

IEA Solares Heizen und Kühlen (SHC) Task 59: Ganzheitliche Sanierung von historischen Gebäuden

Renovating Historic Buildings Towards Zero Energy

W. Hüttler, S. Kuchar,
R. Pfluger, A. Rieser

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

41/2021

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe
unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Interimistischer Leiter: DI Theodor Zillner

Auszugsweise Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Nutzungsbestimmungen:
<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/>

IEA Solares Heizen und Kühlen (SHC) Task 59: Ganzheitliche Sanierung von historischen Gebäuden

Renovating Historic Buildings Towards Zero Energy

DI Walter Hüttler, DI Susanne Kuchar BSc
e7 energy innovation & engineering

Assoz. Prof. Dr.-Ing. Rainer Pfluger, DI Alexander Rieser
Universität Innsbruck – Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen

Wien, April 2021

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Programm FORSCHUNGSKOOPERATION INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR. Es wurde vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) initiiert, um Österreichische Forschungsbeiträge zu den Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu finanzieren.

Seit dem Beitritt Österreichs zur IEA im Jahre 1975 beteiligt sich Österreich aktiv mit Forschungsbeiträgen zu verschiedenen Themen in den Bereichen erneuerbare Energieträger, Endverbrauchstechnologien und fossile Energieträger. Für die Österreichische Energieforschung ergeben sich durch die Beteiligung an den Forschungsaktivitäten der IEA viele Vorteile: Viele Entwicklungen können durch internationale Kooperationen effizienter bearbeitet werden, neue Arbeitsbereiche können mit internationaler Unterstützung aufgebaut sowie internationale Entwicklungen rascher und besser wahrgenommen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch viele IEA Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und auch in der Marktumsetzung konnten bereits richtungweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Publikationsreihe und die entsprechende Homepage www.nachhaltigwirtschaften.at gewährleistet wird.

DI Theodor Zillner

Interimistischer Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	7
2	Abstract	8
3	Ausgangslage	9
4	Projekthalt	12
5	Ergebnisse	16
5.1.	Subtask A - Knowledge Base	16
5.1.1.	Historic Building Energy Retrofit Atlas (HiBERAtlas)	16
5.1.2.	Case Study Assessment	33
5.2.	Subtask B - Multidisciplinary planning process.....	33
5.3.	Subtask C - Conservation compatible retrofit solutions & strategies.....	34
5.3.1.	Allgemeines	34
5.3.2.	Dokumentation von Fensterlösungen	37
5.3.3.	Dokumentation von Lösungen für Außenwände	39
5.3.4.	Lüftungskonzepte / Heizungskonzepte	40
5.3.5.	Dokumentation verschiedener solarthermischer Systeme	41
5.3.6.	Sanierungsstrategien – Unterstützung in der Entscheidungsfindung	42
5.3.7.	Bewertung und Beurteilung von Lösungen	47
5.3.8.	Hygrothermisches Verhalten von verschiedenen Innendämmmaterialien	49
5.4.	Subtask D - Knowledge transfer and Dissemination.....	51
5.4.1.	Covid-19 und Online-Events	51
5.4.2.	Aktivitäten der österreichischen Task-Mitwirkenden	51
6	Vernetzung und Ergebnistransfer	58
7	Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen	60

1 Kurzfassung

In Europa stellen historische Gebäude in etwa ein Viertel des gesamten Gebäudebestands dar. In vielen Städten, aber auch im ländlichen Raum, sind diese Gebäude ein unverkennbares Merkmal der jeweiligen Region. Um diese Baudenkmäler auch für zukünftige Generationen zu erhalten, müssen sie als Wohn- oder Arbeitsraum attraktiv bleiben und den heutigen Anforderungen an Nutzungskomfort gerecht werden. Dafür werden Sanierungslösungen benötigt, welche die historischen und ästhetischen Werte erhalten und gleichzeitig den Nutzungskomfort erhöhen, die Energiekosten senken und die Umweltbelastung minimieren.

Die energietechnische Sanierung historischer Gebäude ist aber nicht nur für den Erhalt und die weitere Nutzung der Gebäude selbst notwendig, sondern auch, um eine dringend notwendige Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen im Gebäudesektor zu erreichen. Gute Beispiele solcher Sanierungen zeigen, dass der vermeintliche Zielkonflikt zwischen der Erhaltung des baukulturellen Erbes und einem zeitgemäßen energietechnischen Standard bei günstigen Rahmenbedingungen gelöst werden kann.

Der Historische Gebäudeatlas HiBERatlas (<https://www.hiberatlas.com>) dokumentiert solche Best Practice Case Studies und zeigt, welche Einflussfaktoren für erfolgreiche Sanierungen verantwortlich sind. Die Datenbank HiBERatlas ist eines der Hauptergebnisse des IEA SHC Task 59, um eine solide Wissensbasis zur umfassenden Sanierung historischer Gebäude zu schaffen. Sie umfasst bisher ein breites Spektrum von mehr als 50 Best Practice Case Studies, die unter ganz unterschiedlichen Rahmenbedingungen umgesetzt wurden: etwa als Teil eines Forschungsprojekts, mit öffentlicher finanzieller Unterstützung oder mit einem engagierten und erfahrenen Planungsteam, das in einem integrierten Planungsprozess arbeitet. Anhand der dokumentierten Best Practice Case Studies können die wesentlichen Faktoren aufgezeigt werden, die für eine gelungene Umsetzung von technisch und architektonisch hochwertigen Sanierungsprojekten förderlich sind.

Neben der Dokumentation von Best Practice Case Studies war ein weiteres Ziel der österreichischen Beteiligung am IEA SHC Task 59, Sanierungslösungen und -strategien für historische Gebäude zu identifizieren, bewerten und gegebenenfalls weiterzuentwickeln. Diese Lösungen sollen erhaltenswerten Elemente der historischen Gebäude berücksichtigen sowie die Ziele der Energieeffizienz in Richtung eines möglichst geringen Energiebedarfs und CO₂-Ausstoßes erfüllen und als Komponenten für umfassende integrierte Sanierungskonzepte und -strategien zur Verfügung stehen.

Da sowohl der IEA SHC Task 59 als auch das Interreg Alpine Space Project ATLAS am HiBERatlas arbeiteten, konnte das Wissen einer international breit aufgestellten Fachgruppe in die Sammlung geeigneter Lösungen einfließen. Die unterschiedlichen Erfahrungen der Mitwirkenden aus Forschung und Praxis sowie deren geografische Verteilung über Europa garantierten einen breiten und wissenschaftlich fundierten Output. Mehr als 130 Detaillösungen für die Sanierung der Bereiche Außenwände, Fenster, Lüftung, Heizung und Solarsystemen wurden dokumentiert. Ein weiterer wichtiger Aspekt im Zuge dieser Zusammenarbeit war, eine systematische Bewertung der Sanierungslösungen zu ermöglichen. Auf Grundlage der EN 16883:2017 wurde ein Bewertungskatalog für die verschiedenen Bauelemente erstellt und anhand einzelner Beispiele praktisch erprobt.

2 Abstract

In Europe, historic buildings represent about a quarter of the total building stock. In many cities, but also in rural areas, these buildings are an unmistakable feature of the respective region. In order to preserve these architectural monuments for future generations, they must remain attractive as living or working space and meet today's requirements for user comfort. This requires renovation solutions that preserve the historical and aesthetic values while increasing user comfort, reducing energy costs and minimizing environmental impact.

However, the energy refurbishment of historic buildings is not only necessary for the preservation and continued use of the buildings themselves, but also to achieve an urgently needed reduction in greenhouse gas emissions in the building sector. Good examples of such renovations show that the supposed conflict of goals between the preservation of the architectural heritage and a contemporary energy standard can be solved under favourable conditions.

The Historical Building Atlas HiBERAtlas (<https://www.hiberatlas.com>) documents such best practice case studies and shows which influencing factors are responsible for successful refurbishments. The HiBERAtlas database is one of the main deliverables of the IEA SHC Task 59 to create a solid knowledge base for the comprehensive renovation of historic buildings. To date, it includes a wide range of more than 50 best practice case studies that have been implemented under very different circumstances: for example, as part of a research project, with public financial support, or with a dedicated and experienced planning team working in an integrated planning process. The documented case studies can be used to highlight the key factors that are conducive to the successful implementation of technically and architecturally high-quality renovation projects.

Besides the documentation of best practice examples, another objective of the Austrian participation in the IEA SHC Task 59 was to identify, evaluate and, if necessary, further develop renovation solutions and strategies for historic buildings. These solutions should take into account elements of the historic buildings that are worth preserving, as well as meet the energy efficiency goals of minimizing energy demand and CO₂ emissions, and be available as components for comprehensive integrated renovation concepts and strategies.

Since both the IEA SHC Task 59 and the Interreg Alpine Space Project ATLAS worked on the HiBERAtlas, the knowledge of an internationally broad-based group of experts could be incorporated into the collection of suitable solutions. The different experiences of the partners from research and practice as well as their geographical distribution across Europe guaranteed a broad and scientifically sound output. More than 130 detailed solutions for the renovation of exterior walls, windows, ventilation, heating and solar systems were documented. Another important aspect of this collaboration was to enable a systematic evaluation of the refurbishment solutions. Based on EN 16883:2017, an evaluation catalogue was created for the various building elements and tested in practice using individual examples.

3 Ausgangslage

Die Notwendigkeit, historische Gebäude zu sanieren, ist nach wie vor Gegenstand zahlreicher Debatten, da der Verlust historischer Werte durch den Eingriff befürchtet wird und die Gefahr gesehen wird, dass durch energietechnische Maßnahmen das äußere Erscheinungsbild oder die Substanz der Gebäude so stark verändert wird, dass der architektonische und kulturelle Wert der Gebäude dadurch verloren geht.

Doch gerade diese Art der Sanierung kann zum Erhalt historischer Gebäude führen, indem der Nutzungskomfort verbessert und durch reduzierte Energiekosten eine dauerhafte Nutzung oft erst ermöglicht wird. Darüber hinaus ist die Notwendigkeit, den historischen Gebäudebestand in eine Sanierungswelle zu integrieren, unbestreitbar [1]; immerhin stammen mehr als ein Viertel aller europäischen Gebäude aus der Zeit vor 1950 [2]. Und auch wenn nicht jedes historische Gebäude zu einem Niedrigstenergiegebäude (nZEB - nearly zero-energy buildings) werden kann, ist für die meisten historischen Gebäude eine signifikante Reduzierung des Energieverbrauchs möglich. Die Sanierung historischer Gebäude, die einen sehr vielfältigen Bestand darstellen, sieht sich mit verschiedenen technischen und organisatorisch-sozialen Barrieren konfrontiert, welche die Umsetzung bereits verfügbarer Lösungen verhindern. [3]

In der Praxis besteht daher ein großer Bedarf nach einfachem Zugang zu verlässlichen Informationen für Sanierungen und denkmalgerechten technischen Lösungen. Das war auch der Ausgangspunkt für eine Reihe von Forschungs- und Demonstrationsprojekten, die im Rahmen der Programme „Haus der Zukunft“ und „Stadt der Zukunft“ in den letzten Jahren umgesetzt werden konnten. Dadurch konnte vertieftes Know-how zur ganzheitlichen und sowohl energietechnisch als auch architektonisch hochwertigen Sanierung von historischen Gebäuden gesammelt werden. Einen Schwerpunkt bildete dabei das Leitprojekt „Gründerzeit mit Zukunft“ (2009-2017, Leitprojektmanagement e7/Walter Hüttler). Die Ergebnisse dieses Leitprojekts sind nicht nur in zahlreichen Projektberichten dokumentiert, sondern manifestieren sich auch in vier umgesetzten Demonstrationsprojekten, die jeweils eine zweijährige messtechnische und sozialwissenschaftliche Auswertung sowie eine detaillierte Erfassung der Projektkosten als Grundlage für die Ermittlung der Lebenszykluskosten als Entscheidungshilfe für zukünftige Projekte beinhalten. [4]

Neben diesem Leitprojekt gab es eine Reihe weiterer Projekte mit Beteiligung von e7, die unterschiedliche Aspekte der hochwertigen Sanierung historischer Gebäude als Thema hatten, u.a. die Entwicklung eines „Decision Support Tools“ für die innovative und nachhaltige Sanierung von Gründerzeitgebäuden und das Demonstrationsprojekt Mariahilferstraße 182 in Wien (Sanierung und teilweiser Wiederaufbau eines Gründerzeitgebäudes nach einer Gasexplosion) mit der Anwendung eines hochdämmenden Aerogelputzes auf einer gründerzeitlichen Fassade (Stadt der Zukunft/bmvit; 2015-2017/19). [5]

Darüber hinaus konnte auf Erfahrungen aus Projekten zurückgegriffen werden, die in anderen Programmen wie dem Programm „Mustersanierung“ umgesetzt wurden (Musikschule Velden). [6]

Die Sanierung historischer Gebäude ist eine komplexe Aufgabe, da Standardlösungen herkömmlicher Sanierungen in vielen Fällen nicht funktionieren, ohne die historischen Werte des Gebäudes zu beeinflussen. Neben der Verbesserung der Energieeffizienz sowie des Nutzungskomforts müssen der

Erhalt und die Berücksichtigung historisch relevanter Aspekte gewährleistet sein. Um diese wertvollen Gebäude auch für die Zukunft zu erhalten, müssen mit der Denkmalpflege kompatible, energieeffiziente Lösungen und Zugänge gefunden werden, welche die historischen Werte erhalten und den modernen Anforderungen an die Energieeffizienz und den heutigen Ansprüchen an Wohnkomfort gerecht werden.

In den letzten 10 Jahren konnte ein Paradigmenwechsel beobachtet werden: Während zu Zeiten der ersten Energy performance of buildings directive (EPBD) eine starke Opposition seitens der Denkmalpflegenden und Architekturschaffenden zu beobachten war, hat sich die Haltung hin zu mehr Offenheit und konstruktiven, interdisziplinären Dialogen entwickelt: von "Rührt diese Gebäude nicht an" zu "Lasst uns gemeinsam die richtigen Lösungen finden". Beispiele hierfür sind die Gründung des „International Scientific Committee on Energy and Sustainability“ innerhalb ICOMOS (Österreichisches Nationalkomitee des Internationalen Rats für Denkmalpflege mit Sitz in Wien) und die Entwicklung der europäischen Norm "Guidelines for improving the energy performance of historic buildings" (prEN16883) [7] durch das European Committee for Standardization (CEN Technical Committee 346 Conservation of Cultural Heritage).

Konventionelle Energiesparmaßnahmen sind oft nicht mit dem Erhalt des Charakters eines historischen Gebäudes vereinbar. Dennoch kann die Energieeffizienz erheblich verbessert werden, wenn ein speziell an das historische Gebäude adaptiertes Paket von Sanierungsmaßnahmen geschnürt wird. So kann eine (Außen-) Dämmung von Wänden und Dach das Erscheinungsbild des Gebäudes grundlegend verändern und eignet sich in diesem Fall nicht für eine Sanierung historischer Bausubstanz; dennoch können platzsparende Lösungen wie VIP (Vacuum Insulation Panels) oder das Arbeiten an ungeschützten Gebäudeteilen helfen, akzeptable Lösungen für das jeweilige Gebäude zu finden. Häufig geht der Schutz der Bausubstanz und die Verbesserung des Wärmeschutzes sogar Hand in Hand und garantieren den langfristigen nachhaltigen Fortbestand.

Fenster sind in vielen Fällen ein sehr wichtiger Aspekt des historischen Charakters und des Erscheinungsbildes einer Fassade. In manchen Fällen ist sogar das Glas aufgrund seiner Struktur erhaltenswert. Hier zeigen neue Entwicklungen von dünnen Dreifachverglasungen und schmale Rahmen mögliche Wege für die Steigerung der Energieeffizienz der historischen Fenster auf, in vielen Fällen kann das Originalfenster an Ort und Stelle erhalten und um eine zusätzliche Schale (von innen) für besseren Wärmeschutz und Komfort ergänzt werden.

Auch in Bezug auf die Haustechnik können grundlegende Verbesserungen erzielt werden. Lösungen für die Kombination von traditioneller natürlicher Lüftung mit energiesparenden Lüftungssystemen (wie z.B. Kaskadenlüftung, aktive Überströmung etc.) können helfen, den Energiebedarf durch Wärmerückgewinnung zu senken und den Komfort zu steigern. Technische Systeme wie intelligente Temperaturregelung, Maßnahmen zur effizienten Beleuchtung, energieeffiziente Geräte etc. tragen ebenfalls zu Energie- und Kosteneinsparung bei.

Der verstärkte Einsatz von erneuerbaren Energien kann dazu beitragen, die Klimabilanz zu verbessern insbesondere dann, wenn die Möglichkeiten zur Reduzierung des Energiebedarfs aufgrund von denkmalpflegerischen Einschränkungen begrenzt sind. In diesem Zusammenhang sind die Möglichkeiten der Nutzung von Solarenergie in historischen Gebäuden weitaus größer, als man auf den ersten Blick vermuten könnte, vor allem, wenn Solarmodule/Kollektoren in Farbe und Design kompatibel zur Dacheindeckung sind oder in einem architektonisch attraktiven Weg integriert werden können. Andere Möglichkeiten stellen reversible Systeme dar, welche mit geringem Aufwand

ohne Beeinträchtigung der historischen Bausubstanz rückgebaut werden können, sowie eine Positionierung in nicht einsehbaren Teilen des Gebäudes.

Sowohl im Subtask A als auch im Subtask C konnten die Grundlagen und Ergebnisse von folgenden kürzlich abgeschlossenen oder laufenden internationalen Forschungsprojekten unter Anleitung oder Beteiligung der Mitwirkenden in das Projekt einfließen:

- EU-FP7-Projekt 3ENCULT (Koordination EURAC, abgeschlossen in 2014, Ergebnisse: Fallstudien und Monitoring zu Innendämmung und aktiver Überströmbelüftung) <https://www.3encult.eu/en/project/welcome/default.html>
- EFFESUS (Koordination TECNALIA, abgeschlossen in 2016, Ergebnisse: „Best practice“ Sammlung und Zusammenstellung von energieeffizienten Sanierungslösungen) <https://cordis.europa.eu/project/id/314678/results>
- 4RinEU (Kordinator EURAC, 2016-2020, Technologiekonzepte und Geschäftsmodelle für die tiefgreifende Sanierung von Wohngebäuden, Innendämmung von historischen Gebäuden) <https://4rineu.eu/>
- RIBuild (Koordination: Danish Building Research Institute, EU Horizon 2020, 2015-2019, , Ergebnisse: Richtlinie für die praktische Anwendung von Innendämmung) <https://www.ribuild.eu/home>
- P-RENEWAL (Koordination UCL, 2017-2021, methodological tool for sustainable & energy retrofit, adapted to the Walloon dwelling stock; typologies – Case Studies – validation/ replication) <https://www.p-renewal.be/>
- Advice II (Projekt der TECNALIA, "low impact" Lösungen, Wiederaufnahme traditioneller Baupraktiken)
- ENERPAT (TECNALIA, Ökologische Sanierung für historische Umgebungen) <https://enerpatsudoe.fr/>
- SINFONIA (Smart city project, UIBK Stadtkoordinator in Innsbruck, Entwicklung von Lösungen für aktive Überströmung und "low impact" Lüftung.), <http://www.sinfonia-smartcities.eu/>
- PLANfenster (EFRE 2017-2020, EURAC, Holzfenstersanierung und Optimierung), <https://www.eurac.edu/en/institutes-centers/institute-for-renewable-energy/projects/planfenster>

4 Projektinhalt

Der internationale IEA SHC Task 59 besteht aus vier Subtasks:

Subtask A - Wissensbasis

Dokumentation von Best Practice Case Studies und Bewertung der Erfahrungen aus umgesetzten Projekten im Hinblick auf eingesetzte technische Lösungen, was die Erhaltung der historischen Bausubstanz betrifft und im Hinblick auf die Ergebnisse (Energieverbrauch, Nutzungskomfort, Kosten).

Subtask B - Multidisziplinärer Planungsprozess

Identifikation von Verfahren, wie am Sanierungsprozess beteiligte Fachkräfte zusammenarbeiten können, um den historischen Wert des Gebäudes zu erhalten und es gleichzeitig energieeffizienter zu machen. Identifikation von Tools, die den Prozess und seine einzelnen Schritte unterstützen.

Subtask C – Technische Lösungen, die bei historischen Gebäuden eingesetzt werden können

Identifikation und Dokumentation von technischen Lösungen aus umgesetzten Best Practice Case Studies sowie Bewertung der technischen Lösungen unter energietechnischen, bauphysikalischen und architektonischen Gesichtspunkten.

Subtask D - Wissenstransfer und -verbreitung

Verbreitung der Ergebnisse des Task 59 an die relevanten Zielgruppen: Architekturschaffende und Planende; Gebäudebesitzende und Gebäudenutzende; Bautragende und Bautreibende; politische Entscheidungstragende; nationale Behörden, die sich mit Denkmalschutz und kulturellem Erbe befassen; Handwerk und Bauindustrie; Bildungseinrichtungen und Forschung.

Am IEA SHC Task 59 waren **insgesamt 21 Institutionen aus 12 Ländern** beteiligt; über die unmittelbaren Task-Mitwirkenden hinaus auch vielfache Kontakte zu nationalen und internationalen Organisationen im Bereich der Architektur und Denkmalpflege (u.a. nationale Denkmalschutzbehörden, ICOMOS) bis hin zu Verbänden und Unternehmen, die sich dem Thema historische Gebäude von der Energie- und Planungsseite widmen.

1. Belgian Building Research Institute (BBRI), BE
2. CARTIF Technology Centre, ES
3. Cerema, FR
4. CIEMAT, ES
5. Danish Building Research Institute (SBI), DK
6. Drexel University, USA
7. e7 energy, innovation & engineering (e7), AT
8. EURAC Research, IT
9. Flanders Heritage Agency, BE
10. Fraunhofer ISE, DE
11. Historic Environment Scotland, UK

12. Politecnico Milano University, Cultural Heritage Planned Conservation, IT
13. Politecnico Milano University, Innovative Energy Technologies for Buildings, IT
14. University College London, UK
15. University of Catania, IT
16. University of Innsbruck, AT
17. Università di Genova, IT
18. Uppsala University, SE
19. Tecnia, ES
20. University of Applied Sciences of Southern Switzerland (SUPSI), CH
21. Izmir Institute of Technology, TR

Gemäß dem **IEA SHC Task 59 Work Plan** gliedern sich die Subtasks in folgende Aufgaben. Wie aus dem Arbeitsprogramm ersichtlich, wurden zwei Subtasks von den teilnehmenden Organisationen aus Österreich (e7 energy, innovation & engineering und UIBK) geleitet.

Subtask A: Knowledge Base

Lead: Walter Hüttler/Susanne Kuchar, e7 energy innovation & engineering, Austria

- A.1 Overview on existing best practice case studies and detailed definition of scope and format of best practice case studies to collect.
- A.2 Gathering information on best practice case studies
- A.3 Assessment of best practice case studies

Subtask B: Multidisciplinary planning process

Lead: Tor Broström, Uppsala University, Sweden

- B.1 Compilation and assessment of existing tools, methods and guidelines that are relevant in relation to standard
- B.2 Assessment of the European standard EN 16883 Conservation of cultural heritage — Guidelines for improving the energy performance of historic buildings
- B.3 Development of an integrated platform to support the planning process towards conservation compatible nZEB

Subtask C: Conservation compatible retrofit solutions & strategies

Lead: Rainer Pfluger, University of Innsbruck, Austria

- C.1 Review on existing and well approved as well as recently developed conservation compatible retrofit solutions with high impact on sustainability and energy efficiency.
- C.2 Documentation, further development and assessment of the conservation compatible retrofit solutions and strategies

Subtask D: Knowledge transfer and dissemination

Lead: Roger Curtis, HES, United Kingdom

- D.1 Online communication and dissemination activities
- D.2 Onsite communication and dissemination activities
- D.3 Scientific & professional Communication

Die **österreichische Beteiligung** am IEA SHC Task 59 umfasste den Lead von Subtask A „Knowledge Base“ (e7 energy, innovation & engineering) und den Lead von Subtask C „Conservation compatible solutions & strategies“ (UIBK) sowie Mitarbeit an den anderen beiden Tasks.

Das **Ziel von Subtask A** war es, Best Practice Case Studies zu sammeln und das vorhandene Know-how in Bezug auf die umfassende energietechnische Sanierung von historischen Gebäuden zu beurteilen. Der Umfang dieser Aufgabe umfasste historische Gebäude entsprechend der Definition in der EN 16883, die nicht nur Gebäude behandelt, die dem Denkmalschutz unterliegen (listed buildings) sondern historische Gebäude aller Art (Wohn- / Nichtwohngebäude) umfasst und sich auf historisch, architektonisch oder kulturell wertvolle Gebäude aller Altersgruppen konzentriert. Als zentrales Deliverable sollte eine Best-Practice-Datenbank entstehen, die rund 50 umgesetzte Projekte enthält.

Bei der Umsetzung von Subtask A und Subtask C erwies sich die Zusammenarbeit mit dem ATLAS Projekt, an dem ebenfalls österreichische Mitwirkende beteiligt sind (neben UIBK auch das Energieinstitut Vorarlberg), als sehr hilfreich, so dass unter den nahezu 70 dokumentierten Projekten 16 Best Practice Case Studies aus Österreich vertreten sind. (<https://www.alpine-space.eu/projects/atlas/en/home>)

Die Best Practice Case Studies wurden von den einzelnen am Task 59 Beteiligten über das Internetportal (Backend) eingetragen (Eckdaten für den Überblick, Textbausteine, Fotos, konstruktive Details, z.B. Wandaufbauten, Pläne etc.). Im nächsten Schritt wurde jede Case Study einem internen Reviewing unterzogen, um die Qualität der einzelnen Case Studies sicherzustellen. Das interne Reviewing erfolgte einerseits auf technischer Ebene, z.B. im Hinblick auf bauphysikalische Aspekte. Unabhängig davon erfolgte das Reviewing auch aus architektonisch-denkmalschützerischer Perspektive. Für beide Bereiche standen jeweils mehrere Mitglieder des Task 59 Teams zur Verfügung, um entlang eines strukturierten Fragebogens diese Qualitätssicherung vorzunehmen und ggfs. Rückfragen oder Hinweise an die jeweiligen project owners (= Mitwirkende aus dem Task 59) weiterzugeben.

Das **Ziel von Subtask C** war es, Sanierungslösungen und Strategien für historische Gebäude zu identifizieren, zu bewerten und gegebenenfalls weiterzuentwickeln. Diese Lösungen sollen erhaltenswerte Elemente der historischen Gebäude berücksichtigen, sowie die Ziele der Energieeffizienz (nZEB) und Minimierung der CO₂-Emissionen erfüllen. Darüber hinaus sollten umfassende integrierte Sanierungskonzepte und -strategien zur Verfügung gestellt werden.

Die Aktivität C.1 **Untersuchung bestehender und bewährter, sowie neu entwickelter denkmalpflegerisch verträgliche Lösungen (C.1.)** war in fünf Untergruppen gegliedert, welche sich auf verschiedene Bauelemente bezogen:

- Lösungen für die Sanierung von Fenstern
- Lösungen für die Sanierung von Außenwänden mit dem Schwerpunkt auf Innendämmung
- Lösungen für die Sanierung der technischen Gebäudeausstattung mit dem Fokus auf minimal invasive Lüftungssysteme
- Solarthermische Lösungen: Im Speziellen dachintegrierte Lösungen
- Recherche bestehender Sanierungsstrategien und Praktiken

Die Aktivität C.2 bezog sich auf eine vertiefte Prüfung der oben genannten Lösungen:

Dokumentation, Weiterentwicklung und Bewertung von denkmalpflegerisch verträglichen Lösungen und Strategien.

Auch diese Aktivität wurde in mehrere Untergruppen unterteilt, wobei sich im Grunde wiederum auf die in C.1 genannte Unterteilung bezogen wurde. Je nach Bauelement waren die Lösungen anhand einer detaillierten Bewertung zu untersuchen. Im Falle der Fenster umfasste dies neben der denkmalpflegerischen Verträglichkeit der Sanierung auch die technische Funktion in Bezug auf Innendämmung. Speziell bei den Außenwänden war die Thematik der Innendämmung aufzugreifen und auf Produktebene die hygrothermische Eignung zu überprüfen. Dies erfolgte mit Hilfe von Key Performance Indikatoren für das Trocknungspotential verschiedener Innendämmungen (G.A. Scheffler, R. Plagge 2009). [8]

Die Bewertung von Lüftungssystemen bezog sich auf minimalinvasive Systeme, welche die Verrohrung der Zuluft sowie der Abluft weitgehend vermeiden bzw. minimieren sollte (z.B. Kaskadenlüftung, aktive Überströmer/Verbundlüfter). Für die Beurteilung und Bewertung des solarthermischen Systems wurde eine integrale Betrachtung des Gesamtsystems entwickelt.

5 Ergebnisse

5.1. Subtask A - Knowledge Base

5.1.1. Historic Building Energy Retrofit Atlas (HiBERAtlas)

Der Historic Building Energy Retrofit Atlas (HiBERAtlas) stellt das zentrale Ergebnis von Subtask A dar und enthält mit Stand April 2021 mehr als 50 umgesetzte Projekte aus zehn Ländern (AT, IT, CH, UK, FR, DE, DK, BE, ES, SL). Der HiBERAtlas (www.hiberatlas.com), der seit 2019 verfügbar ist, ist eine dynamisch wachsende Sammlung von Best Practice Case Studies für den Einsatz von erneuerbaren Energieträgern und die energieeffiziente Sanierung von historischen Gebäuden.

Der HiBERAtlas präsentiert die einzelnen Best-Practice Case Studies online auf einer visuell anspruchsvollen Website (Frontend), die auf mehreren Informationsebenen sowohl einen raschen Überblick über die Case Studies insgesamt, die wichtigsten Informationen und Eckdaten zu den einzelnen Case Studies, als auch detaillierte Informationen zu technischen Lösungen und den Umsetzungsprozessen des jeweiligen Beispiels ermöglicht.

Die Datenbank ist das Ergebnis einer gemeinsamen Anstrengung des IEA-SHC Task 59 (2017 - 2021) und des Interreg Alpine Space Projekts ATLAS (2018 - 2021) [9]. In einer ersten Entwicklungsphase während der Laufzeit der Forschungsprojekte wurden mehr als 50 Sanierungsbeispiele von den Task 59- und Atlas-Mitwirkenden dokumentiert und veröffentlicht - in enger Abstimmung mit den jeweils beteiligten Architekturschaffenden und Besitzenden. Die detailliert dokumentierten Case Studies stammen aus verschiedenen Ländern und gehören zu unterschiedlichen Gebäudetypologien. Große, komplexe öffentliche Sanierungsprojekte und Gebäude im urbanen Raum sind ebenso vertreten wie kleine, private Gebäude im ländlichen Raum. Es werden Informationen über die Architektur, den Denkmalschutz, das Ziel der Sanierung, die angewandten technischen Lösungen, den Einsatz von erneuerbaren Energien und vieles mehr bereitgestellt. Die Dokumentation der Sanierungsprojekte enthält darüber hinaus für die meisten Projekte auch Informationen über den Energieverbrauch, Kosten, Innenklima und Umweltaspekte. Während die Aufnahmekriterien für Projekte in die Datenbank eher allgemein gehalten sind, wurden alle Dokumentationen einem Peer-Review-Prozess unterzogen, um die Qualität der Dokumentation zu gewährleisten.

Unter den bisher im HiBERAtlas veröffentlichten Projekten halten sich solche mit Denkmalschutz und Gebäude, die keinem Schutz unterliegen, zahlenmäßig etwa die Waage. Auch die Herkunft der Projekte ist sehr unterschiedlich; einige waren Gegenstand von Pilotprojekten oder F&E-Programmen, andere wurden bereits für vorbildliche Sanierungen ausgezeichnet, oder Planende und Bauherren waren daran interessiert, die gewonnenen Erfahrungen mit anderen zu teilen. Auf diese Weise ist ein vielfältiges Bild von sehr unterschiedlichen erfolgreichen Sanierungen entstanden, das als Vorbild für Folgeprojekte dienen kann.

Von e7 wurden zwei „Haus der Zukunft“ bzw. „Stadt der Zukunft“ Demonstrationsprojekte in die Datenbank eingebracht (Kaiserstraße 7 und Mariahilfer Straße 182), dazu noch ein Projekt aus Kärnten (Musikschule Velden am Wörthersee), das im Rahmen des Programms „Mustersanierung“ (Klima- und Energiefonds) umgesetzt wurde.

Darüber hinaus enthält der HiBERAtlas fünf weitere umgesetzte Best Practice Case Studies aus dem Westen Österreichs, die von der Universität Innsbruck beigesteuert wurden. Weitere acht österreichische Case Studies wurden vom Energieinstitut Vorarlberg im Rahmen des Projektes Interreg AlpineSpace ATLAS dokumentiert.

Tabelle 1 enthält alle 69 Projekte, die mit Stand Ende April 2021 im HiBERAtlas dokumentiert waren.

Tabelle 1: HiBERAtlas: Liste der dokumentierten Projekte (April 2021)

Nr	HiBERAtlas Case Study	Land	Mitwirkende
1	Klostergebäude Kaiserstrasse	AT	e7
2	Farm house Trins	AT	UIBK
3	Hof 6, Schwarzenberg ¹	AT	EIV
4	Kelchalm - Bochumer alpine hut	AT	UIBK
5	Mariahilferstrasse 182	AT	e7
6	House Maurer, Wolfurt ¹	AT	EIV
7	House Breuer, Tschagguns ¹	AT	EIV
8	Music school in Velden	AT	e7
9	Hof Neuhäusl	AT	UIBK
10	Community Hall Zwischenwasser ¹	AT	EIV
11	Freihof Sulz ¹	AT	EIV
12	Oeconomy building Josef Weiss ¹	AT	EIV
13	Giatla Haus	AT	UIBK
14	Rhine Valley House Irgang ¹	AT	EIV
15	Baur Residence, Lustenau ¹	AT	EIV
16	Kasperhof	AT	UIBK
17	Maison Rubens	BE	BBRI/UCL/FHA
18	Half-timberframed house in Alken	BE	BBRI/UCL/FHA
19	Doragno Castle, Rovio	CH	SUPSI
20	Solar silo	CH	SUPSI
21	Wohn- und Geschäftshaus Feldbergstrasse	CH	SUPSI
22	Mehrfamilienhaus Magnusstrasse	CH	SUPSI
23	St. Franziskus Church Ebmatingen	CH	SUPSI
24	Kindergarten and apartments (PEB) Chur	CH	SUPSI
25	Single family home Luisenstrasse - Bern	CH	SUPSI
26	Single Family House - Gstaad	CH	SUPSI
27	Glaserhaus in Affoltern	CH	SUPSI
28	PalaCinema Locarno	CH	SUPSI
29	Casa Rossa Chemnitz	DE	FraunhoferISE
30	Rathaus Bergrheinfeld	DE	EURAC

¹ Diese Case Study wurde ausschließlich im Rahmen des Projektes Interreg AlpineSpace ATLAS dokumentiert.

31	Farmhouse Straub	DE	EURAC
32	Early work Sep Ruf	DE	EURAC
33	Ackerbürgerhäuschen	DE	EURAC
34	Ritterhof	DE	EURAC
35	Rathaus Burgkunstadt	DE	EURAC
36	Osramhuset	DK	SBi
37	Klitgaarden	DK	SBi
38	RYESGADE 30	DK	SBi
39	Timber-framed house in Alsace	FR	Cerema
40	Elementary School in Mulhouse	FR	Cerema
41	Timber-framed barn in the north of France	FR	Cerema
42	Rainhof	IT	EURAC
43	Villa Castelli	IT	EURAC
44	Ansitz Kofler	IT	EURAC
45	Basilica di Santa Maria di Collemaggio	IT	POLIMI
46	House Pernter ¹	IT	Arch. Mayr Fingerle/Truden
47	Kohlerhaus	IT	EURAC
48	Ruckenzaunerhof	IT	EURAC
49	Aussergrubhof	IT	EURAC
50	Oberbergerhof	IT	EURAC
51	Platzbonhof	IT	EURAC
52	Mairhof	IT	EURAC
53	Obergasserhof	IT	EURAC
54	Rebecca Farm	IT	PoliMi
55	Villa Capodivacca	IT	UNIGE
56	House Moroder	IT	EURAC
57	Huberhof	IT	EURAC
58	Notarjeva vila ¹	SL	PRC
59	Rožna ulica 15, Idrija ¹	SL	PRC
60	Hiša trentarskih vodnikov ¹	SL	PRC
61	Idrija mercury smelting plant ¹	SL	PRC
62	Mercado del Val, Valladolid	SP	CARTIF
63	Correria 119	SP	Tecnalia
64	Ahmet Aga Mansion	TK	IYTE
65	Nwqip Pasa Library	TK	IYTE
66	Downie's Cottage	UK	HES
67	Hollyrood Park Lodge	UK	HES
68	Annat Road	UK	HES
69	Aspinall Courthouse	USA	Drexel University

Die folgenden Seiten enthalten Kurzbeschreibungen von jenen 69 Case Studies, die Ende April auf der Website HiBERAtlas dokumentiert waren (www.hiberatlas.com).



Fotocredit: Trimmel Wall Architekten

A multi-purpose used convent building in the heart of Vienna has been refurbished with particular attention to monument preservation and to a new solution for renovating Viennese-type box windows. The goal was to present a sustainable system solution with the energetic refurbishment of the existing building and the highly efficient loft conversion according to the requirements of the monument protection.

**Klostergebäude Kaiserstrasse
Vienna, AT**

Building Period: 1850 - 1899
Renovation: 2013

Use: Residential (urban)
Protection level: listed

Contact:
e7 energy innovation & engineering



Fotocredit: Michael Flach

The renovation of the Mayrhof in Trins combines several best-practice solutions in one project. In particular, the use of a newly developed façade system and an extension using a house-in-house concept allow architectural and building physics aspects to harmonise with each other.

**Farm house Trins
Trins, AT**

Building Period: 1600 - 1700
Renovation: 2019

Use: Residential (rural)
Protection level: not listed

Contact:
University of Innsbruck



Fotocredit: Roswitha Schneider

The former farm house and later on home of the painter Angelika Kaufmann was almost 450 years old, when the architect and new owner Thomas Mennel decided to restore the building and play with it's given qualities. He kept the outward appearance and changed its internals into a spaceship full of places to experience, with its different light and shades - it is a playground and an oasis in the same.

**Hof 6, Schwarzenberg
Vorarlberg, AT**

Building Period: 1600 - 1700
Renovation: 2013

Use: Residential (rural)
Protection level: listed

Contact:
Energieinstitut Vorarlberg



Fotocredit: Christina Krimbacher

Exemplary sustainable renovation of a historic mountain hut at 1,432 meters above sea level in Aurach near Kitzbühel. The renovation resulted in a significant increase in the levels of comfort in a mountain hut exposed to severe weather conditions. The building is used all year round after renovation.

**Kelchalm – Bochumer Hütte
Tirol, AT**

Building Period: 1800 - 1849
Renovation: 2013

Use: Hotel/Restaurant
Protection level: not listed

Contact:
University of Innsbruck



Fotocredit: Trimmel Wall Architekten

Modernization of a Gründerzeit building with the use of an aerogel insulating plaster after it was demolished by a gas explosion. In addition to the restored façade, the exterior of the new attic storey is initially noticeable. The building received two major awards: the 1st prize of the 33rd Vienna Urban Renewal Prize by the National Guild Construction Vienna, and the State Prize for Architecture and Sustainability 2019 by the Federal Ministry for Sustainability and Tourism.

**Mariahilferstrasse 182
Vienna, AT**

Building Period: 1850 - 1899
Renovation: 2018

Use: Residential (urban)
Protection level: not listed

Contact:
e7 energy innovation & engineering



Fotocredit: R. Maurer

The owner managed to renovate the building in a way, which kept the outer appearance. The hole facade and situation of the roof were kept. The main house did not change much while the extension changes in function and design to a more modern part of the building. All windows were exchanged by wooden windows, which all have good thermal values. The living area changed from a 4-flat house of 370m² for in average 5 person to a 7-flat house for 12 residents. The heating requirement before renovation was 142 kWh/m²a and could be reduced to a quarter of this. A thermal solar system now supports the former heating system of gas.

House Maurer Wolfurt, AT	Building Period: 1800 - 1849 Renovation: 2015	Use: Residential (rural) Protection level: not listed	Contact: Energieinstitut Vorarlberg
-------------------------------------	--	--	--



Fotocredit: Marcello Girardelli

The associated farmhouse was demolished at the beginning of the 1970s. The aim was to convert the farm building into a high-quality residential building. In the process, the outer shell was supplemented by a few openings, which makes the new use of the building readable. The work on the original construction was carried out using old techniques wherever possible. Thus, the plugged connections are again in this form. The outer wooden facade was preserved entirely.

House Breuer Tschagguns, AT	Building Period: 1900 - 1944 Renovation: 2015	Use: Residential (rural) Protection level: not listed	Contact: Energieinstitut Vorarlberg
--	--	--	--



Fotocredit: blendel6/ARCH+MORE

Restoration of a former fire station and transformation into a music school including a comprehensive thermal-energetic renovation. The renovation of the listed building was carried out within the framework of the demonstration programme "Mustersanierung".

Music School Velden Velden, AT	Building Period: 1900 - 1944 Renovation: 2015	Use: Educational/Research Protection level: listed	Contact: e7 energy innovation & engineering
---	--	---	--



Fotocredit: David Schreyer

The 300-year-old "Hof Neuhäusl" is a prime example of the combination of old building stock and energy efficiency. While retaining its historical appearance, the building was refurbished completely in 2017. The preservation of the façade required the implementation of consistent interior insulation. Inside, the rooms were restructured in order to meet the highest, modern living standards. The revitalisation of the courtyard was awarded with the "Tiroler Sanierungspreis" in 2018.

Hof Neuhäusl Tirol, AT	Building Period: 1700 - 1800 Renovation: 2017	Use: Residential (rural) Protection level: not listed	Contact: University of Innsbruck
-----------------------------------	--	--	-------------------------------------



Fotocredit: Carolin Begle

The comprehensive modernisation of the municipal office has now also been completed to a high standard. While the ground floor was on the raised ground floor before the conversion, large parts of this level have now been lowered to street level and glazed and thus converted into a barrier-free and transparent citizens' office. The renovation relies on night cooling and cross-ventilation. The reduction of the heating energy demand is achieved, among other things, by a wall system of interior insulation with clay plaster and at the same time makes it possible to leave the façade unchanged.

Community Hall Zwischenwasser, AT	Building Period: 1900 - 1944 Renovation: 2015	Use: Community Hall Protection level: not listed	Contact: Energieinstitut Vorarlberg
--	--	---	--



Fotocredit: Martin Rohmberg

Renovation of ecological Freihofer Sulz: Holistic redevelopment of the cultural heritage "Freihofer Sulz", which is worthy of preservation, into a lively meeting place. A demonstration object for local culture and quality of life, old building techniques, as well as energy-saving and ecological renovation.

Freihofer Sulz Sulz, AT	Building Period: 1700 - 1800 Renovation: 2006	Use: Restaurant/Stores/Practices Protection level: listed	Contact: Energieinstitut Vorarlberg
------------------------------------	--	--	--



Fotocredit: Angela Lamprecht

The potential that lies dormant in vacant properties and which must be exploited is shown by the "Oeconomygebäude" in Dornbirn, which has been brought back to life. Contemporary living and working are being introduced into the sensitively adapted urban barn, which is a listed building. For Julia Kick, who acted in this project in the dual role of architect and builder, the "Oeconomygebäude" was a stroke of luck, because in her work she has been dealing intensively with the topic of vacancy for several years.

Oeconomy-Building Dornbirn, AT	Building Period: 1850 - 1899 Renovation: 2016	Use: Residential with atelier Protection level: listed	Contact: Energieinstitut Vorarlberg
---	--	---	--



Fotocredit: Lukas Schaller

The Giatla house, a 300-year-old farmhouse typical of the region, had been neglected and was in a very devastated condition. There were some indications that the house was sliding down the slope. A new use as a holiday apartment and a careful intervention has brought this building back to life.

Giatla House Innervillgraten, AT	Building Period: 1600 - 1700 Renovation: 2015	Use: Hotel/Restaurant Protection level: not listed	Contact: University of Innsbruck
---	--	---	-------------------------------------



Fotocredit: Beate Nädler-Kopf

The Irgang family has been dealing with the idea of demolishing the old Rhine valley house and building a new one for a long time. But this idea finally gave way to the advantages of the renovation. Decisive factors were the floor plans which offered many possibilities, the family-related history, the charm of the old Rhine Valley House and last but not least the comparison of costs and usable space.

Rhine Valley House Irgang Rankweil, AT	Building Period: 1850 - 1899 Renovation: 2008	Use: Residential (rural) Protection level: not listed	Contact: Energieinstitut Vorarlberg
---	--	--	--



Fotocredit: www.studio22.at

"Cozy, comfortable, pleasant - our home! The atmosphere of old and new, the special character and the history that come with an old house, make it something special. Based on experience we can say: dare to preserve old building fabric. You won't regret it!" says the owner. Built in 1878, the house has always been owned by the same family. In 2011 the Rhine-valley house was renovated by the great-great-grandson of the builder with a lot of passion and love for detail.

Baur Residence Lustenau, AT	Building Period: 1850 - 1899 Renovation: 2011	Use: Residential (rural) Protection level: not listed	Contact: Energieinstitut Vorarlberg
--	--	--	--



Fotocredit: Silbersalz

The revitalisation of the village centre and its versatile use, with an area of about 650 m², has been realised by the refurbishment of a former farm, the Kasperhof in Patsch, which had been vacant for more than 20 years.

Kasperhof Patsch, AT	Building Period: 1600 - 1700 Renovation: 2019	Use: Residential (rural) Protection level: not listed	Contact: University of Innsbruck
---------------------------------	--	--	-------------------------------------



Fotocredit: Stephane Filleul

The "maison Rubens" is a typical middle-class row house from late 19th century, in neoclassical style. It reflects the Belgium bourgeoisie life at this period. Since 1888 (date of construction) no major renovation had been done. The building was almost in its original condition, but in very bad conservation state. The renovation followed two main goals: i) very good insulation (using bio-based materials) and mechanical ventilation of the whole house while conserving the valuable heritage details. ii) energy consumption below 60 kWh/m²y.

Maison Rubens Schaerbeek, BE	Building Period: 1850 - 1899 Renovation: 2008	Use: Residential (urban) Protection level: not listed	Contact: Belgian Building Research Institute
---	--	--	---



Fotocredit: Erfgoed & Visie bvba

Half-timber framed building with late 17th century core, expanded on both sides in the 19th century. The building was out of use and in a very bad state at the moment of renovation. The purpose of the total building renovation (including improvement of energy performance and comfort) was residential reuse. The building renovation comprehended renovation of the roof, the external walls and windows, floor insulation as well as some other interventions such as introduction of a new condensing gas wall boiler, underfloor heating for the ground floor and radiators for the first floor.

Half-timbered house Alken, BE	Building Period: 1600 - 1700 Renovation: 2016	Use: Residential (rural) Protection level: listed	Contact: Flanders Heritage Agency
--	--	--	--------------------------------------



Fotocredit: L. Carugo

Single-family house, restoration and new building extension. Private residence building (historic not-listed building in Ticino) with nZEB target using also solar renewables energy in an integrated roof solution. The castle of Doragno was born from the transformation of an ancient medieval castle. The original stone walls are highlighted by the large windows that complete the volume of the existing building. An integrated photovoltaic system and solar collectors are installed on the roof.

Doragno Castle Rovio, CH	Building Period: before 1600 Renovation: 2017	Use: Residential (rural) Protection level: not listed	Contact: SUPSI
-------------------------------------	--	--	-------------------



Fotocredit: Martin Zeller

This best practice building in "Grundelinger Feld" investigates new approaches for BIPV integration as cladding innovative materials and new energy storage strategies. As "Gundelinger Feld" ensemble is under heritage protection, the remodelled building was required to match the style and colour scheme of the site. The project is part of the "2000 - Watt society - pilot region Basel" and was rewarded in the "renovation" category with the 2015 Swiss Solar Prize.

Solar Silo Grundelinger Feld Basel, CH	Building Period: 1850 - 1899 Renovation: 2014	Use: Office Protection level: not listed	Contact: SUPSI
---	--	---	-------------------



Fotocredit: V+P

During the refurbishment of the building on Feldbergstrasse 4 + 6 in the old part of Basel, several requirements of the cityscape commission for façade and roof design had to be met. The challenge was to operate a 6-storey residential building with 12 apartments as completely as possible with solar energy in the protected zone of Basel-Stadt. The entire heat energy requirement (hot water, heating, home ventilation and auxiliary energy) is covered exclusively by the solar energy on the roof of the building.

Feldbergstrasse Basel, CH	Building Period: 1850 - 1899 Renovation: 2009	Use: Residential (urban) Protection level: not listed	Contact: SUPSI
--------------------------------------	--	--	-------------------



Fotocredit M. Mobiglia

The multi-family house in Zurich needed a complete modernization. Thanks to the optimal use of building regulations and the vision of the architects, the new roof could be raised on the courtyard side so far that a new storey and thus more living space was created. Despite preservation requirements, the building could be well insulated today reaches the Minergie new construction standard. For the placement of solar collectors, the roof was not optimally aligned and too small. Rentable terrace and energy-collecting panels must therefore share the space on the roof.

Magnusstrasse Zürich, CH	Building Period: 1850 - 1899 Renovation: 2007	Use: Residential (urban) Protection level: listed	Contact: SUPSI
-------------------------------------	--	--	-------------------



Fotocredit: Studer

The Roman Catholic St. Franziskus Ebmatingen Church is emission-free after the energetic renovation in 2018/19. Thanks to significantly improved roof insulation, the solar-powered geothermal heat pump, the use of solar heat with 161 m² of photovoltaic thermal modules (PVT) and the LED lighting the church is a plus-Energy-Building with an energy supply of 221%. For this concept in combination with the architecturally outstanding implementation, the project has been awarded in 2019 with the Swiss and European Solar Prize.

St. Franziskus Church Ebmatingen, CH	Building Period: 1980 Renovation: 2018	Use: Religious Protection level: not listed	Contact: SUPSI
---	---	--	-------------------



Fotocredit: Ralf Feiner

The building complex with a double kindergarten and two penthouses built in 1914 consumed 184,300 kWh/a before the renovation. Thanks to the good thermal insulation and the use of direct solar generation, the total energy requirement was reduced by 84% to 29,400 kWh/a. 79 m² of the latest generation of solar panels bring a lot of light and heat into the building. Inside there is enough mass to absorb the heat and store it above ground.

Kindergarten and apartments Chur, CH	Building Period: 1900 - 1944 Renovation: 2016	Use: Educational/Research Protection level: not listed	Contact: SUPSI
---	--	---	-------------------



Fotocredit: M. Hutterli

The neo-baroque style house of the Hutterli Röthlisberger family has been extensively renovated and thermally refurbished between 2011 and 2015. The intervention concerns the thermal improvement of the envelope, intervening on walls, roof and windows. It also concerns the installation of a photovoltaic system and a solar thermal system, as well as the replacement of the gas heating system with a heat pump, geothermal probes and a stove. The intervention also involved the installation of a comfort ventilation system with heat recovery. This renovation deserved the Swiss Solar Prize 2014.

Single family house Bern, CH	Building Period: 1850 - 1899 Renovation: 2015	Use: Residential (urban) Protection level: listed	Contact: SUPSI
---	--	--	-------------------



Fotocredit: Daniel Baggenstos

Every year in Switzerland more than 2,000 agricultural holdings are abandoned. The buildings often remain unused. A redevelopment or conversion of older buildings into residential buildings is not always possible due to the federal legal restrictions on the preservation of cultural landscapes. Gabriela Matti proves that traditional buildings can easily be combined with the latest technology with the conversion of the unused Maiensäss in Gstaad. A comprehensive renovation transformed the unused and unheated wooden house into a modern PlusEnergyBuilding, that hasn't lost its "old charm."

Single family house Gstaad, CH	Building Period: 1700 - 1800 Renovation: 2018	Use: Residential (rural) Protection level: listed	Contact: SUPSI
---	--	--	-------------------



Fotocredit: C. Martig

This restoration is connected with the aim of preserving the overall appearance of the building, repairing the roof, facades and surroundings and carefully restoring the prestigious south facade. From a technical point of view, the building is solidly stabilised and energetically brought up to the latest standards. The project was developed with the involvement of the cantonal monument preservation authorities. Several meetings and inspections took place, on the basis of which the project was further developed in accordance with the requirements of the preservation of historical monuments.

Glaserhaus Affoltern, CH	Building Period: 1700 - 1800 Renovation: 2015	Use: Residential (rural) Protection level: listed	Contact: SUPSI
-------------------------------------	--	--	-------------------



Fotocredit: G. Marafioti

The Palazzo del Cinema Locarno project is guided by principles of economy, trying to capitalise in the existing structure and the public affection for the Palazzo Scolastico, to provide an architectural identity for the new cinema complex in Piazza Remo Rossi. At a time when energy resources are dwindling and climate change has become a crucial problem for our cities, it would have been irresponsible to simply discard the existing building in order to build an entirely new one, with the corresponding expenditure of vital resources. Urban Recycling is a more adequate strategy for this intervention.

PalaCinema Locarno, CH	Building Period: 1850 - 1899 Renovation: 2018	Use: Multicultural platform for cinematic arts Protection level: not listed	Contact: SUPSI
-----------------------------------	--	--	-------------------



© bodensteinerner fest Architekten

The multi-family house from the turn of the century was saved from demolition and extensively renovated. 6 apartments were set up with the latest technology and low energy consumption. The usable building fabric was carefully renovated and new elements added accordingly.

Casa Rossa Chemnitz, DE	Building Period: 1900 - 1944 Renovation: 2018	Use: Residential (urban) Protection level: not listed	Contact: Fraunhofer ISE
------------------------------------	--	--	----------------------------



© Architektur + Ingenieurbüro Perleth

The listed town hall in Bergheimfeld was built in 1660 and has been converted and renovated again and again over the past centuries. The most recent restoration of the cultural heritage included, in addition to the existing old building, the construction of a modern, barrier-free extension building with a textile facade and together they form the new and modern centre of the community.

Town Hall Bergheimfeld, DE	Building Period: 1600 - 1700 Renovation: 2018	Use: Town Hall Protection level: listed	Contact: EURAC Research
---------------------------------------	--	--	----------------------------



Fotocredit: Julia Greulich

Authentic, energy-efficient and ecological: the Straub family had specifically looked for an old farm; together with the architect, they succeeded in creating a cosy home. For the most part, the traditional use was retained, in some places reinterpreted for today's requirements. The historic building fabric from the 18th century was in good condition and was preserved as well as staged with modern materials. This also succeeds under the premise of sustainability, through insulation with cellulose fibres as well as a pellet boiler and solar panels for heating and hot water.

Farmhouse Straub Sonthofen, DE	Building Period: 1700 - 1800 Renovation: 2018	Use: Residential (rural) Protection level: not listed	Contact: EURAC Research
---	--	--	----------------------------



Fotocredit: Studio|Stadt|Region
Architektur und Stadtentwicklung

The single-family house was built in 1936 by Sep RUF for the writer Josef Martin Bauer. It consists of two single-story structures with gable roofs, which are arranged in a Z-shape to each other, thus forming an entrance courtyard and a terrace courtyard. In order to be able to use the building as a residential house in 2013, it had to be extensively renovated. For this purpose, a differentiated renovation concept was developed, which provided for specific measures and procedures for the building envelope and the interior respectively.

Frühwerk Sep Ruf Dorfen, DE	Building Period: 1900 - 1944 Renovation: 2014	Use: Residential (rural) Protection level: listed	Contact: EURAC Research
--	--	--	----------------------------



Fotocredit: KfW

The "Ackerbürgerhäuschen" is located in middle Franconia and was built around 1400. The building is listed for preservation and is situated in the old town of Hilpoltstein, which is listed as well. During the renovation of the Ackerbürgerhäuschen in 2016, Monika and Thomas Fritsch set themselves the goal of preserving not only the possibly 1,000-year-old cellar vault, but also the outer wall made of sandstone and the oak beams of the framework and roof truss. The house got the KfW Award "Bauen und Wohnen 2016" because of the excellent energetic renovation.

Ackerbürgerhäuschen Hilpoltstein, DE	Building Period: before 1600 Renovation: 2015	Use: Residential (rural) Protection level: listed	Contact: EURAC Research
---	--	--	----------------------------



Fotocredit: Michael Felkner

Step by step, always following the principle of the best possible solution, architect Michael Felkner is renovating the Ritterhof: the farmhouse from the late 17th century now houses his office and the flat for the family, but also a health food shop and a granny flat converted for age-appropriate living. The remaining heating needs are covered by wood and solar energy.

Ritterhof Oberdorf, DE	Building Period: 1850 - 1899 Renovation: 2016	Use: Residential (rural) Protection level: not listed	Contact: EURAC Research
-----------------------------------	--	--	----------------------------



Fotocredit: Architekturbüro Huth

On the site of the former "Altenburg ob Kunstadt", the Burgkunstädter town hall has formed the town's skyline for over 300 years. In 1689/90, the master of baroque half-timbered construction, Jörg Hoffmann constructed the impressive decorative half-timbered structure on the early medieval masonry base. After an inadequate restoration in the 1970s, considerable damage was found on the entire building in 2000. The aim of the overall renovation of the old building was to preserve and emphasise the historical value of this important monument and to equip it for the demands of the present day.

Town Hall Burgkunstadt, DE	Building Period: before 1600 Renovation: 2009	Use: Town Hall Protection level: listed	Contact: EURAC Research
---------------------------------------	--	--	----------------------------



Fotocredit: Wissenberg

The Osrarhuset was originally built in 1953 as an office and warehouse for A/S Dansk Osram. When the building was originally erected it was a breath of fresh air to an otherwise grey, worn down and monotone part of Copenhagen. Today the building acts as a culture and community centre and exploits daylight and natural ventilation to improve the indoor climate.

Osrarhuset Copenhagen, DK	Building Period: 1945 - 1959 Renovation: 2009	Use: Culture and community centre Protection level: listed	Contact: Danish Building Research Institute
-------------------------------------	--	---	--



Fotocredit: Philip X. S. Moeller

Klitgaarden is a single-family house from 1875 in two stories with a total of 221 m². The building is erected with solid masonry walls and a foundation of granite boulders on top of a stone foundation. The renovation project of the building aimed for a minimum heating requirement and a preservation of original outdoor facade details. It was finished in 2016. The renovation was motivated by a very high-energy demand for heating and in general the fact that the house had not been used in twenty years.

Klitgaarden Hundested, DK	Building Period: 1850 - 1989 Renovation: 2016	Use: Residential (rural) Protection level: not listed	Contact: Danish Building Research Institute
-------------------------------------	--	--	--



Fotocredit: Dorthe Krogh

This typical residential building from the end of the 19th century, was outdated and in need for renovation. The indoor climate was poor and the energy consumption quite high. After a renovation that included new windows, thermal insulation on walls and ceiling, improved air-tightness, mechanical ventilation with heat recovery, and photovoltaic, the building achieved a 63% reduction in energy demand.

RYESGADE 30 Copenhagen, DK	Building Period: 1850 - 1899 Renovation: 2011	Use: Residential (urban) Protection level: listed	Contact: Danish Building Research Institute
--------------------------------------	--	--	--



Fotocredit: Cerema

This timber-framed house is located in Schnersheim in the Alsace region (north-eastern France), near the border with Germany. It belongs to the same family since the 17th century and it has recently been retrofitted and restored. The project reaches a balance between low energy consumption and heritage preservation. The house is one of the case studies of the CREBA (French knowledge centre for responsible retrofit of heritage building) website.

Timber-framed house Alsace Schnersheim, FR	Building Period: 1700 - 1800 Renovation: 2015	Use: Residential (rural) Protection level: not listed	Contact: Cerema
--	--	--	--------------------



Fotocredit: CREBA

This hard-stone elementary school is located in Mulhouse in the Alsace region (north-eastern France), near the border with Germany. It is a listed building: it first was a spinning factory at a time when Mulhouse was well-known for its textile industry and became a school after the annexation of Alsace and Moselle by Germany in 1870. The project reaches a balance between low energy consumption and heritage preservation, despite a constraint budget. The school is one of the case studies of the CREBA (French knowledge centre for responsible retrofit of heritage building) website.

Elementary School Mulhouse, FR	Building Period: 1700 - 1800 Renovation: 2015	Use: Educational/Research Protection level: listed	Contact: Cerema
--	--	---	--------------------



Fotocredit: Cerema

This timber-framed building is located in Saint-Samson-la-Poterie in the Oise region (northern France), over Paris, and especially in the natural region called "Pays de Bray". It was the barn of a landlord housing of the 17th century and it has recently been retrofitted and restored by the owner himself. A careful work on the materials and on the execution was made. The barn is one of the case studies of the CREBA (French knowledge centre for responsible retrofit of heritage building) website.

Timber-framed barn North France Saint-Samson-la-Poterie, FR	Building Period: 1700 - 1800 Renovation: 2016	Use: Residential (rural) Protection level: not listed	Contact: Cerema
--	--	--	--------------------



Fotocredit: Marion Lafogler

The Rainhof is one of the most precious rural buildings of the Gsiesertal valley, at 1.500 m above sea level. Built with solid stone masonry walls and the vernacular "Blockbau" (solid wood) construction, the building presents many traditional features, such as windows with deep reveals, decorated painted frames around the windows, and vaulted ceilings. The project was awarded the 1st prize at the Bauern(h)auszeichnung - ITAS-Preis 2016 for the best renovation of a farmhouse in Südtirol.

Rainhof Gsies, IT	Building Period: before 1600 Renovation: 2016	Use: Residential (rural) Protection level: listed	Contact: EURAC Research
------------------------------------	--	--	----------------------------



Fotocredit: Valentina Carli

Villa Castelli is a listed building from the 19th century located at the riverside of Lake Como (Italy). The owners set the ambitious goal of renovating the Villa, which had belonged to the family for about 140 years, to the lowest possible energy demand while maintaining the original use of the rooms and the external appearance. The renovation achieved a 90% energy demand reduction and a significant increase in comfort, demonstrating that also a listed building can become NZEB.

Villa Castelli Bellano, IT	Building Period: 1850 - 1899 Renovation: 2013	Use: Residential (rural) Protection level: listed	Contact: EURAC Research
---	--	--	----------------------------



© Manuel Benedikter Architekten

Retrieval of lost Orangerie character and energy retrofit - these were the targets which the owner aimed for. He showed that factor 10 reduction in energy demand is possible also in a listed building.

Ansitz Kofler Bozen, IT	Building Period: 1700 - 1800 Renovation: 2008	Use: Residential (urban) Protection level: listed	Contact: EURAC Research
--	--	--	----------------------------



Fotocredit: POLIMI

The Basilica di S. Maria di Collemaggio, L'Aquila, is a masterpiece of Abruzzese Romanesque and Gothic architecture and a very important religious site for the original Papal Jubilee devised by Pope Celestine V, who is buried there. The main challenge was to design a heating system comprehensive of its connections and pipes without interfering in the original appearance of the church, able at the same time to preserve the cultural heritage of the Basilica. The restoration of the Basilica was financially supported by ENI after demolition by an earthquake.

Basilica di Santa Maria di Collemaggio L'Aquila, IT	Building Period: before 1600 Renovation: 2017	Use: Religious Protection level: listed	Contact: Politecnico Milano
--	--	--	--------------------------------



Fotocredit: Büro Arch CMF

The renovation of the house Pernter in Truden is based on the character of the village. The building from 1923 was formerly used entirely for agricultural purposes. The typical Tyrolean style of the construction is expressed in the compact design with residential house, stable and barn under one roof. The aim of the renovation was to optimise the energy balance without altering the existing building envelope. Emphasis was placed on the use of regional materials and the preservation of old building elements to preserve the atmosphere of the farmhouse.

House Pernter Truden, IT	Building Period: 1900 - 1944 Renovation: 2017	Use: Residential (rural) Protection level: not listed	Contact: Arch. Mayr Fingerle
-------------------------------------	--	--	---------------------------------



Fotocredit: Büro Plattner

The Kohlerhaus, a building dating back to the 14th century, was renovated to accommodate 10 apartments with the high standards of comfort and efficiency. The historical research carried out by the architect revealed the rich past of the building, that served as priest house, hotel or guest house. The retrofit of the building included external insulation the wall with reed mats, new replica windows and new building services (radiating heating and mechanical ventilation).

Kohlerhaus Innichen, IT	Building Period: before 1600 Renovation: 2011	Use: Residential (urban) Protection level: not listed	Contact: EURAC Research
------------------------------------	--	--	----------------------------



Fotocredit: EURAC

In the village of Tarsch, in the middle of an inner alpine location, the "Ruckenzaunerhof" presents itself as a typical, Vinschgau stone building. The oldest parts of the farm can be dated back to the 15th century. Combined with new components, which have been sensitively integrated into the historical building, they now form a harmonious unit. The project was awarded the ITAS prize in 2015 for the best renovation of a farmhouse in South Tyrol.

Ruckenzaunerhof Tarsch, IT	Building Period: before 1600 Renovation: 2015	Use: Residential (rural) Protection level: listed	Contact: EURAC Research
---------------------------------------	--	--	----------------------------



Fotocredit: EURAC

The farmhouse of the Aussergrubhof is situated in an idyllic landscape on a sunny slope above St. Nikolaus in Ulten. Although the farm house is not listed, the Thöni family was committed to maintain the historical character of their home. The Aussergrubhof was awarded with the ITAS prize in 2014 as a remarkable example for renovation.

Aussergrubhof Ulten, IT	Building Period: 1600 - 1700 Renovation: 2014	Use: Residential (rural) Protection level: not listed	Contact: EURAC Research
------------------------------------	--	--	----------------------------



Fotocredit: Rene Riller

The Oberbergerhof is located in the idyllic community of Montan. This was first mentioned in the 14th century and carefully renovated in 2016. The project won 1st place in the Bauern(h)auszeichnung and thus the ITAS Prize 2017 for the best renovation of a farmhouse in South Tyrol.

Oberbergerhof Montan, IT	Building Period: before 1600 Renovation: 2016	Use: Residential (rural) Protection level: listed	Contact: EURAC Research
-------------------------------------	--	--	----------------------------



Fotocredit: Leonore Schmidt

The mountain farm is located above St. Andrä, with a wide view over the Eisack valley. There are only meadows and woods all around, no traffic noise disturbs the peace and quiet. The old farmhouse has been renovated with loving attention to detail, while at the same time paying attention to a biological construction method and the use of regional materials.

Platzbonhof Brixen, IT	Building Period: before 1600 Renovation: 2016	Use: Residential (rural) Protection level: not listed	Contact: EURAC Research
-----------------------------------	--	--	----------------------------



Fotocredit: Alexa Rainer

Mairhof, as listed farmer house, is situated on a hillside in the immediate vicinity of the centre of Partschins in Vinschgau. The rural house is characterised by its crenellated gables on the narrow sides, net vaulted corridors on ground and upper floor, as well as original "Stuben" and wooden ceilings with over 800-year-old beams. The farm was awarded with the ITAS prize in 2018 for its first-class retrofit measures.

Mairhof Partschins, IT	Building Period: before 1600 Renovation: 2018	Use: Residential (rural) Protection level: listed	Contact: EURAC Research
-----------------------------------	--	--	----------------------------



Fotocredit: EURAC

The "Obergasserhof" is located above the village of Pfunders along the country road, about 200m into the valley. The farm is engaged in dairy and cattle farming and has recently started renting a holiday apartment as a side-line. The primary goal of the renovation measures in the residential building was to secure the architectural heritage.

Obergasserhof Vintl, IT	Building Period: before 1600 Renovation: 2013	Use: Residential (rural) Protection level: listed	Contact: EURAC Research
------------------------------------	--	--	----------------------------



Fotocredits: Arch. Scala

'Rebecca Farm' project is part of the "Resilient Valleys" program aimed to give new life to the area of the high valleys Trompia and Sabbia by enhancing their cultural, historical and environmental potential. From an architectural point of view, the complex consists in two stone-wall buildings, in a state of abandonment and partially collapsed, with a covered area of about 300 m². Given its strategic position, the rural complex of 'Rebecca Farm' has been retrofitted to house a bed and breakfast and an educational service, for training and aggregation activities linked to the territory agricultural knowledge.

Rebecca Farm Brescia, IT	Building Period: before 1600 Renovation: 1980	Use: B&B - Farm Protection level: not listed	Contact: Politecnico Milano
-------------------------------------	--	---	--------------------------------



Fotocredit: Lucia Corti

The restoration of Villa Capodivacca in the province of Padua is among those we can define "low impact". The combination of new functions and adequate technical solutions has allowed the historical characteristics and the original atmosphere of the building to emerge that have been handed down over the centuries. From the intersection of the differentiated use of the three floors of the villa, the problems encountered and the constraints imposed by the Superintendence, an articulated project of restoration, static restoration and plant and energy renovation was born.

Villa Capodivacca Saccolongo, IT	Building Period: before 1600 Renovation: 2017	Use: Residential (rural) Protection level: listed	Contact: University of Genoa
---	--	--	---------------------------------



Fotocredit: EURAC

The historic residential building is located in the city centre of Bolzano. It was built in 1926, near the old town, and it has hardly been changed on the outside, thanks to well thought-out renovation measures from the inside which ensure a new level of comfort and a minimization of the energy demand of the building.

House Moroder Bozen, IT	Building Period: 1900 - 1944 Renovation: 2015	Use: Residential (urban) Protection level: not listed	Contact: EURAC Research
------------------------------------	--	--	----------------------------



Fotocredit: Francesca Roberti

The farmhouse Huber is a listed building typical of the South Tyrolean countryside consisting of a main house and a barn. Given the poor conservation of the building, it went through an extensive refurbishment. The main goal was to adapt the house to modern standards while keeping unaltered its historic values and preserving it over time. Two apartments were created while preserving the old substance as much as possible. The barn was also renovated, rotten structural components were replaced. The farmhouse Huber was awarded as the best energy-efficient renovation in 2008.

Huberhof Rodeneck, IT	Building Period: before 1600 Renovation: 2008	Use: Residential (rural) Protection level: listed	Contact: EURAC Research
----------------------------------	--	--	----------------------------



Fotocredit: PRC

The house was built after the 1st world war as notary's villa in the former periphery of Tolmin where richer buildings were located. The house expresses the characteristics of secession and is listed in the Register of Slovene cultural heritage. Firstly, served as a single-family house, after the 2nd world war it was used for State security administration. Later it was rearranged to a four-apartment building. The earthquakes in 1998 and in 2004 caused severe damage on the building. It was therefore included in the national programme of renovation after the earthquake.

Notarjeva Vila Tolmin, SL	Building Period: 1900 - 1944 Renovation: 2015	Use: Residential (urban) Protection level: listed	Contact: Posoški razvojni center
--------------------------------------	--	--	-------------------------------------



Fotocredits: PRC

This building was constructed in the second half of the 19th century for the residence of mining families. It has several characteristics of the miner's house which is typical for the town of Idrija and represents very unique architecture. The building was in residential use until 2004, when it was so damaged by an earthquake that it was no longer habitable. Today, the ground floor is used for business premises and the upper floors are organized as apartments. For the needs of energy rehabilitation of the building, the external walls and roof were adequately insulated. Facade ornaments were made anew in accordance with the cultural heritage office demands.

Rožna ulica 15 Idrija, SL	Building Period: 1850 - 1899 Renovation: 2018	Use: Residential (urban) Protection level: listed	Contact: Posoški razvojni center
--------------------------------------	--	--	-------------------------------------



Fotocredit: PRC

History of this building goes back to the early 30s of the 20th century when a new complex of the Cantore barracks was built by Italians in order to defend the Rapallo border. Within the renovation in 1999 the original structure was refurbished and upgraded in line with the local building typology. In 2012 the entire building was insulated and organised as a multipurpose house. The case shows how non typical architecture (former military barrack) can be renovated in a way that it gains traditional elements while following today's energy renovation standards.

Hiša trentarskih vodnikov Trenta, SL	Building Period: 1900 - 1944 Renovation: 2012	Use: Multi-purpose Protection level: not listed	Contact: Posoški razvojni center
---	--	--	-------------------------------------



Fotocredit: PRC

The diverse and unique industrial and technical heritage of Idrija's 500-year-old mining history was inscribed on UNESCO World Heritage List in 2012. One of the crucial parts of the mercury mine was the smelting plant, which stopped operating in 1995. The energy renovation of the building was carried out in accordance with the possibilities and specifications of the building, which belongs to the technical cultural heritage. Today the building serves as a museum with a visitor centre that was additionally extended to the lower part of the smelting plant.

Idrija mercury smelting plant Idrija, SL	Building Period: 1945 - 1959 Renovation: 2017	Use: Educational/Research Protection level: listed	Contact: Posoški razvojni center
--	--	---	-------------------------------------



Fotocredit: CARTIF

Mercado del Val is an iron market whose construction was completed in 1882 and it is located within the old town of Valladolid, Spain, being currently the oldest preserved market in the city. In 2013, the market was fully renovated recovering a late 19th century representative building of an architecture and commercial activity from that period, being respectful with its essence, but transforming it into an innovative building that meets the potentialities and commercial needs of the 21st century.

Mercado del Val Valladolid, ES	Building Period: 1850 - 1899 Renovation: 2016	Use: Wholesale & Retail Protection level: listed	Contact: CARTIF
--	--	---	--------------------



Fotocredit: Ensanche 21

Building located at the historic centre of Vitoria-Gasteiz (Spain) that was constructed in 1886. It has a wooden structure and load-bearing façade walls of masonry and ashlar masonry and brick walls. It has been refurbished within the framework of the ENERPAT project where it was selected for being representative of the buildings of the historic district. It has basic protection due to being located in a protected area.

Correria 119 Vitoria-Gasteiz, SP	Building Period: 1850 - 1899 Renovation: 2020	Use: Residential (urban) Protection level: not listed	Contact: Tecnalia
--	--	--	----------------------



Fotocredits: Izmir Metropolitan Municipality Archive

Ahmet Aga Mansion represents the typical interaction type of residence from the early 19th century of Izmir. The mansion was used for purposes other than housing by the late 19th century: firstly, as Gendarmerie School, then as Izmir Headquarters of Committee of Union and Progress and thirdly as the National Library. The building was abandoned and derelict for many years, until Izmir Metropolitan Municipality hired it to restore. The restoration was completed in 2013 and the mansion has been serving as the office of Directorate of Historical Environment and Cultural Properties.

Ahmet Aga Mansion Izmir, TK	Building Period: 1800 - 1849 Renovation: 2020	Use: Offices Protection level: listed	Contact: Izmir Institute of Technology
---------------------------------------	--	--	---



Fotocredit: Ahmet KIÜÇ

Necip Paşa Library was built in 1827 as an original library building by Necib Mehmed Pasha, an Ottoman statesman, to house his own book collection accumulated during his official service. Now, it contains 2718 rare manuscripts and printed books. The library, restored in 2017, provides the service to the researchers under the control and management of The Turkish Prime Ministry, Directorate General of Foundations.

Necip Pasa Library Izmir, TK	Building Period: 1800 - 1849 Renovation: 2017	Use: Library Protection level: listed	Contact: Izmir Institute of Technology
--	--	--	---



Fotocredit: HES

This project was the refurbishment of an early 19th C croft house located near Braemar in the Cairngorms National Park. It is a rare survivor of a vernacular building type once common in Scotland and is Category 'A' Listed. Works included insulation to walls and floor, upgrades of the windows and the installation of a ground source heat pump.

Downie's Cottage Braemar, GB	Building Period: 1800 - 1849 Renovation: 2016	Use: Residential (rural) Protection level: listed	Contact: Historic Environment Scotland
---	--	--	---



Fotocredit: HES

This project was the thermal upgrade and general improvements to a Listed property in Edinburgh dating from 1858. It was a whole house approach where the retention of historic fabric was a priority. Good results have been obtained and an improved energy rating (EPC) has been achieved. In addition, various traditional features have been repaired and reused for the buildings new use.

Holyrood Park Lodge Edinburgh, GB	Building Period: 1850 - 1899 Renovation: 2017	Use: Wholesale & Retail Protection level: listed	Contact: Historic Environment Scotland
--	--	---	---



Fotocredit: HES

This project was the thermal upgrade of a traditional building in Perth dating to 1927. This included improvements to the insulation of the walls, floor and roof as well as better natural ventilation. Natural and vapour open materials were prioritised. The project was a success and improved the U-values of individual elements considerably. This project was used to inform further refurbishment of other buildings on the estate.

Annat Road Perth, GB	Building Period: 1900 - 1944 Renovation: 2014	Use: Residential (urban) Protection level: not listed	Contact: Historic Environment Scotland
---------------------------------	--	--	---



Fotocredits: Kevin Reeves, GSA

The US Federal government is mandated with improving efficiency of buildings, incorporating renewable energy, and achieving net-zero energy operations where possible. This challenge led GSA to consider aligning historic preservation renovations with net-zero energy goals. The agency chose the Wayne N. Aspinall Federal Building and U.S. Courthouse, to prove that net-zero energy goals can be achieved not only in an older building, but one that has a bevy of preservation requirements from being listed on the National Register of Historic Places.

Wayne N. Aspinall Courthouse Grand Junction, USA	Building Period: 1900 - 1944 Renovation: 2013	Use: Offices Protection level: listed	Contact: Drexel University
---	--	--	-------------------------------

5.1.2. Case Study Assessment

Die Analyse der Best-Practice Case Studies hat gezeigt, dass insbesondere die Rahmenbedingungen - also die zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel, die Einbindung in Forschungsprojekte oder Forschungsprogramme, sowie die öffentliche Unterstützung durch Beratungsleistungen - vom Denkmalschutz bis hin zur Frage der Einbindung erneuerbarer Energieträger - einen erheblichen Einfluss auf die Zielsetzung und das Ergebnis des Projekts haben. Mehrere Case Studies in HiBERatlas wurden im Rahmen eines Forschungsprojekts oder eines nationalen Forschungsprogramms durchgeführt, wodurch zusätzliche Expertise und Ressourcen zur Verfügung standen, z.B. eine detaillierte Gebäudeaufnahme und Bewertung des historischen Werts des Gebäudes, ein integrierter Planungsprozess von Anfang an, eine Lebenszykluskostenanalyse, ein detailliertes Monitoring von Energieflüssen, Komfortparametern und Kosten während des Betriebs des Gebäudes oder eine Nutzungsbefragung (POE – Post Occupancy Evaluation). Für die Auswahl der technischen Lösungen zeigt das Screening der Case Studies, dass Entscheidungstools bis dato nur selten eingesetzt werden. Die Auswahl der Lösungen basiert immer noch meist auf der Erfahrung der Planende, Ingenieurinnen und Ingenieure oder wird von Beratenden unterstützt. Der häufigste Ansatz ist die Entscheidungsfindung innerhalb eines integrierten Entwurfsprozesses, begleitet von der Verwendung von Bewertungstools für hygrothermische Simulation und Energieberechnung. Komplexe Sanierungsprojekte können nur mit einem ambitionierten Planungsteam und aufgeschlossenen Auftraggebern realisiert werden. Eine kontinuierliche Abstimmung zwischen erfahrenen Planenden/Ingenieurinnen und Ingenieuren und der Denkmalbehörde ist notwendig.

Der öffentliche Sektor spielt eine wichtige Rolle bei der Ermöglichung innovativer Projekte, aber auch bei der Sicherstellung des Wissenstransfers, sei es im Rahmen von Forschungsprogrammen oder über Beratungsdienste.

In vielen der Case Studies lässt sich das Zusammenspiel und die Überschneidung mehrerer günstiger Rahmenbedingungen beobachten: z.B. die Beteiligung an einem Forschungsprojekt, das mit einer finanziellen Förderung innovativer Maßnahmen einhergeht und bei dem gleichzeitig ein engagiertes und erfahrenes Planungsteam von Anfang an mitarbeitet. Einige der in den Case Studies ermittelten Rahmenbedingungen haben erhebliches Potenzial zur Übertragbarkeit. Es hat sich jedoch gezeigt, dass gute Beispiele nicht nur von einem gut dotierten Budget abhängig sind, sondern dass bei entsprechender Planung auch mit einem begrenzten Budget vorzeigbare Lösungen erzielt werden können. Und manchmal ist es genau diese Art des Handelns innerhalb eines definierten Rahmens, die als Vorbild für andere Projekte dienen kann.

Eine erste Version des Case Study Assessment Report für die ersten 24 Case Studies wurde im Mai 2020 erstellt, die übergreifende Analyse aller 69 dokumentierten Case Studies mit Stand Ende April 2021 wurde im Mai 2021 fertig gestellt und beim Final Task 59 Meeting Ende Mai 2021 präsentiert.

5.2. Subtask B - Multidisciplinary planning process

Die Arbeiten im Subtask B konzentrierten sich auf den Planungs- und Entscheidungsprozess bei der Sanierung historischer Gebäude und damit in Zusammenhang v.a. auf die Frage, welche Werkzeuge und Leitfäden den Planungs- und Entscheidungsprozess nach dem Muster der EN 16883:2017 (Conservation of cultural heritage. Guidelines for improving the energy performance of historic

buildings) unterstützen können. Dabei wurden nach den folgenden Kategorien vorgegangen und für jede dieser Kategorien Datenblätter erstellt:

- Simulationswerkzeuge für historische Gebäude (Simulation tools for historic buildings)
- Zertifizierungsprotokolle (Certification protocols)
- Richtlinien und Normen (Guidelines and standards)
- Lebenszyklusanalyse - lca/lcc (Life cycle analysis)
- Literatur (Literature)

Ausgehend von dem Befund, dass die EN 16883 „Erhaltung des kulturellen Erbes - Leitlinien für die Verbesserung der energiebezogenen Leistung historischer Gebäude“ bis dato in der Praxis nur spärlich Anwendung findet, wurden im Rahmen des Subtask B Vorschläge erarbeitet, wie die Anwendung der EN 16883 durch einen informativen Annex verbessert und erleichtert werden kann.

Die ursprünglich geplante „Platform with tools for holistic historic building retrofit“ wurde nicht umgesetzt. Während des Projekts wurde entschieden, dass die „Plattform“ als Handbuch präsentiert werden soll. Dieses Handbuch soll Fachleute unterstützen, die an der energetischen Sanierung historischer Gebäude beteiligt sind, indem es die EN 16883 interpretiert, erklärt, veranschaulicht und ergänzt. Das Handbuch ist eine Ergänzung zur Norm und bietet Best-Practice-Ratschläge, Beispiele und moderne Werkzeuge und Methoden.

Das Handbuch gibt Empfehlungen und gute Beispiele, wie die in der Norm vorgeschriebenen Aktivitäten in der Praxis durchgeführt werden können. Für jede Aktivität werden weiterführende Literatur und Ressourcen angegeben. Ein Entwurf des Handbuchs wurde auf der letzten Projektsitzung im Oktober 2020 vorgestellt, es wird voraussichtlich 2021 fertiggestellt.

5.3. Subtask C - Conservation compatible retrofit solutions & strategies

5.3.1. Allgemeines

Um die Dokumentationen der Best-Practice Case Studies und Sanierungslösungen, welche von unterschiedlichen Mitwirkenden erarbeitet wurden, in homogener Qualität und im vergleichbaren Umfang zu erhalten, wurde ein Formular für deren Dokumentation erarbeitet. Grundsätzlich hatten die Dokumentationen drei Anforderungen zu erfüllen:

1. Die Sanierungsmaßnahmen mussten eine energetische Verbesserung des betrachteten Elementes bewirken.
2. Eine technisch einwandfreie Funktion bzw. eine Beschreibung der Rahmenbedingungen mussten vorhanden sein.
3. Die Verträglichkeit mit den historischen Werten des Bauwerks musste gegeben sein.

Neben diesen Grundsatzqualifikationen wurden von den Mitwirkenden ein einfacher Fragenkatalog beantwortet und dokumentiert. Um den Inhalt zu verdeutlichen, wird in der Folge ein Beispiel einer Dokumentation angeführt:

Hof Neuhäusl (Best-Practice Case Study)

Zellulose für Holzblockwände (Titel der Lösung)

Was ist die Lösung?

Eine mögliche Lösung, um eine Holzblockwand auf Passivhausstandard zu sanieren ist das Einbringen einer 22 cm starken Zellulosedämmung. Die Dämmung wird in den Hohlraum zwischen Bestandsblockwand und der innenliegenden Holzkonstruktion eingeblasen. Um keine Hohlräume in der Dämmebene zu erzeugen und eine Setzung der Dämmung im Nachhinein zu vermeiden, ist es wichtig die Zellulose mit ausreichendem Druck einzubringen. Den inneren Abschluss des Hohlkastens bildet eine OSB-Platte (Fa. Norbord), welche zugleich die Funktion der luftdichten Ebene und der Dampfbremse erfüllt. Die OSB-Platte wird auf T-Trägern (Firma Steico) aus Holz aufgeschraubt und sämtliche Stoßfugen mit luftdichten Bändern verklebt. Bei einer Plattendicke von 15 mm erreicht die OSB-Platte einen Sd-Wert von 3,0 – 4,5 m. Es handelt sich somit um ein diffusionsbremsendes Innendämmsystem. Auf die OSB-Platte wird eine Holzschalung montiert, welche die Sichtoberfläche im Innenbereich darstellt. Um eine Durchspülung der Dämmung zu vermeiden, wird auf der Innenseite der bestehenden Blockwand ein Windpapier angebracht.

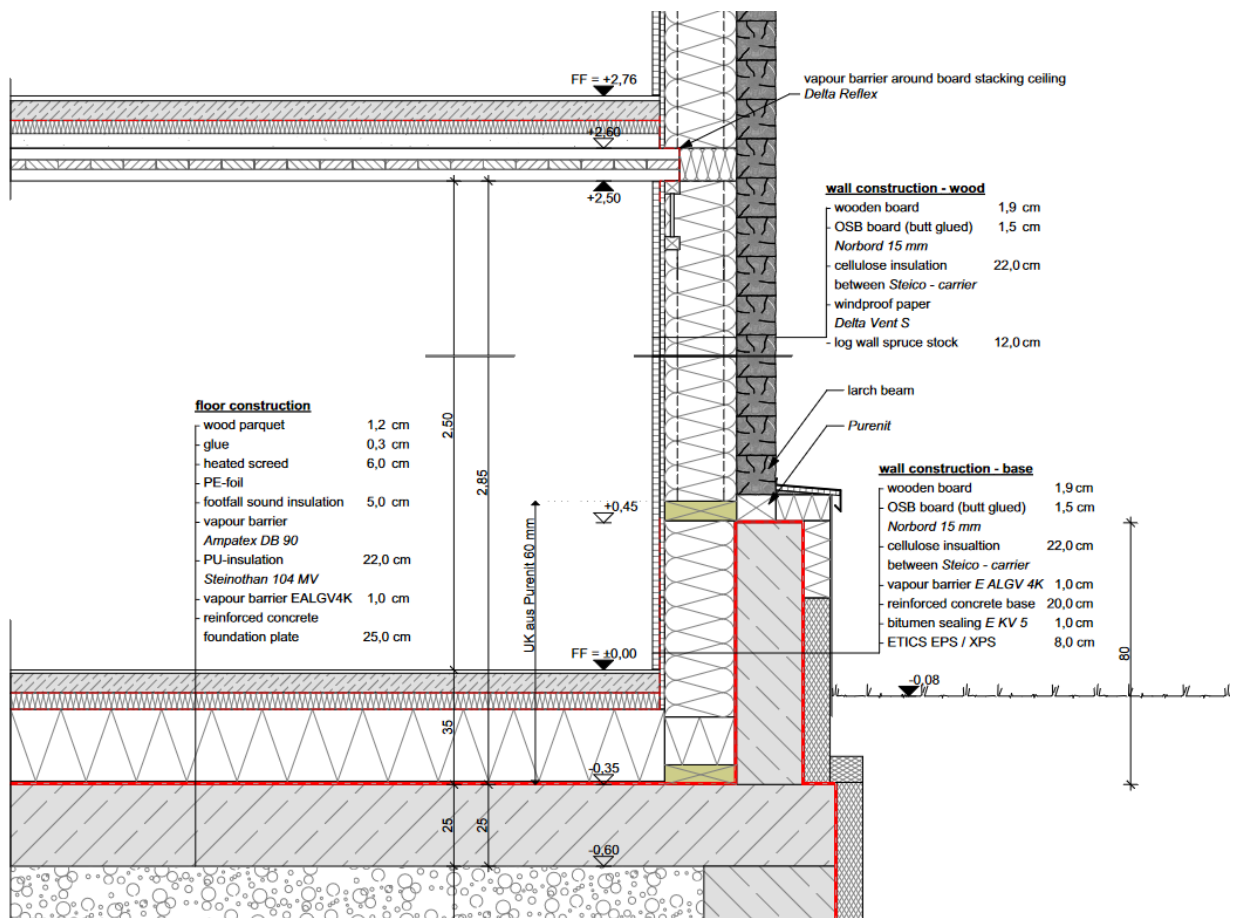


Abbildung 1: Fassadenschnitt Sockel

Warum funktioniert die Lösung?

Die Kombination von kapillaraktiven Eigenschaften der Zellulose und der Reduktion des Dampfdiffusionseintrages durch die OSB-Platte tragen zur Funktionsweise dieser Lösung bei. Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist die bestehende Holzblockwand. Durch den relativ großen Wärmedurchlasswiderstand der Holzwand ist die Temperatur zwischen Bestandswand und Dämmung wesentlich höher als bei einer massiven Bestandswand.

Einen weiteren, nicht unerheblichen Faktor stellt der Luftwechsel durch die Holzbalken dar. Dieser wirkt sich positiv auf das Austrocknungsverhalten der Konstruktion aus. Trotz des fehlenden Schlagregenschutzes an der Oberfläche der Holzwand, ist durch den umlaufenden Balkon und einer relativ hohen Sockelwand ein gewisser konstruktiver Schlagregenschutz gegeben, welcher den Feuchteintrag von außen minimiert. Durch den Stahlbetonsockel wird kapillar aufsteigende Feuchtigkeit verhindert. Um das Eindringen der Einbaufeuchte der Stahlbetonkonstruktion in die Holzwand zu verhindern, wurde die Abdichtung der Bodenkonstruktion über den Auflagebereich der alten Holzblockwand gezogen. Als erste Balkenlage wurde ein feuchtebeständiger Balken auf PUR/PIR-Hartschaumbasis (Purenit) verwendet, um eventuelle Feuchteschäden durch die Auflage auf der Abdichtung auszuschließen.

Beschreibung des Kontextes

Das Ziel der Sanierung war es, die alte Gebäudestruktur und Fassade zu erhalten und den Wohnkomfort eines Passivhauses zu erreichen. Um eine ausreichende Raumhöhe zu erzielen, wurde das Gebäude untergraben und auf ein Stahlbetonfundament gestellt. Durch die Ständerstruktur können die Lasten der Decke direkt in das Fundament übertragen und der alte Blockbau kann als eigenständig und entkoppelt angesehen werden. Dies birgt den großen Vorteil, von den Setzungen und dem Quellen und Schwinden des Blockbaus unabhängig zu sein.

Vor- und Nachteile der Lösung

Die Vorteile dieser Konstruktion sind die relativ einfache Montage sowie das Verwenden eines kostengünstigen Dämmmaterials. Die Einblasdämmung wird im Gegensatz zur aufgespritzten Zellulose komplett trocken verbaut und stellt somit keinen zusätzlichen Feuchteintrag in die Konstruktion dar.

Als Nachteil muss die luftdichte und dampfbremsende Ebene angeführt werden. Sämtliche Installationen in der Außenwand müssen luftdicht eingebunden werden und auf eine saubere und fachgerechte Ausführung ist penibel zu achten. Um diese Ebene nicht mit Installationen zu durchdringen, kann vor der OSB-Platte eine Installationsebene montiert werden.

Verfügbarkeit von Daten: Welchen Informationsstand haben Sie über die Lösung? Verfügen Sie über eine Simulation der Lösung?

Der Wandaufbau wurde im Zuge der Detailplanung und Bauausführung von der Holzforschung Austria mittels der Software WUFI hygrothermisch simuliert und geprüft.

Auch die Universität Innsbruck führte einige hygrothermische Simulationen mit der Software DELPHIN durch. Bei diesen Simulationen wurden verschiedene Randbedingungen variiert, um eine Anfälligkeit auf regionale Unterschiede zu untersuchen. Des Weiteren wird seit Ende 2019 eine Holzfeuchtemessung am Hof "Neuhäusl" in Scheffau in Tirol durchgeführt.



Abbildung 2: Links: Zu sehen ist das schwarze Windpapier sowie die Ständerkonstruktion für die OSB-Platten, © DI Hans Peter Gruber; Rechts: Ansicht der luftdichten Ebene (OSB-Platte), © DI Hans Peter Gruber

Die schriftliche Dokumentation wird jeweils durch Zeichnungen und Fotos visuell unterstützt. Der eigentliche Wert der Sammlung liegt jedoch darin, dass die meisten der vorgestellten Lösungen in der Praxis angewandt wurden. Viele der Lösungen konnten mit der Dokumentation des gesamten Sanierungsprojekts bzw. einer Case Study (Subtask A) verknüpft werden. Durch diesen Bezug kann man die Überlegungen, die zur Entscheidung für die jeweilige Lösung geführt haben, im Kontext besser nachvollziehen und erhält einen umfassenderen Überblick über die Sanierungsmaßnahme.

Darüber hinaus wurden einige der dokumentierten Lösungen mittels numerischer Simulation und/oder In-Situ-Monitoring im Rahmen von Forschungsprojekten im Detail untersucht. Alle diese Daten liefern nützliche Informationen bei der Beurteilung der Lösungen. Bei einigen handelt es sich um innovative Lösungen, die noch nicht Stand der Technik bzw. kommerzialisiert sind, aber einen Einblick in die zukünftige Entwicklung geben.

In der Folge wird auf die einzelnen Untergruppen des Subtask C näher eingegangen und die Ergebnisse präsentiert.

5.3.2. Dokumentation von Fensterlösungen

Die Fensterlösungen wurden in unterschiedliche Gruppen unterteilt. Eine erste Unterteilung erfolgte nach der Art des historischen Fensters:

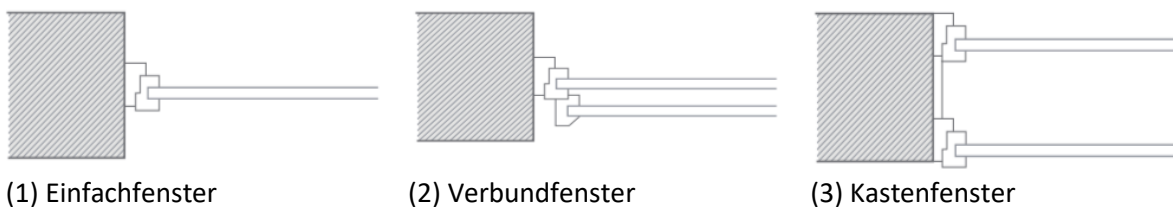


Abbildung 3: Arten historischer Fenster

Mit der Klassifizierung nach dem Typ des nachzurüstenden Fensters wurden in einer zweiten Stufe die möglichen Auswirkungen der Sanierung auf das historische Erscheinungsbild und den Charakter des Gebäudes sowie auf das Fenster selbst definiert. Je höher die mögliche Auswirkung, desto höher ist die erreichbare Energieeffizienz.

Insgesamt wurden 16 Lösungen dokumentiert. Lösungen für (i) Maßnahmen mit geringen Auswirkungen sind Lösungen wie die Reparatur des Fensters, das Anbringen zusätzlicher Dichtungen am Rahmen, zusätzliche Folien auf dem Glas oder die Reparatur der Rollläden. Diese Lösungen haben keine Auswirkungen auf die Optik und das Material und auch keine Auswirkungen auf die Proportionen des Gebäudes. Bei Lösungen mit (ii) Auswirkung auf das raumseitige Erscheinungsbild des Fensters wird das Glas oder der innere Flügel von z.B. Kastenfenstern ausgetauscht. Darüber hinaus sind auch Lösungen von zusätzlichen modernen Fenstern auf der Innenseite des ursprünglichen Fensters dokumentiert. Insgesamt wurden in dieser Kategorie 6 Lösungen dokumentiert. Die nächste Stufe der Auswirkungen der Sanierung ist eine (iii) zusätzliche Veränderung der Außenansicht. Der Austausch des Außenglases kann zu einer bedeutenden Veränderung des Erscheinungsbildes führen, da sich die Reflexion des neuen, modernen Glases von der historischen Verglasung unterscheidet. Die letzte Kategorie (vi) betrifft das gesamte historische Fenster. In dieser Gruppe sind Lösungen wie das Ersetzen des vorhandenen Fensters durch eine Reproduktion enthalten.

Tabelle 2: Übersicht der Kategorien an Fensterlösungen

No	Solutions with low impact
1 A	Only repairing window
1 B	Inserting a sealant
1 C	Addition of foils to the glass
1 D	Repair or replace lost shutters
	Solutions with impact on the appearance from inside
2 A	Replacing inner glass (includes vacuum and insulation glazing)
2 B	Addition of layer of glass on internal walls covering also the windows
2 C	Extra layer of glass on the inside
2 D	Addition of a new window layer (on the inside)
2 E	Replacing the window sash or window layer (on the inside)
2 F	Adding solar shading inside
	Solutions with impact on the appearance from outside (and inside)
3 A	Replacing outer glass (includes vacuum and insulation glazing)
3 B	Addition of a new window layer (on the outside)
3 C	Replacing the window sash or window layer (on the outside)
3 D	Adding solar shading outside
	Solutions with impact on the whole window
4 A	Replacing the window with a replica



Abbildung 4: Beispiel für das Reparieren eines Fensters - Best Practice Beispiel Downie's Cottage, © HES



Abbildung 5: Beispiel für den Austausch des Glases am inneren Flügel (Links: vor der Sanierung; Rechts: nach der Sanierung) - Best Practice Beispiel Knablhof, © Darius Richter

5.3.3. Dokumentation von Lösungen für Außenwände

In der Gruppe der Außenwände wurden insgesamt 39 Lösungen dokumentiert. Die Lösungen lassen sich in die Kategorien Innendämmung, Außendämmung, Außendämmung kombiniert mit Innendämmung, Dämmung von Fachwerken, Dämmung von Hohlräumen hinter Vorsatzschalen, reversible Systeme und innovative Lösungen zuordnen. Gerade bei der Sanierung von historischen Gebäuden ist das äußere Erscheinungsbild in vielen Fällen von denkmalpflegerischer Bedeutung. Daher ist es nicht verwunderlich, dass ein großer Teil, nämlich 18 der 39 Lösungen, der Kategorie "Innendämmung" zuzuordnen sind. Neben den Innendämmungen wurden interessante Sanierungsansätze zum Verfüllen vorhandener Hohlräume dokumentiert sowie innovative reversible Systeme, welche einen alternativen Ansatz bei der Erhaltung bestehender Bausubstanz aufzeigen. Verschiedenste spezielle Dämmstoffe wie Aerogel, Hanfbeton oder Schilfmatten zeigen eine Reihe von Möglichkeiten zur energetischen Verbesserung der historischen Außenwand auf.



Abbildung 6: Perlite-Innendämmung im Best Practice Beispiel Villa Castelli, ©Eurac



Abbildung 7: Installation von PUR-Schaum Platten mit integrierten kapillaraktiven Kalziumsilikat-Röhrchen, © AAU



Abbildung 8: Aufbringen der nassen Cellulose im Sprühverfahren © HES



Abbildung 9: Glätten des Zellulosematerials vor dem Anbringen der Gipskartonplatte © HES

5.3.4. Lüftungskonzepte / Heizungskonzepte

Im Zuge der Dokumentation der Lüftungslösungen wurden unterschiedliche Themenschwerpunkte gesetzt. Insgesamt wurden 18 Lösungen dokumentiert, darunter auch einige allgemeine Beschreibungen von Lösungen, die nicht einem Best Practice Beispiel zugeordnet werden können. Es wurden drei Lösungen zum Thema Luftdichtheit integriert, die sich mit der Planung und Ausführung von Luftdichtheitsebenen anhand von Praxisbeispielen beschäftigen. Drei Merkblätter zur Kaskadenlüftung, zur erweiterten Kaskadenlüftung und zu aktiven Überströmsystemen wurden im Hinblick auf eine wenig invasive Luftverteilung und Planung erstellt. Eine weitere Dokumentation beinhaltet die Nutzung vorhandener Schornsteine oder Schächte für die Verteilung der

Lüftungsrohre. Die restlichen 11 Lösungen beziehen sich auf den Standort des Lüftungsgerätes (zentral, dezentral) sowie auf die mögliche Verteilung im Boden, in der Decke und in der Fassade.

Die Dokumentation der Lösungen (insgesamt 25 Lösungen) für die Heizung kann in zwei Gruppen eingeteilt werden: die Wärmeerzeugung und die Wärmeverteilung. Besonders in historischen Gebäuden ist die Frage der Wärmeverteilung in der Regel schwieriger zu beantworten als die der Wärmeerzeugung. Verschiedene praxisnahe Lösungsansätze für Fußbodenheizung, Wandheizung und normale Heizkörper werden in den Dokumentationen behandelt. Alternative Verteilungen wie Heizkörper mit sichtbaren Rohrleitungen, Luftheizung und Infrarot-Heizpaneele wurden im Allgemeinen beschrieben (nicht auf ein besonderes Gebäude bezogen).

Da sich die meisten Dokumentationen auf eine praktische Best Practice Case Study beziehen, enthalten viele der Lösungen eine Beschreibung der Verteilung und der zugehörigen Erzeugung (Einzelöfen, Wärmepumpen, Pelletkessel, Hackschnitzelkessel, Blockheizkraftwerk, Fernwärme und Biogas).



Abbildung 10: Active overflow System als sogenannter „Verbundlüfter“ der Firma Erich Keller. Im denkmalgeschützten Herrenhaus Brünnengut in Bern (Schweiz) wurde der aktive Überströmer in das Türblatt integriert.

5.3.5. Dokumentation verschiedener solarthermischer Systeme

Die dokumentierten Lösungen für Solarenergie beziehen sich hauptsächlich auf thermische Solarkollektoren und Photovoltaikanlagen, die mit historischen Gebäuden kompatibel sind. Insgesamt sind zum jetzigen Zeitpunkt 37 Lösungen dokumentiert. Sie sind in folgende Kategorien unterteilt: auf dem Dach befestigte Anlagen, dachintegrierte Systeme, an der Wand befestigte Systeme, fassadenintegrierte Systeme und freistehende Solaranlagen sowie Lösungen zur Freilandaufstellung. Um eine Alternative zur eigenen Energiegewinnung durch solarthermische Anlagen aufzuzeigen, wurden des weiteren Lösungen für eine lokale gemeinsame Nutzung von erneuerbaren Energien und Modelle für die gemeinsame Nutzung der erneuerbaren Energien über das Stromnetz dokumentiert. Die dokumentierten Beispiele belegen, dass die am häufigsten eingesetzten Lösungen in historischen Gebäuden dachintegrierte Systeme sind (22 von 37 Lösungen).



Abbildung 11: Dachintegrierte Lösungen in der Schweiz und in Vorarlberg, © Daniel Baggenstos, FG Marcello Girardelli

5.3.6. Sanierungsstrategien – Unterstützung in der Entscheidungsfindung

Die Entscheidungsfindung im Rahmen einer Gebäudesanierung ist der komplexe Prozess der Identifizierung und Auswahl von Alternativen auf der Grundlage von Werten, Präferenzen und Überzeugungen des Entscheidungstragenden. Im Kontext von Projekten des kulturellen Erbes wird die Komplexität noch verstärkt, da die Entscheidungstragenden bei der Analyse historische und künstlerische Werte, wirtschaftliche Ressourcen, Umweltauswirkungen, gesetzliche Einschränkungen etc. berücksichtigen sollten. Hinzu kommt, dass im Planungsprozess mehrere Beteiligte mit manchmal widersprüchlichen Zielen eine Rolle bei der Entscheidungsfindung spielen, wie z.B. Vertretung der öffentlichen Hand, Architekturschaffende, Architekturgeschichtsforschende, Entwickelnde und Eigentumsparteien. Darüber hinaus können zusätzliche überprüfbare Informationen (z. B. der Erhaltungszustand eines historischen Gebäudes) und Wertinformationen (z. B. das Verhalten der Bewohnenden gegenüber der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen) in den Prozess einbezogen werden.

Wie in der Vorgehensweise der EN 16883:2017 [7] - Conservation of cultural heritage - Guidelines for improving the energy performance of historic buildings - erläutert, können im Entscheidungsprozess sieben Schritte unterschieden werden:

1. **Identifizierung von Zielen:** Um eine Entscheidung zu treffen, muss zuerst das Problem, das gelöst werden muss, oder die Frage, die beantwortet werden muss, identifiziert werden.
2. **Sammlung relevanter Informationen:** Sobald die Ziele identifiziert wurden, ist es an der Zeit, die für diese Entscheidung relevanten Informationen zu sammeln.
3. **Bestimmung der Alternativen:** In der Regel gibt es mehrere Möglichkeiten ein definiertes Ziel zu erreichen.
4. **Bewertung der Lösungen und Strategien:** Sobald mehrere Alternativen identifiziert wurden, ist es notwendig, die Argumente, welche für oder gegen diese Alternativen sprechen, abzuwägen. Dabei werden sowohl die einzelnen Lösungen betrachtet als auch die Kombination in unterschiedlichen Szenarien einbezogen.

5. **Auswahl zwischen Alternativen:** Dies ist der Teil des Entscheidungsprozesses, in dem die Beteiligten die Entscheidung treffen.
6. **Umsetzung der Lösungen:** Das beste Szenario ist gewählt. Die Lösungen werden definiert.
7. **Überprüfung der Entscheidung:** Nach einer festgelegten Zeitspanne ist es notwendig, einen Blick zurück auf die Entscheidung zu werfen. Ist das Problem gelöst? Sind die Fragen beantwortet? Wurden die Ziele erreicht?

Je nach Art der Entscheidung kann sowohl die Identifikation von Alternativen als auch die Bewertung eine Unterstützung in Form von Tools benötigen, um die vorhandenen Parameter zu erfassen.

Aufgrund der Sensibilität des Themas haben zahlreiche Forschungsstudien versucht, Hilfsmittel zu definieren, die den Entscheidungsprozess bei der Sanierungsplanung unterstützen sollen. Doch sind die existierenden Hilfsmittel in der Lage, potenzielle Konsequenzen für die Praxis der Bauwerkserhaltung zu vermeiden, wenn man die baulichen Einschränkungen, die Umweltbedingungen, den Kontext und den Sanierungsbedarf berücksichtigt? Sind sie gleichzeitig in der Lage, die Beteiligten zu einer Einigung zu bringen?

Im Zuge des Projektes wurde in einer eigenen Arbeitsgruppe „Strategies“ ein Review bestehender Tools in Bezug auf die Sanierung historischer Gebäude durchgeführt.

Um einen Zusammenhang mit dem in der EN 16883:2017 [7] beschriebenen Prozedere zu erhalten, wurde eine Sammlung an verschiedenen Tools erstellt, welche dafür konzipiert sind, eine Unterstützung in Bezug auf die Bewertung, Auswahl und der Aufstellung von Alternativen zu ermöglichen. Dabei wurden zwei Arten an Tools unterschieden:

- Web tools: Tool zur Auswahl und Bewertung von Sanierungsmaßnahmen nach definierten Ausgangskriterien. Diese Tools richten sich nicht zwingend an Fachkräfte in der Sanierungsplanung und tragen dazu bei, die möglichen Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Lösungen in Kombination zu sehen.
- Decision Support System – DSS: Software / offene Plattform, um die Sanierungsplanung in einem schrittweisen Verfahren zu steuern. Diese Art von Werkzeugen zielt darauf ab, Personen dabei zu unterstützen, bewusstere, durchdachtere Entscheidungen zu treffen, indem relevante Informationen organisiert und Alternativen definiert werden.

Gesammelte Tools

Bei den unter den IEA SHC Task 59-Mitwirkenden gesammelten Tools handelt es sich hauptsächlich um Web-Tools. In der nachfolgenden Tabelle sind die betrachteten Tools angeführt.

Tabelle 3: Lister der gesammelten Tools

Tool	Art des Tools	Link
HiBERTool	Web tool	https://www.tool.hiberatlas.com/en/welcome-1.html
Climate for Culture exDSS	DSS	http://cfc.exdss.org/dss/riskcon
Alpines Bauen	Web tool	https://www.alpines-bauen.com/
Responsible retrofit guidance wheel	Web tool	http://responsible-retrofit.org/wheel/
Effesus DSS/RE2H	DSS	http://proyectos.hei-tecnalia.com/RE2H/
Platform for Energetic and Technical Retrofit in Architecture PETRA	Web tool	http://www.petraweb.ch/
French version of the responsible retrofit guidance wheel	Web tool	http://www.rehabilitation-bati-ancien.fr/fr/outils/guidance-wheel
HISTOOL	Software-based tool	http://www.e-sieben.at

Für jedes Tool wurden folgende Punkte betrachtet:

- Aktionsebene: Nachrüstung des gesamten Gebäudes / Einzelmaßnahme / Maßnahme auf Bezirksebene / Sonstiges
- Detaillierungsgrad: Inhalt des Outputs (Bereitstellen von Informationen / Überblick über die Zusammenhänge zwischen einzelnen Sanierungsmaßnahmen / technische Analyse einzelner Sanierungsmaßnahmen / Analyse etwaiger Gebäudetypen / detaillierte Analyse von Lösungen anhand von Studien einschließlich Berechnungen, Simulationen etc.)
- Kontext: Geografischer Kontext, auf den sich die Maßnahme bezieht
- Sprache: Sprache des Tools
- Datum der Veröffentlichung: letztes verfügbares Datum der Veröffentlichung / Entwicklung
- Autor(en): Von wem wurde das Tool entwickelt (Universität, EU-Projekt etc.)
- Verfügbarkeit & Link

Um den Rahmen dieses Berichts nicht zu sprengen, werden in der Folge nur die Inhalte und Strukturen der verschiedenen Tools aufgezeigt. Eine detaillierte Analyse über fehlende Prozessschritte sollte in den nächsten Monaten im Zuge eines Journal Papers entstehen.

Tabelle 4: Inhalte und Struktur der betrachteten Tools:

Tool	Beschreibung
HiBERTool	<p>Mit diesem Tool kann eine Auswahl für eine geeignete Sanierungslösung von verschiedenen historischen Gebäuden getroffen werden.</p> <p>Die Auswahl erfolgt über verschiedene Entscheidungs bäume zu den Themen Wände, Fenster, Heizung, Solar und Lüftung. Anhand der Antworten auf den Fragenbaum erhält der Anwender ausgewählte praktische Lösungen für die Sanierung. Die Lösungen sind sehr detailliert und zum Teil auf Produktebene beschrieben. Sie basieren zu einem großen Teil auf Best Practice Case Studies aus dem Interreg-Alpine space Projekt ATLAS.</p>
Climate for Culture exDSS	<p>Das Tool ist als interaktiver Entscheidungsbaum konzipiert. Das System ist in drei Teile unterteilt, wobei für jeden Teil ein Fragenkatalog zur Verfügung steht:</p> <p><i>Future outlook:</i> Dieser Teil gibt an, wie sich das Innenraumklima und die mit dem Innenraumklima verbundenen Risiken in der nahen und fernen Zukunft für das Gebäude verändern könnten.</p> <p><i>Risk assessment:</i> In diesem Teil wird untersucht, welche klimainduzierten Risiken für das Gebäude relevant sind. Weiters werden Zielvorgaben für Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Innenraum ausgegeben.</p> <p><i>Indoor climate control methods:</i> In diesem Teil wird untersucht, welche Methoden der Raumklimatisierung für das betrachtete Gebäude geeignet sind, basierend auf dem Gebäudetyp, dem historischen Raumklima und weiteren Faktoren.</p>
Alpines Bauen	<p>Dieses Tool konzentriert sich auf die schrittweise Sanierung von Gebäuden im Allgemeinen. Das Tool bietet drei Leistungen. In zwei Schritten werden die Gebäudedetails der Zusammenhänge zwischen den einzelnen Maßnahmen dargestellt. Ebenso werden für die Haustechnik gezielte Ratschläge ausgewiesen. Die dritte Leistung ist die Erstellung eines gezielten Sanierungsfahrplans. Die Ergebnisse können anschließend als PDF heruntergeladen werden.</p>
Responsible retrofit guidance wheel	<p>Das <i>retrofit guidance wheel</i> ist ein Web-Tool, das die technischen, denkmalpflegerischen und energetischen Belange einer ganzheitlichen Sanierungsstrategie unter Berücksichtigung der einzelnen Maßnahmen und der Verbindungen zwischen den Maßnahmen aufzeigen soll. Das Tool berücksichtigt Eingriffe in die Bausubstanz und die Haustechnik sowie Änderungen des Nutzungsverhaltens.</p>
Effesus DSS/RE2H	<p>Effesus DSS/R2H ist ein innovatives System für die Bewertung von energiebezogenen Eingriffen in das bauliche Kulturerbe auf Gebäude- und Stadtteilebene. Es hilft den Anwender:innen bei der Auswahl und Priorisierung von energetischen Eingriffen, unter voller Berücksichtigung der historischen Bedeutsamkeit der Gebäude.</p> <p>Das Projekt entwickelte ein Datenmodell, ein Lösungs-Repository, zwei Software-Tools und eine Methodik, die die Implementierung verschiedener Prozesse innerhalb des Rahmens unterstützen.</p> <p>Um die Umsetzung einer Modellierungsstrategie zu erleichtern, wurde ein Kategorisierungstool erstellt. Diese Webanwendung verwendet Informationen aus dem mehrstufigen Datenmodell, um eine Kategorisierung des Gebäudebestands vorzunehmen und die Auswahl repräsentativer Gebäude zu unterstützen. Eine Entscheidungsfindungsmethodik wurde in</p>

	<p>einem Expert:innensystem implementiert, dass den Nutzenden bei der Auswahl der besten Strategien für einen historischen Distrikt anleitet. Die Strategien werden ausgewählt, indem eine mehrstufige Methode zur Bewertung der Auswirkungen auf die Bedeutung des historischen Erbes genutzt wird. Schließlich wird die Abschätzung der Auswirkungsindikatoren auf Stadtteilebene durchgeführt, um die Reduzierung des Energiebedarfs und der Kohlenstoffemissionen, die Verbesserung des thermischen Komforts und der Innenraumluftqualität sowie die wirtschaftliche Machbarkeit der vorgeschlagenen Lösungen zu berechnen.</p> <p>Das RE2H-Tool ist eine Weiterentwicklung des EFFESUS-DSS. RE2H ist ein auf GIS-3D-Technologien basierendes Tool zur Unterstützung der Identifizierung des energetischen Sanierungspotenzials historischer Stadtteile. Die Plattform basiert auf einem städtischen 3D-Modell, das die Geometrie von Gebäuden zusammen mit relevanten Informationen für die Identifizierung von Sanierungsmöglichkeiten (z. B. Oberflächen, Höhen, Ausrichtungen und Neigungen) erfasst.</p> <p>Das Tool beinhaltet die Generierung eines Cloud-basierten Archivs, das innovative Lösungen mit entsprechenden Kennwerten enthält, die den Vergleich der Lösungen und deren Anwendbarkeit in der realen Umgebung ermöglichen.</p> <p>Ein Kategorisierungsprozess erleichtert die Identifizierung von Gebäudetypologien und die Ermittlung der am besten geeigneten Sanierungsstrategien für jede Typologie sowie die Ergebnisse der Umsetzung auf Stadtteilebene. Das Ergebnis kann durch ein Web-Tool visualisiert werden, welches 2D- und 3D-Informationen mit vergleichenden Informationen in einer quantitativen und geo-referenzierten Weise kombiniert.</p>
<p>Platform for Energetic and Technical Retrofit in Architecture PETRA</p>	<p>Die PETRA-Plattform ist ein computergestütztes Werkzeug zur Entscheidungsfindung in Netzwerken für die Verwaltung von Gebäudebeständen, das sowohl eine schnelle Bewertung als auch die Planung von Sanierungsarbeiten und -kosten nach verschiedenen Indikatoren beinhaltet.</p> <p>Es richtet sich an alle Personen oder Institutionen, die einen gemischten Gebäudebestand verwalten und insbesondere an technische Dienste für Projektmanagement, Architekturschaffende, Ingenieurinnen und Ingenieure, Eigentümergeinschaften und Sachverständigenbüros.</p> <p>Um ein korrektes Instandhaltungsmanagementprogramm zu erstellen, benötigen diese "Kunden" eine Methode zur Analyse von Gebäuden, die es erlaubt, den Gebäudebestand schnell und einfach zu "scannen" und die Typologie und die Investitionskosten von Sanierungsmaßnahmen abzuschätzen.</p> <p>Die neue Methodik basiert im Wesentlichen auf folgenden Aspekten: Datenbank mit den wichtigsten Abmessungskoeffizienten im Vergleich zu den Interventionskosten für alle Gebäudetypen Schnelle Ergebnisse über den Erhaltungszustand des Gebäudes und die Kosten des Sanierungsszenarios mit einer Genauigkeit von +/- 15%. Energieaspekte in Verbindung mit Kostenanalysen, Zertifizierungsgebäude-Labels und SIA- und EU-Normen</p>
<p>French version of the responsible retrofit guidance wheel</p>	<p>Dies ist ein Web-Tool, das die technischen, denkmalpflegerischen und energetischen Belange einer ganzheitlichen Sanierungsstrategie unter Berücksichtigung der einzelnen Maßnahmen und der Verbindungen zwischen den Maßnahmen aufzeigen soll.</p>

	Das Tool berücksichtigt Eingriffe in die Bausubstanz und Dienstleistungen sowie Änderungen des Nutzungsverhaltens.
HISTOOL	Das HISTool ist ein softwarebasiertes Werkzeug zur Analyse des aktuellen Gebäudezustands und eine Entscheidungshilfe für die innovative und nachhaltige Sanierung von gründerzeitlichen Gebäuden. Diese wurden zwischen 1840 und 1918 mit teilweise standardisierten Konstruktionen und Bauteilen in mitteleuropäischen Städten errichtet. Das Tool soll vor allem in der Vorbereitungs- und Entscheidungsphase von Sanierungsprojekten, vor der eigentlichen Planungsphase, eingesetzt werden. Für den Entscheidungsprozess ist es essenziell, in einer frühen Phase solide Daten zu verschiedenen Sanierungsoptionen auf Basis der Lebenszykluskosten ohne großen Rechenaufwand zu erhalten. Grundlage des Excel-basierten Softwaretools ist ein Gebäudemodell, das aus 40 Elementen entsprechend den Besonderheiten von Gebäuden der Gründerzeit besteht. Relevante Elemente und Nutzungszonen von Gründerzeitgebäuden sind in verschiedenen Detaillierungsgraden definiert.

5.3.7. Bewertung und Beurteilung von Lösungen

Ein weiterer wichtiger Aspekt des Projektes IEA-SHC Task 59 war es, einen Bewertungskatalog für Sanierungsmaßnahmen zu entwickeln, welcher den Anforderungen einer Sanierung im historischen Bestand gerecht wird. Zu diesem Zwecke wurde die in der EN 16883:2017 angeführten Risikokriterien als Grundlage für die weitere Detaillierung herangezogen.

Die EN 16883:2017 basiert auf der Definition von Risikokriterien und berücksichtigt folgende Punkte:

- Technische Verträglichkeit und Funktion (z. B. hygrothermisches Risiko, strukturelles Risiko oder Korrosionsrisiko)
- Bedeutung des Gebäudes für das Kulturerbe und seiner Umgebung (bewertet als visuelle, räumliche und physische Auswirkungen auf das Kulturerbe und die historischen Werte)
- Wirtschaftliche Rentabilität (Kosten-Nutzen-Rechnung)
- Energie (Primärenergiebedarf)
- Umwelt (Nachhaltigkeit der Produkte)
- Qualität des Innenraumklimas (thermische Behaglichkeit und Bewertung der Luftqualität)
- Auswirkungen auf die Umgebung (Auswirkungen auf den Gebäudekontext)
- Nutzungsaspekte (Auswirkungen auf das Gebäudemanagement)

Im Zuge der IEA SHC Task 59 wurden die Kriterien der Norm im Detail spezifiziert, um eine detaillierte Bewertung der einzelnen Themen durchführen zu können. Ziel war es, aufzuzeigen, wie die Bewertungskriterien anzuwenden sind und den Umfang einer solchen detaillierten Bewertung zu veranschaulichen. Um die adaptierten Kriterien zu verdeutlichen, wird in der Folge ein Teil einer Bewertung einer reversiblen Außendämmung angeführt. Bei diesem Beispiel aus Tirol handelt es sich um die Risikobewertung in Bezug auf die „Bedeutung des Gebäudes für das Kulturerbe und seiner Umgebung“.

In einem ersten Schritt wurde eine allgemeine und vertiefte Beschreibung für das jeweilige Bauelement (in diesem Fall die Außenwand) erstellt (Kursive Schrift). In einem zweiten Schritt wurde die Beschreibung für einige ausgewählte Sanierungslösungen angewandt. Im unten angeführten Fall

handelt es sich um die Bewertung einer reversiblen Außendämmung eines Bauernhofes in Trins in Tirol.

The screenshot shows the 'Bauernhof Trins' case study on the HIBERATLAS website. The page features a navigation menu on the left with categories like 'ALLGEMEINE INFORMATIONEN', 'RENOVIERUNGSPROZESS', 'SANIERUNGSLÖSUNGEN', and 'BEWERTUNG'. The main content area displays the project title 'Bauernhof Trins' and its location 'Haus 57 A, 6152 Trins, Österreich'. A text block describes the renovation project, highlighting the use of best-practice solutions and a new facade system. Below this, there are several data cards: 'Energieeffizienz' (41550 kWh/y), 'Unterschutzstellung' (nicht geschützt), 'Baualter' (1600-1700), 'Gebäudenutzung' (Residential (rural)), 'Gebäudefläche' (Nettogeschosfläche [m²]: 698.0), and 'Bauart' (Stone masonry wall). The bottom section contains a grid of images, including exterior views of the building, interior renovation details, a thermal image, and architectural floor plans.

Abbildung 12: Bauernhof Trins als Best Practice Case Study auf www.hiberatlas.com

Bedeutung des Gebäudes für das Kulturerbe und seiner Umgebung

Material, konstruktiver und struktureller Einfluss

*Ziel jeder Sanierung sollte es sein, einen optimalen Schutz der bestehenden Bausubstanz zu erreichen. Im Bereich der Denkmalpflege besteht jedoch ein Erhaltungsbedarf, der über die rein baulichen Anforderungen hinausgeht und den Erhalt bestimmter Gebäudeattribute und der von ihnen vermittelten Werte einschließt. Dies kann eine bestimmte Bautechnik sein, abgrenzbare Bauphasen, die sich in der Verwendung verschiedener Materialien ausdrücken, Holzteile, die eine Datierung eines Bauwerks ermöglichen, usw. Bei der Anbringung von Innendämmungen ist insbesondere zwischen Nass- und Trockensystemen zu unterscheiden. Das überschüssige Wasser aus Kontaktschichten (Klebemörtel) oder Innendämmputzen kann z. B. vorhandene Farbschichten oder sogar ursprüngliche Putzschichten zerstören. Eine Reversibilität ist in diesem Fall keineswegs zu 100 % möglich. Auch die chemische Veränderung von Materialien (z. B. durch Hydrophobierung) kann ein Risiko für die historische Materialstruktur darstellen und zu Schäden führen. **(Greifen die verwendeten Materialien die vorhandene Struktur/Oberfläche in irgendeiner Weise an?)***

Antwort für das reversibel Außendämmsystem im Fall des Bauernhofes in Trins:

Die historische Kalksteinwand wird durch das Fassadenelement, das zudem als zusätzliche Dampfbremse fungiert, vor äußeren Einflüssen geschützt. Um die Tragfähigkeit der bestehenden Kalksteinwand zu erhalten, sind die einzelnen Module selbsttragend oder allenfalls in der Wand verankert.

Der historische Kalkputz ermöglicht es dem Wandsystem, überschüssiges Wasser zu puffern und langsam abzugeben, so dass keine chemischen Veränderungen entstehen, die zu Schäden führen könnten.

Architektonische, ästhetische und visuelle Auswirkungen

Eine visuelle Veränderung durch Sanierungsmaßnahmen an den Außenwänden, z. B. durch eine Dämmung, umfasst zwei wesentliche Aspekte: A) die optische Veränderung der historischen Fassade und B) die Veränderung der Geometrieverhältnisse. Ersteres ist vor allem dann relevant, wenn historische Wandoberflächen, Putzschichten oder sogar historische Farben und Malereien vorhanden sind und durch das Aufbringen neuer Schichten überdeckt werden. Dies kann sowohl für die Außen- als auch für die Innenseite der Wand gelten. Die geometrischen Verhältnisse einer Fassade können durch das Aufbringen neuer Schichten verändert werden, z. B. wird das Verhältnis von Fensteröffnung zu Wandfläche durch die Dämmung von Laibungen verändert oder die Symmetrie des vorhandenen Deckenstücks wird durch die Innendämmung verschoben.

Zusammenfassend erfolgt die Bewertung daher immer als Auswirkungsanalyse der Sanierungsmaßnahmen auf bestehende Merkmale. Welche Wandflächen werden in welchem Ausmaß verändert? Wo verändert sich die Geometrie durch das Aufbringen zusätzlicher Schichten? Welchen Einfluss hat dies auf angrenzende Bauteile (Traufe, Fenster, Gesimse, Innenputz)?

Antwort für das reversibel Außendämmsystem im Fall des Bauernhofes in Trins:

Bei der Entwicklung war die Wahrung des äußeren Erscheinungsbildes die wichtigste Randbedingung. Dennoch waren die Erweiterung des Gebäudevolumens und das Verkleiden eines Wandanstrichs Kompromisse, die eingegangen wurden, um eine möglichst gute thermische Hülle zu erreichen.

Da auf eine Innendämmung verzichtet wurde, konnte die vorhandene Holzvertäfelung nach der Sanierung wieder angebracht werden. Die Größe und Position der Fenster wurden nicht verändert, so dass die historische Fassade erhalten blieb. Um den Lichteinfall zu verstärken, wurden die inneren Fensterlaibungen allerdings abgeschragt.

Der Auszug eines Bewertungskriteriums soll klar machen, in welchem Umfang und in welcher Genauigkeit die Kriterien der EN16883:2017 überarbeitet und detailliert wurden. Sämtliche Kriterien wurden für die Elemente Außenwände, Fenster, Lüftung und solarthermische Systeme überarbeitet und im Detail beschrieben.

5.3.8. Hygrothermisches Verhalten von verschiedenen Innendämmmaterialien

Im Zuge des SHC Task 59 wurde von EURAC Research und der Universität Innsbruck jeweils ein Trocknungsapparat für die experimentelle Ermittlung eines Trocknungskoeffizienten gebaut. Bei dem Trocknungsapparat der Universität Innsbruck handelt es sich dabei um eine Neuentwicklung, welche eine besonders rasche und gleichmäßige Trocknung ermöglicht. In erster Linie wurden in beiden Versuchsaufbauten Kalziumsilikat getestet und mit hygrothermischen Simulationen verglichen. In weiterer Folge wurden andere Innendämmmaterialien wie Perlite und Holzfaserplatten untersucht. Die Auswertung dieser Ergebnisse ist im Gange und ist somit nicht Inhalt dieses Reports. Für die SBE21 – Konferenz wurde im Zuge des Projektes ein Konferenzpaper erstellt, welches die

grundsätzlichen Ergebnisse der Forschungsergebnisse beinhaltet. In der Folge sind die maßgebenden Passagen des Papers angeführt, für Hintergrundinformationen zu den Ergebnissen wird auf das Konferenzpaper laut Publikationsformular (Publikation “Experimental measurement of materials drying coefficient for internal insulation: new approaches for laboratory testing”) verwiesen:

Abstract

Das Trocknungsverhalten von Materialien spielt bei der Sanierung historischer Gebäude eine wichtige Rolle, da in vielen Fällen eine Innendämmung zum Einsatz kommt, um die historischen Fassaden zu erhalten. Die Verwendung einer Innendämmung erfordert jedoch in vielen Fällen die Verifizierung des gedämmten Wandsystems durch eine dynamische hygrothermische Simulation. Da es sich bei Simulationsmodellen um eine mathematische Vereinfachung der physikalischen Realität handelt, gibt es keine Garantie, dass das Modell das hygrothermische Verhalten genau beschreibt. Ein qualitativer Vergleich von Simulationen mit einem Trocknungskoeffizienten, der rein auf experimentellen Daten beruht, gibt zusätzliche Sicherheit und Klarheit bei der Anwendung kapillaraktiver Dämmstoffe. Eine Analyse der von Scheffler [8] entwickelten Trocknungsapparatur ergab eine Reihe von Einschränkungen, die weiter verbessert werden konnten. Die Ergebnisse für das Material Kalziumsilikat der zwei verschiedenen Versuchsaufbauten in der Universität Innsbruck und Eurac Research, mit Betrachtungen zur Verwendbarkeit und Genauigkeit der Apparatur, werden in der Folge kurz vorgestellt und diskutiert.

Die Ergebnisse, die für Calciumsilikat mit den neuen, bei EURAC Research und der Universität Innsbruck entwickelten Apparaturen erzielt wurden, sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 5: Vergleich der Trocknungskoeffizienten der verschiedenen Aufbauten und Simulationen.

	<i>UIBK set-up</i>	<i>UIBK simul.</i>	<i>EURAC set-up</i>	<i>EURAC simul.</i>
<i>Duration 2nd drying phase [d]</i>	2,25	1,33	5,36	5,13
<i>Drying coefficient [d^{0,5}/m]</i>	57,80	46,19	47,06	45,28

Aufgrund der unterschiedlichen Aufbauten ist in erster Linie interessant, ob unter verschiedenen Bedingungen vergleichbare Werte für den Trocknungskoeffizienten ermittelt werden können und ob die messtechnisch ermittelten Werte mit den simulierten Werten korrelieren. Tabelle 5 enthält die berechneten Dauern der zweiten Trocknungsphase und die daraus resultierenden Trocknungskoeffizienten. Die aus der Simulation und der Messung der EURAC Research ermittelten Trocknungskoeffizienten weichen um ca. 4 % voneinander ab. Die Ergebnisse der Universität Innsbruck hingegen um ca. 20 %. Die simulierte Abweichung der beiden Versuchsaufbauten in Bezug auf die äußeren Umgebungsbedingungen zeigen eine Abweichung von ca. 2 %.

Conclusio

Mit Hilfe dieser Messungen kann die Berechtigung eines Trocknungskoeffizienten als wichtiger Materialparameter bestätigt werden. Es konnten vergleichbare Trocknungskurven von Kalziumsilikat in zwei unterschiedlichen Versuchsaufbauten gemessen und grundlegende Annahmen bisheriger Forschungsergebnisse bestätigt werden. Neben der Definition der Berechnung des Koeffizienten erwies sich vor allem die Bestimmung der Dauer der zweiten Trocknungsphase als problematisch. Es muss eine eindeutige analytische Methode zur Bestimmung des Start- und Endzeitpunkts der zweiten

Trocknungsphase definiert werden. Für die Bestimmung des Startpunktes wurde der sprunghafte Anstieg der Oberflächentemperatur während der Trocknung als entscheidender Faktor in die Berechnung einbezogen und ein Massenverlust von 0,1 % in 24 h als Endpunkt definiert. Die Stabilität und Konsistenz dieser Definition sollten jedoch durch weitere Simulations- und Messdaten validiert werden.

Während die mit der von Eurac Research vorgeschlagenen Apparatur erzielten Ergebnisse eine gute Übereinstimmung mit den Simulationsdaten zeigten, wies der von der Universität Innsbruck vorgeschlagene alternative Aufbau eine größere Diskrepanz auf. Die Simulationsergebnisse haben jedoch die Differenzen zwischen beiden Apparaturen als Quelle der Unstimmigkeiten ausgeschlossen. Um aussagekräftige und vor allem vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, muss der neu entwickelte Versuchsaufbau der Universität Innsbruck verbessert werden, insbesondere im Hinblick auf die Oberflächentemperaturmessung. Zurzeit werden neue Ringversuche mit anderen Materialien wie Holzfaser und Perlite getestet, um die Unterschiede zwischen den beiden Apparaturen weiter zu untersuchen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Einführung einer zuverlässigen Methode zur Messung und Berechnung des Trocknungskoeffizienten für die Beurteilung kapillaraktiver Materialien unerlässlich ist und in Zukunft weiter untersucht werden sollte. Eine weitere Simulationsstudie durch Variation von Parametern und Simulation ganzer Wandkonstruktionen soll die praktische Anwendung des Trocknungskoeffizienten prüfen. Eine Korrelation zwischen dem Koeffizienten und dem tatsächlichen hygrischen Verhalten in der kritischen Übergangsschicht einer Innendämmung würde die praktische Anwendung eines Trocknungskoeffizienten bestätigen.

5.4. Subtask D - Knowledge transfer and Dissemination

5.4.1. Covid-19 und Online-Events

Die Auswirkungen von COVID-19 und seinen Einschränkungen waren unterschiedlich, aber da der Task 59 auf nationaler und internationaler Ebene bereits gut etabliert war, hätten die Auswirkungen viel schlimmer sein können. Während es Mitte 2020 eine Pause in den Aktivitäten gab und die Projektmitwirkende ihre Abläufe an die neuen Bedingungen anpassten, waren im Herbst 2020 die meisten mit den digitalen Kommunikationsmitteln vertraut und aktiv. Einmal angenommen, ermöglichte der Wechsel zum Online-Arbeiten für alle Beteiligten einen schnelleren und einfacheren Informationsaustausch, und die Workshops und Seminare waren besser besucht. Der Großteil der Öffentlichkeitsarbeit und des Engagements konnte digital erfolgen, und man kann sagen, dass die Verbreitung in den meisten Bereichen durch diese Umstände erleichtert wurde. Der Nutzen der Wanderausstellung wurde jedoch eingeschränkt. Online-Webinare wurden zu einer weiteren Möglichkeit, die Projektarbeit zu erledigen oder Wissen zu vermitteln.

5.4.2. Aktivitäten der österreichischen Task-Mitwirkenden

Eines der Highlights aus Sicht der österreichischen Beteiligung war der gemeinsam mit der Burghauptmannschaft Wien veranstaltete **Europäische Kongress über die Nutzung, Bewirtschaftung und Erhaltung historisch bedeutender Gebäude 2019** mit dem Schwerpunktthema: **Energieeffizienz**

und historische Gebäude - Widerspruch oder Realität? Abgesehen von den Inputs für die inhaltliche Ausrichtung der Veranstaltung konnte das Task 59 Team mehrere Präsentationen im Plenum als auch in einer eigenen Parallel Session beisteuern.

Außerdem waren die Best Practice Case Studies durch eine permanente Poster-Session präsent. Die **Präsentationen von Task 59** im Überblick:

- Alexandra Troi / EURAC Research: IEA Project SHC Task 59 Renovating Historic Buildings Towards Zero Energy (Plenum 16. Oktober 2019)
- Walter Hüttler / e7: Einsatz von Erneuerbarer Energie in historischen Gebäuden – Was kann die Forschung leisten? (Plenum 17. Oktober 2019)
- Stream 2: Forschungsprojekt Internationale Energieagentur - Task 59 (Parallel Session 16. Oktober 2019)
 - Daniel Herrera / EURAC Research: Best Practice Database for the Energy Retrofit of Historic Buildings
 - Julien Borderon / CEREMA: Case Study in France
 - Tor Broström / Uppsala University: Standard EN16883:2017
 - Valentina Marincioni / UCL Institute for Environmental Design and Engineering: Driving Retrofit Quality in the UK
 - Fabrizio Leonforte / Politecnico di Milano: Simulation and Energy Retrofits: Tools for Better Decision-Making
 - Ernst Jan de Place Hansen / Aalborg University Copenhagen: Guidelines for Robust Internal Thermal Insulation of Historic Buildings from the European project RIBuild

Sämtliche **Präsentationen stehen auf der Kongress-Website** zum Download zur Verfügung:

<https://www.burghauptmannschaft-kongress.at/Programm>

Video Streams der Präsentationen stehen auf der IEA Task 59 Seite zur Verfügung: <http://task59.iea-shc.org/videos>

Weitere Verbreitungsaktivitäten für die Best Practice Case Study Datenbank HiBERatlas im Rahmen von Subtask D erfolgten über verschiedene Kanäle, u.a. die **Plattform BUILD UP The European portal for energy efficiency in buildings**: <https://www.buildup.eu/en/learn/tools/historic-building-energy-retrofit-atlas-new-database-exemplary-energy-efficient>

Darüber hinaus steht die **Publikation im International Journal of Building Pathology and Adaptation** zur Verfügung: Herrera-Avellanosa, D., Haas, F., Leijonhufvud, G., Brostrom, T., Buda, A., Pracchi, V., Webb, A., Hüttler, W. and Troi, A. (2019), **"Deep renovation of historic buildings: The IEA-SHC Task 59 path towards the lowest possible energy demand and CO₂ emissions"**, International Journal of Building Pathology and Adaptation, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print.

<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJBPA-12-2018-0102/full/html>

Im Rahmen der 3rd International Conference on Energy Efficiency in Historic Buildings (EEHB 2018) wurde das **Paper "Decision support tool for the innovative and sustainable renovation of historic buildings (HISTool)"** präsentiert (Walter Hüttler, Daniela Bachner, Gerhard Hofer, Manuel Krempf) <http://eehb2018.com/conference-report/>

Ein weiteres Highlight war die Präsentation der Ergebnisse der Lösungsdokumentation bzw. des HiBERTools sowie der Forschungsergebnisse bezüglich des Trocknungskoeffizienten auf der **SBE21 Sustainable Built Heritage Konferenz** im April 2021.

Das „HiBERTool - Historic Building Energy Retrofit Tool“ bzw. die Ergebnisse der Lösungsdokumentation wurden in dem **Paper „A new decision guidance tool for the adoption of energy retrofit solutions in historic buildings“** vorgestellt (Alexander Rieser, Eleonora Leonardi, Franziska Haas, Rainer Pfluger), <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/863/1/012016>.

Die grundsätzlichen Forschungsergebnisse zum hygrothermischen Verhalten von verschiedenen Innendämmungen wurden im **Konferenzpaper “Experimental measurement of materials drying coefficient for internal insulation: new approaches for laboratory testing”** (Alexander Rieser, Daniel Herrera -Avellanosa, Eleonora Leonardi, Marco Larcher, Rainer Pfluger, Alexandra Troi) vorgestellt. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/863/1/012048/meta>

Schließlich wurden die zentralen “Learnings“ aus Subtask A in dem **Paper “Making deep renovation of historic buildings happen – learnings from the Historic Buildings Energy Retrofit Atlas”** zusammengefasst und präsentiert (Franziska Haas, Dagmar Exner, Daniel Herrera-Avellanosa, Walter Hüttler and Alexandra Troi, 2021); <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/863/1/012017/meta>.

Im Zuge des Subtask C wurden bzw. werden mehrere Journal Papers erstellt. So konnten für das **Journal MDPI – Sustainability** für die Special Issue „Advances in Historic Buildings Conservation and Energy Efficiency“ (im Zuge des Subtask C bereits **drei Papers** veröffentlicht werden. https://www.mdpi.com/journal/sustainability/special_issues/Historic_Buildings_Conservation

Das erste Paper wurde in der Arbeitsgruppe HVAC bezüglich der Integration von Lüftungssystemen in historische Gebäude verfasst:

Rieser, A.; Pfluger, R.; Troi, A.; Herrera-Avellanosa, D.; Thomsen, K.E.; Rose, J.; Arsan, Z.D.; Akkurt, G.G.; Kopeinig, G.; Guyot, G.; Chung, D.: **Integration of Energy-Efficient Ventilation Systems in Historic Buildings—Review and Proposal of a Systematic Intervention Approach**. Sustainability 2021, 13, 2325. <https://doi.org/10.3390/su13042325>

Das zweite und dritte Paper wurde in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Walls erstellt:

Buda, A.; de Place Hansen, E.J.; Rieser, A.; Giancola, E.; Pracchi, V.N.; Mauri, S.; Marincioni, V.; Gori, V.; Fouseki, K.; Polo López, C.S.; Lo Faro, A.; Egusquiza, A.; Haas, F.; Leonardi, E.; Herrera-Avellanosa, D.: **Conservation-Compatible Retrofit Solutions in Historic Buildings: An Integrated Approach**. Sustainability 2021, 13, 2927. <https://doi.org/10.3390/su13052927>

Marincioni, V.; Gori, V.; de Place Hansen, E.J.; Herrera-Avellanosa, D.; Mauri, S.; Giancola, E.; Egusquiza, A.; Buda, A.; Leonardi, E.; Rieser, A.: **How Can Scientific Literature Support Decision-Making in the Renovation of Historic Buildings? An Evidence-Based Approach for Improving the Performance of Walls**. Sustainability 2021, 13, 2266. <https://doi.org/10.3390/su13042266>

Neben den wissenschaftlichen Publikationen erfolgte auch eine Reihe von **Artikeln in Fachzeitschriften**, bei den der HIBERAtlas oder ausgewählte Best Practice Case Studies vorgestellt wurden:

- **a3 Bau Oktober 2019 (Online) - Projekt Mariahilfer Straße 182:**
<https://a3bau.at/staatspreis-fuer-architektur-und-nachhaltigkeit-verliehen>
- **Bauzeitung Juni 2020 – Projekt Mariahilfer Straße 182:**
https://issuu.com/wirtschaftsverlag/docs/bauzeitung_06-20



Abbildung 13: Artikel „Projekte mit Vorbildwirkung“ (Bauzeitung, Juni 2020)

- **a3 Bau Sept 2020 - Energieverbrauch in historischer Substanz senken – Projekt Klostergebäude Kaiserstraße**
<https://a3bau.at/staatspreis-fuer-architektur-und-nachhaltigkeit-verliehen>



Abbildung 14: Artikel „Energieverbrauch in historischer Substanz senken“ (a3 Bau, September 2020)

- **Umweltjournal online (Aug 2020) – Projekt Klostergebäude Kaiserstraße**

<https://www.yumpu.com/de/document/read/64058818/umwelt-journal-2020-4/20>



Abbildung 15: Artikel „Wie lässt sich der Energieverbrauch in historischen Gebäuden senken?“ (Umweltjournal online, August 2020)

- **building times / Ethouse Award Sieger 2020 / 12. März 2020 - Projekt Mariahilfer Straße 182**

<https://buildingtimes.at/events/ethouse-award-2020-die-sieger/>

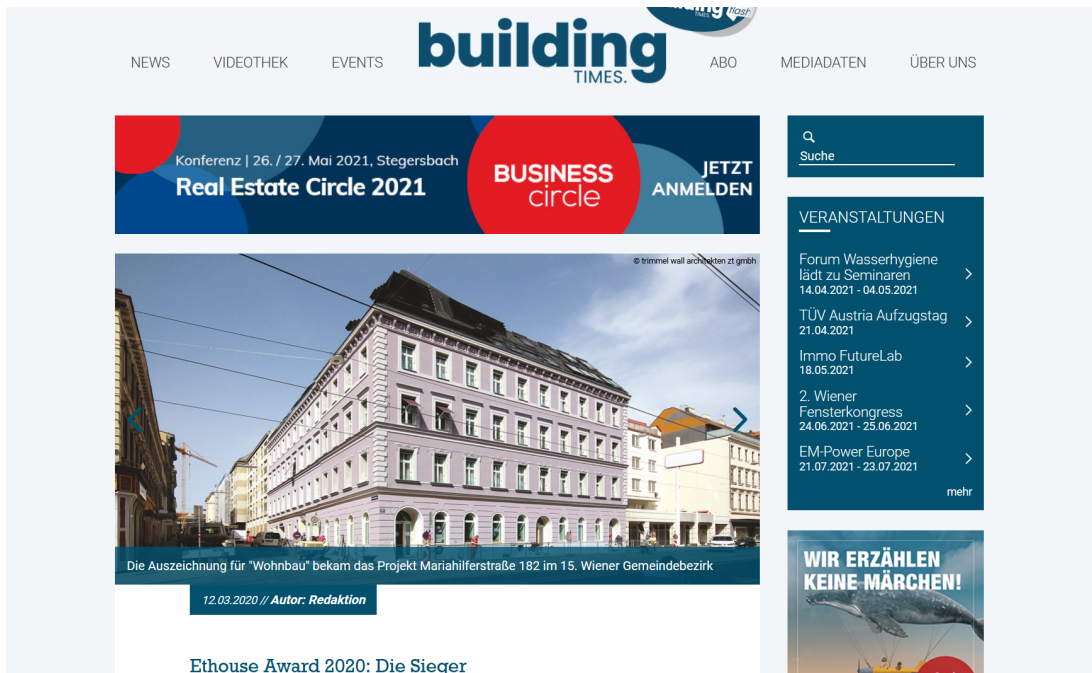


Abbildung 16: Artikel „Ethouse Award 2020: Die Sieger“ (building times, März 2020)

- **Der Standard, 1. Oktober 2019: Staatspreis Architektur und Nachhaltigkeit - Projekt Mariahilfer Straße 182**

<https://www.derstandard.at/story/2000109322323/staatspreise-architektur-und-nachhaltigkeit-verliehen>

- **building times / Achtmal preisgekrönt / Staatspreis 2019 - Projekt Mariahilfer Straße 182**

<https://buildingtimes.at/allgemein/achtmal-preisgekroent/>



Abbildung 17: Artikel „Achtmal preisgekrönt“ (building times, Oktober 2019)

Außerdem sind aus der österreichischen Beteiligung auch Videobeiträge entstanden, die auf YouTube abrufbar sind:

- **BHÖ Kongress Hofburg, Vienna, 2019:**

<https://www.youtube.com/watch?v=Jos4BPulaJQ>

- **IAE SHC Solar Academy, 28. Jänner 2020:**

<https://www.youtube.com/watch?v=cv0CEpz34u8>

6 Vernetzung und Ergebnistransfer

Die wesentlichen Zielgruppen des IEA SHC 59 Task sind jene, die auch im Subtask D für die Verbreitungsaktivitäten adressiert wurden: Architekturschaffende und Planende; Gebäudebesitzende und Gebäudenutzende; Bautragende und Bautreibende; politische Entscheidungstragende; nationale und regionale Behörden, die sich mit Denkmalschutz und kulturellem Erbe befassen; Handwerk und Bauindustrie; Bildungseinrichtungen und Forschung.

Für praktisch alle Zielgruppen ist der Historic Building Energy Retrofit Atlas (HiBERAtlas) eine zentrale Informationsquelle, um anhand von umgesetzten Projekten die unterschiedlichen technischen Lösungen aber auch die zentralen Erfolgsbedingungen für die Umsetzung zu erfahren.

Darüber hinaus wurden die Zielgruppen jeweils spezifisch über die geeigneten Formate (Seminare, Workshops, wissenschaftliche Konferenzen, Lehre an Universitäten und Fachhochschulen, wissenschaftliche Publikationen und Artikel und Fachmagazinen bis hin zu Social Media) adressiert.

Durch die Arbeit des SHC Task 59 – Subtask A sowie Subtask C wurde klar ersichtlich, dass eine Notwendigkeit für gute, funktionierende praktische Beispiele besteht. Durch die Dokumentation sogenannter Best Practice Case Studies sowie die detaillierte Dokumentation einzelner ausgewählter Sanierungsmaßnahmen kann eine breite Zielgruppe angesprochen werden: zum einen die Besitzenden von historischen Gebäuden, und zum anderen auch Planende, Energieberatende oder sonstige Professionisten, welche sich mit der Sanierung von historischen Gebäuden beschäftigen. Inspiration ist in diesem Zusammenhang das Schlagwort. Anhand von zahlreichen gelungenen Best Practice Case Studies konnte eine Plattform geschaffen werden, die klar aufzeigt, dass Energieeffizienz, Wohnkomfort und der Erhalt historischer Werte keinen Widerspruch darstellen.

Durch die Meetings in den einzelnen Arbeitsgruppen des Subtask C konnten die unterschiedlichen Zugänge in den verschiedenen Regionen Europas und der internationalen Teilnehmenden in das Ergebnis mit einfließen. Technisch fokussierte Institutionen, Fachleute im Bereich der Bauhistorik und Denkmalpflege sowie regionale Beteiligte wie Architekturschaffende und Energieinstitute trugen dazu bei, ein Bewusstsein für die unterschiedlichen Aspekte bei der Sanierung eines historischen Gebäudes zu transportieren.

Durch die detaillierten Dokumentationen des Subtask A werden Besitzende ermutigt, das eigene historische Gebäude zu sanieren. Für eine weiterführende Planung und Lösungsfindung bieten in weiterer Folge die Dokumentationen des Subtask C eine gute Basis und vermitteln Planenden und Architekturschaffenden die notwendigen Grundlagen, diese Sanierungsmaßnahmen auch anhand des erstellten Bewertungskataloges zu beurteilen.

Für die Energieinstitute in Österreich stellt die Dokumentation im Subtask C mit der Verlinkung zu bereits ausgeführten Referenzen in Österreich (Subtask A) eine wertvolle Beratungsgrundlage sowie Material für Schulungen für Energieberatende im Bereich der energieeffizienten Sanierung dar.

Eine zentrale Frage in der letzten Projektphase betraf die Zukunft des HiBERAtlas: die Plattform soll jedenfalls weiter bestehen. Voraussichtlich durch EURAC gewartet, soll sie für jeden offen sein, der Best-Practice Case Studies einbringen möchte.

Das Projekt hat zweifellos dazu beigetragen, dass der Paradigmenwechsel in Richtung Energieeffizienz und erneuerbare Energieträger bei historischen Gebäuden beschleunigt wurde. Dies ist z.B. auch daran erkennbar, dass energietechnische Maßnahmen bei der Sanierung von denkmalgeschützten Objekten mitunter vom Denkmalschutz aktiv nachgefragt werden. Dies im Wissen, dass nur Objekte, die energietechnisch einem zeitgemäßen Standard entsprechen und entsprechenden Nutzungskomfort bieten, „in der Nutzung gehalten“ oder einer neuen Nutzung zugeführt werden können. Auf jeden Fall sind energietechnische Maßnahmen bei der Sanierung von denkmalgeschützten Objekten eine Basis für die Erhaltung von architektonisch und kulturell wertvollen Gebäuden.

Auf internationaler Basis konnte der Standard EN 16883 “Conservation of Cultural Heritage - Guidelines for Improving the Energy Performance of Historic Buildings” speziell in den Bereichen Wand, Fenster, HVAC und regenerative Energie im Kontext energieeffizienter Sanierung historischer Bausubstanz präzisiert, ausdetailliert und für die baupraktische Anwendung erschlossen werden. Hier konnte der IEA SHC Task 59 wertvolle Unterstützung leisten.

7 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

Bei der Umsetzung von energetischen Sanierungsmaßnahmen in historischen Gebäuden fallen zahlreiche Entscheidungen an. Angesichts der Diskrepanz zwischen gesetzlichen Anforderungen, behördlichen Ausnahmeregelungen und den Erfordernissen des Denkmalschutzes sind die Auswahl und die Bewertung technischer Lösungen eine große Herausforderung. Gleichzeitig spielt die wirtschaftliche Machbarkeit von technischen Lösungen eine wichtige Rolle bei der Bewertung von Sanierungsmaßnahmen: die profitableren Lösungen werden mit größerer Wahrscheinlichkeit finanziert und sind für Entscheidungstragende attraktiver. Technische Lösungen können sich aber auch auf andere Aspekte auswirken, z. B. auf den Denkmalschutz, die Qualität des Innenraumklimas, die CO₂-Produktion und die Nutzung des Gebäudes.

Die Auswahl technischer Lösungen wird daher von den Entscheidungstragenden des Projekts (z. B. Fachleute, Besitzende und Denkmalbehörden) als äußerst schwierig angesehen. Dies und ein eingeschränkter Zugang zu vorhandenen Lösungen hindert sie oft daran, kompatible Lösungen in historischen Gebäuden zu verwirklichen. Inzwischen gibt es eine große Auswahl an ausgewogenen Lösungen, welche die Nachhaltigkeit historischer Gebäude verbessern, deren energetischen Verbrauch senken und die Integrität des Gebäudes respektieren.

Eine zentrale Erkenntnis aus dem IEA SHC Task 59 ist, dass gut dotierte F&E Programme wie „Haus der Zukunft“ und „Stadt der Zukunft“ und Förderprogramme wie die „Mustersanierung“ in hohem Maß geeignet sind, die Umsetzung von qualitativ hochwertigen Projekten einschließlich Begleitforschung und detailliertem Monitoring zu ermöglichen. Demnach ist es kein Zufall, dass Österreich mit der Anzahl der dokumentierten Best Practice Case Studies im HiBERatlas an erster Stelle steht. Als besonders günstig erweist es sich, wenn diese Programme auch langfristig angelegt sind. Damit entsteht über die Jahre eine Community und damit verbunden auch eine Wissens- und Erfahrungscloud.

Die Ergebnisse des IEA-SHC Task 59 Projekts zeigten darüber hinaus, dass es möglich war, zahlreiche replizierbare Sanierungslösungen für Fenster, Wände, HKLS-Systeme und Solartechnologien, die sich in der Praxis in Bezug auf konservatorische Verträglichkeit, Energieeffizienz und technische Kompatibilität bewährt haben, zu bestimmen und zu bewerten. Eines der Hauptergebnisse dieser Arbeit ist die große Anzahl von Lösungen, die von den Mitgliedern der IEA-SHC Task 59 erarbeitet wurden und die aus realen Case Studies von sanierten historischen Gebäuden in ganz Europa stammen. Die multidisziplinäre Natur der IEA-SHC Task 59-Forschungsgruppe ermöglichte es, Lösungen auszuwählen und zu bewerten, die das Ziel der Verbesserung der Energieeffizienz historischer Gebäude bei gleichzeitiger Berücksichtigung des Denkmalschutzes erfüllen, und eine vielfältige Auswahl an Lösungen zu erarbeiten, die verschiedenste Techniken und Technologien umfassen.

Die Ergebnisse des Projekts IEA-SHC Task 59 zeigen auch die Notwendigkeit, die in der Norm EN 16883:2017 enthaltenen Bewertungskriterien anzupassen, um die Bewertung der Sanierungsmaßnahmen besser zu unterstützen und ihre praktische Anwendung zu erleichtern. Trotz

der im Rahmen der IEA-SHC Task 59 unternommenen Schritte zur Anpassung der Bewertungskriterien bleibt die Bewertung möglicher Lösungen eine komplexe Angelegenheit, da die Bewertung der zu erhaltenden Werte immer im Kontext zum jeweiligen Gebäude steht. Eine erfolgreiche Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen in historischen Gebäuden wird immer das Ergebnis einer multidisziplinären Entscheidungsfindung bleiben, an der mehrere Interessengruppen mit unterschiedlichen Fachkenntnissen und Schwerpunkten beteiligt sind. Nichtsdestotrotz bietet der hier vorgestellte Ansatz eine systematische Bewertung möglicher Sanierungsmaßnahmen, welche die individuelle Sanierung von historischen Gebäuden erleichtern.

Die Thematik der energieeffizienten Sanierung historischer Bausubstanz wurde und wird sowohl im nationalen wie auch internationalen Kooperationen und Projekten vorangetrieben. So befindet sich das EU-Projekt (FP7) SINFONIA derzeit in der Abschlussphase. Neben unterschiedlichsten Wohn- und Nichtwohnbauten wurden auch Gebäude unter Ensemble- bzw. Denkmalschutz energetisch saniert. Bei diesem Projekt geht es nicht nur um einzelne Gebäude, sondern die Entwicklung gesamter Stadtteile als „Smart City“. Dabei konnte gezeigt werden, dass substanzielle Energieeffizienzsteigerungen und der Einsatz erneuerbarer Energien sehr gut mit baukulturellen und bauhistorischen und konservatorischen Aufgaben in Einklang zu bringen sind.

Im Rahmen der FTI-Politik, welche Österreich im globalen Wettbewerb in Bezug auf Forschung, Technologie und Innovation erfolgreich positionieren möchte, konnte das Projekt gezielt Erfahrungen und Know-how austauschen sowie die Vernetzung in der Scientific Community sowie den beteiligten Institutionen und Betrieben stärken. Diese Vernetzung wird auch über das Projekt hinaus Bestand haben und wird sogar weiter ausgebaut. Die gesellschaftlichen Aufgaben zur Erhaltung unseres kulturellen Erbes und des Klimaschutzes können nur gemeinsam und im internationalen Kontext wirkungsvoll angegangen werden.

Welche Empfehlungen können nun aus dem Projekt für die FTI-Politik abgeleitet werden? Was die Weiterentwicklung des Themas in Österreich betrifft, so wäre der Übergang vom einzelnen Objekt zu den Quartierslösungen einschließlich Energiekonzept auf Quartiersebene bei historischen Quartieren noch stärker zu forcieren. Grundsätzlich war der Task 59 auch für Projekte auf Quartiersebene offen, aber umgesetzte Beispiele sind nach wie vor sehr rar.

Historische, insbesondere denkmalgeschützte Bausubstanz bedarf bezüglich jeglicher Sanierungsmaßnahmen besonderer Sorgfalt bei Planung und Ausführung. In einem gut abgestimmten Prozess in einem integralen Planungsteam können aber fast immer Konzepte gefunden werden, welche sowohl aus historischer, baukultureller, bauphysikalischer Sicht und im Hinblick auf Energieeffizienz eine nachhaltige Lösung darstellen. Eben solche Prozesse sollten durch die FTI-Politik angestoßen und gefördert werden, weil sich in der Praxis gezeigt hat, dass der beste Schutz und der nachhaltige Erhalt historischer Gebäude nur dann gewährleistet ist, wenn auch die künftige Nutzung der Gebäude sichergestellt wird. Leerstand ist häufig mit hoher Gefahr des Verfalls solcher Gebäude verbunden. Erst mit der Nutzung und dem Betrieb solcher Gebäude ist auch deren Erhalt gesichert bzw. finanziell erst möglich. Immobilien in Schutzzonen haben in den letzten Jahren stark an Wert verloren, weil Betreiber und Investoren die denkmalpflegerischen Auflagen häufig als unüberwindbare Hürden ansehen. Im Extremfall führt diese Haltung zu Verfall und Zerstörung des kulturellen Erbes sowie zu vermehrtem Leerstand und Entvölkerung von historischen Stadt- und Ortskernen. Politisch ist es hier also notwendig, das Bewusstsein für die Möglichkeiten und Chancen aufzuzeigen sowie energieeffiziente Maßnahmen im Bestand – auch und gerade im historischen

Bestand zu fördern. Zwar könnte man aufgrund des relativ geringen Anteils historisch wertvoller Bauten am Gesamtbestand deren Bedeutung für den Klimaschutz als gering ansehen, bedenkt man aber die laufende zusätzliche Baulanderschließung für Neubauten, mit der damit einhergehenden Bodenversiegelung und dem Einsatz von grauer Energie (Baumaterialien, insbesondere Beton und Stahl), so ist der resultierende Effekt dennoch als signifikant einzuschätzen. Die in diesem Projekt erarbeiteten Grundlagen und Best Practice Case Studies können hierbei hilfreich eingesetzt werden.

Im Ausblick bleibt daher zu hoffen, dass unser historisches Erbe auch nachfolgenden Generationen übergeben werden kann, ohne Abstriche in Bezug auf Klimaschutz und Nachhaltigkeit. Weitere nationale und internationale Forschung und Entwicklungen auf diesem Gebiet sind daher zielführend.

Literaturverzeichnis

- [1] EU Directive 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 Amending 2010/31/EU on the Energy Performance of Buildings and Directive 2012/27/EU on Energy Efficiency; EU: Brussel, Belgium, 2018.
- [2] Economidou, M; Atanasiu, B.; Staniaszek, D.; Maio, J.; Nolte, I.; Rapf, O.; Laustsen, J.; Ruyssevelt, P.; Strong, D.; Zinetti, S.: Europe's buildings under the microscope. A country-by-country review of the energy performance of buildings. Published by Buildings Performance Institute Europe (BPIE), October 2011.
- [3] Herrera-Avellanosa, D.; Haas, F.; Leijonhufvud, G.; Bröstrom, T.; Buda, A.; Pracchi, V.; Webb, A.L.; Hüttler, W.; Troi, A.: Deep renovation of historic buildings: The IEA-SHC Task 59 path towards the lowest possible energy demand and CO₂ emissions. Intern. J. of Build. Pathol. Adapt. 2019, 38, 4, 539-553.
- [4] <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/hdz/projekte/leitprojekte-haus-der-zukunft-plus.php> (abgerufen am 27. April 2021)
- [5] <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/enerphit-gruenkonzept.php> (abgerufen am 27. April 2021)
- [6] <https://mustersanierung.at/projekte> (abgerufen am 27. April 2021)
- [7] Conservation of Cultural Heritage—Guidelines for Improving the Energy Performance of Historic Buildings; EN 16883; SIS, Swedish Standards Institute: Stockholm, Sweden, 2017.
- [8] Scheffler Gregor A. and Plagge Rudolf: Ein Trocknungskoeffizient für Baustoffe. *Bauphysik* 31, 2009, 125–38.
- [9] Haas, F.; Herrera, D.; Hüttler, W.; Exner, D.; Troi, A.: "Historic Building Atlas. Sharing best practices to close the gap between research & practice". In Proceedings of the Conference: 3rd International Conference on Energy Efficiency in Historic Buildings (EEHB2018), Visby, Sweden, 26–27 September 2018, 236-24.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Fassadenschnitt Sockel	35
Abbildung 2: Links: Zu sehen ist das schwarze Windpapier sowie die Ständerkonstruktion für die OSB-Platten, © DI Hans Peter Gruber; Rechts: Ansicht der luftdichten Ebene (OSB- Platte), © DI Hans Peter Gruber.....	37
Abbildung 3: Arten historischer Fenster	37
Abbildung 4: Beispiel für das Reparieren eines Fensters - Best Practice Beispiel Downie's Cottage, © HES.....	39
Abbildung 5: Beispiel für den Austausch des Glases am inneren Flügel (Links: vor der Sanierung; Rechts: nach der Sanierung) - Best Practice Beispiel Knablhof, © Darius Richter	39
Abbildung 6: Perlite-Innendämmung im Best Practice Beispiel Villa Castelli, ©Eurac	40
Abbildung 7: Installation von PUR-Schaum Platten mit integrierten kapillaraktiven Kalziumsilikat-Röhrchen, © AAU	40
Abbildung 8: Aufbringen der nassen Cellulose im Sprühverfahren © HES.....	40
Abbildung 9: Glätten des Zellulosematerials vor dem Anbringen der Gipskartonplatte © HES	40
Abbildung 10: Active overflow System als sogenannter „Verbundlüfter“ der Firma Erich Keller. Im denkmalgeschützten Herrenhaus Brünnergut in Bern (Schweiz) wurde der aktive Überströmer in das Türblatt integriert.....	41
Abbildung 11: Dachintegrierte Lösungen in der Schweiz und in Vorarlberg, © Daniel Baggenstos, FG Marcello Girardelli.....	42
Abbildung 12: Bauernhof Trins als Best Practice Case Study auf www.hiberatlas.com	48
Abbildung 13: Artikel „Projekte mit Vorbildwirkung“ (Bauzeitung, Juni 2020)	54
Abbildung 14: Artikel „Energieverbrauch in historischer Substanz senken“ (a3 Bau, September 2020)	55
Abbildung 15: Artikel „Wie lässt sich der Energieverbrauch in historischen Gebäuden senken?“ (Umweltjournal online, August 2020)	55
Abbildung 16: Artikel „Ethouse Award 2020: Die Sieger“ (building times, März 2020).....	56
Abbildung 17: Artikel „Achtmal preisgekrönt“ (building times, Oktober 2019)	56

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: HiBERatlas: Liste der dokumentierten Projekte (April 2021)	17
Tabelle 2: Übersicht der Kategorien an Fensterlösungen	38
Tabelle 3: Lister der gesammelten Tools.....	44
Tabelle 4: Inhalte und Struktur der betrachteten Tools:	45
Tabelle 5: Vergleich der Trocknungskoeffizienten der verschiedenen Aufbauten und Simulationen..	50

Abkürzungsverzeichnis

DSS	Decision Support System
EN	Europäische Norm
FTI	Forschung, Technologie & Innovation
IEA	International Energy Agency
LCA	Life cycle analysis
LCC	Life cycle cost
NZEB	Nearly zero-energy building
OSB	Oriented Strand Board = Grobspanplatten
POE	Post occupancy evaluation
SHC	Solar Heating & Cooling Programme
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Usw.	Und so weiter

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)