





# Table des matières

---

<b>Leitartikel</b>	<b>4</b>
<b>smart living lab auf einen Blick</b>	<b>6</b>
<b>Die Partner des smart living lab</b>	<b>7</b>
<b>Die interne Organisation des smart living lab</b>	<b>9</b>
Lenkungsausschuss	9
Projektleitung	9
Wissenschaftliche Kommission	9
<b>Der Standort des smart living lab: Blaue Halle, blueFACTORY</b>	<b>10</b>
<b>Die Forschungsprojekte des smart living lab</b>	<b>11</b>
Forschungsgruppen nach Einrichtung	11
2016 eingestellte Forscher und Mitarbeiter	12
2016 eingestellte Professoren	13
Forschungsrichtungen	14
<b>9 Vorzeigeprojekte</b>	<b>16</b>
smart living building	16
Den ökologischen Fussabdruck der Energiesysteme des Gebäudes möglichst klein halten	18
Kreislaufwirtschaft im Baugewerbe?	20
Der Rückbau des Erbauten: Misserfolge und Erfolge verstehen	22
Komfort versus Gebäudetechnologie? Die künftigen Nutzer mit einbeziehen!	24
Architektonische Qualität und gemeinsame Erstellung von Gebäuden	26
Künftige Auswirkungen der Verbraucher-Erzeuger auf das Stromnetz	28
Die Interaktionen zwischen Mensch und Gebäude besser verstehen	30
Rechtliche Aspekte der digitalen Modellierung von Bauwerken (BIM)	32
<b>Entwicklung und Beteiligung an nationalen und internationalen Projekten</b>	<b>34</b>
Solar Decathlon	34
Zusammenarbeit mit NEST (EMPA)	34
<b>Werbeaktivitäten des smart living lab</b>	<b>36</b>
Events 2016	36
Medienberichterstattung 2016	38
<b>Finanzen</b>	<b>39</b>
<b>Anhang</b>	<b>40</b>
Liste von Forschungsprojekten (2016 – laufend)	

## Leitartikel

Im **smart living lab**,

**nehmen die Forscher die Wirklichkeit durch unterschiedliche aber auch sich ergänzende Prismen wahr. Die Eidgenössische Technische Hochschule Lausanne, die Hochschule für Technik und Architektur Freiburg und die Universität Freiburg gingen diese gewagte Allianz ein, weil sie glauben, dass durch einen interdisziplinären Ansatz ein Umdenken besser gelingt.**

Im **smart living lab**,

bei den zahlreichen interinstitutionellen Projekten fällt immer wieder eine gemeinsame Formulierung auf: der Mensch – seine Umgebung – sein Wohlbefinden. Dank der starken kollektiven Intelligenz zeigt diese entscheidende Fragestellung neue Perspektiven auf: Was wäre, wenn die künftigen Nutzer weitgehend in die Planungsphase der Gebäude mit einbezogen würden? Und wenn die Technologie nie über dem Komfort der Nutzer stehen würde, sondern sie vielmehr dabei unterstützen würde, ihre Umgebung unter Kontrolle zu haben und ihren Energieverbrauch im Gebäude oder gar das Gebäude selbst zu kontrollieren? Und wenn alle Menschen «Prosumer» würden, kleine Erzeuger und Verbraucher ihrer eigenen Energie? Und wenn all diese Energie innerhalb einer Prosumer-Gemeinschaft gewonnen, geteilt, gespeichert und im Falle eines Überschusses verkauft würde? Und wenn die Menschen sich ihre umweltfreundlichste Energiequelle aussuchen und entweder die Energie des öffentlichen Stromnetzes oder die vom Gebäude, in dem sie wohnen, produzierte Energie verbrauchen könnten? Und wenn die Gebäudestrukturen und –systeme über die Jahrhunderte hinweg wiederverwendet würden, um Rohstoffe zu sparen? Und wenn der Bau jedes einzelnen Gebäudes zu einer lokalen Herausforderung würde, nämlich dadurch, dass nur Arbeitskräfte und Material aus einem Umkreis von maximal 50km zum Einsatz kämen?

Im **smart living lab**,

kommen neue transdisziplinäre Methoden zum Einsatz, die durchaus auch kritisch betrachtet werden, wie es zum Beispiel im Rahmen der numerischen Modellierung von Gebäuden geschieht. Der Komfort der Nutzer sowie ihr Energiekonsum-Verhalten werden in einem original grossen Gebäude und in Echtzeit an einem Ort getestet, den die Forscher mit Blick auf die bis 2050 zu erreichenden Umweltzielsetzungen wie ein lebendes Labor nach und nach anpassen.

**Das smart living lab ist ein Forschungs- und Entwicklungszentrum, in dem der Mensch und sein Wohlbefinden im Mittelpunkt der Forschung stehen und alle das Ziel verfolgen, uns auf dem Weg in eine zukunftsfähigere Welt zu begleiten.**

*Olivier Curty und Andreas Mortensen*

DAS SMART LIVING LAB ÖFFNET SEINE TÜREN ANLÄSSLICH DER SMART LIVING DAYS 2016



© Alain Herzog

## smart living lab auf einen Blick

Das smart living lab ist ein Forschungs- und Entwicklungszentrum, das sich den Wohnformen der Zukunft sowohl aus technischer als auch aus sozialwissenschaftlicher Hinsicht widmet. Es führt interdisziplinäre und interinstitutionelle Projekte durch. Ziel ist es, Wohnraumideen zu entwickeln und dabei das Wohlbefinden der Nutzer sowie Umweltaspekte in den Vordergrund zu stellen.

Es vereint die Kompetenzen der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne (EPFL), der Hochschule für Technik und Architektur in Freiburg (HEIA-FR / HES-SO) und der Universität Freiburg (UNIFR) in den Bereichen nachhaltige Architektur, Technologie und Materialien, Komfort sowie Recht und Humanwissenschaften.

STAND: 31.12.2016

<b>Personal</b>	<b>60 (versus 48 im 2015)</b>
EPFL	19 Personen
HTA-FR	28 Personen
UNIFR	13 Personen
<b>Forschungsgruppen</b>	<b>8</b>
<b>Genutzte Fläche</b>	<b>798m<sup>2</sup></b>
<b>Arbeitsplätze</b>	<b>60</b>
<b>Laufende Projekte</b>	<b>51 (die Hälfte davon interinstitutionell)</b>
<b>Veröffentlichungen 2016</b>	<b>75</b>

## Die Partner des smart living lab

---

**Mit mehr als 300 Laboratorien und Forschungsgruppen auf dem Campus gehört die Eidgenössische Technische Hochschule Lausanne (EPFL) zu den innovativsten und produktivsten Institutionen der akademischen Welt.**



Die ETH Lausanne zählt in wissenschaftlichen Rankings zu den Top 3 in Europa und den Top 20 weltweit und hat einige der besten Forscher auf ihrem Gebiet angezogen.

Auch 2016 stellte die EPFL neue Professoren für Freiburg ein und schlug dem ETH-Rat vor, einen Professor für Versorgungssysteme im Gebäude zu nominieren und ein Einstellungsverfahren für die Bereiche Umweltqualität im Gebäudeinneren und Gebäudekontrollsysteme einzuleiten.

An der EPFL werden vier Lehrstühle und eine Gastprofessur folgende Themen abdecken:

- Struktur, Konstruktion und Materialwissenschaft im Bausektor.
- Energiesysteme im Massstab des Gebäudes und des Quartiers.
- Gesundheit und Komfort des Gebäudenutzers.

**Die Hochschule für Technik und Architektur Freiburg (HTA-FR) liegt im Herzen einer zweisprachigen, kulturell reichhaltigen Region, die an die wichtigsten Verkehrsachsen angeschlossen ist.**



Sie hat den Auftrag, künftige Ingenieure und Architekten auszubilden, die über einen Bachelor- oder einen Masterabschluss von Universitäten der angewandten Wissenschaften verfügen.

Die Schule ist mit modernster Technik ausgestattet und bietet eine universitäre Ausbildung auf der Grundlage einer beruflichen Praxis. Die vielzähligen angewandten Forschungstätigkeiten der Schule sind sowohl von der Gesellschaft als auch von der lokalen Wirtschaft anerkannt, und sie trägt erheblich zur Innovation und zur wissenschaftlichen und technischen Relevanz des Kantons Freiburg bei.

Für die Hochschule für Technik und Architektur (HEIA-FR) bietet das smart living lab die Gelegenheit eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe mit Architekten und Ingenieuren aufzubauen, welche sich mit der intelligenten Integration von Technologien und innovativen Prozessen bei der Umgestaltung des Wohnraumes beschäftigt. Unter Berücksichtigung des Nutzwertes und kultureller Werte konzentriert sich die HEIA-FR auf folgende Fragen:

- Systematische Modellierung anhand des Gebäude- und Quartiermassstabes.
- Anpassungsfähigkeit – Flexibilität – Interaktivität.
- Messung und Optimierung der effektiven Leistung.

**Die 1889 gegründete Universität Freiburg (UNIFR) pflegt als einzige zweisprachige Universität der Schweiz eine ausgesprochen internationale Tradition. Sie steht für Forschung und Lehre auf höchstem Niveau mit dem Anspruch, stets den Menschen in den Mittelpunkt zu stellen.**



Sie bietet an ihren fünf Fakultäten ein umfassendes Angebot von Studienfächern. Rund 10'000 Studierende der Stufen Bachelor, Master und Doktorat profitieren von einer ausgezeichneten Infrastruktur und zahlreichen Begleitangeboten.

An der Universität Freiburg (UNIFR) werden sich langfristig drei Forschungsgruppen im smart living lab mit folgenden Fragen befassen:

- Ökonomische und soziologische Auswirkungen der Energiewende.
- Interaktion von Mensch und Gebäude.
- Baurecht und Regulierungen.

**Das smart living lab Projekt ist das erste seiner Art in der Schweiz. Es vereint die Kompetenzen mehrerer Institutionen und bietet durch seine Präsenz im Herzen des Stadtzentrums und des Kantons Freiburg, der das Projekt unterstützt, eine einzigartige Infrastruktur für den schnellen Transfer von Grundkompetenzen an die Industrie und die Bauwirtschaft.**



ETAT DE FRIBOURG  
STAAT FREIBURG

Das nationale und internationale Kompetenzzentrum wird dem Kanton Freiburg, wo die Bauwirtschaft eine überaus wichtige Rolle spielt, neue Wettbewerbsvorteile verschaffen.

# Die interne Organisation des smart living lab

2016 unterzeichneten der Staat Freiburg, die EPFL, die HEIA-FR und die UNIFR eine Aufgabenbeschreibung, um die Aufgaben des smart living lab zu validieren, seine Werte, die generelle Organisation aller Beteiligten, insbesondere der drei Hochschulen, aber auch die interne Organisation, die Finanzbeiträge und schliesslich die Vision weiterer Etappen in der Zukunft.

Stand vom 1. Januar 2017

## Lenkungsausschuss

### Staat Freiburg

Olivier Curty  
Ständerat,  
Volkswirtschaftsdirektor

### Jean-Pierre Siggen

Staatsrat,  
Direktor für Erziehung, Kultur und Sport

### Jean-Luc Mossier

Direktor Wirtschaftsförderung des  
Kantons Freiburg

### Eidgenössische Technische Hochschule Lausanne (EPFL)

Andreas Mortensen  
Vizepräsident Forschung

### Etienne Marclay

Vizepräsident Humanressourcen und  
Infrastrukturen

### Marc Gruber

Vizepräsident Innovation

### Marilyne Andersen

Dekanin der Fakultät Bau, Architektur  
und Umwelt ENAC

### Hochschule für Technik und Architektur Freiburg (HTA-FR)

Jean-Nicolas Aebischer  
Direktor

### Universität Freiburg (UNIFR)

Astrid Epiney  
Rektor

## Projektleitung

### Staat Freiburg

Jean-Luc Mossier  
Direktor Wirtschaftsförderung des  
Kantons Freiburg

### Eidgenössische Technische Hochschule Lausanne (EPFL)

Corentin Fivet  
Professor für Architektur und  
Strukturgestaltung

### Hochschule für Technik und Architektur Freiburg (HTA-FR)

Jean-Philippe Bacher  
Verantwortlicher Technologietransfer  
und ENERGY Institut

### Universität Freiburg (UNIFR)

Stephanie Teufel  
Professorin und Direktorin international  
institute of management in technology  
(iimt)

### Koordinatorin

Anne-Claude Cosandey  
Operative Direktorin EPFL Freiburg

## Wissenschaftliche Kommission

### EPFL

Marilyne Andersen  
Dekanin ENAC,  
Präsidentin des Komitees

### Anne-Claude Cosandey

Operative Direktorin EPFL Fribourg

### Thomas Jusselme

Projektleiter Forschung building 2050

### Paolo Tombesi

Professor Konstruktion und Architektur

### Corentin Fivet

Professor für Architektur und  
Strukturgestaltung

### HTA-FR

### Jean-Philippe Bacher

Verantwortlicher Technologietransfer  
und ENERGY Institut

### Florinel Radu

Verantwortlicher TRANSFORM Institut

### UNIFR

### Stephanie Teufel

Professorin und Direktorin international  
institute of management in technology  
(iimt)

### Denis Lalanne

Professor Lehrstuhl Human-Computer  
Interaction (Human-IST)

### Martin Beyeler

Professor Baurecht

## Der Standort des smart living lab: Blaue Halle, blueFACTORY

Die Blaue Halle (Halle Bleue) auf dem blueFACTORY Gelände, einer Innovationseinrichtung in Freiburg, beherbergt jetzt die Mitarbeiter des smart living lab. Die smart living lab Teams werden vorübergehend in der Blauen Halle arbeiten, während das endgültige smart living lab Gebäude fertiggestellt wird. Den Forschern des smart living lab stehen 60 Arbeitsplätze zur Verfügung, sowie ein Bau- und Versuchsatelier, in dem Prototypen, Gebäudeteile (Fassaden, Dächer, Struktur) und sogar ganze Gebäude entwickelt werden können. In Zukunft wird das smart living lab sein eigenes Gebäude haben, in dem seine Forschung und sein Technologietransfer zum Thema nachhaltiger Architektur stattfinden.

DIE BLAUE HALLE AUF DEM BLUEFACTORY GELÄNDE



# Die Forschungsprojekte des smart living lab

---

## Forschungsgruppen nach Einrichtung

### Das smart living lab verbindet die folgenden Forschungsgruppen:

#### EPFL

##### **Building 2050 Forschungsgruppe**

Diese Forschungsgruppe wird neue Ansätze definieren, um ein innovatives Gebäude zu konzipieren. Das smart living building ist ein ehrgeiziges und zukunftsorientiertes Projekt, das die Energie- und Umweltzielsetzungen umsetzt, welche für das Jahr 2050 festgelegt wurden. Ab 2020 sollen darin die Forschungsaktivitäten des smart living lab angesiedelt werden.

##### **Labor für strukturelle Forschung**

Dieses Labor wurde 2016 eingerichtet. Es soll die Bauindustrie beim Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft unterstützen. Das Forschungsteam konzentriert sich auf die Geometrie struktureller Lösungen, ihre interaktive Erarbeitung und ihre praktische Umsetzung.

##### **Labor für Bau und Architektur**

Dieses Labor wurde 2016 eingerichtet. Sein Ziel ist es, konstruktive Prozesse zu analysieren und ihre Erfolge, Misserfolge und die Gründe dafür zu identifizieren. Ebenso grundlegend ist es, die konstruktiven Prozesse zu verstehen, die Innovation fördern.

#### HTA-FR

##### **TRANSFORM Institut**

TRANSFORM stellt sich den heutigen Herausforderungen an die Architektur, indem ein dynamisches Gleichgewicht zwischen den menschlichen Faktoren, dem bewohnten Raum, dem technologischen Fortschritt und einer optimalen Nutzung notwendiger Mittel und Ressourcen erstrebt wird.

##### **ENERGY Institut**

ENERGY unterstützt und fördert die Nachhaltigkeit unserer Gesellschaft hinsichtlich Energieversorgung und Energiemanagement. Das Institut engagiert sich aktiv für den Wissens- und Technologietransfer in den Wirtschaftssektoren Bau, Energieerzeugung und -verteilung sowie Produktion (Energieverbraucher).

#### UNIFR

##### **International Institute of Management in Technology**

Das „international institute of management in technology“ (iimt) ist ein führendes Kompetenzzentrum in den Bereichen Informations- und Kommunikations-Technologie (ICT) sowie Utility Management und bietet Weiterbildung und Forschung an. Der Lehrstuhl ist aktiv in den Bereichen Management der Energiesysteme, Innovations- und Technologie-Management, Management der Informationssicherheit und Projektmanagement.

##### **Forschungszentrum Human-IST**

Das Forschungszentrum Human-IST (Human Centered Interaction Science and Technology) widmet sich der Forschung und der Bildung auf dem Gebiet Human-Computer Interaction und kombiniert dabei Informatik, Psychologie und Soziologie.

##### **Institut für Schweizerisches und Internationales Baurecht**

Das Institut für Schweizerisches und Internationales Baurecht fördert die Forschung, die Ausbildung und die Weiterbildung auf allen Gebieten des Bau-, Vergabe- und Immobilienrechts.

## 2016 eingestellte Forscher und Mitarbeiter

### EPFL

Jan Brütting  
PhD

Sofia Colabella  
wissenschaftliche Mitarbeiterin

Dominique Corday  
Verwaltungsassistentin

Vanda Costa Grisel  
wissenschaftliche Mitarbeiterin

Corentin Fivet  
Professor

Claude-Alain Jacot  
technischer Mitarbeiter

Cédric Liardet  
wissenschaftlicher Mitarbeiter

Paolo Tombesi  
Professor

Riccardo Vannucci  
wissenschaftlicher Mitarbeiter

### HEIA-FR

Lauriane Bererd  
Mitarbeiterin

Martin Boesiger  
Mitarbeiter

Loyal Bou Antoun  
Mitarbeiterin

Harold Brülhard  
Mitarbeiter

Jérôme Kaempf  
Professor

Gabriel Magnin  
Mitarbeiter

Charles Riedo  
technische Mitarbeiter

Joëlle Rudaz  
Mitarbeiterin

Damien Vionnet  
Mitarbeiter

### UNIFR

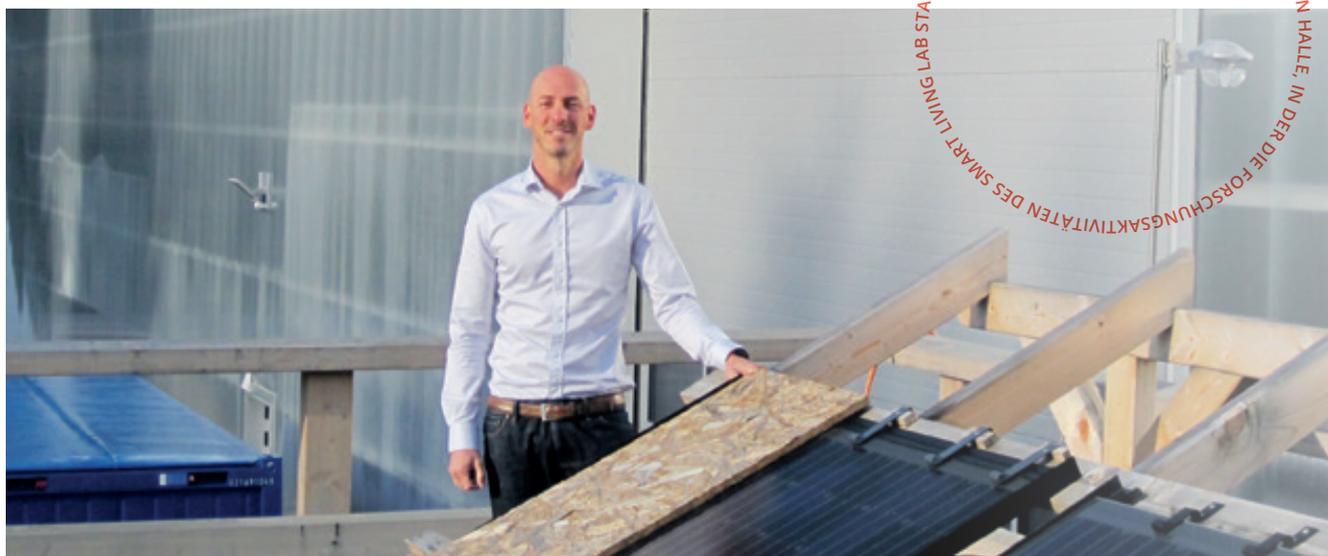
Michaël Papinutto  
PhD

## Anzahl Personen pro Forschungsgruppe im Zusammenhang mit dem smart living lab

<b>TOTAL</b>	<b>60 PERSONEN</b>
<hr/>	
<b>Aus EPFL</b>	<b>19 Personen</b>
Verwaltung EPFL Freiburg	4 Personen
Building 2050 Forschungsgruppe	9 Personen
Structural Exploration Labor	4 Personen
Construction and Architecture Labor	2 Personen
<b>Aus HEIA-FR</b>	<b>28 Personen</b>
TRANSFORM Institut	19 Personen
ENERGY Institut	9 Personen
<b>Aus UNIFR</b>	<b>13 Personen</b>
international institute of management in technology	5 Personen
Institut für Schweizerisches und Internationales Baurecht	3 Personen
Forschungszentrum Human-IST	5 Personen

## 2016 eingestellte Professoren

HTA-FR verpflichtete einen neuen Professor am ENERGY Institut: Jérôme Kaempf.



### Interview mit Jérôme Kaempf, dem neuen Professor am smart living lab

**Sie kamen vor kurzem ans smart living lab, deren Partner die HEIA-FR ist. Was sind Ihre ersten Eindrücke?**

Meine ersten Eindrücke des smart living lab waren recht positiv: in der Blauen Halle ist viel Platz für Treffen der Partner HEIA-FR, EPFL und UNIFR. Mit seiner Cafeteria, dem beeindruckenden Innenbereich und den gemeinschaftlichen Konferenzräumen scheint der Ort bewusst interaktiv gestaltet. Ich wurde sehr freundlich empfangen und konnte dadurch rasch meinen Arbeitsplatz und meinen Bereich innerhalb der ENERGY Box finden.

**Woher rührt Ihr Interesse für Ihr Forschungsgebiet?**

Von klein auf interessierte ich mich für die Heizung in meinem Elternhaus, die eher launisch war. Es handelte sich um eine der ersten Luft-/Wasser-Wärmepumpen in den nördlichen Ländern, die unsere Räume auch in harten Wintern problem-

los beheizen sollte. Das war allerdings nur theoretisch der Fall, denn an kalten Tagen mussten wir häufig zusätzlich mit Kaminfeuer heizen. Damals verzichteten die Vorreiter der Energieeffizienz oft auf Ihren eigenen Komfort.

**Heute hingegen ist die Aufrechterhaltung des Komforts bei der Werbung für die Energieeffizienz entscheidend. Ich habe diesen mehrdimensionalen Aspekt immer im Kopf, wenn ich Forschungen zur Optimierung der Gebäude-Energieeffizienz betreibe.**

**Auf welche Themen möchten Sie sich in den kommenden Jahren besonders konzentrieren?**

In den nächsten Jahren möchte ich hauptsächlich im Bereich der Optimierung der Gesamtenergieeffizienz der Gebäude der Zukunft forschen. Diese Techniken der Gebäuderenovierung beherrscht unsere Schweizer Industrie besonders gut, und der Staat unterstützt sie durch wirksame Anreize. Mit den Passivhäusern entstehen allerdings neue Probleme: die Verwaltung der hohen Schwankungen des Energiebedarfs, der eigenen Energieerzeugung durch erneuerbare Energiequellen und ihrer Speicherung im Gebäude oder in einer

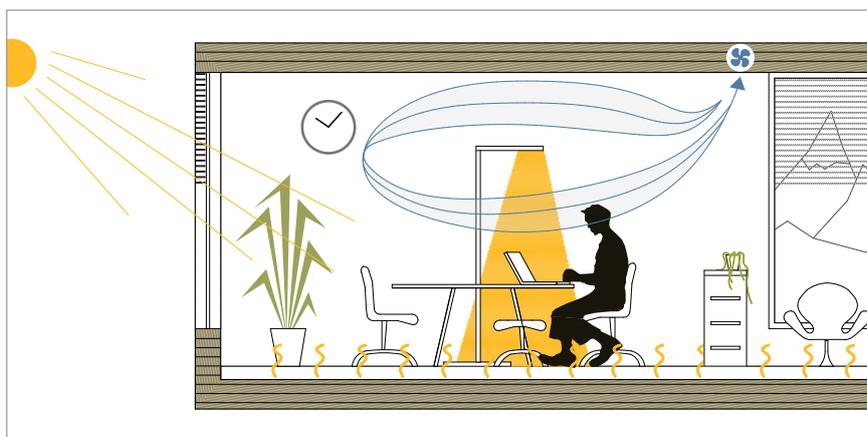
Gebäudegruppe. Diese Herausforderungen lassen sich in drei Hauptthemen unterteilen: die Optimierung des Energiebedarfs für die Raumklimatisierung in den Gebäuden, ihre nachhaltige Versorgung durch Energieumwandlungssysteme sowie die Aufrechterhaltung des Nutzerkomforts (thermisch sowie visuell).

## Forschungsrichtungen

Verschiedene Forschungsgruppen leisten wichtige Beiträge zu technischen, sozialen und wirtschaftlichen Herausforderungen im Zusammenhang mit der Habitat-Entwicklung.

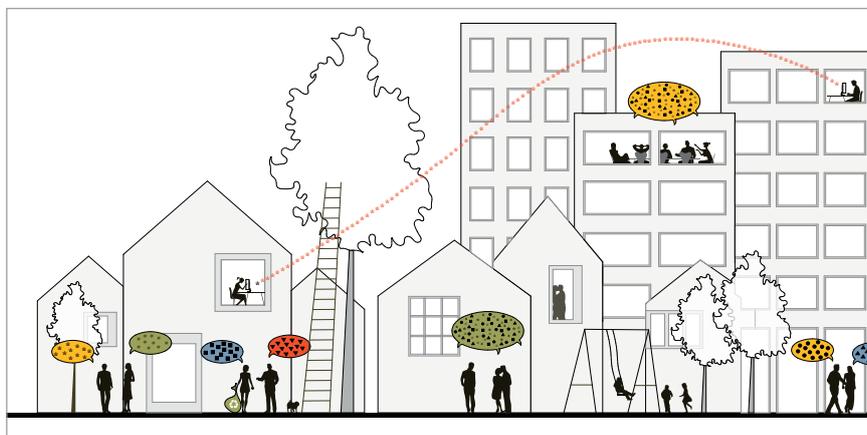
### Komfort und Wahrnehmungen:

der Einfluss des Gebäudes auf den Komfort und die Gesundheit der Nutzer, besonders was die Optik, die Wärme- und Schalldämmung sowie die Luftqualität betrifft.



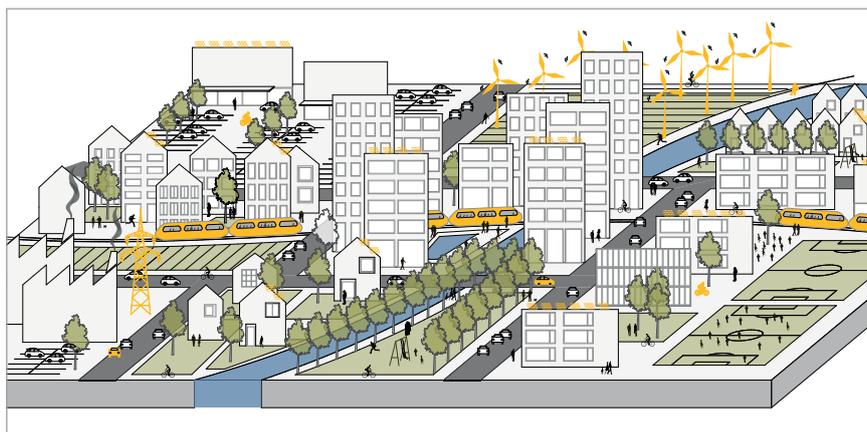
### Interaktionen und Verhalten:

die Faktoren verstehen, die das Verhalten und die soziale Interaktion der Nutzer beeinflussen.

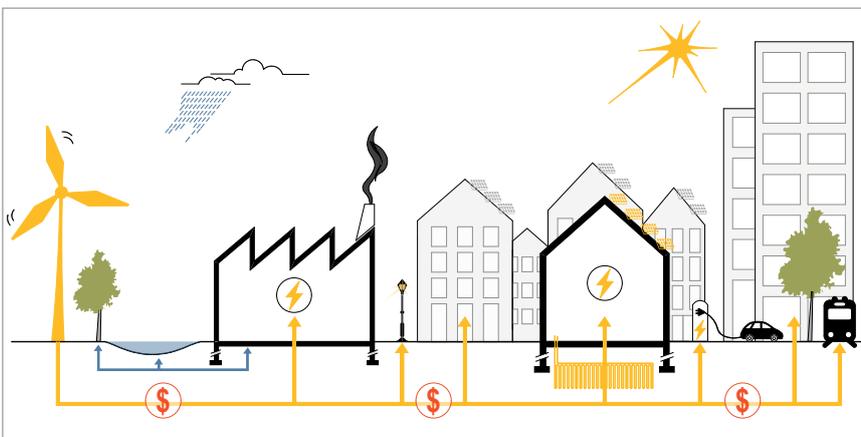


### Anpassungsfähigkeit der Gebäude und Quartiere:

Designmethoden und Abläufe, welche die Anpassungsfähigkeit des Gebäudes und der Nachbarschaft an die Bedürfnisse der Nutzer und an sich verändernde Umgebungsbedingungen sicherstellen.



MEHR DAZU AUF: [WWW.SMARTLIVINGLAB.CH](http://WWW.SMARTLIVINGLAB.CH)



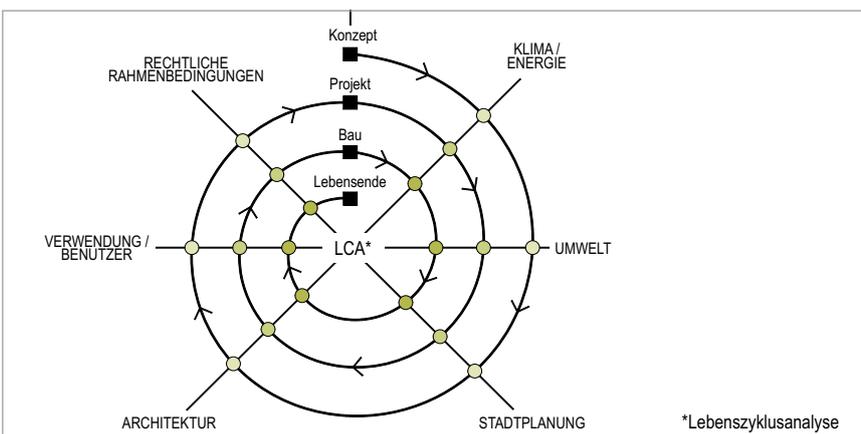
### Energienetz und Wirtschaftlichkeit:

Optimierung der Interaktionen von Gebäuden einerseits und Energie- und Wirtschaftssystemen andererseits auf Quartierebene. Dezentralisierung in Produktion und Handel von Energie durch Prosumer (produzierende Konsumenten) sowie entsprechende neue Geschäftsmodelle.



### Kontrolle der aktiven Systeme:

neue Heizungs- und Belüftungstechnologien in Gebäuden. Kontroll- und Automatisierungsmöglichkeiten, die wechselnde Bedürfnisse und Klimaschwankungen berücksichtigen.



### Integriertes Design und Baugeschehen:

Berücksichtigung von Design und Umweltfragen bei der Planung und beim Bau. Berücksichtigung gesetzlicher und aufsichtsrechtlicher Prozesse.

\*Lebenszyklusanalyse

## 9 Vorzeigeprojekte

### smart living building



© Alain Herzog

Projekttitlel	Smart Living Forschungsprogramm
Beginn	2014
Ende	2016
Leiter	Thomas Jusselme
Aufsicht	Marilyne Andersen, Emmanuel Rey
Beteiligte Forschungsteams	Building 2050, Institut TRANSFORM, Institut ENERGY, Human-IST, EPFL ECAL LAB, CRAterre laboratory at ENSAG, EPFL LIPID, EPFL LAST, EPFL LASUR
Beteiligte Forscher	Thomas Jusselme, Arianna Brambilla, Endrit Hoxha, Stefano Cozza, Amélie Poncétý, Vanda Costa Grisel, Cédric Liardet, Didier Vuarnoz, Michelle Jiang
Beteiligte Unternehmen	Estia SA, Atelier Oi, JPF, Terrabloc
Referenzpublikationen zum Projekt	<a href="http://building2050.epfl.ch/publications-awards">http://building2050.epfl.ch/publications-awards</a>

## Seit Anfang 2016 befindet sich das smart living lab am Standort der blueFACTORY in Freiburg, wo es 2020 ein eigenes Gebäude beziehen soll. Bis zur Fertigstellung des Gebäudes nutzen die Forscherteams Räumlichkeiten der blauen Halle.

Das zukunftsweisende Gebäude, das die Forscher entwerfen, genannt smart living building, wird sowohl nachhaltig als auch erweiterbar sein. Neben Laboratorien, Unterrichtsräumen und Büros wird es darin auch experimentelle Wohnungen geben, in denen zum Beispiel der Wohnkomfort der Bewohner in Echtzeit gemessen wird.

In diesem Kontext vielfältiger Nutzungsmöglichkeiten wird es selbst zum Untersuchungsraum auf der Suche nach Lösungen, durch die der Energiekonsum und der dadurch entstehende Treibhausgas-Ausstoß reduziert werden.

### Ein Gebäude in Einklang mit den Umweltzielsetzungen der Schweiz

Der Bundesrat bestätigte seine Absicht, bis 2150 auf eine 2000 Watt-Gesellschaft umzusteigen, wobei bis 2050 eine Zwischenstufe von 3500 Watt erreicht werden soll. Damit das smart living building diese Zielsetzung erreichen kann, wurde ein interdisziplinäres Forschungsprogramm eingerichtet, das vom Kanton Freiburg und von der EPFL finanziert wird.

Unter der Verantwortung der Forschungsgruppe Building 2050 haben etwa dreissig Forscher der EPFL, der HEIA-FR und der UNIFR die spannende Aufgabe, ein Modellgebäude für die Zukunft zu entwerfen.

Die Forscher stellten die Aspekte Energie, Komfort und architektonische Qualität in den Mittelpunkt und definierten die wichtigsten Säulen ihrer Arbeit:

1. der Nutzer, für den das Gebäude errichtet wird
2. die Gebäudehülle
3. die Gewinnung und Umwandlung von Energie an Ort und Stelle
4. die Energiespeicherung
5. die Anbindung an die Mobilität

Das smart living building ist ein in die Stadt und in die gesellschaftliche Entwicklung integriertes Exzellenz-Zentrum, in dem ein Lebensstil ausprobiert werden kann, der seiner Zeit 30 Jahre voraus ist.

### Internationaler Workshop in Gruyères

Konkrete Aktionen sollen sicherstellen, dass die Ergebnisse der Vorprüfung beim Entwurf und beim Bau des smart living building umgesetzt werden. Die Forschungsgruppe setzt ihre Ehre daran, die Ergebnisse ihrer Überlegungen an der Realität vor Ort messen zu lassen. In diesem Sinne werden Veranstaltungen organisiert, die Treffen und Gespräche mit Expert/Innen des Baugewerbes ermöglichen. So trafen sich am 5. und 6. Oktober 2016 zwanzig internationale Akademiker und Wirtschaftsexperten mit etwa fünfzehn Mitgliedern des smart living lab in Gruyères zu Forschungsarbeiten, die den Bau des smart living building vorbereiten.

Das Hauptziel des Workshops war es, die Arbeit der vergangenen 18 Monate mit der Unterstützung einer internationalen Wissenschaftsgemeinschaft im Hinblick auf den Übergang zur operationellen Phase 2017 zu validieren und zu untermauern.

### Analyse der Forschungsarbeiten

Die multidisziplinären Expertenteams beschäftigten sich mit den Forschungsthemen des Building 2050:

- einer Methode zur Unterstützung der Konzeption, ein begrenztes Kohlenstoff- und Energiebudget zu verwalten
- der Studie zum empfundenen Komfort im Zusammenhang mit unterschiedlichen Fassaden-Gestaltungen (Wärmeträgheit, Beleuchtung, Lüftung),
- der Optimierung des Verhältnisses zwischen der Verfügbarkeit grüner Energien und des Energiebedarfs des Gebäudes
- einer Begrenzung der Materialmenge bei der Einrichtung von Arbeitsplätzen
- der Einführung eines Entscheidungsverfahrens, das für ein solches Versuchsprojekt geeignet ist

### Empfehlungen für die Fortsetzung des Programms

Die Experten hielten es für besonders wichtig, den Nutzer in den Mittelpunkt aller Entscheidungen betreffend des Gebäudes zu stellen und darauf zu achten, ein einfaches Entscheidungsverfahren anzubieten. Anstatt einer Verdichtung der Büroflächen sollten die Räume lieber der jeweiligen Aktivität, die darin stattfinden soll, angepasst werden. Die Wohnungen des smart living building ermöglichen durch ihre Flexibilität und ihre Anpassungsfähigkeit die Fortsetzung innovativer Forschungen, und der Bewohnertyp wird je nach Art der in diesen Wohnungen durchzuführenden Experimente bestimmt.

Insgesamt begrüßten die Experten die Originalität und die Gründlichkeit der Forschungsarbeiten und brachten zusätzliche interessante Forschungsthemen ans Licht.

Aus diesen Forschungsarbeiten und den Ergebnissen der Workshops mit internationalen Experten aus dem Baugewerbe 2015, 2016 und bald auch 2017 geht das Pflichtenheft für die künftigen Planer des smart living building hervor. 2017 beginnt also die operationelle Projektphase, in der das Pflichtenheft definiert und die Ausschreibung gemacht wird. Das Gebäude soll 2020 entstehen.

# Den ökologischen Fussabdruck der Energiesysteme des Gebäudes möglichst klein halten

SOLARANLAGEN DER BLAUEN HALLE



© Alain Herzog

Projekttitlel	Carbon correlation
Beginn	2015
Ende	2016
Projektleiter	Didier Vuarnoz
Beteiligte Forschungsteams	Building 2050, Human-IST, Institut ENERGY
Beteiligte Forscher	Didier Vuarnoz, Thomas Jusselme, Stefano Cozza, Gabriel Magnin, Thibaut Schafer, Philippe Couty, Elena-Lavinia Niederhauser, Jean-Philippe Bacher, Agnes Lisowska, Julien Nembrini, Denis Lalanne
Referenzpublikationen zum Projekt	<p>“Studying the dynamic relationship between energy supply carbon content and building energy demand” Vuarnoz, D., Jusselme, T., Cozza, S., Rey, E., Andersen, M., 2016., in: Plea 2016. Los Angeles.</p> <p>“Temporal variation in the environmental impact assessment of the Swiss grid” Vuarnoz, D., Jusselme, T. In press. 2017.</p> <p>“Carbon based energy strategy for buildings” Vuarnoz, D., Cozza, S., Jusselme, T., Magnin, G., Schafer, T., Couty, P., Niederhauser, E.L., Bacher, J.-P. In prep. 2017.</p> <p>“Exploring the Potential Impacts of Shifting Energy Consumption in Work Environments” Nembrini, J., Lisowska Masson, A., Vuarnoz, D., Lalanne, D., In prep. 2017.</p> <p>“Development and validation of an intelligent algorithm for synchronizing the low-environmental-impact electricity supply with the building’s electricity consumption” Niederhäuser, E.L., Magnin, G., Schafer, T., Vuarnoz, D. In prep. 2017.</p>

## Die Konsequenzen, die für die Umwelt aus der Abstimmung zwischen dem Energiebedarf eines Gebäudes und dem ökologischen Fussabdruck der möglichen Versorgungsquellen entstehen, sind bis heute wenig untersucht.

Mithilfe eines Tools können jetzt verschiedene Strategien zur genaueren Dimensionierung der Energieanlagen eines Gebäudes entwickelt und dadurch ihre Funktionsfähigkeit optimiert werden. Das Tool informiert ausserdem über die umweltfreundlichsten Energiequellen für jede untersuchte Variante.

In der Schweiz wie auch in anderen Ländern unterliegt der Energiebedarf je nach Uhr- und Jahreszeit starken Schwankungen. Besonders hoch ist der Energieverbrauch an Winterabenden, wenn Heizung und Haushaltsgeräte gleichzeitig zum Einsatz kommen. Im Sommer wird generell weniger Energie verbraucht, dafür erreicht die Energiegewinnung über Solarmodule am frühen Nachmittag Höchstwerte. Diese Unausgewogenheit zwischen Verbrauch und Produktion ist problematisch, insbesondere deshalb, weil die Energiespeicherung sich heutzutage auch auf die Umwelt auswirkt.

### Ein Tool zur Entwicklung leistungsfähigerer Energiesysteme

Didier Vuarnoz, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Forschungsgruppe EPFL Building 2050 des smart living lab befasste sich gezielt mit der Integration erneuerbarer Energiequellen und ihrer Speicherung im Bereich des Gebäudes, um dessen Umweltbilanz zu verbessern.

Das von ihm geleitete Forschungsteam erarbeitete ein vielseitiges Simulationstool. Dieses Tool dient dazu, die Leistungsfähigkeit der Energiesysteme eines Gebäudes anhand von Mehrfachkriterien zu bewerten (Kohlenstoffemission, Autonomie, Minimierung des Verlusts durch Speicherung, usw.).

So können die verschiedenen Möglichkeiten der Dimensionierung und die Technologien zur Energiegewinnung oder -speicherung schnell verglichen werden, um die besten Varianten herauszufiltern.

Für die modellhafte Darstellung der verschiedenen Möglichkeiten sollten folgende grundlegende Aspekte berücksichtigt werden:

- die Eigenschaften des Gebäudes
- die Nutzer und ihr Verhalten im Gebäude
- das Potenzial der Nutzer, ausserhalb der Stosszeiten Energie zu verbrauchen und so dazu beizutragen den Verbrauch zu „glätten“
- die Umweltbelastung durch traditionelle Energien
- die Auswirkungen erneuerbarer Energien und ihrer Speicherung

### Von der Bedarfsvorhersage zur Optimierung des Gebäudebetriebs

Um die entwickelte Methode zu testen, wurde eine Fallstudie entwickelt: das smart living building, künftiges Forschungs- und Entwicklungszentrum für die Mitarbeiter und die Forscher des smart living lab. Mithilfe einer Studie, die 1600 Forscher und Mitarbeiter von Hochschulen einbezog (stellvertretend für die künftigen Nutzer), wurden die Bedürfnisse dieser Bevölkerungsgruppe identifiziert. Anhand der Ergebnisse wurde ein Jahr lang der Energieverbrauch des Gebäudes und seiner künftigen Nutzer Stunde für Stunde simuliert, wobei die spezifischen Umwelt- und Klimabedingungen am Standort der blueFACTORY, an dem das smart living building gebaut wird, berücksichtigt wurden.

**„So konnten Prognosen gemacht werden, die die Bemessung der Energieinfrastruktur des smart living building erleichtern.“, erklärt Didier Vuarnoz.**

Wenn das Gebäude bewohnt ist, möchte das Team die Nutzer über die CO<sub>2</sub>-Bilanz ihres eigenen Verbrauchs informieren, damit sie wissen, zu welchem Zeitpunkt die verbrauchte Energie die Umwelt am wenigsten belastet. Es geht darum, „besser“ zu konsumieren, indem man direkt die vom Gebäude produzierte erneuerbare Energie nutzt, wenn davon genügend zur Verfügung steht. „Wenn die Nutzer ange-

messen informiert sind, können wir den durch Energieverbrauch entstehenden Ausstoss von Treibhausgasen reduzieren, ohne dabei an Komfort zu verlieren“, sagt der Forscher.

### Die CO<sub>2</sub>-Bilanz der verfügbaren Energien quantifizieren

Das Gebäude kann seine Energie aus verschiedenen Quellen beziehen. Diese Energie kann aus dem Stromnetz kommen (etwa 1/3 aus Atomkraftwerken, 1/3 aus Wasserkraftanlagen, 1/3 importierte und ein wenig erneuerbare Energie), aber auch aus der Produktion vor Ort (z.B. durch Solarpaneele auf dem Gebäude) mit der Möglichkeit einer Energiespeicherung. Diese verschiedenen Energiequellen sind nicht alle gleich umweltfreundlich. Deshalb bestimmte das Forscherteam die CO<sub>2</sub>-Bilanz aller für das künftige smart living building verfügbaren Energien, einschliesslich der Energie aus dem traditionellen Stromnetz. Nie zuvor wurde die durch das Schweizer Stromnetz entstehende Umweltbelastung Stunde für Stunde berechnet. „Dadurch wird es möglich, das dynamische Potenzial der zeitgebunden variablen Qualität der verfügbaren Energie voll zu nutzen, um die durch unsere Gebäude verursachte Umweltbelastung zu verringern.“

### Ein wunderbares Tool zur Berechnung der Umweltbelastung durch die Energie

Nachdem es dem Team gelungen ist, die Verbrauchsmengen, die Produktion und ihre Auswirkung auf die Umwelt zu beziffern, kann mit dem massgefertigten Tool in Echtzeit bestimmt werden, welche Energiequelle das Gebäude bevorzugen sollte, um seinen ökologischen Fussabdruck so gering wie möglich zu halten. So können die unterschiedlichen Auslegungsvarianten für die Energiesysteme des Gebäudes schnell analysiert und miteinander verglichen werden. „Dieses Tool ist eine einzigartige Entscheidungshilfe, schlägt aber keine ultimative Strategie vor. Beim Bau (oder bei der Renovierung) eines Gebäudes müssen neben Umwelt und Energie noch weitere Kriterien berücksichtigt werden. Es spielen dabei Aspekte wie die finanzielle Einschränkung, ästhetische Wünsche und politische Ideen eine Rolle“, weiss Didier Vuarnoz.

# Kreislaufwirtschaft im Baugewerbe?



## Projekttitle

## Die Kreislaufwirtschaft und ihre Anwendung beim Bau

Beginn

2016

Ende

In Bearbeitung

Leiter

Corentin Fivet

Beteiligtes Forschungsteam

Structural Xploration Lab

Beteiligte Forscher

Corentin Fivet, Sofia Colabella, Endrit Hoxha, Jan Brütting, Valeria Didonna  
...

Referenzpublikationen zum Projekt

<http://sxl.epfl.ch/pub>

**Ein neues Gebäude wird in seiner Bauphase bald proportional mehr Verschmutzung verursachen als während seiner Betriebsphase. Ausserdem wird das Recycling-Potenzial von „Abfällen“ beim Abbruch von Gebäuden noch ungenügend genutzt. Was wäre, wenn die Gebäudestrukturen und –systeme so ausgelegt würden, dass sie über die Jahrhunderte mehrmals wiederverwendet werden könnten?**

In den letzten Jahrzehnten bemühte man sich hauptsächlich darum, den Energieverbrauch der Gebäudenutzung zu reduzieren (Heizung, Beleuchtung, usw.). Zukünftig wird die Errichtung und der Abriss eines Gebäudes vergleichsweise mehr Kohlenstoffausstoss verursachen als sein Betrieb. In diesen beiden Phasen entsteht ausserdem eine grosse Menge an Abfall, da Gebäude in der Regel nicht dafür ausgelegt sind, recycelt zu werden. Zwar kann theoretisch alles recycelt werden, doch hat Recycling einen wirtschaftlichen und ökologischen Preis. Ausserdem verschlechtert sich dabei die Materialqualität, sodass sich die wiederverwerteten Materialien nicht mehr für ihren ursprünglichen Gebrauch eignen. Das bedeutet, dass alleiniges Baustoff Recycling keine Patentlösung ist.

**Die Abkehr von der linearen Wirtschaft**

Das in der Bauindustrie vorherrschende Modell (basierend auf dem vorherrschenden linearen Wirtschaftsmodell, das heisst produzieren-konsumieren-wegwerfen) trägt stark zur Erschöpfung der natürlichen Rohstoffe bei. „Um Beton herzustellen

brauchen wir Sand. Wir müssen heute die Meeresgründe in 200 Meter Tiefe abtragen, wobei die Flora und Fauna zerstört wird, da alle anderen Sandvorkommen erschöpft sind. Wüstensand ist aufgrund der Winderosion zu fein und kann beim Bau nicht alternativ eingesetzt werden“, erklärt Corentin Fivet, Professor an der EPFL und Leiter des Structural Xploration Lab am smart living lab. Daher müssen dringend andere Modelle in Erwägung gezogen werden, welche die Lebensdauer der abgebauten Materialien und der daraus gefertigten Produkte so weit wie möglich verlängern. Die Kreislaufwirtschaft ist das Gegenstück zur linearen Konsumwirtschaft: „Die Materialien sollen in einem Kreislauf genutzt werden, es gilt das Prinzip „nichts wird verschwendet, nichts hergestellt, alles wird umgewandelt oder weitergereicht.“ Weniger Material verbrauchen, reparieren, wiederverwenden, recyceln und der Natur zurückgeben sind, in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit, aufgeführt die anzuwendenden Prinzipien: Reparieren verbraucht weniger Energie als das Wiederverwenden, dann kommt Recyceln usw...“.

**Mehrere Leben für Gebäudestrukturen und –systeme**

Comprendre comment construire des structures porteuses (murs, dalles, colonnes, plancher, toiture, fondations), successivement réemployables dans plusieurs bâtiments, est l'un des objectifs du Laboratoire d'Xploration Structurale. Ceci implique d'ailleurs une logique de consommation locale pour éviter les coûts de transport et leurs émissions de carbone. En outre, sachant que la durée de vie d'un bâtiment est de généralement 100 ans, réemployer des éléments sur plusieurs siècles entraînerait une vision à très long terme et donc un changement de paradigme.

Pour pouvoir se projeter ainsi dans le futur, l'équipe développe des outils pour évaluer le potentiel de réemploi des éléments issus d'une construction démolie.

**„Wir haben keine Ahnung, welcher Anteil an Material oder an Elementen beim Abriss des Gebäudebestands in der Schweiz wiederverwendet werden könnte. Die Wiederverwendung der abgerissenen Immobilien zum Bau neuer Gebäude ist eines der Szenarien, die wir untersuchen müssen, sagt Corentin Fivet.“**

Er erklärt, dass es nicht ausreicht, nur die Bauteile so wie sie sind wiederzuverwenden, sondern auch die anderen Komponenten (Flüssigkeitssysteme, Isolierung, Abdichtungen, Verkleidung) der alten Gebäude trotz Auf- und Abbau nochmals zu gebrauchen und in den neuen Bau zu integrieren.

**Kreislaufwirtschaft oder Rückgabe an die Natur**

Zum jetzigen Stand der Forschungsarbeiten weiss das Team noch nicht, ob das Kreislaufmodell (Wiederverwendung der Elemente über mehrere Jahrhunderte) für die Bauindustrie nützlich ist, oder ob es besser wäre, alle Elemente an die Natur zurückgeben zu können, wenn das Gebäude abgerissen wird. „Wie kann die Wiederverwendung gemessen werden? Welche Technologien begünstigen die Wiederverwendung? Diese Fragen wollen wir in den nächsten Jahren klären“, stellt Corentin Fivet fest.

# Der Rückbau des Erbauten: Misserfolge und Erfolge verstehen



© Alain Herzog

## Projekttitlel

**Digital fabrication technologies:  
Analyzing patterns of adoption and innovative transformations in architectural design and practice**

Beginn

2015

Ende

2017

Projektleiter

Paolo Tombesi und Bharat Dave

Beteiligte Forschungsteams

Construction and Architecture Labor, Australian Research Council

Beteiligte Forscher

Paolo Tombesi und Bharat Dave

Referenzpublikationen zum Projekt

[https://youtu.be/nt04PH\\_ePww](https://youtu.be/nt04PH_ePww)

## Hält ein Gebäudeprojekt seine Versprechen, wenn der Bau abgeschlossen ist? Welche Faktoren können Misserfolge und Erfolge erklären? Und welche Konfigurationen begünstigen die Umsetzung von Innovationen?

Die kritische Begutachtung des Prozesses der Gebäudefertigung ist ein Ansatz, der in der Baubranche noch wenig verbreitet ist. Und das aus gutem Grund: Beim Bau eines Gebäudes spielen so viele Akteure mit unterschiedlichen Interessen mit, dass Unstimmigkeiten meist in dieser Komplexität untergehen.

**„Der Bau ist eine dieser gesellschaftlich komplexen Disziplinen, bei denen nie jemand die Schuld für etwas trägt. Obwohl Fehler bei dieser sich hauptsächlich auf Experimente stützenden Aktivität eine natürliche Komponente sind.“, weiss Paolo Tombesi, Professor an der EPFL und Leiter des Labors für Bau und Architektur am smart living lab.**

### Die Gebäudeproduktion analysieren

Professor Paolo Tombesi widmete seine langjährige Karriere der Analyse von Bauprozessen. Er arbeitet an echten Fällen, die oft international bekannt sind und schaut sich die architektonischen Werke vor Ort an. Mit seinem Fotoapparat ausgestattet, sieht er sich die Gebäude gründlich an und hält Gelungenes und weniger Gelungenes fest. Manchmal begleitet er ein Programm auch im Vorfeld, indem er regelmässig zur Baustelle geht und die verschiedenen Dienstleister aufsucht, um ihre Produktionsmittel zu untersuchen. Paolo Tombesi analysiert auch alle Unterlagen, die er bekommen kann, unter anderem die Pflichtenhefte und die Pläne. Schliesslich konzentriert er sich auf die verschiedenen Akteure und ihre Interaktionen, wobei er eine selbst entwickelte Methode anwendet.

### Die Rollendynamik

Anstatt die Akteure lediglich nach ihrem Fachbereich und der angebotenen Dienstleistung einzuteilen, konzentriert sich der Forscher auf die wahre Rolle, die sie innerhalb des Projekts spielen. Wie viel Macht haben sie? Welche Interessen verfolgen sie? Welche Kenntnisse haben sie? Und welche Rolle spielen sie tatsächlich innerhalb des Projekts? Indem er den Akteuren aus verschiedenen Praxisbeispielen diese Rollen zuteilt (Triebfeder, Vermittler, Gegner), gelingt es ihm durch eine Serienanalyse Konfigurationen herauszustellen, die den Erfolg eines Projekts erklären können. „Eine Konstante fällt bei architektonischen Werken, die ihre Zielsetzungen erreichen, auf: erfolgreich sind Projekte, deren Planer genügend Wissen und Macht haben, um die Industrieabläufe den besonderen Bedürfnissen des Gebäudes anpassen zu können.“, führt Paolo Tombesi aus.

### Innovationen fördern

2016 verfolgte der Professor eine Vergleichsstudie zwischen drei mit digitalen Fabrikationstechniken errichteten Gebäuden (gründliche Modellierung, 3D-Drucke, Laserschneiden, Montage der vorgefertigten Teile mit Roboter-Maschinen, usw.).

Die Analyse der Bauprozesse zeigte, dass die Nutzung der digitalen Fertigung besonders vorteilhaft und gelungen ist, wenn die technischen Zeichner (shop drawer) das Risiko eingehen, digitale Dateien zu erstellen und die Verantwortung für die digitale Koordination vom Planer bis hin zu den

Produktionsmaschinen übernehmen. Diese Dienstleister sind der Motor des Projekts, denn wenn es erfolgreich ist, können sie sich dadurch von anderen auf dem Markt abheben. Ihr klares wirtschaftliches Interesse veranlasst sie dazu, nicht nur als Motor des Projekts zu fungieren, sondern alle Schlüsselrollen zu übernehmen, damit das Projekt verwirklicht werden kann.

Im Laufe seiner Fallstudien beobachtete Paolo Tombesi, dass bestimmte soziale Konfigurationen Neuheiten wie die digitale Fertigung begünstigen, während andere Interaktionsmuster die Innovation bremsen, einschränken oder gar vereiteln. Der Forscher stellte eine Korrelation zwischen der Machtaufteilung unter den Akteuren und der Umsetzung einer Innovation fest. „Die Innovation kann dann umgesetzt werden, wenn sie den handlungsfähigen Personen Vorteile bringt.“ bemerkt Paolo Tombesi.

# Komfort versus Gebäudetechnologie? Die künftigen Nutzer mit einbeziehen!

INNENANSICHT DER SOLARANLAGEN DES ENERGY INSTITUTS



© Alain Herzog

## Projekttitlel

## THE4BEES - Transnational Holistic Ecosystem 4 Better Energy Efficiency through Social innovation

Beginn	2016
Ende	2018
Projektleiter	Jean-Philippe Bacher
Beteiligte Forschungsteams	Institut ENERGY + Teilnehmer der Co-Kreations Workshops
Beteiligte Forscher	Jean-Philippe Bacher, Damien Vionnet, Harold Brühlhart, Martin Boesinger
Beteiligte Unternehmen	Lutz Architectes, Climate Services, Cluster énergie & bâtiment

## Der Energieverbrauch der einzelnen Nutzer eines Gebäudes kann überraschend unterschiedlich sein. Und auch der Vergleich des Energieverbrauchs verschiedener Gebäude weist grosse Unterschiede auf. Sind diese Unterschiede auf die Gebäude oder auf ihre Nutzer zurückzuführen?

Wird mehr Energie von den Gebäuden oder von ihren Nutzern verbraucht? Ein europäisches Projekt, an dem sich die Schweiz beteiligt, stellt die Bewohner eines Gebäudes in den Mittelpunkt und ermutigt sie dazu, ihr Verhalten zu überdenken, um ihren Energieverbrauch einzuschränken. Das Projekt THE4BEES umfasst sieben Pilotstandorte in Europa. Die Blaue Halle, in der das smart living lab vorläufig untergebracht ist, gehört zu diesen Teststandorten. Eine aktuelle Strategie zielt darauf ab, durch die Automatisierung von Gebäuden Energie zu sparen. Die Blaue Halle ist da keine Ausnahme. Allerdings wurde beobachtet, dass Nutzer, denen man die Kontrolle über die Bedienung von Lichtschaltern und Fensteröffnungen entzieht, alternative Strategien entwickeln, um den Komfortverlust auszugleichen, die manchmal schädlicher sind, als wenn sie direkt selbständig die Temperatur regulieren und die Fenster öffnen könnten... Was wäre, wenn die Nutzer selbst mitentscheiden könnten, bevor das Gebäude gebaut wird?

### Ein einmaliger Kooperationsprozess

Das Projekt THE4BEES wählte einen partizipativen Ansatz, um mehr über die Praktiken und Bedürfnisse der Nutzer zu erfahren: Die Nutzer eines bestehenden oder künftigen Gebäudes sollen „erforscht“ werden.

**Da das smart living lab sein eigenes Gebäude errichten wird und die meisten Mitarbeiter und Forscher bereits angestellt sind, bot sich die einmalige Chance, eine Grosszahl der künftigen Gebäudebewohner vor Baubeginn vereint zu haben.**, erzählt Jean-Philippe Bacher, Professor an der HEIA-FR und Leiter des ENERGY Instituts, das am smart living lab mitwirkt.

Als Verantwortlicher des Schweizer Projekts rief er mehrere Mitglieder des smart living lab zu einem Gespräch über mögliche Verbesserungen an den aktuellen aber provisorischen Räumlichkeiten (die Blaue Halle, Pilotstandort) und über das künftige Gebäude, das smart living building, zusammen. Es hat viele Vorteile, bereits in den ersten Phasen der Gebäudeplanung die künftigen Nutzer mit einzubinden. „Die Betroffenen können ihre Bedürfnisse darlegen, über ihr Konsumverhalten nachdenken und ihre Wünsche bezüglich des künftigen Gebäudes äussern. Ausserdem kann man von ihnen viel über gute und schlechte Praktiken im Bereich der Architektur lernen, denn sie haben sie selbst erlebt!“

### Massgefertigte Tools entwickeln

Ein solch partizipativer Ansatz hilft uns zu verstehen, warum die Nutzer manchmal zu viel Energie verbrauchen (z.B.: keine natürliche Lüftung, weshalb das Fenster ständig offen ist, während die Heizung auf Hochtouren läuft), aber auch gemeinsam darüber nachzudenken, wie der Konsum reguliert werden kann. Dank der Digitalisierung ist es möglich, den Verbrauch jedes Nutzers in Echtzeit zu erfahren. „Verschiedene Forschungen zeigten, dass die unmittelbare Kenntnis über den eigenen Energieverbrauch über längere Zeit gesehen wenig Vorteile bringt. Daher baten wir die Nutzer sich mit uns zusammen Tools auszudenken, die sie dazu anhalten könnten, ihren Konsum zu optimieren.“, erklärt Jean-Philippe Bacher. Licht, Farben, Geräusche und die Art der Interaktion zwischen Mensch und Maschine werden untersucht, um auf konstruktive Art Alarm

zu schlagen. Messstab, Zähler, Vergleiche, Herausforderungen und Teamwettbewerbe stehen auf dem Programm. Darüber hinaus hat dieser partizipative Ansatz den Vorteil, dass die Tools, die sich die künftigen Nutzer ausgedacht haben, sicher problemlos akzeptiert werden. Und dass „die Nutzer, die sie entworfen haben, in technischer Hinsicht leicht damit umgehen können, denn die Technologie macht vielen Angst!“ erklärt Jean-Philippe Bacher. Wenn die Idee für die Tools entstanden ist, werden sie entwickelt und von den Nutzern getestet. Nach dieser Testphase können sie noch verbessert und schliesslich validiert werden. Die Wirkung der digitalen Tools auf die Verhaltensweisen wird gemessen und ausgewertet. Diese Daten dienen der staatlichen Politik als Orientierungshilfe, zumal die Ergebnisse der verschiedenen Standorte miteinander verglichen werden. „Ein schlecht geplantes Gebäude führt zu einem überhöhten Energieverbrauch, selbst wenn die Nutzer guten Willens sind und insbesondere, wenn ihr Wohlbefinden auf dem Spiel steht. Obwohl das bis Dezember 2018 angesetzte Projekt noch lange nicht abgeschlossen ist, sind wir bereits jetzt davon überzeugt, dass die Technologie nicht Vorrang vor dem Nutzerkomfort haben sollte. Vielmehr sollte sie den Nutzern dabei helfen, die Kontrolle über ihre Umwelt und ihren Energieverbrauch zu haben.“, meint Jean-Philippe Bacher.

# Architektonische Qualität und gemeinsame Erstellung von Gebäuden

PROFESSOR FLORINEL RADU BEI SEINER KONFERENZ IM RAHMEN DER SMART LIVING TALKS



© Alain Herzog

## Projekttitlel

## Architektonische Qualität und Gebäudebauprozesse

Beginn

2015

Ende

2016

Projektleiter

Florinel Radu

Beteiligtes Forschungsteam

Institut TRANSFORM

Beteiligte Forscher / Innen

Chantal Dräyer, François Esquivié, Yingying Jiang

## **Die Qualität der Architektur ist ein facettenreiches Prinzip, das die Nutzer bei der Gebäudeplanung in den Mittelpunkt der Überlegungen stellt. Diese Perspektive ermöglicht neue Ansätze für den Prozess der Gebäudefertigung.**

Das Konzept der architektonischen Qualität eines Gebäudes bedeutet, dass die Nutzer in den Vordergrund der künftigen Gebäude gerückt werden. Es beinhaltet verschiedene Aspekte, wie Bau, Technik, Energie und Umwelt, das heisst all das, was mit dem Gebäude als physischem Objekt und mit seiner Leistung zu tun hat (Isolierung, passive Strategien, Lüftung, usw.). Die funktionelle Dimension – der Umlauf im und um das Gebäude, die Organisation und die Funktion der Räume sowie die individuelle Gestaltung der Räumlichkeiten in Anpassung an die künftigen Nutzer, die Dimension der Teams und der technischen Ausstattung - ist ebenfalls von grosser Bedeutung. Auch die Integration des Gebäudes in ein Stadtgefüge und in einen bestimmten klimatischen Kontext wird mit berücksichtigt. Die finanziellen Beschränkungen bei der Gebäudefertigung aber auch bei seinem Betrieb sind entscheidende Parameter. Und schliesslich sind die ästhetischen Dimensionen wichtig (alles, was wahrnehmbar ist und dem Gebäude eine Stimmung verleiht, vom Licht bis zu den verwendeten Materialien).

**„All diese Dimensionen sind unabhängig und vielleicht sogar widersprüchlich, und genau an der Stelle muss man den richtigen Kompromiss finden,“ erklärt Florinel Radu, Professor an der HEIA-FR und Leiter des TRANSFORM-Instituts, das sich am smart living lab beteiligt.**

### **Die Nutzer an erster Stelle**

Ein Grossteil oder gar die Gesamtheit der Aspekte, die das Konzept der architektonischen Qualität umfasst, wirkt sich auf die Nutzer aus. Die Subjektivität spielt eine grosse Rolle, da die Vorstellungen der Nutzer, ihre Wertesysteme und ihre persönlichen Empfindungen mit einbezogen werden. Florinel Radu notierte die verschiedenen Protagonisten, ihre Interessen und Einschränkungen in Bezug auf ein Bauprojekt, in diesem Fall das künftige smart living building des smart living lab, um das Wohlbefinden der Mehrheit der Nutzer sicherzustellen und zumutbare Kompromisse für die anderen zu finden. Dieser Schritt ist wichtig, um ein Verfahren zu erarbeiten, das zu einem gelungenen Kompromiss zwischen einer Vielzahl von Akteuren und den zahlreichen Herausforderungen beim Bau eines modernen und architektonisch hochwertigen Gebäudes führt. „Ziel des Projekts ist es, einen idealen Ablauf zu skizzieren (Formulierung der Zielsetzungen, zeitliche Einteilung, Identifizieren der Methodik, Tools, Akteure und Ressourcen), von der Planung bis zum Bau des smart living building und einschliesslich der anschliessenden Betriebsphase,“ sagt Florinel Radu.

### **Gestaltung einer idealen Zusammenarbeit**

Es zeigte sich schnell, dass die Kommunikation und die Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure auf allen Ebenen die grösste Herausforderung beim Bau eines Gebäudes darstellt, bei dem maximal viele Interessen und Beschränkungen zu berücksichtigen sind.

Im klassischen Fall wird das Gebäudeprojekt ausgeschrieben. Man definiert vorab ein Pflichtenheft, und die konkurrierenden Teams arbeiten jeweils für sich, ohne sich über die Ausschreibung auszutauschen. Florinel Radu und sein Team dachten sich einen neuen Gestaltungsprozess aus. Sie hatten die Idee, dass das Pflichtenheft, das den Start des Arbeitsverfahrens begleitet, interaktiv sein könnte. Auf diese Weise könnten die beteiligten Teams und die künftigen Nutzer Verbesserungsvorschläge machen. Ausserdem würden die Teams nicht gegeneinander sondern eher miteinander arbeiten. Dann gäbe es einige Treffen und Plenarsitzungen, bei denen die Projekte bewertet würden, bevor die endgültige Entscheidung gefällt würde.

Während des Wettbewerbs stünden die Forscher des smart living lab den Teams durchweg für einen Austausch zur Verfügung. Das ausgewählte Projekt wäre das Ergebnis kollektiver Intelligenz. „Es ist ein grossangelegter gemeinsamer Gestaltungsprozess. Wir haben sehr hohe Erwartungen an das smart living building. Das bedeutet, dass wir auch unsere Arbeitsmethoden innovativer gestalten müssen, um diesen Anforderungen gerecht werden zu können!“, folgert Florinel Radu.

# Künftige Auswirkungen der Verbraucher-Erzeuger auf das Stromnetz

PROFESSOR STEPHANIE TEUFEL BEI IHRER KONFERENZ IM RAHMEN DER SMART LIVING TALKS



© Alain Herzog

**Projekttitlel**

**Handling the Crowd: An Explorative Study on the Implications of Prosumer-Consumer Communities on the Value Creation in the future Electricity Network**

Beginn	2014
Ende	In Bearbeitung
Projektleiter	Stephanie Teufel
Beteiligtes Forschungsteam	iimt
Beteiligte Forscher	Mario Gstrein, Stephanie Teufel
Referenzpublikationen zum Projekt	Handling the Crowd: An Explorative Study on the Implications of Prosumer-Consumer Communities on the Value Creation in the future Electricity Network

## In naher Zukunft werden viel mehr Menschen unter anderem dank der Nutzung von Solarpanels ihre eigene Energie produzieren und dadurch zu „Prosumern“ werden. Der aus dieser Produktion gewonnene Überschuss kann gespeichert, getauscht oder verkauft werden. Wie wird also der neue Energiemarkt aussehen?

«Handling the Crowd: An Explorative Study on the Implications of Prosumer-Consumer Communities on the Value Creation in the future Electricity Network», so lautet der Titel der Doktorarbeit von Mario Gstrein. Seine Forschung befasst sich mit realistischen Möglichkeiten: Was passiert, wenn die gesamte Energieproduktion aus lokalen und erneuerbaren Energiequellen kommt? Wenn sich die Bewohner eines Stadtviertels zusammenschließen und innerhalb ihrer Gemeinschaft Energie produzieren, speichern und tauschen? Dazu müssten neue Mikro-Netzwerke geschaffen und die Produktion vor Ort dezentralisiert werden. Die Dezentralisierung entspricht dem heutigen Zeitgeist und bietet verschiedene finanzielle und umweltpolitische Vorteile, indem sie zum Beispiel dazu beiträgt, die Transportwege zu verkürzen. Dieser Trend könnte sich auch auf die Energiebranche auswirken.

### Vor Ort gewonnene Energie verbrauchen

Was wäre, wenn jeder von uns seinen eigenen Energiebedarf teilweise oder vollständig decken könnte?

„Bei dieser Forschung wird der „Prosumer“-Standpunkt eingenommen (eine Kombination aus Produzent und Konsument). Das Besondere daran ist, dass das Kollektiv (crowd) im Mittelpunkt steht und dass man aufzeigen kann, dass eine solche Gemeinschaft tatsächlich funktioniert“, stellt Stephanie Teufel fest, Dissertationsbetreuerin und Professorin an der UNIFR sowie Direktorin des international institute of management in technology, das sich am smart living lab beteiligt.

Mario Gstrein ging diese Problematik mit multidisziplinären Methoden an. Mithilfe eines Online-Fragebogens erörtert er in seiner Doktorarbeit gesellschaftliche Fragen, wie den Wunsch, einem Energie produzierenden Kollektiv anzugehören, oder wie typische Entscheidungsabläufe beim Speichern und Teilen von Energie aussehen. Ausserdem untersucht er wirtschaftliche Aspekte, wie den Preis selbstproduzierter Energie und berechnet mithilfe einer Simulation das Produktionspotenzial einer Gemeinschaft in einem tatsächlich existierenden Stadtviertel.

### Eine Autonomie, welche die Konturen des traditionellen Vertriebsnetzes neu definiert.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Menschen zunehmend für Investitionen in Infrastrukturen interessieren, und sich nach und nach an die Idee gewöhnen, „Prosumer“ zu werden. Es scheint auch attraktiv zu sein, die Energie innerhalb einer Gemeinschaft zu produzieren, allerdings sollte sie gross genug sein, um eine gewisse Anonymität zu garantieren. Eine Gemeinschaft, die einen Häuserblock oder einen Vorort umfasst, könnte die Abhängigkeit von den Stromanbietern stark reduzieren, Einfluss auf die Produktionskette nehmen und sich in Übergangsphasen (wenn die Nachfrage weniger gross ist) selbst versorgen. Um die notwendigen Voraussetzungen für eine Autonomie zu erfüllen, muss die Gemeinschaft ihre Produktions- und Speicherkapazitäten erweitern und/oder auf weniger volatile Energieformen zurückgreifen, falls ihre finanziellen Möglichkeiten es zulassen.

Im Falle einer derartigen Autonomie könnten die Energieversorger als Backup fungieren und zu einer Art Versicherung werden, die den Versicherten im Bedarfsfall mit Elektrizität versorgt.

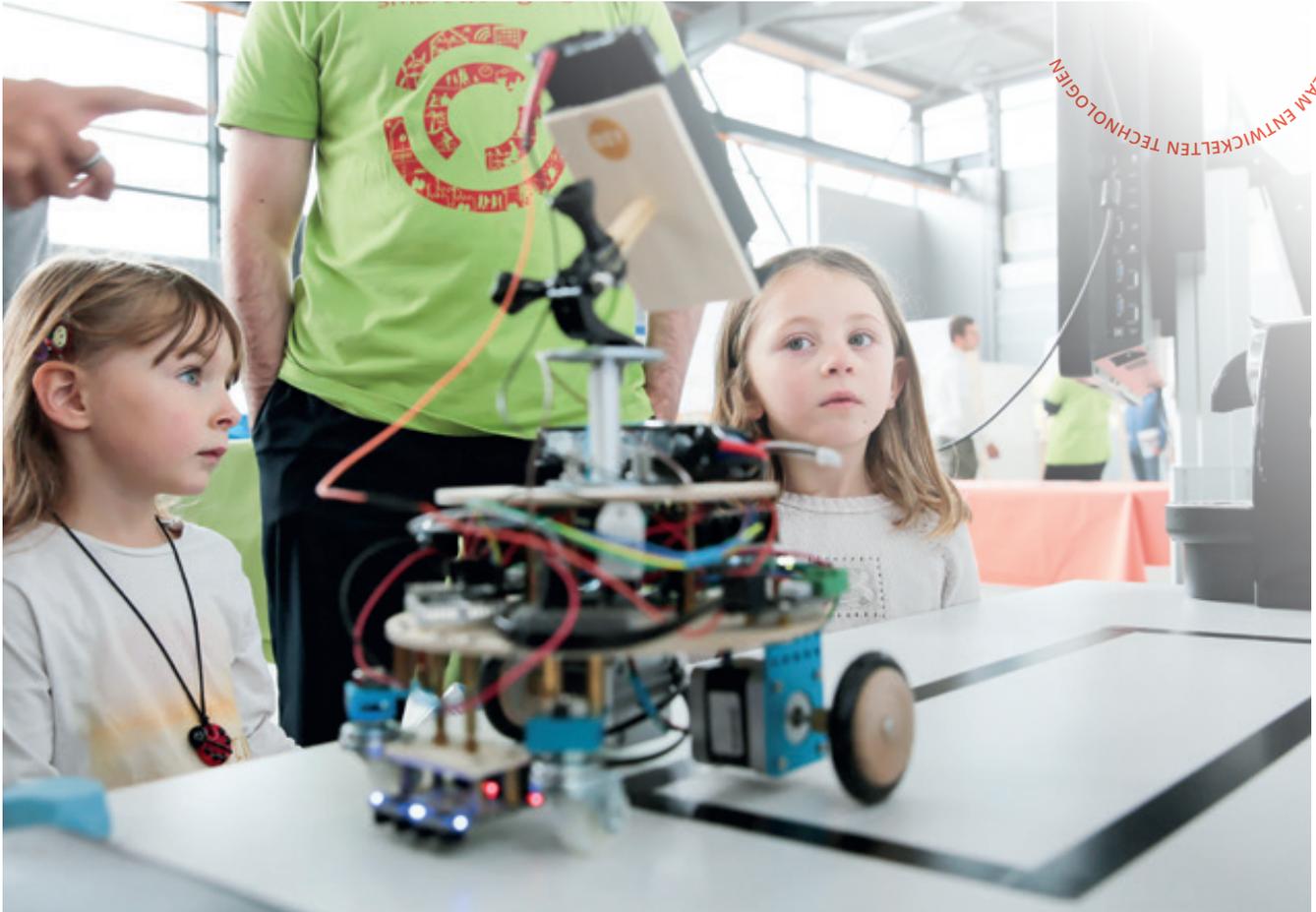
### Nicht nur Elektrizität sondern auch Werte teilen

„Wer eine solche Gemeinschaft bilden und pflegen möchte, braucht soziale Kompetenz, muss Entscheidungsabläufe gemeinsam festlegen, gegenseitiges Vertrauen schaffen und Engagement zeigen.“, schreibt Mario Gstrein. Seine Forschungen zeigen, dass eine Gemeinschaft einen Moralkodex braucht, an den sich alle halten und der zum Beispiel besagt, dass die selbstproduzierte Energie denselben Stellenwert haben muss wie die der anderen Mitglieder der Gemeinschaft. Ohne Transparenz ist eine Zusammenarbeit nicht möglich. Mario Gstrein fand durch eine Simulation in einem tatsächlich existierenden Stadtviertel ausserdem heraus, dass die meisten Interaktionen dann stattfinden, wenn der Produktions-Konsum-Quotient ausgeglichen ist, oder mit anderen Worten, wenn die meisten Möglichkeiten offen stehen (tauschen/speichern/verkaufen).

Generell gibt es zwei Gruppen von „Prosumern“, welche die Netzdynamik beeinflussen: die Anpassungsfähigen und die Nicht-Anpassungsfähigen. Nicht anpassungsfähige Personen gehen ungern ein Risiko ein und teilen ihre gespeicherte Energie nur, wenn die Sonne scheint. Die Gruppe der Anpassungsfähigen hingegen zeigt Mut zum Risiko, sobald die Meteorologen schönes Wetter ankündigen. Der Erfolg eines Kollektivs lässt sich nur an seiner Bereitschaft der Speicherung, der Steuerung und des Austausches messen. Wenn wir wissen, wie viel Energie produziert, gespeichert, getauscht und verkauft werden kann, bewegen wir uns hin zu einem Paradigmenwechsel. Die Energie bekommt einen neuen Wert, nicht nur finanziell, sondern auch in Bezug auf das persönliche Engagement jedes Einzelnen. Zudem wird der Energiekonsum optimiert. Eine der besten Möglichkeiten, die Bevölkerung für die Problematik zu sensibilisieren, ist ihnen die Verantwortung für ihre eigene Energieproduktion zu geben!“, sagt Stephanie Teufel.

# Die Interaktionen zwischen Mensch und Gebäude besser verstehen

BESUCHER STAUNEN ÜBER EINE DER VOM HUMAN-IST TEAM ENTWICKELTEN TECHNOLOGIEN



© Alain Herzog

## Projekttitle

## The Comfort Box / User Experience Study I

Beginn

2016

Ende

2016

Projektleiter

Denis Lalanne

Beteiligtes Forschungsteam

Human-IST

Beteiligte Forscher

Himanshu Verma, Hamed Alavi, Denis Lalanne

Referenzpublikationen zum Projekt

Himanshu Verma, Hamed Alavi, Denis Lalanne. "Studying Space Use: Bringing HCI Tools to Architectural Projects". Proceedings of ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, with Honorable Mention award (top 5% paper).

## Wie wird ein Gebäude genutzt? Wie empfinden die Bewohner ihren Komfort? Wie reagiert ihr Körper auf Umweltveränderungen? Wie kann der Dialog zwischen Mensch und Gebäude gefördert werden?

Im Rahmen des smart living lab versucht das Forschungszentrum Human-IST (Human Centered Interaction Science and Technology) besser zu verstehen, wie die Menschen in und mit Gebäuden interagieren. Auf der Basis dieses Wissens können Technologien entwickelt werden, die den Komfort und die Nutzungseffizienz der Gebäude verbessern und gleichzeitig ihre Energieleistung garantieren.

**„Wir entwickeln interaktive Tools, die es uns ermöglichen, die Bedürfnisse der Bewohner zu verstehen und sowohl ihren Komfort als auch die Gebäudeeffizienz zu verbessern.“, erklärt Denis Lalanne, Professor an der UNIFR und Leiter des Forschungszentrums Human-IST.**

Im Rahmen seiner Forschungsarbeiten zum Thema Komfort vertritt Human-IST die Hypothese, dass der Mensch allmähliche Veränderungen seines Komforts nicht wahrnimmt. Um ihre Hypothese zu belegen, entwickeln die Forscher Tools, mit denen sie den Komfort des Menschen und seiner Umwelt messen können. Ein solches Tool ist die „Comfort Box“, die patentiert wurde. Hamed Alavi, einer der Planer, erklärt, dass die Box die Luftqualität (Kohlendioxid), die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit, die Helligkeit und die Geräusche registriert. Diese Daten werden auf einem Bildschirm durch einen LED-Kreis angezeigt, der die Farbe wechselt, um anzuzeigen, dass die Bedingungen gut sind oder über der Norm liegen. Dieses Tool liefert nicht nur den Bewohnern in der Umgebung, sondern auch dem Gebäude selbst Informationen, anhand derer bestimmte Parameter angepasst werden können, um den Komfort der Nutzer zu erhöhen.

### Die Umgebungsbedingungen anpassen

Per Knopfdruck können die Bewohner ihre Vorlieben bei der „Comfort Box“ abrufen. Diese kann ausserdem mithilfe von Fragen einen Dialog anregen, wenn sich die Komfortbedingungen stark verändern. Dank der Techniken für maschinelles Lernen ist es heute möglich, Prognosen abzugeben und den Lebensraum individuell anzupassen. Beim nächsten Experiment geht es darum, drei verschiedene Arten von Komfort zu vergleichen: den gemessenen Komfort der Umgebung, den empfundenen Komfort der Bewohner und die physiologischen Werte, die bei den Bewohnern festgestellt werden: (Herzschlag, Schweissabsonderung und Hauttemperatur). „Wir versuchen den Zusammenhang zwischen diesen drei Arten von Komfort besser zu verstehen und so das Unwohlsein der Bewohner vorherzusagen“, ergänzt Denis Lalanne.

### Die Profile der Nutzer über die Wege, die sie zurücklegen, bestimmen

2016 führte das Forschungszentrum Human-IST ausserdem ein Experiment durch, bei dem 22 Freiwillige zwei Wochen lang mit Sensoren ausgestattete Armbänder trugen. Diese Sensoren kommunizierten mit Antennen in 12 Räumen des smart living lab, wo die Wege, die sie während ihres Arbeitstages zurücklegten, registriert wurden. „Um die Daten richtig auswerten zu können, nutzten wir Techniken zur Visualisierung und Data Mining.“. In einem weiteren Experiment wollen die Forscher Daten zum Umgebungskomfort erheben und sie den von den Bewohnern zurückgelegten Wegen gegenüberstellen. Im Zuge dieses neuen Experiments können die Aktivitäten der Bewohner und ihre Beziehung zum Komfort an verschiedenen Orten beobachtet werden.“, erklärt Denis Lalanne. Anhand der ersten Modellergebnisse identifizierten die Forscher des Teams, Himanshu Verma und Hamed Alavi, drei typische Bewohner-Profile:

- die «Kuriere», die sich regelmässig mit ihren Kollegen mündlich austauschen und häufig Kollegen empfangen. Diese Personen verbringen viel Zeit im Büro, treffen sich aber auch mit anderen an nahe gelegenen Orten.
- die «Mitarbeiter», das heisst Personen, die keine Routine haben, die häufig unterwegs und wenig im Büro sind. Sie haben viele Meetings in Konferenzräumen und nutzen die Cafeteria wenig.

- die «Arbeiter», die sich auf präzise Forschungsaktivitäten konzentrieren. Sie sind eher sesshaft, gehen öfter in die Cafeteria als die anderen, verlassen jedoch selten ihr Büro.

In der nächsten Testphase werden die Mikro-Interaktionen mit Infrarot-Sensoren beobachtet, wobei Ortsveränderungen zentimetergenau verfolgt werden können. Zwei Örtlichkeiten werden besonders gründlich untersucht: ein lauter Teamarbeitsbereich und ein Ruhebereich zum Lesen und individuellen Arbeiten. Die Zielsetzungen des Experiments, an dem sich auch die Teams EPFL Building 2050 und LASUR sowie das Atelier Oï beteiligen, sind vielfältig: die Bedürfnisse der Nutzer in Bezug auf die Räume besser verstehen, das Gebäude effektiver nutzen und die Zusammenarbeit fördern. „Diese neuen, präziseren Analysen helfen uns dabei, mehr auf die Bedürfnisse der Nutzer des smart living lab einzugehen und Räumlichkeiten anzubieten, die innovativ, komfortabel und energieeffizient sind.“, bemerkt Denis Lalanne.

# Rechtliche Aspekte der digitalen Modellierung von Bauwerken (BIM)



© Alain Herzog

## Projekttitlel

## Legal Aspects of Building Information Modeling

Beginn

2016

Ende

In Bearbeitung

Projektleiter

Martin Beyeler

Beteiligtes Forschungsteam

Institut für Baurecht

Beteiligter Forscher

Martin Beyeler

Referenzpublikationen zum Projekt

Beyeler, Martin, Rechtsfragen zu BIM in 19 Thesen, in: Jusletter 12. Dezember 2016 ([www.jusletter.ch](http://www.jusletter.ch))

## Mithilfe von Software kann jedes Gebäude von den Wänden bis zu den Türklinken modelliert werden. Die Möglichkeit, alle diese Informationen zusammenzustellen und so detailgenau wie nie zuvor zu analysieren, wirft eine Vielzahl juristischer Fragen auf.

BIM (Building Information Modelling) ist die Abkürzung für die neuen Computertechniken, die es ermöglichen, jedes beliebige, bereits gebaute oder künftige Bauwerk detailgenau und vollständig zu modellieren. Die Software ist heute nicht nur in der Lage, die Bauwerke mit allen ihren technischen Daten virtuell in drei Dimensionen abzubilden, sondern erlaubt auch die Darstellung verschiedener Ebenen (Fundament, Wände, Sanitäreinrichtungen, Stromkreislauf usw.) und einzelner Komponenten (von der Bedachung bis hin zu den Nägeln). Durch die Möglichkeit, eine Menge an Informationen zu registrieren und auszutauschen und auf einer einzigen gemeinsamen Plattform zu arbeiten, ergeben sich in verschiedenen Rechtsgebieten neue Fragen. Das Institut für Schweizerisches und internationales Baurecht an der Universität Freiburg hat die Absicht, diese Fragestellungen zu erforschen und erste Antworten zu geben.

### Alle Informationen sammeln

Die BIM-Methode wird in der Schweiz immer häufiger angewandt. Ursprünglich wurde sie von der Autoindustrie entwickelt, um künftige Fahrzeuge oder Maschinen zu simulieren. Seit etwa fünfzehn Jahren kommt die hochentwickelte Software in den USA bei der Planung, der Simulation und dem Test von Gebäuden zum Einsatz, von der Baustelle über die Betriebsphase bis hin zum Abriss. Sie bietet zahlreiche Vorteile: „Es mag überraschend erscheinen, doch viele Unstimmigkeiten treten erst dann auf, wenn der Bau in vollem Gange ist! Das liegt daran, dass beim Entwurf und bei der Planung eines Bauwerks verschiedene Experten mitwirken und dass es mit den traditionellen Instrumenten schwierig ist,

die verschiedenen Beiträge vollständig zu koordinieren. So bleiben oft einige Unvereinbarkeiten bestehen, die später teuer werden können.“, erklärt Martin Beyeler, Professor am Institut für Baurecht und am smart living lab. Mit der BIM-Methode hingegen können alle Informationen zu einem Projekt gebündelt, modelliert und analysiert werden, um kritische Punkte und Unvereinbarkeiten zu erkennen. Dadurch lässt es sich umfassender und verlässlicher planen. Ausserdem bietet die detaillierte Simulation der digitalen Modelle die Möglichkeit, andere Varianten ohne grossen Aufwand zu untersuchen, indem alternative Strategien und Komponenten getestet werden. Erst optimieren, dann umsetzen, so lautet das Motto dieser neuen Methode, bei der dank frühzeitiger Zusammenführung aller relevanter Informationen besser gelungene, nachhaltigere, effizientere und günstigere Lösungen gefunden werden können, was erhebliche positive Auswirkungen auf den Energiebereich und auf die Umwelt haben kann.

### Juristische Fragen im Brennpunkt

Die BIM-Methode bringt neue Praktiken und Abläufe mit sich, die die Juristen antizipieren wollen, um rechtliche Antworten auf mögliche Probleme und potentielle Streitpunkte geben zu können. Die Informatisierung eines Bauprojekts wirkt sich auf das Vertragsrecht aus

**„Das Vertragsgeflecht eines Bauprojekts ist ein wahrhaftiges Labyrinth bilateraler Verträge. Die BIM-Methode verlangt aber nach einer gewissen Vereinheitlichung aller Abläufe. Des weiteren verschwinden einige traditionelle Aufgaben der Akteure, andere ändern sich durch den Einsatz der Informatik, und wieder andere sind ganz neu, wie die Integration von Informationen auf einer gemeinsamen virtuellen Plattform. Diese Veränderungen werden sich vermutlich auf die Zuständigkeiten und auf die Frage der Vergütung auswirken.“, erklärt Martin Beyeler.**

Wer hat welchen Anspruch auf die in den BIM-Modellen zusammengetragenen Daten? Welche Informationen sollten vertraulich behandelt werden, und wie können solche Informationen vor Eindringlingen oder Hackern geschützt werden? Und wie kann verhindert werden, dass eine Innovationen kopiert oder geklaut werden?

### Eine BIM-Baubewilligung?

Derzeit ist die Gesetzeslage so, dass zweidimensionale Pläne auf Papier (oder als Computerdatei) vorgelegt werden müssen, um eine Baubewilligung zu erhalten. „Baugesuche, die in Form eines BIM-Modells eingereicht würden, könnten das Verfahren jedoch enorm beschleunigen. Das BIM-Modell würde die Konformitätsprüfung des Projekts erleichtern und eine präzisere Auswertung ermöglichen. Die Bearbeitung der Gesuche könnte so beschleunigt werden!“, erklärt Martin Beyeler. Das ist heute noch nicht möglich, da zuerst die Gesetzgebung angepasst werden muss. Dabei müssen nicht nur Form und Inhalt der einzureichenden Modelle behandelt werden, sondern auch die öffentliche Auflage und Fragen des Datenschutzes, „denn im Vergleich zu Plänen auf Papier kann ein digitales Modell viel mehr Informationen beinhalten, die leicht kopiert und offengelegt werden können.“

### Auch der Staat ist betroffen

Der Forscher kommt zum Schluss, dass der Staat trotz der Bindungen des öffentlichen Vergaberechts ebenso wie Privatpersonen berechtigt ist, in seinen Projekten (und während des Ausschreibungsverfahrens) die BIM-Methode zu verwenden. Aufgrund des Diskriminierungsverbots darf der Staat allerdings nicht ohne triftigen Grund eine bestimmte Software vorschreiben, da dies die Wirtschaftsakteure, die mit einer anderen Software arbeiten, benachteiligen würde. Ein ähnliches Risiko der Diskriminierung entsteht, wenn ein Bauprojekt mit einem BIM-Modell ausgeschrieben wird, das bereits Elemente enthält, die bestimmten Produkten entsprechen. „Dies ist nach dem öffentlichen Vergaberecht verboten.“, bemerkt Martin Beyeler.

# Entwicklung und Beteiligung an nationalen und internationalen Projekten

## Solar Decathlon

**Der Solar Decathlon ist ein Hochschulwettbewerb, bei dem Studierende in Teamarbeit ein hochleistungsfähiges und voll funktionsfähiges Haus planen und bauen, dessen einzige Energiequelle die Sonne ist.**

2017 fliegen die Studierenden der EPFL, der HEIA-FR, der Haute Ecole d'art et de design de Genève (HEAD / HES-SO) und der UNIFR nach Denver (Vereinigte Staaten), wo ihr Gebäude ausgestellt wird, bevor es wieder nach Freiburg zurückkommt.

Diese Herausforderung steht im Zusammenhang mit der Problematik des Landschaftsschutzes und des Schutzes der landwirtschaftlichen Nutzflächen durch eine vernünftige Raumnutzung (LAT), im Zuge derer Lösungen zur Verdichtung

im suburbanen Raum gefunden werden müssen. Aus diesem Grund bezieht sich das Projekt hauptsächlich auf den suburbanen Kontext (Ein- und Mehrfamilienhäuser, Industrie), wo es Veränderungsprozesse anstossen soll. Aufgabe des Projekts soll es sein, mit neuen Gemeinschafts- und Dienstleistungsräumen eine lokale und kollektive Dynamik zu fördern aber auch ein anderes Konsum- und Mobilitätsverhalten zu verbreiten.

[www.solardecathlon2017.ch](http://www.solardecathlon2017.ch)

## Zusammenarbeit mit NEST (EMPA)

**Die Forschungsplattform EMPA «NEST-Next Evolution in Sustainable Building Technologies» in Dübendorf ermöglicht den Test der Innovationen der Wissenschaftler in Echtgrösse, um innovative Produkte und Konzepte in der Baubranche schnell auf den Markt zu bringen.**

In der SolAce Unit untersuchen die Forscher der EPFL und der HEIA-FR in Zusammenarbeit mit dem Architektenbüro Lutz Associés die Thematik des Lichts. Die Fassade dieser Unit wird mit Technologien ausgestattet, die die Energieeffizienz und den Komfort verbessern. Neben der Energiegewinnung durch Solarzellen und fothermische

Zellen konzentriert sich ihre Forschungsarbeit auf die Verbesserung des Komforts in den Innenräumen durch die Kontrolle des Tageslichtes und anderer aktiver Fassadenelemente. Die Unit wird einen Wohn- und Arbeitsbereich für zwei Personen beherbergen.

DIE STUDIERENDEN DES SOLAR DECAHLION PROJEKTS BEI DEN SMART LIVING TALKS



# Werbeaktivitäten des smart living lab

## Events 2016

Das smart living lab organisierte 2016 die folgenden Events:

---

**07.10.2016** smart living days der Öffnung

---

**07.10.2016** **smart living talks**  
Bei den anschliessenden Konferenzen ging es zum einen um das Gebäude, in dem die Aktivitäten des smart living lab in Zukunft untergebracht werden sollen, zum anderen um inspirierende Beispiele nachhaltiger Architektur sowie eine erfolgreiche, partizipative und interdisziplinäre Methodik für den Entwurf komplexer Projekte. Die «crowd energy», das heisst die potenzielle Möglichkeit, seine eigene Energie zu produzieren, auszutauschen und zu verkaufen, stand ebenfalls auf der Tagesordnung.

---

**08.10.2016** **smart living lab's Tag der offenen Türe**  
Das Publikum konnte Vorführungen erleben. Die Forscher des smart living lab boten verschiedene Aktivitäten an, bei denen gezeigt wurde, wie man mit Leistungsmessern misst, wie viel Energie Haushaltsgeräte verbrauchen, wie man als Nutzer eines Gebäudes seinen Kohlenstoff-Fussabdruck reduzieren oder die Wärmebilanz eines Wohngebäudes durch eine Stimulation mit einer Wasserfontäne bestimmen kann.

---

**08.10.2016** **Ende der smart living days**

---

**05-06.10.2016** **Building 2050: International Workshop**  
Zwanzig Experten aus aller Welt mit akademischem und wirtschaftlichem Hintergrund sowie fünfzehn Mitglieder des smart living lab trafen sich in Gruyères zu Forschungsarbeiten, auf deren Grundlage das smart living Gebäude entstehen soll.

---

**22.02.2016** **Kick-off Teilnahme Solar Decathlon**

---

Die smart living lunches wurden 2015 gestartet und richten sich an die smart living Gemeinschaft. Folgende Tagungen fanden 2016 statt:

---

**08.11.2016** - The Solar Decathlon architectural challenges  
- Energetic Refurbishment - a global approach for the building envelope

---

**06.09.2016** - Stronger Buildings with Less Resources and Waste  
- Principles, values, propositions: The ideas behind FAR, the new ENAC laboratory for construction and architecture

---

**07.06.2016** - The Urban project reloaded: towards new links between actors, processes and time frameworks - Invisible architecture

---

**05.04.2016** - Building Information Modeling (BIM): Defining the Legal Issues  
- Tiny House Movement for Switzerland?

---

**01.03.2016** - New tools for assessing solar access in urban master planning  
- The Swiss Living Challenge project for the Solar Decathlon competition 2017

---

**02.02.2016** - Smart windows / Smart algorithms for improved visual comfort and energy savings in buildings  
- Future users of the smart living building: results of an online survey



© Alain Herzog

EINE GRUPPE VON EXPERTEN BEI DEN SMART LIVING TALKS

**Die smart living lunches starteten 2015 und richten sich an die smart living Gemeinschaft. Folgende Treffen fanden 2016 statt:**

<b>02.12.2016</b>	Westschweizer Regierungskonferenz (CGSO)
<b>23.11.2016</b>	Freiburger Abordnung in den Eidgenössischen Räten
<b>05-06.11.2016</b>	Open House event EPFL
<b>09.05.2016</b>	ENAC Research Day at EPFL
<b>03.05.2016</b>	HEIA-FR Research Day
<b>02.02.2016</b>	Greater Geneva Bern Area (GGBA) delegates

## Medienberichterstattung 2016

08.10.2016, <b>La Liberté</b>	« Découvrir les habitations du futur »
08.10.2016, <b>Freiburger Nachrichten</b>	« Startschuss für neue Blue-Factory-Plattform »
08.10.2016, <b>Le Temps</b>	« Un laboratoire fribourgeois se dédie à l'habitat du futur »
17.08.2016, <b>Le Nouvelliste</b>	« Vers un changement des pratiques de construction »
21.06.2016, <b>La Liberté</b>	« Il faut passer à la vitesse supérieure »
01.05.2016, <b>Propriété magazine</b>	« Accroître la durée de vie d'un bâtiment »

800 BESUCHER IM SMART LIVING LAB WÄHREND DER SMART LIVING DAYS 2016



# Finanzen

## Der konsolidierte Finanzbericht des smart living lab und der EPFL Freiburg

KCHF	AUSGABEN 2014-2015	AUSGABEN 2016	BUDGET 2014-2018	VERFÜGBAR AM 31.12.16
<b>Laufendes Betriebsbudget des smart living lab</b>				
BUILD Gruppe	0	0	750	750
Betriebskosten	345	322	1750	1083
<b>SUMME laufendes Budget smart living lab</b>	<b>345</b>	<b>322</b>	<b>2500</b>	<b>1833</b>
<b>Laufende Projekte und Demonstrationsprojekte</b>				
Solar Decathlon	0	200	800	600
Prototype Comeback	0	0	100	100
Andere Förderprojekte	0	0	667	667
<b>SUMME laufende Projekte und Demonstrationsprojekte</b>	<b>0</b>	<b>200</b>	<b>1567</b>	<b>1367</b>
<b>EPFL akademisch</b>				
Programmentwicklung	787	1428	3660	1445
Lehrstühle EPFL	0	1667	11333	9666
<b>SUMME EPFL akademisch</b>	<b>787</b>	<b>3095</b>	<b>14993</b>	<b>11111</b>
<b>SUMME EPFL Freiburg</b>	<b>1132</b>	<b>3617</b>	<b>19060</b>	<b>14311</b>
<b>Beteiligung akademischer Einrichtungen aus Freiburg</b>				
UNIFR	414	628	3060	2018
HEIA-F	276	898	4056	2882
<b>SUMME akademische Einrichtungen aus Fribourg</b>	<b>690</b>	<b>1526</b>	<b>7116</b>	<b>4900</b>
<b>SUMME PROJEKT SMART LIVING LAB 2014-</b>	<b>1822</b>	<b>5143</b>	<b>26176</b>	<b>19211</b>

# Anhang

## Liste von Forschungsprojekten (2016 – laufend). Only in English

<b>Active Interfaces</b>	Jean-Philippe Bacher	Building-integrated photovoltaic systems (BIPV) could be a high growth market with high impact for the economy and the Energiewende". A better understanding of the technology acceptance and of the needs of the market is required for the design of optimised solutions and to ensure efficient knowledge and technology transfer.	HEIA-FR ENERGY EPFL CSEM
<b>ArQua</b>	Florinel Radu	Conception of an ideal process for SLL building and definition of the first brief	HEIA-FR TRANSFORM EPFL Building 2050
<b>BBDATA</b>	Jean Hennebert, Jean-Philippe Bacher	Analysis and implementation of a scalable cloud platform for storing, accessing and processing the data history of a building (sensors and actuators status, metering ...).	HEIA-FR iCOSYS HEIA-FR ENERGY
<b>BEANS</b>	Yves Hertig, Stephanie Teufel	Behavioural Analysis for Network Sustainability.	UNIFR iimt
<b>BIM und Recht</b>	Martin Beyeler	Identification and investigation of legal issues raised through the application of the BIM methodology in the construction sector (in particular contractual, procurement, and public construction law).	UNIFR Institute for Swiss and international construction law
<b>Building Flexibility</b>	Yingying Jiang, Thomas Jusselme	Identification of users' needs. Space design and user-building interactivity study.	EPFL Building 2050
<b>CARBOR</b>	Lavinia Niederhäuser	The scope of synchronising a low-environmental-impact electricity supply and the building's electricity consumption is addressed in this experiment. The scope of the study is limited to the smart living building.	HEIA-FR ENERGY EPFL and UNIFR
<b>Carbon correlation experiment</b>	Didier Vuarnoz	Establishing a correlation between the building's electricity consumption and the low carbon energy supply.	EPFL Building 2050 HEIA-FR ENERGY UNIFR Human-IST
<b>CEISec</b>	Mohamad Aldabas, Dominic Feichtner, Stephanie Teufel, Bernd Teufel	Crowd Energy information security culture - security guidelines for smart environments.	UNIFR iimt

<b>CIMI</b>	Daia Zwicky, Elena-Lavinia Niederhäuser, Hans Büri	Use of an integrated design approach to hybrid construction elements, using a multi-objective assessment methodology.	HEIA-FR ITEC HEIA-FR ENERGY HEIA-FR TRANSFORM
<b>Climate Change Issues 2050</b>	Thomas Jusselme	Definition of the comfort requirement of the external context and the 2050 targets. Proposed solutions for the smart living building	EPFL Building 2050
<b>CO2 expert tool experiment</b>	Stefano Cozza, Thomas Jusselme	Creation of a CO2 expert tool prototype to better understand the design space and to demonstrate the potential of design efficiency by simplifying the inclusion of performance criteria in the design process.	EPFL Building 2050 EPFL ECAL Lab UNIFR Human-IST
<b>Comfort Box</b>	Hamed Alavi, Denis Lalanne	An interactive device that through making a dialogue with its users learn their preferences in terms of four dimensions of comfort: thermal, visual, acoustic, respiratory.	UNIFR Human-IST
<b>Crowd Energy</b>	Stephanie Teufel, Bernd Teufel	Identification of socio-economic motivation and regulatory measures as well as specific and sustainable funding policies supporting the crowd energy concept and with it the energy turnaround.	UNIFR iimt
<b>CUSO: People, Spaces and Technologies</b>	Hamed Alavi, Denis Lalanne	A seminar organized with internationally recognized lecturers in the field of human interactive experience in built environments.	UNIFR Human-IST
<b>DevEco</b>	Florinel Radu	The need to formulate proactive land policies to improve Fribourg's economic appeal is undermined by the lack of concrete tools for its facilitation.  The "Urban development : key condition for economic development » project aims to overcome this shortcoming by establishing a framework for urban development that will galvanize the economic growth in and around Fribourg	HEIA-FR TRANSFORM
<b>Digital fabrication technologies: Analyzing patterns of adoption and innovative transformations in architectural design and practice</b>	Paolo Tombesi, Bharat Dave	A comparative study between three buildings built using digital fabrication techniques on the relevance of the techniques used and on the achievement of the objectives.	EPFL FAR

<b>Disputes in Construction Law</b>	Arnold Rusch	Finding ways to prevent and solve disputes in construction law	UNIFR Institute for Swiss and international construction law
<b>EET-CEA</b>	Stephanie Teufel	JEST special section on energy efficient technologies – Crowd Energy applications.	UNIFR iimt University of Electronic Science and Technology of China
<b>Environmental performances</b>	Endrit Hoxha, Thomas Jusselme	Path to the 2000W society. Definition of the Life Cycle Assessment (LCA) methodology. Definition of an ideal project.	EPFL Building 2050
<b>eREN</b>	Stefanie Schwab	The eREN project led the developments on the building envelope based on a global and interdisciplinary approach seeking the optimal balance between energy efficiency, construction related aspects, building physics, cost-effectiveness, co-benefits and co-losses, and heritage value.	HEIA-FR TRANSFORM Hepia Genève HEIG-Vaud HES Valais
<b>eREN2</b>	Stefanie Schwab	This project is the continuation of the eREN research project. It is based on models and renovation scenarios of apartment buildings that are common in the Swiss-French part of the country that highlight the potential, but also the challenges, of the energetic renovation of the building envelope based on a building's characteristics.	HEIA-FR TRANSFORM HEIA-FR ITEC Hepia Genève
<b>Façade experimentation</b>	Arianna Brambilla	Definition of an optimum low-carbon façade in relation to users' perception of comfort according to different design choices.	EPFL SXL EPFL Building 2050 EPFL LIPID Lab EPFL LAST Lab
<b>Future of Human-Building Interaction Workshop</b>	Hamed Alavi, Julien Nembrini, Denis Lalanne	A workshop that invited experts from fields of architecture, HCI, and psychology to discuss the vision of future living.	UNIFR Human-IST Google US New Castle University
<b>IER-BAT</b>	Philippe Couty, Stefanie Schwab	Study of the integration of active solar components (thermal and photovoltaics) in a portfolio of existing buildings previously studied from an energy efficiency perspective	HEIA-FR ENERGY HEIA-FR TRANSFORM

<b>Indoor Localization</b>	Himanshu Verma, Nico Faerber, Denis Lalanne	Master thesis of Nico Faerber aimed at increasing the accuracy of indoor localization using Bluetooth Beacon technology.	UNIFR Human-IST UNIBE Sinus AG
<b>INNOfit</b>	Dominic Feichtner, Amber Singh, Stephanie Teufel	Study to evaluate the innovative fitness of Swiss power companies	UNIFR iimt
<b>Is your building disassemblable?</b>	Valeria Didonna, Corentin Fivet	Survey of chosen construction details according to their ability to be disassembled without destruction.	EPFL SXL
<b>J.C.Maxwell and the Geometry of Structures</b>	Corentin Fivet	Translation in modern terms of James Clerk Maxwell's seminal paper on Reciprocal Diagrams, 1872.	EPFL SXL MIT ETHZ SOM
<b>Jurad-Bat</b>	Joëlle Goyette	Develop a trans-border platform to promote the pooling and sharing of experience and competencies as well as training of professionals in the area of radon risk management, which particularly affects the trans-border region of the Jurassic Arc. The platform will serve as a decision-making tool.	HEIA-FR ENERGY
<b>MODD</b>	Florinel Radu	Creating sustainable neighborhoods often comes up against reduced acceptance of densification by the public. The MODD project seeks to develop a business process as well as tools and methods to design and evaluate such neighborhoods while considering social criteria.	HEIA-FR TRANSFORM
<b>ModSTOCK</b>	Lavinia Niederhäuser	The main objective of this project is to develop a tool to easily design, model, and optimize thermal storage for SMEs.	HEIA-FR ENERGY
<b>PerEn</b>	Florinel Radu	The applied research project PerEN seeks to develop a tool to reduce the observed discrepancy between the calculated energy efficiency of a building during the design phase and the actual energy efficiency measured during its exploitation.	HEIA-FR TRANSFORM
<b>PriSE</b>	Jovita Vasauskaite, Stephanie Teufel	Private households in smart environments.	UNIFR iimt

<b>R-Sur</b>	Joelle Goyette	The Air-SÛR project aims to demonstrate the feasibility and the value of a remote and continuous monitoring of the air-quality in a building that houses young children with the aim of ensuring a healthy indoor environment and optimal conditions for the health of its occupants.	HEIA-FR TRANSFORM
<b>SCSC</b>	Bettina Irnhauser, Stephanie Teufel, Bernd Teufel	Societal Cyber Security Culture.	UNIFR iimt
<b>Smart Mobility Mapping</b>	Jean-Frédéric Wagen, Werner Halter	Mobility has a major impact on the lifecycle assessment of a building according to the 2000W society standard. This project aims to develop a tool that enables to easily map the mobility of the occupants of a building and provide them with information and advice.	HEIA-FR MobySysCG, Swiss Climate SA
<b>SmartWall</b>	Jacques Robadey, Elena-Lavinia Niederhäuser	Exploring solutions to integrate phase-change materials (PCM) into an active (dynamic) climate control strategy	HEIA-FR ENERGY
<b>Streiterledigung im Bauwesen</b>	Martin Beyeler	Analysis of existing methods to deal with disputes and conflicts in the construction sector.	UNIFR Institute for Swiss and international construction law
<b>Structural Form-Finding from Reused Elements</b>	Jan Brütting, Corentin Fivet	Definition of algorithms for the topological optimization of structural systems made of prescribed elements.	EPFL SXL
<b>SVEN</b>	Mario Gstrein, Stephanie Teufel	Smart Value Energy Networks.	UNIFR iimt
<b>THE4BEES</b>	Jean-Philippe Bacher	THE4BEES focuses on the behavioural changes of users in public buildings needed to achieve reduction of energy consumption. Such changes will be originated by the use of innovative ICT applications developed by a transnational ecosystem. Those applications will be used by the target groups in the demonstration sites (schools, houses, factories) to encourage behavioural changes for energy efficiency and carbon footprint reduction.	HEIA-FR ENERGY 13 partners from IT, FR, DE, AU, SL
<b>Tiny House Movement</b>	Arnold Rusch	The reduction of the ecological footprint: Legal challenges of tiny houses and the mobility of single person households.	UNIFR Institute for Swiss and international construction law

<b>TransHabNat</b>	Florinel Radu	This project has shown that urban biodiversity goes hand-in-hand with the diversity of human habitats. It led to the development of an innovative tool to aid the design of projects that combine densification in peripheral urban zones with the improvement of the biodiversity. The tool contains a typology of forms of human-nature cohabitation, as well as a presentation of the interdisciplinary design process.	HEIA-FR TRANSFORM Hepia Genève
<b>User environment experiment</b>	Cédric Liardet, Thomas Jusselme	Definition of a strategy for the user environment based on user behavior as well as on the identification of indoor components/furniture according to their performances and impact on the comfort. Prototyping and experimental campaign research in the Blue Hall regarding the user's feedback.	EPFL Building 2050 UNIFR Human-IST EPFL LASUR Atelier OI
<b>User Experience Study I</b>	Himanshu Verma, Hamed Alavi, Denis Lalanne	Designing and conducting a user study to understand occupants' mobility and space usage behavior.	UNIFR Human-IST EPFL Building 2050 Atelier Oï EPFL LaSUR
<b>User Experience Study II</b>	Himanshu Verma, Hamed Alavi, Denis Lalanne	Defining policies for the re-design of office spaces within the Halle bleue based on the Human-Centered Design paradigm.	UNIFR Human-IST EPFL Building 2050 Atelier Oï EPFL LaSUR
<b>Visualizing the user in the building data</b>	Roberto Sanchez, Julien Nembrini, Denis Lalanne	Using real building management system data, the aim of this master project is to infer the presence and behaviour of users through visual analytics techniques.	UNIFR Human-IST
<b>Zero Waste Elastic Gridshell</b>	Sofia Colabella, Corentin Fivet	Design and Construction of an elastic gridshell from reclaimed material.	EPFL SXL

