

bauphysiktagung2016



Peter Kautsch (Hg.)
Institut für Hochbau

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar

Tagungsband zur Bauphysiktagung 2016
am 27. Oktober 2016 an der Technischen Universität Graz / Österreich

Herausgeber:
Univ.-Prof. DDr. Peter Kautsch
Professur für Hochbau und Bauphysik
Technische Universität Graz
<http://www.ihb.tugraz.at>

Layout & Satz: Ramona Winkler BSc, Cover: plusminus design®
Titelbild: © Institut für Hochbau, TU Graz, Herwig Hengsberger,
Heiko Tischler, Jakob Waldhör
Printed by TU Graz / *Printservice*, Cover: Medienfabrik Graz GmbH

© 2016 Verlag der Technischen Universität Graz
<http://www.ub.tugraz.at/Verlag>

ISBN (Print) 978-3-85125-495-2
ISBN (eBook) 978-3-85125-496-9
DOI 10.3217/978-3-85125-495-2



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz.
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

bauphysiktagung 2016

Institut für Hochbau
Technische Universität Graz
Peter Kautsch (Hg.)

27. Oktober 2016

Vorwort

Geschätzte Tagungsteilnehmerin!

Geschätzter Tagungsteilnehmer!

Da die Bauphysik nicht nur die Phänomene in den Bauteilen selbst und im Inneren von Räumen beschreibt, sondern zunehmend auch die Umgebung von Bauwerken und deren städtischem Verbund umfasst, starten wir diese Tagung mit der Bauphysik urbaner Oberflächen z.B. unter dem energetischen und schalltechnischen Aspekt, um uns in der Folge in den akustischen Herausforderungen zu vertiefen. Wieweit bauphysikalische Erkenntnisse die Qualität im geförderten Wohnbau erhöhen und sichern, wird im anschließenden Referat erörtert. In den Gebäuden und Städten der Gegenwart und Zukunft hält der technische Ausbau im eigentlichen Sinn, aber auch im Sinne des Monitorings und der Digitalisierung zunehmend Einzug, sodass auch diesen Themen breiter Raum eingeräumt wurde. Simulationstechnische Betrachtungen zum Hangwassermanagement bei Starkregenereignissen runden den Exkurs in Bauphysikaffine Bereiche ab.

Wiewohl die Chancen und Grenzen von Innendämmungen stets zu bedenken sind, stellen diese oft eine Alternative zu außenliegenden Wärmedämmungen dar, die jedoch unter lastabtragenden Gründungsplatten besonderen Anforderungen ausgesetzt und noch intensiv zu erforschen sind. In Kürze wird das Memorandum der ständigen Konferenz der Professoren für Bauphysik und Technischer Ausbau veröffentlicht, wonach sich die Bauphysik und der Technische Ausbau in den letzten Jahrzehnten zu einem festen und belangreichen Bestandteil bei der Ausbildung von Architekten und Bauingenieuren entwickelt haben. Sie leisten einen entscheidenden Beitrag zum Wohlbefinden des Menschen in der gebauten Umwelt und zum nachhaltigen Bauen bzw. sind die Anforderungen bei der Planung, Errichtung und vor allem auch bei der Nutzung von Gebäuden gegenüber früher gewaltig gestiegen. Somit „Bauphysik quo vadis – im Spannungsfeld von Tradition und Forschung“ und in diesem Sinne eine spannende Bauphysiktagung 2016.

Peter Kautsch

App zur Bauphysiktagung 2016
<https://goo.gl/AkMqLY>



Inhaltsverzeichnis

Bauphysik Urbaner Oberflächen	7
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Philip Leistner	
50 Hz ! Aktuelle Herausforderungen und Lösungsansätze im Schallschutz	19
Dipl.-Ing. Heinz Ferk	
Technik, Bauphyik, Ökologie und Qualitätssicherung im geförderten steirischen Wohnbau	29
OBR Dipl.-Ing. Johann Tatzl / Dipl.-Ing. MPA Robert Jansche	
Gebäude- und Freiflächen-situierte thermische Solarsysteme und Langzeitspeicher in der Stadt der Zukunft	47
Dr. Christian Holter	
Jedem Gebäude seine Rechnik - Entwicklungstrends zum Haus der Zukunft	57
Univ.-Prof. DI Dr. techn. Michael Monsberger	
Wehe wenn das Wasser kommt - Hangwassermanagement und Starkregenereignisse	73
BM Dipl.-Ing. Hans Starl	
Präventive Konservierung historischer Gebäude mittels zerstörungsfreiem Bauteilmonitoring	85
Univ.-Prof. DI Dr.-Ing. Markus Krüger	
Digitalisierung im Bauwesen - Bedrohung oder Chance?	97
Univ.-Prof. DI Dr.techn. Ulrich Walder	
Lastabtragende Wärmedämmschichten unter Gründungsplatten	109
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Nabil A. Fouad	
Diffusionsoffene Innendämmung für den Wärme- und Schallschutz - Chancen und Grenzen	123
Univ.-Prof. DDr. Peter Kautsch / BM Dipl.-Ing. Hans Hafellner	
Bauphysik quo vadis - im Spannungsfeld von Tradition und Forschung	139
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Klaus Sedlbauer	

BAUPHYSIK URBANER OBERFLÄCHEN

Eine Forschungsinitiative für nachhaltige Lebens- und Umweltqualität in Städten

Prof. Dr.-Ing. Philip Leistner
Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart
Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Stuttgart



Zu den wesentlichen transformativen Handlungsfeldern der Städte gehören ihre baulich-räumliche Gestalt und die urbane Flächennutzung. Sie sind für eine nachhaltige Entwicklung sowohl neuer als auch reifer Städte und Stadtquartiere von besonderer Bedeutung, da sie die Lebens- und Umweltqualität, die Identität und Eigenart sowie die Teilhabe in der kommunalen Gesellschaft maßgeblich beeinflussen. Zugleich bestehen untrennbare Wechselbeziehungen von Nutzung und Gestaltung urbaner Flächen mit anderen Handlungsfeldern, wie der Ressourcen- und Energieeffizienz, der Klimaresilienz sowie der Mobilität und Produktivität städtischer Strukturen.

Im Verbund von kommunalen und wissenschaftlichen Einrichtungen, von Stadtplanern und -entwicklern, von Bauunternehmen und Baustoffherstellern greift die Forschungsinitiative BAUPHYSIK URBANER OBERFLÄCHEN diese Wirkungen und Wechselwirkungen auf. Ihre Zielsetzung umfasst die ganzheitliche Erschließung, technologische Erweiterung und praxistaugliche Erprobung des bauphysikalischen Wirkpotentials urbaner Oberflächen. Die meisten Siedlungs-, Verkehrs- und vor allem Gebäudeoberflächen sind bislang auf die möglichst dauerhafte Erfüllung einzelner Zwecke ausgerichtet. Sie bieten aber für die Bilanzräume Quartier und Stadt einen deutlich größeren Gestaltungsspielraum und damit Handlungsoptionen im Sinne von Funktionalität und Adaptivität, von Qualität und Effizienz. Diese Forschungsinitiative, ihr Hintergrund und ausgewählte Ergebnisse werden im Beitrag vorgestellt.

Forschungsbedarf

Die Herausforderungen der urbanen Systeme sind zwar nicht in allen Städten gleichermaßen ausgeprägt, die Betroffenheit der elementaren urbanen Strukturen ist aber überall vorzufinden, ob Metropole oder Kleinstadt, ob wachsende oder schrumpfende Stadt. Dazu zählen auch die chronischen und akuten Folgen der Klimaveränderung auf lokaler Ebene, wie z.B. Wassermangel oder Überflutung, ungewöhnlich heiße und kalte Wetterlagen, Hitzeinseln und Dunstglocken, mit direkten und mittelbaren Konsequenzen. Mit dem Ziel der Nachhaltigkeit geht es bei der Reaktion und Transformation der Städte um die Balance von 3 Dimensionen [1]:

die Erhaltung oder Erhöhung der (lokalen) Lebens- und Umweltqualität, die Förderung von Identität und Diversität sowie die Sicherstellung von Teilhabe in der kommunalen Gesellschaft. Natürlich unterscheidet sich der Handlungsbedarf zur Reaktion oder Transformation zwischen den Städten. Deren heutiger Stand ist maßgeblich geprägt von historischen Ereignissen und Entscheidungen, von zeitweiliger ökonomischer und ökologischer Ausrichtung. Wesentliche Handlungsfelder der Städte bleiben jedoch und lassen sich übertragen. Dazu zählen die baulich-räumliche Gestalt der Städte und die urbane Flächennutzung. Beide spielen für die nachhaltige Stadtentwicklung eine besondere Rolle. Die europäischen Städte und Kommunen sind z.B. mehrheitlich durch einen hohen Reifegrad (Städte, Stadtquartiere) gekennzeichnet, so dass die Innenentwicklung im Vordergrund steht, wie etwa die Nachverdichtung und Mischnutzung.

Technologische Impulse haben die Nutzung und Gestaltung urbaner Flächen bislang nur teilweise belebt oder beeinflusst, obwohl konkrete, untrennbare Wechselbeziehungen mit anderen transformativen Handlungsfeldern bestehen, wie der Ressourcen- und Energieeffizienz, der Klimaresilienz sowie der Mobilität und Produktivität städtischer Strukturen. Gründe dafür liegen in den begrenzten Handlungsmöglichkeiten der Städte und Kommunen, z.B. infolge verteilter Zuständigkeiten, strapazierter Haushalte und unzureichender Ressourcen. Die meisten urbanen Oberflächen sind bislang auf die möglichst dauerhafte Erfüllung einzelner Zwecke ausgerichtet, wie Benutzbarkeit, Beständigkeit und Sicherheit sowie auf Ästhetik und (Bau-) Kultur. Sie bieten aber einen deutlich größeren Gestaltungsspielraum und damit Handlungsoptionen im Sinne von Funktionalität, Qualität und Adaptivität. Diesen Spielraum gilt es durch einen wachsenden Fundus an Wissen und Lösungsansätzen zu erweitern. Zugleich stecken enorme stoffliche, energetische und wirtschaftliche Ressourcen in der baulich-räumlichen Struktur und in den urbanen Oberflächen von Städten, die letztlich von allen urbanen Stakeholdern finanziert und getragen werden. Die Schwierigkeit der „Doppelrolle“ von Nutzer und (Mit-) Eigentümer wird im Alltag vielfach offenkundig. Sie ist eng mit der Anfälligkeit und Unbeständigkeit urbaner Oberflächen verbunden, bei langfristiger Betrachtung, aber auch bei kurzzeitigen, extremen (Witterungs-) Ereignissen. Die bauphysikalische Gestaltung urbaner (Ober-) Flächen richtet sich also auch auf die Gewährleistung von Resilienz der Stadtstrukturen in mehrfacher Hinsicht.

Ein hoher funktionaler Wirkungsgrad urbaner Oberflächen fördert schließlich die Gesamtbalance von ökonomischen, ökologischen und sozialen Erfordernissen mit den individuellen Bedürfnissen. Im Bilanzraum Stadt ermöglicht er Konsens statt Konflikt, Koinzidenz statt Kollision. Die (ökonomische, ökologische und soziale) Akzeptanz der Stadtgesellschaft steigt, wenn Tradition und Innovation im Einklang stehen, wenn Investitionen, Regeln und Anreize zu einem nachvollziehbaren,

spürbaren Nutzen führen. Die bauphysikalische Gestaltung urbaner Oberflächen muss daher einerseits alle Wirkungsebenen auf Menschen und Stadt einbeziehen. Andererseits sind technologische Brücken (akute Problem- und Konfliktlösungen) und Brückentechnologien (mittelfristige Übergangsszenarien) gefragt, die sich idealerweise als innovative, exportfähige Technologien von einer leistungsfähigen Wirtschaft aufgreifen lassen (Abbildung 1).



Abbildung 1
Urbane Oberflächen stehen in untrennbaren Wechselbeziehungen zu anderen transformativen Handlungsfeldern der Städte, wie z.B. der Ressourcen- und Energieeffizienz, der Klimaresilienz sowie der Mobilität und Produktivität.

Lösungsbedarf

Der Umfang und auch die Heterogenität des Wissenstandes zu den global auftretenden Herausforderungen urbaner Räume sind sehr umfangreich. Der Handlungszwang geht daraus klar hervor und sowohl systemische als auch konkrete Handlungsebenen sind erkennbar [1,2]. Im lokalen Maßstab werden die Aufgaben und auch der Wissensfundus spezifischer. Er hält Vorschläge bereit, wie effizient sowie zugleich wirtschaftlich und sozial auf spezifische Folgen der Klimaänderungen reagiert werden kann [3,4,5], z.B. auf die gestiegene Dynamik von Witterungserscheinungen (Wasser, Schnee, Temperatur), aber auch auf indirekte Konsequenzen, wie etwa Modifikationen der urbanen Biodiversität. Neben diesen Reaktionen werden Konzepte und Lösungen beschrieben, um Ressourcen zu schonen, Emissionen zu vermeiden und um die natürlichen Lebensgrundlagen zu erhalten. Die Dichte dieses mit vielen Publikationen und Praxisbeispielen belegbaren Standes der Technik verringert sich jedoch, wenn konkrete Handlungsoptionen zur baulich-räumlichen Gestalt von Städten und zur urbanen Flächennutzung gesucht werden. Wird schließlich der Systemgedanke zu urbanen Oberflächen noch erweitert, etwa um Aspekte der urbanen Sicherheit (Katastrophen- und Brandschutz, Evakuierungsstrukturen), der Betrachtung von (Tele-) Kommunikationssystemen sowie der visuellen und akustischen Lebens- und Umweltqualität, ist kein nutzbarer Wissensstand bekannt.

Für einen kurzen, genaueren Blick auf den Stand der Technik sei der Ansatz hydroaktiver urbaner Oberflächen zur Reaktion auf Überflutung und Überhitzung [6] beispielhaft herausgegriffen. Durch hohe Versiegelungsanteile [7,8] fließen Niederschläge nahezu vollständig und ohne Zeitverzögerung ab, so dass bei Starkregen die urbane

Entwässerung überlastet ist. Mit der gleichen Ursache (Versiegelung) steht in Trockenzeiten kaum Wasser zur Verdunstung zur Verfügung. Der Verdunstungsprozess birgt jedoch ein erhebliches Potential zur Abmilderung sommerlicher Hitze, die durch urbane Strukturen (Flächen, Gestalt), durch Bauwerke und Luftverschmutzung in der bodennahen Grenzschicht verstärkt wird. Empfehlenswerte (Gegen-) Maßnahmen sind z.B. Fassaden mit hohem solaren Reflexionsgrad, Gründächer [9,10] und bei Verkehrsflächen drainagefähige Pflastersteine. Anwendungen und damit auch Effekte sind die Ausnahme, da praktische Hürden auftreten. Oberflächen verschmutzen oder setzen sich zu [11] und Gründächer sind mitunter zu schwer und pflegeintensiv. Die Probleme betreffen auch die Biodiversität und weitere Bereiche, wie z.B. die Ausbreitung von Schädlingen aus anderen Klimazonen oder biogene Ablagerungen an Gebäuden [12]. Bislang werden sie lediglich als Schaden eingestuft, obwohl sogar ein Potential zur Verringerung von Luftschadstoffen [13] bestünde. Auch im lichttechnischen Bereich besteht Nachholbedarf, da aufgrund fehlender kombinierter Materialdaten selbst die Simulationsprogramme Wärme oder Licht bislang nur getrennt behandeln. Letztlich beeinflussen reflektierende urbane Oberflächen auch die akustische Situation in Städten [14]. Lärm ist zwar keine Folge von Klimaänderungen, aber direkt mit der urbanen Lebens- und Umweltqualität verbunden. Teure Lärmschutzmaßnahmen [15] ließen sich also einsparen.

Die Zielsetzung umfasst daher die ganzheitliche Erschließung, technologische Erweiterung und praxistaugliche Erprobung des bauphysikalischen Wirkpotentials urbaner Oberflächen. Zur Vermeidung von und Resilienz gegenüber Klimaänderungen stehen die klimatische, hygrothermische und lufthygienische Wirksamkeit urbaner Oberflächen im Vordergrund. Zur Steigerung von Flächeneffizienz und sozialer Akzeptanz werden visuelle und akustische Qualität integriert. Von der Ausweitung dieses Gestaltungsspielraums profitieren Beteiligte und Betroffene kommunaler Steuerung, Planung und Gestaltung in mehrfacher Hinsicht:

Langfristige Leitbilder und Konzepte der Stadtentwicklung lassen sich mit Bezug auf die bauphysikalische Funktionalität urbaner Oberflächen um Handlungs- und Lösungsoptionen aktualisieren und ergänzen. Dies betrifft sowohl die Entschärfung von Brennpunkten als auch die Reduzierung von Dauerbelastungen. Die mit neuen Technologien erreichte Erhöhung des bauphysikalischen Wirkungsgrades urbaner Oberflächen ermöglicht eine höhere Lebens- und Umweltqualität in Städten, verbunden mit einer nachhaltigen Steigerung von Ressourceneffizienz und Klimaresilienz. Beides muss sich natürlich nicht nur planen, sondern auch quantifizieren und bilanzieren sowie in Partizipationsprozessen verständlich kommunizieren lassen. Schließlich bieten neue technologische Impulse Anknüpfungspunkte für lokale und regionale Unternehmen, die Entwicklung und Herstellung neuer Produkte mit erweiterter bauphysikalischer Funktionalität aufzugreifen.

Urbanes bauphysikalisches Flächenmanagement

Das funktionale Flächenmanagement urbaner Materialien, Oberflächen und (Stadt-) Bauteile beruht auf vielfachen Verknüpfungen zwischen urbanen Ansprüchen, Flächentypen und bauphysikalischem Wirkpotential (Abbildung 2). Natürlich ließe sich z.B. die Typologie auch anders vornehmen. Wichtiger scheint aber, dass zwischen den Ansprüchen, Typen und Funktionen Wechselbeziehungen bestehen.

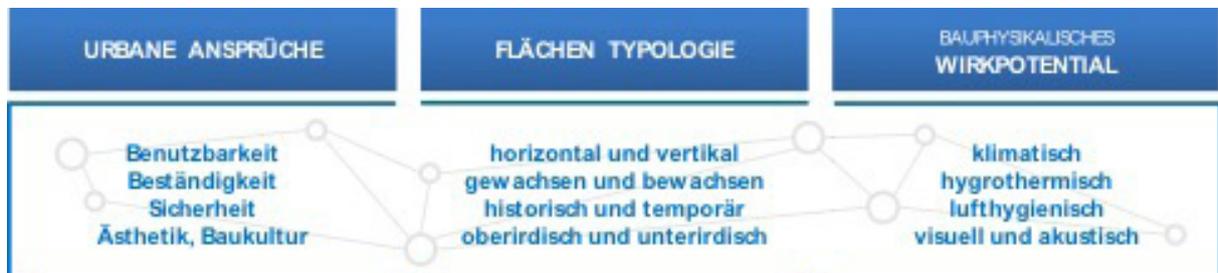


Abbildung 2 Urbanes bauphysikalisches Flächenmanagement

Im Mittelpunkt der Forschungsinitiative steht die Funktionalisierung, also z.B. mehr (horizontale) Flächensysteme mit hygrischer Speicherkapazität auszustatten, um zeitweilig Oberflächenwasser aufzunehmen oder bei Sommerhitze zu kühlen. Für diese Funktionen kommen viele Verkehrs- und Dachflächen in Frage. In einer systemischen Gesamtbilanz müssen also unterschiedliche urbane Funktionsflächen und -bauteile kombinierbar und bewertbar sein, z.B. Gebäudefassaden und Parkraumflächen, Ober- und Unterseiten von Brücken.

Eine Reihe von Einflüssen und Wechselwirkungen ist zwar unmittelbar mit urbanen Oberflächen verbunden, geht aber über bauphysikalische Teilbereiche hinaus, z.B. der unbändige Kommunikationsbedarf im urbanen Raum. Für eine ubiquitäre Erreichbarkeit wird die Funkdurchdringung des urbanen Raums zunehmen und es stellt sich die Frage, ob dies nur mit noch mehr Sendetechnik (an Gebäuden, auf urbanen Oberflächen) und entsprechenden Belastungen im Nahbereich möglich ist oder ob urbane Oberflächen durch diffuse Streuung und gezielte Steuerung dazu beitragen können. Die (zu) vielen Antennen werden vielfach auch als starker Eingriff in das Erscheinungsbild urbaner Oberflächen gewertet.

Schließlich bestehen auch direkte Bezüge zwischen Katastrophen-, Hochwasser- und Brandschutz und der Ausgestaltung urbaner Oberflächen mit klaren materialbedingten Einflüssen. Am Beispiel der vorbeugenden und bekämpfenden Brandschutzmethoden sei z.B. die Quartierbrandlastberechnung und Quartiersevakuierung (urbane Flucht- und Rettungswege, „Safe Rooms and Areas“, zusammenhängende Gebäude, Selbstrettung, ÖPNV) genannt. All diese Teilaspekte müssen zugleich die Stadtgesellschaft (Demographie, Panikverhalten, Barrierefreiheit usw.) einbeziehen. Dabei lässt sich auf bekannte und bewährte bauliche Lösungen zurückgreifen und

deren funktionale Erweiterung vorantreiben, wenn z.B. mit einfacher Zusatzausrüstung von Materialien, Bauteilen und Systemen die Anwendungshürden niedrig und Akzeptanz hoch bleiben. Aus Ansätzen mit hohem Reifegrad ergeben sich einige Startkonfigurationen:

- Materialsysteme, Bauteile und Beschichtungen für Fassaden und Dächer, z.B. hochentwickelte effiziente Elemente für horizontale und vertikale Begrünung sowie WDVS mit integrierter Schallabsorption und Schadstoffreduktion für den urbanen Raum und die Gebäudesanierung,
- Vorhangfassaden mit bauphysikalisch, z.B. photokatalytisch aktiven Beschichtungen,
- Beläge für Verkehrsflächen, Plätze, Gehwege u.a. horizontale Verkehrsflächen, z.B. hydroaktive Oberflächen-Systeme für Bauwerksoberflächen zur Pufferung und Speicherung von Niederschlägen,
- Dauerhafte und temporäre Schutzbauteile, wie z.B. Hochwasserschutz, Lärmschutz für Baustellen und Veranstaltungsbereiche, Cabrio-/Vario-Hüllen für Plätze.

Lösungsansätze mit aus heutiger Sicht größerem Entwicklungs- und Umsetzungsrisiko adressieren bislang nicht erreichbare Funktionen, aber mit hohem bauphysikalischem Wirkpotential. Einige Beispiele:

- Fassaden-Membransysteme mit selektiver Permeabilität (O₂, CO₂, Wasserdampf)
- auf Wind und Thermik adaptierende urbane Durchlüftungssysteme, z.B. vertikale Stadtlüftungsflächen mit PV-Speisung zur Luftaufbereitung,
- Flüster- / Drainagesysteme für Verkehrsflächen, kombiniert mit hohem Rückhaltevermögen,
- thermisch aktivierte Drainage- und Abwassersysteme (Steuerung, Reinigung),
- exsikkative Materialsysteme mit geregelter Trocknungsverhalten,
- botanisch (bionisch, biophil) gestaltete Verwitterungsflächen für Luftreinigung und Verdunstungskälte, z.B. als Retentionsflächen sowie zur Erhöhung der urbanen Artenvielfalt,
- Fassaden als urbane Licht-Flächen, z.B. mit oberflächennah implantierten Partikeln.

Zu diesen funktionalen Erweiterungen stellen sich natürlich noch essentielle Fragen hinsichtlich Praktikabilität und urbanem Wirkungsradius, die beantwortet werden müssen.

Eine solche Ausgangssituation ist auch für die akustische Stadtgestaltung [16] zu konstatieren, um ein Beispiel herauszugreifen. Es gilt als weitgehend unbehandelt, obwohl gerade unser Gehör überall und ständig gefordert ist. Akustische Stadtgestaltung

ist also spürbar. Dabei ist das Hören genauso betroffen, wie physiologische Funktionen und das psychosoziale Wohlbefinden. In Städten mit hoher Personendichte und Reizüberflutung besteht akustisch eine Überlastungsgefahr der menschlichen Informationskapazität. Als Reaktion darauf wird die Aufnahme von Informationen aus der Umgebung reduziert, Signale werden zunehmend übersehen oder nicht mehr verarbeitet. Dies wird als eine mögliche Erklärung dafür angesehen, dass auch die Bereitschaft zu prosozialem Verhalten in Städten weniger stark ausgeprägt ist. Akustische Stadtgestaltung bedeutet aber nicht nur den kostenintensiven Umgang mit einem Horrorszenario, auch wenn Lärm und schlechte Umgebungsakustik zu den Alltagserfahrungen vieler Menschen gehören. Die Betroffenheit ist nicht gleich verteilt und eine lärmkritische Haltung sollte nicht über eine verbreitete Unbedarftheit beim eigenen Umgang mit der hörbaren Umwelt hinwegtäuschen. Tatsächlich ändert sich mitunter die Priorität der akustischen Bewertung, auch in Abhängigkeit anderer sozialer, ökonomischer und ökologischer Themen. Daraus resultiert ein Bedarf an Gestaltungsmöglichkeiten, insbesondere wenn die Fassaden als vertikale urbane Oberflächen [17] einbezogen werden.

Fassaden und Akustik im urbanen Raum

Die akustische Funktionalität von Fassaden wird bislang meist in einer Richtung betrachtet: von außen nach innen. Die umgekehrte Blickrichtung, also die Funktionalisierung und Wirkung von Fassaden auf den urbanen Raum ist derzeit noch ungewohnt, obwohl Parallelen und Synergieeffekte durch den Einklang der Merkmale offenkundig bestehen. Das Potential von Fassaden, akustisch nicht nur als Barriere zwischen urbanem und innerem Raum, sondern als ein Steuerungs- und Gestaltungselement für beide Seiten zu fungieren, ist jedenfalls beachtlich.

Beim „inneren Wert“ der Fassaden steht an erster Stelle die Schalldämmung von außen nach innen, gelegentlich auch umgekehrt. Erfahrungsgemäß sind heute die Flächenbauteile problemlos in der Lage, auch hohe Schalldämmwerte zu erreichen. Als nach wie vor kritisch in punkto Schallschutzwirkung erweisen sich alle Arten von Fugen, Anschlüssen und Durchdringungen, z.B. Lüftungsöffnungen. Während der Schutz gegen Außengeräusche maßgeblich vom Standort des Gebäudes und dessen Orientierung bestimmt wird, gilt diese Abhängigkeit für die Schall-Längsdämmung zwischen benachbarten Räumen im Gebäude nicht. Die Fassade als flankierendes Bauteil, ob in horizontaler oder vertikaler Richtung, entscheidet in vielen Fällen über den resultierenden Schallschutz zwischen den Räumen. Ein zunehmend wichtiger Schallschutzaspekt ist die Geräuschenstehung von motorisierten Lüftungs- und Verschattungssystemen und dergleichen. Dabei handelt es sich meist nicht um ohrenbetäubenden Lärm, die entstehenden Schallpegel sind mitunter sogar akzeptabel und die Nutzer schätzen ein hörbares Feedback. Die spektrale und zeitliche Charakteristik der Geräusche ist jedoch für die Nutzer störend. Neben diesen

auf Ruhe hinter der Fassade ausgerichteten Ansprüchen steht immer wieder auch die akustische Anforderung buchstäblich im Raum, dass die beträchtliche Fassadenfläche mit schallabsorbierenden Flächen zur Innenraumakustik beiträgt. Natürlich kann und soll die Fassade das resultierende Defizit in puncto Nachhall nicht allein kompensieren, aber ein Beitrag wäre bereits hilfreich.

Die Hörwahrnehmung von Fassaden im urbanen Kontext wird einerseits auf ihr Schall reflektierendes Verhalten bezogen. Nicht nur in ausgeprägten Straßenschluchten verstärken die harten Gebäudeoberflächen alle Schallereignisse in unmittelbarer Nähe der Quellen und tragen sie weit in das urbane Umfeld. Natürlich wird auch die abschirmende Wirkung von Gebäuden gern zur Kenntnis genommen. Sie beeinflusst sowohl die Nachfrage als auch die Orientierung von Raumnutzungen.

Vor einer Erweiterung und Vertiefung dieser Überlegungen ist jedoch die Frage zu beantworten, ob es sich lohnt und ein Bedarf oder gar Bedürfnis besteht. Warum sollten gerade die Fassaden mehr und gezielt zur akustischen Stadtgestaltung herangezogen werden? Aus einer Reihe möglicher Antworten sollen hier zwei herausgegriffen werden. Erstens führt die unverändert hohe Anziehungskraft der Städte zu einer steigenden Beanspruchung der urbanen Systeme und Strukturen. Nach schwer zu revidierenden historischen Entscheidungen in der Stadt- und Verkehrsplanung sind heute die Folgen der demographischen Entwicklung, des unbändigen Mobilitätsbedarfs und der aktuellen Trends zur Nachverdichtung und Mischnutzung in Städten zu spüren, und zwar auch deutlich hörbar. Zweitens hat sich der allgegenwärtige urbane Lärm zu einem zentralen Faktor der empfundenen und tatsächlichen Umwelt- und Lebensqualität entwickelt. Natürlich kann die akustische Funktionalisierung von Fassaden diese Probleme nicht im Alleingang lösen. Aber auch hier gilt: Jede Hilfe ist willkommen, wenn sie nachweislich und wirtschaftlich zur Verbesserung der akustischen Gesamtbilanz beiträgt. Um den Nachweis und die Wirtschaftlichkeit akustischer Fassadenfunktionen für den urbanen Raum aufzugreifen, ist eine systematische Betrachtung der erste Schritt. Die praktisch relevanten akustischen Kategorien lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Schallerzeugung und Schallabstrahlung**

Es mag nicht als erstrangiges Problem erscheinen, aber dennoch gehen heute von Fassaden beträchtliche und vor allem völlig überflüssige Geräusche aus. Ein Beispiel sind großflächige Lüftungsöffnungen, meist erkennbar an den Wetterschutzgittern. Von der verbrauchten Luft einmal abgesehen tragen diese Geräusche zur urbanen Lärmexposition bei, obwohl sie sich technisch minimieren oder sogar vermeiden ließen. Beispiel Nummer zwei sind Sonnenschutzsysteme, deren Bewegungsgeräusche sowohl im Raum hinter der Fassade als auch im urbanen Umfeld stören können. Beispiel drei betrifft die Windgeräusche von Fassadenelementen, ob funktional oder rein gestalterisch provoziert. Messungen im Windkanal zeigen, dass selbst bei

mäßigem bis frischem Wind die Geräuschpegel 80 bis 90 dB(A) erreichen.

- **Schallschirmung und Schallbeugung**

Diese beiden Begriffe sind wesentlich für die bereits genannte abschirmende Wirkung von Gebäuden im urbanen Umfeld. Auf den ersten Blick werden sie von der Art und Oberfläche der Fassaden nicht beeinflusst, da vielmehr Topologie und Geometrie die Effekte bestimmen und sie daher bei der Stadtplanung Bedeutung haben. Auf den zweiten Blick bieten sich jedoch Möglichkeiten der gezielten Einflussnahme. Strukturierte Fassaden bis hin zu Balkonen und dergleichen können sich zumindest auf die vertikale Schallausbreitung positiv auswirken. Darüber hinaus lassen sich Erfahrungen und Bemühungen mit Lärmschutzwänden übertragen, bei denen die spezielle Gestaltung der oberen Beugungskante akustisch durchaus gewinnbringend genutzt werden kann.

- **Schallreflexion und Schallstreuung**

In einem unlösbaren Gesamtzusammenhang mit Schirmung und Beugung stehen in urbanen Gebäudekonstellationen die Reflexion und Streuung an den Fassadenoberflächen. Gemeinsam tragen sie zur Verstärkung und Verteilung des Schalls bis in den „letzten Winkel“ bei. Im Gegenzug besteht jedoch eine große Vielfalt an Elementen, Strukturen und auch urbanem Gestaltungsspielraum, um den Schall bewusst in weniger empfindliche Bereiche zu lenken, auch wenn er sich damit nicht aufhalten oder schlucken lässt.

- **Schallabsorption**

Die echte Reduzierung von Schallenergie ermöglicht einzig die Absorption oder Dissipation von Schallwellen, wenn sie auf entsprechende Oberflächen treffen. Materialien, Schichten und Strukturen sowie auch Öffnungen und Lücken bieten hierfür zahlreiche Möglichkeiten, ohne eine neue Fassade erfinden zu müssen. Nahezu alle Fassadentypen können funktional auf- oder umgerüstet werden, um durchaus hohe Schallabsorptionsgrade zu erreichen. Mit maximal 50 mm dicken Schichten aus offenporösen Stoffen ist dies machbar. Mit unterschiedlichen Beschichtungen und Abdeckungen versehen, sind sie eine wirksame und zumeist auch wirtschaftliche Wahl. Auch mit Plattenwerkstoffen aller Art kombiniert eröffnen sich viele Gestaltungsvarianten. Darüber hinaus sind mikroperforierte Flächengebilde Alternativen, die ohne poröses Material auskommen und durch Wabenstrukturen stabilisiert werden.

Urbane Wirkung Schall absorbierender Fassaden

Ausgehend von einer soliden Absorptionswirkung von Fassaden kann deren Wirkung auf das urbane Umfeld berechnet und bewertet werden. Die heute verfügbaren, vielfach validierten und standardisierten Berechnungswerkzeuge sind dafür zwar noch nicht in allen Belangen ausgestattet, können aber dennoch gute und belastbare

Anhaltspunkte liefern. Das Potential lässt sich beispielhaft quantifizieren. Abbildung 3 zeigt eine Bebauungssituation mit parallel zur Quelle (Autobahn) ausgerichteten Gebäuden, flankiert von dazu senkrecht positionierten Gebäuden. Dadurch ergeben sich „kanalartige“ Zwischenräume, deren „Bedämpfung“ eine deutliche Änderung der Schallausbreitung in das Gebiet verspricht.



Abbildung 3
Gebäudeensemble (blau markiert)
in unmittelbarer Nähe zu einer
Autobahn als Lärmquelle (rot
markiert) mit dazwischen liegendem,
bewachsenem Lärmschutzwall

Die standardisierten frequenzabhängigen Berechnungen erfolgten nach dem Stand der Technik und die Geometrie (Topologie) beruhte auf realen, im Detail etwas vereinfachten Daten. Die Fassaden wurden rechnerisch mit schallabsorbierendem Material „belegt“. Die Ergebnisse in Abbildung 4 ermöglichen den Vergleich von schwacher Absorptionwirkung, also z.B. einem normalen Außenputz, und hoch absorbierendem Material.

Die Pegelunterschiede sind klar erkennbar und betreffen nicht nur einzelne Punkte sondern beachtliche Bereiche des Gebietes. In diesen Bereichen ließe sich übrigens über eine Reduzierung der Schalldämmung der Fassaden nachdenken, sozusagen als Anreiz.

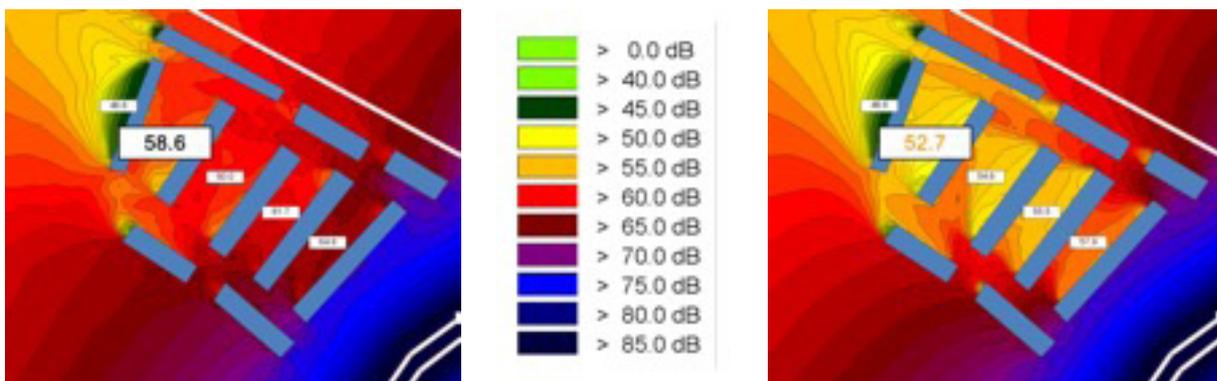


Abbildung 4 Schallimmissionsberechnung für die Situation in Bild 3 mit gering (links) und hoch (rechts) Schall absorbierenden Fassaden der Gebäude. Die Einzahlwerte in den Karten sind Schallpegel an ausgewählten Punkten.

Die Pegelminderung um ca. 6 dB ist zweifellos ein Wort und auf andere Art keineswegs leicht zu erreichen, weder im innerstädtischen Umfeld noch in Verdichtungsräumen. Die Verringerung von Verkehrsaufkommen und Geschwindigkeit sowie leise Fahrbahnbeläge können Beiträge liefern, sind aber weder allseits beliebt noch kostenlos. Um künftig akustische Umgebungseinflüsse in allen, also auch in den urbanen Lebensräumen zu erkennen, zu bewerten und geeignet zu behandeln, ist es ratsam, nicht einzelne Aspekte oder Lebensräume hervorzuheben. Eine nachhaltige Gesamtbilanz muss im Vordergrund stehen, bei der auch akustisch wirksame Fassaden ein bislang vernachlässigtes Gestaltungselement repräsentieren.

Zwischenfazit

Nach diesem Ausflug in die vielversprechenden Optionen der Stadtakustik sei der Blick wieder auf die ganzheitliche Betrachtung urbaner Flächennutzung und -gestaltung geweitet. Ausgangspunkt der hier vorgestellten fach- und interessensübergreifenden Forschungsinitiative ist die Zusammenführung aller Aspekte und Akteure mit Bezügen zur bauphysikalischen Funktionalisierung urbaner Oberflächen. Deren Eigentümer und Nutzer stammen aus allen Teilen der Stadtgesellschaft, so dass die kommunalen Herausforderungen und Ansprüche analysiert und in konkrete Anforderungen an stadtbauphysikalische Merkmale urbaner Oberflächen transformiert werden müssen. Der Abgleich von vorhandenen und neuen Technologieangeboten mündet in ein Portfolio innovativer Planungs- und Gestaltungslösungen. Sie fokussieren auf ein funktionales Flächenmanagement urbaner Materialien, Oberflächen und (Stadt-) Bauteile. Die Entwicklung integraler Prozesse und Instrumente zur Fachplanung und kommunalen Partizipation ist damit unmittelbar verknüpft. Der Tauglichkeitsnachweis der Entwicklungsergebnisse und ihre skalierbare Demonstration reichen bis hin zum Reallabor-Maßstab. Als verwertbare Resultate liegen konkrete (Re-) Aktionsfelder und validierte Szenarien zur stadtbauphysikalischen Entwicklung und Gestaltung vor. Der Transfer des übertragbaren Wissens adressiert kommunale Entscheidungs- und Handlungsträger, Prozessbeteiligte und -betroffene, Unternehmen und explizit auch die Aus- und Weiterbildung. Mit diesem Zwischenfazit soll der Beitrag den Charakter einer konkreten Perspektive erhalten, eine Art Angebot zur Kooperation darstellen. Daher sei der letzte Satz der ausdrücklichen Einladung gewidmet, an der Forschungsinitiative mitzuwirken.

Literaturverzeichnis

[1] WBGU - Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2016): Der Umzug der Menschheit: Die transformative Kraft der Städte. Zusammenfassung. Berlin: WBGU.

- [2] Baratra, M., Ligeti, E., De Simone, G., Dickinson, T., Jack, D., Penney, J., Rahman, M., Zimmerman, R. (2011): Climate Change and human health in cities. In: Rosenzweig, C., Solecki, W.D., Hammer, S.A., Mehrotra, S., (Hrsg.): Climate Change and Cities: First Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network. Cambridge University Press, U.K.: 179-213.
- [3] Santamouris, M.: Energy and Climate in the Urban Built Environment. London: James and James, 2001.
- [4] Matzarakis, A.: Die thermische Komponente des Stadtklimas. Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg. Nr. 6, Freiburg 2001.
- [5] Kuttler, W. et al.: Prognose- und Diagnoseverfahren zur Verbesserung des Stadtklimas – Stadtklimatische Untersuchungen in Oberhausen und Simulation verschiedener Minderungsstrategien zur Reduktion der thermischen Belastung im Hinblick auf den Klimawandel. Dynaklim-Publikation, No.25 2012.
- [6] Blake, R., Grimm, A., Ichinose, T., Horton, R., Gaffin, S., Jiong, S., Bader, L.D., Cecil, D.: Urban climate: Processes, trends, and projections. In: Rosenzweig, C., Solecki, W.D., Hammer, S.A., Mehrotra, S., (Hrsg.): Climate Change and Cities: First Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network. Cambridge University Press, U.K.: 43-81.
- [7] Städtebauliche Klimafibel – Hinweise für die Bauleitplanung, Herausgeber Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg und Amt für Umweltschutz der Stadt Stuttgart, 2012.
- [8] Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung – Strategien und Maßnahmen zum Regenwassermanagement gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte, Herausgeber Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung Bonn, 2015.
- [9] Rowe, D.B. (2011): Green roofs as a means of pollution abatement. Environmental Pollution 159: 2100-2110.
- [10] Getter, Kristin L.; Rowe, D. Bradley; Robertson, G. Philip; Cregg, Bert M.; Andresen, Jeffrey A. (2009-08-25). „Carbon Sequestration Potential of Extensive Green Roofs“. Environmental Science & Technology 43 (19): 7564-570.
- [11] Borgwardt, S.; Gerlach, A.; Köhler, M.: Versickerung auf befestigten Verkehrsflächen; Herausgeber SF-Kooperation, Bremen, 2. Auflage Juni 1996.
- [12] Hofbauer, W. (2007): Aerophytische Organismen an Bauteiloberflächen, Dissertation, Universität Innsbruck (Austria).
- [13] Saiz-Jimenez, C. (1997): Biodeterioration vs Biodegradation: the Role of Microorganisms in the Removal of Pollutants Deposited on Historic Buildings. International Biodeterioration & Biodegradation 40(2-4): 225-232.
- [14] Popp, C.: Städtebauliche Elemente zur Reduzierung des Lärms in urbanen Räumen. Tagungsband AKUSTISCHE STADTGESTALTUNG, Stuttgart 2015.
- [15] Giering, K.: Werte und Kosten - Monetäre Bewertung von Lärm. Tagungsband AKUSTISCHE STADTGESTALTUNG, Stuttgart 2015.
- [16] Leistner, P.: Akustik-Potential urbaner Oberflächen. Tagungsband AKUSTISCHE STADTGESTALTUNG, Stuttgart 2015.
- [17] Leistner, P.: Fassaden und Akustik im urbanen Raum. Tagungsband FASSADE16, Augsburg 2016.

50 Hz !

Aktuelle Herausforderungen und Lösungsansätze im Schallschutz

DI Heinz Ferik

Labor für Bauphysik, Labor für Konstruktiven Ingenieurbau
Technische Universität Graz



50 Hz?

Hertz (Hz) ist eine nach dem deutschen Physiker Heinrich Hertz (1827 – 1914) benannte, abgeleitete SI-Einheit für die Frequenz, und steht in der Akustik für die Anzahl der (periodischen) Schwingungen pro Sekunde. Aber was hat gerade heute die Bauakustik mit 50 Hertz zu tun?



Abb. 1

Heinrich Hertz

Der Mensch kann Schall in einem weiten Frequenzbereich wahrnehmen. Während in der Raumakustik der Bereich der Oktavbänder von 63 Hz bis 8 kHz betrachtet wird, wurde in der Bauakustik nur ein Teil dieses Bereiches in der Vergangenheit als wesentlich für die Beurteilung des Schallschutzes betrachtet. Das Ziel aus bauakustischer Sicht in Gebäuden ist es, geeignete Umgebungsbedingungen für eine gewünschte Nutzung sicher zu stellen. Dies ist auch heute noch Basis für eine der Grundanforderungen der Bauprodukteverordnung „European Construction Products Regulation“ (EU) No 305/2011¹ der Europäischen Kommission. Dort heißt es in den 7 Grundanforderungen unter Punkt 5:

„5. Schallschutz

Das Bauwerk muss derart entworfen und ausgeführt sein, dass der von den Bewohnern oder von in der Nähe befindlichen Personen wahrgenommene Schall auf einem Pegel gehalten wird, der nicht gesundheitsgefährdend ist und bei dem zufrieden stellende Nachtruhe-, Freizeit- und Arbeitsbedingungen sichergestellt sind.“

Ändern sich Randbedingungen, so wird es zur Aufgabe der Bauakustik, Wege zu finden, eine den oben angeführten Forderungen entsprechende Schalldämmung diesen neuen Bedingungen entsprechend zu entwickeln, und eine Aufgabe der Bautechnik, diese umzusetzen.

1 Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates Text von Bedeutung für den EWR

In den vergangenen Jahren hat sich sowohl bei den Bauweisen, aber auch auf Seite der „bauakustischen Last“ vieles geändert. Neue Materialien und Konstruktionen in vielfältigen Kombinationen wurden entwickelt und werden nun neben den in der Vergangenheit verwendeten - meist im Sinne der Rohdichte - schweren Bauweisen häufiger, aber auch in Kombination und hybrid mit diesen angewendet. Auch der Aufbau der Konstruktionen hat sich verändert. So werden zB. Außenwände heute in der Regel dicker und mit vielfältigen Materialien und Anordnungen gedämmt, Innenwände häufig als Ständerwand ausgeführt sowie Fassaden nicht selten mit größeren Verglasungen versehen, als dies früher meist der Fall war.

Es wird zunehmend auch wieder in lauter Umgebung gebaut, „Stadtquartiere“ und Ballungsräume wachsen, unterschiedliche Kulturen und Lebensweisen mischen sich. Aber auch die Menschen sind heute deutlich häufiger, länger und intensiver unterschiedlichen schalltechnischen Belastungen ausgesetzt, sei es durch die Umwelt, oder selbst gewählt zB. über die allgegenwärtigen Mobiltelefone und deren Audio-Fähigkeiten, aber auch zB. den zunehmenden Verkehr. Stress und fehlende „ruhige“ Zeiten tun das übrige, das Ruhebedürfnis in den eigenen vier Wänden steigt. Gleichzeitig aber auch die Individualität, jeder möchte alles und zu jeder Zeit machen können. Auch die Elektronikindustrie hat nachgezogen, Watt-starke Soundsysteme und ungezählte Audio- und Video-Quellen über Satellit und Internet machen Sounderlebnisse in der eigenen Wohnung für jedermann jederzeit zugänglich.

Der Hörbereich des Menschen erstreckt sich mehr oder weniger von etwa 16 Hz bis über 16000 Hz, zumindest bei jungen, ungeschädigten Ohren. Darunter spricht man von Vibrationen, im darüber liegenden Bereich von Ultraschall. Mit dem Alter nimmt dieses „Hörfeld“ ab, ab etwa dem 20. Lebensjahr um 1000 Hz pro Lebensjahrzehnt (Möser, 2007)². Wird das Gehör immer wieder überlastet, ist die Konsequenz eine weitergehende Reduktion des Hörbereiches.

In Abbildung 2 ist der Hörbereich eines Menschen dargestellt. Zu erkennen ist, dass Sprache nur einen Teil des Bereiches nutzt, Musik einen deutlich weitreichenderen Frequenzumfang abdeckt. Die dargestellten Linien gleicher Lautstärke zeigen, dass tiefe Frequenzen insbesondere bei geringen Lautstärken einen deutlich höheren Schallpegel aufweisen müssen, um hörbar zu werden, als Frequenzen im mittleren hörbaren Frequenzbereich.

Beides ist auch in der Bewertung der Schalldämmung von Bauteilen entsprechend berücksichtigt. Um eine praxisnahe Angabe der Schalldämmung eines Bauteils zu ermöglichen, wird dies nicht für jede einzelne Frequenz, auch nicht für einzelne Terz- oder Oktavbänder, sondern in der Regel vereinfacht durch eine Einzahlangabe beschrieben, wie z.B. durch das bewertete Schalldämm-Maß.

2 M. Möser, Technische Akustik; Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2007

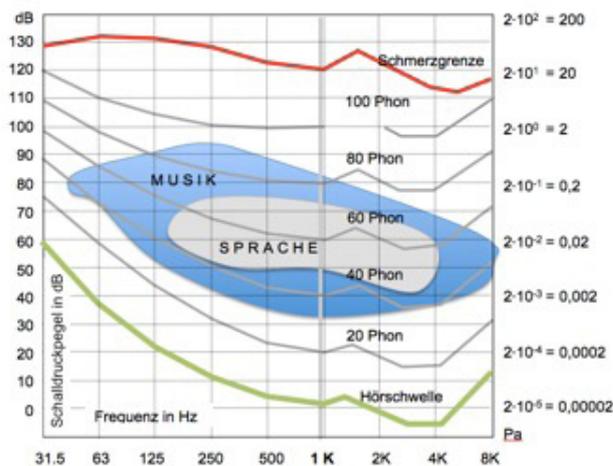


Abbildung 2
Hörbereich des Menschen

Bei der Luftschalldämmung wird der berechnete oder gemessene Verlauf der terzbezogenen Schalldämm-Maße mit dem Verlauf der Schalldämmung über die Frequenz etwa einer Wohnungstrennwand aus 25 cm dickem Vollziegelmauerwerk, beidseitig verputzt, verglichen, die einst als ausreichend für Wohnungstrennwände angesehen wurde. Der Verlauf der Schalldämmung dieser Konstruktion über die Terzbänder mit der Mittenfrequenz von 100 Hz bis 3150 Hz wird, als Bewertungskurve bezeichnet, auch heute noch für den Vergleich mit der zu bewertenden Konstruktion auf Basis der internationalen Norm ISO 717-1 herangezogen³. Ein vergleichbares Verfahren wird dabei auch für die Bewertung der Trittschalldämmung angewendet.

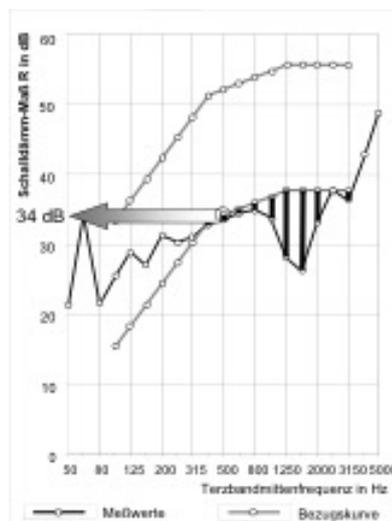


Abbildung 3
Ermittlung der Einzahlangabe: Bewertetes Schalldämm-Maß R_w

Das Verfahren ergibt eine für die Praxis gewünschte Einzahlangabe, bringt aber den Nachteil mit sich, dass viele Informationen zB. über die spektrale Qualität der Schalldämmung verloren gehen.

3 EN ISO 717-1; European Committee for Standardization CEN, Brüssel, 2012



Abbildung 4 Informationsverlust durch eine „Einzahlangabe“, verdeutlicht am Beispiel einer Einzahlangabe „Grauwert“ für ein Foto⁴: Durch die Angabe lediglich eines „Grauwertes“ gehen viele Bildinformationen verloren.

Solange der erhaltene Wert geeignet ist, die zu bewertende Eigenschaft zu beschreiben, sind solche Verfahren dennoch brauchbar, solange der Verlauf der Schalldämmung der bewerteten Konstruktion nicht zu stark von der Bewertungskurve abweicht, und die Schalldämmung im darüber hinaus reichenden Frequenzbereich als ausreichend empfunden wird.

Einbrüche der Schalldämmung in einzelnen Bereichen bei tieferen Terzbändern können aber zur gleichen Einzahlbewertung führen, wie qualitativ gleichwertige Einbrüche bei anderen Frequenzbändern, werden aber vom Hörer völlig anders bewertet werden. Darüber hinaus werden Frequenzen unter 100 Hz derzeit weder mit dem bewerteten Schalldämm-Maß noch anderen, heute verwendeten Deskriptoren, wie der Standard- oder Normschallpegeldifferenz abgebildet.

Um den Informationsgehalt der Einzahlangabe zu vertiefen, wurden daher Spektrum-Anpassungswerte eingeführt. So gibt beispielsweise der Spektrum-Anpassungswert C_{tr} für das Spektrum „städtischer Verkehrslärm“ einen Hinweis darauf, wie gut sich der damit bewertete Bauteil zB. für diese Belastung eignet. Für Außenbauteile zB. darf der Spektrum-Anpassungswert aus dem Terzband-Bereich von 100 Hz – 3150 Hz in Kombination mit dem bewerteten Schalldämm-Maß dieses um nicht mehr als 5 dB abmindern, andernfalls muss der Bauteil ein entsprechend höheres bewertetes Schalldämm-Maß aufweisen⁵. Solche Spektrum- Anpassungswerte können auch für Terzbänder unter 100 Hz errechnet werden, wie zB. $C_{tr, 50-5000}$.

Damit hätte man eine Möglichkeit, die Schalldämmung auch für „tiefere“ Terz-Frequenzbänder anzugeben. In der Praxis zeigen jedoch einzelne Untersuchungen, dass nicht für alle Bauteile damit eine ausreichend befriedigende Korrelation zwischen der Einzahlangabe mit Spektrum-Anpassungswert im erweiterten Frequenzbereich und der tatsächlichen Empfindung gegeben ist, also nicht unter allen Umständen eine höherer Wert eines solchen Deskriptors auch als eine qualitativ bessere Schalldämmung empfunden wird.

4 Bildquelle für das Basisbild: Umweltbundesamt, 2003

5 OIB Richtlinie 5, Österreichisches Institut für Bautechnik, 2015

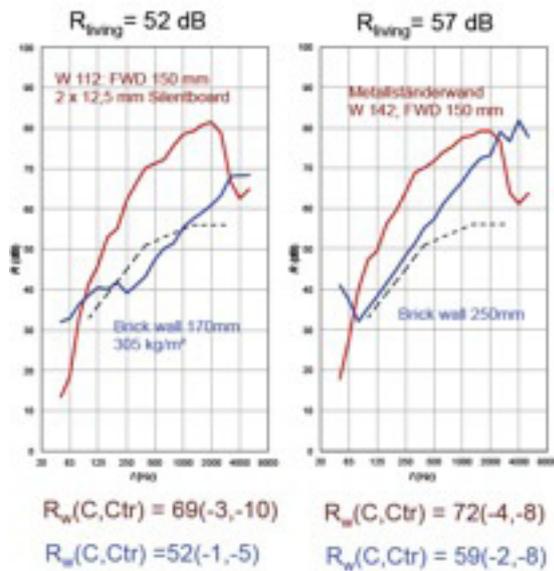


Abbildung 5
Beispiele für Wandkonstruktionen mit gleichem $R_w + C_{tr50-5000}$ ⁶

Die oben dargestellten Wandkonstruktionen weisen völlig unterschiedliche bewertete Schalldämm-Maße auf. Unter Einbeziehung des Spektrum-Anpassungswertes C_{tr} über das erweiterte Frequenzband von 50 Hz bis 5000 Hz würden die Konstruktionen den gleichen Zahlenwert erreichen. Subjektiv werden die Bauteile aber unterschiedlich bewertet. So ist bei Vorhandensein sehr tieffrequenter, basslastiger Musik die Konstruktion mit dem jeweils blauen Verlauf der Schalldämmung überwiegend als positiver bewertet, bei lautem Sprechen jedoch der Konstruktion mit dem jeweils roten Verlauf der Schalldämmung der Vorzug gegeben. Je nach dem, welche Geräusche nun subjektiv als lästiger empfunden werden, oder auch häufiger auftreten, fällt die Bewertung der Konstruktionen in der Praxis dann unterschiedlich aus, obwohl die Einzahlangabe mit Spektrum-Anpassungswert hier keine Unterschiede erkennen lässt.

Eine entsprechende Differenzierung wäre aber eine wesentliche Voraussetzung für eine empfindungsgerechte Bewertung der Schalldämmung von Bauteilen und Konstruktionen. Wie man erkennen kann, ist hier ist noch weiterer Forschungsbedarf gegeben, insbesondere als der Druck steigt, tiefere Frequenzen bei der Bewertung des Schallschutzes geeignet zu berücksichtigen. Insbesondere im Trittschall sind Beschwerden bei tiefen Frequenzen immer wieder gegeben. Studien in Schweden fordern für die dort verwendeten leichten Bauweisen sogar eine Erweiterung des Frequenzbereiches bis auf 20 Hz (Simmons, 2011)⁷

Dabei treten jedoch neben der Thematik der empfindungsgerechten Bewertung der Schalldämmung über möglichst einfache, in der Praxis verwendbare Wertangaben noch zahlreiche weitere Probleme auf.

6 M. Rychtarikova: Listening Tests, Universität Leuven, 2016

7 Simmons, C, Hagberg, K., Backman, E., "Acoustical Performance of Apartment Buildings – Resident's Survey and Field Measurements", AkuLite Report 2, SP Report 2011:58

50 Hz bedeutet, dass die Wellenlänge der damit korrespondierenden Schallwelle bei Normalbedingungen mit einer Schallgeschwindigkeit von 343 m/s bei 50 Hz rund 6,9 m und bei 100 Hz die Hälfte davon, also etwa 3,4 m beträgt. Damit haben wir es hier mit Wellenlängen zu tun, die sich im Bereich der Abmessungen der Bauteile in den betrachteten Räumen und den Raumabmessungen liegen. Bei rechteckigen Räumen mit parallelen Oberflächen kann man die in diesem Frequenzbereich entstehenden „stehenden“ Wellen in der Regel gut mit dem Gehör wahrnehmen, wenn man sich im Raum bewegt. Es kommt zu merkbaren Bereichen mit höherem und solchen mit niedrigerem Schalldruck. Raumvolumen- und -formabhängig entstehen so genannte einzelne Raum-Moden bei den tieferen Frequenzen. Bei den höheren Frequenzen überlagern sich diese Moden, sodass man von einer statistischen Verteilung der vorhandenen Schallenergie ausgehen kann. Für tiefe Frequenzen trifft dies nicht mehr zu, Damit stimmt bei tiefen Frequenzen unter 100 Hz bei den üblichen Raumabmessungen im Wohn- und Bürobau das für übliche Berechnungen und Messungen vorausgesetzte Prinzip der ausreichend gleichmäßig verteilten Energie im Raum nicht mehr, es kommt zu lokalen Maxima und Minima, in der Regel deutlich höheren Pegeln im Kanten- und Eckbereich sowie naturgemäß in unterschiedlichem Ausmaß in der Nähe von Raumbegrenzungsflächen, aber auch, modenabhängig, in einigen Bereichen innerhalb des Raumes. Nur mit deutlich erhöhtem Aufwand lässt sich hier bei Messungen eine mittlere Schallenergiedichte für den Raum ableiten, mit der Problematik, dass der so erhaltene Mittelwert für das subjektive Empfinden an einem diskreten Ort nicht in jedem Fall repräsentativ ist.

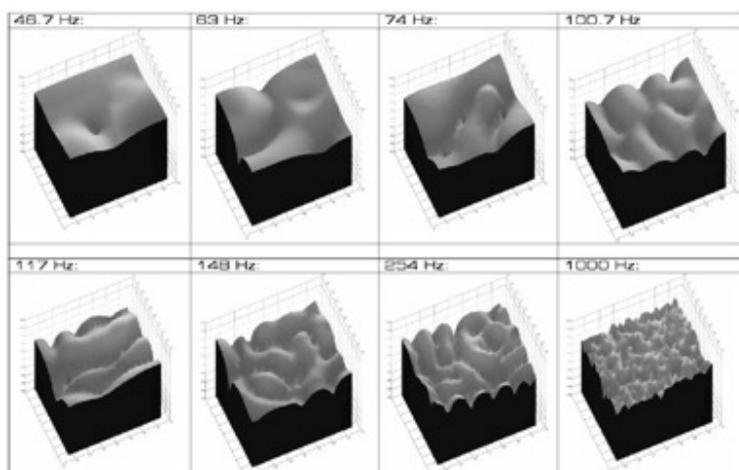


Abbildung 5
Beispiel für
Raummoden

Für die Messung der Schallpegel bei tiefen Frequenzen sind neben der wenig praktikablen Möglichkeit, mit einem engen Mikrofonraster das Raumvolumen abzutasten, insbesondere zwei Methoden herausgearbeitet worden, das Eckverfahren (Hopkins, 2005)⁸ und die Diagonalmessung (Moorhouse, 2006)⁹. Eine weitere

8 Hopkins, C., Turner, P. "Field measurement of airborne sound insulation between rooms with non-diffuse sound fields at low frequencies", Applied Acoustics, Volume 66, 2005

9 Moorhouse, A., Ramadorai, R., „Measurement of the Average Sound Pressure Level in a

Möglichkeit stellt die Messung der Schalldämmung mittels Intensitätsmessverfahren dar. Beim „Eckverfahren“., das mittlerweile auch in die ISO 16832¹⁰ Eingang gefunden hat, werden für die Terzfrequenzbänder 80 Hz, 63 Hz und 50 Hz an mindestens 4 Ecken des Raumes mittels feststehender Mikrofone die entstehenden maximalen Pegel gemessen und ungewichtet energetisch gemittelt. Der mittlere Schalldruckpegel im Raum ergibt sich als bewerteter Mittelwert des mittleren Schalldruckpegels im Raum und dem höchsten zeitlichen Mittelwert im jeweiligen Frequenzband aus einem Raumecken-Messzyklus. Dieses Verfahren wird in EN ISO 18283-1 normgemäß für die Messung tiefer Frequenzen bei Raumvolumina unter 25 m³ vorgegeben. Im Vergleich zum Verfahren nach Moorhouse, in dem mit entlang einer Raumdiagonale angeordneten Mikrofonpositionen gemessen wird, zeigte sich in einer Untersuchung der EMPA (Schoenwald, 2015)¹¹, dass das Standardverfahren der ISO 16283-1, bei dem lediglich der mittlere Raumbereich mit Mikrofonen abgetastet wird, eine Unterschätzung des mittleren Schalldruckpegels im untersuchten Raum von rund 4 dB mit sich bringt. Wird der maximale Schalldruckpegel gemäß dem Eckmessverfahren für kleine Räume nach EN ISO 16283-1 ermittelt, ergibt sich eine gute Übereinstimmung mit dem Ergebnis der Rastermessung, allerdings ergibt sich ein „Sprung“ von 4 dB im untersuchten Fall im Übergang zu höheren Frequenzen über 100 Hz. Die beste Übereinstimmung mit dem über die Rastermessung festgestellten mittleren Schalldruckpegel wurde hier mit der Abtastung über die Diagonale ermittelt.

Ein weiteres Problem bei der Messung stellt die Möblierung dar, welche verfahrensabhängig die Messergebnisse naturgemäß aus verschiedenen Gründen mit beeinflusst, sowohl als Hindernis bei der Messung selbst, als auch qualitativ, was ein weiteres Problemfeld für die künftigen Festlegungen für eine Gütemessung unter Berücksichtigung des tieffrequenten Bereichs insbesondere für die Messung vor Ort aufzeigt.

Ein Ausweg, die bauakustischen Eigenschaften von Bauteilen bei tiefen Frequenzen festzustellen, wäre die Untersuchung solcher Bauteile unter Verwendung großer Raumvolumina. Hier ergibt sich aber die Problematik, dass dann auch die untersuchten Bauteile entsprechend große Abmessungen aufweisen müssen und dadurch sich die Eigenmoden und das dynamische Verhalten der Bauteile von üblichen kleinen Bauteilen, ebenso wie die Energieverteilungen in den Räumen, unterscheiden.

Room at Low Frequency“, Proceedings of ICSV 13, Vienna, Austria, 2006

10 EN ISO 16283-1 „Acoustics -- Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements“ European Committee for Standardization CEN, Brüssel, 2014

11 Schoenwald S: Schallschutz Erweiterung Frequenzbereich auf 50 Hz – EMPA: Erarbeitung einheitlicher Messempfehlungen und Messunsicherheiten; Untersuchungsbericht Nr. 5211.00838, EMPA, Dübendorf, 2015

Eine Hilfestellung bei der Lösung dieser Probleme kann aber auch die Untersuchung durch Simulationsberechnungen am Rechner darstellen. Bei der Berechnung solcher Problemstellungen kommt heute die Kombination von Finite Element Methoden FEM und der Statistical Energy Analysis SEA zur Anwendung. Ein Problem für die Rechenzeit bei FEM stellt einerseits die geometrische Dimension des erforderlichen Modells, als auch die zu berücksichtigende Frequenzauflösung dar, weshalb im Frequenzbereich ab etwa 200 bis 400 Herz, in dem dann für übliche Raumgrößen die kritische Frequenz für den Übergang zum diffusen Schallfeld (Schröder und Kuttruff, 1962)¹² erreicht wird. Darüber stellt dann die Anwendung der SEA Methode das Mittel der Wahl dar, wie dies am Beispiel einer einfachen Platte gut demonstriert werden kann.

Die Ergebnisse solcher simulationsbasierter Messungen sind bei Berücksichtigung der relevanten Randbedingungen und Ansätzen zur Reduktion der Geometrie bereits sehr nahe an der konkreten Messung im Prüfstand.

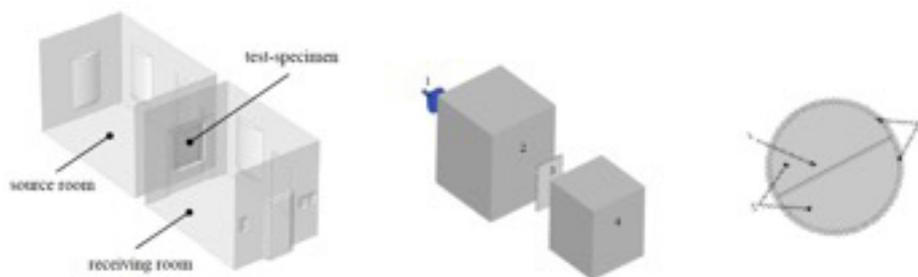


Abbildung 7 links: Modell des Fensterprüfstandes des Labors für Bauphysik der TU Graz, Bild Mitte: SEA Modell der Situation, Bild rechts reduziertes 2D Modell mittels „perfectly matched layer“ zur Reduktion der Geometrischen Bedingungen in der FEM Berechnung¹³.

Der Vergleich der Messung der untersuchten Platte im Fensterprüfstand zeigt bei Berücksichtigung des Nischeneffektes und der Einspannbedingungen eine sehr gute Übereinstimmung mit der kombinierten Simulation.

12 Schroeder M.R., Kuttruff H., On frequency response curves in room, Journal of the Acoustical Society of America 34 (1962) 76-80

13 W. Hauer, B. Buchegger, H. Ferk, P. Kautsch: Numerical Calculation of the Direct Sound Transmission using a combined Finite Element – Statistical Energy Analysis Approach; Bausim 2016, Dresden

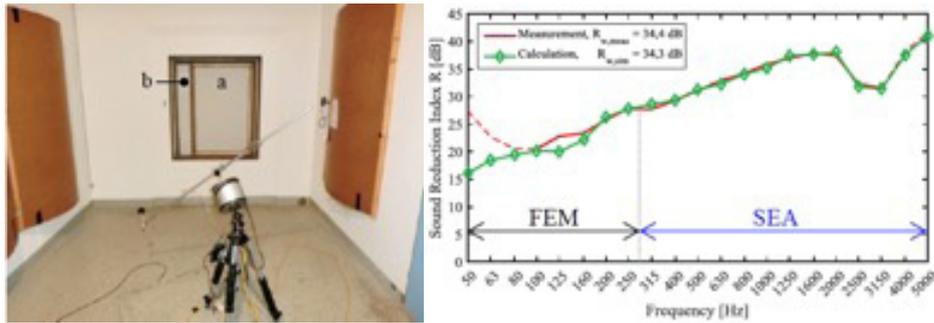


Abbildung 8: Bild links: Darstellung der Mess-Situation im Labor, Bild rechts Vergleich Berechnung und Messung. Die Abweichungen im tiefen Frequenzbereich ergeben sich durch das gewählte Mess-Verfahren.

Komplexer wird die Problematik dann beim Zusammensetzen von Bauteilen zu einer Konstruktion. Während für starr oder entkoppelt verbundene, einfache, homogene Platten sich die Schalltransmission recht gut mit analytischen Methoden berechnen lassen (EN 12354-Serie 2002), sind erst in letzter Zeit Rechenmodelle erarbeitet worden, die eine rechnerische Abschätzung des Verhaltens von Stoßstellen insbesondere bei leichten und nicht-homogenen Materialien sowie nicht-starren Stoßstellen ermöglichen. Auf Basis von Messwerten der Stoßstellendämmung K_{ij} bzw. der Schnellepegeldifferenz D_{vij} kann die Flankenschalldämmung für die einzelnen Energiepfade ermittelt werden und so die Schalldämmung zukünftig rechnerisch abgeschätzt werden. Für die Ausbildung ausreichende Modendichte sind jedoch meist 1:1 Modelle der Stoßstellen erforderlich. Damit ergeben sich in der Regel Prüfaufbauten im Labor, die aus zwei nebeneinander und einem übereinander liegenden Raum bestehen.

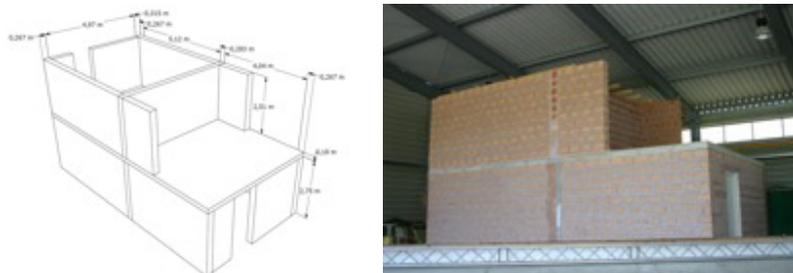


Abbildung 9: Messanordnung für die Messung der Stoßstellendämmung K_{ij} am Beispiel eines neuentwickelten Ziegels am Labor für Bauphysik der TU Graz

Mit der Kenntnis der so gewonnen Parameter können in der Folge praxisnahe Abschätzungen der zu erwartenden Schalldämmung durchgeführt werden. Im Rahmen der zukünftigen Normenreihe EN 12354¹⁴ sowie die noch in Erarbeitung befindliche Normen-Serie ISO 10848 werden die Voraussetzungen erarbeitet, auch für leichte Konstruktionen entsprechende Prognosen in der Bauakustik zu ermöglichen. Mosaiksteine dazu sind viele wissenschaftliche Arbeiten und Dissertationen. So wird

14 prEN ISO 12354 Serie: „Bauakustik Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften“, Europäisches Komitee für Normung CEN, Brüssel, 2016

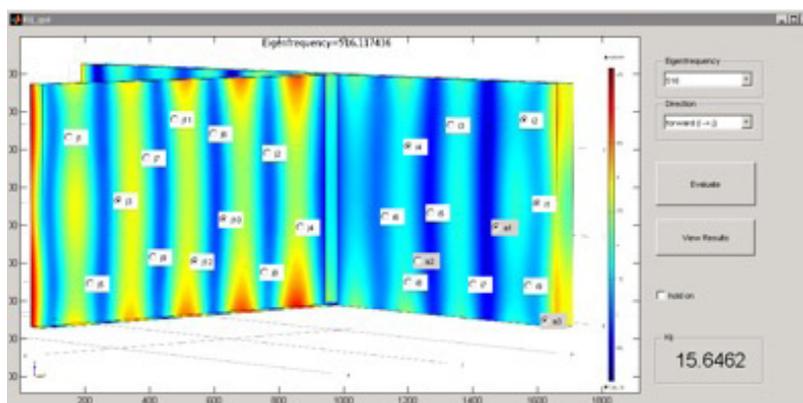


Abbildung 10: Modalanalyse an einem T-Stück des Prüfkörpers als Basis für die Ermittlung der Stoßstellendämmung K_{ij}

am Labor für Bauphysik der TU Graz zB. gerade an der Dissertation „Das akustische Verhalten von Wand und Deckenverbindungen im Massivholzbau“¹⁵ erarbeitet und im Rahmen des europäischen Forschungsprojektes „Silent Timber Built“¹⁶ mit internationalen Forschungspartnern an Wegen für die bauakustische Berechnung von leichten Bauteilkonstruktionen erfolgreich gearbeitet.

Zusammenfassung

Schallschutz wird weltweit und in der Europäischen Union zu einem zunehmend wichtigeren Thematik. Nicht zuletzt mit dem Wachsen der Ballungsräume und der zunehmenden Technologisierung unseres Lebensraumes, aber auch der Schaffung neuer Materialien und Bautechniken steigt der Bedarf an qualitativ guten Abschätzungsverfahren in der Bauakustik über einen erweiterten Frequenzbereich. Im vorliegenden Beitrag werden einige der sich daraus ergebenden Problemstellungen aufgezeigt und beispielhaft dargelegt, welche Anstrengungen zur Lösung anstehender Herausforderungen unternommen werden.

Die Bauakustik bleibt spannend und stellt ein wichtiges Forschungsgebiet auch im Sinne eines gedeihlichen Zusammenlebens in der Europäischen Union, aber auch weltweit dar.

Es bleibt zu wünschen, dass ein Beitrag dazu auch mit der zukünftigen Beschreibung der Schalldämmung im erweiterten Frequenzbereich gelingen mag, einfach und wirkungsvoll.

15 B. Buchegger: Das akustische Verhalten von Wand und Deckenverbindungen im Massivholzbau, Dissertation in Bearbeitung, TU Graz, 2016, gefördert im Rahmen der Initiative Dokin Holz des Bundesministeriums für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft bmwfw gemeinsam mit der Kooperationsplattform Forst-Holz-Papier FHP

16 Silent Timber Built, ERA-NET WoodWisdom Projekt im Rahmen von Horizon 2020; Schweden, Österreich, Frankreich, Norwegen, Deutschland, Schweiz; Gefördert von der Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sowie dem Fachverband der Holzindustrie Österreichs

TECHNIK, BAUPHYSIK, ÖKOLOGIE UND QUALITÄTSSICHERUNG IM GEFÖRDERTEN STEIRISCHEN WOHNBAU

OBR Dipl.-Ing. Johann Tatzl
Dipl.-Ing. MPA Robert Jansche
FA Energie und Wohnbau
Amt der Stmk. Landesregierung



Wohnen ist ein Grundbedürfnis für Menschen. Eigene vier Wände sind für viele der große Wunsch, jedoch stellt die Realisierung meist eine große Herausforderung dar. Die eigenen Vorstellungen sind mit dem verfügbaren Budget in Einklang zu bringen und dabei verschiedenste Interessen und Möglichkeiten in Erwägung zu ziehen und gegeneinander abzuwiegen.

Die steirische Wohnbauförderung hat sich zur Aufgabe gestellt, für die Bevölkerung der Steiermark leistbare Wohnungen in ausreichender Anzahl und bestmöglicher Qualität zu schaffen. Die primären Ziele der Förderung sind

- Bedarfsgerechter Wohnbau
- Leistbarer Wohnbau
- Ökologie und Qualität
- Berücksichtigung der gesellschaftlichen und sozialen Herausforderungen
- Wohnbauförderung als Wirtschaftsfaktor und Konjunkturmotor für die Bauwirtschaft

Ökologisch trägt die Wohnbauförderung wesentlich zum Klimaschutz und zur Einsparung von Treibhausgasen bei, wobei der Wohnhaussanierung eine besondere Bedeutung zukommt. Als raumordnungspolitisches Lenkungsinstrument stützt sie abwanderungsgefährdete Regionen, wirkt der Zersiedelung entgegen, spart wertvolles Bauland und setzt städtebauliche und baukulturelle Akzente.

Ich darf kurz die verschiedenen Förderschienen vorstellen:

Im Neubau gibt es 3 Varianten

Eigenheimförderung:

Hier gibt es nicht rückzahlbare Förderbeiträge in der Höhe von € 10.000,00 für einen Einpersonenhaushalt, bei einem Neubau eines Ein- oder Zweifamilienhauses. Durch besondere Gegebenheiten kann sich dieser Betrag um € 2.000,00 erhöhen bzw. um € 500,00 je weiterer Person.

Wohnbauscheck:

Dies ist die Variante im Neubau, in der Geschosswohnungen von gewerblichen Bauträgern errichtet werden können, wobei der max. Verkaufspreis grundsätzlich € 2.900,00 nicht überschreiten darf. Gefördert werden Erstwerber einer Wohnung (Subjektförderung) mit € 750,00 je m² Nutzfläche als Darlehen, 3 % verzinst. Der Errichter kann für ökologische Maßnahmen Geld lukrieren (€ 5,00 je m² Nutzfläche je Bonuspunkt.)

Geschoßwohnbau:

Dies ist seit jeher der Klassiker, mit dem Politik gemacht wurde, der sehr genau beobachtet wurde, der seinerzeit - bereits im ersten Jahrzehnt des vergangenen Jahrhunderts und natürlich zur Wiederaufbauzeit nach den Kriegen □ half, die große Wohnungsnot zu lindern.

Der geförderte Wohnungsneubau war aber auch immer Ausdruck der sozialen Stimmung, soziologischer Aspekte und heftige tiefgehende Diskussionen waren und sind mit ihm verbunden, die in vielen, heute denkmalgeschützten Objekten, ihren architektonischen Ausdruck fanden. Ich nenne hier nur Schlagworte wie die Frankfurter Küche von Schütte-Lihotzky, Gemeinschaftsbäder, Wasch- und Trockenräume, in jüngster Zeit Kanalschlussverpflichtung, Freiflächengestaltung oder einfach nur Karl-Marx-Hof.



Ebenso wie die vielschichtigen Auseinandersetzungen politischer und sozialer Natur gab es auch vielfältige Arten der Förderung - seit 1989 ist die Wohnbauförderung endgültig Ländersache - waren es seinerzeit 1 % Direktarlehen des Landes, dann rückzahlbare Annuitätenzuschüsse, so sind es seit der Novelle 3/2015 in der Steiermark heute nicht rückzahlbare Förderbeiträge in der Höhe von 2%, basierend auf € 1.600,00 max. förderbarer Kosten, über 30 Jahre hinweg.

Bei der Renovierung von Wohnraum gibt es 2 (3) Schienen:

Die Kleine Sanierung

Deckt hauptsächlich Einzelmaßnahmen ab und wird mit nicht rückzahlbaren Annuitätzuschüssen von 15 % der Kosten (€ 30.000,00, max. € 50.000,00) gefördert.

Die umfassende energetische Sanierung

Wird über die gleiche Schiene gefördert, richtet sich an Sanierungen mit mehreren Maßnahmen und höheren Anforderungen und wird mit nicht rückzahlbaren Annuitätzuschüssen von 30 % bzw. mit einem Förderbeitrag von 15 % gefördert, max. € 30.000,00 bzw. € 50.000,00.

Die umfassende Sanierung

Betrifft, wie schon der Name sagt, umfassende Sanierungen an einem Objekt. Hier sind die Anforderungen - und die Förderung - am höchsten. An Förderung werden nicht rückzahlbare Annuitätzuschüsse im Ausmaß von 45 % gewährt.

Dass die Sanierung von Wohngebäuden im letzten Jahrzehnt ein wesentlich höheres Gewicht erhalten hat ist absolut zu begrüßen, hier nenne ich Schlagworte wie Kyoto-Abkommen, Ressourcenschonung, Nutzung bestehender Infrastruktur, Ortsbildschutz bzw. Grünflächenverbrauch.



Neben diesen bisher genannten Förderungsarten gibt es noch weitere Förderungen wie Assanierung, Maßnahmen für barrierefreie und altengerechte Wohnverhältnisse, Sanierungsoffensive zur Belebung von Ortskernen, Revitalisierung historisch bedeutender Baudenkmäler und die Radonsanierung. Nicht zu vergessen sind weitere umfangreiche Möglichkeiten im Bereich des Umweltlandesfonds wo im Zuge der Ökoförderung

- Biomasseheizungen
- Solarthermische Anlagen
- PV-Anlagen, Lastmanagementsysteme und Elektrische Energiespeicher
- PV-BürgerInnenbeteiligungsmodelle
- Wärmepumpen

- Pumpentausch
- Lastenfahrräder und Falträder
- Heizungsumstellung

gefördert werden.

Dies leitet zum nächsten Punkt meines Referates weiter: Ökologie

Begonnen hat alles vor geraumer Zeit, spruchreif wurde es mit dem Kyoto-Abkommen und der auf österreichischer Ebene erzielten „Vereinbarung gemäß Artikel 15a B-VG zwischen Bund und Ländern über Maßnahmen im Gebäudesektor zum Zweck der Reduktion des Ausstoßes an Treibhausgasen“ im Jahr 2009 bzw. der Erstfassung im Jahr 2006.

Inzwischen hat es zahlreiche Gesetze sowohl auf europäischer als auch auf nationaler Ebene gegeben. Ich spreche hier vor allem die EU-Energieeffizienzrichtlinie aus dem Jahr 2002 bzw. 2010 an, in Österreich das Energieeffizienzgesetz bzw. das Klimaschutzgesetz, welches die Bundeskompetenz auf Grund der 20/20/20 Vorgaben regelt.

Im Anhang zum KSG geht die Zuordnung hervor und zwar wie die 16 % Einsparung der Treibhausgase auf die Sektoren aufgeteilt werden, wobei über die Verantwortlichkeit des Bundes bzw. der Bundesländer keine Einigung erzielt wurde und folglich auch nicht festgehalten wurde.

Jährliche Höchstmengen von Treibhausgasemissionen nach Sektoren
für den Verpflichtungszeitraum 2013 bis 2020 in Millionen Tonnen Kohlenstoffdioxidäquivalent

(berechnet nach den 2006 IPCC-Richtlinien für Nationaler Treibhausgasinventuren) Sektor	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Abfallwirtschaft CRF-Sektoren 1A1a – other fuels; und 6	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7
Energie und Industrie (Nicht-Emissionshandel) CRF-Sektoren 1A1 (abzüglich 1A1a – other fuels), 1A2, 1A3e, 1B, 2A, 2B, 2C, 2D, 2G und 3	7,0	6,9	6,9	6,8	6,7	6,6	6,6	6,5
Fluorierte Gase CRF-Sektoren 2E und 2F	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1

Gebäude CRF-Sektoren 1A4a und 1A4b	10,0	9,7	9,4	9,1	8,8	8,5	8,2	7,9
Landwirtschaft CRF-Sektoren 1A4c und 4	8,0	8,0	8,0	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
Verkehr CRF-Sektoren 1A3a (abzüglich CO ₂), 1A3b, 1A3c, 1A3d und 1A5	22,3	22,3	22,2	22,1	22,0	21,9	21,8	21,7
Gesamtsumme	52,6	52,1	51,5	51,0	50,4	49,9	49,4	48,8

Kyoto war gestern, Paris ist die Zukunft

Auf Grund der 21. Konferenz der Vereinten Nationen über Klimaänderungen in Paris vom Dezember 2015 wurde am 22. April 2016 ein globales Klimaschutzabkommen von 175 Staaten in New York unterzeichnet, welches weit über die bisherigen Ziele hinausgeht.

EU Klima- und Energieziele bis 2020

- Verringerung der **Treibhausgasemissionen** um 20 % gegenüber dem Stand von 1990
- Deckung des Gesamtenergieverbrauchs zu 20 % aus **erneuerbaren Energiequellen**
- Erhöhung der **Energieeffizienz** um 20 %

EU Klima- und Energieziele bis 2030

- Verringerung der **Treibhausgasemissionen** um mindestens 40 % gegenüber dem Stand von 1990
- Deckung des Gesamtenergieverbrauchs zu mindestens 27 % aus **erneuerbaren Energiequellen**
- Erhöhung der **Energieeffizienz** um mindestens 27 %

Daraus lassen sich die nationalstaatlichen Ziele für Österreich wie folgt ableiten:

Österreich Klima- und Energieziele bis 2020

- Verringerung der **Treibhausgasemissionen** um 16% gegenüber dem Stand von 2005 im Nicht-Emissionshandelsbereich
- Deckung des Gesamtenergieverbrauchs zu mindestens 34 % aus **erneuerbaren Energiequellen**
- Erhöhung der **Energieeffizienz** um 20 %

Österreich Klima- und Energieziele bis 2030

- Verringerung der Treibhausgasemissionen bis 2030 um 36% gegenüber dem

Stand von 2005 im Nicht-Emissionshandelsbereich

- Anteil erneuerbarer Energien von mindestens 27 % am Energieverbrauch, wobei die Mitgliedstaaten bei der Festlegung der nationalen Ziele über einen gewissen Spielraum verfügen
- Erhöhung der **Energieeffizienz um mindestens 27 %**

Auf Landesebene gibt es keine übergeordnete gesetzliche Regelung; die Maßnahmen werden in den einzelnen Materiegesetzen festgehalten. Es gibt aber die Energiestrategie 2025 und den Klimaschutzplan 2020/2030 sowie einen Landtagsbeschluss zum Entwerfen eines rechtlichen Rahmens für Klima- und Energiestrategie.

Hier sei noch erwähnt, dass sowohl die Klimaschutzkoordinatorin des Landes, Frau Mag. Andrea Gössinger-Wieser als auch das „ich-tu´s“-Team, eine Beratungs-, Sensibilisierungs- und Mobilisierungsoffensive bei uns in der Landhausgasse 7 beheimatet ist. Nicht zu vergessen das weitere Team um DI Thyr im Referat Energietechnik und Klimaschutz, wo es verschiedene Förderaktionen im Bereich Energie gibt.



Die diversen Zielformulierungen und gesetzlichen Vorgaben bewirken natürlich eine gewisse Handlungsnotwendigkeit um einerseits die Ziele erreichen zu können und andererseits die Forderungen und verbindlichen Maßnahmen in verständlicher Form unbürokratisch „auf die Straße“ zu bringen.

Für den geförderten Wohnbau in der Steiermark wurden bereits im Jahre 2006 die ersten Richtlinien für die ökologische Wohnbauförderung erlassen, nach Aktualisierungen und Systembereinigungen liegen sie heute in der 3. Fassung vor.

Je nach Förderungsart wurden die Ökopunkte festgeschrieben, für die kleine Sanierung bzw. Eigenheime wurden sie recht simpel formuliert, für die „großen“ Förderungen



Richtlinien
für die
ökologische
Wohnbauförderung

Stand 14.04.2015
(mit redaktionellen Änderungen)

Geschossbau, Wohnbauschek, Umfassende Sanierung wesentlich umfangreicher und detaillierter; ebenso die Nachweisführung.

Für die "großen" Förderungen werden die Öko-Punkte in 3 Bereiche gegliedert, wobei für die Umfassende Sanierung nur Öko 3 gilt, dafür aber Öko 5 dazukommen kann.

FA Energie und Wohnbau	Inhaltsverzeichnis	Inhaltsverzeichnis	FA Energie und Wohnbau
		 	
6.3. Zuschläge Zur Förderung.....	4	Inhaltsverzeichnis	
7. Umweltlandesfonds	5	1. Geschößbau	1
7.1. Technische Förderungsvoraussetzungen.....	5	1.1. Technische Förderungsvoraussetzungen.....	1
7.2. Förderungshöhe.....	5	1.2. Förderungshöhe.....	1
8. Anhänge	6	2. Förderung des Ersterwerbes von Eigentumswohnungen (Wohnbauschek)	1
8.1. Anhang 1 – Heizwärmebedarf.....	6	2.1. Technische Förderungsvoraussetzungen.....	1
8.2. Anhang 2 - Luftdichtheitsmessung.....	7	2.2. Förderungshöhe.....	2
8.3. Anhang 3 - Höchstzulässige U-Werte Sanierung Einzelbauteile.....	7	2.3. Zuschläge zur Förderung für Ökologische Maßnahmen.....	2
8.4. Anhang 4 – Thermografische Prüfung.....	8	3. Eigenheim	2
8.5. Anhang 5 – Ökosoziale Kriterien.....	8	3.1. Technische Förderungsvoraussetzungen.....	2
8.6. Anhang 6 - Feuerungsanlagen mit Nawaros.....	15	3.2. Förderungshöhe.....	2
8.7. Anhang 7 - Wärmepumpenheizung.....	16	4. Umfassende Sanierung	2
8.8. Anhang 8 - Dezentrale Wärmeübergabestation.....	19	4.1. Technische Förderungsvoraussetzungen.....	2
8.9. Anhang 9 - Kontrollierte Wohnraumlüftung.....	20	4.2. Förderungshöhe.....	3
8.10. Anhang 10 - Fernwärmeanschluss.....	21	4.3. Zuschläge zur Förderung für Ökologische Maßnahmen.....	3
8.11. Anhang 11 – Solarthermieanlagen.....	21	4.4. Zuschläge zur Förderung für Nachhaltige und Baukulturelle Maßnahmen (Revitalisierung).....	3
8.12. Anhang 12 - Innovative Technologien.....	22	5. Umfassende energetische Sanierung	4
8.13. Anhang 13 - Ökologische Baustoffe.....	24	5.1. Technische Förderungsvoraussetzungen.....	4
8.14. Anhang 14 - Raumplanerische Aspekte.....	24	5.2. Förderungshöhe.....	4
8.15. Anhang 15 - Minimale Bodenversiegelung; Regenwassernutzung.....	24	5.3. Zuschläge zur Förderung.....	4
8.16. Anhang 16 - Fenster/Balkon- und Terrassentüren.....	25	6. Kleine Sanierung	4
8.17. Anhang 17 - Klima aktiv – Haus Zertifikat.....	25	6.1. Technische Förderungsvoraussetzungen.....	4
8.18. Anhang 18 - Bes. Maßn. zur Steigerung einer sanften, emissionsarmen Mobilität.....	25	6.2. Förderungshöhe.....	4
8.19. Anhang 19 – Soziale Aspekte.....	26		
8.20. Anhang 20 – Energiebuchhaltung Online.....	27		
<small>www.wohnbau.steiermark.at</small>	<small>Seite ii</small>	<small>Seite i</small>	<small>www.wohnbau.steiermark.at</small>

Öko 1	Stofffluss	max. 3 Pkt.
Öko 2	OI 3-Index	max. 3 Pkt.
Öko 3	Energie, Innovation und soziale Aspekte	max. 31 Pkt.
Öko 5	nachhaltige und baukulturelle Maßnahmen	max. 10 Pkt.

Die Vorgabe hinsichtlich der HWB-Werte ist ohnehin durch die Artikel 15a B-VG-Vereinbarung geregelt, seit einigen Monaten ist auch das duale System, sprich Gesamtenergieeffizienzfaktor fGEE möglich.

Die Steiermark ist seit vielen Jahren für den hohen Qualitätsstandard im geförderten Wohnbau bekannt. Dies beruht nicht auf strengen Vorgaben, sondern auf die durchgehende, umfangreiche Prüfung der gesetzlichen Vorgaben. Ein ganz wesentlicher Teil dazu ist die Bauphysik, sowohl für die eignungsgerechte Planung, als auch in weiterer Folge für die Qualitätssicherung auf der Baustelle. Ein besonderer Dank gilt hier Prof. Dr. Suntinger-Schrapf, der schon vor drei Jahrzehnten mit großer

Vehemenz ein Vorkämpfer für diesen Qualitätsanspruch war. Wir fordern von den Bauträgern eine vollständige bauphysikalische und hochbaukonstruktive Betrachtung und Durcharbeitung des Bauwerkes. Um eine vollständige Information sicherzustellen, sind folgende Vorlagen notwendig:

- Stammdatenblatt zur Bauphysik (siehe Anhang)
- Baustoffliste für die wesentlichen Bauteile; Angaben über Bauteil, Baustoff, Dicke, Firma, Typ
- Ausführungspläne mit Ersichtlichmachung der vorgelegten bauphysikalischen Details und Konstruktionen sowie Unterscheidung zwischen approbierten Regelbauteilen und nicht geprüften Konstruktionen.
- Liste „Planverzeichnis“ mit Planungstand, Plannummer, Planinhalt, Maßstab
- Liste „Typenblätterübersicht“ über die verwendeten Bauteile
- Typenblätter (WBF 6a) incl. Außenwand (WBF 6f), Fenster/Fenstertüren (WBF 6c), Wohnungseingangstüren
- Heizwärmebedarfsberechnung incl. nachvollziehbarer Flächenaufstellung nach OIB-Verfahren
- Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes gemäß ÖNORM B 8110-3
- Nachweis des Mindestschallschutzes gemäß ÖNORM B 8115-2
- Sondergutachten
- Bauphysikalischer Eignungsnachweis

Über viele Jahre wurden diese Nachweise im Hause geprüft, durch Personaleinsparung und Umstrukturierung werden sie nunmehr stichprobenartig, durch Zufallsgenerator ermittelt, einer Prüfung durch externe Bauphysiker unterzogen.

In weiterer Folge muss das gesamte Konvolut der bauphysikalischen Unterlagen auf der Baustelle aufliegen und den acht Wohnbautechnikern unseres Hauses zugänglich sein.

Im Zuge der Errichtung der geförderten Bauvorhaben- ich spreche hier von Geschoßbau, Umfassende Sanierung, Wohnbauschek- wird die Baustelle ca. vier bis sechs Mal von obgenannten Technikern aufgesucht und die förderungskonforme Herstellung kontrolliert, dies betrifft sowohl die allgemeinen Vorgaben, die planliche Übereinstimmung, natürlich auch die Ausführungsqualitäten. Luftdichtheitsmessungen bei Leichtbauweise, bei Gebäuden mit Lüftungsanlagen sowie bei Passivhäusern und Trittschallmessungen vor der Übergabe sind obligatorisch. Mit Herbst dieses Jahres wird das Projekt Quadoku (Qualitätssicherung und Dokumentation) vollständig umgesetzt, das heißt, dass wir sowohl die Unterlagen als auch die Dokumentation in elektronischer Form zur Verfügung haben, damit die Qualitätssicherung wesentlich verbessert wird.

Zum Abschluss noch einige Zahlen: Im Durchschnitt der letzten sechs Jahre wurden **12.580 Wohnungen pro Jahr** gefördert. Diese teilen sich folgendermaßen auf:

Geschoßbau	1.573
Wohnbauscheck	97
Eigenheim	625
Kleine Sanierung	5.695
Umfassende energetische Sanierung	3.537
Umfassende Sanierung	940
Assanierung	92
Barrierefreies Wohnen	24

Gesamt stehen der Wohnbauförderung in der Steiermark jährlich etwa 400 Millionen Euro zur Verfügung, wobei jedoch nur 38 Millionen operativ verwendbar sind; der Rest wird zur Abdeckung alter Zusicherungen und zum Abzahlen der Forderungsverkäufe verwendet.

2. Teil

Einleitung:

9 Bundesländer mit 9 unterschiedlichen bautechnischen Bestimmungen. Die technischen Bauvorschriften der Länder wiesen zum Teil erhebliche Unterschiede auf. Unterschiedliche technische Anforderungen stellen insbesondere für die Bauwirtschaft und Planer, die über die Bundesländergrenzen hinaus tätig wurden, ein Hemmnis dar und verursachten höhere Produktionskosten und führten auch zu Qualitätsproblemen in der Planung. Das Interesse der Bauwirtschaft an einer Harmonisierung der technischen Bauvorschriften war daher groß. Auch durch den Beitritt zur europäischen Union wurde gerade im Bauwesen eine einheitliche Betrachtungsweise der bauphysikalischen Nachweise innerhalb Österreichs notwendig. Vor allem im Bereich der Energieeffizienz von Gebäuden.

Im Jahr 2000 wurde eine Expertengruppe der Länder mit dem Ziel der Erarbeitung eines Vorschlags zur Harmonisierung der bautechnischen Vorschriften beauftragt. Die Expertengruppe hatte sich dazu des Österreichischen Institutes für Bautechnik (OIB) zu bedienen. Das Ergebnis der Arbeiten mündete in einem Vereinbarungstext zwischen den Bundesländern gemäß Art. 15a Bundes-Verfassungsgesetz über die Harmonisierung bautechnischer Vorschriften und in 6 technischen Richtlinien des OIB. Die Landesamtsdirektorenkonferenz in ihrer Tagung am 05.10.2006 hat im Interesse einer möglichst weitreichenden Harmonisierung der bautechnischen Vorschriften in Österreich den Inhalt der Art. 3 bis 36 der Vereinbarung gemäß Art 15a B-VG über die Harmonisierung bautechnischer Vorschriften in die Landesrechtsordnungen zu übernehmen.

Harmonisierungskonzept (2 Ebenen)



Grafik OIB

Darüber hinaus hat am 29.06.2009 die Steiermärkische Landesregierung die "Energiestrategie Steiermark 2025" beschlossen. Darin ist u. a. auch einen Aktionsplan betreffend der Nutzung der Sonnenenergie vorgesehen. Die Nutzung der Sonnenenergie zur Warmwasserbereitung im Wohnbau ist - bei professioneller Anlagenplanung und -ausführung - im Vergleich zu den meisten anderen Energieträgern bereits heute wirtschaftlich, dennoch aber nicht die Regel. Deshalb haben bereits mehrere EU-Staaten eine verpflichtende Nutzung der Solarenergie eingeführt. Dies soll - in etwas abgeschwächter Form - auch in der Steiermark erfolgen. Die diesbezügliche Regelung, die auch auf Gegebenheiten Rücksicht nimmt, die eine wirtschaftliche Auslegung nicht zulassen, ist im Stmk. Baugesetz § 80 Abs. 6 vorgesehen.

EU-Regelungen: [1], [2], [3], [4]

Mit der Baugesetznovelle LGBl. Nr. 27/2008, welche im Wesentlichen der Umsetzung der Richtlinie 2002/91/EG des europäischen Parlamentes und des Rates vom 16.12.2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden diente, in einem ersten Schritt die Implementierung der diesbezüglichen Regelungen der Harmonisierungsvereinbarung in das Landesbaurecht vorgenommen. In weiterer Folge wurde auch die Nachfolgerichtlinie 2010/31/EU des europäischen Parlamentes und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung), ABl. L 153 vom 18.06.2010, S. 13, umgesetzt mit der Baugesetznovelle LGBl. Nr. 78/2012. Die Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und unter der Berücksichtigung der Richtlinie 2012/27/EU zur Energieeffizienz. In Umsetzung des Art. 13(4) der RED wird nunmehr am Energieausweis auch eine Angabe über das Mindestmaß des erneuerbaren Anteils angeführt. In diesem Anteil wird der erneuerbare Anteil auf Endenergieebene berücksichtigt. Siehe dazu die OIB-Richtlinie 6 - "Energieeinsparung und Wärmeschutz".

Aber auch die Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des europäischen Parlamentes und

des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates stellt einen wesentlichen Punkt für die Bauphysik dar.

Österreichische gemeinsame Regelwerke (OIB-Richtlinien): [5]

Die für den harmonisierten Vollzug der zielorientierten formulierten Anforderungen erforderlichen Richtlinien liegen derzeit in der 3. Ausgabe 2105 vor.

Die Gliederung des Vereinbarungstextes sowie der Richtlinien folgt der Bauproduktenrichtlinie, die folgende sechs wesentliche Anforderungen kennt:

1. Mechanische Festigkeit und Standsicherheit
2. Brandschutz
 - 2.1 Brandschutz bei Betriebsbauten
 - 2.2 Brandschutz bei Garagen, überdachten Stellplätzen und Parkdecks
 - 2.3 Brandschutz bei Gebäuden mit einem Fluchtniveau von mehr als 22 m
3. Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz
4. Nutzungssicherheit (einschließlich Barrierefreiheit)
5. Schallschutz
6. Energieeinsparung und Wärmeschutz

Zusätzlich mit den oben genannten Richtlinien wurden weitere OIB-Richtlinien herausgegeben.

- Leitfaden Energietechnisches Verhalten von Gebäuden
- Leitfaden Abweichungen im Brandschutz und Brandschutzkonzepte
- Begriffsbestimmungen
- Zitierte Normen und sonstige Regelwerke
- OIB - Dokument zur Definition des Niedrigstenergiegebäudes und zur Festlegung von Zwischenzielen in einem "Nationaler Plan" gemäß Artikel 9 (3) zu 2010/31/EU

Baugesetzliche Regelungen in der Steiermark: [6], [7]

Im Stmk. Baugesetz wird im VIII. Abschnitt § 82 die Konkretisierung der technischen Anforderungen zu den OIB-Richtlinien festgelegt.

§ 82 Richtlinien des Österreichischen Instituts für Bautechnik

- (1) *Die Landesregierung kann durch Verordnung jene Voraussetzungen bestimmen, unter denen den im 1. Teil des II. Hauptstückes festgelegten bautechnischen Anforderungen entsprochen wird. Sie hat sich dabei an Richtlinien und technischen Regelwerken, die vom*

Österreichischen Institut für Bautechnik (OIB) herausgegeben werden, zu orientieren.

- (2) Die Landesregierung hat die mit der Verordnung gemäß Abs. 1 festgelegten Erfordernisse an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden spätestens alle 5 Jahre zu überprüfen und erforderlichenfalls anzupassen.
- (3) Die Behörde hat auf Antrag Abweichungen von den durch Verordnung gemäß Abs. 1 festgelegten Bestimmungen zuzulassen, wenn die Bauwerberin/der Bauwerber nachweist, dass dadurch dennoch das gleiche Schutzniveau erreicht wird.

Diese im § 82 Abs. 1 festgelegte Verordnungsmöglichkeit trat mit 1.1.2016 in der Steiermark in Kraft. Somit sind die OIB-Richtlinien, Ausgabe in der Steiermark für verbindlich. Jedenfalls kann aber die Bauwerberin / der Bauwerber einen Antrag auf Abweichung zu den OIB-Richtlinien stellen, wenn dennoch das gleiche Schutzniveau eingehalten wird. Ebenso sind die Maßnahmen im Hinblick auf die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden alle 5 Jahre zu evaluieren.

Die relevanten Bestimmungen (Schutzniveaus) im Bezug zur Bauphysik finden sich in nachstehenden §§.

IV. Abschnitt Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz

§ 61 Schutz vor Feuchtigkeit

- (1) Bauwerke müssen entsprechend ihrem Verwendungszweck gegen das Aufsteigen von Feuchtigkeit und gegen das Eindringen von Wasser dauerhaft gesichert werden. Dabei ist sowohl auf das Grundwasser als auch auf das vorhersehbare Oberflächenwasser (z. B. Hangwasser und Hochwasserereignisse) Bedacht zu nehmen.
- (2) Dacheindeckungen, Außenwände, Außenfenster und -türen sowie sonstige Außenbauteile müssen Schutz gegen Niederschlagswässer bieten.
- (3) Bauwerke müssen in allen ihren Teilen entsprechend ihrem Verwendungszweck so ausgeführt sein, dass eine schädigende Feuchtigkeitsansammlung durch Wasserdampfkondensation in Bauteilen und auf Oberflächen von Bauteilen vermieden wird.

VI. Abschnitt Schallschutz

§ 77 Allgemeine Anforderungen

- (1) Bauwerke müssen so geplant und ausgeführt sein, dass gesunde, normal empfindende Benutzer oder Nachbarn dieses Bauwerkes nicht durch bei bestimmungsgemäßer Verwendung auftretenden Schall und Erschütterungen in ihrer Gesundheit gefährdet oder unzumutbar belästigt werden. Dabei sind der Verwendungszweck sowie die Lage des Bauwerkes und seiner Räume zu berücksichtigen.
- (2) Wenn der besondere Verwendungszweck es erfordert, ist eine entsprechende Raumakustik sicherzustellen.

§ 78 Bauteile

Alle Bauteile, insbesondere Außen- und Trennbauteile sowie begehbare Flächen in Bauwerken,

müssen so geplant und ausgeführt sein, dass die Weiterleitung von Luft-, Tritt- und Körperschall so weit gedämmt wird, wie dies zur Erfüllung der Anforderungen des § 77 Abs. 1 erforderlich ist.

§ 79 Haustechnische Anlagen

Haustechnische Anlagen, ortsfeste Maschinen und technische Einrichtungen, bei deren Betrieb Schall übertragen wird oder Erschütterungen auftreten können, sind so einzubauen und aufzustellen, dass die Erfüllung der Anforderungen des § 77 Abs. 1 gewährleistet ist.

VII. Abschnitt Energieeinsparung und Wärmeschutz

§ 80 Allgemeine Anforderungen

(1) *Bauwerke und all ihre Teile müssen so geplant und ausgeführt sein, dass die bei der Verwendung benötigte Energiemenge nach dem Stand der Technik begrenzt wird. Auszugehen ist von der bestimmungsgemäßen Verwendung des Bauwerks; die damit verbundenen Bedürfnisse (insbesondere Heizung, Warmwasserbereitung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung) sind zu berücksichtigen.*

(2) *Bei der Beurteilung, ob die Energiemenge gemäß Abs. 1 nach dem Stand der Technik begrenzt wird, ist insbesondere Bedacht zu nehmen auf*

1. Art und Verwendungszweck des Bauwerks,

2. Gewährleistung eines dem Verwendungszweck entsprechenden Raumklimas; insbesondere sind ungünstige Auswirkungen, wie unzureichende Belüftung oder sommerliche Überwärmung, zu vermeiden,

3. die Verhältnismäßigkeit von Aufwand und Nutzen hinsichtlich der Energieeinsparung.

(3) *Nach Maßgabe der Bestimmungen des § 81 ist ein Energieausweis zu erstellen.*

(4) *Zur Erfüllung der Erfordernisse der Abs. 1 bis 3 kann die Landesregierung in der Verordnung gemäß § 82 insbesondere Anforderungen an den Heizwärme- und Kühlbedarf, an die thermische Qualität der Gebäudehülle, an den Endenergiebedarf, an wärmeübertragende Bauteile, an Teile des energietechnischen Systems und an den Energieausweis festsetzen.*

(5) *Bei der Errichtung neuer Bauwerke (Neubauten) muss die technische, ökologische und wirtschaftliche Realisierbarkeit des Einsatzes von hocheffizienten alternativen Systemen wie den nachstehend aufgeführten, sofern verfügbar, in Betracht gezogen und berücksichtigt werden. Alternative Systeme sind zum Beispiel (18)*

1. dezentrale Energieversorgungssysteme auf der Grundlage von erneuerbaren Energieträgern,

2. Kraft-Wärme-Koppelungsanlagen,

3. Fern-/Blockheizung oder Fern-/Blockkühlung und

4. Wärmepumpen.

(6) *Unabhängig von der Regelung gemäß Abs. 5 hat bei der Errichtung neuer Wohnbauten die Warmwasserbereitung unter Verwendung thermischer Solaranlagen oder direkt aus anderen erneuerbaren Energieträgern, sofern deren Einsatz jeweils nicht wirtschaftlich unzweckmäßig ist, oder über eine Fernwärmeversorgung aus erneuerbaren Energieträgern oder hocheffizienter Kraft-Wärme-Kopplung, wenn diese ganzjährig verfügbar ist, zu erfolgen. Der Verwendung thermischer Solaranlagen dürfen in Schutzgebieten nach dem Ortsbildgesetz 1977 und dem Grazer Altstadterhaltungsgesetz 2008 Gründe des Straßen-, Orts- und Landschaftsbildes im Sinne des § 43 Abs. 4 nicht entgegenstehen.*

§ 80a Niedrigstenergiegebäude

(1) *Neubauten von konditionierten Gebäuden sind als Niedrigstenergiegebäude zu errichten.*

(2) *Für folgende Gebäude gelten die Anforderungen gemäß Abs. 1 nicht:*

1. Gebäude, die nur frostfrei gehalten werden, d. h. mit einer Raumtemperatur von nicht mehr als + 5° C, sowie nicht konditionierte Gebäude;

2. provisorische Gebäude mit einer Nutzungsdauer bis höchstens zwei Jahre;

3. Wohngebäude, die nach ihrer Art nur für die Benutzung während eines begrenzten Zeitraums je Kalenderjahr bestimmt sind und deren voraussichtlicher Energiebedarf wegen dieser eingeschränkten Nutzungszeit unter einem Viertel des Energiebedarfs bei ganzjähriger Benutzung liegt. Dies gilt jedenfalls als erfüllt für Wohngebäude, die zwischen 1. November und 31. März an nicht mehr als 31 Tagen genutzt werden;

4. Gebäude für Industrieanlagen und Werkstätten sowie landwirtschaftliche Nutzgebäude, bei denen jeweils der überwiegende Anteil der Energie für die Raumheizung und Raumkühlung jeweils durch Abwärme abgedeckt wird, die unmittelbar im Gebäude entsteht;

5. Gebäude, die für Gottesdienst und religiöse Zwecke genutzt werden;

6. Gebäude mit einer konditionierten Netto-Grundfläche von weniger als 50 m².

(3) *Die Landesregierung hat die Anforderungen an Neubauten von konditionierten Gebäuden und an bestehende konditionierte Gebäude, welche einer größeren Renovierung unterzogen werden, jeweils unter Berücksichtigung der festgelegten Zwischenziele entsprechend dem von der Republik Österreich an die Kommission übermittelten "nationalen Plan" durch Verordnung festzulegen.*

Anmerkung: Der § 80a Abs. 1 und 2 tritt mit 1. Jänner 2019 für Gebäude, die von Behörden als Eigentümer genutzt werden, für sonstige Gebäude mit 1. Jänner 2021 in Kraft (siehe dazu §119n Übergangsbestimmungen zur Novelle LGBL. Nr. 34/2015)

§ 81 Energieausweis

(1) *Ein Energieausweis nach Maßgabe der Verordnung gemäß § 82 ist zu erstellen:*

1. bei Neubauten von Gebäuden,
2. bei größeren Renovierungen (§ 4 Z. 34a) von Gebäuden,
3. bei Abweichungen von genehmigten Bauplänen (§ 35 Abs. 6) in den Fällen der Z. 1 und 2, wenn diese Auswirkungen auf den erstellten Energieausweis haben, und
4. bei Gebäuden für öffentliche Zwecke, z. B. Behörden und Ämtern, sowie Gebäuden, in denen für eine große Anzahl von Menschen Dienstleistungen erbracht werden und die deshalb von diesen Menschen häufig aufgesucht werden. Dies gilt nur für Gebäude mit einer konditionierten Brutto-Grundfläche von – bis zum 8. Juli 2015 – mehr als 500 m², danach mehr als 250 m². Soweit für sonstige bestehende Gebäude ein Energieausweis zu erstellen ist, gelten die Bestimmungen dieses Gesetzes und der Verordnung gemäß § 82 sinngemäß.

(2) In den Gebäuden nach Abs. 1 Z. 4 ist der Energieausweis an einer für die Öffentlichkeit gut sichtbaren Stelle anzubringen.

(3) Die Gültigkeitsdauer des Energieausweises ist auf zehn Jahre beschränkt.

(4) Der Energieausweis besteht aus:

1. einer ersten Seite mit einer Effizienzkala, wobei von der Darstellung der Effizienzkala nach Maßgabe der Richtlinie abgewichen werden kann,
2. einer zweiten Seite mit detaillierten Ergebnisdaten und
3. einem Anhang mit Angaben zu den verwendeten technischen Regelwerken und Hilfsmitteln (z. B. Software) und Angaben zur Ermittlung der Eingabedaten (geometrische, bauphysikalische und haustechnische Eingangsdaten).

(5) Die Inhalte des Energieausweises beziehen sich in Abhängigkeit vom Verwendungszweck des Gebäudes (Gebäudekategorie) auf Regelungen betreffend:

1. Heizwärmebedarf des Gebäudes und den Vergleich zu Referenzwerten,

2. Heiztechnik-Energiebedarf des Gebäudes,

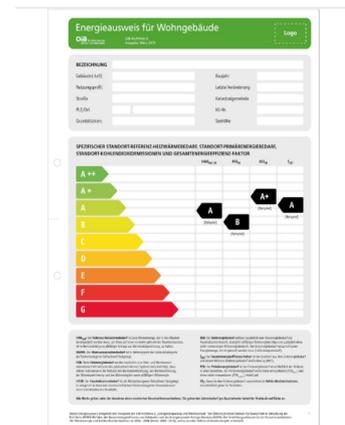
3. Kühlbedarf des Gebäudes,

4. Energiebedarf (Verluste) der haustechnischen Anlagen, getrennt für Heizung, Kühlung, mechanische Belüftung sowie Beleuchtung des Gebäudes,

5. Endenergiebedarf des Gebäudes,

6. U-Werte der Bauteile,

7. Empfehlung von Maßnahmen - ausgenommen bei Neubau -, deren Implementierung den Endenergiebedarf des Gebäudes reduziert und technisch und wirtschaftlich zweckmäßig ist.



(6) Der Energieausweis ist von einem nach den für die Berufsausübung maßgeblichen Vorschriften Berechtigten oder einer akkreditierten Prüfstelle auszustellen. Unter den nach den für die Berufsausübung maßgeblichen Vorschriften Berechtigten sind jedenfalls ZiviltechnikerInnen einschlägiger Befugnis sowie Technische Büros - Ingenieurbüros einschlägiger Fachrichtungen

und Gewerbetreibende einschlägiger Fachrichtungen zur Planung, Errichtung oder Änderung von baulichen Anlagen (z. B. Baumeister, Zimmermeister) oder von Heizungsanlagen, jeweils im Rahmen ihrer Gewerbeberechtigung, zu verstehen.

§ 81a Unabhängiges Kontrollsystem für Energieausweise

- (1) Die Kontrolle der Energieausweise obliegt der Landesregierung. Zu diesem Zweck hat der Aussteller eines Energieausweises (§ 81 Abs. 6) die Daten des Energieausweises der Landesregierung zur Verarbeitung in einer zentralen Datenbank in elektronischer Form zu übermitteln. Dabei hat der Aussteller für das Hochladen des Energieausweises (Registrieren) ein Entgelt zu entrichten. Die Landesregierung hat durch Verordnung den Inhalt und die Form der Datenübermittlung sowie die Höhe, die Form und Art der Entrichtung des Entgelts näher zu bestimmen.
- (2) Die Aussteller von Energieausweisen, die die Daten gemäß Abs. 1 übermittelt haben, sind von der Landesregierung in einer Liste zu erfassen, die der Öffentlichkeit zugänglich ist.
- (3) Im Rahmen der Registrierung nach Abs. 1 werden die Daten nach Maßgabe des § 1 Abs. 4 des Bundesgesetzes über das Gebäude- und Wohnungsregister (GWR-Gesetz), BGBl. I Nr. 9/2004, in der Fassung BGBl. I Nr. 1/2013, abgeglichen.
- (4) Die Landesregierung hat die Energieausweise gemäß den Kriterien des Anhanges II der Richtlinie 2010/31/EU zu überprüfen. Ergibt die Kontrolle eines Energieausweises Mängel, hat die Landesregierung den Aussteller zur Behebung der Mängel innerhalb angemessener Frist aufzufordern. Kommt der Aussteller trotz wiederholter Aufforderung der Mängelbehebung nicht nach, hat die Landesregierung dem Aussteller die Behebung der Mängel mit schriftlichem Bescheid aufzutragen.
- (5) Über den Kontrollzweck hinaus darf die Landesregierung die nicht personenbezogenen Daten des Energieausweises und die Daten des Ausstellers automationsunterstützt verwenden, soweit dies zur Verfolgung statistischer oder energiepolitischer Ziele notwendig ist.
- (6) Ein Online-Zugriff auf die Daten des Energieausweises ist zulässig
 1. für den Aussteller auf die Daten der von ihm ausgestellten und übermittelten Energieausweise;
 2. für die Gemeinden des Landes Steiermark auf die Daten der für ihr Gemeindegebiet ausgestellten Energieausweise.
- (7) Zur Ausstellung von Energieausweisen befugten Personen ist, soweit dies zur Ausstellung von Energieausweisen erforderlich ist, ein Online-Zugriff auf die die Gemeinden des Landes Steiermark betreffenden Daten der lokalen Gebäude- und Wohnungsregister gemäß Abschnitt B Z 1, 3 und 7 und Abschnitt C der Anlage des GWR-Gesetzes in der im Abs.3 zitierten Fassung, einzuräumen.

Zusammenfassung: [8]

Die gesetzlichen Vorgaben für die Überprüfungen der ausgestellten und in die ZEUS-Datenbank eingespielten Energieausweise sind gegeben. Die stichprobenartigen Überprüfungen funktionieren in der Steiermark und die ersten Evaluierungen haben

bereits stattgefunden. Wobei angemerkt wird, dass diese Überprüfungen von Energieausweisen nicht nur im geförderten Wohnbau sondern für alle Bauwerke welche einen Energieausweis benötigen. Im Stmk. Baugesetz § 81 Abs. 1 sind diese Bauwerke definiert. Darunter sind folgende Bauwerke zu verstehen: Neubauten von Gebäuden, bei größeren Renovierungen (§ 4 Z. 34a) von Gebäuden und Gebäuden für öffentliche Zwecke, z. B. Behörden und Ämtern, sowie Gebäuden, in denen für eine große Anzahl von Menschen Dienstleistungen erbracht werden und die deshalb von diesen Menschen häufig aufgesucht werden.

Literaturverzeichnis:

- [1] Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates;
- [2] Richtlinie 2002/91/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, ABl. L 1 vom 4.01.2003, S. 65;
- [3] Richtlinie 2010/31/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung), ABl. L 153 vom 18.06.2010, S. 13.
- [4] Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen;
- [5] Österreichisches Institut für Bautechnik, OIB-Richtlinien; Zugriff unter www.oib.or.at
- [6] Steiermärkisches Baugesetz 1995 idgF, aktuelle Fassung unter www.ris.bka.gv.at
- [7] Steiermärkische Bautechnikverordnung 2015, aktuelle Fassung unter www.ris.bka.gv.at
- [8] Technische Informationsseite der Abteilung 15 - Energie, Wohnbau und Technik, Referat Bautechnik und Gestaltung; Zugriff unter www.technik.steiermark.at

Vereinbarung gemäß Art. 15a. B-VG zwischen dem Bund und den Ländern über Maßnahmen im Gebäudesektor zum Zweck der Reduktion des Ausstoßes an Treibhausgasen 30. Juli 2009/ 251 Bundesgesetz zur Einhaltung von Höchstmengen von Treibhausgasemissionen und zur Erarbeitung von wirksamen Maßnahmen zum Klimaschutz (Klimaschutzgesetz - KSG) StF: BGBl. I Nr. 106/2011 (NR: GP XXIV RV 1255 A B 1456 S. 124. BR: AB 8596 S. 801.)

Bildnachweis: Abbildung 1, Abbildung 2: Wikipedia

GEBÄUDE UND FREIFLÄCHEN-SITUIERTE THERMISCHE SOLARSYSTEME UND LANGZEITSPEICHER IN DER STADT DER ZUKUNFT

Dr. Christian Holter

S.O.L.I.D. - Gesellschaft für Solarinstallation und Design
Graz



Einleitung

Thermische Solarsysteme in Österreich haben eine eindeutige Herkunft. Beginnend mit der Warmwasserbereitung im Einfamilienhaus, bevorzugt im ländlichen Raum, ist diese Technologie in den 80er Jahren aus dem Schatten getreten und hat sich weit verbreitet. Heute sind über 5,2 Mio. Quadratmeter Sonnenkollektoren in Österreich installiert und liefern 2.051 GWh Wärme pro Jahr. Dieser Wert würde etwa 250 Mio. l Heizöl substituieren.

Diese Anlagen sind fast alle im direkten Konnex zum Gebäude, auf oder bei dem sie montiert sind. Sie decken heute nicht nur Warmwasser ab, sondern können auch zur Heizung und Kühlung beitragen. Durch die Integration in den gesamten Wärme/ Kältehaushalt der Gebäude ist auch die energetische Bedeutung gestiegen, statt –, wie ursprünglich, durch die Warmwasserbereitung 5-20% des Wärmebedarf des Gebäudes zu decken, können Anlagen heute im Extremfall bis zu 100% des Wärme- und Kältebedarfs bereitstellen.

Nur wenige thermische Solaranlagen sind nicht mit dem Gebäude, sondern mit übergeordneten Wärme- und Kältenetzen verbunden. In Dänemark und Schweden hingegen dominieren solche Projekte schon lange den Markt. Jetzt werden –am Beispiel „Big Solar Graz“ (siehe) diese Konzepte auch für Zentraleuropa interessant. Für die Planung, den Bau und den Betrieb der thermischen Solaranlagen werden die Bedürfnisse der Energienetze zum Auslegungsparameter, mit vielen Pros und Kontras. Dem Vorteil der reduzierten spezifischen Investitions- und Betriebskosten bei großen, netzgebundenen Anlagen steht der Nachteil von extrem fordernden technischen Parametern, wie beispielsweise hohen Temperaturen, gegenüber.

Anlagenbeispiele gebäudegebundene Solaranlagen

Ein wesentlicher Treiber für den Energieverbrauch ist die Wohnungsstruktur bzw. Wohnsituation. Jährlich werden in Österreich um die 40.000 neue Wohneinheiten errichtet. Ein weiterer Trend geht hin zu größeren Wohnflächen und zu Ein-Personen Haushalten. Aufgrund der zunehmenden Hitzetage wächst auch die Zahl der Klimaanlageanlagen rasant.

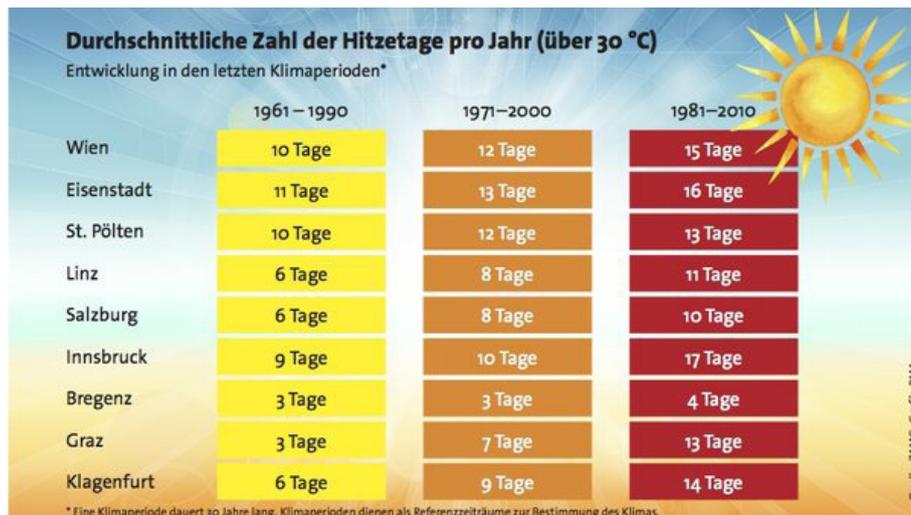


Abbildung 1 Darstellung der zunehmenden Hitzetage in Österreich

Gebäude sind im Hinblick auf unseren Energieverbrauch sowie die Energiewende von entscheidender Bedeutung, da etwa die Hälfte des Energieverbrauchs auf den Gebäudesektor entfällt. Es ist mit den heute bereits verfügbaren Technologien möglich, den Wärme- und Strombedarf von Bestandsgebäuden, Neubauten und Quartieren so weit zu reduzieren, dass der verbleibende Restenergiebedarf weitgehend vollständig durch erneuerbare Energien gedeckt werden kann. Die Realisierung von energieoptimierten Gebäuden und Quartieren eröffnen auch Solarthermische Energieversorgungskonzepte eine zukunftssträchtige Perspektive. Nachfolgend zwei Beispiele, welche die Möglichkeiten der solaren Energieversorgung für Gebäude und Neubauquartiere näher beschreiben.

a. Karl-Franzens-Universität Graz

Eine nachhaltige Energieversorgung spielt für das generalsanierte Chemiegebäude der Karl-Franzens-Universität Graz eine große Rolle. Auf den Dächern des Zubaus erzeugen seit dem Jahr 2014 ca. 630 m² Kollektorfläche Wärme für Solares Kühlen und Heizen.

Eine solche Anlage bietet neben der gelieferten Energie auch die Möglichkeit ein sichtbares Zeichen im Bereich der Erneuerbaren Energieträger zu setzen. SOLID als Fachplaner übernahm die Planung und Ausschreibung der Solaranlage samt erforderlichem Zubehör.



Abbildung 2 Luftbild Anlage KF Universität Graz, 630 m² Kollektorfläche

Von Oktober bis März deckt diese Solaranlage einen Teil der Niedertemperaturraumheizung und während der Monate April bis September einen Teil des Kühlbedarfs. Um höchstmögliche Wirtschaftlichkeit zu erzielen, wird von April bis September das benachbarte Gebäude der Mensa inklusive Studentenheim mit Wärme zur Aufbereitung des Warmwassers versorgt. Der prognostizierte Gesamtenergieertrag der Anlage beträgt 290.000 kWh pro Jahr, dies entspricht ungefähr 25 % des Energiebedarfs für Heizen, Kühlen und Warmwasser des Chemiegebäudes bzw. der Mensa.

Im Gegensatz zum derzeitig verwendeten Energieträger Fernwärme liefert die Solaranlage Energie zu einem kostengünstigen, kalkulierbaren Preis. Langfristig sind, verglichen mit herkömmlichen Systemen, geringere Betriebskosten erreichbar.

Die wichtigsten Eckdaten der solarthermischen Anlage:

- 631,5 m² Hocheffizienz-Kollektorfläche am Zubau, Neigung von 30 bis 60°
- 2 x 3.500 l Heißwassertanks
- 105 kW Absorptions-Kältemaschine
- 1.000 l Kaltwassertank
- 256 kW offener Nass-Kühlturm
- Unterirdische Fernwärmeleitung zur Mensa
- Fernüberwachung & Visualisierung im Internet

Eine einstufige Lithiumbromid (LiBr) Absorptionskältemaschine mit einer Nennleistung von 105 kW (Spitze 120 kW) Kälte übernimmt primär die Grundkühllast des Gebäudes. Die entscheidenden Kriterien für die Auswahl der Leistung waren das geringe Platzangebot im Technikraum sowie die höchstmögliche Wirtschaftlichkeit unter den gegebenen Rahmenbedingungen.

Zur Versorgung von Absorptionskälteaggregaten wird eine kontinuierlich hohe Kollektormitteltemperatur ($\sim 82,5^{\circ}\text{C}$) benötigt. Um unter den gegebenen Anforderungen einen hohen Ausnutzungsgrad der Einstrahlung zu erzielen, werden hocheffiziente Flachkollektoren mit doppelter transparenter Abdeckung und verstärkter Isolierung zu den Seiten und zur Rückwand eingesetzt. Der Einbau von Großflächenkollektoren erlaubt eine rasche Montage, Reduktion von Montagepunkten und Verbindungen und somit potentiellen Fehlstellen, sowie eine optimale interne hydraulischer Verschaltung. Die architektonischen Anforderungen erfordern zusätzlich maßgeschneiderte Lösungen für einzelne Kollektorfelder hinsichtlich Größe und Seitenverhältnisse.

Die Regelung der Anlagen erfolgt über eine eigene Hard- und Softwarelösung, welche eine Fernüberwachung und -wartung erlaubt und auf die Bedürfnisse der Anlagen zugeschnitten ist. Die Regelung wird über definierte Schnittstellen mit der Gebäude-MSR verknüpft. Dies ermöglicht Technikern mögliche Störungen frühzeitig zu erkennen und durch Anpassen von Parametern den Ertrag der Anlage zu optimieren.

Diese Anlage wurde aus Mitteln des Klima- und Energiefonds (KLIEN) unterstützt.

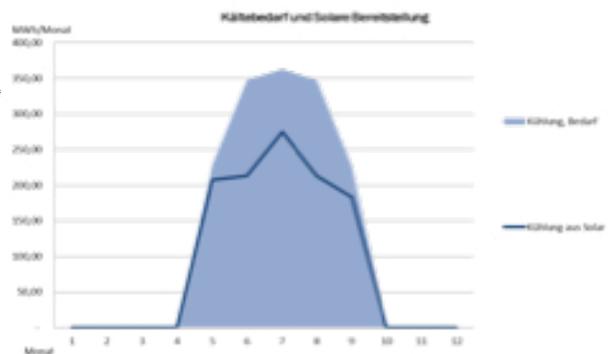
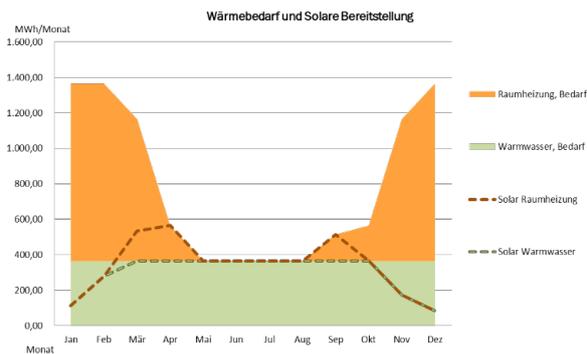
b. Smarte Quartierslösungen: Konzeptvorschläge für eine energieeffiziente und nachhaltige Energieversorgung

In Hinblick auf das beispielsweise neue Stadtentwicklungsgebiet der Smart City Graz erarbeitete SOLID Konzeptvorschläge zur integrierten urbanen Solarenergienutzung unter Betrachtung von Wärme- und Kälteversorgung.

Für 3.500 Personen wurde der Bedarf für Warmwasser, Heizung und Kühlung ermittelt und ein Konzept für die kombinierte Wärme- und Kältelösung erarbeitet. Die 11.850 m^2 große thermische Solaranlage wird über mehrere Gebäude verteilt und mit einem 120 m^3 Tagesspeicher ergänzt. Das System bedient vorrangig den Warmwasserbedarf, in der Übergangszeit auch die Heizung, sowie im Sommer die Kühlung.

In Zahlen bedeutet dies eine 100%ige solare Deckung des Warmwasserbedarfs über 8 Monate (März-Oktober), was 82% des gesamten Jahresbedarfs ausmacht. In der Übergangszeit dient die Solarwärme auch der Raumheizungsunterstützung, im Sommer werden ca. 72% des Kühlbedarfs solar gedeckt. In diesem Beispiel können mit dem Solarsystem insgesamt etwa 50% des gesamten Wärme- und Kältebedarfes mit Solarthermie gedeckt werden.

Als Wärme- und Kältepreise werden die Erzeugungskosten ab Speicher (vergleichbar ab Kessel) bzw. ab Kältemaschine herangezogen und mit dem aktuellen Fernwärmepreis (Arbeitspreis und Energieabgabe exkl. Anschlusskosten / Leistungspreis) verglichen. Die Wirtschaftlichkeitsrechnung zeigte, dass die solaren Wärme- und Kältepreise konkurrenzfähig sind.



Für noch größere solare Deckungsgrade bietet sich die nähere Betrachtung eines weiteren Solarlösungskonzepts an: eine sehr große Solaranlage mit saisonalem Wärmespeicher deckt zusätzlich signifikante Heizungsbedarfe und 100% des Kühlungsbedarfes im Sommer. Dieses Energieversorgungskonzept mit sehr hoher Wärmebereitstellung aus Solarthermie ist technisch verlässlich und wirtschaftlich immerhin prüfenswert möglich.

Es soll nun zeitnah untersucht werden, wie Solarthermie angepasst an bestehende infrastrukturelle und rechtliche Gegebenheiten sowie an Verbrauchsprofile in idealtypischen Stadtquartieren optimal genutzt werden kann. Ziel ist, gemeinsam mit Bauträgern Energiesystemlösungen und Geschäftsmodelle für innovative Gebäude und Stadtquartiere zu erarbeiten um dann die technische Machbarkeit, die ökonomischen und ökologischen Auswirkungen verschiedener Energieversorgungsoptionen für die Smart City Graz zu ermitteln und miteinander zu vergleichen.

3. Anlagenbeispiele Freiflächen situierter Projekte

a. Freiflächen Großsolaranlage zur Fernwärmeeinspeisung in Vojens, Dänemark

Dänemark gilt als einer der Vorreiter von netzgebundenen thermischen Großsolaranlagen. In Vojens steht derzeit die weltweit größte Anlage zur solaren Fernwärmeeinspeisung. Die Freiflächenanlage mit einer Kollektorfläche von 70.000 m² deckt bei einer Spitzenleistung von 49 Megawatt (MW) und einer durchschnittlichen Jahresproduktion von 28.000 Megawattstunden (MWh) ungefähr 45% des gesamten Jahreswärmebedarfs der knapp 8.000-Einwohner-Stadt. Die restlichen 55% des erforderlichen Bedarfs werden durch drei Gasmotoren, einem 10 MW Elektrodenkessel, sowie einer Absorptionswärmepumpe und einem Gaskessel bereitgestellt.

2012 wurde eine 17.500 m² Anlage mit einem 3.000 m³ Stahltank realisiert. Zwischen 2014/15 wurde sie um 52.500 m² und einem 200.000 m³ Erdwärmebeckenspeicher erweitert. Besonders das Zusammenspiel zwischen Solaranlage und Erdbeckenspeicher

bietet klare Vorteile. Die überschüssige Solarwärme wird im Sommer gespeichert und im Winter eingespeist, wenn die Sonne wenig Energie liefert. Der Speicher dient somit als saisonaler Ausgleich zwischen dem ungleichen Angebot und Nachfrage der Wärme zwischen Sommer und Winter und ermöglicht einen höheren solaren Deckungsgrad. Durch die Anlage konnten einerseits die CO₂-Emissionen reduziert werden und andererseits die Wärmebereitstellungskosten der Kunden reduziert werden. Trotz hoher Investitionskosten ist der Wartungsaufwand solcher Systeme über ihre Lebensdauer von mindestens 25 Jahren äußerst gering und ermöglicht stabile Wärmepreise und Versorgungssicherheit für die Zukunft.



Abbildung 3 Luftbild Anlage Vojens, 70.000 m² Kollektorfläche, 207.000 m³ Speichervolumen

Jedoch muss erwähnt werden, dass die Voraussetzungen in Dänemark sowohl wirtschaftlich als auch system-technisch andere sind, als die in Mitteleuropa wie zum Beispiel in Österreich. Gas- und Öl ist aufgrund hoher Energiesteuern teuer. Genossenschaftliche Wärmeversorger erhalten äußerst günstige und langfristige Finanzierungen mit kommunalen Haftungen, wobei es nur geringe Investitionszuschüsse gibt. Außerdem sind die dortigen Kommunen mit hohen Solarwärmeanteilen, wie zum Beispiel Vojens, Kleinstädte mit nur mehreren Tausend Einwohner, welche mehr umliegenden Freiflächen zu günstigen Preiskonditionen zu Verfügung haben. Des Weiteren hat die Fernwärme in Dänemark ein deutlich besseres Lastprofil für solare Einspeisung. Der Wärmebedarf ist im Vergleich zu Mitteleuropa im Sommer aufgrund ihrer kühlen nördlicheren Lage deutlich höher und aufgrund der Meeresnähe im Winter auch milder. Mehr Solarwärme kann direkt genutzt werden, wobei der Bedarf an Speicherung geringer ist. Dadurch sind auch die Netztemperaturen der Fernwärmenetze im Winter, bei maximal 80°C im Vorlauf und zwischen 30°C und 40°C im Rücklauf, deutlich niedriger als bei Fernwärmenetzen in Mitteleuropa, welche meist 120°C/60°C benötigen. Unter optimierten Bedingungen können über 50% des Fernwärmebedarfs solartechnisch abgedeckt werden.

b. Machbarkeitsstudie zur solaren Fernwärmeeinspeisung in Graz, Österreich (BIG Solar Graz)

Bis 2019 soll im Süden von Graz die größte Solarthermie-Anlage der Welt entstehen. Das Projekt läuft unter dem Namen „Big Solar“. Eine Machbarkeitsstudie wurde von der Firma Solid in Kooperation mit der Energie Steiermark AG, Planenergi und der Grazer ENERGIEAgentur GmbH durchgeführt, welche zu folgenden Resultaten (für die Planung der Anlage) führte:

In der Nähe des Gas- und Dampf- Kraftwerks Mellach, das derzeit Wärme für die Landeshauptstadt der Steiermark produziert, soll eine Kollektorfläche im Ausmaß von 450.000 m² installiert werden. Die verfügbare Gesamtfläche beträgt 650.000 m². Gespeichert werden soll die Wärme in einem in die Erde eingelassenen Saisonspeicher mit einem Speichervolumen von 1,8 Mio. m³. Zusätzlich beinhaltet dieses Energiekonzept die Verwendung einer Wärmepumpe mit einer Wärmeleistung von 100 MW.

Die Kollektorfläche gleicht der dreifachen Menge der größten geplanten Anlage in Dänemark, die bis Ende 2016 in Silkeborg entstehen soll und entspricht nicht einmal einem halben Prozent der heutigen Fläche des Grazer Stadtgebietes. Das Grazer Fernwärme-Netz weist Vorlauf-Temperaturen zwischen 75 und 120°C auf, während die Rücklauf-Temperatur zwischen 58 und 63°C beträgt. Rund ein Viertel der Solarwärme soll direkt ins Netz fließen – vor allem in der Übergangszeit. Der größte Teil der Wärme geht in den Erdbeckenspeicher, in dessen unteren Schichten die Kollektoren im Winter schon Temperaturen ab 25°C generieren können. Anschließend wird das Wasser aus dem Speicher mit Hilfe einer Wärmepumpe auf die gewünschte Temperatur gebracht. Hierbei wird eine thermisch betriebene Absorptionswärmepumpe verwendet. Das Energiemedium zur Befuerung der thermischen Wärmepumpe ist noch offen.

Die Kombination aus direkter Einspeisung in das Netz und die Einschichtung in den Speicher sorgt dafür, dass die Kollektoren je nach Einstrahlung und Jahreszeit bei unterschiedlichen Temperaturen sehr effizient arbeiten können. Dies bringt nicht nur erhöhte Flexibilität bei der Bereitstellung der Wärme, sondern kommt auch dem Ertrag zugute. Simulationsberechnungen der SOLID ergaben einen Jahresertrag von 540 kWh/m² Kollektorfläche. Hochgerechnet auf eine Gesamtkollektorfläche von 450.000 m² sollen aus der von der Firma SOLID geplanten Gesamtanlage – Sonnenkollektoren, thermische Wärmepumpe und direkter Nachheizung - 450 GWh Wärme an das Netz übertragen werden. Dies entspricht rund 40% des jährlichen Wärmebedarfs der Grazer Fernwärmekunden. Rein aus der Solaranlage sollen rund 245 GWh stammen. Dies entspricht rund 20% des jährlichen Wärmebedarfs des Grazer Fernwärmenetzes.

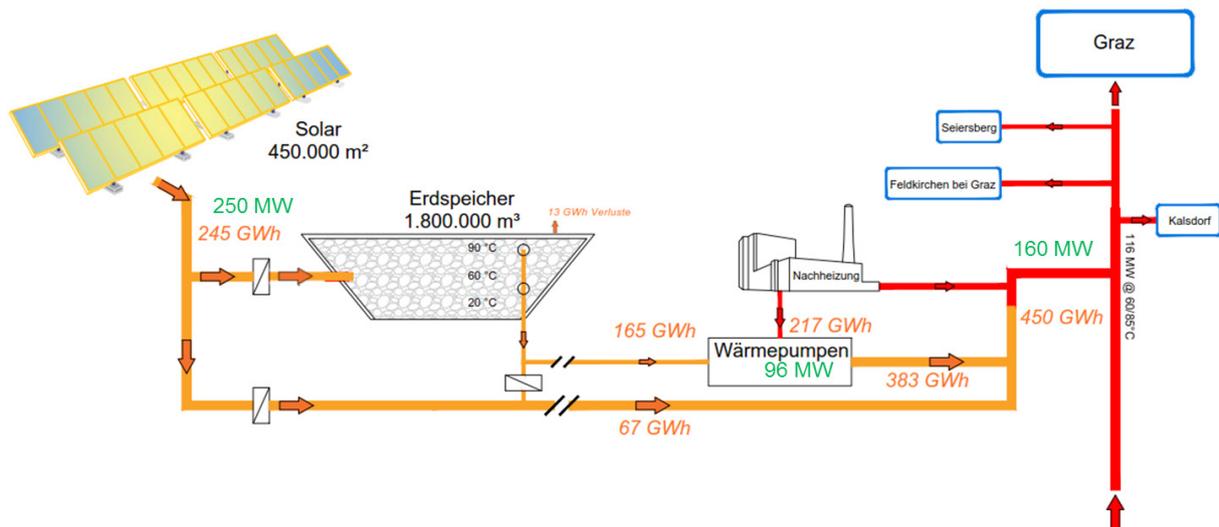


Abbildung 4 Schema für 20% Wärmebereitstellung aus Solarthermie

4. Vergleich, Strategien und Anwendungsgrenzen

a. Entscheider

Wenn eine thermische Solaranlage errichtet wird, ergibt sich aus dem Einflusskreis des Investors eine direkte Auswahl des Anlagentyps. Bei einem Neubau kann sich der Bauherr für ein hohes Ausmaß an Wärmeunabhängigkeit entscheiden. Gerade, wenn Identifikation schaffende und sichtbare Versorgungseinrichtungen bevorzugt werden, und große, zentrale Energiestrukturen angezweifelt werden, ist die eigene Anlage eine gute Präferenz.

Angebote, so wie beispielsweise bei Photovoltaik oder Wind - Nutzer kaufen sich in zentrale Anlagen ein und beziehen dann grünen Strom - sind im Bereich der Wärme zwar denkbar, aber noch nicht existent.

Doch Wärmeversorger haben sich bereits als Investoren für gebäudegebundene Anlagen angeboten. Die Motivation dahinter war meist, dass Energieunternehmen die Profis in Planung, Errichtung und Betrieb sind, und Immobilienentwickler dies eher nicht als ihr Kerngeschäft sehen. Dazu können die Wärmeversorgungsunternehmen (WVU) so der Umsatzreduktion durch Kunden-Eigenanlagen entgegenwirken.

Das für WVUs wesentlich attraktivere Modell sind allerdings zentrale, oft auch freiflächensituierte Anlagen. Der „Scale of Economy“ ermöglicht nachhaltige positive Geschäftsfelder, vorhandene Infrastruktur wird genutzt und nicht ausgedünnt.

b. Wirtschaftlichkeit (Bau, Wartung & Betriebsführung, Ertrag)

Bei der wirtschaftlichen Betrachtung werden zwei Sichtweisen unterschieden: die des Investors der Anlage am Gebäude und die des WVUs. Der Investor verwendet für die Wirtschaftlichkeitsrechnung die eingesparten Kosten im Vergleich zu denen auf

Endkundenebene, während die WVUs lediglich die direkten Wärmeerzeugungskosten vergleichend berücksichtigen können. Bei jeder Anlage spart das WVU genau die Wärmeerzeugungskosten selbst ein, die Netz-, Infrastrukturkosten und die Bereitstellungskosten, welche 30-50% des Endkundenpreises betragen können, bleiben unverändert. Damit steht dem Investor am Gebäude für seine Investition ein deutlich größeres Budget aus betriebswirtschaftlicher Sicht zur Verfügung.

Die gesamtwirtschaftliche Betrachtung kann Vorteile auf beiden Seiten je nach Situation ergeben. Wenn bestehende Wärmenetze durch intelligente Solarprojekte mit Pufferspeichern dezentral ergänzt werden, wird neue Kapazität für Spitzenlast geschaffen. Das kann dem Wärmeversorger mit bestehenden zentralen Anlagen helfen, ohne Erweiterungsinvestition für die kältesten Stunden im Jahr stabilen Anlagenbetrieb weiter anzubieten.

Umgekehrt reduziert die Eigenanlage am Gebäude den Jahresenergiebedarf, welcher vom Netz bezogen wird. Oft bleibt aber der Winterbedarf mangels Solarangebot im Hochwinter unverändert. Somit müssen die gleichbleibenden Infrastrukturkosten auf weniger transportierte Wärme umgelegt werden. Dies führt bei nennenswertem Anteil an Eigenversorgung zu einer Erhöhung der spezifischen Wärmekosten.

Problematisch ist bei den Eigenanlagen, dass relativ hohe Aufwände geringen Umsätzen gegenüberstehen. Diese Kosten sind im Bau klar sichtbar, in der laufenden Überwachung, Optimierung und Betriebsführung wird der Grundaufwand oft unterschätzt. Kleine Anlagen brauchen dasselbe Grund-Monitoring wie die Großen, um den gewünschten Ertrag sicherzustellen. Dasselbe gilt grundsätzlich auch für konventionelle Heizungstechnik, allerdings in einer weniger komplexen technischen Ausführung.

c. Räumliche Grenzen- Flächen

Flächenverfügbarkeit von erneuerbaren Energieträgern ist bei jedem Projekt eine interessante, manchmal limitierende Thematik. Solarwärme ist im Erntefaktor pro m² sämtlichen anderen Erneuerbaren deutlich voraus, im Verhältnis zu Photovoltaik ist die Energieausbeute um einen Faktor 5 höher, im Vergleich zu Biomasse gar um den Faktor 30.

Bei Kollektoren ist zu berücksichtigen, dass durch Abstand der Kollektoren zur Vermeidung der internen Verschattung nur rund 70% der jeweiligen Bodenfläche auch als Kollektorfläche dienen.

Bei dachmontierten Anlagen schränken sich die Bruttodachflächen noch zusätzlich um Platz für andere Technik, Terrassen, beschattete Bereiche, Eck- und Randflächen

ein. Oft liegt der Anteil der tatsächlichen Kollektorfläche im Verhältnis zum Dach dann nur bei 30 bis 40%, und ergibt klare Limits in den Nutzungsmöglichkeiten und Deckungsgraden. Bei Wohngebäuden mit 7-8 Stockwerken reicht die Dachfläche für die reine Warmwasserbereitung, wenn die Gebäude niedriger sind, können auch andere Solarverwendungen angedacht werden.

Freiaufgestellte Flächen sind kostenkritisch. Bauland in stadtnahen Bereichen alleine für Solarwärme zu nutzen, ist kaum leistbar. Landwirtschaftliche Flächen rund um die Stadt sind oft Erwartungsflächen für künftiges Bauland und daher gleichfalls teuer, zudem ist die Konkurrenz Energie gegen Nahrungsmittel ein sensibles Thema in der öffentlichen Diskussion.

Leistbare Flächen sind nutzungseingeschränkt und können nicht als Bauland oder Landwirtschaft verwendet werden. Solche Flächen sind typischerweise Verkehrsnebenflächen, verschiedene Schon- und Schutzzonen, oder abseits der direkten Erschließungsgebiete.

Der Platzbedarf für thermische Solarsysteme bewegt sich derzeit meist im zweistelligen Hektar-Bereich. Neben dem Platzbedarf der Kollektoren ist gerade bei gebäudesituierten Projekten oft auch der Platz für Wärmespeicher und Technik ein kritisches Thema. Baukubatur kostet. Speicher auf Wasserbasis repräsentieren auch heute noch den kostengünstigsten Wärmespeicher. Kubaturen von 100 m³ fordern die Planung, sind aber oft gefällig gestaltet.

Innovative Ansätze verbinden gebäudesituierte Solaranlagen mit übergeordneten Netzstrukturen. Dann wird die Solarwärme zuerst im eigenen Objekt genutzt, und Überschusswärme dem Netz zugeführt. Dies reduziert die Investitionskosten des Gebäudes und ist besonders in der Sanierung und Nachrüstung eine wesentliche Option. Allerdings ist nicht jedes Netz geeignet, beliebig Überschusswärme aufzunehmen, und auch nicht jeder Einspeisepunkt macht technisch Sinn.

5. Zusammenfassung

Sowohl Gebäude als auch freisituierte solarthermische Anwendungen haben Potential. Um ein optimiertes Gesamtwärmesystem zu planen und zu betreiben, sind die Einbindung von Speichern und ein gutes Netzmanagement von zentraler Bedeutung.

Durch die Verwendung von Solarwärme für Warmwasser, Heizung und Kühlung können signifikante Anteile - deutlich mehr als die Hälfte des Kälte/Wärmebedarfs - abgedeckt werden.

JEDEM GEBÄUDE SEINE TECHNIK – Entwicklungstrends zum Haus der Zukunft

Univ.-Prof. DI Dr.techn. Michael Monsberger
Dipl.-Ing. Michael Fruhwirth, BSc
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft
TU Graz



Abstract

Die Funktionalität moderner Gebäude wird wesentlich durch den Einsatz gebäudetechnischer Systeme geprägt. Steigende Anforderungen an Gebäude in Bezug auf Eigenschaften wie Energieverbrauch oder Nutzungskomfort gepaart mit rasch voranschreitenden technologischen Entwicklungen führen dazu, dass der Umfang und die Komplexität von technischen Anlagen in Gebäuden stetig zunehmen. Daher wird vermehrt die Frage nach dem „richtigen Maß“ an technischem Ausbau gestellt. Die Ausstattung von Gebäuden mit einer grundlegenden technischen Infrastruktur wie beispielsweise elektrischen Anschlüssen, sanitären Einrichtungen, Anschlüssen an Kommunikationsnetze etc. sowie die Ausstattung von Zweckbauten wie Krankenhäusern mit den zum Betrieb notwendigen gebäudetechnischen Systemen ist in industrialisierten Ländern außer Frage gestellt. In spezifischen Bereichen der Gebäudetechnik wie beispielsweise der Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik wird die Art und der Umfang des Einsatzes technischer Systeme jedoch zunehmend diskutiert. Gebäude sind ein zentraler Bestandteil unseres Lebens und ein wesentlicher Faktor im Kontext des Umwelt- und Klimaschutzes. Der richtige Einsatz gegebener und zukünftiger technologischer Möglichkeiten im Bereich der Gebäudetechnik ist ein Schlüssel zur Sicherstellung einer leistbaren hohen Lebensqualität bei gleichzeitiger Erreichung der gesteckten Ziele der Klima- und Energiepolitik. In diesem Beitrag wird ein Überblick über zukunftsweisende Ansätze und Trends im Bereich des technischen Ausbaus gegeben sowie auf Herausforderungen bei deren Umsetzung eingegangen.

1 Einleitung

Im Zuge der EU 2020 Strategie wurden von der Europäischen Kommission sieben sogenannte „Societal Challenges (manchmal auch Grand Challenges genannt)“ formuliert [1], welche zentrale gesellschaftliche Herausforderungen im Europa des 21. Jahrhunderts repräsentieren. Diese umfassen unter anderem die Themen „Gesundheit, demographische Entwicklung und Wohlergehen“, „sichere, saubere und effiziente Energie“ sowie „Klimaschutz, Umwelt, Ressourceneffizienz und Rohstoffe“. Gebäude und deren technische Systeme sind ein wesentlicher Faktor bei der Bewältigung dieser gesellschaftlichen Herausforderungen. So sind Gebäude beispielsweise für etwa 40 % des Energieverbrauchs und 36 % der CO₂-Emissionen

der Europäischen Union verantwortlich [2]. Sie spielen aber auch eine wichtige Rolle bei sozialen Themen (z.B. leistbares Wohnen, Energiearmut, selbstbestimmtes Leben im hohen Alter, Barrierefreiheit etc.). Über all dem steht der fundamentale Wunsch nach einer möglichst hohen Nutzungsqualität (z.B. Behaglichkeit, Funktionalität, Ausführungsqualität etc.) von Gebäuden im privaten wie auch im beruflichen Umfeld. Die Notwendigkeit von Lösungen, welche die Vielschichtigkeit und zum Teil Gegensätzlichkeit dieser Herausforderungen berücksichtigen, ist ein grundlegender Treiber für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Bereich gebäudetechnischer Systeme. Innovative Lösungsansätze stehen dabei in engem Zusammenhang mit der Architektur und Nutzung von Gebäuden (holistische Lösungsansätze).

NebendiesengesellschaftlichenHerausforderungenstelltderprogressivetechnologische Fortschritt in der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) eine wichtige Basis bzw. einen weiteren Treiber für die Entwicklung neuer Produkte und Dienstleistungen im Bereich der Gebäudetechnik dar. Beispielhaft seien der Trend zum sogenannten „Smart Home“, die Vernetzung gebäudetechnischer Systeme mit Infrastrukturen (z.B. dem Stromnetz in Form des „Smart Grids“) und die online Verarbeitung von Messdaten aus Gebäuden (z.B. Services zur Optimierung der Betriebsführung von Anlagen) genannt. Der letzte Punkt rückt durch heutige Möglichkeiten im Bereich der Datenanalyse (Stichwort: „Big Data“) sowie die fortschreitende Entwicklung im Bereich der Vernetzung von Geräten (Stichwort: „Internet der Dinge“) zunehmend ins Zentrum von Forschungsaktivitäten. Aufgrund ihrer Relevanz werden in den beiden folgenden Abschnitten Entwicklungstrends in der Gebäudetechnik aus den Perspektiven „Energie“ und „Digitalisierung“ erläutert, bevor abschließend auf Herausforderungen bei der Umsetzung von Innovationen eingegangen wird.

2 Das Haus der Zukunft aus der Perspektive „Energie“

Die Ergebnisse der Klimakonferenz COP21, die im Herbst 2015 in Paris stattfand, zeigen ein globales Ansinnen zur Dekarbonisierung von Volkswirtschaften. Die Europäische Kommission hat im Rahmen ihrer „2050 Low Carbon Economy Roadmap“ [3] das Ziel festgesetzt, bis zum Jahr 2050 die CO₂-Emissionen in der EU um 80 % im Vergleich zum Bezugsjahr 1990 zu senken. Zur Zielerreichung müssen substantielle Anstrengungen im Gebäudebereich unternommen werden, um CO₂-Emissionen durch deren Bau und Nutzung massiv zu reduzieren. Für den Bereich „Wohnen und Dienstleistungen“ gibt die Kommission in der 2050 Roadmap beispielsweise ein Reduktionsziel von etwa 90 % an.

Wesentliche Faktoren sind dabei der Energieverbrauch sowie die Energieversorgung von Gebäuden. Letztere basiert in Europa zu einem Großteil auf fossilen Energieträgern. Somit sind sowohl die Reduktion des Energieverbrauchs in Gebäuden, in Form der Reduktion des Primärenergiebedarfs, als auch die Substitution fossiler Energieträger

durch erneuerbare Energieträger zentrale Ansätze für diese Zielerreichung. Beide Stoßrichtungen spiegeln sich im wichtigsten legislativen Instrument der EU-Kommission, der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden („Gebäuderichtlinie“) [4] sowie der darauf aufbauenden nationalen OIB-Richtlinie 6 [5] wider. Die EU-Richtlinie schreibt ab 2021 im Neubau sogenannte „Niedrigstenergiegebäude“ verpflichtend vor. Die bis dahin in Österreich zu erreichenden Kriterien (Energiekennzahlen) für „Niedrigstenergiegebäude“ bzw. „größere Renovierungen“ sind im sogenannten „Nationalen Plan“ des OIB [6] festgelegt.

Bemerkenswert ist, dass mit der aktuellen OIB-Richtlinie 6 vom März 2015 eine zweite Variante zur Nachweisführung beim Heizwärmebedarf (HWB) eingeführt wurde, nämlich unter Berücksichtigung des sogenannten Gesamtenergieeffizienz-Faktors (fGEE) [7]. In den Gesamtenergieeffizienz-Faktor gehen auch die Art und der Umfang der eingesetzten gebäudetechnischen Systeme (z.B. Nutzung erneuerbarer Energien, Einsatz von Lüftungssystemen...) ein. Laut der Richtlinie darf bei verstärkter Nutzung erneuerbarer Energien und dem Einsatz energieeffizienter gebäudetechnischer Systeme (ausgedrückt durch einen niedrigen fGEE Wert) ein höherer HWB angesetzt werden. Zum Beispiel gilt für ein neu errichtetes Wohngebäude im Jahr 2020 mit einer charakteristische Länge (l_c) von 1,25 ein maximaler Heizwärmebedarf HWB_{max} von 54 kWh/m² statt 34 kWh/m²a, wenn gleichzeitig der Wert des Gesamtenergieeffizienz-Faktor fGEE nicht größer als 0,75 ist [6]. Es darf somit ein höherer Energiebedarf für die Raumheizung vorliegen, wenn eine effiziente und ökologische Energiebereitstellung gegeben ist.

Somit stellt sich die Frage der richtigen Balance zwischen Energieverbrauchsreduktion durch Maßnahmen am Gebäude und aktiver Nutzung von erneuerbaren Energien. Die grundlegende Meinung besteht heute darin, zunächst den Primärenergiebedarf eines Gebäudes so weit wie möglich zu senken und den verbleibenden Energiebedarf durch erneuerbare Energieträger zu decken bzw. zukünftig auch überschüssige Energie zu erzeugen (Plusenergiegebäude) [8]. Durch die Primärenergiereduktion wird gleichzeitig der Deckungsgrad mit erneuerbaren Energieträgern erhöht. Sehr oft wird auch die Wirtschaftlichkeit von Gebäuden, bezogen auf deren Lebenszyklus, als Entscheidungskriterium genannt [9, 10]. Die Balance zwischen Maßnahmen an der Gebäudehülle und dem Einsatz erneuerbarer Energien sollte demnach so abgestimmt sein, dass sich unter Einhaltung der vorgeschriebenen oder festgesetzten Energiekennzahlen eine hohe Wirtschaftlichkeit des Gebäudes über den Lebenszyklus ergibt. Diese Fragestellung ist auch bei Sanierungsmaßnahmen zentral. Der IEA EBC Annex 56 „Cost Effective Energy and Carbon Emission Optimization in Building Renovation“ beschäftigt sich zum Beispiel eingehend mit diesem Thema [11].

Aufgrund der Relevanz der Energiethematik in Gebäuden wurden parallel zu den

gesetzlich vorgeschriebenen Standards unterschiedliche Gebäudeenergiestandards auf Basis von Kennzahlensystemen entwickelt, die mitunter auch zertifiziert werden können (freiwillige Maßnahmen). Beispielhaft genannt seien der etablierte „Passivhausstandard“ [12], das „Minergie-Haus®“ in der Schweiz [13], der „klimaaktiv Standard“ in Österreich [14] bzw. der „KfW Effizienzhausstandard“ [15] und der „Sonnenhausstandard“ [16] in Deutschland. Des Weiteren wurde in den letzten Jahren das Konzept des „Aktivhauses®“ [17] entwickelt sowie im Rahmen eines deutschen Förderprogramms der Begriff „Effizienzhaus Plus“ [18] für Plusenergiegebäude geprägt. Auch die Begriffe „3-Liter-Haus“ bzw. „1-Liter-Haus“ entsprechend eines Heizölverbrauchs pro Quadratmeter und Jahr werden verwendet, es gibt für diese Begriffe jedoch keine eindeutig festgeschriebenen Definitionen. Wenngleich die Notwendigkeit zur Entwicklung und Umsetzung von energieoptimierten Gebäudekonzepten außer Frage steht, werden derzeit mitunter unterschiedliche Konzepte und Lösungsrichtungen für die Zielerreichung verfolgt.

2.1 Zugänge und Gegensätze

Um die zuvor genannten gesetzlich vorgeschriebenen sowie freiwilligen Kriterien bezüglich des Energieverbrauchs in Gebäuden zu erreichen, gibt es in der wissenschaftlichen Literatur und in der architektonischen und ingenieurmäßigen Praxis durchwegs konträre Grundgedanken und Zugänge, die jedoch allesamt Lösungen hervorbringen können, die den zuvor skizzierten Anforderungen gerecht werden. Nachfolgend werden einige dieser Zugänge aufgezeigt und anschließend werden Beispiele vorgestellt. Die dargestellten Zugänge und Ansätze sind nicht exakt abgrenzbar und teilweise existieren auch keine klaren Definitionen für die verwendeten Begriffe, obgleich diese in der Literatur sehr wohl Verwendung finden. Ein bestimmtes Gebäude kann somit Eigenschaften mehrerer Kategorien aufweisen. Das Ziel der nachfolgenden Ausführungen besteht nicht darin, exakte Definitionen zu geben oder zusammenzufassen (teilweise sind diese vorhanden, teilweise nicht). Vielmehr soll die Vielfältigkeit und Komplexität der Thematik dargestellt werden. Grundsätzlich stellen die angeführten Ansätze in ihrer Gesamtheit eine wichtige Basis für die Entwicklung des Hauses der Zukunft dar. Die letztendliche Wahl des Zuganges sollte unter Berücksichtigung des Kontexts erfolgen, in dem ein Gebäude errichtet wird (z.B. Ziele des Bauherren, beabsichtigte Nutzung, Vision des Architekten, kulturelle und soziale Rahmenbedingungen, Standort, klimatische Bedingungen, lokal verfügbare Ressourcen, verfügbare Infrastruktur etc.).

2.1.1 High-Tech vs. Low-Tech

Seit mehreren Jahren findet eine zunehmend intensiver werdende Auseinandersetzung mit der Frage statt, ob eine hohe Nachhaltigkeit von Gebäuden durch den bewussten Einsatz technischer Anlagen (High-Tech) oder durch eine gezielte Reduktion des Einsatzes von Technik (Low-Tech) erreicht werden soll (für letztere Variante muss

das Gebäude so entworfen sein, dass die Technik-Reduktion möglich ist). Diese Fragestellung ist momentan Gegenstand von Forschungsprojekten und Studien (z.B. [19 bis 21]). Eine umfangreiche Auseinandersetzung mit den Begriffen „High-Tech“ und „Low-Tech“ ist beispielsweise in [21] zu finden. Die Schlussfolgerungen in dieser Vorstudie beruhen auf Aussagen von 22 namhaften Architekten, Ingenieuren und Wissenschaftlern. Aufgrund fehlender allgemeingültiger Definitionen ergab sich ein sehr breites Spektrum an Meinungen und Assoziationen zu den Begriffen „High-Tech“ und „Low-Tech“. In der Zusammenfassung dieser Vorstudie sind folgende interessante Ergebnisse zu finden (siehe [21], Seite 1):

- Es besteht Einigkeit darüber, dass Gebäude heute ein gewisses Maß an Technik brauchen.
- Eine Unterscheidung zwischen „High-Tech“ und „Low-Tech“ ist kritisch zu hinterfragen, solange es Unterschiede bei den betrachteten Systemgrenzen gibt.
- Es besteht eine Konkurrenz zwischen kulturellen Nachhaltigkeitszielen, die mit geringer technischer Ausstattung verbunden werden, und ökologischen Nachhaltigkeitskonzepten, welche die Ziele derzeit durch technische Lösungen erreichen.
- Neben funktionalen Aspekten spielen bei der Frage nach mehr oder weniger Technik auch emotionale Faktoren eine Rolle.
- Gebäude können sowohl mit geringer als auch mit hoher technischer Ausstattung ein Leben mit einem geringen Primärenergiebedarf und CO₂-Ausstoß ermöglichen.

In [21] wird außerdem eine Entscheidungsmatrix in Bezug auf Technik im Gebäude vorgestellt. Dabei wird zwischen vier Kategorien differenziert: Low-Tech (passiv), Hybrid Low-Tech (aktiv und passiv), High-Tech (aktiv) und High-Tech (passiv). Dies zeigt, dass High-Tech und Low-Tech Ansätze sowohl als Passiv- als auch Aktivhäuser (siehe Abschnitt 2.1.2) umgesetzt werden können. Bemerkenswert ist allerdings, dass für den Low-Tech Ansatz immer passive Nutzungskonzepte vorausgesetzt werden. Diese werden bei Bedarf mit aktiven Komponenten ergänzt. Mögliche Ansätze für eine Interpretation der Begriffe High-Tech und Low-Tech Gebäude sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Mögliche Ansätze für eine Interpretation der Begriffe High-Tech und Low-Tech Gebäude

High-Tech	Low-Tech
Gebäudetechnische Systeme sind zentraler Teil eines gesamtheitlichen Gebäudekonzepts und ein Schlüsselkriterium zur Erreichung der gesteckten Performanceziele.	Passive Strukturen des Gebäudes (z.B. die Gebäudehülle, Speichermassen etc.) übernehmen wesentliche Eigenschaften zur klimatischen Konditionierung des Gebäudes. Der Umfang gebäudetechnischer Systeme wird dadurch auf ein notwendiges Minimum reduziert und mittels einfacher Systemkonfigurationen realisiert.
Intelligente Produktion (mitunter mehr Energie als zur Nutzung gebraucht) und intelligenter Verbrauch von Energie unterstützt durch technische Systeme.	Konsequente Reduktion des Verbrauchs bzw. ein Auskommen mit möglichst wenig Energie.
Vernetzung von Gebäuden miteinander bzw. mit anderen technischen Systemen (z.B. Elektrofahrzeugen, Smart Grid etc.).	Konzentration auf das Gebäude selbst.
Optimierung der Betriebsführung und Effizienz der technischen Systeme durch Einsatz mikroelektronischer Systeme und ICT.	Einfache Systeme zur Steuerung und Regelung des Gebäudes (z.B. mechanische Betätigung). Einfache Regelstrecken.
Einsatz von High-Tech Materialien und aufwändiger Konstruktionen zur Minimierung von Verlusten.	Verwendung natürlicher, ökologischer Baustoffe und einfacher Konstruktionen.

2.1.2 Aktiv vs. Passiv

Eine weitere Differenzierung, die in der Literatur oftmals zu finden ist, kategorisiert in „Passivgebäude“ und „Aktivgebäude“. Aktivgebäude werden dabei mitunter als eine Weiterentwicklung bisheriger Gebäudestandards [22] und damit auch des Passivhauses gesehen. Aktivgebäude produzieren im Mittel einen hohen Anteil oder sogar mehr Energie als für deren Nutzung benötigt wird. Dazu müssen sie hohe bautechnische Standards aufweisen bzw. werden auch bei Aktivhäusern passive Maßnahmen eingesetzt [23]. Während für den Gebäudestandard „Passivhaus“ wohldefinierte Kriterien in Form eines Kennzahlensystems vorliegen (z.B. Heizwärmebedarf <15kWh/m²a nach PHPP) [24], existiert ein derartiges Kennzahlensystem für Aktivgebäude derzeit noch nicht. Der Verein AktivPlus e.V. hat sich jedoch zum Ziel gesetzt, einen Standard für Aktivgebäude zu entwickeln [22].

Werner Sobek charakterisiert das Aktivhaus® wie folgt [25, 26]:

- Gebäude, die allein oder im Verbund mehr Energie erzeugen als sie selbst benötigen.

- Gebäude, die aktiv auf Veränderungen in Bezug auf die energetische Performance oder den Komfort der Bewohner reagieren können.
- Gebäude, die mit anderen Gebäuden, Energieerzeugern, Energiespeichern und Energieverbrauchern ein selbstorganisierendes Netzwerk bilden, mit dem Ziel der weitestgehenden energetischen Autarkie.

2.2 Beispielgebäude

Nachfolgend sind zwei Beispielgebäude angeführt, welche diametrale Zugänge zum Haus der Zukunft aufzeigen. Beide Gebäude basieren auf einem gesamtheitlichen Konzept und können richtungsweisend für zukünftige Projekte sein. Die zwei Beispiele zeigen die Vielfalt an Möglichkeiten bei der Realisierung energetisch nachhaltiger Gebäudelösungen.

2.2.1 Gebäude 2226 in Lustenau von be baumschlager eberle [27]

Ein vielzitiertes Gebäude im Kontext der Diskussion High-Tech vs. Low-Tech ist das Gebäude 2226 von be baumschlager eberle in Lustenau (Abbildung 1). Ein wichtiger Teil des Gesamtkonzeptes von 2226 ist das Energiekonzept. Mit der Umsetzung des Gebäudes soll der Beweis erbracht werden, dass ein Gebäude in Lustenau ohne konventionelle Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik betrieben werden kann ([27], Seite 48) bei gleichzeitig hohen Anforderungen an die Behaglichkeit und die Luftqualität im Gebäude (z.B. Einhaltung einer Oberflächentemperatur in den Räumen zwischen 22 °C und 26 °C über das gesamte Jahr). Dazu wurde eine Gebäudehülle mit sehr niedrigen Transmissionswärmeverlusten und einer hohen Luftdichtheit in Massivbauweise mit einer 76 cm starken Außenwand aus Ziegeln realisiert ([27], Seite 137). Somit reichen die inneren Wärmequellen aus, um in der kalten Jahreszeit das geforderte Oberflächentemperaturniveau zu halten. Durch die sehr hohe Speicherkapazität dieser Konstruktion können nutzungsbedingte Schwankungen der inneren Wärmequellen sowie extreme Außentempersituationen im Sommer und im Winter ausgeglichen werden.



Abbildung 1: Gebäude 2226, Lustenau von be baumschlager eberle; Bildquelle: © Eduard Hueber

Das Belüftungskonzept ist ein zentrales Element im Gesamtkonzept des Gebäudes. Die Belüftung erfolgt „natürlich“ nach dem Prinzip der Stoßlüftung. Auf eine kontinuierliche mechanische Be- und Entlüftung wird verzichtet. Gelüftet wird bedarfsorientiert durch automatisiertes Öffnen und Schließen von fensterhohen Lüftungsklappen, die neben den Fensterscheiben angeordnet sind (siehe Abbildung 1 rechts). Die Öffnungsintervalle für den hygienischen Luftwechsel sind derart eingestellt, dass der Lüftungswärmeverlust im Winter durch innere Wärmequellen kompensiert werden kann bzw. der Wärmeeintrag im Sommer möglichst gering ist. Im Sommerbetrieb wird das Gebäude mittels Nachtlüftung gekühlt. Gesteuert werden die Lüftungsklappen mittels eines optimierten Algorithmus auf Basis der Messung von Temperatur, CO₂ und Luftfeuchtigkeit in den Räumen, bzw. durch die Daten einer Wetterstation am Dach ([27], Seite 59). Die Beleuchtung des Gebäudes erfolgt weitgehend durch Tageslichtnutzung, was durch die optimierte Anordnung der Fenster ermöglicht wird.

Hervorgehoben wird auch die Nutzungsneutralität des Gebäudes, womit das Gebäude auch in diesem Zusammenhang als sehr nachhaltig bezeichnet werden kann ([27], Seite 166). Im Erdgeschoss des Gebäudes befinden sich eine Cafeteria und eine Galerie. Die Geschosse werden als Büros genutzt, wobei in ein Geschoss auch Wohnen integriert wird ([27], Seite 167).

Das Gebäude 2226 wird aufgrund seiner Merkmale und dem Ansatz der Zurückdrängung konventioneller Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik in der Regel mit dem Begriff „Low-Tech Gebäude“ assoziiert bzw. oft als solches bezeichnet. Laut Architekt entzieht sich das Gebäude dieser Kategorisierung. Zitat ([27], Seite 175): „ Es ist ein Lowtechgebäude im Hinblick auf die Baustoffe und es ist ein Hightechgebäude im Hinblick auf die Technik, hier vorwiegend Steuerungstechnik. Lowtech, Hightech: eine falsche Alternative. Stattdessen: ein sinnvoller Zusammenhang von Materialität und Technologie – soll ich sagen: ‚Geistigkeit‘?“

2.2.2 Aktivhaus B10 von Werner Sobek [23]

Das Aktivhaus B10 von Werner Sobek (Abbildung 2) ist Teil eines Forschungsprojektes, in dem untersucht wird, inwieweit innovative Materialien, Konstruktionen und Technologien die gebaute Umwelt nachhaltig verbessern können [23]. Ein Schwerpunkt des Projektes besteht darin, die Möglichkeiten einer Vernetzung von Nutzern, Gebäuden und Elektrofahrzeugen zu demonstrieren und zu untersuchen. Dazu ist das Gebäude so konzipiert, dass es aufgrund seiner Bauweise und der installierten technischen Systeme 200 % seines eigenen Energiebedarfs aus nachhaltigen Quellen erzeugen kann ([23], Seite 9). Die produzierten Überschüsse werden zum Laden von Elektrofahrzeugen und zur Mitversorgung eines bestehenden Nachbargebäudes verwendet. Ein Merkmal dieses Gebäudes ist dessen modulare Bauweise, die sowohl die Struktur als auch die technischen Anlagen betrifft. Letztere sind in vier

Technikmodulen (Technikracks) zusammengefasst, die flexibel miteinander bzw. mit den Raummodulen kombiniert werden können. Sämtliche Module werden vorgefertigt. Durch den hohen Modularisierungsgrad kann das Gebäude schnell und flexibel an neue Anforderungen angepasst bzw. erweitert werden. Die Komponenten des Gebäudes können zerstörungsfrei rückgebaut werden, sodass die unterschiedlichen Materialien einfach sortiert und recycelt werden können.

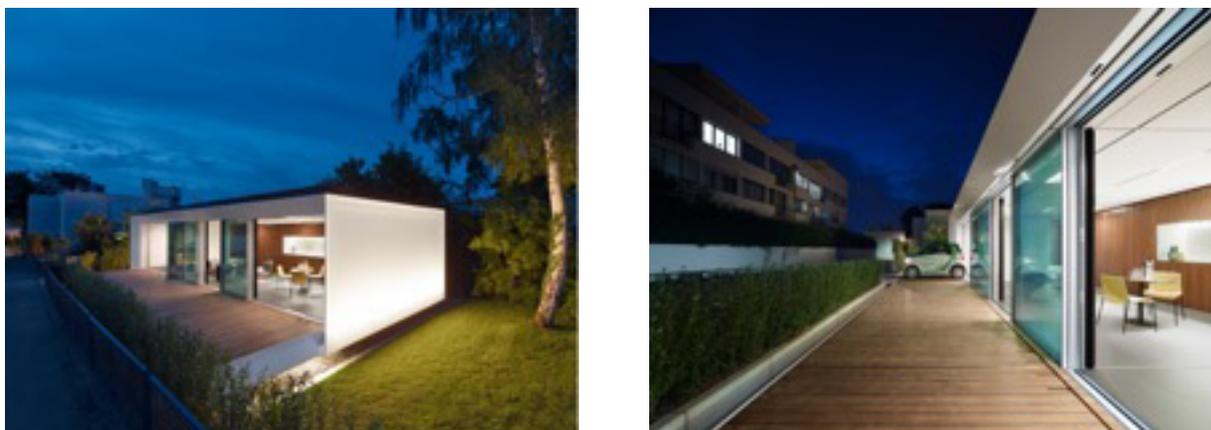


Abbildung 2: Aktivhaus B10, Stuttgart von Werner Sobek; Bildquelle: © Zooney Braun

Die Überproduktion von Energie wird sowohl durch passive Maßnahmen als auch die installierten technischen Systeme erreicht. Das Gebäude ist als hoch wärmegeprägtes Gebäude in Holztafelbauweise ausgeführt. Als Wärmedämmung werden Vakuumisolierpaneele (VIP) mit geringer Wandstärke eingesetzt und für die Glasfassade wurde ein speziell entwickeltes Vakuumisolierglas mit sehr guter Wärmedämmwirkung verbaut ([23], Seite 82).

In dem Gebäude werden folgende technische Systeme eingesetzt: Die Bereitstellung erneuerbarer elektrischer Energie und Wärme erfolgt mittels PVT-Kollektoren (Kombination aus Photovoltaik und Solarthermie). Diese dienen mitunter als Wärmequelle für eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe, die auf einen 15 m³ Eisspeicher wirkt. Der Eisspeicher ist mit der Wärmepumpe verdampferseitig verbunden, womit dem Speicher im Winter Wärme entzogen werden kann (Speicher gefriert). Das dadurch erzeugte Eis wird im Sommer zur passiven Kühlung des Gebäudes genutzt. Die PVT-Module werden außerdem zur Nachtkühlung des Gebäudes verwendet. Dazu wird ein Wärmeträger durch die thermisch aktivierten Bauteile des Gebäudes und die PVT-Module zirkuliert. Die Belüftung des Gebäudes erfolgt über ein Kompaktlüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung und mittels natürlicher Belüftung durch Öffnen der Glasfassade. Die Steuerung erfolgt automatisiert und sensorgesteuert. Die verschiedenen thermischen Systeme werden über eine Hydraulikmatrix miteinander verbunden, sodass bedarfsorientiert Wärme zwischen dem Gebäude und den verschiedenen thermischen Systemen verschoben und gespeichert werden kann. Eine Hausbatterie (Lithium-Ionen-Mangan-Phosphat) sorgt dafür, dass elektrische Energie, die nicht zum

Laden der Elektrofahrzeuge benötigt wird, gespeichert werden kann. Eine Entladung erfolgt vorzugsweise in Phasen mit hohen Stromtarifen, womit das elektrische Netz entlastet wird und die Wirtschaftlichkeit des Gebäudebetriebs steigt ([23], Seite 82). Ein prädiktives selbstlernendes Energiemanagementsystem ist das verbindende Glied aller Systeme. Die Schnittstelle zum Nutzer bildet eine App („Interface“) auf einem Tablet-PC ([23], Seite 105). Das Gebäude wird während des Forschungszeitraumes einem detaillierten Monitoring unterzogen, wobei die Ergebnisse und Auswertungen publiziert werden ([23], Seite 119). Dabei wird das Gebäude für jeweils zwölf Monate als Büro bzw. für Wohnzwecke genutzt ([23], Seite 58).

3 Das Haus der Zukunft aus der Perspektive „Digitalisierung“

Der technologische Fortschritt im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik (ICT) führt zu einer fortschreitenden „Digitalisierung“ von Gebäuden. Damit gemeint ist die zunehmende Instrumentierung von Gebäuden mit Sensoren, Aktuatoren und Benutzerschnittstellen. Diese sind untereinander sowie mit übergeordneten Kommunikationssystemen vernetzt. Die Systeme sammeln Daten über das Gebäude und die Art der Nutzung, steuern Anlagen im Gebäude bzw. stellen Nutzern Informationen zur Verfügung oder geben diesen die Möglichkeit von Inputs (z.B. Systemeinstellungen). Die Digitalisierung wird als wesentlicher Enabler für die Energie- und CO₂Reduktion gesehen, bekannt unter dem Schlagwort „ICT for Green“ [28]. Die Digitalisierung ist jedoch auch eine Basis bzw. ein Motor für die Entwicklung neuer Anwendungen und Geschäftsmodelle im Bereich Gebäude. Nachfolgend werden drei Beispielbereiche genannt, anhand derer diese Entwicklung exemplarisch illustriert wird und die momentan von intensiver Forschungstätigkeit geprägt sind.

3.1 Vernetzung von Gebäuden

Die Informationsverarbeitung im Gebäude hat sich von der Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik für Heizungs- Lüftungs- und Klimaanlage in den 1960er Jahren über die Gebäudeleittechnik zur Gebäudeautomation mit der Vernetzung aller Gebäudetechnik-Gewerke zu einem homogenen digitalen Gesamtsystem entwickelt [29]. In Zukunft werden neben den gesamten technischen Anlagen auch Möbel, Haushaltsgeräte, Smartphones und andere Dinge miteinander kommunizieren. Des Weiteren werden diese Systeme mit Infrastruktur wie beispielsweise der Energieversorgung, Mobilitätsinfrastrukturen oder mit Systemen der Güterversorgung vernetzt sein. Diese Entwicklung wird unter dem Schlagwort „Internet der Dinge“ bzw. „Cyber Physical Systems“ zusammengefasst.

3.1.1 Smart Metering und Smart Grids – Vernetzung von Gebäuden mit Energieinfrastruktur

Smart Grids zielen darauf ab, durch ein intelligentes Management von Erzeugung und Verbrauch im elektrischen Netz die Leistungsfähigkeit des Netzes zu heben bzw.

das Einspeisepotential intermittierend erzeugender erneuerbarer Energietechnologien (z.B. Windkraft oder Photovoltaik) zu steigern. Ein wichtiger Ansatz ist dabei das Demand-Side-Management (DSM), bei dem durch verbraucherseitige Maßnahmen eine Netzstützung oder -entlastung herbeigeführt wird. Gebäude stellen hierbei eine Verbraucherkategorie mit sehr viel Potential dar.

Smart Meter sind eine Enabling-Technologie für Smart Grids (Schnittstelle zwischen dem Smart Grid und dem Gebäude) und ermöglichen durch die erfassten Daten neue Geschäftsmodelle für „Third Party Provider“. Sie sind jedoch auch eine Basis zur Realisierung von Energiesparmaßnahmen in Gebäuden. Energieeinsparungen können mit Technologien rund um das Smart Meter durch Feedback an den Nutzer und damit verbundener Bewusstseinsbildung erreicht werden. Durch die breite Analyse der Energieverbrauchsdaten von Einzelhaushalten kann beispielsweise ein individuelles Feedback an den Nutzer per Smartphone abgegeben werden, welches einen Vergleich des Energieverbrauchs mit anderen ähnlichen Haushalten (Social Gaming) oder individuelle Empfehlungen für Sparmaßnahmen und Investitionen in neue energieeffizientere Geräte beinhalten kann. Durch Methoden wie Non Intrusive Load Monitoring können einzelne Verbraucher im Haushalt ohne spezielle Sensorik identifiziert werden [30]. Aus Smart Meter Daten können auch Informationen über das Nutzerverhalten abgeleitet werden. So ist es bereits möglich, mit 80% Wahrscheinlichkeit einen Haushalt als Familie oder Single zu klassifizieren [31]. In der Zukunft wird man sich vermehrt die Frage stellen, in welcher Form diese Daten verwertet werden können bzw. wie der Schutz der Privatsphäre sichergestellt werden kann.

3.1.2 „Cloud and Heat“ - Ein innovatives Beispiel für vernetzte Gebäudetechnik [32]

Ein Beispiel für ein sehr innovatives neues Geschäftsmodell ist das vom deutschen Start-Up Unternehmen „Cloud and Heat“ umgesetzte Konzept basierend auf der Vernetzung von Heizungssystemen in Gebäuden in Kombination mit dezentralen Rechenservern [33]. Dabei wird die Abwärme von Serveranlagen für das Heizen von Räumen oder zur Warmwasserbereitung verwendet. Die normalerweise in Rechenzentren gebündelten Serveranlagen werden in kleine Einheiten aufgeteilt und an verschiedenen Standorten in Häusern installiert und dienen dort als Äquivalent zum klassischen Wärmeerzeuger. Gerechnet wird dort, wo ein Heiz- oder Warmwasserbedarf besteht. Das Unternehmen bietet die Vermietung von Rechenleistung an andere Unternehmen und gleichzeitig ein günstiges Heizungssystem für Ein- und Mehrfamilienhäuser an. Es ist damit auch eine sehr energieeffiziente Lösung am Cloud Markt, da das Kühlen der Serveranlagen wegfällt.

3.1.3 Smart Home

Im Bereich Wohnen ist momentan der Trend zum sogenannten „Smart Home“ stark

ausgeprägt. Dabei sollen durch ICT-Komponenten sowohl Energieeinsparungen als auch eine Steigerung des Komforts realisiert werden. Die einzelnen Objekte, wie Bewegungsmelder oder Sensoren, vernetzen sich im Haus miteinander und kommunizieren mit dem Smartphone als Universalfernbedienung zur Steuerung der Technik im Gebäude, die gleichzeitig auch Feedback von den einzelnen Geräten erhält [34]. Mit dieser Entwicklung werden mitunter klassische Installationen obsolet werden, indem weniger verkabelt und mehr über Drahtlosnetzwerke kommuniziert wird. Die Funktionen eines Smart Home umfassen die Teilbereiche Heimautomation, Smart Metering, Automatisierung und Vernetzung der Haushaltsgeräte, vernetzte Unterhaltungselektronik und Sicherheit (Schutz vor Einbruch oder Schäden in Abwesenheit). Die größten Herausforderungen in diesem Bereich liegen in der Datensicherheit und beim Schutz der Privatsphäre.

3.2 Ambient assisted living (AAL)

Die alternde Gesellschaft führt zu zahlreichen Herausforderungen wie steigende Gesundheitskosten, dem Wunsch möglichst lange unabhängig in den eigenen vier Wänden zu leben, die Zunahme an altersbedingten Krankheiten oder dem Mangel an qualifizierten Pflegekräften [34, 35]. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, wurden zahlreiche Forschungsaktivitäten im Bereich altersgerechter Assistenzsysteme (ambient assisted living) gestartet. Der Trend wird durch die enormen und raschen Weiterentwicklungen der Schlüsseltechnologien für AAL wie Smart Home, tragbare Sensorik und Robotik beschleunigt und unterstützt.

Die Assistenzsysteme werden unter anderem Aufgaben in folgenden Bereichen übernehmen [35]:

- Sicherheit: Monitoring der Vitalfunktionen, Sturzerkennung, automatische Alarmierung von Hilfskräften
- Komforterrhöhung: Medikamentenmanagement, Unterstützung bei alltäglichen Aktivitäten, Mobilität und Automatisierung (automatisierte Möbel, automatische Steuerung gebäudetechnischer Systeme wie Licht, Fenster, Heizung, Lüftung...)
- Unterhaltung und Kommunikation: Verbindung mit Angehörigen und Freunden

3.3 Indoor Navigation

Durch Indoor Navigation wird eine digital unterstützte Orientierung auch in Gebäuden, wo GPS etc. nicht funktioniert, möglich. Die Anwendungsfälle für diese Technologie sind sehr breit gefächert, beispielsweise der Einsatz von Robotern [36], effizientere Wartung, schnellere Evakuierung aus dem Gebäude, Orientierungshilfen für Einsatzkräfte im Falle eines Feuers [37]. Weiters sind mobile Anwendungen mit den Fähigkeiten zur Echtzeit-Lokalisierung und Indoor Navigation in Gebäuden als kontextbasierte Marketing Tools in Zukunft von großer Bedeutung [34].

In Forschungsarbeiten wird neben Sensoren am Körper oder Roboter auch auf Infrastrukturen des Gebäudes (insbesondere der Gebäudetechnik) zugegriffen, wie etwa WLAN-Netze oder im Gebäude verteilte RFID-Tags, aber auch auf digitale Gebäudemodelle (BIM). Neben digitalen Gebäudemodellen ist das Kartographieren von Gebäuden für die Indoor Navigation ein zentrales Thema. Die Schlüsseltechnologie hierzu ist Simultaneous Localization and Mapping (SLAM), wo ein mobiler Roboter während der Bewegung inkrementell eine Karte seiner Umgebung mittels Sensoren erfasst und gleichzeitig seine Position innerhalb dieser Karte bestimmt [38].

4 Herausforderungen auf dem Weg zum Haus der Zukunft

Die in den vorherigen Abschnitten vorgestellten Themenbereiche und Beispiele unterstreichen die Bedeutung des technischen Ausbaus in zukünftigen Gebäudekonzepten. Aufgrund der eingangs skizzierten technologischen Entwicklungen wird der Umfang an technischen Systemen in Gebäuden grundsätzlich zunehmen. Dies wird zukünftig noch höhere Anforderungen an die Konzeption und Planung dieser Systeme sowie deren Ausführung und Betrieb stellen. Selbst bei Low-Tech Entwürfen ist die optimale Integration der „verbleibenden“ technischen Systeme unter Berücksichtigung der Anforderungen des Entwurfs oftmals von großer Bedeutung (z.B. die Konzeption einer Steuerung für passive Lüftungsmaßnahmen). Das kann mitunter zu einer anspruchsvolleren gebäudetechnischen Planung führen als in einem Standardentwurf. Zukunftweisende Gebäudekonzepte basieren auf schlüssigen Gesamtkonzepten, in denen der technische Ausbau ein integraler Bestandteil des Entwurfes ist. Dies bedarf einer geschickten Kombination aus Lösungen und Ideen aus der Architektur, der Bautechnik und Bauphysik, der Gebäude- und Energietechnik sowie der Informatik und Informationstechnik. Dazu müssen die einzelnen Beteiligten über ihre Fachgrenzen hinausdenken. In der Zukunft wird eine verstärkte interdisziplinäre Ausbildung in den erwähnten Fachbereichen notwendig sein, um die sich ergebenden Schnittstellen beherrschen zu können. Alle vorgestellten Ansätze und Trends setzen eine gesamtheitliche Konzeptentwicklung, Planung und interdisziplinäre Herangehensweise an ein Projekt voraus.

Diesen Anforderungen gegenüber steht die momentane Situation, dass in Bauprojekten der Gebäudetechnik oft nur ein niedriger Stellenwert im Vergleich zu anderen Disziplinen eingeräumt wird. Dies äußert sich beispielsweise darin, dass die Gebäudetechnik oftmals erst spät in die Entwurfsphase eingebunden wird. Zudem wird bei Planungsleistungen in diesem Bereich oft gespart, was unweigerlich zu einer schlechten Planungsqualität führt. Gebäudetechnische Gewerke weisen viele Schnittstellen untereinander bzw. zu anderen Fachgewerken auf. Sich daraus ergebende Abhängigkeiten führen zu Systemkomplexitäten, die bei komplexen Bauvorhaben bereits heute oft nicht beherrscht werden, was in Kombination mit niedrigen Planungsqualitäten zu Zeit- und Kostenüberschreitungen führt [39].

Damit gesamtheitlich konzipierte Gebäude breit entwickelt und umgesetzt werden können, wird es ein Umdenken bzw. Veränderungen im Prozess geben müssen. Im traditionellen Baugewerbe ist noch ein stark gewerkorientiertes Denken vorhanden [29]. Durch die immer komplexeren Systeme und Anforderungen ist ein systemorientiertes Denken über die eigenen Fachgrenzen hinaus erforderlich. Der Hauptaufwand im Entwurfs- und Planungsprozess wird sich immer stärker in frühe Projektphasen (z.B. Konzeptentwicklung, Vorentwurf) verlagern. Methoden wie Building-Information-Modeling (BIM) werden diese Entwicklung beschleunigen. All dies erfordert eine partnerschaftliche Zusammenarbeit und Kooperation aller Beteiligten, die auch über Grundlagenwissen der anderen Fachbereiche verfügen müssen.

5 Zusammenfassung

Technologische Entwicklungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik führen zu neuen Produkten, Systemen und Dienstleistungen im Bereich der Gebäudetechnik. Im Zentrum stehend dabei unter anderem die Themen Energieversorgung und Digitalisierung von Gebäuden. Innovationen in diesen Bereichen werden als Basis und Schlüssel zur Bewältigung großer gesellschaftlicher Herausforderungen wie dem Klimawandel, der Urbanisierung oder der alternden Gesellschaft gesehen. Der zunehmende Grad an Technologie in Gebäuden führt jedoch vermehrt zur Frage des angemessenen und richtigen Einsatzes von Technik in Gebäuden. Dies manifestiert sich beispielsweise in der aktuellen Diskussion, ob High-Tech oder Low-Tech Gebäude der richtige Ansatz auf dem Weg in die Zukunft sind. Zahlreiche Beispiele zeigen, dass nachhaltige Gebäude auf Basis unterschiedlicher Zugänge umgesetzt werden können. Die Beispiele zeigen jedoch auch, dass eine gewerkübergreifende d.h. gesamtheitliche Konzeption und Planung notwendig ist, um die hoch gesteckten und teils widersprüchlichen Anforderungen an moderne Gebäude in einem schlüssigen Gesamtentwurf zu vereinen. In diesem Zusammenhang ist ein Umdenken erforderlich, da die Gebäudetechnik trotz ihrer Bedeutung einen zu niedrigen Stellenwert im Bauprozess hat und oft zu spät und unzureichend in Projekten berücksichtigt wird. Die Konsequenzen dieser Entwicklung zeigen sich mitunter in gestörten Bauabläufen von Großprojekten aber oftmals auch in Form unzufriedener Nutzer. Selbst wenn in einem Entwurf die Zielsetzung verfolgt wird, den Einsatz technischer Systeme zu minimieren, so müssen die verbleibenden technischen Systeme dennoch in optimaler Weise auf die architektonischen und bauphysikalischen Randbedingungen abgestimmt sein. Die integrative Herangehensweise mit einer qualitativ hochwertigen Planung unter voller Berücksichtigung des technischen Ausbaus ist damit neben technologischen Innovationen ein Schlüssel zur Realisierung tragfähiger Gebäudekonzepte, die zukünftigen Anforderungen genügen.

Literaturangaben

- [1] Europäische Kommission: Societal Challenges. Horizon 2020 - The EU Framework Programme for Research and Innovation. <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/societal-challenges>, abgerufen am: 09.09.2016
- [2] Europäische Kommission: Buildings. Energy Efficiency. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>, abgerufen am: 09.09.2016
- [3] Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050 KOM(2011) 112. Europäische Kommission. Brüssel 2011
- [4] Richtlinie 2010/31/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. 2010
- [5] OIB Richtlinie 6. Energieeinsparung und Wärmeschutz. OIB-330.6.009/15. Österreichisches Institut für Bautechnik, März 2015
- [6] OIB-Dokument zur Definition des Niedrigstenergiegebäudes und zur Festlegung von Zwischenzielen in einem „Nationalen Plan“ gemäß Artikel 9 (3) zu 2010/31/EU. OIB-330.6-014/14-012. Österreichisches Institut für Bautechnik. 28.03.2014
- [7] ÖNORM H 5050. Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. 01.11.2014
- [8] EU SET-Plan Action No 5. Issues Paper. Develop new materials and technologies for energy efficiency solutions for buildings. Europäische Kommission. 2016
- [9] Dokument zum Nachweis der Kostenoptimalität der Anforderungen der OIB-RL6 bzw. des Nationalen Plans gemäß 2010/31/EU. Österreichisches Institut für Bautechnik. 28.03.2014
- [10] Ploss, M., Brunn, M., Bachner, D., Leutgöb, K. u. Jörg, B.: Analyse des kostenoptimalen Anforderungsniveaus für Wohnungsneubauten in Vorarlberg. Studie im Auftrag des Landes Vorarlberg. 29.11.2013
- [11] Annex 56 Cost-Effective Energy & CO₂ Emissions Optimization in Building Renovation. <http://www.ecbcs.org/annexes/annex56.htm>, abgerufen am: 09.09.2016
- [12] Passivhaus Institut. <http://www.passiv.de/>, abgerufen am: 09.09.2016
- [13] Minergie. <http://www.minergie.ch/>, abgerufen am: 09.09.2016
- [14] klimaaktiv. <http://www.klimaaktiv.at/bauen-sanieren.html>, abgerufen am: 09.09.2016
- [15] Energieeffizient bauen: Das KfW-Effizienzhaus. <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Neubau/Das-KfW-Effizienzhaus/>, abgerufen am: 09.09.2016
- [16] Sonnenhaus Institut. <http://www.sonnenhaus-institut.de/>, abgerufen am: 09.09.2016
- [17] aktivhaus. <http://ah-aktivhaus.com/>, abgerufen am: 09.09.2016
- [18] Effizienzhaus Plus. <http://www.forschungsinitiative.de/effizienzhaus-plus/>, abgerufen am: 09.09.2016
- [19] Low Tech - High Effect! Eine Übersicht über nachhaltige Low-tech Gebäude: realisierte Beispiele, innovative Ansätze, Prinzipien und systemische Lösungswege. <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/low-tech-high-effect-eine-uebersicht-ueber-nachhaltige-low-tech-gebaeude-realisierte-beispiele-innovative-ansaetze-prinzipien-und-systemische-loesungswege.php>, abgerufen am: 09.09.2016
- [20] Wolfbeißer, J. u. Figl, F.: Leistbares Wohnen. LOW TECH Buildings = LOW COST Buildings?

- <https://www.noe-wohnbauforschung.at/dokumente/uploads/2229.pdf>, abgerufen am: 09.09.2015
- [21] Ritter, V.: Nachhaltiges LowTech Gebäude. Vorstudie im Auftrag der Internationalen Bodensee Konferenz (IBK). Universität Lichtenstein, 12.9.2014
- [22] Aktivplus Gebäude. <http://www.aktivplusev.de/aktivplus-gebäude/>, abgerufen am: 09.09.2016
- [23] Heinlein, F.: Aktivhaus B10 by Werner Sobek. Stuttgart: avedition 2015
- [24] Passivhaus Institut: Kriterien für den Passivhaus-, EnerPHit- und PHI-Energiesparhaus-Standard. http://www.passiv.de/downloads/03_zertifizierungskriterien_gebaeude_de.pdf, abgerufen am: 09.09.2016
- [25] Wilke, S.: B10: Aktivhaus(R). 7. Norddeutsche Passivhauskonferenz. 2015
- [26] Kosseda, V.: Empowering the Environment - Aktivhaus B10. April 2015. http://www.gaccwest.com/fileadmin/ahk_sanfrancisco/Dokumente/2014-11-18_Energieeffizienz_Portland/Company_Presentations/_7_Viola_Kosedas_-_Empowering_the_Environment_-_Aktivhaus_B10.pdf, abgerufen am: 09.06.2016
- [27] Eberle, D. u. Aicher, F.: 2226 Die Temperatur der Architektur. Portrait eines energieoptimierten Hauses. Basel: Birkhäuser 2016
- [28] Friedemann Mattern, Thorsten Staake, Markus Weiss: ICT for Green. How Computers Can Help Us to Conserve Energy. Proceedings of the 1st international conference on energy-efficient computing and networking (2010), S. 1–10
- [29] Heidemann, A. u. Schmidt, P.: Raumfunktionen. Ganzheitliche Konzeption und Integrationsplanung zeitgemäßer Gebäude. Stockach: TGA-Verlag 2012
- [30] Weiss, M., Helfenstein, A. u. Mattern, Friedemann, Staake, Thorsten: Leveraging smart meter data to recognize home appliances. 2012 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (2012), S. 190–197
- [31] Beckel, C., Sadamori, L. u. Santini, S.: Automatic Socio-Economic Classification of Households Using Electricity Consumption Data. Proceedings of the fourth ACM International Conference on Future Energy Systems (2013), S. 75–86
- [32] Cloud and Heat. <https://www.cloudandheat.com/de/>, abgerufen am: 09.09.2016
- [33] Energy Awards: Cloud & Heat Technologies (ehemals Aoterra) Energy Awards 2014: Nominiert in der Kategorie „Energie-Startup“. http://energyawards.handelsblatt.com/fileadmin/upload/Finalisten/2014/Dossier_-_2014_-_Cloud___Heat_Technologies.pdf, abgerufen am: 09.09.2016
- [34] Müller, N.: Trendbook 2015. Das Zukunftslexikon der wichtigsten Trendbegriffe. Hamburg: TrendONE 2013
- [35] Rashidi, P. u. Mihailidis, A.: A Survey on Ambient-Assisted Living Tools for Older Adults. IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics 17 (2013) 3, S. 579–590
- [36] DeSouza, G. u. Kak, A.: Vision for mobile robot navigation: a survey. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 24 (2002) 2, S. 237–267
- [37] Fischer, C. u. Gellersen, H.: Location and Navigation for Emergency Responders: A Survey. IEEE Pervasive Computing 9 (2010) 1, S. 38–47
- [38] Durrant-Whyte, H. D. u. Bailey, T. G.: Simultaneous localization and mapping: Part I. IEEE Robotics and Automation Magazine 13 (2006) 2, S. 99–108
- [39] Reformkommission Bau von Großprojekten. Komplexität beherrschen – kostengerecht, termintreu und effizient, BMVI, 2015

HANGWASSERPRÄVENTION – MÖGLICHKEITEN ZUR MINIMIERUNG VON GEBÄUDESCHÄDEN

BM Dipl.-Ing. Hans Starl

Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung

IBS Linz



Das Elementarschadenpräventionszentrum (EPZ) untersucht im Rahmen des Forschungsprojektes „Hangwasserprävention“ Möglichkeiten, um den derzeitigen Anstieg an Gebäudeschäden zu minimieren. Grunddaten für das Projekt lieferten Aufzeichnungen von sehr intensiven Starkregenereignissen mit schädigenden Auswirkungen auf Gebäude im Sommer 2016. Da sich die Pilotregionen zum Thema Hangwassermanagement alle in Oberösterreich befinden, beziehen sich nachfolgend auch alle Kennzahlen und Daten auf das Bundesland Oberösterreich. Die aufgezeichneten Unwetter bewegten sich in ihren Zugbahnen außerhalb der aus meteorologischer Sicht bekannten Unwetterzonen. Gerade deshalb waren diese Ereignisse aus Sicht der Forschung enorm aufschlußreich. Der folgende Beitrag stellt die derzeitigen Erkenntnisse bzw. den aktuellen Forschungsstand des Projektes dar. Da das Projekt noch nicht abgeschlossen ist, können sich hier in Zukunft noch Ergänzungen ergeben.

Gebäudeschäden durch Hangwasser betreffen viele Seiten: die Eigentümer bzw. Betreiber eines Gebäudes und die Versicherungen auf der einen Seite, aber auch die Einsatzkräfte (speziell Feuerwehren) und den Katastrophenfonds auf der anderen Seite. Denn viele Gebäudeschäden, die durch Hangwasser verursacht werden, sind versicherungstechnisch kaum abgedeckt. Das zeigen auch die Daten der im Sommer 2016 dokumentierten Ereignisse: Sie weisen einen erhöhten Bedarf an Mitteln aus dem Katastrophenfonds auf.[1] Alle Kosten, die nicht durch Versicherungen oder den Katastrophenfonds gedeckt sind, führen somit direkt zu enorm erhöhten finanziellen Belastungen für alle Betroffenen - zusätzlich zum durch das Wasser herbeigeführten immateriellen Schaden wie den Verlust von Gegenständen mit individuellem Wert. Darüber hinaus werden die Einsatzkräfte – allen voran die Feuerwehren – enorm gefordert:

Grund genug, um alle Energie in die Prävention solcher Ereignisse zu stecken und die Forschung diesbezüglich voranzutreiben. Für alle im Bundesland Oberösterreich tätigen Feuerwehren kann davon ausgegangen werden, dass in Jahren mit hohem

Potential an Starkregenfällen die Einsatzkräfte zu über 1000 Einsätzen¹ gerufen werden. Wie das Beispiel der Freiwilligen Feuerwehr Laakirchen zeigt: Bezogen auf die Niederschläge wurde die FF-Laakirchen im Sommer 2016 beinahe bei jedem Regen mit mehr als 20mm/30min/m² (siehe Abbildung 2 – exemplarische Regenaufzeichnungen einer privaten Messstation aus Laakirchen) zu technischen Einsätzen alarmiert (siehe Abbildung 1).

Juni				Juli			
Alarmierung	Einsatzbeschreibung	Einsatzort		Alarmierung	Einsatzbeschreibung	Einsatzort	
30.06.2016 10:21	Brand Brandmeldealarm	Fa. Lidl	■	29.07.2016 13:49	Technischer Einsatz LKW Unfall	Autobahn A1	■
24.06.2016 19:00	Brand Brandschutz beim Sonnwendfeuer	Loitesberg	■	27.07.2016 22:26	Technischer Einsatz Überflutung	Boden	■
24.06.2016 12:11	Brand	Seniorenheim Laakirchen	■	25.07.2016 15:40	Technischer Einsatz Erneut kleinräumige Überflutungen in Laakirchen	Stadtgebiet Laakirchen	■
24.06.2016 02:41	Brand Brandmeldealarm	Fa. Miba	■	25.07.2016 12:22	Brand	Autobahnraststätte Nord	■
23.06.2016 12:06	Technischer Einsatz Flugnotfall	Flugplatz Laakirchen	■	24.07.2016 05:21	Brand Garagenbrand	Schneiderhaid	■
18.06.2016 18:08	Technischer Einsatz Unwetter über Laakirchen	Stadtgebiet Laakirchen	■	23.07.2016 20:27	Technischer Einsatz Erneut zog ein schweres Unwetter über Laakirchen	Stadtgebiet Laakirchen	■
16.06.2016 09:36	Brand Brandmeldealarm	Laakirchen Papier AG	■	12.07.2016 19:20	Technischer Einsatz Kleinräumige Überflutung	Stadtgebiet Laakirchen	■
11.06.2016 07:00	Allgemein Bezirkswasserwehrbewerb	Steyrermühl	■	08.07.2016 08:57	Brand Brandmeldealarm	Laakirchen Papier AG	■
07.06.2016 07:46	Brand Brandmeldealarm	Fa. Lidl	■	02.07.2016 17:38	Technischer Einsatz Schweres Unwetter über Laakirchen	Stadtgebiet Laakirchen	■
05.06.2016 12:48	Technischer Einsatz Überflutung	Lärchenweg	■				■
05.06.2016 04:42	Technischer Einsatz PKW Bergung	Nähe Verschubbahnhof Laakirchen	■				■

■ Brandeinsatz
 ■ Unwettereinsatz
 ■ Technischer Einsatz

Quelle: FF- Laakirchen

Abbildung 1 Einsatzstatistik der FF Laakirchen Juni/ Juli 2016

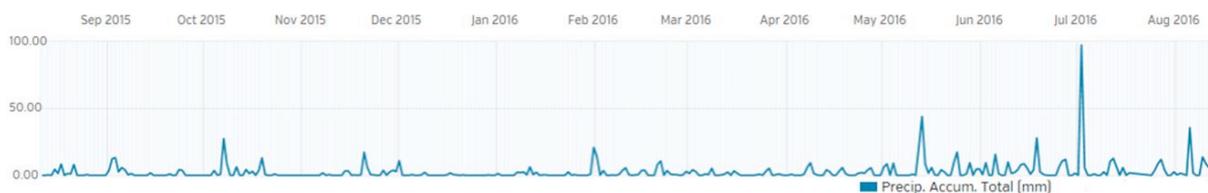


Abbildung 2 Regenmengen in Laakirchen im vergangenen Jahr in Bezug auf die Einsätze der FF
 ©wunderground.com

Die Schäden reichten dabei von überfluteten Kellern über Sturmschäden bis hin zu Schäden durch Hagelschlag. Diese Meldungen spiegeln auch jene Annahmen und Vorhersagen wieder, die im derzeit aktuellen IPCC-Bericht [2] zu finden sind und

sich mit den Auswirkungen der Klimaveränderung im Zusammenhang mit extremen Wetterereignissen auseinander setzen. Da sich diese Daten vorwiegend auf meteorologische Daten stützen, wird sowohl im Bericht aber auch bei Stellungnahmen der ZAMG und anderen anerkannten Wetterdiensten angemerkt, dass es bei gewissen Themenfeldern derzeit noch zu wenig Aufzeichnungen gibt, um beurteilen zu können, ob diese Phänomene klimawandelgebunden sind oder nur statistische Extremwerte darstellen (ZAMG).[6]

Betrachtet man unabhängig davon die Versicherungsleistungen aus den Jahresberichten des VVO [5] - vergleichend über die letzten Jahrzehnte – so kann ein eindeutiger Anstieg an Gebäudeschäden in Folge von Elementarschäden festgestellt werden. Diese Kennwerte zeigen deutlich die Handlungsnotwendigkeit und die damit verbundenen Sparpotentiale auf. Ziel des Forschungsprojektes ist daraus abgeleitet die Erarbeitung von Möglichkeiten, um die Gebäudeschäden zu minimieren und um sinnvolle Hangwasserprävention zu betreiben. Neben den Realdaten spielen Simulationen von Hangwässern eine zentrale Rolle in der Entwicklung von Präventionsmaßnahmen.

Die nun nachfolgenden Auszüge stellen einen Auszug der Ergebnisse und Arbeiten zum derzeitigen Projektstand dar und sind daher noch nicht abschließend.

1. Basisinformationen und Definition der wichtigsten Begriffe

1.1 Digitales Geländemodell

Ein digitales Geländemodell (DGM) beschreibt die Erdoberfläche in digitaler Form. Das DGM repräsentiert die Topographie ohne Vegetation und ohne Kunstbauten. Baumaßnahmen wie Straßen und Dämme, welche sich nicht vom Gelände abheben, werden dennoch im DGM abgebildet.

Das gesamte Bundesland Oberösterreich wurde projektbezogen von 2003 bis 2011 (Erstbefliegung) mit einer Auflösung von mind. 1 Punkt pro m² und einer Höhengenaugigkeit von ± 15 cm (Standardabweichung) befliegen. Seit 2012 wurde in bestimmten Bereichen bereits eine Zweitbefliegung mittels Full-Waveform Laserscanning durchgeführt. Aufgrund der fortschreitenden Technik wurde die Auflösung auf mind. 4 Punkte pro m² gesteigert, eine aufwändige Punktklassifizierung durchgeführt und eine Höhengenaugigkeit von ± 10 cm (Standardabweichung) erreicht. [3]

Das DGM stellt einen der wichtigsten Parameter der Simulationen dar.

1.2 DORIS

DORIS ist die Abkürzung für das Digitale Oberösterreichische Raum-Informations-

System. Es liefert die Grunddaten, um für die Simulationen die Rastergröße zu definieren.

1.3 Hangwasser/Sturzfluten

Unter Hangwasser versteht man jene Hochwässer, die fern jeglicher Gewässer oberflächlich abfließen und dabei teils massive Schäden verursachen. Ausgelöst werden diese Hochwässer nicht durch übergehende Flüsse, sondern durch unkontrolliert abfließende Niederschläge aus Starkregenereignissen. [1]

1.4 Maximale Wassertiefe

Beschreibt jene Höhenangaben, die die maximale Differenz zwischen Wasseroberfläche und Geländeoberfläche darstellt.

1.5 Rastergröße

Beschreibt die Zellengröße, in welche die Geländeoberfläche unterteilt wird, um darauf computergestützte Berechnungen zu ermöglichen. Die Rastergröße hängt auch von den Grunddaten ab, die von der DORIS Systemgruppe bereitgestellt werden können.

1.6 Starkregen

Für Starkregen gibt es eine Vielzahl an Beschreibungen. Im vorliegenden Projekt wird folgendes darunter verstanden: Kommen bei einem Regenereignis in kurzer Zeit große Mengen zusammen, spricht man vom Starkregen. Die Definition besagt, dass es sich ab einer Menge von 5 mm innerhalb von 5 Minuten bzw. ab 17 mm in einer Stunde um Starkregen handelt. [4] Die Angabe erfolgt in $(\text{mm}/(\text{h} \cdot \text{m}^2))$, wobei ein Liter Regen pro Stunde und Quadratmeter, einem Millimeter Regen pro Stunde und Quadratmeter entspricht.

2. Problembeschreibung

In Oberösterreich ist es in den letzten Jahren immer häufiger zu Hangwasserereignissen gekommen, die nicht nur landwirtschaftlich genutzte Flächen und Straßen betroffen haben. Viele Bilddokumentationen zeigen, dass die Abflusswege zwischen einer dieser Flächen und dem „Endziel“ – sprich den bekannten Hauptgewässern des Landes - unzählige Gebäude überflutet haben.

Liegt nun ein Gebäude entlang einer Abflusslinie und ist nicht ausreichend vor den Wassermassen geschützt, dringt das Wasser meist durch Gebäudeöffnungen in Keller und Erdgeschoßbereiche ein (siehe Abbildung 4).

Eine zusätzliche Verschärfung der Problemstellung in Bezug auf die Gebäudeschäden birgt der meist mit den Wassermassen mitgeführte Bodenabtrag in Form von sehr feinem Schlamm und anderen Bestandteilen. Diese werden meist vom landwirtschaftlich

genutzten Mutterboden ausgeschwemmt (Abbildung 3). Diese Ausschwemmungen erhöhen aufgrund ihrer Beschaffenheit zusätzlich das Schadenspotential, weil dadurch die Aufräumarbeiten erheblich erschwert und verlängert werden.



Abbildung 3 Trübung des Wassers durch Erosionsstoffe, © FF-Laakirchen/EPZ



Abbildung 4 Einsatzarbeiten an überfluteter Tiefgarage, © FF-Laakirchen/EPZ

Eine weitere spezielle Eigenschaft von Hangwasser wurde ebenfalls anhand der zugrundeliegenden Ereignisse deutlich: Die Hauptgewässer erreichten während der Ereignisse kaum den Pegelstand, der einem 30 jährigen Hochwasser entspricht. Der Grund dafür liegt darin, dass die betroffenen Einzugsgebiete meist nur sehr kleinräumig sind. Im Vergleich dargestellt war im Raum Laakirchen ein Einzugsgebiet vom Starkregen betroffen, welches weniger als 3% des Gesamteinzugsgebietes der Traun darstellt [3]. Diese Ausgangslage hat zur Folge, dass meist solche Gebäude und Gebäudeeigentümer betroffen sind, die im Regelfall auf die Gefahr „Wasser“ nicht sensibilisiert sind. Sie werden daher meist absolut unvorbereitet getroffen. Dagegen sind klassische Hochwassergebiete, wie z.B. gewisse Stadtteile der Stadt Steyr in Oberösterreich, bereits seit geraumer Zeit darauf ausgelegt, bei drohender Hochwassergefahr Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Damit überstehen sie diese meist problemlos und frei von Schaden.

Abschließend zeigen Hangwässer noch einen maßgebenden Faktor, der in Bezug auf den Gebäudeschutz zentral ist: Bei Hangwassergefährdung gibt es nur eine sehr geringe Vorwarnzeit, da der Schaden in der Regel 15 bis 45 Minuten nach Beginn der intensiven Regenfälle eintritt. Damit sind bereits im Vorfeld gesetzte, präventive Maßnahmen der einzig sinnvolle Schutz.

3. Problemstellungen und zugehörige Parameter

Die Tatsache, dass Hangwasser eine extrem komplexe Form eines Naturereignisses darstellt, spiegelt sich in den vielen Parametern wieder, die definiert werden müssen, um Simulationen bestmöglich den realen Gegebenheiten anzupassen. Nachstehend sind jene Faktoren gelistet, die aus derzeitiger Sicht die stärksten Einflüsse auf die Berechnungen ausüben:

3.1 DGM

Rastergröße:

Diese ist definiert durch die Grunddaten, die im Bundesland Oberösterreich vorhanden sind. Im Pilotprojekt wird mit einer Rasterauflösung von 0,5 x 0,5 Meter gerechnet, vergleichend dazu auch mit einer Rastergröße von 1,0 x 1,0 Meter. Die Höhengenaugigkeit (in Pkt. 1.1 beschrieben) ist abhängig von der Rastergröße, die gewählt wird. Ein Hindernis für extrem feine Auflösungen liegt in der zu verarbeitenden Datenmenge: Denn die Verkleinerung der Rastergröße um die Hälfte bedeutet je einen Anstieg der Datenmenge um den Faktor 2n.

Kleingerinne:

Die Erkennbarkeit und Durchgängigkeit von vorhandenen Gerinneverläufen bedeutet speziell in flacheren Gebieten bzw. bei sehr engen Gerinnen große Unsicherheiten in Bezug auf die Genauigkeit der Ergebnisse. Hier wird gerade evaluiert, ob die von der DORIS Systemgruppe des Landes Oberösterreich errechneten Gewässerverläufe diese Unsicherheiten beheben können.

Gebäudebestand:

In Zusammenarbeit mit der DORIS Systemgruppe des Landes Oberösterreich wird hier versucht, mittels neuer Auswertungssoftware für die Lidar-Daten den tatsächlichen Gebäudebestand automatisch aus den Rohdaten extrahieren zu können. Erste Versuche zeigen, dass dies möglich ist.

Erkennbarkeit von Kleinstrukturen:

Kleinstrukturen (z.B. Einfriedungen, etc.) stellen derzeit die größte Herausforderung bei der Erfassung für die Berechnungen dar, da nicht immer sofort erkennbar ist, welche Einfriedungen für die Simulationen maßgebend sind und welche nur eine untergeordnete Rolle spielen. Eine automatisierte Auslesung von abflussrelevanten Strukturen ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht vorhanden.

3.2 Bodenkennwerte

Bodennutzung:

Die Daten der Bodennutzung werden für die Pilotregionen bei den Feldbegehungen mit erhoben. Dort wo keine Daten vorhanden waren, werden die Daten der Invekos Datenbank des BMLFUW entnommen [10]. Vergleichend dazu werden aber immer auch „worst case Szenarien“ angenommen und berechnet.

Bodenart:

Bodennutzungsdaten werden ausschließlich der digitalen Bodenkennwertkarte von Österreich - kurz EBod Austria- entnommen [11].

3.3 Niederschläge

Die Niederschlagsmengen, die für die Berechnungen angesetzt werden stammen entweder aus Realaufzeichnungen der ZAMG-Inka- Daten [12], aus privaten Messstationen, oder es werden die Bemessungsregenspenden des hydrographischen Dienstes herangezogen [13].

3.4 Kartendarstellung und Aufbereitung

Der letzte Punkt - die Form der Darstellung in Kartendokumenten – ist von besonderer Bedeutung, um eine bestmögliche Verwertbarkeit der Simulationsergebnisse zu erreichen. Hier werden im Rahmen der Forschung ebenfalls Parameter definiert, damit die Endergebnisse bestmöglich für Planer, aber auch für Betroffene lesbar sind. Hier geht es vorwiegend darum, in welchen Klassenabstufungen - in Abhängigkeit der Abflusshöhe bzw. der Abflussgeschwindigkeit - die Ergebnisse publiziert werden.

4. Problemlösungsansätze und erste Ergebnisse

In einem ersten Schritt wurden mittels Literaturrecherchen Kennwerte ermittelt, die für Hangwasserberechnungen ausgelegt sind. Aufbauend auf den gefundenen Daten wurden und werden nun zahlreiche Berechnungen durchgeführt. Das Ziel dieser Berechnungen ist, jene Kennwerte zu definieren, welche die maßgeblichsten Einflüsse auf die Berechnungsergebnisse haben und zu begründen, warum dies so ist. Parallel dazu wurden mittels zahlreicher Feld-Begehungen die im Sommer 2016 aufgetretenen Hangwasserereignisse dokumentiert. Ziel war es, möglichst viele Anschlagmarken der Ereignisse mittels GPS-Verortung zu dokumentieren, anhand dieser die Simulationsprogramme nun kalibriert werden können.

Nachstehend werden die Ergebnisse eines Kleineinzugsgebietes dargestellt, wo es im Sommer 2016 dreimal Starkregenereignisse mit Gebäudeschäden gegeben hat. Da die Region und speziell die ortsansässige Feuerwehr schon durch die ersten Feld-Begehungen mit Mitarbeitern des EPZ sensibilisiert war, welche Daten für eine nachträgliche Weiterverarbeitung im Sinne der Forschung wichtig sind, wurden bereits beim Einsatz, ohne Mehraufwand für die Feuerwehr, viele Anschlagmarken dokumentiert und zur Verfügung gestellt.

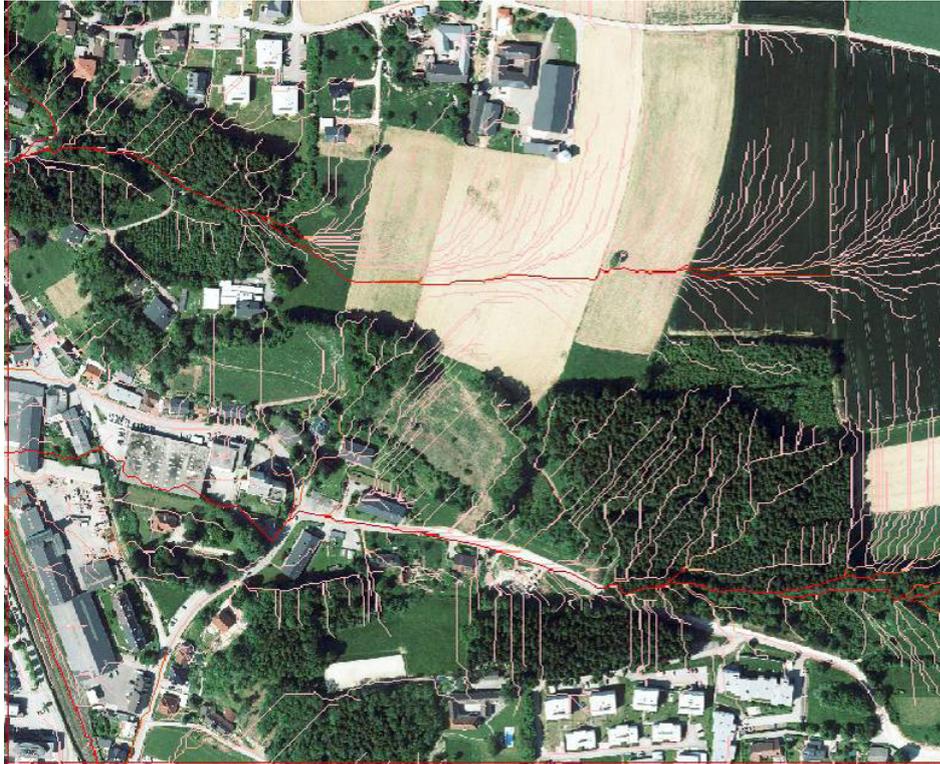


Abbildung 5
 Eine sehr einfache und schnelle Möglichkeit, um Abflusswege sichtbar zu machen. Berechnung der Tiefenlinien anhand der Werte im DGM. Bei dieser Berechnung werden aber keine Kenngrößen wie Geschwindigkeit oder Tiefe einbezogen.

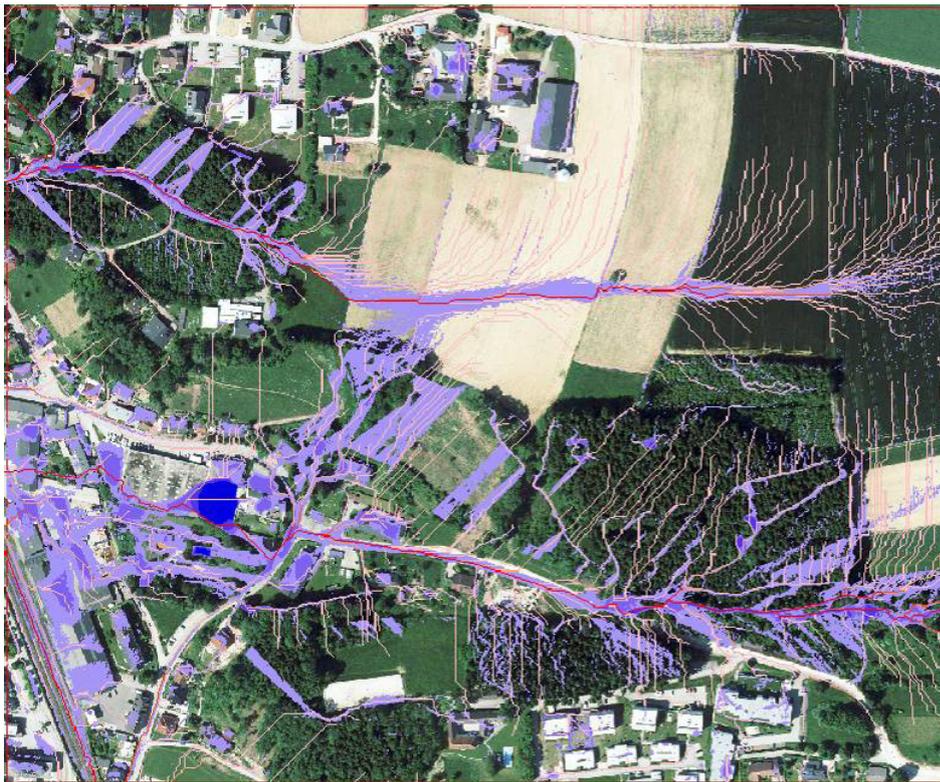


Abbildung 6
 Berechnung mittels 2D-Abflussprogramm, unter Berücksichtigung von Bodenrauigkeiten und einer Regenmenge von ca. $20\text{mm/m}^2/\text{h}$, die Abflusstiefen bewegen sich meist unter 5 cm Tiefe. Es ist bereits sichtbar, dass die Abflusswege durch dynamische Prozesse von den Tiefenlinien abweichen können. Ebenfalls gut erkennbar sind markante Tiefstellen (dunkelblauer Bereich, entspricht einer Wassertiefe von $> 1\text{ m}$) - in diesem Fall der Einfahrtbereich einer Tischlerei, die vor Ergreifen von Schutzmaßnahmen mehrmals beschädigt wurde.

Tiefenlinien abweichen können. Ebenfalls gut erkennbar sind markante Tiefstellen (dunkelblauer Bereich, entspricht einer Wassertiefe von $> 1\text{ m}$) - in diesem Fall der Einfahrtbereich einer Tischlerei, die vor Ergreifen von Schutzmaßnahmen mehrmals beschädigt wurde.

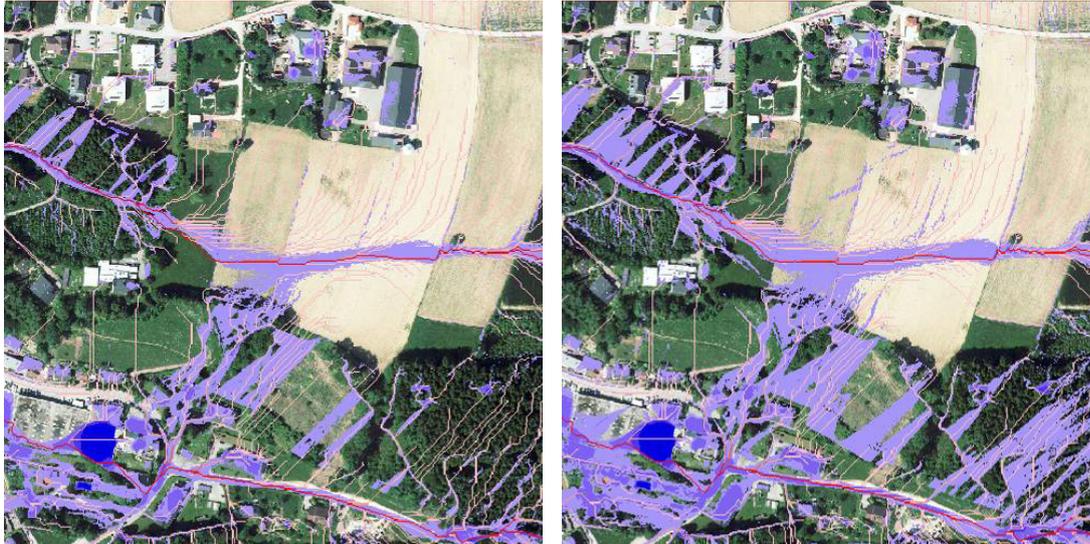


Abbildung 7a und b Die Berechnung am linken Bild zeigt die Ergebnisse für ca. 20mm/m²/h Regenereignis, die Abflusstiefen bewegen sich meist unter 5 cm Tiefe. Es ist gut zu sehen, dass am Acker aufgrund der angenommenen Infiltration noch kein Wasserabfluss erkennbar ist. Das rechte Bild zeigt bei gleichen Annahmen und einem ca. 30mm/m²/h Ereignis das beginnende Abflussverhalten entlang der Ackerfurchen.

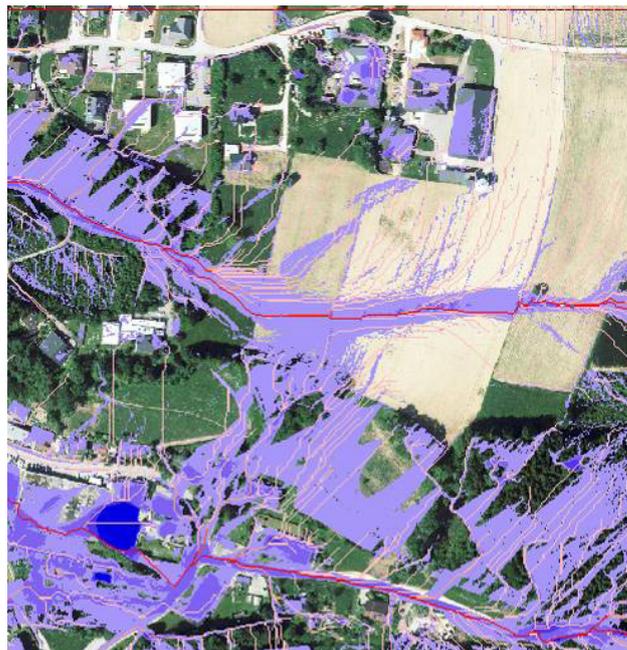


Abbildung 8 Zeigt bei gleichen Annahmen wie bei den Bildern 5a und 5b und einer Regenmenge von 45mm/m²/h das verstärkte Abflussverhalten am Ackerland.

5. Schlussfolgerungen

Nach derzeitigem Erkenntnisstand kann bereits klar dargelegt werden, dass die Ganglinie, mit der Niederschlag in das System eingerechnet wird, einer der maßgebenden Faktoren für die Abflussentwicklung und in 90% der Fälle unabhängig von der Bodenbeschaffenheit im Einzugsgebiet ist.



Abbildung 9a und 9b zeigen die realen Abflüsse zugehörig zu Abbildung 6, wo mit der gleichen Regenmenge wie beim dokumentierten Ereignis gerechnet wurde. Ebenfalls gut zu sehen: Die Zuflussstellen zum Gebäude sind in der Realität und bei der Berechnung übereinstimmend. Ebenfalls sehr oft in der Realität zu finden: Ebenerdige Lichtschächte an der hangzugewandten Seite, welche perfekte Wassereintrittsstellen ins Gebäude darstellen. (Quelle der Bilder: © FF Laakirchen/EPZ)

Jene Parameter dagegen, die sich mit den Bodenkennwerten und der jeweiligen Landnutzung überlagern, sind sehr unterschiedlich in ihren Auswirkungen. Aus derzeitiger Sicht führen aber Ungenauigkeiten im DGM, hier speziell in Nahbereichen von Kleingerinnen, zu größeren Abweichungen bei den Berechnungen, gerade wenn der Vergleich mit Realereignissen betrachtet wird.

Die Interaktion dieser beiden Hauptfaktoren wird derzeit anhand von weiteren Simulationen und umfangreichen Abgleichungen mit der Realität betrachtet, weil eindeutig darstellbar ist, dass bei „Standardeinstellungen“ von Fluidprogrammen die Ergebnisse der Simulationen an gewissen Stellen nur unzureichende Übereinstimmungen mit den Realereignissen aufweisen.

Die bisherigen Forschungsarbeiten zeigen aber auch, dass die Simulationen nur einen Schritt darstellen, um einem wirkungsvollen Schutz vor Schäden zu erreichen. Ein weiterer Schritt, der gleichzeitig neben der Verbesserung der Simulationsmöglichkeiten untersucht wird, beschäftigt sich mit diversen, meist baulichen, Schutzmaßnahmen. Die Schutzbauten, die im Einzugsgebiet errichtet wurden, sind in diesem speziellen Fall ausschließlich Schutzmaßnahmen, welche die Eigentümer meist direkt oder unmittelbar am Gebäude anbrachten bzw. errichteten. Die Spannweite reicht dabei von Sandsäcken bis hin zu Dammbalkensystemen und Grundstückseinfriedungen. Der Nutzen dieser Maßnahmen wird aktuell auf ihre Wirksamkeit im Eintrittsfall geprüft. Da zum derzeitigen Zeitpunkt noch nicht alle Maßnahmen evaluiert wurden, kann noch keine Detailzusammenstellung bereitgestellt werden. Eine Tendenz bei den Grundstückseinfriedungen ist jedoch erkennbar. Diese zeigt, dass die errichteten

Elemente sehr häufig positive Auswirkungen auf den Schutz bekannter Eintrittswege (in Folge vorangegangener Ereignisse) hatten. Aber aufgrund der veränderten Rahmenbedingungen kam es meist an anderen Punkten zu erneutem Wassereintritt (siehe Abbildung 10). Diese „neuen“ Eintrittswege wurden oftmals bei den Planungen der Eigentümer nicht bedacht und wurden daher bei baulichen Veränderungen nicht berücksichtigt. Da bauliche Veränderungen im Regelfall Gartenmauern bis 150 cm Höhe sind und diese gemäß OÖ Baugesetz §26 Abs. 4 [14] bewilligungsfrei und nicht anzeigepflichtig sind, werden diese meist ohne fachliche Unterstützung geplant und ausgeführt.



Abbildung 10 Das Bild zeigt eine nachträglich ausgeschnittenen Gartenmauer (erkennbar an der „frischen Schnittkante“ des Betons). Da hatte zwar gegen das Hangwasser, welches entlang der Straße geflossen ist, volle Schutzwirkung, aber gegen das Wasser, welches von der Hinterseite auf das Grundstück eintrat, staute die Mauer derart hoch, dass dadurch das Gebäude abermals geflutet wurde. (Quelle der Bilder: © EPZ)

Diese Erkenntnisse sind Grundlage dafür, dass das EPZ in Kooperation mit dem Land Oberösterreich einen Fokus auf die Erstellung von Grundlagen legt, die es Gebäudeeigentümern ermöglichen, ihr Hab und Gut bestmöglich vor Schäden zu schützen. Diese Unterstützung umfasst einfache, informelle Auskünfte, welche Bauprodukte für den Einsatz geeignet sind, bis hin zur Unterstützung bei der Konzeption und Umsetzung von Schutzmaßnahmen und sind auch ein Teil der Ergebnisse, die versucht werden zu erreichen.

Literaturverzeichnis

- [1] Oberösterreich, L. (2012-2016). Einsatzstatistik. Oberösterreich: LFK Oberösterreich.
- [2] IPCC, 2. C. (2014). IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Switzerland: IPCC, Geneva.
- [3] Systemgruppe, D. (2016). Abgerufen 08/2016 von <https://www.doris.at/themen/basiskarten/orthofotos.aspx>
- [4] UWZ. (2016). Österreichische Unwetterzentrale. Abgerufen von <http://www.uwz.at/at/de/unwetterarten/starkregen>
- [5] Versicherungsverband, V. Ö. Jahresbericht 2010ff. Wien: VVO
- [6] ZAMG. (08/2016). Klimaforschung. Abgerufen von <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimavergangenheit/neoklima/niederschlag>
- [7] ZAMG. (08/2016). Klimaforschung. Abgerufen von <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimazukunft/europa/extremereignisse>
- [8] <http://www.uwz.at/at/de/unwetterarten/starkregen>
- [9] <https://www.doris.at/themen/basiskarten/orthofotos.aspx>
- [10] <https://www.bmlfuw.gv.at/land/direktzahlungen/Invekos.html>
- [11] http://gis.lebensministerium.at/eBOD/frames/index.php?&gui_id=eBOD
- [12] ZAMG. (08/2016). Wetter. Abgerufen von <https://www.zamg.ac.at/incaanalyse/>
- [13] BMLFUW, Hydrographischer Dienst, (07/2016), Abgerufen von <http://ehyd.gv.at/#>
- [14] <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LROO&Gesetzesnummer=10000411&ShowPrintPreview=True>

PRÄVENTIVE KONSERVIERUNG HISTORISCHER GEBÄUDE MITTELS ZERSTÖRUNGSFREIEM BAUTEILMONITORING

Univ.-Prof. DI Dr.-Ing. Markus Krüger
Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie
TU Graz



Abstract

Im Rahmen des DBU-Projekts „Modellhafte Konservierung der anthropogen umweltgeschädigten Felsenkapellen von St. Salvator (Schwäbisch Gmünd) in Verbindung mit der Ermittlung eines neuen Steinkonservierungsmittels zur Anwendung in nassem Umfeld“ wurden am St. Salvator umfangreiche Dauerüberwachungsmaßnahmen vorgenommen. Unter anderem wurden mittels eines drahtlosen Monitoringsystems umfangreiche Messungen insbesondere zu den klimatischen Verhältnissen in den Kapellen des St. Salvators durchgeführt. Im vorliegenden Artikel werden die Grundlagen zur instrumentierten Dauerüberwachung mittels drahtloser Sensornetze zur präventiven Konservierung am Beispiel der Felsenkapelle St. Salvator in Schwäbisch Gmünd vorgestellt und die Besonderheiten diskutiert, die auch bei der Weiterentwicklung des Monitoringsystems berücksichtigt wurden.

Keywords: Klimamonitoring, präventive Konservierung, instrumentierte Dauerüberwachung, drahtlose Sensoren

Einleitung

Grundsätzlich unterliegt jedwede Bausubstanz der Alterung, d.h. der Bauwerkszustand verschlechtert sich in der Regel kontinuierlich. Einzig die Geschwindigkeit des fortlaufenden Zerfalls hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab und es ist Aufgabe der mit dem Erhalt und der Pflege beauftragten Personen, schädigende Einflüsse zu minimieren. Dabei wird insbesondere der Erhalt historischer Bausubstanz vor dem Hintergrund nur begrenzt zu Verfügung stehender finanzieller Mittel und auch neuer Herausforderungen zunehmend schwieriger. Zu diesen Herausforderungen zählen beispielsweise die Anforderungen an Energieeinsparung und Nachhaltigkeit, Wohnbedürfnisse und deren individuelle Veränderung sowie die nach bisheriger Kenntnis kaum mehr abzuwendenden Einflüsse aus der Klimaveränderung. Nicht zuletzt auch aufgrund der Vielzahl von fehlgeschlagenen bzw. kontraproduktiven Sanierungs- und Konservierungsmaßnahmen an historischen Bauwerken ist eine Sensibilisierung gegenüber tiefgreifenden Maßnahmen am Objekt in den letzten Jahren zu verzeichnen, weswegen zunehmend Maßnahmen unter dem Begriff der präventiven

Konservierung ergriffen werden. Ziel der präventiven Konservierung ist die Erkennung, Vermeidung oder Reduktion von schädigenden Einflüssen auf das historische Objekt sowie das Schaffen eines optimalen Umfelds, ohne dass wesentliche Eingriffe in die vorhandene Bausubstanz vorgenommen werden.

Als eine unverzichtbare Voraussetzung für angedachte Erhaltungsmaßnahmen ist zunächst eine zuverlässige Kenntnis des Bestandes und dessen Zustands. Des Weiteren ist das Wissen um den baugeschichtlichen Hintergrund von Bedeutung und es ist eine Abschätzung vorzunehmen, welche Auswirkungen die geplanten Maßnahmen auf die Substanz haben könnten. Der letztgenannte Aspekt gestaltet sich dabei durchaus schwierig, da insbesondere bei historisch bedeutsamen Objekten der Bewertungszeitraum sowohl in der Vergangenheit als auch zukünftig in der Regel sehr lang ist. Auch kleine Veränderungen, die bei kurzen Einwirkungsdauern vielleicht unkritisch sind, können über einen längeren Zeitraum signifikante Auswirkungen haben. Es besteht daher in einem hohen Umfang eine Unsicherheit in der Bewertung der tatsächlichen Einwirkungen auf das Bauwerk wie auch den Auswirkungen. Aufgrund dieser Unsicherheiten besteht zunehmend Bedarf an systematischen und objektiven Untersuchungsmethoden, welche über längere Zeiträume eine Charakterisierung von Einwirkungen und Auswirkungen ermöglichen.

Die rasant fortschreitende Entwicklung von kostengünstigen Sensortechnologien ermöglicht zunehmend eine instrumentierte Dauerüberwachung einer Vielzahl von Bauwerken. Ziel ist es hierbei, sowohl Einwirkungen aus der Umwelt, als auch direkt deren Auswirkung auf die Materialien oder die Bauwerksstrukturen zu erfassen. Ein Bauwerksmonitoring ist für verschiedene Fragestellungen interessant. Beispielsweise kann eine Beobachtung fortlaufender Bauwerksschädigungen vorgenommen werden. Es lassen sich aber auch das Tragwerkverhalten oder aber die Energieeffizienz im Hinblick auf raumklimaregulierende Maßnahmen und die Komfortbedingungen für den Nutzer bewerten. Für solche Fragestellungen ist es in der Regel erforderlich, an mehreren Messorten diverse Messparameter nicht nur zu erfassen, sondern auch zu überwachen und weiter zu analysieren. Ziel der instrumentierten Dauerüberwachung sollte es schließlich sein, eine möglichst objektive Bewertung anhand von konkreten Messergebnissen vorzunehmen und nicht nur Messdaten in ihrer Rohform zu liefern. Im vorliegenden Beitrag wird ein kleiner Ausschnitt zum Einsatz von Sensorsystemen und geeigneten Sensortechnologien insbesondere für den Bereich historischer Bauwerke präsentiert, wobei explizit die Anwendung eines solchen Systems am Beispiel des St. Salvators diskutiert wird. Zudem wird in Grundzügen erläutert, welche Analysemöglichkeiten für die Datenauswertung im Rahmen eines Bauwerksmonitorings bestehen und welche Bedeutung ein Monitoring im Rahmen der präventiven Konservierung haben kann.

1. Instrumentierte, drahtlose Dauerüberwachung

In den letzten Jahren wurden verstärkt Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in Hinblick auf einfach und minimalinvasiv zu installierende Messsysteme für die instrumentierte Dauerüberwachung unternommen. Insbesondere in Hinblick auf denkmalgeschützte Bauwerke liegt es auf der Hand, autonom arbeitende Systeme zu verwenden, welche keinen übermäßigen Installations- und Verkabelungsaufwand und zudem möglichst keine externe Stromversorgung benötigen. Mittlerweile ist kommerziell bereits eine Vielzahl verschiedener, batteriebetriebener Messdatenlogger verfügbar, die es ermöglichen, in programmierbaren Zeitintervallen relevante Parameter wie z.B. Temperatur oder Feuchte zu erfassen und zu speichern. Die Datenlogger werden nach einem bestimmten Messzeitraum dann manuell ausgelesen und die Daten ausgewertet. Bedingt durch das diskontinuierliche Auslesen eignen sich Datenlogger ausschließlich für die nachträgliche Analyse, was auch oftmals ausreichend ist. Allerdings gibt es auch Anwendungsfälle, in denen Bedarf an einer quasi Echtzeitanalyse relevanter Messparameter besteht, da solche Parameter als Indikatoren für eine aktive Beeinflussung von Einwirkungen herangezogen werden. Die automatisierte Temperatur- und Feuchteregulierung innerhalb eines Gebäudes stellt dabei eine der klassischen Anwendungen dar. Hierfür eignet sich der Einsatz drahtloser Sensornetze, bei denen einfach gesprochen batteriebetriebene Datenlogger zusätzlich mit einem Funkmodul ausgerüstet werden, über welches dann die Daten drahtlos an Zentralrechner, Steuer- und Regeleinheiten oder zum Endnutzer übertragen werden können, um so eine reaktive Aktion einzuleiten (vgl. Bild 1). Solche Systeme finden bereits in der Gebäudeautomatisierung Verwendung bzw. können in diese integriert werden.

Im Rahmen des DBU-Projekts "Modellhafte Konservierung der anthropogen umweltgeschädigten Felsenkapellen von St. Salvator" und den Ende des Jahres 2014 durchgeführten konservatorischen Maßnahmen war, wie weiter unten noch erläutert wird, der Frage nachzugehen, wie man die vorliegende Feuchteproblematik bewerten und mit dieser zukünftig im Rahmen der präventiven Konservierung weiter umgehen soll.

Daher wurde in den Kapellenräumen ein drahtloses Monitoringsystem zur kontinuierlichen Erfassung der innen- und außenklimatischen Verhältnisse und weiterer für die Bewertung notwendigen Kenndaten installiert [Krüger 2015a, 2015b]. Weiterhin gehören dazu ein Sensor zur Erfassung der Türöffnung am Eingang der oberen Kapelle sowie Sensoren zur Erfassung der Materialfeuchte im Bereich der Nische des Beichtstuhls (vgl. Bild 4). Zu Letzteren gehören sowohl Messungen zur relativen Luftfeuchte im Bohrloch als auch direkt in den Sandstein eingebrachte Sensoren zur Bewertung der Feuchtesituation mittels der elektrischen Impedanzspektroskopie (vgl. Bild 2) [Lehmann 2011; Lehmann 2013].

Für Luftausgleichsfeuchtemessungen wurden die gleichen Sensoren eingesetzt wie für die beschriebenen Luftfeuchtemessungen. Zur Ermittlung der Materialfeuchte wurden diese jedoch in bereits vorhandene Bohrlöcher eingebettet und die Bohrlöcher versiegelt, so dass keine Außenluft direkt an die Sensoren gelangen kann. Innerhalb des vorhandenen Hohlraumes stellt sich nun in Abhängigkeit von der vorliegenden Bauteilfeuchte eine Ausgleichsfeuchte im Hohlraum ein, die in der Theorie mit der tatsächlichen Materialfeuchte korreliert. In der vorliegenden Anwendung im St. Salvator wird eine konkrete Bestimmung der Materialfeuchte über Ausgleichfeuchtemessungen aufgrund der vielfältigen Störeinflüsse allerdings nicht vorgenommen. Dennoch können einige Hinweise aus der Bestimmung der Ausgleichsfeuchte gezogen werden. So kann über die gemessene relative Feuchte in Verbindung mit der Temperaturmessung in den Bohrlöchern eine Aussage bezüglich möglicher Feuchtetransportprozesse getroffen werden. Zudem können auch anhand der Kinetik der Feuchteänderungen Hinweise auf das Vorhandensein von Salzen gefunden werden, da diese den zeitlichen Verlauf der Sorption maßgeblich beeinflussen können. Die Bestimmung absoluter Materialfeuchten ist vor diesem Hintergrund also nicht unbedingt erforderlich.

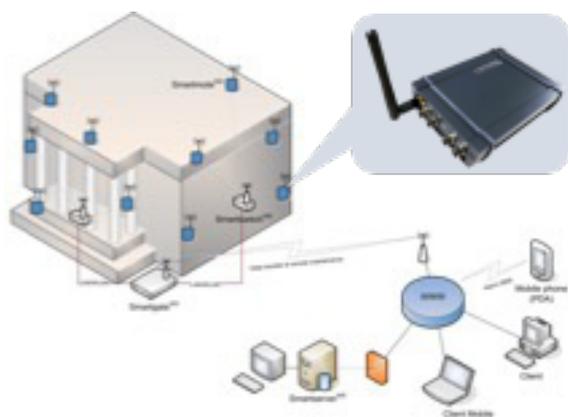


Abbildung 1 Prinzipielle Funktionsweise eines drahtlosen Sensornetzes (hier ein einfaches, sternförmiges Netz) für die Bauwerksüberwachung und drahtloser Sensorknoten.



Abbildung 2 Drahtloser Sensorknoten zur Materialfeuchtebestimmung mittels elektr. Impedanzspektroskopie

Leitfähigkeitsmessungen sind hingegen auch im überhygroskopischen Bereich der Materialfeuchte anwendbar. Bei Leitfähigkeitsmessungen wird bei einfachen Verfahren zwischen zwei eingebrachten Elektroden der elektrische Widerstand gemessen. Mit zunehmender Materialfeuchte sinkt in der Regel der Widerstand, wobei allerdings auch hier Temperatur, Salzgehalt und Salzart einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss haben können [Terheiden 2007]. Während Leitfähigkeitsmessungen mit Gleichstrom zur Bestimmung des Feuchtegehalts bei vernachlässigbar geringem Salzgehalt brauchbare Ergebnisse liefern können, besteht bei Elektrolyten wie Salzlösungen die Problematik

der Polarisierbarkeit und der Ionenwanderung bei Anlegen eines elektrischen Stroms. Eine Messung mit Gleichstrom ist bei salzbelasteten Materialien daher in der Regel nicht zielführend, vielmehr bietet sich hier die Messung mit Wechselstrom an. Den frequenzabhängigen Wechselstromwiderstand eines Materials bezeichnet man dabei als elektrische Impedanz. Die Leitfähigkeit des Elektrolyten selbst wird von der Menge der darin vorhandenen Ionen, deren Wertigkeit und Beweglichkeit bestimmt [Hamann 1998].

Die Impedanz eines Natursteins ist damit im Wesentlichen abhängig von der Materialfeuchte, dem Salzgehalt, der Salzart, der Temperatur, der Porengeometrie und der Porengrößenverteilung. Obwohl die genannten Parameter jeder für sich gesehen die Impedanz in hohem Maße beeinflussen können, können über eine Betrachtung der Impedanzänderung bei gleichzeitiger Überwachung der Umgebungsbedingungen Rückschlüsse auf die Einflussfaktoren und mögliche Veränderungen gezogen werden. Es ist allerdings auch hier anzumerken, dass eine direkte Korrelation von Impedanzmessungen mit absoluten Materialfeuchten und Salzgehalten nicht zu empfehlen ist, da eine klare Trennung der sich fortlaufend ändernden Einflüsse auf die gemessenen Impedanzen – zumindest nach dem jetzigen Stand der Forschung – nicht eindeutig vorgenommen werden kann.

Am St. Salvator wurden in der Regel im 5-Minutentakt Messwerte zu den Klimadatenpaaren aus Temperatur und relativer Feuchte der Luft erfasst und über eine sternförmige Netzwerktechnologie von den batteriebetriebenen Sensoren an eine im Bereich des Altars installierte Basisstation drahtlos übertragen. Von hier aus wurden über eine GSM-Verbindung die Daten auf einen Server übermittelt und in einer Datenbank gespeichert.

Im Laufe der Untersuchungen wurden fortlaufend weitere Veränderungen am Messsystem vorgenommen, auf die an dieser Stelle nicht näher eingegangen wird. Erwähnenswert ist jedoch der Umstand, dass die drahtlose Datenübertragung innerhalb der Kapelle nicht unproblematisch ist. Dies liegt an den hohen Feuchtezuständen des Sandsteins wie auch der generell hohen Luftfeuchte innerhalb der Kapelle, was eine drahtlose Datenübertragung massiv negativ beeinflusst und die Grenzen der drahtlosen Datenübertragung im Frequenzbereich von 2,4GHz aufzeigt. Zudem ist bei der Analyse insbesondere der Feuchtemessdaten über 90% RF der erzielbaren Messgenauigkeit besondere Aufmerksamkeit zu schenken, da mit messprinzipbedingten Fehlern der verwendeten Sensorik von bis zu 5% RF gerechnet werden muss. Hier zeigt sich, dass in der Messpraxis immer auch ein Kompromiss zwischen Kosten und Nutzen gefunden werden muss. Dies betrifft insbesondere die eingesetzte Sensorik, die Kriterien wie Langzeitstabilität aufweisen muss.

Mit den installierten Temperatur- und Feuchtesensoren konnte kontinuierlich und ohne Batteriewechsel über einen Zeitraum von mehr als vier Jahren gemessen werden. Aufgrund des geringen Stromverbrauchs konnte zudem eine Restlebensdauer der Batterie eines jeden Sensorknotens von mindestens zwei weiteren Jahren prognostiziert werden. Ausnahme hiervon bilden die Sensorknoten zur Impedanzspektroskopie, bei denen die Batterielebensdauer aufgrund des erhöhten Strombedarfs für die Messdatenerfassung und Datenübertragung bei etwa einem Jahr liegt.

2. Restaurierung und präventive Konservierung am St. Salvator in Schwäbisch Gmünd

Die Felsenkapelle St. Salvator in Schwäbisch Gmünd stellt ein bedeutsames und gleichsam schützenswertes Objekt dar, wobei als einmalige Besonderheit die direkt aus dem anstehenden Fels gehauene, und damit mit dem Salvator untrennbar verbundene Ölberggruppe hervorgehoben werden muss (vgl. Bild 3). Der Restaurierung und Konservierung der Ölberggruppe galt daher auch die primäre Aufmerksamkeit im Rahmen des vorgenannten DBU-Projekts [DBU2015].



Abbildung 3 Ölberggruppe des St. Salvators nach der Restaurierung

Nach sorgfältig durchgeführten Voruntersuchungen und der differenzierten Beurteilung der Gesamtsituation mit all seinen Teilproblematiken und der schließlich durchgeführten Steinfestigung Ende 2014 war der Frage nachzugehen, welche Maßnahmen zukünftig einen positiven Beitrag im Rahmen einer präventiven Konservierung des Objekts leisten können. Die Notwendigkeit, sich mit dieser Fragestellung differenziert auseinanderzusetzen, beruht vornehmlich auf dem Umstand, dass insbesondere in den vergangenen 5 Jahrzehnten die Schädigung insbesondere der Ölberggruppe stark zugenommen hatte. Zwar konnte mit den aktuell durchgeführten Konservierungsmaßnahmen eine Festigung der Ölberggruppe vorgenommen werden, jedoch wurde die Festigung unter konservatorischen Gesichtspunkten sehr behutsam

vorgenommen, um so nicht Fehler, wie sie bei anderen Objekten in der Vergangenheit vielfach gemacht wurden, zu wiederholen. Dies bedeutet allerdings auch, dass trotz der durchgeführten Maßnahme weiterhin ein Schädigungspotenzial insbesondere durch Salzkristallisation besteht.

Die im Folgenden diskutierten Maßnahmen zielen daher darauf ab, das Schädigungspotenzial durch Salzkristallisation auf ein Minimum zu reduzieren. Gleichwohl gilt es Problematiken wie Schimmelpilzbildung bzw. Algenbewuchs zu berücksichtigen, welche eine weitere Problematik im St. Salvator darstellt. Alle diese Schädigungsszenarien sind dabei am St. Salvator nicht grundsätzlich neu, sondern über die Jahrhunderte hinweg nur unterschiedlich in Ihrer Ausprägung. Variationen in der Ausprägung von Schädigungsprozessen sind dabei durchaus nutzungs- und nutzerabhängig.

2.1 Schädigungsrisiko durch Salzkristallisation

Nach bisherigen Erkenntnissen ist der hohe Schädigungsgrad an der Ölberggruppe vornehmlich auf Salzkristallisation zurückzuführen [Zöldföldi 2015]. Oftmals ist die Schädigung durch Salzverwitterung ein langwieriger Prozess, der zunächst nach einer anfänglichen Ruhephase und einer Aufkonzentration von Salzen im Bereich der Steinoberflächen nur geringe Schädigungen bewirkt. Nach einer längeren Initiierungsphase wird jedoch auch häufig ab einem gewissen Zeitpunkt eine starke Schädigungszunahme verzeichnet, deren Verlauf oftmals exponentiell ist. Eine exponentielle Zunahme der Steinverwitterung war auch an der Ölberggruppe im St. Salvator erkennbar, weswegen die umfangreichen Maßnahmen zur Konservierung bzw. Steinfestigung eingeleitet wurden.

Gemäß der Untersuchungen der MPA Universität Stuttgart lagen zum Zeitpunkt der Messungen für die verschiedenen Probenahmestellen im Bereich des Ölbergs sehr unterschiedliche Ergebnisse bezüglich der vorhandenen Salze und Salzkonzentrationen vor (siehe diesbezüglich auch Abschlussbericht zum DBU Projekt [DBU 2015]). Als bauschädliche Salze wurden neben Gips auch Magnesiumsulfate, Natriumsulfate sowie auch Chloride detektiert. Berücksichtigt man hierbei die vorliegenden klimatischen Verhältnisse in der oberen Kapelle, so ergibt sich anhand der Klimamessungen aus dem Jahr 2012, dass zumindest im Jahr 2012 vorwiegend mit einer nahezu durchgehenden Verdunstung von Feuchtigkeit über die Steinoberflächen auszugehen war [Krüger 2015b].

2.2 Risiko der Schimmelbildung

Als Grundlage für die Bewertung des Schimmelrisikos wurde für den vorliegenden Fall das WTA Merkblatt 6-3-08/D herangezogen, auch wenn die im Merkblatt angegebenen Konzepte eher für beheizte Räume entwickelt und die Besonderheiten

des St. Salvators nicht vollumfänglich berücksichtigt wurden [WTA 2007]. Das Merkblatt legt für übliche am Bau auftretende Schimmelpilze Isoplethensysteme für die Risikoeinschätzung bezüglich der Schimmelpilzbildung zugrunde. Unter Verwendung dieser Isoplethensysteme ist für die Risikobewertung für den St. Salvator ungeachtet der Kontamination durch Staubablagerungen die Substratgruppe I für alle organischen Materialien (z.B. Holzskulpturen, Bänke) und Substratgruppe II für die Skulpturen und die Konstruktionselemente aus mineralisch gebundenen Material zugrunde zu legen. Gemäß WTA-Merkblatt konnte abgeschätzt werden, dass in Abhängigkeit von der Temperatur bei Feuchten ab ca. 75 bis 80% RF mit einer Sporenauskeimung bzw. einem Schimmelpilzwachstum zu rechnen ist.

3. Datenvisualisierung und -analyse

Der Datenvisualisierung und der -analyse kommt im Hinblick auf den Nutzen der kontinuierlichen instrumentierten Überwachung eine besondere Bedeutung zu, wobei die zwei folgenden Anwendungsszenarien dabei zu unterscheiden sind:

- Echtzeitanalyse aktueller Messdaten (gegebenenfalls mit direkter Reaktion, z.B. aktive Klimaregulierung)
- Postprocessing aufgezeichneter Messdaten über längere Beobachtungszeiträume und Bewertung

Beide Szenarien stellen besondere Anforderungen an die einzusetzende Soft- und Hardware, da bei Langzeitüberwachungen erfahrungsgemäß immer auch fehlerhafte Messungen auftreten als auch Messdaten komplett fehlen können. Eine weitere Komplexität ergibt sich aus den in der Regel nicht zeitsynchron erfassten Datensätzen, der zeitlich unterschiedlichen Diskretisierung und der hohen Anzahl der Messdaten selbst. So ergibt beispielsweise eine Erfassung der relativen Feuchte und der Temperatur alle 5 Minuten einschl. der notwendigen Metainformationen in einer SQL-Datenbank einen Datensatz von etwa 23 Mbyte pro Jahr und Sensor, wobei allein für die Temperatur über 100.000 Messwerte pro Jahr vorliegen. Es ist offensichtlich, dass eine rein manuelle Datenauswertung hier nicht mehr möglich ist und auch die verwendeten Softwaretools in der Lage sein müssen, mit entsprechend großen Datensätzen umzugehen.

Neben der Darstellung von Istzuständen und deren Bewertung ist ein wichtiger Aspekt des kontinuierlichen Monitorings die Identifikation und Quantifizierung von Zusammenhängen bzw. Abhängigkeiten, z.B. hinsichtlich eines Schädigungsrisikos o.ä. (siehe auch Bild 5: bzw. [Krüger 2015a]).

Im Rahmen der fortlaufenden Weiterentwicklung des Monitoringsystems wurden dementsprechend Fähigkeiten zur Analyse und Datenauswertung in die Serverbasierte

Applikation integriert. War es bereits vorher möglich, die abgespeicherten Rohdaten für beliebig gewählte Zeiträume abzufragen und zu visualisieren, so erlauben es die Weiterentwicklungen, diese Daten nach Bedarf und in Echtzeit zu filtern oder abgeleitete Werte zu berechnen und darzustellen.

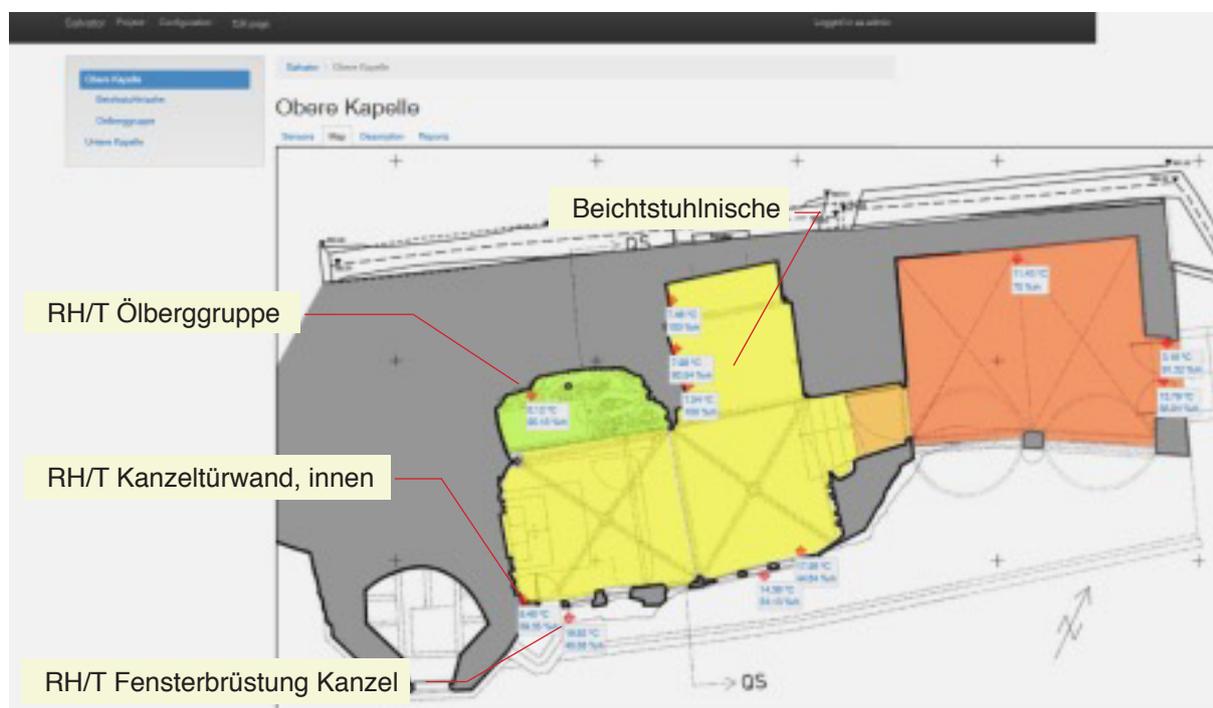


Abbildung 4 Darstellung der Sensorpositionen zur Messung der Klimadaten im Bereich der oberen Kapelle (Auszug der webbasierten Online-Visualisierung mit Sensorpositionen und aktuellen Messwerten am Objekt).

Ein einfaches Beispiel für diese Filterung wäre etwa ein Tiefpass, um stark verrauschte Sensordaten in der Darstellung nach Bedarf zu glätten. Die Fähigkeiten dieser Erweiterungen gehen aber weit über das Anwenden einzelner einfacher Filter hinaus. Verschiedene Algorithmen lassen sich kombinieren etwa um Fehler der Sensoren in den Rohdaten zu korrigieren, Mittelwerte aus verschiedenen Sensorquellen zu bilden und diese dann mit gesetzten Grenzwerten zu vergleichen um Sollwertüberschreitungen automatisch festzustellen.

Das Ergebnis einer solchen vollautomatischen Analyse kann sowohl dargestellt oder zur weiteren Verarbeitung heruntergeladen werden, als auch automatisiert in Intervallen auf die jeweils aktuellsten Messwerte angewandt werden, um etwa automatische Alarmmeldungen zu generieren und bei Bedarf per Email zu versenden.

Auch abgeleitete Werte sind so darstellbar. Mit den Erweiterungen ist es zum Beispiel möglich, die Messwerte für Temperatur und relative Feuchte naheliegender Sensoren zu kombinieren und daraus den absoluten Feuchtegehalt zu berechnen und darzustellen.

Eine andere Anwendung dieser Erweiterungen erlaubt eine Visualisierungsdarstellung

verschiedener Sensoren gegeneinander um eventuelle Korrelationen sichtbar zu machen. Dabei werden die Daten automatisch und für den Nutzer unsichtbar abgeglichen und bei Bedarf interpoliert, so dass dies selbst dann funktioniert, wenn die Sensoren zu unterschiedlichen Zeitpunkten und mit unterschiedlichen Messintervallen aufgezeichnet haben. Die genannten Beispiele stellen nur einen kleinen Auszug der möglichen Analysen und Darstellungsformen dar. Weitere Analysen der aufgezeichneten Daten können jederzeit über einen Webbrowser vorgenommen werden.

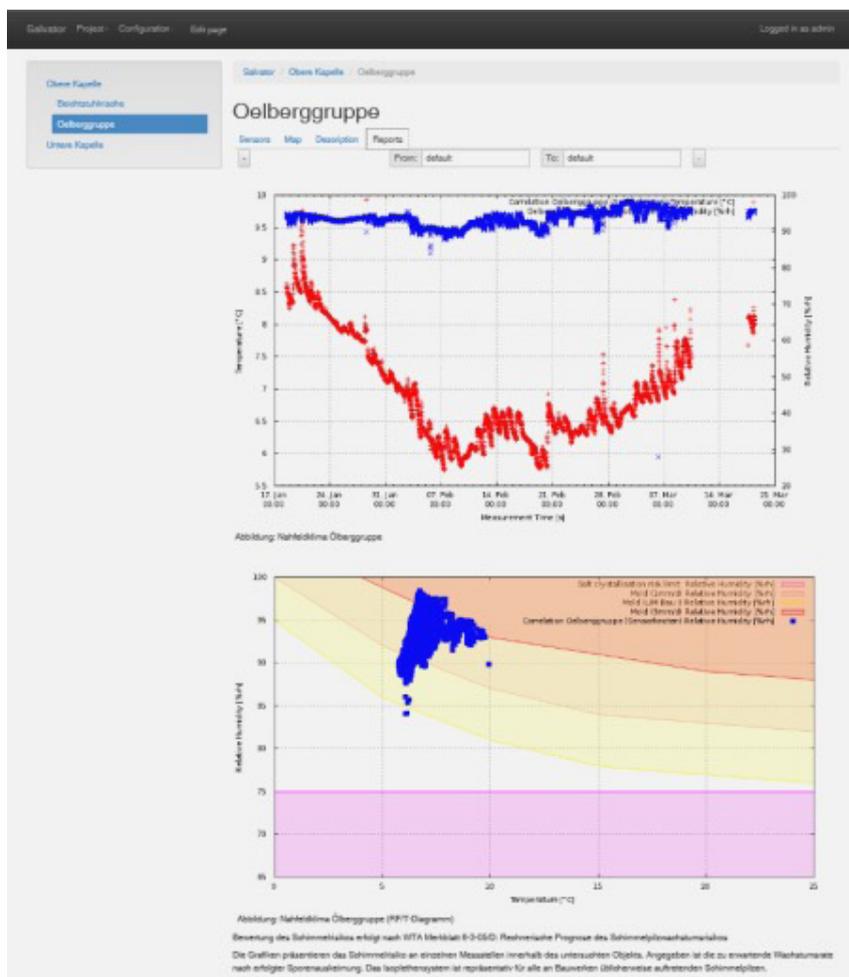


Abbildung 5
Screenshot einer Online-Visualisierung (Automatisiert generierter Report mit Risikobewertung hinsichtlich der innenraumklimatischen Verhältnisse im Bereich der Ölberggruppe)

Resümee und Ausblick

Aus den Erkenntnissen aus dem instrumentierten Monitoring wie auch den weiteren Untersuchungen der mit der Konservierung des St. Salvators betrauten Experten [Frick 2015] wurde ersichtlich, dass die Klimasituation in der Oberen Kapelle des St. Salvators vor dem Hintergrund der präventiven Konservierung und der Schadensminimierung von komplexer Natur ist. Einerseits gilt es die weitere Schädigung insbesondere der Ölberggruppe durch Salzkristallisation zu verhindern, andererseits ist eine kontinuierliche Schimmelpilzbildung nicht akzeptabel. Das Hauptproblem hierbei ist, dass mittels eines vorzugsweise einzustellenden Innenraumklimas entweder die Schädigung durch Salzkristallisation minimiert wird oder aber die Schimmelbildung.

Eine einvernehmliche Lösung zur Eliminierung beider Probleme bzw. Risiken gibt es vor diesem Hintergrund nicht.

In Anbetracht der Schimmelbildung wurde empfohlen, die Innenraumfeuchte zukünftig zu reduzieren. Gleichzeitig ist diese Feuchtereduktion auf ein Mindestmaß zu beschränken, um so das Schädigungsrisiko durch Salze im Bereich des Ölbergs gering zu halten. Zukünftig wird man vor diesem Hintergrund damit rechnen müssen, dass es trotz entsprechender Absenkung der Luftfeuchte im Raum zur Schimmelbildung im Bereich des Ölbergs bzw. im näheren Umfeld zum Ölberg wie auch im Bereich der Beichtstuhlnische kommen kann.

Verschiedene Möglichkeiten zur Minimierung des Schädigungsrisikos (z.B. die manuelle Belüftung durch Öffnung der Eingangstür oder aber die permanente Schließung) wurden im Rahmen der Projektbearbeitung diskutiert und getestet und konnten mittels des instrumentierten Monitorings hinsichtlich der Auswirkungen auf die Innenraumklimatischen Verhältnisse bereits beurteilt werden. Aktuell wird ein konkretes Konzept zur aktiven Temperierung bzw. Feuchteregelung umgesetzt, um ein stabiles Raumklima mit minimierten Schädigungspotenzial zu erzielen. Die permanente instrumentierte Überwachung ist dabei weiterhin wesentliche Grundlage, wobei eine gleichzeitige intensive Betreuung durch den mit dem Objekt betrauten Restaurator unabdinglich ist.

Literaturverzeichnis

[Krüger 2015a] Krüger, M.: Klimakonzeption zur präventiven Konservierung des St. Salvators. In: J. Frick, J. Zöldföldi (Hrsg.): „Modellhafte Konservierung der anthropogen umweltgeschädigten Felsenkapellen von St. Salvator in Schwäbisch Gmünd. Fraunhofer IRB Verlag, 2015.

[Krüger 2015b] Krüger, M, Price, E.: Monitoring des St. Salvators mit drahtlosen Sensornetzen In: J. Frick, J. Zöldföldi (Hrsg.): „Modellhafte Konservierung der anthropogen umweltgeschädigten Felsenkapellen von St. Salvator in Schwäbisch Gmünd. Fraunhofer IRB Verlag, 2015.

[Lehmann 2011] Lehmann, F., Krüger, M.: Wireless impedance measurements to monitor moisture and salt migration in natural stone. In: M. Krüger (ed.), Cultural Heritage Preservation, European Workshop on Cultural Heritage Preservation, Berlin. Fraunhofer IRB Verlag, pp. 224-231.

[Lehmann 2013] Lehmann, F., Martínez Garrido, M.I., Krüger, M.: On the advance of impedance measurements for monitoring moisture in sandstone. In: A. Troi, E. Lucchi (ed.), Cultural Heritage Preservation, Third European Workshop on Cultural Heritage Preservation, Bozen. Felix Verlag editrice, pp. 259-264.

[Terheiden 2007] Terheiden, K.: Feuchte- und Salztransport: Charakterisierung der Interaktion zwischen Porenfluid und porösem Bauwerkstoff. Dissertation, Bauhaus-Universität Weimar, 2007. ISBN 978-3-86727-455-5.

[Hamann, 1998] Hamann, C.H.; Vielstich, W.: Elektrochemie. Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 1998. ISBN 978-3-527-27894-7.

[Zöldföldi, 2015] Zöldföldi, J., Grüner, F.: Materialtechnische Untersuchungen zum Schadenszustand. In: J. Frick, J. Zöldföldi (Hrsg.) DBU-Projekt: „Modellhafte Konservierung der anthropogen umweltgeschädigten Felsenkapellen von St. Salvator in Schwäbisch Gmünd. Fraunhofer IRB Verlag, 2015.

[Frick 2015] Frick, J., Zöldföldi, J. (Hrsg.): Modellhafte Konservierung der anthropogen umweltgeschädigten Felsenkapellen von St. Salvator in Schwäbisch Gmünd, Edition: 2015, Publisher: Fraunhofer IRB Verlag.

[DBU 2015] Frick, J. et al: Abschlussbericht zum DBU-Projekt “Modellhafte Konservierung der anthropogen umweltgeschädigten Felsenkapellen von St. Salvator (Schwäbisch Gmünd)”, 2015.

DIGITALISIERUNG IM BAUWESEN – BEDROHUNG ODER CHANCE?

Univ.-Prof. DI Dr.techn. Ulrich Walder
Institut für Bauinformatik, TU Graz
AIONAV Systems AG, Bern und Graz



1 Einleitung

Das Schlagwort der „Digitalisierung“ beherrscht momentan die Debatten in allen Lebensbereichen, von der Arbeitswelt über das Bildungs- und Gesundheitswesen bis zu ganz persönlichen Lebensbereichen, sei es die Partnersuche, das Wohnen oder die Freizeitgestaltung.

Nun soll sie also auch das Bauwesen fundamental verändern; mindestens versuchen uns das selbsternannte Experten und grosse Beratungsunternehmen schmackhaft zu machen. Sie merken dabei nicht, dass, wenn die Digitalisierung diejenigen Wunder bewirken würde, die sie verspricht, sie selbst als Erste nicht mehr gebraucht würden! Auf der anderen Seite ist aber klar, dass der technologische Wandel an sich, insbesondere in der Arbeitswelt verschiedenster Branchen längst Veränderungen bewirkt hat, die auch vor dem Bauwesen nicht Halt machen werden und auch nicht sollen.

Es lohnt sich also sich mit dem Begriff der Digitalisierung, aber noch viel mehr mit den konkreten Veränderungen unserer Berufswelt und unserer Privatsphäre, näher auseinander zusetzen.

Was heisst Digitalisierung? Google liefert zum Stichwort über 5 Millionen Einträge; nachfolgend die Top- Drei:

- Wifo-Studie: Digitalisierung pflügt den Arbeitsmarkt komplett um
- Digitalisierung in Österreich: Der Fluch des Mittelmaßes
- WIFO-Studie: Digitalisierung ist kein Jobkiller | trend.at.

Wikipedia ist da schon etwas verlässlicher und genauer:

*Der Begriff **Digitalisierung** bezeichnet die Überführung analoger Größen in diskrete (abgestufte) Werte, zu dem Zweck, sie elektronisch zu speichern oder zu verarbeiten. Das Endprodukt oder Ergebnis der Digitalisierung wird mitunter als **Digitalisat** bezeichnet. Im weiteren Sinne wird mit dem Begriff auch der Wandel hin zu elektronisch gestützten Prozessen mittels Informations- und Kommunikationstechnik bezeichnet.*

Diese rein technische Definition des Begriffs sagt jedoch nichts darüber aus, was dies für praktische Auswirkungen hat. Deshalb sollte man eher den Begriff Digitale Revolution verwenden, wozu Wikipedia folgende Erklärung liefert:

*Der Begriff **Digitale Revolution** (auch dritte industrielle Revolution oder Elektronische Revolution) bezeichnet den durch die Digitalisierung und Computer ausgelösten Umbruch, der seit Ausgang des 20. Jahrhunderts einen Wandel sowohl der Technik als auch (fast) aller Lebensbereiche bewirkt und der in die Digitale Welt führt, ähnlich wie die industrielle Revolution 200 Jahre zuvor.*

Wie in der industriellen Revolution sind es aber auch heute letztlich technische Errungenschaften und Erfindungen (damals: Dampfmaschine, Glühlampe, Telegrafie), welche die Auslöser der digitalen Revolution sind.

2 Die Auslöser der Digitalen Revolution

Ähnlich der industriellen Revolution, ist es nicht ein einzelner Auslöser (z.B. die künstliche Intelligenz), welche die digitale Revolution ins Rollen gebracht hat. Vielmehr sind es eine ganze Reihe von Entwicklungen und Technologien, die sich gegenseitig befruchteten und teilweise gegenseitig erst möglich gemacht haben, welche heute für die Ablösung von analogen Prozessen und Produkten bereitstehen.

Sie sind im Folgenden kurz umrissen:

Big Data

- Sammeln, speichern und auswerten sehr großer, komplexer und schwach strukturierter Datenmengen in Real-time.
- Autonome Gewinnung und Verifizierung von Erkenntnissen.
- Garantieren von Verfügbarkeit, Datensicherheit und Schutz der nötigen Infrastruktur.
- Voraussetzung für viele Zukunftstechnologien (z.B. künstliche Intelligenz, Erkenntnisgewinn in der Medizin, Biologie, Physik, usw.)

Künstliche Intelligenz (KI)

- Nährt sich aus Big Data.
- Beinhaltet die Teilgebiete Wissensbasierte Systeme, Musteranalyse und Mustererkennung, Mustervorhersage und Robotik. Grundelemente sind das Suchen, Planen und Finden von Lösungen für komplexe Fragenstellungen.
- Methodisch gibt es unterschiedliche Vorgehensweisen: Eine Richtung versucht die Funktionsweise des menschlichen Gehirns möglichst genau nachzubauen, andere versuchen mit vollkommen abstrakten Modellen zu Lösungen zu kommen.
- Letztlich geht es um das autonome Beantworten von Fragen und Entwickeln von

Strategien auf der Basis von statischen und dynamischen Daten.

Internet der Dinge (IoT)

- Autonome Kommunikation zwischen intelligenten Systemen und dem Menschen.
- Fahrzeug – Fahrzeuge – Fahrer (autonome Fahrzeuge und ihre Nutzer).
- Haustechnik – Bewohner – Betreiber.
- Spitalgeräte – Arzt – Patient.
- Voraussetzung ist die totale Vernetzung und AI.

Virtuelle und erweiterte Realität (VR, AR)

- Schaffen und Erfahren von virtuellen (digitalen) Welten. Einbetten digitaler Welten in die reale Welt.
- Anwendungen von der Stadtplanung bis zum Eigenheim, aber hauptsächlich in Simulatoren und Spielen eingesetzt.
- Produkte und Herstellungsprozesse können „digital-real“ visualisiert und manipuliert werden

Sensorik und Robotik

- Erfassen von rasch wechselnden Umweltzuständen und deren Umsetzung in intelligente Handlungen durch mikroelektronische Messsysteme (MEMS)
- Autonome Ausführung komplexer menschlicher Bewegungsabläufe. Gedankengesteuerte Prothesen.
- Sicherheitssysteme für die Erfassung von Gefahren und deren Abwendung

Alle diese neuen Technologien ermöglichen im Zusammenwirken die eigentliche digitale Revolution, welche unsere Arbeitswelt und das Privatleben bereits nachhaltig verändert hat und weiterhin verändern wird.

Die momentan scheinbar attraktivsten Anwendungsgebiete, in welche die meisten Forschungs- und Investorengelder fließen sind:

- Shared Economy - Güter und Dienstleistungen werden nicht mehr erworben sondern geteilt (AirB&B, Uber).
- Industrie 4.0 – komplexe Planungs- und Fertigungsprozesse laufen weitgehend autonom ab. Der Mensch gibt nur noch die Ziele vor.
- Selbst-organisierende Verkehrssysteme – selbst-fahrende Fahrzeuge bewegen sich in sich selbstorganisierenden Verkehrsströmen.

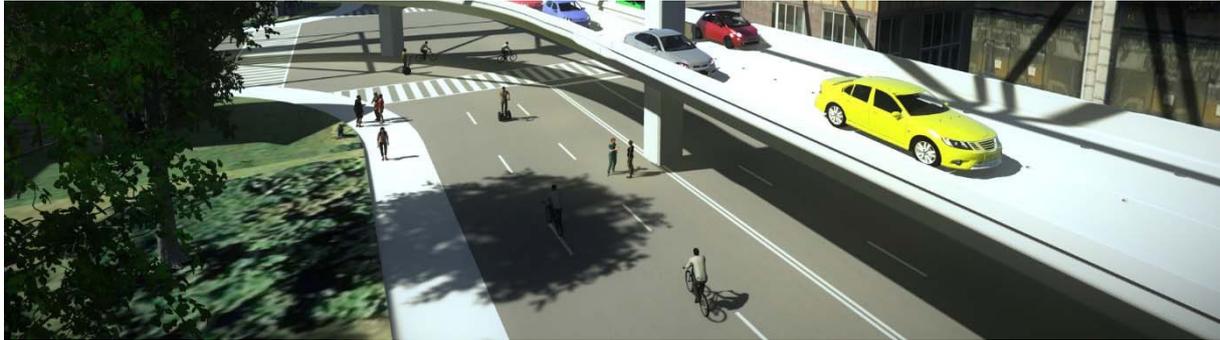


Abbildung 1 QUICKWAY - Verkehrssystem entwickelt von Prof. Dr. DI Lutz Sparowitz

3 Die digitale Revolution im Bauwesen

Betrachtet man das Bauwesen, so sieht es auf den ersten Blick nicht so aus, als dass die Digitalisierung bereits Einzug gehalten hätte. Der Eindruck ist zweifellos richtig, wenn man sich das Entstehen eines kleineren bis mittelgrossen Bauprojekts z.B. im Hochbau anschaut. Die wechselnde Zusammensetzung der Beteiligten und Ihrer eingesetzten Methoden und Werkzeuge von der Planung, dem Bau bis zum Unterhalt eines Gebäudes oder eines kleineren Tiefbauprojekts verhindert ein effizientes Zusammenarbeiten oder gar eine Automatisierung des Bauprojekts. Dazu kommen fehlende Normen und der fehlende Druck der Auftraggeber, sowie generell des Marktes.

Selbstverständlich werden auch bei solchen Projekten mannigfaltige EDV-Hilfsmittel eingesetzt, aber es fehlen die durchgehende Vernetzung und einheitliche Strukturen und Formate der verwendeten Daten.

Weiter fortgeschritten sind Grossprojekte, deren Komplexität eine enge Vernetzung unabdingbar machen oder deren Bauprozesse sich automatisieren lassen, z.B. im Gleisbau und –unterhalt.



Abbildung 2
Gleisbaumaschine¹

3.1 BIM (Building Information Modelling)

Die zweifellos wichtigste Entwicklung im Bauwesen vollzieht sich momentan in der Definition und Durchsetzung einer einheitlichen Informationsplattform, dem sogenannten digitalen Gebäudemodell BIM.

Die Idee ein Bauwerk und seine Eigenschaften (Geometrie, Material und Funktionen) als Modell so zu beschreiben, dass jeder Beteiligte am Prozess der Planung, der Erstellung und der Nutzung zu jeder Zeit die relevanten Information im adäquaten Format abrufen kann, ist nicht neu. Bereits eines der allerersten in Deutschland in den 1980er Jahren entstandenen CAD-Systeme (Speedikon) erzeugte ein 3D-Modell und konnte daraus die Perspektiven, Grundrisse und Schnitte, Vermessungen, sowie Massenauszüge erzeugen. Die dazu notwendigen Rechenzeiten waren jedoch viel zu hoch und ein Datenaustausch war nur im proprietären Format möglich. Zudem fehlte in den frühen Versionen eine 2D-Funktionalität, um aus dem einfachen Modell nicht abzuleitende Grafiken (z.B. Details) zu erstellen.

Mittlerweile existiert eine internationale Vereinigung, die Planer, Bauherren, Nutzer und SW-Hersteller umfasst, welche die Normierung, aber auch die Einführung von BIM in der Praxis mit grosser Kraft weltweit vorantreibt (buildingSMART). Einen guten Überblick über den Stand der Technik gibt folgende Präsentation des Harvard-Professors Martin Fischer: http://www.ccc.me/pdf/bim_conference/martin_fischer_bim_vision_opportunities.pdf.

Die im Kapitel 2 erwähnten neuen Technologien sind dabei einerseits Voraussetzung zum Arbeiten mit grossen BIM Modellen (**Big Data**) und können andererseits im Bauwesen erst zur Anwendung kommen, wenn ein BIM Modell existiert.

Künstliche Intelligenz

- Bauen ist keine exakte Wissenschaft in der sich alles vordefinieren und vorhersehen lässt. Improvisation auf der Basis von Erfahrung ist bisher abhängig vom Wissen der Beteiligten.
- In naher Zukunft wird sich dies auch nicht ändern, aber Entscheide werden vermehrt durch rasch verfügbare, zielgerichtete Auswertungen von bestehenden, digital gespeicherten Erfahrungswerten unterstützt. Modifikationen am BIM Modell (z.B. beim Antreffen nicht vorhergesehener Bodenkenwerte) können dann z.B. vorgeschlagen werden oder gar automatisch erfolgen.

Internet der Dinge

- Autonome Kommunikation zwischen Bauteilen und Maschinen. Im BIM Modell genau verortete Bauteile können in der Fertigteilproduktion mit Beacons versehen werden, welche wiederum sicherstellen, dass das Bauteil auf der Baustelle vom Kran automatisch zur richtigen Zeit an die richtige Stelle gehoben wird.
- In der Gebäudetechnik sorgen bereits heute viele Sensoren dafür, dass z.B. der Energieeinsatz optimiert wird, ohne dass der Komfort der Bewohner darunter leidet. Mit dem Vorhandensein immer genauerer, kleinräumigerer Klimadaten kann zudem die Genauigkeit noch erheblich gesteigert werden.

Erweiterte Realität

- Mit der Möglichkeit ein BIM Modell in die reale Welt zu projizieren eröffnen sich insbesondere auf dem Gebiet der Qualitätsüberwachung ganz neue Dimensionen. Fehler in der Lage oder den Dimensionen von Bauteilen können so sofort erkannt werden.
- Manuelle Arbeiten können mit komfortabel zu tragenden Datenbrillen (z.B. Microsoft HoloLens) unterstützt werden, indem jede gewünschte Information sofort in die Realität eingeblendet werden kann.

Sensorik und Robotik

- Die Steuerung von Baumaschinen durch immer empfindlichere Sensoren und die real-time Auswertung von Umgebungsdaten und Signalen intelligenter Bauteile, ermöglicht die Automatisierung von Bauabläufen in noch weiterem Maß als es heute z.B. bereits im Brückenbau möglich ist.
- Die Haustechnik wird im gleichen Masse immer effizienter und benutzerfreundlicher werden, wobei die gewonnen Messdaten automatisch in neue Entwürfe einfließen werden.
- Gefährliche und heikle Arbeiten werden von Robotern erledigt (Schalungen in grossen Höhen, Unterwasserarbeiten).

Die erwähnten Punkte sind weder abschliessend, noch vertieft behandelt. Dennoch zeigt es sich, dass die Digitalisierung auch im sehr konservativen Bauwesen nicht einfach negiert werden kann und Umwälzungen bringen wird. Je früher man sich damit befasst, desto reibungsloser wird der Übergang in ein neues Zeitalter gelingen.

3.2 Mobile Applikationen auf der Baustelle und im Gebäudeunterhalt

Nachdem BIM nun schon ein bald Jahrzehnte altes Thema darstellt und durch die neuen Technologien allenfalls mehr Schub erfahren wird, soll im Folgenden nun noch eine Entwicklung vorgestellt werden, welche noch wenig bekannt ist, jedoch das Potential hat, die Effizienz und Qualität auf kleineren Baustellen und beim Betrieb von Gebäuden merklich zu steigern.

Es handelt sich um die aionav App-Technologie, welche durch ein Startup der TU Graz entwickelt wurde. Um was geht es?

3.2.1 Einführung in das aionav App Konzept

Pro Jahr werden weltweit über eine Milliarde Smartphones und Tablets verkauft. Sie sind zum ständigen Begleiter des Menschen geworden. Dies nicht zuletzt wegen ihren vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten. Dienten Mobilgeräte ursprünglich hauptsächlich der Kommunikation, sind sie heute Notizbuch, Kalender, mobiles Büro, Reisebegleiter, Museumsführer, E-Book, Unterhaltungsplattform, Gesundheits-

Checker, usw. in einem.

Die Anzahl der Anwendungen (Apps), welche man sich von den diversen Plattformen herunterladen kann, geht in die Millionen, hauptsächlich Spiele und speziell adaptierte Web-Apps bekannter Weblösungen (Reservationssysteme, Soziale Netzwerke, Gesundheitsanwendungen, Kartendienste, usw.).

Allen Apps ist gemeinsam, dass Ihre Erstellung bislang Spezialisten vorbehalten war und verschiedene Versionen für die unterschiedlichen Betriebssysteme erstellt werden mussten (iOS, Android, Windows).

Das aionav App Konzept revolutioniert die Erstellung mobiler Applikationen und ermöglicht die Erstellung von anspruchsvollen Apps ohne jegliche Programmierung. Jeder Laie kann selbst anspruchsvolle Apps erstellen, welche sofort auf den wichtigsten Plattformen iOS (Apple) und Android (Google) laufen.

Der Schlüssel dieser Revolution liegt in der grundsätzlich neuen aionav Software Architektur für mobile Anwendungen. Eine aionav App kann am ehesten mit einem Player verglichen werden, der alle Funktionen zur Verfügung stellt, um beliebige, in einem bestimmten Format abgelegte, Informationen auf einem mobilen Gerät darzustellen und zu verarbeiten (Befehle entgegennehmen, Daten eingeben, suchen, filtern, navigieren, Positionen bestimmen, usw.).

Die wichtigsten Softwarekomponenten sind die Folgenden:

aionav App-Player: stellt die im aionav Format (aionav Datenbank) erfassten App Inhalte auf dem Mobilgerät dar und stellt alle Funktionen für die Verarbeitung und Erfassung neuer Inhalte zur Verfügung.

aionav App-Studio: Programm zum Erfassen der App Inhalte im aionav Format. Es erfordert keinerlei Programmierkenntnisse und bietet einen hohen Komfort. Es kann auf einem PC installiert sein oder über Internet aufgerufen werden.

aionav MapsDownloader: Programm zum Herunterladen von geo-referenzierten Karten

Der *aionav App-Player* musste nur einmal pro Betriebssystem (im Moment für iOS und Android) programmiert werden. Zugegebenermassen mit immensem Aufwand und Fachwissen, welches nun aber ein für alle Mal allen aionav Anwendern zur Verfügung steht. Der aionav App Ersteller braucht sich nur noch um die Auswahl der Funktionen und Inhalte sowie deren Layout zu kümmern; analog der Gestaltung einer Webseite.

- datenbanken für verschiedene Anwendungen führen noch schneller zum Ziel.
- Multimediale Inhalte sind problemlos zu integrieren, da das Smartphone oder Tablet bereits alle Funktionen für deren Darstellung besitzt.
- Die Apps sind interaktiv, d.h. zu allen vorhandenen Inhalten kann der Benutzer seine eigenen multimedialen Informationen hinzufügen.
- Die App-Inhalte können sofort publiziert werden, ohne Wartezeit und Umweg über die App- Stores.

3.2.4 Zwei Anwendungen im Bauwesen

Aus der Allgemeinheit des Konzepts ergibt sich, dass es nicht nur eine spezifische Anwendung gibt. Aionav Apps gibt es für Museen, Tourismus, Firmen und Organisationen, Schulen, Events, Musikgruppen und vieles mehr.

Im Bauwesen eignen sie sich überall dort, wo es darum geht multimediale Informationen rasch und zeitgerecht zur Verfügung zu haben.

Der digitale Hausmeister

Der traditionelle Hausmeister, der aus einer Luke im Erdgeschoss nicht nur „sein“ Gebäude, sondern meist auch noch das Leben seiner Bewohner unter Kontrolle hatte, ist passé; ebenso wie die Mieter, welche ihr ganzes Dasein im gleichen Haus verbringen. Zudem sind die modernen Gebäude hochtechnisiert und erfordern von den Bewohnern ein adäquates Verhalten. Dies gilt erst recht bei ausserordentlichen Ereignissen, wie z.B. im Brandfall. Alle notwendigen Informationen lassen sich heute rasch und einfach in einer App zusammenstellen und im Notfall auch aktiv nutzen.

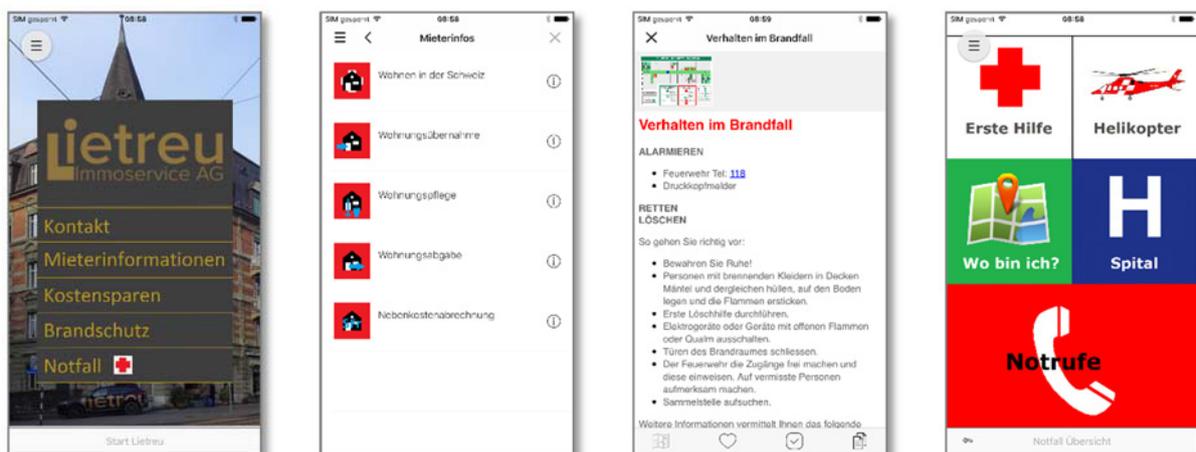


Abbildung 4 Der Digitale Hausmeister - aionav Apps Immobilienwesen

Als zusätzlichen Service gegenüber den Mietern lassen sich auch alle Informationen über die sich in der Umgebung befindlichen Geschäfte, öffentlichen Einrichtungen, Ärzte, usw. in die App einbinden.

Das digitale Baustellentagebuch

Während sich bei Grossprojekten heute mittels digitalen Projekträumen die Zusammenarbeit aller an einem Bau Beteiligten gut regeln, steuern und überwachen lässt, ist es bei kleineren Bauvorhaben immer noch schwierig einen einheitlichen und aktuellen Wissensstand über einen längeren Zeitraum aufrecht zu erhalten. Dies umso mehr, als auch bei kleinen Objekten nur noch selten eingespielte Teams zum Zuge kommen, sondern die sogenannte Kostenoptimierung (nach dem Motto: billig muss es sein, egal was es kostet!) immer wieder völlig unbekannte Teilnehmer zusammenführt.

Mit einer aionav Baustellen-App kann der Architekt oder der Bauleiter tagesaktuell sämtliche Informationen (Pläne, Skizzen, Schemata, Dokumente) zum Bauwerk sofort an das Ausführungsteam weitergeben. Dies geschieht über das Aktualisieren der Bauvorgaben und das Erfassen der geleisteten Arbeiten, sowie dem sofortigen Update auf allen Smartphones der Beteiligten.

Die Informationen lassen sich mit dem aionav App-Studio beliebig gliedern, sei es nach der Objektstruktur, dem Bauablauf und der Organisation des Ausführungsteams. Alle Beteiligten können zu jedem Zeitpunkt zu jeder Informationseinheit (z.B. Elektroplan mit Text und zugehörigem Schema) eigene multimediale Infos ablegen und mit den anderen Beteiligten teilen.

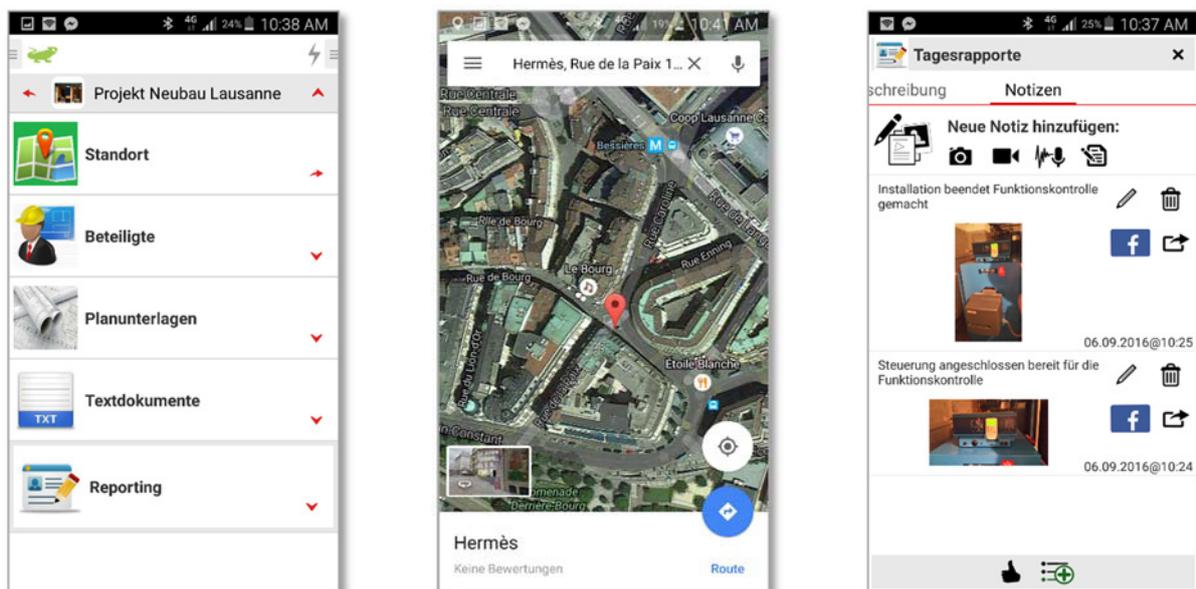


Abbildung 5 Das Baustellentagebuch - aionav Apps im Projektmanagement

4 Zusammenfassung und Beantwortung der Titelfrage

Aus dem in kurzen Zügen Dargestellten gilt es nun noch eine Antwort auf die im Titel dieses Artikels aufgeworfene Frage zu finden: „Digitalisierung im Bauwesen – Bedrohung oder Chance?“. Die Frage kann nicht einfach mit ja oder nein für eine der

Alternativen beantwortet werden, denn sie hängt von der Perspektive des Fragestellers ab. Der Bauinformatiker wird naturgemäss hauptsächlich Chance sehen, während der einfache Angestellte oder Arbeiter die Digitalisierung mit Recht zuerst einmal als Bedrohung empfindet.

Es geht also einerseits darum aus den Chancen keine Bedrohungen werden zu lassen und andererseits der Gefahr zu begegnen, die Vorteile der Digitalisierung wegen den Bedrohungen nicht zu nutzen.

4.1 Wo liegen die Chancen?

Die Digitalisierung im Bauwesen bringt viele unbestrittene Vorteile:

- Steigerung der Qualität in der Zusammenarbeit von Planer-Teams, Ausführenden und Betreibern.
- Erhöhte Bauqualität durch vernetztes und geteiltes Wissen in allen Belangen der Planung, Ausführung und dem Betrieb von Bauwerken.
- Erleichterung schwerer Arbeiten durch Roboter.
- Erhöhte Arbeitssicherheit, bedingt durch das qualitativ bessere Zusammenarbeiten, aber dank verbesserter Sensorik und Robotik.
- Besseres Image der Baubranche durch bessere Informationsmittel (VR) und bessere erreichte Qualität.

4.2 Wie begegnen wir den Bedrohungen?

Bei allen Vorteilen der Digitalisierung lauern aber auch einige Gefahren (nicht nur für das Bauwesen):

- Die Digitalisierung lässt sich nicht aufhalten! Augen zu und durch ist also keine Option.
- Um etwas zu beherrschen muss man es kennen. Dabei geht es nicht so sehr um die technischen Detailkenntnisse, sondern darum, Nutzen und Gefahren für den eigenen Anwendungsbereich abschätzen zu können. Die hier vorherrschende Attitüde, vor allem im höheren Management und ganz besonders bei (halb-)staatlichen Institutionen, technologische Führungsaufgaben soweit zu delegieren, bis sie dort angelangt sind, wo der Blick für das Ganze fehlt, ist absolut tödlich. Sie hat uns bereits in eine einseitige Abhängigkeit von Grosskonzernen gebracht und eine Befreiung ist mit der vorherrschenden Mentalität und den steten Vorbehalten gegenüber Neuem (ganz besonders wenn es aus der eigenen Küche kommt) nicht absehbar.
- Die Digitalisierung ist nur dann eine Bedrohung, wenn wir sie nicht im Positiven nutzen. Dazu gehört die Einsicht, dass auch Technologien ein Kulturgut darstellen und gefördert werden sollten.
- Die Förderung sollte nicht nur (aber auch ein wenig) durch Geld, sondern durch die Anerkennung der Leistungen der vielen engagierten jungen Erfinder in Europa

erfolgen.

- Besonders wichtig ist die Integration der Methoden und Technologien der Digitalisierung in den Unterricht der Kernfächer an Schulen, Fachhochschulen und Universitäten.

Die Chancen in Europa sind nach wie vor vorhanden – nutzen wir sie!

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2 (Quelle: <http://www.bahnbilder.de/name/galerie/kategorie/oesterreich~bahndienstfahrzeuge~gleisbaumaschinen.html>)

LASTABTRAGENDE WÄRMEDÄMM-SCHICHTEN UNTER GRÜNDUNGSPLETTEN

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Nabil A. Fouad
Institut für Bauphysik
Leibniz Universität Hannover



1 Einführung

Die heutigen erhöhten Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz und die Notwendigkeit zur Niedrigenergie-Bauweise bedeuten für Architekten, Bauingenieure und Bauausführende eine Herausforderung an den planerischen und konstruktiven Gestaltungsspielraum. Neben der Wärmedämmung der Bauteile, die der Außenluft ausgesetzt sind, muss in der Regel auch die an das Erdreich angrenzende Bauwerkshülle wärmebrückenarm gedämmt werden. Hierzu wird u. a. die vollflächige Anordnung einer lastabtragenden Wärmedämmung unter der Gründungsplatte erforderlich. Planer und Bauherren fordern mittlerweile bis zu 300 mm dicke Dämmplatten unter den Flächengründungen.

Für eine wirtschaftliche und energiesparende Gründungskonstruktion bieten sich dabei folgende Dämmmöglichkeiten an:

- lastabtragende Dämmstoffplatten aus expandiertem Polystyrol-Hartschaum (EPS)
- lastabtragende Dämmstoffplatten aus extrudiertem Polystyrol-Hartschaum (XPS)
- lastabtragende Dämmplatten aus Schaumglas
- lastabtragende Schichten aus Schaumglasschotter

Die Einsatzmöglichkeiten der o. g. Materialien hängen von den zu erwartenden Lasten und Bodeneigenschaften, insbesondere der Bodenfeuchte bzw. des Grundwasserstandes, ab. Im Rahmen dieses Aufsatzes werden die Einsatzbereiche, die technischen Möglichkeiten und bauaufsichtlichen Vorgaben in Deutschland sowie Anwendungsgrenzen von lastabtragenden Wärmedämmungen unter Gründungsplatten erörtert.

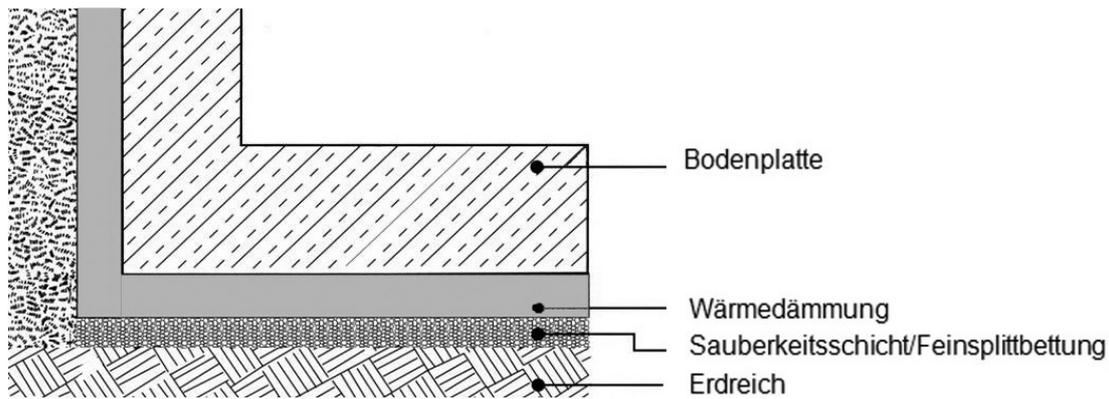


Abbildung 1 Anordnungsmöglichkeit lastabtragender Dämmplatten unter Gründungsplatten

2 Einsatzmöglichkeiten unterschiedlicher Wärmedämmstoffe im Erdreich als Lastabtragende Wärmedämmung

2.1 Normativ nicht geregeltes Bauprodukt

Die Besonderheit der Anwendung von Wärmedämmstoffen unter Flächengründungen bzw. Gründungsplatten besteht darin, dass der Wärmedämmstoff nicht nur die ständigen und veränderlichen Lasten der Platte selbst, wie bei Bodenplatten ohne Gründungsfunktion, sondern auch ständige und veränderliche Lasten der Gebäudekonstruktion abtragen muss.

Es existiert in Europa bisher keine Norm, die Wärmedämmstoffe als lastabtragende Schichten unter Flächengründungen regelt. Hier fehlen u. a. die normativen Regelungen hinsichtlich der Kennwerte und Annahmen für einen statischen Nachweis in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit.

In Deutschland ist daher für die Anwendung von Wärmedämmschichten als lastabtragende Wärmedämmung unter Flächengründungen eine allgemeine bauaufsichtliche (Anwendungs-) Zulassung (abZ) des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt), Berlin notwendig. Um diese Zulassungen zu erlangen, sind u. a. abgesicherte Kurz- und Langzeitkennwerte über das Tragverhalten dieser Dämmstoffe unter den zu erwartenden Lasten unverzichtbar, um u. a. derart gegründete Gebäude im Laufe ihrer normalen Lebensdauer vor unverträglichen Setzungen zu bewahren.

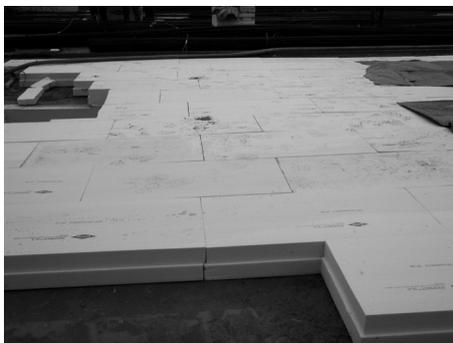


Abbildung 2a/2b
Ein- oder mehrlagige
Verlegung von
Wärmedämmplatten
aus extrudiertem
Polystyrol
(XPS) unter
Gründungsplatten

2.2 Dämmstoffwahl in Abhängigkeit von der Feuchtebeanspruchung im Erdreich

Die Feuchtebeanspruchung im Gründungsbereich stellt einen der maßgebenden Faktoren hinsichtlich der Dämmstoffwahl dar.

Es wird ähnlich der Anwendung als Perimeterdämmung geregelt:

- Dämmungen aus expandiertem Polystyrol (EPS / Perimeterdämmungsqualität) oder Schaumglasschüttungen dürfen nur bei Bodenverhältnissen nach DIN 18195, Teil 4 [N5] angewendet werden (Bodenfeuchte). Bei Vorhandensein von bindigen oder geschichteten Böden, bei denen Stau- oder Schichtenwasser auftreten kann, wird eine Dränung nach DIN 4095 [N7] notwendig.
- Dämmungen aus extrudiertem Polystyrol (XPS) oder Schaumglasplatten dürfen auch im Bereich von drückendem Wasser nach DIN 18195, Teil 6 [N6] angewendet werden



Abbildung 3 Schaumglasplatten als lastabtragende Wärmedämmung können im drückenden Wasser (nach DIN 18195, Teil 6) angeordnet werden.



Abbildung 4 Schaumglasschotter als lastabtragende Wärmedämmung kann nur bei einer Feuchtebeanspruchung nach Teil 4 der DIN 18195 eingebaut werden.



Abbildung 5 EPS Dämmplatten (Perimeterqualität) als lastabtragende Wärmedämmung kann nur bei einer Feuchtebeanspruchung nach Teil 4 der DIN 18195 eingebaut werden.

3. Bestimmungen für Entwurf und Bemessung

3.1 Wärmeleitfähigkeit

In der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung werden Bestimmungen für den Entwurf und die Bemessung angegeben. So werden z. B. in Abhängigkeit vom Material, der Dicke der Dämmplatten oder Feuchtebeanspruchung im Erdreich Bemessungswerte für die Wärmeleitfähigkeit angegeben.

3.2 Standsicherheit

3.2.1 Einwirkungen

Unter Gründungsplatten müssen Wärmedämmstoffe nicht nur die ständigen und veränderlichen Lasten der Platten selbst, sondern auch die ständigen und veränderlichen Lasten der Gebäudekonstruktion abtragen. Mögliche Einwirkungen sind in Abbildung 6 dargestellt.

- Eigengewicht
 - Nutzlasten
- } → LED* = Lang
- Erddruck (Hanglage)
- LED = Lang
- Schiefstellung
- LED = Lang
- Wind
 - Erdbeben
- } → LED = Kurz

* Lasteinwirkungsdauer

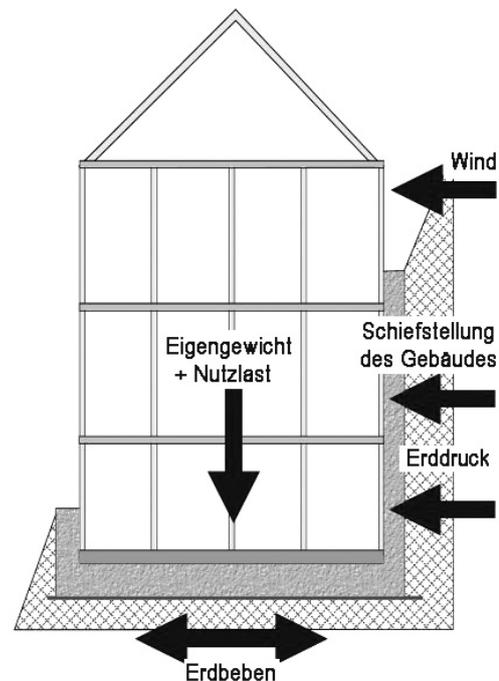


Abbildung 6 Zu erwartende Einwirkungen

3.2.2 Nachweis der Standsicherheit

In der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung werden Bestimmungen für Entwurf und Bemessung angegeben. Es werden insbesondere Bemessungswerte der Druckspannung f_{cd} sowie Steife- bzw. Elastizitätsmodule, die das Langzeitverhalten der Dämmschichten berücksichtigen, angegeben.

Bei der Verwendung unterschiedlicher Dämmstoffplatten sind deren Steifigkeitsunterschiede bei der Bemessung zu berücksichtigen.

3.2.3 Setzungsberechnungen

Bei einer Gesamtdicke von weniger als 120 mm Dämmschicht braucht laut der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung keine Setzungsberechnung unter Einbezug der Dämmschicht geführt werden. Hier ist davon auszugehen, dass die Stauchungen der Dämmstoffplatten den Wert 3 % nicht überschreiten. Bei Bauwerken, die auf Setzungen empfindlich reagieren oder wenn die Dämmstoffdicke den Wert 120 mm überschreitet, ist eine Setzungsberechnung unter Einbezug der Stauchung der Dämmschicht wie folgt zu führen:

Die Setzungen sind für zwei Grenzfälle zu untersuchen:

- a. Berechnung für den anstehenden Baugrund ohne Berücksichtigung der Wärmedämmschicht
- b. Berechnung für den anstehenden Baugrund und die Wärmedämmschicht unter Verwendung des Elastizitätsmoduls der gestauchten Dämmplatte nach 50 Jahren (E_{50}).

Schaumglasschüttungen sind im Nachweis immer zu berücksichtigen. Es werden hierfür die Steifemodule (E_s) vorgegeben.

4. Kurz- und Langzeitverhalten von lastabtragenden Hartschaumplatten aus EPS und XPS

4.1 Nachzuweisende Eigenschaften

Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit und für die Erlangung einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für größere Wärmedämmschichtdicken (bei Dämmstoffplatten bis zu 300 mm), müssen neben den wärmedämmtechnischen Kennwerten alle standsicherheitsrelevanten Eigenschaften der Dämmstoffe im Kurzzeit- und Langzeittragverhalten bestimmt werden. Hier muss u. a. das Verhalten des Dämmstoffes unter

- Druck-Beanspruchung,
- Schub-Beanspruchung und
- kombinierter Schub-Druck-Beanspruchung

ermittelt werden.

Am Institut für Bauphysik (IFBP) der Leibniz Universität Hannover laufen seit mehreren Jahren vielfältige Prüfungen zum Kurz- und Langzeittragverhalten von Hartschaumplatten aus EPS und XPS verschiedener Hersteller. Im Verlauf dieses Kapitels sollen die Ergebnisse dieser Untersuchungen zusammenfassend vorgestellt werden, um ein besseres Verständnis zum Lastabtrag dieser Art der Dämmstoffplatten zu vermitteln.

4.2 Kurzzeittragverhalten von mehrlagig verlegter Polystyrol-Dämmstoffplatten unter Druckbeanspruchung

Neben den genormten Versuchen zur Bestimmung der Kurzzeitdruckfestigkeit von EPS- bzw. XPS-Dämmstoffplatten (vgl. DIN EN 826 [N1]) wurden weiterführende Versuche (Abbildungen 7a und 7b) zur Bestimmung des Kurzzeittragverhaltens bei Druckbeanspruchung an mehrlagig verlegten ganzen XPS-Dämmplatten in Anlehnung an DIN EN 826 durchgeführt. Diese Untersuchung ist weiterhin notwendig zur Beurteilung der Ebenheitsmaße derartiger Dämmstoffplatten. Es wird hierbei unter anderem die Kraft bzw. Spannung bis zum vollflächigen Kontakt zwischen den Dämmplatten und der damit verbundene Schlupf bestimmt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 8 dargestellt.

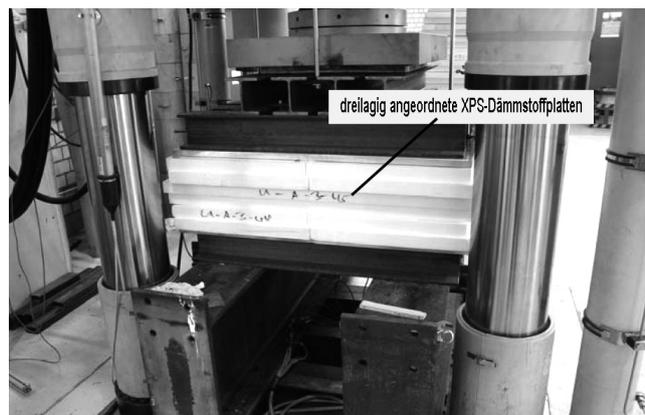


Abbildung 7a (li.) Großprüfmaschine mit eingebautem Versuchsaufbau

Abbildung 7b (re.) Detail zu Abbildung 7a

Aus den Diagrammen ist u. a. deutlich zu erkennen, dass derartige Dämmstoffplatten kein sprödes Versagen aufweisen und dass bei Erreichen der Tragfähigkeit lediglich eine Erhöhung der Stauchung vorliegt. Ein Verlust der Tragfähigkeit ähnlich z. B. mineralischen Baustoffe (wie z. B. bei Beton) ist nicht zu verzeichnen. Weiterhin ist zu erkennen, dass die Platten schon bei einer niedrigen Laststufe vollflächigen Kontakt untereinander aufweisen, so dass u. a. kein Wassereintritt zwischen den Platten aufgrund der Feuchtigkeit im Baugrund möglich ist. Dies ist ein wichtiger Faktor zur Beurteilung der Langzeitdämmeigenschaften von Polystyrol-Dämmstoffplatten, die im drückenden Wasser angeordnet werden.

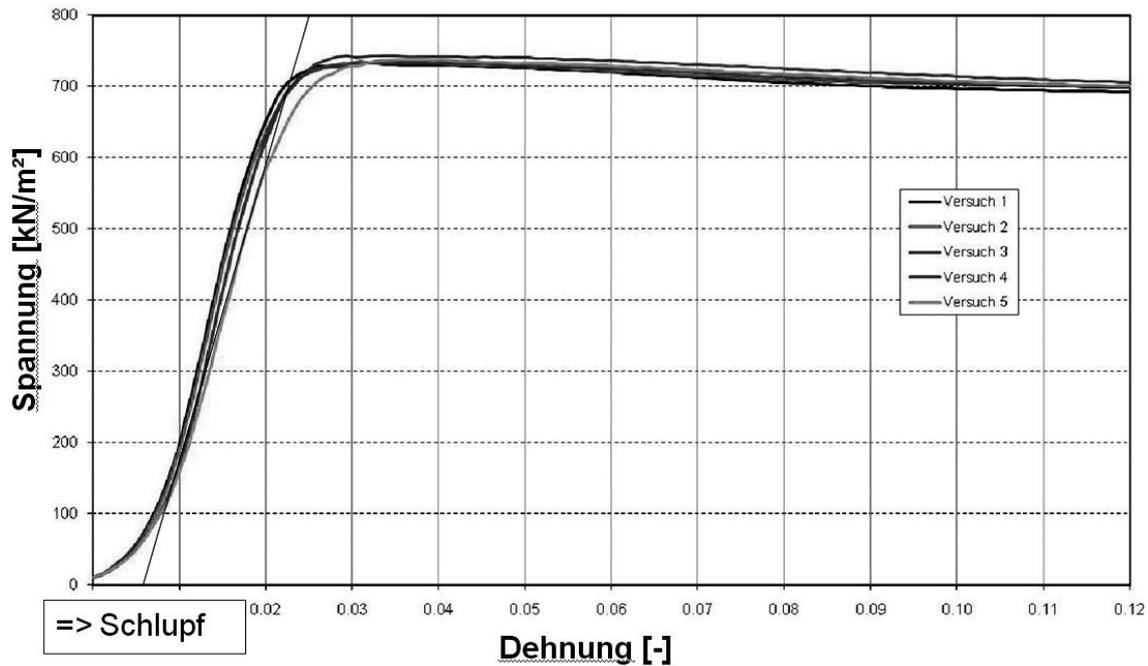


Abbildung 8 Typisches Spannungs-Dehnungs-Diagramm bei mehrlagig verlegten XPS-Platten unter Druckbeanspruchung

4.3 Kurzzeittragverhalten von Polystyrol-Dämmstoffplatten unter Schubbeanspruchung

Die Kenntnis zum Tragverhalten von lastabtragenden Polystyrol-Dämmstoffplatten unter Schubbeanspruchung, insbesondere deren Schubfestigkeit und Schubmodule, ist unabdingbar für den statischen Nachweis der Standsicherheit in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit.

Zur Bestimmung der Kurzzeit-Schubfestigkeit sowie Schubmodule müssen Schubversuche in Anlehnung an die DIN EN 12090 [N3] an repräsentativen Probekörpern durchgeführt werden. Abweichend von den in der genannten Norm angegebenen Abmessungen werden die Versuche an Probekörpern durchgeführt, deren Länge (in Schubbeanspruchungsrichtung) mindestens das Vierfache ihrer Dicke beträgt. Die Dicke beträgt dabei den Wert der maximalen Produktionsdicke der jeweiligen Dämmstoffplatten. Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 9 dargestellt.

Beispiele zu den Ergebnissen der Versuche in Form von Schubspannungs-Gleitungskurven sind in Abbildung 10 dargestellt. Versagensbilder sind in Abbildung 11 dargestellt.

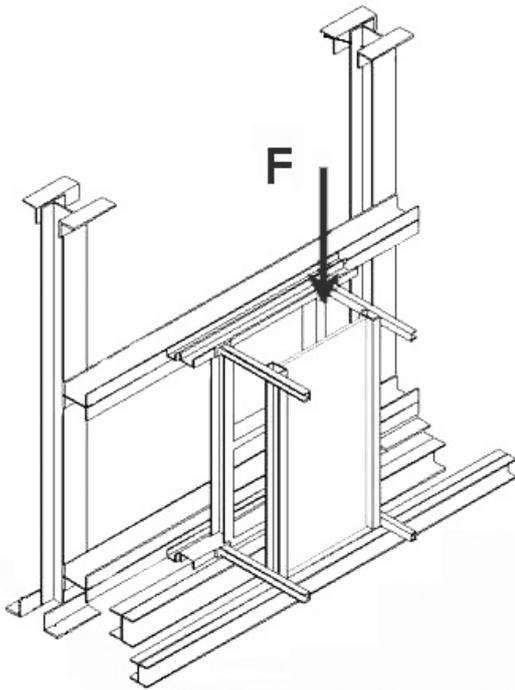


Abbildung 9 Kurzzeitversuche zur Bestimmung des Schubtragverhaltens von lastabtragenden Wärmedämmplatten.

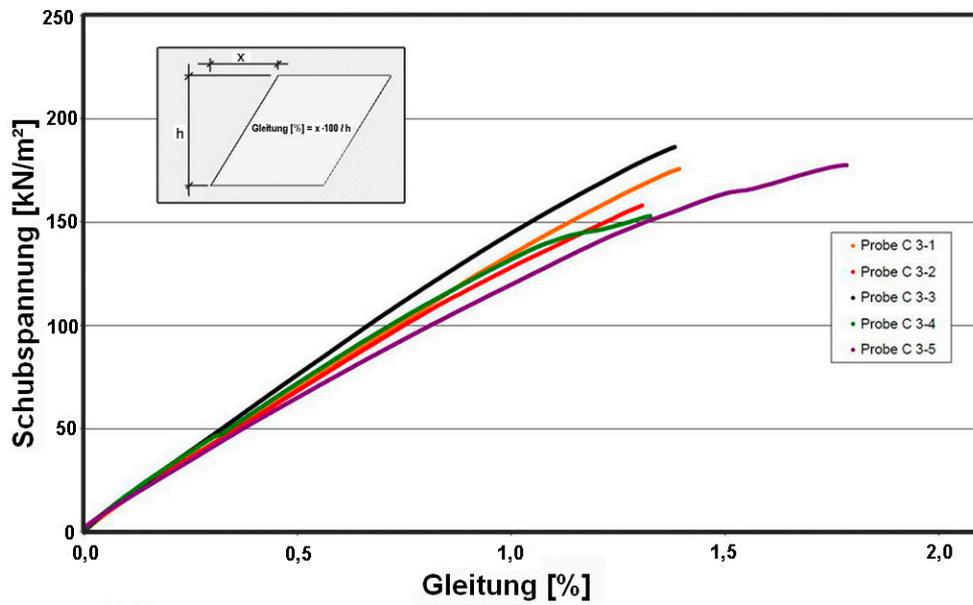


Abbildung 10 Schubspannungs-Gleitkurven der Probekörper



Abbildung 11 Probekörper nach dem Schubversagen

4.4 Langzeittragverhalten von Polystyrol-Dämmstoffplatten

4.4.1 Einleitung

Bei dauerhafter Lasteinwirkung weisen Polystyrol-Dämmstoffplatten ein nichtlinear viskoelastisches Verhalten auf bzw. sie kriechen und die Verformung des Bauteils nimmt bei konstanter Spannung mit der Zeit zu. Dies ist schematisch in Abbildung 12 gezeigt, wobei ebenfalls die Dehngeschwindigkeit $\dot{\epsilon}$ über der Zeit bzw. Dehnung aufgetragen ist.

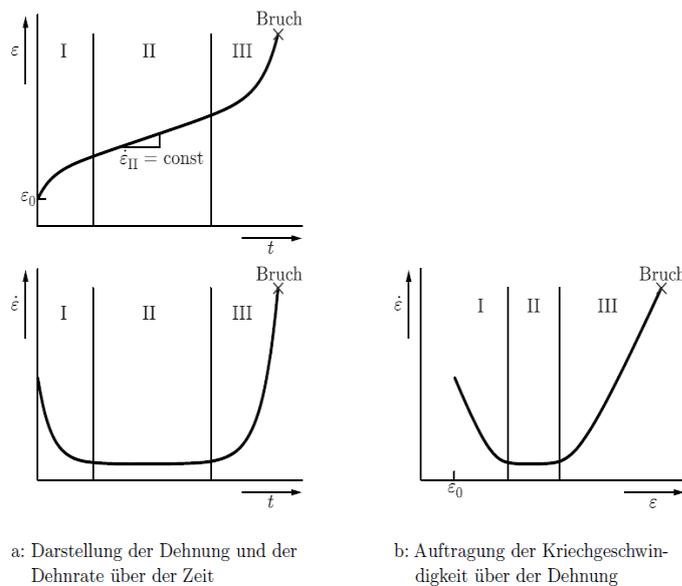


Abbildung 12 Stadien des Kriechens bei konstanter Spannung [2].

Zu Beginn der Belastung reagiert das Bauteil mit einer sofortigen, weitgehend zeitunabhängigen elastischen Dehnung ϵ_0 . Die Dehnung nimmt dann im Lauf der Zeit weiter zu, wobei sich die Kriechgeschwindigkeit zunächst stark verändert und stetig abnimmt. Diesen Bereich der Kriechkurve bezeichnet man entsprechend als Übergangskriechen oder primäres Kriechen (Bereich I). Daran schließt sich der Bereich des stationären oder sekundären Kriechens an (Bereich II), in dem die Kriechgeschwindigkeit näherungsweise konstant ist.

Wenn ein Großteil der Lebensdauer vergangen ist, nimmt ab einem gewissen Lastniveau die Kriechgeschwindigkeit stark zu, bis es zum Versagen des Dämmstoffes kommt. In diesem sogenannten tertiären Kriechbereich (Bereich III) tritt verstärkt plastische Verformung aufgrund der Entschlaufungsprozesse der Makromoleküle auf, so dass die beobachtete Zunahme von ϵ verständlich ist.

Aus den genannten Gründen sind für die Dimensionierung von Konstruktionen, bei denen Polystyrol-Dämmstoffplatten einer Langzeitdruckbelastung ausgesetzt sind, nicht nur die aus dem Kurzzeitversuch geschlossenen Druck- bzw. Schubfestigkeiten maßgeblich, sondern auch die aus Langzeitversuchen ermittelten Verformungskennwerte über den Verlauf der Lebensdauer. Verformungswerte (Stauchung bzw. Gleitung) bei einer Belastungsdauer von 50 Jahren sind zu begrenzen. Diese Werte können für die zuzulassenden Produkte im Versuch, dessen Dauer ca. 20 Monate beträgt, ermittelt und anschließend rechnerisch entsprechend DIN EN 1606 [N2] nach dem Verfahren von Findley auf die Dauer von 50 Jahren extrapoliert werden.

4.4.2 Langzeitversuche an Polystyrol-Dämmstoffplatten unter reiner Druckbeanspruchung

Versuchsaufbauten zur Untersuchung des Kriechverhaltens von EPS- und XPS-Dämmstoffplatten unter Druckbeanspruchung nach DIN EN 1606 [N2] sind in Abbildung 13 dargestellt. Typische Versuchsergebnisse sind in Abbildung 14 dargestellt. Es ist hierbei nachzuweisen, dass die vom DIBt vorgeschriebenen Grenzwerte der Verformung (Stauchung) nach 50 Jahren eingehalten werden.



Abbildung 13
Langzeit-Druckversuchsstände

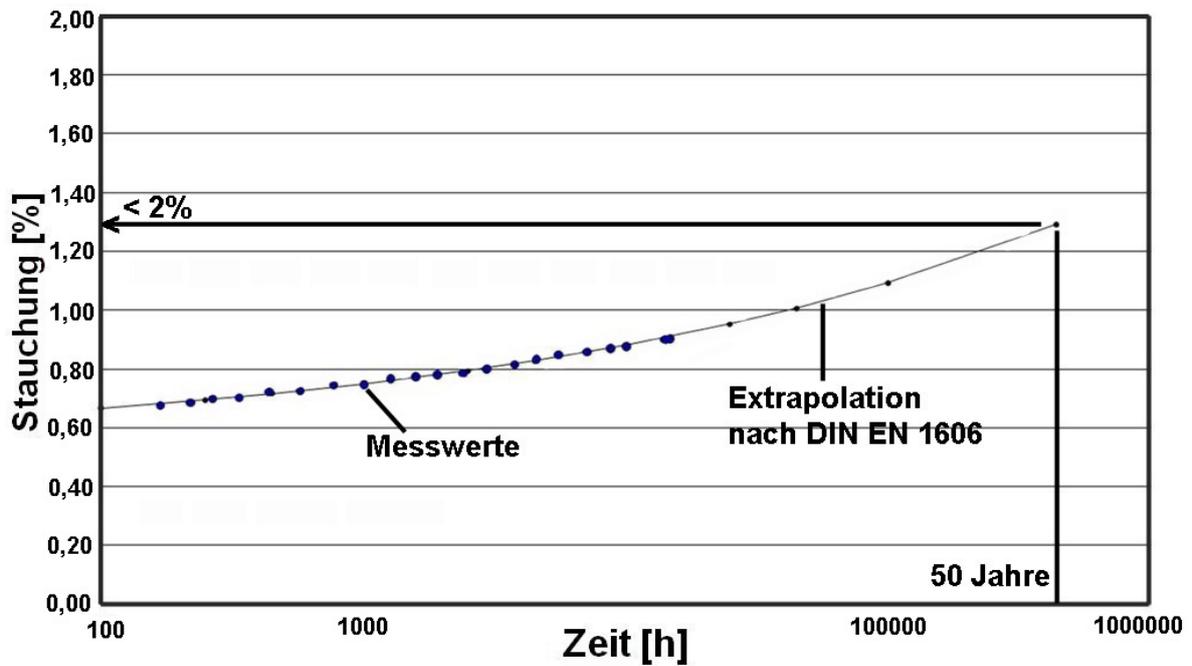


Abbildung 14 Logarithmisches Zeit-Verformungsverhalten eines auf Druck beanspruchten XPS-Probekörpers bei einer Laststufe 35 % der charakteristischen Druckfestigkeit der Dämmstoffplatten

4.4.3 Langzeitversuche an Polystyrol-Dämmstoffplatten unter reiner Schubbeanspruchung sowie kombinierter Schub-Druckbeanspruchung

Zur Untersuchung des Kriechverhaltens von EPS- und XPS-Dämmstoffplatten unter reinem Schub sowie unter kombinierter Schub-Druckbeanspruchung wurde ein spezieller Versuchsaufbau entwickelt und hergestellt. Dieser Versuchsaufbau ist in Abbildung 15 zu erkennen. Typische Versuchsergebnisse sind in Abbildung 16 dargestellt.

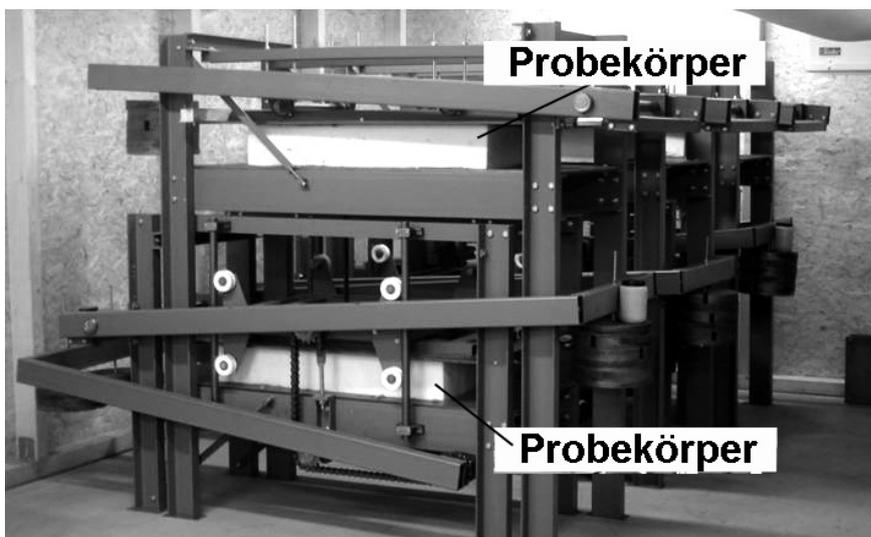


Abbildung 15 Langzeit-Schub- sowie kombinierter Schub/ Druck-Versuchsstand

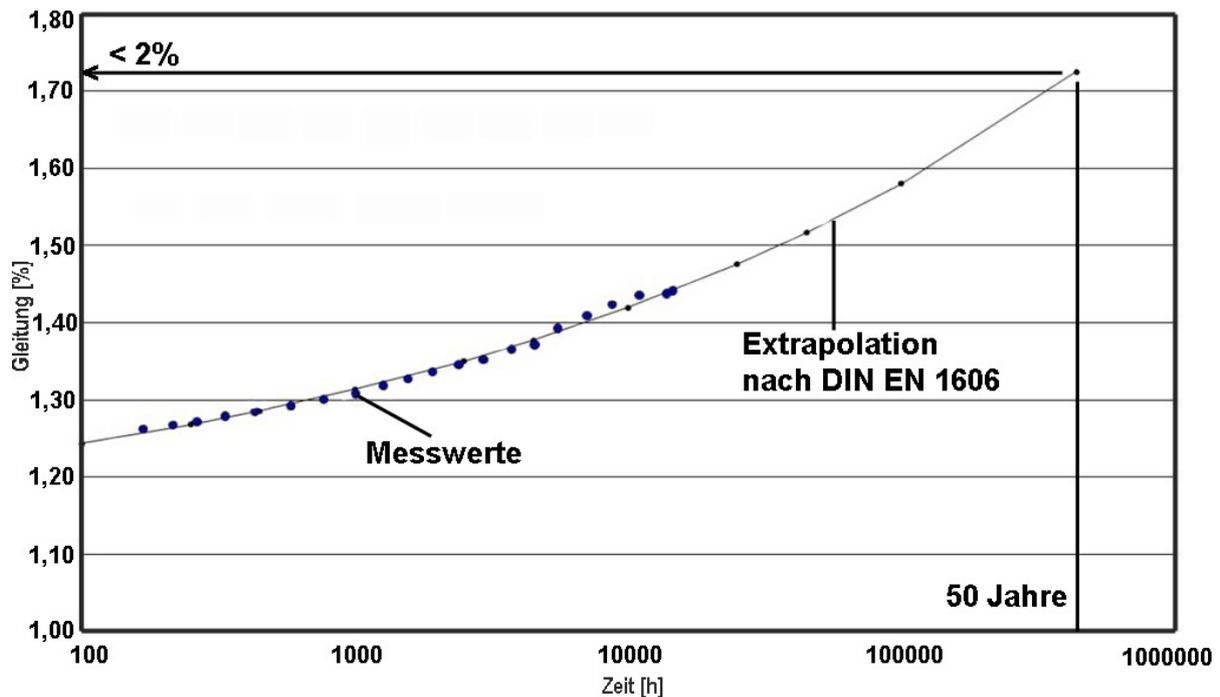


Abbildung 16 Logarithmisches Zeit-Gleitungsverhalten eines auf Schub beanspruchten XPS-Probekörpers bei einer Laststufe 35 % der charakteristischen Schubfestigkeit der Dämmstoffplatten

5 Zusammenfassung

Die Besonderheit der Anwendung von Wärmedämmstoffen unter Gründungsplatten besteht darin, dass der Wärmedämmstoff nicht nur die ständigen und veränderlichen Lasten der Platte selbst, wie bei Bodenplatten ohne Gründungsfunktion, sondern ständige und veränderliche Lasten der gesamten Gebäudekonstruktion abtragen muss. Sie müssen somit neben ihrer Dämmfunktion auch als tragendes Bauteil die Lasten sicher in den Baugrund ableiten. Aus diesem Grunde sind abgesicherte Beurteilungskriterien zu Kurzzeitfestigkeiten sowie Steifigkeiten und Langzeitkennwerte über das Kriechverhalten der Dämmstoffe unter Dauerlast unverzichtbar, um die Bauwerke im Laufe ihrer normalen Lebensdauer vor unverträglichen Setzungen zu schützen.

Für eine wirtschaftliche und energiesparende Gründungskonstruktion bieten sich dabei Dämmstoffplatten aus expandiertem oder extrudiertem Polystyrol-Hartschaum (EPS oder XPS), Dämmstoffplatten aus Schaumglas oder lastabtragende Schichten aus Schaumglasschotter an.

Die Einsatzmöglichkeiten der o. g. Materialien hängen von den zu erwartenden Lasten und Bodeneigenschaften und insbesondere der Bodenfeuchte bzw. dem Grundwasserstand ab.

Diese Anwendungsart für Wärmedämmstoffe wird in Deutschland im Rahmen von allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen geregelt.

Literaturverzeichnis

- [1] Krollmann, N.: Langzeitverhalten von EPS-Hartschaumstoffen unter langzeitiger Druckbeanspruchung. Bauphysik 28 (2006) H. 3.
- [2] Rösler, J., Harders, H., Bäker, M.: Mechanisches Verhalten der Werkstoffe. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 3. Auflag, 2007.
- [3] Eriksson, L., and Tränk, R.: Properties of Expanded Polystyrene-Laboratory Experiments. Expanded Polystyrene as light Fill Material- Technical Visit around Stockholm-June 19,1991, Swedish Geotechnical Institute, Linköping, Sweden, 1991.
- [4] Fouad, N. A. und Sadek, E. F.: „Lastabtragende Wärmedämmungen aus Polystyrol-Hartschaumstoffen“, Bauphysik-Kalender 2013.
- [5] Magnan, J.P., Serratrice, J.F., 1989: Propriétés mécaniques du polystyrène expansé pour ses applications en remblai routier. Bulletin liaison Laboratoire Ponts et Chaussées, LCPC 164.
- [6] Findley, W.N. and Khosla, G. (1956): “An equation for tension creep of three unfilled thermoplastics,” SPE Journal, Vol. 12, No. 12.
- [7] Tomlins, P. E.: ,Comparison of Different Functions for the Creep and Physical Ageing Effects in Plastics, Elsevier, Polymer Vol. 37, No. 17, 1996.
- [8] Krollmann, N.: Langzeitverhalten von extrudiertem Polystyrol-Hartschaum bei konstanter und zyklisch wechselnder Druckbeanspruchung. Bauphysik 17 (1995) H.1.
- [9] Mark, R. and Findley, W. N. (1974): Nonlinear Creep of Polyurethane Under Combined Stresses and Elevated Temperature. Transaction of The Society of Rheolog.

Normen

- [N1] DIN EN 826 (2013-05): Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung des Verhaltens bei Druckbeanspruchung; Deutsche Fassung EN 826,1996, Berlin, Beuth-Verlag.
- [N2] DIN EN 1606 (2013-05): Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung des Langzeit-Kriechverhaltens bei Druckbeanspruchung; Deutsche Fassung EN 1602:1996 + A1, 2006, Berlin, Beuth-Verlag.
- [N3] DIN EN 12090 (2013-06): Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung des Verhaltens bei Scherbeanspruchung; Deutsche Fassung EN 12090, 1997, Berlin: Beuth-Verlag.
- [N4] DIN EN 13163 (2016-08): Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Polystyrol (EPS) - Spezifikation; Deutsche Fassung EN 13163, 2008, Berlin, Beuth-Verlag.
- [N5] DIN 18195, Teil 4 (2011-12): Bauwerksabdichtungen - Abdichtungen gegen Bodenfeuchte (Kapillarwasser, Haftwasser) und nichtstauendes Sickerwasser an Bodenplatten und Wänden, Bemessung und Ausführung, Berlin, Beuth-Verlag.
- [N6] DIN 18195, Teil 6 (2011-12): Bauwerksabdichtungen - Abdichtungen gegen von außen drückendes Wasser und aufstauendes Sickerwasser, Bemessung und Ausführung, Berlin, Beuth-Verlag.
- [N7] DIN 4095 (1990-06):Baugrund; Dränung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung, Bemessung und Ausführung, Beuth-Verlag

DIFFUSIONSOFFENE INNENDÄMMUNG FÜR DEN WÄRME- UND SCHALLSCHUTZ - CHANCEN UND GRENZEN

Univ.-Prof. DDr. Peter Kautsch
BM Dipl.-Ing. Hans Hafellner
Institut für Hochbau, TU Graz



1. Einleitung

Innendämmungen bieten in vielen Fällen die Möglichkeit, den U-Wert bestehender, ggf. denkmalgeschützter oder aus anderen Gründen nicht außen zu dämmender Außenwände (Bauflechtlinien, komplizierte Fassadengeometrie oder hinderlicher Eigentumsverhältnisse) um rund 50 – 60 % zu senken, die behaglichkeitsrelevanten inneren Oberflächentemperaturen zu erhöhen, das Risiko von Schimmelpilzbefall der Wandoberflächen zu reduzieren, sowie die Raumakustik zu verbessern. Dazu sind in den letzten Jahren zahlreiche diffusionsoffene, kapillaraktive Systeme auf den Markt gekommen, die das Ziel verfolgen, schädliche Wasserdampfkondensation unter Ausnutzung der Sorptions- und kapillaren Leitfähigkeit des Dämmmaterials zu vermeiden. Damit werden Dampfbremsen bzw. -sperrern vermieden, die einerseits durch Fehlstellen infolge mangelhafter Verlegung oder Beschädigung zu erhöhtem Feuchtigkeitseintrag führen können, andererseits die erforderliche Austrocknung behindern.

Neben einigen der seit über 100 Jahren bekannten Materialien - expandierter Kork, wasserglasimprägnierte Torf- oder magnesitgebundene Holzwolleleichtbauplatten - kommen bei kapillaraktiven Innendämmsystemen heute vorwiegend Plattendämmstoffe auf Basis von Calciumsilikat oder Mineralschaum zum Einsatz. Diese zeichnen sich durch weitgehende Feuchtigkeitsunempfindlichkeit, großes Feuchtespeichervermögen und einen schimmelpilzvermeidenden hohen pH-Wert aus, benötigen jedoch einen planebenen Untergrund – was insbesondere im denkmalgeschützten Bereich häufig nicht der Fall ist und nicht selten aufwändige Ausgleichsmaßnahmen erfordert. So wurde z.B. mit der Fa. CelluloseProduktionHartberg – CPH und der TU Dresden eine aufgespritzte und verputzte Zellulosedämmung material- und produktionstechnisch entwickelt und anhand von Vor-Ort-Langzeitmessungen im Gebäude des ehemaligen Bezirksamtes Graz-Liebenau kombiniert mit instationären hygrothermischen Simulationsberechnungen getestet. Dazu wurden die Zelluloseflocken über einen Ventilator und Förderschlauch zum Sprühkopf gefördert, mit dem sie befeuchtet und mittels Polymerisat auf Acrylbasis gebunden auf nahezu jeden Untergrund aufgespritzt werden können – hier auf die beidseitig verputzte, 50 cm dicke Vollziegelmauerwerk-Außenwand des im 19. Jhdt. Erbauten Gebäudes.



Abbildung 1 Sprühkopf - Aufsprühvorgang – Innendämmsystem

Danach wurde die Zelloseschicht mittels einer rotierenden Walze ebenflächig abgezogen und nach der Trocknung mit einem speziell abgestimmten Innenputz versehen. Den Austrocknungs- und Befeuchtungskriterien folgend so diffusionsoffen wie möglich und so diffusionsdicht wie nötig. So wurde es ein maschinell gut verarbeitbarer, feuchtigkeitsspeichernder, mineralischer 10 bis 15 mm dicker Leichtputz mit einer Trockenrohdichte von ca. 1200 kg/m^3 und einem μ -Wert < 20 [-]. Abzugsversuche zeigten durchwegs Materialbrüche innerhalb der Dämmschicht, womit der ausgezeichnete Haftverbund des Innenputzes mit dem Zelluloseuntergrund gezeigt werden konnte – die Zellosedämmschicht brachte Festigkeitswerte über der Anforderung an Mineralwolle-Fassadendämmplatten bzw. an werksseitig hergestellte Zellosedämmplatten von jeweils mind. $12,0 \text{ kPa}$.

Durch die knapp zweijährigen Vor-Ort-Messungen in der Wandfläche und der Außenwandkante konnte gezeigt werden, dass sowohl die mit der Zellosedämmung eingebrachte Feuchtigkeit als auch die in der Kondensationsphase anfallende in der Verdunstungsphase vollständig austrocknet und es so zu keinem „Aufschaukeln“ des Wassergehaltes im Dämmsystem kommt. Überdies war aufgrund der vorhandenen, genauen Materialparameter eine sehr gute Übereinstimmung der hygro-thermischen Simulationsberechnungen mit den Vor-Ort-Messungen festzustellen.

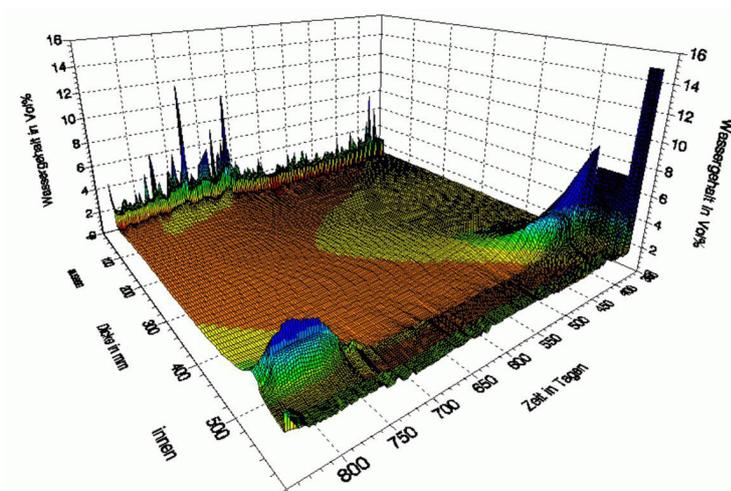


Abbildung 2
Wandquerschnitt-Feuchte-
Jahresverlauf (d = 350 ≙ 1. Januar)

2. Akustisch wirksame Zellulose-Kompaktabsorber

Auf eine 5 – 6 cm dicke, vor Ort aufgespritzte, strömungstechnisch optimierte Zellosoeschicht wurde ein weitgehend diffusionsoffener Innenputz aufgebracht, die schallharte Flächen darstellen - die dazwischen liegenden Schlitzze werden in einem zweiten Arbeitsgang zusammen mit den schallharten Bereichen mit einer dünnen schalloffenen Beschichtung versehen. Mit der Zellulose-Rohdichte von etwa 100 kg/m³ wurde als mittlerer längenbezogener Strömungswiderstand der sehr gute Wert von 19.600 Pa s/m² erzielt, als wichtigstes Kriterium für eine gute Schlitzabsorberschicht. Die weitgehend schalloffene Endbeschichtung besteht aus einem 2 – 3 mm dicken, hochporösen, dispersionsgebundenen Einkornputz. Dadurch wird eine fugenlose Oberfläche gebildet bei gleichzeitig guter Schallabsorption bei mittleren oder tiefen Frequenzen, wobei das Absorptionsmaximum durch Variation der Breite und Dicke der Putzabdeckung sowie durch die Breite der Schlitzze auf den jeweiligen Bedarf abgestimmt werden kann.

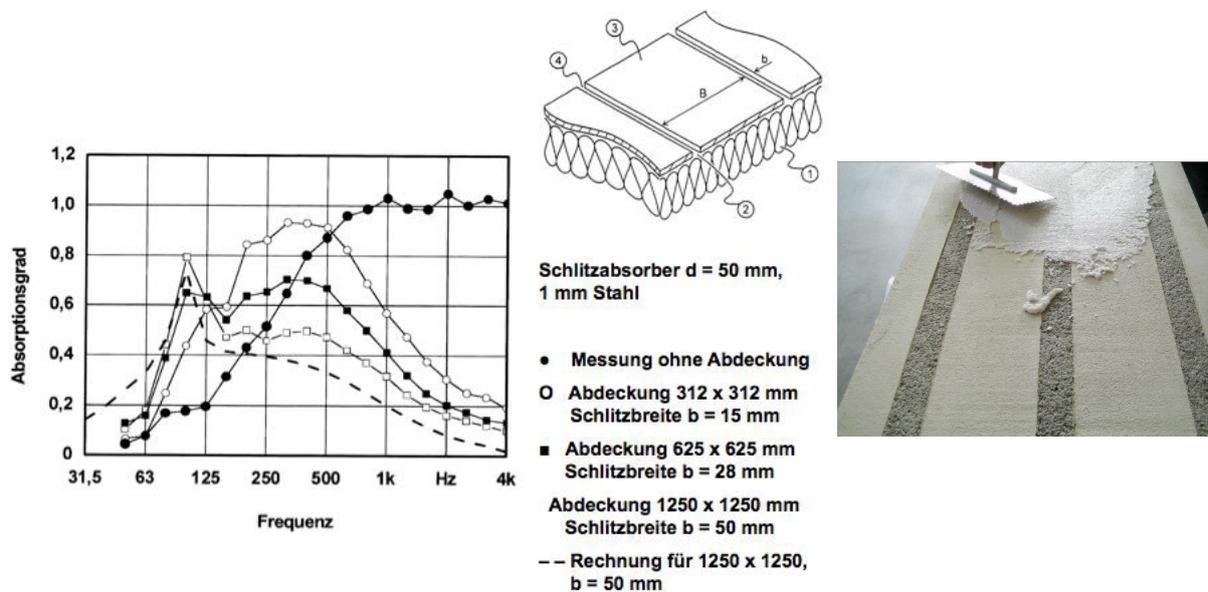


Abbildung 3 verputzter Schlitzabsorber + Absorptionsverhalten

Zur Erzielung einer insgesamt guten Raumakustik werden meist verschiedene Absorbertypen zum Einsatz kommen, da z.B. sind die, aus akustischer Sicht notwendigen Schlitzze im vorgestellten Absorberelement für die Anwendung an der Außenwand zu diffusionsoffen sind.

3. Innendämmung und Holzbalkendecke

In eine innengedämmte Außenwand einbindende massive Zwischenwände oder – decken bedingen eine ca. 1 m lange Verlängerung der Dämmung auch entlang dieser, sind aber sonst, insbes. im Hinblick darauf, dass auch die Außenwandkanten problemfrei

bleiben müssen, als rel. unkritisch einzustufen. Vorhandene Hohlräume wie z.B. bei Holzbalkendecken erfordern besondere Maßnahmen. So stellen Holzbalkendecken eine wiederkehrende Herausforderung dar und werden bei der thermischen Ertüchtigung mittels Innendämmungen kontroversiell diskutiert. Wenn auch das Merkblatt 6-4 (05/2009) der Wissenschaftlich-Technischen Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege (WTA) relativ allgemein von der Gefahr von Wärmebrückeneffekten durch Holzbalken spricht, widmet sich erst das WTA-Merkblatt 8-14 (09/2014) intensiv diesem Thema.

Im vorzustellenden Projekt wurden fünf kapillaraktive, diffusionsoffene und der Bauökologie folgende Innendämmsysteme mess- und simulationstechnisch untersucht. Auf die im Rahmen des Projektes ebenso vorgenommene Entwicklung und Optimierung molekularbiologischer Methoden für bautechnische Untersuchungen sei hier lediglich auf den unten angeführten Endbericht OEKO-ID verwiesen, wonach Mikroorganismen im Gegensatz zu den herkömmlichen, zeitintensiven Kultivierungsversuchen und relativ großen Probenmengen nahezu zerstörungsfrei über deren DNA nachgewiesen werden. Die Dämmstoffdicken der Dämmsysteme (λ lt. Herstellerangabe) wurden derart ausgelegt, dass der U-Wert der bestehenden Außenwand von $0,71 \text{ W/m}^2\text{K}$ auf etwa die Hälfte verringert wurde.

80 mm	aufgespritzte Zellulose ($\lambda = 0,052 \text{ W/mK}$) + Kalkzementputz
80 mm	Perliteplatten ($\lambda = 0,045 \text{ W/mK}$) + Deckputz/Spachtelung
120 mm	Thermosilitputz ($\lambda = 0,075 \text{ W/mK}$) + Deckputz
60 mm	Holzweichfaserplatten ($\lambda = 0,041 \text{ W/mK}$) + Lehmputz
100 mm	Schilf ($\lambda = 0,060 \text{ W/mK}$) + Lehmputz

Als Versuchshaus diente das ehemalige Sanatorium Mariagrün, jetzt Kinderkrippe und Kindergarten Schönbrunngrasse der Stadt Graz. In jedem der fünf Dämmsystem-Felder befand sich ein gleichartig eingebetteter Balken der Holzbalkendecke. Zusätzlich konnte im Zellulose-Feld ein entlang der Quer-Außenwand verlaufender Streichbalken so wie auch im Feld mit der Schilfmattendämmung ein nicht abgedichteter Balken untersucht wurde, indem der ca. 20 bis 30 mm breite Luftspalt belassen wurde. Überdies stand ein ungedämmter Bestandsbalken als Referenzfeld zur Verfügung.

Der Fußbodenbelag im oberen Geschoß war ein PVC-Belag, der auf die ursprüngliche Nutzschrift, ca. 2 cm Holzterrazzo, geklebt war. Darunter befanden sich auf in 15 cm Ziegelschutt schwimmenden Polsterhölzern genagelte 30 mm dicke Holzdielen. Unter den 19 cm hohen Deckenbalken befand sich eine ca. 1,5 cm dicke Holzdielung, Schilfrohr-Putzträger und 1,5 cm Kalkputz. Der Hohlraum zwischen den Deckenbalken war leer. Nach Montage der Messeinrichtungen wurde die ursprünglich vorhandene Hohlkehle zwischen Deckenunterseite und Innenfläche der Außenwand wieder hergestellt. Bis auf einen wurden alle Holzbalken zum Innenputz mit dauerelastischer

Korkfüllmasse und Putzanschlussband abgedichtet, sowie große Holzrisse mit eingeleimten Holzdübeln geschlossen.

Als Resümee der hygrothermischen Messungen folgt, dass aufgrund der hohen Einbaufeuchte und wegen des zeitlich unterschiedlichen Auftrags einzelner Schichten die Zellulosedämmung und der Wärmedämmputz relativ lange zum Austrocknen benötigten. Im Fall des Wärmedämmputzes zog sich dies bis in den zweiten Winter hin. Die Dämmsysteme mit Schilf, Holzweichfaser- und Perliteplatten zeigten ein günstigeres Verhalten. Nach dem Austrocknen der Einbaufeuchte erwies sich der Wärmedämmputz jedoch als sehr günstig, indem die niedrigste Feuchtebelastung in der Dämmung gemessen wurde. In der Zellulosedämmung dagegen entstand bei hoher Raumluftfeuchte immer wieder – unschädliches - Kondensat.

Die Abdichtung der Auflagertaschen bewirkte eine niedrigere Feuchtebelastung im Balkenaufleger. Obwohl am Ende der Auflagertaschen, also in nur wenigen Zentimeter Entfernung vom Stirnholz teilweise über einen längeren Zeitraum hinweg 100 % relative Luftfeuchte gemessen wurden, lag die gemessene und temperaturkorrigierte Holzfeuchte nach dem Abtrocknen der Einbaufeuchte mit maximal 16 M-% Holzfeuchte in einem unproblematischen Bereich. Mit Ausnahme des Balkens mit Wärmedämmputz, in dem zu Beginn bis zu 19 M-% gemessen wurden, reagierten alle Holzbalken sehr träge auf die raumklimatischen Einwirkungen.

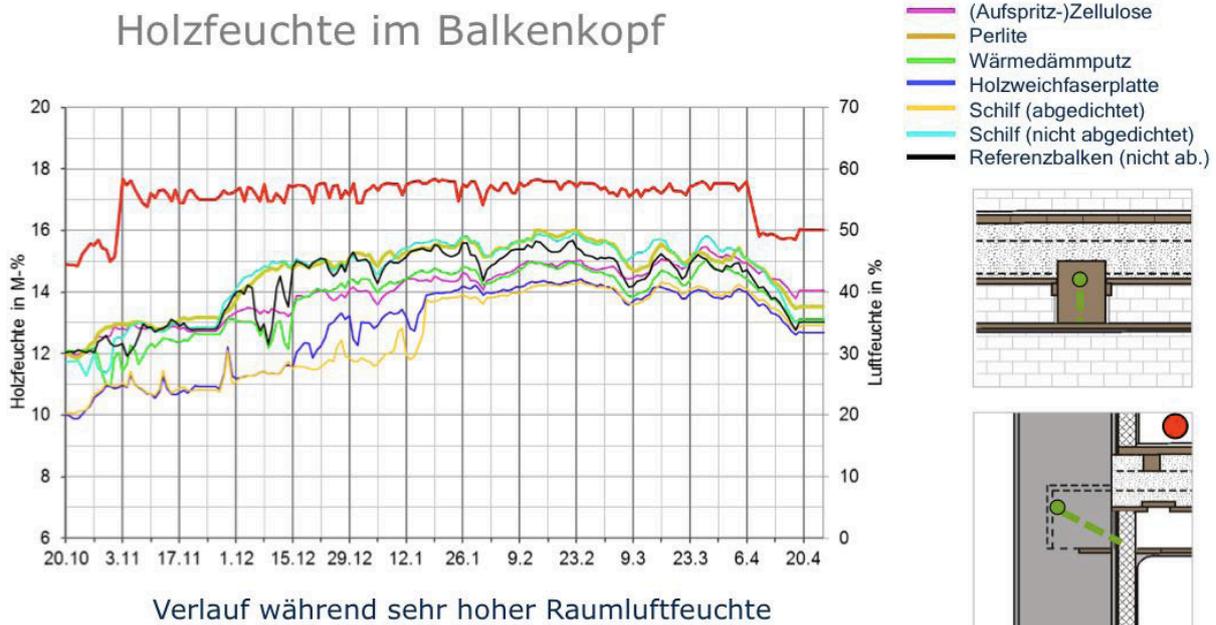


Abbildung 4 Holzfeuchte „an der nassesten Stelle“ der Balkenköpfe

Wenn auf der Hauptwetterseite eine ausreichende Schlagregendichtheit gewährleistet ist, ist der Einbau der Innendämmsysteme demnach als unkritisch anzusehen. Die „konvektionshemmende“ Abdichtung der Auflagertaschen unterhalb der Einschnittdecke wird empfohlen, wenngleich mit weniger aufwändigen Maßnahmen als in diesem Projekt.

Obwohl die zum Teil sehr hohen Raumlufffeuchten im dritten Winter einen gewissen Sicherheitsfaktor bedeuten, dürfen die insgesamt relativ unkritischen Messergebnisse nicht verallgemeinert werden, da projektspezifische Besonderheiten das positive Gesamtergebnis begünstigten, wie beispielsweise der wenig wärmeleitfähige, aber gut flüssigwasserleitende Ziegel, die relativ dicke Außenwand und der geringe Schlagregeneinfluss. Daher ist die Analyse des Bestandes und der verwendeten Materialien individuell und systematisch zu erstellen und die verwendeten Methoden auf die vorgefundene Situation anzupassen. Die grundlegenden Voraussetzungen für eine dauerhafte Sanierung sind die Begutachtung des Zustandes der Holzbalkenköpfe, gegebenenfalls die Herstellung einer diffusionsoffenen Innenoberfläche des Putzes durch Abscheren der Farbschichten, der konvektionshemmende Verschluss der Balkentaschenöffnungen und eine schlagregendichte und diffusionsoffene Außenwandoberfläche.

4. Innendämmung im erdnahen Bereich

Im Sockelbereich führen geometrisch-, material- und oftmals auch umgebungsbedingte Wärmebrücken zu Kondensation und Schimmelbildung. Innenraumdämmungen können auf Grund von vorhandenen Innenwänden, Zwischendecken und Fundamentplatten nicht wärmebrückenfrei angebracht werden, sodass die Sanierungsmaßnahmen sorgfältig geplant werden müssen um Bauschäden zu vermeiden. So wurden Sockelanschlüsse für einen unterkellerten und einen erdberührten Wohnraum mit Fundamentplatte mit Hilfe von simulationstechnischen Untersuchungen betrachtet. Die Baustoffe der bestehenden Bauteile und jene für die Sanierungsmaßnahmen wurden in den Berechnungen variiert. Einerseits wurden Kalziumsilikatplatten und andererseits Mineralwolle als Innendämmung und einer Gipskartonplatte als Endbeschichtung angenommen. Mineralwolle stellt als Innendämmung immer noch die gängige Praxis dar und wurde deshalb als Alternative herangezogen. Nachdem die Anschlüsse instationär und hygrothermisch simuliert wurden, konnten Auswertungen hinsichtlich Materialparameter und Sanierungsausführung durchgeführt werden. Die Ergebnisse zeigen kritische Punkte in Hinsicht auf Feuchteentwicklung und Schimmelpilzbildung in den Konstruktionen sowie an den Bauteilgrenzflächen auf. Somit konnten Lösungsmöglichkeiten zur unbedenklichen Ausführung der Innendämmsysteme geliefert werden.

4.1 Material und Methoden

Betrachtet wurden die Sockelbereiche von Wohnräumen mit und ohne darunterliegendem Kellerraum, d.h. angeschlossener erdberührter Fundamentplatte. Die Simulationsberechnungen wurden mit der Software Delphin 5.8.3 für gekoppelten Wärme- und Feuchtetransport durchgeführt, die mit Hilfe der Finiten-Differenzen-Methode rechnet. Die Feuchtigkeitszustände in den Materialien werden über die relative Luftfeuchtigkeit angegeben. [1]

Als Klimadaten konnten die bereitgestellten Datensätze der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) verwendet werden, die mit Hilfe der Software Meteonorm um die notwendigen Parameter erweitert wurden.

- Wetterstation: Graz-Universität (47°04'47"N, 15°26'22"O, Seehöhe 366 m)
- Zeitraum: 2005 bis 2007 / Stundenwerte
- Temperatur [°C] 2 m über dem Boden
- relative Luftfeuchtigkeit [%] 2 m über dem Boden
- Niederschlag [l/m²]
- Direktstrahlung [W/m²] auf die horizontale Fläche
- Diffusstrahlung [W/m²] auf die horizontale Fläche
- Atmosphärische Gegenstrahlung [W/m²] generiert mittels Meteonorm (Absorptionskoeffizient = 0,9)
- Windrichtung [°] 34 m über Boden
- Windgeschwindigkeit [m/s] 34 m über Boden

In Abbildung 5 sind die wichtigsten in den Simulationen zur Anwendung gekommenen Klima- und Übergangsbedingungen angeführt.

Für die beheizten Räume wurden die Raumtemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit mit Hilfe der ÖNORM EN ISO 13788 an das Außenklima angepasst. Bei unconditionierten Kellerräumen wurde eine Raumtemperatur von 6°C lt. ÖNORM H 7500 und eine relative Luftfeuchtigkeit abhängig von der Außenluft nach ÖNORM EN ISO 13788 angenommen.

Im Erdreich wurde eine Temperatur abhängig von der mittleren Außenlufttemperatur und eine relative Luftfeuchtigkeit lt. ÖNORM EN ISO 13788 angenommen. Für die monatliche mittlere Erdreichtemperatur wurde der Durchschnitt aus der zwölfmonatigen mittleren Außenlufttemperatur und der jährlichen mittleren Außenlufttemperatur gebildet und durch den Wert des vorangegangenen Monats ersetzt. Die Luftfeuchtebedingung im Erdreich wurde als gesättigt angenommen. [6]

Für den Wärmeübergangswiderstand im Innenraum wurden die Werte von $R_{si} = 0,25$ und $0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$, für den Außenbereich von $R_{se} = 0,04$ und $0,06 \text{ m}^2\text{K/W}$ miteinander verglichen. Weiters wurden die Wasserdampfübergangswiderstände aus der ÖNORM EN 15026, ÖNORM EN ISO 6946, ÖNORM EN ISO 13788 und dem WTA 6-2 Merkblatt variiert, da hier unterschiedliche Angaben gemacht werden.

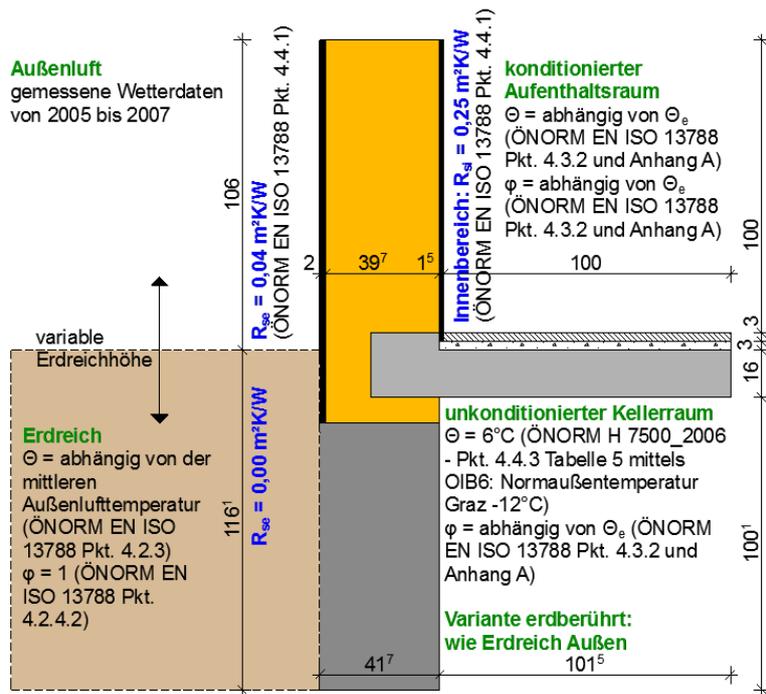


Abbildung 5
Ausgangszustand für den erdberührten Sockel samt Randbedingungen

Die Materialien wurden der Materialdatenbank von Delphin entnommen (siehe Tabelle 1).

Index	Material	ρ	c	Θ_{por}	Θ_{eff}	Θ_{cap}	Θ_{80}	λ	A_w	μ	K_{eff}
		[kg/m³]	[J/kgK]	[m³/m³]	[m³/m³]	[m³/m³]	[m³/m³]	[W/mK]	[kg/m²s ^{0,5}]	[-]	[s]
2	Calciumsilikatplatte	270,14	1157,88	0,910000	0,900	0,83	0,004773	0,0690	1,114580	3,8480	2,33449E-08
3	CaSi-Kleber leicht	820,03	1306,60	0,690553	0,340	0,32	0,139913	0,2160	0,008012	18,9365	6,80328E-12
8	Mineralwolle T / W	112,00 / 67,00	840,00	0,920000	0,900	0,90	0,000160	0,0400	0,000000	1,0000	0,00000E+00
11	Vollziegel Joens	1790,00	868,00	0,360000	0,350	0,25	0,002500	0,8700	0,227000	14,0000	2,34423E-09

Tabelle 1 ausgewählte Materialdaten

Für den Ausgangszustand wurde keine vorhandene Bauteilfeuchte angenommen. Die Bauteile wurden auf eine Dauer von vier bis sechs Jahren betrachtet, wobei sich der eingeschwungene Zustand nach ca. drei Jahren einstellte.

1. In den Varianten wurde als eine relativ unaufwändige Sanierungsmaßnahme die Anbringung einer Innendämmung an der Außenwand mit gleichzeitiger Ergänzung einer Kellergeschoßdeckendämmung im unconditionierten Raum gerechnet. Zusätzlich wurde zum Vergleich eine Variante mit Kalziumsilikatplattendämmung und Sockelheizung berechnet.
2. Eine zweite Variante war die Einbringung einer Dämmung in den Fußbodenaufbau, was in der Praxis natürlich aufwändig zu realisieren wäre.
3. Als Alternative zur Innendämmung wurde ein Abschlagen des Bestandputzes und die anschließende Installation einer Wandheizung auf ca. 50 cm Höhe im unteren Bereich der inneren Außenwand simuliert. (siehe Tabelle 2) Eine Variante

mit einer Kombination von Innendämmung und Wandheizung wird simuliert, jedoch lagen noch keine Endergebnisse vor.

Plannummer	Index	Dateiname	Kommentar	
4.2	A	SUK_42A	CaSi Dämmung an der Innenwand (5cm); MW Dämmung an der Kellerdecke (12cm)	1
4.2	B	SUK_42B	MW Dämmung an der Innenwand (5cm) samt Dampfbremse sd=4m; MW Dämmung an der Kellerdecke (12cm)	
4.2	C	SUK_42C	CaSi Dämmung an der Innenwand (5cm); MW Dämmung an der Kellerdecke (12cm); Sockelheizung	
4.3	A	SUK_43A	CaSi Dämmung an der Innenwand (5cm); MW Dämmung an der Kellerdecke (12cm); MW Dämmung (3cm) im Fußboden statt Schüttung	2
4.3	B	SUK_43B	MW Dämmung an der Innenwand (5cm) samt Dampfbremse sd=4m; MW Dämmung an der Kellerdecke (12cm); MW Dämmung (3cm) im Fußboden statt Schüttung	
4.4	Aa	SUK_44Aa	MW Dämmung an der Kellerdecke (12cm); Wandheizung (ca. 50cm Höhe)	3

Tabelle 2 Varianten der Simulationen für den Sockel mit darunterliegendem, unconditioniertem Kellerraum

Die Simulationen für den erdberührten Sockel ohne darunterliegendem Kellerraum wurden in der gleichen Weise variiert wie für den Sockel mit darunterliegendem Kellerraum, wobei auch für die Sanierungsstufe 2 eine Sockelheizungsvariante gerechnet wurde. (siehe Tabelle 3)

Plannummer	Index	Dateiname	Kommentar	
1.2	A	SEB_12A	CaSi Dämmung an der Innenwand (5cm)	1
1.2	B	SEB_12B	MW Dämmung an der Innenwand (5cm) samt Dampfbremse sd=4m	
1.2	Ca	SEB_12Ca	CaSi Dämmung an der Innenwand (5cm); Sockelheizung	
1.3	A	SEB_13A	CaSi Dämmung an der Innenwand (5cm); MW Dämmung (3cm) im Fußboden statt Schüttung	2
1.3	B	SEB_13B	MW Dämmung an der Innenwand (5cm) samt Dampfbremse sd=4m; MW Dämmung (3cm) im Fußboden statt Schüttung	
1.3	Ca	SEB_13Ca	CaSi Dämmung an der Innenwand (5cm); MW Dämmung (3cm) im Fußboden statt Schüttung; Sockelheizung	
1.4	Aa	SEB_14Aa	Wandheizung (ca. 50cm Höhe)	3

Tabelle 3 Varianten der Simulationen für den erdberührten Sockel

Der Sockelheizungsbereich hat Abmessungen von 3x10 cm womit Vor- und Rücklauf direkt übereinander simuliert wurden. Die Wandheizungsleitungen wurden vereinfacht mit 1,6x1,6 cm eingegeben und haben einen Abstand von 10 cm. Die Vorlauftemperatur wurde nur an jenen Tagen mit unter 12 °C Außentemperatur mit 35 °C angenommen. Die Heizungsleitungen wurden als Unterputzleitungen simuliert.

Das Simulationsprogramm DELPHIN verwendet zur Analyse der Schimmelpilzbildung das Viitanen-Modell (VTT-model), wobei mittels Eingabe von Stundenwerten der Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit einer Oberfläche ein sechsstufiger Schimmelindex die Intensität des Bewuchses ausgibt. [2]

4.2 Ergebnisse

Die Erhöhung des Wärmeübergangswiderstandes für den Außenbereich von $R_{se} = 0,04$ auf $0,06 \text{ m}^2\text{K/W}$ zeigte keine relevanten Auswirkungen in den Ergebnissen. Diejenige für den Innenraum von $R_{si} = 0,25$ auf $0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$ erhöhte die Oberflächentemperatur auf bis zu $1,44 \text{ °C}$ und verringerte die Feuchtigkeit an der Grenzfläche um bis zu $11,5 \%$. In Anlehnung an die geltenden Normen und Richtlinien und auf Grund der Tatsache, dass auf der „sicheren Seite“ gerechnet werden sollte wurden die Werte, wie in Abbildung 5 dargestellt, verwendet. [3-7]

Bei den Berechnungen zeigte sich, dass die unterschiedlichen Wasserdampfübergangswiderstände aus den Normen [3-7] in den Simulationen keine entscheidenden Auswirkungen auf die Ergebnisse hatten. Zur Anwendung kam ein gemittelter Wasserdampfübergangskoeffizient von $3 \cdot 10^{-8} \text{ s/m}$.

4.3 Schimmelbildung

Bei den Ausgangszuständen der beiden Sockelvarianten ergab sich ein sehr starkes Schimmelpilzwachstum in den konditionierten Rauminnenkanten. In der unkonditionierten Kellerrauminnenkante ergab sich durch die Annahme der konstanten Innenraumtemperatur von 6 °C kein Wachstum. Die Berechnungen des unterkellerten Sockelbereiches ergaben, dass keine sichtbare Schimmelbildung bei den Sanierungsvarianten mit Kalziumsilikatplatten entstehen. Die Sanierungsvariante mit Mineralwolle bleibt nicht schimmelfrei und ein Schimmelindex von 4 mit mittlerem Wachstum wird vorhergesagt. Eine Austrocknung findet bei dieser Ausführung nicht statt, da eine Feuchtigkeitsbelastung durch Schlagregen und Wasserdampfdiffusion aus dem Innenraum auftritt. Durch die Aktivierung der Wandheizung an Tagen mit einer Außentemperatur von unter 12 °C kann eine Schimmelbildung im Innenkantenbereich nicht verhindert werden, da in den Sommermonaten eine Feuchtigkeit zwischen 85 und 90% erreicht wird. (siehe Abbildung 6) Um dies zu verhindern, müsste die Wandheizung im Sommer permanent oder feuchtigkeitsabhängig aktiviert werden oder die Ausführung der Wandheizung müsste anders gestaltet werden, damit auch im Kantenbereich die Temperatur hoch genug ist. Die Temperierung des Sockelbereiches müsste entweder bis unter den Fußbodenaufbau reichen oder mit Hilfe eines leitfähigen Materials (z.B. Streckmetall) die höhere Temperatur in die Innenkante geführt werden. Im unmittelbaren Installationsbereich der Leitungen und auch darüber (ungestörte Wandfläche) entsteht kein Schimmel. Der nichtunterkellerte Sockelbereich ergab für die Variante mit Kalziumsilikatdämmung einen Schimmelindex 1 mit mikroskopisch sichtbarer Schimmelbildung, die in

Kombination mit einer Sockelheizung gänzlich verhindert werden kann. Die Ausführung mittels Mineralwolle und Gipskartonplatte als Innenoberfläche, wie in der gängigen Praxis üblich, ergab hingegen einen Schimmelindex 6, was einem sehr starken Bewuchs entspricht. Die stärkere Durchfeuchtung der Dämmung ist auf die zusätzliche Belastung durch aufsteigende Feuchtigkeit zurückzuführen. Die Ergebnisse der Wandheizung für die nicht unterkellerte Sockelvariante zeigen in den Wintermonaten zwar eine ca. 15 % höhere Feuchtigkeit, es entsteht jedoch, wie bei der unterkellerten Variante auch, nur in den Sommermonaten ein kritischer Feuchtegehalt der zur Schimmelbildung führt.

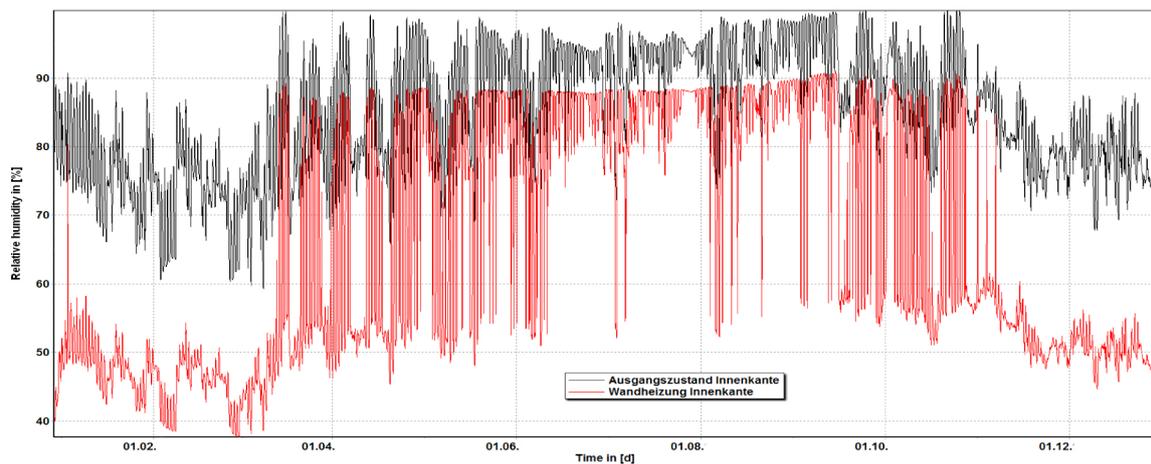


Abbildung 6 Vergleich der Feuchtigkeit der Innenkanten von Ausgangszustand und Wandheizung

4.4 Sockel mit darunterliegendem unconditioniertem Kellerraum

Vergleicht man die Innendämmmaßnahmen der Kalziumsilikatplatten mit dem Ausgangszustand so wird auf Grund der Temperaturerhöhung eine Verringerung von rund 10 % bis 15 % der Feuchtigkeit der Innenkante des unterkellerten Sockels erreicht. (siehe Abbildung 7) Die Fußbodendämmung verbessert diese Situation um weitere 5 %. Die Ergebnisse der Innendämmmaßnahmen in Kombination mit

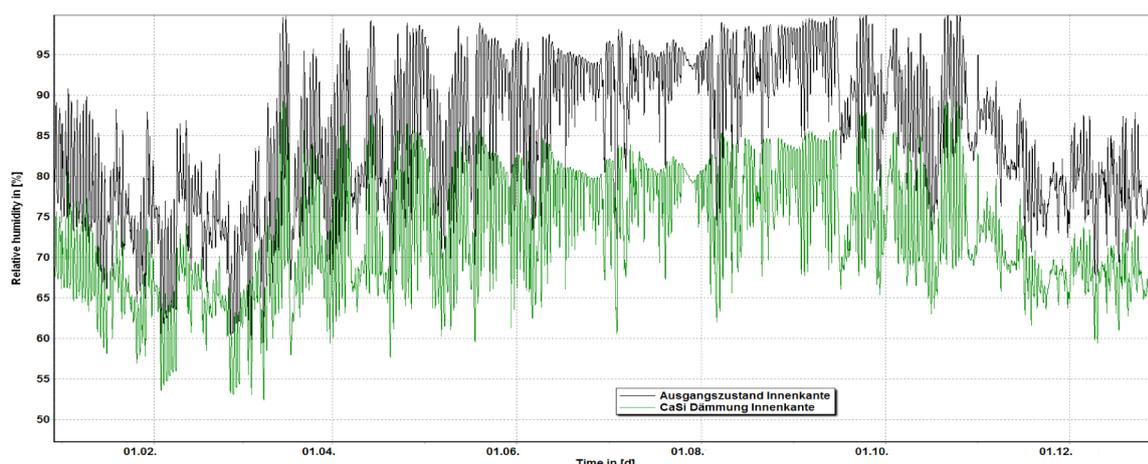


Abbildung 7 Vergleich der Feuchtigkeit der Innenkanten von Ausgangszustand und Dämmmaßnahme mittels Kalziumsilikatplatte im Innenbereich beim unterkellerten Sockel

einer Sockelheizung zeigen bei der Innenkante keine relevanten Unterschiede zur Wandheizungsvariante. Beide Sanierungsverfahren ergeben für die Wintermonate eine Feuchtigkeit zwischen 40 und 55 %, jedoch tritt auf Grund der nicht aktivierten Heizung in den Sommermonaten die bei der Schimmelbildung beschriebene Kondensation auf. Die Ausführungsvariante mit Mineralwolle und Dampfbremse weist gegenüber der Ausgangssituation eine Verringerung von nur rund 5 % Feuchtigkeit auf bzw. 10 %, wenn auch der Fußbodenbereich gedämmt wird.

4.5 Erdberührter Sockel ohne darunterliegendem Kellerraum

In Abbildung 8 wird die Verringerung der Feuchtigkeit in der Innenkante des erdberührten Sockels dargestellt. Für die Dämmmaßnahme mit der Kalziumsilikatplatte wird die Feuchtigkeit um ca. 5 % und bei zusätzlicher Dämmung im Fußbodenbereich um ca. 10 % verringert.

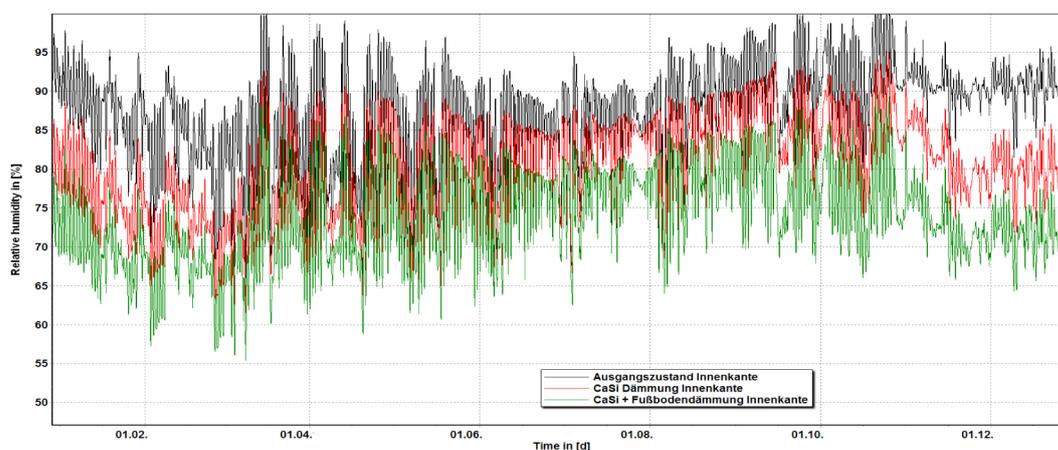


Abbildung 8 Vergleich der Feuchtigkeit der Innenkanten von Ausgangszustand und der Dämmmaßnahmen mittels Kalziumsilikatplatte im Innenbereich und Dämmung im Fußbodenaufbau beim erdberührten Sockel

Die zusätzliche Sockelheizung bringt hier eine deutliche Verbesserung, wie in Abbildung 9 dargestellt, wobei die Dämmung im Fußbodenaufbau für die Sockelheizungsvarianten keine relevante Verbesserung bringt. Für den erdberührten Sockelbereich ohne Kellerraum entsteht trotz der Abschaltung der Heizung über 12 °C Außentemperatur keine Sommerkondensation.

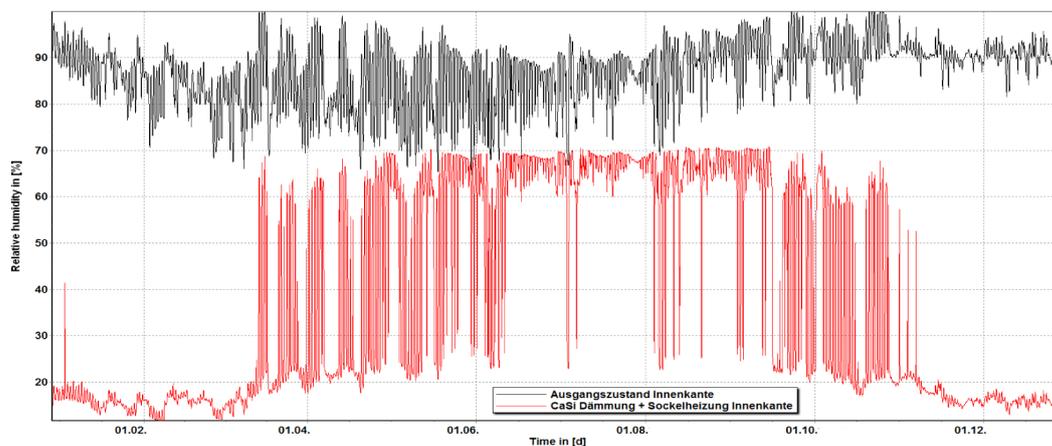


Abbildung 9 Vergleich der Feuchtigkeit der Innenkanten von Ausgangszustand und der Dämmmaßnahmen mittels Kalziumsilikatplatte im Innenbereich mit Sockelheizung beim erdberührten Sockel

Die Innendämmung mittels Mineralwolle zeigt keine signifikante Verbesserung gegenüber dem Ausgangszustand, da durch die Feuchtebelastung aus Schlagregen, aufsteigender Feuchtigkeit und Dampfdiffusion ein stetig steigender Feuchtigkeitsgehalt der Mineralwolle zu verzeichnen ist. Hingegen ergibt die zusätzlich eingebrachte Fußbodendämmung eine Verringerung von 5 bis 10 % der Feuchtigkeit, wobei diese in den Sommermonaten dennoch im Bereich von 85 bis 95 % liegt und damit die Durchfeuchtung der Dämmung nicht verhindert werden kann. Innendämmmaßnahmen in Kombination mit einer Sockelheizung zeigen eine deutliche Verbesserung der Feuchtesituation an der Innenoberfläche gegenüber der Wandheizung, bei der in den Sommermonaten mit Kondensation zu rechnen ist. Dies ist auf die erhöhte Innenoberflächentemperatur der Dämmung zurück zu führen.

4.6 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse der Sockelbereichssimulationen mit Variationen von Innendämmmaterialien und verschiedenen Sanierungsvarianten zeigen, dass Kalziumsilkatplatten gegenüber Mineralwollgedämmungen vorzuziehen sind. Durch die Feuchtebelastung aus Schlagregen, aufsteigender Feuchtigkeit und Dampfdiffusion entsteht ein stetig steigender Feuchtigkeitsgehalt in der Mineralwollgedämmung, sodass keine Austrocknung erfolgen kann, wobei die eingeschlossene Feuchte durch die innenliegende Dampfbremse zusätzlich am Austrocknen gehindert wird. Die Sockelheizungen können Schimmelbildungen im kritischen Bereich der Innenkanten verhindern. Wandheizungen im unteren Innenbereich der Sockelaußenwand, ohne zusätzliche Dämmmaßnahmen, sind nur wirksam, wenn auch in den Sommermonaten eine Temperierung erfolgt, um einer Sommerkondensation entgegen zu wirken.

4.7 Ausblick

Weitere Berechnungsvarianten wie beispielsweise eine Wandheizung in Kombination mit

einer Innendämmung oder Sanierungsvarianten mit anderen Dämmmaterialien folgen. Die Simulationsergebnisse werden in weiterer Folge messtechnisch evaluiert, um die theoretischen Erkenntnisse mit der Praxis abzugleichen.

Danksagung

Die dargestellten Forschungsprojekte wurden mit Mitteln des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie BMVIT - Programmlinie „Haus der Zukunft“, des Klima- und Energiefonds - Programmlinie „Neue Energien 2020“, des Bundesministeriums für Unterricht, Kunst und Kultur sowie der Steiermärkischen Landesregierung gefördert.

Mitwirkende

Dipl.-Ing. Herwig Hengsberger

Dipl.-Ing. Ulrich Ruisinger

Weiterführend

Mandl, M., Stuhlbacher, A., Koinigg, M., Kautsch, P., Hengsberger, H., Grundlegende Untersuchungen zu aufgespritzten Zellulosedämmschichten für Außenfassaden, Endbericht bmvit 2001

Kautsch, P., Engl, J., Häupl, P., Heinz, A., Hengsberger, H., Lackner, W., Petzold, H., Plagge, R., Schmied, R., Skofitsch, F., Streicher, W., Zellulose-Innendämmung ohne Dampfsperre Untersuchungen zur grundsätzlichen Eignung aufgespritzter und verputzter Zelluloseschichten, bmvit 83/2006

Kautsch, P., Drotleff, H., Egger, J., Graber, G., Häupl, P., Halper, T., Hengsberger, H., Lackner, W., Leistner, P., Petzold, H., Schmied, R., Zhou, X., Aufgespritzte und verputzte Zellulose- Kompaktabsorber - Untersuchungen zur grundsätzlichen Eignung aufgespritzter und verputzter, hygrothermisch aktiver Zellulose-Schallabsorber, bmvit 00/2006

Kautsch, P., Hengsberger, H., Ruisinger, U., Steinwender, H., Dörr, K., Kukovetz, K., Sterflinger, K., Eettenauer, J., OEKO-ID - Innendämmungen zur thermischen Gebäudeertüchtigung - Untersuchung der Möglichkeiten und Grenzen ökologischer, diffusionsoffener Dämmsysteme, Klima- und Energiefonds 2013

WTA Merkblatt 6-4, Innendämmung nach WTA I – Planungsleitfaden, Fraunhofer IRB Verlag, Ausgabe: 05/2009/D

WTA Merkblatt 8-14, Ertüchtigung von Holzbalkendecken nach WTA II, Fraunhofer IRB Verlag, Ausgabe: 09/2014/D

[1] <http://www.bauklimatik-dresden.de/delphin/index.php>

[2] Viitanen H., Ritschkoff A.: Mould growth in pine and spruce sapwood in relation to air humidity and temperature (1991)

[3] ÖNORM B 8110-2: 2003 07 01: Wärmeschutz im Hochbau - Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz (2003)

- [4] ÖNORM EN 15026: 2007 06 01: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation (2007)
- [5] ÖNORM EN ISO 6946: 2015 06 15: Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren (ISO/DIS 6946:2015) (2015)
- [6] ÖNORM EN ISO 13788: 2013 04 01: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren - Berechnungsverfahren (ISO 13788:2012) (2013)
- [7] WTA Merkblatt 6-2-14/D: Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse (2014)

BAUPHYSIK QUO VADIS – IM SPANNUNGSFELD VON TRADITION UND FORSCHUNG

Univ.-Prof. Dr-Ing. Dipl.-Phys. Klaus Peter Sedlbauer
Lehrstuhl für Bauphysik
Technische Universität München



Rückblick

Ein Blick zurück auf die historische Entwicklung des Bauens und Wohnens zeigt, dass die wesentlichen Veränderungen erst ab Mitte des 19. Jahrhunderts stattgefunden haben. Dies ist hauptsächlich in der Industrialisierung begründet, zu deren Folgen eine kräftig wachsende Stadtbevölkerung zählte. Dies führte zu dem bis heute ungebrochenen Trend, dass die Bebauung, vor Allem in den Städten, immer dichter wird. Aber auch Themen wie „Gesundes Bauen“ rückten stärker in den Fokus der Betrachtung und der Begriff „Gesundheitstechnik“ ergänzt seither den deutschen Sprachgebrauch.

Die Entwicklungen im Bauwesen in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden vor allen die beiden Weltkriege in Europa und in Deutschland beeinflusst. In Zeiten des Wiederaufbaus wurden neuartige Konstruktionen entwickelt. Diese waren oft auch mehrschichtige Bauweisen, deren Schwerpunkt auf der Vermeidung von Bauschäden lag. Um solche Konstruktionen auf ihre Praxistauglichkeit und Schadensfreiheit untersuchen zu können wurde in der Nähe München die sogenannte Freilandversuchsstelle Holzkirchen gegründet (Abbildung 1). Diese gehört heute zum Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP.



Abbildung 1
Das Gelände der
Freilandversuchs-
stelle Holzkirchen
mit ersten
Versuchs-
häusern im Jahre
1951.

Ausgangsthematik baulicher Wärmeschutz

In der ersten Betrachtung diente der bauliche Wärmeschutz zunächst für die Sicherung der thermischen Behaglichkeit der Bewohner. Erst mit den Ölkrisen 1973 und 1979/80 wurde zunehmend Wärmedämmung mit dem Ziel der Energieeinsparung eingesetzt. Energieeinsparung und damit die Einsparung von Treibhausemissionen steht im Mittelpunkt heutiger Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Somit dient diese auch der Unterstützung der Energiewende mittels des verstärkten Einsatzes von erneuerbaren Energien auch am Bau. Seit mehreren Jahren werden nun sogenannte Plusenergiehäuser gebaut. Mit diesen lässt sich in der energetischen Jahresbilanz mehr Energie erzeugen als sie verbrauchen. In Abbildung 2 sind die wesentlichen historischen Schritte der energetischen Anforderungen an Gebäude dargestellt. Die normative Bandbreite des zulässigen Energieverbrauchs hängt im Wesentlichen von der Gebäudekubatur ab, diese ist in Abbildung 2 ebenfalls dargestellt (roter Bereich).

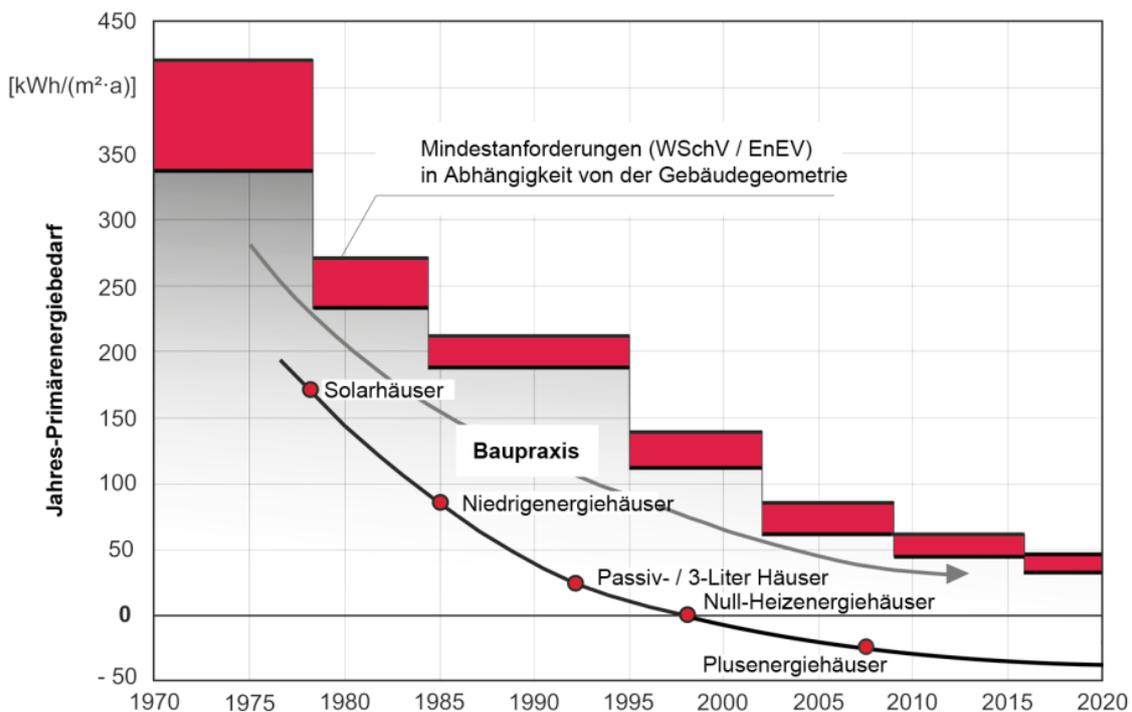


Abbildung 2: Abnahme des normativen Jahres-Primärenergiebedarfs von Gebäuden in Abhängigkeit unterschiedlicher Gebäudegeometrie sowie Meilensteine der Bauforschung am Fraunhofer IBP.

Diversifikation und Spezialisierung

Zu den klassischen Themengebieten des Wärme- und Feuchteschutzes kamen auch andere Fachthemen hinzu. Fragenstellungen betreffend der Raumakustik und des baulichen Schallschutzes wurden zunehmend wichtiger. Auch erfolgte eine Spezialisierung der klassischen Chemie hinsichtlich des Bauwesens. Hier hinzugerechnet werden können die Baustoffkunde, die Mineralogie sowie chemische Schädigungsprozesse und Emission von Schadstoffen aus Bauprodukten. Analog hierzu

spezialisierte sich die Biologie. Modelle zur Vorhersage von Schimmelpilzwachstum in Gebäuden (siehe Abbildung 3) wurden entwickelt und auch biologische Schadensprozesse aufgrund des Wachstums von Algen an Fassaden werden seit einigen Jahren erforscht. Zusammengefasst sind die Themengebiete die heute der Bauphysik zugeordnet werden, fachlich deutlich breiter aufgestellt und zugleich auch spezialisierter.

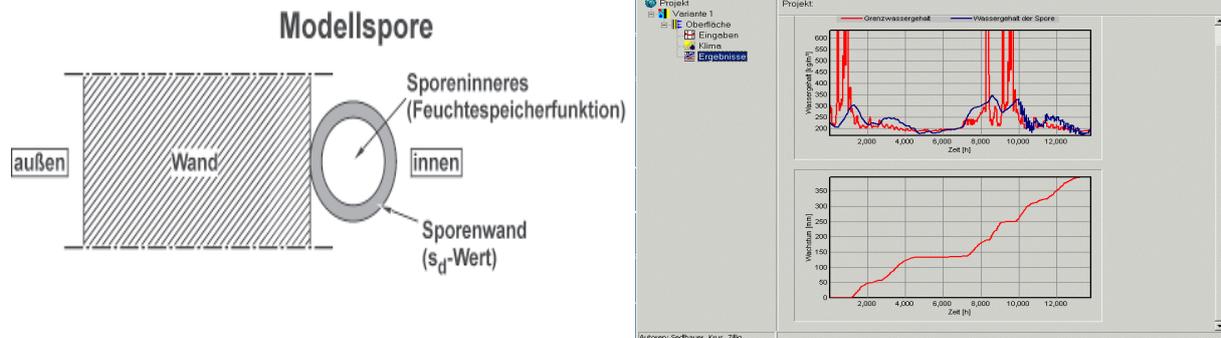


Abbildung 3 Das Themenfeld der Biologie am Bau. Mit Hilfe der Erkenntnisse konnte ein Modellansatz welcher das Schimmelpilzwachstums an Gebäudeoberflächen beschreiben kann erstellt (links). Dieser wurde in ein Softwareprodukt umgesetzt (rechts).

Umweltgerechtes Bauen

Schon 1713 prägte Hans Carl von Carlowitz das Prinzip der Nachhaltigkeit. Ursprünglich wurde dies auf die Waldbewirtschaftung eingeführt. Heute findet dieses Prinzip auch Anwendung im Bauwesen. Im Rahmen einer Lebenszyklusbetrachtung können produktbasiert die Umweltwirkung bzw. die Umwelteinflüsse bewertet werden. Der Betrachtungsrahmen erstreckt sich von der der Rohstoffproduktion über die Nutzungsphase bis hin zur Entsorgung bzw. dem Recycling. Diese Vorgehensweise ist stilisiert in Abbildung 4 dargestellt. Erfolgt die Betrachtung der Nachhaltigkeit auf Gebäudeebene, werden zusätzlich zur Umweltwirkung der Bauprodukte die Faktoren Ökonomie und die Auswirkung auf den Menschen betrachtet. Berücksichtigt werden diese Faktoren nicht einzeln, sondern die wechselseitigen Wirkungen sind inkludiert. Ein Bewertungssystem für verschiedenste Gebäudetypen auf dieser Systematik wurde von der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen DGNB entwickelt.

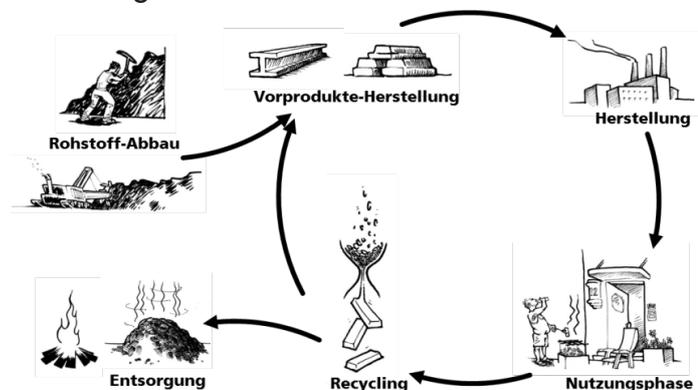


Abbildung 4 Der Lebenszyklus von Bauprodukten dient als Grundlage für die Nachhaltigkeitsbetrachtung.

Digitalisierung des Bauwesens

Aus heutiger Sicht lässt sich eine Welt ohne Computer gar nicht mehr vorstellen. In nahezu allen Geräten ist heute Elektronik verbaut. Doch ist diese Entwicklung erst etwa 75 Jahre alt. Als Konrad Zuse 1941 die Zuse Z3 baute, ahnte wohl niemand die heutigen Einsatzmöglichkeiten. Im Bauwesen reichen diese von Berechnungsmodulen für Baukonstruktionen (Statik) über Zeichenprogrammen (CAD) bis hin zur Strömungsanalyse in und um Gebäude (CFD). Ein relativ neuer Trend ist die Vernetzung im Bereich der Gebäudesteuerung. Werden die digitale Gebäudeplanung mit der Ausführung und Bewirtschaftung der Gebäude kombiniert, spricht man vom Building Information Modeling BIM (Abbildung 5). Die digitale Abbildung des Bauprozesses in Modellen verspricht viele Vorteile, sie ist jedoch auch entsprechend komplex. Vor allem da alle Beteiligten – vom Architekten über den Fachplaner bis hin zu den ausführenden Handwerkern – unterschiedliche Informationen benötigen, diese jedoch gleichzeitig voneinander abhängen.

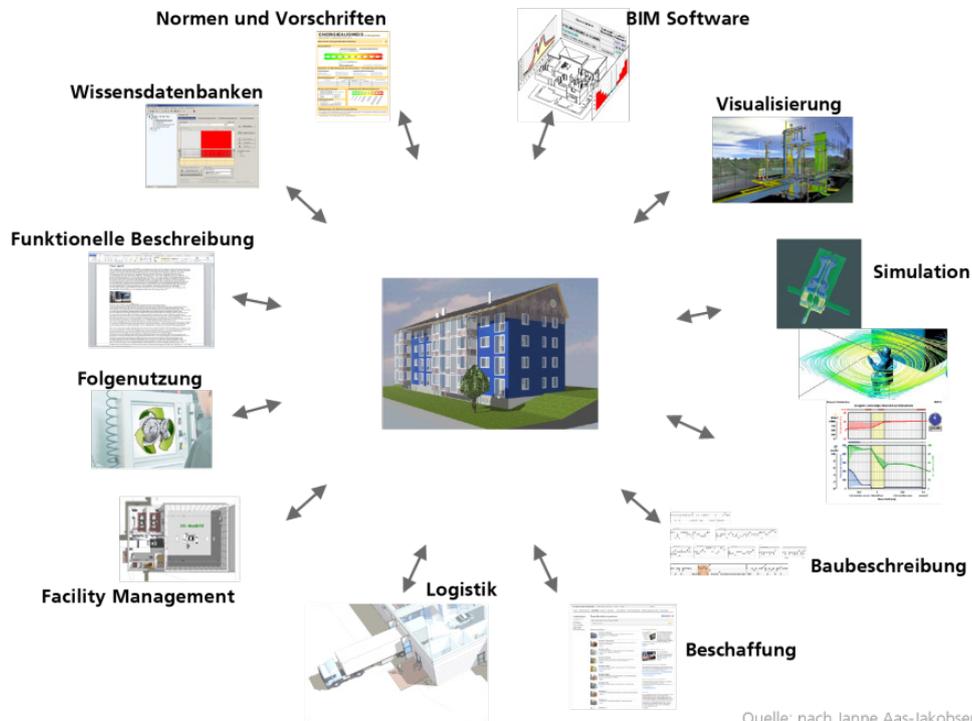


Abbildung 5 Durch ein zentrales Datenmodell ist beim Building Information Modeling BIM die Planung, Bauausführung und Bewirtschaftung von Gebäuden und sonstigen Bauwerken die durchgehende, d. h. unternehmensübergreifende Abbildung des Baugeschehens sichergestellt.

Im Bereich der heutigen Simulationsmodelle im Bereich der Bauphysik werden bisher nur einzelne Abhängigkeiten kombiniert abgebildet. Klassisches Beispiel hierfür ist die gekoppelte Berechnung der Temperatur- und Feuchteströme durch Bauteile oder die Interaktion von Anlagentechnik mit dem Raumklima und dem Gesamtenergieverbrauch. Zunehmend erfolgt hier eine Modellerweiterung, welche sowohl die Gebäudeplanung als auch die Gebäudenutzung (Abbildung 6) abbildet. Künftig kann der Bauherr/Planer

die Interdependenzen des klimagerechten Bauens mit ressourcenschonendem und recyclinggerechtem Konstruieren bei gleichzeitiger Minimierung der Investitionskosten betrachten. Durch die Erstellung eines „digitalen Zwillings“ lässt sich im Bereich der Gebäudenutzung die individuelle Nutzung abbilden und somit das digitale Modell die Parameter und Eigenschaften des Gebäudes vorhersagen. Beispielsweise kann dies für eine Dynamisierung der Gebäudeklimatisierung genutzt werden, wenn, wie in den industrialisierten Nationen, die durchschnittliche Haushaltsgröße immer weiter abnimmt und die Wohneinheiten individueller genutzt werden. Somit ließe sich für den Wohnbereich in Zeiten, in denen Räume, Wohnungen oder Gebäude nicht genutzt werden, ein hygienisches und materialverträgliches Schutzklima definieren. Ein Stand-by-Klima kann kurzfristige Abwesenheit überbrücken. Ausschließlich bei Anwesenheit der Bewohner soll ein Komfortklima erreicht werden. Der individuellen Nutzung wird hiermit mit minimalem Energieaufwand Rechnung getragen. Dieser Prozess ist in Abbildung 6 dargestellt.

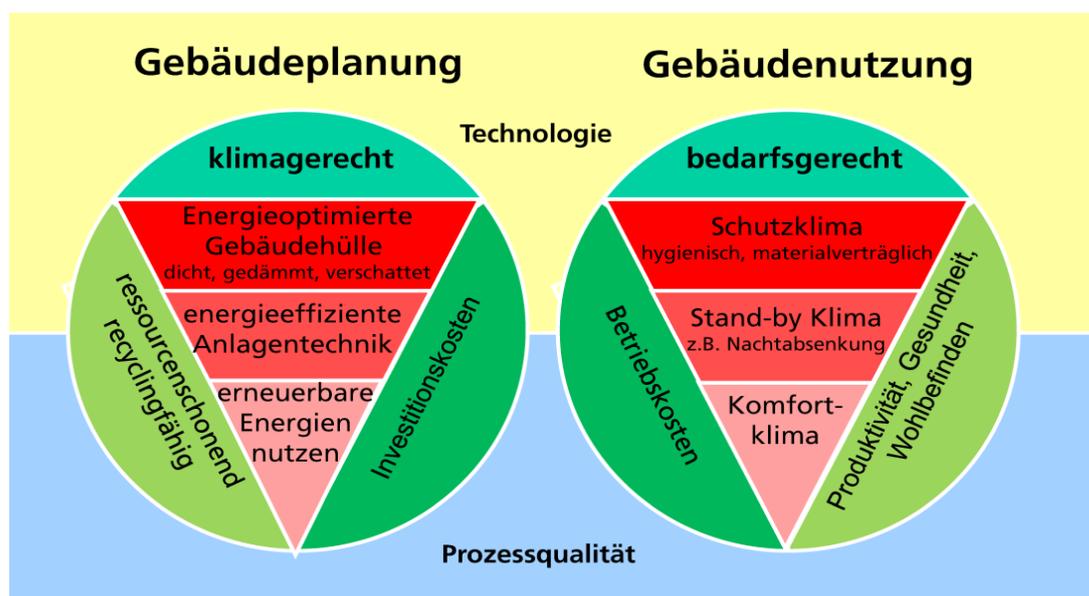


Abbildung 6 Gebäudemodelle zur Optimierung der baulichen Aspekte sowohl im Bereich der Gebäudeplanung als auch im Bereich der Gebäudenutzung.

In der zukünftigen Betrachtung, vor allem unter Berücksichtigung der zunehmenden dynamischen Energieerzeugung der erneuerbaren Energien, können Gebäude genutzt werden mittels ihres Puffervermögens. Eine stringente Weiterentwicklung der Modelle hierfür, die Integration in entsprechende Stadt und Regionalmodelle ist jedoch zwingend nötig. Insbesondere vor dem Hintergrund der dynamisierten Energieversorgung sind effiziente Prozesse nötig um die vorhandenen Ressourcen ideal zu nutzen. Das Bauwesen und dessen Integration über digitale Modelle bietet hier ein riesiges, noch nicht im Ansatz ergründetes Potenzial.

Resümee

Die Bauphysik, welche ursprünglich aus individuellen kleinen Themengebieten entstanden ist, hat sich in relativ kurzer Zeit zu einem integrierten Fachbereich des Bauwesens entwickelt. Dieser Prozess setzt sich stetig fort, wie die aktuellen Entwicklungen rund um die Digitalisierung des Bauwesens erahnen lassen. Künftig liegt das größte Entwicklungspotenzial in der intra- und interdisziplinären Zusammenarbeit vieler Fachbereiche. Besonderes Augenmerk sollte bei allen Betrachtungen rund um das Bauen auf dem Nutzer der Gebäude, dem Menschen, liegen. Durch Zusammenarbeit mit Psychologen können Modelle zur Beschreibung des menschlichen Verhaltens und Empfindens in Gebäuden gebildet werden. Seit der Besiedlung erster Räume durch den Menschen, hat sich sein Anforderungsprofil deutlich geändert. Die Bauphysik kann einen wesentlichen Teil dazu beitragen, das Bauen, sowohl umweltgerecht als auch für den Menschen behaglich zu gestalten.

Wir danken unseren Sponsoren und Partnern

ALUKÖNIGSTAHL

AUSTROTHERM
Dämmstoffe

**BAU
MIT**
baumit.com

CPH Zellulosedämmstoffproduktion
Beteiligungs GmbH & Co KG
A-8230 Hartberg | Am Ökopark 6
Tel: +43 (0)3332 / 6668-0 | Fax: +43 (0)3332 / 6668-1
E-mail: info@cph.at | Internet: www.cph.at
DÄMMEN SIE MIT DEM BESTEN. Nicht mit dem Erstbesten.

FOAMGLAS
Building

IBS

innovativ
INNINGration
integriert

25 JAHRE
LAAS
LEICHT-DACH-SYSTEME
VÖLKERMARKT • AUSTRIA • WWW.LAAS.AT

SATTLER
thinking highTEX

BUILDING TRUST
Sika

Wir machen's dicht!
VILLAS

CENO TEC
creating membrane solutions

Wienerberger

WKO
Der Bau
STEIERMARK

wohnbaugruppe.at
ennstal enw

Unser Bautechnischer Außendienst.

Gut beraten ist halb gewonnen!



Unser Mehrwert-Paket für Ihren Erfolg!

- Erster Ansprechpartner für Architekten und Planer
- Beratungsleistung erfolgt bereits in einer frühen Phase der Projektplanung
- Projektbegleitung – stets aktuelle Informationen über Markt- und Objektgeschehen
- Unterstützung bei der konkreten Leistungsbeschreibung erleichtert Ihre Angebotslegung
- Vermittlung zu den besten Fachbetrieben in der Branche – unseren Metallbaukunden
- Vorleistung durch unseren Bautechnischen Außendienst als beste Basis für eine erfolgreiche Umsetzung!

SCHÜCO
JANSEN



ALUKÖNIGSTAHL
WEIL DER MEHRWERT ENTSCHEIDET

www.alukoenigstahl.com



Aluminium-Fassaden

Von Haus aus effizient.



Der bautechnische Außendienst – unser Mehrwert-Paket für Ihren Erfolg!

- Erster Ansprechpartner für Architekten und Planer
- Beratungsleistung erfolgt bereits in einer frühen Phase der Projektplanung
- Projektbegleitung – stets aktuelle Informationen über Markt- und Objektgeschehen
- Unterstützung bei der konkreten Leistungsbeschreibung erleichtert Ihnen die Anbietersuche
- Vermittlung zu den besten Fachbetrieben in der Branche – unseren Metallbaukunden
- Vorleistung durch unseren Bautechnischen Außendienst als beste Basis für eine erfolgreiche Umsetzung!

Für nähere Informationen bzw. Unterstützung kontaktieren Sie unseren bautechnischen Außendienst:
tel 01/98 130-0 oder www.alukoenigstahl.com



SCHÜCO
JANSEN



ALUKÖNIGSTAHL
WEIL DER MEHRWERT ENTSCHIEDET



Austrotherm XPS[®] Premium 30 SF



- ▶ Das beste XPS – $\lambda_D = 0,027 \text{ W}/(\text{mK})$
- ▶ Ausgezeichnete Wärmedämmung
- ▶ Besonders bei engen Platzverhältnissen
- ▶ Weitestgehend wasserunempfindlich

Austrotherm XPS® Premium 30 SF

Das bestdämmende XPS

Seit mittlerweile mehr als 60 Jahren hat Austrotherm® seine Kompetenz für Dämmstoffe erarbeitet und mit immer neuen, immer besseren Produkten unter Beweis gestellt. Diese jahrzehntelange Erfahrung macht es möglich Innovationen zu entwickeln, die höchste Ansprüche erfüllen. Durch intensive Forschung konnten die Dämmwerte weiter verbessert werden: Das Ergebnis ist **Austrotherm XPS® Premium 30 SF**. Es dämmt mit einer beeindruckenden Wärmeleitfähigkeit ab $\lambda_D = 0,027 \text{ W/(mK)}$ bei einer Dicke von 40–400 mm und somit um 23 Prozent besser als Standard-XPS. Damit spielt es seine Vorzüge vor allem bei engen Platzverhältnissen aus. Die neue, höchst wärmedämmende, druckfeste und wasserabweisende Dämmplatte aus XPS dämmt perfekt und spart Platz.

Austrotherm XPS® Premium 30 SF

Höchstwärmedämmende, druckfeste und wasserabweisende Dämmplatte aus Extruderschaum **mit Stufenfalz**

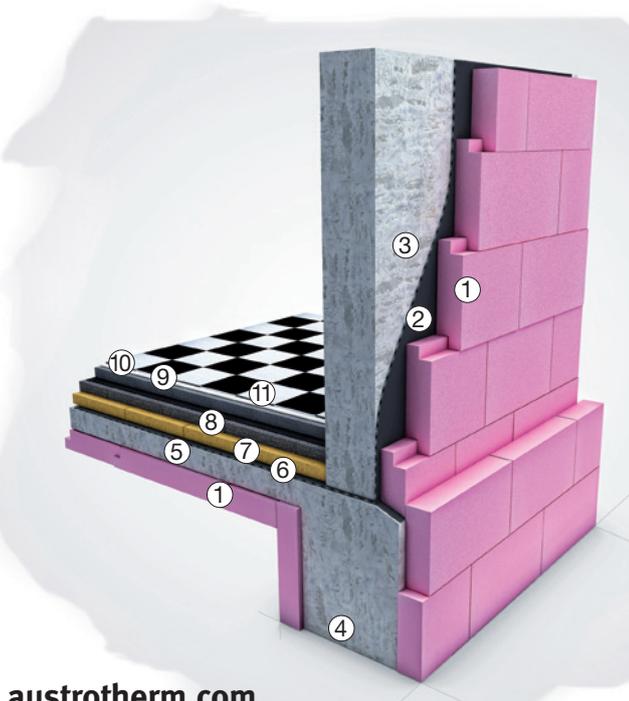


- ▶ Kellerwand außen
- ▶ über und unter Bodenplatte
- ▶ im Umkehrdach, Terrassen- und Parkdach
- ▶ im Plus- bzw. Duodach
- ▶ im Feuchtraum

Produkttyp:	nach ÖNORM B 6000: XPS-G30 (glatte Oberfläche)
Kantenausbildung:	Stufenfalz (SF)
Farbe:	rosa
Nutzmaß:	1250 x 600 mm
Nutzfläche:	0,75 m ² pro Platte
Druckfestigkeit:	≥ 300 kPa (≥ 30 t/m ²)
Plattenformat:	1265 x 615 mm

Anwendungsbeispiel

Perimeterdämmung bei unterkellertem Gebäude mit Streifenfundament



- 1 Austrotherm XPS® Premium 30 SF
- 2 Feuchtigkeitsabdichtung (vertikal)
- 3 Kellermauerwerk
- 4 Streifenfundament
- 5 Bodenplatte
- 6 Feuchtigkeitsabdichtung (horizontal)
- 7 Austrotherm Resolution® Boden
- 8 Austrotherm EPS® T 650-PLUS
- 9 Trennschicht
- 10 Estrich
- 11 Keramischer Belag



Höchst wärmedämmend – **das beste XPS**,
 $\lambda_D = 0,027 \text{ W/(mK)}$



Dämmt perfekt – besonders bei engen
Platzverhältnissen



Ist für den geförderten Wohnbau geeignet



Weitestgehend wasserunempfindlich



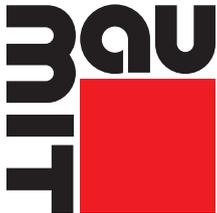
**Was schafft
mehr Wohlbefinden
im Innenraum?**

**Baumit
Gesundes
Wohnen**



Baunit Klima- und Ionit-Produkte sind mineralisch, schadstofffrei und regulieren die Luftfeuchtigkeit in allen Räumen. Dadurch tragen sie wesentlich zur Verbesserung des Raumklimas bei und das kommt wiederum unserer Gesundheit zugute.

- Regulieren die Luftfeuchtigkeit
- Mineralisch und schadstofffrei
- Verbessern das Raumklima



Ideen mit Zukunft.

baumit.com



open
reflect **air**

**Baumit open[®]
reflectair**

**Wer dämmt
meine Fassade –
natürlich mit Luft?**

Die KlimaFassade



Luft ist der natürlichste Dämmstoff der Welt. Deshalb nehmen wir von Baumit möglichst viel davon – konkret 99 %, um mit der innovativen **Baumit open[®]reflectair** atmungsaktiv zu Dämmen und Energie zu sparen.

Also, egal welche Wände Sie haben, ob altes Mauerwerk oder moderne Ziegel, **Baumit open – Die KlimaFassade** verbindet sich harmonisch mit dem Mauerwerk, als wären sie eins. Die atmungsaktive KlimaFassade ist ein innovatives Wärmedämmverbundsystem, das sich sowohl im Neubau als auch in der Sanierung eignet.

- Mit ökologischer Luftdämmplatte
- Atmungsaktiver Schutz vor Kälte und Hitze für mehr Behaglichkeit
- Niedrigster Primärenergieverbrauch bei der Herstellung

Dämmen mit
99%
air

Ideen mit Zukunft.

3au
IT
baumit.com

Zellulosedämmstoff

nachhaltig - vielseitig - langfristig



**Auch nach Jahrzehnten:
passgenau und setzungssicher wie am ersten Tag**

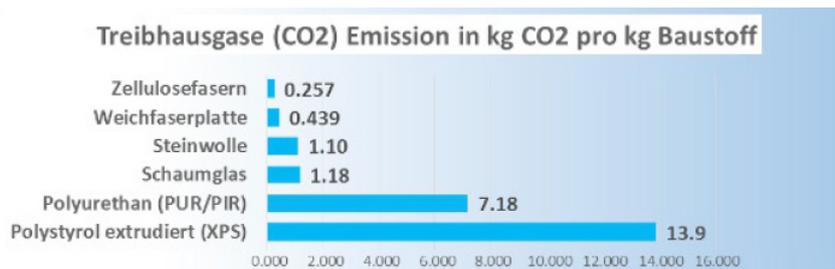
21 Jahre leistete das in Holzriegelbauweise errichtete und mit Zellulose gedämmte Fertigteilhaus der Firma „Pronaturhaus“ im Musterhauspark „Blaue Lagune“ in Wiener Neustadt wertvolle Dienste. 2013 wurde es abgetragen, um nach dem Wiederaufbau seine zweite Lebensphase als „echtes“ Wohnhaus in einem rund 30 Kilometer entfernten Dorf anzutreten. Beim Abtragen des Musterhauses bot sich eindrucksvoll der Beweis für die Zuverlässigkeit und Langlebigkeit des eingeblasenen Dämm-Materials. Die in den Außen- und Zwischenwänden zur Dämmung eingebrachte Zellulose wies selbst nach mehr als zwei Jahrzehnten im Einsatz keinerlei Anzeichen von Zusammensinken, Verformung oder sonstiger Qualitätsminderung auf. Josef Schedelmayer, Gesellschafter der Pronaturhaus Obritzberger GmbH aus Gösing, zeigte sich begeistert: „Die Zellulosedämmung wirkte in allen Belangen wie frisch eingeblasen. Das ist beeindruckend, wenn man bedenkt wie andere Dämm-Materialien oft schon nach wenigen Jahren aussehen.“

Zellulose – die konvektionsfreie Dämmung aus Zeitungspapier

Zellulose ist ein ökologisch nachhaltiger Dämmstoff mit einer sehr niedrigen Wärmeleitfähigkeit ($\lambda_D = 0,039 \text{ W/mK}$) und besonders effizienter und sauberer Verarbeitung. Zellulose eignet sich für die Dämmung von Dach, Wand oder Decke gleichermaßen. Das Prinzip: die Zelluloseflocken werden maschinell in bestehende Hohlräume eingeblasen und verfilzen darin setzungssicher zu einer passgenauen, fugenfreien Dämm-Matte. Durch das spezielle Einblasverfahren gelangt der Dämmstoff lückenlos selbst bis in die hintersten Ecken und Winkel. Gewonnen wird die Zellulosedämmung aus sortiertem Zeitungspapier, das zu langfaserigen Flocken zerkleinert und zum Schutz vor Schimmelbildung und Ungezieferbefall mit mineralischen Salzen versetzt wird. Zudem wird es durch diese Behandlung verrottungssicher und brandbeständig. Ein maßgeblicher Vorteil der Zellulosedämmung ist, dass sie fugenlos eingebracht wird und einen hohen Widerstand gegen Luftströmungen hat. Luftbewegungen jeglicher Art mindern die Dämmleistung (das ist nachgewiesen: Uni Rostock Dr. Katrin Riesner 1998, Sintef 1994 – 1997). Es entstehen Rotationsströmungen in der Konstruktion. Dabei steigt warme Luft im Bauteil auf und wird im oberen Wandbereich nach außen gedrückt. Die außenseitig kältere Luft fällt ab und wird im unteren Wandbereich nach innen gedrückt. Durch Leckagen in der Luftdichtheitsebene wird dieses Phänomen noch wesentlich verstärkt. Trotz der Beschreibung dieser Situation in der Norm EN 10456 wird diese Tatsache leider selten berücksichtigt.

Product Environmental Footprint - PEF

Im April 2013 wurde von der Europäischen Kommission der „Product Environmental Footprint (PEF)“ zur lebenszyklusbasierten ökologischen Bewertung von Produkten und Dienstleistungen veröffentlicht. Unter allen untersuchten Dämmstoffen liegt Zellulose derzeit weit abgeschlagen an der Spitze.



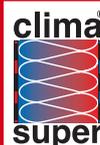
(Quelle: Bundesamt für Bauten und Logistik)



Zellulosedämmstoffproduktion
CPH Beteiligungs GmbH & Co KG
Am Ökopark 6
8230 Hartberg
Tel.: +43 (0)3332 66680
www.cph.at

ISOCELL
LUFTDICHTHEITS-SYSTEME
UND ZELLULOSEDÄMMUNG

ISOCELL GmbH
Gewerbestraße 9
5202 Neumarkt a. W.
Tel.: +43 (0)6216 4108
www.isocell.at



clima-super Vertriebs GmbH
A-8295 St. Johann i. d. Haide
Tel.: +43 (0)3332 65 120
e-mail: office@clima-super.at





ennstal 
bauen & wohnen

wohnbaugruppe.at



Sicher. Unabhängig. Kompetent.

Erst-Prüfung von Bauprodukten

für Zulassungsverfahren, Sonderanwendungen sowie F&E

Unsere Kunden

Hersteller im Industrie- bzw. KMU-Bereich, private und behördliche Institutionen, Experten aus Lehre, Forschung und Entwicklung – europäisch und international

Unsere Leistungen

- Brandverhalten von Baustoffen
- Flugfeuerresistenz von Baustoffen
- Feuerwiderstand von Bauteilen und gebäudetechnischen Brandschutzeinrichtungen
- Rauchdichtheit von Bauteilen
- Funktionsprüfungen von Türen, Toren und Fenstern
- Einbruchshemmung von Türen, Toren und Fenstern
- Hagelresistenz von Bauprodukten
- Eignung von Komponenten der persönlichen Schutzausrüstung
- Gutachterliche Expertisen

Ihr Vorteil

- Gesicherte, unabhängige Kompetenz als akkreditierte und notifizierte Prüfstelle
- Hohe Flexibilität und Sicherheit durch Einsatz vieler, moderner Prüfeinrichtungen
- Praxisorientierte und fachlich fundierte Projektabwicklung durch langjähriges Know-how
- Erweitertes Leistungsspektrum durch Kooperationen mit unabhängigen Instituten



IBS – Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung Gesellschaft m.b.H. akkreditierte Prüf-, Inspektions- und Zertifizierungsstelle

Petzoldstraße 45 / 4020 Linz / Austria
T +43 732 7617-850 / F +43 732 7617-90
office@ibs-austria.at / www.ibs-austria.at
DVR 0659959 / FN 89116d
Landesgericht Linz / UID-Nr. ATU23289705



Brandsimulationen

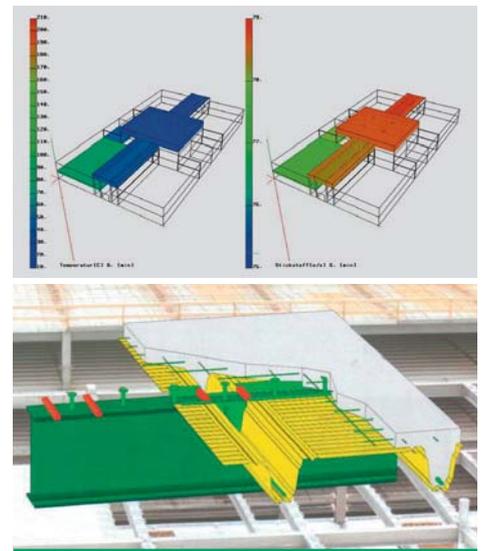
für Architekten, Planer, Bauträger, Objekthinhaber und Behörden

Unsere Leistungen

- Bemessung von Bauteilen und Berechnung der Statik im Brandfall unter Verwendung moderner Berechnungsverfahren
- computergestützte Brandsimulation mit validierten Rechenmodellen
- Ermittlung objektbezogener Temperatur-Zeitkurven unter Berücksichtigung von Rauch- und Wärmeabzugsanlagen sowie Sprinkleranlagen
- Bestimmung der objektbezogenen Brandlast auf Grund der Nutzung

Ihr Vorteil

- Realisierung von Kosteneinsparungen durch wirtschaftliche Dimensionierung der Bauteile
- Erreichung eines „baulichen Brandschutzes nach Maß“
- Vermeidung von Überdimensionierungen und unwirtschaftlichen Brandschutzmaßnahmen



IBS – Technisches Büro GmbH

Petzoldstraße 45 / 4020 Linz / Austria
 T +43 732 7617-450 / F +43 732 7617-451
 tb@ibs-austria.at / www.ibs-tb.at
 DVR 4007157 / FN 373613g
 Landesgericht Linz / UID-Nr. ATU66901169

Zweigstellen

Feldstraße 3 / 2345 Brunn am Gebirge
 Ginzkeyplatz 10/1 / 5020 Salzburg
 St. Jakober Straße 1 / 9020 Klagenfurt
 Grabenweg 68 / 6020 Innsbruck

Villas BiFlex

Die leichte Flachdachsanieierung mit dauerhafter Druckentspannung!

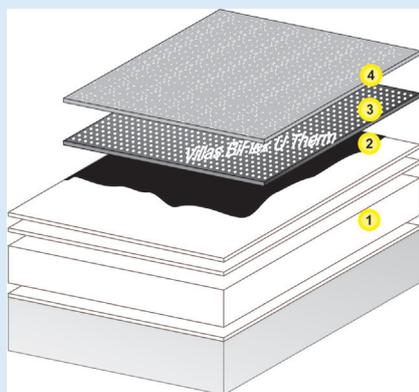
Wir machen's dicht!
VILLAS®

BiFlex U Therm – für Dachsanierungen

BiFlex U Therm ist eine Elastomerbitumen-Unterlagsbahn mit reißfester Trägereinlage, die sich unterseitig durch einen Power-THERM-Streifen, eine SYNTAN®-Beschichtung sowie eine Folie auszeichnet. Dadurch eignet sie sich besonders gut für BiFlex Systemaufbauten auf vorgestrichenen Betondecken bzw. sanierungsbedürftigen Altdächern die nicht abgetragen werden müssen, auf PUR/PIR und Steinwolle Dachdämmplatten, aber auch in Dachsystemen auf Holzwerkstoff und Holzwerkstoffplatten.

BiFlex O zinkgrau

BiFlex O zinkgrau ist eine TOP-Plastomerbitumen-Oberlagsbahn und bildet die langlebige zweite Lage der BiFlex Systemaufbauten. Sie wird vollflächig aufgeflämmt und ist dank einer dimensionsstabilen längs- und querfadenverstärkten Polyestervlieseinlage extrem robust. Die Villas CutLine Technologie ermöglicht einen homogenen Nahtverbund ohne flächige Folienreste. Ihre Oberfläche ist in zinkgrau abgestreut und sorgt für eine elegante, gefällige Optik mit geringer Überlappungsdicke im Wasserlauf.



Systemaufbau Dachsanierung BiFlex

- 4) BiFlex O zinkgrau
- 3) BiFlex U Therm
- 2) Villas Pormex
- 1) Altdach / Bestand



Technologiepark Kärnten



Villas FeuchteSensor

Das erste System, das den Feuchtezustand einer Dachkonstruktion aufzeichnet und nachweist!

Wir machen's dicht!
VILLAS®

Das Produktkonzept Villas FeuchteSensor ist eine neue patentierte Messtechnik zur Kontrolle der Feuchte im Flachdachpaket. Einfach zu montieren und sowohl im Neubau als auch in Bestandsdächern einsetzbar.

Die Funktionsweise des Villas FeuchteSensors:

- Über die Dachfläche regelmäßig verteilte Indikatoren messen Wasser und Wasserdampf
- Die gewonnenen Daten werden von Hand abgelesen oder mittels Funkdatenlogger aufgezeichnet
- Der Auftraggeber wird bei Grenzüberschreitung unverzüglich informiert

Die Vorteile auf einen Blick

- Messtechnischer Nachweis der Feuchteentwicklung im Flachdach
- Überwachung von Flachdächern der Nutzungskategorie K3 gemäß Önorm B 3691
- Verlängerung der effektiven Nutzungsdauer des Flachdachs durch Feuchteüberwachung im Dachpaket
- Stark reduzierte Sanierungskosten durch frühzeitige Schadenserkennung
- Messtechnischer Nachweis zur optimalen Abstimmung der Reparaturen auf dem Dachzustand
- Abnahme von Dachflächen ohne Wasserprobe möglich

Villas bietet Ihnen für jedes Ihrer Objekte das optimale Feuchte-Monitoringkonzept.





CEILTEC®

Bauteilaktivierung

WIR PACKEN ALLES IN DIE DECKE.

ENTDECKEN SIE JETZT CEILTEC® VON INNOGRATION:

die einzigartige multifunktionale Deckenkonstruktion aus industriell produzierten Betonfertigteilen in Sandwichbauweise. Und die gesamte technische Gebäudeausrüstung steckt schon drin – inklusive Heizung und Klimatisierung in einem schlanken, flexiblen System. Mit großen Spannweiten und besonders geringer Masse. Für hochwertige, flexible Räume ohne Mittelstützen und Heizkörper.

DIE NEUE ART DES BAUENS – SCHNELL, INDIVIDUELL, DAUERHAFT WIRTSCHAFTLICH

DESHALB INNOGRATION.

FLEXIBLE RÄUME

- + große Spannweite bis 20 m von Fassade zu Fassade
- + geringe Masse mit bis zu 55 % weniger Gewicht

SCHNELLES BAUEN

- + exakte industrielle Vorfertigung mit Toleranzen im Millimeterbereich
- + kurze Bauzeiten – 1200 qm verlegte Fläche pro Tag inklusive TGA

NIEDRIGE BETRIEBSKOSTEN

- + optimales Heizen ohne Heizkörper mit 12 % Energiekostensparnis
- + optimale Klimatisierung mit energieeffizienter Wasserkühlung

ALLES DRIN!

KLIMA	CEILTEC® Bauteilaktivierung zum Heizen und Kühlen direkt in der Decke. Schnell und flexibel für jeden einzelnen Raum steuerbar und weitaus energieeffizienter als herkömmliche Bauteilaktivierung
AKUSTIK	Behaglicher Raumklang und optimale Nachhallzeiten durch patentierte, flächenbündig integrierte Akustikabsorber – ohne Leistungseinbuße in der Energieeffizienz
TGA	Integration der gesamten Haustechnik: Sanitär, Elektro, Lüftung, Sprinkler – alles in geordneten Systemen vorinstalliert
KOMFORT	Individuelle Ausstattung und einfaches Nachrüsten verschiedenster Komfortelemente – jederzeit ohne Aufwand für volle Flexibilität

PROJEKTE MIT CEILTEC® BAUTEILAKTIVIERUNG



Maximiliansplatz, München



Bürogebäude, Pforzheim



Kreativpark, Karlsruhe



Hydac, Sulzbach a.d. Saar



redONE, Freiburg



Forum am Hirschgarten, München



BIG, Ulm



Smarthouse, München



Institut Heidger, Osann-Monzel

Brandschutzklasse REI-30 bis REI-90

LAAS-LEICHT-DACH

Das komplette Dachelement:
Problemlos für kleine und große Einsätze.

Das Leichteste: 30-60 kg/m²
Das Längste: 18 m freie Spannweite
Das Wärmste: U-Wert bis 0,07 W/m²K
Das Schnellste: 2.000 m² Fertigdach pro Tag



LAAS-Leicht-Dach-Systeme GmbH
Klagenfurter Straße 51 • A-9100 Völkermarkt
T: +43 42 32 / 2400-0 • F: +43 42 32 / 2561



www.laas.at

Baulicher Brandschutz

Leicht, günstig, wertbeständig und extrem **feuerbeständig** - Laas-Leichtdach

Das Laas-Leicht-Dach-System wurde auf der Technischen Hochschule in Stockholm entwickelt und bewährt sich seither als meistverwendetes Dachelement in den schneereichen skandinavischen Ländern. Aber nicht nur dort! Über 1.000.000 m² Dachflächen in Österreich und seinen Nachbarstaaten bestätigen eindrucksvoll die Qualität dieses einzigartigen Dachsystems. Die Vorteile werden allseitig geschätzt:

Optimale Wärmedämmung und hohe Brandbeständigkeit: Mineralwolle in und zwischen den Metallprofilen garantiert eine ausgezeichnete Dämmung mit U-Werten (k-Wert) bis 0.07 W/m²K und eine Brandbeständigkeit bis REI-60 (REI-90). Kostenreduktionen im Heiz- und Kühlbereich sind die Folge.

Hohe Stabilität: Die Laas-Leicht-Dach-Elemente sind im Gegensatz zu herkömmlichen Systemen aus mehreren statisch zusammenwirkenden Materialien aufgebaut. Diese tragen im Verbund und erfüllen alle Anforderungen optimal (statische Scheibewirkung erspart Kosten) und das bei geringem Eigengewicht von nur 30 bis 60 kg/m².

Problemlose Montage: Die unkomplizierte Handhabung und das geringe Eigengewicht der großflächigen Dachelemente ermöglichen Montagegeschwindigkeiten bis zu 2000 m² pro Tag.

Große Spannweiten: Die enorme Steifheit der Laas-Leicht-Dach-Elemente ermöglichen Spannweiten bis 18 Meter. Das bedeutet für die Halle: weniger Stützen, weniger Träger, weniger Fundamente und daher auch geringe Baukosten und bessere Innennutzung der Gebäude.

Hervorragende Schallabsorption:

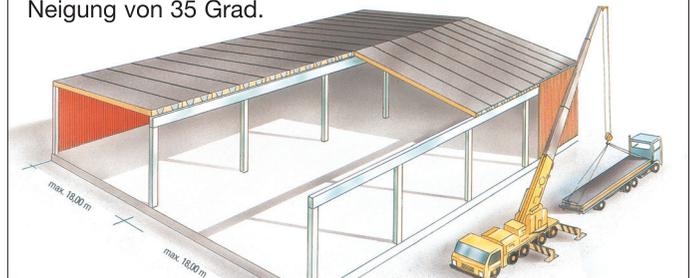
Der Schallabsorptionsgrad α_S 1,00 ab 500 Hz ist 100 mal besser als Mauerputz und erfüllt damit nahezu alle Anforderungen. Der sensationelle Schalldämmwert beträgt $R'W=47\text{dB}$ bis $R'W=59\text{dB}$.

Extreme Sicherheit: Die sorgfältige Verarbeitung und die Verwendung hochwertiger Materialien ergeben ein stabiles und sicheres Dachsystem. Die positiven Erfahrungen in Skandinavien, Österreich, Schweiz, Deutschland und Slowenien beweisen, dass auch nach jahrelang extremen Beanspruchungen die Dachelemente im Bereich Sicherheit keine Mängel zeigen.

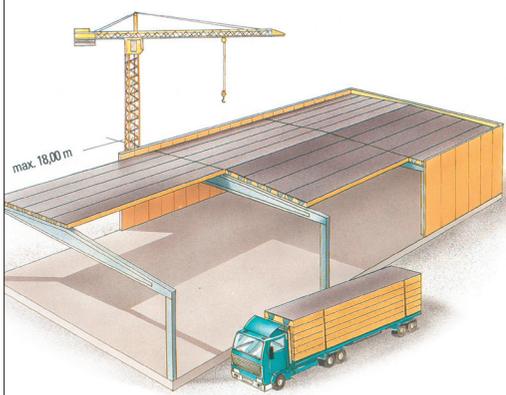


LAAS-Leicht-Dach-Systeme GmbH
 Klagenfurter Straße 51 • A-9100 Völkermarkt
 T: +43 42 32 / 2400-0 • F: +43 42 32 / 2561
www.laas.at

LAAS-Leicht-Dach-Elemente verlegt auf die längsdurchgehenden Träger in Gebäudemitte, maximale Länge der Leicht-Dach-Elemente: 18,00 m. Anwendbar für Dächer bis zu einer Neigung von 35 Grad.



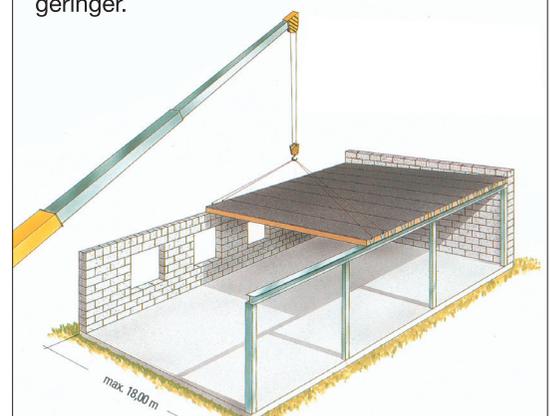
LAAS-Leicht-Dach-Elemente auf traditionellem Trägersystem verlegt, Achsenabstände bis zu 18,00 m. Die Sekundärsäulen für die Wandelemente können im Dach befestigt werden.



Auf einen Blick

Das Laas-Leicht-Dach-System garantiert kostengünstige, rasch zu errichtende, unkomplizierte Dachkonstruktionen bei höchster Qualität und perfekter Verarbeitung samt Montage durch werkeigenes Personal. Auch die Folgekosten durch hohe Dämmwerte verringern sich, die hervorragende Brandbeständigkeit sichert günstige Versicherungstarife. Gleichzeitig ermöglichen Laas-Leicht-Dach-Systeme individuelles Bauen und hohe Flexibilität bei späteren Um- oder Ausbauten.

LAAS-Leicht-Dach-Elemente von Wand zu Wand verlegt. Trägersysteme entfallen. Wandflächen werden kleiner, Heizkosten geringer.



HEUTE NOCH
FORSCHUNG,
MORGEN SCHON
PRAXIS.



ALLES WIE GEPLANT.
DEIN BAUMEISTER.

www.forschung.bau.or.at



www.deinbaumeister.at

Starke Vertretung für das Baugewerbe

Die Landesinnung Bau Steiermark vertritt die Interessen ihrer 2.300 Mitglieder mit rund 13.000 Beschäftigten in vielen unterschiedlichen Bereichen und kann dabei auf zahlreiche Erfolge sowohl auf wirtschaftspolitischer Ebene als auch im direkten Service verweisen.

Lohn- und Sozialdumping

Die extremen Unterschiede im Lohn- und Sozialniveau, vor allem in den südosteuropäischen Ländern, sind in vielen Fällen der Auslöser für Lohn- und Sozialdumping. Die Landesinnung Bau hat dazu eine Studie bei der TU Graz in Auftrag gegeben die nachweist, dass Preisunterschiede von rund 10 Prozent bei Angeboten von Entsendebetrieben gegenüber heimischen Betrieben erklärbar sind. In der Praxis sind aber 20 bis 30 Prozent Preisdifferenz feststellbar. Diese Situation hat ruinöse Folgen für unsere österreichischen Betriebe. Die Bauwirtschaft hat daher ein Forderungspaket an die Politik erstellt.

Nähere Informationen sowie die Studie sind auf der Homepage:

www.stmk.bau.or.at zu finden.

Wohnbauförderung

Leistbares Wohnen zu leistbaren Preisen! Um dieses gesellschaftspolitisch so wichtige Modell auch weiterhin umsetzen zu können, werden Baugesetze und OIB-Richtlinien, aber auch die Förderrichtlinien unter starker Mitarbeit der Landesinnung Bau stets aktualisiert.

Winterbauoffensive und Qualifizierungsoffensive

Um der Winterarbeitslosigkeit entgegenzuwirken, verhandelt die Landesinnung gemeinsam mit dem Sozialpartner ein Fördermodell für Bauprojekte, die in die Wintermonate vorgezogen werden. Weiterbildungsmaßnahmen im Winter ergänzen das Modell.

Baurestmassen

Zu diesem komplexen Thema stellt die Landesinnung einen Leitfaden für alle Zielgruppen zur Verfügung: www.baurestmassen.steiermark.at.

Aus- und Weiterbildung zur Qualitätssicherung

Die BAUAKademie Steiermark ist das Ausbildungszentrum der steirischen Bauwirtschaft. Sowohl die triale Lehrlingsausbildung wie auch die Erwachsenenbildung sichern die Qualität unserer Arbeitskräfte.

FIEC

Auch auf europäischer Ebene werden die Interessen der Bauwirtschaft von einem steirischen Vertreter wahrgenommen. Landesinnungsmeister Alexander Pongratz ist Vizepräsident und Schatzmeister der europäischen Bauvereinigung FIEC.



Landesinnung Bau
Körbnergasse 111-113
8010 Graz
T: (0316) 601-487
E: baugewerbe@wkstmk.at
www.stmk.bau.or.at



Kompaktdach mit 25 Jahren Garantie

FOAMGLAS® Kompaktdach – alles ist möglich: frei bewittert, bekiest, begrünt, im Gefälle, mit Haus- technik, Solaranlage, See oder Beachclub auf dem Dach

Wer sich als Bauherr für ein Flachdach entscheidet, möchte es in der Regel nicht nur zur Wartung betreten lassen, sondern dieses auch für technische Einrichtungen oder für die "Happy Hour" auf dem Dach nutzen. FOAMGLAS® Dämmsysteme aus Schaumglas bieten die Materialvoraussetzungen, um ihr Dach zur Lifestyle-Terrasse zu verwandeln. Für vielseitige Nutzung gibt es High-Tech-Systemaufbauten mit FOAMGLAS® und 25 Jahre Garantie für Bauherren oben drauf.



■ FOAMGLAS® Kompaktdach

FOAMGLAS® Kompakt- oder Kompakt-Gefälledächer heben nicht ab, sondern erweisen sich seit über 50 Jahren als grundsolide Dämmsysteme, die Wind, Wetter und Jahrzehnte überstehen. Wurden früher gedämmte Dächer als frei bewitterte Flächen mit Dachpappe abgedichtet, haben sich die Anforderungen in Bezug auf Wärmeschutzniveau, Ästhetik und Flächennutzung gewandelt. Das bewährte Prinzip – Verklebung wasser-, dampf- und luftdichter Schaumglasplatten mit dem Untergrund und zwei Lagen hochwertiger Abdichtung in einem soliden Verbund – ist geblieben.

Jahrzehnte material- und systemtechnologischer Weiterentwicklung beim FOAMGLAS® Kompaktdach, einschließlich bei Klebern und Abdichtung, haben dazu geführt, dass heute hoch energieeffiziente Flach- und Spezialdächer gebaut werden, die bauphysikalisch die höchsten Anforderungen erfüllen und zeitgemäß mit einer Vielzahl von Nutzschichten und Zusatzfunktionen ausgestattet werden können.

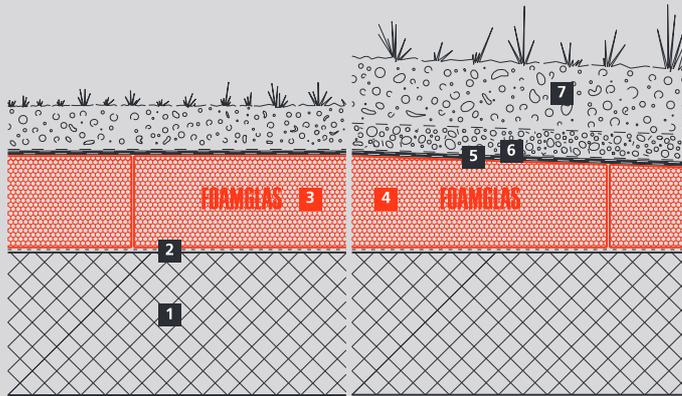
■ FOAMGLAS® für mehr Aktivität auf dem Dach

Für FOAMGLAS® Dächer in hochwertiger Premiumqualität in Kombination mit entsprechenden Abdichtungen und Schutzschichten (Bekiesung oder Begrünungssystemen) wird als Zusatzleistung ein Paket mit 25 Jahren Bauherren-Garantie geschnürt.

FOAMGLAS® bedeutet Sicherheit für den Planer und den Bauherrn. Auch für Dach-Revitalisierungen aller Art geeignet.

Systemschnitt, Kompaktdach begrünt auf Stahlbeton

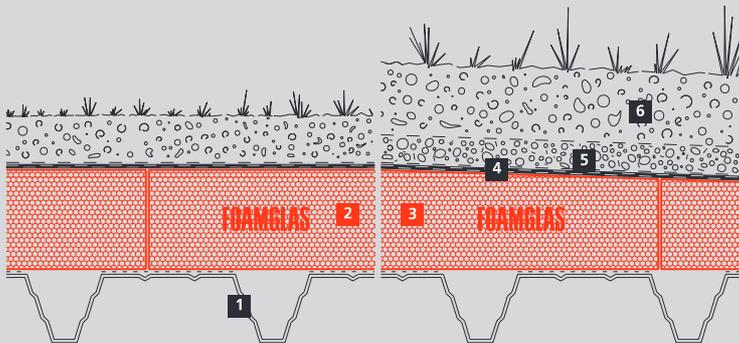
System 4.4.1



- 1 Betondecke
- 2 Voranstrich
- 3 FOAMGLAS® Platten oder
- 4 FOAMGLAS® Gefälleplatten, verlegt in Heißbitumen
- 5 Zweilagige bituminöse Abdichtung (wurzelfest)
- 6 Trenn-/Schutzlage
- 7 Begrünung (extensiv oder intensiv)

Systemschnitt, Kompaktdach begrünt auf Trapezblech

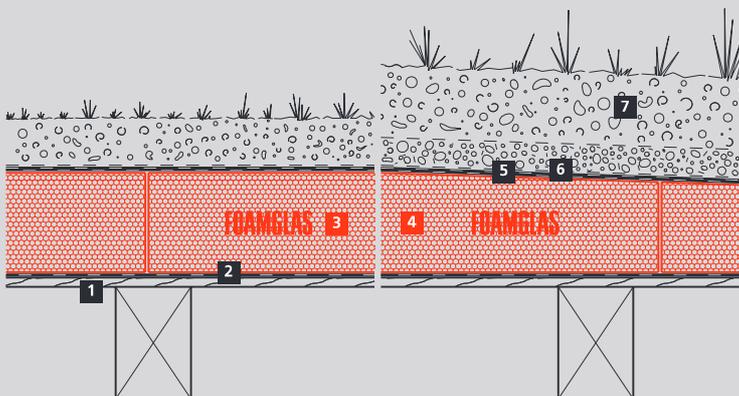
System 4.4.3



- 1 Trapezblech
- 2 FOAMGLAS® Platten oder
- 3 FOAMGLAS® Gefälleplatten, verlegt mit Heißbitumen
- 4 Zweilagige bituminöse Abdichtung (wurzelfest)
- 5 Trenn-/Schutzlage
- 6 Begrünung (extensiv oder intensiv)

Systemschnitt, Kompaktdach begrünt auf Holzunterkonstruktion

System 4.4.5



- 1 Holzschalung/Mehrschichtplatte
- 2 Trennlage genagelt oder Selbstklebebahn
- 3 FOAMGLAS® Platten oder
- 4 FOAMGLAS® Gefälleplatten, verlegt mit Heißbitumen
- 5 Zweilagige bituminöse Abdichtung (wurzelfest)
- 6 Trenn-/Schutzlage
- 7 Begrünung (extensiv oder intensiv)

Seit mehr als 140 Jahren entwickelt, produziert und konfektioniert die Sattler AG technische Textilien in höchster Qualität. Als reines Familienunternehmen in der 4. Generation wird nicht nur Tradition groß geschrieben, sondern aus der Verantwortung für nachfolgende Generationen auch auf umwelt- und ressourcenschonende Technologien gesetzt. So steht Sattler zu seiner Verantwortung und kann trotzdem seiner Mission treu bleiben: Thinking HighTex.

SUN-TEX

www.sattler-suntex.com



Die **Sattler SUN-TEX GmbH** hat sich zu einem der führenden Anbieter technischer Textilien entwickelt und erzeugt mit ihren hochwertigen Produktionsanlagen unter anderem Gewebe für Sonnenschutz, Sicht- & Blendschutz für Wohn- und Objektbauten, Bootsdeckenstoffe und witterungsbeständige Gartenmöbelstoffe sowie unbeschichtete Textilien für industrielle Anwendungen. Vor allem für den Sonnenschutz hat Sattler SUN-TEX es geschafft mit neuester Technologie und hochwertigsten Materialien sich zu einem der führenden Unternehmen zu entwickeln.

Zertifiziert nach ISO 9001:2008 und ISO 14001:2004 setzt Sattler seit 1875 Maßstäbe in der Herstellung hochwertigster Outdoor Textilien. Ressourcenschonende Herstellung, umweltverträgliche Materialien und Ausrüstungstechniken zählen zu den Grundlagen der Fertigung und festigen so den Erfolg des Unternehmens.

PRO-TEX

www.sattler-protex.com



Sattler PRO-TEX GmbH ist seit über 140 Jahren als Weber und Ausrüster von Schwergeweben tätig und hat als eines der ersten europäischen Unternehmen kunststoffbeschichtete Gewebe für unterschiedlichste Einsatzzwecke auf den Markt gebracht. Dank laufender Investitionen in neueste Technologien sowie Forschung und Entwicklung gehört Sattler PRO-TEX GmbH heute zu den führenden Herstellern PVC-beschichteter Textilien. Membranen für Textile Architektur, Biogasspeicher und Hallen & Zelte sowie Planen für LKW und Spezialentwicklungen für besondere Einsatzzwecke gehören zu den Kernkompetenzen. Produziert wird ausschließlich in Österreich nach den strengen Qualitäts- und Umweltstandards ISO 9001:2008 und ISO 14001:2004. Selbstverständlich sind alle Produkte REACH-konform.

TOP-TEX

www.ceno-toptex.com



Die **Sattler Ceno TOP-TEX GmbH** vereint zwei Geschäftsbereiche: den Bereich der Umwelttechnik und den Bereich der Industrietechnik.

Im Geschäftsfeld der Umwelttechnik findet sich eine Vielzahl an individuellen Speicherlösungen für Biogas: Doppelmembranspeicher, mastgestützte Biogasdächer, Gassäcke oder Erdbecken, Sattler Ceno TOP-TEX bietet eine Vielzahl an Premiumprodukten.

Der Geschäftsbereich der Industrietechnik umfasst textile Lösungen vornehmlich für den Bereich Hochwasserschutz, Schallschutz, Zelthallen sowie spezielle textile Anwendungen.

Des Weiteren bietet Sattler Ceno TOP-TEX eine lange Wertschöpfungskette im eigenen Unternehmen. Die firmeneigene Weberei und Beschichtung gewährleistet die beste Qualität bei der Grundversorgung des Membranmaterials für unsere Speicherlösungen für Biogas.

CENO MEMBRANE

www.ceno-tec.com



Mit Textiler Architektur Akzente setzen – das ist das Ziel der **Ceno Membrane Technology GmbH**, die sich seit den Anfängen des Membranbaus in den 70er Jahren als führender Spezialist im Bereich von technischen Textilien am Markt etabliert hat, insbesondere im Sport- und Eventbereich.

Die Ceno Membrane Technology GmbH setzt hier in Qualität und Ausführung in der Architektur neue Maßstäbe. Technische Textilien bieten spannende und innovative Gestaltungsmöglichkeiten. Die attraktive, unkonventionelle Formgebung und der gezielte Einsatz von Licht machen textile Bauten zu besonderen „Eye-Catchern“ in den unterschiedlichsten Einsatzbereichen.



Sika® SolaRoof®
DURCHDRINGUNGSMFREIES
BEFESTIGUNGSSYSTEM FÜR
PHOTOVOLTAIK MODULE

Sika® SolaRoof® SYSTEM MIT 20-JÄHRIGER GARANTIE

FÜR DAS Sika® SolaRoof® SYSTEM WIRD EINE 20-JÄHRIGE SYSTEMGARANTIE FÜR DIE DICHTIGKEIT DES DACHES, FÜR DAS MONTAGESYSTEM UND FÜR DIE REC SOLARMODULE GEWÄHRT.

DIE 20 JAHRE SYSTEMGARANTIE WERDEN GEWÄHRT:

- Bei der Verwendung einer Sika Sarnafil® FPO 2,0 mm Dachbahn
- Auf einer von Sika empfohlenen Wärmedämmung
- Bei der Montage durch einen von Sika zertifizierten Monteur
- Bei Einhaltung der Montage- und Ballastierungspläne von Centroplan
- Bei einer periodischen Wartung der Dachfläche und der Solaranlage

UNSERE SYSTEMPARTNER



DIE VORTEILE

<p>GARANTIE</p>	<p>KEINE DACH-DURCHDRINGUNG</p>	<p>KOMPATIBILITÄT</p>	<p>FÜR HOHE SCHNEELAST</p>	$C_p = \frac{\Delta p}{q_{m(h)}}$ <p>OBJEKT-SPEZIFISCHER STATISCHER NACHWEIS</p>
<p>EXAKTE BALLASTIERUNG</p>	<p>MINIMALE FLÄCHENLASTEN</p>	<p>KEINE MODULBEWEGUNG</p>	<p>SCHNEERÄUMEN MÖGLICH</p>	<p>WINDKANAL GEPRÜFT</p>
<p>KURZE MONTAGEZEITEN</p>	<p>OST-WEST VARIANTE</p>	<p>INDIVIDUELLE BERATUNG</p>	<p>WIRTSCHAFTLICHKEIT</p>	

Einschalig, energiesparend und wohngesund bauen



**gute
Raumluft**
100% natürliche
Rohstoffe

Porotherm W.i Planziegel-Bausystem

Mit dem Porotherm W.i (Wärmedämmung inklusive) ist ein nächster Schritt in der Ziegelentwicklung gelungen. Der in sechs Wanddicken von 50 bis 20 cm verfügbare Porotherm W.i hat die Wärmedämmung in Form von Mineralwolle bereits werkseitig in den Ziegel integriert. Die innovative Verbindung von Ziegel und hochwertiger mineralischer Dämmung eignet sich optimal für Außenwände von ökologischen Niedrigenergie-, Passiv- und Sonnenhäusern.

Porotherm W.i Planziegel verfügen aufgrund ihrer speziellen Poren und Kapillarstruktur über eine ausgezeichnete Wärmedämmung durch die einzigartige Mineralwolle. Diese hat herausragende Merkmale: Sie ist in höchstem Maße wärmedämmend, nicht brennbar, alterungsbeständig, wasserabweisend („hydrophobiert“), sowie dampfdurchlässig.

Die Vorteile auf einem Blick:

- U-Wert ab 0,12 W/m²K
- 25 % besserer Wärmeschutz
- Mineralischer und somit natürlicher Dämmstoff
- Geeignet für ökologische Niedrigenergie-, Passiv- und Sonnenhäuser
- Mit innenliegender Wärmedämmung in den Wandstärken 38, 44 und 50 cm



Porotherm 50 W.i Plan

U-Wert ab 0,12 W/m²K (verputzt)*
Format 50 x 25 x 24,9 cm
Bedarf 16 Stk./m²



Porotherm 44 W.i Plan

U-Wert ab 0,13 W/m²K (verputzt)**
Format 44 x 25 x 24,9 cm
Bedarf 16 Stk./m²



Porotherm 38 W.i Plan

U-Wert ab 0,16 W/m²K (verputzt)**
Format 38 x 25 x 24,9 cm
Bedarf 16 Stk./m²



Porotherm 30 W.i Objekt Plan

U-Wert ab 0,22 W/m²K (verputzt)***
Format 30 x 24,8 x 24,9 cm
Bedarf 16 Stk./m²



Porotherm 25-38 W.i Objekt Plan

Format 25 x 37,5 x 24,9 cm
Bedarf 10,5 Stk./m²



Porotherm 20-40 W.i Objekt Plan

Format 20 x 40 x 24,9 cm
Bedarf 10 Stk./m²

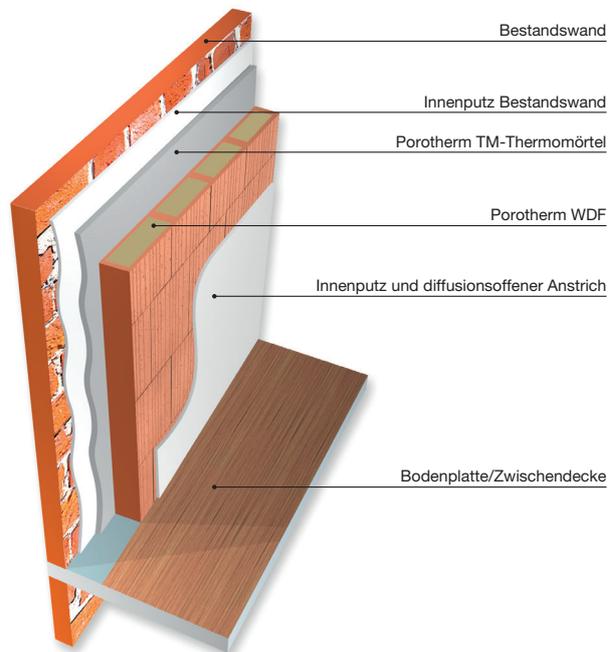
*) Angegebener U-Wert errechnet mit 1,5 cm Kalk-Gipsputz ($\lambda = 0,600$ W/mK) innen und 2,0 cm Leichtmörtelputz ($\lambda = 0,400$ W/mK) außen.

**) Angegebener U-Wert errechnet mit 1,5 cm Kalk-Gipsputz ($\lambda = 0,600$ W/mK) innen und 4,0 cm hochwärmedämmendem Putz ($\lambda = 0,090$ W/mK) außen.

***) Angegebener U-Wert errechnet mit 1,5 cm Kalk-Gipsputz ($\lambda = 0,600$ W/mK) innen und 14,0 cm WDVS ($\lambda = 0,040$ W/mK) außen.

Porotherm WDF – die kapillaraktive Innendämmung

Porotherm WDF ist ein diffusionsoffenes, kapillaraktives Innendämmsystem, das neben dem Wärmeschutz auch für eine optimale Feuchteregulierung im Innenraum sorgt und ein angenehmes Wohnraumklima schafft. Innendämmungen kommen vorwiegend dann zum Einsatz, wenn Energie eingespart werden soll, eine Außendämmung jedoch wenig Sinn macht bzw. technisch oder optisch nicht durchführbar ist. Die Innendämmung wird dabei freistehend auf geeignetem, tragfähigem Untergrund vor die trockene Bestandswand gemauert und vollflächig mit geeignetem Mörtel wie zum Beispiel Porotherm TM-Thermomörtel hinterfüllt. Dieses baubiologische System besteht aus einer stabilen Hülle aus Ziegel, gefüllt mit Mineralwolle. Die Mineralwolle ist in höchstem Maße wärmedämmend, zudem nicht brennbar, alterungsbeständig, wasserabweisend (hydrophobiert), sowie dampfdurchlässig. Die Verarbeitung der Vorsatzschale kann mit Dünnbettmörtel oder Dryfix extra Kleber erfolgen. Nach dem Aufbau kann die Vorsatzschale direkt verputzt werden, es sind keine zusätzlichen Folien, etc. erforderlich. Auf Grund der Besonderheiten von Innendämmungen empfehlen wir ausdrücklich die Bauphysikalische Überprüfung und die Verarbeitung des Systems durch einen sachkundigen Baumeisterbetrieb.



Schematischer Aufbau

Die Porotherm WDF-Innendämmung wird vor die trockene Bestandswand auf die tragfähige Bodenplatte oder Zwischendecke gemauert. Diese ist mit dem Porotherm TM-Thermomörtel vollflächig und hohlraumfrei zu hinterfüllen, wodurch z.B. Probleme durch lose Putzstellen vermieden werden können. Es können alle gängigen Innenputze (Kalkputz, Kalk-Gipsputz, Lehmputz ...) verwendet werden. Außerdem bietet die WDF einen optimalen Untergrund zur Montage von Wandheizsystemen.

Wienerberger Planersupport

Die richtige Unterstützung in der Planungsphase zählt zu den Erfolgsfaktoren gelungener Projekte. Ein guter Grund warum Wienerberger nützliche Unterlagen und EDV-Tools für Bauträger, Architekten, Bauphysiker und Statiker anbietet. Nähere Informationen dazu finden Sie auf unserer Homepage: www.wienerberger.at/downloads-service-infomaterial/bestellservice-bemessungsprogramme

Statik

Das Programmpaket „NRd-Tool“ beinhaltet Excel-Arbeitsmappen zur Berechnung des Bemessungswerts des vertikalen Tragwiderstands (NRd) nach dem vereinfachten Verfahren gemäß ÖNORM EN 1996-3 bzw. der Schubtragfähigkeit (VRd) von Wänden aus Porotherm Ziegeln unter Berücksichtigung der speziellen Kennwerte für das Porotherm W.i-Sortiment sowie das Porotherm Dryfix System.



Statik

Das Programmpaket „NRd-Pro-Tool“ beinhaltet Excel-Arbeitsmappen zur Berechnung des Bemessungswerts des vertikalen Tragwiderstands (NRd) nach dem genauen Verfahren gemäß ÖNORM EN 1996-1-1 von Wänden aus Porotherm Ziegeln.



Schallschutz

Das Programm „DnT,w-Tool“ ist eine Excel-Arbeitsmappe zur Berechnung der bewerteten Standard-Schallpegeldifferenz DnT,w zwischen zwei Räumen nach ÖNORM B 8115-4 und ÖNORM EN 12354-1 unter Berücksichtigung der gemessenen Stoßstlendammm-Maße für das Porotherm W.i-Objekt-Sortiment.



Kalkulation

Unsere Mitarbeiter vergleichen gerne mit Ihnen gemeinsam Wandsysteme im Hinblick auf die Errichtungskosten und die Bewertung des Nutzflächenvorteils mit unserem „m²-Tool“.

Einschalig,
energiesparend
und wohngesund
bauen

gute
Raumluf

100% natürliche
Rohstoffe

Porotherm W.i Planziegel-Bausystem

Mit dem Porotherm W.i (Wärmedämmung inklusive) ist ein nächster Schritt in der Ziegelentwicklung gelungen. Der in sechs Wanddicken von 50 bis 20 cm verfügbare Porotherm W.i hat die Wärmedämmung in Form von Mineralwolle bereits werkseitig in den Ziegel integriert. Die innovative Verbindung von Ziegel und hochwertiger mineralischer Dämmung eignet sich optimal für Außenwände von ökologischen Niedrigenergie-, Passiv- und Sonnenhäusern.

Porotherm W.i Planziegel verfügen aufgrund ihrer speziellen Poren und Kapillarstruktur über eine ausgezeichnete Wärmedämmung durch die einzigartige Mineralwolle. Diese hat herausragende Merkmale: Sie ist in höchstem Maße wärmedämmend, nicht brennbar, alterungsbeständig, wasserabweisend („hydrophobiert“), sowie dampfdurchlässig.

Die Vorteile auf einem Blick:

- U-Wert ab 0,12 W/m²K
- 25 % besserer Wärmeschutz
- Mineralischer und somit natürlicher Dämmstoff
- Geeignet für ökologische Niedrigenergie-, Passiv- und Sonnenhäuser
- Mit innenliegender Wärmedämmung in den Wandstärken 38, 44 und 50 cm



Porotherm 50 W.i Plan

U-Wert ab 0,12 W/m²K (verputzt)*
Format 50 x 25 x 24,9 cm
Bedarf 16 Stk./m²



Porotherm 44 W.i Plan

U-Wert ab 0,13 W/m²K (verputzt)**
Format 44 x 25 x 24,9 cm
Bedarf 16 Stk./m²



Porotherm 38 W.i Plan

U-Wert ab 0,16 W/m²K (verputzt)**
Format 38 x 25 x 24,9 cm
Bedarf 16 Stk./m²



Porotherm 30 W.i Objekt Plan

U-Wert ab 0,22 W/m²K (verputzt)***
Format 30 x 24,8 x 24,9 cm
Bedarf 16 Stk./m²



Porotherm 25-38 W.i Objekt Plan

Format 25 x 37,5 x 24,9 cm
Bedarf 10,5 Stk./m²



Porotherm 20-40 W.i Objekt Plan

Format 20 x 40 x 24,9 cm
Bedarf 10 Stk./m²

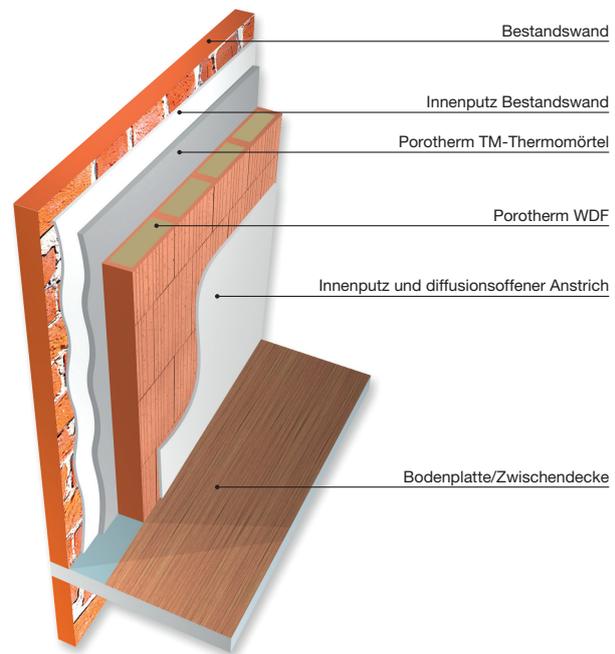
*) Angegebener U-Wert errechnet mit 1,5 cm Kalk-Gipsputz ($\lambda = 0,600$ W/mK) innen und 2,0 cm Leichtmörtelputz ($\lambda = 0,400$ W/mK) außen.

**) Angegebener U-Wert errechnet mit 1,5 cm Kalk-Gipsputz ($\lambda = 0,600$ W/mK) innen und 4,0 cm hochwärmedämmendem Putz ($\lambda = 0,090$ W/mK) außen.

***) Angegebener U-Wert errechnet mit 1,5 cm Kalk-Gipsputz ($\lambda = 0,600$ W/mK) innen und 14,0 cm WDVS ($\lambda = 0,040$ W/mK) außen.

Porotherm WDF – die kapillaraktive Innendämmung

Porotherm WDF ist ein diffusionsoffenes, kapillaraktives Innendämmsystem, das neben dem Wärmeschutz auch für eine optimale Feuchteregulierung im Innenraum sorgt und ein angenehmes Wohnraumklima schafft. Innendämmungen kommen vorwiegend dann zum Einsatz, wenn Energie eingespart werden soll, eine Außendämmung jedoch wenig Sinn macht bzw. technisch oder optisch nicht durchführbar ist. Die Innendämmung wird dabei freistehend auf geeignetem, tragfähigem Untergrund vor die trockene Bestandswand gemauert und vollflächig mit geeignetem Mörtel wie zum Beispiel Porotherm TM-Thermomörtel hinterfüllt. Dieses baubiologische System besteht aus einer stabilen Hülle aus Ziegel, gefüllt mit Mineralwolle. Die Mineralwolle ist in höchstem Maße wärmedämmend, zudem nicht brennbar, alterungsbeständig, wasserabweisend (hydrophobiert), sowie dampfdurchlässig. Die Verarbeitung der Vorsatzschale kann mit Dünnbettmörtel oder Dryfix extra Kleber erfolgen. Nach dem Aufbau kann die Vorsatzschale direkt verputzt werden, es sind keine zusätzlichen Folien, etc. erforderlich. Auf Grund der Besonderheiten von Innendämmungen empfehlen wir ausdrücklich die Bauphysikalische Überprüfung und die Verarbeitung des Systems durch einen sachkundigen Baumeisterbetrieb.



Schematischer Aufbau

Die Porotherm WDF-Innendämmung wird vor die trockene Bestandswand auf die tragfähige Bodenplatte oder Zwischendecke gemauert. Diese ist mit dem Porotherm TM-Thermomörtel vollflächig und hohlraumfrei zu hinterfüllen, wodurch z.B. Probleme durch lose Putzstellen vermieden werden können. Es können alle gängigen Innenputze (Kalkputz, Kalk-Gipsputz, Lehmputz ...) verwendet werden. Außerdem bietet die WDF einen optimalen Untergrund zur Montage von Wandheizsystemen.

Wienerberger Planersupport

Die richtige Unterstützung in der Planungsphase zählt zu den Erfolgsfaktoren gelungener Projekte. Ein guter Grund warum Wienerberger nützliche Unterlagen und EDV-Tools für Bauträger, Architekten, Bauphysiker und Statiker anbietet. Nähere Informationen dazu finden Sie auf unserer Homepage: www.wienerberger.at/downloads-service-infomaterial/bestellservice-bemessungsprogramme

Statik

Das Programmpaket „NRd-Tool“ beinhaltet Excel-Arbeitsmappen zur Berechnung des Bemessungswerts des vertikalen Tragwiderstands (NRd) nach dem vereinfachten Verfahren gemäß ÖNORM EN 1996-3 bzw. der Schubtragfähigkeit (VRd) von Wänden aus Porotherm Ziegeln unter Berücksichtigung der speziellen Kennwerte für das Porotherm W.i-Sortiment sowie das Porotherm Dryfix System.



Statik

Das Programmpaket „NRd-Pro-Tool“ beinhaltet Excel-Arbeitsmappen zur Berechnung des Bemessungswerts des vertikalen Tragwiderstands (NRd) nach dem genauen Verfahren gemäß ÖNORM EN 1996-1-1 von Wänden aus Porotherm Ziegeln.



Schallschutz

Das Programm „DnT,w-Tool“ ist eine Excel-Arbeitsmappe zur Berechnung der bewerteten Standard-Schallpegeldifferenz DnT,w zwischen zwei Räumen nach ÖNORM B 8115-4 und ÖNORM EN 12354-1 unter Berücksichtigung der gemessenen Stoßstellendämm-Maße für das Porotherm W.i-Objekt-Sortiment.



Kalkulation

Unsere Mitarbeiter vergleichen gerne mit Ihnen gemeinsam Wandsysteme im Hinblick auf die Errichtungskosten und die Bewertung des Nutzflächenvorteils mit unserem „m²-Tool“.

Fields of Expertise (FoE) an der TU Graz

Die TU Graz bündelt ihre Forschung strategisch in fünf zukunftsweisende Bereiche - die Fields of Expertise. Die Forschenden arbeiten fachübergreifend zusammen und profitieren von unterschiedlichen Zugängen und Methoden, gemeinsamen Ressourcen und internationalem Austausch. Die TU Graz stärkt die Fields of Expertise durch neue Professuren, ausgewählte Kooperationen mit wissenschaftlichen Partnern, Einrichtungen und gezielte Investitionen in interdisziplinäre Projekte. Die Forschungsteams erarbeiten elementare wissenschaftliche Grundlagen und pflegen intensive Kontakte zu Industrie und Wirtschaft, um die theoretischen Erkenntnisse praktisch umzusetzen. Sie beteiligen sich an wissenschaftlichen Kompetenzzentren und Forschungsnetzwerken.

FoE „Sustainable Systems“

Die Weltbevölkerung wächst, der Energieverbrauch steigt, die Umweltverschmutzung nimmt zu. Andererseits schwinden wertvolle Rohstoffe und die Auswirkungen des Klimawandels mahnen uns, den Ausstoß von Treibhausgasen einzudämmen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Field of Expertise „Sustainable Systems“ der TU Graz stellen sich diesen komplexen Herausforderungen und erforschen im interdisziplinären Miteinander nachhaltige Lösungsansätze. Die Bandbreite der Forschungsthemen reicht von zukunftsorientierter Stadtplanung, innovativen Gebäudetechnologien und Energiesystemen über den Einsatz erneuerbarer Energieträger bis hin zu intelligenten Energienetzen und grüner Mobilität.

ISBN 978-3-85125-495-2