

DOMUS ANTIQUA HELVETICA

Schweizerische Vereinigung der Eigentümer Historischer Wohnbauten
Association Suisse des Propriétaires de Demeures Historiques

Energie und historische Wohnhäuser



Im Energiebereich gilt es, Klimaschutz und Denkmalschutz in Einklang zu bringen. Dabei lässt sich DAH von folgendem Credo leiten: Geschützte und schützenswerte Bauten sind Inspirationen für gelebte Nachhaltigkeit. Sie verdienen Respekt und massgeschneiderte Lösungen. Hohe Baukultur trägt zum Erreichen der Klimaziele bei und schafft Orte mit Charakter und Charme. Möge diese Publikation der Leserschaft die gewünschten Informationen und Anregungen vermitteln.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	1
<hr/>	
1. RECHTLICHER RAHMEN	4
<hr/>	
2. HISTORISCHER RÜCKBLICK	9
Heizung und Wärmekomfort	9
Architektur und nachhaltige Entwicklung	11
Zukunftsperspektiven: die Energiestrategie der Schweiz	12
<hr/>	
3. PRAKTISCHER LEITFADEN	13
Vademecum zur energetischen Sanierung	13
Von welcher Energie sprechen wir?	14
Die Wärmebilanz	15
<hr/>	
Suffizienz und Einschränkung	16
Caux Palace: bewusstes Energiesparen	17
<hr/>	
Wärmeerzeugung	18
Holzheizungen	18
Wärmepumpen	19
Wärmeverteilung	21
<hr/>	
Wärmeeinsparung	22
Dämmstoffe, die für historische Bauten geeignet sind	22
Dämmung der Gebäudehülle: Möglichkeiten und Grenzen	23
Nützliche Begriffe aus der Bauphysik	24
Fenstersanierung	24
Mit gutem Beispiel vorangehen: das Haus aus Matten	28
<hr/>	
Solaranlagen	29
Photovoltaikanlagen	29
Thermische Sonnenkollektoren	31
<hr/>	
4. VORBILDICHE BAUTEN	33
<hr/>	
5. FINANZIERUNG UND BESTEUERUNG	58
<hr/>	
Für weitere Informationen	62
Dank	64
<hr/>	

Vorwort

Nachdem die Sektion Genf im Sommer 2022 das Cahier thématique zum Thema historische Wohnhäuser und Energie publiziert hat, möchten wir Ihnen zeitnah eine deutsche Übersetzung anbieten. Wenn es um Kulturerbe und Energie geht, gilt es einige Fakten in Erinnerung zu rufen:

- Erstens sind historische Wohnhäuser Vorbilder für eine nachhaltige Entwicklung: Sie bestehen meist seit Hunderten von Jahren und wurden überwiegend aus lokalen, natürlichen und nachhaltigen Materialien errichtet.
- Zweitens – und zur besseren Einordnung – machten 2016 die geschützten Objekte nur 4 % des Schweizer Immobilienbestands aus. Aufgrund ihrer Anzahl sind historische Wohnhäuser weder die einzige Ursache noch die einzige Lösung für die realen Energieprobleme, mit denen wir konfrontiert sind.
- Schliesslich hat jedes historische Gebäude seine eigenen Besonderheiten, die aus seiner langen Geschichte resultieren.

Vor diesem Hintergrund ergeben sich folgende Erwartungen an die verschiedenen Akteure:

- Die Energiestrategie des Bundes und der Kantone hat den oben genannten Feststellungen Rechnung zu tragen. Vonseiten der Gesetzgeber und der Verwaltung sind Flexibilität und Verständnis erforderlich. Geschützte Bauten sind Inspiration für gelebte Nachhaltigkeit. Sie verdienen Respekt und massgeschneiderte Lösungen.
- Die Fachwelt, das heisst Architekten, Ingenieure und Unternehmen, ist oft noch nicht ausreichend über die technischen Aspekte und die Herausforderungen der Energieeffizienz historischer Gebäude informiert. Nachhaltigkeit steht auf der Tagesordnung, aber in der Praxis sind die Kenntnisse und Erfahrungen noch unvollständig. Ausbildung und Erfahrungsaustausch sind das Gebot der Stunde.

- Es liegt schliesslich auch an der Eigentümerschaft einer historischen Liegenschaft, sich bezüglich Wohnkomfort anzupassen. Der Lebensstil und die Gestaltung der Wohnräume müssen dies widerspiegeln, denn man kann in einem Haus aus dem 18. Jahrhundert nicht so leben wie in einem zeitgenössischen Haus mit Minergie-Standard. Andernfalls besteht die Gefahr, dass unangemessene Eingriffe ins Gebäude vorgenommen werden. Für die Bewohner ist somit eine gewisse Genügsamkeit betreffend Bedürfnisse und Mittel angesagt.

In dieser Broschüre versuchen wir die Frage zu beantworten, was aus der Sicht der Eigentümer eines historischen Gebäudes getan werden kann, um die Erzeugung, die Verteilung und den Verbrauch von Energie zu verbessern. Dabei besteht der Ansatz darin, der Leserin und dem Leser eine objektive, neutrale Analyse und eine klare Vorgehensweise zu präsentieren. Da jedes Haus anders ist und die Lösungen ebenso vielfältig sind, illustrieren wir beispielhafte Massnahmen anhand von zehn Beispielen aus verschiedenen Schweizer Kantonen.

Das Thema Energie ist ins Zentrum unseres Lebens gerückt: Wie können wir uns verantwortungsvoll ernähren und bewegen, wie reisen, konsumieren und wohnen? Es bleibt jedem und jeder Einzelnen überlassen, eine Wahl zu treffen und zu entscheiden, welche Verbesserungen passend und realistisch sind.

Die vorliegende Schrift möchte vor allem praktisch, nützlich und illustrativ sein. Im Vergleich zur französischsprachigen Version haben wir uns inhaltlich auf alle Themen konzentriert, welche auch für die deutsche Schweiz Gültigkeit haben.

Möge dieses Heft unseren Mitgliedern und Hauseigentümern helfen, heute und für die nächsten Generationen gute Entscheidungen zu treffen.

Rémy Best
Präsident DAH
Sektion Genf bis 2022

Lukas Alioth
Präsident DAH Schweiz

Editorial

*Eine Gesellschaft ohne Vergangenheit hat keine Zukunft.
Aber es gibt keine Zukunft, wenn man in der Vergangenheit lebt.*

Die globale Erwärmung ist eine der grössten Herausforderungen unserer Zeit. Unsere Gesellschaften durchleben eine tiefgreifende Erschütterung, die einen radikalen Wandel in Bezug auf die Erhaltung der Ressourcen, den Schutz der Artenvielfalt und des Lebensraums und vor allem eine rasche Begrenzung der Treibhausgasemissionen verlangt.

Die Energiestrategie des Bundes, die den CO₂-Ausstoss bis 2050 auf Netto-Null senken will, hat der Sanierung des Schweizer Gebäudeparks einen willkommenen Impuls verliehen. Dieser zeitliche Horizont, der nach menschlichem Ermessen eine Generation entfernt ist, historisch betrachtet aber unmittelbar bevorsteht, erfordert eine schnelle Entwicklung der öffentlichen Politik und der damit verbundenen gesetzlichen Rahmenbedingungen. Die Eigentümerinnen und Eigentümer von historischen Wohnbauten können sich dieser Frage nicht entziehen, sei dies aufgrund gesetzlicher Vorgaben, finanzieller Anreize oder auch persönlicher Überzeugungen.

Als Hüterinnen und Hüter eines unbezahlbaren Erbes, das die Jahrhunderte oft ohne fundamentale Veränderungen überdauert hat, stellen sie sich zu Recht die Frage nach den widersprüchlichen Anforderungen, denen ihre Bauten heute ausgesetzt sind: Bewahren oder umbauen? Weiterentwickeln und dabei Gefahr laufen, ihre eigentliche Daseinsberechtigung zu verlieren?

Die Energiewende darf sich jedenfalls nicht darauf beschränken, Fassaden einzupacken, Fenster zu ersetzen und Dächer mit Sonnenkollektoren zu übersäen, ohne die architektonischen Qualitäten eines Gebäudes zu berücksichtigen. Die Anwendung von Standardlösungen, ohne Rücksicht auf den kulturellen, historischen und landschaftlichen Kontext, ist mit der konkreten Gefahr einer Verarmung der gebauten Umwelt verbunden. Um die legitimen Ziele der Erhaltung des baulichen Erbes und des Energiesparens miteinander zu verbinden, müssen massgeschneiderte, innovative und nachhaltige Ansätze entwickelt werden.

Dieses Heft bietet jenseits jeder ideologischen Debatte allen Personen, die sich für die Herausforderungen der Energiewende im Zusammenhang mit dem baulichen Erbe inte-

ressieren, präzise Informationen, eine globale Vision und konkrete Anregungen.

Während die Energiestrategie im Wesentlichen auf quantitative Leistungen abzielt, die normiert, beziffert und von Natur aus leicht zu erfassen sind, basiert der Schutz des Kulturerbes auf qualitativen Kriterien, die eher der «guten Praxis» oder den «Regeln der Kunst» zuzuordnen sind. Diese lassen sich in der Regel weniger einfach messen, obwohl auch für sie strenge Bewertungsmethoden gelten. Das einleitende Kapitel erläutert den gesetzlichen Rahmen auf Bundesebene und präsentiert die Praktiken in den Kantonen Bern und Zürich sowie die Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE) der Konferenz kantonaler Energiedirektoren (EnDK).

Das zweite Kapitel vermittelt einen kurzen historischen Überblick über die Nutzung der Energie im Bauwesen. Von der Genügsamkeit des vorindustriellen Zeitalters bis zum Überfluss der drei goldenen Jahrzehnte nach dem Zweiten Weltkrieg: Energiefragen haben das architektonische Schaffen schon immer beeinflusst. Man könnte gar argumentieren, dass die Begriffe Wärmekomfort und Klimaschutz untrennbar mit der Baukunst verbunden sind. Die Frage, die sich uns heute stellt, ist also nicht neu.

Der Hauptteil dieses Sonderheftes ist einem «praktischen Leitfaden» für die energetische Sanierung historischer Bauten gewidmet. Er stellt eine Reihe von pragmatischen und angepassten Lösungen in einem sich ständig verändernden Bereich vor, in dem technische Innovationen und neue Produkte einerseits die Grenzen des Möglichen ständig erweitern, andererseits aber auch Fragen bezüglich ihrer konkreten Umsetzung aufwerfen. In diesem Teil werden auch technische Begriffe und Konzepte erklärt, die im Energiebereich weit verbreitet sind und deren Verständnis für den Dialog zwischen Hauseigentümern, Handwerkern und Fachleuten unerlässlich ist. U-Wert und Lambda, Energiebezugsfläche oder der Unterschied zwischen Primär- und Endenergie werden so für alle verständlich.

Noch immer gibt es nur wenige Beispiele von Sanierungen, die die Ziele bezüglich Klimaschutz und Erhaltung des baulichen Erbes optimal miteinander verbinden und



Geschlossener Ofen und offener Kamin: Im Herrenhaus von Landecy stehen zwei historische Heizarten nebeneinander, neu kombiniert mit einer modernen Bodenheizung, die ihrerseits mit Holz betrieben wird. (Foto Olivier Wavre / Vigée Le Brun)

zugleich eine hohe architektonische Qualität bieten. Im vierten Teil wird aber eine Auswahl vorbildlicher Bauten aus der Stadt Genf und Umgebung, der übrigen Romandie und der Deutschschweiz vorgestellt. Sie repräsentieren eine grosse Vielfalt von Objekten und Ausgangssituationen, auf die mit ebenso vielen spezifischen Massnahmen reagiert wurde. Einige Sanierungseingriffe sind bei historischen Bauten möglich, bei anderen wiederum geht die Seele des Gebäudes verloren. Historische Bauten lehren uns aber auch etwas in Bezug auf Resilienz, Ressourcenschonung und Feinanpassung an klimatische Bedingungen. Diese drei Aspekte sind eng miteinander verwoben und die Grenze zwischen ihnen ist oft nur schwer auszumachen. Jedes Sanierungsprojekt muss sich seinen Weg zwischen diesen Anforderungen suchen – einen Weg, der oft verschlungen, aber immer spannend ist!

Der abschliessende Teil bietet umfassende Informationen zu Finanzierungsmöglichkeiten, Zuschüssen und steuerlichen Auswirkungen von energetischen Sanierungen. Zudem ist hier eine Auswahl von spezialisierten

Websites und Organisationen sowie Referenzpublikationen zu finden.

Denkmalschutz und Energiesparen sind zwei Grundsätze, die oft als gegensätzlich dargestellt werden. Aber ist ihr Zweck im Grunde nicht derselbe, nämlich die gebaute Umwelt und die Umwelt überhaupt für zukünftige Generationen zu erhalten?

Aleksis Dind

Architekt und Redaktor dieses Sonderheftes

1. Rechtlicher Rahmen

■ Klimaschutz neben und vor Denkmalschutz

Als Eigentümerinnen und Eigentümer historischer Wohnbauten kennen wir die Relativität der Eigentumsfreiheit. Unser Ehrenpräsident Alfred R. Sulzer hat das treffende Diktum geprägt, dass wir – trotz Eigentümerschaft – eher Treuhänder der uns anvertrauten Häuser sind, mit der Verpflichtung zur behutsamen Pflege und zur verantwortungsvollen Weitergabe der historischen Substanz. Die gesetzliche Dreifaltigkeit von Denkmal-, Ortsbild- und Heimatschutz ist uns mehr oder weniger geläufig. Neu fügen die Gesetzgeber von Bund und Kantonen unter dem überwölbenden Begriff des Klimaschutzes Norm um Norm zu energetischer Sanierung, Heizung und Energiegewinnung hinzu. Zwischen Denkmalschutz und Klimaschutz kann sich dabei ein Spannungsfeld aufbauen.

Es ist noch nicht so lange her, seit Martin Killias, den wir als streitbaren Präsidenten des Schweizer Heimatschutzes kennen, in der NZZ (25.10.2021) die Forderung *Klimaschutz vor Heimatschutz* als «Verhältnisblödsinn» gezeisselt hat: Kaum zehn Prozent der Häuser seien in einem Schutzinventar aufgeführt. Auf deren Dächern gewinne man die Energiewende nicht. Doch gerade bei Solardächern nennt das Raumplanungsgesetz zwar pflichtschuldig eine Schutzklausel für Denkmäler, hält dann aber fest: «Ansonsten gehen die Interessen an der Nutzung der Solarenergie auf bestehenden oder neuen Bauten den ästhetischen Anliegen grundsätzlich vor». Tendenziell neigen die neueren Energiegesetze dazu, den Klimaschutz a priori höher zu gewichten.

Immerhin haben unsere historischen Häuser bereits einen guten Ausweis

der Nachhaltigkeit: Ihre lange Lebensdauer und Nutzung über Jahrhunderte hat Ressourcen geschont. Ihr Anteil an grauer Energie ist klein. Weitere sorgsame Optimierungen sind auch bei denkmalgeschützten Objekten möglich. Energetische Massnahmen an bestehenden Bauten müssen jedoch immer mit hoher baukultureller Qualität umgesetzt werden (vgl. Klimaoffensive Baukultur [klimaoffensive.ch], deren Trägerschaft auch Domus Antiqua Helvetica angehört). Baudenkmäler müssen immer im Einzelfall beurteilt werden. Die Massnahmen und ihre Ausführung müssen genau auf das jeweilige Gebäude abgestimmt werden.

Bei der Verfolgung der energiepolitischen Interessen darf aber nicht vergessen werden, dass der Anteil der geschützten Bauten weniger als 5 % des Bautenbestandes ausmacht¹ und damit das Energiesparpotenzial relativ gering ausfällt.

Wie sich die neuen Energiegesetze im Einzelfall in der Praxis auf die historische Bausubstanz auswirken, wird sich noch weisen müssen. Generell soll mit den neuen energierechtlichen Bestimmungen der Energie- und Stromverbrauch gesenkt, der CO₂-Ausstoss reduziert und der Anteil erneuerbarer Energien erhöht werden. Mit dem revidierten Klimaschutzgesetz (Abstimmung am 18. Juni 2023) sollen zudem die Förderbeiträge für den Ersatz von Öl-, Gas- und Elektroheizungen und die Isolation der Häuser erhöht werden.

■ Was der Bundesgesetzgeber vorgibt

Der Bund legt mit Rahmengesetzen die Grundzüge in der Raumplanung und bei energetischen Massnahmen fest. Dazu gehören das Raumplanungsgesetz (RPG) bzw. die Raumplanungsverordnung (RPV), das Energiegesetz (EnG), die

Energieverordnung (EnV), die Energieförderungsverordnung (EnFV) sowie das CO₂-Gesetz und die CO₂-Verordnung. Nach dem Ja in der Abstimmung vom 18. Juni 2023 wird noch das Klimaschutz-Gesetz (KlG) dazukommen. Die Kompetenz zur Regelung konkreter Energiemassnahmen wurde gemäss Art. 89 Abs. 4 BV grundsätzlich an die Kantone delegiert. Der Bundesgesetzgeber reguliert aber auch durch, wenn es ihm opportun erscheint, wie zum Beispiel bei der Photovoltaik. Für die Installation von Solaranlagen hat der Bundesgesetzgeber 2014 Erleichterungen eingeführt. Art. 18a RPG bestimmt nun, dass solche Bauvorhaben keiner Baubewilligung bedürfen, wenn sie genügend angepasst sind. Der Begriff der «genügenden Anpassung» wird in Art. 32a Abs. 1 der RPV definiert. Wenn Solaranlagen auf Kultur- und Naturdenkmälern von kantonaler oder nationaler Bedeutung installiert werden sollen, ist hingegen stets eine Baubewilligung einzuholen. Was unter Kultur- und Naturdenkmälern von kantonaler oder nationaler Bedeutung zu verstehen ist, wird in Art. 32b RPV definiert (insbesondere ISOS-Ortsbildschutzobjekte mit Erhaltungsziel A).

Ein Grossteil der Regelungsmaterie liegt bei den Kantonen. Sie müssen günstige Rahmenbedingungen für die sparsame und effiziente Energienutzung sowie die Nutzung erneuerbarer Energien schaffen, haben dabei aber auch dem Ortsbild-, Heimat- und Denkmalschutz Rechnung zu tragen (Art. 45 EnG). Die Kantone haben dafür zu sorgen, dass die CO₂-Emissionen aus Gebäuden, die mit fossilen Energieträgern beheizt werden, zielkonform vermindert werden. Dafür haben sie Gebäudestandards für Neu- und Altbauten aufgrund des aktuellen Stands der Technik zu erlassen (Art. 9 CO₂-Gesetz).

¹ Gemäss der Denkmalstatistik 2016 sind schweizweit 271 527 Bauten in Inventaren oder Listen der kantonalen Denkmalpflege erfasst. Davon sind 75 084 Bauten eigentümerverbindlich geschützt (4 % davon auf nationaler Ebene). Im Verhältnis zum gesamten Gebäudebestand der Schweiz waren zum Zeitpunkt dieser jüngsten Erhebung im Jahr 2016 damit lediglich 3,5 % des nationalen Gebäudebestandes unter Schutz gestellt. Betrachtet man die einzelnen Kantone, lässt sich feststellen, dass gut die Hälfte aller geschützten Baudenkmäler auf fünf Kantone entfallen: Waadt (11 %), Freiburg (11 %), Genf (10 %), Bern (10 %) und Aargau (8 %). Die Kantone Basel-Landschaft (7 %), Zürich (6 %), Thurgau (6 %), Graubünden (6 %), St. Gallen (5 %) und Tessin (5 %) sind im Mittelfeld vertreten.

■ «MuKE» als neue Zauberformel der Kantone

Die Energiedirektorenkonferenz der Kantone hat mit den «Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich» (MuKE) ein Gesamtpaket energierechtlicher Mustervorschriften für Gebäude erarbeitet. Sie bilden den gemeinsamen Nenner der Kantone und haben ein hohes Mass an Harmonisierung im Bereich

der kantonalen Energievorschriften zum Ziel. Die meisten Kantone haben die Mustervorschriften bereits in ihre kantonale Gesetzgebung übernommen, andere sind noch an der Umsetzung.

Art. 1.29 der MuKE hält fest, dass beim Ersatz des Wärmeerzeugers in bestehenden Bauten mit Wohnnutzung diese so auszurüsten sind, dass

der Anteil an nicht erneuerbarer Energie 90 % des massgebenden Bedarfs nicht überschreitet. Art. 1.31 führt sodann aus, dass die Anforderungen gemäss Art. 1.29 als erfüllt gelten, wenn eine Standardlösung fachgerecht ausgeführt wird.

Das MuKE zählt folgende Standardlösungen (SL) auf:

-
- SL 1 Thermische Sonnenkollektoren für die Wassererwärmung
Solaranlage: Mindestfläche 2 % der EBF
-
- SL 2 Holzfeuerung als Hauptwärmeerzeugung
Holzfeuerung als Hauptwärmeerzeuger und ein Anteil an erneuerbarer Energie für Warmwasser
-
- SL 3 Wärmepumpe mit Erdsonde, Wasser oder Aussenluft
Elektrisch angetriebene Wärmepumpe für Heizung und Warmwasser ganzjährig
-
- SL 4 Mit Erdgas angetriebene Wärmepumpe
für Heizung und Warmwasser ganzjährig, entweder monovalent oder bivalent mit mindestens 50 % des Leistungsbedarfs und einem Wirkungsgrad von mindestens 120 %
-
- SL 5 Fernwärmeanschluss
Anschluss an ein Netz mit Wärme aus KVA, ARA oder erneuerbaren Energien
-
- SL 6 Wärmekraftkopplung
el. Wirkungsgrad mind. 25 % und für mind. 60 % des Wärmebedarfs für Heizung und Warmwasser
-
- SL 7 Warmwasserwärmepumpe mit Photovoltaikanlage
Wärmepumpenboiler und Photovoltaikanlage mit mind. 5 Wp/m²·EBF
-
- SL 8 Ersatz der Fenster entlang der thermischen Gebäudehülle
U-Wert bestehende Fenster $\geq 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ und U-Wert Glas neue Fenster $\leq 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
-
- SL 9 Wärmedämmung von Fassade und/oder Dach
U-Wert bestehende Fassade/Dach/Estrichboden $\geq 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ und U-Wert neue Fassade/Dach/Estrichboden $\leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, Fläche mind. 0,5 m² pro m² EBF
-
- SL 10 Bivalente Heizung (Hybridlösung): Ein Heizsystem mit erneuerbarer Energie (mindestens 25% der im Auslegungsfall notwendigen Wärmeleistung) wird mit einem Ölbrennwertkessel für die Spitzenlast kombiniert (Heizung und Warmwasser ganzjährig).
-
- SL 11 Kontrollierte Wohnungslüftung (KWL)
Neu-Einbau einer kontrollierten Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung und einem WRG-Wirkungsgrad von mindestens 70 %
-

Als Ausnahmeklausel beim Heizungsersatz gilt: Werden ausserordentliche Verhältnisse geltend gemacht, ist aufzuzeigen, dass keine der 11 Standardlösungen realisiert werden kann.

Als Beispiele für die Umsetzung in den Kantonen werden im Folgenden die Normen der Kantone Bern und Zürich zusammengefasst.

■ **Kanton Bern**

In Art. 10b des kantonalen Baugesetzes (BauG) wird festgehalten, dass schützens- und erhaltenswerte Baudenkmäler nach den Bedürfnissen des heutigen Lebens und Wohnens für bisherige oder passende neue Zwecke genutzt und unter Berücksichtigung ihres Wertes verändert werden können. Sie dürfen durch Veränderungen aber nicht beeinträchtigt werden.

Gemäss Art. 7 des Baubewilligungsdokrets sind Bauvorhaben, die ein Baudenkmal oder dessen Umgebung betreffen, stets bewilligungspflichtig. Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energie an schützenswerten und an erhaltenswerten Baudenkmalen erfordern stets eine Baubewilligung, sofern das Objekt als K-Objekt (Baudenkmal von kantonalem Interesse) im Bauinventar aufgenommen ist. Das gilt für die Installation von Sonnenkollektoren und Photovoltaikanlagen wie auch für den Einbau einer Wärmepumpe oder anderer Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien. Die kantonale Denkmalpflege verfasst im Baubewilligungsverfahren Fachberichte, wenn K-Objekte betroffen sind.

Im Kanton Bern gilt gemäss Art. 37 des kantonalen Energiegesetzes (KEng), dass Gebäude, die den Minimalanforderungen nicht entsprechen, spätestens dann anzupassen sind, wenn sie so umgebaut oder umgenutzt werden, dass die Energienutzung beeinflusst wird. Haustechnische Anlagen wie Heizungen sind dann anzupassen, wenn sie erneuert, umgebaut oder geändert

werden. Für Baudenkmäler gilt gemäss Art. 38 KEng eine Ausnahme: Aus Gründen des Denkmalschutzes können für Baudenkmäler Ausnahmen von der Anpassungspflicht gewährt werden, soweit dies der Schutzzweck erfordert und das öffentliche Interesse am Schutz des betreffenden Gebäudes das öffentliche Interesse an dessen Anpassung überwiegt. Das kantonale Amt für Umwelt und Energie entscheidet über Ausnahmen und hört dabei auch die kantonale Denkmalpflege an.

Heizungen und Anlagen zur Warmwasseraufbereitung sind so auszulegen, dass Energieverbrauch und Umweltbelastung möglichst gering bleiben. Nicht gestattet sind die Installation neuer ortsfester elektrischer Widerstandsheizungen und der Ersatz von ortsfesten elektrischen Widerstandsheizungen mit Wasserverteilsystem durch ortsfeste elektrische Widerstandsheizungen. In Wohnbauten sind zentrale Wassererwärmer nicht gestattet, die ausschliesslich direkt elektrisch beheizt werden (Art. 40 KEng). Wird bei einem Gebäude, das älter als 20 Jahre ist, der Wärmeerzeuger ersetzt, sind die Anforderungen erfüllt, wenn eine Standardlösung fachgerecht umgesetzt wird, die gewichtete Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes den kantonalen Anforderungen (Gesamtenergieeffizienzklasse D nach dem Gebäudeenergieausweis der Kantone) entspricht oder ein gültiges Minergie-Zertifikat vorliegt, oder wenn gegenüber dem Standardprodukt des Gasversorgers zusätzlich mindestens 50 % erneuerbares Gas aus der Schweiz mit Herkunftsnachweis bezogen wird (vgl. Art. 40a KEng und Art. 20a Abs. 3 KEngV). Der Kanton Bern hat in Art. 13 KEng festgelegt, dass die Gemeinden in ihren Bauordnungen die Verpflichtung einführen können, dass beim Ersatz von Heizsystemen bestimmte erneuerbare Energieträger einzusetzen sind oder das Gebäude an ein Fernwärmeverteilnetz anzuschliessen ist.

■ **Kanton Zürich**

Das Planungs- und Baugesetz des Kantons Zürich unterscheidet in §203 PBG und §4 der kantonalen Natur- und Heimatschutzverordnung (KNHV) zwischen kommunal (für die Gemeinde) und überkommunal (für den Kanton) bedeutenden Denkmälern. Sowohl die Gemeinden als auch der Kanton führen Schutzinventare. Für kommunale Denkmäler ist das Bauamt der jeweiligen Gemeinde, für überkommunale die kantonale Denkmalpflege zuständig.

§25 KNHV legt fest, dass zum Schutz von Baudenkmalern Vorschriften zu erlassen sind über die Zulässigkeit von tatsächlichen Veränderungen des Schutzobjekts, dessen Pflege und Unterhalt und der allfälligen Restaurierung. Es können Vorschriften über die Bewilligungspflicht, bauliche Veränderungen am Äusseren und im Innern, technische Anlagen usw. erlassen werden.

Gemäss §11a KNHV muss für bewilligungspflichtige Vorhaben, welche förmlich geschützte oder inventarisierte Ortsbild-, Denkmalschutz-, Archäologie-, Natur- und Landschaftsschutzobjekte von überkommunaler Bedeutung berühren, ein Bewilligungsverfahren gemäss Bauverfahrensverordnung stattfinden.

Bei der Installation von Solaranlagen gilt im Kanton Zürich eine blosser Meldepflicht, soweit die Anlagen nach Art. 32a RPV genügend angepasst sind. Solche Anlagen sind jedoch immer bewilligungspflichtig, wenn sie Objekte eines überkommunalen Denkmalschutzinventars betreffen.

Per 1. September 2022 wurde das Energiegesetz des Kantons Zürich im Rahmen der MuKE 2014 angepasst. Bei bestehenden Bauten ist beim Ersatz einer Wärmeerzeugungsanlage bei gegebener Wirtschaftlichkeit eine Heizung mit erneuerbaren Energien

einzusetzen. Ist eine vollständig mit erneuerbaren Energien betriebene Heizung nicht wirtschaftlich, darf erneut eine fossile Heizung eingebaut werden. Als nicht wirtschaftlich gelten Lebenszykluskosten, die mehr als 5 % höher sind als bei einem Ersatz mit einer fossilen Heizung. Dabei muss aber entweder ein kleiner Anteil erneuerbare Energie eingesetzt oder die Energieeffizienz verbessert werden (mind. 10 %). Bestehende Elektroheizungen und zentrale Elektroboiler sind bis 2030 zu ersetzen. Eine Härtefallregelung sieht zudem den Aufschub der Umsteigepflicht bis längstens drei Jahre nach dem nächsten Eigentümerwechsel vor.

Die Standardlösungen der MuKE 2014 kommen im Kanton Zürich erst dann zum Tragen, wenn eine komplett erneuerbare Heizungslösung entweder technisch nicht möglich ist oder nach Betrachtung der Lebenszykluskosten (20 Jahre) zu teuer würde. Für die Erreichung der 10%-Anforderung stehen die folgenden Varianten zur Verfügung:

- Zertifizierung des Gebäudes durch Minergie
- Nachweis der Klasse D oder besser bei der Gesamtenergieeffizienz des Gebäudeenergieausweises der Kantone (GEAK)
- Baujahr 1990 oder jünger
- Fachgerechte Umsetzung einer der Standardlösungen gemäss MuKE 2014

Bereits ausgeführte Standardlösungen können geltend gemacht werden, wenn deren Realisierung nicht länger als acht Jahre zurückliegt.

Jeder Heizungsersatz ist ein bewilligungspflichtiger Umbau. Die Baueingabe erfolgt mit dem «Gesuch für Erstellung, Umbau und Betrieb von wärmetechnischen Anlagen» (WTA-Gesuch), das auf der Website der Gebäudeversicherung des Kantons

Zürich (www.gvz.ch) heruntergeladen werden kann. Das Gesuch ist beim Bauamt der Gemeinde einzureichen.

■ **Vorgehen bei geplantem Erneuerungsprojekt**

Die Eidgenössische Kommission für Denkmalpflege empfiehlt bei der energetischen Erneuerung von Baudenkmalern das folgende Vorgehen:

1. Abklären der Schutzwürdigkeit des Gebäudes

Ob ein Gebäude ein geschütztes Denkmal ist, kann bei der kantonalen oder kommunalen Fachstelle für Denkmalpflege abgeklärt werden.

2. Definition der historisch wichtigen Teile

Nicht jeder Bauteil eines Denkmals ist von baukulturellem Wert. Die kantonale Fachstelle für Denkmalpflege sollte frühzeitig in ein Erneuerungsprojekt miteinbezogen werden. Sie kann prüfen, welche Bauteile (z.B. Fassaden, Dächer, Lukarnen, Kamine, Fenster, Türen, Baustruktur, Raumdisposition) historisch wichtige Teile darstellen. Zum Denkmal können neben der Bausubstanz auch feste und evtl. bewegliche Ausstattungen (Zugehör) gehören. Die zugehörige Umgebung (z.B. Gärten, Einfriedungen) kann ebenfalls Bestandteil des Denkmals sein.

3. Energetische Beurteilung

Eine fundierte Analyse des Objekts ist zur Definition der möglichen Energieverbesserungsmassnahmen unerlässlich. Für eine energetische Beurteilung des Gebäudes müssen die energetischen Kennziffern des bestehenden Baus festgestellt (mittels Systemnachweis gemäss SIA-Norm 380/1, Energieanalyse oder Gebäudeenergieausweis) und für die einzelnen Bauteile mögliche Verbesserungsmassnahmen (auch der Einsatz erneuerbarer Energien) ermittelt werden.

4. Festlegen der Zielsetzung:

Auf Grundlage der gemachten Analyse ist ein umfassendes Energiekonzept auszuarbeiten.

5. Gesamtbeurteilung und Abwägung

Die kantonalen Fachstellen für Denkmalpflege und für Energieberatung können anschliessend beigezogen werden, um eine optimale Lösung für die energetische Sanierung am Baudenkmal festzulegen. Es wird empfohlen, zu einem frühen Zeitpunkt mit der zuständigen Fachstelle für Denkmalpflege Kontakt aufzunehmen, um die notwendigen Schritte zu planen.

Ist das Bauvorhaben bewilligungspflichtig, muss die Bauherrschaft anschliessend bei der zuständigen Baubehörde ein Baugesuch einreichen. Dabei bindet die Baubehörde die kantonale Fachstelle für Denkmalpflege in ihren Entscheid mit ein, welche einen Fachbericht erstellt (aber nicht Bewilligungsbehörde ist). In den Kantonen gibt es teilweise leicht unterschiedliche Bestimmungen betreffend Bauvorschriften und Bewilligungsverfahren und auch die Fachstellen, welche in einen Bewilligungsprozess miteinzubeziehen sind, werden teilweise unterschiedlich bezeichnet.

■ **Fazit**

Für unsere historischen Häuser wird jeweils eine Interessenabwägung zwischen den Klimazielen und dem Denkmalschutz am konkreten Fall vorzunehmen sein unter frühzeitigem Beizug der Fachleute aus Energiebehörden und Denkmalpflege. Informelle Verhandlungslösungen sind oft erfolgreicher als langwierige Rechtsmittelverfahren.

*Rechtsanwalt Dr. Martin Breitenstein
Rechtsanwältin Mirjam Signer, MLaw
Schwarz Breitenstein Rechtsanwälte AG*



Château de l'Aile, Vevey: Die historische Heizungsanlage aus dem Jahr 1840, die im Rahmen der Renovierung in den 2010er-Jahren wieder in ihren originalen Zustand versetzt wurde. Foto: François Bertin / Rémy Gindroz

2. Historischer Rückblick

Heizung und Wärmekomfort

Vor dem Industriezeitalter wurden die Räume in den meisten Häusern einzeln mit **Kaminen oder Holzöfen** beheizt. Geschlossene Öfen, die wesentlich effizienter sind als offene Kamine, entwickelten sich in der Schweiz ab dem 16. Jahrhundert und fanden im 17. und 18. Jahrhundert insbesondere in der Deutschschweiz Verbreitung.¹ In der Westschweiz blieb der offene Kamin bis ins 19. Jahrhundert bestehen, vor allem weil dieser als behaglicher empfunden wurde. In dieser Region sind Wohnhäuser mit beiden Heizarten nicht selten.

Diese Arten der Wärmeerzeugung sind zwar äusserst bescheiden, da nur die genutzten Räume beheizt werden und nur so lange wie nötig. Aber sie sind aufgrund der zeitlichen und räumlichen Temperaturschwankungen auch nicht besonders behaglich. Zudem sind sie mit einem hohen Arbeitsaufwand verbunden, da die Kamine und Öfen manuell und in einer gewissen Regelmässigkeit bestückt werden müssen. In bürgerlichen Häusern wurde diese Aufgabe in der Regel den Bediensteten übertragen.

Die Entwicklung von Techniken für eine gleichmässige und vereinfachte Wärmeversorgung begann in England zwischen Ende des 18. und Anfang des 19. Jahrhunderts. Die allerersten **Zentralheizungen** verteilten warme Luft mittels einfacher Konvektion direkt in die Räume, und zwar über Luftkanäle in den Mauern, die mit

einem zentralen Heizkessel verbunden waren. In der Westschweiz findet sich ein frühes Beispiel einer solchen Warmluftheizung im Château de l'Aile in Vevey (um 1840). Dessen Eigentümer² hatte nach einem Aufenthalt in England nicht nur den neugotischen Stil, sondern auch die neuesten technischen Raffinessen in die Heimat zurückgebracht. Aber auch dieses Heizsystem war unbeständig: Der Luftstrom und dessen Temperatur vermindern sich mit zunehmender Entfernung von der Wärmequelle. In der gleichen Epoche wurde auch die Dampfheizung entwickelt, bei der die Wärme über ein Verteilnetz, das unter Druck stand, gleichmässiger und über grössere Distanzen in gusseiserne Heizkörper geleitet wurde. In der zweiten Hälfte des 19. und bis Anfang des 20. Jahrhunderts waren solche zentralisierten Anlagen vor allem luxuriösen Privathäusern und Hotels vorbehalten. Erst nach dem Ersten Weltkrieg wurden sie allen Bevölkerungsschichten zugänglich. Als Brennstoff für die Wärmeerzeugung diente vor allem Kohle.

Warmwasser-Zentralheizungen wurden in der Schweiz um 1930 eingeführt. Kombiniert mit einer elektrischen Umwälzpumpe entwickelte sich diese Technik rasant und macht seither den Hauptteil der Wärmeverteilsysteme aus. Die Wärmeerzeugung selbst basiert seit den 1950er-Jahren fast vollständig auf Erdölprodukten (Heizöl).

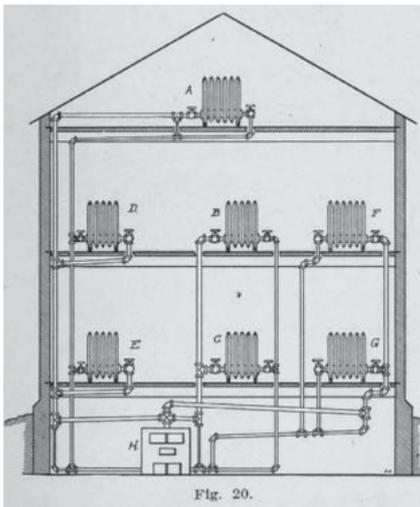


Château de l'Aile, Vevey
Seit dem neugotischen Umbau im Jahr 1840 versorgt ein verborgenes Netz von Kanälen das gesamte Gebäude mit warmer Luft. Hier mündet der Kanal in ein Buffet im Esszimmer. Die warme Luft wird durch einen Schlitz im Sockel in den Raum geleitet, gelangt aber zugleich auch in das Innere des Möbels, das als Tellerwärmer genutzt wird.

Fotos: Christophe Amsler / AGN architectes

¹ ILLI Martin: «Heizung», in: *Historisches Lexikon der Schweiz* (HLS)

² Der Bankier Jacques-Edouard Couvreur de Deckersberg (1803–1872) heiratete 1845 seine Cousine Mathilde Micheli aus Genf und zog noch im selben Jahr in das Château de l'Aile, dessen Bau gerade erst abgeschlossen worden war.



Zentrale Dampfheizung.

In ALLEN John Robins: *Notes on heating and ventilation*, Domestic Engineering, Chicago, 1906, Abb. 20, S. 105.

Die Ölkrise der 1970er-Jahre zeigte schonungslos auf, wie weitreichend sich eine starke Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen auswirkt. Während sich Frankreich für die Entwicklung von Elektroheizungen und der Kernenergie entschied, begann die Schweiz am Ende der sogenannten *Trente Glorieuses* – der drei «goldenen» Jahrzehnte nach dem Zweiten Weltkrieg – den Energieverbrauch von Gebäuden zu senken.³

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die technische Entwicklung zwei kongruente Ziele verfolgte: **den Komfort erhöhen und die Energiekosten senken.** Die Umstellung vom offenen Kamin zum geschlossenen Ofen war beispielsweise ein grosser Fortschritt in Bezug auf die Effizienz, und dies in einer Zeit, in der die Verknappung der Energieressourcen – des Brennholzes – bereits ein Thema war.⁴ Die Entwicklung von Zentralheizungen im 19. Jahrhundert führte dazu, dass sich die Wärmekapazität bei jedem Wechsel des Wärmeträgers (Luft, Dampf, Wasser) verdoppelte, wodurch grössere Flächen gleichmässiger beheizt werden konnten. Die Entdeckung fossiler Brennstoffe ab 1850 und noch mehr nach 1950 läutete eine beispiellose Revolution ein, mit der billige und leicht zugängliche Energie verfügbar wurde, auf die man zukünftig aber verzichten sollte. Heute besteht die Herausforderung der Energiewende darin, den Energieverbrauch drastisch zu senken und zugleich die Errungenschaften in Bezug auf den Komfort zu bewahren.

Dasselbe könnte man über die Verwendung von elektrischer Energie in Gebäuden sagen, die seit ihrer Einführung im 19. Jahrhundert eine ähnliche Entwicklung durchlaufen hat: Strom, der anfänglich für die Beleuchtung und später zum Kochen zum Einsatz kam, wurde ab Mitte des 20. Jahrhunderts unverzichtbar für die Gebäudetechnik (Heizung, Lüftung, Klimaanlage, Aufzüge) und ist heute eng mit der explosionsartigen Entwicklung der Computer- und Telekommunikationstechnik verbunden. ■

³ Die Norm SIA 380/1 (Energie im Hochbau) erschien erstmals im Jahr 1988.

⁴ ILLI Martin: *ibid.*

Architektur und nachhaltige Entwicklung

Nach den Ölkrisen und dem Ende der *Trente Glorieuses* setzte ein gesellschaftlicher Wandel ein, der unter dem Banner der nachhaltigen Entwicklung bekannt wurde: Dieses Ende der 1980er-Jahre entstandene ganzheitliche Konzept, will die Ziele des wirtschaftlichen Wohlstands mit denen des Umweltschutzes in Einklang bringen, ohne die soziale und kulturelle Komponente eines solchen Perspektivenwechsels zu vernachlässigen.¹ Innerhalb einer Generation – von 1990 bis heute – hat sich die Baupraxis grundlegend verändert. Dabei haben sich neue Strömungen der sogenannten «grünen» oder ökologischen Architektur herauskristallisiert, die darauf abzielen, Energie und Ressourcen zu sparen und den ökologischen Fussabdruck von Gebäuden zu begrenzen.

■ High-Tech versus Low-Tech

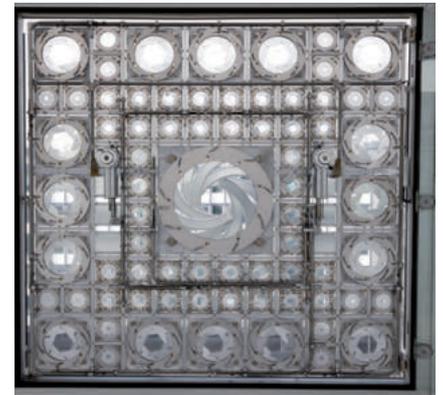
Die Entwicklung der Bauweisen hin zu mehr Nachhaltigkeit und weniger Energieverbrauch wird von zwei Hauptströmungen angetrieben, die man grob als High-Tech und Low-Tech beschreiben könnte. Die erste hat die Entwicklung und Integration von neuen nachhaltigen Technologien als eigenständige architektonische Motive im Visier: Solarfassaden und Dächer, hochentwickelte Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage, die mitunter prominent in Szene gesetzt werden, oder auch «intelligente» und selbstregulierende Sonnenschutzvorrichtungen, um nur einige Beispiele zu nennen. Die Ingenieurwissenschaften nehmen in diesem Ansatz, der vom Streben nach **Effizienz** geprägt ist, eine zentrale Rolle ein. Der britische Architekt Norman Foster und

der Franzose Jean Nouvel gehören zu den wohl bekanntesten Vertretern des High-Tech-Trends.

Am anderen Ende des Spektrums steht der Low-Tech- oder bioklimatische Ansatz, der eine Form der **Bescheidenheit** anstrebt: Er verzichtet auf jede übermässige Technik, während er zugleich einfache und widerstandsfähige Systeme fördert und vor allem erneuerbare Energien nutzt, die direkt vor Ort verfügbar sind (Sonne, Wind, Regen). Zudem stützt er sich auf die Aufwertung einheimischer Bautechniken, die von Natur aus ressourcen- und energiesparend, aber auch besonders gut an das ortsspezifische Klima angepasst sind. Nicht zuletzt setzt dieser Ansatz mehr auf die Intelligenz der Bewohnerinnen und Bewohner als auf die von Maschinen, um den Wärmekomfort und den Energieverbrauch von Gebäuden zu steuern. Der australische Architekt Glenn Murcutt oder das französische Büro Lacaton & Vassal² zählen zu den Verfechtern eines ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Ansatzes, den man als Low-Tech bezeichnen könnte.

■ Hin zu einer Architektur, die baukulturelle und ökologische Werte verbindet?

Man sollte sich hüten, diese beiden Ansätze gegeneinander auszuspielen, denn sie widersprechen sich keineswegs, sondern verfolgen das gleiche Ziel. Oft lassen sie sich sogar effizient kombinieren. Im Bereich von Baudenkmalern scheint jedoch ein Low-Tech-Ansatz für energetische Sanierungen besser geeignet zu sein, da er die vorhandenen lokalen Bedingungen – nicht nur das Klima, sondern auch



Jean Nouvel, Institut du monde arabe, Paris, 1987. Die Südfassade besteht aus 240 verglasten und motorisierten Maschrabiyya, die traditionelle Elemente der arabischen Architektur nachbilden. Fotozellen ermöglichen eine Dosierung des Lichts in Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung. Die Blenden öffnen und schliessen sich je nach Aussenhelligkeit. Zwar handelt es sich hierbei um ein äusserst ausdrucksstarkes HighTech-Gerät, aber es wurde wegen seiner Unzuverlässigkeit kritisiert und musste teuer renoviert werden.

(Quelle: IMA, Foto: Fabrice Cateloy)



Lacaton & Vassal, Wohnhaus Latapie, Floirac, 1993. Eines der ersten «Gewächshaus»-Häuser des Architektenpaars, das für eine Familie mit Minimalbudget gebaut wurde. Ein Holzvolumen definiert einen gedämmten und beheizten Winterraum, der zum Gewächshaus hin offen ist und als ein Wohnbereich des Hauses dient. Dieser ist mit grossen Lüftungsöffnungen ausgestattet, die im Sommer für ein angenehmes Klima sorgen. Dank den beweglichen Fassaden lässt sich das Haus je nach Wunsch und Bedarf nach Licht, Transparenz, Intimität, Schutz oder Belüftung von einem maximal geschlossenen in einen maximal offenen Raum verwandeln.

(Quelle: Lacaton & Vassal, Foto: Philippe Ruault)

¹ In Englisch werden diese «drei Pfeiler» (3P) der nachhaltigen Entwicklung durch die Formel «people, planet, profit» zusammengefasst.

² Die hier genannten Architekten verfolgen ziemlich unterschiedliche Praktiken. Ihnen ist aber gemeinsam, dass sie alle mit dem Pritzker-Preis ausgezeichnet wurden.

die Bausubstanz selbst in ihrer Materialität, inneren Organisation und Funktionsweise – nutzt, statt ihnen mit technischen Verfahren zu begegnen.

Mehr noch: Das ökologische Bauen ist zum Teil dem baulichen Erbe zu verdanken. Es dient als wertvolle Inspirationsquelle in einer Zeit, in der Überlegungen zum sparsamen Umgang mit Ressourcen und Mitteln, zur grauen Energie oder zu einer Produktion in kurzen Kreisläufen immer mehr zu vollwertigen Indikatoren der Nachhaltigkeit werden. Die grosse Rückkehr von Holz als Baumaterial der Zukunft ist auch auf ein kulturelles Substrat zurückzuführen, das insbesondere im Alpenraum seine Verbindung zu den Wurzeln des einheimischen Bauens nicht völlig verloren hatte. Vielleicht wird die Verwendung von Naturstein, der heute noch völlig im Schatten der Produkte aus der Zementindustrie steht, dereinst denselben Weg einschlagen?

Die Energiefrage ist also nicht neu und schon gar nicht fremd im Zusammenhang mit dem Kulturerbe. Sie war schon immer eng mit der Entwicklung der sozialen, baulichen und architektonischen Praxis rund um das Wohnen verbunden. Davon zeugt auch der französische Begriff «foyer» im Sinne eines Heizsystems, aber auch als Synonym für Wohnstätte und Familienhaushalt schlechthin. ■

ZUKUNFTSPERSPEKTIVEN: DIE ENERGIESTRATEGIE DER SCHWEIZ

Die Energiestrategie des Bundes verfolgt mehrere Zielsetzungen, um bis ins Jahr 2050 Klimaneutralität zu erreichen. Es sind dies:

- eine Reduktion des Gesamtverbrauchs des Gebäudeparks um fast 50 % durch Massnahmen im Zusammenhang mit der **Energieeffizienz**¹ (insbesondere die Dämmung von Gebäuden). Die Gebäude machen derzeit 40 % des Gesamtenergieverbrauchs in der Schweiz aus; sie effizienter zu gestalten, ist daher ein echter Hebel.
- eine markante Steigerung des Anteils an **erneuerbaren Energien** (Wärme und Strom zusammengenommen): Aktuell liegt er bei 25 %. Will die Schweiz den Energiebedarf eigenständig decken, müsste dieser Anteil innerhalb von 30 Jahren praktisch verdoppelt werden.²

Die in der Schweiz verfügbaren erneuerbaren Energien sind Biomasse (z. B. Brennholz), Erdwärme, Wasserkraft und Solarenergie. Bis anhin stösst die Windenergie aufgrund ihrer Auswirkungen auf das Landschaftsbild auf erheblichen Widerstand.

Die Energiestrategie setzt konkret auf eine Abkehr von fossilen Brennstoffen und auf einen massiven Ausbau der Solarenergie. Da es in der Schweiz keine grossen unbewohnten Flächen für Photovoltaikanlagen gibt, wird das Potenzial des Gebäudeparks als vorrangig für die Umsetzung betrachtet. Dabei sollen die Gebäude nicht nur Strom für den Eigenbedarf produzieren, sondern auch den starken Verbrauchsanstieg im Bereich der Mobilität absorbieren, der von den Erdöltreibstoffen wegkommen soll.

Die Umsetzung der Energiestrategie ist vor allem bezüglich des Gebäudeparks grösstenteils an die Kantone delegiert. Der gesetzliche Rahmen, der im ersten Kapitel vorgestellt wurde, entwickelt sich rasch weiter, um den politischen Vorgaben und den Erwartungen der Gesellschaft gerecht zu werden. Die administrativen Fördermittel (flexiblere Verfahren für energetische Sanierungen) und wirtschaftlichen Anreize (Subventionen, Steuererleichterungen), die sich daraus ergeben, werden im letzten Kapitel erläutert.

¹ Unserer Ansicht nach nimmt die Energiestrategie zu wenig Rücksicht auf nichttechnische Mittel im Zusammenhang mit der freiwilligen **Suffizienz**. Verschiedene Akteure der Zivilgesellschaft haben auf das damit verbundene grosse Potenzial für Energieeinsparungen hingewiesen. Zu erwähnen sind hier der Verein négaWatt oder die Klimaoffensive Baukultur, die unter anderem vom Schweizer Heimatschutz und von Domus Antiqua Helvetica unterstützt wird (vgl. Adressen).

² Quellen: BFS, Statistik der erneuerbaren Energien, Ausgabe 2020 / BFE, Energieperspektiven 2050+, November 2020.

3. Praktischer Leitfaden

Vademecum zur energetischen Sanierung



Die energetische Sanierung eines historischen Gebäudes bedingt eine umsichtige Begleitung. Ein solches Vorhaben kann nicht nur unter dem Gesichtspunkt einer energetischen Analyse angegangen werden, wie dies häufig der Fall ist. Alte Bauten sind komplex und immer einzigartig und erfordern schon weit im Vorfeld jeder Intervention ein sorgfältiges, multidisziplinäres Vorgehen, das auf das jeweilige Objekt und dessen Situation zugeschnitten ist.

Vor diesem Hintergrund ist es sinnvoll, zunächst einen Architekten (oder eine Architektin) mit anerkannten Kompetenzen im Bereich des baulichen Kulturerbes zu beauftragen. Gewissermassen als «Generalist» übernimmt er die Rolle eines Dirigenten, der den Austausch zwischen allen

beteiligten Akteuren, Instanzen und Fachpersonen in Gang bringt: den für Baukultur und Energie zuständigen kommunalen und kantonalen Behörden, den Ingenieuren, spezialisierten Bauunternehmen, Geldgebern usw.

Er erstellt für und mit seinem Auftraggeber ein Gesamtprojekt, das die Bedürfnisse und Wünsche der Bewohner, die – oft vernachlässigten – Möglichkeiten und Grenzen des Gebäudes selbst und nicht zuletzt den Budgetrahmen berücksichtigt. All diese Faktoren und Einschränkungen sind entscheidend für die Durchführbarkeit des Projekts. Sie müssen zwingend gewichtet werden, damit ein kohärentes und qualitativ hochwertiges Projekt entstehen kann, vor allem im sensiblen Kontext des baulichen Erbes.

Generell gilt, dass diejenigen Eingriffe mit den geringsten baulichen, architektonischen und finanziellen Auswirkungen und dem offensichtlichsten Nutzen für die Umwelt Vorrang vor heikleren Massnahmen haben sollten. Eine mögliche allgemeine Rangfolge der Massnahmen, die aus dieser Analyse- und Planungsphase hervorgehen, könnte wie folgt aussehen:

- den Energieverbrauch intern reduzieren (Energiesparen),
- sich für eine Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien entscheiden,
- Wärmeverluste durch die Gebäudehülle begrenzen (Energieeffizienz).

Dieser letzte Punkt wird im Abschnitt «Wärme sparen» näher ausgeführt.¹

VON WELCHER ENERGIE SPRECHEN WIR?

■ Betriebsenergie und graue Energie

Als **Betriebsenergie** wird die Energie bezeichnet, die für den Betrieb eines Gebäudes und den Komfort seiner Nutzerinnen und Nutzer benötigt wird. Dies betrifft hauptsächlich die Wärmeenergie (Heizung) und die elektrische Energie (Beleuchtung, Belüftung, Haushaltsgeräte usw.). Die Betriebsenergie ist ein ziemlich konkreter, gut verständlicher Begriff. Die Masseinheit dafür ist die **Kilowattstunde** (kWh): Sie entspricht dem Verbrauch eines Geräts mit einer Leistung von 1000 Watt (z. B. Baustrahler) während einer Stunde.

Das Konzept der **grauen Energie** ist komplexer. Sie entspricht der «versteckten» Energie eines Materials oder eines Produkts, das heisst der Energie, die für dessen Herstellung, Transport, Verarbeitung und Entsorgung am Ende der Lebensdauer benötigt wird. Zudem hängt dieser Wert eng mit der Art der verwendeten Energie und ihren Auswirkungen auf die Umwelt zusammen. Damit Vergleiche zwischen verschiedenen Materialien oder Produkten möglich sind, wird die graue Energie daher in **kWh nicht erneuerbarer Primärenergie**² ausgedrückt. Auch die Energieträger selbst – beispielsweise Kohle, Öl oder Holz – enthalten graue Energie, da sie vor ihrer Verwendung abgebaut, verarbeitet und transportiert werden.³

Bei der Sanierung eines bestehenden Gebäudes ist die Frage der grauen Energie nur von begrenzter Bedeutung, ausser es handelt sich um eine umfassende Renovierung, bei der grosse Mengen an Materialien verwendet werden. Hinzu kommt, dass das bauliche Erbe, insbesondere das vorindustrielle, in dieser Hinsicht von Natur aus vorbildlich ist: Da diese Bauten errichtet wurden, bevor die Nutzung von nicht erneuerbaren Energien aufkam, enthalten sie per Definition keine graue Energie.

Dieser Beitrag beschäftigt sich deshalb hauptsächlich mit der **Betriebsenergie** von Gebäuden – Wärme und Strom – und legt das Hauptaugenmerk auf Wärmeinsparungen.

■ Erneuerbare Energien und CO₂-Emissionen

Eine Energie wird als **erneuerbar** bezeichnet, wenn sie durch natürliche Phänomene erzeugt wird, die als unerschöpflich gelten oder deren Erneuerungszyklen relativ kurz sind. Dazu zählen Sonneneinstrahlung (zur Erzeugung von Wärme oder Strom durch Photovoltaik), Wind (Windenergie), Wasser (Wasserkraft), Biomasse (Biogas und Brennholz) und Geothermie. Auch die thermische Verwertung von Abfällen gehört zum Teil in diese Kategorie.

Erneuerbare Energien haben aber nicht nur den Vorteil, dass sie unendlich sind. Sie setzen zudem nur wenig CO₂ frei, da sie nicht auf Verbrennungsvorgängen beruhen. Eine Ausnahme bildet die Biomasse, doch sofern ihre Wiederherstellung (insbesondere das Wachstum der Wälder) gesichert ist, wird das emittierte CO₂ in der Regel durch Photosynthese wieder gebunden.

Umgekehrt wird eine Energie als **nicht erneuerbar** bezeichnet, wenn sie aus endlichen Ressourcen gewonnen wird. Dies gilt vor allem für fossile (Kohle, Öl, Gas) oder nukleare Brennstoffe (Uran).

Das Hauptmerkmal von nicht erneuerbaren Energien besteht darin, dass sie **grosse Mengen an CO₂** freisetzen und somit massgeblich zum Klimawandel beitragen.

Die Kernenergie gilt als nicht erneuerbar, aber kohlenstofffrei – ein ambivalenter Status, der die Debatte über ihre tatsächlichen Umweltauswirkungen stark befeuert. Kurz zusammengefasst: Der Energieverbrauch hängt eng mit dem Ausstoss von Treibhausgasen zusammen, insbesondere wenn es sich um nicht erneuerbare Energien handelt.

² **Primärenergie** bezeichnet eine nicht umgewandelte Energieressource, die der natürlichen Umwelt entzogen wird. **Sekundärenergie** ist eine umgewandelte Energie. Die **Endenergie** schliesslich ist die Energie, die den Verbraucherinnen und Verbrauchern in ihren Gebäuden tatsächlich geliefert wird (Heizung, Strom). Jede Umwandlungsstufe führt zu Verlusten, die beträchtlich sein können. **Der Verbrauch von Endenergie ist deshalb immer mit einem deutlich höheren Verbrauch von Primärenergie verbunden.**

³ Zwei Beispiele: Heizöl – 1,25 kWh graue Energie; Brennholz – ca. 0,10 kWh graue Energie (pro 1 kWh Endenergie). (Quelle: *Ökobilanzdaten im Baubereich*, KBOB 2022)

DIE WÄRMEBILANZ

Am Anfang eines jeden Sanierungsprojekts steht eine umfassende Analyse- und Diagnosephase, zu der auch die Erstellung einer Wärmebilanz gehört. Mit ihr sollen die folgenden Faktoren ermittelt werden:

- der tatsächliche Wärmebedarf (Heizung und Warmwasser),
- der Wärmeverlust durch die Gebäudehülle und den Luftaustausch (Lüftung),
- der interne Wärmegewinn durch Sonneneinstrahlung, Personen oder Geräte.

In gewissen Fällen können die internen Gewinne einen erheblichen Beitrag zur Wärmebilanz leisten (siehe das Beispiel des Château d'Hauteville) und das Gebäude vor aufwendigen Dämmmassnahmen bewahren.

Diese Werte – Bedarf, Verlust und Gewinn – werden auf ein Jahr umgerechnet und auf die sogenannte **Energiebezugsfläche (EBF)** bezogen, die die Fläche aller als beheizt geltenden Räume innerhalb der thermischen Gebäudehülle umfasst. Nachfolgend einige typische Energieverbrauchswerte von Gebäuden nach Baujahr⁴, ausgedrückt in kWh Endenergie pro m² und Jahr:

- 1920–1970 250–200 kWh/m²/Jahr
- 1990–2000 150–100 kWh/m²/Jahr
- nach 2010 ~ 60 kWh/m²/Jahr (Minergie)
- Passivhaus ~ 40 kWh/m²/Jahr (Minergie-P)

Die Energiestrategie des Bundes zielt im Wesentlichen darauf ab, den Verbrauch des gesamten Gebäudeparks auf 60 kWh/m²/Jahr⁵ zu reduzieren, was dem Minergie-Standard entspricht.

Diese Art von Ansatz entspricht dem, was die Norm SIA 380/1 als **Systemnachweis** bezeichnet; er ist besonders interessant bei umfassenden energetischen Sanierungen, da dadurch vor allem bestimmte schwach isolierte Elemente der Gebäudehülle (z. B. die Fassaden) durch eine zusätzliche Dämmung anderer Elemente (z. B. der Dachböden) kompensiert werden können. Dies ermöglicht es, die Eingriffe nach Wirksamkeit, architektonischer Wirkung, Durchführbarkeit und Kosten zu gewichten. Im Kontext des baulichen Kulturerbes ist dieser Ansatz daher zu empfehlen.

Eine weitere Methode ist der sogenannte **Einzelbauteilnachweis**, bei dem nur für die vom Sanierungsprojekt betroffenen Elemente bestimmte Dämmwerte vorgeschrieben werden (z. B. das Dach, wenn der Estrich bewohnbar gemacht wird). Diese Leistungen werden durch den U-Wert oder den *Wärmedurchgangskoeffizienten* ausgedrückt (siehe Abschnitt «Wärme sparen»). Diese Methode ist sowohl einfacher als auch verbindlicher, da die Grenzwerte in der Regel nicht umgangen werden können.

Energieaudits vom Typ GEAK (Kantonaler Gebäudeenergieausweis) verwenden beide Ansätze, um eine umfassende «Energieetikette» zu vergeben, die auch die Art der Wärmeerzeugung (fossile Brennstoffe oder erneuerbare Energien) berücksichtigt. Der GEAK Plus enthält zudem Sanierungsszenarien und Empfehlungen für die Art der Dämmung, die Wahl der technischen Anlagen und eine Gesamtplanung der Arbeiten. Dabei handelt es sich um ein präzises und effizientes Diagnoseinstrument, das aber keinesfalls einem architektonischen Gesamtprojekt entspricht und dieses nicht ersetzen kann.

⁴ Es liegen keine spezifischen Daten zum baulichen Erbe aus der Epoche vor dem Industriezeitalter vor, für das diese Publikation in erster Linie bestimmt ist. (Quellen: BFS / BFE / energie-umwelt.ch)

⁵ Hierbei handelt es sich nur um einen Richtwert: Der Wärmebedarf von Gebäuden muss von Fall zu Fall berechnet werden. Er kann stark variieren, da er unter anderem vom Formfaktor (Fläche der Gebäudehülle bezogen auf die beheizte Fläche oder EBF), aber auch von den lokalen klimatischen Bedingungen (insbesondere der Höhenlage) abhängt.

Suffizienz und Einschränkung



Am einfachsten lässt sich Energie sparen, wenn man bestimmte Räume nicht, weniger oder nur punktuell beheizt. Dadurch wird der Wärmeverbrauch pro Quadratmeter beheizter Fläche *de facto* vermindert. Diese Massnahme, die auf dem gesunden Menschenverstand basiert, hat den grossen Vorteil, dass sie nichts kostet und keine Auswirkungen auf die Erhaltung des Kulturerbes hat.

So einleuchtend sie aber erscheinen mag: sie hat auch einige Tücken. Die Grösse und die innere Organisation der Wohnung müssen so beschaffen sein, dass sich die Bewohnerinnen und Bewohner in den ständig beheizten Bereichen wohlfühlen, während gleichzeitig Pufferräume vorhanden sind, die saisonal (z. B. Veranda) oder punktuell (Treppenhaus, Flure) genutzt werden können.

Dies gilt umso mehr, wenn der betreffende Wohnraum an Dritte vermietet wird: Nicht, weniger und nur punktuell heizen lässt sich mit Blick auf das Mietrecht, das Mindesttemperaturen und eine konstante Beheizung vorschreibt, nur schwer umsetzen, da die Mieterschaft einen Mangel an der Mietsache geltend machen könnte. Generell setzt diese Strategie voraus, dass eine gewisse Komforteinschränkung akzeptiert wird. Die Bewohnerschaft muss persönlich von der Sinnhaftigkeit dieses Ansatzes überzeugt sein.

Seine Wirkung ist denn auch derzeit noch begrenzt. Angesichts des damit verbundenen beträchtlichen Sparpotenzials ist aber davon auszugehen, dass zukünftige technische Entwicklungen eine

feinere Regulierung der Wärme ermöglichen werden, als dies mit heutigen Thermostatventilen der Fall ist (z. B. «intelligente» Ventile, die nur die tatsächlich genutzten Räume heizen). ■

CAUX PALACE: BEWUSSTES ENERGIESPAREN

Das 1902 erbaute Caux Palace war eines der grössten und luxuriösesten Hotels der Belle Epoque. Das auf den Anhöhen von Montreux, mit Blick über den Genfersee gelegene Gebäude wurde nach dem Zweiten Weltkrieg von einer philanthropischen Stiftung erworben und in ein Schulungs- und Seminarzentrum verwandelt, das sich dem Frieden, der fairen Wirtschaft und der nachhaltigen Entwicklung widmet. Seit 15 Jahren wird es einer sanften energetischen Sanierung unterzogen, die sowohl dem aussergewöhnlichen Wert dieses Kulturerbes als auch den Aufgaben der Stiftung gerecht wird. Die wichtigsten Änderungen sind:

- die Abkehr von Heizöl, das durch eine Holz-schnitzelheizung ersetzt wird,
- die Dämmung der 1500 m² grossen Flachdächer, die demnächst mit Solarmodulen ausgestattet werden, die vom Boden aus nicht zu sehen sind.

Da das Gebäude unter Denkmalschutz steht, werden die Fassaden nicht gedämmt. Die oben genannten baulichen Eingriffe sind mit einem ehrgeizigen Energiesparprogramm verbunden, das auf den folgenden Massnahmen beruht:

- Verzicht auf eine Heizung in bestimmten Bereichen, z. B. in Korridoren und Treppenbereichen;
- Einschränkung der Heizperiode – in der Zwischensaison werden in den Zimmern vor allem zusätzliche Decken zur Verfügung gestellt;



- Einsatz von leistungsfähigen Thermostatventilen, Systemen zur Feinregulierung, Durchflussbegrenzern für das Warmwasser sowie Wärmerückgewinnungsanlagen (in Küche und Waschküche);
- bessere Abdichtung von Türen und Fenstern – diese sind noch immer mit ihren originalen Einfachverglasungen ausgestattet und ihre baukulturelle Bedeutung schliesst eine tiefgreifende Renovierung aus;
- kontinuierliche Informations- und Sensibilisierungskampagne für die Bewohnerschaft.

Zusammen haben diese scheinbar bescheidenen Massnahmen eine grosse Wirkung. Am Beispiel dieses Gebäudes mit seinen 200 Zimmern, den fast 1000 Fenstern und über einen Kilometer langen Korridoren zeigt sich, wie kleine Effekte vervielfacht werden und eine spürbare Verbesserung bringen.

(Quelle: AEnEC/EnAW 6/2019, Foto: Adrien Giovannelli / lofC)

Wärmeerzeugung



Die vielleicht wichtigste Entscheidung bei einem Sanierungsvorhaben betrifft die Frage, ob bei der Wärmeerzeugung auf erneuerbare Energien gesetzt werden soll. Streng genommen wird durch diese Wahl keine Energie gespart und oft führt sie auch nicht zu Kosteneinsparungen. Sie ist in erster Linie umweltpolitisch sinnvoll, da sie die Treibhausgasemissionen deutlich reduziert. Zudem sind ihre architektonischen Auswirkungen begrenzt und betreffen in der Regel nur technische Anlagen, die sich meist in weniger wertvollen Räumen befinden. Insofern ist das Verhältnis zwischen Nutzen für die Umwelt und «Kosten» für das Kulturerbe oft sehr gut. Nachfolgend werden verschiedene Arten der Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien erläutert.

HOLZHEIZUNGEN

Es gibt drei grosse Gruppen von Holzheizungen: solche, die mit Stückholz, mit Holzschnitzel (Hackgut) oder mit Pellets befeuert werden. Die Wärmeerzeugung kann zentral über Wärmeverteilssysteme oder dezentral über Öfen erfolgen, die sowohl

Wärme erzeugen als auch verteilen und direkt in den Räumen installiert werden, die sie beheizen.

■ *Stückholz*

Stückholz ist die am wenigsten verarbeitete und wirtschaftlichste Energiequelle. Sinnvollerweise sollte das Holz aus der Region oder besser noch aus den Wäldern des Eigentümers stammen. Die Holzscheite müssen trocken sein, weshalb der Platzbedarf für die Aufbereitung und Lagerung sehr gross sein kann. Die Beschickung des Kessels ist eine weitere wesentliche Einschränkung: Sie kann nur von Hand erfolgen, und zwar mindestens einmal am Tag. Da die Wärme nicht kontinuierlich erzeugt wird, muss zur Regulierung der Verteilung ein Speicher (Warmwasserspeicher) installiert werden. Diese Lösung findet vor allem in landwirtschaftlichen Betrieben mit eigenem Holzbestand Anwendung, wo die mit dieser Heizart verbundenen Anforderungen in den laufenden Betrieb integriert werden können.

■ *Holzschnitzel (Hackgut)*

Holzschnitzel werden aus Frischholz hergestellt, das direkt aus der Forstwirtschaft stammt. Dabei wird der gesamte Baum – Stamm und

Äste – verwendet, was Hackgut zu einem kostengünstigen Brennstoff macht. Allerdings ist sein Heizwert begrenzt und er bedingt ein grosses Lagervolumen. Holzschnitzel werden insbesondere in leistungsfähigen Anlagen (für weitläufige Gebäude oder Anwesen, Fernwärme) eingesetzt. Die Beschickung des Kessels erfolgt automatisch, aber auch hier ist die Wärmeerzeugung nicht kontinuierlich und erfordert einen Warmwasserspeicher, um die Betriebstemperaturen auszugleichen. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, dass das Holz in sehr kurzen Kreisläufen, quasi an der Quelle, genutzt wird.

■ *Pellets*

Pellets sind der am stärksten verarbeitete Energieträger aus Holz. Sie werden aus industriellen Holzresten (aus Sägewerken, Zimmereien und Schreinereien) hergestellt, die erst zu einem Pulver zerkleinert und danach zu kleinen zylindrischen Stäbchen gepresst werden. Die trockenen und verdichteten Pellets haben einen hohen Heizwert, lassen sich leicht transportieren und lagern und ermöglichen eine kontinuierliche und vollautomatische Beschickung des Kessels. Im Hinblick auf ihre einfache Nutzung

■ **Lagervolumen**

In der folgenden Tabelle sind einige ungefähre Lagervolumen und -gewichte sowie der durchschnittliche Heizwert verschiedener Energieträger aus Holz im Vergleich zu Heizöl angegeben.

Bedarf für ein Einfamilienhaus ¹			
	Volumen	Gewicht	Durchschnittlicher Heizwert
• Heizöl	2 m ³	1,7 Tonnen	1 l Heizöl 10 kWh
• Pellets	6 m ³	4,0 Tonnen	1 kg Pellets 5 kWh
• Scheitholz	12 m ³	5,0 Tonnen	1 kg Scheitholz 4 kWh
• Hackschnitzel	24 m ³	6,5 Tonnen	1 kg Hackschnitzel 3 kWh

Logischerweise verhält sich das Lagervolumen umgekehrt proportional zum Heizwert. Dieser Aspekt kann sich auf ein Sanierungsprojekt auswirken: Je nach Wahl des einen oder anderen Energieträgers aus Holz wird die Autonomie eingeschränkt und können die Brennstofflieferungen schwierig werden.

¹ Neubau mit einer Wohnfläche von ca. 200 m², was einem Wärmebedarf von ca. 20.000 kWh entspricht. (Quelle: holzenergie.ch)

sind sie fast mit flüssigen oder gasförmigen fossilen Brennstoffen vergleichbar. Bei modernen, effizienten Pelletheizungen fällt nur sehr wenig Asche an, was zu einem geringen Wartungsaufwand führt. Als Richtwert gilt, dass ein Pelletkessel etwa 4 bis 6 Mal pro Jahr geleert und gereinigt werden muss.

Pellets können leicht transportiert werden. Deshalb sollte man darauf achten, wo sie hergestellt werden, und sich für eine regionale oder nationale Produktion entscheiden, da sonst der Umweltnutzen geschmälert wird.

Sägespäne und Sägemehl können auch zu Briketts in der Grösse eines Holzscheits verdichtet werden. Diese werden mit demselben Pressverfahren wie Pellets hergestellt und zeichnen sich ebenfalls durch einen

hohen Heizwert aus. Allerdings müssen sie ebenso wie Stückholz von Hand in den Kessel eingelegt werden. Dieses System ist zumindest in der Schweiz relativ selten.

WÄRMEPUMPEN

Wärmepumpen sind Anlagen, die der Umgebung über die Kompression und Expansion von Gas Wärme entziehen – ein Mechanismus, der demjenigen eines Kühlschranks ähnelt. Im Unterschied zu Letzterem geben Wärmepumpen die Kälte aber an die Umgebung ab und führen die Wärme dem Gebäudeinneren zu. Wärmepumpen werden mit einem elektrischen Kompressor betrieben. Ihr Wirkungsgrad hängt eng mit der externen Wärmequelle zusammen, die Luft, Wasser oder Erdreich sein kann. Ebenso ist er

mit der Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Betriebstemperatur des Verteilsystems verknüpft: Je geringer diese Differenz ist, desto höher ist der Wirkungsgrad. Ausgedrückt wird der Wirkungsgrad durch den **Leistungskoeffizienten (COP)**, der für eine bestimmte Temperaturdifferenz das Verhältnis zwischen der verbrauchten Elektrizität und der produzierten Wärme angibt. Beispielsweise erzeugt eine Wärmepumpe mit einem COP von 3,0 mit 1 kWh Strom 3 kWh Wärme; sie liefert also sozusagen kostenlos zusätzliche 2 kWh. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass der Stromverbrauch von Wärmepumpen alles andere als vernachlässigbar ist, ebenso wie die damit verbundenen Betriebskosten.

Der COP sollte grundsätzlich nicht weniger als 3,0 betragen, da sonst der Umweltnutzen gering ist und die Kosten zu hoch sind, zumindest wenn man den Strom aus dem Netz bezieht. Wärmepumpen sind besonders interessant, wenn sie mit der Erzeugung von erneuerbarem Strom gekoppelt sind, der vor Ort selbst verbraucht wird, typischerweise mittels Solaranlagen.²

Der Vorteil einer Wärmepumpe liegt auch darin, dass ihr Betrieb umgekehrt und im Sommer zur Kühlung genutzt werden kann; solche Anlagen erfordern jedoch eine Bewilligung mit Bedarfsnachweis. Nicht zuletzt ermöglichen sie in manchen Fällen die Einspeisung von überschüssiger Wärme im Sommer in einen saisonalen Speicher (typischerweise im Boden), die dann im Winter wieder bezogen werden kann.³

² Strom aus dem Netz – 2,00 kWh graue Energie; am Standort erzeugter Solarstrom – 0,15 kWh graue Energie (pro 1 kWh Endenergie). (Quelle: Ökobilanzdaten im Baubereich, KBOB 2022)

³ Siehe das Beispiel Latsch in Graubünden (Kapitel «Vorbildliche Bauten»)

■ *Wärme aus der Luft*

Das einfachste Modell ist die **Luft/Luft-Wärmepumpe**⁴, die der Aussenluft Wärme entzieht und warme Luft in den Innenraum leitet. Ihr Wirkungsgrad ist gering – zum einen, weil Luft ein schlechter Wärmeträger ist, und zum anderen, weil die Temperaturdifferenz zwischen Energiequelle und erzeugter Wärme gross ist: Mitten im Winter kann die Temperatur der Aussenluft unter dem Gefrierpunkt liegen, während genau dann der Wärmebedarf in den Innenräumen hoch ist. Der COP, der im Jahresdurchschnitt bei 2,0 bis 3,0 liegt, kann dann auf 1,5 oder gar gegen 1,0 sinken, womit die Luft/Luft-Wärmepumpe faktisch zu einer Elektroheizung wird (1 kWh Stromverbrauch für 1 kWh erzeugte Wärme). Der Vorteil dieses Modells liegt aber darin, dass die Aussenluft als unerschöpfliche Ressource gilt und ihre Nutzung in der Regel keine Bewilligung erfordert.

Luft/Wasser-Wärmepumpen haben die gleichen Eigenschaften wie das Luft/Luft-Modell, bieten aber einen etwas besseren Wirkungsgrad (COP).

■ *Wärme aus dem Erdreich*

Sole/Wasser- oder geothermische Wärmepumpen nutzen die Erdwärme. Ab einer Tiefe von 10 m ist die Temperatur des Bodens das ganze Jahr über stabil, wobei sie alle 100 m um rund 3 Grad steigt.

Die Wärmeengewinnung kann über horizontale Erdkollektoren erfolgen, die in einer Tiefe von 1 bis 1,5 m verlegt werden (Erdregister); dafür muss allerdings eine relativ grosse Fläche

zur Verfügung stehen. Eine weitere Möglichkeit sind sogenannte Erdsonden, die tief in die Erde eingelassen werden (100 bis 300 m). Sie haben einen hervorragenden Wirkungsgrad, aber die Installationskosten sind relativ hoch. Dieses System ist aufgrund des geringen Platzbedarfs heute am weitesten verbreitet. Es gibt auch Anlagen in mittlerer Tiefe (2 bis 5 m), die direkt in das Fundament integriert werden:

Energiepfähle, Schlitzwände oder Erdwärmekörbe. Sie sind somit naturgemäss eher Neubauten vorbehalten.

Der COP einer Sole/Wasser-Wärmepumpe liegt im Jahresdurchschnitt bei etwa 4,0.

■ *Wärme aus dem Wasser*

Die letzte Umweltwärmequelle ist Wasser, das als unterirdisches (Grundwasser), oberirdisches (See oder Fluss) oder Abwasser genutzt werden kann. Grundwasser ist über das ganze Jahr hinweg eine stabile und konstante Wärmequelle, während Oberflächenwasser den Wetterbedingungen unterliegt.

Wasser/Wasser-Wärmepumpen weisen mit einem COP-Wert von über 4,5 den höchsten Wirkungsgrad auf. Sie werden von Privatpersonen aber nur selten genutzt und bleiben häufig Grossanlagen vorbehalten (z. B. jene des Universitätscampus in Lausanne, die Wasser aus der Tiefe des Genfersees pumpt).

■ *Andere Wärmequellen*

Fernwärmenetze (FWN) sind ebenfalls eine gute Lösung, auf

die viele öffentliche Gemeinwesen zurückgreifen. Ländliche Gemeinden finden so Absatzmärkte für Holz aus ihren Wäldern, das als Hackschnitzel in leistungsfähigen Anlagen verbrannt wird, während städtische Gemeinden von der thermischen Verwertung von Haushalts- und Industrieabfällen profitieren können. In all diesen Fällen handelt es sich um anerkannte erneuerbare Energien.

Bei **Biogas** ist die Sachlage weniger eindeutig. Zwar wird dieser Energieträger aus der Verwertung von Abfällen (Landwirtschaft und Haushalt) gewonnen, aber nicht alle Kantone anerkennen seinen erneuerbaren Charakter. Biogas stellt allerdings eine interessante Alternative zu Erdgas dar, das als Kohlenwasserstoff-Gasgemisch unbestrittenermassen nicht erneuerbar ist. So oder so ist der Markt für Biogas eher klein, es gibt nur wenige Anbieter und die Preise sind trotz der lokalen Herkunft der Ressource sehr hoch. Es darf jedoch davon ausgegangen werden, dass sich dieser Markt in Zukunft weiterentwickeln wird.

■ *Betriebstemperaturen*

Die durch Verbrennung (Holz, Fernwärme, Biogas) erzielten Temperaturen sind relativ hoch – in der Grössenordnung von 50 bis 70 Grad im hydraulischen Kreislauf. Sie ermöglichen die Erzeugung von Warmwasser und die Versorgung aller Arten von Verteilsystemen: Radiatoren und Konvektoren, Boden- oder gar Warmluftheizung.

⁴ Der erste Begriff bezeichnet das äussere Medium, dem die Wärme entzogen wird, der zweite den inneren Wärmeträger.

Im Gegensatz dazu sind Wärmepumpen bei relativ niedrigen Betriebstemperaturen (im Bereich von 30 bis 35 Grad im hydraulischen Verteilsystem) sehr effizient, was sie primär für Bodenheizungen prädestiniert. Die Erzeugung von Warmwasser oder die Versorgung von Radiatoren ist zwar möglich, führt aber zu einer deutlichen Verringerung des Wirkungsgrades.

WÄRMEVERTEILUNG

Wie bereits erwähnt, sind die meisten bestehenden Zentralheizungen an ein hydraulisches Verteilsystem gekoppelt und verteilen die Wärme über **Radiatoren oder Heizkörper**. Das ist ein einfaches und bewährtes System, das oft auch dann beibehalten werden sollte, wenn die Art der Wärmeerzeugung geändert wird. Die Vorteile von Radiatoren sind ihre hohe Effizienz bei geringem Platzbedarf und die kurze Reaktionszeit auf Schwankungen der Aussentemperatur. Sie sind für allfällige Reparaturen leicht zugänglich und der Wartungsaufwand ist sehr gering. Die Lebensdauer eines gusseisernen Heizkörpers beträgt leicht hundert Jahre.

Die andere grosse Gruppe von hydraulischen Verteilsystemen sind **Bodenheizungen**. Aufgrund ihrer tieferen Betriebstemperatur benötigen sie eine grössere Verteilfläche (grundsätzlich den gesamten betroffenen Raum). Zudem erfordert das Verlegen der Rohrschlangen den kompletten Ausbau des Bodens,

was in einem denkmalgeschützten Kontext nicht immer möglich ist. Hinzu kommt, dass eine Bodenheizung nicht für alle Arten von Bodenbelägen geeignet ist. Je nach Dicke haben beispielsweise Massivholzböden eine isolierende Wirkung, was die Wärmeabgabe behindern kann. Bodenheizungen sind sehr träge und heizen nur langsam auf, ganz im Gegensatz zu Radiatoren. Ihre Unsichtbarkeit ist ihr grösster Vorteil, aber auch ihre grösste Schwäche: Die Installation muss einwandfrei ausgeführt werden, um undichte Stellen zu vermeiden, die erhebliche Schäden verursachen können.

Es sei darauf hingewiesen, dass solche Rohrschlangen auch in Wände oder gar Decken eingebaut werden können. Boden-, Wand- und Deckenheizungen sind alle eine relativ neue Entwicklung, die vor allem durch die Begeisterung für Wärmepumpen vorangetrieben wurde, mit denen sie sich technisch ideal kombinieren lassen.

Nicht zuletzt kann die Wärme auch direkt am Ort ihrer Erzeugung abgegeben werden, ohne hydraulischen Kreislauf: Das Paradebeispiel dafür ist der **Holzofen**, der als Konvektions- oder Strahlungsofen funktioniert. Letzterer wird auch als Speicherofen bezeichnet und ist in der Schweiz traditionell als gemauerter Ofen, Kachelofen oder in den südlichen Alpen als Specksteinofen bekannt.¹

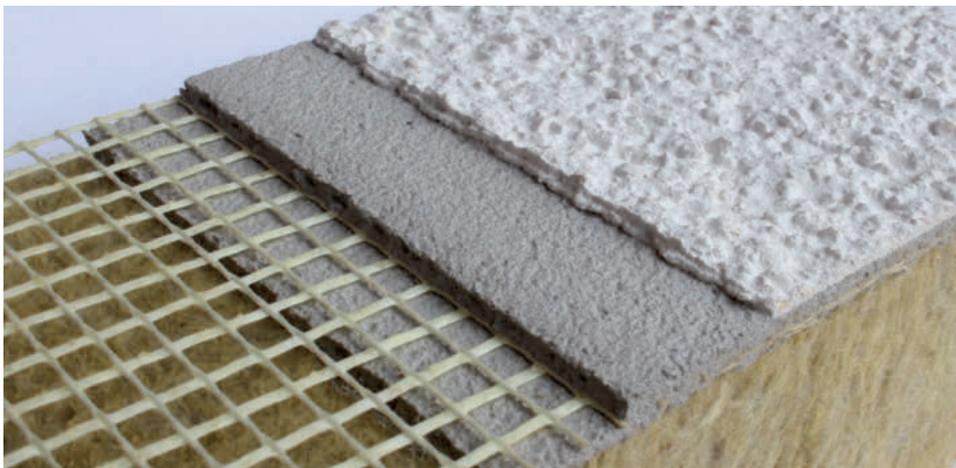
Der Wirkungsgrad dieser Öfen ist

hervorragend: Ein Feuer von ein paar Stunden ist ausreichend, um den ganzen Tag zu heizen, dies im Gegensatz zu Öfen ohne Speichermasse (z. B. aus Gusseisen), die die Wärme sofort abgeben und bei denen deshalb regelmässig Brennmaterial nachgelegt werden muss. Holzöfen können manuell oder dank Pellets nun auch automatisch bestückt werden.

Obwohl ihre Bedienung umständlich ist, erleben sie heute ein Revival, das von ökologischen Überlegungen und einer gewissen Sehnsucht nach Einfachheit und Authentizität beflügelt wird. Bei alten Häusern, die oft über einen solchen Ofen verfügen, lohnt es sich, sie in das moderne Energiekonzept einzubeziehen (siehe Kasten über das Haus aus Matten). ■

¹ Vgl. Bulletin Domus Nr. 61 (5/2015), das dem Thema historische Öfen gewidmet ist.

Wärmeeinsparung



Nachfolgend beschäftigen wir uns mit den Möglichkeiten, den Energieverbrauch zu reduzieren, der durch den Gebäudebetrieb anfällt. Konkret geht es dabei darum, den Transmissionswärmeverlust – den Verlust also, der auf der Wärmeleitung durch die Gebäudehülle beruht – und den Wärmeverlust durch den Luftaustausch zu begrenzen. Massnahmen dazu sind einerseits eine Erhöhung des Wärmedämmwertes von Wänden oder Fenstern und andererseits eine Abdichtung der Gebäudehülle. Die baulichen und architektonischen Auswirkungen solcher Eingriffe sind naturgemäss erheblich. Zudem sind sowohl das Dämmen als auch das Abdichten der Gebäudehülle **untrennbar mit der Bauphysik verbunden**, insbesondere hinsichtlich der Luftfeuchtigkeit in den Räumen, der Dampfdiffusion und der Kondensation. Die Veränderung hygrothermischer Gleichgewichte, die sich über Jahre etabliert haben, birgt immer Risiken, und jeder Einzelfall erfordert eine spezifische Untersuchung und eine Abwägung der auf dem Spiel stehenden Interessen.

Mit diesen Abklärungen muss unbedingt ein kompetentes Team beauftragt werden, das mindestens eine Fachperson für Wärmetechnik und Bauphysik umfasst. Schliesslich geht es um die Gesundheit und die Lebensdauer der betroffenen Gebäude.

DÄMMSTOFFE, DIE FÜR HISTORISCHE BAUTEN GEEIGNET SIND

Es gibt eine sehr breite Auswahl an Dämmstoffen, die Architekten und Bauherrschaften oft vor schwierige Entscheidungen stellen.

Wir schliessen synthetische Dämmstoffe wie expandiertes Polystyrol (EPS, auch bekannt unter dem Handelsnamen Sagex), extrudiertes Polystyrol (XPS) und Polyurethan (PU) von vornherein aus. Zum einen handelt es sich dabei um erdölbasierte Dämmstoffe und ihr tatsächlicher Beitrag zum Übergang in eine CO₂-freie Welt ist insofern umstritten. Zum anderen sind sie in Denkmalschutzkreisen allgemein verpönt. Deren Vertretern zufolge fehlt es diesen Materialien an den erforderlichen sensorischen Qualitäten für eine Integration in historische Bauten, die durch natürliche

und als «edler» oder «authentischer» geltende Materialien gekennzeichnet sind. Aufgrund ihrer niedrigen Kosten und ihrer effektiven Dämmleistung sind sie für Bauunternehmen aber dennoch eine beliebte Option.

Wir konzentrieren uns hier auf «klassische» mineralische Dämmstoffe sowie auf neue biobasierte Materialien, die aufgrund von ökologischen Überlegungen auf grosses Interesse stossen. Dazu zählen etwa Holzfasern, Zellulosewolle, Hanf, Kork, Flachs und Schafwolle.

Laut einer weit verbreiteten Praxis sollen mineralische Strukturen (Mauerwerk) mit mineralischen Stoffen gedämmt werden, während Holzkonstruktionen (Dachstühle) mit Pflanzenfasern zu dämmen seien, um eine gewisse materielle Kontinuität zu gewährleisten. Allerdings gibt es keinen wissenschaftlichen Konsens in dieser Hinsicht und jeder Fall muss einzeln betrachtet werden.

■ **Selbsttragende Dämmschichten**
Selbsttragende Dämmschichten können ohne Stützkonstruktion montiert werden. Die verwendeten Materialien sind vor allem **Wärmedämmsteine**, die mit luftgefüllten Poren oder Glaswolle

versehen sind, **Porenbeton**, ein poröses, mitteldichtes Material, und Schaumglasplatten mit geschlossenen Poren. Ihre Dämmleistung ist etwas geringer als jene von Leichtbaustoffen, aber aufgrund ihrer höheren mechanischen Festigkeit werden sie häufig zur Sanierung von klassischem Mauerwerk genutzt, typischerweise bei Feuchtigkeitsrisiken.

■ **Fasermatten und Platten**

Faserplatten haben sich seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts stark weiterentwickelt. Sie bestehen aus mineralischen Stoffen wie **Glasfasern** und Steinwolle, aber auch aus pflanzlichen (**Holzfasern**, Hanf- und Flachswolle usw.) oder tierischen Materialien (**Schafwolle** hat einen bemerkenswerten Aufschwung erlebt). Je nach Dichte werden sie entweder als weiche Matten oder halbsteife Platten angeboten, die im Wesentlichen als Unterdeckung für Dächer und als Putzträgerplatten für Fassaden verwendet werden. Sie sind in der Regel nicht selbsttragend und benötigen ein Stützgerüst aus Holz oder dünnen Metallprofilen.

■ **Eingeblasene Materialien (Flocken)**

Zu den Flockdämmstoffen zählt vor allem **Zellstoffwatte**, die durch Schreddern von Altpapier gewonnen wird. Zusammen mit Pflanzenfasern ist dies einer der am wenigsten verarbeiteten und daher umweltfreundlichsten Dämmstoffe (geringe graue Energie). Zudem eignet sich Zellstoffwatte besonders gut zum Dämmen von alten Dachstühlen mit ihrer oft komplexen und unregelmässigen Geometrie, weil sie in die Zwischenräume eingeblasen und nicht wie Faserdämmstoffe zugeschnitten wird. Da dieses Material keinen eigenen Halt hat, wird es immer in Hohlräume oder

Auskleidungen eingebracht, die bereits vorhanden sind (z. B. Spalt zwischen den Balken eines Fussbodens) oder neu geschaffen werden.

■ **Schüttgut**

Es gibt verschiedene Schüttmaterialien, die entweder pflanzlichen Ursprungs sind, wie etwa **Korkgranulat** und Hanffasern, oder rein mineralisch zusammengesetzt sind, beispielsweise **Schaumglasgranulat**, Perlit, Vermiculit und Blähton. Die gängigen Korngrößen reichen ungefähr von 5 bis 50 mm. Sie eignen sich typischerweise zur Dämmung von Böden gegen das Erdreich und dienen auch als Zuschlagstoffe für die Herstellung von dämmenden Mörteln. Polystyrolkugeln erfüllen denselben Zweck; wir schliessen sie aber aus den oben genannten Gründen mit Absicht aus.

■ **Wärmedämmputze**

Wärmedämmputze werden mit dem gleichen Typ von losen Zuschlagstoffen hergestellt, nur in einer feineren Körnung. Da es sich um halbisolierende, halbsteife Verbundstoffe handelt, ist ihr Lambda-Wert etwa 1,5-mal höher als derjenige eines herkömmlichen Dämmstoffs (**0,06** statt **0,04**), und ihre mechanische Festigkeit ist im Vergleich zu einem herkömmlichen Putz geringer. Dies muss bei der Anwendung berücksichtigt werden, ist aber nicht überall möglich oder erwünscht.

■ **Silica-Aerogele**

Aerogele sind Materialien mit einer ultrahohen Isolierleistung, die Luft enthalten, die in einem Siliziumdioxid-Gerüst eingeschlossen ist. Es handelt sich also um Verbundwerkstoffe mit einem Feststoffanteil, der mineralischer Herkunft ist. Ursprünglich wurden Aerogele für höchst spezifische Anwen-

dungen wie die Weltraumforschung entwickelt; inzwischen werden sie aber auch im Bauwesen kommerziell genutzt. Sie können als Zuschlagstoffe in hochdämmenden Putzen oder in Kombination mit Strukturfasern in flexiblen Matten oder steifen Platten verwendet werden, die herkömmlich verbaut werden. Aufgrund ihrer sehr geringen Wärmeleitfähigkeit (der Lambda-Wert liegt bei etwa **0,02** und ist damit nur halb so hoch wie bei konventionellen Dämmstoffen und dreimal weniger hoch als bei Standard-Wärmedämmputzen) kann mit viel dünneren Schichten die gleiche Leistung erzielt werden. Ihr Preis ist derzeit noch hoch, aber die steigende Nachfrage dürfte zu sinkenden Kosten führen.

DÄMMUNG DER GEBÄUDEHÜLLE: MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN

Wie bereits betont, müssen für jedes energetische Sanierungsprojekt eine detaillierte Wärmebilanz und eine strukturierte Interventionsstrategie erstellt werden, um die energetischen, architektonischen und finanziellen Herausforderungen zu gewichten und an der richtigen Stelle mit den richtigen Mitteln einzugreifen. Generell könnte die Reihenfolge der Prioritäten für das Dämmen von historischen Bauten jedoch wie folgt aussehen, angefangen mit den Massnahmen, die die geringsten architektonischen Auswirkungen haben und am effizientesten sind:

- Estrichboden dämmen¹
- Böden gegen das Erdreich oder den Keller dämmen
- Wenn der Estrich beheizt ist, Dach dämmen²
- Fenster sanieren
- Fassaden dämmen (letzte Option)

¹ Sofern der Estrich unbeheizt ist.

² Es kann sinnvoll sein, über die empfohlenen Schwellenwerte hinauszugehen, um andere Elemente zu schonen, bei denen Eingriffe einschneidender sind (Fassaden, Fenster).

NÜTZLICHE BEGRIFFE AUS DER BAUPHYSIK

■ *Lambda-Wert λ und U-Wert*

Diese beiden Werte sind im Zusammenhang mit Dämmung und Isolation besonders wichtig.

Der **Lambda-Wert** λ beschreibt die Wärmeleitfähigkeit eines Baustoffs; er wird in Watt pro Meter mal Kelvin (W/mK) ausgedrückt. Dabei handelt es sich um einen intrinsischen physikalischen Wert, der in abstracto angegeben wird, ohne die tatsächliche Dicke des Materials zu berücksichtigen. Je kleiner dieser Wert ist, desto besser ist die Dämmwirkung des Baustoffs. Zur Veranschaulichung sind hier einige Richtwerte für gängige Bauprodukte aufgeführt:

- Holz 0,15 W/mK
- Backstein 0,30 W/mK
- Beton 2,00 W/mK
- Hartgestein 3,00 W/mK

- Dämmstoffe **0,04** W/mK (leichte Materialien wie Holz- oder Glasfasern)
- Aerogele 0,02 W/mK

Generell gilt: Je leichter das Material ist und je mehr Luft es enthält, desto besser isoliert es. Umgekehrt sind dichte Materialien schlechte Dämmstoffe. Holz alleine ist beispielsweise ziemlich gut (nur dreimal schlechter als ein Dämmstoff im eigentlichen Sinne), im Gegensatz zu Beton (50-mal schlechter als ein Dämmstoff).

Wenn man die Leistung eines **Bauhüllenelements** beschreiben will, verwendet man den **U-Wert** oder Wärmedurchgangskoeffizienten, der in Watt pro Quadratmeter und pro Grad Kelvin Temperaturdifferenz (W/m²K) angegeben wird. Er beschreibt den Wärmeverlust einer Wand oder eines Daches. Im Gegensatz zum Lambda-Wert berücksichtigt der U-Wert die tatsächliche Dicke der verwendeten Materialien. Auch hier gilt: je niedriger der U-Wert, desto besser die Dämmleistung des Elements.

Zu beachten ist, dass der U-Wert in einem logarithmischen und nicht in einem linearen Verhältnis zur Dicke des jeweiligen Materials steht. Auf gut Deutsch: Die ersten paar Zentimeter Dämmstoff sind sehr effektiv, um den U-Wert zu senken, aber mit zunehmender Dicke des Materials nimmt der U-Wert immer weniger ab. Um die heutigen Leistungsstandards zu

erreichen, müssen rund 20 cm Dämmstoff verwendet werden (bei einem $\lambda = 0,04$).

■ *Hier einige typische U-Werte für gängige Bauhüllenelemente:*

Alte Gebäude ohne Isolation

- Bruchsteinwand, 60 cm 1,20 W/m²K
- Blockwand, 15 cm 1,00 W/m²K
- Fenster mit Einfachverglasung, 3 mm 5,00 W/m²K

Geforderte Werte bei Umbauten gemäss Norm SIA 380/1 (2016):

- opake Bauteile (Mauern oder Dach) 0,25 W/m²K
- Fenster und Fenstertüren 1,00 W/m²K

Wie man sieht, liegen die aktuellen Vorgaben weit unter den Werten von alten Gebäuden, sofern man den Wärmeverlust als einziges Analysekriterium betrachtet: Sie sind fast fünfmal höher als die U-Werte, die die Norm vorsieht und die heute technisch möglich sind (1,20 versus 0,25 W/m²K für Wände, 5,00 versus 1,00 W/m²K für Fenster).

Ausserdem muss man sich von der gängigen Meinung verabschieden, Bruchsteinwände würden die Wärme bewahren. Sie isolieren nämlich trotz ihrer grossen Dicke nicht (wirklich) gut.

■ *Wärmebrücken und Oberflächentemperatur*

Wärmebrücken – oder Kältebrücken, wie man sie oft auch nennt – treten dort auf, wo die Dämmung nicht durchgehend ist, beispielsweise bei Strukturelementen (Balken), bei inneren Teilungen und vorspringenden Elementen (Balkone, Lukarnen). Da sie Unterschiede in der Oberflächentemperatur verursachen, besteht auch ein erhöhtes Risiko der Kondensation und der Beschädigung der betreffenden Bauteile.

Die **Oberflächentemperatur** eines Gebäudeelements spielt ebenfalls eine wichtige Rolle für den Komfort. Eine kalte Wand oder ein schlecht isoliertes Fenster in einem auf 20 Grad geheizten Raum führen zu einer Temperaturasymmetrie, auf die der Mensch sehr empfindlich reagiert. Traditionell dienten Wandbehänge oder Innenverkleidungen oft dazu, diese unangenehme «Kältestrahlung» zu unterbinden. Modernes

Dämmmaterial verhindert nicht nur Wärmeverluste nach aussen, sondern erhöht auch die Oberflächentemperatur und damit die empfundene Behaglichkeit.

■ **Wasserdampfdiffusion und Taupunkt**

Die **Wasserdampfdiffusion** muss von innen nach aussen gewährleistet sein, um damit verbundene Kondensationsprobleme zu vermeiden, vor allem eine Schädigung des Materials durch Pilzbefall (Schimmel und Fäulnis). In der Regel bestehen isolierende Verbundmaterialien aus Schichten, die innen relativ dicht sind und nach aussen hin immer durchlässiger werden. Die letzte äussere Schicht muss sowohl regensicher als auch diffusionsoffen sein (Beispiel: Unterdachkonstruktion, hinterlüftete Putzfassade oder Fassadenverkleidung).

Der **Taupunkt** bezeichnet in einem Bauhüllenelement den Bereich, in dem Wasserdampf kondensiert. Er variiert stark in Abhängigkeit von der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit. Aussendämmungen bewirken im Allgemeinen, dass der Taupunkt näher an der Aussenseite liegt, was sich positiv auf den Schutz der Bausubstanz auswirken kann (typischerweise die Balkenköpfe der Zwischendecken). Umgekehrt können Innendämmungen oder Dämmungen im Bereich der strukturellen Elemente (zwischen den Dachsparren) das Risiko einer Kondensation erhöhen.

■ **Estrichboden dämmen**

Der Estrichboden lässt sich relativ einfach dämmen, zumal bauphysikalische Aspekte zwischen beheizten und unbeheizten Räumen – deren Innenklima relativ stabil ist – weniger problematisch sind als zwischen beheizten Räumen und dem Aussenklima, das den Wetterschwankungen unterliegt. Sehr oft kann der Raum zwischen den Balken des Estrichbodens genutzt werden, zum Beispiel für eine Füllung mit Zellulosewatte oder weichen Fasermatten. Einige Estriche weisen wertvolle Bodenbeläge auf (Massivholzdielen, Tonplatten), die erhalten oder zumindest sorgfältig aus- und wieder eingebaut werden sollten.

■ **Böden gegen das Erdreich oder den Keller dämmen**

Im Erdgeschoss können die Böden manchmal relativ einfach von unten gedämmt werden (wenn sie über Kellern liegen). Bei gewölbten Decken ist dies natürlich schwieriger.

Wenn das Erdgeschoss nicht unterkellert ist, müssen die Bodenbeläge entfernt und ein Teil des Bodens ausgehoben werden. Das sind relativ invasive Eingriffe in die Bausubstanz, die nicht einzig aus Gründen der energetischen Sanierung vorgenommen werden sollten. Häufig machen aber andere Probleme wie etwa Feuchtigkeit im Sockelbereich solche Arbeiten nötig. Dann bietet es sich an, diese Gelegenheit zum Dämmen zu nutzen. Neben den üblicherweise verwendeten synthetischen Dämmstoffen ist Schaumglas ein bevorzugtes Material, sei es in Form von Platten oder Zuschlägen, die drainierend und feuchtigkeitsresistent sind. Faserdämmstoffe sind an dieser Stelle nicht geeignet.

■ **Dach dämmen**

Die Dämmung eines Daches ist nicht allzu kompliziert, vorausgesetzt, die Geometrie ist relativ einfach. Es gibt mehrere Möglichkeiten, je nachdem, ob die Dämmung innerhalb der Dachkonstruktion (zwischen den Sparren) oder ausserhalb (auf den Sparren) angebracht wird.

Dämmungen zwischen den Sparren haben den Vorteil, dass sie die Geometrie des Daches nicht verändern.

In einigen Fällen können sie sogar von innen durchgeführt werden, ohne Gerüste und ohne dass die Dachhaut entfernt werden muss. Allerdings sind solche Eingriffe aus bauphysikalischer Sicht heikel: Einerseits wird dabei ein Teil des Tragwerks (die Sparren in einem Holz-Dachstuhl) in den Dämmstoffkomplex eingepackt und die Dampfdiffusion nach aussen muss gewährleistet sein, da sonst Fäulnis droht. Andererseits kann die Abdichtung der Elemente, die die Dämmebene durchqueren, schwierig sein (z. B. Hauptträger des Dachstuhls, Schornstein usw.). Schliesslich handelt es sich naturgemäss um diskontinuierliche Dämmungen, die zur Vermeidung von Kältebrücken und den damit verbundenen Kondensationsrisiken eine zusätzliche Dämmschicht erfordern, die innerhalb oder ausserhalb des Sparrenwerks angebracht werden muss. In diesem Fall kann die Dämmschicht mit einem Unterdach kombiniert werden, das die Dämmung vor Regenwasser schützt.

Dämmungen auf den Sparren haben zahlreiche Vorzüge, aber auch Nachteile: Sie erfordern zwangsläufig die Entfernung und Wiederherstellung der ursprünglichen Dacheindeckung sowie umfangreiche Begleitarbeiten (Gerüste, Erneuerung der Spenglerarbeiten, Anpassung der Dachdurch-

brüche usw.); zudem verändern sie die Dachgeometrie, indem sie das Dach rund 20 bis 30 cm dicker machen. Dafür haben sie den grossen Vorteil, dass sie durchgehend und damit viel einfacher zu installieren sind und aus bauphysikalischer Sicht keine grossen Risiken bergen. In vielen Fällen kann eine sorgfältige Detaillierung der Traufe (Spenglerarbeiten, Stirnbrett) oder ein Dachknick¹ am unteren Dachrand den zusätzlichen Dachaufbau kaschieren.

■ *Aussendämmung der Fassaden*

Die Aussendämmung – oder Perimeterdämmung – hat klare Vorteile: Im Unterschied zur Innendämmung bringt sie keinen Verlust an Nutzfläche mit sich und vermeidet Kältebrücken an inneren Teilungen, Böden und Trennwänden. Zudem bewahrt sie die Wärmeträgheit von Mauerwerken, was der thermischen Behaglichkeit im Sommer zugute kommt (passive Kühlung durch «Kältespeicherung» in den Mauern).

Dennoch ist eine Aussendämmung bei historisch wertvollen Bauten faktisch so gut wie nie möglich. Viele Fassaden weisen vorspringende Elemente – Rahmen, Gesimse, Fensterbänke – oder gemalte Verzierungen auf, die nicht unter einer Hülle verschwinden dürfen, so sorgfältig detailliert diese auch sein mag. In gewissen Fällen ist das Auftragen von Dämmputz auf die Grundflächen der Fassade eine Option: Trotz seiner begrenzten Dicke von rund 3 cm ermöglicht er eine spürbare Verbesserung des Dämmwertes des Mauerwerks, ohne das Kulturerbe in grösserem Masse zu beeinträchtigen.

Bei einigen Gebäuden, die keine besondere Gestaltung der Fassaden

aufweisen, beispielsweise bei ländlichen Nebengebäuden oder in Hinterhöfen von städtischen Bauten², ist eine Aussendämmung vorstellbar. Diese Lösung sollte aber nie auf Kosten der historischen Substanz gewählt werden: Die Fassadenoberflächen – ob Verzierungen im eigentlichen Sinne oder einfacher alter Putz – bilden die empfindliche Haut eines Gebäudes und die Sanierung darf nicht zu ihrem Verlust führen.

■ *Innendämmung*

Auch die Innendämmung von Fassaden ist sehr schwierig umzusetzen. Sie ist bauphysikalisch weniger günstig (problematisch bezüglich Wärmebrücken und Abdichtung, Verschiebung des Taupunkts nach innen, Verlust der Wärmeträgheit der Gebäudehülle) und erfordert invasive Eingriffe, die zudem die Nutzfläche verkleinern. Ähnlich wie das Fassadenäussere stellen auch im Innenbereich hochwertige originale Elemente wie Holzverkleidungen, Zierleisten, Tapeten usw. ein Hindernis dar.

Manchmal kann der Zwischenraum zwischen Täfelungen und Mauerwerk mit Granulat oder Faserflocken ausgeblasen werden – natürlich vorbehaltlich einer detaillierten Bewertung der hygrothermischen Risiken. Die dünnen und besonders schlecht isolierten Fensterbrüstungen können ebenfalls aufgedoppelt oder punktuell gedämmt werden. In Bereichen ohne nennenswerten Ausbau (z. B. Estrich) können Dämmputze, eine gemauerte Vorsatzschalung oder «klassische» Dämmschichten mit Fasermatten eine Lösung sein.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es unter allen besprochenen Materialien und Verfahren keines gibt, das alleine ausreicht, um das Problem der Dämmung eines historischen Gebäudes umfassend zu lösen. Eine Kombination verschiedener Techniken ermöglicht aber oft Lösungen, die auf die Besonderheiten jedes einzelnen Falls zugeschnitten sind.

FENSTERSANIERUNG

Alte Fenster sind ein konstitutives Merkmal von Gebäuden und untrennbar damit verbunden. Meist sind sie von hoher handwerklicher Qualität und tragen sowohl zur inneren Gestaltung als auch zum Ausdruck der Fassade bei. Sie sind somit ein wesentlicher Bestandteil der historischen Substanz und ihrer Erhaltung kommt eine grundlegende Bedeutung zu. Zugleich stellen sie aber eine echte Schwachstelle in Bezug auf den Wärmekomfort dar: Einfachverglasungen haben nur einen äusserst geringen Dämmwert und ihre Luftdichtheit ist selten optimal, was zu einem unangenehmen Gefühl von Zugluft führt. Hinzu kommt, dass Eingriffe an Fenstern relativ einfach sind: Ihre Sanierung ist somit ein wichtiger Ansatzpunkt zur Verbesserung der Wärmebilanz.

Wenngleich der Austausch von historischen Fenstern keine Option ist, gibt es eine Reihe von Massnahmen, die mehr Rücksicht auf die historische Bausubstanz nehmen.³

■ *Glasersatz*

Die erste zu prüfende Massnahme ist der Ersatz von einfachen Fenstergläsern durch Zweifach-Isoliergläser. Dabei kann man sich für

¹ Die obere Dachfläche ist steiler geneigt als die untere.

² Siehe zum Beispiel Cité-de-la-Corderie in Gen im Kapitel «Vorbildliche Bauten».

³ Hier sei auf das ausgezeichnete Buch *Assainissement de fenêtres* verwiesen, das vom *Laboratoire de construction et conservation* der EPFL unter der Leitung von Prof. Luca Ortelli herausgegeben wurde (vgl. Literatur).

Standard-Isolierglas (20–24 mm dick) entscheiden, das entweder eine Vertiefung des Glasfalzes oder einen zusätzlichen Holzrahmen erfordert, der von aussen auf den bestehenden Rahmen montiert wird, um die zusätzliche Dicke aufnehmen zu können (Aufdoppelung). Das zusätzliche Gewicht ist dabei nicht zu vernachlässigen und es muss sichergestellt werden, dass das alte Fenster solide genug ist, um dieses aufnehmen zu können. Es gibt heute auch weniger dickes Isolierglas (16 mm) und Klebetechniken (anstelle der früheren Kiste), die einen bündigen Einbau in den vorhandenen Glasfalz ermöglichen, ohne diesen vertiefen oder von aussen einen zusätzlichen Holzrahmen anbringen zu müssen.

Nicht zuletzt haben die jüngsten Fortschritte zur Entwicklung von Vakuumisolierglas mit einer Gesamtdicke von 8 mm geführt. Dieses weist bei einer zwei- bis dreimal geringeren Dicke vergleichbare Dämmeigenschaften wie eine herkömmliche Doppelverglasung auf, was einen praktisch «identischen» Austausch des Glases mit seinen Kittfugen ermöglicht. Die Kosten dieser neuen Produkte sind noch hoch, aber auch hier ist damit zu rechnen, dass die Nachfrage stark zunehmen wird. Mit der wahrscheinlichen Entwicklung neuer Märkte dürften die Preise in Zukunft deutlich sinken.

■ *Äussere Vorfenster*

Viele alte Häuser haben zwei Fensterebenen: ein fest montiertes Innenfenster, oft aus Hartholz (Eiche oder Nussbaum), und ein abnehmbares Aussenfenster, das auch Winterfenster genannt wird, weil diese Fenster in

der Regel nur in der kalten Jahreszeit angebracht und danach wieder entfernt werden. Sie können gleich aussehen wie die Innenfenster oder auch einfacher gestaltet sein, zum Beispiel aus weniger edlen Hölzern wie Kiefer oder Tanne. In jedem Fall sind sowohl Innen- als auch Aussenfenster häufig einfach verglast. Eine von mehreren (guten) Optionen besteht darin, die alten Winterfenster, die jahrelang dem Wetter ausgesetzt waren und deshalb oft beschädigt sind, durch neue, fest montierte und leistungsstarke Vorfenster zu ersetzen. Dies hat den Vorteil, dass die Innenfenster dauerhaft vor Regen geschützt sind.

Es sollten aber dünne Rahmen und transparentes Glas in Ausführungen gewählt werden, die speziell auf die ursprünglichen Fenster und Türen des jeweiligen Gebäudes abgestimmt sind. Standardprodukte auf dem Markt haben oft dicke Rahmen und leicht getönte Gläser, was den natürlichen Lichteinfall und den Gesamteindruck der Offenheit des Gebäudes deutlich verringern kann.

■ *Innere Vorfenster*

In gewissen Fällen kann der Einbau eines inneren Vorfensters eine gute Strategie sein, vor allem in Kombination mit dem Aufbringen einer inneren Dämmschicht. Das Erscheinungsbild der Fassaden wird durch diesen Eingriff nicht verändert und er ermöglicht eine bauphysikalisch eher günstige Kontinuität der Dämmschicht (siehe Kasten zum Haus aus Matten).

■ *Wärmegewinn*

Es ist anzumerken, dass Fenster nicht nur Schwachstellen sind, die zu Wärmeverlusten führen. Indem sie Sonneneinstrahlung einfangen, können sie

teilweise auch erhebliche Wärmegewinne ermöglichen. Dies gilt insbesondere bei einer günstigen Ausrichtung und einer grossen Glasfläche. Eine detaillierte Wärmebilanz kann diesen Faktor beurteilen. Manchmal lassen sich dadurch die erforderlichen Sanierungsmassnahmen beschränken. ■

MIT GUTEM BEISPIEL VORANGEHEN: DAS HAUS AUS MATTEN



Das um 1570 errichtete Haus aus Matten wurde 1978 vor dem Verfall gerettet und in das Schweizerische Freilichtmuseum Ballenberg umgesiedelt. Es handelt sich dabei um einen typischen Kantholz-Blockbau aus dem Berner Oberland, ohne jeglichen modernen Komfort: keine sanitären Anlagen, kein Strom, keine Zentralheizung und schon gar keine Wärmedämmung. 2007 beschloss das Museum, das Gebäude auf beispielhafte und experimentelle Weise umzubauen und mit diesem Projekt konkret aufzuzeigen, wie historische Bausubstanz, Bewohnbarkeit und heutige architektonische Qualität miteinander vereinbart werden können. Die Aufgabenstellung umfasste unter anderem:

- eine komplette Erneuerung der technischen Anlagen (Elektrizität, Sanitäreanlagen, Sicherheit),
- die Einhaltung der strengsten Energiestandards, gleichbedeutend mit dem Minergie-Standard,
- ein begrenztes Budget, das den Ressourcen einer Familie aus der Mittelschicht entspricht.

Das Gebäude wurde gemäss dem «Haus im Haus»-Prinzip von innen gedämmt. Dazu wurde eine neue Schicht aus sichtbarem Kantholz vor die alten – un-

berührten – Fassaden eingebracht, wodurch ein Hohlraum entstand, der mit Pflanzenfasern gefüllt wurde. Diese neue Holzkonstruktion ist zudem mit grosszügigen und leistungsfähigen Innenfenstern ausgestattet. Erwähnenswert sind ausserdem das ausdrucksstarke Material und seine handwerkliche Verarbeitung: Indem sie einen bewussten, aber feinen Kontrast zur ursprünglichen Architektur bilden, werten sie diese auf.

Die neue Heizanlage nutzt den historischen Sandsteinofen in der Mitte des Gebäudes und macht ihn zu ihrem eigentlichen Herzstück. Zusammen mit einer Zusatzheizung in Form von Sonnenkollektoren speist er einen Warmwasserspeicher, der die neuen Heizkörper versorgt. Ein moderner Anbau, der an der Stelle eines nicht originalen Schuppens errichtet wurde, beherbergt die Sonnenkollektoren und versorgt die technischen und sanitären Räume, die im Sockelgeschoss untergebracht sind.

Das Ergebnis ist inspirierend und kann frei besichtigt werden.

(Quelle: FLM, Baudokumentation 1021, Fotos: Schweizerisches Freilichtmuseum für ländliche Kultur, Ballenberg)

Solaranlagen



Innovative, matt beschichtete Solardachziegel auf einem kleinen Studio im Garten des Grand Chalet in Rossinière, die einen traditionellen Schieferziegel nahezu perfekt imitieren. Die Lattweite entspricht derjenigen von drei nebeneinander liegenden Solarzellen.

(Fotos: freesuns)

Nachdem wir uns mit den Möglichkeiten der Reduktion des Verbrauchs an Wärmeenergie beschäftigt haben, wenden wir uns nun einem Aspekt zu, der nicht minder wichtig ist: der Produktion von erneuerbarer Energie im Gebäude selbst, hier konkret der Stromerzeugung. Wie zu Beginn erwähnt, gibt es strenge politische Vorgaben und starke wirtschaftliche Anreize für einen Übergang hin zur Photovoltaik und die technische Entwicklung schreitet rasant voran. Allerdings sind Denkmalschutzkreise noch nicht wirklich darauf vorbereitet, diese Entwicklung zu begleiten. Auch der gesetzliche und normative Rahmen ist im Wandel begriffen. Im Folgenden wird daher die momentane Situation wiedergegeben, die jedoch schon bald überholt sein könnte.

PHOTOVOLTAIKANLAGEN

■ *Einbau ... oder Ersatz?*

Heutzutage sollten Solaranlagen nicht mehr als technische Ergänzung betrachtet werden, die ähnlich wie Lüftungsanlagen oder Parabol-

antennen auf das Dach gestellt wird, sondern vielmehr als aktive Materialien der Dacheindeckung, die mit der gleichen architektonischen Sorgfalt zu behandeln sind wie herkömmliche Materialien. Ist es noch sinnvoll, ein Ziegeldach mit ein paar mehr oder weniger gut integrierten Modulen zu übersäen, wenn eine ganze Dachfläche in eine unauffällige Solaranlage verwandelt werden kann?

Dagegen spricht, dass die Substanz von alten Dächern erhalten werden muss, vor allem, wenn die Eindeckung historisch oder handwerklich wertvoll ist (Handziegel, Naturstein, Schindeln usw.). Die Frage, wie sich ein neues Material auf den Gesamtausdruck der betroffenen Gebäude – und Orte – auswirkt, ist ebenfalls zu berücksichtigen, wobei auch die Sicht aus der Ferne einzubeziehen ist. So oder so muss vor jedem Eingriff eine sorgfältige Interessenabwägung stattfinden.

■ *Ausrichtung und Geometrie*

Nicht alle Dachflächen sind der Sonneneinstrahlung gleich stark ausgesetzt. Die bevorzugten Ausrichtungen

sind Süden, Osten und Westen; aber auch die Dachneigung und der entsprechende Winkel der Sonneneinstrahlung spielen eine Rolle, ebenso wie allfällige Beschattungsfaktoren durch benachbarte Gebäude oder die Vegetation.

Hinzu kommt, dass Dachaufbauten (Schornsteine, Lukarnen usw.) die Montage von Solarmodulen zusätzlich behindern. Am günstigsten sind somit regelmässige, zusammenhängende Dachflächen, die eine einfache und durchgängige Installation ermöglichen. Falls möglich, ist auch eine Installation auf Bodenhöhe eine gute Option, zum Beispiel an Stützmauern. Auch weniger wertvolle Anbauten sind ein vorteilhafter Standort. Eine Photovoltaikanlage kann relativ unkompliziert vom Hauptgebäude und von der technischen Zentrale entfernt installiert werden, da sie über ein einfaches Stromkabel verbunden werden kann.

■ *Erhältliche Modelle*

Standard-Solarmodule haben eine Grösse von etwa 1,00 × 1,60 m.¹ Die blau oder schwarz gefärbten Zellen

¹ Entspricht einem Feld mit 6 × 10 quadratischen Zellen mit einer Seitenlänge von etwa 15 cm. Andere Ausführungen mit einer anderen Anzahl von Zellen sind möglich.



sind durch eine Glasscheibe und einen Metallrahmen geschützt, wodurch sie wie eine flache, etwa 3 bis 5 cm dicke Tafel aussehen. Bei diesen Modulen handelt es sich um eine bewährte, langlebige Technologie und sie werden mittlerweile kostengünstig hergestellt. Ihre Integration in einen bestehenden Bau wird aber durch mehrere Faktoren erschwert: Sie haben vorgegebene Abmessungen; sie können (insbesondere schräg) nicht zugeschnitten und somit nicht genau an die Dachgeometrie angepasst werden; sie können nicht als wasserdichtes Deckungsmaterial verwendet werden und müssen daher zwingend als Aufdach-Elemente montiert werden, und sie haben ein sehr technisches Erscheinungsbild. In sensiblen bauhistorischen oder

landschaftlichen Kontexten sollten sie daher nur auf **nicht einsehbaren Dachflächen** eingesetzt werden.

Unterdessen hat die Forschung – insbesondere in der Schweiz – zur Entwicklung von **Dünnschichtmodulen** geführt, die so dick sind wie zwei verklebte Gläser, weder Rahmen noch sichtbare Zellen aufweisen und mit einer nicht reflektierenden Beschichtung in einer theoretisch unbegrenzten Palette von Farbtönen (insbesondere Terrakotta und Schiefer) erhältlich sind. Sie werden in verschiedenen Formaten angeboten und können für komplexe Dachgeometrien auf Mass zugeschnitten werden. Zudem handelt es sich dabei um eine wasserdichte Eindeckung, die als Stülpdeckung

verlegt und vollständig in die Dachfläche integriert werden kann. Diese Produkte eröffnen neue architektonische Möglichkeiten und ihre Integration in historische Gebäude wird zweifellos einfacher zu bewältigen sein; einige vorbildliche Bauten zeigen dies bereits.² Natürlich haben all diese Vorzüge ihren Preis und bezüglich Leistung können Dünnschichtmodule derzeit noch nicht mit Standardmodulen mithalten.³

Schliesslich gibt es auch eigentliche «Solardachziegel», die einer Schuppendeckung mit Schiefer oder Ziegel sehr nahe kommen. Da sie sich noch besser integrieren lassen, wird ihre niedrigere Leistung oft in Kauf genommen. Aber sollte man in der Nachahmung tatsächlich so weit gehen und Solardächer aus «Pseudo-Dachziegeln» entwerfen, auf Kosten ihrer Effizienz? Diese Frage wird zweifellos noch für lebhaft Debatten sorgen.

THERMISCHE SONNENKOLLEKTOREN

Thermische Sonnenkollektoren wandeln die Sonneneinstrahlung in nutzbare Wärme für Warmwasser und Heizung um. Dabei wird die Wärme über ein hydraulisches Netz transportiert und in einem Warmwasserspeicher im Gebäudeinneren gespeichert, um bei Bedarf genutzt zu werden. Die gebräuchlichsten Kollektoren sind verglaste Kästen, aber es gibt auch andere Technologien, insbesondere unverglaste Kollektoren (einfache dunkle, nicht isolierte

Metallbleche, die billiger sind und sich leichter integrieren lassen, aber einen viel geringeren Wirkungsgrad haben) sowie Vakuumröhren-Kollektoren. Letztere haben einen optimalen Wirkungsgrad, sehen aber sehr technisch aus, weshalb sie sich nur schwer mit historischen Gebäuden vereinbaren lassen.

Thermische Sonnenkollektoren wurden im nachhaltigen Bauen schon lange vor Photovoltaikanlagen genutzt – die Verglasung eines Gewächshauses ist an sich bereits eine Low-Tech-Form von Sonnenkollektor. Heute scheinen sie an Bedeutung zu verlieren, was möglicherweise darauf zurückzuführen ist, dass Heizkraftwerke mit erneuerbaren Energien (Holz und Wärmepumpen) einen starken Aufschwung erleben und eine zusätzliche Wärmeerzeugungsanlage in diesem Kontext als unnötig erscheinen mag. Hinzu kommt, dass sie im Gegensatz zu Photovoltaikanlagen nicht weit von dem Ort entfernt aufgestellt werden können, an dem die von ihnen erzeugte Energie verbraucht wird, weil lange Wasserleitungen mit hohen Verlusten verbunden sind.

Ein weiterer Nachteil ist, dass ihr Wirkungsgrad im Sommer hervorragend und im Winter geringer ist, was dem eigentlichen Heizbedarf widerspricht. Wenn thermische Sonnenkollektoren aber mit einer Erdwärmepumpe kombiniert werden und die geologischen Bedingungen dies erlauben, kann die im Sommer erzeugte überschüssige Wärme manchmal im Boden gespeichert

und später in der Heizsaison wieder genutzt werden. So oder so können solche Anlagen eine interessante Ergänzung für die Erzeugung von Warmwasser darstellen, dessen Verbrauch das ganze Jahr über mehr oder weniger stabil ist. ■

² Siehe das Beispiel des Bauernhauses in Wabern (Kapitel «Vorbildliche Bauten»).

³ Die sehr umfassende Studie *Building Integrated Photovoltaics* (SUPSI 2020, vgl. Literatur) liefert hierzu Zahlen, die sich aber rasch in Richtung einer höheren Effizienz und niedrigerer Kosten entwickeln.

4. Vorbildliche Bauten



BEISPIEL 1 – GENFER LANDSCHAFT

DOMAINE MICHELI – LANDECY (GE)

Ausgangslage

Die Domaine Micheli ist ein Landgut aus dem 18. Jahrhundert, das einen bedeutenden Komplex ländlicher Gebäude umfasst, von denen einige bis ins 16. Jahrhundert zurückreichen. Das Hauptgebäude, ein langes Herrenhaus mit Mansardendach, wurde 1699 von der Familie Perdriau erbaut. Es grenzt an ältere ländliche Nebengebäude und weist zweifellos Elemente eines Vorgängerbaus auf. Seine Hauptfassade ist nach Norden ausgerichtet und öffnet sich zum Land und zur umliegenden Landschaft hin. Das Landgut ist ein kantonales Schutzobjekt und ist ausserdem im Schweizerischen Inventar der Kulturgüter als Objekt von nationaler Bedeutung aufgeführt.

Das Herrenhaus, das ursprünglich für eine saisonale Nutzung in Verbindung mit den landwirtschaftlichen Tätigkeiten auf dem Anwesen gedacht war, wird heute von seinen Besitzern ganzjährig bewohnt. Es verfügte im Originalzustand über keine Zentralheizung und war nur punktuell mit Einrichtungen ausgestattet, mit denen die Räume in der Zwischensaison beheizt werden konnten. Die hier vorgestellten Massnahmen sollten die für ein dauerhaftes Bewohnen erforderliche thermische Behaglichkeit sicherstellen und zugleich die aussergewöhnliche Innenausstattung aus dem 18. Jahrhundert bewahren.



Domaine Micheli, Hauptfassade des Herrenhauses. Im Hintergrund das landwirtschaftliche Gebäude, in dem die neue Anlage zur Wärmeerzeugung untergebracht ist.

Wärmeerzeugung

Die zentrale Wärmeerzeugung wird durch einen Holzpellet-Kessel sichergestellt, der in einem landwirtschaftlichen Nebengebäude neben dem Hauptgebäude untergebracht ist. Dort befindet sich auch das Pelletlager, das für zwei bis drei Füllungen pro Jahr dimensioniert ist. Diese neuen Anlagen wurden auf raffinierte Weise in den ehemaligen Kuhstall im Erdgeschoss integriert.



Die Wand des alten Kuhstalls, hinter der der Heizkessel und das Pelletlager verborgen sind.

Wärmeverteilung

Die Wärmeverteilung beruht auf einer hybriden Strategie, die drei Systeme kombiniert: Niedertemperatur-Bodenheizung, Hochtemperatur-Heizkörper (Radiatoren und Konvektoren) und Umluftheizung. Dieser differenzierte Ansatz ermöglicht eine sorgfältige architektonische Integration der neuen Techniken in das bestehende Gebäude und garantiert zugleich eine optimale Erhaltung der historischen Substanz.

Im **Gartengeschoss** sind die meisten Räume mit einer Bodenheizung ausgestattet. Ihre Installation erforderte das Entfernen, Ausbessern und Neuverlegen der Bodenbeläge, wobei zugleich ein Kriechkeller eingerichtet und die betroffenen Böden isoliert werden konnten. Aufgrund des besonderen Wertes einiger Bodenbeläge (Intarsienparkett, massive Steinplatten in der zentralen Eingangshalle) wurde in gewissen Räumen keine Bodenheizung installiert. Sie werden nur punktuell oder saisonal genutzt, wie etwa der grosse Salon, der sich über die westliche Hälfte des Gartengeschosses erstreckt.



Eingangshalle im Gartengeschoss.



Ein Rippenheizkörper sorgt im Winter diskret für behagliche Wärme.

DOMAINE MICHELI – LANDECY

Wärmeverteilung

In den **Obergeschossen** wurden die nach Osten ausgerichteten Räume mit klassischen Heizkörpern ausgestattet, die geschickt in bereits vorhandene Hohlräume oder in eigens dafür geschaffene Holzverkleidungen eingebaut wurden, während die nach Westen ausgerichteten Räume neu über eine Warmluftheizung verfügen. Diese Art der Wärmeverteilung ist in Wohnräumen, zumindest in unseren Breitengraden, eher unüblich¹ und erforderte den Einbau eines relativ grossen Wärmetauschers im Dachraum eines Nebengebäudes. Damit sollte jede hydraulische Verteilung in den Räumen über dem grossen Salon vermieden werden, um vor potenziell katastrophalen Wasserschäden zu schützen, da dieser Salon und vor allem die Wandmalereien aus dem 18. Jahrhundert ein wertvolles Kulturerbe darstellen. Auch hier ist die Warmluftverteilung diskret in den ursprünglichen Innenausbau integriert. Das **Dachgeschoss** schliesslich wurde von innen gedämmt und wird ebenfalls mit Umluft beheizt.



Ein Schlafzimmer im Westflügel. Das Zuluftventil für die Warmluft befindet sich in einem der Bullaugen in der Täfelung der Alkoven.



Wärmetauscher im Dachraum eines Nebengebäudes.

¹ Auf einen Hinweis zum Château de l'Aile in Vevey, das in der historischen Übersicht erwähnt wurde, möchten wir an dieser Stelle nicht verzichten. Sein Eigentümer – dessen Ehegattin übrigens ebenfalls Micheli hiess – hatte das Prinzip aus England importiert, während die Besitzer des Herrenhauses von Landecy die Warmluftheizung bei einem Aufenthalt in den USA kennengelernt hatten.

Fenster

Da das Haus ursprünglich nur während der Sommermonate bewohnt war, verfügte es über keine Winterfenster. Die Hauptfassade ist zudem nach Norden ausgerichtet und ein grosser Anteil der Fläche ist verglast, was im Winter nicht sehr komfortabel war und zu massiven Wärmeverlusten führte, die nicht durch solare Gewinne abgedeckt werden konnten. Die Eigentümer entschieden sich für den Einbau von festen Vorfenstern, die aussen aufgesetzt und wie die Innenfenster aus massivem Nussbaumholz gefertigt wurden, mit der gleichen detaillierten Gestaltung und profilierten Rahmen und Sprossen. Bei beiden handelt es sich um Vertikalschiebefenster, bei denen sich der untere Flügel durch ein Gegengewicht in der getäfelten Laibung öffnet. Da es nicht möglich ist, für Aussenfenster einen Gegengewichtsmechanismus zu installieren, sind diese mit einem Federsystem ausgestattet. Das Ganze ist eine handwerkliche Meisterleistung, die sich perfekt in die bestehenden Fassaden einfügt, ohne deren architektonischen Ausdruck zu beeinträchtigen. Die Wärmeverluste durch die Fenster wurden um 60 %² reduziert, während der Innenraumkomfort durch eine bessere Abdichtung der Gebäudehülle deutlich verbessert wurde.



Passive und aktive Nutzung der Sonneneinstrahlung



Die Orangerie an der Südfassade der Anbauten des Herrenhauses.

Das Anwesen verfügt zwar über keine Solaranlagen, aber die Sonneneinstrahlung wird dennoch passiv und aktiv genutzt. Zum einen wurde die ehemalige Orangerie im Süden des Herrenhauses in einen natürlich temperierten Wohnraum umgewandelt. Obwohl dieser Raum kaum beheizt wird und nicht isoliert ist – die Fenster sind nach wie vor einfach verglast und mit dünnen Metallrahmen versehen –, ist die Temperatur hier in der Zwischensaison besonders angenehm. Zum anderen wurden im Innern eines ehemaligen Gewächshauses, das ebenfalls nach Süden ausgerichtet ist, thermische Sonnenkollektoren installiert. Diese technische Anlage ist von aussen absolut unsichtbar.

² U-Wert eines einfachen Fensters: 5,00; U-Wert eines Fensters mit Vorfenster: 2,30 (Quelle: ORTELLI & al., S. 33–47).

BEISPIEL 2 – WAADTLÄNDER LANDSCHAFT

CHÂTEAU D'HAUTEVILLE – ST-LÉGIER (VD)**Ausgangslage**

Das Château d'Hauteville wurde um 1760 im Auftrag von Pierre-Philippe Cannac, einem Bankier aus Genf und Lyon, auf der Basis eines Vorgängerbaus errichtet. Zwei Generationen später gelangte es in den Besitz der Familie Grand d'Hauteville, die das Anwesen nach und nach erweiterte. Das Schloss ist wunderbar in den Weinbergen in der Umgebung von Vevey gelegen und verfügt über einen grandiosen Panoramablick über den Genfersee und die Savoyer Alpen. Der Bau besteht aus einem nach Süden ausgerichteten Hauptkörper, der durch zwei hintere Flügel verlängert wird, die einen Ehrenhof umschliessen und durch zwei Pavillons mit quadratischem Grundriss abgeschlossen werden. Zum Anwesen gehören zahlreiche Nebengebäude, darunter eine Orangerie und ein Schuppen im Westen, Gewächshäuser und ein Gärtnerhaus im Osten. Ein Bauernhof und eine Scheune

umrahmen symmetrisch den Eingang des Anwesens mit seiner Allee. Das Ensemble ist ein Kulturgut von nationaler Bedeutung und wurde vom Kanton Waadt unter Denkmalschutz gestellt.

Das Schloss, das über zwei Jahrhunderte lang im Eigentum der Familie Grand d'Hauteville war, wurde 2019 an die amerikanische Pepperdine-Universität verkauft, die dort einen Campus für rund 100 Internatsstudierende einrichten liess. Ziel der ehrgeizigen Renovierungsarbeiten durch die neuen Eigentümer ist einerseits die Erhaltung und Restaurierung des Schlosses und andererseits eine sorgfältige und sensible Anpassung an seine neuen Funktionen sowie die heutigen Anforderungen bezüglich Komfort und Energieeffizienz.



Luftansicht des Schlosses vor den Arbeiten.

Wärmeerzeugung und -verteilung

In der Scheune am Eingang wurde eine neue Holzsnitzel-Heizzentrale eingerichtet, die alle Gebäude mit Fernwärme versorgt. Das Holz stammt aus den Wäldern, von denen der grösste Teil heute der Gemeinde Blonay-Saint-Léger gehört. Ein unterirdisches Silo mit einem Fassungsvermögen von 100 m³ gewährleistet während etwa einem Monat im tiefsten Winter eine minimale Autonomie. Die bereits vorhandene Wärmeverteilung über Heizkörper aus den 1950er-Jahren wurde beibehalten und durch neue Radiatoren im bis dahin nur teilweise beheizten Dachgeschoss ergänzt.



Die neue Holzsnitzel-Heizung. Auffallend ist die geringe Grösse dieser Anlage, mit der die etwa 7000 m² grosse Geschossfläche des Schlosses beheizt wird. Rechts die Förderschnecke, links die Speicher zur gleichmässigen Wärmeverteilung.

Dämmung der Gebäudehülle



Dämmung der Seitenflügel (zwischen den Sparren, mit Unterdachplatte) und der Pavillons (auf den Sparren). Der Giebel, der links zu sehen ist, nimmt den zusätzlichen Dachaufbau auf.

Das Vorgehen bestand darin, die Gebäudehülle überall dort zu dämmen, wo das Gebäude dies zulässt, und dazu eine Reihe differenzierter Massnahmen anzuwenden, die an die Möglichkeiten jeder einzelnen Situation angepasst sind. Die Dämmung betrifft in erster Linie die **Dächer**, da das gesamte Volumen des Schlosses nun dauerhaft genutzt wird, vor allem für Schlafräume der Studierenden des ersten Studienzyklus. So wurden die Dachstühle der Seitenflügel zwischen den Sparren mit Zellulosewatte gedämmt und mit einem isolierenden Holzfaser-Unterdach abgedeckt.

CHÂTEAU D'HAUTEVILLE – ST-LÉGIER



Dämmung des Hauptkörpers. Links: Herkömmliche Unterdachplatten, wie sie auch in den Seitenflügeln verwendet werden. Rechts: Hochleistungsfähige Aerogel-Platten.

Die Pyramidendächer der Pavillons wurden von aussen mit Holzfaserplatten gedämmt, deren relativ grosse Dicke (30 cm) im Bereich des Dachknicks ausgeglichen und vollständig kaschiert wird. Schliesslich wurden dort, wo solche Dämmstärken undenkbar sind – Seitenwände der Lukarnen, Dach des Hauptkörpers – ultrasolierende Aerogel-Platten eingesetzt. Diese erbringen mit nur 6 cm Dicke eine vergleichbare Leistung.

Das **Mauerwerk** der zentralen Giebel wurde auf der Innenseite mit einem Aerogel-Dämmputz versehen. Das Erdgeschoss der Pavillons schliesslich – dunkel und ohne besondere Verkleidung der Innenwände, da es sich um einen Schuppen und Stallungen handelte – wurde klassisch mit Steinwolle gedämmt. Die Zimmer der Studierenden des zweiten Studienzyklus, die im ehemaligen Schuppen untergebracht sind, bestehen aus isolierten «Holzkisten», die sorgfältig in die bestehenden Volumen eingefügt wurden, ohne das ursprüngliche Mauerwerk oder die Holzverkleidung zu tangieren.

Temperierte Räume

Mehrere Empfangsräume, die nur gelegentlich genutzt werden, wurden nicht gedämmt. Dies gilt insbesondere für den grossen Salon, der sich über zwei Ebenen in der Mitte des Gebäudes erstreckt, sowie die Keller und den Kelterraum, die nur beschränkt durch Sonneneinstrahlung erwärmt werden. Auch die Verglasung des grossen Salons blieb unangetastet, womit ein Zeugnis des ursprünglichen Zustands des Gebäudes erhalten bleibt. Dasselbe gilt für das ehemalige Esszimmer in der südöstlichen Ecke, das aufgrund seiner Ausrichtung von erheblichen solaren Gewinnen profitiert. Die nicht gedämmten und nicht beheizten Gewächshäuser des Anwesens schliesslich werden saisonal für den Unterricht genutzt.

Eine detaillierte Wärmebilanz machte nicht nur das Potenzial der oben erwähnten solaren Gewinne deutlich. Ebenso zeigte sie die internen Gewinne auf, die sich aus der neuen Nutzung des Schlosses als Wohn- und Ausbildungsstätte ergeben, genauer gesagt aus der Tatsache, dass nun zahlreiche Menschen hier wohnen und studieren. Diese beiden Faktoren zusammen lassen eine Verminderung des Bruttowärmebedarfs um etwa 30 % erwarten, was keineswegs vernachlässigbar ist.¹

¹ Bruttobedarf für Heizung und Warmwasser ca. 390 000 kWh; solare und interne Wärmegevinne ca. 110 000 kWh. Der Gesamtverbrauch liegt somit bei 90 kWh/m²/Jahr (Quelle: Olivier Zahn & Associés Sarl, Ingenieurbüro für Wärmetechnik und Bauphysik). Diese Zahlen sind im Vergleich zu den in der Einleitung zu Kapitel 3, Abschnitt «Wärmebilanz», angegebenen Zahlen zu betrachten.

Fenster

Auch bei der Sanierung der Fenster wurden mehrere spezifische Ansätze verwendet. Die Innenfenster der Pavillons blieben im originalen Zustand erhalten und wurden durch filigrane **dauerhafte Winterfenster** ohne Sprossen und mit hochleistungsfähigem Isolierglas ergänzt. Die gleiche Art Verglasung kam für die grossen Fenster der Orangerie zum Einsatz, die zum Speisesaal des Campus umfunktioniert wurde. In die Lukarnen sowie die Zimmer im ehemaligen Schuppen und im Dachgeschoss wurden neue Holzfenster mit klassischem Dreifach-Isolierglas eingebaut, die nach dem Originalmodell gefertigt wurden. In den Fassaden des Hauptgebäudes und der Seitenflügel wurden die vorhandenen Rahmen restauriert und die bisherigen Einfachverglasungen durch **hochleistungsfähiges Isolierglas** ersetzt. Diese Vakuumgläser sind nur 8 mm dick, während die Dicke bei einfachen Gläsern 3 bis 4 mm beträgt.² Sie lassen sich daher problemlos in die bestehenden Glasfalze einfügen und wurden mit Kittbett eingebaut, womit das ursprüngliche Erscheinungsbild wiederhergestellt wurde.



Die Restaurierung des Château d'Hauteville ist ein vorbildliches Projekt, das herkömmliche Produkte und Anwendungen – Flockdämmstoffe, Faserdämmplatten, dreifach verglaste Fenster – geschickt mit innovativen Techniken und Materialien wie hochleistungsfähigen Aerogel-Dämmstoff-

fen und Vakuumverglasungen kombiniert. Diese Erfahrungen werden zweifellos die Palette der Möglichkeiten und die Debatte über die energetische Sanierung von historisch wertvollen Gebäuden bereichern.

² Der U-Wert dieser Verglasung liegt laut Herstellerangaben bei 0,7. Allerdings wird dieser Wert durch einen nicht unerheblichen Randeffect (keine isolierende Zwischenschicht) verschlechtert. Feinsimulationen ergeben einen Gesamt-U-Wert von etwa 1,5 für diese innovativen Fenster, was in etwa einer hochwertigen Isolierverglasung entspricht, ohne aber so dick zu sein (Quelle: O. Zahn).

BEISPIEL 3 – LAND (GR / BE)

HAUS SAN NICLO 9 – LATSCH (GR)
BAUERNHOF WEYERGUET – WABERN (BE)

Solartechniken am Beispiel zweier ländlicher Bauten

Die beiden nachfolgenden Beispiele zeichnen sich dadurch aus, dass die Solartechnik im gesamten Renovierungsprojekt einen wichtigen Platz einnimmt. Beim ersten handelt es sich um ein historisches Haus in Mittelbünden, das vor dem Verfall bewahrt und in ein Nullenergiebilanzhaus¹ umgewandelt wurde. Dieses Projekt wurde unter anderem mit dem Europäischen

Solarpreis 2020 ausgezeichnet. Das zweite Beispiel betrifft ein Berner Bauernhaus, das in ein Mehrfamilienhaus umgebaut wurde. Der Bau, der neu mit einem innovativen Solardach ausgestattet ist, das sich besonders gut in die Umgebung einfügt, erhielt den Schweizer Solarpreis 2020 sowie eine Auszeichnung der Berner Sektion des Schweizer Heimatschutzes.

San Niclo 9



Das Dorf Latsch im Albulatal verfügt über einen dichten Kern von Häusern, die in reinster Engadiner Tradition gebaut wurden und von denen viele mindestens aus dem 17. Jahrhundert stammen. Eines davon war seit zwei Generationen verlassen und wurde nun einer ehrgeizigen Renovierung unterzogen, die den Respekt

der historischen Bausubstanz mit der Integration neuer Energietechniken verband. Das betreffende Haus besteht zur Strassenseite hin aus einem massiven gemauerten Volumen, in dem ursprünglich der Wohnbereich untergebracht war, und wird auf der Rückseite durch zwei bescheidene ländliche Nebengebäude aus Holz verlängert.

¹ Bezogen auf die jährliche Energiebilanz.

Diese Anordnung wurde für eine differenzierte Gestaltung der Eingriffe genutzt: Während der vordere Baukörper unter strikter Bewahrung der originalen Innenausstattung renoviert wurde – ohne jegliche Dämmung, weder innen

noch aussen –, wurde die Rückseite umfassend umgebaut und in einen grosszügigen modernen Wohnraum mit einer Loggia mit Blick auf das Alpenpanorama und einem Spa im Untergeschoss umgestaltet.



Die Dächer der Nebengebäude wurden in ein veritables kleines «**Kraftwerk**» verwandelt, das Photovoltaik und Solarthermie kombiniert. Aufgrund der Beschaffenheit des Geländes sind diese Anlagen vom Dorf aus absolut unsichtbar. Sie versorgen das Heizsystem, das auf einer Erdsonden-Wärmepumpe beruht. Die im Sommer erzeugte überschüssige Wärme wird tief im felsigen Untergrund gespeichert und im Winter wieder entzogen. Da über die gesamte fünfgeschossige Höhe des Wohnhauses eine neue Brandschutzmauer zum Nachbarhaus eingezogen werden musste, nutzte man diese Gelegenheit, um Heizschlangen in diese neue Wand zu verlegen. Dank dieser Wandheizung konnte nicht nur auf sichtbare Heizkörper, sondern auch auf einen Ausbau der historischen Holzböden verzichtet werden.



Das «Solarkraftwerk» des Hauses San Niclo 9, das den gesamten Energiebedarf des renovierten Gebäudes abdeckt.

WABERN – BERN

Weyerguet

Das Weyerguet ist ein ländliches Anwesen in Wabern, in unmittelbarer Umgebung der Stadt Bern. Das Ensemble aus dem 16. Jahrhundert besteht aus einem Herrenhaus mit Barockgarten und mehreren landwirtschaftlichen Bauten. Dazu zählt ein grosses Bauernhaus mit Wohn- und Ökonometeil, an das eine Scheune anschliesst, die Anfang des 20. Jahrhunderts auf historischen Kellern aus dem 16. Jahrhundert errichtet wurde.



Das Renovierungsprojekt umfasste die Umnutzung des seit vielen Jahren leerstehenden Bauernhauses und der angrenzenden Scheune in neun Familienwohnungen mit grosszügigen Gemeinschaftsflächen im Innen- und Aussenbereich. Die Dämmmassnahmen wurden äusserst pragmatisch konzipiert: Die thermische Hülle befindet sich entweder ausserhalb oder innerhalb oder auf beiden Seiten der tragenden Strukturen oder aber beim Fachwerk und im Dachstuhl des historischen Wohngebäudes sogar *in* diesen Strukturen. Dieser hybride Ansatz ermöglichte eine detaillierte Anpassung an die bestehende Bausubstanz nach deren eigenen Regeln, wodurch der Eingriff letztlich fast nicht sichtbar ist.

Die Böden gegen das Erdreich und der Dachboden wurden ebenfalls gedämmt, wobei das grosse Volumen unter dem Dach unbewohnt bleibt, aber allen zur Verfügung steht. Schliesslich umfasst die thermische Hülle auch grosse Fensterflächen, die mit leistungsstarken Isoliergläsern ausgestattet wurden. Sie ermöglichen sowohl den Lichteinfall durch die Zwischenräume des ursprünglichen Holzschirms als auch eine Nutzung der passiven solaren Wärmegewinne.²



Die ehemalige Stallscheune des Weyerguets mit ihrem Solardach, das zum Symbol für die sanfte Sanierung des Anwesens geworden ist.

Diese beiden Projekte zeigen, welchen wichtigen Beitrag denkmalgeschützte Bauten zur Energiewende leisten können, ohne dabei auf ihre eigentlichen Qualitäten verzichten zu müssen. Vielleicht könnte das grosse Dach des Weyerguet-Bauernhofs in naher

Die Wärmeerzeugung erfolgt über eine Erdsonden-Wärmepumpe, deren Strombedarf zu 80 % durch Solarmodule gedeckt wird, die auf der gesamten Dachfläche der Stallscheune installiert sind. Dieses Dach besteht aus **grossformatigen matten terrakottafarbenen Solardachziegeln**, die in der Schweiz entwickelt und hergestellt wurden. Die Abschlüsse am Dachrand wurden besonders sorgfältig ausgeführt: Aktive schmalere Ziegel an den Ortgängen, inaktive, schräg geschnittene Elemente an den Graten sowie Module in Sondergrössen, die auch die Halbschrägen abdecken, bilden eine kohärente und integrierte Lösung, die weit entfernt ist von der gewohnten technischen Erscheinung solcher Aufdachanlagen. Neben den kleinen, sich überlappenden Ziegeln des Herrenhauses und dem grossen Falzziegeldach des Bauernhauses verfügt das Weyerguet nun also auch über ein Solardach der neuen Generation, das sich harmonisch in das historische Ensemble einfügt.

Zukunft gar in ein Solarkraftwerk umgewandelt werden, das überschüssige grüne Energie produziert, um beispielsweise den Bedarf der Bewohner an Elektromobilität zu decken?

² Der Energieverbrauch wurde auf weniger als ein Viertel des Wertes vor den Sanierungsarbeiten gesenkt, während die Energiebezugsfläche (beheizte Wohnfläche) fast vervierfacht wurde. Endenergiebedarf vor der Sanierung (Heizung und Strom) ca. 750 kWh/m²/Jahr [sic], nach den Bauarbeiten ca. 44 kWh/m²/Jahr (Quelle: Schweizer Solarpreis 2020). Diese Zahlen sind im Vergleich zu den Zahlen zu betrachten, die in der Einleitung zu Kapitel 3, Abschnitt «Wärmebilanz», angegeben wurden.

BEISPIEL 4 – STADT GENÈVE

RUE DE LA TOUR-DE-BOËL 7 – GENÈVE

RUE CITÉ-DE-LA-CORDERIE 10 – GENÈVE

Zwei städtische Gebäude in Genf

Die beiden nachfolgend vorgestellten Wohnhäuser gehören der Stadt Genf. Diese verfolgt seit mehreren Jahren eine aktive Politik zur energetischen Sanierung ihres Gebäudeparks, die eng auf die Herausforderungen des Denkmalschutzes abgestimmt ist. Zwar weisen die beiden Bauten einige Gemeinsamkeiten auf – Mietgebäude in vorindustrieller Bauweise, die demselben

Eigentümer gehören. Dennoch waren sie Gegenstand von Renovierungsprojekten und vor allem von energetischen Sanierungen, die ganz unterschiedlich waren. Diese Beispiele werden parallel vorgestellt und verdeutlichen die Notwendigkeit eines massgeschneiderten und spezifischen Ansatzes, der Rücksicht nimmt auf das Potenzial und die Einschränkungen jedes einzelnen Objekts.

Tour-de-Boël 7: Punktuelle Eingriffe



Das Gebäude an der Rue de la Tour-de-Boël 7 befindet sich in der Altstadt von Genf und bildet den Abschluss einer Reihe von schmalen aneinanderggebauten Häusern. Das Haus, wurde Anfang des 18. Jahrhunderts anstelle von mittelalterlichen Gebäuden errichtet, deren Grundmauern teilweise erhalten sind, Ende des 18. Jahrhunderts wurde es auf sechs Wohngeschosse und einen Dachboden aufgestockt. Das Gebäude war noch nie umfassend renoviert worden und die Wohnungen verfügten weder über Zentralheizung noch über Badezimmer. Hingegen wies der Innenausbau zahlreiche interessante Elemente auf: Stuckarbeiten, Holzverkleidungen, Kamine usw. Ziel des Renovierungsprojekts war, das Gebäude mit dem heutigen Komfort auszustatten, die tragende Struktur zu stärken und die Energieeffizienz zu verbessern, ohne seine baukulturellen Qualitäten zu beeinträchtigen.

Die **Steinfassaden** zur Strasse hin wurden frisch verputzt und die mit Kalkputz versehenen Giebel und Rückfassaden originalgetreu erneuert. Aus nahe-liegenden denkmalpflegerischen Gründen war keine Aussendämmung möglich.

TOUR-DE-BOËL – GENÈVE



Die Eingriffe konzentrierten sich daher auf das Innere: Hier wurden punktuell Dämmschichten aufgebracht, wo die Konfiguration und die Erhaltung der historischen Substanz dies zuliesse. Bei den Fassaden mit ihrer grossen Fensterfläche wurden sämtliche Öffnungen mit neuen, handwerklich gefertigten **Eichenholzrahmen mit Doppelisolierverglasung** ausgestattet. In den Innenräumen sorgt neu eine kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung für Frischluft und die sanitären Einrichtungen wurden so gewählt, dass der Verbrauch, insbesondere von Warmwasser, gering gehalten wird. All diese Massnahmen haben zu einer Senkung des Energiebedarfs um rund 50 % geführt. Die zentrale Wärmeerzeugung erfolgt über einen hocheffizienten Gaskessel – die einzige technisch mögliche Option in diesem dichten städtischen Umfeld – und die Verteilung über Heizkörper unter den Fensteröffnungen.

Die Innenausstattung wurde beibehalten, mit Ausnahme der Bodenbeläge, die im Rahmen der statischen Verstärkung der Böden ausgebaut und ersetzt wurden. Das Dachgeschoss wurde zu einer Wohnung ausgebaut und dort, wo früher die Toiletten waren, wurde ein Lift installiert.



CORDERIE – GENÈVE

Corderie 10: Eine umfassende Sanierung



Das Gebäude an der Corderie 10, das Mitte des 19. Jahrhunderts im beliebten Quartier Les Grottes errichtet worden war, befindet sich freistehend im Hinterhof eines städtischen Häuserblocks. Wie der zuvor beschriebene Bau war auch dieses Gebäude sehr veraltet und verfügte weder über eine Zentralheizung noch über Badezimmer. Die Stadt Genf wollte es daher renovieren und nutzte die Gelegenheit, um es zu einem Pilotprojekt für eine umfassende energetische Sanierung zu machen. Sein Bedarf wird nun zu 100 % durch erneuerbare Energien gedeckt.



Die Nord- und Westfassaden verfügen nur über minimale Öffnungen (der Seitengiebel ist sogar beinahe ganz geschlossen), im Gegensatz zu den Süd- und Ostfassaden, die ausgeprägte profilierte Gliederungselemente aufweisen: Mauerwerk im Sockelbereich, Pilaster, Ecklisenen, Gesimse und Fenstereinfassungen. Diese differenzierte architektonische Gestaltung erforderte massgeschneiderte Lösungen zur Dämmung der Gebäudehülle. Bei den repräsentativen Fassaden wurden die Grundflächen mit einem **Dämmputz** versehen, der die vorspringenden profilierten Elemente respektiert, während auf den Rück- und Seitenfassaden eine **Aussendämmung** aus Steinwolle aufgebracht wurde, deren Dicke durch ein Winkelprofil aus Metall deutlich wird. Das Dach wurde ebenfalls isoliert und die Fenster wurden durch neue Rahmen mit Dreifachverglasung ersetzt.



Die Wärmeerzeugung basiert auf einer Erdsonden-Wärmepumpe. Ein Teil der dafür erforderlichen Stromversorgung wird durch eine **Photovoltaikanlage** gewährleistet, die sich auf einem flachen Bereich des Daches befindet, der von der Strasse aus nicht einsehbar ist. Der andere Teil des Stroms wird von den Genfer Stadtwerken SIG in Form von 100 % erneuerbarer Elektrizität geliefert. Auf der Südseite des Ziegeldaches sind Vakuum-Röhrenkollektoren installiert, die zum Vorwärmen des Warmwassers dienen und die Heizung unterstützen. Schliesslich wurde das Gebäude mit einer kontrollierten Lüftung mit Wärmerückgewinnung ausgestattet, wobei die Wärme in den Heizungskreislauf eingespeist wird. Die ursprüngliche bescheidene Innenausstattung (Türen, Schränke und Parkettböden aus Tannenholz) blieb erhalten und wurde renoviert.



Die gesamte Primärenergie für den Betrieb des Gebäudes wird also entweder als Erdwärme aus der Erde gewonnen oder in Form von Wärmeenergie und Solarstrom durch die Sonne geliefert.¹

¹ Einige Werte für Heizung und Warmwasser: Endenergiebedarf ca. 44 kWh/m²/Jahr (entspricht bei weitem dem Minergie-P- oder Passivhaus-Standard); elektrischer Endenergiebedarf: ca. 6 kWh/m²/Jahr, nach Berücksichtigung des Leistungskoeffizienten der Wärmepumpe und nach Abzug des vor Ort erzeugten Photovoltaikanteils (Quelle: Stadt Genf). Diese Zahlen sind im Vergleich zu den in der Einleitung zu Kapitel 3, Abschnitt «Wärmebilanz», angegebenen Zahlen zu betrachten.

BEISPIEL 5 – STADT NEUENBURG

**HAUS MONTMOLLIN-MERVEILLEUX,
GENANT «LE PERTUIS» – NEUENBURG (NE)****Ausgangslage**

Beim Anwesen Le Pertuis handelt es sich um ein Herrenhaus aus dem späten 18. Jahrhundert am Rande der Stadt Neuenburg im Vallon de l'Ermitage. Es besteht aus einem dreistöckigen Hauptgebäude, das von niedrigeren ländlichen Nebengebäuden flankiert wird. Das Hauptgebäude, das um 1799 teilweise neu aufgebaut und vereinheitlicht wurde, umfasst die ältesten Bauteile. Die westliche Hälfte des Dachstuhls stammt aus den 1740er-Jahren. Das Gebäude ist im Bauinventar des Kantons Neuenburg in der Bewertungskategorie 1 aufgeführt und das hier vorgestellte Sanierungsprojekt wurde vom *Office du patrimoine et de l'archéologie* (OPAN) begleitet.

Das Anwesen, das zuvor von Mitgliedern der Familie Montmollin-Merveilleux bewohnt wurde, wurde vor rund zehn Jahren unter den Nachkommen aufgeteilt, die daraufhin umfangreiche Arbeiten durchführen liessen. Neben einer allgemeinen energetischen Sanierung sollten auch erhebliche Mängel behoben werden, die auf Wassereinbrüche in der Dachkonstruktion und im inneren Gebälk sowie am Gebäudefuss zurückzuführen waren. Zudem sollten zwei zusätzliche Mietwohnungen geschaffen und ein Lift eingebaut werden, der alle Geschosse bis zum Dachgeschoss bedient. Dieser wurde geschickt in den ehemaligen kleinen Latrinenturm integriert. Die Sanierung wurde mit dem Minergie-ECO-Label ausgezeichnet: eine Premiere in der Romandie für ein Gebäude dieser baukulturellen Güte.



Wärmeerzeugung und -verteilung

Die Zentralheizung stammte aus den 1950er-Jahren und bestand aus einem Ölkessel, der ziemlich unglücklich in einer alten Küche mit einem historischen Brotfen untergebracht war. Der Ölkessel wurde entfernt, um die ursprüngliche Funktion der Küche und ihres Ofens wiederherzustellen. Als Ersatz wurde im Keller des Hauptgebäudes eine Pelletheizung eingebaut, mit «Big Bag» zur Lagerung der Holzpellets. Die bestehenden, gut erhaltenen Radiatoren wurden bewahrt und punktuell durch eine Bodenheizung in einigen Räumen des Erdgeschosses ergänzt, deren Boden trockengelegt und mit Schaumglasgranulat gedämmt wurde. Obwohl das beheizte Volumen durch die Schaffung der neuen Wohnungen um etwa 150% erhöht wurde, konnte der Heizverbrauch halbiert und der CO₂-Ausstoß um mehr als 90% reduziert werden. Möglich war dies im Wesentlichen aufgrund der nachfolgend beschriebenen Massnahmen zur effizienteren Energienutzung.



Im ehemaligen Heizraum im Erdgeschoss war ein historischer Brotfen versteckt, der anlässlich der Bauarbeiten restauriert und wieder in Betrieb genommen wurde.

Dämmung der Gebäudehülle

Dank einem sehr günstigen Formfaktor – ein fast kubisches Volumen – und einer Reihenhausituation, bei der nur die Nord- und Südfassaden dem Aussenklima ausgesetzt sind, war es möglich, auf jegliche Dämmung des Mauerwerks zu verzichten und dennoch die hohen Anforderungen des Minergie-Labels zu erfüllen. Dazu trug auch die Berücksichtigung der hohen solaren Gewinne an der Hauptfassade bei, die günstig exponiert ist und über viele Fenster verfügt. Die Eingriffe in die Gebäudehülle konzentrierten sich somit hauptsächlich darauf, das Dach des Hauptkörpers zu dämmen und neue, effiziente Doppelfenster einzubauen.

Der Dachstuhl und der Boden des Dachgeschosses wurden mit rückbaubaren Verbindungen verstärkt und das **Dach von aussen** mit rezyklierter Zellulosewatte gedämmt. Die Dachziegel, von denen viele noch



Die Dachdämmung, bestehend aus Zellulosewatte und einem Unterdach aus Holzfasern.

LE PERTUIS – NEUENBURG

von Hand gefertigt waren, wurden entfernt, gereinigt und neu verlegt und mit alten Dachziegeln ergänzt. Im Zuge der Umnutzung des Dachgeschosses zu Wohnungen wurde auch eine grosse, bandförmige Lukarne eingebaut. Diese wurde aber nicht mithilfe von Wechselbalken, die aus dem Dachgebälk ausgeschnitten werden, *in* das Dach eingefügt, sondern buchstäblich *auf* die bestehenden Strukturen aufgesetzt, ohne auch nur ein einziges Element zu verändern. Diese zeitgenössische Ergänzung gab zwar Anlass zu Diskussionen, aber sie wurde von den Behörden akzeptiert, da sie die historische Substanz respektiert und die neue Nutzung des Dachbodens klar signalisiert.



Der Dachstuhl aus dem Jahr 1740, der erhalten und erneuert wurde. Wo heute die Treppenöffnung und die unterbrochenen Sparren sind, befand sich früher eine «Kuppel», die dazu diente, landwirtschaftliche Produkte über das Dach zu verladen.

Die Innenfenster aus Eichenholz mit geschmiedetem Espagnoletten-Verschluss aus dem Jahr 1800 waren grösstenteils gut erhalten. Sie wurden restauriert und punktuell durch Kopien gleicher Machart ergänzt. Alle Fenster verfügten zudem schon über **feste Winterfenster**, die bereits mehrfach ersetzt worden waren und deren letzte Version von schlechter Qualität war. Diese wurden ausgebaut und durch eine neue Generation von Doppelfenstern ersetzt, die ebenfalls nach Mass gefertigt und zeitgemäss gestaltet wurden. Dabei handelt es sich um Fensterflügel mit dünnem Metallrahmen (20 mm), die mit Isolierglas ohne Sprossen versehen sind. So konnten der thermische¹ und akustische Komfort sowie der natürliche Lichteinfall deutlich verbessert und nicht zuletzt das Problem der Kondensation im Winter gelöst werden. Dank einer kontrollierten Lüftung mit Wärmerückgewinnung kann zudem die überschüssige Feuchtigkeit aus den Räumen abgeführt werden – ein Phänomen, das vor dem Umbau problematisch war.



¹ U-Wert eines einfachen Fensters: 5,00; U-Wert eines einfach verglasten Fensters mit Vorfenster mit zweifacher Isolierverglasung: 1,20. Damit kann die Norm 380/1 (2009) erfüllt werden, die einen U-Wert von 1,30 vorschreibt (Quelle: ORTELLI & al., S. 26 und S. 105–113).

Weitere Umweltmassnahmen

Entsprechend den Vorgaben von Minergie-ECO wurde der Qualität der Innenraumluft und der Wahl von Materialien mit geringer Umweltbelastung besondere Aufmerksamkeit geschenkt. So konnten durch vorgängige Analysen Schadstoffe wie Radon, Asbest, PCB² und Schwermetalle ermittelt bzw. ausgeschlossen werden. Die Rohbaumaterialien – Bauholz, Täfelungen, Mörtel und Putz mit traditionellen Zuschlagstoffen – stammen aus der Region und wurden mit dem Know-how besonders kompetenter Betriebe verarbeitet. Alle Produkte für den Innenausbau und die Oberflächenbehandlung sind VOC³-frei. Feste

Einrichtungen wie Küchen- und Badezimmermöbel bestehen aus Massivholz, die alten Parkettböden wurden gereinigt und geölt, die Farben der Wände sind mineralisch gebunden und die Holzverkleidungen wurden mit Kasein und Leinöl gestrichen. Diese natürlichen Materialien und ihre handwerkliche Verarbeitung passen in ihrer Schlichtheit zu den baukulturellen Ambitionen eines solchen Projekts.

Neben den beiden neuen Mietwohnungen beherbergt das Herrenhaus Le Pertuis neu auch die Direktion des Botanischen Gartens von Neuenburg.



Alle Räume erhielten mithilfe von Kalk-, Kasein- und Leinölfarben ihre ursprünglichen Farbtöne zurück.

² Polychlorierte Biphenyle, kurz PCB, sind besonders giftige Stoffe, die bis in die 1990er-Jahre in der Bauindustrie weit verbreitet waren. Man findet sie in Dichtungs- und Fugenmaterialien usw.

³ Flüchtige organische Verbindungen, z. B. Lösungsmittel.

BEISPIEL 6 – STADT ZÜRICH

**STADTHAUS
SCHAFFHAUSERSTRASSE 435 – ZÜRICH OERLIKON****Ausgangslage**

Dieses Stadthaus besteht aus drei Geschosswohnungen und einer bewohnbaren Mansarde im Dachgeschoss. Im Erdgeschoss ist ein kleines Geschäft untergebracht und im Untergeschoss befinden sich die Kellerräume. Die Strassenfassade mit Bossenquader im Sockelbereich und einer Sichtbacksteinverkleidung in den Obergeschossen besitzt repräsentativen Charakter. Das Stadthaus bildet zusammen mit den beiden angrenzenden Wohngebäuden, die die gleiche Architektursprache sprechen, ein homogenes Ensemble.

Auf der Rückseite ist die Fassade einfach verputzt und die Gliederungselemente beschränken sich auf bescheidene Fenstereinfassungen. Das 1899 erbaute Gebäude befand sich 110 Jahre lang im Eigentum derselben Familie und wurde nur minimal instand gehalten. Der ursprüngliche Innenausbau mit Terrazzoböden, Schablonendekors, massiven Parkettböden und gusseisernen Öfen ist besonders gut erhalten. Eine Zentralheizung wurde nie eingebaut.





Das Sanierungsprojekt begann mit einer **detaillierten Analyse- und Diagnosephase**, die beinahe ein Jahr dauerte. Das Ziel bestand darin, verschiedene Renovierungsszenarien zu entwickeln und deren Auswirkungen auf die Energieeffizienz, die Kosten und die Erhaltung der historischen Bausubstanz zu bewerten. Das Ergebnis ist ein Konzept, das in vielerlei Hinsicht aus der Norm fällt: Noch immer gibt es keine Zentralheizung und ebenso wenig eine Fassaden-dämmung, obwohl dies eigentlich die «ersten Reflexe» sind, wenn man den Komfort erhöhen und den Energieverbrauch senken will. Stattdessen wurde ein bescheidener Low-Tech-Ansatz gewählt, der die Eingriffe auf wenige Punkte fokussiert.

Der Eingangsbereich: Böden, Wanddekorationen, Schreiner- und Schmiedearbeiten sind noch original erhalten.

STADTHAUS – ZÜRICH OERLIKON

Wärmeerzeugung

Die Wärmebilanz ergab, dass die **vorhandenen Öfen** weitgehend ausreichen, um den Wärmekomfort der Bewohner zu gewährleisten. Diese heizen somit weiterhin mit Holz und dies offenbar mit einer gewissen Freude, auch wenn die regelmässigen Brennholzlieferungen, die vor dem Haus ankommen, bei einigen Passanten für Verwunderung sorgen. Das Erdgeschoss und der Dachboden wurden mit einem kleinen automatischen Pelletkessel ausgestattet. Diese beiden Geschosse bilden eine Art Wärmesperre im Unter- und Obergeschoss des Gebäudes und bewahren die mittleren Wohnungen vor zu grossen Wärmeverlusten und damit vor unangenehmen Temperaturschwankungen.

Die Küchen sind nur mit Kaltwasser versorgt. In das Mobiliar integrierte Hochleistungsboiler ermöglichen es, benötigtes Warmwasser direkt vor Ort und zum Zeitpunkt des Verbrauchs zu erzeugen. Die Badezimmer wurden mit Duschwannen mit Wärmerückgewinnung ausgestattet – ein eigens entwickelter Prototyp, der eine Einsparung von 30 % beim Warmwasserverbrauch ermöglicht. Es gibt keine mechanische Belüftung; stattdessen melden Luftfeuchtigkeitssensoren, wenn übermässige Feuchtigkeit vorhanden ist und die Fenster geöffnet werden müssen.



Einer der originalen gusseisernen Öfen. Im Gegensatz zu Kachelöfen sind diese Öfen, die keine Speichermasse aufweisen, sehr reaktionsschnell und die erzeugte Wärme verteilt sich rasch. Sie wird dann in den Mauern und Wänden gespeichert, die als Puffer dienen und für gleichbleibende Temperaturen und ein angenehmes Raumklima sorgen.



Die neuen Küchenmöbel inspirieren sich an alten Buffets und fügen sich auf natürliche Weise in den Kontext ein.



Dämmung der Gebäudehülle

Die mittlere Position zwischen zwei Gebäuden ist ein klarer Vorteil, was die Wärmeverluste über die Gebäudehülle anbelangt: Nur die Vorder- und Rückseite des Volumens sind den klimatischen Gegebenheiten ausgesetzt, während die beiden seitlichen Flächen bezüglich der Wärmeübertragung als neutral gelten. Die Dämmung des Dachbodens und des Kellerbodens hat keine Auswirkungen auf die bauhistorische Qualität des Gebäudes und ermöglicht es, auf die Dämmung der Fassaden zu verzichten.

Die bereits in den 1980er-Jahren ausgetauschten Fenster waren von keinem besonderen Wert. Sie wurden daher durch neue Fenster ersetzt, die besser isolieren und dichter sind, vor allem aber qualitativ deutlich besser abschneiden: Die Rahmen sind aus Massivholz mit feinen Profilen, wodurch der natürliche Lichteinfall spürbar verbessert wurde. Diese neuen, hochwertig gefertigten Fensterrahmen machen den historischen Einrichtungen alle Ehre und ergänzen sie harmonisch.



Ein pionierhafter Ansatz

Dieses Projekt profitierte nicht nur von einer intensiven Studienphase im Vorfeld, sondern auch von einer Nachbetreuung durch die Hochschule Luzern (HSLU). Die Stärkung eines solchen Ansatzes durch eine Bewertung der tatsächlichen Leistung ist entscheidend, um ihn als Lehrbeispiel verwenden oder gar in ein Modell umwandeln zu können, das auch anderswo angewendet werden kann.

Das bauhistorische Interesse an einem so begrenzten Eingriff ist offensichtlich; das finanzielle ist es ebenfalls. Es heisst sogar, dieses Projekt habe keine Baubewilligung erfordert, was ebenfalls ein Vorteil ist. Auf jeden Fall stellt es die üblichen Sanierungsstrategien infrage, die auf einem normativen Ansatz beruhen und deren Ergebnisse

in der Regel eher invasiv sind. Im Rahmen der oben erwähnten Studie wird übrigens auch die graue Energie im Zusammenhang mit den Arbeiten bewertet und die ermittelten Werte werden mit der Sanierung des benachbarten Gebäudes verglichen, das ursprünglich ganz ähnlich aufgebaut war, aber konventionell renoviert wurde (Zentralheizung, umfassende Inneumbauten usw.).

Jedes alte Gebäude ist einzigartig und erfordert eigene Antworten. Und oft ist ein Teil der Lösung bereits in den Mauern verankert. Wer hätte nach den *Trente Glorieuses* denn je gedacht, dass hundert Jahre alte Holzöfen einmal auf ihre Weise zum Energiewandel 2050 beitragen würden?

5. Finanzierung und Besteuerung

I. STEUERRECHT

1. Allgemeine Grundsätze für die Besteuerung von Immobilienausgaben

Ein Immobilienbesitzer ist vom Erwerb der Immobilie bis zu ihrer Veräußerung hauptsächlich mit drei Arten von direkten Steuern konfrontiert, nämlich der Einkommenssteuer (Eigenmietwert oder Bruttomiete), der Vermögenssteuer (von der Steuerbehörde festgesetzter Wert der Immobilie) und der Grundstückgewinnsteuer (Besteuerung des bei Immobiliengeschäften erzielten Wertzuwachses). Immobilienausgaben sind untrennbar mit diesen Steuern verbunden, insofern sie, je nach Art der Ausgaben, (a) vom steuerpflichtigen Einkommen abgezogen werden können, (b) den Wert der Immobilie für die Vermögenssteuer erhöhen können, was den steuerpflichtigen Gewinn bei der Grundstückgewinnsteuer verringern würde, oder (c) private Ausgaben darstellen können, die keinen Einfluss auf die Steuerlast des Steuerpflichtigen haben.

a. Kosten für den Erwerb von Einkommen

Die Absetzbarkeit von Immobilienkosten ist nur ein Anwendungsfall des allgemeinen Grundsatzes, der für die Einkommenssteuer gilt und der die **Besteuerung** des Steuerpflichtigen beziehungsweise seines **Nettoeinkommens**, das heisst **nach Abzug der Einkommenserwerbskosten**, vorsieht. Steuerlich abzugsfähige Erwerbskosten sind Ausgaben, die der Instandhaltung von Immobilien dienen, die zum **Privatvermögen** des Steuerpflichtigen gehören. Diese Kosten umfassen hauptsächlich die Betriebs-, Verwaltungs- und Unterhaltskosten im engeren Sinne. Letztere entsprechen den

Ausgaben, die der Steuerpflichtige für Reparaturen und Renovierungen der Immobilie tätigt und die Aufwendungen und keine Investitionen darstellen, da diese Ausgaben den realen Wert der Immobilie nicht erhöhen. Diese Kosten beziehen sich somit sowohl auf Reparatur- als auch auf Renovierungskosten, wobei jedoch verlangt wird, dass diese Kosten lediglich den Wert der Immobilie erhalten und nicht steigern. Instandhaltungskosten im engeren Sinne sind im Wesentlichen Kosten, die für Arbeiten anfallen, die den normalen Verschleiss der Immobilie aufgrund ihrer Nutzung und des Zeitablaufs ausgleichen und den ursprünglichen Instandhaltungszustand der Immobilie aufrechterhalten sollen. Mit anderen Worten geht es darum, die Einkommensquelle, die die Immobilie für den Steuerzahler darstellt, zu erhalten, unabhängig davon, ob es sich bei diesem Einkommen um die Miete im Falle einer vermieteten Immobilie oder um den Mietwert im Falle einer bewohnten Immobilie handelt.

b. Investitionsausgaben

Man unterscheidet zwischen Instandhaltungsarbeiten (die den Wert erhalten) und Arbeiten, die den Wert einer Immobilie erhöhen. Diese Unterscheidung erfolgt auf der Grundlage objektiver technischer Kriterien. Ausgaben, die den Wert der Immobilie erhöhen (Erweiterung, Verbesserungen, neue Anlagen) oder den Bau der Immobilie abschliessen (endgültige Verkleidung der Räume, Ausbau des Dachbodens, Fertigstellung der Aussenanlagen usw.), stellen wertsteigernde Ausgaben dar und können nicht als Unterhaltskosten für Immobilien vom Einkommen abgezogen werden. Dasselbe gilt für Investitionen, die eine Änderung der Raumnutzung, den Umbau oder die Erweiterung einer Immobilie zum

Ziel haben, oder die Kosten für eine Totalrenovierung, die wirtschaftlich einem Neubau gleichkommt. Kosten, von denen nur ein Teil den Wert der Immobilie erhält, sind nicht in vollem Umfang als Unterhaltskosten absetzbar. Der abzugsfähige Anteil muss daher mithilfe eines geeigneten Verteilungsschlüssels berechnet werden.

Sofern Investitionsausgaben den Wert der Immobilie erhöhen, führen sie in der Regel zu einer höheren Vermögenssteuer. Die Wertsteigerung der Immobilie durch die Investitionsausgaben wird jedoch vom zu versteuernden Grundstücksgewinn abgezogen, wenn die Immobilie beispielsweise verkauft wird.

c. Private Unterhaltskosten des Steuerpflichtigen

Die Ausgaben für den Unterhalt des unbeweglichen Vermögens müssen auch von den Ausgaben unterschieden werden, die dem **privaten Unterhalt** des Steuerpflichtigen und seiner Familie oder der Deckung seines Lebensstandards dienen, da letztere **nicht abzugsfähig sind**. Hierbei handelt es sich um Ausgaben für den Verbrauch oder die Verwendung des Einkommens. Zu solchen Ausgaben für den privaten Unterhalt zählen in der Regel die Wohnkosten des Steuerpflichtigen, das heisst die Miete und die Mietnebenkosten wie Warmwasser, Heizung usw.

2. Besteuerung von Immobilienausgaben, die als Investitionen zur Energieeinsparung und zur Schonung der Umwelt eingestuft werden, sowie von Kosten für die Restaurierung von historischen Gebäuden

Nur die erste der oben genannten Kategorien von Ausgaben, die auf die

Erwerbskosten des Einkommens abzählen, ist im Gegensatz zu den anderen beiden vom steuerpflichtigen Einkommen absetzbar. Der Gesetzgeber hält sich nicht immer an diese Einteilung, da bestimmte Investitionsausgaben (wertsteigernde Arbeiten), die bei der Einkommensteuer nicht abzugsfähig sein sollten, unter bestimmten Bedingungen trotzdem als abzugsfähige Kosten eingestuft werden können. Dies gilt für Investitionsausgaben zur Energieeinsparung oder bestimmte Ausgaben für die Restaurierung von historischen Gebäuden, die Anreize für Steuerzahler darstellen, die es ihnen ermöglichen, aussersteuerliche Abzüge in Anspruch zu nehmen.

a. Investitionen zur Einsparung von Energie und zur Schonung der Umwelt

i. Einkommensteuer

Ausgaben für Energiesparen und Umweltschutz sind steuerlich absetzbar. Diese Kategorie von Ausgaben umfasst Kosten, die anfallen, um **den Energieverbrauch zu rationalisieren** oder **erneuerbare Energien zu nutzen**. Diese Ausgaben bestehen in der Regel aus Investitionen in den Ersatz veralteter Bauteile oder Anlagen bzw. in die Hinzufügung von Bauteilen oder Anlagen **in bestehenden Gebäuden**, die in der Regel eine **Wertsteigerung der Immobilie** auslösen; technisch gesehen sollten sie daher nicht abzugsfähig sein. Dank einer ausdrücklichen gesetzlichen Grundlage werden diese Investitionen jedoch aufgrund **ihres Zwecks** als abzugsfähige Ausgaben qualifiziert.

Wenn diese Kosten in dem Jahr, in dem sie entstanden sind, steuerlich nicht vollständig berücksichtigt werden können, kann der Abzug dieser Ausgaben unter bestimmten Bedingungen auf

bis zu zwei nachfolgende Steuerjahre verschoben werden. Danach können die Kosten für die Instandhaltung der Energiesparmassnahmen unter denselben Bedingungen wie andere Instandhaltungskosten für Immobilien von der Steuer abgesetzt werden. Allfällige Einnahmen aus den Energiesparmassnahmen sind grundsätzlich einkommenssteuerpflichtig.

ii. Vermögenssteuer

Eine Energiesparmassnahme führt zu einer Neuordnung des Vermögens: Sie verringert die finanziellen Ressourcen auf der einen Seite und erhöht im Prinzip den Wert der Immobilie auf der anderen Seite. Die Praxis der Kantone unterscheidet sich jedoch in diesem Bereich. Im Kanton Genf beispielsweise bestand die bis zur Steuerperiode 2021 geltende Praxis darin, Ausgaben mit ökologischem Charakter automatisch als Investitionen zu qualifizieren, die den Wert der Immobilie erhöhen. Neu wird seit dem 1. Januar 2022 von der Steuerverwaltung geprüft, ob es sich bei den betreffenden Ausgaben um Unterhaltskosten oder um wertvermehrende Investitionen handelt. Wenn die Ausgaben als Instandhaltungskosten gelten, haben sie keinen Einfluss auf den Steuerwert der Immobilie. Handelt es sich hingegen um wertsteigernde Investitionen, erhöhen sie den Steuerwert der Immobilie und damit auch die Vermögenssteuer.

iii. Steuer auf Immobiliengewinne

Die Kosten für Energiesparmassnahmen, die beim **Bau eines Gebäudes** (oder einer ähnlichen Renovierung) entstehen, können aufgrund des vom Gesetzgeber beabsichtigten Anreizes nicht vom steuerpflichtigen Einkommen abgezogen werden. Diese gehören zur Kategorie der Investitionsausgaben, die von dem zu versteuernden Grund-

stücksgewinn abgezogen werden, wenn das Gebäude verkauft wird.

Bei Investitionskosten, die in Bezug auf **ein bestehendes Gebäude** entstehen und der Energieeinsparung und dem Umweltschutz dienen sollen, unterscheiden sich die Kantone in der Praxis darin, ob derselbe Aufwand zweimal geltend gemacht und im Sinne einer Reduktion berücksichtigt werden kann, als Unterhaltsaufwand für die Einkommenssteuer, wenn die Kosten an einem bestehenden Gebäude angefallen sind, und (später) als wertvermehrende Ausgabe für die Grundstückgewinnsteuer (beispielsweise schliesst die kantonale Gesetzgebung des Kantons Waadt die doppelte Geltendmachung ausdrücklich aus, während jene des Kantons Genf diesbezüglich schweigt, sodass die Steuerbehörden sie grundsätzlich akzeptieren, wenn die Ausgabe als wertvermehrende Investition qualifiziert wird).

b. Kosten für die Restaurierung von historischen Gebäuden

Ausgaben für die Restaurierung von historischen Gebäuden sind steuerlich abzugsfähig, sofern die Arbeiten (i) tatsächlich **Restaurierungsarbeiten** entsprechen, (ii) sich auf historische Gebäude beziehen, (iii) vom Steuerpflichtigen aufgrund **gesetzlicher Bestimmungen** (auf Gemeinde-, Kantons- oder Bundesebene) vorgenommen werden, (iv) **in Absprache mit den Behörden** oder auf deren Anordnung erfolgen und (v) **nicht durch eine Subvention gedeckt** sind. Diese Bedingungen müssen kumulativ erfüllt sein. Es reicht nicht aus, dass die Arbeiten im Einvernehmen mit dem Kanton oder der Behörde vorgenommen wurden. Darüber hinaus muss es eine gesetzliche Grundlage geben, die die Restaurierungsarbeit vorsieht.

Als Beispiel für eine solche Rechtsgrundlage kann das Genfer kantonale Gesetz über den Schutz von Denkmälern, Natur und Landschaft genannt werden. Wenn alle gesetzlichen Voraussetzungen erfüllt sind, gelten für diese Ausgaben besondere Regeln, da sie dann **voll abzugsfähig** sind. Insbesondere wird keine Analyse der Auswirkungen der Arbeiten auf den Wert der Immobilie vorgenommen, sodass **selbst Investitionsarbeiten**, die eine (vollständige oder teilweise) **Wertsteigerung** der Immobilie bewirken, voll abzugsfähig sind.

Bei der Vermögens- und Grundstücksgewinnsteuer gelten die gleichen Überlegungen wie die oben in Bezug auf energiesparende und umweltschonende Investitionen genannten, wobei die kantonalen Praktiken in diesem Bereich voneinander abweichen.

3. Entwurf einer eidgenössischen Reform der Wohneigentumsbesteuerung

Im Februar 2017 reichte die Kommission für Wirtschaft und Abgaben des Ständerats eine parlamentarische Initiative ein, die auf einen Systemwechsel bei der Besteuerung der selbst genutzten Hauptwohnung abzielt. In seiner jetzigen Form zielt dieses Reformprojekt insbesondere auf die Abschaffung der Besteuerung des Eigenmietwerts der selbstgenutzten Hauptwohnung ab (Zweitwohnungen sind zum jetzigen Zeitpunkt nicht vom Reformprojekt betroffen, wobei die Kommission des Nationalrats am 16. August 2022 beschloss, den Entwurf des Ständerats abzuändern und einen vollständigen Systemwechsel auf Bundes- und Kantonsebene vorzuschlagen, damit auch der Mietwert von selbst genutzten Zweitwohnungen nicht mehr besteuert wird). Logischerweise würde der Ver-

zicht auf die Besteuerung des Eigenmietwerts dazu führen, dass die Kosten für die Instandhaltung von Gebäuden nicht mehr abzugsfähig wären.

Bei den aussersteuerlichen Abzügen (d.h. Energiespar- und Umweltschutzmassnahmen sowie Restaurierungsarbeiten an historischen Gebäuden) muss eine Unterscheidung getroffen werden. In Bezug auf die erste Kategorie sollte die Möglichkeit, diese Kosten steuerlich abzusetzen, auf kantonaler Ebene beibehalten, auf Bundesebene jedoch abgeschafft werden, und zwar sowohl für Hauptwohnsitze, die Gegenstand der Reform sind, als auch für Zweitwohnsitze, die davon ausgenommen sind. Für die zweite Kategorie würde das derzeitige Steuersystem weiterhin gelten, das heisst, diese Kosten könnten sowohl auf Bundes- als auch auf Kantonsebene vom steuerpflichtigen Einkommen abgezogen werden.

II. ZUSCHÜSSE

1. Finanzielle Unterstützung für Energieverbesserungen und erneuerbare Energien, insbesondere für denkmalgeschützte Gebäude

Massnahmen für einen sparsameren Ressourcenverbrauch sind oft mit erheblichen Investitionen verbunden. Die auf verschiedenen Ebenen angebotenen Förderprogramme stellen in vielen Fällen eine wichtige, wenn nicht sogar entscheidende Unterstützung dar. So gibt es auf lokaler Ebene zahlreiche, teilweise sehr unterschiedliche Subventionen. Je nach Ort in der Schweiz werden verschiedene Massnahmen zur Förderung der Strategie zur Energiewende angeboten, darunter auch Zuschüsse zur Förderung von Renovierungen und Optimierungen. Die Höhe der

Zuschüsse und die Bedingungen für die Gewährung sind spezifisch für die Art der geplanten Ausgaben und variieren je nach Kanton und Gemeinde.

2. Besteuerung von Zuschüssen

Diese Investitionszuschüsse für Energiesparmassnahmen an Gebäuden und alle damit gleichgestellten Massnahmen sowie Finanzhilfen für geschützte Gebäude stellen steuerpflichtiges Einkommen dar, während die Investitionskosten vom Einkommen abgezogen werden können. Letztendlich ist es also die Differenz zwischen dem Zuschuss und den gesamten Investitionskosten, die vom Einkommen abgesetzt werden kann. Investitionszuschüsse für Energiesparmassnahmen, die im Zusammenhang mit dem Bau eines Gebäudes (oder einer ähnlichen Renovierung) durchgeführt werden, unterliegen nicht der Einkommenssteuer, werden aber, wie oben dargelegt, im Rahmen der Besteuerung des Immobiliengewinns, der beim Verkauf des Gebäudes erzielt wird, von den Investitionskosten abgezogen.

*Me Nicolas Merlino, Anwalt
Me Nicolas Moreno, Anwalt
Étude Poncet Turrettini, Genf*



Für weitere Informationen

NÜTZLICHE ADRESSEN

energie-umwelt.ch

Informationsplattform der Energie- und Umweltämter der Kantone Bern, Freiburg, Genf, Jura, Neuenburg, Wallis und Waadt: eine Goldgrube an Informationen, umfassend und didaktisch aufbereitet.

erneuerbarheizen.ch

Programm Energie Schweiz. Träger sind das Bundesamt für Energie, alle Kantone sowie viele Branchenverbände. Unter anderem bietet es einen umfangreichen Heizkosten- und CO₂-Rechner an.

holz-energie.ch

Dachverband der Schweizer Holzenergiebranche

swissolar.ch

Schweizerischer Fachverband für Sonnenenergie

negawattschweiz.org

Negawatt Schweiz ist eine unabhängige Vereinigung von Fachleuten aus dem Energie- und Umweltbereich, die insbesondere den sparsamen Umgang mit Energie als Ergänzung zu Effizienzmassnahmen fördern will.

klimaoffensive.ch

Internetseite der Klimaoffensive Baukultur, die unter anderem vom Schweizer Heimatschutz und von Domus Antiqua Helvetica unterstützt wird. Wie die Energiewende gelingen kann, ohne die Qualitäten der baulichen und landschaftlichen Umgebung zu beeinträchtigen.

Zahlreiche Behörden, Organisationen sowie städtische und kantonale Fachstellen für Denkmalpflege stellen Merkblätter und weitere Publikationen zum Thema zur Verfügung. Nachfolgend ein paar Beispiele aus den Kantonen Bern und Zürich:

www.kultur.bkd.be.ch/de/start/themen/denkmalpflege/bauen-und-denkmalpflege/umbauen-und-restaurieren.html

www.bvd.be.ch

www.zh.ch/de/planen-bauen/bauvorschriften/bauen-an-besonderer-lage/bauen-und-denkmalpflege.html

www.zh.ch/de/planen-bauen/bauvorschriften/bauvorschriften-gebaeude-energie/heizungsersatz.html

www.zh.ch/de/umwelt-tiere/energie/energiefoerderung.html

www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/beratung_bewilligung/baubewilligung/fachthemen/energetische_massnahmen/heizungsanlagen.html

PUBLIKATIONEN

BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE)
Energiegerecht sanieren. Ratgeber für Bauherrschaften
Bern 2010

DOMUS ANTIQUA HELVETICA
Energie in historischen Wohnbauten
DAH, Sektion Raetia
Chur 2011

MOERI Siegfried, WOHLLEBEN Marion & al.
Energie und Baudenkmal. Ein Handbuch. Gebäudehülle
Kantonale Denkmalpflege Bern & Zürich
Bern & Zürich 2014

MOERI Siegfried, WOHLLEBEN Marion & al.
Energie und Baudenkmal. Ein Handbuch. Haustechnik
Kantonale Denkmalpflege Bern & Zürich
Bern & Zürich 2014

KUNZ, Gerold
Strategien im Bereich Energie und Baudenkmal für Denkmalpflege stellerder Schweiz
Stiftung zur Förderung der Denkmalpflege
Zürich 2015

BUNDESAMT FÜR KULTUR (BAK) & BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE)
Denkmal und Energie. Historische Bausubstanz und zeitgemässer Energieverbrauch im Einklang
Bundesamt für Kultur (BAK) & Bundesamt für Energie (BFE)
Bern 2015

SCHWEIZER HEIMATSCHUTZ
Baukultur und Energie.
Gesamtbetrachtung
Heft 1, Edition Heimatschutz
Schweizer Heimatschutz
Zürich 2015

SCHWEIZER HEIMATSCHUTZ
Baukultur und Energie.
Wohnbauten energetisch aufwerten
Heft 2, Edition Heimatschutz
Schweizer Heimatschutz
Zürich 2015

SCHWAB Stefanie & al.
**Rénovation énergétique. Approche
globale pour l'enveloppe du bâtiment**
HEIA-FR, Institut TRANSFORM,
HEPIA-GE, Institut inPACT
Fribourg 2016

EIDGENÖSSISCHE KOMMISSION
FÜR DENKMALPFLEGE (EKD)
Energie und Baudenkmal.
Grundsatzdokument vom 22. Juni 2018
Eidgenössische Kommission für
Denkmalpflege
Bern 2018

INTERREG ALPINE SPACE
Historic Building Energy Retrofit Atlas
www.hiberatlas.com/de
Atlas zur energetischen Sanierung
historischer Gebäude (Beispiele aus
Europa und der Schweiz).

■ FENSTER

MOERI Siegfried, WOHLLEBEN
Marion & al.
Energie und Baudenkmal.
Ein Handbuch. Fenster und Türen
Kantonale Denkmalpflege Bern &
Zürich
Bern & Zürich 2014

ORTELLI Luca & al.
Assainissement de fenêtres.
Immeubles d'habitation 1850-1920
EPFL, Laboratoire de construction
et conservation
Lausanne 2014

EIDGENÖSSISCHE KOMMISSION
FÜR DENKMALPFLEGE (EKD)
Fenster am historischen Bau.
Grundsatzdokument vom 22. Juni 2018
Eidgenössische Kommission für
Denkmalpflege
Bern 2018

■ SOLAR

MOERI Siegfried, WOHLLEBEN
Marion & al.
Energie und Baudenkmal.
Ein Handbuch. Solarenergie
Kantonale Denkmalpflege Bern &
Zürich
Bern & Zürich 2014

BUNDESAMT FÜR KULTUR (BAK)
**Solkultur. Solarenergie gekonnt
mit Baukultur verbinden**
Bundesamt für Kultur, Sektion
Heimatschutz und Denkmalpflege
Bern 2019

UNIVERSITY OF APPLIED
SCIENCES AND ARTS OF SOUTHERN
SWITZERLAND (SUPSI) & BECQUEREL
INSTITUTE
**Building Integrated Photovoltaics:
A practical handbook for solar
buildings' stakeholders**
University of Applied Sciences and Arts
of Southern Switzerland (SUPSI)
Canobbio, 2020

■ LOW-TECH

SIA, STADT ZÜRICH, SCHWEIZ
ENERGIE
Qualität durch Mässigung?
Suffizienz im bebauten Raum.
Sonderheft von Tec 21/ Tracés 6/2013
Verlags-AG der akademischen
technischen Vereine
Zürich 2013
RAHM Philippe
Le style anthropocène
Collection Manifestes
von HEAD-Publishing
2023
[https://head-publishing.ch/longread/
le-style-anthropocene](https://head-publishing.ch/longread/le-style-anthropocene)

■ WIRTSCHAFT

BAK ECONOMICS AG
**Bestandesaufnahme zur volkswirt-
schaftlichen Bedeutung des gebauten
Kulturerbes in der Schweiz**
Bak Economics AG
Basel 2020

Dank

DOMUS ANTIQUA HELVETICA möchte allen Mitwirkenden dieses Sonderheftes sehr herzlich danken.

Unser Dank gilt in erster Linie Aleksis Dind, Architekt EPFL in Montreux, der diese Publikation konzipiert und verfasst hat. Ihm ist es gelungen, die Komplexität des Themengebietes mit grosser Sachkenntnis darzustellen und einem breiten Publikum verständlich zu machen und die Möglichkeiten aufzuzeigen, die sich den Eigentümern historischer Wohnbauten bieten.

Die Herausgeber danken insbesondere der Genfer Sektion von DAH und ihrem ehemaligen Präsidenten Rémy Best, die diese Arbeit in Angriff genommen haben, den Rechtsanwälten Nicolas Merlino und Nicolas Moreno von der Anwaltskanzlei Poncet Turrettini in Genf für ihren Beitrag zum Thema Steuern sowie Rechtsanwalt Martin Breitenstein und seinem Team für den Überblick über den rechtlichen Rahmen von Energiemassnahmen.

Unser Dank geht auch an die beteiligten Eigentümer, Architekten und Fotografen, die uns freundlicherweise die Dokumentation zu den verschiedenen Häusern und Projekten zur Verfügung gestellt haben.

Ein grosses Dankeschön gebührt unserer Übersetzerin Irene Bisang, die das anspruchsvolle Thema mit Bravour gemeistert hat, Raya Hauri für den Sprachabgleich und die sachkundigen Ratschläge sowie dem Grafiker Pascal Bolle für seine Professionalität und das gelungene Layout.

Last but not least gilt unser besonderer Dank Marie-Christine Streuli, Vorsitzende der Energiegruppe von Domus Antiqua Genf, die dieses Sonderheft und seine Übersetzung mit grossem Engagement, bewundernswerter Geduld und der notwendigen Entschlossenheit erst möglich gemacht hat.

Die Herausgabe dieser Broschüre wäre ohne zusätzliche finanzielle Beiträge nicht möglich gewesen. Für die grosszügige Unterstützung danken wir dem Bundesamt für Kultur BAK sowie den DAH-Sektionen Aargau, Bern, Glarus, Raetia, Säntis, Solothurn, Zürich und Wallis sowie unserem Sponsor, der Dom GmbH Architektur in Mollis.

DOMUS ANTIQUA HELVETICA

Domus Antiqua Helvetica verfolgt folgende Zielsetzungen:

- Erhalten und Bewohnen schützenswerter Wohnbauten
- Engagement für das lebendige Bauerbe
- Vernetzung und Stellungnahme im politischen Prozess
- Publikation und Vermittlung von Fachwissen

www.domusantiqua.ch