiter des Instituts TRANSFORM, Elena-Lavinia Niederhäuser, Co-Leiterin des Instituts ENERGY und Daia Zwicky, Leiter des Instituts iTEC. Hauptaufgabe dieses Ausschusses ist die Koordination der Beteiligung der HTA-FR innerhalb des smart living lab. Er leitet und überwacht die Umsetzung des Forschungsprogramms, das mit speziell zugewiesenen kantonalen Mitteln finanziert wird.

Advisory board

Einmal jährlich erfolgt eine Projektausschreibung für die Professoren und Professorinnen der HTA-FR. Sie haben die Möglichkeit, Vorschläge für innovative Projekte innerhalb der vier Forschungsbereiche des smart living lab einzureichen. Diese Projekte werden von einer externen Expertengruppe beurteilt, die sich aus Vertretern des privaten und öffentlichen Sektors zusammensetzt.

Externe Experten:

Antonio Da Cunha, UniL
Nicolas Emery, Losinger Marazzi
Urs Grossenbacher, Ines Energieplanung, Pronoó
Olivier Meile, BFE, Minergie
Emmanuel Rey, Bauart Architekten und Planer, EPFL
Jean-Daniel Wicht, Freiburgischer Baumeisterverband

Ein Grossprojekt: Herausforderungen und Perspektiven

Bauen, konsolidieren und wachsen

In der Phase, die nun zu Ende geht, wurden die Fundamente des smart living lab als Forschungs- und Entwicklungszentrum für Wohnformen der Zukunft geschaffen. Wie für jedes andere neue Unternehmen auch mussten neue Geschäftsräume bezogen und Personal eingestellt werden, mussten eine klare Positionierung geschaffen und an der Bekanntheit gearbeitet sowie erste Projekte organisiert und umgesetzt werden. Das Gelingen eines derart ehrgeizigen, interinstitutionellen und interdisziplinären Grossprojekts braucht Zeit. Mit der Festlegung der vier Forschungsgebiete des smart living lab und der endgültigen Etablierung aller Forschungsgruppen wurde ein wichtiges Etappenziel erreicht. Die Positionierung des Zentrums sowohl innerhalb der Partnerinstitutionen als auch extern wurde durch den Sieg beim Solar Decathlon-Wettwerb 2017 gestärkt. In diesem Zusammenhang hat das Projekt NeighbourHub auf eindrucksvolle Weise gezeigt, welche Wertschöpfung durch einen interdisziplinären Ansatz geschaffen werden kann und wie sinnvoll eine intensive interinstitutionelle Zusammenarbeit ist. Für die nächste Phase stehen nun die Konsolidierung des Gebäudes und die Stärkung der Zusammenarbeit in Quantität und Intensität an. Die Verwertung bereits durchgeführter Projekte und die Lancierung neuer anwendungsorientierter Forschungsprojekte wird die Wirkung der Forschungstätigkeit des smart living lab noch weiter steigern. Die Partner, Unternehmen und öffentliche Stellen, können so die Resultate zu innovativen Zwecken nutzen, indem sie neue Produkte entwickeln oder ihre Prozesse optimieren. Die Überwachung des Konzeptions- und Bauprozesses des zukünftigen Gebäudes des smart living lab als Aushängeschild auf dem blueFACTORY-Gelände wird ebenfalls zu den Prioritäten und Höhepunkten dieser neuen Phase gehören. Das smart living lab wird als strategisches Projekt der Hochschule für Technik und Architektur Freiburg auch weiterhin einen wichtigen Beitrag zur Stärkung ihrer Aufgabe der anwendungsorientierten Forschung und Entwicklung leisten.

Die Sichtweise der Akteure aus Wirtschaft und Politik

VOLKSWIRTSCHAFTSDIREKTION

Das Bauwesen ist ein Grundpfeiler der Freiburger Wirtschaft. Dieser Sektor wird mit der doppelten Herausforderung der Verdichtung des Siedlungsraums einerseits und der Energiewende andererseits in den kommenden Jahren eine bedeutende Wandlung erfahren. Überlegungen zu den Anforderungen der Wohnformen der Zukunft sind daher unbedingt erforderlich und die Präsenz des smart living lab in unserem Innovationsquartier ein bedeutender Vorteil. Die Experimente, welche die Forschenden der EPFL und unserer Hochschulen dort durchführen, werden eine Bereicherung für unsere Unternehmen sein.

Olivier Curty,
Staatsrat, Volkswirtschaftsdirektor des Kantons Freiburg

HES-SO Freiburg

Partner des smart living lab sein entspricht ganz genau der Vision der HES-SO//FR: „Ausbildung und Innovation für die Herausforderungen der Zukunft“. Das smart living lab ist interdisziplinär und interinstitutionell und verbindet die Aufträge Lehre und aF&E der Hochschulen. Es ist eine Plattform für die Entwicklung von Wissen, Fach- und Verhaltenskompetenz. Der erste Platz, den das smart living lab mit seinem Solarpavillon „NeighborHub“ beim Solar Decathlon 2017 in Denver belegt hat, ist der Beweis für seinen Erfolg.

Jacques Genoud,
Generaldirektor der HES-SO Freiburg

WIRTSCHAFTSFÖRDERUNG

Das smart living lab kann dem Kanton Freiburg nationale und internationale Ausstrahlungskraft verschaffen, während es gleichzeitig Spitzenkompetenzen im Bereich Gebäude der Zukunft entwickelt. Diese können nach und nach an die Bauwirtschaft weitergegeben werden, die nach wie vor ein wichtiger Pfeiler unserer kantonalen Wirtschaft ist. Intensive industrielle Zusammenarbeit, insbesondere mit dem Building Innovation Cluster (BIC), wird den Technologietransfer in die Bauunternehmen sicherstellen und damit unseren Kanton und seine Unternehmen in einem Schlüsselbereich unserer Wirtschaft profilieren.

Jean-Luc Mossier,
Direktor der Wirtschaftsförderung Kanton Freiburg

GROUPE E

Das smart living lab arbeitet aktiv daran, die Welt von morgen zu erfinden, indem es für einen Lebens- und Wohnraum wirbt, der seine eigene, CO_2-neutrale Energie produziert. Groupe E beteiligt sich an diesem Vorhaben unter Berücksichtigung der aktuellen und zukünftigen energiepolitischen Herausforderungen auf Quartier-, Stadt- oder Gemeindeebene. Unser Unternehmen trägt daher zur Entwicklung einer effizienten Infrastruktur, zum Einsatz erneuerbarer Energien und zur Verbreitung intelligenter Technologien bei, die einen wirtschaftlichen Umgang mit Energie und gleichzeitig das Wohlbefinden jedes Einzelnen ermöglichen.

Dominique Gachoud,
Generaldirektor Groupe E

LUTZ ARCHITECTES

Seit nun mehr fast 40 Jahren setzten wir uns aktiv für die Verbesserung der Energieeffizienz unserer Gebäude und eine Reduzierung ihrer Umweltbelastung ein. Insbesondere durch die Zusammenarbeit mit Forschungsinstituten sind wir an der Spitze der nachhaltigen Architektur geblieben. Die Transformation der Halle bleue der blueFACTORY entspricht dieser Philosophie, indem sie die Thematik des CO_2-neutralen Bauens vertieft. Das Forschungsprogramm des smart living lab zu diesem Gebäude, das die Einflüsse auf das Raumklima untersucht, wird es uns auch ermöglichen, nützliche Erkenntnisse für unsere zukünftigen Bauvorhaben zu gewinnen, wobei der Komfort und die Zufriedenheit der Bewohner uns ein besonderes Anliegen ist. Das smart living lab selbst wird von den gesammelten Daten für die Planung seines zukünftigen Gebäudes am gleichen Standort profitieren.

Luc Trottier,
geschäftsführender Partner Lutz Associés Sàrl

JPF-DUCRET

Die Forschungs- und Entwicklungsdynamik des smart living lab stimuliert Innovationen und bietet neue Möglichkeiten für Unternehmen. Ob es um den Zugang zu neuesten Erkenntnissen im Fachgebiet oder die Abdeckung spezifischer Anforderungen geht – es können fruchtbare Partnerschaften aufgebaut werden. So testet beispielsweise das Projekt Build-Unbuild-Repeat, an dem wir beteiligt sind, ein innovatives Bausystem, mit dem Tragwerke demontiert und wiederverwendet werden können.

Jean-Marc Ducret,
Direktor JPF-Ducret

STADT FREIBURG

Welche städtebaulichen Rahmenbedingungen können zu einer nachhaltigen wirtschaftlichen Entwicklung beitragen? Mit dieser Frage befasste sich das Projekt DevEco unter der Leitung der HTA-FR. Es wurden vielversprechende Ansätze erarbeitet, um bereits heute Vorhersagen zum Grossfreiburg von morgen treffen zu können. Es wird durchmischt sein und sowohl Unternehmen mit hoher Wertschöpfung als auch Wohnungsbau und die Qualität der Landschaftsgestaltung integrieren, über ein leistungsstarkes öffentliches Nahverkehrsnetz verfügen und die sanfte Mobilität stärken. Dank der Identifizierung strategisch wichtiger Bereiche können Veränderungen antizipiert und eine Vision für die Vorbereitung der verschiedenen Standorte entwickelt werden, um diese nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung zu ermöglichen.

Andrea Burgener Woeffray,
Direktorin Bauten Stadt Freiburg

EPFL – FREIBURG

Das smart living lab profitiert von dynamischen und positiven Beiträgen der HTA-FR dank der Zusammenlegung von Kompetenzen und Infrastrukturen und insbesondere des pop^{up}-Ateliers. Die HTA-FR steuert ihr Praxiswissen sowie ihre Kenntnisse der Schweizer Normen und des regionalen wirtschaftlichen Gefüges bei. Sie entwickelt ausserdem IT-Tools, die es uns ermöglichen werden, die Leistungsfähigkeit unseres zukünftigen Gebäudes zu optimieren.

Anne-Claude Cosandey,
operationelle Direktorin – EPFL Freiburg, Koordinatorin smart living lab

UNIVERSITÄT FREIBURG

Die Hochschule für Technik und Architektur Freiburg (HTA-FR) ist ein wichtiger Partner des smart living lab. Durch das breite Fachwissen in den Bereichen Architektur, Energie, Bau sowie der sozio-technischen Entwicklungen im Wohnbereich, trägt die HTA-FR einerseits zum Erfolg dieses Projektes bei und fördert andererseits die Interdisziplinarität, welche dieses einzigartige Projekt kennzeichnet. Die Fachbereiche der HTA-FR ergänzen sich auf hervorragende Weise mit den Forschungsthemen der anderen Partner. Dies führt zu einer engen und schlussendlich überaus erfolgreichen Zusammenarbeit.

Stephanie Teufel,
Prof. Dr. Universität Freiburg (iimt)

Rapport d'activité en français

changer le sens de lecture