



**BauSIM 2024 in Wien**  
**23. September – 26. September**

# BauSIM 2024

10te Konferenz von IBPSA-DACH, TU Wien, Österreich

## E-BOOKLET



### PROGRAMM UND Beiträge

23 – 26 September 2024, Wien, Österreich



# WILLKOMMEN BEI DER BAUSIM 2024

Sehr geehrte Teilnehmer\*innen,

Zum 10. Mal treffen sich im Rahmen der IBPSA-DACH Forscher\*innen, Entwickler\*innen und Anwender\*innen, um sich über den Fortschritt der energetischen und ökologischen Gebäude- und Quartierssimulation auszutauschen.

Vor dem Hintergrund der sich abzeichnenden Klimakrise sind Simulationsmethoden für Gebäude, Quartiere und Städte von entscheidender Bedeutung für die erfolgreiche Transformation des Gebäudebestands hin zu Klimaneutralität. Diese Methoden tragen zur Erreichung hoher Bewohner\*innenzufriedenheit, Versorgungssicherheit und Resilienz bei, helfen die Auswirkungen von Entscheidungen im Mobilitäts- und Energiesystem, sowie der Infrastruktur besser zu verstehen und stellen deren Umsetzung in hoher Qualität und Wirtschaftlichkeit sicher.

Vom 23. bis 26. September 2024 treffen sich Interessierte zu diesen Themen an der TU Wien, mitten im Herzen von Wien. Wien ist bekannt für seine reiche Kulturgeschichte, geprägt von berühmten Künstlern wie Mozart, Beethoven, Strauss, Klimt, Schiele, Kokoschka, Hundertwasser, Berg, Canetti und vielen anderen mehr. Die Stadt bietet eine Fülle an Museen, Theatern und Opernhäusern, die das kulturelle Leben bereichern. Die Wiener Staatsoper und das Kunsthistorische Museum sind nur zwei Beispiele, die die kulturelle Strahlkraft der Stadt verdeutlichen. Wien wird regelmäßig als eine der Städte mit der höchsten Lebensqualität weltweit ausgezeichnet. Sauberkeit, eine gut funktionierende öffentliche Infrastruktur und eine Vielzahl an Grünflächen, wie der Wiener Prater und die Donauinsel, bieten nicht nur den Einwohner\*innen, sondern auch den Besucher\*innen eine hohe Lebensqualität.

Wir freuen uns sehr, zur BauSIM2024 über 120 Teilnehmer\*innen aus der Schweiz, Deutschland, Luxemburg und Österreich begrüßen zu dürfen.

Im Rahmen der BauSIM2024 stehen vier Hauptvorträge im Fokus, die sich mit der Bedeutung von Simulationswerkzeugen in Krisenzeiten, den Datengrundlagen für potenzielle zukünftige Klimaverläufe und extreme Klima- und Wetterphänomene, der ganzheitlichen Betrachtung der Elektrifizierung von Raumheizung und Warmwasserbereitung, sowie der Nutzerzentrierung und Flexibilisierung des Energieverbrauchs von Gebäuden befassen. Mit insgesamt 100 Beiträgen (4 Hauptvorträge, 59 Fullpapers, 20 Projektberichte, 17 Poster) wird der Austausch zwischen Wissenschaftler\*innen, Softwareentwickler\*innen und Anwender\*innen gefördert. Alle Fullpaper werden als Tagungsband auf der Homepage der IBPSA veröffentlicht, eine Auswahl der besten Arbeiten werden in der Zeitschrift Bauphysik herausgegeben. Der begleitenden Konferenzband mit Programm, Projekteberichten und Postern werden im Repositum der TU Wien veröffentlicht.

Im Namen des lokalen Organisationskomitees möchte ich mich bei allen Autor\*innen für die sorgfältige Erstellung der Beiträge und bei den Gutachter\*innen für ihre vielen wertvollen Rückmeldungen bedanken.

Für das Vertrauen, die Konferenz ausrichten zu dürfen, danken wir herzlich der IBPSA-DACH und für die Unterstützung bei der Organisation den Gremien und Serviceeinrichtungen der TU Wien.

Ein besonderer Dank gilt allen, die ihre Zeit und Mühe in die Organisation und Durchführung unserer Konferenz investiert haben. Ein spezieller Dank geht an das Team und die Studierenden des Forschungsbereichs Bauphysik an der TU Wien – Institut für Werkstofftechnologie, Bauphysik und Bauökologie – für ihre gewissenhafte Organisation, die maßgeblich zum Erfolg der BauSIM2024 beigetragen hat!



Wien, September 2024

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Thomas Bednar

# INHALT

<b>1 KOMITEES</b>	<b>5</b>
1.1 Organisationskomitee	5
1.2 Wissenschaftliches Komitee	6
<b>2 HAUPTREDNER</b>	<b>7</b>
Prof. Dr.-Ing. Conrad Völker	7
Dr. Theresa Schellander-Gorgas	8
Assoz. Prof. Dr.-Ing. Fabian Ochs	9
Dr.-Ing. Kai Rewitz	10
<b>3 GASTGEBER – TU WIEN</b>	<b>11</b>
<b>4 SPONSOREN</b>	<b>12</b>
4.1 Woschitz Group	12
4.2 TIAN Engineering	12
4.3 Hacon GmbH	13
4.4 Equa Solutions AG	13
<b>5 ANREISE – WEGBESCHREIBUNG</b>	<b>14</b>
5.1 TU Wien – Anbindung an Öffentliche Verkehrsmittel	14
5.2 Flughafen Wien – TU Wien	15
<b>6 TAG 0 – MONTAG 23.09.2024</b>	<b>16</b>
<b>7 TAG 1 – DIENSTAG 24. 09.2024</b>	<b>17</b>
7.1 Wegbeschreibung TU Wien	18
<b>8 TAG 2 – MITTWOCH 26. 09.2024</b>	<b>19</b>
8.1 Wegbeschreibung TU Wien	20
8.2 Gala Dinner – Ariana	21
<b>9 TAG 3 – DONNERSTAG 27. 09.2024</b>	<b>22</b>
9.1 Wegbeschreibung TU Wien	23
<b>10 BEITRÄGE</b>	<b>24</b>
10.1 Energetische Gebäude- und Quartiersmodellierung	24
10.2 Raumklima – Nutzer*innen -Interaktionen	41
10.3 Modellierung und Simulation im Lebenszyklus von Gebäuden und Quartieren	45
10.4 Bauphysikalische Simulationen auf Bauteilebene	49
10.5 BIM-basierte Planungswerzeuge und Integrationsansätze	52
10.6 Monitoring von Gebäuden und Quartieren	57
10.7 Numerische Lösungsverfahren, Optimierung und Implementierung	61
<b>11 EXKURSIONEN – FREITAG 27.09.2024</b>	<b>66</b>
11.1 Besichtigung Käthe-Dorsch-Gasse 17 & Flughafen Wien	66
11.2 Besichtigung TU Wien Plus-Energie Bürohochhaus am Getreidemarkt & Flughafen Wien	67

# 1 Komitees

## 1.1 Organisationskomitee



**Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn Thomas Bednar(Konferenz Chair)**

Institut für Werkstofftechnologie, Bauphysik und Bauökologie  
 Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwesen  
 Technische Universität Wien



Jasmin Berger-Heda



Dipl.-Ing. Sabine Sint

Noah Fritscher

Dipl.-Ing. Manfred Grüner

Simon Hinterseer MSc

ARat Ing. Harald Hofbauer

Amir Kamidollinov

Dipl.-Ing. Daniella Mehanni

Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Galina Paskaleva

Markus Penteker

Dipl.-Ing. Andreas Sarkany

Florian Schnabel BSc

Dipl.-Ing. Bernhard Steiner

## 1.2 Wissenschaftliches Komitee

Fazia Ali Toudert, National School of Architecture of Paris-Val de Seine ENSAPVS  
Dr. Hayder Alsaad, Bauhaus-Universität Weimar  
Prof. Dr. Martin Bauer, Technische Hochschule Augsburg  
Prof. Dr. Thomas Bednar, TU Wien  
Dr. Michele Bianchi Janetti, Universität Innsbruck  
Prof. Dr. Svenja Carrigan, Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau  
Dr. Abdulrahman Dahash, AIT Austrian Institute of Technology GmbH  
Prof. Dr. Pieter de Wilde, Lund University  
Prof. Dr. Arno Dentel, Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm  
Dr. Georgios Dermentzis, Universität Innsbruck  
Dr. Lilli Frison, Fraunhofer Institute for Solar Energy  
Dr. Markus Gratzl, Ingenieurbüro Gratzl  
Prof. Dr. Gerrit Höfker, Hochschule Bochum  
Prof. Dr. Christoph Höller, Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg  
Prof. Dr. Christina Hopfe, TU Graz  
Dr. Arda Karasu, Technische Universität Berlin  
Prof. Dr. Jens Knissel, Universität Kassel  
Prof. Dr. Roland Koenigsdorff, Hochschule Biberach  
Prof. Dr. Martin Kriegel, Technische Universität Berlin  
Dr. Roel Loonen, Eindhoven University of Technology  
Prof. Dr. Madjid Majdidi, Munich University of Applied Sciences  
Prof. Dr. Michael Monsberger, TU Graz  
Dr. Maximilian Neusser, TU Wien  
Prof. Dr. Fabian Ochs, Universität Innsbruck  
Prof. Dr. Kristina Orehounig, TU Wien  
DI DI Galina Paskaleva, TU Wien  
Dr. Ulrich Pont, TU Wien  
DI Andreas Sarkany, TU Wien  
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schulz-Nigmann, Technische Hochschule Mittelhessen  
DI Sabine Sint, TU Wien  
Dr. Christian Vering, RWTH Aachen  
Prof. Dr. Karsten Voss, Universität Wuppertal  
Dr. Philipp Zech, Universität Innsbruck

## 2 Hauptredner



**Prof. Dr.-Ing. Conrad Völker, Bauhaus-Universität Weimar**

### Simulationen und Messungen als Schlüsselinstrument in Krisenzeiten

Tag 1 (24. September 2024), 09:30 – 10:30

Der Klimawandel, die Corona-Pandemie und die Energiekrise durch den Ukraine-Krieg – in all diesen Krisen können bauphysikalische Simulationen und Messungen unterstützen. Die Ursache der erstgenannten Krise, dem Klimawandel, sind die anthropogenen Treibhausgasemissionen, für die zumindest in Deutschland zu 40% die Gebäude verantwortlich sind. Für die bis 2045 angestrebt Klimaneutralität müssen Gebäude folglich energieeffizient sowie für den verbleibenden Energiebedarf die Potenziale erneuerbarer Energien genutzt werden. Als Grundlage dafür kann z.B. die energetische Gebäude- und Quartiersimulation dienen.

In der zweitgenannten Krise wurde in den vergangenen Jahren auf dramatische Weise deutlich, dass die Übertragung von Infektionskrankheiten über die Raumluft ein erhebliches Risiko darstellen kann. Um dieses Risiko zu senken, wurde während der COVID-19-Pandemie unter anderem versucht, den Infektionsschutz durch die Erhöhung der Luftwechselrate zu verbessern. Aufgrund fehlender Infrastruktur und manchmal auch aufgrund mangelnden Wissens wurden Methoden wie die Lüftung von Schulklassen oder Großraumbüros im 20-Minuten-Takt empfohlen. Bauphysikalische Messungen und Simulationen, z.B. der Raumluftströmung, kamen nur vereinzelt zum Einsatz und trugen zur politischen Entscheidungsfindung kaum bei.

Wenig später, während der sogenannten Energiekrise, änderte sich die Gewichtung des Zielparameters, als die Einsparung von Energie zum obersten Gebot erklärt wurde. Dabei geriet der nach wie vor wichtige Infektionsschutz in den Hintergrund, auch wenn das Ende der Pandemie noch nicht ausgerufen war, und das Infektionsrisiko stieg wieder deutlich an. Gleichzeitig wurde der thermische Komfort durch die Ausrufung von Maximaltemperaturen von 19 °C beeinträchtigt. Auch hier hätten bauphysikalische Messungen und Simulationen dienlich sein können.

Es muss Aufgabe der Bauphysik der nächsten Jahre sein, nicht nur die eigenen Tools stetig weiterzuentwickeln, sondern diese auch bei aktuellen und zukünftigen Krisen als Schlüsselinstrument einzusetzen.

**Prof. Dr.-Ing. Conrad Völker** ist Professor für Bauphysik an der Bauhaus-Universität Weimar. Die Forschungsschwerpunkte seiner Professur liegen einerseits im Bereich des Raumklimas, wobei sowohl messtechnische als auch numerische Verfahren zum Einsatz kommen. Ziel ist die Steigerung der thermischen Behaglichkeit, der Raumluftqualität sowie der Energieeffizienz, zum Beispiel durch sogenannte Personal Comfort Systems. Die Untersuchungen finden im eigens dafür entwickelten Klimalabor statt, die Visualisierung von Raumluftströmungen erfolgt mit den selbst entwickelten Schlierenverfahren.

Thematisch angrenzend wird im zweiten Forschungsschwerpunkt der Professur, der Akustik, an der Entwicklung der Akustischen Tomographie zur Messung von Lufttemperatur und Strömungsgeschwindigkeiten geforscht. Darüber hinaus werden Mess-, Beurteilungs- und Prognoseverfahren zur Übertragung von körperschallinduzierter Schallpegel, zum Beispiel resultierend aus haustechnischen Geräten, entwickelt.

Der dritte Forschungsschwerpunkt ist die Simulation des Energiebedarfs auf der Ebene städtischer Quartiere zur nachhaltigen Transformation des Gebäudebestands. Hierfür sind Bestandsdaten zwingend erforderlich, für deren Ermittlung die Professur verschiedene Methoden entwickelt. Beispielhaft sei die Abschätzung des U-Werts mit Hilfe der Thermographie oder, insbesondere unter transienten Randbedingungen, mit künstlichen Neuronalen Netzwerken genannt.

Ergänzend zur grundständigen Lehre ist Professor Völker auch in der Weiterbildung mit dem von der Bauhaus-Universität Weimar angebotenen Masterstudiengang „Bauphysik und energetische Gebäudeoptimierung“ aktiv. Neben dem Master of Science können auch Certificate of Advanced Studies (CAS) für Schallschutz und Akustik, Wärme und Feuchte vergeben werden. Begleitend zu seiner Tätigkeit in Forschung und Lehre ist Prof. Völker Mitglied zahlreicher inner- sowie außeruniversitärer Gremien.



**Dr. Theresa Schellander-Gorgas**, GeoSphere Austria

## Klimainformation für den Bausektor – Wo stehen wir und wohin führt der Weg?

**Tag 1 (24. September 2024), 13:30 – 14:30**

Der fortschreitende Klimawandel zeigt weltweit, aber auch in Österreich erste, teils katastrophale Auswirkungen. Neben dringend notwendigen Klimaschutzmaßnahmen zur Verringerung des Treibhausgasausstoßes, müssen auch Maßnahmen zur Anpassung an die Veränderungen umgesetzt werden. Eine wichtige Information für die Entscheidungsprozesse zur Planung von Maßnahmen sind Informationen über die Art und Intensität von Klimaänderungen. Welche Datengrundlagen gibt es für potentielle zukünftige Klimaverläufe generell und im Speziellen für den Bereich Bauen und Wohnen? Wie kann mit den Daten gearbeitet werden und wie sind Unsicherheiten zu interpretieren? Auf diese Fragestellungen wird ebenso eingegangen werden wie auf die Möglichkeiten der Simulation von Extremereignissen im Klimakontext. Extreme Klima- und Wetterphänomene und ihre zukünftigen Trends sind für die Klimaforschung ebenso eine Herausforderung wie für den Bausektor, etwa durch veraltete Datengrundlagen für Bemessungsniederschläge. Im Zuge eines Updates der Österreichischen Klimaszenarien, an dem derzeit gearbeitet wird, ergeben sich Chancen den Bedarf des Bausektors an erneuerten Datengrundlagen schon in der Planungsphase mitzunehmen.

**Dr. Theresa Schellander-Gorgas** ist Meteorologin und Klimaforscherin. Sie promovierte 2014 im Fach Meteorologie an der Universität Wien. Nach Stationen als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Wien (2004-2011) und BOKU (2011/12) begann sie 2012 ihre Tätigkeit an der GeoSphere Austria (bis 2022 ZAMG), zunächst mit der Weiterentwicklung von Wettervorhersagemodellen. Sie arbeitete an Fragestellungen der Vorhersagbarkeit und Ensemblevorhersage und vertrat die ZAMG als Area Leader for Predictability im RC-LACE-Konsortium. Seit 2016 ist sie im Bereich Klimafolgenforschung an der GeoSphere Austria (ehem. ZAMG) tätig. Sie arbeitet im Fachbereich regionale Klimamodellierung, insbesondere mit empirisch-statistischen Downscaling-Methoden und in der Validierung und Aufbereitung von Klimadatensätzen und -informationen. Sie ist Mitglied des ÖKS-Steering Committees, das sich im Rahmen der Initiative „Klimaszenarien.AT“ mit der Entwicklung neuer Klimaszenarien für Österreich befasst. Darüber hinaus vertritt sie die GeoSphere Austria in der (EURO-)CORDEX-Community für die europa- bzw. weltweite Koordination regionaler Klimasimulationen.



**Assoz. Prof. Dr.-Ing. Fabian Ochs, Universität Innsbruck**

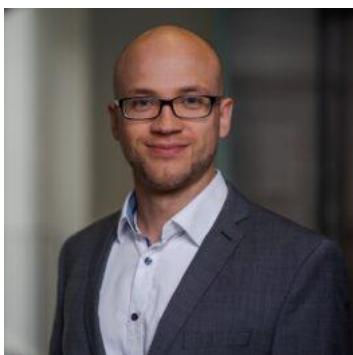
## Holistic Building and HVAC Modelling – Prerequisite for Efficient Heat Pump Systems

**Tag 2 (25. September 2024), 09:00 – 10:00**

On the path of the electrification of the building stock, heating of buildings will be dominated by heat pumps (HPs), especially in areas without access to district heating. However, integrating HPs into existing multi-apartment buildings in an urban environment presents numerous challenges and involves a wide range of decisions. To facilitate effective planning during the critical early stages of the design process, building physics engineers, HVAC planners and energy consultants need reliable planning tools and databases. Additionally, they must collaborate through an integrated design process.

A comprehensive workflow has been developed to evaluate, compare, and optimize various thermal renovation options and HP system solutions for residential multi-apartment buildings. These options include different levels of thermal renovation regarding renovation depth and degree of invasiveness. With respect to HP system solutions central, semi-central, decentralized, and mixed HP systems are considered. It takes into account distribution and storage losses, as well as the HP performance, which depends on the building's heating load, the heat emission systems and the corresponding required flow temperature. Finally, the workflow considers the integration of onsite renewable energy sources (i.e. PV) and thermal and electric storage systems.

**Assoz. Prof. Dr.-Ing. Fabian Ochs** arbeitet und lehrt am Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen der Universität Innsbruck seit 2009. Seine aktuelle Forschung fokussiert auf die Energiewende mit dem Schwerpunkt Gebäudesektor. Er forscht und lehrt in den Bereichen Energieeffiziente Gebäude, Bauphysik, Gebäudetechnik, Thermodynamik und Erneuerbare Energie sowie Energiespeicherung. Die ganzheitliche Modellierung und Optimierung von Gebäuden- und Gebäudeverbünden mit ihrem Energiesystem wird begleitet durch experimentelle Arbeit im Labor sowie durch Monitoring in Demonstrationsprojekten. Die angewandte Forschung in nationalen als auch internationalen Forschungs- und Industrie-Projekten wird ergänzt durch die internationale Vernetzung über zahlreiche IEA Forschungskooperationen. Er ist Mitglied verschiedener Scientific Committees internationaler Konferenzen sowie Mitglied der Arbeitsgruppe der Austrian Standards (Komitee 175 und 235), der Arbeitsgruppe 4640 des VDI, des Arbeitskreises Langzeitwärmespeicher sowie der IBPSA. Die Dissertation zum Thema „Modelling Large-Scale Thermal Energy Stores“ schloss er 2009 an der Universität Stuttgart ab. Er studierte Energietechnik an der TU Berlin.



## Dr.-Ing. Kai Rewitz, RWTH Aachen

### Simulationsmodelle für nutzerzentrierte Gebäude

Tag 3 (26. September 2024), 09:00 – 10:00

Da Menschen in Europa einen Großteil ihrer Zeit in Innenräumen verbringen, ist das Hauptziel stets die Schaffung von gesunden, behaglichen und produktivitätssteigernden Umgebungen. Aufgrund der Klimakrise steht diesem ersten Ziel das Streben nach einem möglichst geringen Energiebedarf bzw. Ausstoß von Treibhausgasen entgegen. Für den Gebäudesektor stellen dynamische, mit der Anlagentechnik gekoppelte Gebäudesimulationen ein wichtiges Werkzeug für die Lösung dieser Problematik dar. Sie ermöglichen im Vergleich zu statischen Ansätzen realitätsnähere Bedarfe insbesondere zum Heizen, Kühlen und Lüften zu ermitteln. Zudem lässt sich durch die Kombination mit den Modellen der Anlagentechnik und entsprechender Regelungsalgorithmen das Energieeinsparpotential durch eine optimierte Betriebsweise berechnen oder die Auslegung der Teilsysteme optimieren. Dabei werden jedoch die eigentlichen Anforderungen der Nutzer und Nutzerinnen vergleichsweise simpel abgebildet, so zum Beispiel durch feste Belegungsprofile, feste Temperatursollwerte bzw. Temperaturzielbereiche und Mindestfrischluftmengen. Obwohl die Wahl dieser Nutzungsparameter einen großen Einfluss auf die berechneten Bedarfe hat, stehen der vereinfachten Nutzungsmodellierung in der Praxis deutlich komplexere Randbedingungen gegenüber. Dieses Nutzungsgap trägt anteilig zum Gesamt-Performance-Gap von Gebäuden bei, welches die Abweichungen zwischen Planung und Betrieb beschreibt. So führt die gestiegene Home-Office-Nutzung zu Teilbelegungen von Büroflächen. Hier könnten beispielsweise Personalized Environmental Control Systems (PECS) zum Einsatz kommen, um nur die Bereiche zu konditionieren, die belegt sind. Gleichzeitig bieten PECS durch individuelle Kontrollmöglichkeiten einen erhöhten Komfort. Jedoch fehlt bislang ein einheitlicher Modellierungsansatz der PECS für deren Potentialbewertung. Eine weitere Herausforderung stellt die Elektrifizierung des Heizsystems in Kombination mit dem Anstieg der volatilen Stromerzeugung dar. So steigt der Bedarf nach Flexibilitätspotentialen zur Entlastung des Stromnetzes. Um das Demand-Side-Management-Potential durch Aktivierung der thermischen Gebäudemasse von Einzelgebäuden und Quartieren zu bestimmen, werden jedoch auch hier komplexere Ansätze zur Abbildung des Nutzerverhaltens und -komforts benötigt. In dem Vortrag werden aktuelle Forschungsarbeiten und entsprechende Lösungsansätze für dynamische Gebäudesimulationen für nutzerzentrierte Gebäude vorgestellt.

**Dr.-Ing. Kai Rewitz** erlangte sein Diplom im Studiengang Maschinenbau an der RWTH Aachen im Jahr 2012 und begann anschließend seine Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik. Seit 2019 leitet er das Team Nutzerverhalten und Komfort. Im Jahr 2020 schloss er seine Promotion zum Thema Modellierung des thermischen Komforts in Kabineninnenräumen mit Auszeichnung ab. Seit 2021 arbeitet er zudem als Oberingenieur in der Leitungsebene des Lehrstuhls. Er beschäftigt sich mit der Untersuchung und Entwicklung energieeffizienter Klimatisierungsstrategien in Gebäuden und Fahrzeugkabinen, insbesondere im Hinblick auf den Einsatz von Elektrofahrzeugen. Außerdem beschäftigt er sich mit Probandenstudien und deren Analysen zur thermischen Behaglichkeit und nutzt diese im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung von thermophysiological Modellen. Weitere Arbeitsthemen sind die Entwicklung von cloud-vernetzten Sensorsystemen zur Erfassung des Innenraumklimas, die Einbindung von Nutzern über Benutzerschnittstellen mittels Feedback- und Feedforward-Ansätzen zur nutzerzentrierten Gebäudebetriebsoptimierung sowie die Analyse und Verbesserung der Innenraumluftqualität in Bezug auf unterschiedliche Lasten und deren Einfluss auf die menschliche Geruchswahrnehmung und Gesundheit. Aktuell leitet er zudem den Subtask B1 des „IEA EBC – Annex 87 – Energy and Indoor Environmental Quality Performance of Personalised Environmental Control Systems“.

### 3 Gastgeber – TU Wien



#### TU Wien - Technische Universität Wien Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwesen

Institut für Werkstofftechnologie, Bauphysik und Bauökologie  
Forschungsbereich Bauphysik  
Karlsplatz 13, 1040 Wien, Österreich



Die **TU Wien** ist Österreichs größte Forschungs- und Bildungseinrichtung im Bereich der Technik und Naturwissenschaften. Mehr als **4.000 WissenschaftlerInnen** forschen in fünf Forschungsschwerpunkten an acht Fakultäten an der „Technik für den Menschen“.

Die Inhalte der angebotenen Studien leiten sich aus der exzellenten Forschung ab. Mehr als **27.000 Studierende** in **55 Studiengängen** profitieren davon. Als Innovationsmotor stärkt die TU Wien den Wirtschaftsstandort, ermöglicht Kooperationen und trägt zum Wohlstand der Gesellschaft bei.

The **TU Wien** is Austria's largest research and educational institution in the field of technology and natural sciences. More than **4,000 scientists** are researching "technology for people" in five main research areas at eight faculties.

The content of the studies offered is derived from the excellent research. More than **27,000 students** in **55 degree programmes** benefit from this. As a driver of innovation, TU Wien strengthens the business location, facilitates cooperation and contributes to the prosperity of society.

## 4 Sponsoren

### 4.1 Woschitz Group



# WOSCHITZGROUP

---

WE ADD STABILITY TO VISION.

Die Woschitz Group mit Sitz in Österreich ist spezialisiert auf Ingenieurdiendleistungen im Bauwesen. Die Gruppe bietet umfassende Dienstleistungen in den Bereichen Tragwerksplanung, Bauphysik, Projektmanagement und Bauüberwachung an. Sie ist bekannt für innovative und nachhaltige Lösungen im Bauwesen und arbeitet an einem breiten Spektrum von Projekten, von Wohn- und Bürogebäuden bis hin zu Infrastrukturprojekten wie Brücken und Straßen.

### 4.2 TIAN Engineering



GREEN BUILDING SIMULATION

TIAN Building Engineering ist ein führender Anbieter von Gebäudesimulationen im Bausektor. Das Unternehmen nutzt wissenschaftlich anerkannte Methoden, um physikalische Phänomene und das Energieverhalten von Gebäuden zu simulieren. Die firmeneigene Software BIM HVACool berücksichtigt realistische Klimadaten und bietet Schnittstellen zu gängigen Planungsprogrammen. Zu den angebotenen Leistungen gehören Strömungssimulation, thermische Gebäudesimulation, Tageslichtsimulation sowie Brand- und Rauchsimulation.

#### 4.3 Hacon GmbH



Die hacon GmbH ist ein österreichisches Unternehmen, das sich auf die Planung und Optimierung energieeffizienter Gebäude spezialisiert hat. Zu ihren Haupttätigkeiten gehören die thermische Bauteilaktivierung, Bauphysik, Energiekonzepte und Gebäudesimulationen. Sie beraten und unterstützen bei der Planung, Umsetzung und Zertifizierung von Gebäuden, insbesondere im Bereich Wärmeschutz, Schallschutz und Raumakustik. Das Unternehmen führt Simulationen durch, um physikalische Prozesse in Gebäuden zu analysieren, und beteiligt sich an Forschungsprojekten, um innovative Bau- und Energiekonzepte zu entwickeln und zu verbessern.

#### 4.4 Equa Solutions AG



EQUA ist ein weltweit führender Anbieter von Softwarelösungen für Tunnel- und Gebäudesimulationen und zeichnet sich durch umfassendes Know-how, hohe Qualitätsstandards und fortschrittliche Technologieentwicklung aus. Die Produkte und Dienstleistungen des Unternehmens werden global vertrieben und unterstützen Kunden bei der Optimierung von Bauprojekten. Die Tochtergesellschaft, EQUA Solutions AG, wurde 2010 in Zug (Schweiz) gegründet und ist im deutschsprachigen Raum tätig. Sie vertreibt das Gebäudesimulationsprogramm IDA ICE, bietet darüber hinaus umfassenden Software-Support, Simulationsdienstleistungen und Schulungen an, um Anwender optimal in der Nutzung der Software zu unterstützen.

## 5 Anreise – Wegbeschreibung

### 5.1 TU Wien – Anbindung an Öffentliche Verkehrsmittel



## 5.2 Flughafen Wien – TU Wien



Der nächstgelegene Flughafen ist Flughafen Wien Schwechat. Von dort ist es möglich mittel dem Zug oder Bus nach Wien (z.B.: Wien Hbf, Wien Mitte) zu kommen:

- CAT (City Airport Train)  
Flughafen – Wien Mitte - U4 - Karlsplatz (TU Wien)  
Preis: 24,90€ für Hin- & Rückfahrt  
Fahrzeit: ~ 16Min
- S7  
Flughafen – Wien Mitte – U4- Karlsplatz (TU Wien)  
Preis eine Richtung: 4,50€
- RJ oder RXJ  
Flughafen – Wien Hbf - U1 - Karlsplatz (TU Wien)  
Preis eine Richtung: 4,50€
- Vienna Airport Lines (Bus)  
Flughafen – Wien Hbf - U1 - Karlsplatz (TU Wien)  
Preis: 17,50€ für Hin- & Rückfahrt

## 6 Tag 0 – Montag 23.09.2024

13:00 – 17:00

### Konferenz der Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer für Bauphysik und Gebäudeausrüstung

Ort: Seminarraum AA03 (Haupteingang, 3.Stock)  
**TU Wien**, Karlsplatz 13, 1040 Wien

16:00 – 18:00

### Welcome Event inkl. Möglichkeit zur Registrierung

Ort: Kuppelsaal (Haupteingang, 4.Stock)  
**TU Wien**, Karlsplatz 13, 1040 Wien



**TU WIEN  
HAUPTGEBAUDE**  
Karlsplatz 13, 1040 Wien

**Öffentliche Verkehrsmittel:**  
**U-Bahn:** U1, U4 «Karlsplatz»  
**Straßenbahn:**  
**D, 2, 71** «Oper»  
**Bus:**  
 4A «Bärenmühlendurchgang»

**Parken:**  
 Karlsplatz-Garage:  
 Mattiellistraße 2-4,  
 1040 Wien

### Kuppelsaal TU Wien

Haupteingang TU Wien – Stiegenaufgang Rechts oder Aufzug Links → 4.Stock: Kuppelsaal

<https://tuw-maps.tuwien.ac.at/?q=AA0448#map>

# 7 Tag 1 – Dienstag 24. 09.2024

8:00 – 9:00	<b>Registrierung</b> Ort: Seminarraum AE U1-2	
09:00 – 09:30	<b>Eröffnung BauSim 2024</b> Ort: Hörsaal AE U1-1	
09:30 – 10:30	<b>Keynote Prof. Dr.-Ing. Conrad Völker</b> Ort: Hörsaal AE U1-1	
10:30 – 11:00	<b>Kaffeepause</b> Ort: Seminarraum AE U1-3+4	
	<b>Energetische Gebäude- und Quartiersmodellierung (1)</b> Ort: Hörsaal AE U1-1	
11:00 – 12:30	<b>Monitoring von Gebäuden und Quartieren (1)</b> Ort: Seminarraum AE U1-7	
	<b>Raumklima – Nutzer*innen -Interaktionen (1)</b> Ort: Seminarraum AE U1-5	
12:30 – 13:30	<b>Mittagspause</b> Ort: Seminarraum AE U1-3+4	
13:30 – 14:30	<b>Keynote Dr. Theresa Schellander-Gorgas</b> Ort: Hörsaal AE U1-1	
	<b>Energetische Gebäude- und Quartiersmodellierung (2)</b> Ort: Hörsaal AE U1-1	
14:40 – 15:40	<b>BIM-basierte Planungswerkzeuge und Integrationsansätze (1)</b> Ort: Seminarraum AE U1-7	
	<b>Bauphysikalische Simulationen auf Bauteilebene (1)</b> Ort: Seminarraum AE U1-5	
15:40 – 16:10	<b>Kaffeepause</b> Ort: Seminarraum AE U1-3+4	
	<b>Energetische Gebäude- und Quartiersmodellierung (3)</b> Ort: Hörsaal AE U1-1	
	<b>BIM-basierte Planungswerkzeuge und Integrationsansätze (2)</b> Ort: Seminarraum AE U1-7	
16:10 – 18:15	<b>Modellierung und Simulation im Lebenszyklus von Gebäuden und Quartieren (1)</b> Ort: Seminarraum AE U1-5	 

## 7.1 Wegbeschreibung TU Wien



### TU WIEN HAUPTGEBAUDE

Karlsplatz 13, 1040 Wien

#### **Öffentliche Verkehrsmittel:**

**U-Bahn:** U1, U4 «Karlsplatz»

**Straßenbahn:**

D, 2, 71 «Oper»

**Bus:**

4A «Bärenmühl durchgang»

#### **Parken:**

Karlsplatz-Garage:

Mattiellistraße 2-4,

1040 Wien

#### Räumlichkeiten AE U1

Haupteingang TU Wien – Gerade durch in Hof 1 – links abbiegen durch Stiege 3 gerade durch in Hof 3 – Eingang schräg rechts nutzen um zu allen Räumlichkeiten zu kommen

<https://tuw-maps.tu-wien.ac.at/?q=AEU118#map>



## 8 Tag 2 – Mittwoch 26. 09.2024

8:30 – 9:00	<b>Registrierung</b> Ort: Seminarraum AE U1-2	
09:00 – 10:00	<b>Keynote Assoz. Prof. Dr.-Ing. Fabian Ochs</b> Ort: Hörsaal AE U1-1	
10:00 – 10:30	<b>Kaffeepause</b> Ort: Seminarraum AE U1-3+4	
	<b>Energetische Gebäude- und Quartiersmodellierung (4)</b> Ort: Hörsaal AE U1-1	
10:30 – 12:05	<b>Monitoring von Gebäuden und Quartieren (2)</b> Ort: Seminarraum AE U1-7	
	<b>Raumklima – Nutzer*innen -Interaktionen (2)</b> Ort: Seminarraum AE U1-5	
12:05 – 13:00	<b>Mittagspause</b> Ort: Seminarraum AE U1-3+4	
	<b>Energetische Gebäude- und Quartiersmodellierung (6)</b> Ort: Hörsaal AE U1-1	
13:00 – 15:05	<b>Energetische Gebäude- und Quartiersmodellierung (5)</b> Ort: Seminarraum AE U1-7	
	<b>Modellierung und Simulation im Lebenszyklus von Gebäuden und Quartieren (2)</b> Ort: Seminarraum AE U1-5	
15:05 – 15:30	<b>Kaffeepause</b> Ort: Seminarraum AE U1-3+4	
15:30 – 16:00	<b>Poster Session</b> Ort: Gang AE U1	
16:00 – 17:00	<b>Mitgliederversammlung IBPSA-DACH</b> Ort: Hörsaal AE U1-1	
18:30 – 23:00	<b>Galadinner</b> Ort: ARIANA, Christine-Touaillon-Straße 4, 1220 Wien	



© Klaus Ranger

## 8.1 Wegbeschreibung TU Wien



### TU WIEN HAUPTGEBAUDE

Karlsplatz 13, 1040 Wien

#### **Öffentliche Verkehrsmittel:**

**U-Bahn:** U1, U4 «Karlsplatz»

**Straßenbahn:**

D, 2, 71 «Oper»

**Bus:**

4A «Bärenmühl durchgang»

#### **Parken:**

Karlsplatz-Garage:

Mattiellistraße 2-4,

1040 Wien

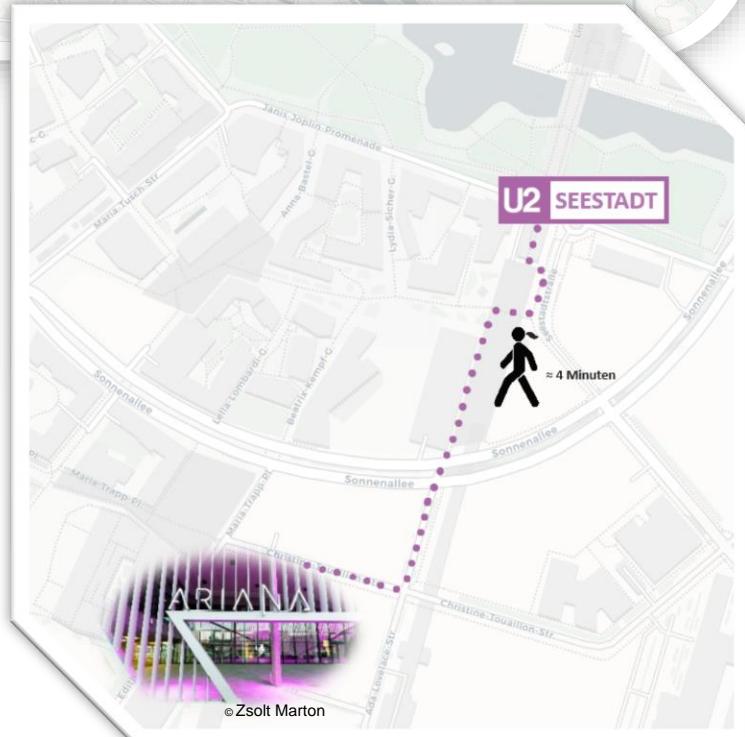
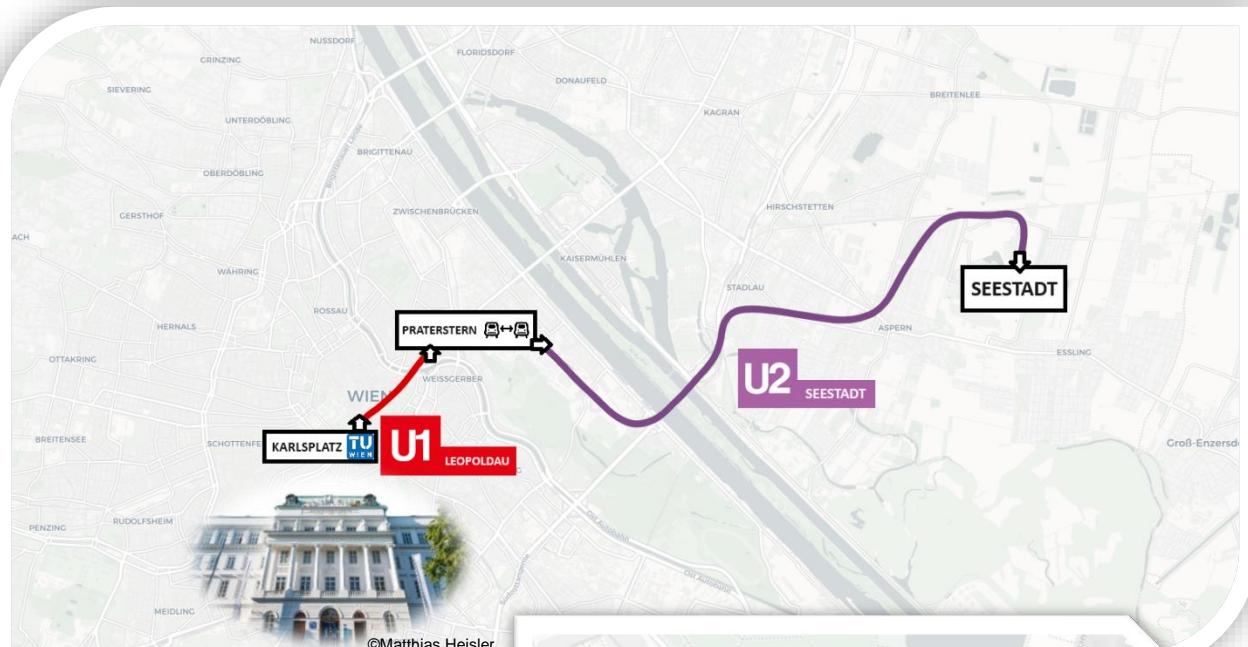
#### Räumlichkeiten AE U1

Haupteingang TU Wien – Gerade durch in Hof 1 – links abbiegen durch Stiege 3 gerade durch in Hof 3 – Eingang schräg rechts nutzen um zu allen Räumlichkeiten zu kommen

<https://tuw-maps.tuwien.ac.at/?q=AEU118#map>



## 8.2 Gala Dinner – Ariana



### ARIANA

Christine-Touaillon-Straße 4  
1220 Wien

**Öffentliche Verkehrsmittel:**  
**U-Bahn: U2 «Seestadt»**

**Parken:**

50 Parkplätze direkt vor Ort oder  
Parkhäuser in direkter Nähe:

Goldbeck Parking  
BOE Parking Seehub

Link: <https://www.ariana-event.at/>



## 9 Tag 3 – Donnerstag 27. 09.2024

8:30 – 9:00	<b>Registrierung</b> Ort: Seminarraum AE U1-2
09:00 – 10:00	<b>Keynote Dr.-Ing. Kai Rewitz</b> Ort: Hörsaal AE U1-1
10:00 – 10:30	<b>Kaffeepause</b> Ort: Seminarraum AE U1-3+4
10:30 – 12:00	<b>Energetische Gebäude- und Quartiersmodellierung (7)</b> Ort: Hörsaal AE U1-1 <b>Numerische Lösungsverfahren, Optimierung und Implementierung (1)</b> Ort: Seminarraum AE U1-7 <b>Bauphysikalische Simulationen auf Bauteilebene (2)</b> Ort: Seminarraum AE U1-5
12:00 – 13:00	<b>Mittagspause</b> Ort: Seminarraum AE U1-3+4
13:00 – 14:30	<b>Energetische Gebäude- und Quartiersmodellierung (9)</b> Ort: Hörsaal AE U1-1 <b>Energetische Gebäude- und Quartiersmodellierung (8)</b> Ort: Seminarraum AE U1-7 <b>Numerische Lösungsverfahren, Optimierung und Implementierung (2)</b> Ort: Seminarraum AE U1-5
14:30 – 15:00	<b>Abschluss BauSim 2024</b> Ort: Hörsaal AE U1-1



## 9.1 Wegbeschreibung TU Wien



### TU WIEN HAUPTGEBAUDE

Karlsplatz 13, 1040 Wien

#### **Öffentliche Verkehrsmittel:**

**U-Bahn:** U1, U4 «Karlsplatz»

**Straßenbahn:**

D, 2, 71 «Oper»

**Bus:**

4A «Bärenmühl durchgang»

#### **Parken:**

Karlsplatz-Garage:

Mattiellistraße 2-4,

1040 Wien

#### Räumlichkeiten AE U1

Haupteingang TU Wien – Gerade durch in Hof 1 – links abbiegen durch Stiege 3 gerade durch in Hof 3 – Eingang schräg rechts nutzen um zu allen Räumlichkeiten zu kommen

<https://tuw-maps.tuwien.ac.at/?q=AEU118#map>



# 10 Beiträge

## 10.1 Energetische Gebäude- und Quartiersmodellierung

### Effect of dew point temperature and sky patch discretization on annual daylight simulations

David Geisler-Moroder<sup>1</sup>, Lukas Prost<sup>2</sup>, Nicolas Roy<sup>3</sup>

<sup>1</sup>University of Innsbruck; <sup>2</sup>Luxion Inc.; <sup>3</sup>VELUX A/S; [david.geisler-moroder@uibk.ac.at](mailto:david.geisler-moroder@uibk.ac.at)

Full Paper – Dienstag, 24.9. 11:00-11:25 Hörsaal AEU1-1

Climate-based daylight modeling is now the established state of the art in daylight planning practice. The validated matrix-based methods such as the three-phase or five-phase method as extensions to the daylight coefficient approach, enable time-efficient annual daylight simulations and form the basis in most common software tools. In addition to room, façade system and external situation, the description of the sky model is an essential input variable for these methods. Common practice is to use the Perez sky model, which predicts a sky distribution from direct and diffuse irradiance values. The continuous model is then discretized into sky regions to satisfy the based matrix approach.

In this paper we first investigate the influence of the consideration of the dew point temperature in the Perez model both on the sky model itself and on the resulting daylight performance metrics in an example building. We show for which climates a correct mapping is of major importance. Secondly, we analyze the effects of the different distribution of skylight and sunlight on discrete sky patches and discuss the differences with regard to resulting interior daylight values as well as the challenges for daylight simulation methods.

### Performative Evidence of Smart and Urban Trees - Assessing the thermal and visual impact of large scale urban shading structures via simulation

Ulrich Pont<sup>1</sup>, Magdalena Wölzl<sup>1</sup>, Vera Stiegler<sup>2</sup>, Rupert Wolffhardt<sup>2</sup>, Peter Schober<sup>2</sup>, Sigrun Swoboda<sup>3</sup>, Peter Bauer<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Research Unit of Building Physics and Building Ecology / TU Wien, Österreich; <sup>2</sup>Holzforschung Austria; <sup>3</sup>Research Unit of Digital Architecture and Planning / TU Wien, Österreich; <sup>4</sup>Research Unit of Structural Design and Timber Engineering / TU Wien Österreich; [ulrich.pont@tuwien.ac.at](mailto:ulrich.pont@tuwien.ac.at)

Full Paper – Dienstag, 24.9. 11:25-11:50 Hörsaal AEU1-1

This contribution presents specific results from a project pertaining to large scale urban shading structures. These structures were named as "smart and urban trees". Thereby, we understand artificial structures that should be implemented in urban agglomerations at places and locations, where no other green-blue infrastructures can be deployed. As such Smart and Urban Trees do not pose a competition for real trees, but a supplement whenever real trees can not be integrated in the cityscape (e.g. due to underground installations or means of transport). Whereas the project per se did address a large number of aspects of such Smart and Urban Trees (e.g. aesthetics, construction, organizational aspects, end-user acceptance, etc.), this contribution reports on the impact of such Smart and Urban Trees on thermal (physiological equivalent temperature, indoor temperatures in adjacent buildings) and visual surroundings (impact on daylight availability in the surrounding buildings), both in the public space and in the surrounding buildings. Toward this end, a case study district / neighborhood was chosen as virtual test bed for different Smart and Urban Tree designs. It could be proven that the envisioned structures can significantly contribute to mitigation of overheating phenomena, also in comparison to real, living trees.

### Simulation der Auswirkungen eines außenliegenden Sonnenschutzes auf den Kühlbedarf eines Mehrparteienhauses

Bernhard Kling, Carlos Amann, Magdalena Wolf, Tobias Pröll

Universität für Bodenkultur Wien, Österreich; [bernhard.kling@boku.ac.at](mailto:bernhard.kling@boku.ac.at)

Short Paper – Dienstag, 24.9. 11:50-12:05 Hörsaal AEU1-1

Zunehmende Hitzeperioden haben einen starken Einfluss auf das Wohnraumklima. Um Komfort auch in warmen Jahreszeiten zu gewährleisten kann aktiv gekühlt, oder passiv Wärmeeintrag reduziert werden. Mit Hilfe einer Simulation in IDA ICE 5.0 werden diese beiden Optionen unter Berücksichtigung der Kühlenergie gegenübergestellt

## GreenPV

Livio Keiser, Gianrico Settembrini, Sina Büttner, Silvia Domingo Irigoyen, Artem Sotnikov, Kilian Arnold

Hochschule Luzern HSLU, Schweiz; [livio.keiser@hslu.ch](mailto:livio.keiser@hslu.ch)

**Full Paper – Dienstag, 24.9. 12:05-12:30 Hörsaal AEU1-1**

Begrünungen und PV-Anlagen werden auf Dächern bereits vermehrt eingesetzt, bei Gebäudefassaden wird das vorhandene Potential bisher jedoch meist noch nicht genutzt. Im Hinblick auf den Klimawandel werden Begrünungen und PV-Systeme an Gebäuden an Bedeutung gewinnen und es sind Lösungsansätze zur optimalen Fassadengestaltung mit Photovoltaik und Begrünungen gefragt. Hier setzt das vom Bundesamt für Energie (BFE) unterstützte, zweijährige Forschungsprojekt Green-PV an. Es befasst sich mit Hemmnissen und der Akzeptanz von verschiedenen Fassadensystemen. In GreenPV wird der Einfluss von boden- und wandgebundenen Fassadenbegrünungen sowie von opaken und transparenten PV-Fassaden an verschiedenen Gebäuden (Neubau, Altbau, saniertes Altbau), in verschiedenen Orientierungen und an verschiedenen Stockwerken in Bezug auf diverse Aspekte untersucht (unter anderem Luftqualität, Lärm, Biodiversität, Regenwasserrückhalt, Außenraumattraktivität, Betrieb Gebäude, Stromproduktion PV-Fassade, Ökobilanz (LCA) und Lebenszykluskosten (LCC)). Mittels IDA-ICE wurden thermische Gebäudesimulationen durchgeführt, um den Einfluss der Begrünung auf die Behaglichkeit im Innenraum zu untersuchen. Dabei stellte sich heraus, dass Gebäudebegrünungen vor allem an schlecht gedämmten Häusern (Altbau) einen positiven Einfluss auf das thermische Wohlbefinden im Innenraum haben. Auch wurde der Einfluss auf den Außenraum mittels der an der Hochschule Luzern entwickelten Simulationssoftware Quartierklimamodellierung (QKM) und anhand von Messungen betrachtet. Dabei zeigte sich, dass Fassadenbegrünungen am besten nah am Menschen und dadurch in den unteren Stockwerken wirken, während PV-Fassaden an Flächen mit einem hohen Stromerzeugungspotential angeordnet werden sollten. Dies ist in urbanen Gebieten aufgrund der häufigen Beschattung der unteren Stockwerke durch Nachbarsgebäude eher in höheren Stockwerken der Fall. Somit lassen sich die Begrünungen und PV-Anlagen an Fassaden auch gut kombinieren.

## IEA HPT Annex 61 – Simulation von Wärmepumpen für Quartiersanwendungen

Carsten Wemhöner<sup>1</sup>, Fabian Ochs<sup>2</sup>, Christina Betzold<sup>3</sup>, Franziska Bockelmann<sup>4</sup>

<sup>1</sup>IET Institut für Energietechnik, OST - Ostschweizer Fachhochschule, Schweiz; <sup>2</sup>Arbeitsbereich für Energieeffizientes Bauen, Universität Innsbruck, Österreich; <sup>3</sup>Energiecampus Nürnberg, TH Nürnberg, Deutschland; <sup>4</sup>Steinbeis-Innovationszentrum energieplus, Deutschland; [carsten.wemhoener@ost.ch](mailto:carsten.wemhoener@ost.ch)

**Full Paper – Dienstag, 24.9. 14:40-15:05 Hörsaal AEU1-1**

Annex 61 mit dem Titel "Wärmepumpen in Plusenergiequartieren (PEQ)" im Wärmepumpenprogramm der IEA (IEA HPT Annex 61) untersucht den Einsatz von Wärmepumpen (WP) in hocheffizienten Gebäudegruppen und PEQ, was auch die Transformation bestehender Quartiere zu PEQ einschließt. Die Untersuchungen werden durch Simulationen für verschiedene Phasen des Planungsprozesses unterstützt. Für eine Bewertung im frühen Planungsstadium wird ein vereinfachtes Simulationswerkzeug von Laststrukturen auf der Basis von Ein- und Mehrfamilienhäusern sowie Büros entwickelt. Damit können archetypische Quartiere, z.B. nur Neubauten, Mischung von Neubau und Bestandsgebäuden, Kombination von Wohn- und Büronutzung usw. hinsichtlich Wärmequellen, erneuerbarer Erzeugung und Integration unterschiedlicher Gebäudebelasten mit der Wärmepumpe analysiert und Varianten hinsichtlich der Potentiale bzw. der Lücke zur Erreichung eines PEQ bewertet werden. Darüber hinaus werden generische WP-Konzepte vom Einzelgebäude bis zur Quartierebene entwickelt, die in die Kategorien (1) vollständig dezentrale Einbindung auf Einzelgebäudeebene, (2) rein elektrische WP-Integration, z.B. zur Erhöhung des Eigenverbrauchs, (3) Integration auf Wärmequellenseite, z.B. gemeinsame Wärmequelle oder Mehrquellsysteme, (4) Kombination von zentraler mit dezentraler (Booster-)WP und vollständig zentrale WP-Einbindung gruppiert wurden. Aus Simulationen und Monitoring im realen Betrieb dieser WP-Konfigurationen werden Leitlinien für die Integrationsmöglichkeiten der WP sowie für Auslegung und Regelung, auch im Hinblick auf energetische Flexibilitätspotenziale, abgeleitet. Das Paper präsentiert Zwischenergebnisse des Annex 61.

## Netzdienlicher Wärmepumpenbetrieb mittels erweitertem Low-Tech MPC-Algorithmus

Vukasin Klepic, Magdalena Wolf, Tobias Pröll

Universität für Bodenkultur Wien, Österreich; [yukasin.klepic@students.boku.ac.at](mailto:yukasin.klepic@students.boku.ac.at)

**Full Paper – Dienstag, 24.9. 15:05-15:30 Hörsaal AEU1-1**

Die vorliegende Arbeit präsentiert die Weiterentwicklung einer Low-Tech modellprädiktiven Regelung (MPC) für einen netzdienlichen Betrieb von Wärmepumpen. Der zuvor entwickelte und bereits in der Literatur\* verfügbare, sowie in mehreren Gebäuden eingesetzte Algorithmus, optimiert vorausschauend

Behaglichkeitsparameter unter Berücksichtigung von Wetter-Prognosedaten für 48 Stunden. Mit einem simplen mathematischen Gebäudemodell und einer Optimierungsfunktion wird der Heizbedarf errechnet und der optimale Heizleistungsverlauf über die Zeit bestimmt.

Aufbauend auf den ersten Ergebnissen wird der Algorithmus um eine Energiepreisprognose erweitert. Durch die Modifikation wird die gleichzeitige Optimierung der Behaglichkeit und der Wärmebereitstellungskosten möglich. Diese prognosebasierte Kosten- & Behaglichkeitsfunktion ist für den Einsatz von Wärmepumpen in Gebäuden mit thermisch aktivierte Bauteilen konzipiert. Der MPC erhält durch die Erweiterung die Möglichkeit, zusätzlich zu Wetter-Prognosedaten, Day-Ahead Börsenpreise oder andere Preissignale zu verarbeiten. Dadurch kann der Betrieb von Wärmepumpen in netzdienliche Zeitabschnitte verschoben werden.

Die Analyse und Validierung des Algorithmus wird in einer Matlab/Simulink-Gebäudesimulation durchgeführt. Erste Simulationsergebnisse zeigen, dass die Wärmebereitung in Zeiten mit niedrigen Strompreisen verschoben werden konnte. Dies führte zu einer signifikanten Reduktion der Wärmebereitstellungskosten ohne Komforteinbußen.

Insgesamt kann gezeigt werden, dass mit dem auf einfachen Rechnern lauffähigen Optimierungsprogramm ein vorausschauender Heiz- oder Kühlbetrieb möglich ist, der die Behaglichkeitsparameter anstrebt, den Energieverbrauch begrenzt und sowohl Kosten als auch Netzbelaistung reduziert.

\*Klepic et al., *Development of a low-tech MPC-algorithm for versatile applications in buildings with therm. activated components*, Energy and Buildings, volume 301, 2023,  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113674>

### Accomodating the constant Evolution of PEDs

Matthias Haase<sup>1</sup>, Alexander Deliyannis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zurich University of Applied Sciences (ZHAW), Switzerland; <sup>2</sup>Sympaxis, Griechenland; [mathaase@gmail.com](mailto:mathaase@gmail.com)

**Full Paper – Dienstag, 24.9. 15:30-15:35 Hörsaal AEU1-1**

The PEDvolution project paves the way for cross-sectoral integration of ever-evolving PEDs. European pioneers in PED conceptualisation, implementation and tool development will materialise this through the codevelopment and implementation of seven interoperable solutions accommodating the constant evolution of PEDs: 1) PED Design and Planning Toolset, 2) PED Readiness Assessment, 3) Dynamic Decision Support Guideline for PED Development, 4) PED Energy Manager, 5) Data Exchange, Integration and Interoperability Platform, 6) PED Business Models, 7) Social Innovation tool.

The PEDvolution solutions will design, process, optimise and strengthen the PEDs genotype- and/or phenotype. Whereas the genotype of a PED is its set of genetic material, built through a unique combination of Social-Technology-Interoperability-Market related aspects. The PED's phenotype is the set of observable characteristics of the PED resulting from the interaction of its genotype with the environment (e.g. energy market, industry, mobility, (geo)politics). Building on the latter methodological approach, an array of products, services and methodologies can be tailored for addressing and handling PED interaction and integration with inbound and outbound energy resources/systems across energy and non-energy sectors.

At least six real-life PEDs across Europe, supported by PED co-developers and demonstrators, will provide a test, demonstration and validation environment for the solutions, paving the way for replication, upscaling and mainstreaming.

### Numerical Simulations of Urban Heat Islands – Evaluation of Simulation Results by Thermal Measurements

Voellner David, Normen Langner, Ress Marvin

Technische Hochschule Würzburg-Schweinfurt, Deutschland; [normen.langner@thws.de](mailto:normen.langner@thws.de)

**Short Paper – Dienstag, 24.9. 16:10-16:25 Hörsaal AEU1-1**

Cities and urban features, including buildings, vegetation, and water surfaces, significantly impact the urban climate. Factors like building geometry, material properties, and surface characteristics influence local climate and the formation of urban heat islands (UHI). Climate simulations are now widely used for predicting thermal conditions, encompassing building and urban scales. However, their predictive accuracy is a recurring concern.

Scientific practices involve measuring and analyzing climatic parameters like temperature, humidity, airflow, and radiation intensity. Urban climate measurements, however, face limitations in temporal and spatial

coverage, particularly in capturing diurnal surface temperature variations. Satellite-based thermal IR data, for instance, cannot provide sufficient data for this purpose.

In ongoing research, the numerical simulation tool ENVI-met is utilized to investigate UHIs. The study analyzes various factors like storage mass and radiation behavior of surfaces (e.g., infrastructure, roofs, facades) to understand their contributions to UHI development. Additionally, the research explores how vegetation and water surfaces can positively impact local climate. Comparison with ground and aerial thermal measurements, obtained using drones, is crucial for validating and refining simulation parameters. This validation process enhances prediction accuracy, enabling the assessment of green infrastructures (e.g., green roofs, vertical gardens) in mitigating urban heat. Ultimately, these insights support the development of effective adaptation strategies to enhance urban resilience against escalating heat events.

### **Systematic comparison of simplified methods to estimate the building design heat load**

Fabian Wüllhorst, Paul Vogt, Laura Maier, Müller Dirk

RWTH Aachen University, E.ON Energy Research Center, Institute for Energy Efficient Buildings and Indoor Climate, Deutschland; [fabian.wuellhorst@eonerc.rwth-aachen.de](mailto:fabian.wuellhorst@eonerc.rwth-aachen.de)

**Poster – Dienstag, 24.9. 16:25-16:30 Hörsaal AEU1-1**

The design heat load according to DIN EN 12831 is crucial for building energy systems design. German technical specification DIN/TS 12831 provides two alternative, simplified methods to calculate the design heat load: (1) based on linear regression using selected measurement points of the final energy consumption and the outdoor air temperature; (2) based on the annual final energy consumption and heating degree days. To accelerate the transformation of the building sector, usage of these simplified methods is desirable. However, the technical specification and related research contributions do not state the accuracy of these simplified approaches.

Thus, in this contribution, we validate the simplified approaches using the final energy consumption from dynamic simulations against the design heat load calculated based on DIN EN 12831. Systematically varying building envelopes, air exchange rates, internal gains, domestic hot water consumptions, room temperatures, and model fidelity, we estimate the accuracy of the simplified methods. For method (1), daily final energy consumption measurements yield the highest accuracy among all scenarios: On average, the design heat load is 0.35 % off, with a standard deviation of 2.5 %. For method (2), the deviation varies between +10 % and &ndash;21 %, with an average of 6.7 % and a standard deviation of 7.7 %.

### **Simulativer Vergleich der thermischen Bedarfsabschätzung eines Einfamilienhauses: Unterschiede zwischen der AixLib und EnergyPlus für ein High-Order-Modell**

Tobias Spratte, David Jansen, Laura Maier, Dirk Müller

RWTH Aachen, E.ON Energy Research Center, Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik; [tobias.spratte@eonerc.rwth-aachen.de](mailto:tobias.spratte@eonerc.rwth-aachen.de)

**Full Paper – Dienstag, 24.9. 16:30-16:55 Hörsaal AEU1-1**

Im IBPSA Project 1 wurde neben der Kernbibliothek Modelica-IBPSA auch die Bibliothek AixLib zur quelloffenen Modellierung von Gebäudeenergiesystemen mit Modelica entwickelt. Verglichen mit dem speziell für die energetische Gebäudesimulation entwickelten quelloffenen Programm EnergyPlus ermöglichen die Modelica-Bibliotheken eine physikalisch realistischere Modellierung der Regelung moderner Anlagentechnik. In EnergyPlus hingegen ist die Wärmeübertragung durch die Gebäudehülle mit einem höheren Detailgrad modelliert. Fraglich ist, in welchem Ausmaß die in der AixLib getätigten Vereinfachungen die Ergebnisse einer energetischen Gebäudesimulation beeinflussen.

In dieser Studie werden die erforderliche Heizleistung und der Heizbedarf eines Einfamilienhauses mittels Jahressimulationen des in der AixLib enthaltenen High-Order-Gebäudemodells des Einfamilienhauses und eines EnergyPlus-Gebäudemodells des Einfamilienhauses ermittelt und verglichen. Die Ergebnisse des AixLib-Gebäudemodells zeigen einen nach oben verschobenen Verlauf der erforderlichen Heizleistung gegenüber den Ergebnissen des EnergyPlus-Gebäudemodells. In der kalten Jahreshälfte wird mit dem AixLib-Gebäudemodell ein etwa 1 %, in der warmen Jahreshälfte ein etwa 31 % und im gesamten Jahr ein etwa 2 % höherer Heizbedarf berechnet. Einen großen Einfluss auf die hohe prozentuale Abweichung in der warmen Jahreshälfte hat die in EnergyPlus umgesetzte zusätzliche Diskretisierung der einzelnen Wandschichten, die im Sommer zu höheren Oberflächentemperaturen der Außenwände führt. Aufgrund des geringen Heizbedarfs in der warmen Jahreshälfte ist der Einfluss der hohen prozentualen Abweichung in dieser Periode auf die prozentuale Abweichung im Jahresheizbedarf gering.

## Investigation of optimal hybrid energy systems for detached single family house districts under different boundary conditions

Maximilian Friebe<sup>1</sup>, Arda Karasu<sup>2</sup>, Martin Kriegel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Chair of Energy, Comfort & Health in Buildings (Hermann-Rietschel-Institut), Technische Universität Berlin, Deutschland; <sup>2</sup>Chair of Building Technology and Architectural Design, Technische Universität Berlin, Deutschland; [maximilian.friebe@tu-berlin.de](mailto:maximilian.friebe@tu-berlin.de)

**Full Paper – Dienstag, 24.9. 16:55-17:20 Hörsaal AEU1-1**

Energy planning on a municipality level has come into focus in Germany with the introduction of the "Act for heat planning and the decarbonization of heating networks". A primary challenge in this process is identifying optimal energy sources and producers.

This investigation delves into the optimal design of hybrid energy systems (HES) for districts comprising detached single-family houses, considering three different building ages and varying energy costs. Load profiles for space heating, domestic hot water and electricity are generated using an archetype approach and statistical data. The optimal HES is identified for 4159 scenarios using multi-objective optimization, considering both total annual costs and carbon dioxide emissions.

The results show, that for scenarios with a building age of 1958-1968, the optimal HES consists of photovoltaics, combined heat and power, biomass- and gas boilers. In scenarios with buildings constructed between 1995-2001 heat pumps constitute up to 19% of the total heat load, while biomass and gas boilers contribute between 28-56% and 31-76%, respectively. In scenarios with new buildings, heat pumps cover up to 76% of the heat load. The findings underscore the advantage of HES, as in 99% of the scenarios the optimal system comprises of three or more heat producers.

## Tunnel als Tor nach Europa – Modellbasierte Simulationen am Semmering-Basistunnel mit Schwerpunkt Energie, Klima und Sicherheit

Manuel Frey<sup>1</sup>, David Akeret<sup>1</sup>, Daniel Dümmel<sup>1</sup>, Verena Langner<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gruner AG, Basel, Schweiz; <sup>2</sup>Gruner GmbH, Wien, Österreich; [david.akeret@gruner.ch](mailto:david.akeret@gruner.ch)

**Short Paper**

Im Jahr 2025 soll der Rohbau des Semmering-Basistunnel fertiggestellt werden, der auf einer Länge von 27 Kilometer die nördliche Alpenkette unterqueren und so den Schienenverkehr zwischen Wien, Graz und Klagenfurt mit der voraussichtlichen Inbetriebnahme im Jahr 2030 entscheidend ausbauen wird.

Baumaßnahmen dieses Ausmaßes bringen besondere Herausforderungen, aber auch Chancen mit sich, wobei Gruner die Gelegenheit bekam, die Planungsleistungen für die Notfalllüftung und Aerodynamik zu übernehmen. Dieser Auftrag wurde anschließend um die Entwicklung einer optimalen Belüftungs- und Kühlungsstrategie für die zahlreichen Versorgungsräume innerhalb des Tunnels erweitert. Hierzu wurden Rückkühlkonzepte, Raumkonzepte und Hydraulikkonzepte entwickelt und durch die Anwendung von Simulationsmodellen vorab geprüft, um kritische umgebungsbedingte Einflüsse auf die innerhalb des Tunnels herrschende Temperatur und Luftqualität im Normalfall, aber auch im Ausnahmefall mittels BIM2SIM-Methode zu beurteilen.

## Suffizient & Robust – Reduktion von Gebäudetechnik durch Evaluation passiver Funktionalität

Alina Wagner<sup>1</sup>, Christian Frenzel<sup>1</sup>, Nicolai Bittrner<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Transsolar Energietechnik GmbH, Deutschland; <sup>2</sup>Karlsruher Institut für Technologie, Deutschland; [wagner@transsolar.com](mailto:wagner@transsolar.com)

**Short Paper – Dienstag, 24.9. 17:20-17:35 Hörsaal AEU1-1**

Zukunftsfähige Architektur bedeutet unter anderem, die Suffizienz und Robustheit im Planungsprozess von Gebäuden in den Mittelpunkt zu rücken. Dieses Paper stellt ein Kindergartenprojekt in der Stadt Bremen vor, für das ein Energiekonzept entwickelt wurde, das sich primär auf die passive Funktionalität der Architektur fokussiert; Technische Komponenten werden ergänzt, wenn sinnvoll und notwendig. Um Lösungen zu evaluieren, wurden dynamische Simulationsverfahren zur Quantifizierung der Umwelteinflüsse herangezogen. Die Methodik berücksichtigt thermische und hygrische Simulationen mittels der Simulationsumgebung TRNSYS in Kombination mit Luftströmungssimulationen auf Basis von TRNFSLOW. In ständiger Wechselwirkung mit der Architektur wurde das Gebäude hinsichtlich der baulichen CO<sub>2</sub>-Emissionen optimiert. Beispielsweise wurde anvisiert die Erdarbeiten für die Energieversorgung minimal zu halten. In einem letzten Schritt wurde auch der betriebswirtschaftliche Aspekt dreier Energieversorgungsalternativen untersucht und

gegenübergestellt. Der thermische und hygrische Komfort wird mittels optimierter Luftströmung und feuchteaktiver Innenbauteile optimiert. Der Leistungsbedarf der Energieversorgung wird unter Einhaltung der Komfortwerte um ca. 50% in Relation zu klassischen Auslegungsverfahren reduziert.

### **Level of detail in dynamic simulation models – a comparison for multi-family houses**

Larissa Kühn, Benani Zoumba, Laura Maier, Dirk Müller

RWTH Aachen University, E.ON Energy Research Center, Institute for Energy Efficient Buildings and Indoor Climate, Deutschland; [larissa.kuehn@eonerc.rwth-aachen.de](mailto:larissa.kuehn@eonerc.rwth-aachen.de)

**Full Paper – Dienstag, 24.9. 17:35-18:00 Hörsaal AEU1-1**

To achieve the set climate goals, renovations and operational optimizations in the residential sector are necessary. In this context, building performance simulations have proven to help estimate the CO<sub>2</sub> saving potential of different renovation measures. Various modeling approaches exist that differ in their level of detail ranging from comprehensive physical descriptions to simplified representations. While literature covers comparisons of dynamic simulation models for single-family houses and non-residential buildings, a comprehensive analysis for multi-family houses is missing.

Besides a different architecture, one distinct characteristic is their high diversity in occupancy patterns. Especially due to diverse user behavior and different resulting temperature set points, heat exchange between floors and flats in multi-family houses are of particular interest. This study compares models with different levels of detail in open-source tools (EnergyPlus and Modelica) for predicting heat demand in multi-family houses, taking into account inter-zonal heat exchange.

Detailed building models in EnergyPlus and Modelica perform similarly in terms of accuracy, but EnergyPlus outperforms Modelica regarding the simulation time. For models with different levels of detail in Modelica, the results highlight trade-offs between accuracy and computational efficiency. Reduced-order models outperform high-order models in terms of simulation time (up to 98 % - 99 %) but at the expense of accuracy in estimating the annual heat demand on flat level (13 % - 46 %).

### **Reduced complexity building and heat pump model to facilitate large scale deployment evaluations**

David Reihs<sup>1,2</sup>, Aurelien Bres<sup>3</sup>, Karim Rezk<sup>1</sup>, Jerik Catal<sup>1</sup>, Yannick Wimmer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>AIT - Austrian Institute of Technology; <sup>2</sup>Universität Passau; <sup>3</sup>Siemens AG Österreich; [david.reihs@ait.ac.at](mailto:david.reihs@ait.ac.at)

**Full Paper – Mittwoch, 25.9. 10:30-10:55 Hörsaal AEU1-1**

To achieve carbon neutrality by 2050, the heating sector will need to be decarbonized quickly. Heat pumps are an ideal technology for the electrification of distributed heating demand. To study the effects of large-scale introduction of heat pumps in electric energy distribution grids, it is imperative to use detailed heat pump models. At the same time, the controllability of the heat pump needs to be reflected by the simulation model.

We propose a modeling paradigm, that uses thermal demand output from a detailed building model to build a simplified building and heat pump model that can be employed in time-discrete simulations with dynamic controls. The model enables large scale deployment evaluations for heat-pumps due to the low computational effort needed at simulation runtime. The complex building dynamics are decoupled from the simulation through the determination of the building thermal demand curves.

The Building temperature is determined using simple thermodynamic assumptions for every simulation time step. The approach is demonstrated for heating as well as cooling systems. Results are validated by evaluating building temperature in the detailed building simulation using thermal output of the simplified heat pump simulation model as heating and cooling system.

## Modularity in water-water heat pumps with integrated latent heat storage for energy-efficient residential applications

Abdulrahman Dahash<sup>1</sup>, Carlos Salvador Collado<sup>1</sup>, Michael Lauermann<sup>1</sup>, Raimund Zitzenbacher<sup>2</sup>, Stephan Preisinger<sup>2</sup>, Christoph Reichl<sup>1</sup>

<sup>1</sup>AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Österreich;

<sup>2</sup>Ochsner Wärmepumpen GmbH, Haag, Österreich; [abdulrahman.dahash@ait.ac.at](mailto:abdulrahman.dahash@ait.ac.at)

**Full Paper – Mittwoch, 25.9 10:55-11:20 Hörsaal AEU1-1**

Modular heat pump technologies emerge as a promising solution for the phase-out of conventional technologies (e.g. gas-fired boilers) in residential applications. Herein, the modularity stands for a series of refrigeration circuits coupled together to satisfy the overall demand for a wide range of apartments with a perfectly tailored number of refrigeration cycles built up in heat pump (HP) modules. The modular approach allows for keeping the refrigerant charge of R290 per circuit below the critical limit for a safe operation in a residential environment. The work aims to address the optimal hydronic scheme with a control strategy for a set of water-to-water HPs to meet the overall energy demand (i.e. space heating and cooling, domestic hot water) in Modelica/Dymola. The simulation results showed that for heating operation, during the daylight (and especially in cold climates), the serial configuration outperforms the parallel one since it can reach higher water temperatures; thus the setpoint indoor temperatures are met for a longer time. The parallel configuration, due to the higher mass flow reaching the latent heat storage, is capable to maintain it sufficiently charged over time. For cooling operation, the results highlighted the possibility of using such heat pumps in a modular approach to satisfy the space cooling demand effectively.

The work considers a conventional heating system with a boiler running on natural gas and a mechanical cooler as a reference system. Results indicate that such a solution outperforms reference systems and achieve annual CO<sub>2</sub> savings up to appx. 2 tons/a for each single apartment compared to its reference counterpart.

## Integration of a latent heat storage in the refrigeration cycle of an air source heat pump for energy-efficient heating, cooling and DHW operations

Abdulrahman Dahash<sup>1</sup>, Georg Klein<sup>1</sup>, Michael Lauermann<sup>1</sup>, Raimund Zitzenbacher<sup>2</sup>, Stephan Preisinger<sup>2</sup>, Bernd Windholz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Wien, Österreich;

<sup>2</sup>OCHSNER Wärmepumpen GmbH, Haag, Österreich; [abdulrahman.dahash@ait.ac.at](mailto:abdulrahman.dahash@ait.ac.at)

**Full Paper – Mittwoch, 25.9. 11:20 – 11:45 Hörsaal AEU1-1**

This work develops a concept to increase the coefficient of performance (COP) for split air-source heat pumps (ASHPs) in residential applications and capable to meet the thermal demands (i.e. space heating, space cooling and domestic hot water). It considers the integration of an innovative three-media heat exchanger that is refrigerant-PCM-water heat exchanger (RPW-HEX). Accordingly, a new design of the refrigeration cycle is developed in which the RPW-HEX acts as desuperheater/storage for DHW during winter and as condenser/storage during cooling operation in summer. Thus, a detailed simulation model is developed considering ASHP, building and water distribution network with different control levels in Dymola. The concept is examined for two seasons; winter whereby space heating and DHW emerge as leading thermal loads, whereas space cooling and DHW are predominant during summer.

The findings showed an increase in COP for space heating and DHW up to 20% compared to a conventional ASHP during winter. For summer, the outcomes revealed a COP improvement leading to a reduction of electricity input by 25% compared to the available concepts. Herein, thermal energy stored in PCM of the RPW-HEX. Later, this heat can be discharged from the RPW-HEX during DHW operation.

Moreover, it is worthwhile to mention that the work also conducts several optimization scenarios to examine the impact of several control strategies for the components included in this system. These investigations will help later in developing operation guidelines for such technologies and impeding any technical challenges that might arise throughout the operation phase. Furthermore, this is also associated with functionality tests in labs in order to gain further insights.

## Bivalent Heat Pump Plant serving a Multi-Family Dwelling - Quantification of the Impact of Different Control Strategies and Parameterisations

Elisabeth Eckstädt, Jan Bräunig

Fraunhofer IIS/EAS, Deutschland; [elisabeth.eckstaedt@eas.iis.fraunhofer.de](mailto:elisabeth.eckstaedt@eas.iis.fraunhofer.de)

**Short Paper – Mittwoch, 25.9. 11:45-12:00 Hörsaal AEU1-1**

This article shows the effects of different control strategies and controller parameterisations on the KPIs energy purchase costs and non-renewable primary energy consumption for a bivalent air-to-water heat pump plant. This demonstrates the importance of system automation and the commissioning phase for energy-efficient operation.

The study showed that KPIs were up to 39% exaggerated due to unfavourable parameterisation. If the optimum parameterisation cannot be determined on the basis of preliminary technical considerations, simulation-based variant studies are a suitable method for identifying a sound parameterisation. This is exemplified for some parameters in this article.

## Abluftanlage mit Nutzung der Abwärme mittels einer Wärmepumpe für Gründerzeitgebäude

Konstantin Holzmann, Rainer Kogler, Thomas Mach, Michael Monsberger

TU Graz, Österreich; [kholzmann@student.tugraz.at](mailto:kholzmann@student.tugraz.at)

**Poster – Mittwoch, 25.9. 12:00-12:05 Hörsaal AEU1-1**

Gründerzeithäuser haben einen beträchtlichen Anteil am Gebäudebestand von Innenstädten in Mitteleuropa. Die Belüftung von Gründerzeitgebäuden erfolgt typischerweise mittels Fensterlüftung. Im Zuge der Sanierung von Gründerzeitgebäuden stellt sich die Frage hinsichtlich des Einbaus aktiver Lüftungssysteme. Neben klassischen Lüftungsanlagen mit Zu- und Abluft stellen Abluftsysteme mit einer Luftnachströmung mittels Außenbauteil-Luftdurchlässen (z.B. im Bereich von Fenstern) eine Alternative dar. Solche Systeme kommen im Neubau aber auch in der Sanierung immer wieder zur Anwendung. Von Vorteil sind deren einfacher Aufbau und die kostengünstige Umsetzung. Ein wesentlicher Nachteil dieser Systeme ist das Fehlen einer Wärmerückgewinnung. Ein Lösungsansatz ist die Kombination mit einer Abluftwärmepumpe, welche der Fortluft Wärme zum Zweck der Warmwasserbereitung oder Raumheizungsunterstützung entzieht. Dabei ist die energetische bzw. ökonomische Plausibilität dieses Ansatzes zu beurteilen. Im Rahmen dieses Beitrags erfolgt dies anhand der Anwendung in einem Gründerzeitgebäude für die Nutzungsszenarien „Wohnen“ und „Büronutzung“. Mittels Simulationen wird eine energetische Analyse des Systems durchgeführt. Zudem wird untersucht, ob mit diesem Lüftungssystem ein Beitrag zum sommerlichen Wärmeschutz mittels Nachtlüftung erreicht werden kann. Abschließend wird eine statische Amortisationsrechnung durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass beim Nutzungsszenario „Wohnen“ durch die Wärmerückgewinnung in den untersuchten Systemvarianten und Betriebsweisen bis zu ca. 40 % des erforderlichen Wärmebedarfs für Warmwasserbereitung und Raumheizung mittels Wärmerückgewinnung aus der Fortluft gedeckt werden kann. Die Amortisationszeit hängt signifikant von der Energiepreissituation ab. Es wird gezeigt, dass statische Amortisationszeiten im Bereich von 7 bis 15 Jahren erreichbar sind. Ein substantieller Beitrag zur Minderung sommerlicher Überwärmung mittels Nachtlüftung konnte in den untersuchten Varianten nicht nachgewiesen werden. Im Fall der „Büronutzung“ ist der Anteil der rückgewonnenen Wärme am Gesamtwärmebedarf deutlich geringer, was auf den im Vergleich zur Wohnnutzung niedrigen Warmwasserwärmebedarf zurückzuführen ist. Dadurch ergeben sich lange Amortisationszeiten, welche einen Einsatz dieses Systems bei „Büronutzung“ nicht rechtfertigen.

## Artificial neural networks use for the design of geothermal probe fields

Tobias Blanke<sup>1</sup>, Felix Pfeiffer<sup>1</sup>, Joachim Dr. Götsche<sup>1</sup>, Bernd Prof. Dr. Döring<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Solar-Institut Jülich der FH Aachen Heinrich-Mußmann-Str. 5 52428 Jülich; <sup>2</sup>Institute of Smart Building Engineering, FH Aachen, Bayernallee 9, 52066 Aachen; [blanke@fh-aachen.de](mailto:blanke@fh-aachen.de)

**Full Paper – Mittwoch, 25.9. 13:00-13:25 Hörsaal AEU1-1**

The utilization of geothermal energy is crucial for achieving sustainable heating solutions during the transition to renewable energy sources. Geothermal probes, also known as borehole heat exchangers, are used to extract heat from the ground. These probes can operate individually or be combined into probe fields to meet larger heating demands. The design of these fields must account for potential undercooling or overheating over extended periods. G-functions are typically employed to calculate the thermal behavior of the ground with interconnected borehole heat exchangers. However, calculating numerical solutions for these functions can be very time-consuming.

This study involves training artificial neural networks (ANN) using pre-calculated g-functions. The accuracies and calculation times of the trained ANN were then compared. The study created a dataset with over 819 000 g-functions for a rectangular probe field. Two different ANNs were trained using 80 % of the dataset. The study then determined the accuracy of the g-functions generated by the ANN and the calculation speed.

The results indicate that the mean absolute percentage error was below 2.3 %. On average, the calculation time was less than 0.1 % of the original time. Large probe fields performed better than average in terms of calculation time. The reduced calculation time enables the computation of complex tasks within a reasonable timeframe, including depth sizing and borefield design optimizations.

### **Exploring the relationship between building characteristics and cooling load prediction using Explainable AI**

Alexander Neubauer, Stefan Brandt, Martin Kriegel

Hermann-Rietschel-Institut, Technische Universität Berlin, Berlin, Germany; [a.neubauer@tu-berlin.de](mailto:a.neubauer@tu-berlin.de)

**Full Paper – Mittwoch, 25.9. 13:25-13:50 Hörsaal AEU1-1**

Load management for cooling energy provision can be achieved by using cooling load predictions. This can reduce peak loads and ease the burden on the power grid. Machine learning can be used to achieve accurate load predictions. The models that are used are black box models. Effective feature selection can enhance the accuracy of cooling load predictions using black box models and the potential for transfer learning. Currently, there is a research gap as no comprehensive and systematic investigation of the influence of building characteristic on the feature importance of hourly cooling load predictions has been carried out. This study examines the influence of individual features on cooling load predictions. The objective is to determine whether building characteristics are implicitly represented in feature importance. SHAP values are used to analyze feature importance both locally, for a single point in time, and globally, for the entire dataset, across a large number of different buildings with varying characteristics. The study found a correlation between building characteristics and the importance of features for cooling load. Solar irradiation was identified as the most important feature for most configurations. Additionally, the study demonstrated that building characteristics significantly impact the accuracy of predictions.

### **Component-based machine learning modeling for predicting building energy performance – An overview**

Philipp Geyer, Xia Chen, Seyed Azad Nabavi

Leibniz University Hannover, Deutschland; [azad.nabavi@iek.uni-hannover.de](mailto:azad.nabavi@iek.uni-hannover.de)

**Full Paper – Mittwoch, 25.9. 13:50-14:15 Hörsaal AEU1-1**

This study aims to integrate the EnergyPlus building energy simulation tool with machine learning methods to predict building energy performance. The approach involves using EnergyPlus to simulate various building components, generating data for training machine learning algorithms. The study has three main goals: developing a parametric component-based building simulation framework, establishing a correlation between simulation tools and machine learning algorithms, and creating a component-based machine learning model for energy performance prediction.

Traditionally, simulation-based methods were time-consuming and required substantial effort to evaluate diverse building components. Machine learning methods offer a faster and potentially more accurate alternative, but obtaining diverse and sufficient data poses challenges. The study proposes a component-based simulation approach for reliable data generation, allowing machine learning methods to be trained and validated.

Preliminary results showcase a hybrid framework that effectively trains a machine learning model for accurately predicting new buildings' energy performance in a short time. The model enables forecasting energy performance for a wide range of building components. Notably, the RandomForest regression approach demonstrates high accuracy in predicting peak and annual heating demands, showcasing its potential to support building designers in making quick yet reliable predictions for the impact of design decisions on building energy demand.

## Enhancing Grid Stability and Economic Operation through Heuristic Control: A Simulation Case Study

Tuğçin Kırant-Mitić, Karsten Voss

School of Architecture and Civil Engineering, University of Wuppertal, Germany; [kirantmitic@uni-wuppertal.de](mailto:kirantmitic@uni-wuppertal.de)

**Full Paper – Mittwoch, 25.9. 14:15-14:40 Hörsaal AEU1-1**

An interaction between buildings and power grid can enhance grid stability by leveraging the available electricity prices. Notwithstanding these advancements, the unforeseen voltage stability challenges, leading to critical grid states, remains a salient concern. In this research, the power demand optimization of a case building is accomplished through the application of Heuristic Control, with a primary focus on achieving economical operation while considering the requests from the smart grid system (SGS). As part of the Solar Decathlon Europe 21/22 competition, one of the competition buildings is exploited as case building. Cost optimized operation of the building is driven by historical electricity spot prices from the German power grid. The critical grid state measurements of SGS were undertaken by the public utility company. During critical status, the building is expected to respond to the SGS by decreasing the power demand. To conduct the analysis, a co-simulation environment is developed between IDA-ICE and MATLAB. The power demand profiles of sub-components — namely, heat pump, photovoltaic, electrical energy storage, and user-related loads— are simulated by IDA-ICE, while cost and power optimization is run in MATLAB. In conclusion, this research demonstrates an approach to support grid stability challenges through building-grid interaction.

## A fast one-stop-shop Assessment and Simulation framework for Positive Energy District Certification

Simon Schneider<sup>1</sup>, Raphael Drexel<sup>1</sup>, Thomas Zelger<sup>1</sup>, José Baptista<sup>2</sup>

<sup>1</sup>FH Technikum Wien, Österreich; <sup>2</sup>University of Trás-os-Montes and Alto Douro, Department of Engineering, School of Science and Technology, Portugal; [simon.schneider@technikum-wien.at](mailto:simon.schneider@technikum-wien.at)

**Full Paper – Mittwoch, 25.9. 14:40-15:05 Hörsaal AEU1-1**

We present a simulation and assessment framework for the klima:aktiv certification of Positive Energy Districts, that implements the “Zukunftsquartier” definition of positive energy districts (Schneider et al., 2023). It allows researchers and practitioners to quickly model and assess the primary energy and emission balance of operation and mobility of a district and provides a quick yet detailed overview on user-specified scenario configurations that achieve the energy and emission balances required by the certification standard.

The framework implements an hourly thermoelectric simulation model and a built-in energy-flexible DSM controller that can utilize predefined storage and flexibility options: the thermal mass of the building and hot water buffer tanks, electrochemical and EV batteries and the (optional) reactionary use of external renewable energy excess.

The framework provides a one-stop-shop spreadsheet-based tool for input gathering, simulation, analysis and assessment. It features very fast simulation times of five to twenty seconds per district scenario on regular laptop machines.

It also serves as a common receiver and merger for most common assessment results: Timestep data for onsite renewable heat and electricity generation from generic sources, stationary load profiles, weather and climate data, conversion factors, etc.

The framework combines this data in a ready-made analysis and assessment toolbox that includes a dashboard, interactive views of input and simulation timestep data (loads, States-of-charge, etc.), and formatted results pages featuring energy balances, load profiles, energy flows and assessment results.

Furthermore, this paper describes the process of the tool development itself: how and why features were surveyed, approved, and finally implemented. This also includes a comparison of other common PED assessment tools in terms of set-up time and know-how, typical modelling and assessment timeframes, modelling interfaces (such as hull model based on GIS, BIM or other 3D Formats) and required parametrization extent and effort.

Ref:

Schneider, S., Zelger, T., Sengl, D., Baptista, J., 2023. A Quantitative Positive Energy District Definition with Contextual Targets. *Buildings* 13, 1210. <https://doi.org/10.3390/buildings13051210>

## Integration verschiedener Simulationsmethoden zur energieeffizienten Sanierung des Welterbes Speicherstadt Hamburg

Lena Teichmann<sup>1</sup>, Zaher Ramadan<sup>1</sup>, Laura Fernandez Resta<sup>2</sup>, Güren Tan Dinga<sup>2</sup>, Lukas Boy<sup>2</sup>, Harald Garrecht<sup>1</sup>, Annette Bögle<sup>2</sup>, Jochen Schiewe<sup>2</sup>, Daniel Mondino<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Stuttgart, Deutschland; <sup>2</sup>HafenCity Universität Hamburg, Deutschland; [zaher.ramadan@iwb.uni-stuttgart.de](mailto:zaher.ramadan@iwb.uni-stuttgart.de)

**Full Paper – Mittwoch, 25.9. 13:00-13:25 Seminarraum AEU1-7**

Sowohl in der Forschung als auch in der Bauindustrie gibt es verschiedene Simulationsmethoden und -programme für thermische und energetische Analysen und Bewertungen im Bauwesen. Oft wird nur eine Methode genutzt, ohne die sinnvolle Ergänzung durch andere Methoden zu berücksichtigen. Dies liegt auch an der mangelnden Kompatibilität der Programme untereinander.

Das Forschungsprojekt CO2-neutrales Welterbe Speicherstadt Hamburg untersucht unter anderem verschiedene Sanierungsmöglichkeiten sowohl in der Bau- als auch Anlagentechnik im Bereich des Denkmalschutzes. Die einzelnen Sanierungskomponenten werden durch die Umsetzung an Klein- und Großdemonstratoren anhand von Messungen und voran- wie nachgehenden verschiedenen Simulationsmethoden untersucht. Alle Informationen, welche im Projekt gesammelt werden, werden auf einem BIM-basierten Dashboard Bau teil- bzw. raumorientiert erfasst. Dies soll einen schnellen Austausch von Informationen und Ergebnissen sowohl für die verschiedenen Simulationsmethoden als auch für alle anderen Projektbeteiligten ermöglichen.

Ein Teilziel ist es, die passende Simulationsmethode zur passenden Fragestellung zu bestimmen und die Ergänzungen der Methoden und die optimale Nutzung von Synergien zu erforschen. Insbesondere wird auf die thermische Gebäudesimulation mit IDA ICE und die CFD-Simulation mit StarCCM+ eingegangen.

## Begleitende Simulationsanalysen zur Unterstützung der energetischen Sanierung des Hochschulcampus Berlin-Charlottenburg

Christoph Nytsch-Geusen, [Kaul-Gothe Werner](#), Lucas Westermann, Helena Burchard

Universität der Künste Berlin, Deutschland; [we.kaul@udk-berlin.de](mailto:we.kaul@udk-berlin.de)

**Full Paper – Mittwoch, 25.9. 13:25-13:50 Seminarraum AEU1-7**

Auf dem Hochschulcampus Berlin-Charlottenburg befinden sich über 40 Gebäude der TU Berlin und der UdK Berlin, welche sich mehrheitlich in einem energetisch nicht sanierten Zustand befinden und zu einem erheblichen Anteil unter Denkmalschutz stehen. Auf der anderen Seite sind energetische Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle und der Gebäudetechnik dringend erforderlich, da beide Universitäten mit der Stadt Berlin Klimaschutzvereinbarungen abgeschlossen haben, um die CO2-Emissionen des Gebäudebestands auf dem Campus in den nächsten Dekaden nachhaltig zu reduzieren.

Vor diesem Hintergrund werden im Forschungsprojekt HCBC in Kooperation mit den Bauabteilungen beider Universitäten eine Vielzahl von begleitenden Simulationsanalysen durchgeführt, welche diese dabei inhaltlich unterstützen sollen, zunächst notwendige Fördermittel für bauliche und gebäudetechnische Sanierungsmaßnahmen zu akquirieren und nach deren Umsetzung ihre Wirksamkeit einem Monitoring zu unterziehen. Die Art der hierfür durchgeführten Simulationsanalysen ist vielfältig und reicht von der Auslegung dachintegrierter Fotovoltaikanlagen, der Kühllastberechnung eines größeren Gebäudekomplexes im Rahmen einer Kälteanlagensanierung, über Studien zur Gebäudekühlung über passive Nachtlüftung für eine Fassadensanierung eines denkmalgeschützten Gebäudes bis hin zur Energie- und Raumklimaanalyse für ein neu geplantes Laborgebäude.

Der Beitrag beschreibt wie die begleitende Simulationsanalysen die Effizienz von dringend notwendigen energetischen Sanierungsmaßnahmen auf dem Hochschulcampus steigern kann und geht zudem auf die Herausforderungen ein, die sich zwangsläufig ergeben, wenn die theoretisch angelegten Simulationsanalysen und der praktisch orientierte Sanierungsprozess parallel in enger Abstimmung stattfinden, mit der Zielstellung, einen hohen Gesamtwirkungsgrad für die sanierten Gebäude zu erzielen.

## Simulation, Realisierung und Monitoring einer nachträglichen Bauteilaktivierung als minimalinvasive Wärmeabgabesystem in der Sanierung

Tobias Hatt<sup>1</sup>, Thomas Ramschak<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Energieinstitut Vorarlberg, Österreich; <sup>2</sup>AEE - Institut für Nachhaltige Technologien, Österreich; [tobias.hatt@energie-institut.at](mailto:tobias.hatt@energie-institut.at)

**Full Paper – Mittwoch, 25.9. 13:50-14:15 Seminarraum AEU1-7**

Die erhaltenswerte Südtiroler Siedlung in Bludenz/Vorarlberg wurde zwischen 1940 und 1962 errichtet und umfasst 397 Wohnungen in kleinen MFH mit durchschnittlich 6-9 Parteien.

Vor allem die in den Nachkriegsjahren errichteten Gebäude wurden in einem sehr materialsparenden Niveau errichtet und sind baulich und bezüglich ihrer Wärmeversorgung weitestgehend im Originalzustand. Alle Wohnungen wurden mit Einzelraumlösungen beheizt, sei es mit Holz/Ölöfen oder direktelektrisch; sie wiesen sehr hohe Energieverbräuche und deutliche Komfortdefizite sowohl im Winter, als auch im Sommer auf. Im Jahr 2023 wurden zwei Pilotgebäude im Rahmen des österreichischen von der FFG geförderten Forschungsprojekts SüdSan in sehr hohe thermische Qualität saniert. Hierzu wurde neben sehr guter Dämmung und Fenstern, Wärmepumpe und Komfortlüftung das Dach südseitig vollflächig mit PV belegt.

Da die Gebäude momentan kein hydraulisches Wärmeabgabesystem besitzen, werden verschiedene Wärmeabgabesysteme im Niedertemperaturbereich, die wärmepumpenoptimiert betrieben werden können mit Hilfe dynamischer Gebäude- und Anlagensimulation in IDA ICE untersucht. Varianten sind Niedertemperaturheizkörper (NT-HK) sowie die thermische Aktivierung der Außenwände. Zweites erfolgt durch Heizschlangen auf der Außenseite der Bestands-Außenwände, welche dann mit einer sehr guten Dämmfassade überdeckt werden. Damit der Wärmeübergang vom Heizmedium in den Raum korrekt abgebildet wird, wurde das eindimensionale Wandmodell der Gebäudesimulation mit einer zweidimensionalen Wärmeflussberechnung kalibriert. Diese Art der Bauteilaktivierung wird in einem der Mustergebäude erstmals in der Sanierung als alleiniges Wärmeabgabesystem eingesetzt. Es wurden verschiedene Regelstrategien mit Gebäude und Anlagensimulationen im Vorfeld untersucht und eine Einzelraumregelung umgesetzt. Hauptvorteil des Systems im Vergleich zu NT-Heizköpfen ist, dass in den bewohnten Wohnungen kein Eingriff stattfinden muss. Nachteil ist der gemäß Simulation 16% höhere Energiebedarf für die Beheizung und die schlechtere Regelbarkeit aufgrund der Trägheit des Systems. Durch die niedrigen Vorlauftemperaturen haben die NT-Heizkörper wiederum nicht die gewohnt hohen Oberflächentemperaturen, was zu niedrigerer Nutzerakzeptanz führen kann.

Beide Systeme lassen aber in Kombination mit der geplanten sehr guten Hüllqualität sehr niedrige Energiebedarfe und komfortable Temperaturen erwarten und sind laut Kostenschätzung ähnlich teuer. Es wird in den beiden Mustergebäuden je ein Wärmeabgabesystem umgesetzt und messtechnisch untersucht.

Auf der Tagung können außer den Simulationsergebnissen auch schon Messergebnisse aus dem ersten Winter gezeigt werden. Ebenfalls kann eine Aussage zu den abgerechneten Kosten gemacht werden.

## Demonstration einer Mustersanierung mit smarter Energiesystemregelung für kosteneffizienten und klimaneutralen mehrgeschossigen Wohnungsbau

Christina Betzold, Sebastian Hummel, Labinot Malushaj, Arno Dentel

Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, Deutschland; [christina.betzold@th-nuernberg.de](mailto:christina.betzold@th-nuernberg.de)

**Poster – Mittwoch, 25.9. 14:15-14:20 Seminarraum AEU1-7**

Ein klimaneutraler Gebäudestandard für Neubauten ebenso wie für den Gebäudebestand ist für das Erreichen der Klimaschutzziele im Gebäudesektor unerlässlich. Energetisch und baulich ist eine Realisierung von energieneutralen Gebäuden bereits in vielen Fällen möglich, jedoch existieren sehr oft Hemmnisse die eine wirtschaftliche und funktionale Realisierung verhindern. Ziel des Verbundvorhabens „sEnSys“ ist die Demonstration einer Sanierung im Bestand von mehrgeschossigen Mehrfamilienhäusern, im Bereich des gemeinschaftlichen Wohnungsbaus. Die vier Projektpartner legen dabei die Schwerpunkte des Projektes auf die Entwicklung und Umsetzung eines umfassenden Konzepts für energieeffiziente, wirtschaftliche und netzdienliche Gebäude, welche in der Jahresbilanz eine Energie- bzw. Klimaneutralität erreichen.

Das im MFH einzusetzende Energieversorgungskonzept muss möglichst verlustarm und kosteneffizient arbeiten, um die Klimaneutralität des Gebäudes erreichen zu können. In einer Simulationsstudie wurden drei grundlegende Hydraulikvarianten untersucht, welche sich in der Art der Trinkwarmwasserbereitung (TWWB) und der Leitungsführung im Gebäude unterscheiden. Als Wärmequelle diente (bedingt durch die örtlichen Gegebenheiten) bei jeder Variante eine erdreichgekoppelte Sole-Wasser-Wärmepumpe und ein Parallel-Pufferspeicher. In aktuell laufenden Untersuchungen werden Sub-Typen dieser Variante erstellt, hydraulisch

dimensioniert und simulativ bewertet. Hierbei spielt der Sanierungsstandard eine wichtige Rolle. Ebenso werden unterschiedliche Energiequellen betrachtet und sinnvolle Kombinationen erstellt und bewertet.

Der Posterbeitrag präsentiert die Ziele des Vorhabens, die Simulationsstudien zu den drei Hauptvarianten und die Simulationsergebnisse der Parameterstudie mit den Sub-Typen. Die Bewertung der Varianten basiert auf Basis einer ökologischen und ökonomischen Betrachtung.

### **Simulationsgestützter Vergleich der Energieeffizienz von bestehenden Gründerzeitgebäuden, deren Sanierung und eines Neubaus**

Tarek Fillafer, Hans Hafellner

TU Graz, Österreich; [hafellner@tugraz.at](mailto:hafellner@tugraz.at)

**Short Paper – Mittwoch, 25.9. 14:20-14:40 Seminarraum AEU1-7**

Mithilfe des Simulationsprogrammes IDA ICE wird anhand eines repräsentativen gründerzeitlichen Beispielgebäudes die Aussagekraft einer Energieausweisberechnung für solche Gebäudetypen in Frage gestellt. Aus ca. 100 Bestandsgebäuden mit einem Baujahr vor 1945 im Stile von Gründerzeitgebäuden wurde das repräsentative Objekt gewählt. Im Gegensatz zur stationären Berechnung, kann das Simulationsmodell auch instationäre Verhaltensabläufe von Nutzern, den Belegungsgrad und realistische Klimadaten berücksichtigen.

Das Bestandsmodell wird mit Sanierungsvarianten und einem modernen Neubau nach fiktivem Abbruch des Bestandsgebäudes verglichen. Der Altbau kann dank Sanierungsmaßnahmen, wie Fenster- und Heizungstausch mit erneuerbaren Energieträgern, die definierten Vorgaben eines Gebäudezertifizierungssystems bezüglich des Primärenergiebedarfs einhalten. Es wird aufgezeigt, wie der Gebäudebestand mit Hilfe von realistischeren Simulationsergebnissen die EU-Taxonomie Konformität erfüllt und Kulturgut erhalten werden kann.

### **Thermische Bauteilaktivierung: Ein Gamechanger der Energiewende für die Gebäudesanierung**

Dirk Weiss<sup>1</sup>, Katja Tribulowski<sup>1</sup>, Luisa Kotte<sup>1</sup>, Monika Wicke<sup>2</sup>, John Grunewald<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Bauklimatik der TU Dresden, Deutschland; <sup>2</sup>EA Systems Dresden GmbH; [dirk.weiss@tu-dresden.de](mailto:dirk.weiss@tu-dresden.de)

**Short Paper – Mittwoch, 25.9. 14:40-14:55 Seminarraum AEU1-7**

Diese Studie analysiert den Einfluss der thermischen Speichermasse auf die Energieeffizienz und das Lastmanagement in unterschiedlichen Gebäudesanierungsvarianten: ein Wärmedämmverbundsystem (WDVS) mit bestehenden Heizkörpern, WDVS in Kombination mit einer Flächenheizung und eine außenliegende Fassadenkonditionierung durch das Aktive Dämm-heizkühlsystem (AktivDHKS). Ziel der Untersuchung ist es, das Potenzial dieser Sanierungsansätze zur Verbesserung der Lastverschiebung (Load-Shifting) und zur Reduktion von Lastspitzen (Peak-Shaving) im Stromnetz zu bewerten. Durch den Einsatz von thermischen Simulationen werden die dynamischen Reaktionen der Gebäudehüllen auf externe und interne Lasten sowie deren Interaktionen mit dem Energieversorgungssystem evaluiert. Die vorläufigen Ergebnisse deuten darauf hin, dass insbesondere das AktivDHKS durch seine direkte Aktivierung der thermischen Masse erheblich zur Stabilisierung des Stromnetzes beitragen kann. Diese Erkenntnisse bieten wertvolle Impulse für die Entwicklung nachhaltiger Sanierungsstrategien, die sowohl ökonomische als auch ökologische Vorteile bieten und unterstützen somit die Realisierung der Ziele der Energiewende.

### **Energetische Gebäude- und Anlagensimulation als Werkzeug bei der Ausbildung von Architekturstudierenden**

Christoph Nytsch-Geusen, Werner Kaul-Gothe

Universität der Künste Berlin, Deutschland; [nytsch@udk-berlin.de](mailto:nytsch@udk-berlin.de)

**Full Paper – Donnerstag, 26.9. 10:30-10:55 Hörsaal AEU1-1**

An der UdK Berlin wird im Masterstudiengang Architektur seit ca. 10 Jahren sowohl im Sommer- als auch Wintersemester das Pflichtseminar „Klimadesign und Energieeffizienz“ mit ca. 20 Studierenden pro Semester durchgeführt. Ziel der Lehrveranstaltung ist ein architektonischen Entwurf zu wechselnden Themen, das Erlernen den Umgang mit der energetischen Gebäude- und Anlagensimulation und deren Anwendung für die standortbezogene, raumklimatische und energetische Optimierung der Planung als integrativer Teil des Entwurfsprozesses.

Die Studierenden bearbeiten dazu in 4er Teams ein Projekt zum jeweiligen Semesterthema, z.B. dem Entwurf einer Plusenergieschule, einer solar versorgten Tankstelle für die Elektromobilität oder einer klimaneutrale Forschungsstation. Der architektonische Entwurf wird von ihnen als Mehrzonengebäudemodell mit dem Simulationswerkzeug IDA ICE abgebildet, die im Energiekonzept beschriebene energetische Anlagentechnik mit dem Simulationswerkzeug Polysun. Mit diesen beiden Simulationswerkzeugen erstellen die Studierenden für ihre Entwürfe sowohl Analysen zum Innenraumklima und zur thermischen Behaglichkeit als auch Energiebilanzierungen für die Gebäudehülle und die im Energiekonzept festgelegte Anlagentechnik. Hierbei werden die simulationsgestützten Raumklimaanalysen und Energiebilanzierungen im Entwurfsprozess teilweise mehrfach wiederholt ausgeführt, um letztendlich bestmögliche Kompromisse einer guten thermischen Behaglichkeit bei einem minimalen Einsatz nichterneuerbarer Energien aufzuzeigen.

Um die Flexibilität im energetischen Gebäudedesign zu trainieren, betrachtet jedes Projektteam einen individuellen Klimastandort aus einem Pool von drei Klimastandorten, welche je nach Semesterthema national oder sogar weltweit verteilt sind und teilweise in extrem unterschiedlichen Klimazonen liegen.

Der Beitrag beschreibt sowohl die didaktische Konzeption und Weiterentwicklung des Seminars als auch die Erfahrungen, welche die Autoren beim langjährigen Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Ausbildung von Studierenden der Architektur machen konnten.

### **Revolutionizing Communal Heating Planning in Berlin: A Data-Driven Approach for Accurate and Scalable Energy Consumption Predictions**

Stefanie Segbers, Alexander Küster-Inderfurth, Christoph Nytsch-Geusen

Universität der Künste Berlin, Deutschland; [s.segbers@udk-berlin.de](mailto:s.segbers@udk-berlin.de)

**Full Paper – Donnerstag, 26.9. 10:55-11:20 Hörsaal AEU1-1**

Accurately predicting heating energy consumption for Berlin's approximately 360,000 buildings is crucial for optimizing communal heating planning. However, the lack of detailed building information hinders precise estimations necessary for city decarbonization and efficient use of local renewable or waste energy. To address this challenge, our research project utilizes 3D geometries and open available data of Berlin's buildings to perform building-specific simulations.

A physics library was developed using statistical data from 16 IWU building types and 6 refurbishment scenarios, connecting building components with physical properties. Additionally, a usage library comprising 24 different building usage types and a weather database spanning 13 recent years and 3 future climate scenarios for the next 8 future decades were created. Physical based simulation analyses on a subset of Berlin's building stock with thousands of buildings were conducted using these libraries.

To extend results city-wide, an Artificial Neural Network (ANN) was trained using the input data and simulation outcomes from these calculations to predict the heating and domestic hot water demand for each individual building of the Berlin building stock. This approach replaces traditional simulation software, offering a more efficient and faster alternative. A user-centric website allows individuals to access and also to improve the energy demand forecasts for their buildings of interest, by adapting the default input parameters of the ANN to their own knowledge of the building in question. Corrected input parameters are incorporated into the neural network training, improving accuracy for various climate scenarios and potential refurbishments.

This iterative process not only streamlines communal heating planning in Berlin but also establishes a flexible framework for continuous improvement. This emphasizes the adaptability and scalability of our proposed methodology, contributing to enhanced predictions and a more efficient approach to city-wide heating planning.

### **From Data to Decision: Development and Application of an Open-Source German Building Stock Database for Urban Energy Simulation**

Amedeo Ceruti<sup>1,2</sup>, Mara Geske<sup>1,3</sup>, Ulla Hartmann<sup>1,4</sup>, Hartmut Spliethoff<sup>2</sup>, Conrad Voelker<sup>3</sup>

<sup>1</sup>The labelled authors declare equal authorship. Listed in alphabetical order.; <sup>2</sup>Technische Universität München, Deutschland; <sup>3</sup>Bauhaus-Universität Weimar, Deutschland; <sup>4</sup>Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe, Deutschland; [mara.geske@uni-weimar.de](mailto:mara.geske@uni-weimar.de)

**Full Paper – Donnerstag, 26.9. 11:20-11:45 Hörsaal AEU1-1**

Engineers and architects face a multitude of decisions regarding data collecting and processing for urban building energy modelling (UBEM). The requirements for the simulation result, the size of the neighbourhood and the availability of data have to be taken into account togetherwith a number of other influencing factors when developing an appropriate simulation model. The main contribution of this work is an open-source,

easily customizable database for the German building stock which aims to accelerate the data collection process. Several data sources are collected and published with the format for the open-source UBEM software City Energy Analyst, enabling practitioners to quickly simulate buildings and districts. In addition, this study compares three different perspectives by examining representative scales and stakeholders, ranging from less than ten buildings up to districts with hundreds of buildings. The results are validated with measured data from two of the case studies. The different case studies' findings are summarized in a set of decision criteria that practitioners can use to navigate through the decision-making process before and during the modeling. By following this workflow, the database and the open-source software significantly speed-up the model generation and enable a completely transparent, reproducible process. The proposed decision criteria and the database should be further validated by the UBEM community at large to assess its applicability to all regions of Germany.

### **Dynamische Simulation im Planungsalltag – Erfahrungen anhand dreier aktueller Case Studies**

Anita Preisler, Sama Schoisengeier

e7 energy innovation & engineering, Österreich; [anita.preisler@e-sieben.at](mailto:anita.preisler@e-sieben.at)

**Full Paper – Donnerstag, 26.9. 11:45-12:00 Hörsaal AEU1-1**

Dynamische Gebäude- und Anlagensimulation bietet als Planungswerkzeug im Bauprozess viele Vorteile zu statischen bzw. quasi-dynamischen Berechnungen. Durch die realitätsnahe Modellierung des Bauvorhabens kann beispielsweise einer Überdimensionierung von haustechnischen Anlagen entgegengewirkt werden. Ein weiteres Beispiel ist der Nachweis eines hohen Innenraumkomforts mit innovativen Lösungen zur Wärme- und Kälteabgabe bzw. mechanischer Lüftung.

Im Rahmen dieses Papers werden ausgewählte Referenz-Simulationsprojekte von e7 vorgestellt, in denen ein „Proof of Concept“ mittels dynamischer Gebäude- und Anlagensimulation in den letzten fünf Jahren durchgeführt wurden. Die Fragestellungen an die Simulation reichen von Nachweis Erreichung sommerlichen Komfort mittels reduzierter haustechnischer Anlagen (z.B.: Fußbodenkühlung in Kombination mit mechanischer Lüftung) bis zu Auswirkungen von Begrünungsmaßnahmen auf den Innenraum-komfort.

### **From building load profile to district load profile - a comparison of up-scaling methods**

Tobias Blanke<sup>1,3</sup>, Joachim Dr. Götsche<sup>1</sup>, Veronika Richter<sup>2</sup>, Jérôme Frisch<sup>2</sup>, Bernd Prof. Dr. Döring<sup>3</sup>, Christoph van Treeck<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Solar-Institut Jülich der FH Aachen Heinrich-Mußmann-Str. 5 52428 Jülich; <sup>2</sup>Institute of Energy Efficiency and Sustainable Building (E3D), RWTH Aachen, Deutschland; <sup>3</sup>Institute of Smart Building Engineering, FH Aachen, Bayernallee 9, 52066 Aachen; [blanke@fh-aachen.de](mailto:blanke@fh-aachen.de)

**Full Paper – Donnerstag, 26.9. 13:00-13:25 Hörsaal AEU1-1**

Combining buildings into districts aggregates the diverse peak loads from individual buildings to improve the sizing of new energy supply systems. The non-simultaneity of peak loads (both electric and thermal) is evaluated using simultaneity factors. The simultaneity factor is the maximum of the district load profile divided by the maximum of the individual load profile. As the simulation of individual buildings works very well, this publication aims to present algorithms that calculate the combined load profile of district buildings from individual building load profiles using the simultaneity factor.

Four different methods are presented for this purpose: (Mean) linear scaling of the load profile to a constant mean value, (Ref. P.) scaling to a reference load profile, (N. D.) normal distribution of the load profile to the neighboring time steps and (N. D. Ref.) normal distribution of the difference between the individual building load profiles and a reference profile to the neighboring time steps. All methods take a predetermined simultaneity factor into account to smooth the maximum load peak until this simultaneity factor is met. All methods are applied to measured electrical and thermal load profiles, and the calculation accuracy is compared. The results show that linear scaling to a reference profile model has the lowest errors. The normal distribution models lead to the lowest fluctuations.

## CityGML Data Preparation for Thermal Simulation at District Level

Andreas Geiger, Yingcong Zhong, Steffen Hempel, Karl-Heinz Häfele, Veit Hagemeyer

Karlsruhe Institute for Technology, Deutschland; [andreas.geiger@kit.edu](mailto:andreas.geiger@kit.edu)

**Full Paper – Donnerstag, 26.9. 13:25-13:50 Hörsaal AEU1-1**

More and more cities and countries around the world are providing CityGML LoD2 building models, either commercially or as open data. Although these models divide the outer shell of buildings into walls, roofs and floor areas, most of the input parameters for a thermal simulation are missing. In addition, CityGML allows different modeling approaches, so that the geometry of the models must also be checked, the neighborhood relationships analyzed and, if necessary, the model modified.

This article describes the analysis of CityGML models with regard to the model structure and geometry. This includes checking the buildings geometry for a closed volume, considering neighboring buildings as shading objects and enriching building physics parameters depending on the year of construction. The geometry processing for buildings with several building parts, the calculation of shared surfaces in the case of closed constructions and the determination of neighboring buildings are presented in detail. The enrichment of the building models with building physics parameters is presented in depth and the use of these parameters for Urban Life Cycle Analysis is outlined. All concepts are implemented in software and tested with the Energy Plus simulation kernel. The software, which allows basic CityGML models to be converted into comprehensive CityGML Energy ADE models, is made available to the community as freeware.

## Enhancing Efficiency and Feasibility of Large-Scale Thermal Energy Storage In District Heating

Abdulrahman Dahash

AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Österreich; [abdulrahman.dahash@ait.ac.at](mailto:abdulrahman.dahash@ait.ac.at)

**Full Paper – Donnerstag, 26.9. 13:50-15:15 Hörsaal AEU1-1**

Large-scale thermal energy storage (TES) plays a crucial role in the expansion of renewables-based district heating (R-DH) effectively bridging the gap in the seasonal mismatch between heating demand and renewable energy availability. This study establishes a techno-economic analysis framework incorporating key performance indicators such as energy and exergy efficiency. Economic feasibility is assessed through TES specific costs leading to the use of levelized cost of stored heat (LCOS) as a practical measure for techno-economic analysis.

For the investigation, validated numerical, multiphysics simulation models are utilized. The work investigates the role of insulation installation on the specific cost and the techno-economic impact of such TES systems. The work further examines the role of groundwater flow in TES surrounding on the performance and costs these stores. Furthermore, the work pays considerable attention to the role of DH temperature level, groundwater flow and, therefore, these are other aspects being under investigation.

The outcomes highlight the advantage of pyramid-shaped insulation distribution over conventional installation within the TES envelope. Furthermore, the outcomes reveal that the presence of groundwater in TES surroundings leads to a notable increase in the specific costs of TES due to the additional requirements needed to reduce the TES-groundwater impact. As a result, an increase in the LCOS leading to a necessity of optimization as this is addressed as well.

## Automated Generation of Building Stock Databases and High-Resolution Heat Load Profiles for Districts and Municipalities in Germany

Luis Blanco<sup>1,2,3</sup>, Philip Groesdonk<sup>1,2,3</sup>, Jacob Estevam Schmiedt<sup>1,3</sup>, Bernhard Hoffschildt<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>German Aerospace Center (DLR), Institute of Solar Research, Jülich/Cologne, Germany; <sup>2</sup>RWTH Aachen University, Chair of Solar Components, Aachen, Germany; <sup>3</sup>heatbrAln GmbH, Jülich, Germany; [luis.blancobohorquez@dlr.de](mailto:luis.blancobohorquez@dlr.de)

**Short Paper – Donnerstag, 26.9. 14:15-14:30 Hörsaal AEU1-1**

Reliable data about the building stock and its heating demand are essential for deciding about the transformation of the heat sector transformation. Following the practical requirements of planning and engineering offices, we designed a method to automatically generate heat demand and building energy models for entire municipalities or districts in Germany.

In this contribution, we present a compilation of data, tools, and methods with which a building stock database with building-level spatial resolution and energy demand models that can be simulated in up to hourly resolution can be generated. Sources are data about LOD2 geometry, cadastre, building archetypes, and typical weather that are fully open data throughout Germany, and a Random Forest method to inform construction periods for each building. An exemplary application to a small town gives insights about heat demand outcomes as well as about adaptations that were necessary to get consistent results.

## Modelling Approaches for Decentral Domestic Hot Water Heat Exchangers in Hydronic Simulations

Elisa Venturi, Fabian Ochs, Georgios Dermentzis, Mara Magni

University of Innsbruck, Österreich; [elisa.venturi@uibk.ac.at](mailto:elisa.venturi@uibk.ac.at)

**Full Paper – Donnerstag, 26.9. 13:00-13:25 Seminarraum AEU1-7**

A large number of multi-family houses (MFH) in Europe have the need to replace heating systems based on fossil fuels. Heat pumps present one of the dominant alternatives to those systems, both for renovations and new constructions. An example is the new building district “Campagne” in Innsbruck, Austria. The first part of the district, which was finished in 2022, comprises four buildings that accommodate 307 apartments. During design, various combinations of heat generation and distribution systems were investigated [1]. Finally, a centralized heating system with a ground-water source heat pump for space heating and district heating connection for the domestic hot water (DHW) preparation are installed. The hydronic system is a so called 2+2 pipe system i.e. 2 pipes for space heating and 2 pipes for DHW including a fresh-water station (FWS) (i.e. a plate heat exchanger) in each apartment.

To optimize the overall building energy performance, there is a need of dynamic simulations of building and system to investigate different control strategies and the dynamic behaviour of key properties, such as the flow and return temperatures of the system. Especially, the return temperature has an impact on the storage stratification and the heat pump performance. However, modelling and simulating the complete system can be challenging, especially in case of MFHs and building districts like in the Campagne, which would require the parallel simulation of 307 FWS. Even simulating the smallest building, with 52 apartments, poses a considerable challenge in terms of modelling and computational effort and time. This creates the need for simplified simulation models, incorporating lumped components to collectively represent the behaviour of multiple components [2].

This study focuses on deriving a method to model and simulate the apartment fresh water stations i.e. the heat exchangers. The aim is to model one or several lumped DHW heat exchanger of the FWS on building effectively instead of one DHW heat exchanger on every apartment. The innovation lies in developing a methodology for modelling a lumped heat exchanger to reduce computational time and effort. To achieve this, a physical model of a sample of ten DHW heat exchangers is simulated in MATLAB Simulink using CARNOT Toolbox and CarnotUIBK libraries. The physical model serves as a benchmark for evaluating the performance of the developed lumped model. Thus, the goal is to quantify the effectiveness of the lumped model in terms of the trade-off between the simulation time and accuracy. Subsequently, the derived lumped model could be used to simulate the 52 DHW heat exchanger of the smallest building, where monitoring data on apartment-level are available. Preliminary results indicate that DHW profiles and setpoint temperature influence the parameters of the lumped DHW heat exchanger.

The integration of lumped DHW heat exchanger models significantly contribute to the development of reliable simplified models crucial for evaluating building energy performance in extensive simulations, such as the one required for the project “Campagne Innsbruck Monitoring”. Moreover, the outcome of the study can contribute in the integration of building simulations in building energy standards.

[1] Dermentzis, Georgios & Ochs, Fabian & Thuer, Alexander & Streicher, Wolfgang. (2021). Supporting decision-making for heating and distribution systems in a new residential district - An Austrian case study. Energy. 224. 120141. 10.1016/j.energy.2021.120141.

[2] Ochs, Fabian & Breuss, Samuel & Venturi, Elisa & Magni, Mara & Dermentzis, Georgios & Fisco, Stefano. (2020). Modelling and simulation of innovative decentral domestic hot water systems with heat pumps for multi-family buildings. BauSim 2020.

## Trends in energy performance certificate data: A comparative study of building stock characteristics

Daniel Heidenthaler<sup>1,2</sup>, Markus Leeb<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Salzburg University of Applied Sciences, Department Green Engineering and Circular Design, Campus Kuchl, Markt

136a, 5431, Kuchl, Austria; <sup>2</sup>TU Wien, Institute of Material Technology, Building Physics, and Building Ecology,

Karlsplatz 13/207, 1040, Vienna, Austria; [daniel.heidenthaler@fh-salzburg.ac.at](mailto:daniel.heidenthaler@fh-salzburg.ac.at)

**Full Paper – Donnerstag, 26.9. 13:25-13:50 Seminarraum AEU1-7**

Energy performance certificates contain a lot of valuable information for a vast number of buildings across the globe. The increasing number, quality and accessibility of EPC-data enables promising and manifold opportunities for the utilization in urban building energy modelling approaches. This paper presents an update of a representative building approach using archetypes based on new EPC-data. For this, the building stock is divided according to categories, namely the building condition (renovated, not-renovated), construction period and building type (single-family house, multi-family house). The data analysis indicates a shift towards

the renovation of buildings, with an almost exponential increase of EPCs in general, and of EPCs for renovated buildings in particular. Regarding the energy carrier, a clear trend away from fossil fuels towards renewable energy can be observed, with electricity (heat pumps) being accountable for the highest share in single-family houses and district heating in multi-family houses. A comparison of U-values for different building elements in relation to the upload year suggests that buildings may have undergone (partly) renovations without issuing a renovation EPC. In this regard, further investigations are necessary to rule out statistical uncertainties. The results of this analysis can serve as an input for urban building energy modelling approaches.

### **Assessing Heating Demand Flexibility in the Swiss Building Stock**

Marianne Biéron<sup>1</sup>, Natasa Vulic<sup>1</sup>, Giuseppe Nappi<sup>1,2</sup>, Georgios Mavromatidis<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Urban Energy Systems Laboratory, EMPA, Schweiz; <sup>2</sup>Institute of Construction and Infrastructure Management, ETH Zurich, Schweiz; [marianne.bieron@empa.ch](mailto:marianne.bieron@empa.ch)

**Short Paper – Donnerstag, 26.9. 13:50-14:05 Seminarraum AEU1-7**

The use of flexibility for demand shifting will play a vital role in the future Swiss power system that mainly relies on non-dispatchable generation. Space heating currently accounts for around 30% of final energy consumption in Switzerland. This proportion is expected to remain similar until 2050. With increased rates of electrification projected for the heating sector (i.e. replacement of fuel-based systems with heat pumps), heating demand has the potential to serve as an important source of flexibility. To ensure occupant comfort, flexibility potential of the space heating needs then to be first evaluated at the building scale before being up-scaled to the national level. The aim of this article is to present the quantification of flexibility using the buildings thermal mass at the archetype level. Representative buildings archetype for the Swiss building stock are simulated using the UBEM tool CESAR-P for different patterns of the indoor temperature set point. These preliminary results were used to identify the parameters mainly impacting the power demand reduction, the rebound effect and the indoor temperature reduction. Future work should enable the generation of representative profiles of the flexibility potential for the different groups of Swiss buildings.

### **Development of a citywide UBEM to support heat planning in Kiel**

Hao Lyu, Andreas Dahmke, Malte Schwanebeck

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU), Germany; [malte.schwanebeck@ifg.uni-kiel.de](mailto:malte.schwanebeck@ifg.uni-kiel.de)

**Short Paper – Donnerstag, 26.9. 14:05-14:20 Seminarraum AEU1-7**

This paper presents the development of a city-wide Urban Building Energy Model (UBEM) tailored for municipal heat planning in the city of Kiel. We followed the common UBEM development approach. First, local building archetypes reflecting Kiel's building stock were developed, and then buildings were classified into these types. Energy demand of the resulting building models was simulated using EnergyPlus. Despite using just one set of simulation input parameters for building archetypes so far and despite relying on average parameter values from existing standards and scientific literature, the resulting heat demand closely aligns with reported values and actual energy consumption data in the city. The dataset acts as an important reference for the city's ongoing communal heat planning. However, running the citywide UBEM simulation requires extensive computational resources, time and storage, highlighting the need for more efficient simulation and data management methods. Our future efforts aim to improve these aspects to better support ongoing heat planning in Kiel and other communities in the region.

## **10.2 Raumklima – Nutzer\*innen -Interaktionen**

### **Modeling, simulation and performance analysis of radiant cooling panels operating below the dew point**

Kim Helder<sup>1</sup>, Roland Koenigsdorff<sup>2</sup>, Marion Hiller<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Transsolar Energietechnik GmbH, Deutschland; <sup>2</sup>Hochschule Biberach, Deutschland; [helder@transsolar.com](mailto:helder@transsolar.com)

**Full Paper – Dienstag, 24.9. 11:00-11:25 Seminarraum AE U1-5**

Rethinking conventional cooling systems demands urgent attention to minimize negative effects of space cooling on climate change. Global energy demand for space cooling continues to steadily increase. This leads to challenges in terms of energy efficiency and sustainability. Surface cooling systems offer advantages but are constrained by an inability to operate below the dew point. This paper investigates innovative radiant cooling panels that can be operated at a cooling temperature below the dew point temperature without condensation occurring. Measurement series on such a panel with different boundary conditions

have been conducted. Based on this, a simulation model for TRNSYS using Complex Fenestration Systems (CFS) was developed. The model allows to predict effects on thermal comfort and cooling capacity. In a simulation study, the function in diverse climates as well as development potentials are considered. The results show that the developed simulation model realistically describes the thermal behavior of the panels. In addition, the simulations provide information about layer temperatures that could not be measured. The use of below-dew-point panels is recommended especially in warm and humid climates in conjunction with natural ventilation to reduce the energy demand for air conditioning. However, despite the use of the panels, the interior operative temperatures are still high. A study of potential shows further innovation possibilities by improving the structure of the system.

### **Indoor climate and heat demand of surface-heated rooms considering the radiatively participating air**

Lukas Schmitt, Martin Kriegel

Technische Universität Berlin, Deutschland; [lukas.schmitt@tu-berlin.de](mailto:lukas.schmitt@tu-berlin.de)

**Full Paper – Dienstag, 24.9. 11:25-11:50 Seminarraum AE U1-5**

Indoor air is mostly assumed and modeled to be transparent to thermal radiation in building energetics. Although this assumption is only valid if the indoor air does not contain significant amounts of radiatively active gases, the literature does not provide a quantitative evaluation of radiation absorption within the indoor air in the context of surface heating and cooling systems for occupied spaces.

Considering the radiatively active gases water vapor and carbon dioxide, we demonstrate a model for numerically determining the radiative heat transfer between the room envelope – containing a heated or cooled surface – and the indoor air. The radiative heat transfer between the envelope and the indoor air is compared to the radiative heat transfer between different surfaces and the convective heat transfer. Thereby, exemplary results show heat transfer rates up to 2.3 W/(m<sup>2</sup>K) by radiation absorption in the air volume within the observed thermodynamic boundary conditions. In relation to the total heat transfer, the effect of radiation absorption is particularly significant for ceiling heating and floor cooling systems. Here, the convective heat transfer and the heat transfer by radiation absorption in the air volume are of the same order of magnitude. Subsequently, the radiation absorption of the room air affects the indoor climate significantly as air temperature and mean radiant temperature are modified.

### **Immer Eins? Lüftungseffektivität in Messung und Simulation**

Paul Hennies<sup>1</sup>, Erik Bertram<sup>1</sup>, Konstantinos Stergiaropoulos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultät Management, Soziale Arbeit und Bauen, HAWK Holzminden, Deutschland; <sup>2</sup>Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE), Universität Stuttgart, Deutschland; [paul.hennies@hawke.de](mailto:paul.hennies@hawke.de)

**Full Paper – Dienstag, 24.9. 11:50-12:05 Seminarraum AE U1-5**

Der Kurzbeitrag stellt die Definitionen der Lüftungseffektivität anhand verschiedener Quellen vor und zeigt auf der Grundlage von Literaturoauswertungen, welche signifikanten Abweichungen sich von der häufig getroffenen Annahme (Lüftungseffektivität gleich eins) ergeben können. Die eingeführte Gleichung für die Lüftungseffektivität nach DIN EN 16798-3, 2017 und ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2022, 2022 bewertet die Leistung der Schadstoffabfuhr im Raum.

Die Auslegungswerte für den notwendigen Außenluftvolumenstrom basieren in der Regel auf der Annahme einer Lüftungseffektivität von eins (DIN EN 16798-1:2022, 2022). Ausgehend von dieser Annahme zeigt die Auswertung von Lüftungseffektivitätswerten aus bisherigen Veröffentlichungen jedoch erhebliche Abweichungen. Die Streuung der Lüftungseffektivitätswerte von 0,12 bis 2,5 und einer Standardabweichung von 0,5 zeigt, dass es bei Nichtberücksichtigung der Lüftungseffektivität häufig zur Unter- oder Überschätzung des ausgelegten Außenluftvolumenstromes kommt. Das verdeutlicht Defizite und Energieeinsparpotenziale bei der Planung von raumluftechnischen Anlagen. Die Berücksichtigung der Lüftungseffektivität während des Planungsprozesses ist jedoch nur durch Einsatz von CFD-Simulationen und durch ein tiefergehendes Verständnis der Lüftungseffektivität möglich.

Die Berücksichtigung und Optimierung der Lüftungseffektivität erfordert ein Verständnis des Einflusses der Auslegungsparameter von raumluftechnischen Anlagen auf die Lüftungseffektivität. Die Auswertung früherer Einflussuntersuchungen zeigt erhebliche Auswirkungen auf die Lüftungseffektivität, ohne eindeutigen negativen oder positiven Trend. Die Wechselwirkungen zwischen den Einflussparametern können als Ursache der fehlenden Trends vermutet werden. Für ein umfassendes Verständnis ist die Berücksichtigung von Parameterwechselwirkungen unerlässlich. Aufgrund des hohen resultierenden Versuchsumfangs von Wechselwirkungsanalysen ist der Einsatz von CFD-Simulationen notwendig.

## Testing the benefit of Virtual reality environments to target challenging aspects in teaching building physics

Christina Hopfe, Matej Gustin, Georg Arbesser-Rastburg, Saeed Safikhani, Johanna Pirker, Robert McLeod

TU Graz, Österreich; c.j.hopfe@tugraz.at

**Full Paper – Dienstag, 24.9. 12:05-12:30 Seminarraum AE U1-5**

Building physics is traditionally taught in classroom settings, where students learn the principles of radiation, conduction and convection. Likewise, the importance of building physics on the built environment, in terms of sustainability, high performance buildings, energy efficiency etc. is taught in direct contact with staff. This happens in a traditional didactic manner, with students receiving direct instruction and experiencing little peer-to-peer interaction. Unsurprisingly pedagogic theory, including specific studies focused on the teaching of building performance in higher education have highlighted how such approaches have delivered exceptionally poor learning outcomes [1; 2]. This means that there is an urgent need to evolve new and innovative teaching practices, that better engage students whilst yielding more robust learning outcomes [3]. Interest in Virtual Reality (VR) technologies has grown steadily in recent years, in particular, since current trends towards increasingly affordable head-mounted displays (HMD) are giving an ever-widening range of users access to various VR applications. Immersive experiences are not only interesting for entertainment but also open new perspectives in the fields of education.

As part of an ongoing project, a VR environment has been developed displaying the effects of changing the properties of a room within a university building at TU Graz, that can be altered in terms of its orientation, insulation levels, use of materials and shading amongst others.

This immersive environment has been tested with civil engineering students to understand the effect that such VR possibilities may have in the understanding and learning process of building physics in the built environment. This paper presents the results of questioning a number of students with respect to the aspects in building physics they find most challenging to learn and how gaming using virtual reality can play a key role in future education of building physics.

[1] Beausoleil-Morrison, I. and Hopfe, C. J. 2016. Teaching building performance simulation: ever done an autopsy? IN: The 3rd Building Simulation and Optimization 2016 (BSO2016), Newcastle University, Sept12-14th.

[2] Hopfe, CJ, Soebarto, V, Crawley, D., Rawal, R. Understanding the differences of integrating building performance simulation in the architectural education system. IBPSA conference San Francisco, 2017, [www.ibpsa.org](http://www.ibpsa.org)

[3] McLeod, RS, Hopfe, CJ. Experiential learning in Building Physics- the icebox challenge, Journal of Building Physics. Volume: 45 issue: 3, page(s): 391-401, 2021.

## Thermostat Control and Window Opening: Impact on Indoor Environmental Conditions and Building Performance

Ghadeer A. Derbas<sup>1,2</sup>, Eziamma Ubachukwu<sup>1</sup>, Philipp Althaus<sup>1</sup>, André Xhonneux<sup>1</sup>, Dirk Müller<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Forschungszentrum Jülich, Institute of Climate and Energy Systems, Energy Systems Engineering (ICE-1), Jülich, Germany; <sup>2</sup>Department of Architecture, Palestine Technical University-Kadoorie, Tulkarm, Palestine; <sup>3</sup>E.ON Energy Research Center, Institute for Energy Efficient Buildings and Indoor Climate, RWTH Aachen University, Aachen, Germany;

g.derbas@fz-juelich.de

**Full Paper – Mittwoch, 25.9. 10:30-10:55 Seminarraum AE U1-5**

This paper investigates thermostat interventions and window openings across 77 offices during the heating and transition seasons of 2023. A cloud-based heating controller, that takes user preferences and anticipated presence schedules, was evaluated in two buildings of the Living Lab Energy Campus (LLEC) at Forschungszentrum Juelich, Germany. Occupants adjust the setpoint via a web-based interface or local interaction. Data on indoor and outdoor environmental parameters, occupancy and occupant behaviour, and heating consumption were collected. Additionally, a web-based survey was conducted in March 2024 for further insights. The results indicate that the heating controller effectively adapts to user preferences and occupancy patterns, significantly influencing heating consumption, alongside the impact of building construction age. Besides, an initial economic evaluation revealed that the implemented measures resulted in approximately 18.5% of energy savings. The heating controller combined with window openings maintained indoor thermal comfort, with 63.7% of occupants preferred no change in the indoor temperature, and 83.5% reported acceptance of the indoor thermal conditions. About 69% of respondents attributed their satisfaction with room control to their accessibility to different control options. Space orientation was found to be an important factor affecting temperature setpoints and window opening duration.

## Simulation-based evaluation of thermal comfort in buildings, by mitigation of heat stress through passive measures

Lukas Lauss, Christian Hepf, Thomas Schmid, Juan Amaya Romero, Thomas Auer

Technische Universität München, Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen, Deutschland; lukas.lauss@tum.de

**Full Paper – Mittwoch, 25.9. 10:55-11:20 Seminarraum AE U1-5**

Climate change is the greatest environmental challenge of the 21st century. The consequences of climate change, with rising outside air temperatures and increasing periods of heat, also have numerous negative effects on buildings. In the building sector, these effects range from loss of thermal comfort for users to serious health problems and increasing energy consumption for cooling buildings. As a result, the thermal performance of buildings in summer is becoming increasingly important due to climate change and will play an even greater role in the future.

To reduce the energy consumption and the associated greenhouse gas emissions caused by cooling buildings, conventional energy-intensive active cooling of buildings must be avoided, and passive measures for thermal performance in summer need to be given priority. Against this background and the changing climatic conditions, this paper examines the future potential for sufficiency measures in cooling buildings without compromising the health and performance of building users. Using predicted future climate data sets, various passive and building components like shading systems, window-to-wall ratios, glazing, night ventilation strategies, construction methods, thermal storage, etc. are analyzed. The effectiveness of these passive measures is examined based on the performance of the energy demand and thermal comfort in dynamic thermal building simulations. Exploring the limits of their effectiveness, the synergy effect of the most effective passive measures is tested by combining them into packages of measures. The simulation-based procedure is used to develop a method for analyzing and evaluating passive measures for summer thermal performance in buildings on the basis of energy demand, thermal comfort, and economic implications.

The aim of the work is to identify passive measures that make a positive contribution to thermal performance in summer and improve user satisfaction in terms of thermal comfort. As a result, the aim is to primarily use architectural design rather than technical solutions to maintain thermal comfort in summer in order to minimize resource consumption in building operation as well as investment costs for building technology and to maximize thermal comfort in summer.

## Impact of Zoning Strategy on Heating Load, Heating Demand, Comfort and Air Quality for a Flat Equipped with Different Ventilation Systems

Mara Magni, Fabian Ochs, Elisa Venturi

Universität Innsbruck, Österreich; fabian.ochs@uibk.ac.at

**Full Paper – Mittwoch, 25.9. 11:20-11:45 Seminarraum AE U1-5**

Building simulation plays a pivotal role in optimizing energy performance and indoor comfort in residential buildings. However, it is well known that dynamic simulations are time-consuming in terms of the time required for modelling, for the simulation itself and the postprocessing of the results. This makes it particularly important to create the model as simplified as possible but detailed enough to be able to answer the design questions. To find the right method and evaluate the trade-off, the quality of the available inputs has to be taken into account too.

Within this study results obtained from simplified single thermal zone building simulations are compared against their more detailed multi-thermal zone counterparts, particularly in the context of analysing flats equipped with mechanical ventilation systems. While a one-thermal zone approach offers computational efficiency, it may overlook typical aspects of multi-thermal zone environments. This loss of details becomes especially critical when evaluating the performance of mechanical ventilation systems, as these systems interact with distinct thermal zones in a dwelling, influencing airflow, air quality, temperature distribution, energy consumption and especially the heating load of the different thermal zones. In a comparative analysis, the limitations of simplified models are identified in order to understand how these models may misrepresent the impact of mechanical ventilation systems on indoor environmental quality.

In this study, various ventilation systems—including mechanical ventilation with heat recovery, extract air systems, and controlled window ventilation—are simulated in MATLAB Simulink using the libraries CARNOT and CarnotUIBK. The study adopts a multi-thermal zones approach, treating each room as a distinct zone, and a simplified one-thermal-zone approach, where the entire flat is considered as a single thermal zone. Diverse control strategies are explored in both approaches, encompassing scenarios where the airflow remains constant and others where it is dynamically controlled based on the simulated CO<sub>2</sub> levels. Moreover, the different occupancy profiles are also considered.

In addition, the simulated heating load is compared against the heating load calculated according to the standard EN 12831.

The findings reveal that in scenarios where the air flow rate is held constant, the energy demand of the flat obtained through the simplified one-thermal-zone approach closely aligns with the energy demand derived from the more complex multi-thermal-zone approach. However, it is crucial to highlight that applying a one-thermal-zone approach comes at the expense of losing details, such as individual room comfort and air quality assessments.

If the volume flow is dynamically controlled based on the room-wise CO<sub>2</sub> level, the results (in terms of heating load and heating demand) of the multi-thermal-zone and single-thermal-zone approaches deviate significantly.

For what concerns the standard heating load calculation, if the position of the supply and extract air is disregarded (or not known in the design phase), the heating load per room might be considerably different from the simulated room-wise heating load.

The findings contribute to the refinement of simulation methodologies and aim to elucidate the discrepancies between the two simulation approaches and provide valuable insights for the design and optimization of residential buildings with mechanical ventilation systems. These findings can also contribute to supporting the future use of building dynamic simulations in the standards.

## 10.3 Modellierung und Simulation im Lebenszyklus von Gebäuden und Quartieren

### Investitionsmaßnahmen bei der Raumtemperierung deutscher Bürogebäude

Verena Dannapfel, Rita Streblow, Dirk Müller

RWTH Aachen University, E.ON Energieforschungszentrum, Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik, Deutschland; [verena.dannapfel@eonerc.rwth-aachen.de](mailto:verena.dannapfel@eonerc.rwth-aachen.de)

**Short Paper – Dienstag, 24.9. 16:10-16:25 Seminarraum AE U1-5**

In deutschen Bürogebäuden kann die bedarfsorientierte Regelung der Raumtemperatur energetische und komfortbezogene Verbesserungspotenziale erschließen. Maßnahmen in diesem Bereich gehen zumeist mit geringem Kapitaleinsatz und ohne Nutzungsunterbrechungen einher. Somit sind sie besonders attraktiv für Gebäudeeigentümer, die zugleich Nutzer sind. Die Bewertungssystematik des europäischen Smart Readiness Indicators (SRI) kann als Grundlage von standardisierten Kosten-Nutzen-Analysen für Maßnahmenoptionen fungieren.

In unserem Anwendungsfall werden zur Quantifizierung des Nutzens Simulationen für ein repräsentatives Büro-Referenzsystem durchgeführt. Dabei werden im SRI beschriebene Funktionalitätsniveaus der Regelungs-Ausstattung im Bereich Raumtemperierung in Kombination mit geeigneten Betriebsstrategien untersucht. Gemeinsam mit Richtwerten für die Initial- und Betriebsaufwände der Maßnahmenszenarien bieten die Simulationsergebnisse die Basis für die ökonomische Bewertung. Als zusätzlicher Umsetzungsanreiz werden die Auswirkungen auf den thermischen Komfort betrachtet und inwieweit durch Produktivitätssteigerungen ein indirekter monetärer Nutzen abgeleitet werden kann.

### Seamless integration of the SIMULTAN metadata model in tools using Python

Maximilian Bühler

TU Wien, Österreich; [maximilian.buehler@tuwien.ac.at](mailto:maximilian.buehler@tuwien.ac.at)

**Poster – Dienstag, 24.9. 16:25-16:30 Seminarraum AE U1-5**

This poster introduces PySimultan, a Python module developed to integrate the SIMULTAN metadata model (SMDM) with various building performance simulation (BPS) tools and libraries. The SMDM, which enables the flexible representation of complex data, combined with the powerful programming capabilities of Python, offers an innovative approach to streamlining and improving BPS workflows.

PySimultan enables the seamless import and manipulation of the SMDM in Python, utilising taxonomy-based mapping to accurately represent complex data structures. This integration enables efficient automation of simulation processes, real-time data processing and improved interoperability between different BPS tools. The module addresses common challenges in practice, such as managing heterogeneous data formats and ensuring consistency between different simulations and tools.

## Simulation-Based Determination of System Size and Energy Savings for a LCA of a Facade-Integrated Adsorption System for Solar Cooling of Buildings

Olaf Böckmann<sup>1</sup>, Simon Weber<sup>2</sup>, David Borschewski<sup>2</sup>, Micha Schäfer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Stuttgart, IGTE, Deutschland; <sup>2</sup>Universität Stuttgart, IABP, Deutschland; [olaf.boeckmann@igte.uni-stuttgart.de](mailto:olaf.boeckmann@igte.uni-stuttgart.de)

**Full Paper – Dienstag, 24.9. 16:30-16:55 Seminarraum AE U1-5**

The building sector accounts for almost 40% of the global CO<sub>2</sub> emissions due to its high demand for resources and energy. Therefore, with respect to the global climate protection goals, it is essential to reduce the required amount of building material in the construction of future buildings as well as to operate these lightweight buildings more energy efficiently or, if possible, energy self-sufficiently. Against this background, a novel facade-integrated adsorption system for solar cooling of lightweight buildings is being developed and investigated within the Collaborative Research Centre 1244 at the University of Stuttgart. The proposed system combines the functionality of energy storage and cold production, with minimum occupation of inner building space.

The adsorption system consists of the three components adsorber, condenser and evaporator. The adsorber and the condenser are integrated as panel-shaped elements into the building facade and the evaporator is installed as a cooling ceiling in the building. An additional pair of adsorber and condenser is integrated into a facade with different compass orientation and an alternating operation mode is deployed to provide cooling power throughout the whole day. Furthermore, active shading of the adsorber is implemented to achieve high cooling rates at noon and to match the cold production with the demand.

The required cooling demand for reference buildings with different floor areas is determined with a thermal building simulation of the demonstration high-rise building, applying realistic boundary conditions of Stuttgart, Germany. Subsequently, the system size is determined with respect to the day of the year with the highest cooling demand. The simulations confirm that the cooling demand can be completely covered, applying the alternating operation mode and active shading. The simulation results serve as input basis for a subsequent Life-Cycle-Assessment, which confirms a low CO<sub>2</sub> footprint of the proposed system.

## LiDICS: A FMI-based light dynamics interface for the control evaluation of complex fenestration

Simon O. Weber<sup>1</sup>, Yuan Fang<sup>2</sup>, Daniel Rüdisser<sup>3</sup>, Philip Leistner<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institute for Acoustics and Building Physics, University of Stuttgart, Germany;

<sup>2</sup>Fraunhofer Institute for Building Physics, Germany;

<sup>3</sup>HTflux Engineering GmbH, Graz, Germany; [simon.weber@iabp.uni-stuttgart.de](mailto:simon.weber@iabp.uni-stuttgart.de)

**Poster – Dienstag, 24.9. 16:55-17:00 Seminarraum AE U1-5**

This paper presents an interface for complex light dynamics coupled within a multi-domain simulation framework. The model is derived from ray-tracing data by novel incidence operator regularization (ior). After hemispherical integration, a functional mock-up unit (FMU) is automatically generated using the developed Modelica library and the OMPython API. LiDICS is applied to switchable membrane cushion constructions featuring inhomogeneous and complementary printing patterns. Solar and visual raw data have been generated using Klems and the three-phase method, respectively. The solar incidence operator solution obtained through the ior method aligns with the raw data, achieving a mean coefficient of determination  $r^2=97.2\%$  and a standard deviation of  $\sigma=1.8\%$ .

## Supporting the mainstreamed implementation of life cycle assessment in the established German building funding ecosystem

Muriel Lauschke, Sebastian Ebertshäuser, Rafael Horn

Fraunhofer Institut für Bauphysik, Deutschland; [muriel.lauschke@ibp.fraunhofer.de](mailto:muriel.lauschke@ibp.fraunhofer.de)

**Full Paper – Mittwoch, 25.9. 13:00-13:25 Seminarraum AE U1-5**

With the increasing requirements of funding criteria for buildings, Germany tries to meet its ambitious climate goals. In this context, the consideration of a holistic view on environmental impacts, using a life cycle assessment (LCA), extends the current focus on the CO<sub>2</sub>-emissions within use phase. By introducing a mandatory simplified LCA procedure for all funding applications on new buildings, the authorities aim to achieve a broad implementation of the buildings' environmental impact as standard component of the planning process through the established group of energy auditors. Practical challenges that arise for this group from their new LCA task are in the focus of our contribution. We present research results on requirements of energy auditor

workflows, which were underrepresented when developing the QNG procedures and thus generating an overhead. The main challenge is how to reduce the effort to gather LCA input data. In addition, methodological improvements based on detailed information, such as that on HVAC, are compared against flat-rate aggregates as applied within QNG procedure. Characteristic parameters used in the norm-based energy balance are analyzed against those on side of LCA. Finally, in an overview we show the influence of the identified aspects regarding the LCA-input data on the LCA-results.

### **Gebäudetypen für Nicht-Wohngebäude zur vereinfachten Durchführung von Lebenszyklusanalysen auf Stadtquartiersebene**

Antonia Beltinger, Nico Ehlers, Chujun Zong, Werner Lang

TU München, Deutschland; antonia.m@beltinger.de

**Full Paper – Mittwoch, 25.9. 13:25-13:50 Seminarraum AE U1-5**

Zur Erreichung der deutschen Klimaziele ist eine emissionsarme und ressourceneffiziente Weiterentwicklung des Gebäudebestandes unerlässlich. Mögliche Szenarien können in lebenszyklusbasierten Analysen großer Gebäudebestände auf Basis von semantischen 3D-Stadtmodellen simuliert werden. Als Grundlage hierfür wurde eine Typologie entwickelt, die energetisch relevante baukonstruktive Elemente von Gewerbe- und Industriegebäuden als Datenmodell abbildet.

Aus Gründen der Anwendbarkeit wurden hierfür die Klassifikationskriterien Baualter und Gebäudefunktion gewählt, welche zu einer Klassifikationsmatrix verschnitten wurden. Ihre Klassenschnitte wurden durch die Attribuierung mit Eigenschaften der baukonstruktiven Elemente der in den Klassenschnitten enthaltenen Gebäude zu einer Typologie erweitert. Die Attribuierung beruht maßgeblich auf einer Auswertung der repräsentativen Stichprobe der deutschen Gewerbe- und Industriegebäude in der Forschungsdatenbank ENOB:dat-aNWG. Die darüber nicht zu generierenden Daten wurden auf Basis einschlägiger, v.a. bauzeitlicher, Literatur gewonnen. So konnten insgesamt 16 Typen durch ein synthetisches Gebäude inkl. Aufbauten seiner Hüllbauteile beschrieben werden. Für diese wurden Abschätzungen des energetischen Ist-Zustandes in Form von U-Werten getroffen und darauf aufbauend zwei mögliche Szenarien energetischer Sanierung definiert.

Entsprechend DIN EN 15978 wurden den Typen ferner über die definierten synthetischen Gebäude ökologische Kenndaten der Umweltwirkung (GWP) und des Ressourceneinsatzes (PERT, PENRT) zugewiesen. Sie werden nach Lebenszyklusphasen (A1-3, B4, C3-4 und D) und Bauteilschichten getrennt ausgewiesen, um in der Anwendung der Typologie unterschiedliche Szenario-Berechnungen zur zukünftigen Entwicklung des Gebäudebestandes zu ermöglichen und die Ergebnisse vergleichen zu können.

### **Exploring Urban Typology Impacts on Trade-Offs between Global Warming Potential, Costs, and Outdoor Thermal Comfort**

Roland Reitberger<sup>1</sup>, Herbert Palm<sup>2</sup>, Werner Lang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Technical University of Munich, Institute of Energy Efficient and Sustainable Design and Building, Germany; <sup>2</sup>Munich University of Applied Sciences, Institute for Sustainable Energy Systems, Germany; roland.reitberger@tum.de

**Full Paper – Mittwoch, 25.9. 13:50-13:15 Seminarraum AE U1-5**

Trade-offs between climate change mitigation, adaptation, and costs are challenging the sustainable transformation of urban neighborhoods. Guiding urban planners in dealing with this multi-objective problem promotes balanced decision-making in the early planning stages. We use a highly interconnected neighborhood simulation model to quantify trade-offs between the three aspects and to investigate case study areas in Munich. Following the concept of Urban Systems Exploration, a multi-objective optimization (MOO) algorithm is utilized that allows the search for Pareto-optima with specific characteristics. Thereby, the Pareto fronts for the best possible trade-off in row, block, and detached typologies are identified. Comparing the results indicates strongly pronounced trade-offs between global warming potential and outdoor thermal comfort for detached typologies. The MOO analysis sensitizes urban planners to this and other kinds of interdisciplinary considerations and provides essential decision-making support in the early design phases.

## Optimierung von Dämmstärke und Wärmeversorgung von vier verschiedenen Gebäudetypen unter Berücksichtigung der Dynamik und der prognostizierten Entwicklung der Emissionsfaktoren der Stromerzeugung in Deutschland

Tobias Blanke<sup>1</sup>, Joachim Dr. Götsche<sup>1</sup>, Bernd Prof. Dr. Döring<sup>2</sup>, Jérôme Prof. Dr. Frisch<sup>3</sup>, Christoph Prof. Dr. van Treck<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Solar-Institut Jülich der FH Aachen Heinrich-Mußmann-Str. 5 52428 Jülich; <sup>2</sup>Institute of Smart Building Engineering, FH Aachen, Bayernallee 9, 52066 Aachen; <sup>3</sup>E3D - Lehrstuhl für Energieeffizientes Bauen, RWTH Aachen Mathieustraße 30 52074 Aachen; [blanke@sij.fh-aachen.de](mailto:blanke@sij.fh-aachen.de)

**Full Paper – Mittwoch, 25.9. 14:15-14:40 Seminarraum AE U1-5**

Ökobilanzen, die alle Phasen im Lebenszyklus eines Gebäudes berücksichtigen, gewinnen zunehmend an Bedeutung. Aufgrund ihrer langen Lebensdauer kommt bei Gebäuden mit strombasierten Wärmeversorgungssystemen, wie Wärmepumpen, der Interaktion mit dem Stromnetz eine herausragende Bedeutung zu, insbesondere im Zusammenhang mit der Dekarbonisierung der Stromerzeugung. Der Einfluss der Dekarbonisierung über die kommenden Jahrzehnte sowie die kurzfristige Variabilität der Emissionsfaktoren auf der Basis von stundenbasierten Werten für den Strommix auf die Ökobilanz von vier verschiedenen Gebäudetypen soll hier aufgezeigt werden.

Die betrachteten Gebäudetypen umfassen ein Einfamilienhaus, ein Bürogebäude, ein Bildungsgebäude und eine Industriehalle. Ziel ist es den Einfluss der Dekarbonisierung und der Stundenauflösung auf die Auswahl der optimalen Dämmstärke für ein Wärmepumpen-basiertes System aufzuzeigen. Hierzu werden thermische und elektrische Lastprofile für die verschiedenen Gebäudetypen erzeugt. Dabei werden verschiedene Nutzungsprofile, Standorte, Dämmstärken, Fensteranteile, Ausrichtungen, Fensterverglasungen, Lüftungsvarianten und Sonnenschutzvarianten betrachtet. Für all diese Varianten werden verschiedene Szenarien in Bezug auf die Gebäudetechnik untersucht und hinsichtlich ihrer Dämmstärke sowie der Größe der gebäude-technischen Komponenten mit GWP-Auswirkungen optimiert.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Berücksichtigung der Dekarbonisierung der Stromerzeugung die ökobilanziell optimale Dämmstärke im Vergleich zum statischen Ansatz mit heutigen Werten halbieren kann. Auch die Berücksichtigung stundenbasierter Stromemissionswerte führt zu einer Reduzierung der optimalen Dämmstärke um nahezu 5 %.

## Parametric life cycle analysis for the optimization of building construction regarding its grey CO2 emissions and operational energy demand

Iryna Takser, Roland Reitberger, Werner Lang

Technical University of Munich, Deutschland; [roland.reitberger@tum.de](mailto:roland.reitberger@tum.de)

**Short Paper – Mittwoch, 25.9. 14:40-14:55 Seminarraum AE U1-5**

To achieve climate protection targets, energy and CO2 emissions should become driving forces in the building design process. However, quantifying operational energy and gray CO2 emissions over the entire life cycle of a building is complex and data intensive. The classic design methodology is unsuitable for a holistic view of sustainability aspects. The parametric design methodology makes it possible to take many parameters into account and to compare a large number of design variants.

This paper shows the workflow of a parametric building simulation. The workflow consists of a combination of life cycle analysis and dynamic building energy simulation. The life cycle analysis quantifies the gray emissions from the production, maintenance, and disposal of a building. The dynamic building energy simulation determines the operational energy demand of the building, from which the CO2 emissions during operation can be derived. The simulation is modeled and carried out using the tools Rhinoceros 3D, Grasshopper, Bombyx, Honeybee and Colibri. The workflow is applied to an existing reinforced concrete building in Germany. The combination of building components (exterior walls, ceilings, roof, and façade) in different construction methods (reinforced concrete construction, massive timber construction, and timber frame construction) results in 48 design variants.

The results of the simulation show optimization potentials for some timber construction variants compared to the existing reinforced concrete construction regarding CO2 emissions over the entire life cycle of the building. With the developed workflow, different design solutions can be compared and CO2 emissions can be reduced over the entire life cycle of a building.

## 10.4 Bauphysikalische Simulationen auf Bauteilebene

### Hygrothermal performance of internal insulation systems with moisture-adaptive vapour retarders

Marianna Muchorowska<sup>1</sup>, Michele Bianchi Janetti<sup>1</sup>, Albert Rössler<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Innsbruck, Österreich; <sup>2</sup>ADLER-Werk Lackfabrik Johann Berghofer GmbH &Co KG;  
[michele.janetti@uibk.ac.at](mailto:michele.janetti@uibk.ac.at)

Full Paper – Dienstag, 24.9. 14:40-15:05 Seminarraum AE U1-5

The application of internal insulation is often the only way to significantly reduce transmission heat losses and improve thermal comfort of listed and historical buildings. The insulation system, however, must be carefully planned and implemented in order to avoid moisture related damages and health hazards caused by mould growth. Moisture-adaptive vapour retarders represent a promising solution in this context, as they inhibit vapour penetration from the indoor air into the construction during winter, without preventing the wall from drying out during summer. Existing products consist of polyamide membranes whose vapour transmittance increases with the water content. Scientific works show, however, that despite the advantages of such moisture-adaptive vapour retarders, improvements are required to achieve better adaptation of their properties to the environmental conditions and construction-specific requirements.

Moisture-adaptive vapour retarders in form of paint coating are rarely applied so far, they promise however major advantages compared to the well-established membrane-based solutions. While commercially available membranes present predefined properties and crucial limits regarding the Sd-value variability, a vapour barrier based on paint coating can be very flexibly adapted to specific building physics and environment-related requirements. The adaptation can be performed by using suitable binders and varying the layer thickness. The coating can be applied to products for internal finishing (such as calcium silicate, timber, OSB, clay or gypsum boards) directly in the factory on a large industrial scale.

In this study, the hygrothermal performances of a moisture-adaptive vapour retarder in form of a paint coating is investigated via numerical simulation with the software Delphin. The vapour retarder is combined with an insulation system by analysing the interaction of the construction with the indoor climate under realistic boundary conditions. Simulations are performed to determine the limits of the system in relation to the risk of moisture damages due to mould growth and to optimize the water vapour diffusion resistance factor of the vapour retarder (Sd-value) as a function of the relative humidity. The impact of different construction parameters (thicknesses of the wall and insulation layer) employed materials and boundary conditions (driving rain, solar radiation, internal and external temperature/relative humidity) are investigated. The numerical results reported in this study serve as pre-dimensioning of the vapour retarder and support future development of applicative solutions.

### A transient simulation-based approach for in-situ estimation of U-values using artificial neural networks

Alexander Benz<sup>1</sup>, Kay Smarsly<sup>2</sup>, Conrad Voelker<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bauhaus-Universität Weimar, Deutschland; <sup>2</sup>TU Hamburg, Deutschland; [alexander.benz@uni-weimar.de](mailto:alexander.benz@uni-weimar.de)

Full Paper – Dienstag, 24.9. 15:05-15:30 Seminarraum AE U1-5

The U-value is the most important criterion for evaluating the quality of a thermal envelope. However, the development of suitable methods for reliable estimations of in-situ U-values is still subject to current research activities. This paper presents the application of artificial neural networks (ANN) for estimating U-values using synthetic input data derived from transient building element simulations. Building elements, represented in renowned building typologies, are modelled using finite element methods. The boundary conditions as well as the thermal impacts caused by the internal and external climate are modelled with a transient behavior. The results of the aforementioned simulations, in particular, internal and external surface temperatures as well as heat flux density serve as inputs for the ANN. The authors study the impact of different ANN, including the hyperparameters and training strategies, on the performance of predicting U-values. Finally, the proposed method is applied to in-situ measurements.

## Measuring airflow in a gap-Prototyping an experimental setup and test measurements

Andreas Sarkany, Thomas Bednar, Manfred Grüner

TU Wien, Österreich; [andreas.sarkany@tuwien.ac.at](mailto:andreas.sarkany@tuwien.ac.at)

**Poster – Dienstag, 24.9. 15:30-15:35 Seminarraum AE U1-5**

The research department of Building Physics at TU Wien is currently trying to enhance numerical methods to quantify advective moisture transport in building components due to unwanted forced and natural convection. This poster shows the motivation and current state of these developments as well as the experimental setup. Furthermore, challenges and future steps are highlighted.

## Feuchtebilanzierung bei feuchteregulierenden Kühlpaneelen

Cornelius Rohner, Benedikt Goehmann, Max Gruber

abaton GmbH, Österreich; [c.rohner@abaton.studio](mailto:c.rohner@abaton.studio)

**Poster – Dienstag, 24.9. 15:35-15:40 Seminarraum AE U1-5**

Simulationstool zur Auslegung von feuchteregulierenden Kühlpaneelen: Die Feuchteaufnahme durch Konensation im Inneren der Paneele und die Feuchteabgabe ist abhängig von der Temperaturdifferenz zwischen Taupunkttemperatur im Raum und der Kühlmitteltemperatur. Um dies über eine Kühlperiode darstellen zu können, wird die Taupunkttemperatur im Raum durch eine Bilanzierung der feuchterelevanten Bestandteile (Personen, Lüftung, Fenster, abaton paneel) in 5-Minutenschritten aufgezeigt.

Ergebnis:

- projektspezifische Auslegung ohne Überschreitung der maximalen Beladungskapazität
- Aufzeigen der Leistungsreduktion von herkömmlichen Kühldecken durch den Taupunktwächter
- Energieeinsparung durch Verschieben der Feuchteregulierung von der Lüftung in die Flächenkühlung (Lebenszykluskosten sind im Tool integriert)

## Comparison of detailed Thermal Energy Storage simulation models

Alice Tosatto, Fabian Ochs

Unit of Energy Efficient Building, Universität Innsbruck, Österreich; [alice.tosatto@uibk.ac.at](mailto:alice.tosatto@uibk.ac.at)

**Full Paper – Donnerstag, 26.9. 10:30-10:55 Seminarraum AE U1-5**

### Introduction

Numerical modelling of large-scale thermal energy storage (TES) systems plays a fundamental role in their planning, design and integration into energy systems, i.e. district heating networks. Many tools are currently available for this purpose, but although their results are usually comparable, they are often used for specific phases of the process according to their characteristics, such as flexibility, level of detail, speed, integration within the energy system. The main difference between the available tools is related to the spatial discretisation (finite element method, finite difference method, finite volume method) and the dimensionality of the model (i.e. 0D, 1D, 2D or 3D). Another important level is related to the possibility of integrating and modelling other elements of the energy system that are coupled to the TES, e.g. heat pumps, solar panels, heat exchangers. Therefore, a distinction is made between simplified and detailed TES models, where the former study the entire energy system, of which the TES is one of several elements, while the latter focus on detailed modelling of the TES as single component.

### Methods

In this work, the authors compare the implementation of buried TES model with the two tools Matlab and COMSOL Multiphysics. Both tools can be employed in the detailed study and design of water-based TES and recent studies have shown good agreement with their results. Moreover, both tools allow the integration of system-related aspects that can play an important role in the TES performance. In order to achieve a good inter-model agreement and considering the relevant role played by numerical modelling in the different phases of the TES planning and integration, the authors compare TES models able to reach similar level of detail. Both tools allow the modelling of the surrounding ground with the finite-elements method, while the water domain is modelled one-dimensionally using partial differential equations. Different TES geometries are investigated, i.e. tank and pit with various slopes, different envelope solutions are considered and the simulation analysis is also extended to the surrounding ground.

### Results

The comparison will focus into the numerical implementation of the model and consider the impact of geometry (i.e. shape), discretisation (i.e. mesh refinement) and design options (e.g. presence of insulation). The

impact of slope variation in the transition from tank TES to shallow pit is analysed considering the TES energy balance. The ability of the two tools to model the surrounding ground is evaluated through the comparison of the surrounding ground temperatures. The strategies used in the two tools to model the buoyancy effects leading to the characteristic thermal stratification of water are also investigated, as they play a key role in the evolution of the temperature profiles and, as a consequence, of the storage efficiency. The energy outputs of the two models allow to identify a good agreement, however, internal energy is far from being a good basis for comparison between models, as the individual elements of imbalance are averaged together, making them difficult to identify.

## References

- Ochs, Fabian. 2014. "Large-Scale Thermal Energy Stores in District Heating Systems – Simulation Based Optimization." In *EuroSun 2014: International Conference on Solar Energy and Buildings, Aix-Les-Bains, France, 16-19 September*, 1–8. <https://doi.org/10.18086/eurosun.2014.19.09>.
- Ochs, Fabian, Abdulrahman Dahash, Alice Tosatto, Michael Reisenbichler, Keith O'Donovan, Geoffroy Gauthier, Christian Kok Skov, and Thomas Schmidt. 2021. "Comprehensive Comparison of Different Models for Large-Scale Thermal Energy Storage." In *IRES 2021: 15th International Renewable Energy Storage Conference (Submitted)*.
- Tosatto, Alice, Abdulrahman Dahash, and Fabian Ochs. 2023. "Simulation-Based Performance Evaluation of Large-Scale Thermal Energy Storage Coupled with Heat Pump in District Heating Systems." *Journal of Energy Storage* 61 (May): 106721. <https://doi.org/10.1016/J.EST.2023.106721>.

## Development and Validation of a Finite Element Pyrolysis Model for Simulating Fire Resistance Tests of Wood Building Elements

Boris Sandor<sup>1</sup>, Peter Kitzmüller<sup>2</sup>, Andreas Cziegler<sup>3</sup>, Sylvia Polleres<sup>1</sup>, Günther Schwabegger<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Holzforschung Austria, Österreich; <sup>2</sup>Institut für Brandschutz und Sicherheitstechnik, Österreich; <sup>3</sup>Österreichisches Geißerei-Institut, Österreich; [b.sandor@holzforschung.at](mailto:b.sandor@holzforschung.at)

**Full Paper– Donnerstag, 26.9. 10:55-11:20 Seminarraum AE U1-5**

Modern wood buildings have to meet high standards with regard to fire resistance. This is in stark contrast to the nature of wood as a flammable material. Therefore wooden building elements have to undergo real fire resistance tests in order to prove their performance under high thermal loads. Those test are expensive, time consuming and are only a snapshot of a single component made of an inhomogeneous and anisotropic medium. Simulations are a way to get a better understanding of the physical processes occurring during fire resistance tests and could provide deeper insight into the importance of hard to control variables such as density variations, water content and fiber deviations. In this paper we develop a finite element multiphase model of wood pyrolysis in which five species interact together with three different irreversible reactions. The underlying reaction mechanism is taken from previous work and coupled with additional physical mechanisms such as solid phase expansion and transport mechanism of water and pyrolysis gases. Laboratory experiments were performed to gather thermophysical parameters as input data and to validate the kinetic parameters of the reactions between the phases of the multiphase model. Small scale fire tests in an oven with a sample size of up to 1 m<sup>2</sup> were used to validate the proposed model with cross laminated timber and to demonstrate the applicability of the model to those tests. Both kinds of real world tests show good agreement between them and the numerical simulations.

## 10 Jahre simulationsgestützte Entwicklung von Fenstern mit Vakuumglas für neue und Bestandsfensterkonstruktionen

Ulrich Pont<sup>1</sup>, Magdalena Wölzl<sup>1</sup>, Peter Schober<sup>2</sup>, [Matthias Schuss<sup>1</sup>](mailto:Matthias.Schuss@tuwien.ac.at)

<sup>1</sup>Forschungsbereich Bauphysik und Bauökologie, TU Wien; <sup>2</sup>Holzforschung Austria, Wien; [ulrich.pont@tuwien.ac.at](mailto:ulrich.pont@tuwien.ac.at)

**Full Paper– Donnerstag, 26.9. 11:20-11:45 Seminarraum AE U1-5**

Dieser Beitrag blickt auf 10 Jahre Forschungs- und Entwicklungsbemühungen im Bereich Vakuumglasintegration in zeitgenössische und historische Fensterkonstruktionen zurück und unterstreicht die Rolle von Simulation in diesen F&E-Prozessen. Der Forschungsbereich Bauphysik und Bauökologie hat gemeinsam mit der Holzforschung Austria im Jahr 2014 begonnen die Integration von damals vergleichsweise neuen Vakuumglasprodukten für verschiedene Fensterkonstruktionen zu untersuchen. Zunächst wurde im Rahmen von zwei Sondierungsprojekten die prinzipielle Tauglichkeit der verfügbaren Vakuumglasprodukte für Bestandsfenster (vor allem Kastenfenster) und innovative neue Fensterkonstruktionen untersucht. Dabei spielte numerische Wärmebrückensimulation eine wesentliche Rolle, da im Vergleich zu aufwendiger Mock-Up-Erstellung und Testung in Differenzklimakammern mit der Simulation rasch und vergleichsweise zuverlässig die thermische Performance kritischer Bereiche (Randverbund der Vakuumgläser als lineare Wärmebrücke, Abstandhalter im Vakuumglas als punktuelle Wärmebrücken) beurteilt werden konnte. Aufbauend auf den

Sondierungsprojekten konnten mit namhaften VertreterInnen der Fenster- und Zuliefererindustrie und des Fensterbauhandwerks kooperative Forschungsprojekte gestartet und durchgeführt werden, in welchen die auf Simulation basierenden Entwicklungsstände unterschiedlicher technologischer Integrationsvarianten in iterativen Prozessen unter Berücksichtigung fertigungstechnischer, montagetechnischer, materialtechnischer, sowie nutzungstechnischer Spezifika weiterentwickelt werden konnten, bis Funktionsprototypen bzw. Realisierungen in Realbauwerken erreicht wurden. Die Verwendung von numerischer Wärmebrückensimulation war hier auf der einen Seite weiterhin ein wesentliches Werkzeug, auf der anderen Seite konnten die Ergebnisse mit Realmessadaten abgeglichen und hinsichtlich Ihrer Genauigkeit bewertet (und bestätigt) werden. Der Beitrag zieht nach 4 Projekten und 10 Jahren intensiver Bemühungen Bilanz über die erreichten Ergebnisse und diskutiert die Vorteile und Herausforderungen, die sich mit der Verwendung von Simulationswerkzeugen ergeben haben.

### **Ziegel 2.0: Wiederverwendbare Ziegelfertigteile und ihre Simulation in der Bauphysik**

Severin Kysela, Hans Hafellner

TU Graz, Österreich; [hafellner@tugraz.at](mailto:hafellner@tugraz.at)

**Short Paper– Donnerstag, 26.9. 11:45-12:00 Seminarraum AE U1-5**

Bei dem Forschungsprojekt Ziegelwand Reuse werden wiederverwendbare Fertigteile aus Hochlochziegeln mit und ohne integrierter Wärmedämmung entwickelt. Die Grundlage des Systems bilden vorgefertigte Ziegellemente, die für eine maximal mögliche Vorfertigung modifiziert werden sollen. Ein zentrales Problem ist die Fügetechnik zwischen den Elementen in Kombination mit bautechnisch umsetzbaren Lösungen. Die Verbindungstechnik muss zerstörungsfrei lösbar und wiederverwendbar sein und gleichzeitig den Anforderungen der Tragfähigkeit, Bauphysik und visuellen Ansprüchen entsprechen.

Der Fokus des Beitrags liegt auf den bauphysikalischen Simulationen zur Fügetechnik, die eindimensional und zweidimensional stationär und eindimensional instationär durchgeführt wurden.

## **10.5 BIM-basierte Planungswerkzeuge und Integrationsansätze**

### **BIM-basierte Beleuchtungssteuerung für Planung und Betrieb – Lösungskonzepte für die automatisierte Inbetriebnahme, Systeminteroperabilität und Monitoring**

Sascha Hammes<sup>1</sup>, Philipp Zech<sup>2</sup>, David Geisler-Moroder<sup>1</sup>, Emanuele Goldin<sup>2</sup>, Rainer Pfluger<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen, Universität Innsbruck, 6020-Innsbruck, Österreich; <sup>2</sup>Department of Computer Science, Universität Innsbruck, 6020-Innsbruck, Österreich; [Sascha.Hammes@uibk.ac.at](mailto:Sascha.Hammes@uibk.ac.at)

**Full Paper– Dienstag, 24.9. 14:40-15:05 Seminarraum AE U1-7**

Digitale Zwillinge beschreiben ein aufsteigendes Konzept für die Echtzeit-Überwachung, -Steuerung und -Optimierung von cyber-physikalischen Anlagen. Speziell im Bereich der Gebäudesteuerungen und damit verbundenen Logikimplementierungen, Erfolgskontrollen und nachträgliche Systemadaptierungen bieten digitale Zwillinge enormes Potential zur Steigerung der Energieeffizienz und des Komforts. Allerdings unterliegen Gebäudesteuerungen derzeit Einschränkungen hinsichtlich Transparenz, Systeminteroperabilität und Funktionalität. BIM als Kollaborationsplattform kann den erforderlichen modellbasierten Informationsaustausch zwischen den Projektbeteiligten schaffen und die Grundlage für den digitalen Zwilling liefern. Aktuell sind Modellierungsaspekte der Gebäudesteuerungen nur unvollständig in BIM abgedeckt und spiegeln sicher daher nicht im digitalen Zwilling wider. In dieser Studie wird ein erweiterter BIM-Modellierungsrahmen für die Erfassung statischer und dynamischer Informationen der Gebäudeautomation am Beispiel der Gewerke Tages- und Kunstlicht eingeführt. Die resultierende Verankerung der Steuerung im BIM (und damit dem Digitalen Zwilling) eröffnet die Möglichkeit gewerkeübergreifende Konzepte zu verfolgen und die Steuerung vorab zu konfigurieren und zu parametrisieren sowie automatisierte Inbetriebnahmen der Gebäudesteuerung zu realisieren. Ergebnisse einer Prototypbewertung unter Verwendung des Technologieakzeptanzmodells zeigen, dass das entwickelte Lösungskonzept den Gebäudebetrieb verbessert und bauseitige Aufwände reduziert. BIM-basiertes Datenmanagement, Modellrepositories, Loslösung von Steuerungssoftware und -hardware durch Middleware sowie domänenpezifische Sprachen bilden das Rückgrat und werden durch Elemente der Simulation und Datenanalyse erweitert, um ein Framework für alle Projektbeteiligten zu schaffen.

## BIMReason - Validating BIM Model Correctness

Philipp Zech, Peter Burger, Sascha Hammes, David Geisler-Moroder, Ruth Breu  
 University of Innsbruck, Österreich; [philipp.zech@uibk.ac.at](mailto:philipp.zech@uibk.ac.at)

**Full Paper – Dienstag, 24.9. 15:05-15:30 Seminarraum AE U1-7**

Inspections for compliance and building analysis are critical to the success of any construction endeavor. At present, such assessments are primarily conducted manually by experts in the Architecture, Engineering, and Construction (AEC) sector resulting in a tedious, labor-intensive, and generally ineffective undertaking. Yet, with the gradual adoption of Building Information Modeling (BIM), automated building analysis and compliance checking become feasible. The Industry Foundation Classes (IFC), in particular, has received a lot of traction in the AEC industry as a vendor-neutral data model. Its well-defined semantics can be exploited by reasoning engines that allow for semantic reasoning on building models, the core mechanism required for automated compliance checking and building analysis. In this paper, a general-purpose model-checking framework for IFC building models, as well as an appropriate specification layout are introduced. Model-checking via semantic reasoning is realized using various technologies from the Semantic Web. To showcase and evaluate our implementation, a sample specification is developed and tested on two IFC building models.

## Metamodels: Built-In BIM Compliance Checking

Galina Paskaleva<sup>1,2</sup>, Thomas Bednar<sup>2</sup>, Christian Huemer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>TU Wien, Institute of Information Systems Engineering, Favoritenstr. 9-11, A-1040 Vienna, Austria; <sup>2</sup>TU Wien, Institute of Material Technology, Building Physics and Building Ecology, Karlsplatz 13, Vienna, 1040, Austria; [galina.paskaleva@tuwien.ac.at](mailto:galina.paskaleva@tuwien.ac.at)

**Poster – Dienstag, 24.9. 15:30-15:35 Seminarraum AE U1-7**

Making sure that Building Information Modelling (BIM) models comply with building codes and contractual requirements is typically a time-consuming and overhead-heavy task. For this reason, there is a push for its automation. However, there are significant challenges to overcome. For example, most technical guidelines and contractual requirements are formulated in a natural language and would need to be translated into a formal representation for digital processing. Furthermore, there is no formal mechanism that enables the declaration, enforcement, and verification of compliance to those in a BIM model. In this work, we present a fundamental approach that makes the last three possible at any level of granularity, i.e., throughout the building's entire life cycle.

## Summer School Green BIM 2: Wissenstransfer zu Green Information Modelling and Green Operation Transformation an Studierende

Hans Hafellner, Lukas Edl  
 TU Graz, Österreich; [hafellner@tugraz.at](mailto:hafellner@tugraz.at)

**Poster – Dienstag, 24.9. 15:35-15:40 Seminarraum AE U1-7**

Ziel der Summer School ist es, die Anwendungsmöglichkeiten von BIM in der Landschaftsarchitektur und Freiraumgestaltung aufzuzeigen und zu vermitteln. Der Wissenstransfer erfolgt über Vorträge von Expert\*innen aus der Wirtschaft mithilfe von Praxisbeispielen, Workshops, Diskussionsrunden und Exkursionen.

Die Summer School 2024 findet vom 01. bis 05. Juli in Wien und vom 08. bis 12. Juli in Graz statt.

Die Teilnehmenden werden 63 Stunden betreut, wobei 36 Stunden als Vorträge, 17 Stunden als Übungen und 11 Stunden für Exkursionen angesetzt werden.

Zusätzlich werden 12 Stunden als Heimarbeit für die Präsentationen vorgesehen. Somit können den Studierenden für 75 Stunden Arbeitsaufwand insgesamt 3 ECTS für ihr Studium angerechnet werden. Der Kurs wird international für Studierende im deutsch-sprachigen Raum (Deutschland, Schweiz und Österreich) abgehalten. Als Teilnehmende sollten Sie mindestens im 4. Semester Ihres Studiums sein und den Vorbereitungskurs „buildingSMART Foundation Level“ positiv abgeschlossen haben.

Dieser Kurs bietet ein Basis-Wissen über die Grundlagen der BIM-Planung in der Freiraumgestaltung und Bauwerksbegrünung.

## Summer School Green BIM 2: Wissenstransfer zu Green Information Modelling and Green Operation Transformation an Studierende

Hans Hafellner, Lukas Edl

TU Graz, Österreich; [hafellner@tugraz.at](mailto:hafellner@tugraz.at)

**Short Paper– Dienstag, 24.9. 16:10-16:25 Seminarraum AE U1-7**

Die "Green BIM 2: Green Information Modelling and Green Operation Transformation" Summer School 2024 bietet eine praxisorientierte Schulung zur Anwendung von Building Information Modeling (BIM) in der Landschaftsarchitektur und Freiraumgestaltung. Das Ziel der Summer School ist es, den Teilnehmenden die Nutzung von BIM entlang des gesamten Planungs- und Lebenszyklus von Bauwerksbegrenzungen zu vermitteln. Dabei werden theoretische Kenntnisse durch praktische Übungen, Fallstudien, Workshops und Exkursionen vertieft. Ein erfahrenes Team aus Wirtschaft und Forschung unterstützt die Teilnehmenden während des zweiwöchigen Kurses. Der Kurs findet im Juli 2024 sowohl in Wien als auch in Graz statt und umfasst insgesamt 63 Stunden, die auf Vorträge, Übungen und Exkursionen verteilt sind. Zusätzlich werden 12 Stunden als Heimarbeit für die Erarbeitung der Projektarbeit angesetzt. Die Teilnehmenden können sich somit 3 ECTS (= 75 Stunden Zeitaufwand) für ihr Studium anrechnen lassen. Voraussetzung für die Teilnahme ist der erfolgreiche Abschluss eines Grundlagenkurses zum Thema BIM. Am Ende des Kurses erhalten die Teilnehmenden ein Zertifikat, vorausgesetzt sie haben mindestens 90% der Kurseinheiten besucht und den Grundlagenkurs erfolgreich abgeschlossen.

### **From Conceptual Model to Detailed Geometry**

Bernhard Steiner, Galina Paskaleva, Thomas Bednar

TU Wien, Institute of Material Technology, Building Physics and Building Ecology, Karlsplatz 13, Vienna, 1040, Austria; [galina.paskaleva@tuwien.ac.at](mailto:galina.paskaleva@tuwien.ac.at)

**Poster – Dienstag, 24.9. 16:25-16:30 Seminarraum AE U1-7**

In this work we present a method for the automatic advancement of the LOG of a BIM model from LOG100 to LOG300 or LOG400 by means of SIMULTAN, Rhinoceros® and Grasshopper. We start with a conceptual model comprised of volumes representing functional or energy-based zoning. Each face, edge, and vertex along the volume's boundary can be assigned a predefined detailed surface or joint construction. These stem from a standardized Rhinoceros® library of details. Once all assignments are performed, the volume's boundary is generated with full detail, taking column and beam spacing and surface openings into account and adapting the standardized models to the specific geometry of the volume. This makes quick adaptations and comparison of the applicability of different details quite quick and straightforward.

### **A combined web-based and Revit plugin toolchain to support data exchange during BIM2Simulation workflows**

Josef Miller<sup>1</sup>, Alexandra Jäger<sup>2</sup>, Georg Fröch<sup>1</sup>, Rainer Pfluger<sup>1</sup>, Philipp Zech<sup>2</sup>, Martin Hauer<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>University of Innsbruck, Department of Construction and Material Technology, Austria; <sup>2</sup>University of Innsbruck, Department of Computer Science, Austria; <sup>3</sup>Bartenbach GmbH, Austria; [josef.miller@uibk.ac.at](mailto:josef.miller@uibk.ac.at)

**Full Paper– Dienstag, 24.9. 16:30-16:55 Seminarraum AE U1-7**

Heating and cooling loads and the need for artificial light can be reduced to a minimum by optimising the shape, orientation, position and window-to-wall ratio in the early design phase. Early optimisation minimises the loads and thus reduces the HVAC system energy demand. Nevertheless, optimisation in the early planning phase poses a number of challenges. For example, it must be clarified who is responsible, which values are used and data exchange between external tools is often complicated. Geometrical and alphanumerical information are required for an open-BIM workflow. The alphanumerical information makes up the majority of these information. In a BIM2Simulation workflow, the simulation tool sets the requirements for the exchange. Parameters must be defined, mapped between different tools and then imported in such a way that they can be used on both sides. The MVD, now IDS, attempts to define and query a rule structure for the content of the IFC. Although this is useful, it does not solve the problem of mapping parameters to each other on the different tool pages. Different platforms such as BIMQ or parameter servers offer the possibility of organising parameters and importing them into the BIM. However, there is a lack of information for a simulation workflow. Furthermore, the question of the responsibility of simulations, i.e. the inputs used for the simulation, has not been clarified. As part of ProjectXY, a combined web-based and Revit plugin toolchain was developed to support all project participants in the organisation and management of exchange requirements between BIM

and external simulation tools. The tools developed can be used to define and manage parameters, coordinate exchange requirements between BIM and simulation tools and facilitate full implementation in BIM. The parameters are already defined in such a way that they contain all the necessary information for a BIM2Simulation workflow. The results of the ProjectXY project are presented in the following article.

### **Extending an IFC-based Framework to include an Automated CFD-Setup using Pre-Computed Boundary Conditions**

Veronika Elisabeth Richter, Christoph van Treeck, Jérôme Frisch

Institute of Energy Efficiency and Sustainable Building (E3D), RWTH Aachen University, Germany; [richter@e3d.rwth-aachen.de](mailto:richter@e3d.rwth-aachen.de)

**Full Paper – Dienstag, 24.9. 16:55-17:20 Seminarraum AE U1-7**

Computational Fluid Dynamic (CFD) simulations are widely used in building design, including design and performance optimization, as well as thermal comfort, fire, and evacuation simulations. However, even if CAD models of the building are available, setting up the CFD model and preprocessing the data require geometric simplification to reduce computational time and model healing. These preprocessing steps require high manual effort, which is, together with the computational cost, one of the main reasons why CFD is rarely applied in building design processes outside of research.

Aiming to automate the CFD model setup, this paper describes the development of an IFC-based framework enabling the extraction of geometric data required for OpenFOAM CFD simulations. Our framework is based on the IFC Space Boundary geometry. This CFD-based setup is linked to IFC-based Building Performance Simulation (BPS) results that are used as boundary conditions for the CFD model setup. These BPS results are obtained from the open-source bim2sim tool, which generates IFC-based BPS models using EnergyPlus. Our preprocessed CFD models can be exported for OpenFOAM CFD simulations.

Also, our proposed framework reduces the manual effort for CFD preprocessing via geometric generation and meshing. Through the open-source CFD-Kernel OpenFOAM, our framework fully integrates into the open-source bim2sim process. In further research, the resulting CFD models are then used for detailed IFC-based thermal comfort analysis.

### **Digitale Bestandsaufnahme für die Wärmewende mit Deep Learning**

Antonia Hain, Simon Gölzhäuser, Robert Meyer, Moritz Ihlenburg, Sebastian Herkel, Nicolas Réhault, Matthias Demant

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Deutschland; [antonia.hain@ise.fraunhofer.de](mailto:antonia.hain@ise.fraunhofer.de)

**Poster – Dienstag, 24.9. 17:20-17:25 Seminarraum AE U1-7**

Die energetische Sanierung des Gebäudebestands stellt eine wesentliche Herausforderung für die Erreichung der Klimaziele dar. Um Fachkräfte bei Sanierungen und Betriebsoptimierungen zu unterstützen, werden neue digitale Verfahren und Werkzeuge benötigt. Wir stellen daher moderne Deep-Learning-basierte Methoden zur digitalen Bestandsaufnahme für die Wärmewende vor. Die entwickelten Methoden extrahieren automatisch die relevanten Informationen über die Heiztechnik in einem Gebäude und stellen diese strukturiert bereit, wobei standardisierte Datenmodelle berücksichtigt werden. Konkret werden zwei Vorhaben mit unterschiedlichen Anwendungsfällen vorgestellt: (1) Die Erfassung von Heizungsräumen mit Mobilgeräten und (2) die Erkennung von Anlagenschemata.

Im ersten Vorhaben werden Daten über eine Anlage im Heizungsraum mithilfe eines Smartphones mit LiDAR-Sensor erfasst. Dabei werden Videos, zugehörige 3D-Daten und Kameraparameter aufgenommen. Mithilfe neuronaler Netze werden in den Videodaten die Komponenten der Anlage erkannt. Schließlich wird über die 3D-Daten und -Parameter eine konsistente Szene der Komponenten und ihrer Standorte rekonstruiert.

Das zweite Vorhaben befasst sich mit der Digitalisierung von Anlagenschemata. Diese Schemata illustrieren die Anlagentechnik in einem Gebäude und enthalten viele heterogene Informationen wie Textelemente, Symbole und Linien. Im Vorhaben werden neuronale Netze trainiert und angewendet, um die unterschiedlichen Informationen zu erfassen und eine Pipeline entwickelt, um diese miteinander zu verknüpfen. Somit wird das gesamte Schema in eine digitale Repräsentation überführt.

Mithilfe dieser Ansätze können arbeitsintensive manuelle Schritte bei energetischen Sanierungen deutlich vereinfacht werden, sodass Fachkräfte entlastet werden und die Wärmewende vorangebracht wird. Das Poster stellt die Methoden und aktuellen Ergebnisse der zwei Vorhaben vor und gibt einen Ausblick auf weitere Schritte.

## BIM-based Generation of Hydraulic Distribution Systems for Non-Residential Buildings

David Jansen, Laura Maier, Dirk Müller

RWTH Aachen University, Deutschland; [david.jansen@eonerc.rwth-aachen.de](mailto:david.jansen@eonerc.rwth-aachen.de)

**Poster – Dienstag, 24.9. 17:25-17:30 Seminarraum AE U1-7**

The Building Information Modeling (BIM) methodology has significant potential to enhance the efficiency and sustainability of building construction. An important step towards enhancing the sustainability of buildings is to reduce the embodied emissions in the building and its installed technologies. This poster presents a novel approach leveraging Industry Foundation Classes (IFC) data through the self-developed bim2sim process to design a full hydraulic distribution system and estimate its embodied emissions. By transforming the IFC geometry into a graph network and applying Steiner tree optimization, we develop an ecologically and economically optimized distribution system, including hydraulic component selection, sizing of these components and embodied emission estimation. This approach not only automates the design processes but also contributes to the sustainability goals by providing an estimation of the embodied carbon emissions during the planning phase.

## Towards Open Modeling of Building Automation over the entire building life cycle

Sabine Sint<sup>1</sup>, Felix Knorr<sup>2</sup>, Jürgen Pannosch<sup>2</sup>, Jürgen Kromp<sup>3</sup>, Thomas Bednar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Research Unit of Building Physics, TU Wien, Austria; <sup>2</sup>Research Unit of Automation Systems, TU Wien, Austria; <sup>3</sup>Sauter Meß- und Regeltechnik Ges.m.b.H., Austria; [sabine.sint@tuwien.ac.at](mailto:sabine.sint@tuwien.ac.at)

**Poster – Dienstag, 24.9. 17:30-17:35 Seminarraum AE U1-7**

One step towards achieving climate neutrality in cities is to operate buildings energy-efficiently. Building automation systems are a key element in optimizing the operation of modern buildings (e.g., controlling HVAC systems and switching lights on/off). However, it is often the case that the actual energy consumption of a building is higher than expected. One reason is that building automation is usually only designed in detail very late during the construction phase of buildings. Consequently, the design assumptions often differ from the actual realization, which leads to operational failures and inefficiencies. As a result, the total savings potential cannot be exploited for time and budget reasons. Hence, building automation should be modeled and tested already in the design phase to avoid insufficiencies in the implementation, resulting in higher operational costs and energy consumption.

To address these challenges, we developed a method for platform-independent modeling of the control logic and integrating it into an open data model. This method allows the control logic to be linked to the components and parameters of the building model already in the design phase and throughout the entire building life cycle.

## Sustainable Heritage Transformation: Bridging BIM and Simulation Processes

Laura Fernandez Resta<sup>1</sup>, Gürten Tan Dinga<sup>1</sup>, Lukas Boy<sup>1</sup>, Lena Teichmann<sup>2</sup>, Zaher Ramadan<sup>2</sup>, Peihan Yang<sup>2</sup>, Simone Reeb<sup>2</sup>, Harald Garrecht<sup>2</sup>, Jochen Schiewe<sup>1</sup>, Daniel Mondino<sup>1</sup>, Annette Bögle<sup>1</sup>

<sup>1</sup>HafenCity University Hamburg, Germany; <sup>2</sup>Institute of Construction Materials, University Stuttgart, Germany; [laura.resta@hcu-hamburg.de](mailto:laura.resta@hcu-hamburg.de)

**Short Paper – Dienstag, 24.9. 17:35-17:50 Seminarraum AE U1-7**

Integrating Heritage Building Information Management (HBIM) into historic building preservation presents challenges despite its potential for structured information management and collaborative, data-driven processes. This research proposes a framework for integrating energy performance and lifecycle simulations with HBIM in the case study UNESCO site Speicherstadt in Hamburg.

Structuring BIM models into information containers enhances information availability. A user-oriented workflow enables non-BIM experts to make modifications. An innovative interface is proposed to simplify access, query, and manipulation of BIM data. While no single standard can ensure complete interoperability, the promotion of open standards such as Industry Foundation Classes (IFC) and Open-Source Software (OSS), contributes to the improvement of interoperability and the democratization of built heritage information. The interface allows stakeholders to directly add and modify discipline-specific data, improving accessibility.

The research acknowledges workflow challenges in the BIM ecosystem, such as data compatibility, user experience, and collaboration. It contributes to the ongoing data quality and consistency debate, focusing on leveraging HBIM for sustainable historic building preservation. The developed concept emphasizes HBIM

models, user-oriented workflows, open standards, and accessible data structures to address heritage building conservation needs while enabling efficiency simulations and assessments.

### **CityDPC: A Python Library for handling 3D City Model Datasets**

Maxim Shamovich<sup>1</sup>, Simon Raming<sup>1</sup>, Avichal Malhotra<sup>2</sup>, Jérôme Frisch<sup>1</sup>, Christoph van Treeck<sup>1</sup>

<sup>1</sup>RWTH Aachen Lehrstuhl für Energieeffizientes Bauen (E3D), Deutschland; <sup>2</sup>ITK Engineering, Deutschland; [shamovich@e3d.rwth-aachen.de](mailto:shamovich@e3d.rwth-aachen.de)

**Full Paper – Dienstag, 24.9. 17:50-18:15 Seminarraum AE U1-7**

This study introduces the Python library CityDPC, dedicated to geometric computations on CityGML and CityJSON datasets, amalgamating features from established tools like CityATB. The library enables the loading, analysis, validation, and manipulation of 3D city model datasets, positioned to serve as a foundational component for existing GUI-based tools like CityEnrich and novel Python applications tailored to diverse urban-scale building stock analyses. Creating a shared backbone, a shared building class allows the reuse of existing code and functions whilst speeding up the introduction of new data formats to an existing framework. Consequently, it enhances the software development process and increases the interoperability between urban-scope applications. A distinctive addition to the library is the inclusion of party or shared wall calculations as a novel feature. The current paper showcases this functionality within a UBEM (Urban Building Energy Modeling) context, demonstrating the library's integration into the UBEM software TEASER+. The workflow illustrates the library's ability to calculate shared walls, exemplifying its real-world application and utility in the context of urban energy modeling. With its comprehensive capabilities and new features, this Python library contributes to advancing the functionality of existing tools and promoting the development of innovative applications for efficient urban-scale building analysis.

## **10.6 Monitoring von Gebäuden und Quartieren**

### **Monitoringkonzept für ein Demonstrationswohngebäude zur Entwicklung von netzreaktiven Betriebsführungs-konzepten mit Smart Home Technologien**

Pius Weidner, Andreas Gerber

Hochschule Biberach, Deutschland;

[weidner@hochschule-bc.de](mailto:weidner@hochschule-bc.de)

**Full Paper – Dienstag, 24.9. 11:00-11:25 Seminarraum AE U1-7**

Das für den Solar Decathlon Europe 21/22 konzipierte und errichtete Demonstrationsgebäude und dessen elektrisches und thermisches System sollen als Plattform für die Entwicklung von netzreaktiven Betriebsführungs-konzepten genutzt werden.

Zu diesem Zweck wurde ein Monitoringkonzept entwickelt und implementiert, in dem die Datenquellen der Teilsysteme mit vielfältigen Datenquellen und Protokollen zusammengeführt, aufbereitet und visualisiert werden. Im Anschluss an den Wettbewerb wurde zusätzliche Sensorik sowie Analyse-Werkzeuge ergänzt. Mit einem Open-Source-Home-Automations-Werkzeug als Kommunikations- und Visualisierungsschnittstelle werden die Daten gesammelt. Teilsysteme sind ein netzgekoppeltes PV-Batteriesystem, die elektrischen Verbraucher und ein thermisches System mit PVT-Fassadenkollektoren, gebäudeintegriertem Speicher, Wärmepumpe und Wärmeverteilsystem. Datenquellen sind IoT-Sensoren, konventionelle Sensoren, wie beispielsweise Wärmemengenzähler, und frei programmierbare Regeleinheiten.

Die Hauptziele des Konzepts sind Skalierbarkeit und Flexibilität in Hinblick auf die Übertragbarkeit auf Anwendungen in der Praxis. Hierzu trägt die durchgängige Verwendung von Open Source Software und handelsüblicher, energieeffizienter Hardware bei. Zudem werden die gesammelten Daten lokal gespeichert. Das Gesamtkonzept erlaubt somit eine hohe Interoperabilität mit den verwendeten Geräten unterschiedlicher Hersteller erreicht. Für die Entwicklung von netzreaktiven Betriebsführungsalgorithmen ist die einheitliche Datenschnittstelle eine Schlüsselkomponente.

Der Beitrag stellt das entwickelte Konzept und dessen Implementierung zusammen mit ersten Betriebserfahrungen und Analysen vor. Der fortlaufende Betrieb und Erweiterungen des Monitoringsystems werden noch zusätzliche Erkenntnisse liefern.

## Enhancing automated fault detection in building systems: A percentile-based scoring approach with dynamic tolerance range for residual evaluation

Sebastian Dietz<sup>1</sup>, Frank Scholzen<sup>1</sup>, Nicolas Réhault<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Luxembourg, Luxemburg; <sup>2</sup>Fraunhofer-Institut for Solar Energy Systems;

[sebastian.dietz@uni.lu](mailto:sebastian.dietz@uni.lu)

**Full Paper – Dienstag, 24.9. 11:25-11:50 Seminarraum AE U1-7**

Despite intensive research, automated fault detection and diagnosis (FDD) have been rarely implemented for Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC) systems. The biggest obstacles in the application of existing methods in buildings are the individual parametrisation and modelling efforts to set up an FDD-process.

The present work proposes a residual generating FDD approach. Existing historical data are used to train models from the field of machine learning, reducing the implementation effort to a minimum. However, a major problem is the lack of labelled faulty operation data, making it impossible to extensively learn faulty behaviours directly. Therefore, a model describes the nominal behaviour of the system, and the difference between estimates and observations is calculated. In this study, we apply a set of multilayer perceptron networks (MLP) for each state and control variable, and Bayesian optimization for hyperparameter tuning. In the event of a fault, the calculated residuals carry information about the fault and enable fault detection and diagnosis (Dietz, 2023).

However, a major challenge in residual evaluation is to distinguish between model uncertainties and fault effects. Model uncertainty is highly dependent on the current system operating mode, and individual residuals show sensitivity to faults across various value ranges. To address this, we introduce a dynamic scoring method with tolerance band. The scores are determined automatically using the percentiles of the residual distribution over the training period. This allows an equal assessment of the individual residuals for further fault detection and diagnosis.

This paper focusses on residual evaluation and demonstrates the performance of the proposed scoring method on several data sets of ventilation systems from three different buildings. The results show that the approach automatically adapts to the individual quality of the estimate without increasing the parameterisation effort. Due to the dynamic approach, FDD remains sensitive in well learnt operating modes and increases the tolerance to model uncertainties in modes where the result is less reliable.

The resulting scored residual patterns provide the necessary information for both, fault detection and diagnosis. It is shown that fault detection based on the score sum is robust against false alarms and at the same time achieves good fault detection rates. This is an essential requirement regarding the transferability of a generic FDD system for the application in facility management processes.

## Dynamic Co-Heating Tests at Living Lab NRW

Isil Kalpkirmaz Rizaoglu, Karsten Voss

Bergische Universität Wuppertal, Germany;

[kalpkirmazriza@uni-wuppertal.de](mailto:kalpkirmazriza@uni-wuppertal.de)

**Poster – Dienstag, 24.9. 11:50-11:55 Seminarraum AE U1-7**

This study reports on the co-heating tests and simulations conducted in the framework of the Living Lab North Rhine-Westphalia (LL-NRW) to investigate the performance of a LL-NRW house related to thermal characteristics. The aim is to expand the investigation ground for future research and teaching activities for performance gap, building performance simulation and co-heating tests. The main results draw attention to ventilation, internal loads and thermal capacity.

## Building Automation Systems in Austria: Findings from an Empirical Survey

Theresa Kohl<sup>1</sup>, Christoph Siegl<sup>1</sup>, Reinhard Pertschy<sup>1</sup>, Matej Gustin<sup>1</sup>, Fabian Zehetmair<sup>2</sup>, Gerald Schweiger<sup>2</sup>, Steffen Robbi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>DiLT Analytics; <sup>2</sup>Graz University of Technology, Österreich; <sup>3</sup>Digital Findet Stadt;  
[gerald.schweiger@tugraz.at](mailto:gerald.schweiger@tugraz.at)

**Poster – Dienstag, 24.9. 11:55-12:05 Seminarraum AE U1-7**

Building automation systems enable efficient and intelligent building operations. They encompass cyber elements such as sensing, computation, communication, and control, which enable detailed monitoring and management of building services such as heating, cooling, ventilation, air conditioning, or security systems. In an empirical survey, we investigate, among other things, how widespread building automation systems are in Austria, the barriers to their implementation, and which tools and protocols are used. We pursued a two-stage research plan consisting of a literature review and a quantitative expert survey. Experts were contacted via the networks of Digital Findet Stadt, an innovation platform for the digitalisation of the construction and real estate industry, and the network of the Verband der Technischen Gebäudeausrüster. A total of 46 experts completed the online survey.

## Neural Network-based Occupancy Detection on the Edge

Christoph Siegl<sup>1</sup>, Thomas Hirsch<sup>1</sup>, Theresa Kohl<sup>2</sup>, Franz Wotawa<sup>1</sup>, Gerald Schweiger<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graz University of Technology, Österreich; <sup>2</sup>DiLT Analytics GmbH, Graz, Austria; [gerald.schweiger@tugraz.at](mailto:gerald.schweiger@tugraz.at)

**Full Paper – Dienstag, 24.9. 12:05-12:30 Seminarraum AE U1-7**

Building occupancy information is essential to improve building performance and occupant comfort. Various non-intrusive detection methods using environmental sensors have already been explored, and ML methods have been shown to perform well in identifying occupancy patterns, but the scalability of the proposed approaches is still an open research question. Transfer learning offers a promising solution by adapting models to different targets and using shared knowledge for tasks with limited data. This study uses neural networks to detect indoor occupancy with sensor data in a real-world office setting, evaluating the performance and transferability of the models. We collected data with LoRa sensors in an office for three months and used them to train and test the Feed Forward Neural Network, Convolutional Neural Network, Long Short-Term Memory, and XGBoost models. We also explored model deployment on edge devices with TensorFlow Lite, achieving an average F1-score of 0.77 for occupancy detection and 0.62 in the transfer scenario. Our analysis identified critical features for occupancy detection.

## Vergleichende Betrachtung von verschiedenen Konfigurationen hybrider Wärmepumpensysteme im Mehrfamilienhaus-Bestand

Michael Kropp<sup>1</sup>, Sahil Vishram Vadadkar<sup>1</sup>, Sebastian Herkel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Freiburg - Institut für Nachhaltige Technische Systeme INATECH, Deutschland;

<sup>2</sup>Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE, Deutschland; [michael.kropp@inatech.uni-freiburg.de](mailto:michael.kropp@inatech.uni-freiburg.de)

**Full Paper – Mittwoch, 25.9. 10:30-10:55 Seminarraum AE U1-7**

Wärmepumpen spielen eine zentrale Rolle bei der Dekarbonisierung des Gebäudesektors. Allerdings bestehen vor allem in Mehrfamilien-Bestandsgebäuden technische und wirtschaftliche Herausforderungen. In diesem Kontext wurden Ende 2021 zwei Mehrfamilienhäuser (Baujahr 1963, Hüllsanierung 1995, 30 Wohneinheiten) mit hybriden Wärmepumpenanlagen (Wärmepumpe und Gaskessel) ausgestattet.

Um der begrenzten Verfügbarkeit von Wärmequellen im städtischen Umfeld zu begegnen, wurden im Projekt innovative Ansätze umgesetzt: Im ersten Gebäude hybride photovoltaisch-thermische (PVT) Kollektoren als einzige Wärmequelle sowie im zweiten ein Mehrquellen-System (MQS) bestehend aus Erdwärmesonden und einer Außenluft-Einheit. Dadurch kann die Größe der Erdsonden reduziert und die Effizienz gegenüber einer reinen Luft-Wärmepumpe gesteigert werden.

Die messtechnische Auswertung des ersten zeitgleichen Betriebshälbjahres zeigt eine effiziente Umsetzung der Mehrquellen-Wärmepumpe mit einer Arbeitszahl von 3,2. Allerdings ist aufgrund der zu geringen maximalen Vorlauftemperatur von 60 - 68 °C der Betrieb des Gaskessels zur Trinkwarmwasser (TWW)-Nachwärmung notwendig. Insgesamt werden 28 % des Wärmebedarfs durch den Gaskessel gedeckt.

Die Analyse der Messdaten der PVT-Wärmepumpe zeigt, dass die Wärmepumpe im Sommerbetrieb (reine TWW-Bereitung) den Wärmebedarf allein decken kann (maximale Vorlauftemperatur von 75 °C). Im gesamten Betrachtungszeitraum liegt die Arbeitszahl bei 3,0. Allerdings müssen aufgrund der Einsatzgrenzen der Wärmepumpe über 38 % des gesamten Wärmebedarfs durch den Gaskessel gedeckt werden.

Bei der Evaluation der beiden Anlagen wurden Optimierungspotentiale im Betrieb und in der Konfiguration der Wärmepumpenanlagen identifiziert. So sollte die Regelung der Wärmequelle im PVT-System und die TWW-Bereitung im MQS optimiert werden.

### **Einfluss der Wettervorhersagegüte auf ein PV-unterstütztes MPC-geregeltes Wärmepumpenheizsystem**

Christina Betzold, Sebastian Hummel, Arno Dentel

Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm; [christina.betzold@th-nuernberg.de](mailto:christina.betzold@th-nuernberg.de)

**Full Paper – Mittwoch, 25.9. 10:55-11:20 Seminarraum AE U1-7**

Eine nachfrageseitige Flexibilität von Wohngebäuden wird immer wichtiger für die Erhöhung der Resilienz des Stromnetzes. Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern bieten dieses Potential auf volatile regenerative Energieerzeuger, wie zum Beispiel Photovoltaik, bedarfsoorientiert zu reagieren. So kann Überschussstrom direkt durch die Speicherung elektrischer Energie in Batteriespeichern oder über eine Wärmepumpe in thermischen Energiespeichern nutzbar gemacht und eine Lastverschiebung realisiert werden. Der Wärmebedarf eines Gebäudes kann daher als flexibel angesehen werden. Um diese Flexibilität und auch das finanzielle Potenzial bestmöglich zu nutzen, sind prädiktive Steuerungsstrategien, wie die modell-prädiktive Regelung (MPC), erforderlich. Für diese sind Wettervorhersagedaten unerlässlich.

In diesem Beitrag wird der Einfluss der Wettervorhersagegüte auf ein PV-unterstütztes Wärmepumpenheizsystem in Simulationsstudien, in Laborexperimenten und in einem Reallabor untersucht. Als Bewertungskriterien werden die Betriebskosten, die Kosteneinsparungen, der PV-Eigenverbrauch und der Autarkiegrad herangezogen. Darüber hinaus werden die Systemleistungsfähigkeit und die mittleren Ladezustände des thermischen als auch des Batteriespeichersystems bewertet.

Auf einem Laborprüfstand wird der Betrieb einer MPC-Regelungsstrategie für eine perfekte Wettervorhersage im Vergleich zu zwei fehlerbehafteten bzw. ungenauerer Wettervorhersagen durchgeführt. Zum Vergleich werden auch eine wärmegeführte und eine PV-Eigenverbrauchsoptimierte Reglungsstrategie untersucht. Die Experimente werden von MATLAB-Simulationen zur Validierung begleitet. Der Prüfstand besteht aus einer Sole/Wasser-Wärmepumpe, einem batterieelektrischen Speicher und einem thermischen Energiespeichersystem.

Der Langzeitbetrieb einer MPC-geregelten Wärmepumpenheizzentrale wird in einem vorhandenen Reallabor untersucht und bewertet. Dieses besteht aus einem bewohnten Reihenhaus mit acht Wohneinheiten und zentraler / gemeinschaftlich genutzter Wärmezentrale. Die MPC-Reglung ist in MATLAB implementiert und nutzt eine Datenbank (SQL) als Schnittstelle zur Anlagentechnik. Die MPC regelt dabei die beiden modulierenden Wärmepumpen als auch die acht dezentralen Booster-Wärmepumpen zur Trinkwarmwasserbereitung. Über einen Zeitraum von mehreren Wochen konnte die MPC-Regelung unter realistischen Bedingungen ganzheitlich untersucht werden.

Erste Ergebnisse zeigen, dass die Leistung des Wärmepumpenheizsystems umso höher ist, je genauer die Wettervorhersagequalität ist. So ist der PV-Eigenverbrauch bei guten und fehlerbehafteten Wettervorhersagen im Vergleich zu einer perfekten MPC signifikant niedriger. Im Reallabor zeigte der fehlerfreie Langzeitbetrieb ebenso einen erhöhten PV-Eigenverbrauch beim Einsatz einer MPC-Regelungsstrategie. Jedoch sind im Realbetrieb die positiven Einflüsse der MPC stark von der Modelltiefe und ebenfalls von der Wettervorhersagegüte abhängig.

### **Performance evaluation of decentralised split unit heat pumps**

Georgios Dermentzis<sup>1</sup>, Anastasios Tsaris<sup>1,2</sup>, William Monteleone<sup>1</sup>, Fabian Ochs<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Innsbruck, Austria; <sup>2</sup>University of Thessaly, Greece; [georgios.dermentzis@uibk.ac.at](mailto:georgios.dermentzis@uibk.ac.at)

**Full Paper – Mittwoch, 25.9. 11:20-11:45 Seminarraum AE U1-7**

Split air-to-air heat pumps could be a cost-effective decentralised solution for space heating (and cooling) in central European climates, in case of renovation of multi-apartment buildings targeting low heating load. Although these split units are commonly used for example in Mediterranean countries, their energy performance is hard to be evaluated, both in laboratory measurements and in real operation conditions, due to their construction and the indoor air flow, i.e. it is hard to measure the indoor air flow.

In this study, a holistic evaluation is performed to investigate the energy performance of split units including laboratory measurements, steady-state simulations of the refrigerant cycle, and dynamic simulations. Several aspects are considered such as indoor fan speed, varying compressors frequency (instead of "locked"), defrost cycles and "on/off" cycles. The laboratory measurements include steady state test points as well as dynamic operation. For example, preliminary results showed that the COP is higher in case of "high" indoor fan speed with low compressor speed versus "automatic" indoor fan speed. The refrigerant cycle model is calibrated to the measurements, and it is further used to create a complete performance map including measured and simulated test points. Dynamic building and system simulations are performed in Matlab Simulink using the derived performance map and compared to energy balance design tools such as PHPP.

### **Energiemonitoring Käthe-Dorsch-Gasse 17, 1140 Wien**

Simon Handler, Philipp Enigl, Niklas Herenda

hacon GmbH, Österreich; [philipp.enigl@ha-con.at](mailto:philipp.enigl@ha-con.at)

**Full Paper – Mittwoch, 25.9. 11:45-11:50 Seminarraum AE U1-7**

Monitoringergebnisse des mehrgeschoßigen Wohnbaus (ca. 300 Wohnungen). Der Wohnbau ist mit Bauteilaktivierung und einem Sondenfeld als Wärmequelle/Senke ausgestattet. Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser für die Warmwasserbereitung.

### **10.7 Numerische Lösungsverfahren, Optimierung und Implementierung**

#### **Parameterstudie zur Optimierung der Belüftung in Kinosälen anhand eines Automatisierungstools und zonaler Strömungssimulationen**

Christina Matheis, Gunnar Grün

Fraunhofer Institut für Bauphysik, Deutschland; [christina.matheis@ibp.fraunhofer.de](mailto:christina.matheis@ibp.fraunhofer.de)

**Full Paper – Donnerstag, 26.9. 10:30-10:55 Seminarraum AE U1-7**

Eine nutzerorientierte Planung gewinnt in der Baubranche immer mehr an Bedeutung. Somit sind auch Aspekte wie die Innenraumluftqualität und -hygiene vermehrt zu beachten. Um das Raumklima optimal auszulegen, kann simulationsbasiert eine Vielzahl an Varianten mithilfe eines Parameterstudies-Tools untersucht und bewertet werden. Das dazu erstellten Tool automatisiert die Prozessabläufe von Parameterstudien und ist in der Programmiersprache Python implementiert. Das VEPZO (Velocity Propagating Zonal Model) bildet die Basis für das Tool und basiert auf einem zonalen Simulationsansatz für die Raumluftströmung.

Diese Studie betrachtet eine optimierte Belüftung in Kinosälen. Dabei wird zum einen der Einfluss von verschiedenen Lüftungsarten, -positionen und -parametern auf die Raumluftqualität mittels CO<sub>2</sub> als Kenngröße untersucht. Zum anderen sollen die Auswirkungen von Partikelquellen und der Einsatz und mobilen Luftreinigungsgeräten erforscht werden. Für die Auswertung werden die lokalen CO<sub>2</sub>- und Partikel-Konzentrationen der Frischluftmenge gegenübergestellt.

### **Shared Memory Parallelization Strategies and Speedup Scaling of a Hygrothermal Building Component Simulation Program**

Simon Hinterseer, Andreas Sarkany, Bernhard Steiner

TU Wien, Österreich; [simon.hinterseer@tuwien.ac.at](mailto:simon.hinterseer@tuwien.ac.at)

**Full Paper – Donnerstag, 26.9. 10:55-11:20 Seminarraum AE U1-7**

Hygrothermal building component simulation is crucial for predicting and enhancing building performance, durability, and energy efficiency. Through scenario simulations, it allows better design, addressing concerns like mold, material decay, and energy waste, increasingly important in light of climate challenges. Given the computational intensity of simulations, the efficient use of computational resources like available CPU cores is paramount for manageable execution times.

While many simulation algorithms rely on linear algebra operations, the HAM4D\_VIE simulation program, developed and utilized at TU Wien for research and teaching, implements an alternative algorithm iterating over cell and interface objects within the construction component's mesh. Using this program as an example, this paper outlines challenges and solutions in the parallelization process of such an algorithm using multi-threading with the OpenMP API.

Implementation strategies are evaluated with respect to their resulting execution time, and speedup scaling is examined across diverse computational resources, including office machines with varying operating systems as well as a powerful compute node of the VSC-4 supercomputer.

While the parallelization yields a significant speedup, discernible overhead due to thread management can be observed. This is concluded from the discrepancy between performance profiling, which suggests that approximately 95% of the computational load is performed in parallel, while the strong scaling according to Amdahl's Law suggests a much lower degree of parallelization of around 80%, depending on the computational environment. This underscores the need for further optimization in both parallelization techniques and the used data structures.

### **Explainable AI for deriving predictive and trustworthy rules for optimal building operation**

Lilli Frison, Tim Rist, Nicolas Réhault

Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, Deutschland; [tim.rist@ise.fraunhofer.de](mailto:tim.rist@ise.fraunhofer.de)

**Full Paper – Donnerstag, 26.9. 11:20-11:45 Seminarraum AE U1-7**

Innovative solutions for optimizing energy use and reducing carbon emissions leads to increasing complexity of the building energy systems, influenced by varying conditions such as weather, user behaviour, energy availability and grid requirements. This poses a challenge to traditional control strategies based on simple "if-then" rules. Traditional expert rule systems are becoming too complex for building operators to understand, necessitating a shift to advanced model-based control techniques. However, their demand for sophisticated building automation infrastructure and system modelling expertise presents its own challenges.

Our research addresses these challenges by forstering Explainable Artificial Intelligence (XAI) techniques to extracts knowledge from existing data, such as measurements and simulations, and translates it into simple, comprehensible rules using decision trees. The aim is to create a robust control approach that approximates the behavior of complex optimization-based systems through straightforward rule-based schemes. This approach results in an easily implementable, understandable system that adapts to environmental changes and achieves a near optimal control. Beyond control application, this method has potential applications in various fields where it can interpret and utilize large sets of complex data for users leading to a knowledge-based system approach for energy systems.

To investigate the potential of the developed concept, the use case "grid-supported heat pump control" is used to test whether predictive control approaches can be derived that are better than simple heuristic rules. The testing is conducted within hardware-in-the-loop experiments at the Fraunhofer ISE heat pump laboratory, ensuring a rigorous assessment of the method's effectiveness and reliability.

### **Training von KI-Modellen zur MPC-basierten Nachtlüftung mittels Software-in-the-Loop-Simulationen in IDA ICE**

Albert Treytl<sup>1</sup>, Stefan Kollmann<sup>1</sup>, Markus Winkler<sup>1</sup>, Klaus Winiwarter<sup>1</sup>, Alexander Wasenegger<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität für Weiterbildung Krems, Österreich; <sup>2</sup>Fachhochschule Salzburg, Österreich; [albert.treytl@donau-uni.ac.at](mailto:albert.treytl@donau-uni.ac.at)

**Short Paper – Donnerstag, 26.9. 11:45-12:00 Seminarraum AE U1-7**

Ventilative Nachtlüftung ist eine energieeffiziente Möglichkeit das Risiko einer Überwärmung von Gebäuden zu minimieren, welches durch den klimawandelbedingten Temperaturanstieg bereits in den Übergangszeiten zu beobachten ist. Primär in Nichtwohngebäuden erfordert diese Art der Lüftung jedoch eine entsprechende Regelungstechnik zum effizienten Betrieb.

Dazu wird eine Software-in-the-Loop Simulation mit der Gebäudesimulationssoftware IDA ICE verwendet, um die Effizienz von Regelkonzepten zu testen und simulationsgenierte Daten für das Training von Künstlichen Neuronalen Netzwerken (KNN) in einer modellprädiktiven Steuerung (MPC) zu gewinnen.

Der vorliegende Ansatz kombiniert die Stärken von Simulation und KNN, indem zuerst die Simulation anhand echter Messdaten kalibriert wird und die resultierenden Simulationsoutputs dann benutzt werden, um ein KNN mit (zusätzlichen) Trainingsdaten zu versorgen. Das resultierende KNN bietet eine vergleichbare Vorhersagegenauigkeit, bei sehr viel geringerem Rechenaufwand und ohne dezidierte Simulationssoftware in die Regelung zu integrieren.

Um dies zu erreichen wurde einerseits ein Ersatzmodell für Kipplüftung entwickelt, damit die Simulation diese bei Nachtlüftung typische Öffnungsart berücksichtigt, und ein verallgemeinertes Konzept zur Integration von beliebigen physischen Steuergeräten und unterschiedlichen Softwareplattformen in IDA ICE umgesetzt.

Das Paper demonstriert sowohl die Machbarkeit als auch das Verbesserungspotential durch die quantitativ wesentlich höhere Anzahl an Trainingsdatensätzen aus Simulationen, die auch Betriebszustände umfassen, die im normalen Gebäudebetrieb häufig nicht wiederholbar sind.

### **Modelling Ice Formation and Deicing Strategies for Enhanced Performance of Compact Facade-integrated Air-to-Water Heat Pumps**

William Monteleone, Fabian Ochs

University of Innsbruck, Austria; [william.monteleone@uibk.ac.at](mailto:wiliam.monteleone@uibk.ac.at)

**Full Paper – Donnerstag, 26.9. 13:00-13:25 Seminarraum AE U1-5**

In order to achieve a fully decarbonized building stock by 2050, a crucial step involves accelerating the rate of renovations and the replacement of apartment-wise gas boilers. A promising solution for multi-family buildings in densely populated areas is seen in serial renovations with prefabricated façades. Enhancing the efficiency and sustainability of building infrastructure can be achieved by integrating compact and silent decentralised air-to-water heat pumps into facade elements. This innovative approach could support the decentralised transition from conventional flat-wise gas boilers providing a solution for both domestic hot water preparation and space heating. Despite their numerous advantages, a common challenge faced by all air-to-water heat pumps is their performance under freezing conditions and the subsequent need for de-icing.

In this study, a 1.5 kW R290 air-to-water heat pump integrated into a building façade is investigated, with a focus on determining its capability to meet space heating demands in renovated apartment buildings. As part of an integral development approach of this air-to-water heat pump this study addresses the aspect of ice-formation and de-icing by introducing a semi-empirical model for ice formation.

Firstly, a steady-state refrigerant cycle model for a split air-to-water heat pump was modelled in the MATLAB environment to generate performance maps. These were then used as input to model the heat pump in a Simulink-based dynamic simulation model. The 37 m<sup>2</sup> flat was modelled with a multi thermal zone approach including also a detailed model of hydraulic circuit used to supply the space heating demand.

A penalty factor for both compressor electric power consumption and cooling capacity is determined from functional model measurements of the heat pump, addressing the impact of ice formation. Ice worsens in fact the air-side heat exchange, causing partial flow blockage, reducing evaporation temperature, and increasing the compression ratio, resulting in elevated electric power consumption.

Different heating demands are evaluated within the study, corresponding to the unrenovated case (115 kWh/(m<sup>2</sup> a)), to a partial renovation (56 kWh/(m<sup>2</sup> a)) or to a EnerPHit renovation (25 kWh/(m<sup>2</sup> a)). Additionally, the use of the existing radiators or new generation ones is evaluated.

The annual simulations highlight the critical role of dynamic simulation and semi-empirical ice formation modelling in assessing the feasibility of small-scale decentralized air-to-water heat pumps. More specifically, considering hot gas bypass as a deicing strategy and the performance degradation due to ice formation, the mini-split heat pump is not able alone to fulfil the space heating demand for a flat subjected to only partial renovation and more than 50% electric post-heating is required. Conversely, when ice formation is not factored into the model, the heat pump successfully satisfies the space heating demand even during the coldest days of the year. This observation remains consistent, regardless of whether the radiators are replaced and highlights also the significance of the renovation depth, indicating that the efficiency of small-scale heat pumps is primarily influenced by the extent of renovation, with the hydraulic system layout becoming a consequential factor in subsequent considerations. On the other hand, in the case of a flat subjected to EnerPHit renovation the performance factor of the system ranges during the heating season from 2.06 to 2.21 without replacing the radiators and from 2.17 to 2.35 with replaced radiators. This study underlines therefore the importance of taking into account the degradation of the air-side heat transfer. This is essential to prevent both the overestimation of system performance and the excessive energy consumption of the backup heater. Moreover, the findings contribute to the existing knowledge by emphasizing the importance of conducting dynamic system simulations in the design of compact, low-power heat pumps, as well as in sizing of the related back-up systems.

## Bauakustische Simulation einer Holzrahmenwand

Alexander Stenitzer<sup>1</sup>, Maximilian Neusser<sup>2</sup>, Bernd Nusser<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Holzforschung Austria; <sup>2</sup>TU Wien; [a.stenitzer@holzforschung.at](mailto:a.stenitzer@holzforschung.at)

**Full Paper – Donnerstag, 26.9. 13:25-13:50 Seminarraum AE U1-5**

Bauphysikalische Simulationen haben sich im Planungsalltag der Hygrothermik bereits fest etabliert. Im Kontrast dazu gestaltet sich die Simulation realer physikalischer Effekte in der Bauakustik, speziell im Leichtbau, bisher als Herausforderung, um präzise Vorhersagen zu ermöglichen. Mit der zunehmenden Nachfrage im Holzbau wachsen sowohl die Ansprüche als auch der Bedarf an Planungssicherheit. Die zuverlässige frequenzabhängige Prognose des Schalldämm-Maßes von Leichtbauteilen könnte ressourcenintensive Messungen einsparen. Bisher hat sich die Finite Elemente Methode (FEM) als geeignete Methode erwiesen, um bauakustische Parameterstudien an Leichtbauteilen durchzuführen und konstruktive Veränderungen in Relation zueinander zu bewerten. In diesem Artikel wird die Simulation einer Holzrahmenwand in Fenstergröße mithilfe der FEM präsentiert. Die Simulationsergebnisse, durchgeführt mit der Software "COMSOL 6.1", werden mit bauakustischen Messungen verglichen. Mithilfe der Simulation wird das Schalldämm-Maß mit einer maximalen Abweichung von 5 dB pro Terzband prognostiziert. Bei der FEM ist die Qualität der Eingangsdaten entscheidend, wobei durch Modalanalysen relevante Steifigkeitswerte und Verlustfaktoren aller Materialien ermittelt werden. Dieser Ansatz gewinnt insbesondere bei mehrschichtigen Bauteilen mit anisotropen Materialien an Relevanz. Zusätzlich zur Modellvalidierung wurden anhand des Modells unterschiedliche Parametervariationen durchgeführt. Die Ergebnisse der Parameterstudie werden in dieser Arbeit ebenfalls detailliert dargelegt.

## Orts- und Zeitangaben-Harmonisierung zwischen Strahlungsdaten und Simulationssoftware bei der Verwendung von Testreferenzjahren

Mario Vukadinovic, Anton Maas

Universität Kassel Fachgebiet Bauphysik, Kassel, Deutschland; [vukadinovic@uni-kassel.de](mailto:vukadinovic@uni-kassel.de)

**Short Paper – Donnerstag, 26.9. 13:50-14:05 Seminarraum AE U1-5**

Die Analyse der Solarstrahlungsberechnung innerhalb von Testreferenzjahren zeigt eine komplexe Problematik auf, die durch unterschiedliche Zeit- und Wertangabesysteme sowie Standortdefinitionen entsteht. Die Definition von Ort und Zeit erfolgt sowohl im Klimadatensatz bzw. Testreferenzjahr als auch in der Simulationsumgebung, wobei Abweichungen potenziell zu Fehlern führen können.

Die Vielfalt der Zeit- und Wertangabesysteme, insbesondere im Minutenintervall, stellt eine Herausforderung bei der Erfassung und Interpolation von Solarstrahlungsdaten dar. Gängige Simulationsumgebungen verwenden oft nur spezifische Umrechnungsmodelle, was zu weiteren Unsicherheiten führen kann.

Die Solarstrahlungsumrechnung erfordert präzise Zeitangaben, wobei die genaue Einhaltung der Zeitpunkte von Sonnenaufgang und -untergang entscheidend ist. Unstimmigkeiten können durch unklare Zeitbezüge und falsche Umrechnungen entstehen, insbesondere bei Vergleichen zwischen verschiedenen Himmelsrichtungen.

Die vorgestellten Probleme sind nicht allein dem Klimadatengeber oder dem Softwareherausgeber zuzuschreiben. Ein akkurate Datentransfer zwischen beiden Instanzen ist entscheidend für fehlerfreie Berechnungen.

Im Ausblick wird empfohlen, Zeitdefinitionen zwischen verschiedenen TRY-Datenreihen einheitlich zu gestalten, vorzugsweise durch die Angabe von Strahlungswerten für die mittlere vergangene Stunde MEZ. Dies gewährleistet eine eindeutige Ermittlung der Sonnenhöhe und unterstreicht die Notwendigkeit konsistenter Zeitangaben für präzise Berechnungen.

**Work in Progress: Methodik zur Ableitung von Sanierungsstrategien für Nichtwohngebäude im Bestand mittels mathematischer Optimierung**

Justus Medgenberg, Andreas Makowski

Technische Hochschule Würzburg-Schweinfurt, Deutschland; justus.medgenberg@thws.de

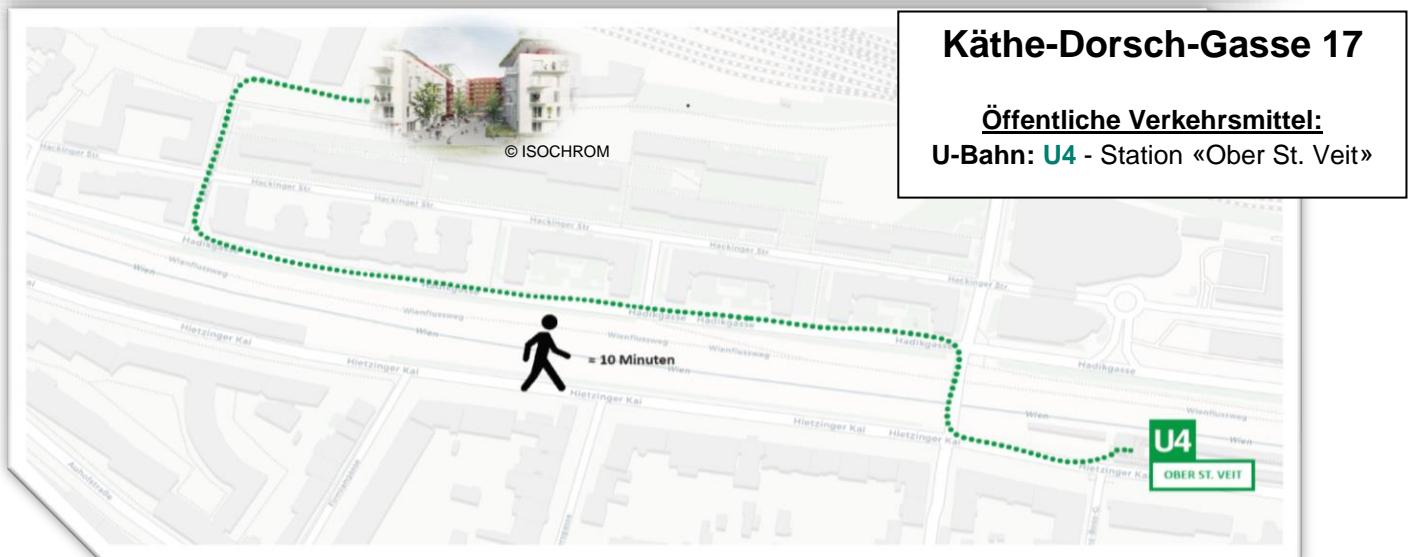
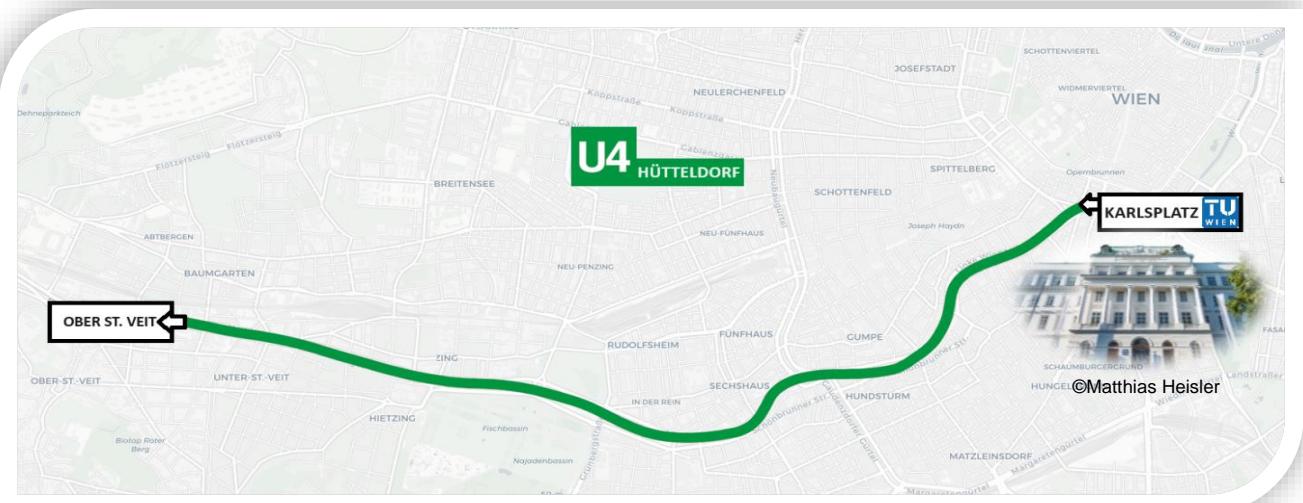
**Short Paper – Donnerstag, 26.9. 14:05-14:20 Seminarraum AE U1-5**

Die energetische Bestandssanierung hat für die Dekarbonisierung des Gebäudesektors in Europa eine entscheidende Funktion. Mathematische Optimierungsverfahren können für eine ganzheitliche Betrachtung und Optimierung von Sanierungsentscheidungen eingesetzt werden. Sie ermöglichen einen effizienten Einsatz von knappen personellen, finanziellen und materiellen Ressourcen. Die Verbreitung in der Praxis ist allerdings bisher nur sehr gering. Das Autorenteam erkennt hier strukturell bisher nicht genutztes Potenzial und stellt neue Ergebnisse zum Einsatz einer entwickelten Optimierungsmethodik zur Ableitung von Sanierungsstrategien für Bestandsgebäude vor. Die Methodik berücksichtigt in der Zielfunktion wahlweise Kostenaspekte und CO<sub>2</sub>-Ausstoß und wird hier erstmals auf ein fiktives Nichtwohngebäude mit zwei unterschiedlichen Nutzungstypen angewendet. Die Optimierung erfolgt exemplarisch hinsichtlich der Reduktion des betriebsbedingten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes. Die Ergebnisse zeigen die vielversprechende Anwendbarkeit der Methodik zur Ableitung von Sanierungsstrategien für Bestandsgebäude.

# 11 Exkursionen – Freitag 27.09.2024

## 11.1 Besichtigung Käthe-Dorsch-Gasse 17 & Flughafen Wien

9:00 Treffpunkt U4 Station „Ober St. Veit“ Ausgang Hietzinger Kai



9:30 Start der Besichtigung bei der Käthe-Dorsch-Gasse 17, 1140 Wien



11:30 gemeinsamer Aufbruch zum Flughafen Wien Schwechat

13:00 Mittagessen in der Kantine am Flughafen Wien Schwechat

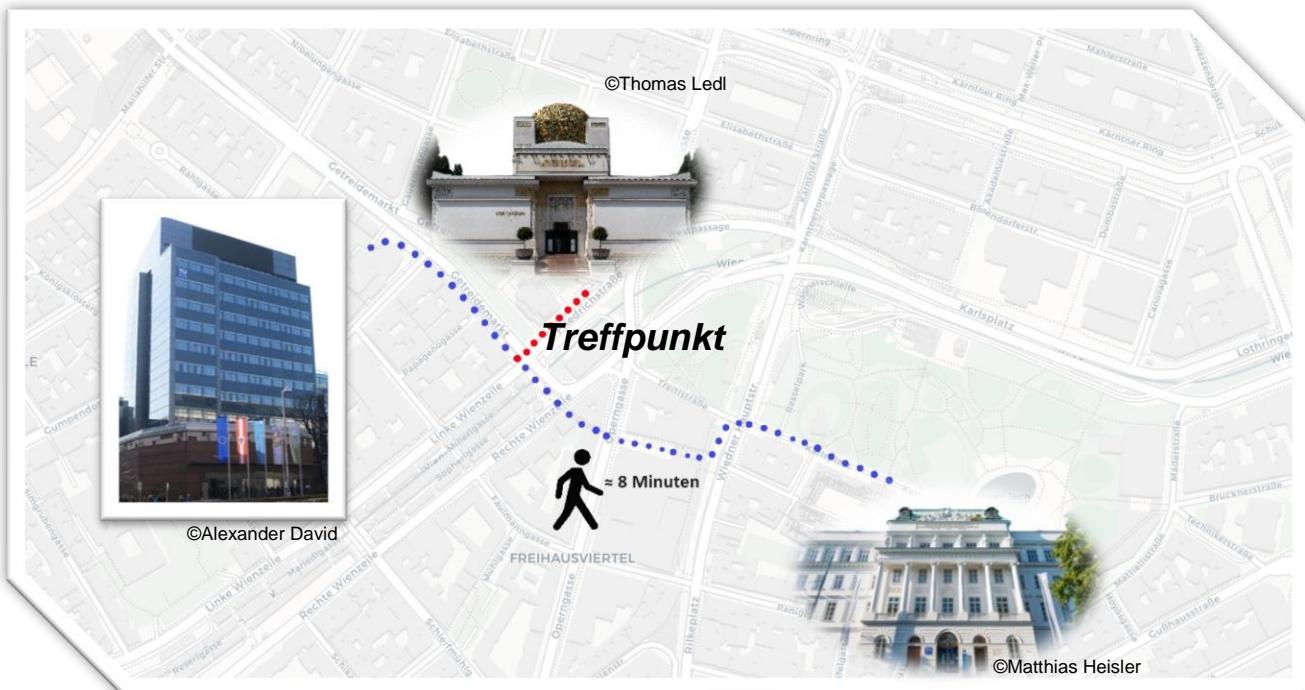
14:00 Präsentation klimaneutraler Flughafen und Besichtigung Office Park 4 & Flughafen Tower

16:00 Ende der Veranstaltung

## 11.2 Besichtigung TU Wien Plus-Energie Bürohochhaus am Getreidemarkt & Flughafen Wien

9:00 Treffpunkt U4 Station „Karlsplatz“ Ausgang Secession

9:30 Start der Besichtigung des Hochhauses bei Getreidemarkt 9, 1040 Wien



11:30 gemeinsamer Aufbruch zum Flughafen Wien Schwechat

13:00 Mittagessen in der Kantine am Flughafen Wien Schwechat

14:00 Präsentation klimaneutraler Flughafen und Besichtigung Office Park 4 & Flughafen Tower

16:00 Ende der Veranstaltung



©Alexander David



© Vienna Airport



Technische Universität Wien

E207-02 Forschungsbereich Bauphysik, Karlsplatz 13, 1040 Wien

**Für den Inhalt verantwortlich**

Thomas Bednar, Jasmin Berger-Heda, Noah Fritscher, Sabine Sint

**Frontfoto:** Noah Fritscher

**Fotos ohne Copyright:** Noah Fritscher

**Abschlussfoto** TU Wien | Matthias Heisler/goemb.at