



10 JAHRE STRAHLKRAFT  
JAHRESBERICHT 2024

## Impressum

### Konzept und Redaktion

Martin Gonzenbach  
Daniel Gonzalez

### Mit Beiträgen von

Marilyne Andersen  
Corentin Fivet  
Dolaana Khowalyg  
Dusan Licina  
Andrew Sonta  
Sergi Aguacil  
Justine Roman  
Sebastian Duque  
Jean-Philippe Bacher  
Violaine Coard  
Patrick Favre-Perrod  
Séréná Vanbutsele  
Fabienne Favre Boivin  
Hans-Georg Fill  
Sofia Martin Caba  
Denis Lalanne  
Martin Beyeler  
Bernard Ries

### Korrekturlesen

Martin Gonzenbach  
Daniel Gonzalez  
Violaine Coard  
Sofia Martin Caba  
Barbara Smith  
Véronica Cubarle

### Übersetzung

Transit TXT

### Grafik

Agence MiNT

### Bilder

Nicolas Brodard  
Agnès Collaud  
Thomas Delley  
Sebastian Duque  
Murielle Gerber  
Alain Herzog  
Simon Pracchinetti  
Justine Roman  
Alejandro Santa Cruz Paz  
STEMUTZ  
Julien Ston  
Artur Tumasjan  
Sonia Villegas

### Druck

Repro - Druckzentrum EPFL  
myClimate-Zertifizierung: Klimaneutrales Drucken  
© Smart Living Lab, 2025

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

# Inhaltsverzeichnis

<b>4</b>	Vorwort
<b>5</b>	Bilanz von Marilyne Andersen
<b>6</b>	Lenkungsausschuss
<b>7</b>	Leitungskomitee
<b>8</b>	Wissenschaftliche Kommission
<b>9</b>	Forschungszentrum für den zukünftigen Wohn- und Lebensraum
<b>10</b>	Forschungsgruppen
<b>12</b>	Rückblick 2014–2024
<b>14</b>	Building2050   BUILD   EPFL
<b>16</b>	Ein Pionierbau für die Zukunft
<b>18</b>	Erste Schritte beim Bau des Smart Living Lab-Gebäudes
<b>20</b>	Kooperation mit JPF: Interview mit Daniel Kolly
<b>21</b>	Partnerschaft mit Bluefactory: Interview mit Philippe Jemmely
<b>22</b>	Veranstaltungen
<b>26</b>	Zehn Erfolgsgeschichten des Smart Living Lab
<b>32</b>	EPFL – Eine Institution von Weltklasse, die Freiburg international bekannt macht
<b>34</b>	HTA-FR – Exzellenz in den Bereichen Ingenieurwesen und Architektur seit 1896
<b>36</b>	Unifr – Interdisziplinarität und Innovation
<b>38</b>	10 Jahre Smart Living Lab – Jubiläumsfeier
<b>40</b>	Institut für Architektur: Erbe, Konstruktion und Nutzer   TRANSFORM   HTA-FR
<b>42</b>	Institut für anwendungsorientierte Forschung Energiesysteme   ENERGY   HTA-FR
<b>44</b>	Structural Xploration Lab   SXL   EPFL
<b>46</b>	Institut für Schweizerisches und Internationales Baurecht   LAW   Unifr
<b>48</b>	Human-IST Institut   Unifr
<b>50</b>	Human-Oriented Built Environment Lab   HOBEL   EPFL
<b>52</b>	Laboratory of Integrated Comfort Engineering   ICE   EPFL
<b>54</b>	Institut für Bau- und Umwelttechnologien   iTEC   HTA-FR
<b>56</b>	Civil Engineering and Technology for Human Oriented Sustainability   ETHOS   EPFL
<b>58</b>	Gruppe Digitalization and Information Systems   DIGITS   Unifr
<b>60</b>	Gruppe Decision Support & Operations Research   DS&OR   Unifr
<b>62</b>	Kennzahlen

# Vorwort

## 2024: Zehn Jahre Strahlkraft bis zum Bau des Gebäudes

Im Jahr 2024 wurde das 10-jährige Jubiläum der Gründung des Smart Living Lab gefeiert. Am Anfang dieses Grossprojekts, das vom Kanton Freiburg, der EPFL, der Hochschule für Technik und Architektur und der Universität Freiburg getragen wird, standen eine Zukunftsvision für nachhaltiges Bauen, eine einzigartige Partnerschaft für die interdisziplinäre wissenschaftliche Forschung und der Wille, ein Industriegelände in ein Innovationsquartier mit einem hochmodernen Campus zu verwandeln, auf dem sich die EPFL in Freiburg ansiedelt und ein einzigartiges Demonstrationsgebäude errichtet werden sollte.

Der vorliegende Tätigkeitsbericht umfasst den Jahresbericht 2024 sowie einen Rückblick auf diese ersten zehn Jahre. Darin werden die wichtigsten Meilensteine der Entwicklung und die bedeutendsten gemeinsamen Errungenschaften der Mitglieder der drei akademischen Einrichtungen sowie die Arbeiten der einzelnen Labore und Institute vorgestellt, die ohne das Smart Living Lab nicht zustande gekommen wären.

Das Gebäude des Smart Living Lab ist ein zentrales Projekt, das es ermöglichen wird, experimentelle Forschungen unter realen Bedingungen in einem ganzen Gebäude und mit seinen Nutzerinnen und Nutzern durchzuführen. Die Planung dieses einzigartigen Gebäudes mit einer vorbildlichen CO<sub>2</sub>-Bilanz war Gegenstand zahlreicher Forschungsarbeiten, die im vorliegenden Bericht zusammengefasst werden. Die Planungsarbeiten konnten 2024 abgeschlossen werden, und 2025 konnte mit dem Bau begonnen werden; bis 2027 sollte das Gebäude fertiggestellt sein. Bis dahin finden die Forschungsaktivitäten in provisorischen Räumlichkeiten auf dem Bluefactory-Gelände statt.

2024 fand im Smart Living Lab auch eine wichtige Stabsübergabe statt. Der neue Leiter ist der belgische Architekt und Ingenieur Corentin Fivet. Er stiess 2016 vom MIT in Boston zur EPFL Freiburg und wurde zum Tenure-Track-Assistenzprofessor am Institut für Architektur der ENAC und als einer der ersten Professoren der EPFL für diesen neuen Campus ernannt. Professorin Marilyne Andersen, die das SLL während zehn Jahren geleitet hatte, wurde anlässlich der Feier zum 10-jährigen Jubiläums herzlich gedankt. Das Smart Living Lab wird sich weiterentwickeln und dem wissenschaftlichen und menschlichen Elan von Marilyne Andersen treu bleiben. Es wird durch Wissenschaft zur Bewältigung der wichtigsten Herausforderungen beitragen, vor denen die Menschheit in der Schweiz und in der ganzen Welt steht: eine hochwertige gebaute Umwelt für alle schaffen und gleichzeitig den Belastungsgrenzen unseres Planeten Rechnung tragen.



© Thomas Delley

### **Martin Gonzenbach**

operatorischer Direktor des Smart Living Lab und EPFL Freiburg

# Bilanz von Marilyne Andersen

## Das Smart Living Lab feiert zehn Jahre Innovation

Vor rund zehn Jahren wurde das Smart Living Lab (SLL) im März 2014 offiziell als Forschungs- und Innovationszentrum für eine nachhaltige Zukunft der gebauten Umwelt gegründet. Im SLL werden die komplementären Kompetenzen und Wissenschaftskulturen der EPFL, der Hochschule für Technik und Architektur (HTA-FR) und der Universität Freiburg (Unifr) vereint. Von Anfang an war es sein erklärtes Ziel, unsere Lebens- und Arbeitsweisen sowie Interaktionen mit unserer Umgebung zu überdenken und sich dabei auf die Energieeffizienz, den digitalen Wandel und das menschliche Wohlbefinden zu konzentrieren. In meiner Eigenschaft als Dekanin der Fakultät für Architektur, Bau- und Umweltingenieurwissenschaften (ENAC) der EPFL von 2013 bis 2018 und anschliessend als akademische Direktorin des Smart Living Lab bis 2024, als ich die Leitung an Prof. Corentin Fivet übergab, hatte ich das Privileg, die Entwicklung dieses einzigartigen Unterfangens voranzutreiben.

Das SLL ist im Freiburger Innovationsquartier Bluefactory auf dem ehemaligen Gelände der Cardinal-Brauerei ansässig. Es weist die einzigartige Besonderheit auf, dass das Versuchsgebäude, in dem es untergebracht werden sollte, erst noch entworfen werden musste. Dieses Gebäude sollte in Bezug auf Nachhaltigkeitsstandards Massstäbe setzen und im wahrsten Sinne des Wortes als Labor dienen. Es sollte auf einer ganzheitlichen Interpretation von nachhaltigen Lebens- und Arbeitsformen beruhen, und nicht nur auf bahnbrechenden technologischen Neuerungen oder ausgeklügelten Bedienelementen.

Mit dem SLL sollte ein doppeltes Ziel verfolgt werden: Es sollte sich zum einen als Forschungszentrum mit herausragenden akademischen Leistungsstandards etablieren und zum andern eine ausgeprägte Transdisziplinarität aufweisen. Neben den vier zwischen 2016 und 2018 angestellten brillanten EPFL-Professoren wurde eine Fachgruppe namens Building2050 gebildet. Ihre Aufgabe war es, gemeinsam mit allen Forschenden des Smart Living Lab die wissenschaftlichen Grundlagen zu entwickeln, um ein Versuchsgebäude nach dem neusten Stand der Technik zu entwerfen.

Um eine gemeinsame Dynamik zu erzeugen, initiierte und leitete ich ein gemeinschaftliches Projekt, an dem alle drei Institutionen des SLL beteiligt waren. Ihre Studierende nahmen am Wettbewerb «U.S. Solar Decathlon 2017» teil. Zusammen entwarfen und bauten sie das NeighborHub, ein solarbetriebenes Haus, das nicht nur autark, sondern auch gemeinschaftsorientiert ist. Das NeighborHub gewann in 8 von 10 Kategorien (u.a. mit in die Fassade integrierten Sonnenkollektoren, Wasserrückgewinnung und einem intelligenten Energiemanagement) und belegte insgesamt den ersten Platz. Heute steht es auf dem Bluefactory-Areal und dient als sozialer Treffpunkt und Bildungszentrum, in dem die lokalen Communities zu umweltschonenden Praktiken animiert werden.



© Thomas Delley

**Marilyne Andersen**

akademische Direktorin des Smart Living Lab  
(2014-2024)

Auf der Grundlage der Ergebnisse eines fünfjährigen, von der Gruppe Building2050 koordinierten Forschungsprogramms wurde im Jahr 2018 ein Design-Wettbewerb der besonderen Art lanciert: Multidisziplinäre Teams sollten nachhaltiges Bauen neu denken und dabei voneinander lernen. Der Schwerpunkt lag auf der Verringerung der CO<sub>2</sub>-Bilanz und anpassungsfähigen Räumen. Es wurden vier visionäre Vorschläge vorgelegt. Das Gewinnerprojekt, dessen Fertigstellung für 2027 geplant ist, wird hochmoderne Labore beherbergen, die alle die Prinzipien der Nachhaltigkeit verkörpern, jedoch unterschiedliche Schwerpunkte haben, die sich ergänzen.

Des Weiteren wurde das Projekt SWICE (2022-2029) lanciert, das vom SWEET-Programm des Bundesamts für Energie gefördert wird und an dem zehn akademische Institutionen und 30 Partner aus dem öffentlichen und privaten Sektor aus der ganzen Schweiz beteiligt sind. Sie erforschen, wie Lebensstile und Arbeitsgewohnheiten energiebewusster gestaltet werden können, indem die Veränderungen durch Pilotversuche in Living-Lab-Umgebungen für die Bevölkerung tragbar gemacht oder von ihr sogar begrüßt werden.

Das Smart Living Lab ist nicht nur ein Forschungszentrum, sondern auch eine Dynamik, die beweist, dass wohlüberlegte Innovationen harmonische und wirkungsvolle Lebensräume schaffen können. Auf die nächsten 10 Jahre, in denen Träume in die Wirklichkeit umgesetzt werden!

# Lenkungsausschuss

## Zusammensetzung im Jahr 2024

### Kanton Freiburg

**Olivier Curty**

Staatsrat, Volkswirtschafts- und Berufsbildungsdirektion,  
Ko-Präsident des  
Lenkungsausschusses

**Sylvie Bonvin-Sansonnen**

Staatsrat, Direktion für  
Bildung und kulturelle Angelegen-  
heiten

**Jerry Krattiger**

Direktor der Wirtschaftsförderung  
Kanton Freiburg, Volkswirtschafts- und Berufsbildungsdirektion

### EPFL

**Matthias Gäumann**

Vizepräsident für Betrieb,  
Ko-Präsident des  
Lenkungsausschusses

**Jan Hesthaven**

Vizepräsident für  
akademische  
Angelegenheiten

**Ursula Oesterle**

Vizepräsidentin  
für Innovation

**Katrien Beyer**

Dekanin der Fakultät für  
Architektur, Bau- und  
Umweltingenieurwissenschaften  
(ENAC)

### HTA-FR

**Jean-Nicolas Aeischer**

Direktor

### Unifr

**Katharina Fromm**

Rektorin

# Leitungskomitee

## EPFL

**Marilyne Andersen**

akademische Direktorin des Smart Living Lab, Ko-Präsidentin des Leitungskomitees  
bis zum 1. April 2024

**Corentin Fivet**

Leiter des Structural Xploration Lab (SXL), akademischer Direktor des Smart Living Lab,  
Ko-Präsident des Leitungskomitees  
ab dem 1. April 2024

**Dusan Licina**

Leiter des Human-Oriented Built Environment Lab (HOBEL)

**Martin Gonzenbach**

operativer Direktor der EPFL Freiburg und des Smart Living Lab,  
Ko-Präsident des Leitungskomitees

## HTA-FR

**Jean-Philippe Bacher**

Leiter des Smart Living Lab  
HTA-FR

## Unifr

**Hans-Georg Fill**

Leiter der Gruppe Digitalization and Information Systems Group (DIGITS),  
Leiter des Smart Living Lab Unifr

## Kanton Freiburg

**Jerry Krattiger**

Direktor der Wirtschaftsförderung  
Kanton Freiburg, Volkswirtschafts- und Berufsbildungsdirektion

# Wissenschaftliche Kommission

EPFL

**Marilyne Andersen**

akademische Direktorin des Smart Living Lab, Präsidentin der wissenschaftlichen Kommission  
bis zum 1. April 2024

**Corentin Fivet**

Leiter des Structural Xploration Lab (SXL), akademischer Direktor des Smart Living Lab, Präsident der wissenschaftlichen Kommission  
ab dem 1. April 2024

**Dusan Licina**

Leiter des Human-Oriented Built Environment Lab (HOBEL)

**Dolaana Khovalyg**

Leiterin des Integrated Comfort Engineering Lab (ICE)

**Andrew Sonta**

Leiter des Civil Engineering and Technology for Human-Oriented Sustainability Lab (ETHOS)

**Sergi Aguacil**

Leiter der Gruppe Building2050 (BUILD)

HTA-FR

**Jean-Philippe Bacher**

Leiter des Smart Living Lab HTA-FR

**Patrick Favre-Perrod**

Leiter des ENERGY Instituts

**Sérena Vanbutsele**

Leiterin des TRANSFORM Instituts

**Fabienne Favre Boivin**

Leiterin des iTEC Instituts

Unifr

**Hans-Georg Fill**

Leiter der Gruppe Digitalization and Information Systems (DIGITS), Leiter des Smart Living Lab Unifr

**Denis Lalanne**

Leiter des Human-IST Instituts

**Martin Beyeler**

Leiter der Gruppe LAW, Institut für Schweizerisches und Internationales Baurecht

**Bernard Ries**

Leiter der Gruppe Decision Support & Operations Research (DS&OR)

# Smart Living Lab

## Forschungszentrum für den zukünftigen Wohn- und Lebensraum

Das Smart Living Lab ist ein gemeinsames Projekt des Kantons Freiburg, der EPFL, der Hochschule für Technik und Architektur Freiburg und der Universität Freiburg. Die akademischen Partner beteiligen sich jeweils mit eigenen Mitteln, wobei sie vom Kanton eine besondere finanzielle Unterstützung erhalten.

Darüber hinaus stellt der Kanton Freiburg die Räumlichkeiten auf dem Bluefactory-Gelände zur Verfügung und finanziert den Bau des Smart Living Lab-Gebäudes. Das Smart Living Lab verfügt über ein jährliches Budget für Kommunikation und Veranstaltungen, das von den vier Partnern gespeist wird. Die strategische Führung des Smart Living Lab wird vom Lenkungsausschuss der drei Partnerorganisationen wahrgenommen. Die Umsetzung erfolgt durch das Leitungskomitee. Mitglieder der Wissenschaftlichen Kommission sind die Leiterinnen und Leiter der Forschungsgruppen des Smart Living Lab.

### Forschungsgebiete



#### Wohlbefinden und Verhalten



Verbesserung der Gesundheit und des Komforts der Nutzerinnen und Nutzer durch die Optimierung der Innenraumqualität und die positive Beeinflussung des Verhaltens.



#### Bautechnologien



Ressourceneffizienz evaluieren und Veränderungsprozesse im Bausektor beschleunigen.



#### Energiesysteme



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



#### Interaktionen und Designprozesse



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

# Forschungsgruppen



## PERSONALISIERTER KOMFORT

Integrated Comfort Engineering Lab (ICE)

**Prof. Dolaana Khovalyg**



## INNENRAUMLUFT

The Human-Oriented Built Environment Lab (HOBEL)

**Prof. Dusan Licina**



## HUMANE STÄDTE

Civil Engineering and Technology for Human-Oriented Sustainability Lab (ETHOS)

**Prof. Andrew Sonta**



## WIEDERVERWENDUNG

akademische Direktion des Smart Living Lab  
Structural Xploration Lab (SXL)

**Prof. Corentin Fivet**

**EPFL**



## INTERDISZIPLINARITÄT

Gruppe Building2050 (BUILD)

**Dr. Sergi Aguacil**



# Rückblick 2014-2024

## 2014

» Unterzeichnung der Vereinbarung zwischen der EPFL und dem Kanton Freiburg, um den assoziierten Campus EPFL Freiburg und das Smart Living Lab (SLL) zu gründen



© Kanton Freiburg

» Start des Forschungsprogramms «Building2050», das den künftigen Planungsteams des SLL-Gebäudes Lösungsansätze zur Erreichung der ehrgeizigen Nachhaltigkeitsziele liefern soll

## 2015

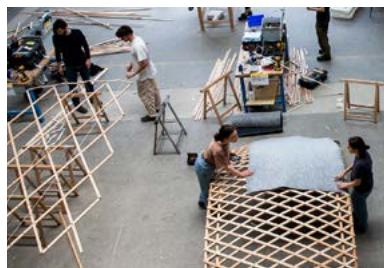
» Niederlassung des Smart Living Lab auf dem Bluefactory-Gelände mit dem Forschungsprogramm «Building2050» (Leitung: Thomas Jusselme) der EPFL, den Instituten ENERGY (Leitung: Jean-Philippe Bacher) und TRANSFORM (Leitung: Florinel Radu) der HTA-FR sowie den Instituten iimt (Leitung: Stephanie Teufel), Human-IST (Leitung: Denis Lalanne) und LAW (Leitung: Jean-Baptiste Zufferey mit Martin Beyeler für den Teil SLL) der Unifr



© Alain Herzog - EPFL

## 2016

» Gründung des Ateliers PopUp im Hinblick auf den Bau des Prototyps eines Solarhauses für den Wettbewerb Solar Decathlon. Seitdem dient es als Raum für die Realisierung von Gebäudekomponenten oder sogar ganzen Gebäuden im Rahmen von Lehre und Forschung



© dr

» Amtsantritt von Professor Paolo Tombesi, Leiter des Laboratory of Construction and Architecture (FAR) der EPFL

## 2017

» Amtsantritt von Professor Corentin Fivet, Leiter des Structural Xploration Lab (SXL) der EPFL

» Angliederung des Instituts für Bau- und Umwelttechnologien (iTEC) unter der Leitung des Professors Daia Zwicky

» Sieg eines Teams von 250 Studierenden und 150 Mitarbeitenden der drei Institutionen des Smart Living Lab und der HEAD HEAD: (Genfer Hochschule für Kunst und Design) beim Solar Decathlon in Denver (USA) mit dem NeighborHub



© Simon Pracchinetti

» Start von Big Building Data (BBData) mit dem Ziel, eine skalierbare Cloud-Plattform und Tools für die Speicherung und Verarbeitung der Daten des zukünftigen Gebäudes des Smart Living Lab zu entwickeln

## 2018

» Amtsantritt von Professor Dusan Licina, Leiter des Human-Oriented Built Environment Lab (HOBEL) der EPFL

» Neuer Auftrag der Gruppe Building2050 unter der Leitung von Sergi Aguacil Moreno

» Amtsantritt von Professorin Dolaana Khovalyg, Leiterin des Laboratory of Integrated Comfort Engineering (ICE) der EPFL

» Rückkehr des Neighborhub auf das Bluefactory-Gelände zur Belebung des Quartiers



© Stemutz

» Eröffnung der Messe Energissima mit SLL als Ehrengast (März 2018)

» Gründung des Start-up Enoki durch Teilnehmende des Solar Decathlon

## 2019

» Öffentliche Ausstellung der Arbeiten des einzigartigen kollaborativen Studienauftrags im Rahmen des Projekts des zukünftigen SLL-Gebäudes



© Murielle Gerber

## 2020

» Erste Ausgabe des Austauschprogramms ARC-HEST zwischen dem Smart Living Lab und südkoreanischen Universitäten. Nach einem Aufenthalt der Schweizer Studierenden in Südkorea im August 2019 reisen die Studierenden aus Südkorea im Februar 2020 nach Freiburg.



© dr

- » Erste Doktorarbeit am SLL. Neunzehn weitere werden folgen
- » Erste Veranstaltung Perspektiven für Freiburger Unternehmen am SLL

## 2021

- » Ernennung der Professorin Séréná Vanbutsele als Leiterin des Instituts TRANSFORM
- » Gründung von Aeternum, einem Startup, das ein Konstruktionssystem aus Platten für Gebäude entwickelt, die dank der im Smart Living Lab entwickelten kreislaufbasierten Technologien anpassbar und über mehrere Lebenszyklen hinweg wiederverwendbar sind
- » Der Prototyp-Pavillon DEMO-MI2 wird an mehreren Standorten in der Stadt Freiburg aufgestellt, um städtische Wärmeinseln zu bekämpfen



© dr

- » Das SLL wird Mitglied des europäischen Living-Lab-Netzwerks EnoLL

## 2022

» Amtsantritt von Andrew Sonta, Leiter des Labors Civil Engineering and Technology for Human-Oriented Sustainability (ETHOS) der EPFL (01.09.2022)

» Ernennung von Patrick Favre-Perrod als Leiter des Instituts ENERGY

» Angliederung der Gruppe Digitalization and Information Systems (DIGITS) unter der Leitung von Professor Hans-Georg Fill

» Start des vom Bundesamt für Energie (BFE) unterstützten und vom SLL koordinierten Programms SWICE. Ziel ist die Identifikation und Quantifizierung des Energieeinsparpotenzials sowie der Möglichkeiten zur Verbesserung der Lebensqualität, die sich aus neuen Lebens- und Arbeitsweisen, aus Verhaltensänderungen im Bereich Mobilität und aus verschiedenen Wirtschaftsmodellen ergeben können.



© Alain Herzog – EPFL

» Angliederung der Gruppe Decisions Support & Operations Research (DS&OR) unter der Leitung von Professor Bernard Ries

» Ausstellungen *Vivre Plus Mieux* und *Habiter Demain* im Smart Living Lab

## 2023

» Die internationale Tagung CISBAT wird erstmals vom Smart Living Lab organisiert und es nehmen fast 400 Personen daran teil



© Stemutz

» Ernennung von Fabienne Favre Boivin als Leiterin des Instituts iTEC

## 2024

» Corentin Fivet tritt die Nachfolge von Marilynne Andersen als akademischer Direktor des SLL an

» Bau des Fassadenprototyps des Pavillons STEP



© Alejandro Paz (EPFL PL-MTI)

» Erste Ausgabe des MISTI Workshop mit dem MIT Media Lab

# Die Gruppe Building2050



*«Gemeinsam mit meinem Team machen wir das Smart Living Lab zu einem Ort, an dem Forschung, Praxis und gesunder Menschenverstand aufeinandertreffen, um jede Phase des Projekts in eine wissenschaftliche und kollektive Erfahrung zu verwandeln und gemeinsam die Gebäude von morgen zu entwerfen.»*

**Sergi Aguacil Moreno**

Dr. Ing. Architekt, Leiter Forschungsgruppe Building2050 (EPFL)

Building2050 sorgt dafür, dass sämtliche Etappen des Lebenszyklus des Gebäudes des Smart Living Lab (SLL) vom Entwurf bis zum Betrieb innovativ und nachhaltig gestaltet werden. Die Hauptaufgabe der Forschungsgruppe ist es, die Kohärenz zwischen akademischer Forschung, architektonischer Gestaltung und technischer Umsetzung zu gewährleisten, um aus dem Gebäude ein echtes wissenschaftliches Instrument im Dienst der SLL-Gemeinschaft sowie der wissenschaftlichen und industriellen Partnerinnen und Partner, lokal und international, zu machen.

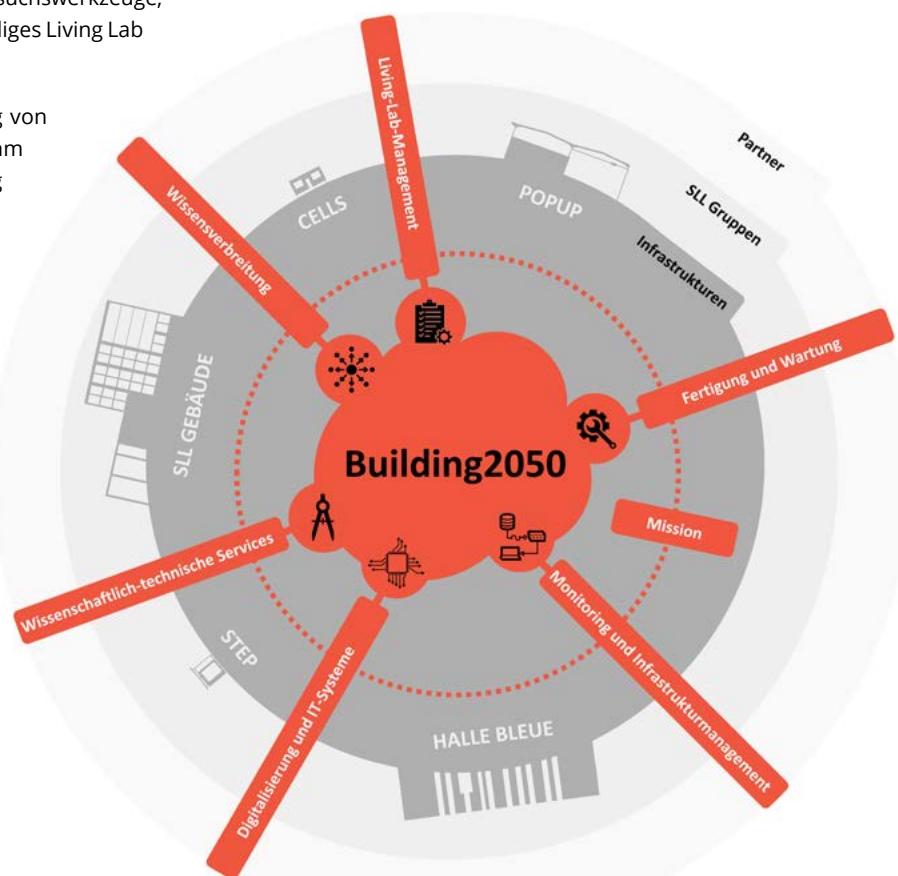
Die Gruppe spielt an der Schnittstelle zwischen Forschung, Technik und operativer Praxis eine zentrale Rolle für die Entwicklung des SLL. Sie koordiniert die interdisziplinäre Forschung, fördert den Wissenstransfer und entwirft Versuchswerzeuge, um die künftige Nutzung eines als eigenständiges Living Lab konzipierten Gebäudes zu antizipieren.

Die Gruppe, die erstmals unter der Leitung von Professor Thomas Jusselme stand, übernahm die anfängliche konzeptionelle Entwicklung des Gebäudes durch angewandte Forschungsprojekte, welche die drei Partnerinstitutionen EPFL, HTA-FR und Unifr zusammenbrachten.

Seit 2018 hat sich die Gruppe unter der Leitung von Sergi Aguacil (Dr. Ingenieur-Architekt) zu einer hybriden Einheit entwickelt, die sich dem Living Lab

Management widmet. In dieser Funktion schafft sie die Voraussetzungen, die es für die Durchführung von Experimenten unter realen Bedingungen braucht und koordiniert die wissenschaftlichen, technischen und strategischen Aspekte rund um das SLL-Gebäude.

Parallel dazu leistet sie mit Publikationen, Fachvorträgen und öffentlichen Veranstaltungen einen aktiven Beitrag zum internationalen wissenschaftlichen Ansehen, indem sie ihre Forschungsarbeiten zum Co-Design in der Architektur, zur Digitalisierung und zur Integration komplexer Ziele, wie etwa die Berücksichtigung eines CO<sub>2</sub>-Budgets bereits in den frühen Phasen des Projekts veröffentlicht. Das ganze Team unterstützt proaktiv und bereichsübergreifend Forschungsprojekte der SLL-Labore, insbesondere in den Bereichen Prototypenentwicklung, 3D-Modellierung und Erstellung von Förderanträgen.



## Begleitung der einzelnen Phasen des Smart Living Lab

Building2050 spielt bei der Entwicklung des Gebäudes des Smart Living Lab eine Schlüsselrolle, indem es seine Aktivitäten auf Leuchtturmprojekte ausrichtet. Diese Projekte begleiten die wichtigsten Phasen des Lebenszyklus des Gebäudes – vom Entwurf bis zum künftigen Betrieb – und veranschaulichen den integrierten, wissenschaftlichen und kollaborativen Ansatz der Forschungsgruppe.

### 1. Umsetzung der Forschungsanforderungen von der Vision bis zur Planung

Die Gruppe dient als Schnittstelle zwischen der Forschungsgemeinschaft und den Projektleitungsteams und soll die Forschungsanforderungen in konkrete, kohärente und in das Architekturprojekt integrierbare technische Anforderungen übertragen. Diese Vermittlung zwischen akademischer Sichtweise und den Gegebenheiten vor Ort führte zu einem strategischen Ergebnis: dem Pflichtenkatalog für die Forschung, der sicherstellen soll, dass die wissenschaftlichen Ansprüche des Smart Living Lab und die effektive Gestaltung des Gebäudes im Einklang stehen.

### 2. Gemeinsame Planung des Gebäudes mit den Akteuren vor Ort

Auf der Grundlage dieses Ansatzes leistet die Forschungsgruppe in enger Zusammenarbeit mit dem Bauherrn, den Architekten, Ingenieurinnen und künftigen Nutzenden einen aktiven Beitrag zur detaillierten Planung. Sie leitet thematische Workshops zu wichtigen Themen wie integrierte Photovoltaik, thermischer und visueller Komfort, digitale Modellierung und Simulation, Kreislaufwirtschaft von Baustoffen oder Monitoring von Performance und Luftqualität. Dieser Austausch ermöglicht es, die Ergebnisse wissenschaftlicher Studien direkt in die konzeptionellen Entscheidungen einfließen zu lassen, um das Gebäude zu einem entwicklungsfähigen und an die akademischen Bedürfnisse angepassten Werkzeug zu machen.

### 3. Vorbereitung des Betriebs des Gebäudes als Living Lab

Parallel dazu führt die Gruppe Vorhaben und Projekte der angewandten Forschung durch, um die künftige Infrastruktur des Gebäudes zu testen, die technischen Anforderungen zu verfeinern und seine Nutzung als wissenschaftliches Werkzeug zu antizipieren. Das Ziel ist klar: Das Smart Living Lab soll zu einer Umgebung für Versuche unter realen Bedingungen werden. Dieser faktenbasierte und in der Praxis verankerte Ansatz zielt darauf ab, Innovation, Leistung und Nachhaltigkeit bereits ab der Planungsphase zu berücksichtigen.

**Indem sie Planung, Co-Design und angewandte Forschung miteinander verbinden, sind alle Mitglieder der Gruppe Building2050 bestrebt, das Gebäude des Smart Living Lab zu einem lebendigen, einzigartigen wissenschaftlichen Werkzeug zu machen, das den Gegebenheiten vor Ort verpflichtet ist und einer Forschung dient, die auf eine nachhaltige Transformation ausgerichtet ist.**

## Leuchtturmprojekte

### REFLEX

» Open-Source-Visualisierungsplattform, die es ermöglicht, die Energie- und Umweltdaten der EPFL-Standorte Lausanne und Freiburg in Echtzeit zu verfolgen, um einen emissionsarmen Betrieb zu unterstützen.

### DARE – Data Assets for Research Experiments

» Strukturierung der digitalen Dienstleistungen des zukünftigen Gebäudes, indem die Interoperabilität der Tools und die Verwaltung der aus den Versuchen gewonnenen Daten verbessert werden. Es umfasst mehrere Module, die sich ergänzen:

- **APPLi**

verbindet Sensoren, Datenbanken und immersive Umgebungen, um Räume aus der Ferne zu visualisieren, zu analysieren und zu steuern.

- **SUIVI**

gewährleistet die digitale Überwachung der Baustelle dank eines kompletten Erfassungssystems (Drohnen, 360°-Kameras, Zeitrafferaufnahmen, virtuelle Besichtigungen).

- **HABLO**

misst die Nutzung der Räume und die Gradmesser für den Komfort im derzeit genutzten Gebäude Halle bleue.

### BIPV – Building Integrated Photovoltaics

» Begleitung der gebäudeintegrierten Photovoltaik dank erweiterter Simulationen, spezifischem wissenschaftlichem Fachwissen und enger Zusammenarbeit mit den Auftraggebern. Im Rahmen dieses Projekts wird auch STOCK<sub>H<sub>2</sub></sub> vorbereitet, ein saisonaler Speicher für Wasserstoff mit Kraft-Wärme-Kopplung. Diese künftige Versuchsanlage wird bereits in der Planungsphase berücksichtigt (Planung von Technikräumen, Sicherheit, Integration in die Systeme).

### STEP – Sustainable Technologies Experimentation Pavilion

» Plattform für Co-Design und Versuche im realen Massstab mit mehreren projektbezogenen Vorrichtungen, u.a. eine zerlegbare kreisförmige Fassade, die Nachbildung einer Photovoltaik-Pergola, eine Wetterstation und ein Netzwerk von Sensoren zur Datenerfassung.



Monitoring der Photovoltaik-Leistung am STEP-Pavillon  
© Alejandro Paz (EPFL PL-MTI)

# Ein Pionierbau für die Zukunft



© Behnisch Architekten

Das Gebäude des Smart Living Lab ist weit mehr als ein Gebäude: Auf rund 5000 m<sup>2</sup> bietet es eine Forschungsinfrastruktur für anspruchsvolle Studien zum menschlichen Wohlbefinden, zum Bioklima sowie zu ökologischen und energetischen Herausforderungen der gebauten Umwelt.

Das Gebäude, dessen Bau 2025 begonnen hat, ist das Ergebnis einer Zusammenarbeit zwischen Forschern der EPFL, der HTA-FR und der Unifr sowie dem Bauunternehmen, Architekten und Ingenieuren. Diese einzigartige Infrastruktur – fähig, sich an zukünftige Bedürfnisse anzupassen, um technologisch an der Spitze zu bleiben und Innovation zu unterstützen – wird flexible Räume bieten, die vollständig mit Messinstrumenten ausgestattet sind (mit Raum für zukünftige Erweiterungen), um die Auswirkungen von Experimenten unter realen Bedingungen zu bewerten.

Durch seinen Entwurfs- und Realisierungsprozess, der in Zusammenarbeit mit seinen zukünftigen Nutzern durchgeführt wurde, stellt das Gebäude schon heute eine internationale Referenz für angewandte Forschung im Realmaßstab dar und fördert den Wissenstransfer in das wirtschaftliche Gefüge des Kantons und darüber hinaus.

Bereits in den ersten Phasen wurde die Planung des SLL-Gebäudes vom Ziel geleitet, seinen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck über den gesamten Lebenszyklus hinweg zu minimieren. Die vorgeschlagene Methodik legte ambitionierte Ziele fest, ohne vordefinierte Lösungen aufzuzwingen. Das Gebäude strebt heute die Zertifizierungen Minergie-A-ECO und SNBS Gold an. In jeder Etappe zielten die Entscheidungen darauf ab, wissenschaftliche Innovation, Energieeffizienz und ökologische

Vorbildlichkeit miteinander zu verbinden, unter Berücksichtigung technischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen:

- » **CO<sub>2</sub>-Fußabdruck:** Minimierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen insbesondere durch den Einsatz von lokalem Holz und CO<sub>2</sub>-armem Beton mit LC3-Zement (entwickelt an der EPFL).
- » **Modularität:** Austauschbarkeit und leichte Wiederverwendung der Materialien.
- » **Flexibilität:** Anpassung der Funktionen, Raumaufteilungen oder Konfigurationen an sich verändernde Bedürfnisse.
- » **Zirkularität:** Vorgefertigte Holzelemente erleichtern den Rückbau und die Wiederverwendung am Ende der Lebensdauer des Gebäudes.
- » **Bioklimatische Planung:** Wintergärten und ein zentrales Atrium fördern je nach Jahreszeit die natürliche Lüftung und die passive Komfortregelung.
- » **Energie:** Nutzung des Fernwärmennetzes und der Anergie des Quartiers, gespeist durch Geothermie, sowie Stromproduktion durch in die thermische Gebäudehülle integrierte Photovoltaikanlagen.
- » **Begrünte und solaraktive Dachfläche:** Evapotranspiration der Pflanzen verbessert die Photovoltaikleistung, und das Wechselspiel von Schatten und Sonne fördert die Biodiversität.
- » **Wasserbewirtschaftung:** Integration in das Sponge-City-Konzept des Quartiers für eine lokale Bewirtschaftung von Regen- und Oberflächenwasser. Verwertung von Urin zu Dünger, Behandlung von Schwarzwasser durch Wurmkompostierung und Phyto-Reinigung des Grauwassers.

## 2018

Vorbereitung des kollaborativen Studienauftragsverfahrens auf der Grundlage von Forschungsprojekten, die zwischen 2014 und 2018 von der Forschungsgruppe Building2050 durchgeführt wurden

## 2019

Kollaboratives Studienauftragsverfahren und Bestimmung des Siegerprojekts

## 2020

Erarbeitung des Vorentwurfs und des Detailprojekts unter Berücksichtigung der akademischen Bedürfnisse und der Umweltziele der Gruppe Building2050

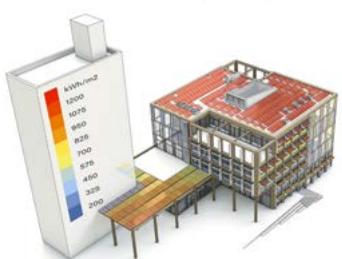
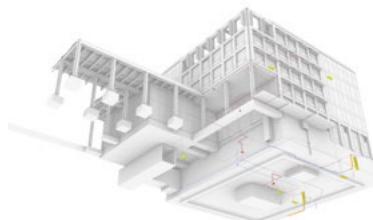
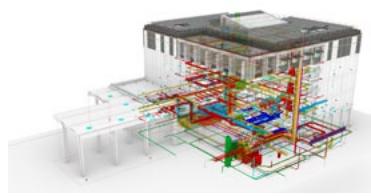
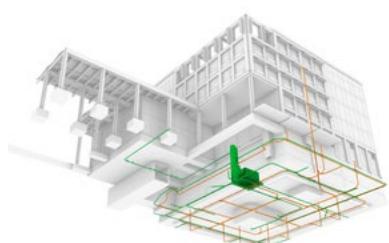
## 2021

Ausschreibung und Vergabe an JPF Entreprise Générale SA

## 2022

Erhalt der Baubewilligung

## Experimentieren und aufzeigen zugunsten der Nachhaltigkeit



Die Entwicklung des Gebäudes, das als 1:1-Experimentierplattform konzipiert wurde, fügt sich in einen Ansatz ein, der sich um mehrere thematische Schwerpunkte dreht und vom Team Building2050 koordiniert wird. Hier sind die wichtigsten.

### Eine Baustelle im Dienste der Umwelt und der Forschung

Auf der Baustelle des SLL werden Umweltanforderungen und Forschung miteinander verbunden, indem Verbrauch und Ressourcen in Echtzeit überwacht werden und der Bauprozess mit in regelmässigen Abständen mittels verschiedener Techniken aufgenommenen Bildern kontinuierlich digital dokumentiert wird.

### Radon: eine integrierte Strategie und eine kontinuierliche Überwachung

Für ein nachhaltiges Risikomanagement in Bezug auf Radon wurden bereits in der Planungsphase spezifische Entscheidungen in Bezug auf die Gebäudehülle, die Abdichtung und die baulichen Massnahmen (z. B. Gasableitung und Radonschutzmembran) getroffen. Dank einem innovativen Monitoring-system mit Messsonden, die auf verschiedenen Ebenen im Boden und in der Gebäudehülle angebracht sind, kann die Gasentwicklung verfolgt und die Wirksamkeit der umgesetzten Lösungen bewertet werden. Gleichzeitig wird die Forschung zu Radon und zur Innenluftqualität vorangetrieben werden.

### Eine demontierbare Fassade

Das gesamte Gebäude basiert auf einem Fassadenmodul, von dem einige Teile vollständig demontiert werden können. Auf diese Weise können Bauelemente getestet, ausgetauscht oder wiederverwendet werden, ohne sie zu beschädigen. Zudem ist es leichter, Experimente an der Gebäudehülle unter realen Bedingungen durchzuführen.

### Digitaler Zwilling: Digitalisierung von Bau und Betrieb

Die BIM-Methodik (Building Information Modeling) wurde ab Phase 51 des Projekts verwendet. Ziel ist es, den Nutzerinnen und Nutzern detaillierte 3D-Modelle zur Verfügung zu stellen, die die gebaute Realität widerspiegeln, um den Betrieb und die Überwachung des Gebäudes sowie die Forschung zu den digitalen Methoden selbst zu erleichtern.

### Überwachung im Dienste der Forschung

Das Gebäude ist mit einem Sensorsystem ausgestattet, das bereits in der Bauphase installiert wurde, um seine Effizienz zu überwachen. Dank seiner flexiblen Infrastruktur können später weitere Sensoren hinzugefügt werden, um Experimente unter realen Bedingungen durchführen und die angewandte Forschung unterstützen zu können.

### Integrierte Solarenergie, Speicherung und Autarkie

Das Gebäude verfügt über eine eigene Stromproduktion für den Eigenverbrauch dank einer Photovoltaikanlage, die entsprechend den Anforderungen und den Gegebenheiten optimiert und harmonisch in die Architektur integriert ist. Sie ist an ein Speichersystem gekoppelt, das zu einem innovativen Kraft-Wärme-Kopplungssystem auf Wasserstoffbasis weiterentwickelt werden soll. Ziel ist es, eine Stromautarkie von 50 bis 60 % zu erreichen und gleichzeitig die Anforderungen des Minergie-A-Standards zu erfüllen.

[building.smartlivinglab.ch](http://building.smartlivinglab.ch)

#### 2023

Konsolidierung des Projekts unter Berücksichtigung der Feinabstimmungen der Gruppe Building2050

#### 2024

Ausarbeitung der Ausführungspläne

#### 2025

Baubeginn

#### 2026

Laufende Bauarbeiten

#### 2027

Ende der Arbeiten und Inbetriebnahme des Gebäudes

# Erste Bauetappen des Smart Living Lab-Gebäudes

Von Erdarbeiten bis zur Installation der Sensoren – hier ist ein chronologischer Überblick über die ersten Bauetappen des Smart Living Lab. Begonnen im Januar 2025, umfasst diese erste Bauphase Messsysteme, die der wissenschaftlichen Forschung dienen.

## Januar-Mai 2025

- » Erdarbeiten
- » Einbau der Geothermie-Sonden
- » Wasser- und Radondrainage
- » Installation der Radon- und Feuchtesonden im Naturboden

## Mai-Juli 2025

- » Fundamente
- » Bewehrung und Betonierung der Bodenplatte des Untergeschosses
- » Installation der Radonmesssonden und Temperatursensoren in der Dämmung der Fundamentplatte

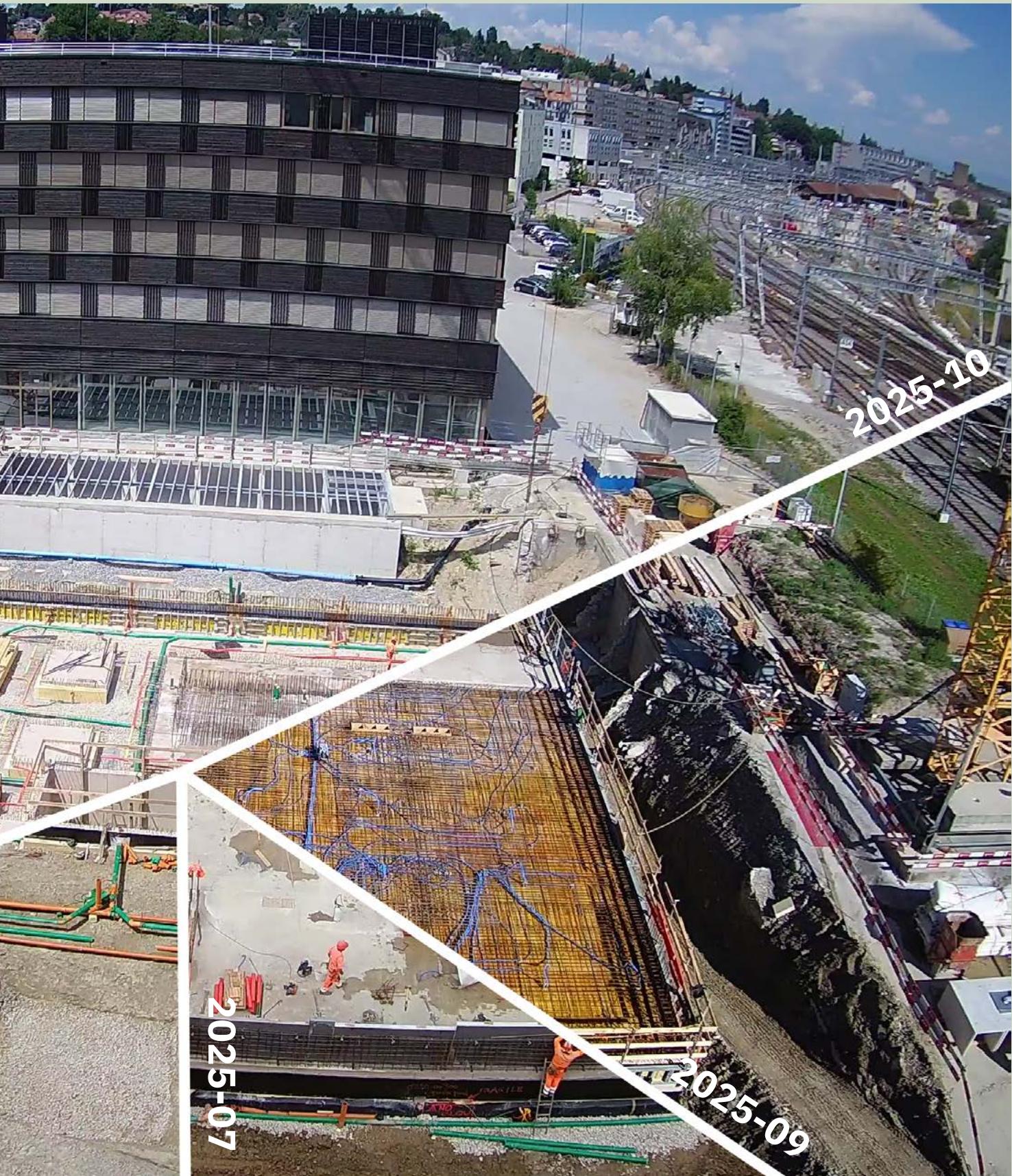
## Juli-September 2025

- » Untergeschoßwände
- » Beginn der vertikalen Kerne und Einbau der Fertigbetonpfiler
- » Bewehrung und Einbau der in die Erdgeschossdecke integrierten Elektroinstallationen

## September-Oktober 2025

- » Betonierung der Erdgeschossdecke
- » Installation der Temperatursensoren in der Wanddämmung
- » Installation der Radon- und Feuchtesonden rund um das Gebäude
- » Verfüllung und Einbau der Radondrainage im Perimeter





# Kooperation mit JPF



*«Der Bau eines derart symbolträchtigen Gebäudes ist eine Visitenkarte für uns»*

**Daniel Kolly**

Architekt und Projektleiter, JPF Generalunternehmer SA

Seien wir ehrlich, es braucht Mut, um den Bau eines so einzigartigen und komplexen Gebäudes wie das Smart Living Lab in Angriff zu nehmen. Die Generalunternehmung bereut es keineswegs, diese Herausforderung angenommen zu haben. Zwischen zwei Baustellenbesprechungen mit dem Team von Building2050 stellt sich Daniel Kolly unseren Fragen. Der an der HTA-FR ausgebildete Architekt ist bei JPR für das SLL-Gebäude verantwortlich. Er spricht über die Entscheidung des in Bulle ansässigen Freiburger Bauunternehmens, sich an ein so innovatives und komplexes Bauprojekt zu wagen, über die Herausforderungen, die es zu bewältigen galt – insbesondere die Unsicherheiten im Zusammenhang mit der Covid-19-Pandemie und dem Ukrainekrieg – und über die Vorteile dieser Partnerschaft.

## Was hat JPF dazu bewogen, sich für den Bau des SLL-Gebäudes zu bewerben?

Der Bau eines derart symbolträchtigen Gebäudes ist eine Visitenkarte für uns. Durch die Realisierung eines Bauprojekts mit so hohen Anforderungen können wir uns auf dem Markt profilieren und unser Know-how unter Beweis stellen. Es bot sich zudem die Gelegenheit, durch eine Bündelung von Ressourcen Kosteneinsparungen zu erzielen, da wir auch mit dem Bau des Gebäudes B beauftragt waren (Anm. d. Red.: Das 2024 fertiggestellte Gebäude ist der erste Neubau auf dem Bluefactory-Gelände und befindet sich direkt neben dem zukünftigen Gebäude des SLL). Da sich der Baubeginn des SLL jedoch unter anderem aufgrund der Covid-19-Pandemie und des Ukrainekrieges um zwei Jahre verzögerte, konnten diese Einsparungen letztlich nicht realisiert werden.

## Hat diese Verzögerung Probleme verursacht?

Im Gegenteil! Die thematischen Sitzungen mit den Teams der Forschungsgruppe Building2050 haben zu einem besseren Verständnis der Bedürfnisse der Nutzerinnen und Nutzer geführt und wir konnten die von uns beauftragten Unternehmen entsprechend instruieren. Wir haben die zusätzliche Zeit auch genutzt, um einen Building Information Model (BIM)-Manager (Anm. d. Red.: ein Spezialist für Digital Twins) sowie eine Umweltingenieurin einzustellen, die uns in Fragen

im Zusammenhang mit der Nachhaltigkeit unterstützt. Wir hätten diese Personen eines Tages ohnehin eingestellt, aber das Bauprojekt des Smart Living Lab war die Gelegenheit, dies sofort zu tun, anstatt in der Zwischenzeit zu improvisieren. Dank dieser hervorragenden Vorbereitung sind wir heute in der Lage, den Zeitplan vollumfänglich einzuhalten.

## Diese Vorbereitung war angesichts der Komplexität des Bauvorhabens sicher nötig, oder?

Da es sich um ein Prototypgebäude handelt, ist dies in meinen zehn Jahren bei JPF zweifellos das herausforderndste Projekt für mich. Es müssen mehr Details besprochen und systematisch ein Konsens zwischen den verschiedenen Parteien gefunden werden: den Forschenden, dem Architekturbüro, dem Bauingenieur, den Auftragnehmenden und den externen Unternehmen, die sich um Heizung, Lüftung oder Elektrizität kümmern. Es treffen Welten aufeinander, die nicht immer dieselbe Sprache sprechen. Aber ich möchte die Qualität des Austausches zwischen uns allen betonen.

## Dieser Austausch ist wichtig, um die zahlreichen Herausforderungen beim Bau des Gebäudes zu bewältigen. Um welche Herausforderungen handelt es sich genau?

Im Hinblick auf den Umweltschutz müssen wir die Menge an Material verwalten, die auf die Baustelle gelangt und sie wieder verlässt. Wir müssen Angaben zur Anzahl der Arbeiter, zur Art der Maschinen, zum Treibstoffverbrauch oder auch zur Wassermenge machen, die im Rahmen der digitalen Projektüberwachung verwendet wird. Unsere Umweltingenieurin kann diese Monitoring-Daten auswerten und anschliessend Lösungen oder Verbesserungsvorschläge für künftige Bauprojekte unterbreiten.

## Sie haben auch die heikle Aufgabe, den vielen ins Gebäude integrierten Forschungsstrukturen Sorge zu tragen.

Wir müssen tatsächlich darauf achten, dass die Arbeiter die zahlreichen Sensoren, mit denen Daten gesammelt werden, bei ihrer Arbeit nicht beschädigen. Wir sind uns bewusst, dass die Forschung das Hauptziel dieses Gebäudes ist, und wir sorgen dafür, dass dieses Ziel erreicht wird.

# Partnerschaft mit Bluefactory



*«Wir wollen, dass die Bevölkerung stolz auf das Quartier ist»*

**Philippe Jemmely**  
Direktor Bluefactory Fribourg-Freiburg SA

Es gibt wohl niemanden, der besser über die Entwicklung des Standorts in den letzten 10 Jahren Bescheid weiss als Philippe Jemmely. Der Freiburger EPFL-Ingenieur der Materialwissenschaften wurde 2016 zum Direktor der Bluefactory Fribourg-Freiburg SA (BFF) ernannt, der Eigentümerin des gleichnamigen Areals, die mit dessen Entwicklung und Betrieb beauftragt ist. Er ist voll des Lobes für das Innovationsquartier und insbesondere stolz auf die drei hier ansässigen Hochschulen. Er sieht die Partnerschaft zwischen Bluefactory und dem Smart Living Lab als einmalige Chance – nicht nur für die wirtschaftliche Entwicklung des ehemaligen Industrieareals der Cardinal-Brauerei, sondern auch für die gesamte Freiburger Gesellschaft.

**Welche Bilanz ziehen Sie zehn Jahre nach der Gründung des Smart Living Lab auf dem Bluefactory-Gelände?**

Mit der EPFL, die sich im Jahr 2014 in Freiburg niederliess, hat sich das Innovationsquartier eine Identität aufgebaut, die eng mit dem Wohn- und Lebensraum der Zukunft verbunden ist. Dieses Ökosystem ermöglichte die Gründung von Start-ups wie YORD oder Enoki und zog andere Unternehmen wie Bcomp oder Climate Services an. Mit der Niederlassung des Centre for Worldwide Sustainable Construction der EPFL (Anm. d. Red.: Das 2024 gegründete CWSC arbeitet sowohl in Lausanne als auch in Freiburg mit einem Netzwerk von internationalen Partnern) auf dem Areal der BFF wird sich dieser Effekt noch verstärken. Seine Präsenz ist für den Kanton mit seinen 13'000 Arbeitsplätzen im Bausektor ein grosser Gewinn. Angesichts der klimatischen Herausforderungen gewinnt die Sanierung von Gebäuden zunehmend an Bedeutung und die BFF und ihre Akteure sind gut gerüstet, um diese Herausforderungen anzugehen.

**Was ist das stärkste Symbol für diese Partnerschaft zwischen dem SLL und der BFF?**

Zweifellos die Synergie zwischen der EPFL, der HTA-FR und der Universität Freiburg mit all den entstandenen Zusammenarbeiten – beispielsweise der NeighborHub, die Technologie-transfers mit Freiburger Unternehmen oder die Radon-Ex-

perimente. Ein weiteres Symbol ist das Gebäude des SLL, da es dieses Know-how und diese Zusammenarbeit verkörpert. Es wird einen Teil des Areals in ein echtes Labor verwandeln.

**Inwiefern ist dieses CO<sub>2</sub>-neutrale Gebäude, das nach dem Prinzip der Kreislaufwirtschaft funktioniert, ein Gewinn für den Standort?**

Mit diesem Modellbau verleiht das SLL dem BFF-Areal Glaubwürdigkeit. Wir können uns auf die Forschungsarbeiten stützen, die für dieses Gebäude durchgeführt wurden. Die Reflexionen der Gruppe Building2050 und die Arbeiten von Thomas Jusselme zur Energieeffizienz von Gebäuden halfen uns beispielsweise bei der Planung des Gebäudes B (Anm. d. Red.: Das 2024 fertiggestellte Gebäude ist der erste Neubau auf dem Bluefactory-Gelände und befindet sich direkt neben dem künftigen SLL-Gebäude). Wir haben Erde aus dem Gebäude B auf dem Gelände belassen, um insbesondere unnötige LKW-Fahrten zu vermeiden.

**Inwiefern unterstützt Bluefactory das Smart Living Lab?**

Wir versuchen, ihm das bestmögliche «Zuhause» zu bieten, indem wir geeignete Rahmenbedingungen für seinen Auftrag schaffen und möglichst reaktionsschnell sind. Wir stellen unsere Räumlichkeiten für Versuche zur Verfügung, beispielsweise für das Atelier PopUp oder den Demonstrationspavillon für Fassaden. Und wir sind bemüht, die Arbeit und die Errungenchaften des SLL auf politischer Ebene und bei der Bevölkerung bekannt zu machen.

**Was wünschen Sie sich für die nächsten zehn Jahre?**

Unser Ziel ist eine erfolgreiche Integration in die Stadt. Wir möchten, dass unser Standort zum 13. Quartier von Freiburg wird, in dem Einwohnerinnen und Einwohner sowie Unternehmen Seite an Seite leben. Wir wollen ein Innovationsquartier, auf das die Freiburger Bevölkerung stolz ist, wie es die Walliserinnen und Walliser auf den Campus Energopolis sind (Anm. d. Red.: Der Innovationspark vereint die EPFL und die HES-SO Valais-Wallis in Sitten). Am meisten würde es mich freuen, wenn Freiburg erkennen würde, dass das Smart Living Lab mit der EPFL zusammen eine einzigartige Verbindung zur Welt darstellt.

# Veranstaltungen

Das Smart Living Lab trägt regelmäßig dazu bei, den Dialog rund um das Thema nachhaltiges Wohnen anzuregen und seine Kompetenzen und sein Fachwissen in diesem Bereich zu präsentieren. Es veranstaltet und (ko-)organisiert lokale, nationale und internationale Veranstaltungen und nimmt auch an Tagungen und Messen teil. Nachfolgend sind einige der wichtigsten öffentlichen, wissenschaftlichen und Fachveranstaltungen aufgeführt, an denen das SLL in den letzten zehn Jahren teilgenommen hat.

## CISBAT

Die wissenschaftliche Konferenz CISBAT, die dem nachhaltigen Wandel der gebauten Umwelt gewidmet ist, wurde seit 1991 vom Labor für Solarenergie und Gebäudephysik (LESO-PB) der EPFL organisiert. Seit 2023 ist das Smart Living Lab für ihre Organisation verantwortlich. An der vom Bundesamt für Energie unterstützten Konferenz debattierten während drei Tagen rund 400 Forschende über die drei zentralen Themen des SLL: Betrieb, Wohlbefinden und Kreislaufwirtschaft. Plenarvorträge, Workshops, Präsentationen und ein Besuch der SLL-Standorte in Freiburg förderten den interdisziplinären Dialog, der zur Veröffentlichung von fast 300 frei zugänglichen Artikeln im Journal of Physics: Conference Series führte. 2025 fand eine zweite, ebenfalls vom SLL organisierte Ausgabe statt.

<https://cisbat.epfl.ch/>



© dr

## Energissima

Das Smart Living Lab war bereits zweimal an der Messe Energissima zu Gast, die sich mit Energielösungen und nachhaltigen Technologien befasst und im Espace Gruyère in Bulle stattfindet. Als Ehrengast im Jahr 2018 präsentierte es einen CO<sub>2</sub>-neutralen Stand, für den insbesondere übrig gebliebene Holzplatten aus dem NeighborHub – dem von Studierenden entworfenen Solarhaus, das 2017 den Solar Decathlon in Denver gewann – verwendet wurden, um das Konzept der Kreislaufwirtschaft zu veranschaulichen. Im Jahr 2022 präsentierte das Energiezentrum der EPFL ein Modell des zukünftigen Gebäudes des SLL und mehrere dem SLL angeschlossene Institute der HTA-FR, darunter ENERGY und TRANSFORM, stellten ihre Forschungsprojekte vor.



© Stemutz



© Stemutz

## JAU-NE

Im Jahr 2019 war das Smart Living Lab akademischer Partner der Veranstaltung Journée de l'Architecture et de l'Urbanisme de Neuchâtel (JAU-NE). Das SLL präsentierte seine Forschungsprojekte und interaktiven Prototypen für Demonstrationszwecke wie das Spiel Crowd Energy, das veranschaulicht, wie Energie auf Quartierebene gekauft, produziert, gespeichert und verkauft werden kann, oder das Tool CityPulse, ein dynamisches Stadtplanungsinstrument. Zudem wurde das Modell des NeighborHub vorgestellt und ein Film über das zukünftige SLL-Gebäude gezeigt.

## Perspektiven

Organisiert vom Smart Living Lab in Partnerschaft mit der Wirtschaftsförderung des Kantons Freiburg in den Jahren 2020 und 2022, lud die Veranstaltung Perspektiven die Freiburger Unternehmen dazu ein, die F&E-Möglichkeiten in Zusammenarbeit mit den Forschern des Smart Living Lab zu entdecken. Erfahrungsberichte von Unternehmer\*innen, die solche Projekte durchgeführt hatten, wurden vorgestellt, und ein «Forschungsmarkt» diente dazu, neue Gespräche mit der Berufswelt und der Industrie über die im SLL geleisteten Arbeiten anzustossen.

© Nicolas Brodard



## KidsUni

Das Smart Living Lab veranstaltet in Zusammenarbeit mit der Universität Freiburg regelmäßig «KidsUni»-Workshops. Diese Workshops richten sich an Kinder im Alter von 9 bis 11 Jahren, die mithilfe von Virtual und Augmented Reality herausfinden können, wie man Gebäude mit einem geringem CO<sub>2</sub>-Ausstoss entwirft oder ein kleines Bauwerk in Originalgrösse mit umweltfreundlichen Materialien baut und welche Rolle Mathematik bei Entscheidungen spielt, die unseren Lebensstil beeinflussen.



© Justine Roman

## Explora

Die vier Forschungsgruppen der Universität Freiburg, die ins Smart Living Lab integriert sind, wirken regelmäßig am Tag der offenen Tür «Explora» mit. Auch 2023 bot sich die Gelegenheit, ihre Aktivitäten und Arbeiten im Zusammenhang mit nachhaltigem Bauen einem breiten Publikum vorzustellen.



© Sonia Villegas

© dr

## Tag der offenen Tür der EPFL

Der Tag der offenen Tür der EPFL bietet für das Smart Living Lab regelmäßig eine gute Plattform, um dem breiten Publikum zu zeigen, wie wichtig die Forschungsarbeiten der dem SLL angegliederten Forschungsgruppen der EPFL sind. Außerdem kann dabei die bedeutende Rolle des SLL innerhalb der Fakultät ENAC hervorgehoben werden.



## Rundtischgespräche TRANSFORM

Das Smart Living Lab veranstaltet seit 2022 in Zusammenarbeit mit der HTA-FR und der Zeitschrift Tracés die Rundtischgespräche des Instituts TRANSFORM. Die Diskussionsreihe mit dem Titel «Tout se transforme» befasst sich jedes Mal mit einem Thema rund um den Wandel in Architektur und Stadtplanung, von der Entwicklung der Ausbildung, über die zukünftigen Rolle von Architektinnen und Architekten bis hin zum Sanierungspotenzial von bestehenden Gebäuden. Im Jahr 2024 fanden drei Rundtischgespräche statt. Das erste befasste sich mit architektonischen Experimenten unter realen Bedingungen, ihrem pädagogischen Potenzial und ihren Auswirkungen auf den Projektablauf. Das zweite untersuchte Stadtentwicklungsprojekte an emblematischen Orten im Wandel zwischen Instandsetzung und Aufwertung des Bestehenden sowie einer zukunftsorientierten und durchdachten Entwicklung. Das letzte Rundtischgespräch beschäftigte sich mit den vielfältigen Herausforderungen im Zusammenhang mit der Luftqualität in Schulen. Ab Herbst 2024 finden diese Rundtischgespräche in Form eines halbjährlichen Symposiums zum Thema Transformation statt.

## MISTI workshop

Im Januar 2024 organisierten das MIT Media Lab – ein Labor des Massachusetts Institute of Technology (MIT) – und das Smart Living Lab gemeinsam den MISTI-Workshop in Freiburg. Professorinnen und Professoren, Forschende und Studierende befassten sich mit Themen wie Umfeldsensorik, Komfort, Interaktion mit Daten, Schlafoptimierung, Rehabilitation und Augmented Reality. Diese Bündelung von Kompetenzen regte einen fruchtbaren Austausch an und eröffnete neue Forschungsansätze für die gebaute Umwelt. Eine zweite Ausgabe fand im November 2024 am MIT statt.



# Zehn Erfolgsgeschichten des Smart Living Lab

Der Erfolg dieses einzigartigen und ehrgeizigen Forschungsprojekts findet seinen Ausdruck in vielen kleinen Forschungsgeschichten, die zur Entstehung einer grösseren Geschichte – dem Smart Living Lab – beigetragen haben. Wir haben zehn davon ausgewählt, die für die zehn Jahre stehen, die seit der Gründung des SLL vergangen sind. Dieser Überblick erhebt zwar bei weitem keinen Anspruch auf Vollständigkeit, ist aber zumindest repräsentativ und ein Symbol für die fruchtbare Zusammenarbeit zwischen den drei Einheiten des SLL, die internationale Ausstrahlung des SLL sowie den Technologietransfer zwischen der wissenschaftlichen Forschung und der Industrie.

## NeighborHub: ein Symbol für die erste erfolgreiche Zusammenarbeit



Präsentation des NeighborHub vor seiner Abreise zum Solar Decathlon © Alain Herzog - EPFL

Unmittelbar nach seiner Etablierung in Freiburg hat sich das Smart Living Lab einer verrückten Herausforderung gestellt: die Teilnahme in 2017 am renommierten internationalen Wettbewerb Solar Decathlon, der alle zwei Jahre unter der Schirmherrschaft des Energieministeriums der USA durchgeführt wird. Die EPFL, die HTA-FR, die Unifr und die Hochschule für Kunst und Design Genf (HEAD) bildeten mit der finanziellen Unterstützung von fast 50 Partnern ein multidisziplinäres Team aus 250 Studierenden und 150 betreuenden Personen aus Fach- und Hochschulkreisen. Gemeinsam entwickelten sie das NeighborHub, ein visionäres Solarhaus, das in Freiburg entworfen und gebaut wurde und bei dem der Schwerpunkt auf erneuerbare Energien, Wasser- und Abfallmanagement, Biodiversität und nachhaltige Baustoffe gelegt wurde. Ziel war es, die Bevölkerung zu ermuntern, ihren Energieverbrauch zu senken und die natürlichen Ressourcen zu schützen. Das Haus wurde zerlegt, per Frachtschiff verschickt und von 44 Mitgliedern des Teams am Standort des Wettbewerbs in Denver in Colorado wieder aufgebaut, wo es Kälte und starken Unwettern ausgesetzt war. Es hinterliess grossen Eindruck und gewann mit grossem Abstand den ersten Preis sowie in

acht von zehn Kategorien einen Podiumsplatz, darunter sechs erste Plätze. Mit dieser internationalen Auszeichnung kehrte das NeighborHub auf das Bluefactory-Gelände zurück, wo es seitdem Aktivitäten wie Repair Cafés, Workshops zu städtischen Gemüsegärten, Kochkurse mit lokalen und saisonalen Produkten oder auch Konferenzen beherbergt. Daneben hat es weiterhin eine wissenschaftliche Mission, indem es als Forschungsprototyp für Energiemanagement, Komfort und Interaktionen mit den Nutzerinnen und Nutzern dient. Schliesslich trug es auch dazu bei, dass sechs Teilnehmende des Solar Decathlon im Jahr 2018 das Start-up Enoki gründeten. Dieses will den Übergang zu nachhaltigeren Lebensweisen erleichtern und gleichzeitig die Lebensqualität der Bewohnenden durch die Schaffung sozialer Bindungen verbessern. Es ist im wood-ID auf dem Bluefactory-Gelände beheimatet, einem Gebäude aus Modulen aus einheimischem Holz und vor Ort wiederverwerteten Materialien, das mit Sonnenkollektoren auf dem Dach ausgestattet ist und natürlich belüftet wird.

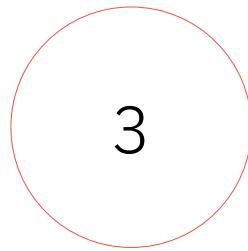
## Atelier PopUp: ein einzigartiger Ort für Versuche und den Austausch



ENAC-Woche © dr

Als sich die EPFL und die HTA-FR entschieden, am Wettbewerb Solar Decathlon teilzunehmen, fehlte ihnen ein Ort, wo sie den NeighborHub entwerfen konnten, den Prototypen, mit dem das Schweizer Team 2017 den renommierten internationalen Wettbewerb gewinnen sollte. Ein Teil der Halle bleue, dem ehemaligen Lagerhaus der Brauerei Cardinal, in dem sich die provisorischen Büros des Smart Living Lab befinden, wurde mit einer breiten Palette an Werkzeugen ausgestattet. Das Atelier PopUp war geboren. Im Laufe der Jahre entwickelt es sich zu einem wichtigen Raum für Versuche, Lehre und Forschung im Bereich der nachhaltigen Architektur. Dank seiner Fläche von mehreren hundert Quadratmetern und seiner Ausstattung (für Schreiner-, Gips-, Metall- und Malarbeiten) ermöglicht das Atelier die Anfertigung von Prototypen, Gebäudeteilen (Fassaden, Dächer, Strukturen) und sogar ganzen Gebäuden im Massstab 1:1. Jedes Jahr finden hier die ENAC-Wochen statt, ein Lehrprogramm, in dessen Rahmen Bachelor-Studierende aus den drei Fachbereichen der EPFL-Fakultät an gemeinsamen Projekten arbeiten. Zu den zahlreichen im PopUp entstandenen Prototypen gehören die Fussgängerbrücke RE:CRETE, die die Form eines vorgespannten Bogens hat und aus den Wänden eines sanierungsbedürftigen Gebäudes hergestellt wurde. Oder der Klimapavillon Démo-Mi2, mit dem Wärmeinseln in städtischen Gebieten bekämpft werden sollen. Im Atelier werden auch die Infrastrukturen für die Versuche des SLL überwacht und verbessert: z.B. die Klimakammern, in denen die Auswirkungen spezifischer Umweltbedingungen auf die Dynamik von Schadstoffen in der Innenraumluft, die Belüftung oder den thermischen Komfort gemessen werden können oder der Prototyp CELLS – Control-led Environments for Living Lab Studies, mit dem verschiedene Komfortbedingungen und Automatisierungsgrade bei (in)direkter Sonneneinstrahlung getestet werden können. Schliesslich unterstützt das Atelier auch die Konzeption und Realisierung aller für die Forschung bestimmten Elemente, die in das SLL-Gebäude integriert werden sollen, wie beispielsweise die Schläger zur Überwachung der thermischen Hülle oder die Radonsonden. Das Atelier öffnet seine Türen im Rahmen von verschiedenen Veranstaltungen auch für die Öffentlichkeit, um um den Dialog über die Architektur von morgen zu fördern.

2



## Vizcab: Pionier bei der Dekarbonisierung des Bausektors



Thomas Jusselme stellt seine Forschung zur Lebenszyklusanalyse von Gebäuden vor © Alain Herzog - EPFL

Vizcab ist eine Plattform, die Akteurinnen und Akteuren aus dem Bau- und Immobiliensektor dabei helfen soll, die Dekarbonisierung ihrer Projekte bei gleichzeitig möglichst tiefen Baukosten voranzutreiben. Sie ist untrennbar mit dem Smart Living Lab und seinem Mitbegründer Thomas Jusselme verbunden. Zwischen 2014 und 2020 leitete der ehemalige Lehr- und Forschungsbeauftragte an den Hochschulen für Architektur von Grenoble und Lyon die neue Forschungsgruppe Building2050 der EPFL, die die Leitlinien für die Gestaltung des Gebäudes des Smart Living Lab liefert. Daneben verfasste er eine Dissertation, in der er eine datengestützte Methode auf der Grundlage der Lebenszyklusanalyse (LCA) für Gebäude mit geringen CO<sub>2</sub>-Emissionen entwickelte. Daraus entstand das Start-up Vizcab, das von seinem Geschäftspartner Guillaume Lafont geleitet wird. Das Start-up, das dank Data Science als schnellste, leistungsfähigste und kollaborativste Plattform der Branche konzipiert wurde, wurde mehrfach ausgezeichnet, beispielsweise 2023 beim Microsoft Accelerator for Energy Efficiency für seine umfassende Überwachung der Kohlenstoffemissionen über Vizcab Analytics oder beim Building for the Future der Urban TechChallengers Competition, wo es den ersten Preis gewann. Die erfolgreichen Finanzierungs-runden des Unternehmens, darunter eine Serie-A-Finanzierung in Höhe von 9 Millionen Euro im Jahr 2024 mit führenden Investoren, unterstreichen seine Attraktivität für den industriellen Markt. Mit der Verschärfung des europäischen Rechtsrahmens durch die EPBD, die CSRD und die Taxonomie, um bis 2050 CO<sub>2</sub>-Neutralität zu erreichen, ist das Unternehmen gut positioniert, um international zu expandieren. Eines ist sicher: Vizcab ist das perfekte Beispiel für einen erfolgreichen Transfer zwischen der Forschung im Smart Living Lab und der realen Wirtschaft. Dies gilt auch für Thomas Jusselme selbst, der zugleich Arbeitgeber und ordentlicher Professor für die Energieeffizienz von Gebäuden am zum SLL gehörenden Institut ENERGY der HTA-FR ist.

## Aeternum: innovative Lösungen für nachhaltiges Bauen



The Boat House © Aeternum

Aeternum soll Immobilienbesitzerinnen und -besitzern hochwertige, vielseitige, wiederverwendbare und kohlenstoffneutrale Baulösungen anbieten. Das Start-up baut auf den Forschungen des Structural Xploration Lab (SXL) der EPFL und des Instituts für Bau- und Umwelttechnologien (iTEC) der HTA-FR auf, die beide zum Smart Living Lab gehören. Das 2020 von Alex Muresan, Forschungsassistent an diesen Instituten, gegründete Start-up mit Sitz in Zollikofen (BE) entwickelt Gebäude mit modularen tragenden Strukturen, die sich entsprechend der Bedürfnisse der Nutzenden schnell und einfach umgestalten lassen. Konkret handelt es sich um Bauelemente mit standardisierten, bio- und geobasierten Komponenten, die sich zu (neu) gestalteten Räumen zusammenfügen lassen, und zwar ohne Einschränkung durch die Anordnung von Säulen, die Form der Deckenplatten oder den Grundriss der Stockwerke. Diese effiziente Wiederverwendungsstrategie bietet zudem eine willkommene Alternative für Gemeinwesen, die ihren CO<sub>2</sub>-Fussabdruck reduzieren und dabei gleichzeitig die Baukosten kontrollieren möchten. Ein Prototyp im Originalmaßstab am Berner Standort dient als Versuchslabor für die Innenausstattung und zum Testen der akustischen und thermischen Eigenschaften. Er fungiert zudem als Sitzungsraum für die lokale Gemeinschaft. Ein komplettes Gebäude, «The Boat House», das eine Bootsgarage mit einem Entspannungsraum und einer Garderobe kombiniert, wurde nach dem Kreislaufmodell von Aeternum am Ufer des Zürichsees entworfen und gebaut. Weitere Projekte sind in Planung: die Erweiterung einer Schule, eine Militärbaracke und ein siebenstöckiges Bürogebäude. Das weckte auch das Interesse von Investorinnen und Investoren. Im Jahr 2022 wurde das Start-up aus 130 Bewerbungen aus 30 Ländern ausgewählt, um am Beschleunigungsprogramm Leonard unter der Leitung der VINCI-Gruppe teilzunehmen. Zudem gehörte es zu den vier Gewinnern des ersten NTN Innovation Booster, der sich der Kreislaufwirtschaft in der Bauindustrie widmet und von Innosuisse unterstützt wird. Im Jahr 2023 gewann es durch die Teilnahme an hochkarätigen Veranstaltungen wie der Tech Tour Sustainable Construction Infrastructure und der EPFL Startup Champions Seed Night weiter an Sichtbarkeit.

5

## Doktorierende: internationale Talente für die Schweizer Industrie

Seit der Gründung des Smart Living Lab vor 10 Jahren, wurden zwanzig Doktorate erfolgreich abgeschlossen. Mehrere dieser Doktorierenden stammen aus dem Ausland, ein Beweis, dass das SLL auch internationale Talente anzuziehen vermag. Viele von ihnen verfolgen heute eine Karriere in der Forschung an verschiedenen Hochschulen in der Schweiz, einige sind jedoch in die Privatwirtschaft gewechselt und bekleiden dort bedeutende Positionen in einigen der wichtigsten Branchen unseres Landes. Ein Beispiel ist die Südkoreanerin Seoyeon Yun, die im Labor HOBEL in Zusammenarbeit mit dem amerikanischen Unternehmen Honeywell eine Doktorarbeit verfasst hat, um «wissenschaftliche Ergebnisse in einem realen Kontext zu erzielen und so die praktische Relevanz und Anwendbarkeit meiner Forschung erheblich zu stärken», wie sie erklärt. Heute arbeitet sie im Team Technologie & Innovation bei Smart Infrastructure, Siemens Schweiz AG, wo sie an der Entwicklung einer Softwareanwendung namens «Building X Comfort AI» mitwirkt, die den Komfort und das Wohlbefinden von Mieterinnen und Mietern verbessern soll. Diese KI-gestützte Anwendung ist in der Lage, die Innentemperatur von Gebäuden durch Echtzeitüberwachung der internen und externen Klimabedingungen sowie der Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlagen automatisch zu optimieren. Auch der Griech Evangelos Belias hat seine Dissertation in Zusammenarbeit mit der Firma Estia SA im Labor HOBEL verfasst. Dies bot ihm die einzigartige Gelegenheit, «die Herausforderungen der Nachhaltigkeit im Bausektor besser zu verstehen und meine Forschung auf praktische Lösungen auszurichten». Heute arbeitet er bei Nestlé als Projektleiter im Bereich Immobilien und Nachhaltigkeit, was er seiner Meinung nach «den Kompetenzen und Erfahrungen verdankt, die er bei der Leitung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten am SLL erwerben und sammeln konnte».

4



Professor Dusan Licina (erster von links) mit den Doktorierenden Seoyeon Yun (Mitte) und Evangelos Belias (rechts) © dr

## Towards 2050: qualitativ hochwertige Publikationen, die die Ambitionen des SLL unterstreichen



Vernissage der ersten zwei Bände der Serie «Towards 2050»  
© Thomas Delley

Das Verlagsprojekt «Towards 2050» zeichnet die Entwicklung des ehrgeizigen Vorhabens des Smart Living Lab zwischen 2015 und 2018 nach. Dabei verfolgt es einen interdisziplinären Ansatz, der sich auf die Nutzung, die Leistung und den Lebenszyklus des Gebäudes konzentriert und wissenschaftlich fundierte Grundlagen für das Pflichtenheft des SLL-Gebäudes schaffen soll. Im Mai 2019 erschienen die ersten beiden Werke dieses Projekts unter der Leitung der EPFL-Professorin Marilyne Andersen, der damaligen akademischen Direktorin des SLL, und des EPFL-Professors Emmanuel Rey\*. Thinking, Visions for Architectural Design beinhaltet die Reflexionen von zwölf Expertinnen und Experten aus der ganzen Welt über die architektonischen Herausforderungen in Bezug auf die Nachhaltigkeit bis ins Jahr 2050. Exploring, Research-driven Building Design präsentiert die Forschungsarbeiten des SLL, die zur Gestaltung seines derzeit im Bau befindlichen symbolträchtigen Gebäudes beigetragen haben, das die Umweltziele der Energiestrategie 2050 mit optimalem Komfort und optimaler Nutzungsqualität verbindet. Die Buchreihe soll mit einem Werk über den Entstehungsprozess des Gebäudes und einem letzten Band über die Bewertung des Verhaltens des Gebäudes nach seiner Inbetriebnahme fortgesetzt werden.

\*Emmanuel Rey, seit 2010 Leiter des Labors für Architektur und nachhaltige Technologien (LAST) der EPFL, war Mitglied der Arbeitsgruppe, die mit der Entwicklung der ursprünglichen Vision im Hinblick auf die Unterzeichnung eines Rahmenabkommens zwischen der EPFL und dem Kanton Freiburg beauftragt war, Präsident der wissenschaftlichen Kommission für die Realisierung des zukünftigen Gebäudes und Mitglied des Expertengremiums für den Studienauftrag für das zukünftige Gebäude (siehe 9. Studienauftrag für das SLL-Gebäude: eine Revolution der Praktiken).

6

7

## ARC-HEST: ein Austauschprogramm trägt zum internationalen Renommee des SLL bei



© Thomas Delley

Der Auftrag des Austauschprogramms ARC-HEST ist es, verschiedene Disziplinen und Kulturen rund um ein gemeinsames Engagement zu verbinden, um nachhaltigere, menschlichere und stimulierende gebaute Umgebungen zu entwerfen. Dabei sind auch Forschende des Smart Living Lab. Alles begann im August 2019, als 30 Schweizer Studierende der EPFL, der HTA-FR, der Unifr und südkoreanische Studierende der Universitäten EWHA, Hanyang und SungKyunKwan sich in Seoul und dann im Februar 2020 in Freiburg trafen. Die Studierenden aus den Bereichen Architektur, Bauingenieurwesen, Informatik, Management und Umweltwissenschaft analysierten die Synergien zwischen architektonischer Gestaltung, menschlichen Faktoren und Technologien in Bürogebäuden sowie deren kombinierte Auswirkungen auf die Qualität des Innenraumklimas und die Interaktion zwischen Mensch und Gebäude je nach kulturellem Kontext. Nach einer Zwangspause aufgrund der Covid-19-Pandemie wurde das Programm 2022-23 nach dem gleichen Prinzip fortgesetzt, mit einem Aufenthalt im Sommer im einen und einem zweiten im Winter im anderen Land. Die letzte Ausgabe fand 2024-25 statt; wie immer wurden Vorlesungen, Workshops und Besichtigungen von ikonischen Gebäuden kombiniert. Daneben entwickelten die Teilnehmenden in multidisziplinären Gruppen eine Methode zur Bewertung von Gebäuden und sammelten, verarbeiteten und bewerteten Daten aus bestehenden Gebäuden. Auf der Grundlage ihrer Beobachtungen entwickelten sie anschließend innovative Lösungen zur Verbesserung der Qualität des gebauten Innenraums und der Zufriedenheit der Nutzenden. ARC-HEST fördert nicht nur das Lernen, sondern stärkt auch die wissenschaftliche und kulturelle Zusammenarbeit zwischen der Schweiz und Südkorea und festigt die internationale Glaubwürdigkeit des SLL.

## ENoLL: eine internationale Anerkennung, durch die die Position des SLL gestärkt wird



Mitglieder des SLL bei den OpenLivingLab Days 2023 in Barcelona, der Leitveranstaltung von ENoLL © dr

Im Frühling 2021 erlangte das Smart Living Lab internationale Anerkennung, indem es dem Europäischen Netzwerk der Living Labs (ENoLL – European Network of Living Labs) beitrat, dem grössten internationalen Netzwerk seiner Art. ENoLL wurde im Jahr 2006 auf Initiative der finnischen EU-Ratspräsidentschaft gegründet und umfasst heut 184 Organisationen in 41 Ländern auf der ganzen Welt, darunter Gemeinden, Forschungsinstitute, Unternehmen und Nutzergemeinschaften. Das Ziel von ENoLL ist es, Zusammenarbeit zwischen den Mitgliedern des Netzwerks zu fördern, die Innovation zu einem offenen und kollaborativen Prozess machen wollen, der sich auf die Nutzenden und Tests unter realen Bedingungen konzentriert. Die Sichtbarkeit, die die Mitgliedschaft bei ENoLL mit sich bringt, stärkt auch die Rolle des SLL als lokaler Innovationsmotor an der Schnittstelle von Forschung, Technologie und Gesellschaft. Durch den Beitritt zu diesem umfangreichen Netzwerk erhält das Smart Living Lab Zugang zu neuen Möglichkeiten der Zusammenarbeit und Synergien mit anderen Living Labs und deren Partnern weltweit. Er ebnet den Weg für einen Wissens- und Praxisaustausch, der die interdisziplinäre Forschung in Freiburg bereichert.

8

9

## Studienauftrag für das SLL-Gebäude: eine Revolution der Praktiken

Ein derart innovatives und in Bezug auf die Nachhaltigkeit beispielhaftes Gebäude wie dasjenige des Smart Living Lab erforderte zwangsläufig eine disruptive und fortschrittliche Methode für seine Ausschreibung. Für den Vorentwurf dieses experimentellen Gebäudes entschieden sich der Kanton Freiburg und die BFF AG (Bluefactory Fribourg Freiburg) für einen Studienauftrag, der eine enge Zusammenarbeit zwischen Architektinnen, Ingenieuren, Forschenden und zukünftigen Nutzenden vorsah. Dieses einzigartige Verfahren rief in Fachkreisen einige Befürchtungen hervor, die jedoch angesichts der erfolgreichen Durchführung rasch verflogen. Das im Jahr 2018 gestartete Verfahren verlief in mehreren Phasen und begann mit einem offenen Bewerbungsverfahren im Rahmen des öffentlichen Beschaffungswesens. Am Ende wurden vier multidisziplinäre Gruppen aus 23 Bewerbungen aus fünf verschiedenen Ländern ausgewählt. Diese Teams wurden eingeladen, unter sich, mit den Nutzenden und Forschenden des SLL sowie mit dem Expertengremium - hauptsächlich Architekt:innen, Ingenieur:innen, Fachleute aus dem Bauwesen, Vertreter:innen der BFF SA, des Kantons Freiburg und der akademischen Partnerinstitutionen des Smart Living Lab - auszutauschen. Nach zwei partizipativen Dialogsitzungen stellte jede Gruppe ihr Projekt vor. Im Juli 2019 wählte das Expertengremium aufgrund seiner Offenheit und Benutzerfreundlichkeit, seiner Entwicklungsfähigkeit und seines integrativen Charakters einstimmig das Projekt HOP zum Gewinner des Studienauftrags. Das von der Gruppe Behnisch Architekten, Drees & Sommer Schweiz AG und ZPF Ingenieure AG entworfene Projekt zeichnete sich durch seine Fähigkeit aus, Nutzerzentrierung, Experimentierpotenzial und hohe Umweltverträglichkeit miteinander zu vereinen.



Die Preisträger des MEP-Awards posieren vor dem Modell des HOP-Projekts  
© Stemutz

## SWICE: ein Grossprojekt zur Reduzierung des Energieverbrauchs

Die führende Rolle des Smart Living Lab im Bereich Nachhaltigkeit kommt im Forschungsprojekt SWICE – Sustainable Well-being for the Individual and the Collectivity in the Energy transition (Anm. d. Red.: «Nachhaltiges Wohlbefinden für den Einzelnen und die Gemeinschaft in der Energiewende») besonders gut zum Ausdruck. Das Ziel des vom Bundesamt für Energie unterstützten und von 2022 bis 2030 vom SLL koordinierten Projekts SWICE ist es, die Umsetzung der Energiestrategie 2050 zu unterstützen. Es will das Energieeinsparpotenzial und die Möglichkeiten zur Verbesserung der Lebensqualität der Bevölkerung durch neue Lebens- und Arbeitsweisen, Veränderungen der Gewohnheiten im Bereich der Mobilität sowie verschiedene Wirtschaftsmodelle identifizieren und quantifizieren. Aus diesem Grund wird dieses Projekt in direkter Zusammenarbeit mit den Akteurinnen und Akteuren auf lokaler Ebene – Bewohnerinnen und Bewohner, Arbeitnehmende, Immobilienverwaltungen, Unternehmen und Gemeinden – in sechs Living Labs im ganzen Land durchgeführt, u. a. im SLL und im Living Lab im Freiburger Quartier Schönberg. Die Living Labs dienen als Versuchsfeld, um konkrete Lösungen für die Steuerung von Energieangebot und -nachfrage in den Bereichen bebaute Umwelt, Freiflächen und Mobilität zu entwickeln und zu testen. An diesem ehrgeizigen Forschungsprojekt sind 10 Schweizer Hochschulen und 4 Forschungs- und Beratungsunternehmen beteiligt, die von mehr als 25 Partnern aus dem öffentlichen und privaten Sektor unterstützt werden. Die Kombination von Fachwissen aus den Bereichen Soziologie, Ingenieurwesen, Mobilität, Architektur und Sozialpsychologie zielt darauf ab, einen nachhaltigen Lebensstil von hoher Qualität zu entwerfen, der individuelles Wohlbefinden und einen sparsamen Einsatz von Ressourcen unter einen Hut bringt.



© Thomas Delley

10



Teilnehmende an einem Workshop des SWICE-Programms © Thomas Delley

# EPFL

## Eine Institution von Weltklasse, die Freiburg international bekannt macht



© Stemutz

Die «École polytechnique fédérale de Lausanne», bekannt als EPFL, ist neben der ETH Zürich eine der beiden Eidgenössischen Technischen Hochschulen der Schweiz. Sie zählt zu den besten Universitäten Europas und der Welt und zieht aufgrund ihres ausgezeichneten Rufs internationale führende wissenschaftliche Talente an.

Die EPFL bietet Lehre und Forschung in den Bereichen Ingenieurwissenschaften, Naturwissenschaften, Architektur und Mathematik an und fördert die Interdisziplinarität. Die Bachelor- und Masterstudiengänge werden auf dem Hauptcampus am Ufer des Genfersees angeboten, wo rund 14'000 Studierende aus 130 verschiedenen Ländern studieren.

Seit den 2010er-Jahren entwickelt die EPFL ein Netzwerk von Standorten in anderen Westschweizer Kantonen. Diese ergänzen ihren Hauptcampus und sind in erster Linie der Forschung gewidmet. In jedem Kanton werden Partnerschaften geschlossen, um die lokalen Ökosysteme an der Stärke und der Bekanntheit der eidgenössischen Hochschule teilhaben zu lassen. Jeder Campus konzentriert sich auf die Schlüsselthemen der Region.

In Freiburg baut die EPFL ihre akademische Tätigkeit im Bereich der gebauten Umwelt aus. Sie verfügt dort über vier Labore, die jeweils von einer Professorin oder einem Professor geleitet werden und der Fakultät für Architektur, Bau- und Umweltingenieurwissenschaften (ENAC) angegliedert sind.

Dies führte zur Gründung des Smart Living Lab in Zusammenarbeit mit dem Kanton Freiburg und den Freiburger Hochschulen auf dem Gelände der ehemaligen Cardinal-Brauerei, das zu einem Innovationsquartier namens Bluefactory umgestaltet wurde. Der Standort Bluefactory ist Teil des Netzwerks Switzerland Innovation Park West.

Die EPFL ist für die akademische und operative Leitung sowie die Verwaltung des Smart Living Lab zuständig. Die Aktivitäten der EPFL finden bis zur Fertigstellung des Gebäudes des Smart Living Lab in provisorischen Räumlichkeiten der Bluefactory statt.

Der Campus Freiburg ist im Vergleich zu den anderen Standorten der EPFL zwar klein, soll aber in den kommenden Jahren ausgebaut werden. Er bietet dennoch eine Reihe einzigartiger Möglichkeiten, insbesondere für den Bau grosser Prototypen und die projektbezogene Lehre. In der Prototypenhalle (Atelier PopUp) können Studierende unter Anleitung des technischen Personals des Campus Freiburg praktische Bauarbeiten durchführen.



→ Labor SXL



→ Labor HOBEL



→ Labor ICE



→ Labor ETHOS

## Zehn Jahre Engagement und Innovation der EPFL im Smart Living Lab

### **Ein Vorzeigeprojekt, das Freiburg in internationalem Glanz erstrahlen lässt**

Die erfolgreiche Teilnahme am Solar Decathlon im Jahr 2017 war die erste enge Zusammenarbeit mit den akademischen Partnern des Smart Living Lab. Das von Studierenden entworfene und gebaute Solarhaus dient seit seiner Rückkehr nach Freiburg im Jahr 2018 als Demonstrationsobjekt für nachhaltiges Wohnen und war ein Impulsgeber für das Quartier Bluefactory.

### **Studierende werden auf unternehmerisches Denken vorbereitet**

Studierende haben ihre Erfahrungen aus dem Solar Decathlon auf ein Unternehmen übertragen, das auf Architektur und nachhaltige Quartiere spezialisiert ist. Das Start-up Enoki entwickelte insbesondere ein modulares Holzbau-System entwickelt, das für den Bau eines der Wahrzeichen der Bluefactory verwendet wurde, in dem auch Enoki beheimatet ist.

### **Internationale Talente für Freiburg und die Schweiz**

Die EPFL holt Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die zu den Besten ihres Fachs gehören und aus der ganzen Welt stammen, als Professoren, Doktorandinnen und Post-Doktoranden nach Freiburg. Mit dieser Erfahrung in der Spitzenforschung werden zahlreiche Ingenieurinnen und Ingenieure anschliessend Teil des Wirtschaftsgefüges des Kantons Freiburg oder der Schweiz. Andere tragen als Professorinnen und Professoren an der HTA-FR dazu bei, die Beziehungen zwischen den beiden Hochschulen zu stärken.

### **Forschende, die Massstäbe setzen**

Zwei der vier Forschenden, die in Freiburg eine Tenure-Track-Assistenzprofessur der EPFL erhalten haben, haben bereits eine ausserordentliche Professur erhalten. Sie leiten je eine

Forschungsgruppe und modernste Versuchseinrichtungen, wodurch sie bedeutende wissenschaftliche Beiträge in ihren Fachgebieten leisten und das notwendige Wissen generieren können, um technologische Innovationen voranzutreiben und die berufliche Praxis weiterzuentwickeln. Die Anzahl der vom Schweizerischen Nationalfonds gewährten Fördermittel ist ein Indikator für die Exzellenz der Forschung an der EPFL in Freiburg.

### **Nationale Grossprojekte**

Das vom Bundesamt für Energie im Rahmen seines Förderprogramms SWEET finanzierte Forschungskonsortium SWICE wurde am Smart Living Lab von Professorin Marilyne Andersen gegründet, die bis zum Frühjahr 2025 für die wissenschaftliche Koordination zuständig war.

### **Für die Schweiz wichtige internationale Partnerschaften**

Die hochkarätige Forschung der EPFL in Freiburg ist Teil von Programmen mit globaler Reichweite: Projekte, die von der Europäischen Kommission (Horizon Europe) unterstützt werden, Aufträge der Internationalen Energieagentur, bilaterale Programme mit den USA oder Südkorea sowie Entwicklungs- und Kooperations-programme oder humanitäre Programme (z. B. IKRK, MedAir, DEZA).

### **Der Campus Freiburg, eine lokale «Aussenstelle» eines riesigen Kompetenzpools**

Die Entwicklung des Campus Freiburg profitiert von sämtlichen Kompetenzen, die an der EPFL vorhanden sind. So haben beispielsweise über 100 Personen der EPFL an der Planung des Gebäudes des SLL mitgewirkt, darunter Forschende aus Lausanne sowie Architektinnen und Spezialisten für den Bau von Laboreinrichtungen.

## Höhepunkte 2024

### **ENAC Fribourg Grants**

» Die Fakultät ENAC hat vier neue mehrjährige Forschungsprojekte ins Leben gerufen, an denen Labore der EPFL in Lausanne und nicht-akademische Partner aus Freiburg mitwirken.

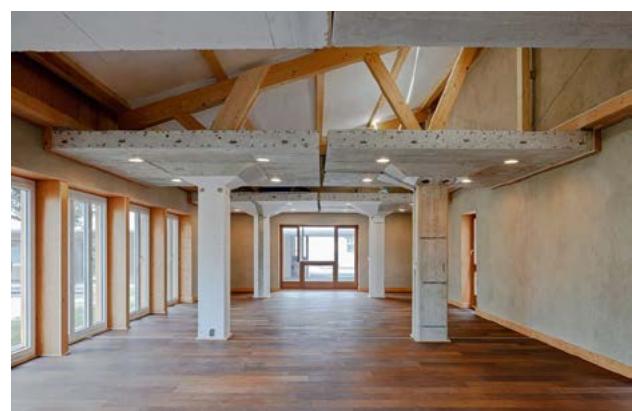
### **Neue akademische Leitung**

» Zehn Jahre nach der Gründung des Smart Living Lab übergab Professorin Marilyne Andersen am 1. April 2024 die akademische Leitung an Professor Corentin Fivet. Der aus Belgien stammende Architekt und Ingenieur kam im Jahr 2016 vom MIT Boston nach Freiburg. Er wurde zum Tenure-Track-Assistenzprofessor im Institut für Architektur ernannt und ist einer der ersten Professoren der EPFL an diesem neuen Campus. Im Jahr 2023 erhält er eine ausserordentliche Professur.

### **Bau des Swiss Solar Boat und des Pavillons RebuLT**

» Den ganzen Sommer 2024 über bauten Studierenden des Teams SwissSolarBoat im Atelier PopUp auf dem Campus Freiburg den Rumpf und die Schwimmer ihres solarbetriebenen Tragflügelbootes mit Wasserstoffantrieb. Dieses von der EPFL als MAKE-Projekt zur Förderung des projekt-

basierten Lernens unterstützte technische Meisterwerk soll an einem internationalen Wettbewerb teilnehmen. Mit RebuLT, einem weiteren MAKE-Projekt unter der Leitung von Mitarbeitenden der EPFL Freiburg, bauten Studierende einen Pavillon aus Beton, der aus einem abzureissenden Gebäude wiedergewonnen wurde.



Pavillon RebuLT © Solène Hoffmann

# HTA-FR

Exzellenz in den Bereichen Ingenieurwesen und Architektur seit 1896



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



© Sonia Villegas

Die Hochschule für Technik und Architektur Freiburg (HTA-FR) bildet seit über 125 Jahren Ingenieurinnen und Ingenieure sowie Architektinnen und Architekten aus, um nach Lösungen für die aktuellen technologischen und gesellschaftlichen Herausforderungen zu suchen.

Die zweisprachige Hochschule HTA-FR bietet sechs Bachelorstudiengänge in Architektur, Chemie, Bauingenieurwesen, Elektrotechnik, Maschinentechnik sowie Informatik und Kommunikationssysteme (IKS) an. In Partnerschaft mit der HES-SO werden auch vier Masterausbildungen angeboten. Die Hochschule ist für ihre Interdisziplinarität und ihre Nähe zur Berufswelt und Forschung bekannt.

Die Forschungsinstitute und Kompetenzzentren der HTA-FR arbeiten in drei Schlüsselbereichen aktiv mit der regionalen Wirtschaft zusammen: Industrietechnologien, Bauen und Umwelt sowie Informations- und Kommunikationstechnologien.

Die berufsorientierten Ausbildungen, die wirtschaftsnahe Forschung, die Zweisprachigkeit, die moderne Infrastruktur und die günstige geografische Lage machen aus der HTA-FR eine ideale Partnerin für Innovation und technische Ausbildung in der Westschweiz.



→ Institut ENERGY



→ Institut TRANSFORM



→ Institut iTEC

## Zehn engagierte und innovative Jahre der HTA-FR im Smart Living Lab

Seit ihrer Gründung spielt die HTA-FR bei der Entwicklung des Smart Living Lab eine zentrale Rolle. In diesen zehn Jahren hat sie dazu beigetragen, eine ambitionierte interdisziplinäre Forschungsstruktur zu etablieren, einzigartige Versuchsinfrastrukturen aufzubauen und solide Beziehungen zu Hochschulen, Wirtschaft und Öffentlichkeit zu knüpfen.

Von Beginn des Projekts an hat sich die HTA-FR aktiv daran beteiligt, die Vision und die Struktur des Kompetenzzentrums festzulegen. Dank eines einzigartigen Forschungsprogramms konnten Schranken zwischen den Instituten abgebaut und ein interdisziplinärer Ansatz gefördert werden – ein wesentlicher Aspekt des Smart Living Lab.

Der Umzug in die Halle bleue mitten im Bluefactory-Geländes war ein wichtiger Meilenstein. Mit der Eröffnung des Ateliers PopUp standen neue Räume für Experimente zur Verfügung, in denen die Teams Lösungen unter realen Bedingungen testen und Prototypen entwickeln konnten, während gleichzeitig die Sichtbarkeit des Smart Living Lab bei Partnern und in der Öffentlichkeit gestärkt wurde.

Im Rahmen des Projekts NeighborHub, Gewinner des Solar Decathlon, wurde das interdisziplinäre Know-how der Institution zur Geltung gebracht. Als echtes Living Lab erlaubte das Projekt, konkrete Lösungen für nachhaltiges Wohnen zu testen und ein breites Publikum für die Herausforderungen der Energiewende zu sensibilisieren.

Mit den Ausschreibungen im Rahmen der Renovierung und später den Living Labs sowie der Teilnahme am Forschungsprogramm SWICE des BFE strukturierte sich die Forschung rund um einige Leitthemen. Im Zuge dieser Dynamik wurde die Entstehung von kollaborativen Projekten gefördert und die wissenschaftliche Kohärenz des Smart Living Lab gestärkt.

Durch die Verwendung von Leitthemen als strukturierende Schwerpunkte war es möglich, Synergien zwischen den Fachgebieten zu schaffen und umfassend auf die Herausforderungen der urbanen Nachhaltigkeit zu reagieren. Die Teams der HTA-FR konnten so ihre Position stärken und die für ihre Partner in der Praxis erforderlichen Kompetenzen entwickeln.

Dank der Teilnahme am Studienauftrag konnte gemeinsam ein ehrgeiziger Fahrplan für die Entwicklung des künftigen Gebäudes erstellt werden, der auf den Bedürfnissen der Forschenden basiert. In diesem Gebäude können Lösungen, die im Rahmen von Forschungsprojekten entwickelt wurden, unter realen Bedingungen getestet werden.

Im Laufe der Jahre konnte die HTA-FR ihre internen Kompetenzen ausbauen und die Zusammenarbeit mit privaten Partnern und öffentlichen Einrichtungen stärken. Diese Synergien ermöglichen die Entwicklung innovativer Projekte mit grosser Wirkung, die zu einer nachhaltigeren Gesellschaft beitragen.



SLL-Stand an der Messe Energissima © Stemutz

## Höhepunkte 2024

### 3DReStruct

» Verstärkung von Metallkonstruktionen durch additive Fertigung

### BLAREC

» Austausch von Daten zur Lebenszyklusanalyse von Gebäuden: ein Schweizer Referenzrahmen für die CO<sub>2</sub>-Bilanz

### Eval2Rn

» Hilfsmittel zur Bewertung des Radonrisikos vor einem Neubau oder einer Sanierung

### LIFS

» Bewertung anhand mehrerer Kriterien von Konstruktionssystemen für Gebäudedecken und Festlegung von Grundsätzen zur Verringerung ihrer Auswirkungen auf die Umwelt



Workshop InnovationBooster Living Labs for Decarbonisation  
© Thomas Delley

# Unifr

## Interdisziplinarität und Innovation



© Sonia Villegas

Die Universität Freiburg (Unifr) spielt eine wichtige Rolle innerhalb des Smart Living Lab, indem sie Exzellenz in der Lehre und Forschung mit einer starken interdisziplinären Vision verbindet. Seit 2022 ist die Unifr durch vier Einheiten vertreten: das Human-IST Institut, das Institut für Schweizerisches und Internationales Baurecht sowie die Forschungsgruppen Decision Support and Operations Research (DS&OR) und Digitalization and Information Systems (DIGITS). Gemeinsam bieten sie Spitzenkompetenzen an der Schnittstelle von Recht, Digitalisierung, Entscheidungstheorie und Mensch-Technik-Interaktion.

Die ersten Institute der Universität Freiburg, die an der Gründungsvision und am Aufbau der interinstitutionellen Zusammenarbeit des Smart Living Lab beteiligt waren, waren das International Institute of Management in Technology (iiimt), das Human-IST-Institut sowie die Rechtswissenschaftliche Abteilung der Unifr. In den ersten Jahren spielte das iiimt eine führende Rolle beim Ausbau der Präsenz der Unifr im Labor und bei der Förderung der Forschung zu Verbraucherverhalten, Innovation und Technologiemanagement. Nach dem Ausscheiden des iiimt übernahmen die Professoren Hans-Georg Fill und Bernard Ries die Koordination. Gleichzeitig konsolidierte die Integration von DIGITS und DS&OR die digitale Strategie der Unifr und erweiterte ihre interdisziplinäre Reichweite.

Die vier aktuellen Forschungseinheiten tragen zu einem tieferen Verständnis der Interaktion von Menschen mit digitalen Systemen und der intelligenten Lebensumgebung bei und entwickeln innovative Ansätze in Bereichen wie Mensch-Gebäude-Interaktion, virtuelle und erweiterte Realität, immersives Wohlbefinden und Bildung, Logistik, Entscheidungsunterstützung und



→ **Institut für Schweizerisches und Internationales Baurecht**



→ **Institut Human-IST**



→ **Gruppe DIGITS**



→ **Gruppe DS&OR**

rechtliche Rahmenbedingungen für das Bauwesen und die Beschaffung. Durch die Kombination der Perspektiven aus Informatik, Sozialwissenschaften, Technologie und Recht fördert die Unifr aktiv Innovation und verstärkt gleichzeitig die Interdisziplinarität.

Zu den Höhepunkten der letzten Jahre gehören die Entwicklung von AirSpecs, einer von Human-IST und dem MIT Media Lab gemeinsam entwickelten Smart-Brille, die den Komfort des Benutzers in Echtzeit überwachen kann und international getestet wurde; die in Zusammenarbeit mit Logitech entwickelte ComfortBox; neue Virtual-Reality-Tools für immersives Wohlbefinden und 3D-Bildungsformate, die in Zusammenarbeit mit der EPFL und anderen Partnern entwickelt wurden; und Projekte zur Optimierung der Logistik und Abfallsammlung durch das DS&OR, die sich mit realen Herausforderungen im Stadtmanagement befassen. Die DIGITS-Gruppe hat ihre internationalen Beziehungen durch Austausch und Zusammenarbeit im Bereich erweiterte und virtuelle Realität gestärkt. Human-IST hat seinerseits zu Grossprojekten wie ARC-HEST, MISTI und SWICE beigetragen und so eine Verbindung zwischen Schweizer und internationalen Forschungsgemeinschaften geschaffen.

## Zehn engagierte und innovative Jahre der Unifr im Smart Living Lab

### Mensch-Gebäude Interaktion & Nachhaltigkeit

Ein wichtiger Forschungsschwerpunkt ist der aktive Beitrag zur Forschung im Bereich Mensch-Gebäude Interaktion (Human-IST), Komfort, Wohlbefinden und Nachhaltigkeit in der intelligenten Wohnumgebung durch den Einsatz modernster Technologien. Leuchtturmprojekte wie AirSpecs, ComfortBox, Immersive 3D Videos und Lucideles veranschaulichen diese innovativen Leistungen.

### Wirkungsvolle internationale Anlässe

Die Law-Gruppe hat eine Schlüsselrolle bei der Organisation von grossen Konferenzen und Fachtagungen gespielt, darunter die Schweizerische Konferenz für öffentliches Beschaffungswesen und die SIA-2065-Fachtagung. Diese Anlässe haben Hunderte von Expertinnen und Experten aus der Forschung und Wirtschaft zusammengebracht.

### Wissenstransfer & Training

Wissenstransfer ist ein Eckpfeiler unserer Mission. Durch CAS-Studiengänge, die Executive-Studiengänge des iimt und Outreach-Programme wie KidsUni werden Forschungsergebnisse mit Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft geteilt.

### Strategische internationale Partnerschaften und akademischer Austausch

Die Zusammenarbeit mit Institutionen wie MIT, Stanford, EDF, SBB und Partnern in Südkorea und Italien haben seit den Anfängen des Smart Living Lab wegweisende Projekte gefördert und den globalen akademischen Austausch bereichert.

### Stärkere interdisziplinäre Ausrichtung

Der Übergang vom iimt zu DIGITS und DS&OR sowie die neue Leitung haben die digitale Strategie der Unifr konsolidiert und die interdisziplinäre Forschung gestärkt.

## Höhepunkte 2024

Im Rahmen ihrer fortlaufenden Zusammenarbeit mit dem MIT Media Lab, die durch einen Doktorandenaustausch (Sailin Zhong) initiiert und durch den Ideenaustausch zwischen Prof. Lalanne und Prof. Paradiso gefördert wurde, haben Forschende des Human-IST einen grossen Workshop organisiert, der das Smart Living Lab und das MIT miteinander verband. Der Anlass brachte Forschende der EPFL, der Unifr, der HTA-FR und des MIT zusammen und umfasste Vorträge sowie einen Hackathon zu den Themen Umweltmessung, Schlaf, Dateninteraktion und Augmentierung.



MIT Media Lab x Smart Living Lab Workshop am MIT © dr

# 10 Jahre Smart Living Lab – Jubiläumsfeier

Ein von viel Emotion geprägter Abend brachte am 26. März 2024 rund hundert Personen zusammen, die eine wesentliche Rolle bei der Gestaltung des Smart Living Lab gespielt haben. Dieser Meilenstein bot die Gelegenheit, ein Jahrzehnt der Innovation und Zusammenarbeit zu feiern, und gleichzeitig unsere herzliche Dankbarkeit gegenüber Marilyne Andersen auszudrücken. Als Pionierin und treibende Kraft hinter diesem visionären Projekt übergab sie die akademische Leitung an Corentin Fivet, Leiter des Laboratory for Structural Exploration (SXL), der nun gemeinsam mit Martin Gonzenbach, dem operativen Direktor, die Geschäfte führt.





# Institut TRANSFORM

## Innovativer Low-Tech-Ansatz



© dr



*«Die Stadt der Zukunft ist grösstenteils bereits vorhanden, die Herausforderung besteht nun darin, sie so umzugestalten und bestehende Gebäude so anzupassen, dass wir besser zusammenleben können und dabei die Ressourcen des Planeten schonen.»*

**Séréná Vanbutsele**  
Leiterin des TRANSFORM Instituts

Trotz des Klimanotstands nimmt die Zahl der Neubauten in der Westschweiz kontinuierlich zu. Schätzungen zufolge ist der Bausektor für etwa 40% der CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich. Zudem trägt er zur Versiegelung des Bodens und zum allmählichen Verschwinden von Biotopen bei und verursacht umweltschädliche Abfälle. Vor diesem Hintergrund will das Institut TRANSFORM Architektinnen und Architekten und das Gemeinwesen dazu befähigen, den Umbau bestehender Gebäude und deren Anpassung an neue Lebensweisen voranzutreiben.

Das Institut TRANSFORM entwickelt anwendungsorientierte Forschungsprojekte in den Bereichen Architektur und Stadtplanung. Es besteht aus Forschenden und Spezialistinnen und Spezialisten aus den Bereichen Architektur, Stadtplanung, Geografie und Bauphysik und fördert interdisziplinäres Fachwissen, um eine nachhaltige gebaute Umwelt für die Zukunft zu gestalten. Das Institut befasst sich mit verschiedenen Ebenen, von der Montage von Bauelementen bis hin zur

Raumplanung. Der Entstehungsprozess von Gebäuden wird in seiner Gesamtheit betrachtet, einschliesslich Planung, Bau und Nutzung, kulturelle Werte sowie Renovierung und Umgestaltung am Ende ihres Lebenszyklus. Transformation wird in der Architektur häufig mit der Renovierung von Gebäuden und insbesondere mit energetischer Sanierung gleichgesetzt. Die Projekte des Instituts TRANSFORM zeigen, dass dieses Konzept ein breites Spektrum an Kompetenzen und Fachwissen umfasst. Dazu gehören Fragen im Zusammenhang mit der Wohnungsproduktion, der urbanen Durchmischung, der Typomorphologie von Gebäuden und der Gesundheit im Gebäude, insbesondere der Luftqualität in Innenräumen, aber auch Digitalisierungswerzeuge zur Diagnose der Eigenschaften von historischen Gebäuden und der Wiederverwendung von Baustoffen. In ihren Projekten setzen sich die Forschungsteams des Instituts kritisch mit Technologien und deren Nachhaltigkeit auseinander. Dabei liegt die Innovation in der Wiederaneignung und der Kombination von traditionellen, mitunter auch alten Techniken und weniger in der Entwicklung neuer Technologien.

## Hauptprojekte im Smart Living Lab

In den letzten zehn Jahren hat sich das Institut TRANSFORM mit vier Forschungsschwerpunkten beschäftigt: mit der energetischen Sanierung von historischen Gebäuden (mit Projekten wie RurBat, ProRen, RenoBAT-FR, TypoRENO), der Innenraumluftqualität und Radon (Jurad-Bat, Mesqualair, Scol'Air-FR, RnSLL), der Entwicklung von Ökoquartieren unter Berücksichtigung menschlicher und ökologischer Aspekte (TransHabNat, SWICE-WP3, BU-LO, SUNLOOP, MISS) und der Forschung durch Praxis, insbesondere im Rahmen des Ateliers PopUp und des Themas Kreislaufwirtschaft im Bausektor (ConcReTe, POLYNORM). Das von Florinel Radu gegründete und seit 2021 von Sérena Vanbutsele geleitete Institut zählt heute 45 Mitglieder. Teambildung, Dissertationen und die Erschließung und gemeinsame Nutzung von Ressourcen in Bezug auf Büros, Verwaltung und Kommunikation sind unverzichtbar, um unsere Hauptaufgabe weiterhin erfüllen zu können: Wir wollen in unseren Fachbereichen Bahnbrechendes leisten, indem wir gesellschaftliche Bedürfnisse aufdecken und verstehen und weniger auf Marktnachfragen reagieren, den Wissensaustausch mit unseren Partnerinnen und Partnern – oftmals das Gemeinwesen – sicherstellen, statt reinen Technologietransfer zu betreiben.

## Leuchtturmprojekt 2024



Ile O'frais im Freiburger Stadtteil Schönberg im August 2025  
© Agnès Collaud

### O'Frais

» Das Projekt Ile O'Frais ist Teil des Living Lab Schönberg in Freiburg. Es handelt sich um eine Initiative im Rahmen des Programms SWICE WP5 und WP3 in Partnerschaft mit dem Verein REPER. Das 2024 gestartete Projekt ist stark anwendungsorientiert, da es insbesondere ermöglicht, einen der öffentlichen Räume des Quartiers, der am stärksten vom Phänomen der Wärmeinseln betroffen ist, temporär kühler und geselliger umzugestalten. Im Rahmen des partizipativen Projekts, das im August 2025 durchgeführt wurde, schuf ein Team mit Architektinnen und Architekten des Instituts TRANSFORM, soziokulturellen Animatorinnen und Animatoren von REPER und Nutzerinnen und Nutzer des Platzes (Kinder, Jugendliche, Mütter aus dem Schönbergquartier) Stadtmobiliar mit Beschattungsvorrichtungen, sowie Boden- und Wandmalereien zur Aufhellung und Wasserspielen.

## Aktuelle Publikationen

Grandjean, Nicolas; Collaud, Agnès; Jeker, André; Mosimann, Reto; Vanbutsele, Sérena; 2024

### POLYNORM - Dutch modular construction of the 1950s entirely made of steel sheet

Proceedings of the 5th International Congress on Construction History, 24-28 June 2024, Zurich, Switzerland

Radu, Florinel

### Perma-cultivons les quartiers !

Tracés, 2024-12, Zürich, Suisse, espazium Verlag

Rey, Joan F., Antignani, Sara, Baumann, Sebastian, Di Carlo, Christian, Loret, Niccolò, Gréau, Claire, Gruber, Valeria, Goyette Pernot, Joëlle, & Bochicchio, Francesco (2024)

### Systematic review of statistical methods for the identification of buildings and areas with high radon levels

Frontiers in Public Health, 12. DOI: 10.3389/fpubh.2024.1460295

## Partnerschaften

- » Kanton Freiburg, Klimaplan
- » Agglomeration de Freiburg
- » Stadt Freiburg (Stadtplanung und Architektur, soziale Kohäsion, Energie, Kulturerbe)
- » Pro Fribourg
- » Pro Natura
- » REPER
- » Ressourcerie
- » Kanton Waadt (Dienststelle für Kulturerbe und Energie, DGEO, ...)
- » BFE (Bundesamt für Energie)
- » BAG (Bundesamt für Gesundheit)
- » Filologie
- » Ost
- » EPFL
- » HES-SO
- » UNIGE, Universität Genf
- » Unifr
- » Bureau DAC
- » Durabilitas

# Institut ENERGY

## Mit Interdisziplinarität einen Beitrag zur Energiewende leisten



© dr

*«Das Institut ENERGY trägt zum Erfolg des Smart Living Lab bei. Dank unserer Expertise in den Bereichen Wärmenetze, intelligente Speicherung und der Planung klimaneutraler Quartiere ist das SLL in der Lage, Herausforderungen im Energiebereich in konkrete Lösungen umzuwandeln.»*

**Patrick Favre-Perrod**  
Leiter des ENERGY Instituts

Die Teams des Instituts für anwendungsorientierte Forschung Energiesysteme (ENERGY) sind im Bereich des Energiemanagements und der Energieoptimierung von Gebäuden und Infrastrukturen tätig. Sie entwickeln Lösungen für die Integration erneuerbarer Energiequellen und die energetische Optimierung von Strom- und Wärmenetzen und führen Analysen und Bilanzen auf Gebäude- und Quartiersebene durch.

Bereits seit seiner Gründung gibt das Institut ENERGY sein energietechnisches Fachwissen an das Smart Living Lab weiter und trägt damit zur Nachhaltigkeit von Gebäuden bei, insbesondere, was die Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Bilanz anbelangt.

Das Institut ist auch an wichtigen Forschungsprojekten wie SWICE beteiligt, das im Rahmen des nationalen SWEET-Programms vom SLL koordiniert wird und untersucht, wie verhaltensbezogene und soziale Faktoren zur Energiewende beitragen könnten. Das Institut spielt eine zentrale Rolle bei der Bewertung der Wirksamkeit von Interventionen in Living Labs, indem es auch die menschlichen, rechtlichen und wirtschaftlichen Dimensionen von Energiesystemen berücksichtigt.

Gleichzeitig konnte das Institut ENERGY die Sichtbarkeit des SLL durch innovative Prototypen (Pavillon zur Bekämpfung

von Wärmeinseln), Beiträge an nationalen und internationalen Veranstaltungen und nachhaltige Forschungsergebnisse stärken. Es arbeitet eng mit anderen Instituten der HTA-FR, der EPFL und der Universität Freiburg zusammen und festigt damit den Status des Smart Living Lab als Kompetenzzentrum für interdisziplinäre Forschung. Zudem hat das Institut aktiv an der Gestaltung des künftigen SLL-Gebäudes auf dem Bluefactory-Gelände mitgewirkt.

Das Institut entwickelt konkrete Lösungen zur Optimierung von Wärme- und Stromnetzen, intelligentem Gebäudemanagement und Energiespeicherung. Ein Beispiel dafür ist das Projekt SmarTS: Um den Herausforderungen im Zusammenhang mit der Intermittenz erneuerbarer Energien zu begegnen, wurde eine innovative Wärmebatterie entwickelt, die auf Phasenwechselmaterialien basiert und Sonnenenergie speichern kann, die dann in der Nacht genutzt wird. Diese Forschungsarbeiten wären ohne die geeignete Infrastruktur wie verschiedene Labore für thermische und elektrische Energie, darunter das Laboratorium für die Integration erneuerbarer Energien (LIRE) neben der Halle bleue, nicht möglich.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Institut ENERGY die Ziele des Smart Living Lab widerspiegelt: Energiepolitische Herausforderungen in konkrete, nachhaltige und reproduzierbare Lösungen zu verwandeln, die der Gesellschaft und der gebauten Umwelt zugutekommen.

## Hauptprojekte im Smart Living Lab

### SmarTS (Intelligente Steuerung der Wärmespeicherung in Gebäuden)

» Entwicklung einer innovativen Wärmespeicherbatterie mit Phasenwechselmaterialien (PCM), um erneuerbare Energie zu speichern, die in der Nacht oder in Zeiten ohne Sonne und Wind genutzt wird. Ziel ist es, mit mehreren Partnern einen Vorserialenprototypen herzustellen.

Das von Innosquare unterstützte Projekt SmarTS will die Wärmespeicherung in Gebäuden mit einer innovativen Batterie auf der Basis von Phasenwechselmaterialien (PCM) revolutionieren. Dieses System ermöglicht es, tagsüber erzeugte erneuerbare Energie zu speichern und nachts oder in Zeiten ohne Sonne und Wind wieder abzugeben. Das im Mai 2022 gestartete Projekt soll MINERGIE-Gebäude von März bis November wärmetechnisch autark machen. Es werden drei Prototypen entwickelt, von denen einer dauerhaft installiert wird. Dank der Automatisierung und Optimierung des Wärmetauschers und der multidisziplinären Kompetenzen der Projektpartner ebnet SmarTS den Weg für eine drastische Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen.

### SWICE (Sustainable Well-being for the Individual and the Collectivity in the Energy transition)

» Ein vom BFE finanziertes nationales Vorzeigeprojekt mit einer Laufzeit von acht Jahren, das von der EPFL koordiniert wird und an dem das Institut ENERGY stark beteiligt ist. Ziel ist es, den Energieverbrauch in der Schweiz durch Verhaltensänderungen, Living Labs sowie soziale und technologische Innovationen zu senken.

### ADVENS (Plattform zur Modellierung und Simulation von integrierten Multi-Quellen-Wärmenetzen)

» Entwicklung einer Simulationsplattform zur Optimierung der Konzeption, Planung und des Betriebs von industriellen und städtischen Wärme- und Stromnetzen. ADVENS soll die Energieeffizienz optimieren und die Integration erneuerbarer Energien erleichtern.

### BioLoop (Kreislaufwirtschaft biobasierter Materialien für eine CO<sub>2</sub>-neutrale gebaute Umwelt)

» Projekt zur Bestandsaufnahme der Verwendung biobasierter Materialien im Bauwesen, um Gebäude in Kohlenstoffsenken zu verwandeln. Beteiligt sind Partner aus Wissenschaft, Industrie und Politik.

## Leuchtturmprojekt 2024



### BLAREC: Austausch von Daten zur Lebenszyklusanalyse von Gebäuden: ein erster Schweizer Referenzrahmen für die CO<sub>2</sub>-Bilanz

» BLAREC soll den ersten Schweizer Rahmen für das Reporting und die Kapitalisierung von Lebenszyklusanalysedaten (LCA) für den Bausektor schaffen. Angesichts fehlender Referenzsysteme und digitaler Datenbanken will das Projekt einen harmonisierten Referenzrahmen entwickeln, um die Transparenz zu fördern sowie den Vergleich und den Austausch von CO<sub>2</sub>-Daten zu erleichtern. Dank eines interdisziplinären Ansatzes, der Validierung anhand von Pilotfällen und der Zusammenarbeit mit öffentlichen und privaten Akteuren soll die Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses des Sektors beschleunigt werden.

## Aktuelle Publikationen

Neves, Mosquini; Lucas, Hajiro; Delinchant, Benoit; Jusselme, Thomas; 2024

### Dynamic LCA methodology to support post-occupancy decision-making for carbon budget compliance

Energy and Buildings. DOI: 10.1016/j.enbuild.2024.114006

Favrat, Daniel; Kane, Malick; 2025

### Energy Analysis of Heating and Cooling

Academic Press. DOI: 10.1016/c2020-0-03373-6

Robadey, Jacques; Villeumier, Sylvain; Lalou Moncef, Justin; 2024

### A cold storage PCM heat exchanger for daily summer free cooling with cold night air

Proceedings of 18. Symposium Energieinnovation (EnInnov) 2024, 14-16. Februar 2024, Graz, Austria

## Partnerschaften

- |                    |                               |
|--------------------|-------------------------------|
| » CSD              | » OVALE & Partenaires         |
| » Bluefactory SA   | » PSE-Energies Sàrl           |
| » Climate Services | » Richemont                   |
| » CMA              | » SIG                         |
| » E-nno            | » SINEF SA                    |
| » ETH Zürich       | » Tecphy Sàrl                 |
| » Gradesens        | » Urbaplan                    |
| » Groupe E         | » Yord                        |
| » Romande Energie  | » BFE (Bundesamt für Energie) |
| » Losinger Marazzi | » HES-SO                      |

# Labor SXL

## Das Wiederverwendungspotenzial von Bauelementen fördern



*«Nichts ist nachhaltiger als das, was bereits gebaut wurde.  
Gehen wir sorgsam damit um.»*

**Corentin Fivet**  
Leiter des Structural Xploration Lab

Seit mehreren Jahren trägt das Structural Xploration Lab (SXL) dazu bei, die Wiederverwendung von sorgfältig rückgebauten Gebäuden voranzutreiben, um die Umweltbelastung durch den Bausektor zu verringern. Nachdem das Labor nachgewiesen hat, dass die Wiederverwendung von Betonkonstruktionen technisch machbar ist, erweiterte es sein Forschungsgebiet, um die reellen Voraussetzungen für die Umsetzung, Bewertung und Nachhaltigkeit dieser Praxis besser zu verstehen. Jüngste Forschungsergebnisse zeigen, dass die Wiederverwendung nicht nur von der Leistungsfähigkeit der Baustoffe abhängt, sondern auch von neu gewonnenen Erkenntnissen, dem Bewertungsrahmen und dem kulturellen Kontext.

Eine Umfrage unter 35 Akteurinnen und Akteuren des Sektors in Nordamerika ergab, dass die Wahrnehmung von Chancen und Hindernissen stark von der Erfahrung beeinflusst wird. Je mehr Projekte die Fachpersonen durchführen, desto mehr verändert sich ihre Einstellung: So werden beispielsweise technische und regulatorische Einschränkungen zunächst als Hindernisse angesehen, doch mit der Zeit treten Koordinations-, Planungs- und Managementfragen in den Vordergrund. Dieser Prozess zeugt von einer fortschreitenden Professionalisierung, bei der die Wiederverwendung zu einem integralen Bestandteil des Projekts wird und kein Störfaktor mehr ist. Der kollektive Lernprozess verbessert die Zuverlässigkeit der Praktiken und stärkt ihre wirtschaftliche Tragfähigkeit.

Gleichzeitig zeigt eine Analyse von 21 Verfahren zur Bewertung des Wiederverwendungspotenzials in Europa und den Vereinigten Staaten, dass es keinen gemeinsamen Rahmen gibt. Die meisten Ansätze konzentrieren sich nach wie vor auf das Recycling statt auf die direkte Wiederverwendung von Bauteilen. Die verwendeten Kriterien – Festigkeit, Geometrie, Oberflächenbeschaffenheit, Demontierbarkeit – variieren stark, was den Vergleich der Ergebnisse und die Kommunikation zwischen Ressourcenmanagern, Ingenieurinnen und Architekten erschwert. Diese Arbeiten erfordern die Entwicklung standardisierter Protokolle, die Rückverfolgbarkeit, Rückbauplanung sowie Einbezug der Transport- und Lagerlogistik, um die Wiederverwendung mess-, reproduzier- und industrialisierbar zu machen.

Eine historische Studie zeigt schliesslich, dass die Wiederverwendung keine neue Erfindung ist: Schweizer Archive aus dem 19. und 20. Jahrhundert zeigen, dass es einen regen Handel mit gebrauchten Baustoffen gab, bei dem Balken, Fenster oder Steine zwischen den Baustellen zirkulierten. Mit ihrem Fokus auf Neuheit und Standardisierung hat die moderne Bauindustrie dieser Praxis ein Ende gesetzt. Ihre Wiedereinführung bedeutet heute eine Rückkehr zu einer Materialintelligenz, basiert auf Nachhaltigkeitsüberlegungen, Ressourcenschonung und der Aufwertung des bereits Vorhandenen.

Durch die Zusammenführung dieser empirischen, methodologischen und historischen Ansätze trägt SXL dazu bei, im Zuge der Transformation des Bausektors die Wiederverwendung wieder zentrale Bedeutung beizumessen. Seine Forschungen zielen darauf ab, die ökologischen Vorteile zu quantifizieren,

digitale Bewertungsinstrumente zu entwickeln und Prototypen zu testen, die aus rückgebauten Elementen hergestellt wurden. Die bisherigen Ergebnisse bestätigen das beträchtliche Wiederwendungspotenzial von Baumaterialien: Der Rück-

bau wird zur Ressource, und Bauen zur Wiederverwendung erweist sich als einer der vielversprechendsten Ansätze für eine nachhaltige Architektur.

## Hauptprojekte im Smart Living Lab

### Wiederverwendung von Beton in Neubauten: Erschliessung neuer Möglichkeiten und experimentelle Überprüfung

» Die Forschung untersucht die direkte Wiederverwendung von Stahlbetonbauteilen aus abbruchreifen Gebäuden als Alternative zum herkömmlichen Recycling. Es wurden Auditprotokolle entwickelt, um die Wiederverwendbarkeit der Bauteile zu bewerten. Diese umfassen eine Bestandsaufnahme, eine geometrische und materielle Charakterisierung, eine Schadenserkennung und schliesslich die Einstufung der Wiederverwendbarkeit. Ein Prototyp im Massstab 1:1 – eine zehn Meter lange, vorgespannte Bogenbrücke aus 25 Betonblöcken, die aus einer bestehenden Struktur herausgesägt wurden – hat die technische Machbarkeit des Verfahrens und eine Verringerung des Treibhauspotenzials um 70 bis 75 % im Vergleich zu Neubauten gezeigt. Studien zu wiederverwendeten Bodensystemen bestätigten einen durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Gewinn von 80 % und bei der Wiederverwendung von Stahl werden sogar 94 % erreicht. Die historische Analyse der Wiederverwendung von Beton, die digitale Modellierung, das selektive Zuschneiden und das reversible Design sind weitere untersuchte Ansätze. Sie schaffen die Basis für eine zirkuläre Bauweise, die auf der systematischen Wiederverwendung von vorhandenem Beton beruht.

### Integration von wiederverwendeten Holz- und Stahlelementen in Tragkonstruktionen:

» Entwicklung einer Optimierungssoftware

### Der Schweizer Gebäudebestand als urbane Fundgrube:

» Quantifizierung und Qualifizierung des tatsächlichen Potenzials.

## Aktuelle Publikationen

Lambec, Barbara; Bastien Masse, Maléna; and Fivet, Corentin; 2024  
[How Gained Experience Influences Perceived Levers and Barriers of Reuse Practices: Learning from North Americans](#)  
Sustainability 16, no. 24: 10999

Fivet, Corentin; De Wolf, Catherine Elvire L.; Menny, Thibaut; Vanbutsele, Séréná; Stephan, André; 2024  
[Multiscale Spatiotemporal Characterization of Embodied Environmental Performance of Building Structures in Geneva from 1850 to 2018](#)  
Cleaner Environmental Systems, 100194.  
DOI: 10.1016/j.cesys.2024.100194

Bastien Masse, Maléna; Küpfer, Célia Marine; Fivet, Corentin; 2024  
[A concrete answer for circular construction: three prototypes reusing saw-cut elements](#)  
The Structural Engineer, 102, 32-37. DOI: 10.56330/ZMSY4716

## Leuchtturmprojekt 2024



### Charakterisierung der Entwicklung der Gebäude und ihrer baustofflichen Zusammensetzung

» Ein 2024 abgeschlossenes Projekt hat die Umweltauswirkungen der tragenden Strukturen von zwischen 1850 und 2018 erbauten Gebäuden in Genf kartiert und analysiert. Das Forschungsteam entwickelte 48 Archetypen von Strukturen (Mauerwerk, Beton, Stahl usw.), die anhand einer gewichteten Ähnlichkeitsfunktion und einer GIS-Datenbank auf 84'477 Gebäude angewendet wurden. Die Studie ergab, dass das strukturelle Volumen pro m<sup>2</sup> Grundfläche im Laufe der Zeit um 37 % geschrumpft ist. Die Masse der Strukturelemente ist um 10 % gestiegen und Gebäude, die vor dem Aufkommen von Betonbauten aus Mauerwerk errichtet wurden, stossen heute 7 % mehr Emissionen aus. Zudem zeigte sich, dass Mehrfamilienhäuser 14 % weniger Treibhausgase (pro Fläche) ausspiessen als Einfamilienhäuser. Dieser historische und typologische Ansatz bietet ein Instrument, das als Orientierungshilfe für nachhaltige Sanierungen dienen und helfen könnte, alte und neue Bestände zu vergleichen und den grauen Fussabdruck von Gebäuden besser in die Stadtplanung zu integrieren.

## Partnerschaften

- » Morand Constructions Métalliques
- » SIKA
- » Antiglio SA
- » Bluefactory SA
- » Marti Construction
- » Friderici Special
- » SKAT Consulting
- » UAWRA Recycling Association of Ukraine
- » Eindhoven University of Technology (TU/e)
- » HTA-FR
- » Penn State University (USA)
- » Stadt Ecublens, Kanton Waadt
- » Stadt Lausanne, Kanton Waadt

# Institut für Schweizerisches und Internationales Baurecht

Rechtliche Innovation für Nachhaltigkeit, Qualität, Lösungsorientierung und Sicherheit in der gebauten Umwelt



© dr



*«Der effektivste Weg zu einer nachhaltigen Beschaffung ist die strategische Planung des Beschaffungsgegenstands.»*

**Martin Beyeler**

Leiter der Gruppe LAW

Im Jahr 2024 festigte die LAW-Gruppe des Smart Living Lab ihre Stellung als Referenz im Baurecht und in der Regulierung kritischer Infrastruktur mit den Schwerpunktthemen Nachhaltigkeit, öffentliches Beschaffungsrecht, Projektallianzverträge und Cybersicherheit.

Seit 2019 wurden die schweizerischen Gesetze des öffentlichen Beschaffungsrechts schrittweise überarbeitet. Die LAW-Gruppe verfolgt und analysiert diese Entwicklung genau. 2024 führte sie eine Studie zur Nachhaltigkeit in der öffentlichen Beschaffung durch. Darin wird untersucht, wie ökologische und soziale Anforderungen die Beschaffungsprozesse verändern, was wichtige Erkenntnisse über einen sich noch im Wandel befindenden Bereich gebracht hat. Darüber hinaus wird sich eine in Kürze erscheinende Arbeit mit Gleichheit und Gleichstellung in Ausschreibungsverfahren befassen und die Spannungen zwischen Gleichbehandlung und Gleichstellung in öffentlichen Ausschreibungen untersuchen.

Herkömmliche Planungs- und Bauverträge sehen eine exklusive Zuordnung der Risiken und Chancen auf die jeweiligen Vertragsparteien vor, was starke Anreize für Schuldzuweisungen und Ineffizienz schafft. Als Antwort darauf wurden auf internationaler Ebene Projektallianzverträge entwickelt, welche die gemeinsame Verantwortung und eine konstruktive Zusammenarbeit zwischen den Akteuren fördern sollen. Die Gruppe leistete in Zusammenarbeit mit der SIA, SBV und

Suisse.ing einen entscheidenden Beitrag zur Entwicklung der Projektallianzverträge, namentlich zum Merkblatt SIA 2065. Dieses im Jahr 2024 veröffentlichte Merkblatt skizziert ein an das Schweizer Recht angepasstes Vertragsmodell, das die Zusammenarbeit zwischen den Akteuren im Bausektor fördern und die negativen Anreize herkömmlicher Verträge zu überwinden helfen soll. Nach einem umfassenden Konsultations- und Überarbeitungsprozess ist das Dokument zu einem Meilenstein in die schweizerischen Vertragspraxis geworden.

Die heutigen Gesellschaften sind auf vielfältige physische Infrastrukturen angewiesen, um die gewohnte Lebensweise der Menschen und die von diesen und ihrer Wirtschaft gewünschten Aktivitäten zu ermöglichen und aufrechtzuerhalten. Die Funktionsfähigkeit und Sicherheit solcher Infrastrukturen war schon immer ein wichtiges rechtliches Thema. Die Gruppe hat die Forschung in diesem Bereich fortgesetzt, wobei der Schwerpunkt auf dem rechtlichen Schutz von Stromnetzen vor digitalen Bedrohungen liegt. Dies trägt zur Gestaltung der Regulierungen für die Energiewende und zur gesellschaftlichen Widerstandsfähigkeit bei.

Mit diesen Initiativen bekräftigt die LAW-Gruppe ihr Engagement für rechtliche Innovation zur Förderung von Nachhaltigkeit, Qualität, Lösungsorientierung und Sicherheit in der gebauten Umwelt. Ihre wissenschaftliche Forschung ist eng mit der beruflichen Praxis und mit der Lehre in Weiterbildungsprogrammen (CAS) verbunden und schlägt damit eine Brücke zwischen

Wissenschaft, Institutionen und Privatwirtschaft. So leistet die Gruppe einen Beitrag zur Erarbeitung der rechtlichen und institutionellen Grundlagen, die zur Bewältigung der Heraus-

forderungen des ökologischen Wandels, der Digitalisierung und der kollaborativen Praktiken im Bauwesen erforderlich sind.

## Hauptprojekte im Smart Living Lab

### Projektallianzverträge

» Die Projektallianz ist ein für die Schweiz neuartiges Modell zur Organisation von Bauvorhaben. Der Allianzvertrag wird zwischen der Bauherrschaft und den wesentlichen Akteuren von Planung und Ausführung geschlossen. Die Parteien verpflichten sich zu einer integrierten, partnerschaftlichen Vorgehensweise, zur gemeinsamen Tragung von Projektrisiken und zu einem besonderen Vergütungssystem, das Anreize für Zusammenarbeit schafft. Ziel ist die kooperative Herstellung eines qualitativ hochwertigen, termingerecht und innerhalb des Kostenrahmens abgelieferten Werks.

Eine vom SIA initiierte und durch den SBV sowie suisse.ing getragene Arbeitsgruppe hat unter Beteiligung der Praxis und des Instituts für Schweizerisches und Internationales Baurecht das Merkblatt SIA 2065 (2024) und eine Vertragsvorlage (2025) erarbeitet. Erste Infrastrukturprojekte wurden bereits auf dieser Basis ausgeschrieben. Das Institut stellte seine juristische Expertise zur Verfügung, klärte offene Rechtsfragen und beteiligte sich an der Redaktion des Merkblatts und der Vertragsvorlage.

### Leuchtturmprojekt 2024



### Nachhaltigkeit im öffentlichen Beschaffungswesen

» Das neue schweizerische Beschaffungsrecht, das ab dem Jahr 2021 in Kraft getreten ist, anerkennt ausdrücklich die Bedeutung der ökologischen und der sozialen Komponente der Nachhaltigkeit im öffentlichen Beschaffungswesen. Die öffentlichen Auftraggeberinnen sind bei ihren Beschaffungen verpflichtet, nebst wirtschaftlichen Aspekten auch diese Komponenten zu berücksichtigen. Zudem erhalten sie verschiedene Instrumente, die sie zur Förderung der ökologischen und sozialen Nachhaltigkeit ihrer Beschaffung verwenden können.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wird untersucht, welche konkreten Pflichten und Möglichkeiten die öffentlichen Auftraggeberinnen im Zusammenhang mit der Nachhaltigkeit ihrer Beschaffungen haben. Dabei werden die verschiedenen Stadien des Beschaffungsprozesses je separat betrachtet, zumal die Reichweite und die Wirksamkeit der die Nachhaltigkeit fördernden Massnahmen stark davon abhängt, ob sie grundsätzliche beschaffungsstrategische Entscheide oder die Auswahl unter verschiedenen konkreten Angeboten im Vergabeverfahren betreffen.

Unter den Ergebnissen der Untersuchung findet sich insbesondere die Erkenntnis, dass das Beschaffungsrecht gerade in Bezug auf strategischen Entscheidungen, die besonders wirksam sind, sehr grosse Spielräume offenlässt. Im Vergabeverfahren selbst jedoch setzen die geltenden beschaffungsrechtlichen Vorschriften gewisse Grenzen und erlauben es namentlich nicht, eine für die öffentliche Aufgabenerfüllung erforderliche Beschaffung dafür zu instrumentalisieren, um bestimmte Nachhaltigkeitsziele zu fördern, die mit der Nachhaltigkeit der betreffenden Beschaffung nicht (direkt) zusammenhängen.

## Aktuelle Publikationen

Beyeler, Martin

**Sustainability of public procurement, Quelques thèses sur la durabilité des marchés publics**

Bellanger/Bernard (editors), Le droit public face à la transition écologique, Zurich/Geneva 2024, pp. 121–249

Beyeler, Martin

**Equality and equalization in public tender procedures**

Gleichbehandlung und Gleichstellung im Vergabeverfahren; to be published

Simon, Clea

**Cybersecurity law and power grids**

PhD project; ongoing

# Institut Human-IST

## Den Komfort des Menschen in seiner natürlichen Umgebung verstehen und verbessern



© Sonia Villegas

*«Verständnis der Wahrnehmung von Komfort und der kulturellen Unterschiede durch die Nutzung intelligenter Brillen.»*

**Denis Lalanne**  
Leiter des Human-IST Instituts

Das Institut Human-IST setzt sein Fachwissen im Bereich Mensch-Computer-Interaktion (HCI) ein, um Methoden und Hilfsmittel zu entwickeln, die zum Verständnis und zur Verbesserung der Mensch-Gebäude-Interaktion (HBI) beitragen. Mit einem nutzerorientierten Entwicklungsansatz und computergestützten Instrumenten beobachtet das Institut das Verhalten der Gebäudenutzenden und entwickelt menschenzentrierte und nachhaltige Technologien. Diese Technologien ermöglichen es den Gebäude-nutzenden, ihre Umgebung besser zu kontrollieren und gesünder, komfortabler, effizienter und nachhaltiger zu machen.

In den letzten 10 Jahren hat sich Human-IST parallel zum Smart Living Lab entwickelt und zu dessen interdisziplinären Charakter beigetragen. Zu den ersten Projekten gehörten intelligente Geräte für die Interaktion zwischen Mensch und Gebäude, wie beispielsweise die Comfort Box, ein interaktiver Begleiter, der Massnahmen zur Erhaltung des Komforts vorschlagen kann; die Insolight Luminaire, eine Deckenleuchte, deren Licht-

strahl vom Benutzenden ausgerichtet werden kann; und die MUBI-App, die eine mobile Schnittstelle zu aufgezeichneten Gebäudedaten bietet. Neuere Projekte sind umfangreicher geworden und umfassen mehrere Nutzerexperimente, von denen einige direkt in der Halle bleue oder im CELLS-Pavillon durchgeführt wurden.

Alle grösseren Projekte von Human-IST, die es im Rahmen des SLL durchgeführt hat, waren Kooperationsprojekte. AirSpecs ist eine Zusammenarbeit mit dem MIT Media Lab und NUS Singapore. Untersucht werden Wearables, mit denen der Komfort im Freien und in verschiedenen Umgebungen gemessen werden kann. Die ComfortBox ist ein Gerät zur Vorhersage von Unbehagen, das zu einem Patent und einer Zusammenarbeit mit Logitech geführt hat. Im HBI-Experiment, das mit zwei ACM CHI Best Paper Awards ausgezeichnet wurde, haben wir Nutzende in 20 Büroräumen, darunter Gemeinschafts- und Ruheräume, mithilfe von verteilten Bewegungs- und Komfort-sensoren verfolgt, um ihre Bedürfnisse und Verhaltensweisen objektiv zu ermitteln. Ein weiteres Projekt namens Lucideles, das von Human-IST und Idiap entwickelt wurde, konzentrierte sich auf ein menschenzentriertes Lichtmanagement, bei dem Simulationen und maschinelles Lernen eingesetzt wurden, um Beleuchtungen und Storen in Echtzeit dynamisch anzupassen.

Human-IST hat an nationalen und internationalen Projekten mit SLL-Partnern zusammengearbeitet. Eines davon ist das SWICE-Projekt, an dem 80 Forschende aus der ganzen Schweiz zusammengearbeitet haben, um Strategien zu testen, die die Schweizer Bevölkerung dazu ermutigen, zur Energiewende 2050 beizutragen. In diesem Zusammenhang entwickelt Human-IST interaktive Forschungsinstrumente, mit denen die Aktivität und das Mobilitätsverhalten der Teilnehmenden erfasst werden können. Auf internationaler Ebene arbeitete Prof. Lalanne mit Prof. Paradiso am MIT Media Lab zusammen und führte mehrere Forschungsprojekte wie AirSpecs und Workshops (zu Mensch-KI-Teamarbeit und verteilter Sensorik)

durch. Human-IST war auch an der Errichtung des Swiss-South Korean ARC-HEST-Austauschprogramms beteiligt, dessen dritte Ausgabe mit EPFL, UniFr, HETA-FR, EHWA, Hanyang und SKKU kürzlich abgeschlossen wurde und zu längerfristigen Austauschen von Studierenden geführt hat.

Insgesamt betrachtet leistet das Human-IST einen wichtigen Beitrag zum Smart Living Lab und beteiligt sich an zahlreichen Kooperationen und gemeinsamen Forschungsprojekten. Im Gegenzug unterstützt das SLL die Entwicklung des Human-IST-Instituts, indem es eine hervorragende Infrastruktur und ein Umfeld für die Initiierung von Projekten bereitstellt.

## Hauptprojekte im Smart Living Lab

### ComfortBox

» Die ComfortBox ist ein intelligentes persönliches Gerät, das entwickelt wurde, um Unbehagen in Gebäuden vorherzusagen und zu verhindern, indem es Beleuchtung, Geräusche, Luftqualität und Temperatur überwacht. Es warnt die Bewohner, bevor Probleme auftauchen und verbessert so das Wohlbefinden und die Produktivität. Es integriert Sensorik mit Vorhersage-Algorithmen. Der innovative Ansatz führte zu einer Patentanmeldung. Durch ein Innosuisse-Projekt mit Logitech wurde seine Integration in Büroumgebungen weiter vorangetrieben. Auf dieser Grundlage entstand AirSpecs als persönlichere Erweiterung in Form einer intelligenten Brille, die subtile Rückmeldungen auf Unbehagen gibt und in Boston, Singapur und Freiburg getestet wurde. Erkenntnisse aus der ComfortBox inspirierten auch das HBI-Experiment, bei dem ein Tracking in 20 Büroräumen erfolgte und objektive Messungen der Nutzerbedürfnisse lieferte. Lucideles übersetzte diese Prinzipien schliesslich in ein adaptives Lichtmanagement, bei dem maschinelles Lernen eingesetzt wird, um Komfort und Energieeffizienz in Einklang zu bringen.

## Leuchtturmprojekt 2024

### AirSpecs

» AirSpecs sind intelligente Brillen, die entwickelt wurden, um Unbehagen zu messen und durch dezentes peripheres Licht unaufdringlich Feedback zu geben. Das am MIT entwickelte System kombiniert tragbare Sensoren mit Umgebungshinweisen, um Nutzende auf Umwelteinflüsse aufmerksam zu machen, bevor sie das Wohlbefinden beeinträchtigen. Während ihres Forschungsaufenthalts am MIT nutzte Sailin Zhong AirSpecs, um die Komfortwahrnehmung an drei verschiedenen Orten – Freiburg, Boston und Singapur – zu vergleichen und zu erfassen, wie kulturelle und klimatische Unterschiede die Reaktionen des Menschen auf Licht, Geräusche, Luft und Temperatur beeinflussen. Durch die Erweiterung der Komfortmessung auf ein persönliches Wearable eröffnete AirSpecs neue Möglichkeiten, um subjektive Erfahrungen in Echtzeit und in verschiedenen Umgebungen zu untersuchen, und so eine Brücke zwischen Laborforschung und Alltag zu schlagen.

## Aktuelle Publikationen

Chwalek, Patrick; Zhong, Sailin; Perry, Nathan; Liu, Tianqi; Miller, Clayton; Alavi, Hamed Seieed; Lalanne, Denis; Paradiso, Joseph A. (2024) 

### A dataset exploring urban comfort through novel wearables and environmental surveys

Scientific data, 11, Scientific Data, 11, 1423.  
DOI: 10.1038/s41597-024-04279-9

Zhong, Sailin; Chwalek, Patrick; Perry, Nathan; Ramsay, David; Miller, Clayton; Lalanne, Denis; Alavi, Hamed Seieed; Paradiso, Joseph; 2024 

### Sensors and Sensibilities : Exploring Interactions for Habitat Comfort with an Environmental-Physiological Sensing Eyewear in the Wild

SSRN. DOI: 10.2139/ssrn.4943028

Papinutto, Michael; Boghetti, Roberto; Colombo, Moreno; Basurto, Chantal; Reutter, Cornelius; Lalanne, Denis; Kämpf Jérôme H.; Nembrini, Julien; 2022 

### Saving energy by maximising daylight and minimising the impact on occupants : An automatic lighting system approach

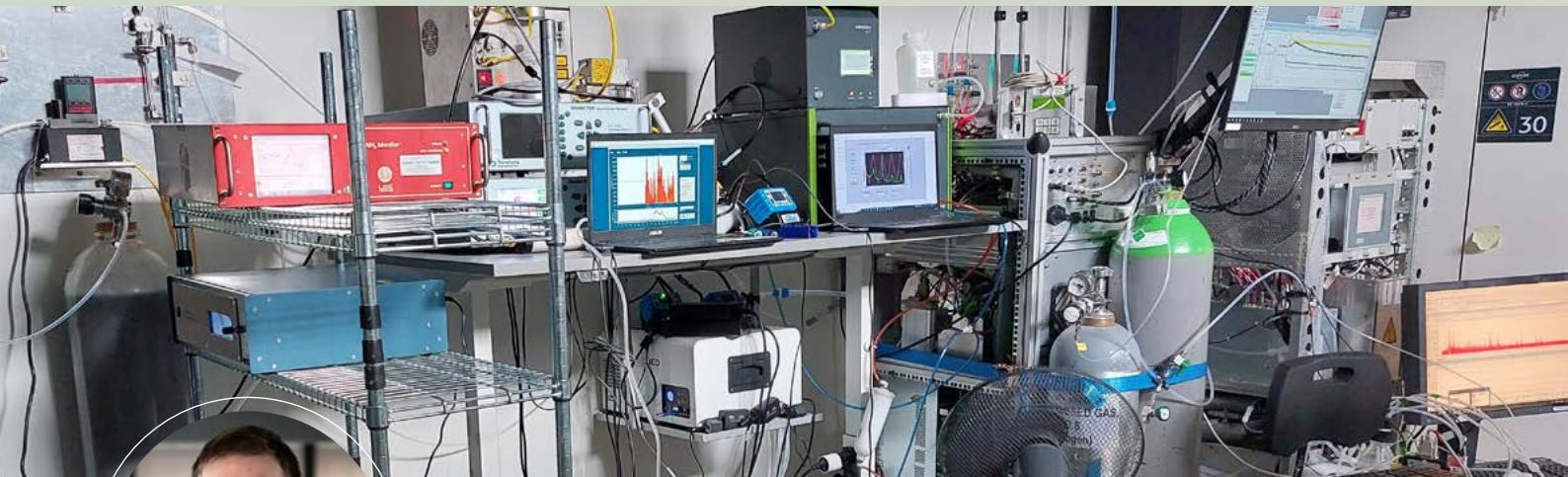
Energy and Buildings, 268, 112176 (2022).  
DOI: 10.1016/j.enbuild.2022.112176

## Partnerschaften

- » MIT Media Lab
- » National University of Singapore
- » Regent Beleuchtungskörper AG, Basel
- » ZHAW, Institut für Nachhaltige Entwicklung
- » Institut ENERGY, HTA-FR
- » Institut TRANSFORM, HTA-FR
- » HSLU, Hochschule Luzern
- » Logitech
- » Swiss Post
- » La Mobilière
- » BFE (Bundesamt für Energie)
- » BAFU (Bundesamt für Umwelt)
- » Prona
- » Bluefactory SA
- » EPFL
- » Empa
- » ETH Zürich
- » SUPSI, Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana
- » UNIGE, Universität Genf
- » Unil, Universität Lausanne

# Labor HOBEL

## Gesundheitsfördernde Gebäude für den Menschen und unseren Planeten



© dr



*«Bei HOBEL betrachten wir Gebäude als lebende Systeme, die täglich die Gesundheit von Menschen beeinflussen. Unser Ziel ist es, wissenschaftliche Erkenntnisse hervorzubringen, die nicht nur das Verhalten von Schadstoffen in Innenräumen erklären, sondern auch umsetzbare Lösungen für eine gesündere, fairere und nachhaltigere gebaute Umwelt liefern.»*

**Dusan Licina**

Directeur du Laboratoire HOBEL

Das Labor Human-Oriented Built Environment Lab (HOBEL) an der EPFL untersucht, wie Gebäude die menschliche Gesundheit und das Wohlbefinden beeinflussen. Der Schwerpunkt der Forschungsarbeiten liegt auf der Luftqualität in Gebäuden und auf Energieeffizienz.

HOBEL wurde 2018 am Smart Living Lab in Freiburg gegründet. Das Labor untersucht die komplexen Wechselwirkungen zwischen Menschen, Schadstoffen und Gebäuden. Unsere Mission ist es, zu gesünderen und nachhaltigeren Innenräumen beizutragen, indem wir das Wissen in vier Kernbereichen vorantreiben: (1) Quellen und Konzentrationen von Luftschatstoffen in Gebäuden, (2) Dynamik und Verbleib von Schadstoffen in Innenräumen, (3) Exposition von Menschen beim Einatmen und (4) Messung und Management der Innenraumqualität.

In den letzten zehn Jahren hat unsere Forschung grundlegende Erkenntnisse und praktische Lösungen hervorgebracht, die eine Brücke zwischen Wissenschaft, Technik und Politik schlagen. Wir waren die Ersten, die die Auswirkungen der WELL-Gebäudezertifizierung auf die Innenraumluftqualität quantifiziert haben. Weiter haben wir die grösste Studie der Schweiz zur Luftqualität in Schulen und Wohngebäuden durchgeführt und Strategien zur Minderung von Schadstoffen entwickelt, die bei der energetischen Sanierung entstehen. Unsere Arbeit hat neue emissionsbezogene Mechanismen bei

Menschen aufgedeckt, wie beispielsweise die Partikelbildung durch Haut-Ozon-Reaktionen, und wir haben fortschrittliche Methoden zur Bewertung der Exposition durch die «persönliche Wolke» vorangetrieben.

HOBEL leistete auch Pionierarbeit bei der Entwicklung ausgefester Überwachungs- und Kontrollstrategien, einschliesslich kostengünstiger Sensorauswertung, videobasierten Expositions-Proxies und optimierten Sensing-Frameworks für Innenraumluftqualität, die in die ASHRAE-Richtlinien eingeflossen sind. Unsere Forschung geht über einzelne Gebäude hinaus und verbindet Außenluftqualität, städtische Umgebungen und Energieverbrauch mit der Gesundheit in Innenräumen.

Zur Unterstützung unserer Arbeit haben wir eine erstklassige Versuchsinfrastruktur aufgebaut, einschliesslich umfangreicher Klimakammern, einer atmenden und gehenden Modellpuppe und eines einzigartigen aerosolerzeugenden Husten-Modellkopfs. Diese weltweit seltenen Einrichtungen fördern internationale Zusammenarbeiten und ermöglichen internationale Durchbrüche in den Bereichen Gebäudesysteme, Expositionswissenschaft, Dynamik von Luftschatstoffen und Umweltüberwachung.

HOBEL ist heute eine Referenz für interdisziplinäre, wirkungsvolle Wissenschaft im Bereich gesunde und nachhaltige Gebäude. Es beeinflusst globale Standards und bildet gleichzeitig die nächste Generation von Experten aus.

## Hauptprojekte im Smart Living Lab

### Environmental Climatic Chambers (2018–2021)

» Entwicklung und Inbetriebnahme von erstklassigen Versuchskammern an der EPFL Freiburg. Sie ermöglichen kontrollierte Studien zu Schadstoffemissionen, Aerosol-Dynamik und Exposition mit menschlichen Teilnehmenden.

### Swiss School Air Quality Campaign (2019–2023)

» Die grösste Studie der Innenraumluftqualität an Schweizer Schulen, die CO<sub>2</sub>, Feinstaub und Belüftung mit Gesundheit und Lernergebnissen in Verbindung bringt. Die Ergebnisse flossen in Empfehlungen für die öffentliche Gesundheit und unterstrichen die Vorteile einer mechanischen Lüftung während und nach der COVID-19-Pandemie.

### Human Emissions & Exposure Mechanisms (2018–2024)

» Studie, die Erkenntnisse zur Rolle von Haut, Kleidung und Körperpflegeprodukten bei der Erzeugung von Schadstoffen in Innenräumen hervorgebracht hat, einschliesslich der neuen Entdeckung der Partikelbildung durch Haut-Ozon-Reaktionen.

### SWICE (2020–laufend)

» Ein schweizweites SWEET-Projekt zum nachhaltigen Wohlbefinden im Rahmen der Energiewende, das sich auf menschzentrierte Datenerhebung sowie die Balance zwischen Innenraumluftqualität, Komfort und Energie fokussiert.

### INPERSO (2022–laufend)

» Ein Projekt im Rahmen von «Horizon Europe» zur Entwicklung personalisierter Renovationsstrategien und des ATLAS IEQ-Index für das Benchmarking von Innenräumen.

### ICARUS (EPFL, 2024)

» Dieses Projekt untersuchte, wie sich eine wirksame Infektionskontrolle mit der Energieeffizienz in Gebäuden in Einklang bringen lässt, indem die Innenraumdynämk respiratorischer Krankheitserreger modelliert und experimentell analysiert wurde. Dies führte zu Strategien für gesündere und nachhaltigere Lüftungssysteme.

## Leuchtturmprojekt 2024

### RENOMIZE (Horizon Europe, 2024–laufend)

» Das Projekt schlägt einen vollständig integrierten Renovationsansatz vor, der den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes umfasst – von der Bewertung zur Planung über die Umsetzung und Wartung bis hin zum Rückbau am Ende der Lebensdauer. Ziel ist es, die Renovationszeit und -kosten um mehr als 25 Prozent zu senken und gleichzeitig eine hohe Innenraumluftqualität zu gewährleisten. Im Rahmen des Projekts werden digitale Entscheidungshilfetools, fortschrittliche Raum-Zeit-Planungssysteme, modulare Fassaden- und HLK-Integrationslösungen sowie robotergestützte Paneelinstallatoren entwickelt. Außerdem wird die Fabrikautomatisierung untersucht, um die Qualität und Skalierbarkeit von vorgefertigten Renovationselementen zu verbessern. In vier Demonstrationsgebäuden in ganz Europa werden Pilotrenovationen durchgeführt. Im Rahmen von RENOMIZE leitet HOBEL die Bewertung der Auswirkungen auf die Innenraumluftqualität und die Belüftung durch Längsschnittfeldmessungen, Belegungs- und Belüftungsbewertungen und Bewohnerbefragungen, um sicherzustellen, dass die Innovationen sowohl effizient als auch menschenzentriert bleiben.

## Aktuelle Publikationen

Belias, Evangelos; Licina, Dusan. (2023)

### European residential ventilation: Investigating the impact on health and energy demand

Energy and Buildings, 304, 113839.  
DOI: 10.1016/j.enbuild.2023.113839

Wu, Tianren; Müller, Tatjana; Wang, Nijing; Byron, Joseph; Langer, Sarka; Williams, Jonathan; Licina, Dusan; 2024

### Indoor Emission, Oxidation, and New Particle Formation of Personal Care Product Related Volatile Organic Compounds

Environmental Science & Technology Letters, 1053-1061.  
DOI: 10.1021/acs.estlett.4c00353

Altomonte, Sergio; Kacel, Seda; Martinez, Paulina Wegertseder  
Licina, Dusan. (2024)

### What is NExT? A new conceptual model for comfort, satisfaction, health, and well-being in buildings

Building and Environment, 252, 111234.  
DOI: 10.1016/j.buildenv.2024.111234

## Partnerschaften

» Honeywell (Givisiez, Kanton Freiburg, und Rolle, Kanton Waadt)

» Siemens (Zug)

» Estia (Lausanne)

» United States Green Building Council (San Francisco, Vereinigte Staaten)

» ArcSkoru (Washington DC, Vereinigte Staaten)

» CBRE Real Estate (Amsterdam, Niederlande)

» Sensirion (Stäfa, Kanton Zürich)

» WindowMaster (Trimbach, Dänemark)

# Labor ICE

## Die Energieeffizienz von Gebäuden durch personalisierte Klimasteuerung verbessern



© dr



*«Nur durch einen menschenzentrierten Ansatz können wir über das veraltete Einheitsmodell bei der Gestaltung und dem Betrieb von Gebäuden hinausgehen.»*

**Dolaana Kovalyg**

Leiterin des Integrated Comfort Engineering Lab (ICE)

Heizung und Kühlung machen je nach Gebäudetyp und klimatischen Bedingungen 20 bis 70 Prozent des gesamten Energieverbrauchs eines Gebäudes aus. Da der Klimawandel zu häufigeren extremen Wetterereignissen führt, wird der Energiebedarf für die Klimatisierung von Innenräumen voraussichtlich steigen. Daher ist es von entscheidender Bedeutung, den Betrieb von Gebäuden zu überdenken und Lösungen zu entwickeln, die Energieeffizienz und das Wohlbefinden der Bewohnenden in Einklang bringen.

Das Raumklima in Gebäuden wird in der Regel nach standardisierten Bedingungen, die auf einer «durchschnittlichen Person» basieren, gestaltet und betrieben. Dieser veraltete «One-size-fits-all»-Ansatz, der zudem von einheitlichen und stabilen Bedingungen ausgeht, bietet oft nicht allen Bewohnenden optimalen Komfort. Infolgedessen trägt er zu der anhaltenden Diskrepanz zwischen dem prognostizierten und tatsächlichen Energieverbrauch von Gebäuden bei. Die Einführung eines personalisierten Ansatzes für die Raumklimasteuerung ist der nächste Meilenstein bei der Verbesserung der Ergonomie der thermischen Umgebung. Der Forschungsschwerpunkt des ICE-Labors liegt deshalb auf einem bewohnerzentrierten Ansatz, um die Energieintensität der Raumklimakontrolle in Gebäuden zu reduzieren und gleichzeitig den Komfort und das Wohlbefinden der einzelnen Menschen durch fortschrittliche Gestaltung und Steuerung von adaptiven und personalisierten thermischen Systemen zu berücksichtigen.

Die Forschung des ICE-Lab vereint Innovation und menschenzentriertes Design in vier Kernbereichen: Menschliche Faktoren, Sensorik und Modellierung, Steuerung und Betrieb sowie Technologie und Energie.

» **Menschliche Faktoren:** Wir untersuchen, wie Menschen Veränderungen in ihrer thermischen Umgebung erleben und sich daran anpassen. Unsere Forschung untersucht, wie personalisierte und lokalisierte thermische Konditionierung den Komfort, das Wohlbefinden und die Produktivität verbessern kann und wie sich Menschen kurz- und langfristig an milde Hitze und Kälte anpassen.

» **Sensorik und Modellierung:** Wir entwickeln intelligente, unauffällige Sensorlösungen für Gebäude. Mit physikalischen und datengesteuerten Ansätzen modellieren wir die Wärmeentwicklung und -abgabe von Menschen und erstellen Prognosen für personalisierten und lokalisierten thermischen Komfort.

» **Steuerung und Betrieb:** Die Entwicklung von intelligenten, nutzerzentrierten Steuerungssystemen zielt darauf, Gebäude reaktionsschneller und effizienter zu machen. Multikriterielle Steuerungsstrategien zur Optimierung von Komfort, Energieverbrauch und Wohlbefinden ebnen den Weg für eine personalisierte, adaptive Raumklimasteuerung.

» **Technologie und Energie:** Wir verbinden Forschung und praktische Anwendung durch die Entwicklung von Hardware. Dazu gehört die Bewertung der Leistung bestehender personalisierter Umgebungssteuerungssysteme (PECS) und

die Entwicklung von Konzepten der nächsten Generation, die maximale Energieeffizienz und tatsächlich personalisierten Komfort bieten.

Das ICE-Labor verbindet in seinen Forschungsbereichen experimentelle, computergestützte und datengesteuerte Methoden. Im Zentrum unserer experimentellen Arbeiten steht eine speziell entwickelte Klimakammer, die aussergewöhnliche Flexibilität und Modularität bietet und die Entwicklung einer breiten Palette von Heizungs-, Kühlungs- und Lüftungs-konfigurationen ermöglicht. Wir verwenden fortschrittliche

Instrumente, um physiologische Reaktionen des Menschen und thermische Bedingungen sowohl in Innen- wie auch Aussenräumen zu messen. Zur Erweiterung unserer Analysen verwenden wir auch Simulationsinstrumente, einschliesslich EnergyPlus, OpenStudio, TRNSYS, ENVI-met und Modelle zur menschlichen Thermoregulation. Unsere Arbeit umfasst sowohl kontrollierte Laborexperimente als auch Feldstudien unter realen Bedingungen, wodurch sichergestellt wird, dass unsere Erkenntnisse sowohl wissenschaftlich fundiert als auch praktisch anwendbar sind.

## Hauptprojekte im Smart Living Lab

### Anpassungen an kalte Umgebungen: Eine vergleichende Studie von aktiven nomadischen und modernen sesshaften Lebensstilen

» Diese interdisziplinäre Studie bietet einen ganzheitlichen Blick auf die Anpassung des Menschen an Kälte, indem sie Feld- und Laborbefunde aus den Bereichen Energie, Physiologie und Verhalten zusammenführt. Sie quantifiziert die realen Energiekosten für das Leben in extremer Kälte, vergleicht experimentell die thermo-regulatorischen Reaktionen zwischen traditionellen Nomaden in Jurten und sesshaften Menschen in modernen Gebäuden, und identifiziert das Verhalten als zentralen Faktor der thermischen Anpassung. Über die physiologische Gewöhnung hinaus beeinflussen die Aktivitätsmuster, Kleiderwahl und die Wechselwirkungen mit der Umwelt der Nomaden ihren thermischen Komfort und ihre Energiebilanz. Dies zeigt, dass eine enge Verbindung zwischen Verhalten und Physiologie besteht. Die Studie setzt neue Massstäbe für das Verständnis, wie Lebensstil und Umwelt die menschliche Widerstandskraft beeinflussen und liefert wertvolle Erkenntnisse, wie Komfort, Gesundheit und Energieeffizienz in einem sich verändernden Klima verbessert werden können.

### eCOMBINE

» Wechselwirkungen zwischen Energieverbrauch, Komfort, Verhalten und Innenräumen in Bürogebäuden.

### DIET-Regler

» Dynamische Innenraumumgebung mit Deep Reinforcement Learning

### BehaveLearn

» Reinforcement Learning für den bewohnerzentrierten Betrieb von Energieanlagen in Gebäuden: Theoretische und experimentelle Untersuchungen

### VentAir

» Auswirkung des belüfteten Zwischenraums hinter traditionellen (passiven) und GiPV (aktiven) Fassaden auf die thermohydrodynamische Leistung von Gebäudewänden

## Partnerschaften

- » Empa
- » Princeton University, Vereinigten Staaten
- » Politecnico di Torino, Italien
- » Universität Freiburg
- » greenteg AG

## Leuchtturmprojekt 2024

### Vorhersage des dynamischen Energieverbrauchs des Menschen mithilfe datengesteuerter Modelle

» Diese Studie präsentiert einen neuartigen Ansatz zur Vorhersage des Energieverbrauchs des menschlichen Körpers, der nicht nur die körperliche Aktivität, sondern auch die Umgebungstemperatur und die Nahrungsaufnahme berücksichtigt. Anhand von Daten aus mehreren tragbaren Sensoren, die an sechs Menschen angebracht wurden, haben wir unter Verwendung von Long Short-Term Memory (LSTM)-Netzwerken dynamische Modelle entwickelt, um Muster im Zeitverlauf zu identifizieren. Die Modelle sagten den Energieverbrauch korrekt voraus, mit einer Fehlerquote von 5 bis 15 Prozent bei Aktivitäten mit geringer und mittlerer Intensität. In der verbesserten Version erzielten die Ensemble-Modelle, die LSTM mit dem Gradient Boosting Algorithmus kombinieren, sogar noch bessere Ergebnisse. Jedes Modell wurde in Bezug auf die Eingabeparameter und Merkmale für jede Person personalisiert, was zeigt, dass massgeschneiderte Ansätze den Energieverbrauch von Menschen im Alltag genauer vorhersagen können.

## Aktuelle Publikationen

Perez Cortes, Victoria; Chatterjee, Arnab; Khovaly, Dolaana. (2024) [Prediction of dynamic human body energy expenditure using Long-Short Term Memory \(LSTM\) networks](#)

Biomedical Signal Processing & Control, v. 87, 105381  
DOI: 10.1016/j.bspc.2023.105381

Cho, Eun Ji; Khovaly, Dolaana; Nam, Sung Taeg. (2024) [Reframing 'Primitive Huts' from Structural to Environmental Techniques and Their New Interrelationship in the Machine Age](#)

Buildings, 14, 4072. DOI: 10.3390/buildings14124072

Younes Jaafar; Khovaly Dolaana. (2025) [Rethinking Local Thermal Sensation Prediction: The Role of Heat Flux over Skin Temperature in Personalized Models](#)

Building and Environment, v. 281, 113195.  
DOI: 10.1016/j.enbuild.2023.113195

# Institut iTEC

## Innovation für nachhaltiges und kreislauforientiertes Bauen



© Julien Ston



*«Unser Ziel ist es, Forschung in konkrete Lösungen umzuwandeln, indem wir den zurückhaltenden Verbrauch der Ressourcen mit gemeinsamem Experimentieren und regionaler Verankerung kombinieren.»*

**Fabienne Favre Boivin**

Leiterin des iTEC Instituts

Das Institut iTEC der HTA-FR ist seit 2019 Teil des Smart Living Lab und hat sich einem ehrgeizigen Ziel verschrieben: Es will die Umweltbelastung durch den Bausektor reduzieren und gleichzeitig die Qualität und die Widerstandsfähigkeit von Bauten verbessern. Dieser Ansatz lässt sich gut mit der Devise «Weniger ist mehr» zusammenfassen und findet in einer Reihe von innovativen und in der Realität der Region verankerten Projekten Ausdruck.

Ein Schwerpunkt des iTEC ist die Erforschung neuer Generationen von Baustoffen. Im Rahmen der Projekte TISLA und CIMI wurden leichte und biobasierte Betone getestet, die recycelte oder aus Biomasse gewonnene Bestandteile enthalten. Diese Forschungsarbeiten ebneten den Weg für ökonomischere bauliche Lösungen, die den Herausforderungen der städtebaulichen Verdichtung und einer Verbesserung der CO<sub>2</sub>-Bilanz gerecht werden.

Parallel dazu beschäftigte sich das Institut im Rahmen von Projekten wie Multivie und ReuSlab mit der Modularität und der Wiederverwendbarkeit von tragenden Strukturen. Die Projekte mündeten in einer fruchtbaren Zusammenarbeit mit der EPFL und sogar in der Gründung eines Start-ups, wodurch das Transferpotenzial zwischen akademischer Forschung und unternehmerischer Innovation verdeutlicht wird.

Die Integration der künstlichen Intelligenz in die Bauprozesse markierte einen weiteren Meilenstein in der Entwicklung von iTEC. Im Rahmen der 2024 abgeschlossenen Projekte Orcademo und Ass4.2 wurden automatisierte Diagnosetools zur Erkennung von Baustoffen und Bauweisen entwickelt, mit denen die Analyse- und Überwachungsmöglichkeiten von Bauten verbessert werden können.

Mit Projekten wie LASOL und REUSE@Lab hat sich das Institut auch nach wie vor mit den Living-Lab-Methoden befasst. LASOL untersucht den Bodenwert in der urbanen Raumplan und unterstützt öffentliche und private Akteure in einem kollektiven Prozess, mit dem Ziel, im Bausektor die Nutzung der Böden zu optimieren. REUSE@Lab wiederum beschäftigt sich mit kreislauffähigen Baustoffen. Die damit verknüpfte digitale Plattform FriSource fördert die Vernetzung wiederverwendbarer Ressourcen auf regionaler Ebene. Das Institut ist bestrebt, möglichst auf die Bedürfnisse der Endnutzerinnen und Endnutzer einzugehen, wie beispielsweise im Rahmen des Projekts i2B, ein Living Lab, das städtische Infrastrukturen für und mit sehbehinderten Menschen definiert.

Dem iTEC ist es gelungen, Zurückhaltung im Verbrauch, Innovation und Kooperation zu verbinden. Mit spürbaren Auswirkungen auf den Sektor: Das Institut hat sich als wichtiger Akteur des Smart Living Lab etabliert und trägt aktiv zur nachhaltigen Veränderung der gebauten Umwelt bei.

## Hauptprojekte im Smart Living Lab

### REUSE@LAB – Mit der Plattform FriSource wird die Wiederverwendung von Bauelementen erleichtert

» Das Projekt REUSE@LAB konzentriert sich auf die Wiederverwendung von Bauelementen, indem diese möglichst wenig verändert werden, um den Ressourcen- und Energieverbrauch zu senken. Mit dieser Förderung der Kreislaufwirtschaft werden alle Stakeholder im Bausektor – Bauherrschaft, Planerinnen und Planer, Unternehmen und Verwaltungen – angeregt, ihre Art und Weise zu überdenken, wie sie Gebäude entwerfen, bauen und verwalten. Indem REUSE@LAB Brücken zwischen diesen Stakeholdern schlägt, erleichtert das Projekt die für diesen Wandel erforderliche Zusammenarbeit. Dank der aus dem Projekt hervorgegangenen Plattform FriSource können sich die Stakeholder durch den Austausch wiederverwendbarer Materialien vernetzen und nachhaltige und innovative Lösungen für die Bauwirtschaft der Zukunft fördern.

### TISLA 2DFX / CIMI

» Entwicklung von leichtem und biobasiertem Beton auf der Basis von Sägemehl und recycelten Zuschlagstoffen.

### ORCADEMO / Ass4.2

» Integration der AI für die automatisierte Erkennung von Baustoffen und Bauweisen.

### ReuSlab – Prototyp einer wiederverwendbaren modularen Platte

» modulares, wiederverwendbares und anpassungsfähiges Gebäudetragsystem.

## Leuchtturmprojekt 2024



© Thomas Delley

### LASOL – Aufwertung von Böden in der Stadtplanung durch ein Living Lab in Chambloux-Bertigny

» Das Projekt LASOL zielt darauf ab, den Wert von Böden in den Prozessen der Raumplanung zu berücksichtigen, ein massgeblicher Faktor für die Erreichung der Ziele der Bodenstrategie Schweiz Strategie und der Ziele für Nachhaltige Entwicklung. Derzeit werden die Ökosystemleistungen des Bodens bei der Stadtplanung oft vernachlässigt. LASOL versucht, dieses Problem anzugehen, indem es die wichtigsten Stakeholder von Raumplanungsprojekten in einem Living Lab zusammenbringt. Das Projekt konzentriert sich auf den Sektor Chambloux-Bertigny in Freiburg und zielt darauf ab, Methoden zu entwickeln, mit denen eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung in Stadtentwicklungsprojekte integriert und während des gesamten Prozesses ein reibungsloser Informationsfluss zwischen den verschiedenen Parteien gewährleistet werden kann.

## Aktuelle Publikationen

Estrella, Xavier; Muresan, Alex; Brütting, Jan; Redaelli, Dario; Fivet, Corentin. (2024)

### RE:SLAB—a load bearing system for open-ended component reuse in building structures. Frontiers in Built Environment

Frontiers in Built Environment. DOI: 10.3389/fbui.2024.1355445

Ston, Julien; Zwicky, Daia. 2024

### Exploration of lightweight binders and aggregates made from biomass waste

Proceedings of the International Conference on Concrete Sustainability (FIB ICCS), 11-13 September 2024, Guimarães, Portugal

Favre Boivin Fabienne; Vanbutsele Sérena; Riondel Julie; Falque Juliette; Cosandey Anne-Claude; Martin David. (2024)

### LASOL: a Living Lab to help integrate soil protection into special planning and construction

2024 Proceedings of the ISSS celebrations, in press

## Partnerschaften

### » EPFL

» Innosuisse (Innovation Booster Living Labs for Decarbonisation)

» Der Freiburgische Baumeisterverband (FBV)

» Bauen Freiburg

» Kanton Freiburg

» Stadt Freiburg

» Progin SA

» Vial SA

» Durabilitas

» Stephan

» JPF SA

» Holcim

» Schweizerischer Blinden- und Sehbehindertenverband

# Labor ETHOS

## Integration sozialer und ökologischer Ziele für eine nachhaltige gebaute Umwelt



© Artur Tumasjan



**«Das Verständnis der Interaktion zwischen Menschen und Gebäuden ist der Schlüssel zur Förderung nachhaltiger und menschenzentrierter Städte.»**

**Andrew Sonta**

Leiter des Civil Engineering and Technology for Human-Oriented Sustainability Lab (ETHOS)

Die Vision von ETHOS ist es, moderne Daten und Computertechnologie zu nutzen, um Massnahmen auf allen Ebenen der gebauten Umwelt zu entwickeln, die gleichzeitig soziale und ökologische Ziele verfolgen. Die Forschung von ETHOS konzentriert sich auf die Interaktion zwischen Menschen und der gebauten Umwelt, um Wege zu nachhaltigeren Gebäuden, Quartieren und Städten zu finden.

Wenn wir über ein klareres Bild verfügen, wie Menschen – Bewohnerinnen, Nutzer, Fußgängerinnen – mit der gebauten Umwelt interagieren, können wir Strategien entwickeln, um sowohl unsere menschliche Erfahrung als auch die ökologischen Nachhaltigkeitsziele besser zu gestalten und zu verwalten. Hier einige Beispiele dafür, wie unsere Forschung zu dieser Integration beitragen kann:

» Entwicklung und Nutzung von Sensoren und Studien, um zu verstehen, wie Menschen Räume in Gebäuden nutzen und miteinander interagieren. Dies kann zu einfachen Vorschlägen oder Nachrüstungen führen, die Energie sparen und gleichzeitig soziale Interaktionen und Zusammenarbeit fördern.

» In einer Zeit des hybriden Arbeitens können wir die ganzheitliche Gebäudeleistung fördern, indem wir Erkenntnisse darüber sammeln, wie flexible Arbeitsrichtlinien nicht nur die Produktivität und das Wohlbefinden der Mitarbeitenden, sondern auch den Platzbedarf und Energieverbrauch in Büroräumlichkeiten beeinflussen.

» Da wir zunehmend erneuerbare Energiequellen einsetzen, stellt deren Unregelmäßigkeit eine Herausforderung für den Ausgleich von Energieangebot und -nachfrage dar. Strategien zur Nachfragesteuerung – wie Lastverschiebung und Lastabwurf in Gebäuden – können effektiver gestaltet werden, wenn wir mithilfe fortschrittlicher intelligenter Messsysteme Erkenntnisse über die Gebäudebelegung und potenzielle Risiken für den menschlichen Komfort gewinnen.

» Auf städtischer Ebene können datengestützte Techniken dabei helfen, zu verstehen, was eine Stadt Fußgängerfreundlich macht und wie eine energieeffiziente, Fußgängerfreundliche Gestaltung sich auch dahingehend auswirken kann, dass Quartiere den sozialen Zusammenhalt begünstigen.

## Hauptprojekte im Smart Living Lab

### **15min Estates: Mitgestaltung räumlicher Strategien für eine gerechte und nachhaltige Mobilität in grossen Wohnsiedlungen, Driving Urban Transitions/SNF**

» Das Projekt betrachtet das Zusammenspiel von (1) städtischem Raum, (2) Verkehrsoptionen und (3) den Bedürfnissen und Fähigkeiten der Menschen als Schlüsseldimensionen für nachhaltige Mobilitätsübergänge. Mit einem spezifischen Fokus auf großflächige Wohnsiedlungen (LHE), komplexe städtische Umgebungen, die über ganz Europa verteilt sind und eine große Anzahl von Einwohnern beherbergen, zielt das Projekt darauf ab, lokal angepasste und akzeptierte räumliche Strategien und Interventionen für eine gerechte und nachhaltige Mobilität gemeinsam zu entwickeln. Das Projekt wird einen vergleichenden Fallstudienansatz verwenden und sich auf fünf LHEs in Bulgarien, Ungarn, Deutschland, den Niederlanden und Lettland konzentrieren. ETHOS leitet die Bemühungen zur Modellierung und Entwicklung städtischer Interventionen, die die Zugänglichkeit innerhalb der 15minESTATES verbessern.

### **UrbanTwin: Ein städtisches digitales Zwillingsmodell für den Klimaschutz: Bewertung von Maßnahmen und Lösungen für Energie, Wasser und Infrastruktur, ETH Joint Initiative**

### **(Maschinelles Lernen) Wirtschaftliche Auswirkungen der ökologischen Wohnbaupolitik in der Schweiz, Enterprise4Society**

### **OptUSE: Optimierung des physischen Arbeitsplatzes für die sozioökologische Leistung von Städten, ENAC Fribourg Grant**

» Das Projekt zielt darauf ab, hybride Arbeitsrichtlinien zu modellieren und zu optimieren, um Wohlbefinden, Effizienz und Nachhaltigkeit in Einklang zu bringen. Es bietet einen Entscheidungsrahmen, der Interaktionen, Energie, Raum und Transport ausgewogen berücksichtigt.

## Leuchtturmprojekt 2024

### **Erfassung des sozialen Werts von Gebäuden anhand von Umgebungsdaten, SNF**

» Da gewerbliche Bürogebäude dazu dienen, effizientes Arbeiten zu fördern – wobei menschliche Interaktionen ein grundlegender Bestandteil sind –, brauchen wir empirische Methoden, um die Interaktionen in unseren Gebäuden zu erfassen. Nichtinvasive Umgebungssensoren wurden für diesen Zweck bisher nur unzureichend erforscht, könnten jedoch relevante Informationen zu menschlicher Dynamik in Gebäuden liefern. Wenn wir die Interaktionen der Nutzerinnen und Nutzer auf unaufdringliche und die Privatsphäre schützende Art und Weise messen können, lassen sich möglicherweise sensorische Strategien umfassend einsetzen, um Interaktionen zu messen. Dies würde nicht nur die Charakterisierung von Interaktionen in existierenden Räumen ermöglichen, sondern auch die Fähigkeit zu testen, wie räumliche und organisatorische Gestaltungsmassnahmen Interaktionen fördern oder hemmen.

## Aktuelle Publikationen

Favero, Matteo; Carlucci, Salvatore; Chinazzo, Giorgia; Möller, Jan  
Kloppenborg; Schweiker, Marcel; Vellei, Marika; Sonta, Andrew. (2024)

### **Ten questions concerning thermal comfort statistical data analysis: common deeds and misdeeds**

Building and Environment, 264, 1111903.  
DOI: 10.1016/j.buildenv.2024.1111903

Zhang, Yufei; Deng, Yang; Liang, Rui; Liu, Yaohui; Wang, Dan;  
Sonta, Andrew. (2024)

### **A data-driven framework for occupant-centric demand flexibility potential at scale**

Proceedings of the 11th ACM International Conference on Systems for Energy-Efficient Buildings, Cities, and Transportation (BuildSys '24)  
Hangzhou, China  
DOI: 10.1145/3671127.3699537 Hangzhou, China

Shoji, Kanaha; Sonta, Andrew. (2024)

### **Data-driven urban walkability: developing an empirical understanding of walking behavior and urban form**

Accepted for the proceedings of the ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering 2024 (i3CE 2024), Pittsburgh, PA, USA

## Partnerschaften

» Eawag

» Empa

» Universität Lausanne

» Universität Zürich

» Universität St.Gallen

» Riga Technical University (Lettland)

» Delft University of Technology (Niederlande)

» Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden (Deutschland)

» Budapest University of Technology and Economics (Ungarn)

» University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Sofia (Bulgarien)

» National Institute of Technology Tiruchirappalli (Indien)

» Villanova University (Vereinigte Staaten)

» Siemens Suisse SA

» Bluefactory SA

» SMG Swiss Marketplace Group

» Groupe E

» Services industriels de Lausanne

# Gruppe DIGITS

## Digitale Transformation von Smart-Living-Umgebungen



© Sonia Villegas

**«Anwendung von Methoden der Wirtschaftsinformatik in interdisziplinären Kooperationen für Smart-Living-Umgebungen.»**

**Hans-Georg Fill**

Leiter der Gruppe Digitalization and Information Systems (DIGITS)

Die Gruppe Digitalisierung und Informationssysteme (DIGITS) der Universität Freiburg unterstützt das Smart Living Lab durch Grundlagen- und angewandte Forschung zur digitalen Transformation von Smart-Living-Umgebungen. Es werden Methoden der Wirtschaftsinformatik eingesetzt, um die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Fachbereichen zu ermöglichen.

Die Gruppe DIGITS nimmt seit 2022 am Smart Living Lab teil. Sie betreibt Grundlagen- und angewandte Forschung zur digitalen Transformation von Smart-Living-Umgebungen. Ein Schwerpunkt der letzten Jahre lag darauf, konzeptionelle Modellierung – als Mittel zur formalen Darstellung und Verarbeitung von Wissen – mit erweiterter und virtueller Realität zu verbinden. Dadurch kann das in konzeptionellen Modellen ausgedrückte Wissen in dreidimensionalem Raum in der realen oder virtuellen Welt verankert werden. In diesem Zusammenhang wurde der Ansatz «spatial conceptual modelling» entwickelt, der Konzepte des Spatial Computing in konzeptuelle Modelle auf einer Metaebene integriert. Dadurch können Informationen aus konzeptuellen Modellen in Objekte der realen oder virtuellen Welt in dreidimensionalem Raum verankert

werden. Es handelt sich somit um eine grundlegende Stütze für sogenannte «digitale Zwillinge», die es ermöglichen, die Auswirkungen realer Eingriffe in ihren virtuellen Entsprechungen zu simulieren und zu analysieren. Mögliche Anwendungsbereiche sind zum Beispiel Architektur, Kulturerbe oder Smart Cities. Zu den ersten konkreten Umsetzungen dieses theoretischen Ansatzes gehören die Entwicklung der Modellierungssprache Augmented Reality Workflow Modeling Language (ARWFML), mit der Augmented Reality (AR) in einer visuellen Umgebung ohne Programmierung angewandt werden kann, sowie die Entwicklung und Bereitstellung der MM-AR Open-Source-Metamodellierungsplattform, die die Erstellung von 3D- und AR/VR-basierten Modellierungssprachen ermöglicht. Weitere Projekte in diesem Zusammenhang sind die Erstellung von 3D-Videos für Bildungszwecke, z. B. in Zusammenarbeit mit der Gruppe EPFL HOBEL, sowie Experimente auf der Grundlage von Daten der Building2050-Gruppe für Augmented-Reality-Anwendungen. Weiter wurden in Zusammenarbeit mit dem Gesundheitsnetz See in Murten erste Experimente durchgeführt, um zu untersuchen, wie virtuelle Realität im Zusammenhang mit dem Wohlbefinden älterer Menschen eingesetzt werden könnte. Zur Unterstützung der digitalen Transformation von Akteuren im Bereich gebaute Umwelt führte die DIGITS-Gruppe eine Studie für das Unternehmen

Hilti durch, um die Auswirkungen der jüngsten Entwicklungen im Bereich der generativen künstlichen Intelligenz auf interne Arbeitspraktiken zu untersuchen. Weiter sind Mitglieder der DIGITS-Gruppe regelmässig bei den Explora-Ausstellungen der Universität Freiburg vertreten, wo sie der breiten Öffentlichkeit konzeptionelle Modellierung, AR/VR-Geräte und Robotik vorstellen. Neben der kontinuierlichen internationalen

Veröffentlichung der Forschungsergebnisse der Gruppe wurden Kontakte mit internationalen Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft geknüpft und gepflegt. Vor kurzem begann die DIGITS-Gruppe, die Anwendung der räumlichen Konzeptmodellierung im Bereich Robotik und in den Bereichen Kulturerbe und Smart Cities zu untersuchen.

## Hauptprojekt im Smart Living Lab

### MM-AR Metamodellierungsplattform

» Eine Open-Source, webbasierte Metamodellierungsplattform zur Entwicklung von wissensbasierten digitalen Zwillingen in räumlichen Umgebungen wie gebaute Umwelt, Architektur, Kulturerbe. Es handelt sich um die erste Open-Source-Plattform, die 2D- und 3D-Konzeptmodellierung nach den Prinzipien der räumlichen Konzeptmodellierung integriert und AR- und VR-Geräte über den WebXR-Standard nativ unterstützt.

## Leuchtturmprojekt 2024



### Augmented Reality Workflow Modeling Language (ARWFML)

» Eine visuelle Modellierungssprache zur Erstellung von Augmented-Reality-Anwendungen ohne Programmieraufwand. ARWFML wurde im Rahmen der Doktorarbeit von Fabian Muff entwickelt und ermöglicht es den Nutzerinnen und Nutzern, Augmentationen und AR-Workflows grafisch zu definieren. Sie wurde auf den Metamodellierungsplattformen ADOxx und MM-AR implementiert und evaluiert.

## Aktuelle Publikationen

Muff, Fabian; Fill, Hans-Georg. (2024)

### M2AR: A Web-based Modeling Environment for the Augmented Reality Workflow Modeling Language

Proceedings of the ACM/IEEE 27th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems, ACM, 1-5, DOI: 10.1145/3652620.3687779

Muff, Fabian; Fill, Hans-Georg. (2024)

### Multi-faceted Evaluation of Modeling Languages for Augmented Reality Applications: The Case of ARWFML

International Conference on Conceptual Modeling ER 2024, Springer, DOI: 10.1007/978-3-031-75872-0\_5

Muff, Fabian; Fill, Hans-Georg. (2023)

### Domain-specific visual modeling language for extended reality applications using WebXR

International Conference on Conceptual Modeling ER 2023, Springer, DOI: 10.1007/978-3-031-47262-6\_18

## Partnerschaften

» Gesundheitsnetz See, Murten

» Università Politecnica delle Marche, Ancona (Italien)

» Stanford University – Center for Design Research (CDR) (Vereinigte Staaten)

» Stanford University – Biomedical Informatics Research (BMIR) (Vereinigte Staaten)

» CONTAKT-EDV AG, Wien (Österreich)

» Hilti AG, Liechtenstein

# Gruppe DS&OR

## Lösungen für reale Herausforderungen im Bereich Transport und Logistik



© Sonia Villegas



**«Unser Ziel ist es, die komplexe Entscheidungsfindung im Bereich Logistik und Transport zu unterstützen.»**

**Bernard Ries**

Leiter der Gruppe Decision Support & Operations Research (DS&OR)

Die DS&OR-Gruppe entwickelt mathematische Theorien, Modelle und Algorithmen zur Unterstützung und Verbesserung der Entscheidungsfindung in komplexen, realen Situationen, hauptsächlich in den Bereichen Transport und Logistik. In ihren Projekten verbindet die Gruppe Theorie und Praxis in Zusammenarbeit mit führenden Partnern aus der Industrie und Wissenschaft.

Unternehmen aus dem Bereich Transport, Logistik und verwandten Sektoren stehen vor immer komplexeren Herausforderungen, die algorithmische und computergestützte Methoden erfordern. Die DS&OR-Gruppe befasst sich mit diesen Herausforderungen, indem sie Probleme modelliert, Algorithmen entwickelt und computergestützt löst und die Ergebnisse effektiv kommuniziert. Ihre Forschung verbindet grundlegende Fortschritte mit praktischen, anpassungsfähigen Ansätzen, die durch die Zusammenarbeit mit Industriepartnern gestärkt werden.

Ein Höhepunkt ist die laufende Zusammenarbeit mit Électricité de France (EDF), die durch das PGMO-Programm finanziert wird. Der Schwerpunkt des 2023 gestarteten Projekts liegt auf der Entwicklung von effizienten Algorithmen, die auf Spaltengenerierungstechniken basieren. Sie dienen dazu, die Routen der Techniker, die Wartungsarbeiten an Stromversorgungsnetzen durchführen, zu erstellen und zu optimieren.

Die Gruppe beteiligt sich auch als Partner am COVER-Projekt, das vom 2025 gestarteten Programm «Staff Exchanges – Marie Skłodowska-Curie Actions» finanziert wird. Im Rahmen des COVER-Projekts ist die Gruppe an zwei Teilprojekten mit Schwerpunkt Transport beteiligt: ein Projekt in Zusammenarbeit mit der Boğaziçi Universität und der Istanbuler Busverkehrsbehörde (IETT) zur Planung des Buspersonals in Istanbul; ein anderes Projekt in Zusammenarbeit mit der Primorska Universität und der Stadtbehörde von Koper zur Straßenreinigung in Slowenien.

Im Bereich Flugverkehr führt die Gruppe in Zusammenarbeit mit Forschenden der École Nationale des Ponts et Chaussées in Frankreich eine Studie zur Personal- und Flugroutenplanung durch. Das Projekt untersucht die rechnergestützte Komplexität dieser Probleme, um die Hauptfaktoren zu identifizieren, die zu deren Schwierigkeit beitragen. Weiter werden im Rahmen des Projekts effiziente und anpassungsfähige Algorithmen entwickelt, die anhand von Beispielen der Air France getestet werden.

Weitere Projekte erweitern die Expertise der Gruppe auf diverse Anwendungen. Dazu gehört ein Projekt zur Kranplanung in Häfen, das sich auf die effiziente Be- und Entladung von Schiffen in Containerterminals konzentriert. Es wird in Zusammenarbeit mit Forschenden der Hamad Bin Khalifa Universität in Katar und der Northeastern Universität in China durchgeführt. Ein anderes Projekt, das mit Forschenden der Carnegie Mellon Universität in Katar durchgeführt wird, untersucht Strategien für den Einsatz von mobilen Robotern, um grosse und zunächst unbekannte Gebiete effizient zu vermessen und räumliche Karten von relevanten Merkmalen zu erstellen.

Seit ihrem Beitritt zum SLL im Jahr 2022 hat die Gruppe ihr Kooperationsnetzwerk vergrössert und ihr Forschungspotfolio diversifiziert. Gleichzeitig hat sie ihre doppelte Mission beibehalten: die Förderung der Grundlagenforschung im Bereich Operations Research und durch Partnerschaften den Transfer von Wissen, das sich Herausforderungen aus der Praxis stellt. Zu den Erfolgen der Gruppe zählt die Fertigstellung eines durch Innosuisse finanzierten Projekts in Zusammenarbeit

mit Schwendimann AG und iimt (Universität Freiburg) zum Thema Abfallsammlung. Ein weiteres Projekt, das vom SBB-Forschungsfonds finanziert wurde, legte den Schwerpunkt auf die Optimierung der Zuweisung von Bahnaktivitäten an die SBB-Personaldepots. Nach dem Weggang der leitenden Forscherin Vera Fischer stiess im Jahr 2024 Nour Elhouda Tellache zur Gruppe.

## Hauptprojekte im Smart Living Lab

### Optimierung der Zuweisung von Bahnaktivitäten an die SBB-Personaldepots

» Die Gruppe hat in Zusammenarbeit mit der SBB ein Projekt fertiggestellt, das vom SBB-Forschungsfonds finanziert wurde, der Forschungen zu aktuellen Herausforderungen im Schweizer Eisenbahnnetz unterstützt. Der Schwerpunkt des Projekts lag auf der Zuweisung jedes Aktivitätssegments – beispielsweise eines Teils der Intercity-711-Strecke in der Zeit von 7.42 Uhr in Genf bis 9.03 Uhr in Freiburg – an die verschiedenen Personaldepots, von wo aus die Zugbegleiterinnen und -begleiter ihre täglichen Routen starten und beenden. Ziel war es, das derzeitige Zuweisungssystem der SBB zu überprüfen, Verbesserungsmöglichkeiten aufzuzeigen und strategische Entscheidung festzulegen. Die Ergebnisse zeigen, dass durch die im Rahmen dieser Forschung entwickelten Algorithmen der Personalbedarf um 19 Prozent gesenkt werden könnte.

### Entscheidungshilfe für eine effiziente und nachhaltige Abfallsammlung

### Ein Spaltengenerierungsansatz für die Routenplanung von Elektrotechnikern

### Optimierung des Luftverkehrsbetriebs: Einsatzplanung des Personals und Flugroutenplanung

### COVER: (C)ombinatorial (O)ptimization for (V)ersatile applications to (E)merging u(R)ban Problems

## Leuchtturmprojekt 2024



### Ein Spaltengenerierungsansatz für die Routenplanung von Elektrotechnikern

» Im Jahr 2023 sicherte sich die Gruppe in Zusammenarbeit mit der Forschungs- und Entwicklungsabteilung von Électricité de France (EDF) die Finanzierung für ein einjähriges Projekt, das später um ein zweites Jahr verlängert wurde. Der Schwerpunkt des Projekts liegt auf der Optimierung der Routen von Technikern, um die Anzahl der Einsätze zu maximieren und dabei verschiedene Einschränkungen zu berücksichtigen, darunter die Fähigkeiten des Technikers, Zeitfenster für Einsätze, Kapazitäten und Fahrzeiten. Das Projekt ist Teil des Gaspard-Monge-Programms für Optimierung, Operational Research und deren Wechselwirkungen mit Datenwissenschaften (PGMO), das die Forschung in mathematischen Bereichen unterstützt, die von den Industriepartnern als entscheidend identifiziert werden.

## Aktuelle Publikationen

Fischer, Vera; Panque, Meritxell Pacheco; Legrain, Antoine; Bürgy, Reinhard. (2024)

### A capacitated multi-vehicle covering tour problem on a road network and its application to waste collection

European Journal of Operational Research, 315 (1), 338-353.  
DOI: 10.1016/j.ejor.2023.11.040

ElHouda Tellache, Nour; Meunier, Frédéric; Parmentier, Axel. (2024)

### Linear Lexicographic Optimization and Preferential Bidding System

Transportation Science, 58, n°3. DOI: 10.1287/trsc.2022.0372

Fischer, Vera; Legrain, Antoine; Schindl, David. (2024)

### A Benders Decomposition Approach for a Capacitated Multi-vehicle Covering Tour Problem with Intermediate Facilities

In Lecture Notes in Computer Science (pp. 277–292). Springer Nature Switzerland. DOI: 10.1007/978-3-031-60597-0\_18

## Partnerschaften

» Électricité de France (EDF)

» System-Alpenluft AG

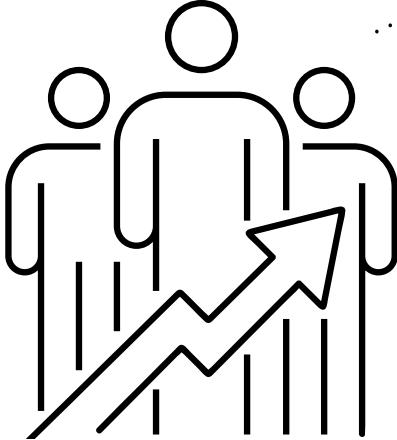
» Schwendimann AG

» iimt Unifr

» SBB CFF FFS

# Kennzahlen

## Personal



**129 Mitarbeiterende**

**26 vertretene Nationalitäten**



Bei der Einrichtung des Smart Living Lab in seinem provisorischen Gebäude im Jahr 2015 arbeiteten dort rund vierzig Personen. Ende 2024 beträgt die Zahl der aktiven Mitarbeitenden im Smart Living Lab 129. Sie sind entweder der EPFL, der HTA-FR oder der Universität Freiburg zugeordnet. Diese Gruppe zeichnet sich sowohl durch eine große Vielfalt an Kompetenzen und wissenschaftlichen Disziplinen als auch durch kulturelle Diversität aus, mit insgesamt 26 vertretenen Nationalitäten. Diese Vielfalt trägt wesentlich dazu bei, Innovation und Forschungsqualität zu fördern.



Anzahl VZÄ (Vollzeitäquivalent) Ende 2024

**32,25**

**27\***

**7,36\***

Anzahl Mitarbeiterende Ende 2024

**37**

**74\***

**18\*\***

\*Das Personal der HTA-FR und der Universität Freiburg ist auf die Standorte Pérrolles und Bluefactory verteilt.

## Forschung

# 1180

» Anzahl Publikationen in 10 Jahren

Die 12 Forschungsteams des Smart Living Lab haben im Jahr 2024 insgesamt 70 Publikationen veröffentlicht. Innerhalb von zehn Jahren hat das SLL fast 1180 Publikationen aller Art (wissenschaftliche Artikel, Bücher, Tagungsberichte, Doktorarbeiten usw.) veröffentlicht. Die Veröffentlichung von Forschungsergebnissen ist sehr wichtig, da sie die in Freiburg generierten Beiträge der internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft und der Industrie zugänglich macht.



## Anzahl Dissertationen

2 im Jahr 2020 (die ersten)

7 im Jahr 2024

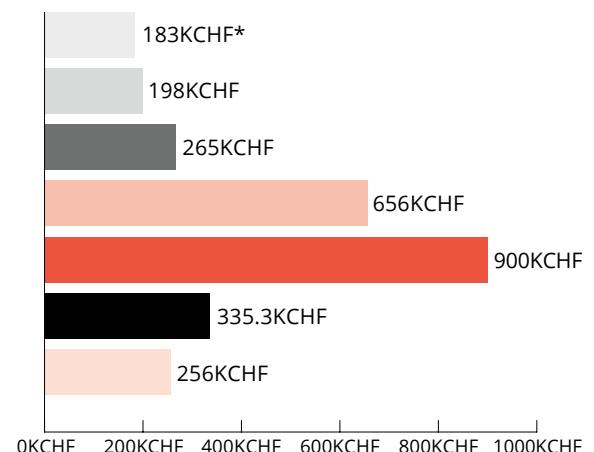
**insgesamt 20 Ende 2024**

# Erhaltene Mittel

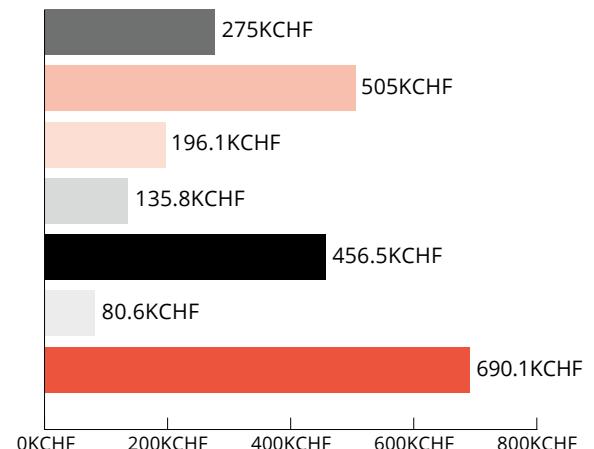
Innerhalb von zehn Jahren ist es den verschiedenen Forschungsgruppen des Smart Living Lab gelungen, Mittel von einer Vielzahl institutioneller Akteurinnen und Akteure aus dem öffentlichen und privaten Sektor zu beschaffen. Es handelt sich hier um eine Auswahl der wichtigsten Beschaffungen von Drittmitteln aus dem ersten Jahrzehnt des Bestehens des SLL.



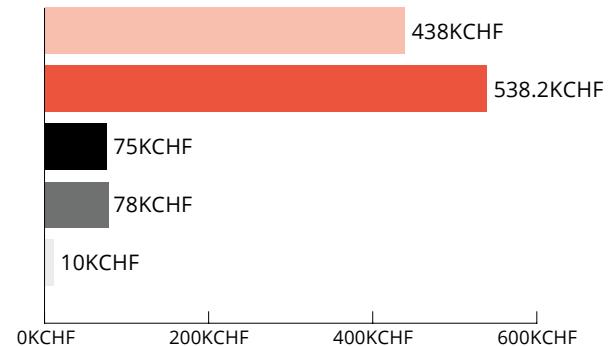
- » Bundesamt für Energie, 2019
- » Horizon Europe, 2019
- » SNF, 2020
- » SNF, 2020
- » Horizon Europe, 2022
- » SNF, 2024
- » SNF / Horizon Europe, 2024



- » NPR, 2014
- » NPR – Losinger Marazzi, 2014
- » NPR, 2021
- » NPR, 2022
- » Innosuisse, 2023
- » Bundesamt für Energie, 2024
- » SNF, 2024



- » Bundesamt für Energie, 2022
- » Schwendimann, 2022
- » Bundesamt für Energie, Regent Lighting, 2020-2022
- » Bundesamt für Energie, 2024
- » Hilti, 2024



\*Die Beträge sind in Tausend Schweizer Franken (KCHF) angegeben.

# Kommunikation

## Anzahl Follower in den Social Media



### Instagram

1259 (13 August 2025)  
471 in 2018



### LinkedIn

4356 (13 August 2025)  
851 in 2018

Von Anfang an hat das Smart Living Lab eine Kommunikationsstrategie entwickelt, die sowohl intern, über Newsletter an seine Mitglieder, als auch extern umgesetzt wird. Diese basiert zum Teil auf seiner offiziellen Website, die regelmässig aktualisiert wird, sowie den Social Media, die seit ihrer Einführung einen starken Zuwachs verzeichnet haben.



Smart Living Lab  
Halle bleue | Bluefactory  
Passage du Cardinal 13B  
CH-1700 Fribourg

**[info@smartlivinglab.ch](mailto:info@smartlivinglab.ch)**  
**[www.smartlivinglab.ch](http://www.smartlivinglab.ch)**