



wtb.be
Forscht • Entwickelt • Informiert

Kontakt

EINE AUSGABE DES WISSENSCHAFTLICHEN UND TECHNISCHEN BAUZENTRUMS

2016/1

Sonderausgabe **Die energetische Renovierung** von Gebäuden



Prioritäten
S. 8-9

Wände
S. 18-19

Innovationen
S. 22-23

Lüftung
S. 30-31



Inhalt 2016/1

Die energetische Renovierung: eine Herausforderung und eine Gelegenheit	3
Prioritäten der auszuführenden Arbeiten	8
Wird die Industrialisierung die neue Renovationstechnik?	10
Die energetische Renovierung von geneigten Dächern	12
Renovierungstechniken für Flachdächer mit einer Abdichtung...	14
Renovierung von bestehenden Fenstern	16
Techniken für die energetische Renovierung von Wänden	18
Techniken für die energetische Renovierung von Decken	20
Die energetische Renovierung: Tendenzen und Innovationen...	22
Renovierung von Raumheizungssystemen	24
Energetische Renovierung der Sanitärwarmwasserinstallation ...	28
Renovierungslösungen für die Lüftung	30
Die Renovierung der Beleuchtung im Rampenlicht	32



Die Reduzierung des Energieverbrauchs von bestehenden Gebäuden steht schon seit einigen Jahren ganz vorne auf der Tagesordnung. Denn Ziel der europäischen, nationalen und regionalen Politik auf diesem Gebiet ist es, bis 2050 den Energieverbrauch und den CO₂-Ausstoß von Gebäuden stark zu senken. Angesichts dieser gewaltigen Herausforderung will dieser WTB-Kontakt die Baufachleute beim Renovierungsprozess begleiten und ihnen beim Ergreifen der geeignetsten Renovierungsmaßnahmen langfristig helfen, indem er ihnen relevante Informationen zur Verfügung stellt.

Die energetische Renovierung: eine Herausforderung und eine Gelegenheit

1 Auf dem Weg nach 2050

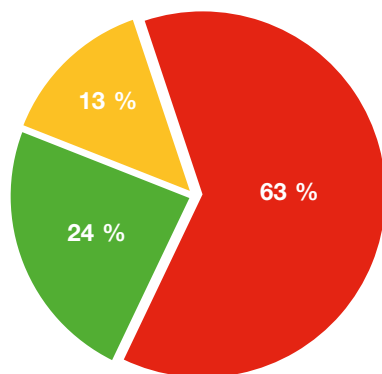
Da unsere alten Gebäude nur sehr langsam durch neue ersetzt werden, muss die Energieeinsparung hauptsächlich durch den bestehenden Gebäudepark realisiert werden. Dieser Gebäudebestand, der in Belgien ungefähr 4,4 Millionen Gebäude umfasst, besteht zum weitaus größten Teil aus Einfamilienhäusern (79 %, gegenüber 4 % Appartementhäusern und 17 % Nichtwohngebäuden). Angesichts dessen, dass die meisten bestehenden Wohnungen mehr als 35 Jahre alt sind (siehe Abbildung 1) und gebaut wurden, bevor die Anforderungen in Sachen Dämmung galten, verbrauchen sie – im Vergleich zu anderen europäischen Ländern –

viel Energie (und zwar vor allem für die Heizung, siehe Abbildung 2). Die Renovierung und die Reduzierung des Energieverbrauchs des bestehenden Erbes stellen den belgischen Bausektor in den kommenden Jahren somit vor zwei großen Herausforderungen.

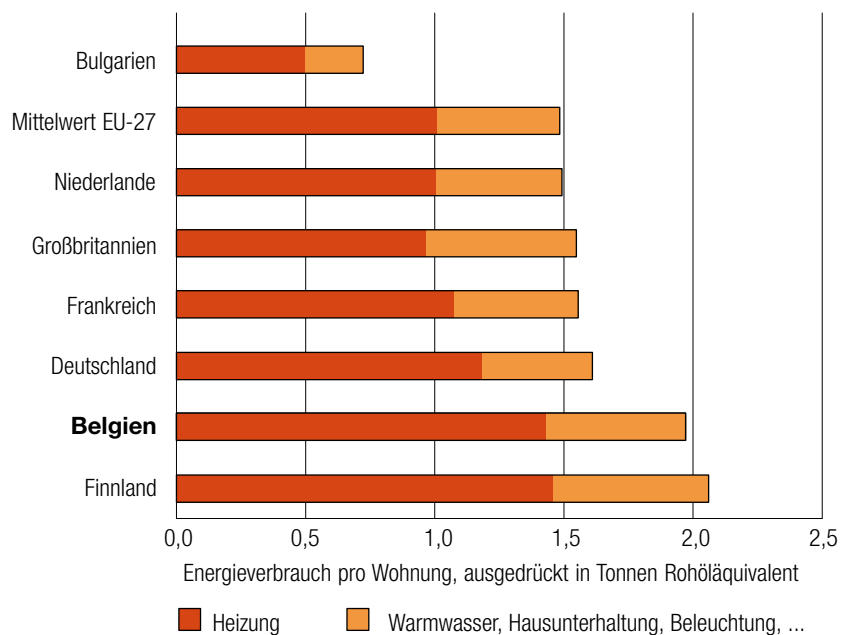
Vonseiten der Regierungen werden in Bezug auf die Renovierungsmaßnahmen und -projekte immer konkretere Anforderungen auferlegt. So gelten in den drei Regionen schon minimale Dämmungs- und Installationsanforderungen für genehmigungspflichtige Renovierungsarbeiten. Auch die Gesamt-Gebäudeleistung wird – wenn es sich um sehr gründliche oder tief greifende Renovierungsarbeiten han-

delt – immer häufiger Anforderungen unterworfen. Für eine Übersicht über die geltende Energieleistungsverordnung im Rahmen einer Renovierung verweisen wir auf die Normen-Außenstelle 'Energie et climat intérieur' (www.normes.be).

Es wird auch schon an konkreten langfristigen Zielsetzungen gearbeitet. In Flandern wird im Rahmen des flämischen Renovierungspakts beispielsweise an ein Mindestniveau gedacht, dem alle bestehenden Wohnungen bis 2050 genügen müssten. Diese langfristige Zielsetzung kann übersetzt werden in eine Leistungsanforderung auf Gebäudeniveau (z.B. ein E-Niveau um E60 herum) oder in Anforderungen für spezifische Arbeiten (wobei man nach



1 | Die belgischen Wohnungen, verteilt nach Baujahr (vor und nach der Einführung der Dämmungsanforderungen) (Quelle: DG Statistiques et Information économique, 2015).



2 | Im Vergleich zum Rest von Europa schneiden belgische Wohnungen eher schlecht ab auf dem Gebiet des Energieverbrauchs (Quelle: AEE, 2010).



Lösungen strebt, die sich dem Niveau des heutigen Neubaus annähern). Das bedeutet, dass sowohl die Hülle als auch die Anlagen weniger energieverwendend sein müssten und dass man für die Wände (Mauern, Böden und Dächer) einen U-Wert im Bereich von 0,15 bis 0,25 W/m².K erreichen müsste. Das Gebäude müsste ebenfalls mit gut gedämmten, leistungsfähigen Schreinerarbeitselementen und Verglasungen ($U_w = 0,8$ bis 1,5 W/m².K) versehen sein. Auch eine gute Luftdichtheit, eine kontrollierte Lüftung, Anlagen mit einem hohen Wirkungsgrad und eine effiziente Beleuchtung können in diesem Zusammenhang ihren Beitrag leisten.

Angesichts dessen, dass durchgeführte Renovierungsarbeiten häufig eine Lebensdauer von mehr als 30 Jahre haben, möchten wir darauf hinweisen, dass jede ab jetzt ergriffene Maßnahme

schon zu dieser langfristigen Zielsetzung passen und demzufolge in energetischer Hinsicht ausreichend ehrgeizig sein muss.

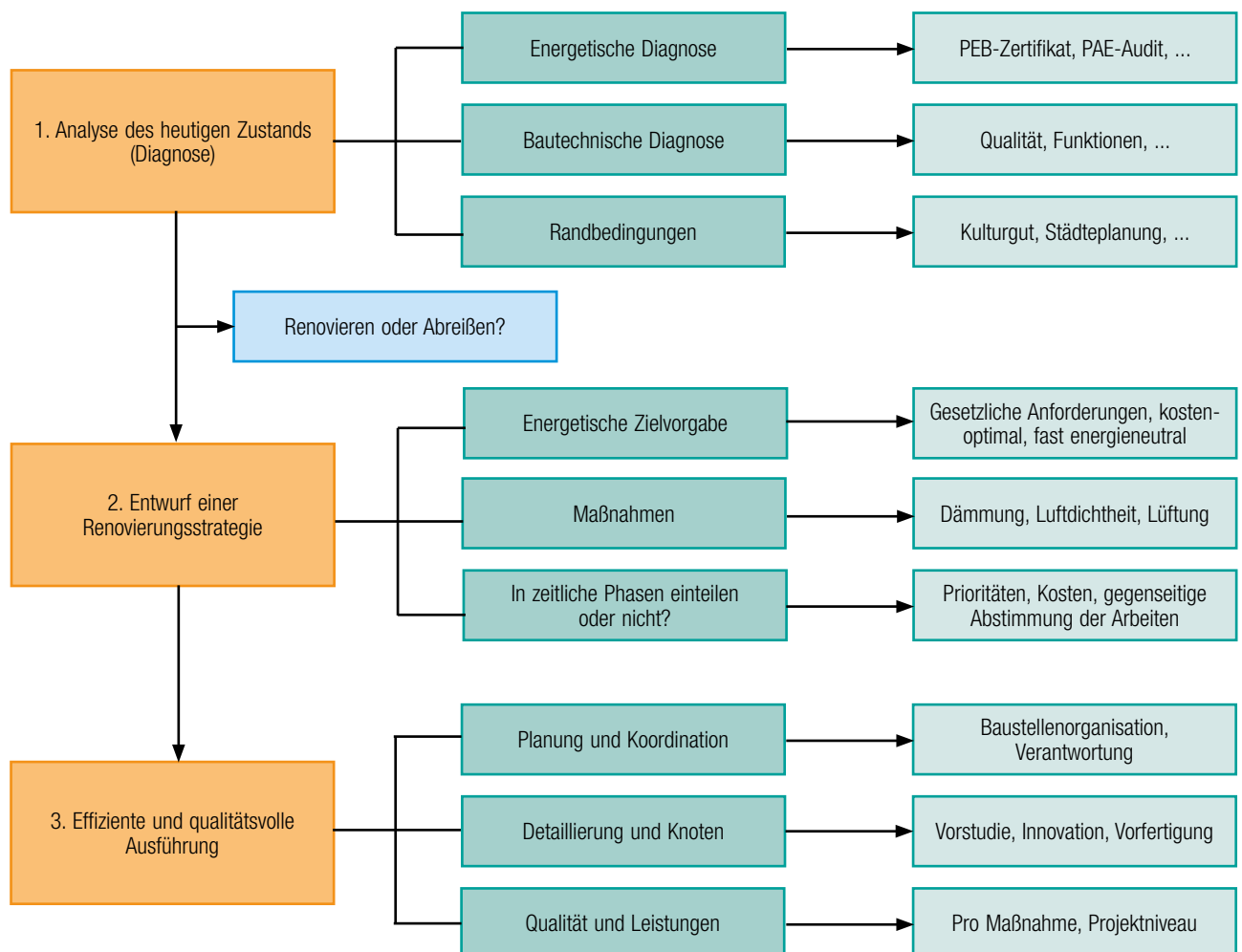
2 Die Rolle von Experten bei einem integralen Ansatz

Das zunehmende Interesse für Renovierungen gibt den Planern und Bauunternehmern die Gelegenheit, ihr Wissen und ihre Erfahrung anzuwenden. Denn das zum Erfolg führen dieser Projekte und das Realisieren eines leistungsfähigen Endergebnisses sind mit entsprechenden Herausforderungen verbunden. So muss man – unter Berücksichtigung des heutigen Zustandes des Gebäudes – die richtigen Renovierungsmaßnahmen auswählen, ohne das begrenzte Budget, über das ein Kunde in der Regel verfügt, aus dem Auge zu verlieren.

Dazu werden die Renovierungsarbeiten häufig in Phasen ausgeführt, mit allen praktischen Problemen, die das mit sich bringt: Die verschiedenen Schritte der Renovierung können nicht immer mit der gleichen Effizienz ausgeführt werden, die gewählten Maßnahmen müssen aufeinander abgestimmt werden und es muss jedes Mal eine *Ad-hoc*-Lösung gesucht werden. Außerdem muss man festlegen, welche Maßnahmen vorrangig sind und was sie zur Folge haben.

3 Der Renovierungsprozess

Man muss bei Renovierungsarbeiten durchdacht vorgehen und sich bei jedem Schritt vorher eine gute Vorstellung vom gewünschten Endergebnis machen. Der Renovierungsprozess (siehe Abbildung 3) beginnt mit einer gründlichen Analyse des bestehenden



3 | Schematische Darstellung des Renovierungsprozesses (Quelle: RenoFase).



Gebäudes (der sog. Diagnosephase). Dann muss man sich – da die Renovierungsschritte untrennbar miteinander verbunden sind – ab dem Entwurfsstadium für einen integralen, auf dieser Analyse basierten Ansatz entscheiden. So erfordert die Dämmung eines Gebäudes, dass eine luftdichte Ausführung vorgesehen wird. Ferner muss eine kontrollierte Lüftung installiert werden, um ein komfortables Raumklima zu schaffen und Feuchtigkeitsprobleme zu vermeiden. Danach müssen die Renovierungsmaßnahmen korrekt in die Praxis umgesetzt werden, um zu einem effizienten und qualitativollen Ergebnis zu kommen. Ein integraler Ansatz und eine globale Vision sind somit wesentlich.

3.1 Analyse des heutigen Zustands

Um die richtigen Entscheidungen treffen

zu können, ist es von äußerster Wichtigkeit, den heutigen Zustand des Gebäudes zu analysieren. Diese Diagnose umfasst verschiedene Teilaspekte, die nachstehend besprochen werden.

3.1.1 Energieleistungen

Ein Energieaudit ermöglicht es, Einblick in den Verbrauch des Gebäudes und in den Aufbau der verschiedenen Hüllenelemente und der Anlagen zu erhalten. So kann man leicht die Gebäudeteile identifizieren, die vorrangig behandelt werden müssen.

3.1.2 Bautechnischer Zustand

Neben den Energieleistungen des Gebäudes muss dem allgemeinen bautechnischen Zustand besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Denn

es ist von äußerster Wichtigkeit, dass Probleme (Feuchtigkeit, Stabilität, ...) zuerst ordentlich erkannt und gelöst werden, bevor man zu den Renovierungsarbeiten übergeht. Für einige Eingriffe ist es erforderlich, eine Detailanalyse auszuführen, bevor man deren Anwendung in Erwägung ziehen kann (z.B. Zustand des Verblendmauerwerks bei nachträglicher Dämmung längs der Innenseite oder mittels Ausfüllung des Luftzwischenraums).

3.1.3 Randbedingungen und Funktionalität

Abschließend muss man vor der Erstellung des Plans und der Ausführung überprüfen, was gesetzlich zugelassen ist (Städteplanung, Kulturerbe). Auch andere wichtige Aspekte, wie z.B. die gewünschten Gebäudefunktionen, die Zufuhr des Tageslichts, der Brandschutz,

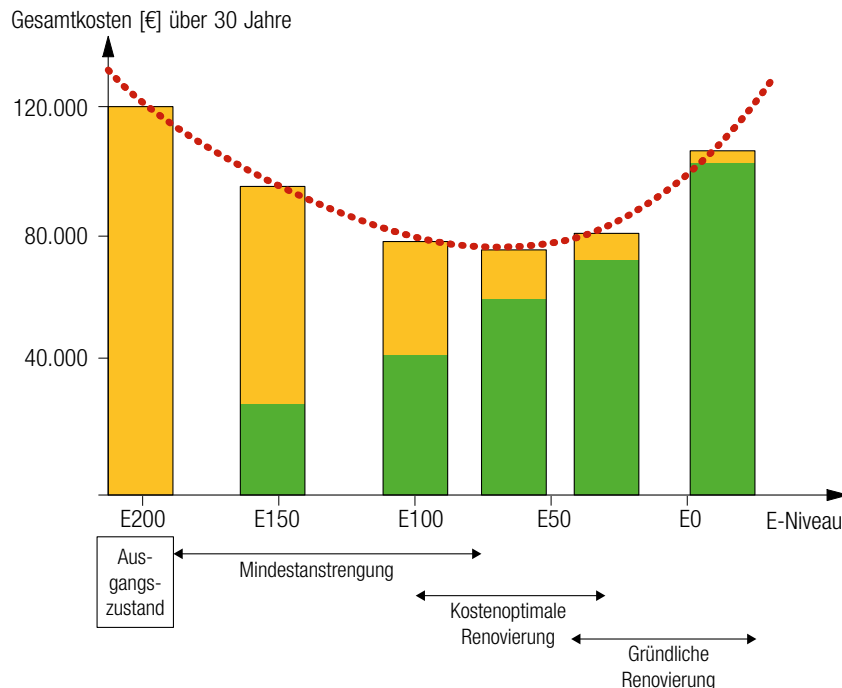
Renovieren oder Abreißen?

Manchmal wird im Rahmen der Anfangsanalyse die Frage aufgeworfen, ob es sich wirklich noch lohnt, das Gebäude zu renovieren; mit anderen Worten, ob es nicht besser wäre, es abzureißen. Denn aus den statistischen Daten ergibt sich, dass etwa 5 % des Gebäudeparks (d.h. etwa 200.000 Wohnungen) sich in einem zu schlechten Zustand befinden, um noch durch einfache Maßnahmen zu einer annehmbaren Basisqualität kommen zu können.

Die Abwägung ‚Renovieren oder Abreißen?‘ umfasst in der Regel drei Schritte (siehe nachstehende Tabelle). Zuerst müssen die (gesetzlichen) Randbedingungen überprüft werden: Die Kulturgutregeln und städtebaulichen Vorschriften können beispielsweise ein Verbot hinsichtlich des Abreißens beinhalten. Danach kann eine qualitative Abwägung getroffen werden, und zwar anhand einer Anzahl wichtiger Themen, wie z.B. dem technischen Zustand des Gebäudes, den gewünschten Funktionalitäten (Raumnutzung, Brandschutz, Komfort, ...) und der Wertschaffung durch Renovierung oder durch Freisetzen der bebauten Fläche. Schließlich können verschiedene Renovierungs- und Abrisszenarien miteinander verglichen werden (z.B. auf Basis der Investitions- oder Lebenszykluskosten).

A | Renovieren oder Abreißen von Wohnungen: Aspekte, die die Entscheidung beeinflussen können.

Schritt 1: Randbedingungen (diese können die Entscheidung schon in eine bestimmte Richtung lenken)				
Kulturgut (Abreißen nicht gestattet)		Städteplanung und Raumordnung (z.B. Beibehalten des heutigen Zustands)		
Schritt 2: qualitative Analyse (Abwägen verschiedener Kriterien)				
Technischer Zustand (Bewertung der Stabilität, Feuchtigkeit, ...)	Gewünschte Funktionalität (Basiskomfort, zusätzliche Funktionen, ...)	Energetische Zielvorgabe (Orientierung, Kompaktheit, Vorschriften)	Wertschaffung (Bodenwert im Verhältnis zur realisierbaren Oberfläche, Wertsteigerung nach Renovierung)	
Schritt 3: quantitative Analyse (detaillierte Berechnung verschiedener Szenarien)				
Realisierte Oberfläche, die bei einer Renovierung oder einem Neubau möglicherweise unterschiedlich ist	Entsprechende Investition	MwSt., Prämien	Energiekosten	Umweltauswirkung



4 | Vereinfachte Darstellung einer Kostenoptimierungskurve für eine Wohnungsrenovierung (basierend auf dem Fall eines herrschaftlichen Hauses aus der VEA-Studie aus dem Jahr 2013).

- ● ● Gesamtkosten (30 Jahre)
- Energiekosten (30 Jahre)
- Investition

die Akustik, der Sommerkomfort und die Wünsche der Kunden (z.B. eine bessere Raumeinteilung, eine beabsichtigte Werterhöhung und die eventuelle Absicht, dort lebenslang zu wohnen) müssen im Voraus untersucht werden, um dies bei dem Entwurf und der Ausführung berücksichtigen zu können.

3.2 Ausarbeiten einer Renovierungsstrategie beim Entwurf

Angesichts dessen, dass die verschiedenen Renovierungsmaßnahmen voneinander abhängig sein können, ist es wichtig, dass jeder Eingriff Teil eines integralen Ansatzes ist. Deshalb muss man in der Entwurfsphase zuerst eine Renovierungsstrategie oder einen Stufenplan ausarbeiten, ehe man mit den Arbeiten beginnt. Dazu müssen hinsichtlich der Wahl eine gewisse Anzahl von Entscheidungen getroffen werden.

3.2.1 Festlegen der Zielvorgabe

Eine wichtige Frage bei der Renovierung ist stets, wie weit will und kann man bei der Energieeinsparung gehen. Es ist selbstverständlich, dass man mindestens die gesetzlichen Verpflichtungen erfüllen muss (was eine minimale Anstrengung erfordert). Im Rahmen einer langfristigen Vision empfiehlt es sich

jedoch ausreichend ehrgeizig zu sein und somit – in Abhängigkeit des verfügbaren Budgets – einen Schritt weiter zu gehen.

Man kann in erster Linie ein ‚kostenoptimales Niveau‘ anstreben (siehe Abbildung 4). Hierbei wird die (höhere) Erstinvestition in Renovierungsmaßnahmen (teilweise) durch eine niedrigere Energierechnung amortisiert. Die Verschiedenheit der Projekte (Umfang der Arbeiten, Ausgangssituation, ...) macht es jedoch unmöglich, für alle Gebäude ein bestimmtes kostenoptimales E- oder K-Niveau festzulegen. Dieses muss somit für jedes Projekt bestimmt werden.

Wenn man ein höheres Energieniveau anstrebt, muss man zu einer äußerst energiesparenden bzw. gründlichen Renovierung übergehen. Obwohl die Erstinvestition dabei höher liegt, sind die Gesamtkosten über 30 Jahre, angesichts der dadurch bewirkten Energieeinsparungen, nicht unbedingt höher. Dieses Leistungsniveau grenzt an die Anforderungen, die seit 2016 für Neubauten gelten und jenes, das gegen 2021 ganz allgemein gelten müsste (fast energieneutraler Verbrauch). Wir empfehlen, mindestens das Leistungsniveau anzustreben, das seit 2016 für neue Gebäude vorgeschrieben ist.

Ein sehr ehrgeiziges Vorhaben ist jedoch nicht immer machbar. Denken wir dabei

bloß an Gebäude, die einen Wert als Kulturgut haben und bei denen der Originalzustand möglichst gut zu erhalten ist. Obwohl auch in diesen Fällen Eingriffe, die Energieeinsparungen ermöglichen, zur Anwendung kommen können, ist es nicht einfach, diese beiden Gesichtspunkte miteinander zu vereinbaren. Glücklicherweise wurden inzwischen schon verschiedene Lösungen entwickelt, die auch im Kulturgutsektor eingesetzt werden können, wie z.B. superdämmende Materialien (siehe S. 22-23).

3.2.2 Wahl der Maßnahmen

Wenn die Zielvorgabe bestimmt wurde, können die verschiedenen Renovierungsmaßnahmen langfristig festgelegt werden. Dazu muss insbesondere der gegenseitige Einfluss der Maßnahmen (z.B. Dämmung, Luftdichtheit, Lüftung und Ausarbeiten der Renovierungsdetails) berücksichtigt werden. Die anderen Artikel in diesem WTB-Kontakt sind den verschiedenen Gebäudeelementen und den zu beachtenden Punkten, die damit einhergehen, gewidmet.

3.2.3 In zeitliche Phasen einteilen oder nicht?

Bei der Ausführung der Renovierungsarbeiten kann man sich einerseits für eine integrale Renovierung entscheiden, bei der die Maßnahmen gleichzeitig ausgeführt werden oder andererseits für eine in zeitliche Phasen eingeteilte Renovierung, die schrittweise verläuft. Beide Optionen haben ihre Vor- und Nachteile, die in Tabelle B zusammengefasst werden.

Wenn man beschließt, die in zeitliche Phasen eingeteilte Methode anzuwen-



B | Vor- und Nachteile einer integralen und einer in zeitliche Phasen eingeteilten Renovierung.

Implikationen der Renovierungsweise	Integrale Renovierung (in einem Schritt)	In zeitliche Phasen eingeteilte Renovierung (schrittweise)
Vorteile	Einfachere gegenseitige Abstimmung der Maßnahmen (z.B. Nutzung eines Gerüsts für das Dach, die Fassade und die Fenster)	Verteilung der Investitionskosten
	Einmaliger Belästigungszeitraum für die Bewohner	Die Wohnung kann während der meisten Arbeiten bewohnt bleiben
	Weniger Schäden durch spätere Interventionen	Man kann die Maßnahmen ergreifen, wenn sie wirklich notwendig sind (und so die Lebensdauer der Teile einhalten)
Nachteile	Höhere Kosten für Anfangsinvestition	Risiko in Bezug auf <i>Lock-in</i> -Effekte (für weitere Informationen, siehe S. 8-9)
	Vorübergehender Umzug häufig erforderlich	Verteilte Ausführung der Arbeiten

den, wird wärmstens empfohlen, dass ein Koordinator (z.B. Architekt, Generalunternehmer oder Experte) in Rücksprache mit dem Kunden eine logische Reihenfolge der Maßnahmen, ausgehend von dem heutigen Zustand des Gebäudes, festlegt. Denn es ist von äußerster Wichtigkeit, dass die Vereinbarkeit der verschiedenen Maßnahmen berücksichtigt wird. Was weitere Informationen über die gegenseitige Abhängigkeit der verschiedenen Renovierungsmaßnahmen und die damit einhergehenden zu beachtenden Punkten betrifft, verweisen wir auf [Les Dossiers du CSTC 2012/4.2](#).

3.3 Ausführung und Endergebnis

Auch bei der Ausführung sind die Koordination und die gegenseitige Abstimmung der Arbeiten wichtig, und zwar nicht nur für das globale Projekt, sondern auch für die Knotenpunkte, wo verschiedene Maßnahmen aufeinander treffen. Um eine schnelle Ausführung und einen effizienten Renovierungsprozess zu garantieren, muss man auf der Baustelle den folgenden Aspekten besondere Aufmerksamkeit schenken.

3.3.1 Planung und Koordination

Die Reihenfolge der Maßnahmen, die vom oben erwähnten Koordinator festgelegt wurde, versetzt die Ausführenden in die Lage, eine klare Sicht auf die Art der Arbeiten zu bekommen, die vor und nach ihren Eingriffen ausgeführt werden sollen, wodurch sie diese bei ihren Aufgaben berücksichtigen können. In der

Zukunft könnte man dazu – sicher bei größeren Gebäuden – beispielsweise über ein für die Renovierung spezifisches BIM-Modell verfügen.

3.3.2 Detaillierung

Es ist auch wichtig, die Realisierung von Details im Voraus gut zu konzipieren, damit jede Partei in die auszuführenden Arbeiten eingewiesen wird. In diesem WTB-Kontakt werden verschiedene renovierungsbezogene Typendetails ausgearbeitet (siehe S. 8-9).

Um bestimmte Probleme zu beheben oder die Ausführung zu vereinfachen, kann man auf innovativere Lösungen zurückgreifen, bei denen verschiedene Funktionen integriert werden (siehe S. 10-11 und S. 22-23).

3.3.3 Qualität und Leistungen

Zwischenzeitliche Kontrollen ermöglichen es, rechtzeitig Probleme zu erkennen, einen Zustandsbefund zu erstellen und eine bessere Sicht auf das mögliche Endergebnis zu erhalten.

Bei der Ausführung ist es wichtig, die Qualität im Auge zu behalten. So sind für verschiedene Maßnahmen schon Qualitätssysteme vorhanden oder diese befinden sich in der Entwicklung (nachträgliche Dämmung von Hohlwänden, die Außen- und Innendämmung von Fassaden, Luftdichtheitsmessungen, ...). In der Zukunft könnte auch ein Qualitätsansatz, der den gesamten Renovierungs-

prozess berücksichtigt, in Erwägung gezogen werden.

4 Schlussfolgerung und Zukunftsvision

Angesichts der großen Anzahl von alten Gebäuden in Belgien gewinnt die energetische Renovierung an Bedeutung. Die kurz- und langfristigen Herausforderungen, die diese mit sich bringt, bieten den Bauunternehmern und den Architekten die Gelegenheit, ihr Wissen und *Know-how* praktisch anzuwenden. Denn bei einer Renovierung muss man jedes Mal den heutigen technischen und energetischen Zustand des Gebäudes analysieren und bestimmen, was das gewünschte Endergebnis auf dem Gebiet von Energie, Komfort, Funktionalitäten usw. ist. Außerdem muss man – im Hinblick auf die langfristigen Zielsetzungen – eine möglichst hohe Energie-Zielvorgabe anstreben. Danach müssen die Schritte und Maßnahmen mit dem Ziel bestimmt werden, zu diesem gewünschten Ergebnis zu kommen. Dazu müssen auf Basis ausreichender Information und Erfahrung verschiedene Entscheidungen getroffen werden, die schließlich mittels einer effizienten und qualitätsvollen Ausführung in die Praxis übersetzt werden müssen. Es ist wichtig, dass alle ausgeführten Arbeiten in einen gut durchdachten Stufenplan passen und mit einer globalen Vision übereinstimmen. |

J. Vrijders, Ir., stellvertretender Leiter des
Laboratoriums Nachhaltige Entwicklung, WTB
X. Loncour, Ir., Leiter der Abteilung Energie,
WTB



Angesichts dessen, dass es für die energetische Renovierung von Gebäuden bisher keine allgemeinen Regeln im Zusammenhang mit der Reihenfolge der auszuführenden Arbeiten gibt, die für alle Gebäude gelten, widmet sich dieser Artikel den zu beachtenden Punkten, die ab dem Beginn des Renovierungsprojekts berücksichtigt werden müssen.

Prioritäten der auszuführenden Arbeiten

Langfristige Vision für das Priorisieren der Arbeiten

Es wird häufig gesagt, dass man mit der Dämmung beginnen muss, um die Leistung der Heizungssysteme verringern zu können. Für bestimmte Gebäude ist dies jedoch nicht immer der beste Ratschlag. So können die Systeme eine solch schwache Leistung abgeben, dass es rentabler wäre, sie sofort auszutauschen statt eine vollständige – gegebenenfalls in zeitliche Phasen eingeteilte – Renovierung der Gebäudehülle abzuwarten. Es ist auch möglich, dass zeitlich begrenzte, kleiner angelegte Arbeiten, die aber Energieeinsparungen ermöglichen, rentabel sind, da sie kostengünstig sind und sofort ausgeführt werden können (eventuell vom Nutzer). Schließlich kann die Dringlichkeit von bestimmten Arbeiten die Reihenfolge der Renovierungsarbeiten bestimmen.

Es gibt zahlreiche Interaktionen zwischen den verschiedenen Bauelementen. Folglich muss man den etwaigen Einfluss einer Renovierungsarbeit auf eventuell zukünftige Arbeiten prüfen. So muss man im Rahmen der Renovierung der Wärmedämmung der Fassaden bereits an den jeweiligen Anschluss mit den Fensterrahmen oder dem Dach denken. Diese verschiedenen Interaktionen werden in [Les Dossiers du CSTC 2012/4.2](#) besprochen.

Deshalb ist es am besten, wenn der Eigentümer eines Gebäudes sich von einem

Bauprofi (z.B. einem Energieauditor) helfen lässt, damit er eine globale Vorstellung von den auszuführenden Arbeiten erhält.

Wärmedämmung, Luftdichtheit und Lüftung: ein unzertrennliches Trio

Die energetische Renovierung eines Gebäudes stützt sich im Idealfall auf einen globalen Ansatz, der auf drei Pfeilern beruht: Luftdichtheit, Lüftung und Wärmedämmung. Im Falle einer in zeitliche Phasen eingeteilten Renovierung ist es jedoch nicht immer einfach, diese drei Aspekte gleichzeitig zu behandeln.

Angesichts dessen, dass die Luftdichtheit und die Wärmedämmung stärker im Zusammenhang mit der Gebäudehülle stehen, können sie zusammen behandelt werden. Dies ist vor allem bei der Renovierung von geneigten Dächern der Fall. Hierbei erfolgen die Anbringung der Wärmedämmung längs der Innenseite einerseits und die der Luftsperrschicht andererseits gleichzeitig (siehe S. 12-13). Beim Austausch der Fenster muss man darauf achten, dass ein luftdichter Abschluss mit einer durchlaufend ausgeführten Wärmedämmung zustande gebracht wird (siehe S. 16-17).

Wenn man beabsichtigt die Lüftungssysteme zu erneuern, kann es nützlich sein, bereits die erforderlichen Öffnungen vorzusehen, indem man während der Renovierung von bestimmten Wän-

den beispielsweise Wanddurchführungen anbringt.

Man muss in jedem Fall sicherstellen, dass die Innenluft durch die Installation eines Lüftungssystems ausreichend erneuert wird (siehe S. 30-31). Dies müsste vorzugsweise vor der Verbesserung der Luftdichtheit erfolgen, damit der Luftqualität der Vorrang gegeben wird.

Letztendlich stellt eine Luftdichtheitsleistung in der Größenordnung von $3 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ (ausgedrückt in $\dot{V}_{50}$) ein mittleres Niveau dar. Bei gründlichen Renovierungen lassen sich noch bessere Leistungen erreichen. Wir möchten darauf hinweisen, dass diese Größenordnungen nicht notwendigerweise für bestimmte Gebäudetypologien, wie z.B. Appartements, gelten.

Renovierungsdetails: Lock-in-Effekte vermeiden

Genauso wie bei Neubauten sind eine gute Planung und sorgfältige Ausführung der Baudetails bei Renovierungsprojekten wesentlich. Denn die Qualität der Detaillierung hat eine große Auswirkung auf den Energieverbrauch eines Gebäudes. So kann der tatsächliche U-Wert einer Fassade bei Vorhandensein von Wärmebrücken 2 bis 3 mal schlechter sein. Das Hochtreiben des Wärmewiderstands R der nachträglichen Dämmung auf mehr als 1,5 bis 2 $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ wird von einem energetischen Standpunkt aus

Jedem Gebäude sein Energieaudit

Für die Wohnungen existiert das Verfahren für Energiegutachten PAE 2 in Wallonien. In Flandern und Brüssel steht das PAE 1 zur Verfügung. Die im Auditbericht angegebene Beschreibung der empfohlenen Arbeiten bildet eine gute Grundlage für Diskussionen zwischen dem Eigentümer und dem Bauunternehmer, der zur Ausführung der Arbeiten in Anspruch genommen wurde. Für andere Gebäudetypen gibt es andere, weniger standardisierte Audits.



Unterteilung der gängigen Bauknoten.

Baudetail	Priorität
Anschluss eines geneigten Dachs an einem Spitzgiebel	①
Integration der Schreinerarbeit in den Rohbau	② → ③
Mauerfuß	③ → ④
① Sehr beachtliche Lecks ② Beachtliche Lecks ③ Unbedeutende Lecks ④ Geringe Lecks	

daher nur Sinn haben, wenn auch die Bauknoten sorgfältig behandelt werden (für weitere Informationen, siehe [Les Dossiers du CSTC 2013/2.4](#)).

Diesbezüglich verweisen wir den interessierten Leser auch auf [Les Dossiers du CSTC 2015/1.2](#). Darin wird eine Übersicht über die verschiedenen Behandlungen des Knotens ‚Spitzgiebel-geneigtes Dach‘ in Abhängigkeit ihrer Wärmeleistungen gegeben.

Ein wichtiger, zu beachtender Punkt bei in zeitliche Phasen eingeteilten Renovierungsarbeiten ist das Vermeiden von *Lock-in*-Effekten, anders gesagt von einer bautechnischen Situation, für die sich keine Lösung mehr finden lässt (z.B. wenn der Anschluss der Wärmedämmschicht und der Luftsperrschicht des Dachs sich mit der Dämmung und der Luftsperrschicht der angrenzenden Wand nicht ohne Mehrkosten realisieren lässt). Hierzu muss der Bauunternehmer vor dem Beginn der Arbeiten einen Gesamtplan für das vollständige Renovierungsprojekt vorsehen. Dadurch wird der Dachdecker in die Lage versetzt, zu wissen – wenn er um die Anbringung der Dachdämmung gebeten wird – ob die angrenzenden Wände in einer späteren Phase nachträglich gedämmt werden sollen und welche

Dämmtechnik dafür in Erwägung gezogen wird (z.B. Außendämmung, Hohlraumfüllung oder Innendämmung). Auf diese Weise kann er die Dachdämmung in Höhe des Dachfußes (siehe Phase A in nachstehender Abbildung) so anbringen, dass ein späterer Anschluss mit der Wärmedämmung und der Luftsperrschicht der Fassade nicht unmöglich ist (siehe Phase B). Wenn dieser Gesamtplan nicht vorhanden ist, wird empfohlen, dass der Bauunternehmer den Bauherrn auf dessen wesentliche Bedeutung für die Qualität des Endergebnisses hinweist und dass er vorschlägt, dass ein Architekt einen solchen Plan erstellt.

Hinsichtlich der Aktionsprioritäten schlägt die [TI 255](#) in Bezug auf die Luftdichtheit von Gebäuden eine Klassifizierung der vorrangig zu behandelnden Baudetails in Abhängigkeit ihrer Auswirkung auf die globale Luftdichtheit des Gebäudes vor. Dank der an Gebäudedetails ausgeführten Prüfungen war es möglich, die Luftlecks zu berechnen und so die am häufigsten vorkommenden Bauknoten in vier Kategorien zu unterteilen (siehe Tabelle).

Die mit ① versehenen Knoten werden in dem Sinne als vorrangig betrachtet, dass das Fehlen ihrer Behandlung in der Regel

zu sehr beachtlichen Luftlecks führt. Diese Tabelle, die von dem Bausystem abhängig ist, kann ein interessantes Hilfsmittel sein, um die Luftdichtheit eines Gebäudes auf pragmatische Weise bedeutend zu verbessern.

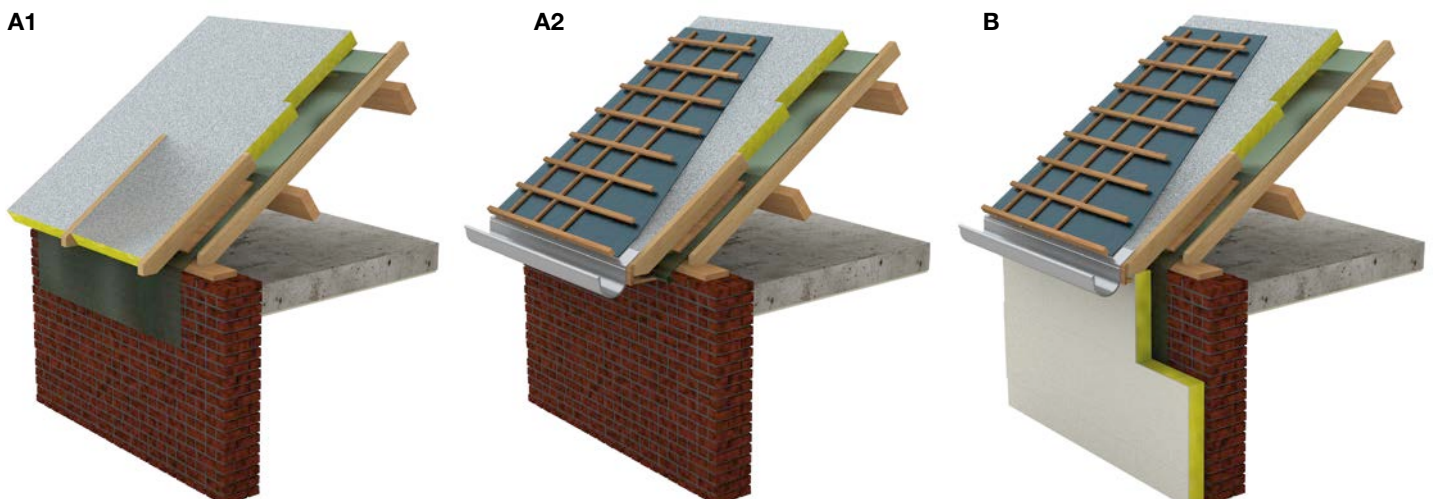
Für eine gut koordinierte Ausführung ist es von äußerster Wichtigkeit, dass die verschiedenen beteiligten Bauunternehmer vor dem Beginn der Arbeiten die Anschlüsse genau besprechen.

Die Ausarbeitung der Baudetails ist im Prinzip die Aufgabe des Planers. Deshalb ist es ratsam, dass der Bauherr – auch wenn es nur einen kleinen Schritt bei einer in zeitliche Phasen eingeteilten Renovierung betrifft – einen Architekten bei den Arbeiten beteiligt.

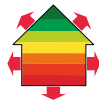
Wenn man bei komplexen bautechnischen Situationen Zweifel bei der jeweiligen Wahl hinsichtlich der Anschlussdetails hat, kann man ein Planungsbüro für Bauphysik in Anspruch nehmen. Denn dieses kann Bauknoten mithilfe thermischer Simulationsprogramme untersuchen, mit dem Ziel, das Schadenrisiko besser einzuschätzen und die Detaillierung mit größerer Sicherheit auszuarbeiten.

Die einzigen allgemeinen Regeln lauten folgendermaßen: stets den notwendigen Überblick bewahren und die Arbeiten so zeitlich in Phasen in Angriff nehmen, dass man nicht in Verbesserungen investiert, die durch spätere Eingriffe abgerissen oder beschädigt werden können. ■

C. Mees, Ir., F. Dobbels, Ir.-Arch., und N. Heijmans, Ir., Abteilung Energie, WTB



Die Dachdämmung muss so angebracht werden, dass es möglich ist, in einer späteren Phase einen guten Anschluss mit der Fassadendämmung sicherzustellen.



Die Entwicklung industrieller Prozesse, die mit stets leistungsfähigeren automatisierten Produktionslinien einhergeht, bietet neue Lösungen für Gebäuderenovierungen. Genauso wie bei Neubauten können vorgefertigte Gebäudehüllenelemente gegenwärtig in der Werkstatt zusammengebaut und in einer späteren Phase an der Tragkonstruktion des bestehenden Gebäudes befestigt werden.

Wird die Industrialisierung die neue Renovierungstechnik?

Diese Technik ermöglicht es in ihrer innovativsten Form, das Gebäude mit einer neuen Hülle, die auf die bestehenden Wände angebracht wird, zu ‚umhüllen‘. Dies hat zur Folge, dass die Bewohner ihre Wohnung während der Arbeiten nicht länger verlassen müssen. Dieses Verfahren beschleunigt außerdem die Ausführungsphase, begrenzt die mit der Baustelle zusammenhängenden Belästigungen und ermöglicht eine bessere Qualitätskontrolle. Neben ihrer Funktion der zweiten Haut können bestimmte Typen vorgefertigter Fassadenmodule auch für die Erweiterung des bewohnten Volumens, beispielsweise durch die Hinzufügung eines Stockwerks, oder einer horizontalen Erweiterung eingesetzt werden (siehe Abbildung 1). In dem Fall müssen diese Module eine Tragfunktion ausüben können.

Die Integration von speziellen Techniken in die Module (Kanäle und Kabel, thermische Sonnenkollektoren, Solarzellen von Photovoltaikanlagen, feste und bewegliche Sonnenschutzeinrichtungen, ...) ebnet den Weg für einen globaleren Renovierungsansatz, mit dem was man letztendlich industrialisierte und multifunktionale Fassadensysteme oder AIM-ES-Elemente (*Architectural Industrialized Multifunctional Envelope Systems*) nennen kann. In den letzten zwei Jahrzehnten wurden Dutzende von Gebäuden in Europa mithilfe dieser AIM-ES-Methode renoviert, wodurch deren Potenzial, Machbarkeit und Vorteile bewiesen wurden.

Implizite Auswirkungen

Dieses Renovierungsverfahren macht eine gründliche Voruntersuchung des bestehenden Gebäudes erforder-



1 | Renovierungsprinzip, bei dem vorgefertigte Fassadenelemente genutzt werden, die an bestehenden Wänden angebracht werden.

lich, wobei der Architekt fachkundige Experten oder Planungsbüros in Anspruch nehmen muss. Eine solche gründliche Vorfertigung mit integrierten Techniken erfordert eine weitreichende Interaktion zwischen den am Projekt beteiligten Teams. Folglich ist eine genaue Planung der Interventionen, der Rollenverteilung und der Verantwortlichkeiten während der verschiedenen Projektphasen von äußerster Wichtigkeit. Die beschleunigte Ausführung und die Qualitätsverbesserung der Renovierungsarbeiten müssen somit gegen die Anforderungen abgewogen werden, die durch eine solche Vorfertigung gestellt werden.

Angesichts der beträchtlichen Kosten, die der Entwurf mit sich bringen kann, wird die AIM-ES-Methode vorzugsweise bei der Renovierung von mittelgroßen bis großen Gebäuden mit sich wieder-

holenden architektonischen Merkmalen oder bei einem Komplex von identischen Gebäuden wie z.B. Reihenhäusern angewendet, bei dem der Entscheidungsprozess eine gleichzeitige Intervention in mehreren Gebäuden zulässt.

Entwurf der Module

Die AIM-ES-Module können auf verschiedene Weise entworfen werden. Die fünf wichtigsten Parameter sind dabei:

- der Typ des Konstruktionsmaterials des Moduls
- die Abmessung und die Orientierung eines Standardmoduls
- seine Zusammensetzung und das Niveau der Vorfertigung
- die Anschlussweise an die bestehende Wand
- der Integrationsgrad hinsichtlich der Techniken.



Dieser letzte Parameter bezieht sich auf die Möglichkeit, spezielle Techniken an der Oberfläche (z.B. Solarkollektoren) oder durch das vollständige Modul hindurch (z.B. Luftkanal) zu integrieren. Vor allem größere Module ⁽¹⁾ mit einer Holzstruktur scheinen in diesem Zusammenhang interessant zu sein, da deren Bauprinzip sich nur wenig von dem Prinzip unterscheidet, das auch bei Neubauten häufig angewandt wird. Die hauptsächliche technische Herausforderung besteht darin, den Anschluss zwischen der bestehenden Wand und der neuen Hülle, die sogenannte Anpassungsschicht (siehe Abbildung 2) korrekt zu entwerfen. So muss man darauf achten, dass zwischen diesen zwei Elementen keine Luftbewegung auftreten kann, was nicht immer einfach ist, wenn die bestehenden Wände beträchtliche Unregelmäßigkeiten aufweisen.

Dank diverser Forschungsprojekte ist gegenwärtig bereits eine Menge an technischer Informationen über die AIM-ES-Systeme mit einer Holzstruktur ⁽²⁾ vorhanden. Betrachtet man die verschiedenen in Europa realisierten Baustellen, so lassen sich hauptsächlich zwei Systemtypen unterscheiden. Der erste Typ, das geschlossene TES-System ⁽³⁾, ist gekennzeichnet durch eine Struktur, die an beiden Seiten mittels Platten geschlossen ist (siehe Abbildung 2). Die Dämmung wird fast immer in der Werkstatt angebracht. Dabei ist es erforderlich, in einer späteren Phase eine Anpassungsschicht anzubringen. Dazu kann auf den bestehenden Wänden in Höhe der Deckenplatten eine Holzunterkonstruktion befestigt werden. Diese Lattung wird für die Module als Verankerungszone fungieren. Der Raum zwischen den Latten wird entweder vor der Installation der Module mit einem zusammendrückbaren Dämmstoff ausgefüllt, oder aber nach der Installation aufgeblasen. Es ist ebenfalls möglich, die Rückseite der Module mit einer durchgängigen zusammendrückbaren Dämmschicht zu versehen.

Bei dem offenen TES-System wird nur die

Struktur des Moduls – ohne Dämmung – auf der bestehenden Fassade angebracht und es wird nur die Vorderseite mit Platten versehen (siehe Abbildung 2). Die in einer späteren Phase *in situ* angebrachte Dämmung (durch Injektion oder Einblasen) füllt die Unregelmäßigkeiten zwischen dem Fassadenmodul und den bestehenden Wänden auf. Obwohl dieser zweite Systemtyp die Ausführung und die Befestigung der Module vereinfacht, begrenzt er das Niveau der Vorfertigung, wodurch mehr Bearbeitungen auf der Baustelle eingeplant werden müssen.

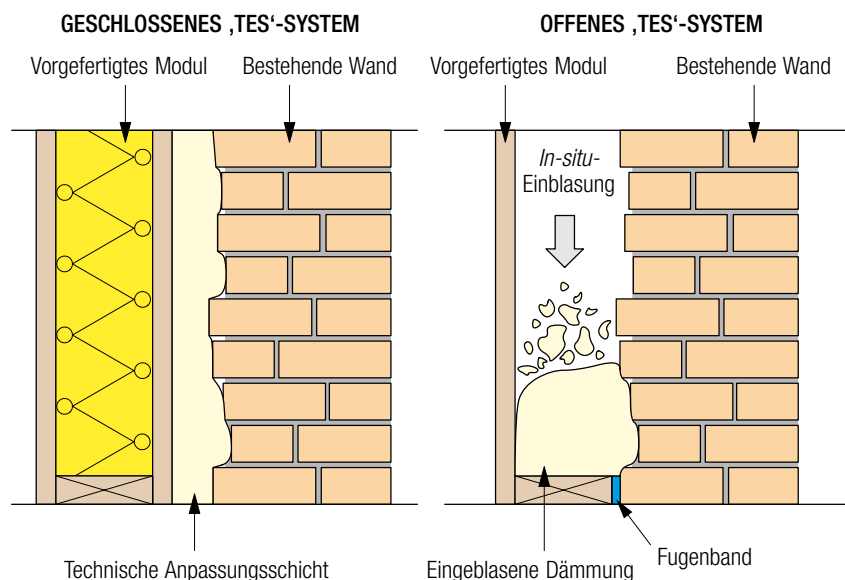
Wegen des innovativen Charakters der AIM-ES-Methode mussten für diese zwei Systemtypen diverse Entwurfsaspekte gründlicher ausgearbeitet werden. Denken wir hierbei zunächst nur einmal an den Anschluss zwischen den neuen Gebäudehüllenelementen und der bestehenden Konstruktion. Hierbei ist die geometrische Studie des Gebäudes von entscheidender Bedeutung und es scheint, dass man um die Anwendung rezenter Messtechniken, die 3D-Scanner und die 3D-Fotogrammetrie nutzen, nicht umhinkommt. Es gab auch eine Anzahl von strukturellen Fragen, die beantwortet werden mussten, genauer gesagt bezüglich der Verankerungsme-

thode, die verwendet werden muss, um die neue Struktur an der alten zu befestigen und hinsichtlich der Verteilung der sich dadurch ergebenden Belastungen. Der Brandschutz, die Energieleistungen und der Komfort der Nutzer stellen weitere zentrale Aspekte dar. All diese Themen müssen im Lichte der belgischen Gesetzgebung und des gegebenen Kontextes gründlich untersucht werden. Das WTB befasst sich gegenwärtig eingehend mit der Beschreibung der Entwurfs- und Ausführungsregeln für diese Systeme.

Schlussfolgerung

Ganz allgemein lässt sich feststellen, dass die AIM-ES-Methode interessante Perspektiven für die gründliche Renovierung des bestehenden Gebäudeparks eröffnet. Obwohl eine Vorfertigung mit der Integration von speziellen Techniken nicht für jeden Projekttyp geeignet ist, gewinnt diese Technik an Beliebtheit, dank der Ausführungsqualität und -geschwindigkeit, die mit ihr untrennbar verbunden sind. |

*S. Dubois, Dr. Ir., und M. de Bouw,
Prof. Dr. Ir.-Arch., Projektleiter, Laboratorium
Renovierung, WTB*

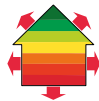


2 | Die zwei wichtigsten Systeme, die aus einer Holzstruktur bestehen.

⁽¹⁾ Die maximalen Abmessungen eines Moduls werden wegen der Transportierbarkeit in der Regel auf 13 x 3,8 m begrenzt.

⁽²⁾ Europäisches Projekt TES EnergyFacade (<http://www.tesenergyfacade.com>), Annex 50-Projekt der Internationalen Energieagentur (<http://www.ecbcs.org/annexes/annex50.htm>), Europäisches Projekt E2Rebuilt (<http://www.e2rebuild.eu/en/Sidor/default.aspx>), AIM-ES-Projekt des WTB (<http://www.brusselsretrofitxl.be/projects/aim-es/>).

⁽³⁾ *Timber-based Element System*, die Terminologie wurde dem TES EnergyFacade-Projekt entnommen.



Die ersten Maßnahmen, die ein neuer Eigentümer nach dem Kauf einer schon bestehenden Wohnung ergreifen wird, um seinen Komfort zu verbessern und den Lebensraum zu vergrößern, sind der Bezug der Dachbodenräume und die Dämmung des Dachs. Angesichts der derzeitigen energetischen Herausforderungen denkt er häufig auch daran, die Luftdichtheit zu verbessern und Solarkollektoren zu installieren.

Die energetische Renovierung von geneigten Dächern

Vor dem Beginn der Arbeiten muss der Bauunternehmer sich die folgenden Fragen stellen:

- Kann die bestehende Dachdeckung erhalten bleiben? Sind die Dachziegel oder Schieferplatten in gutem Zustand? Ist ihre Überlappung ausreichend, um die Wasserdichtheit des Dachs zu gewährleisten?
- Verfügt das Dach über ein Unterdach? Ist es schon gedämmt? Ist die vorhandene Dämmung sichtbar? Ist diese nicht feucht oder eingesackt?
- Sind die zu dämmenden Teile einfach zu erreichen oder gibt es verschiedene Hindernisse (Teile des Dachstuhls, bestehende Schächte, ...)?
- Kann der existierende Dachstuhl erhalten bleiben? Vollständig oder nur teilweise? Sind die Strukturelemente in einem guten Zustand, sind sie stabil und ist ihr Querschnitt groß genug?

Materialien und Techniken

Der Wärmeleitungskoeffizient (λ -Wert, ausgedrückt in W/m.K) ist eines der wichtigsten Wahlkriterien für die Dämmung: Je niedriger der λ -Wert ist, desto besser werden die Wärmeleistungen für ein und dieselbe Dämmstoffdicke sein.

Danach muss man die Anbringungsweise der Dämmung bestimmen:

- **Die Dämmung mittels steifer Platten** (Kunststoffschaum, Schaumglas, Holzfaser, ...), oberhalb oder unterhalb des Dachstuhls, ist vor allem geeignet für Dächer mit einer einfachen Geometrie und einem regelmäßigen, nicht verformten Dachstuhl
- **Die Dämmung mittels Matten** (Mineralwolle oder pflanzliche Wolle, ...)

lässt es – in Anbetracht ihrer größeren Nachgiebigkeit – zu, der Form des Dachstuhls zu folgen

- **Die eingeblassene** (Zelluloseflocken, Perlite, ...) **oder gespritzte Dämmung** (Kunststoffschaum) bietet den Vorteil, dass keine Schneidearbeiten erforderlich sind und dass alle – sogar die schwer erreichbaren – Ecken der Dachfläche ausgefüllt werden können. Dieser Dämmungstyp wird somit angewandt werden müssen in Dachflächen mit einem steifen oder sehr straff gespannten Unterdach und wird in der Regel verwendet werden, um den Boden des Dachgeschosses zu dämmen.

Es wird ganz entschieden davon abgeraten, zu dämmen, ohne ein Unterdach vorzusehen (Ein Ersatzunterdach kann in diesem Zusammenhang eine vorübergehende Lösung bieten). Denn das Unterdach erfüllt verschiedene Funktionen (Schutz des Gebäudes während der Arbeiten, Aufnahme des eventuellen Kondenswassers unter der Dachdeckung, Wind- und Staubschutz), die die Dämmung schützen und deren Leistungen sicherstellen. Das Unterdach muss – ungeachtet ob

es aus einer Membran, Tafeln oder Platten aufgebaut ist – dampffähig sein ($S_d \leq 0,5$ m). Die alten, wenig dampfdurchlässigen Unterdächer dürfen nur beibehalten werden, wenn die Dachdeckung nicht ersetzt wird. Hierbei muss man jedoch der Wahl und der Ausführung der Dampfsperre eine besondere Aufmerksamkeit schenken.

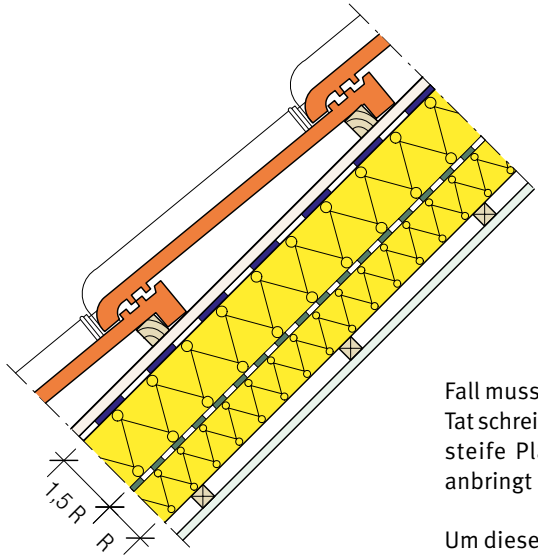
An der Innenseite muss stets eine durchgängige Luft- und Dampfsperre angebracht werden: Sogar wenn der Dämmstoff an sich sehr dampfdicht ist (z.B. PUR- oder PIR-Platten), darf man nicht vergessen, dass ein Großteil des Wärmedampftransports durch Konvektion über die Lecks zwischen den Dämmelementen stattfindet.

Die Anbringung der Dampfsperre muss gemäß den fachmännischen Regeln erfolgen, das heißt ohne sichtbare Lecks in Höhe der Anschlüsse. Um deren gute Ausführung zu kontrollieren, wird empfohlen, das Gebäude – sicher wenn die Räume schlecht gelüftet sind und das Raumklima relativ feucht ist – einer Druckbeaufschlagungsprüfung zu unterziehen, mit dem Ziel etwaige Lecks aufzufinden und zu beheben.

1 | Längs der Innenseite angebrachte Dämmung in der Höhe der Balkenauflegeplatte über die vollständige Höhe des Kniestocks.



Quelle: Segers



2 | Der Wärmewiderstand der Dämmung an der kalten Seite des Daches muss mindestens 1,5 mal größer sein als jener der Dämmung an der warmen Seite.

Fall muss man längs der Außenseite zur Tat schreiten, indem man beispielsweise steife Platten oben auf den Sparren anbringt (Sarking-Methode).

Um diese Technik erfolgreich anwenden zu können, muss man eine Anzahl spezifischer Ausführungsregeln beachten:

- Die Konstruktionselemente müssen – sogar wenn man selbstschneidende Schrauben verwendet – mindestens 50 mm breit sein. Wenn die Tragkonstruktion aus Bindersparren aufgebaut ist (die gewöhnlich 36 mm breit sind), wird von der Sarking-Methode ganz entschieden abgeraten
- Um die Rissbildung im Holz zu vermeiden, muss der Querschnitt der Konterlatten groß genug sein: mindestens 30×50 mm für Schrauben mit einem Durchmesser von 6 mm und mindestens 40×60 mm für Schrauben mit einem Durchmesser von 8 mm
- Die Schrauben müssen mindestens bis auf eine Tiefe, die mit dem Sechsfachen ihres Durchmessers übereinstimmt, in der Tragkonstruktion versenkt sein (36, 42 oder 48 mm für Schrauben mit einem jeweiligen Durchmesser von 6, 7 und 8 mm)
- Wenn keine schräg angebrachten Schrauben verwendet werden, muss man unten am Dach einen Stützsparren vorsehen, der das Eigengewicht und die Schneelasten aufnimmt.

Wenn verschiedene Dämmschichten

Erfüllung der Wärmeleistungsanforderungen

Gemäß den Verordnungen muss der Wärmedurchgangskoeffizient der Wände nach jeder vollständigen Dachrenovierung zukünftig kleiner als oder gleich $0,24 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ sein.

Um diese Anforderungen zu erfüllen, muss man – je nach dem in Erwägung gezogenen Unterdachtyp (Holzfaserplatten, dünne Tafel oder Membran) – 18 bis 23 cm Mineral- oder pflanzliche Wolle zwischen den Sparren oder ungefähr 12 cm Polyurethan auf oder unter der Tragkonstruktion vorsehen. Um die Leistungen zu erhöhen, ist es selbstverständlich möglich, diese Dicken zu erhöhen, verschiedene Techniken zu kombinieren oder auf spezifische Konstruktionselemente zurückzugreifen (Holzbalken mit einem schmalen Kern, ...).

Ausführung

Bei Renovierungen möchte man häufig die Innenverkleidungen erhalten. In dem

kombiniert werden (auf und zwischen den Sparren), muss man stets darauf achten, dass die Luft- und Dampfsperre sich im warmen Teil der Dämmung befindet. Falls die Dampfsperre genau unter der Sarking-Platte liegt, muss der Wärmewiderstand dieser Platte mindestens 1,5 mal größer sein als jener der Dämmung, die zwischen den Sparren angebracht ist (siehe Abbildung 2). Dies bedeutet, dass man für eine zwischen den Sparren liegende Schicht aus Mineralwolle von 9 cm ($\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) eine PUR-Platte von mindestens 10 cm Dicke ($\lambda = 0,024 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) vorsehen muss.

Generell muss der Durchgängigkeit der Dämmung und der Luftdichtigkeit der Fassaden und der Spitzgiebel – auch in Höhe der Details – eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Um den Bauknoten am Fuß der Dachfläche zu behandeln, muss man – sowohl was die Dämmung (siehe Abbildung 1) als auch die Dampfsperre betrifft (siehe S. 8-9) – eine ausreichende Überlappung vorsehen.

Zukunftsvision

Bei einer in zeitlichen Phasen eingeteilten Renovierung der verschiedenen Gebäudehüllenteile (z.B. zuerst das Dach und danach die Fassaden) wird empfohlen, bereits beim Beginn des Projekts die Ausführung von bestimmten Details vorwegzunehmen. Durch die Ausführung eines Überstands in Höhe der Fassaden und der Spitzgiebel wird es bei den späteren Renovierungsphasen beispielsweise möglich sein, die geforderten Dämmdicken anzubringen, ohne auf Verbindungsprofile zurückgreifen oder die Dachrinne und die Dachränder demontieren zu müssen. Denn obwohl diese Arbeiten sicher ausführbar sind, bringen sie beträchtliche Mehrkosten mit sich. Ferner können sie zu Farbtonunterschieden in der Dachdeckung führen (siehe Abbildung 3).

3 | Angesichts dessen, dass dieses Haus einige Jahre nach der Renovierung des Daches längs der Außenseite gedämmt wurde, sind in Höhe der Dachränder und der Unterkante des Daches Farbtonunterschiede sichtbar.



D. Langendries, Ir., Senior-Projektleiter,
Abteilung Energie, WTB

Dieser Artikel wurde verfasst mit der Unterstützung der DG06, und zwar im Rahmen des Technologischen Beratungsdienstes COM-MAT 'Matériaux et techniques de construction durables'.



Für die Renovierung eines Flachdaches reicht es nicht aus, einfach bloß eine neue Dichtungsschicht anzubringen. Denn der Dachabdichter muss zuerst den vollständigen Dachaufbau auf mögliche Problemstellen hin untersuchen und dafür auch Lösungen vorschlagen. Außerdem ist es in dem derzeitigen energetischen Kontext undenkbar, ein Dach zu renovieren, ohne zu überprüfen, ob es ausreichend wärmedämmend ist. In diesem Artikel werden daher eine Anzahl spezifischer Renovierungsszenarien für verschiedene Dachaufbauten vorgestellt.

Renovierungstechniken für Flachdächer mit einer Abdichtung

1 Analyse des Dachaufbaus

Im Hinblick auf die Bestimmung der erforderlichen Renovierungsarbeiten ist es erforderlich, die Zusammensetzung und den Zustand des bestehenden Dachaufbaus vorher einer gründlichen Analyse zu unterwerfen. Dies kann die Ausführung einer Anzahl von Sondierungen erfordern. Falls erforderlich, kann man für bestimmte Aspekte dieser Analyse (wie z.B. die Stabilität oder die Integration der Arbeiten in die Gesamtrenovierung des Gebäudes) die Hilfe von Spezialisten in Anspruch nehmen.

Die Voruntersuchung muss sich unter anderem auf die folgenden Punkte beziehen:

- die Bestimmung des Gebäudes: Zu welcher Raumklimaklasse gehört es oder wird es nach der Renovierung gehören?
- die eventuelle Zuweisung von zusätzlichen Funktionen an das Dach: Werden Sonnenkollektoren installiert oder ein Gründach realisiert?
- das Vorhandensein von Feuchtigkeit im Dachaufbau: Gibt es Anzeichen

von Infiltrationen oder Kondensationsproblemen?

- die Haftung der verschiedenen Schichten: Wurden Haftungsmängel festgestellt?
- die Art und der Zustand der Dachdecke: Verfügt diese über eine ausreichende Tragfähigkeit (Durchbiegung)?
- das Vorhanden- oder Nichtvorhandensein einer Gefälleschicht: Gibt es Wasserstagnationen?
- das Vorhandensein und die Position der dampfdichten Schichten und Dämmstoffe im Dachaufbau: Handelt es sich hierbei um ein Warmdach, ein Umkehrdach oder ein Kaltdach?
- die Art und die Dicke der Dämmschicht: Ist sie noch ausreichend kohäsiv?
- die Befestigungsweise und der Zustand der Dichtungsschichten: Können diese beibehalten werden?
- die Dachdetails: Wie hoch sind die Dachaufkantungungen und können diese gegebenenfalls erhöht werden?

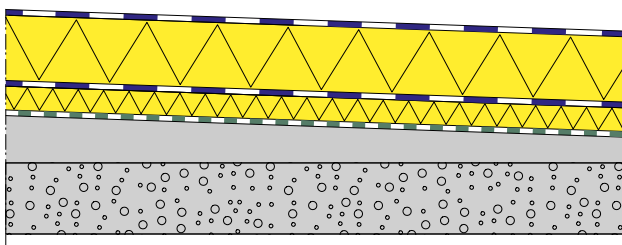
Angesichts dessen, dass die Wasserabläufe im Allgemeinen die heikelsten Punkte des Daches bilden und man nicht garantieren kann, dass diese die

gleiche Lebensdauer wie die neue Dachabdichtung aufweisen, wird empfohlen, sie stets zu erneuern.

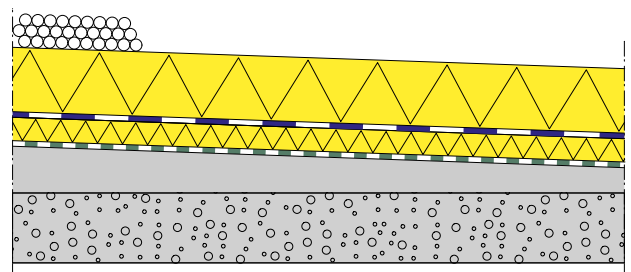
2 Wärmedämmung

Um der gegenwärtigen Verordnung zu genügen, wird es in den meisten Fällen erforderlich sein, eine zusätzliche Wärmedämmschicht mit einer Dicke im Bereich von 10 cm bis 18 cm im Dachaufbau anzubringen.

Um dies auf eine technisch korrekte Weise zu realisieren und Probleme der inneren Kondensation zu vermeiden, muss man – genauso wie bei Neubauten – Dachaufbauten den Vorzug geben, bei denen die Dampfsperre sich genau unter der Wärmedämmung und auf einem durchgängigen Träger (der Dachdecke oder ihrer Gefälleschicht) befindet (siehe TI 215) (*). Da die zusätzliche Dämmung in diesem Fall oben auf dem bestehenden Dachaufbau angebracht wird, müssen die Dachaufkantungungen hoch genug sein oder erhöht werden können, um diese höhere Dicke zulas-



1 | Thermische Renovierung eines Warmdaches durch Hinzufügung einer zusätzlichen Wärmedämmung und Dachabdichtung.



2 | Thermische Renovierung eines Warmdaches durch Hinzufügung einer Umkehrdachdämmung mit Ballastschicht (Duodach).

(*) Von einem Dachaufbau, bei dem die Wärmedämmung sich unter der Dachdecke befindet, wird dagegen abgeraten, da die Dampfsperre in dem Fall nicht über einen durchgängigen Träger verfügen kann (siehe Infomerktblatt 26).



sen zu können (siehe [Les Dossiers du CSTC 2011/2.6](#)).

Wenn keine Feuchtigkeitsprobleme im Dachaufbau auftreten und sich die Gebäudebestimmung nicht ändert, wird die Hinzufügung einer Wärmedämmung an der Oberseite in der Regel kein Risiko in Bezug auf Kondensationsprobleme mit sich bringen. Falls jedoch diese Bedingungen nicht erfüllt werden, muss der Wärmewiderstand (R) der zusätzlichen Dämmschicht oberhalb der jetzt als Dampfsperre fungierenden ursprünglichen Dachabdichtung mindestens 1,5 mal größer sein als jener der schon vorhandenen Dämmung (siehe [Infomerkblatt 26](#)).

Das Vorhandensein von eingeschlossenen Luftschichten zwischen der Dampfsperre und der Dachabdichtung ist untersagt. Denn Luftzwischenräume in einem Dachaufbau können zu Luftzirkulationen führen, die die Leistungen der Wärmedämmung verringern und das Risiko in Bezug auf Kondensationsprobleme erhöhen.

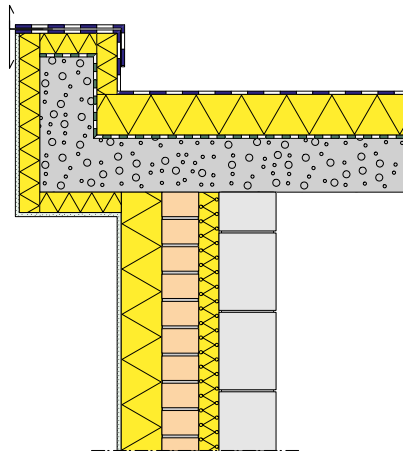
3 Renovierungsszenarien

3.1 Die thermische Renovierung eines Warmdaches

Wenn sich aus der vorhergehenden Analyse ergibt, dass der bestehende Dachaufbau erhalten werden kann, kann man oben auf die vorhandenen Dichtungsschichten entweder eine zusätzliche Wärmedämmschicht und Dachabdichtung (Warmdach, siehe Abbildung 1), oder eine Umkehrdachdämmung mit Ballastschicht (siehe Abbildung 2) anbringen. Bei dieser letzten Konfiguration – die auch als ‚Duodach‘ bezeichnet wird – muss man überprüfen, ob die ursprüngliche Dachabdichtung noch qualitativ in Ordnung ist, weil sie auch bei dem neuen Dachaufbau weiterhin die Wasserdichtheit gewährleisten muss. Die Dachdecke muss ihrerseits in der Lage sein, das zusätzliche Ballastgewicht zu tragen.

3.2 Die thermische Renovierung eines Kaldaches

Kaltdachaufbauten sind technisch



3 | Renovierung eines Daches mit einem Dachvorsprung und einer Dachbetondecke.

inakzeptabel und müssen folglich in Warmdächer umgewandelt werden. Alle eventuellen Lüftungsöffnungen müssen dazu abgedichtet werden. Bei einem solchen Dachaufbau ist es umso wichtiger, den Zustand der Dachdecke zu kontrollieren, weil ein großes Risiko in Bezug auf eine übermäßige Befeuchtung als Folge der Kondensation besteht.

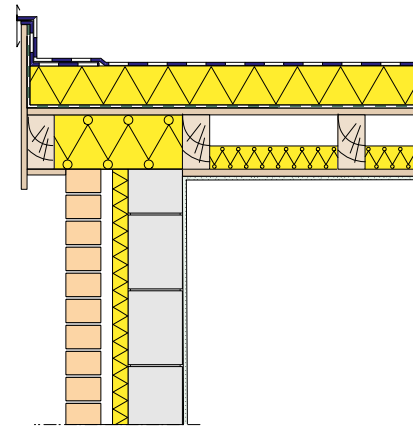
Die Wärmedämmung unter der Dachdecke muss vorzugsweise entfernt werden. Falls diese sich jedoch noch in einem guten Zustand befindet, kann sie eventuell erhalten bleiben. Hierbei muss allerdings darauf geachtet werden, dass der Wärmewiderstand der oben auf der Dachdecke hinzugefügten Dämmung 1,5 mal größer als jener der bereits vorhandenen Dämmung ist. Die bestehende Abdichtung wird in dem renovierten Dach als Dampfsperre fungieren.

Für den spezifischen Fall von Kompaktdächern verweisen wir auf [Les Dossiers du CSTC 2012/2.6](#), worin die zu beachtenden Punkte, die Ausführungsbedingungen und die diesbezüglichen Risiken besprochen werden.

4 Aufmerksamkeit für Detaillierungen

Bei der energetischen Renovierung eines Gebäudes müssen die Detaillierungen vorweg gedanklich gut ausgearbeitet werden. Denn die angrenzenden Hüllenteile können die Konzeption dieser Baudetails stark beeinflussen.

Einer der wichtigsten zu beachtenden Punkte liegt in dem Gewährleisten der Durchgängigkeit der Wärmedämmung



4 | Renovierung eines Daches mit einem Dachvorsprung und einer Dachholzdecke.

(PEB-konforme Bauknoten). Hierzu wird es in der Regel erforderlich sein, die Dachaufkantung zusätzlich zu dämmen.

So muss die Renovierung von Dächern mit einem Dachvorsprung auf eine gut durchdachte Weise erfolgen. Bei Dachbetondecken muss man – um eine Wärmebrücke zu vermeiden – den gesamten Vorsprung dämmen (siehe Abbildung 3). Im Falle von Dachholzdecken kann man die Dachdecke längs der Dachränder öffnen, um zwischen den Balken eine zusätzliche Wärmedämmung anzubringen (siehe Abbildung 4).

Schließlich möchten wir darauf hinweisen, dass das Verbessern der Luftdichtheit der Gebäudehülle bei der Renovierung von Flachdächern nicht zu den gewöhnlichen Aufgaben des Dachabdichters gehört. Denn für Dächer mit einer Dachbetondecke zieht man hierfür die Luftdichtheit der Dachdecke selbst und die der Innenverkleidung (Putz) heran. Bei Dächern mit einer leichten Dachdecke, die bei der Renovierung nicht ersetzt wird, wird der Dachabdichter nicht mehr in der Lage sein, die Wartefolien anzubringen, die es ermöglichen, die Luftsperrung der Außenwände mit der Dampfsperre oder der Dachabdichtung zu verbinden. Denn diese Folien müssen bereits während der Ausführung der Dachkonstruktion vorgesehen werden. In dem Fall kann man sich dazu genötigt sehen, eine zusätzliche Luftsperrung unter der Dachdecke anzubringen (siehe [Les Dossiers du CSTC 2012/1.7](#)). |

E. Mahieu, Ing., stellvertretender Leiter der Abteilung Interface und Beratung, WTB



Eine korrekte Luftdichtheit und eine gute Wärmedämmung können den Wärmeverlust über die Fenster begrenzen und folglich auch ihre Energieleistungen und den Komfort der Nutzer verbessern. Je nachdem, ob man die Luftdichtheit oder die Wärmedämmung verbessern möchte, muss man jeweils den Fensterrahmen oder die Verglasung anpassen.

Renovierung von bestehenden Fenstern

Die zu erreichenden Wärmedämmungsleistungen der Fenster in neuen Gebäuden oder Renovierungen mit einer städtebaulichen Genehmigung lauten wie folgt: $U_{w,max} = 1,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ in Flandern und $1,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ in Wallonien und Brüssel. Für die Verglasung gilt ein Wert von $U_{g,max} = 1,1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Diese Leistungen müssen somit vorzugsweise angestrebt werden, wenn das Fenster vollständig ersetzt oder teilweise renoviert wird. Die bestehenden Fenster durch neue Fenster mit leistungsfähigen Verglasungen (Verglasungen hoher Leistung) oder durch Fenster mit hohen Energieleistungen (siehe [Les Dossiers du CSTC 2014/2.7](#) und [2015/4.5](#)) zu ersetzen, ist rein energetisch gesehen, die wirksamste Lösung. Diese Lösung macht nachhaltige Leistungen möglich, die außerdem an die Bedürfnisse des Bauherrn angepasst werden können.

Es bestehen jedoch auch Lösungen (siehe § 1), bei denen das bestehende Fenster nicht ersetzt werden muss, falls es nicht absolut notwendig oder angezeigt ist, beispielsweise wegen des Preises, der Belästigung als Folge der Arbeiten, der Schwierigkeiten beim Ersetzen von Fenstern bei unter Denkmalschutz stehenden Gebäuden, ... Bevor die Renovierung des Fensters in Erwägung gezogen wird, müssen seine Profile bewertet werden. Denn der Fensterrahmen kann nicht immer erhalten bleiben, z.B. weil er sich nicht mehr in einem guten Zustand befindet oder weil er nicht angepasst ist an die beabsichtigte Nutzung oder an die in Erwägung gezogenen Leistungen. Im Falle von Fenstern mit Einfachverglasung ist es häufig nicht möglich, energetisch günstige Leistungen mit dem bestehenden Fensterrahmen zu erhalten. Außerdem ist es einerseits häufig schwierig, allen Empfehlungen in Bezug auf die Entwässerung des Glasfalzes einer Doppelverglasung zu entsprechen. Andererseits

ist das Risiko in Bezug auf eine Konzentration von Kondenswasserbildung auf nichtdämmenden Fensterrahmen sehr real vorhanden. Das Ersetzen der Einfachverglasung stellt somit nur eine vorübergehende Lösung dar, die nur kurzfristig Abhilfe schafft. In dem betreffenden Fall ist es häufig angezeigt, das Fenster vollständig zu ersetzen.

Bei der energetischen Renovierung eines Gebäudes darf der Aspekt der Lüftung nicht außer Acht gelassen werden, hauptsächlich um Feuchtigkeitsprobleme zu vermeiden und den Komfort der Bewohner sicherzustellen (siehe S. 30-31).

Schließlich reicht es, um auf Gebäudeniveau gute Energieleistungen zu erhalten, meistens nicht aus, nur die Fenster zu ersetzen, sondern muss dieser Austausch in der Zukunft zusammen mit der Dämmung der Fassade erwogen werden.

Dieser Artikel geht näher auf die Renovierung von bestehenden Fenstern mit einer Doppelverglasung ein, die aus dem Zeitraum vor dem Jahr 2000 datieren. Auf die Lösungen in Bezug auf das Ersetzen einer Einfachverglasung oder das Einbauen von Doppelfenstern wird hier nicht eingegangen (siehe [Les Dossiers du CSTC 2012/3.8](#)).

1 Alternative Lösungen zum vollständigen Ersetzen eines Fensters

Die gängigsten Lösungen, bei denen es nicht notwendig ist, das Fenster vollständig zu ersetzen, sind:

- das Verbessern der Luftdichtheit des bestehenden Fensters (siehe [Les Dossiers du CSTC 2012/3.8](#)), von großen nebeneinander liegenden Schreinerarbeitselementen und des Anschlusses der Schreinerarbeit mit dem Rohbau (siehe § 3)

- das Verbessern der Leistungen der Verglasung:

- Das Ersetzen der bestehenden Verglasung durch eine leistungsfähige Doppel- oder sogar Dreifachverglasung, sofern die Stärke des Profils und die Beschläge des bestehenden Fensterrahmens dies zulassen. Wir weisen jedoch darauf hin, dass es Doppelverglasungen mit einem U_g -Wert von $0,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ gibt. Wegen der geringen Profildicke ist dies die ideale Lösung für Renovierungen. Außerdem wiegt diese Verglasung weniger als eine Dreifachverglasung
- Das Anbringen einer Folie über der Verglasung, die bestimmte Leistungen verbessert (Sonnenschutz, Sicherheit, UV-Schutz, ...), die aber die visuelle Durchlässigkeit verringert. Diese Folien erhöhen jedoch das Risiko in Bezug auf den thermischen Bruch und haben einen ziemlich kleinen Einfluss auf den U_g -Wert der Verglasung, falls es sich um Folien handelt, mit denen die Sonneneinstrahlung geregelt werden kann (siehe [Les Dossiers du CSTC 2014/2.6](#) und [2012/4.9](#)).

2 Bestehende Schreinerarbeit: Anfangskriterien

Um die existierende Verglasung zu ersetzen, muss man verschiedene Kriterien berücksichtigen, die wir im Folgenden besprechen.

2.1 Die Materialien

Für eine Schreinerarbeit aus Holz reicht ein manueller Stanzversuch mithilfe einer Stichahle von 3 mm^2 aus, um deren Qualität zu bewerten, unter der Voraussetzung, dass sich die Stichahle nicht in das Material eindrückt. Dabei ist es erforderlich, die Schreinerarbeit an verschie-



denen Stellen zu kontrollieren, sowohl auf der Außen- und der Innenseite als auch an dem mittleren Teil (Falzboden). Es ist nämlich gut möglich, dass eine oberflächliche Instandhaltungsschicht angebracht wurde, die bestimmte Unvollkommenheiten verbirgt.

Bei einer Stahl- und Aluminiumschreinerarbeit kann Korrosion die Metallwände schwächen. Der Stanzversuch erweist sich auch hier als relevant. Wenn die Metallschreinerarbeit keine thermische Unterbrechung aufweist, müssen die Fensterrahmen (aus energetischen Erwägungen) bei der Renovierung der Schreinerarbeit ersetzt werden.

Bei einer Kunststoffschreinerarbeit kann eine Schwächung der Außenwände der Schreinerarbeit die Dauerhaftigkeit der Fensterrahmen stark negativ beeinflussen. Es ist möglich, die Schwächung anhand eines Energiestoßes von 0,5 Nm zu überprüfen (d.h. mittels eines harten Körpers von 500 g, der aus einer Höhe von 10 cm herunterfällt).

Falls die Qualitätskriterien der Materialien nicht erfüllt werden, müssen die Profile ersetzt werden. Bei einer Schreinerarbeit aus Holz ist ein teilweiser Austausch noch eine Möglichkeit.

2.2 Geradheit und Rechtwinkligkeit

Um die Fugen andrücken zu können, müssen die Profile geradlinig sein und die Flügel und der feste Rahmen rechtwinklig aufeinanderstehen. Abweichungen auf der Diagonale bis 12 mm, die bei der Erstdiagnose festgestellt werden, lassen sich leicht korrigieren, indem

Kontrolle der Dichtheit mithilfe einer Fühllehre.



die Verglasung erneut aufgespannt wird. Wenn die Abweichungen größer sind, ist ein Eingriff an den Verbindungen notwendig. Es ist schwierig, eine gute Dichtheit mit Profilen zu erreichen, die unter Einwirkung von Torsion, Biegung oder Krümmung verformt sind. Da ein bedeutender Eingriff in diesem Fall sowieso erforderlich ist, wird man die Fensterrahmen vorzugsweise ersetzen.

2.3 Qualität der Verbindungen

Die Renovierung der Schreinerarbeit kann das Gewicht der Verglasung und somit auch die Belastung in der Höhe der Verbindungen erhöhen. In dem Fall muss man diese Verbindungen genau nachsehen und, falls erforderlich, verstärken (Zapfen, Winkelhaken, Schraubenbolzen, ...). Die Dichtheit der Verbindungen wird mithilfe einer Fühllehre kontrolliert, deren Dicke weniger als 0,2 mm beträgt (siehe Abbildung). Bei einer Metallschreinerarbeit müssen die Verbindungen nach der mechanischen Verstärkung zusätzlich abgedichtet werden. Bei einer Kunststoffschreinerarbeit muss der Fensterrahmen dagegen ersetzt werden, wenn die Verbindungen Risse aufweisen.

2.4 Beschläge und Fugen

Während der Erstanalyse muss man auch überprüfen, ob die Aufhänge- und Schließstellen, sowie andere Beschlagenelemente nicht angegriffen oder oxidiert sind und ob sie noch stets gut befestigt sind. Anhand dieser Analyse muss man ebenfalls ermitteln, ob die Anzahl der Beschlagstellen ausreicht, um den Andruck der Fugen und folglich die gewünschte Dichtheit des Elementes zu gewährleisten. Bei Schiebefenstern überprüft man nicht nur die Qualität und die Durchgängigkeit der Fugen, sondern richtet die Kontrolle auch auf die Schaumfugen des mittleren Teils.

2.5 Anschluss und Befestigung

Die Erstanalyse muss auch auf den Anschluss und die Befestigungen des Fensterrahmens erstrecken. Die Befestigungsanker oder anderen Befestigungsmittel müssen die Kontinuität der mechanischen Leistungen sicherstellen

und dürfen auf keinen Fall beschädigt sein. Wenn eine Sichtprüfung nicht möglich ist, fokussiert sich die Analyse auf die Befestigung des festen Rahmens. Eine (manuelle) Kraft von 400 N, die auf die festen Profile wirkt, dient zum Nachweis der Steifigkeit der Befestigungen. Was die Anschlussfugen betrifft, verlieren die Kiste schnell ihr elastisches Regenerierungsvermögen. Es ist erforderlich, sie in regelmäßigen Abständen instand zu halten und zu ersetzen.

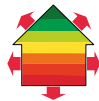
3 Durchgängigkeit der Dämmung und der Luftdichtheit

Die Durchgängigkeit der Dämmung und der Luftdichtheit mit dem Rohbau ist von entscheidender Wichtigkeit. Wenn zunächst nur die Renovierung der Außenschreinerarbeiten vorgesehen ist, muss man die zukünftigen Interventionen berücksichtigen (Außen-, Innen- und Hohlwanddämmung, ...). Die Position der Schreinerarbeiten, sowie die Abmessungen der Profile müssen wahrscheinlich angepasst werden.

Wenn in der Zukunft eine Außendämmung vorgesehen wird, muss man diese Dämmung gegen den Fensterrahmen umklappen. Der feste Rahmen der Schreinerarbeitselemente muss dann diesen zusätzlichen Anschlag berücksichtigen. In der Praxis bedeutet dies, dass neben dem festen Rahmen in Höhe des Fenstersturzes und der Seiten mindestens 2 cm zusätzlich frei bleiben müssen.

In Höhe der Schwelle sorgt eine Vorschwelle oder ein zusätzliches Profil dafür, dass diese leichter angepasst werden kann, und zwar während die Durchgängigkeit der zukünftigen Dämmung unter der Schwelle stets sichergestellt ist. Falls in der Zukunft eine Innendämmung ausgeführt wird, kann das Öffnen der Flügel die Dämmdicke der Leibungen begrenzen. Bei der Renovierung der Schreinerarbeiten muss man dies berücksichtigen. Mithilfe eines oberen Profils oder mittels Holzklötze kann die Dämmung ausreichend dick auf die Leibung angebracht werden, so dass man PEB-konforme Bauknoten bekommt. ■

V. Detremmerie, Ir., und B. Michaux, Ir., Abteilerung Gebäudehülle und Schreinerarbeit, WTB



Die energetische Renovierung von Wänden besteht im Allgemeinen darin, deren Wärmedämmungsleistungen zu verbessern und den Grad der Luftdichtheit zu erhöhen, und zwar hauptsächlich in der Höhe der Anschlüsse mit den Schreinerarbeiten. Die Luftdichtheit der laufenden Teile wird in der Regel durch den Innenputz sichergestellt. Um mithilfe ‚traditioneller‘ Dämmstoffe die gewünschte Zielvorgabe zu erreichen, müssen eine oder mehrere zusätzliche Dämmschichten so hinzugefügt werden, dass sich insgesamt eine Dicke von 12 bis 20 cm ergibt.

Techniken für die energetische Renovierung von Wänden

Man unterscheidet verschiedene Wärmedämmungstechniken in Abhängigkeit ihrer Typologie, der vorgesehenen Position der zu renovierenden tragenden Wand bezogen auf das geschützte Volumen und des Einflusses auf das Aussehen der Fassade. Eine Kombination der verschiedenen Dämmungstechniken ist nicht ausgeschlossen und kann sich in bestimmten Fällen sogar als äußerst nützlich herausstellen.

1 Wichtigste Techniken

Die **nachträgliche Dämmung einer bestehenden Hohlwand** durch die Ausfüllung des Luftzwischenraumes wird in der **TI 246** beschrieben. Angesichts dessen, dass diese Technik relativ kostengünstig und rentabel ist sowie eine geringe Belästigung während der Arbeiten mit sich bringt, wird deren Anwendung wärmsens empfohlen. Dadurch dass die injizierte Dämmung häufig nur 5 bis 6 cm dick ist und einen Einfluss auf das Verhalten der Fassade hat, stellt diese Technik im Allgemeinen nur einen Schritt dar, der der Anwendung eines leistungsfähigeren Dämmstoffes, der die restlichen Wärmebrücken beseitigen wird, vorangeht. In diesem Zusammenhang erweist sich das Anbringen einer zusätzlichen Dämmschicht auf der Außenseite der Fassade häufig als die günstigste Lösung.

Beim **Dämmen längs der Innenseite** (siehe **Les Dossiers du CSTC 2012/4.16** und **2013/2.4**) wird eine Dämmschicht längs der Innenseite und an der Wand (ohne Luftzwischenraum) angebracht. Diese Technik bringt trotzdem eine Anzahl Risiken mit sich, die sorgfältig bewertet werden müssen. Die Bauknoten üben einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf den Gesamtwärmeverlust durch die Wand aus. Eine Erhöhung der Dämmdicke oberhalb von 6 bis 8 cm wird von einem energetischen Standpunkt aus daher nur Sinn haben, wenn auch die Anschlüsse sorgfältig behandelt werden. Man muss außerdem die Tatsache berücksichtigen, dass das Vorhandensein von Wärmebrücken das Risiko in Bezug auf Kondensation und Schimmelbildung erhöht. Obwohl diese Feststellung für eine beliebige Fassadendämmtechnik zutrifft, ist es durchaus so, dass eine Dämmung längs der Innenseite die Behandlung von bestimmten Knoten erschwert.

Das **Dämmen längs der Außenseite** ist eine Technik, die darin besteht, die Fassaden mittels geeigneter Dämmungstechniken zu schützen, worunter hauptsächlich folgende Fälle:

- gedämmte Fassadenverkleidungen (**TI 243**, **Les Dossiers du CSTC 2014/4.8**)
- gedämmte verankerte Natursteinverkleidungen (**TI 146**)
- ETICS-Systeme, entweder Putze (**TI 209**, in Überarbeitung) oder harte Beläge auf Außendämmung (**Les Dossiers du CSTC 2015/4.9**)
- neues Verblendmauerwerk mit gedämmtem Luftzwischenraum (noch zu erscheinende STS 22 und TI).

Mit den oben erwähnten Techniken ist

die Anbringung einer ausreichend dicken Dämmschicht (12 bis 20 cm) gewöhnlich einfach durchführbar. Außerdem sind die ästhetischen Optionen sehr zahlreich, wodurch es ermöglicht wird, den unterschiedlichsten Wünschen zu entsprechen.

Wenn eine Dämmung längs der Außenseite erlaubt ist (z.B. durch das Gesetzbuch über die Raumordnung und den Städtebau), genießt diese Option den Vorzug, da sie in hygrothermischer Hinsicht günstiger ist als eine Dämmung längs der Innenseite (Erhalt der thermischen Masse der Wand in dem geschützten Volumen, Begrenzung des Kondensationsrisikos, ...). Außerdem schützt sie die tragende Wand vor klimatischen Belastungen. Schließlich bleibt die in den Räumen während der Arbeiten wahrgenommene Belästigung begrenzt (siehe Abbildung 1).

Wenn eine Dämmung längs der Außenseite ausgeschlossen ist, kann man auf eine Dämmung längs der Innenseite zurückgreifen, gegebenenfalls in Kombination mit der nachträglichen Dämmung der Hohlwand.

2 Technische Diagnose

Um die Anwendbarkeit der Techniken für die energetische Renovierung zu prüfen, muss man eine vorausgehende Analyse der Wand und deren Exposition ausführen. In den Referenzdokumenten werden dafür verschiedene Kontrollpunkte angegeben, insbesondere in Bezug auf die Stabilität der Wand und das Vorhandensein von Feuchtigkeit oder andersartigen Schäden (Frost, Risse, ...).

1 | Dämmung längs der Außenseite von bestehenden Wänden.





Die Wand muss zuallererst stabil sein und die Anwendung der Dämmung und Verkleidung zulassen, ohne die funktionellen und ästhetischen Leistungen zu beeinträchtigen. Aktive Risse können beispielsweise ein Zeichen von Instabilität sein. Auch der Luftzwischenraum der Hohlwände muss untersucht werden, um sich unter anderem zu vergewissern, dass die existierenden Maueranker noch stets ihre Funktion erfüllen (Nichtvorhandensein von Korrosion).

Ungeachtet der in Erwägung gezogenen Dämmtechnik müssen die Mauerfüße stets mit dem erforderlichen feuchtigkeitsabstoßenden Schutz versehen sein. Denn keine Dämmtechnik ermöglicht es, Probleme durch das Auftreten von aufsteigender Feuchtigkeit zu beheben. Etwaige Feuchtigkeitsprobleme dürfen somit nie einfach verborgen werden. Stattdessen muss man zu einer genauen Diagnose übergehen und untersuchen, welche Maßnahmen gegebenenfalls für die Dämmung der Fassade ergriffen werden müssen.

Die nachträgliche Dämmung der Hohlwand und die Dämmung längs der Innenseite erfordern eine systematische Studie, die ergibt, wie die Fassade den Witterungsverhältnissen ausgesetzt ist. Diese Techniken werden in der Regel nicht empfohlen, wenn sichtbare Feuchtigkeitsprobleme festgestellt werden (Frostschäden, sichtbare Wasserinfiltrationen, bestimmte Ausblühungen).

Das Anbringen einer Dämmung längs der Außenseite kann eine Lösung bieten, wenn Feuchtigkeitsprobleme als Folge von Wasserinfiltrationen über die Fassade sowie Probleme in Form von Frostschäden vorliegen.

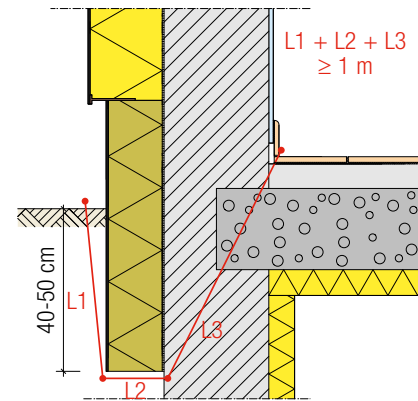
3 Anschlüsse

Obwohl Bauknoten gemäß der Verordnung nur bei Neubauten oder gleichwertigen Konstruktionen berücksichtigt werden müssen, lässt sich nicht leugnen, dass die Sorgfalt, mit der sie behandelt werden, einen beträchtlichen Einfluss auf die Qualität der energetischen Renovierung hat. Es wird daher empfohlen, sich auch in diesem Zusammenhang durch die für Neubauwohnungen entworfenen und ausgeführten Details inspirieren zu lassen. Insbesondere wendet man im Rahmen des Möglichen die vereinfachten Regeln der Wärmeverordnungen an. Nachstehend werden einige Anschlüsse zur Veranschaulichung besprochen.

3.1 Mauerfuß

Im Falle einer Dämmung längs der Außenseite einer bestehenden Wand erfordert die sorgfältige Behandlung des Bauknotens in Höhe des Mauerfußes die Aushebung des mit der Wand in Kontakt stehenden Erdreiches bis auf eine Tiefe von etwa 40 bis 50 cm und die Anbringung einer angepassten, feuchtigkeitsbeständigen Dämmschicht (siehe Abbildung 2). Dies ermöglicht es, die Wärmeverluste zwischen der Innen- und der Außenumgebung, dank eines ausreichend langen Wegs des geringsten Wärmewiderstands (≥ 1 m), zu begrenzen.

Falls eine Dämmung längs der Außenseite nicht möglich ist und man auf eine Dämmung längs der Innenseite zurückgreift, ist die sorgfältige Behandlung des Knotens alles andere als ein leichtes Unterfangen. Eine entsprechende Aufmerksamkeit ist somit geboten, da wir schon darauf hingewiesen haben, dass das Anbringen einer zusätzlichen



2 | Verlängerung der Außendämmschicht in das Erdreich, um den Weg des geringsten Wärmewiderstands länger zu machen.

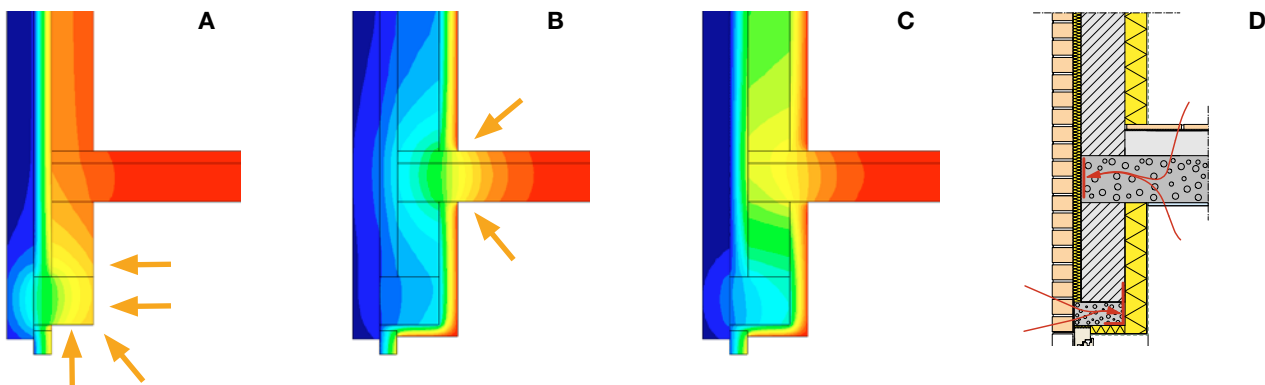
Dämmung an der Innenseite von mehr als 6 bis 8 cm nur wenig Sinn hat, wenn die Bauknoten unbehandelt bleiben.

3.2 Kombination von Techniken

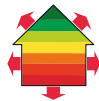
Wenn man keine Dämmung längs der Außenseite anwenden kann, wird die sorgfältige thermische Behandlung der vorhandenen Bauknoten sehr schwierig sein. Bei einer Hohlwand kann die Kombination der nachträglichen Dämmung des Luftzwischenraums und das Anbringen einer Dämmung längs der Innenseite jedoch eine interessante Lösung darstellen, da beide Techniken es gestatten, unterschiedliche Wärmebrücken zu beseitigen, wie sich dies aus Abbildung 3 ergibt.

In Höhe der Decke kompensiert die Dämmung des Luftzwischenraums häufig das Nichtvorhandensein der Dämmung längs der Innenseite. In Höhe des Sturzes oberhalb der Öffnung stimmt diese Argumentation in der umgekehrten Richtung. |

Y. Grégoire, Ir., A. Tilmans, Ir., J. Wijnants, Ing., Abteilungen Materialien, Energie und Technische Gutachten, WTB



3 | Temperaturfelder: Dämmung des Luftzwischenraums mit Wärmebrücke in Höhe des Sturzes (A), Dämmung längs der Innenseite mit Wärmebrücke in Höhe der Decke (B), Kombination der zwei Techniken ohne restliche Wärmebrücke (C) und deren schematische Darstellung (D).



Im Infomerkblatt 69.4 wurden die wichtigsten Prinzipien bezüglich der Wärmedämmung von Decken schon im Detail untersucht. Dieser Artikel konzentriert sich auf die Techniken für die energetische Renovierung von bestehenden Decken, die ein beheiztes Volumen von einem nichtbeheizten Volumen trennen. Zwischendecken werden jedoch, wegen der geringen thermischen Anforderungen, die dafür gelten und vor allem aufgrund der zusätzlichen akustischen Anforderungen, die eine spezifische Studie erfordern, darin nicht beschrieben.

Techniken für die energetische Renovierung von Decken

Die gegenwärtigen Verordnungen schreiben für jede vollständige Renovierung der Wand einen maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten von $0,30 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ in Brüssel und Wallonien und sogar von $0,24 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ in Flandern vor, was je nach dem gewählten Dämmstoff eine Dämmdicke zwischen 10 und 20 cm erfordert.

Diagnose

Vor dem Beginn der Arbeiten ist eine sorgfältige Prüfung der bestehenden Decken vorzunehmen, um möglichst gut den Umfang der auszuführenden Arbeiten und deren Kosten bestimmen zu können.

Jede anormale Verformung des Untergrundes (Durchbiegung) muss stets gründlich untersucht werden, um deren jeweilige Ursache zu ermitteln. Die zulässigen Verformungen der Decken sind in der Norm NBN B 03-003 angegeben. Diese Werte, die zwischen $1/250$ und $1/1000$ der Spannweite enthalten sind, werden in Abhängigkeit der Rissempfindlichkeit der **Bodenbeläge** oder der auf der Decke ruhenden Wände festgelegt. Höhere Werte sind nicht notwendigerweise beunruhigend – die oben erwähnte Norm akzeptiert für Flachdachplatten eine Verformung bis $1/125$ der Spannweite zwischen den Stützpunkten – hauptsächlich für Holzdecken und große Spannweiten, bei denen das Verformungskriterium schwerer ins Gewicht fällt als das Stabilitätskriterium. Falls notwendig muss man ein Planungsbüro in Anspruch nehmen, das unter Berücksichtigung der eventuellen Belästigung durch Vibrationen,

zusätzliche Untersuchungen ausführen kann und die zu ergreifenden Maßnahmen bestimmen kann (zusätzliche Stützpunkte, geklebte Armierungen, ...).

Bei einem **Bodenbelag, der direkt auf einem, auf dem ebenerdigen Boden stabilisierten Sandbett verlegt wurde** oder einer **Bodenplatte auf ebenerdigem Boden**, muss man hauptsächlich kontrollieren, ob Feuchtigkeit vorhanden ist.

Für **Decken, die sich über einem Keller oder einem Rohrleitungshohlraum befinden** oder **die einen Außenraum überragen**, muss man den Zustand des Untergrunds gründlich untersuchen (z.B. Vorhandensein von Korrosionsspuren, Abplatzungen im Beton, Rissbildung in den Hohlplatten aus gebranntem Ton).

Im Falle von **Holzböden** ist es von entscheidender Wichtigkeit, sich davon zu vergewissern, dass – vor allem in Höhe der Einlassung der Dielenbalken – keine Feuchtigkeitsspuren oder Schädigung durch Insekten sowie durch Schimmelpilze feststellbar ist. Es sind Maßnahmen zu ergreifen, um die etwaige Feuchtigkeitsquelle dauerhaft zu beseitigen und geschädigte Teile der Dielenbalken durch behandeltes Holz zu ersetzen (Verfahren A2 oder entsprechend der Einschätzung der Risiken festzulegen).

Die zusätzliche Wärmedämmung kann oben auf dem oder unter dem Untergrund oder – im Falle von vorhandenen Holzböden – in deren Dicke angebracht werden. Man muss stets daran denken, dass je dichter die Wärmedämmung bei dem Bodenbelag liegt, desto niedriger dessen thermische Trägheit sein wird und desto schneller er bei Temperaturschwankun-

gen des Raumklimas reagieren wird. Die Anbringung der Dämmschicht oben auf dem Untergrund stellt in der Regel die Durchgängigkeit der Wärmedämmung der **Fassadenwände** sicher, wenn diese längs der Innenseite gedämmt sind.

Wir möchten auch daran erinnern, dass wenn das Niveau des fertigen Bodenbelags nur in beschränktem Maße erhöht werden kann, die Dicke der Wärmedämmung durch die Anwendung von Platten mit einem sehr niedrigen Wärmedurchgangskoeffizienten, wie z.B. nanostrukturierten Dämmplatten auf Basis von Aerogelen und VIPs (*Vacuum Insulating Panels*), verringert werden kann (siehe S. 22-23). Die Verformung bei Belastung dieser Platten muss jedoch den diesbezüglichen Kriterien entsprechen (siehe *Les Dossiers du CSTC 2010/4.12*). Die Anbringung eines schwimmenden Bodenbelags auf einer Holzverkleidung (falls erforderlich mit einer doppelten gekreuzten Anbringung) ermöglicht es, die Überdicke stark zu verringern.

Bodenbelag auf ebenerdigem Boden

Diese Situation kann man in alten Wohnhäusern antreffen, bei denen der Bodenbelag – der meistens aus Fliesen aus Ziegelstein oder Fliesen auf Zementbasis besteht – mit Mörtel auf einer Unterschicht aus stabilisiertem Sand verlegt wurde, die direkt auf den zuvor verfestigten Boden angebracht wurde.

Wenn das Niveau des fertigen Bodenbelags erhöht werden kann – was impliziert, dass die Höhe unter der Decke ausreichend hoch ist und dass das Niveau



der Innen- und Außenschreinerarbeit angepasst werden kann –, besteht die wirtschaftlichste Lösung darin, die Wärmedämmung auf dem bestehenden Bodenbelag anzubringen. In diesem Zusammenhang kann man sich für steife Platten, die vorzugsweise auf einer Feuchtigkeitssperre verlegt werden, oder für einen gespritzten Polyurethanschaum entscheiden. Die Dämmung muss dann mittels einer Kunststoffolie geschützt werden und auf dieser muss ein armierter Estrich angebracht werden, der für die Verlegung eines Bodenbelags bestimmt ist.

Wenn das Niveau des zukünftigen Bodenbelags jedoch nicht geändert werden kann, muss man den Bodenbelag und dessen Estrich entfernen, den Boden bis zu einer Tiefe ausheben, die mit der erforderlichen Gesamtdicke übereinstimmt, die Feuchtigkeitssperre ausrollen, die Wärmedämmungsplatten verlegen, diese Platten mittels einer Kunststoffolie schützen und die Betonplatte, den (armierten) Estrich und den gewünschten Bodenbelag ausführen. Der Planer muss in Abhängigkeit der gewünschten thermischen Trägheit bestimmen, ob die Platte aus armiertem Beton unterhalb oder oberhalb der Wärmedämmung angebracht wird.

Bodenplatte auf ebenerdigem Boden

Auch hier kann man verschiedene Situationen antreffen. Wenn das Niveau des fertigen Bodenbelags erhöht werden kann, reicht es aus, die Wärmedämmung auf dem bestehenden Bodenbelag anzubringen. Diese Lösung bietet den Vorteil, wirtschaftlich zu sein.

Wenn das Niveau des fertigen Bodenbelags nur in beschränktem Maße erhöht werden kann (z.B. Möglichkeit, sehr hohe Türen zu ersetzen oder zu verkleinern), ist es möglich, den Bodenbelag und dessen Estrich zu entfernen, die Wärmedämmung auf der Bodenplatte anzubringen und diese mit einer Kunststoffolie zu schützen.

Wenn schließlich das Niveau des fertigen Bodenbelags nicht geändert werden kann (z.B. weil das Niveau durch die Höhe unter der Decke oder durch die Innenschreinerarbeit bestimmt wird), muss die Bodenplatte zerstört und entfernt werden und der Boden bis auf das gewünschte Niveau ausgehoben werden. Die Wärmedämmung kann in dem Fall auf der unteren oder oberen

Seite der Bodenplatte angebracht werden, je nachdem, ob man eine größere thermische Trägheit erhalten möchte oder nicht.

Boden über einem nichtbeheizten Raum

Die Festlegung des Ortes der Wärmedämmung wird zuallererst von der Absicht, den Bodenbelag der betreffenden Räume gegebenenfalls zu ersetzen, der gewünschten thermischen Trägheit und der Möglichkeit, die Wärmedämmschicht des Bodens mit der der angrenzenden Wänden zu verlängern, abhängen.

Die wirtschaftlichste Lösung besteht im Allgemeinen darin, die Wärmedämmung unter dem bestehenden Untergrund anzubringen. Der Nachteil dieser Situation ist jedoch, dass sie, wenn die Gebäudewand längs der Innenseite gedämmt ist, die Durchgängigkeit der Wärmedämmung nicht zulässt. In dem Fall ist es am logischsten, den Bodenaufbau längs der Oberseite zu dämmen, da es so leichter ist, die Durchgängigkeit der Luftsperrschicht zu gewährleisten. ■

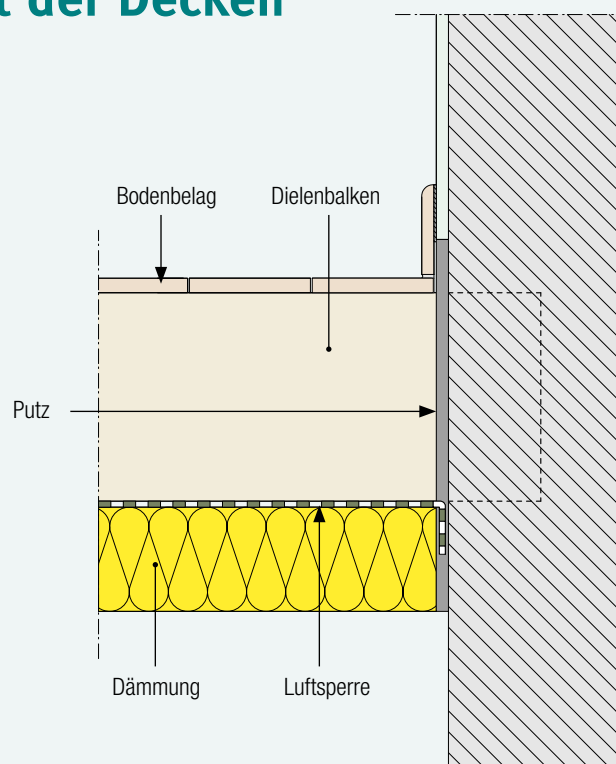
L. Firket, Arch., stellvertretender Leiter der Abteilung Technische Gutachten, WTB

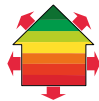
Die Luft- und Dampfdichtheit der Decken

Um die Lüftungsverluste zu begrenzen und die Risiken in Bezug auf eine innere Kondensation in den Decken nach deren Dämmung zu vermeiden, muss man die Luft- und Dampfdichtheit zwischen den beheizten und nichtbeheizten Volumen sicherstellen.

Folglich muss man – unter Berücksichtigung der Tatsache, dass eine Decke bestehend aus einer Betondeckenplatte oder aus Teilen, die einen Beton der zweiten Phase enthalten (z.B. Schal-Betonplatten, Hohlelemente zwischen Trägern, bestimmte Hohlplatten) luftdicht ist und somit als Luftsperrschicht (für die Klimaklassen I bis III) fungieren kann – für jede Situation die Position der Luftsperrschicht und ihrer Durchgängigkeit untersuchen.

Bei wertvollen Bodenbelägen, die man behalten möchte, kann man die Wärmedämmung unter dem Untergrund anbringen und dazwischen eine Luft- und Dampfsperre vorsehen. In dem Fall muss man den Dielenbalken, die auf einer Außenwand ruhen, besondere Aufmerksamkeit schenken, da ein Mauerwerk ohne Putz nicht als luftdicht betrachtet werden kann. Hierbei wird es manchmal nötig sein, den Teil der Wand, der mit der Dicke des Dielenbalkens übereinstimmt, zu verputzen (siehe schematische Darstellung).





Das Streben nach immer ehrgeizigeren Energieleistungen (z.B. Passivstandard, fast energieneutraler Verbrauch) hat zur Folge, dass spezifische Renovierungslösungen für komplexere Herausforderungen (z.B. Wärmebrücken, Lüftung, Luftdichtheit, beengter Raum, Kulturgut) gesucht werden müssen. Dieser Artikel geht näher auf eine Anzahl rezent entwickelter innovativer Renovierungslösungen ein und beschreibt eine Reihe von Tendenzen, innerhalb derer noch zahlreiche Möglichkeiten für die belgischen Bauunternehmen liegen. Wir möchten darauf hinweisen, dass diese Lösungen für die belgischen Bau- und Renovierungsfachleute nur zur Inspiration dienen und dass wir folglich dabei keine Aussagen über deren technische Validierung machen.

Die energetische Renovierung: Tendenzen und Innovationen

1 Superdämmende Materialien

Ziel der superdämmenden Materialien ist es, die Dicke der Dämmschicht zu verringern, ohne deren Wärmeleistung zu beeinträchtigen.

Ein erstes Beispiel für superdämmende Materialien sind die bereits bekannten Vakuumdämmplatten (VIPs). Diese können wegen ihres Preises und komplexen Einbaus (Perforierungsrisiko und Unmöglichkeit des Plattenzuschnitts auf Maß) jedoch nur in bestimmten spezifischen Situationen zur Anwendung kommen.

Dieses Vakuumprinzip wird auch bei Verglasungen angewendet (siehe Abbildung 1): Zwischen zwei Glasschichten wird ein Vakuum erzeugt, wodurch der Wärmewiderstand beträchtlich erhöht wird. Der atmosphärische Druck wird

durch Abstandshalter zwischen den Glasscheiben aufgenommen. Theoretisch müsste diese Vakuumverglasung einen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) von $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ erreichen. In der Praxis sind aber nur U-Werte von größer als oder gleich $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ gemessen worden. Obwohl Dreifachverglasungen somit bessere Wärmeleistungen aufweisen, bietet die begrenzte Dicke von Vakuumglas (6,5 mm, vergleichbar mit Einfachglas) zahlreiche Vorteile für die Renovierung von historischen Gebäuden.

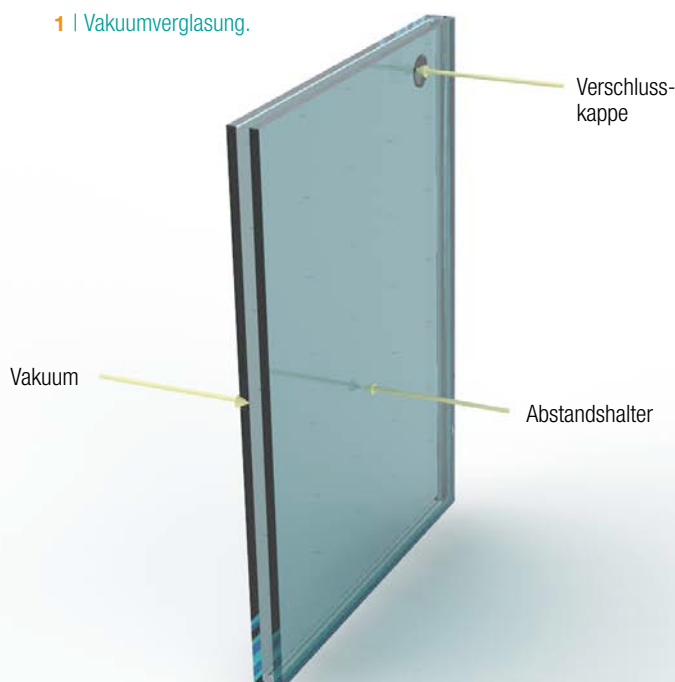
Andere superdämmende Materialien sind die Aerogele. Dies sind nanoporöse Materialien (d.h. Materialien mit extrem kleinen Poren), die eine Wärmeleitfähigkeit (λ -Wert) bis $0,004 \text{ W/m.K}$ erreichen können (gegenüber Werten zwischen $0,023$ und $0,045 \text{ W/m.K}$ für gängige Dämmstoffe). Sie werden unter anderem in Dämmplatten angewendet (λ zwischen $0,014$ und $0,019 \text{ W/m.K}$) und in Form von Körnern Putzen und Mörteln zugefügt. Dadurch dass Aerogele lichtdurchlässig sind, können sie auch in (semitransparenten) Verglasungen angebracht werden.

trale Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung zurückgreifen. Diese Systeme ermöglichen die Luftzirkulation in jedem Raum individuell. Die Einheiten können in einen Fensterrahmen oder eine Wand eingebaut werden. Dadurch dass die Öffnungen für die Zufuhr und Ableitung sich sowohl innen als auch außen relativ dicht beieinander befinden, müssen sie so entworfen werden, dass eine Rezirkulation (Zu- oder Abluft, die sofort durch den Ventilator wieder angesaugt wird) vermieden wird. Es muss auch der möglichen Geräuschbelastung eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden (siehe S. 30-31).

Eine zweite Möglichkeit ist die Anwendung eines Systems, bei dem die Lüftungsrohre sichtbar an der Decke befestigt werden (z.B. in den oberen Ecken, siehe Abbildung 2). Dadurch dass die Verkleidung in das System integriert ist, sind für die Verbergung der Kanäle keine weiteren Arbeiten erforderlich. Um die Druckverluste zu begrenzen, müssen überflüssige Umwege und Bögen vermieden werden. Ferner muss der Volumenstrom auf den begrenzten Durchmesser der Kanäle abgestimmt sein.

Eine alternative Lösung, die sich jedoch noch in der Entwicklung befindet, besteht darin, die Lüftungskanäle in die Außendämmung zu integrieren. Hierfür kann man Dämmplatten nutzen, bei denen die Lüftungskanäle in eine dafür vorgesehene Aussparung eingelegt werden oder aber Dämmplatten, bei denen schon vorgeformte Kanäle angebracht sind (siehe Abbildung 3). Die Lüftungskanäle werden danach über eine Wanddurchführung oder einen an

1 | Vakuumverglasung.



2 Mechanische Lüftung

Lüftungssysteme sind wegen der relativ voluminösen Luftkanäle manchmal schwer in bestehende Gebäude zu integrieren. Um dieses Problem zu umgehen, kann man auf dezen-



Quelle: RenoPipe

2 | Lüftungskanäle als Zierrahmen.

den Fenstern vorgesehenen Anschluss bis in den Raum geführt.

Angesichts dessen, dass diese Systeme eine Anzahl bedeutender Nachteile mit sich bringen (z.B. lokale Verringerung der Dämmdicke; Kondensationsrisiko in den Kanälen, dadurch dass sie niedrigeren Temperaturen ausgesetzt werden; Druckverluste durch die im Mittel längere Kanallänge; Verschmutzungsrisiko während der Verlegung) ist ihre Anwendung nur unter bestimmten strikten Bedingungen vorzunehmen.

3 | Renovierungen der Zukunft

Mehrere gegenwärtige Tendenzen (Drohnen und Internet der Dinge) könnten die energetischen Renovierungen in der Zukunft stark beeinflussen.

3.1 Drohnen

Drohnen oder unbemannte Luftfahrzeuge bieten zahlreiche Vorteile für den Bausektor. Sie werden immer häufiger eingesetzt, um schwer erreichbare Teile von Gebäuden (z.B. Dächer) zu inspizieren und sie ermöglichen eine bessere Baustellenverfolgung.

Bei Renovierungsprojekten können sie ebenfalls verwendet werden, um Gebäude genau zu vermessen, beispielsweise als Vorbereitung für die Installation von vorgefertigten Renovierungselementen (siehe S. 10-11).

Zu einem späteren Zeitpunkt könnte man vielleicht sogar autonome Drohnen aktiv in den Bauprozess einführen. So könnten sie beim Transport und bei der Anbringung von verschiedenen, relativ leichten Materialien, wie z.B. Dämmstoffen, Luftdichtheitsfolien und

zahlreichen Ausbaumaterialien, eingesetzt werden. Infolge ihres begrenzten Tragvermögens sind sie jedoch für den Transport schwerer Strukturmaterialien weniger geeignet.

3.2 Smart Homes und das Internet der Dinge

Das Monitoring und die Regelung der Anlagen in unseren Wohnungen und Gebäuden sind heute in der Regel sehr mangelhaft. Deren optimale Einstellung und Regelung kann allerdings – sicher in schlecht bis mäßig gedämmten Wohnungen – den Energieverbrauch stark senken, indem beispielsweise die Heizung oder Beleuchtung nur dort und dann eingeschaltet wird, wo und wenn es wirklich nötig ist. Die heutigen Systeme sind dazu jedoch selten in der Lage: Einerseits benutzen die Bewohner die manuellen Bedienungen nicht ordnungsgemäß und andererseits werden die programmierbaren Thermostate häufig im Hinblick auf den Komfort eingestellt und selten an eine veränderte Situation angepasst. Dabei werden häufig andere Parameter, wie z.B. die Raumluftqualität und der visuelle Komfort, nicht berücksichtigt.

Neue Technologien bieten jedoch eine Lösung für dieses Problem. So wird die künstliche Intelligenz die Geräte und Anlagen selbstlernend machen, wodurch sie nicht mehr vom Benutzer eingestellt werden müssen. Als Beispiel sei angeführt, dass selbstlernende Thermostate bereits vermarktet worden sind. Diese Systeme analysieren selbst das Verhalten des Benutzers und passen sich daran an, um ein optimales Gleichgewicht zwischen Energieverbrauch und Komfort zu erhalten.

Lokale drahtlose Netzwerke und vor allem das Internet der Dinge machen es



Quelle: Fraunhofer

3 | Dämmplatten mit integriertem Lüftungskanal.

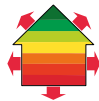
möglich, Sensoren, Geräte und Anlagen miteinander kommunizieren zu lassen, wodurch sie intelligenter geregelt werden können. Denken wir dabei bloß an Heizungsanlagen, die, wenn das Fenster geöffnet ist, ihre Temperatur reduzieren oder an Smartphones, die die Heizungsanlage automatisch aktivieren, wenn sich der Bewohner auf den Nachhauseweg begibt. In der Zukunft wird eine Waschmaschine auch einen Waschgang hinausschieben können, wenn sich aus den Wettervorhersagen ergibt, dass die Leistung der lokalen Photovoltaikanlage ein paar Stunden später höher sein wird.

Sonstige, weniger technische Elemente, die bei Renovierungen wichtig sind, wie z.B. Kundenansprache, Finanzierungsmodelle, Zusammenarbeit und Renovierungsprozesse, erhalten auch ständig mehr Aufmerksamkeit. Diese Aspekte werden in verschiedenen Projekten im Bereich der Renovierung angesprochen (siehe www.kennisplattform-renovatie.be).

4 | Schlussfolgerung

Um mit den ehrgeizigeren energetischen Anforderungen Schritt zu halten, braucht der Bausektor angepasste Renovierungslösungen. Die Entwicklung von innovativen Systemen wird demzufolge auch in den kommenden Jahren eine wichtige Triebfeder für die Bauunternehmen sein. Das WTB sieht deshalb vor, den Unternehmen über verschiedene Unterstützungskanäle bei der Ausarbeitung von neuen innovativen Systemen oder bei der Validierung von bestehenden Systemen zu helfen. Für weitere diesbezügliche Informationen verweisen wir auf die aktualisierte Website *Veille Technologique* (siehe www.c-watch.be). |

R. Decuyper, Ir., Forscher, Laboratorium Nachhaltige Entwicklung, WTB



Um die strengen energetischen Zielsetzungen mittelfristig erreichen zu können, ist es erforderlich, die alten Kessel durch moderne Wärmeerzeuger zu ersetzen. Denn damit können wichtige Einsparungen realisiert werden. In diesem Artikel werden verschiedene damit einhergehende Punkte besprochen, die es zu beachten gilt.

Renovierung von Raumheizungs-systemen

Verordnung und Diagnose

Bevor man mit der Renovierung eines Heizungssystems beginnt, muss man die diesbezüglich geltende Verordnung kennen. Denn diese kann in Abhängigkeit der Region und des eventuellen Vorhandenseins einer städtebaulichen Genehmigung unterschiedlich sein. Für weitere diesbezügliche Informationen verweisen wir auf die Normen-Außenstelle 'Energie et climat intérieur' (www.normes.be).

Sogar wenn der Bauunternehmer/Installateur nur gebeten wird, die Heizungsanlage in Angriff zu nehmen, ist es wichtig, die Gesamtheit der Arbeiten und die spezifischen Wünsche oder Komfortbedürfnisse des Auftraggebers (hinsichtlich der Heizung und eventuell dem sanitären Warmwasser) zu berücksichtigen. Denn es gibt diverse Eingriffe, die einen beträchtlichen Einfluss auf die Heizungsanlage haben, wie z.B. die Verbesserung

der Dämmung oder der Luftdichtheit der Gebäudehülle, die Ortsänderung des Heizraums, die Erweiterungen oder die Abrisse.

Schließlich ist es von entscheidender Wichtigkeit, den gegenwärtigen Zustand der Anlage gründlich zu analysieren, um eventuelle Probleme ausfindig zu machen und zu überprüfen, welche Teile davon eventuell erhalten bleiben können.

Bewertung des Heizungsbedarfs

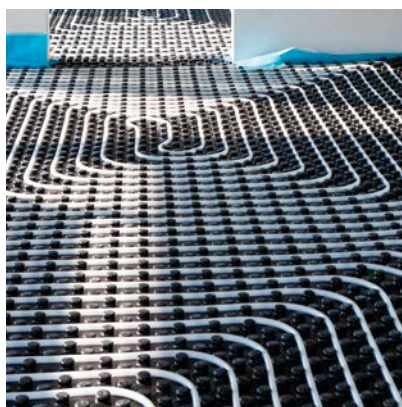
Bevor man mit der Analyse der bestehenden Heizungsanlage beginnt, muss man die erforderliche Heizleistung bestimmen, und zwar sowohl auf Gebäudeniveau (für die Wahl eines zentralen Wärmeerzeugers wie z.B. einer Wärmepumpe oder eines Kessels, siehe Abbildung 1) als auch auf Raumniveau (für die Wahl der Wärmeabgabegeräte: Radia-

toren, Konvektoren, Fußbodenheizung, siehe Abbildung 2 oder örtliche Geräte wie z.B. Gaskonvektoren und Pellet-Zimmeröfen, siehe Abbildung 3). Denn ein Gebäude, das energetisch renoviert wird, kann bedeutende Änderungen bezogen auf die ursprüngliche Situation erfahren, für die die bestehende Heizungsanlage entworfen wurde. Falls auch die Gebäudehülle renoviert wird, müsste dies vorzugsweise zuerst erfolgen, so dass man diesen Umstand bei der Wahl der Heizungsanlage berücksichtigen kann (z.B. in Form einer geforderten Heizleistung, die viel niedriger ist).

Eine genaue Wärmeverlustrechnung muss gemäß der Norm NBN EN 12831 und ihres nationalen Anhangs ausgeführt werden. Auf der CSTC-Website (www.cstc.be, Rubrik 'Outils de calcul') werden dafür ein Rechentool und ein Katalog der indikativen U-Werte zur Verfügung gestellt.



1 | Zentraler Wärmeerzeuger: Kessel.



2 | Wärmeabgabesystem: Fußbodenheizung.



3 | Örtlicher Wärmeerzeuger: Pellet-Zimmerofen.

Wärmeabgabesystem	Hochtemperaturheizung	Niedertemperaturheizung	Niedrigsttemperaturheizung
	$\theta_{w,i} > 55\text{ °C}^{(1)}$ $15 \leq \Delta\theta_w \leq 20\text{ K}^{(2)}$	$40 \leq \theta_{w,i} \leq 55\text{ °C}^{(1)}$ $10 \leq \Delta\theta_w \leq 15\text{ K}^{(2)}$	$30 \leq \theta_{w,i} \leq 40\text{ °C}^{(1)}$ $5 \leq \Delta\theta_w \leq 10\text{ K}^{(2)}$
Radiator/Konvektor			
Fußboden-, Decken- oder Wandheizung			
Thermoaktive Bauelemente			

⁽¹⁾ $\theta_{w,i}$: Temperatur des Vorlaufwassers.
⁽²⁾ $\Delta\theta_w$: Temperaturunterschied zwischen dem Vorlauf- und Rücklaufwasser.

WTB-Kontakt 2016/1 25



4 | Das Vorhandensein und der Zustand der Dämmung müssen überprüft werden.

Technische Bewertung

Wenn man bestimmte Teile der Anlage behalten möchte, ist es notwendig, deren allgemeinen Zustand zu bewerten. Hierfür müssen – was das Verteilungssystem betrifft – die folgenden Punkte überprüft werden:

- Ist die hydraulische Konzeption noch funktionell oder wurden diverse Änderungen daran ausgeführt, wie z.B. die Hinzufügung von Radiatoren, der Umbau von einer Thermosiphon- zu einer Pumpenzirkulation oder die Ortsänderung des Kessels? Wir möchten darauf hinweisen, dass komplexe Systeme ein Risiko in Bezug auf Zirkulationsprobleme mit sich bringen
- Befindet sich der Anlage noch in einem guten Zustand? Weist sie Spuren von äußerer Korrosion oder Lecks auf? Ist die Anlage gedämmt und in welchem Zustand befindet sich diese Dämmung (siehe Abbildung 4)? Ist eine asbesthaltige Dämmung vorhanden? Verfügt die Anlage über Thermostatventile oder können diese einfach installiert werden?
- Unabhängig von dem Zustand, in denen sie sich befinden, wird wärmstens empfohlen, das Ausdehnungsgefäß und alle Sicherheitsorgane (z.B. Sicherheitsventile und Manometer) zu ersetzen. Das erforderliche Volumen des Ausdehnungsgefäßes kann mithilfe des Rechentools auf der CSTC-Website www.cstc.be, Rubrik 'Outils de calcul') berechnet werden

- Erfolgt die Zirkulation normal und ausgewogen? Erwärmen sich alle Radiatoren gleich schnell? Werden die verschiedenen Kreisläufe gleichmäßig durchströmt? Falls dem nicht so ist, muss die Ursache dafür ermittelt werden (z.B. hydraulische Einregelung, Verstopfungen durch Korrosion oder Schlammablagerungen).

Obwohl man durch den Austausch von alten Kesseln bedeutende Energieeinsparungen realisieren kann, kann der Eigentümer sich manchmal doch dafür entscheiden, den bestehenden Wärmeerzeuger noch einige Zeit zu behalten. In dem Fall muss man auf die folgenden Punkte achten:

- den Zustand des Geräts: Im Allgemeinen müsste ein Kessel nach 15 bis 20 Jahren ersetzt werden. Dies ist jedoch von dessen tatsächlicher Verwendung abhängig. Ein Audit der Anlage kann in diesem Zusammenhang nützliche Informationen liefern. Wir möchten allerdings darauf hinweisen, dass eine Verbrennungsattestierung nur eine rauchgasseitige Leistung angibt und folglich keinen Aufschluss über die Leistung des Kessels und der Anlage als Ganzes gibt
- den Typ des Verbrennungsgeräts und die Verbrennungsluftzufuhr: Offene Geräte (mit atmosphärischen Brennern) entnehmen die erforderliche Verbrennungsluft dem Raum, in dem sie aufgestellt sind. Dieser Letztere muss immer über eine permanente,

nicht verschließbare Öffnung nach draußen verfügen, deren Abmessungen mit den sich in der Überarbeitung befindenden Normen NBN B 61-002 und NBN B 61-001 (für Leistungen ab 70 kW) übereinstimmen müssen. Die Notwendigkeit dieser permanenten Luftzufuhröffnung in den Heizungsräumen steht jedoch im Gegensatz zu der Forderung nach einer ausreichend luftdichten Gebäudehülle. Deshalb wird wärmstens empfohlen, offene Geräte durch ihre geschlossenen Pendants zu ersetzen

- die Rauchgaskanäle: Man muss dabei der Luftdichtheit, den Spuren von Rußdurchschlag, dem Zustand der Dachdurchführung und der Stabilität des Kamins über dem Dach eine besondere Aufmerksamkeit schenken. Es ist auch zu überprüfen, ob der Rauchgaskanal für den neuen Wärmeerzeuger geeignet ist. Im Falle von Brennwertkesseln ist dieser Kanal womöglich anzupassen (siehe [TI 235](#)). Für weitere Informationen über die kollektiven Kanäle in Gebäuden, in denen nicht alle angeschlossenen Geräte gleichzeitig ersetzt werden, verweisen wir auf [Les Dossiers du CSTC 2012/4.15](#) und [2013/4.12](#).

Wenn man einen Teil der bestehenden Anlage wieder verwendet, ist es stets empfehlenswert, eine Spülung auszuführen, um die Schlammablagerungen und die eventuell im Anlagenwasser vorhandenen Zusätze zu entfernen. Bei sehr verschmutzten Anlagen oder neuen Kesseln mit einem geringen Wasservolumen müsste man die Installation eines Schlammabscheiders in Erwägung ziehen.

Mögliche Wärmeerzeuger

Eines der wichtigsten Wahlkriterien für den neuen Wärmeerzeuger ist die Verfügbarkeit eines bestimmten Brennstoffs (Erdgas, Propan oder Butan, Heizöl oder Pellets) oder Energieträgers (Elektrizitätsanschluss mit ausreichender Leistung). Auch die Wahl zwischen zentraler oder dezentraler Wärmeerzeugung ist von äußerster Wichtigkeit. Im Folgenden gehen wir näher auf den zuerst genannten Typ der Brennstoffe ein.

Was Gas- und Heizölkessel betrifft,



entscheidet man sich am besten für geschlossene Geräte oder Brennwertgeräte, vorzugsweise in Kombination mit einer Niedertemperaturheizung. Mit einer auf die Wassertemperatur einwirkenden Regelung kann dieser Gerätetyp jedoch in fast jedes bestehende Wärmeabgabesystem installiert werden.

Gegenwärtig existieren auch diverse Holzkessel, die gegebenenfalls vom Brennwerttyp sind. Vor allem die Geräte mit einer automatischen Holzpelletversorgung haben zahlreiche Vorteile zu bieten. Natürlich muss dafür immer ein Vorrat an Pellets vorhanden sein, aber dafür gibt es verschiedene Lösungen. Bei Nicht-Brennwertgeräten muss man darauf achten, dass die Rücklauftemperatur oberhalb des in den Vorschriften des Herstellers angegebenen Mindestschwellwertes bleibt. Für weitere diesbezügliche Informationen verweisen wir auf [Les Dossiers du CSTC 2010/3.14](#).

Auch Wärmepumpen können als zentraler Wärmeerzeuger fungieren. Noch mehr als bei Kesseln muss hier eine (Niedrigst- bzw.) Niedertemperaturheizung, wie z.B. bei einer Fußboden- und Wandheizung, angestrebt werden. Denn der Endfaktor der Saisonsleistung (der sogenannte SPF-Wert, d.h. das Verhältnis zwischen der gelieferten Energie und dem Verbrauch der elektrischen Energie) wird stark durch diese Abgabemperaturen beeinflusst.

Geothermische Wärmepumpen (also Wärmepumpen, die das Erdreich als Wärmequelle nutzen, siehe Abbildung 5) erfordern die Installation eines horizontalen oder vertikalen Erdreichwärmetauschers. Dieser Installationstyp benötigt allerdings viel Platz, der manchmal gerade fehlt. Wenn der Platz aber vorhanden ist, sind diese Systeme den Wärmepumpen mit Luft als Wärmequelle (siehe Abbildung 6) vorzuziehen, da sie einen höheren SPF-Wert erreichen können. Trotz des Umstandes, dass Wärmepumpen, die mit Luft versorgt werden, im Rahmen einer Renovierung leichter anwendbar sind, weisen sie in der Regel weniger gute Leistungen auf, da die Außenluft im Allgemeinen kälter ist als das Erdreich. Für weitere Informationen über geothermische Wärmepumpen verweisen wir auf [Les Dossiers du CSTC 2013/3.2](#) und die Website von Smart Geotherm (www.smartgeotherm.be).

Was Situationen betrifft, in denen die geforderten Abgabemperaturen höher sind, kann man auf Hochtemperaturwärmepumpen oder hybride Wärmepumpen zurückgreifen (siehe [Les Dossiers du CSTC 2014/3.11](#)). Diese Letzteren kombinieren im Allgemeinen eine Wärmepumpe mit einem (eventuell schon existierenden) Gaskessel, der einspringt, wenn eine hohe Temperatur oder eine größere Leistung erforderlich

ist (z.B. für sanitäres Warmwasser oder bei niedrigen Außentemperaturen).

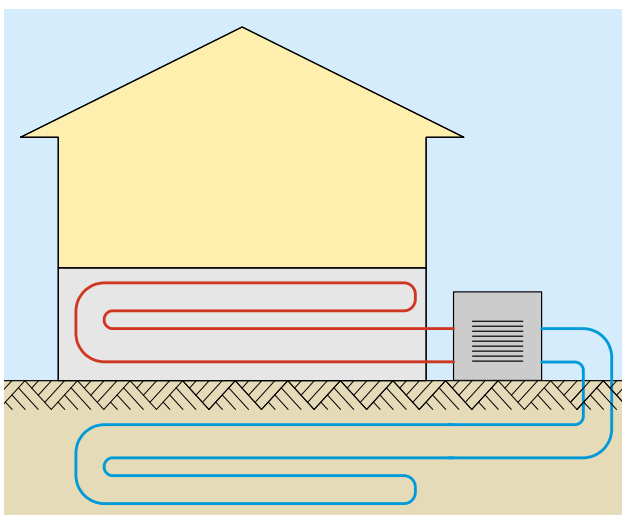
Regelung

Innerhalb einer Heizungsanlage sind es gewöhnlich die Regelungselemente (z.B. Zimmerthermostate, Thermostatventile, Klimaregelung), die am schnellsten veralten. Es wird folglich ganz entschieden abgeraten, diese Elemente bei Renovierungen zu behalten und in Kombination mit neuen Installationsteilen zu verwenden, insbesondere weil es gegenwärtig diverse Möglichkeiten für eine intelligente Regelung gibt, wie z.B. die Koppelung an die Domotik oder die Steuerung mithilfe von mobilen Anwendungen.

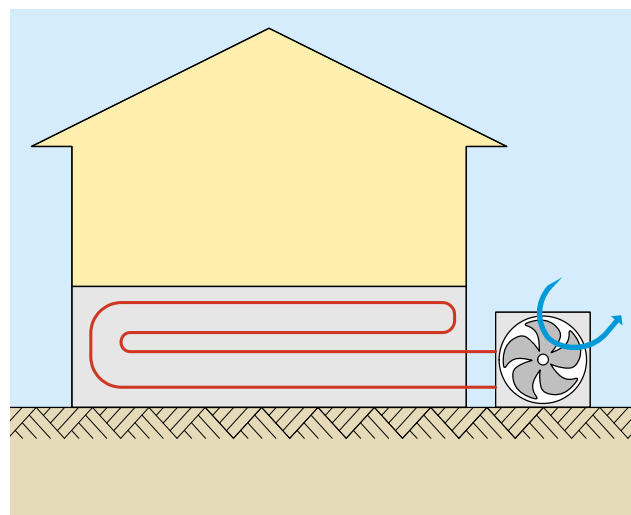
Schlussfolgerung

Der Austausch von alten Kesseln des offenen Typs durch geschlossene Brennwertkessel kann bedeutende Einsparungen bringen. Es ist jedoch gleichermaßen möglich, gute Leistungen bei einer Anlage zu erreichen, bei der bestimmte Teile im Rahmen der Renovierung erhalten bleiben, sofern man zu einer gründlichen Analyse des vollständigen Systems übergeht und gegebenenfalls auf bestimmte innovative Techniken zurückgreift. ■

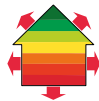
P. Van den Bossche, Ing., Leiter des Laboratoriums Heizung und Lüftung, WTB



5 | Geothermische Wärmepumpe.



6 | Wärmepumpe mit der Außenluft als Wärmequelle.



Die zunehmende Verschärfung der Dämmniveaus und der verringerte Heizungsbedarf, der sich hieraus ergibt, haben dazu geführt, dass die Erzeugung von sanitärem Warmwasser (SWW) beim Energieverbrauch der Wohnung einen größeren Anteil ausmacht. Da die Betriebszeit einer erneuerten Anlage im Prinzip einige Jahrzehnte beträgt, ist es erforderlich, dass die *Trias Energetica*-Strategie eingehalten wird: den Bedarf begrenzen, den Verbrauch der erneuerbaren Energie optimieren und die fossile Energie möglichst effizient nutzen. Zielsetzung bei der Erneuerung einer Sanitärinstallation ist nicht nur die Einhaltung der gegenwärtigen PEB-Verordnung, sondern man antizipiert auch bei einem Planungshorizont von 2030 die Zukunft. Der Schwerpunkt dieses Artikels liegt auf dem energetischen Aspekt, aber es ist nicht unwichtig zu wissen, dass es noch andere Aspekte gibt, die es zu berücksichtigen gibt und die manchmal sogar noch wichtiger sind, wie z.B. die Gesundheit und Hygiene.

Energetische Renovierung der Sanitärwarmwasserinstallation

Anders als bei einer neuen Installation bietet eine Renovierung den Vorteil, dass der Verbrauch messbar ist und der Warmwasserbedarf somit viel genauer bestimmt werden kann. Wenn der Bedarf bekannt ist, kann die Installation äußerst genau dimensioniert werden (Leistung des Erzeugungsgeräts, eventuelles Vorratsvolumen und Durchmesser der Leitungen). Ferner kann man dann die Verluste begrenzen, indem eine Überdimensionierung vermieden wird (dies kommt sehr häufig bei bestehenden Installationen und dabei vor allem bei kollektiven Installationen vor).

Erzeugung

Wenn das Erzeugungsgerät überaltert ist oder ersetzt werden muss, genießt

ein effizientes Gerät, wie z.B. ein Brennwertkessel oder eine Wärmepumpe, den Vorzug (siehe [Les Dossiers du CSTC 2015/3.15](#)). Ein Speichertank muss nach Möglichkeit vermieden werden, es sei denn dass ein sehr großer Bedarf während einer sehr kurzen Zeit besteht oder dass der Tank zur Optimierung der Nutzung von erneuerbaren Energien (thermische Sonnenkollektoren oder Solarzellen von Photovoltaikanlagen, Stromerzeugung durch Windenergie oder Wasserkraft, Biomasse, ...) eingesetzt werden kann.

Es hat wenig Sinn neue energieeffiziente Geräte zu installieren, wenn der Rest eines überalterten Systems erhalten bleibt. Es ist somit empfehlenswert, die Installation für die Verteilung von Warmwasser in Abhängigkeit des jeweiligen Bedarfs und der Wünsche des Kunden einerseits und der zukünftigen Nutzung andererseits zu bewerten. Diese Bewertung gewinnt an Bedeutung, wenn es eine kollektive Installation betrifft (z.B. Appartementshäuser mit zentraler Warmwassererzeugung).

Armaturen

Indem man die alten Armaturen durch Hähne mit einer Durchflussbegrenzung oder einem Luftsprudler, die ein Gefühl von Komfort mit einem verringerten Durchfluss kombinieren, ersetzt, sorgt man auf einfache und direkte Weise für

einen verminderten Verbrauch von und einen geringeren Bedarf an Warmwasser. Wegen ihres begrenzten Durchflusses haben diese neuen Hähne unter anderem einen günstigen Einfluss auf die erforderliche Leistung des Erzeugungsgeräts und somit auf den Energieverbrauch.

Dagegen kann durch die Anbringung einer Regendusche der Bedarf an sanitärem Warmwasser beträchtlich ansteigen. Dieser Bedarf wird daher auch bei der Dimensionierung der neuen Installation berücksichtigt werden müssen.

Verteilung

Zur Optimierung einer zukünftigen Sanitärwarmwasserinstallation muss man vor allem die Kompaktheit dieser Installation betrachten. Die Feuchträume (hauptsächlich die Küche, das Badezimmer und die Duschzelle) befinden sich im Idealfall in der Nähe voneinander und die zentralisierte SWW-Erzeugung müsste möglichst dicht bei den Entnahmestellen angebracht werden. Ein nicht kompaktes Leitungsnetz kann bereits schnell für beachtliche Wartezeiten und Entnahmevermögen der verschiedenen Entnahmeleitungen sorgen (siehe [Les Dossiers du CSTC 2014/2.12](#)). Beispielsweise hat eine verzinkte Leitung von 1/2", mit einer Länge von 15 m, ein Aufnahmevermögen von mehr als 3 l Wasser. Angesichts der Wartezeit gehen auch noch einmal 4,6 l Wasser verloren, bevor





warmes Wasser aus dem Hahn kommt. Nach einem Jahr kommt man so auf etwa 1,6 bis 2 m³ Wasser pro Leitung (zusätzlich zu der Energie, die beim Abkühlen verloren geht). Wenn man diese Leitung nach Neugestaltung der Räume und der Installation durch eine Kupferleitung von 3 m Länge und einem Durchmesser von 12 mm (maximaler Durchfluss von 7 l/min) ersetzt, werden durch diese Entnahmen nur mehr 120 l Wasser pro Jahr verloren gehen (d.h. 14 mal weniger).

In Einfamilienhäusern sind Zirkulationsleitungen für sanitäres Warmwasser nicht angezeigt. Eine gründliche Renovierung ist der ideale Zeitpunkt, eine Ortsänderung und Neugruppierung der Räume in Erwägung zu ziehen. Wenn dieser Vorschlag jedoch verworfen wird,

kann man sich für eine leistungsfähige lokale (d.h. dezentralisierte) SWW-Erzeugung entscheiden. Wenn keiner dieser Vorschläge in Erwägung gezogen werden kann und eine Zirkulationsleitung vorgesehen werden muss, um die Wartezeit zu begrenzen, muss man diese Letztere dämmen.

Es ist in diesem Zusammenhang zu bemerken, dass die geltende PEB-Verordnung für neue Gebäude und Renovierungen, die eine städtebauliche Genehmigung erfordern, vorschreibt, dass die Leitungen mit erzwungener Zirkulation (Zirkulationsleitungen) oder die Heizungsleitungen gemäß den in der nachstehenden Tabelle angegebenen Dicken zu dämmen sind. Diese Werte sind im Rahmen des Möglichen einzuhalten. Die Dämmung der Entnahmeleitungen

bis zu den Entnahmestellen ist nicht obligatorisch vorgeschrieben.

Energierückgewinnung

Wir möchten darauf hinweisen, dass gegenwärtig verschiedene horizontale und vertikale Geräte für die Wärmerückgewinnung aus Abwasser existieren (siehe [Les Dossiers du CSTC 2015/4.13](#)). Auch dank der Installation von solchen Systemen verringert sich der jeweilige Bedarf und die erforderliche Leistung des Erzeugungsgeräts, kann der Speichertank deutlich verkleinert oder die Autonomie des bestehenden Tanks erhöht werden. **I**

*O. Gerin, Ir., Forscher, Laboratorium
Wassertechniken, WTB*

Mindestdicken für die Wärmedämmung der Warmwasserleitungen.

Außen- durchmes- ser der Leitung [mm]	Mindestdämmdicke nach Anbringung [mm]				
	Umgebung I (¹): Außenumgebung oder außerhalb des geschützten Volumens		Umgebung II (²): Innenumgebung im geschützten Volumen, aber in einem nichtbeheizten Raum		Umgebung III (³): Innenumgebung im geschützten Volumen
	Dämmstoff der Klasse 1: λ < 0,035 [W/m.K]	Dämmstoff der Klasse 2: λ ≤ 0,045 [W/m.K]	Dämmstoff der Klasse 1: λ < 0,035 [W/m.K]	Dämmstoff der Klasse 2: λ ≤ 0,045 [W/m.K]	
Region Brüssel-Hauptstadt					
20 ≤ D < 25	13	23	11	19	Keine Anforderungen, außer für bestehende oder ausgetauschte Lei- tungen, die durch Wände, Fußböden und Decken des Gebäudes verlaufen (siehe Verordnung)
25 ≤ D < 30	17	29	13	22	
30 ≤ D < 40	22	35	16	26	
40 ≤ D < 61	27	42	21	32	
Flandern (Vorlauftemperatur des Wassers > 55 °C)					
20	25	42	20	33	Keine Anforderungen, außer für bestehende oder ausgetauschte Lei- tungen, die durch Wände, Fußböden und Decken des Gebäudes verlaufen (siehe Verordnung)
25	28	45	23	37	
30	30	48	25	39	
35	34	53	28	43	
Wallonien					
Zum Zeitpunkt der Drucklegung dieses Magazins war noch keine Verordnung in Wallonien vorhanden.					
(¹) Umgebung I: Die Leitungen und Zubehörteile befinden sich draußen, im Fußboden oder außerhalb des geschützten Volumens.					
(²) Umgebung II: Die Leitungen und Zubehörteile befinden sich: • in einem Heizraum oder Technikraum und in den Technikschränken • sichtbar aufgestellt in nichtbeheizten Räumen, die gegebenenfalls mit einem Klimatisierungssystem ausgestattet sind • sichtbar aufgestellt in Räumen, die mit einem Klimatisierungs- und einem Heizungssystem ausgestattet sind • in abgehängten Decken, Installationsböden und permanenten vertikalen Wänden.					
(³) Umgebung III: Die Leitungen und Zubehörteile befinden sich an allen anderen Orten innerhalb des geschützten Volumens.					



Eine gute Lüftung ist nicht nur in neuen, sondern auch in älteren, zu renovierenden Wohnungen notwendig. Denn sie ermöglicht es, bestimmte Feuchtigkeitsprobleme zu vermeiden und eine ausreichende Luftqualität zu gewährleisten, um so die Gesundheit und den Komfort der Nutzer sicherzustellen. So leitet eine gute Lüftungsanlage nicht nur Feuchtigkeit ab, sondern auch Gerüche und Schmutzstoffe, die durch die Nutzer, ihre Aktivitäten und die in der Wohnung vorhandenen Materialien abgegeben werden (siehe S. 3-7). Ein kontrolliertes Lüftungssystem ist somit unentbehrlich.

Renovierungslösungen für die Lüftung

Für einen Neubau und eine Renovierung gelten die gleichen Lüftungsprinzipien: Außenluft muss in die trockenen Räume geleitet werden und verschmutzte Luft muss aus den feuchten Räumen nach draußen abgeleitet werden. Obwohl die verordnungsrechtlichen Anforderungen nicht immer für Renovierungsarbeiten gelten (siehe [Les Dossiers du CSTC 2011/2.14](#)), betrachtet man die PEB-Anforderungen, die sich auf neue Wohnungen beziehen und auf die Norm NBN D 50-001 verweisen, auch im Rahmen einer Renovierung am besten als Empfehlungen.

Bei Renovierungen müssen dennoch die folgenden zu beachtende Punkte berücksichtigt werden:

- Der verfügbare Raum ist im Allgemeinen begrenzt, während bestimmte Lüftungssysteme einen bedeutenden Aufstellungsraum erfordern können: für die natürlichen Abluftkanäle (Systeme A und B), für die mechanischen Lüftungskanäle und für die Ventilatoren oder Lüftungsaggregate (Systeme B, C und D) (*)
- Die Renovierungsarbeiten werden häufig in mehreren Phasen ausgeführt (z.B. zimmerweise). Die Installation eines Lüftungssystems betrifft im Allgemeinen jedoch die vollständige Wohnung, da jeder Raum in der Regel über eine Luftzufuhr und/oder -ableitung verfügt.

Folglich ist es von äußerster Wichtigkeit, schon zu Projektbeginn (insbesondere vor dem eventuellen Austausch der

Fenster) die Lüftung und ein globales Lüftungskonzept zu berücksichtigen.

Die Tabelle auf der nächsten Seite enthält einige geeignete Renovierungslösungen für die Lüftungssysteme C und D. Sie schlägt auch Kriterien vor, die es ermöglichen, die Wahl der geeignetsten Lösung für ein bestimmtes Projekt zu erleichtern.

Beschreibung der Lösungen

1. **System C mit lokaler Ableitung:** Jeder feuchte Raum wird mit einem individuellen Ventilator ausgestattet, der die verschmutzte Luft direkt nach außen ableitet, wodurch kein Kanalnetz erforderlich ist
2. **Klassisches System C mit zentraler Ableitung von den feuchten Räumen aus**
3. **System C mit zentraler Ableitung von den feuchten Räumen aus und zusätzlichen Ableitungen in die trockenen Räume** (die somit auch mit natürlichen Zufuhröffnungen versehen sind): Diese Ableitungen verbessern die Kontrolle der Volumenströme in die trockenen Räume, so dass hier eine bedarfsgesteuerte Regelung möglich ist
4. **System D, raumweise:** In jedem getrennten Raum wird eine kompakte Einheit mit Wärmerückgewinnung installiert (siehe S. 22-23)
5. **System D mit lokaler Zufuhr und zentraler Ableitung:** Bei dieser

wenig vorkommenden Variante des Systems D, die dennoch bei einer Renovierung interessant sein kann, wird die Zufuhr von Frischluft in die verschiedenen trockenen Räume mithilfe individueller Ventilatoren bewerkstelligt, gegebenenfalls in Kombination mit einem Konvektor oder Radiator (siehe [Les Dossiers du CSTC 2011/2.14](#))

6. Klassisches System D mit zentraler Zufuhr und Ableitung.

Es ist auch möglich, verschiedene Lösungen des gleichen Systemtyps (C oder D) in verschiedenen Teilen der Wohnung zu kombinieren (z.B. ein System C mit lokalen Ableitungsöffnungen und ein System C mit zentraler Ableitung).

Möglichkeiten zur Verminderung der energetischen Auswirkung

Die Wärmerückgewinnung stellt die wirksamste Lösung zur Verminderung der energetischen Auswirkung von Lüftungssystemen dar (Verminderung bis 80 % für die besten Systeme). Hierzu kann man auf ein zentralisiertes System D (6) zurückgreifen, das jedoch ein ausgedehntes Kanalnetz und ein platzraubendes Lüftungsaggregat erfordert. Dezentralisierte Systeme D (4) gehören ebenfalls zu den Möglichkeiten.

Auch die bedarfsgesteuerte Lüftung ist eine effiziente Lösung (Verminderung bis 50 % für die besten Systeme). Hier-

(*) System A: natürliche Zufuhr und Ableitung; System B: mechanische Zufuhr und natürliche Ableitung; System C: natürliche Zufuhr und mechanische Ableitung; System D: mechanische Zufuhr und Ableitung.



bei muss allerdings angemerkt werden, dass nur Systeme, die die Lüftung in den trockenen Räumen regeln (z.B. mithilfe von CO₂-Sensoren) wirklich effizient sind, was nur mit bestimmten Systemen möglich und leicht zu realisieren ist (3, 4 und 5).

Raumbedarf und Phaseneinteilung der Arbeiten

Systeme, die kein oder nur ein wenig ausgedehntes Kanalnetz erfordern, sind natürlich am geeignetsten für Renovierungen, bei denen der verfügbare Raum begrenzt ist (1, 2 und 4). Es bestehen außerdem innovative Lösungen, mit denen sich die Integration dieser Kanäle und Lüftungsaggregate erleichtern lassen (siehe S. 22-23).

Eine in Phasen eingeteilte Ausführung der Arbeiten ist einfacher durch die Nutzung von Systemen, die (zum Teil) raumweise installiert werden können. Dies ist nicht nur möglich mit der natürlichen Zufuhr aller Systeme C (1, 2 und 3), sondern auch bei den Ventilatoren oder

den individuellen Einheiten der Lösungen 1, 4 und 5.

Was diese zwei Punkte betrifft, ist das System C mit lokaler Ableitung (1) am vorteilhaftesten: Es lässt sich einfach und wirtschaftlich bei kleiner angelegten und/oder über die Zeit ausgedehnten Renovierungen installieren. Die Leistungen hinsichtlich der Kontrolle der Volumenströme und des Energieverbrauchs sind dagegen für dieses System eher mäßig.

Zusätzliche zu beachtende Punkte

Genauso wie bei Neubauwohnungen ermöglichen es ein guter Entwurf und eine gute Installation des Lüftungssystems bei einer Renovierung, andere spezifische Nachteile zu begrenzen.

Obwohl die Zufuhröffnungen bei den Systemen C im Allgemeinen in das Fenster eingearbeitet werden, können sie auch in den Fassaden angebracht werden. In sehr lauten Umgebungen muss man Zufuhröffnungen mit einer Schall-

dämpfung wählen. Bei den zentralisierten mechanischen Systemen (C oder D) sorgt die Begrenzung der Druckverluste im Kanalnetz auch für eine Verringerung des Elektrizitätsverbrauchs der Ventilatoren und erniedrigt die Anbringung von geeigneten Schalldämpfern das Lärmbelastungsrisiko. Bei den Systemen mit Einheiten oder Ventilatoren, die direkt in den trockenen Räumen installiert werden (4 und 5), bleibt bisher ein schwierig zu vermeidender Nachteil bestehen: das durch diese Ventilatoren erzeugte Geräusch. In dem Fall muss man einen goldenen Mittelweg zwischen einem möglichst großen Volumenstrom und einem annehmbaren Geräuschpegel finden.

Schließlich muss der Interaktion zwischen der Lüftung und den Heizungssystemen mit einer offenen Verbrennungskammer, die gegebenenfalls in der Wohnung vorhanden sind, eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden (siehe S. 24-27).

S. Caillou, Dr. Ir., stellvertretender Leiter des Laboratoriums Heizung und Lüftung, WTB

Für eine Renovierung geeignete Lüftungslösungen und Wahlkriterien (grün: günstig; rot: ungünstig; orange: neutral; schwarz: kann durch einen guten Entwurf und/oder eine gute Installation gelöst werden).

Lüftungslösungen	Kontrolle der Volumenströme	Möglichkeiten zur Verminderung der energetischen Auswirkung		Raumbedarf	Möglichkeit zur Phaseneinteilung der Arbeiten	Zusätzliche zu beachtende Punkte
		Wärmerückgewinnung	Bedarfs-gesteuerte Regelung			
1. C: lokale Ableitung (feuchte Räume)	Mittelmäßig	Nein	Begrenzt	Sehr begrenzt	Ja	Geräusch (außen)
2. C: zentrale Ableitung (feuchte Räume)	Mittelmäßig	Nein	Gut (schwierig)	Begrenzt: 1 Netz	Räume: • trocken: ja • feucht: nein (*)	Geräusch (außen) Druckverluste im Netz
3. C: zentrale Ableitung (feuchte + trockene Räume)	Gut	Nein	Gut (leicht)	Mittelmäßig: 1 ausgedehntes Netz	Nein	Geräusch (außen) Druckverluste im Netz Geräusch (mechanisch)
4. D: raumweise	Gut	Ja	Gut (leicht)	Begrenzt: lokale Einheiten	Ja	Geräusch (mechanisch)
5. D: lokale Zufuhr, zentrale Ableitung	Gut	Nein	Gut (leicht)	Mittelmäßig: lokale Einheiten + 1 Netz	Räume: • trocken: ja • feucht: nein (*)	Geräusch (außen) Zugluft Druckverluste im Netz Geräusch (mechanisch)
6. D: zentrale Zufuhr und Ableitung	Gut	Ja	Gut (schwierig)	Groß: 2 Netze	Nein	Druckverluste im Netz Geräusch (mechanisch)

(*) Die Phaseneinteilung ist in den trockenen Räumen möglich (Zufuhröffnungen in jedem Raum), aber schwierig in den feuchten Räumen (zentrale Ableitung).



Der Elektrizitätsverbrauch steigt von Jahr zu Jahr und macht gegenwärtig fast ein Viertel der in Europa verbrauchten Primärenergie aus, wobei 30 % auf den Wohn-, 30 % auf den Tertiär- und 36 % auf den Industriesektor entfallen. Die Beleuchtung macht dabei im Mittel 10 % des Elektrizitätsverbrauchs eines Haushalts (ungefähr 400 kWh) aus. In Tertiärgebäuden, wie z.B. Bürobauten und Schulen, erhöht sich dieser Wert auf bis zu 20 % oder sogar bei Gebäuden mit hohen Energieleistungen auf mehr als 50 %.

Die Renovierung der Beleuchtung im Rampenlicht

In Belgien sind 75 % der Innenbeleuchtungsanlagen älter als 25 Jahre und somit überaltert. Angesichts ihrer Überalterung und der fehlenden Wartung gewährleisten sie nicht länger den visuellen Komfort der Nutzer und verschwenden sie viel Energie. So trifft man nicht selten auf Anlagen mit einer installierten Leistung von 20 bis 30 W/m², deren Beleuchtungsvermögen nicht gut ist. Jährlich wird nur 1 % des Gebäudeparks erneuert, während dies eigentlich 2 bis 3 % sein müssten, um unsere Beleuchtungsanlagen auf den neuesten Stand zu bringen. Das Renovierungspotenzial dieser Letzteren ist bedeutend, sowohl hinsichtlich der Verbesserung des visuellen Komforts als auch bezüglich der Verringerung des Verbrauchs. So macht die Renovierung der Anlage es in vielen Fällen nicht nur möglich, den Verbrauch um einen Faktor 3 zu verringern, sondern sie sorgt auch für die Erhöhung des Beleuchtungsniveaus.

Gegenwärtig ist durch das Aufkommen der LEDs eine wahre Revolution im Gange, die sowohl hochwertige funktionelle Lösungen mit guten photometrischen (Lichtstrom, Wirkungsgrad, Farbe, ...) und mechanischen Leistun-

gen (Stoßfestigkeit, ...) als auch eine erhöhte Lebensdauer bieten.

Eingriffe bei der Renovierung von Beleuchtungsanlagen

Bei einer Renovierung spricht man häufig von der ‚Neugestaltung der Beleuchtung‘ bzw. von *relighting*. Dieser allgemeine Begriff umfasst eine ganze Reihe von Eingriffen wie z.B. *relamping*, *uplamping*, *luminaire retrofit*, *luminaire replacement* und *lighting refurbishment*. Diese unterscheiden sich hauptsächlich durch den geforderten Interventionsgrad, der von einem einfachen Wartungseingriff bis zu einer vollständigen Renovierung gehen kann.

Ziel des Wechsels der Lampen (*relamping*) ist es, die Lichtquelle durch eine Lampe desselben Typs zu ersetzen, ohne eine andere Intervention an der Leuchte oder Beleuchtungsanlage vorzunehmen. Der Wechsel ist in dem Fall als Teil der gewöhnlichen Wartungsarbeiten aufzufassen. Dieser Eingriff gewährleistet zwar den visuellen Komfort, führt aber nicht zu einer Energieeinsparung.

Die Verbesserung der Lampen (*uplamping*) besteht darin, die Lichtquelle durch ein effizienteres Modell zu ersetzen. Dabei ist keine weitere Intervention an der Leuchte notwendig: Die optischen Elemente (Reflektor/Diffusor), die Zusatzgeräte (Transformator/Vorschaltgerät) und die Verkabelung bleiben unverändert erhalten.

Die Modernisierung der Leuchte (*luminaire retrofit*) zielt darauf ab, deren Effizienz dadurch zu verbessern, dass die Lichtquelle (Lampe), das Zusatzgerät (Vorschaltgerät) oder die optischen Elemente (Reflektor/Diffusor) ersetzt werden. Dieser Eingriff geht häufig mit einer Anpassung der elektrischen Verkabelung einher, was jedoch den Verlust der Konformität der Leuchte (CE-Kennzeichnung) und der Garantie des Herstellers zur Folge hat.

Bei dem Austausch der Leuchten (*luminaire replacement*) kommen effizientere Leuchten zur Anwendung, die eine rezentere Technologie nutzen. Dabei werden nur die Leuchten geändert und es werden der ursprüngliche Schaltplan der Anlage sowie die Anzahl der Lichtpunkte beibehalten.

Lampenleistung (in Watt, W) in Abhängigkeit des Lichtstroms (in Lumen, lm).

Lampentyp	Lichtstrom				
	220 lm	400 lm	700 lm	900 lm	1.300 lm
Glühlampe	25	40	60	75	100
Eco-Halogen-Lampe	18	28	42	53	70
Kompaktleuchtstofflampe	6	9	12	16	20
LED-Lampe	5	6	9	12	15



1 | LED-Leuchten mit Reflektoren.

Bei der Renovierung der Beleuchtungsanlage (*lighting refurbishment*) wird die vollständige Anlage überarbeitet. Die Anzahl der Lichtpunkte wird in Abhängigkeit des angewandten Typs der Leuchten (direkt, indirekt, ...) und der Umgebung (Position der Arbeitsflächen, ...) angepasst. Diese Intervention ermöglicht es, den visuellen Komfort der Nutzer und die Energieleistungen der Anlage zu verbessern. Angesichts dessen, dass dies im Allgemeinen mit einer Erneuerung der Inneneinrichtung einhergeht, ist es erforderlich, Parameter, wie z.B. die Farbe und die Eigenschaften der Wände zu berücksichtigen.

Die Verbesserung der Lampen ist der einfachste Eingriff zur Erhöhung der Energieeffizienz. Dieser Vorgang ist bei energieverschwendenden Halogen-Spots angezeigt, die leicht durch LED-Spots ersetzt werden können. Diese Letzteren bieten nicht nur den gleichen visuellen Komfort, sondern sind außerdem vier bis fünf mal energieeffizienter, was einen Nachweis der Rentabilität für den Eingriff darstellt. Bei der Modernisierung der Leuchte ist die größte Vorsicht geboten, da dieser Eingriff zur Folge hat, dass das Produkt nicht mehr der CE-Kennzeichnung entspricht (Austausch der Leuchtstoffröhren vom Typ T8 durch LED-Röhren).

Selbst wenn leistungsfähige Lösungen bestehen, muss man stets die Risiken und die möglichen wirtschaftlichen Vorteile gegeneinander abwägen. Denn bei zahlreichen Situationen ist es interessanter, die Leuchten zu ersetzen (*luminaire replacement*). Dieser Eingriff

mittelgroßen Umfangs sorgt einerseits für eine Erhöhung des visuellen Komforts und andererseits für eine Reduzierung der installierten Leistung und folglich auch des Energieverbrauchs. Die Renovierung der Beleuchtungsanlage ist wiederum die am schwersten auszuführende Lösung, aber sie gestattet, eine effiziente Anlage zu erhalten, die die richtige Menge an Licht am richtigen Ort und zum richtigen Zeitpunkt ausstrahlt.

Technologische Lösungen und erreichte Leistungen

Obwohl die leistungsfähigen LED-Lösungen früher dekorativen Anwendungen und Außenanwendungen vorbehalten waren, stehen sie jetzt auch für die Innenbeleuchtung und Leuchten mit einem beachtlichen Lichtstrom (5.000 bis 8.000 Lumen) zur Verfügung. Die leistungsfähigsten Leuchten erreichen

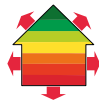
gegenwärtig Wirkungsgrade von 120 bis 125 Lumen pro Watt, was einer hohen Energieeffizienz entspricht. So kann eine Beleuchtungsanlage in einem Büro eine spezifische Leistung von 6 bis 7,5 W/m² für ein Beleuchtungsniveau von 500 lux erreichen, was mit anderen Worten Werte sind, die fast die Hälfte der Werte betragen, die vor ca. 10 Jahren erreicht wurden. Angesichts dessen, dass der von der PEB-Verordnung angegebene Vorgabewert 20 W/m² beträgt, wird der Entwurf einer Anlage, die Werte von 6 bis 7,5 W/m² erreichen kann, die Beleuchtung aufwerten und die Planer ermutigen, solche Anlagen und ihre Leistungen genau zu definieren.

Die Lichtfarbe spielt eine wesentliche Rolle bei der LED-Beleuchtung. So kann es passieren, dass eine Installation ein fahles Licht ausstrahlt und keine gute Farbwiedergabe gewährleistet, wenn beispielsweise die überalterte Lichtquelle durch eine LED-Lampe schlechter Qualität ersetzt wurde. Um dieses Risiko zu begrenzen, muss man sich davon vergewissern, dass der Farbwiedergabe-Index (R) der Lampen höher liegt als 80 oder sogar noch viel höher im Falle spezifischer Anwendungen (Museen, Kunstschulen, Krankenhäuser, Geschäfte, ...).

Außerdem muss man manchmal auch dem ausgestrahlten Lichtspektrum eine besondere Aufmerksamkeit schenken. Denn der Farbwiedergabe-Index ist ein Mittelwert dessen, was die Wiedergabe der Quelle für eine begrenzte Anzahl von Farbproben ergibt. Man muss ferner auch die Eigenschaften des anfänglich



2 | LED-Leuchten mit Linsen.



von der Quelle ausgestrahlten Lichts und die Konsistenz seines Spektrums für verschiedene Quellen ein und desselben Sortiments überprüfen und kontrollieren, ob während der Nutzung keine beträchtlichen Farbverschiebungen auftreten (*colour shift*). Um möglichst viele Probleme im Zusammenhang mit der Lichtfarbe in ein und demselben Raum zu vermeiden, wird empfohlen, weder unterschiedliche Produkte, noch verschiedene Technologien zu kombinieren.

LED-Produkte haben eine lange Lebensdauer (im Mittel 20.000 bis 50.000 Stunden, siehe Abbildung 4). Dies bietet zahlreiche Vorteile, insbesondere was die Wartung von intensiv genutzten (z.B. Krankenhäuser) oder schwer erreichbaren (z.B. hohe Decken) Beleuchtungsanlagen betrifft.

Da LEDs sehr empfindlich für Wärme sind, muss die Abkühlung der Leuchte

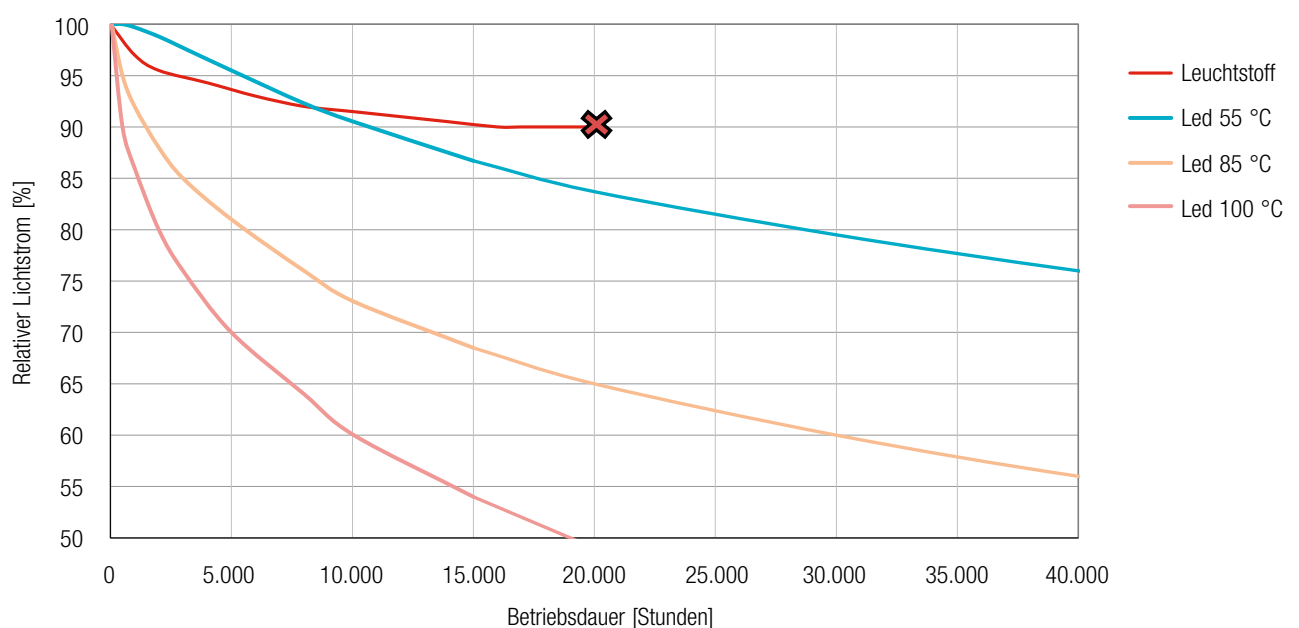
gewährleistet werden. So muss man bei *downlights* (direkte Leuchten) vermeiden, dass die metallischen Kühlelemente beispielsweise mit der Wärmedämmung bedeckt werden (typischer Fall bei abgehängten Decken).

LED-Leuchten werden in drei Gruppen unterteilt, und zwar in Abhängigkeit der Technologie der optischen Elemente: Reflektor, Linsen oder Diffusor. Die Leuchten, die mit einem Reflektor oder Linsen arbeiten, bieten eine einfachere Regelung des Lichtstroms. Obwohl sie eine hohe Energieeffizienz aufweisen, blenden die Anlagen, die mit Leuchten mit Reflektoren versehen sind, im Allgemeinen stärker als ihre Pendants, die Leuchten mit Linsen oder Diffusoren nutzen. Ganz generell weisen die Leuchten mit Diffusoren ein geringeres Blendungsrisiko auf; und dies vor allem, wenn sie mit texturierten Streuscheiben ausgestattet sind.

3 | LED-Leuchte mit Diffusor.

A. Deneyer, Ir., Leiter, und B. Deroisy, Ir., stellvertretender Leiter des Laboratoriums Licht und Gebäude, WTB

Dieser Artikel wurde verfasst im Rahmen des SMART LED-Projekts mit der Unterstützung des Service public de Wallonie DG04.



4 | Verminderung des Lichtstroms in Abhängigkeit der Betriebsdauer für verschiedene LED-Temperaturen.

WTB-Projekte

Um den Erfordernissen des Bausektors gerecht zu werden, führt das WTB gegenwärtig mehrere Untersuchungen und Sensibilisierungsaktionen im Bereich der energetischen Renovierung von Gebäuden durch. Wir machen Sie gerne auf die folgenden Projekte aufmerksam:



- RENOFASE – Stappenplan voor een kwaliteitsvolle energetische renovatie: gestroomlijnd en prestatiegericht werken
- GROEN LICHT – Innovatieve en duurzame lichtbronnen
- INSTAL2020 – Integraal ontwerp van installaties voor sanitair en verwarming
- Vlaams Kennisplatform Proeftuin Woningrenovatie
- TRAJECT METSELWERK IV – Innovaties in de metselwerksector: implementering door innovatievolgers
- TB Ecoconstruction et développement durable
- Brussels Retrofit XL – Strategic Platform Environment Retrofitting of the Built Environment (Housing)
- Living Labs Brussels Retrofit
- AIM-ES – Experience-based guidelines for Architectural Industrialized Multifunctional Envelope Systems
- Innov-ETICS – Systèmes composites d'isolation thermique par l'extérieur: investigations techniques et dissémination de solutions émergentes innovantes à hautes performances pour la rénovation du logement

innoviris brussels
empowering research



Wallonie



NBN

L J

economie



- GEVISOL-ETICS – Buitengevelisolatie met ETICS
- Normen-Außenstellen ‚Acoustique‘, ‚Prévention au feu‘, ‚Energie et climat intérieur‘, ‚Parachèvement‘, ‚Eléments de façades‘, ‚Détails constructifs‘ (*Smart Connect*) und ‚Lumière et éclairage‘
- STAR – Sustainable Thermal Acoustic Retrofit (ERACOBUILD)

Publikationen

Die WTB-Veröffentlichungen sind verfügbar:

- auf unserer Website:
 - kostenlos für Auftragnehmer, die Mitglied des WTB sind
 - über den Bezug im Abonnement für die sonstigen Baufachleute (Registrierung unter www.cstc.be)
- in gedruckter Form und auf USB-Stick.

Weitere Auskünfte erhalten Sie telefonisch unter 02/529.81.00 (von 8.30 bis 12.00 Uhr) oder schreiben Sie uns entweder per Fax (02/529.81.10) oder per E-Mail (publ@bbri.be).

Schulungen

- Für weitere Informationen zu den Schulungen wenden Sie sich bitte telefonisch (02/655.77.11), per Fax (02/653.07.29) oder per E-Mail (info@bbri.be) an J.-P. Ginsberg.
- Nützlicher Link: www.cstc.be (Rubrik ‚Agenda‘).



Veröffentlichung des Wissenschaftlichen und Technischen Bauzentrums, Institut anerkannt in Anwendung der Rechtsverordnung vom 30. Januar 1947

Verantwortlicher Herausgeber: Jan Venstermans, WTB, Rue du Lombard 42, B-1000 Brüssel

Dies ist eine Zeitschrift mit allgemein informativer Ausrichtung. Sie soll dazu beitragen, die Ergebnisse der Bauforschung aus dem In- und Ausland zu verbreiten.

Das Übernehmen oder Übersetzen von Texten dieser Zeitschrift, auch wenn es nur teilweise erfolgt, ist nur bei Vorliegen eines schriftlichen Einverständnisses des verantwortlichen Herausgebers zulässig.

www.wtb.be

Forscht • Entwickelt • Informiert

Das WTB bildet schon mehr als fünfzig Jahren den wissenschaftlichen und technischen Mittelpunkt des Bausektors. Das Bauzentrum wird hauptsächlich mit dem Mitgliedsbeitrag der 85.000 angeschlossenen belgischen Bauunternehmen finanziert. Dank dieser heterogenen Mitgliedergruppe sind fast alle Gewerke vertreten und kann das WTB zur Qualitäts- und Produktverbesserung beitragen.

Forschung und Innovation

Eine Industrieraufgabe ohne Innovation ist wie Zement ohne Wasser. Das WTB hat sich deswegen entschieden, seine Forschungsaktivitäten möglichst nahe bei den Erfordernissen des Sektors anzusiedeln. Die Technischen Komitees, die die WTB-Forschungsarbeiten leiten, bestehen aus Baufachleuten (Bauunternehmer und Sachverständige), die täglich mit der Praxis in Berührung kommen.

Mithilfe verschiedener offizieller Instanzen schafft das WTB Anreize für Unternehmen, stets weitere Innovationen hervorzubringen. Die Hilfestellung, die wir anbieten, ist auf die gegenwärtigen gesellschaftlichen Herausforderungen abgestimmt und bezieht sich auf diverse Gebiete.

Entwicklung, Normierung, Zertifizierung und Zulassung

Auf Anfrage von öffentlichen oder privaten Akteuren arbeitet das WTB auch auf Vertragsbasis an diversen Entwicklungsprojekten mit. So ist das Zentrum nicht nur bei den Aktivitäten der nationalen (NBN), europäischen (CEN) und internationalen (ISO) Normierungsinstitute aktiv beteiligt, sondern auch bei Instanzen wie der *Union belge pour l'agrément technique dans la construction* (UBAtc). All diese Projekte geben uns mehr Einsicht in den Bausektor, wodurch wir schneller auf die Bedürfnisse der verschiedenen Gewerke eingehen können.

Informationsverbreitung und Hilfestellungen für Unternehmen

Um das Wissen und die Erfahrung, die so zusammengetragen wird, auf effiziente Weise mit den Unternehmen aus dem Sektor zu teilen, wählt das Bauzentrum mit Entschlossenheit den Weg der Informationstechnik. Unsere Website ist so gestaltet, dass jeder Bauprofi mit nur wenigen Mausklicks die gewünschte WTB-Publikationsreihe oder gesuchten Baunormen finden kann.

Eine gute Informationsverbreitung ist jedoch nicht nur auf elektronischem Wege möglich. Ein persönlicher Kontakt ist häufig noch stets die beste Vorgehensweise. Jährlich organisiert das Bauzentrum ungefähr 650 Informationssitzungen und Thementage für Baufachleute. Auch die Anfragen an unseren Beratungsdienst Technische Gutachten finden regen Zuspruch, was anhand von mehr als 26.000 geleisteten Stellungnahmen jährlich deutlich wird.

FIRMENSITZ

Rue du Lombard 42, B-1000 Brüssel
Tel.: 02/502 66 90
Fax: 02/502 81 80
E-Mail: info@bbri.be
Website: www.wtb.be

BÜROS

Lozenberg 7, B-1932 Sint-Stevens-Woluwe
Tel.: 02/716 42 11
Fax: 02/725 32 12

- Technische Gutachten – Publikationen
- Verwaltung – Qualität – Informationstechniken
- Entwicklung – Valorisierung
- Technische Zulassungen – Normierung

VERSUCHSGELÄNDE

Avenue Pierre Holoffe 21, B-1342 Limelette
Tel.: 02/655 77 11
Fax: 02/653 07 29

- Forschung und Innovation
- Bildung
- Bibliothek

DEMONSTRATIONS- UND INFORMATIONSZENTRUM

Marktplein 7 bus 1, B-3550 Heusden-Zolder
Tel.: 011/22 50 65
Fax: 02/725 32 12

- ICT-Wissenszentrum für Bauprofis (ViBo)
- Digitales Dokumentations- und Informationszentrum für den Bau- und Betonsektor (Betonica)

BRUSSELS MEETING CENTRE

Boulevard Poincaré 79, B-1060 Brüssel
Tel.: 02/529 81 29