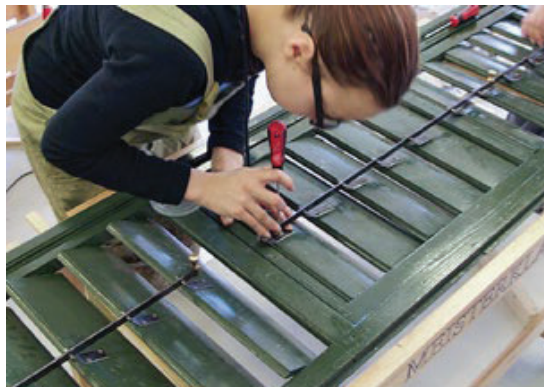


Zukunftspotenzial des baukulturellen Erbes

Unser baukulturelles Erbe stammt aus einer Zeit, in welcher der sorgsame Umgang mit den Ressourcen eine Überlebensfrage war. Jetzt stehen wir wieder vor einer ähnlichen Herausforderung. Aus dem Wissen über Bauten, die lange überdauert haben, können wir tragfähige Handlungsstrategien für die Zukunft entwickeln. Denkmalschutz ist Klimaschutz.

Text Alfons Huber, Friedrich Idam, Günther Kain

Der hohe Ressourcen- und Energiebedarf zur Errichtung und zum Betrieb von Gebäuden beschleunigt den Klimawandel. Ein Lösungsansatz ist die Entwicklung hochkomplexer, elektronisch gesteuerter Hausbetriebssysteme, die ein Gebäude zum „Smart Building“ werden lassen. Dabei werden aber wegen mangelnder Technikfolgenabschätzung die kurzen Lebenszyklen solcher Systeme durch den raschen Technologiewandel übersehen. Der Umstand, dass gerade technische Innovationen den Ressourcenverbrauch in Summe steigern können, passt nicht in das fortschrittsgläubige Leitbild. Bereits in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts fiel der paradoxe Umstand auf, dass technische Innovationen, die eine effizientere Nutzung von Ressourcen erlauben, in weiterer Folge zu einer erhöhten Nutzung dieser Ressourcen führen, anstatt den Verbrauch zu senken.



1
Jalousien wurden gegen übermäßige Sonneneinstrahlung und zur verbesserten Lüftung verwendet, © Idam

Wenn aber Innovation nicht immer zum Erfolg führt, kann sich gezielte Exnovation, in Form von Reimplementierungen historisch bewährter Technologien, deren langfristige Folgen als realer Befund vorliegen, als vorteilhaft erweisen. Ein erfolgsversprechender Lösungsansatz zur Entwicklung einfacher und resilienter Bautechniken sowie langlebiger Gebäudetypen und Gebäudebetriebssysteme liegt im Konzept von „Simple Smart Buildings“, welches auf die Potenziale unseres baukulturellen Erbes zurückgreift. Die erfolgreiche Wiederbelebung bewährter Baukultur erfordert die Kombination von praktischem

und handwerklichem Erfahrungswissen mit den Ergebnissen der Bauforschung. Im Rahmen des Forschungsnetzwerks von ICOMOS Austria werden zurzeit einige solcher Forschungsprojekte umgesetzt. Dazu zählen die messtechnische Bewertung des Wärmedurchgangs bei historischen Fensterkonstruktionen, das Ausloten der Einsatzmöglichkeiten von Torfmoos (Sphagnum) als Dicht- und Dämmstoff, die Neubewertung thermischer Qualitäten von massivem Mauerwerk unter geänderten klimatischen Rahmenbedingungen und der minimal-invasive Einbau von Infrarotbeschattungsschirmen in historischen Dachböden.

Mit den Bemühungen, den globalen Klimawandel abzufedern, ist auch die gegenwärtige Ausprägung von Baukultur infrage gestellt. Der ungezügelter Ressourcenverbrauch zur Herstellung kurzlebiger Bauten wird uns bereits in naher Zukunft teuer zu stehen kommen. Die erfolgsversprechende Lösungsstrategie für diese Problemstellung scheint in technischen Innovationen bis hin zu vollautomatisierten „intelligenten“ Gebäuden, sogenannten „Smart Buildings“, zu liegen. Dabei wird aber durch mangelnde Technikfolgenabschätzung übersehen, dass gerade technische Innovationen den Ressourcenverbrauch in Summe steigern können. Bereits in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde das sogenannte Jevons-Paradoxon formuliert, wonach technische Innovationen, die eine effizientere Nutzung von Ressourcen erlauben, in weiterer Folge zu einer erhöhten Nutzung dieser Ressourcen führen, anstatt den Verbrauch zu senken [1]. Dieses Paradoxon wird auch als Rebound-Effekt bezeichnet. So üben sich die Gesellschaften der entwickelten Welt seit den Ölpreiskrisen der 1970er Jahre im Energiesparen und steigern dennoch Jahr für Jahr ihren Verbrauch. Wenn also Innovation in Verbindung mit mangelnder Technikfolgenabschätzung nicht immer zum Erfolg führt, kann sich gezielte Exnovation, in Form von Reimplementierungen historisch bewährter Technologien, deren langfristige Folgen als realer Befund vorliegen, als vorteilhaft erweisen. Mit diesem Ansatz ist keinesfalls ein „Zurück in die Steinzeit“ gemeint, sondern vielmehr ein möglichst umfassender Evaluationsprozess

mittlerer Technologien auf deren langfristige Effizienzpotenziale. In der bereits in den 1970er Jahren geprägten Idee von „Intermediate Technology“ [2] liegt das Potenzial einer weltweit umsetzbaren Technologiewende.

In unserem baukulturellen Erbe steckt ein Schatz an Erfahrungswissen, der zurzeit weitgehend ungenutzt brach liegt. Für die Generationen vor uns war es ganz selbstverständlich, mit einfachen Mitteln dauerhafte Gebäude zu schaffen. Diese Art zu bauen hat sich oft über Jahrhunderte bewährt und wir können daraus lernen. Die erhaltene, nach wie vor bewohnte Bausubstanz stellt eine Auslese dar: Es sind die besten Häuser, es sind diejenigen, die einen harten Evolutionsprozess überstanden haben. Diese hervorragenden Häuser haben einfach lange und gut funktioniert. In den verschiedenen Regionen haben sich aus lokal vorhandenen Baustoffen resiliente Baukonstruktionen und Gebäudetypen entwickelt, welche die Jahrhunderte überdauert haben und gerade deshalb immer noch eine hohe Nutzungsqualität bieten. Die erfolgreiche Wiederbelebung bewährter Baukultur erfordert die Kombination von praktischem und handwerklichem Erfahrungswissen mit den Ergebnissen der Bauforschung. Im Rahmen des Forschungsnetzwerks von ICOMOS Austria werden zurzeit mit diesem Ansatz Zukunftsstrategien entwickelt, die dazu beitragen, die global notwendigen Energie-Einsparungsziele nachhaltig umzusetzen.

Die hier vorgestellten Pilotprojekte wurden von der Abteilung 4 in der Sektion IV des Österreichischen Bundesministeriums für Kunst, Kultur, öffentlichen Dienst und Sport gefördert.

Historische Fensterkonstruktionen

Historische Doppelfenster stehen noch immer in Verwendung, werden aber seit den 1980er Jahren vermehrt durch sogenannte Thermofenster aus Holz, Metall oder Kunststoff ersetzt. Als Hauptargument für den Fenstertausch wird neben der Haltbarkeit der Oberflächenbeschichtung vor allem der hohe Wärmedurchgang bei Doppelfenstern ins Treffen geführt. Dabei werden aber für diese historischen Fenster nicht Messergebnisse am realen Bestand, sondern in einer Norm festgelegte, fiktive Ersatzwerte herangezogen, die allerdings das Zwei- bis Dreifache der Laborwerte der industriell gefertigten Thermofenster betragen. Wie Messungen am realen Bestand zeigten, weisen richtig sanierte Kastenfenster deutlich bessere U-Werte auf als die in den meisten Normen und Simulationsprogrammen definierten $\geq 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kaum diskutiert wird auch die Tatsache, dass die Edelgasfüllungen von Wärmeschutzgläsern bereits nach einigen Jahren beginnen zu diffundieren und die Wärmeverluste durch die Glasflächen dabei zunehmen. Um den tatsächlichen Wärmedurchgang bei Fenstern in situ bestimmen zu können, wurde nun die Entwicklung eines Messverfahrens in Angriff genommen, welches an Ort und Stelle am realen Objekt einsetzbar ist [3]. In Gebieten mit ausgeprägtem

DIE KUNST DES DÄMMENS



»Dämmt besser. Denkt weiter.«

Winter- und Sommerklima ergeben sich im Jahresverlauf sehr unterschiedliche Anforderungen an die Gebäudehülle. Zurzeit versucht man diese durch technische Klimatisierungslösungen auszugleichen. Alternativ ließe sich dieser Ausgleich auch durch eine jahreszeitlich wechselnde Adaption der Gebäudehülle erreichen. Fensterkonstruktionen wurden bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts in der kühlen Jahreszeit mit einem zusätzlichen Flügel gegen Energieverluste, in der warmen Jahreszeit hingegen mit Jalousien gegen übermäßige Sonneneinstrahlung und zur verbesserten Lüftung ausgestattet. Die Transformation dieses Ansatzes für moderne Gebäude bietet ein interessantes Forschungsfeld mit Zukunftspotenzial.



2
Torfmoos getrocknet – früher wurde es als Abdichtung eingesetzt, © Idam



3
Steinmauern bieten in heißen Sommern ein angenehm kühles Raumklima, © Idam

Torfmoos (Sphagnum) im Bauwesen

Für den Einbau von Fenstern in die Wandkonstruktionen wird gegenwärtig in erster Linie Polyurethanschaum verwendet. Die Herstellung und vor allen Dingen die Entsorgung dieses Produktes sind vom ökologischen Standpunkt aus betrachtet problematisch. Um eine ökologisch verträgliche Alternative zu entwickeln, wurden Untersuchungen über den historischen Einsatz von Moosen in gut erhaltenen Konstruktionen angestellt. Im Baustofflabor konnten valide technische Kennwerte von Torfmoos ermittelt werden, die den gängigen synthetischen Produkten wenigstens gleichwertig sind. Nach wie vor funktionsfähige Torfmoosabdichtungen aus

der Mitte des 18. Jahrhunderts sind dokumentiert. Torfmoose wachsen auf Feuchtwiesen sowie Hochmooren und sind als wichtigster Torfbilder für das Wachstum eines Hochmoores ausschlaggebend. Diese Sphagnen sind in historischer Zeit aus lokalen, naturnahen Mooren entnommen worden, während gegenwärtig die nachhaltige Gewinnung dieses Rohstoffes erforscht wird. Aktuell wird Torfmoos zur ökologischen Nutzung von Feuchtwiesen und zur langfristigen Speicherung von CO₂ kultiviert. In sogenannten Paludikulturen kann dieser nachwachsende Rohstoff umweltverträglich in großem Umfang geerntet werden. Bisher erfolgt die Weiterverarbeitung lediglich zu Kompost, während durch die Verwendung von Torfmoos als Dichtungsmaterial eine höherwertige, stoffliche Verwendung möglich ist [4].

Torfmoos kann auch eingesetzt werden, um Dämmstoffe in Platten- und Mattenform herzustellen. Deren physikalisch-mechanischen Eigenschaften sind mit jenen herkömmlicher Dämmstoffe vergleichbar. Die Moosmatten wiesen sehr günstige Eigenschaften für Hohlraumdämmungen auf, wobei die Wärmeleitfähigkeit bei einer Dichte von ca. 50 kg/m³ ein Minimum von 0,04 W/mK erreicht. Interessant ist, dass das Moos aufgrund seines Zellbaus (Hyalinzellen) über eine hohe Hygroskopizität verfügt und damit in einem Baustoffverbund temporär anfallende Feuchtigkeit (z. B. Kondensat) sehr schnell aufnimmt und diese bei trockenem Umgebungsklima wieder abgibt. Damit kann bei entsprechender Gestaltung der Baukonstruktion, insbesondere richtiger Positionierung des Torfmoosdämmstoffes, gesundes Wohnklima und Schadvermeidung in der Konstruktion vereint werden. Bei Aufnahme von Feuchtigkeit quillt Torfmoos zusätzlich auf und regelt somit den Dichtheitsgrad einer Fuge in Abhängigkeit des Umgebungsklimas [5].

Aktuelle Forschungsanstrengungen konzentrieren sich auf den Einsatz ökologischer Klebstoffe zur Bindung von Torfmoos-Presskörpern. Hierbei sind vor allem Glutin- und Tannin-basierte Leime erfolgversprechend. Tannin, welches aus gerbstoffreichen Baumrinden gewonnen wird, verbessert neben seiner Klebwirkung die Schädlingresistenz und Brandbeständigkeit von Torfmoosdämmstoffen. Es zeigt sich, dass man durch geschickte Kombination von Naturstoffen neuartige Baumaterialien entwickeln kann, die sich nicht nur durch eine vorteilhafte CO₂-Bilanz, sondern auch durch hervorragende bautechnische Eigenschaften auszeichnen [6].

Massives Mauerwerk

Massives Mauerwerk aus Stein oder Ziegel war über Jahrtausende der universelle Wandbildner. Es vereint je nach Mauerwerksverbund die Vorteile der Nutzung regional vorkommender Rohstoffe, eines quasi-duktilen Verhaltens und hoher thermischer Speichermasse. Aus der Kombination von lokal vorhandenem Steinmaterial und dem traditionellen Bindemittel Kalk können dauerhafte

Mauern mit einem maßvollen ökologischen Fußabdruck errichtet werden [7]. Im Gegensatz zu Zement bindet Kalk in seinem Aushärtungsprozess dauerhaft atmosphärisches CO₂. Wurden Steinmauern noch bis vor wenigen Jahren in erster Linie im Winter als zu kalt wahrgenommen, bieten sie nun in den immer heißeren Sommern ein angenehm kühles Raumklima ganz ohne energieintensive Kühltechnik. Dabei verschieben sich ganz einfach, ohne weiteres Zutun, die thermischen Tagesspitzen durch die Trägheit der Speichermasse in die kühlen Nachtstunden.

Infrarotbeschattung

Alternative Gebäudekühlsysteme, die selbstregulierend und ohne Betriebsenergieeinsatz funktionieren, weisen erhebliches Zukunftspotenzial auf.

Wie erste Versuche im Dachboden eines denkmalgeschützten Gebäudes im August 2020 gezeigt haben, können mit leichten, im Dachraum applizierten Membranen durchaus wirkungsvolle Kühleffekte erzielt werden. Im konkreten Fall wurde die Energieabstrahlung der erhitzten Dachhaut nach innen hin

„abgeschattet“ [8]. Mit dem Begriff „Beschattung“ ist hier das Abschirmen der unsichtbaren Infrarot-Strahlung der solar aufgeheizten Dachhaut gemeint. Daher sind Infrarotbeschattungen auch in unbelichteten Dachräumen wirkungsvoll. Als Schirmelemente kamen beim ersten Versuch Membranen in Gestalt von brandfesten Stoffbahnen zum Einsatz. Dabei konnten Kühleffekte an den abgeschatteten Oberflächen (im Vergleich zur Bestand-Dachhaut) bis zu mehr als 15 K messtechnisch nachgewiesen werden. Es erscheint daher als zielführend, die Infrarotbeschattung von Dachräumen weiter zu verfolgen.

Der physikalische Wirkungsmechanismus, der hinter diesem, auf den ersten Blick überraschenden, Ergebnis steht, kann mit der „Stefan-Boltzmann-Beziehung“ erklärt werden. Demnach nimmt die Wärme-Strahlungsleistung eines Körpers proportional zur vierten Potenz (sic!) seiner absoluten Temperatur zu. Wird aber der heißen Dachhaut nun innenseitig eine kühlere Fläche vorgelagert, kann nun umgekehrt die Wärmeabstrahlung nach innen ebenfalls exponentiell reduziert werden.

Um diese Wirkung aufrechtzuerhalten beziehungsweise weiter zu steigern, sollte die vorgelagerte Fläche dauerhaft kühl gehalten werden, was sich bei der geringen

TRM PFAHLSYSTEME

Das Pfahlsystem.

Einfach. Sicher. Schnell.
www.trm.at

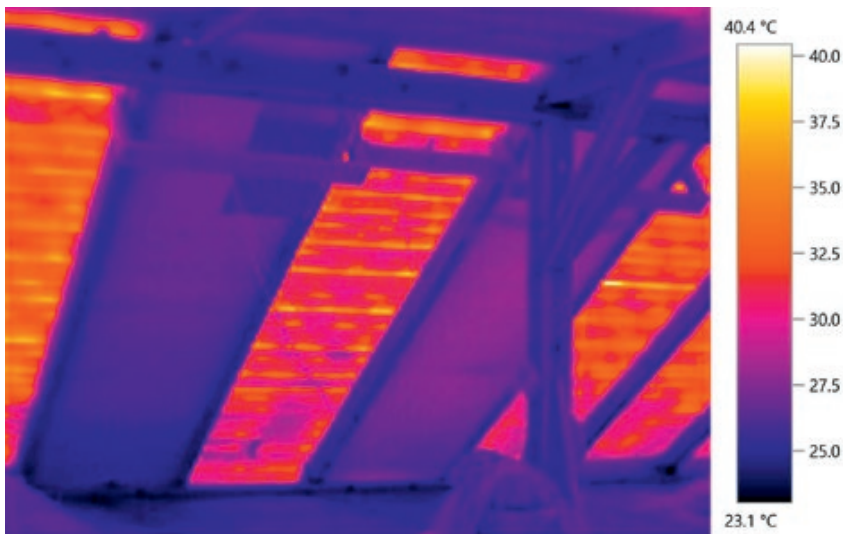


Masse ultraleichter Unterdachelemente als durchaus möglich gezeigt hat.

In zwei auf diesen ersten Erkenntnissen aufbauenden Pilotprojekten werden einerseits das Material der Schirmelemente und andererseits wirtschaftlich und ökologisch praktikable Kühlmethode evaluiert. Als Kühlmedium rücken dabei natürlich vorgekühlte Luftströmungen, die aus einem Luftbrunnen stammen oder als Windströmung ins Gebäude geführt werden, in den Fokus der im Sommer 2021 angelaufenen Untersuchungen.

Der erste Schritt dazu ist die Entwicklung eines Versuchsdesigns zur validen Bewertung von ultraleichten Unterdachelementen. Dabei kommen leichte Materialien, wie etwa dünnes Sperrholz oder Membranen in Gestalt von brandfesten Stoffbahnen infrage. Es wird zu klären sein, welchen Einfluss verschiedene Materialien, deren Gewicht und die Kombination verschiedener Materiallayer besitzen. Die ultraleichten Unterdachelemente müssen jedenfalls brandfest, einfach zu montieren und im Bedarfsfall auch wieder leicht abnehmbar sein.

Die Ergebnisse der Pilotprojekte werden in einem Fachperiodikum publiziert und damit in weiterer Folge auch auf andere Gebäude übertragbar sein. Mit der Infrarotbeschattung kann eine einfache, effektive und wirtschaftliche Verbesserung der thermischen Qualität von Dachräumen wertvoller historischer Gebäude erreicht werden, ohne dabei in deren Substanz, statisches Gefüge und äußeres Erscheinungsbild einzugreifen. Mit der Infrarotbeschattung werden tägliche zyklische Temperaturschwankungen der Obergeschoßdecken und die schädlichen Auswirkungen auf darunterliegende Ausstattungen der Architekturoberflächen deutlich minimiert.



Simple Smart Buildings

Die Wissensvermittlung zu „Simple Smart Buildings“ erfolgt an der TU-Wien im Rahmen der Vorlesungsreihe „historic smart“ sowie an der Universität für Angewandte Kunst im Rahmen des „Raums für Nachhaltigkeit“ und fließt auch laufend in den Unterricht des Restaurierungszweigs an der höheren technischen Bundeslehranstalt in Hallstatt ein. Um niederschwellig auch breitere Kreise der Bevölkerung anzusprechen, wurde darüber hinaus ein spezifisches Podcast-Format entwickelt, in dem wöchentlich ein neuer Aspekt des Themas „Simple Smart Buildings“ vorgestellt wird [9].



QR-Code

<https://podcasted3e6b.podigee.io>

Resümee

Auch in Krisenzeiten wird gebaut, aber anders als in Zeiten des Überflusses gilt es nun wohlüberlegt mit unseren Ressourcen umzugehen. Die weltweit laufenden klimatischen Veränderungen und die wirtschaftlichen Folgen der Covid-19-Krise erfordern die Entwicklung einfacher, resilienterer, vor allen Dingen aber kostengünstiger Bautechniken, Gebäudetypen und Gebäudebetriebssysteme. Unser baukulturelles Erbe repräsentiert die beste und dauerhafteste „Intermediate Technology“ [2], in der nicht nur das Potenzial für einen Paradigmenwechsel in den Industriegesellschaften steckt. Im Gegensatz zu kurzlebigen und teuren Hightech-Systemen sind „Simple Smart Buildings“ auf Basis mittlerer Technologien auch für breite Kreise der Weltbevölkerung realisierbar.

4

Pilotprojekte mit Infrarotbeschattung: IR-Beschattung OSB (li), Folie (re), © Kain

Literaturverzeichnis

- [1] Jevons, W.S.: The Coal Question, Macmillan and Co, London 1866.
- [2] Schumacher, E.F.: Small is Beautiful: (A Study of) Economics as if People Mattered, Vintage, London 1973.
- [3] Kain, G.; Gschwandtner, F.; Idam, F.: Der Wärmedurchgang bei Doppelfenstern – Konzept zur in-situ Bewertung historischer Konstruktionen, in: Bauphysik 39(2), 144 – 147, 2017.
- [4] Kain, G.; Idam, F.; Tonini, S.; Wimmer, A.: Torfmoos (Sphagnum) – historisches Erfahrungswissen und neue Einsatzmöglichkeiten für ein Naturprodukt, in: Bauphysik 41(4), 199 – 201, 2019.
- [5] Kain, G.; Morandini, M.; Stamminger, A.; et al.: Production and Physical-Mechanical Characterization of Peat Moss (Sphagnum) Insulation Panels, Materials 14, 6601, 2021.
- [6] Morandini, M.; Kain, G.; Eckardt, J.; et al.: Physical-Mechanical Properties of Peat Moss (Sphagnum) Insulation Panels with bio-based Adhesives, Materials, submitted.
- [7] Idam, F.; Kain, G.: Historische Bautechniken für Wildbachverbauten im Salzkammergut, Göttingen 2020.
- [8] Kain, G.; Idam, F.; Huber, A.; et al.: Mitigating Harmful Effects of Climate Warming on Ceiling Paintings by Ceiling Insulation: An Evaluation Using Timed IR Imaging and Numeric Modelling, Sustainability 14(1), 308, 2022.
- [9] Simple Smart Buildings: <https://podcasted3e6b.podigee.io>.



Dr. Alfons Huber,
Restaurator am Kunst-
historischen Museum i.R.
„Citizen Scientist“ nachhaltiger
Gebäudekonditionierung.
alfons-huber@aon.at



**Dipl.-Ing. (FH) Dipl.-Ing.
Dr. Günther Kain,**
Lehrender an der FH Salzburg
und HTBLA Hallstatt,
Bauphysiker, Sachverständiger
für Bau-, Möbel- u. Kunst-
tischlerarbeiten.
guenther.kain@aon.at



Dipl.-Ing. Dr. Friedrich Idam,
Lehrender an der HTBLA
Hallstatt, Mitglied des Denk-
malbeirates beim BDA,
Sachverständiger für Denkmal-
pflege und Bauphysik.
idam@gmx.at

Energie aus der Fassade

StoVentec Photovoltaics Inlay:
das ästhetisch anspruchs-
volle System für regenera-
tive Fassadenlösungen.

Aus Liebe zum Bauen.
Bewusst bauen.



NEU!
ab 04/2022

Die vorgehängte, hinterlüftete Fassade mit gerahmten Photo- voltaikmodulen.

Vorgehängte hinterlüftete Fassadensysteme verbinden anspruchsvolle Architektur mit den Anforderungen der Bauphysik. Mit der Integration von Photovoltaik ist es Sto gelungen, eine funktionale Fassade zu entwickeln, eine funktionale Fassade zu entwickeln. Sto unterstützt mit diesem System, im Sinne des Europäischen Green Deals, den Übergang zu modernen, ressourcenschonenden und wirtschaftlichen Gebäuden.

