



wtb.be
Forscht • Entwickelt • Informiert

Kontakt

EINE AUSGABE DES WISSENSCHAFTLICHEN UND TECHNISCHEN BAUZENTRUMS

2015/1

Sonderausgabe

Das Baudetail: ein wahres Bündel von Anforderungen



**Energetische
Aspekte**
S. 7

Zugänglichkeit
S. 14

Schalldämmung
S. 18

Brandschutz
S. 25



Quelle: ULg

Inhalt 2015/1

Das Baudetail: ein wahres Bündel von Anforderungen	3
Energetische Aspekte von Bauknoten.....	7
Auf dem Weg zu einer besseren Zugänglichkeit	14
Der Einfluss von Baudetails auf die Schalldämmung von Gebäuden	18
Brandschutz von Details und Anschlüssen in Gebäuden	25
Der wirtschaftliche Aspekt von Wärmebrücken	31
wtb.be, der kleine Bruder von cstc.be und wtcb.be.....	35





Dort wo bis vor kurzem bloß von unseren Gebäuden gefordert wurde, dass sie stabil und wasserdicht sein mussten, stellen wir gegenwärtig fest, dass sie eine ganze Reihe von Anforderungen erfüllen müssen, die nicht immer einfach miteinander zu vereinbaren sind. Dies gilt besonders, wenn man die Durchgängigkeit dieser Leistungen in Höhe der Baudetails – d.h. am Anschluss zwischen den verschiedenen Elementen – gewährleisten muss.

1 Neue Herausforderungen, neue Anforderungen

Bis vor kurzem blieben die Leistungsanforderungen, die Gebäuden auferlegt wurden auf Anforderungen hinsichtlich der Stabilität und Wasserdichtheit beschränkt, die für einen Zeitraum von mindestens 10 Jahren gewährleistet sein mussten.

In den letzten Jahren haben eine Anzahl neuer Leistungskriterien ihren Einzug in die Verordnungen und Lastenhefte gehalten. Dies war erforderlich, um eine Antwort auf die zahlreichen heutigen umweltbezogenen, ökonomischen und gesellschaftlichen Herausforderungen bieten zu können. Denn es ist notwendig:

- die ökologische Auswirkung des Bau-, Bewohnungs-, Renovierungs- und Abbruchprozesses zu verringern
- zu einer dichteren Bauweise zu kommen, um auf das demographische Wachstum zu reagieren, und zwar ohne Abstriche am Wohnkomfort zu machen
- die Gebäude nicht nur für Personen mit beeinträchtigter Bewegungsfähigkeit zugänglicher, sondern auch gleichzeitig hinsichtlich eines möglichen Einbruchs sicherer zu machen
- die Gebäude während ihres gesamten Lebenszyklus an die Entwicklung der Funktionalitäten anpassen zu können
- die gewünschten Qualitätsanforderungen zu erfüllen, einschließlich der Anforderungen hinsichtlich des Aussehens



1 | Bis vor kurzem mussten Gebäude nur eine begrenzte Anzahl von Leistungsanforderungen erfüllen.

Das Baudetail: ein wahres Bündel von Anforderungen

- den Zugang zu den Wohnungen zu erleichtern, indem verfügbare Lösungen in technischer Hinsicht optimiert werden, ohne dass die Kosten dafür in die Höhe schießen.

Diese Leistungen beziehen sich nicht nur auf das fertig gestellte Gebäude, sondern auch auf den Bau- oder Abbauprozess und dessen Nutzung und Unterhaltung. Sie können sich beispielsweise aus den sieben grundlegenden Vorschriften der europäischen Bauproduktenverordnung (BPV), aus den Wünschen des Planers sowie aus den technisch-wirtschaftlichen Überlegungen des mit der Ausführung der Arbeiten beauftragten Bauunternehmens ergeben.

Die formulierten Anforderungen haben meistens mit Folgendem zu tun:

- der Umweltauswirkung des Gebäudes und der Elemente, aus denen es aufgebaut ist
- der globalen Energieleistung, einschließlich der Wärmedämmung und der Luftdichtheit
- der Sicherheit des Gebäudes und der Nutzer: Brandschutz – Feuerwiderstand (Tragfähigkeit), Flammendichtheit und Wärmedämmung (die sogenannten REI-Kriterien) –, Einbruchschutz
- dem Nutzerkomfort (in visueller, ther-

mischer und akustischer Hinsicht). Die diesbezüglichen Erwartungen sind unter anderem von der ausgeübten Tätigkeit, der Umgebung und/oder der Empfindlichkeit der Bewohner abhängig

- der Hygiene und Gesundheit der Nutzer. Dies kann eine Auswirkung auf die gewählten Materialien und das Management der Luft- und/oder Wasserqualität haben
- der Zugänglichkeit für Personen mit eingeschränkter Bewegungsfähigkeit
- dem Aussehen und den Herstellungs- und/oder Ausführungstoleranzen
- der Schnelligkeit und Einfachheit der Ausführung
- den Kosten für den Bau, die Nutzung und den Abbruch.

2 Wie kann man die neuen Anforderungen untereinander kompatibel machen?

Wenn man sie voneinander unabhängig betrachtet, kann ein großer Teil dieser Anforderungen durch eine adäquate Ausführung und/oder eine gute Materialwahl eingehalten werden. So ist es für das Erreichen eines besseren Wärmedämmniveaus in Höhe des



2 | Gegenwärtig ist die Anzahl von Anforderungen, die unseren Gebäuden auferlegt werden, fast nicht mehr zu überblicken.



Dachs beispielsweise ‚ausreichend‘, die Dicke des Dämmstoffes zu erhöhen und/oder einen Dämmstoff mit einer niedrigeren Wärmeleitfähigkeit zu wählen. Wenn man den Dachboden gleichzeitig auch zu einem Wohnraum umgestalten will, wird die Situation etwas komplexer. Dies gilt besonders wenn der Nutzer Glaspertien installieren will, um ein Optimum hinsichtlich der Aussicht und des Tageslichtes zu erreichen, oder aber, wenn sich die Wohnung in einer sehr lauten Umgebung befindet (z.B. in der Nähe eines Flughafens). Es müssen daher Lösungen für die Aufrechterhaltung des adäquaten Nutzerkomforts gefunden werden, sei es durch Vermeiden des Überhitzungsrisikos im Sommer oder durch Begrenzung der von außen eindringenden Lärmbelästigung.

Ob diese ‚neuen‘ Kriterien wirklich neu sind, ist jedoch fraglich. Denn nicht wenige von ihnen sind schon seit geraumer Zeit Voraussetzung für das Erreichen von bestimmten Grundleistungen. Eines der besten Beispiele als Nachweis dafür ist vielleicht die Luftdichtheit. Dieses Thema hat innerhalb des WTB schon seit langem einen sehr hohen Stellenwert.

So ist es selbstverständlich, dass sich für eine Hohlwand oder die Außenschreinerarbeit unmöglich eine gute Wasserdichtheit erreichen lässt, wenn das betrachtete Element nicht luftdicht ist.

Dies gilt gleichermaßen für den Dachaufbau. Auch hier ist die Luftdichtheit wesentlich, um das Risiko in Bezug auf (Konvektions-)Lecks – die die Ursache von ernstesten Problemen der inneren Kondensation sein können – zu begrenzen.

Schließlich ist die Luftdichtheit eines Elementes oder einer Wand gleichermaßen eine notwendige Voraussetzung, um den Nutzerkomfort gewährleisten zu können. Denn bei einem luftdichten Bau gibt es keine kalten Luftströmungen, die die Bewohner stören können. Außerdem wird durch das Nichtvorliegen von Luftlecks auch für eine bessere Luftschalldämmung gesorgt.

3 Wichtigkeit der Details auf der Ebene des Gebäudes

Manchmal kann es schwierig sein, alle Anforderungen miteinander in Einklang zu bringen, insbesondere weil das auferlegte Anforderungsniveau für alle Leistungen unaufhörlich ansteigt. Diese Schwierigkeit wird noch größer, wenn man weiß, dass

economie Normen-Außenstelle ‚Smart Connect‘: Baudetails

Dieser WTB-Kontakt ist eine der ersten Realisierungen der neuen Normen-Außenstelle ‚Smart Connect‘. Unterstützt von dem FÖD Wirtschaft, hat sich diese Normen-Außenstelle unter anderem das Ziel gesetzt, einen spezifischen *Webspace* zu schaffen, der darauf abzielt, Fachleuten dabei zu helfen, die Kriterien aus den Normen und Verordnungen besser in ihre Baudetails zu integrieren.

Zu gegebener Zeit könnte dieser *Webspace* eine Datenbank mit Referenznormen und einer Auswahl von genehmigten und kommentierten Typendetails enthalten, bei denen die Leistungen (Brand, Zugänglichkeit, Wärmedämmung, ...) gemäß den aktuell geltenden Normen und Vorschriften und gemäß der qualitativen, in diesem Artikel gewählten Bewertung angegeben werden.

die Anforderungen sich nicht nur auf das Bauelement (z.B. eine Wand, ein Schreinerarbeitselement, ein Dach), sondern auch auf das Gebäude als Ganzes beziehen. Die Aufmerksamkeit muss sich daher auf den Anschluss zwischen den oben erwähnten Elementen konzentrieren, insbesondere auf die Orte, wo die Durchgängigkeit der Leistungen gewährleistet bleiben muss, wo verschiedene Materialien und Bausysteme, die nicht immer miteinander kompatibel sind, miteinander in Kontakt kommen und wo verschiedene Baugewerke entweder nacheinander, oder quasi gleichzeitig eingreifen müssen.

Die Art und Weise, wie die Durchgängigkeit der Leistungen in Höhe dieser Details und Anschlüsse zu gewährleisten ist, muss bereits ab der Planungsphase untersucht werden. Es obliegt daher dem Planer, für jedes dieser Kriterien das gewünschte Anforderungsniveau festzulegen. Denn aus technischen und/oder wirtschaftlichen Gründen ist es manchmal unmöglich, für alle Kriterien das Optimum zu erreichen. Dies ist zudem nicht immer opportun, da dadurch sehr hohe Baukosten entstehen können.

Es handelt sich hierbei also um eine Aufgabe, die dem Architekten normalerweise vorbehalten

ist, bezüglich derer aber alle beteiligten Baugewerke vor dem Beginn der Arbeiten ein Mitspracherecht haben sollten.

Auf der Baustelle ist der Generalunternehmer für die Koordination der Arbeiten der verschiedenen Subunternehmer verantwortlich, so dass diese Durchgängigkeit auch bei der Ausführung sichergestellt wird.

Die Baufachleute haben mit anderen Worten einen zunehmenden Bedarf an Referenzdetails, bei denen die verschiedenen Leistungsniveaus berücksichtigt werden und die dem Planer und dem Bauunternehmer bei der Planung und der Ausführung ihrer Aufgaben helfen können. Obwohl jedes Gebäude seine spezifischen Eigenheiten besitzt, können durch diese Standarddetails doch schon gewisse Prinzipien und Gedankengänge zur Verfügung gestellt werden, mit denen sich die vorgeschriebenen Anforderungen korrekt aufeinander abstimmen lassen. Da sich diese Thematik mit seinen elementaren Aufträgen deckt, befasst sich das WTB schon geraume Zeit damit, solche Entwurfs- und Ausführungsdetails zu veröffentlichen. Denken wir hier nur einmal an die [TI 244](#) ‚Les ouvrages de raccord des toitures plates‘ und die [TI 250](#) ‚Détails de référence pour les constructions enterrées‘.

Baudetail oder Bauknoten

Der Begriff ‚Baudetail‘ darf nicht mit dem Ausdruck ‚Bauknoten‘ aus der PEB-Verordnung verwechselt werden (siehe Definition auf S. 8). Ein Baudetail weist auf jede Verbindung oder jeden Anschluss zwischen Elementen oder Teilen eines Gebäudes (z.B. Anschluss Wand-Dach, Wand-Schreinerarbeit), aber auch auf jede lineare oder punktförmige Unterbrechung in einer Wand hin (z.B. die Durchbohrung einer Wand für die Durchführung von Leitungen, den Einbau von Elementen wie Steckdosen oder Spots in einer Wand, die Durchbohrung eines Daches durch den Schornsteinkanal, ...).

Gut zu wissen: Ein Bauknoten ist immer ein Baudetail. Das Umgekehrte ist nicht zwangsläufig wahr!



4 Von 2D nach 3D+ oder nD

Bauunternehmer, Architekten, Planungsbüros und Hersteller kommunizieren meistens untereinander anhand von Plänen und Schnitten. In juristischer Hinsicht sind die Pläne außerdem wichtiger als das geschriebene Wort und der Inhalt des Sonderlastenheftes (Art. 24 des Allgemeinen Lastenheftes für öffentliche Aufträge).

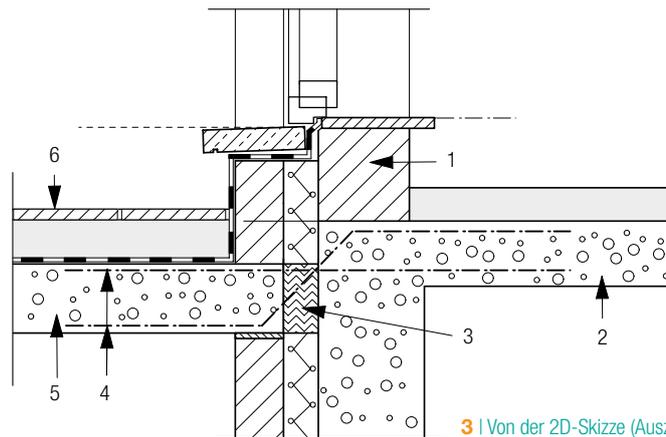
Seit einigen Jahren können dank der Entwicklungen auf dem Gebiet der Informatik die Skizzen oder 2D-Details durch 3D-Details ersetzt oder ergänzt werden. Dies kommt dem Verständnis von komplexen Baudetails zugute, bei denen verschiedene Schwierigkeiten aufeinandertreffen. Wenn das behandelte Thema dies rechtfertigt, macht das WTB in seinen Publikationen dann auch häufig Gebrauch von solchen 3D-Zeichnungen. Denken wir hierbei nur einmal an die korrekte Positionierung der Drainagemembran in der Hohlwand (siehe Abbildungen 3 und 4).

Um mit der wachsenden Komplexität, die sich aus der zunehmenden Strenge und der Vervielfachung der Anforderungen ergibt, fertig werden zu können, wird die traditionelle zweidimensionale Arbeitsweise (Pläne auf Papier, ergänzt durch Informationen aus dem Lastenheft) immer häufiger durch die Anwendung von Baumodellen ersetzt, bei denen die dreidimensionale Wiedergabe des Gebäudes direkt mit Informationen verknüpft wird, die man ansonsten im Lastenheft suchen muss.

Bei diesen digitalen Baumodellen haben die Linien und die Punkte der üblichen Zeichnungen für ‚intelligente Objekte‘ Platz gemacht. So besteht eine Wand nicht länger aus einer Ansammlung von Linien, sondern bildet diese ein alleinstehendes Objekt, das außerdem mit zusätzlichen Informationen, z.B. über die verwendeten Rohstoffe oder die Funktion, die es zu erfüllen hat, versehen ist. Das Ergebnis einer solchen umfassenden Datendigitalisierung wird als *Building Information Model* bzw. BIM bezeichnet. Ein BIM kann somit als ein 3D+-Modell betrachtet werden, da es die 3D-Darstellung mit zusätzlichen Informationen bezüglich der Objekte kombiniert. Das Modell ist außerdem nicht auf 3D beschränkt, weil man ihm auch eine Planung (4D), eine Selbstkostenberechnung (5D) und sogar eine Umweltanalyse (6D) zuordnen kann.

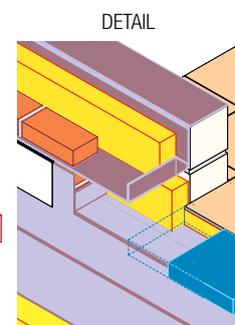
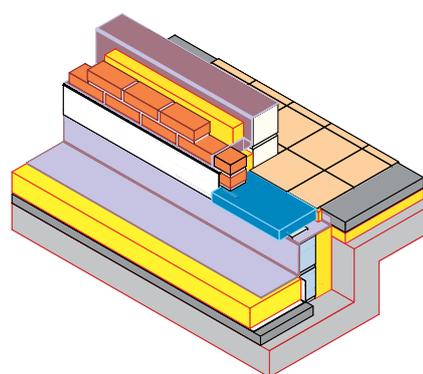
5 2015: Ansatz zu einer Klassifikation

Es ist genau dieser 3D+- oder nD-Ansatz,



1. Gedämmter Baublock
2. Innere Rohdecke
3. Wärmedämmung des Ankers mit thermischer Trennung
4. Anker mit thermischer Trennung
5. Rohdecke des Balkons
6. Auf einem armierten Estrich haftender Bodenbelag

3 | Von der 2D-Skizze (Auszug aus der TI 196 aus dem Jahr 1995) ...



- | | |
|--|--------------------------------------------------|
| | Verwahrung |
| | Wärmedämmung |
| | Außenschwelle |
| | Innenbodenbelag |
| | Drainagemembran |
| | Einlassung der Schwelle in das Verblendmauerwerk |

4 | ... zum 3D-Detail (Auszug aus dem Infomerktblatt Nr. 20 aus dem Jahr 2007).

den das WTB weiter ausbauen will. Ein solcher 3D+-Ansatz, wie er schon in den TIs 244 und 250 verwendet wurde, könnte zukünftig z.B. durch neue Funktionalitäten ergänzt werden, deren Ziel es ist, das Importieren von Typendetails in Zeichenprogramme zu erleichtern. Er sollte ebenfalls besser strukturiert werden, um das Online-Stellen einer Datenbank, für das dieser thematische WTB-Kontakt übrigens einen Ausgangspunkt bildet, zu ermöglichen. Gegenstand der folgenden Artikel sind eine oder mehrere Anforderungen, die regelmäßig gestellt werden und bei der Behandlung der Details von äußerster Wichtigkeit sind. Anhand einer Reihe von Beispielen wird hierbei näher auf die zu beachtenden Punkte und auf die Art und Weise eingegangen, in der diese gemäß den Vorschriften oder den geltenden Normen behandelt werden müssen, und zwar unter Berücksichtigung der in der Praxis anzutreffenden Situation (z.B. Neubau oder Renovierung), der wichtigsten Entwurfs- und Ausführungsaspekte und der ggf. vorhandenen Rechen- und Kontrolltools.

Ferner möchten wir auf zwei Neuheiten aufmerksam machen: die erste betrifft die qualitative Bewertung der Details und die zweite deren wirtschaftliche Bewertung.

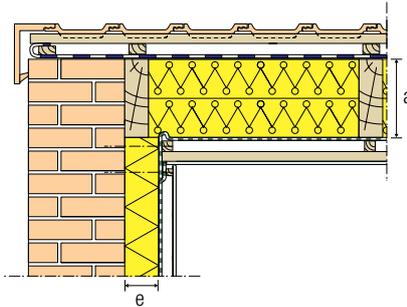
Bei allen Artikeln aus dieser Ausgabe haben wir versucht, die Details nach ihrem Leistungsniveau bezüglich des betrachteten Kriteriums in Klassen einzuteilen. Die Details mit der besten Leistung werden mit den Symbolen und angegeben, das mit der schlechtesten Leistung mit dem Symbol . Wenn ein Kriterium nicht klassifizierbar ist oder nicht bewertet wird, wird das Symbol ‚-‘ benutzt. Der Umstand, dass ein Detail eine schlechtere Bewertung erhält, bedeutet nicht zwangsläufig, dass es sich um eine nicht zu empfehlende Lösung handelt. Manchmal handelt es sich um Varianten, die nur in einer ganz bestimmten Situation die beste Wahlmöglichkeit darstellen, so dass deren Anwendungsgebiet beschränkt ist. So ist es beim Anschluss zwischen einem Dach mit einem Spitzgiebel nicht möglich, eine Dämmung längs der Außenseite anzubringen, wodurch die Alternative – die darin besteht, die Wand längs der Innenseite zu dämmen – von einem thermischen Gesichtspunkt aus gesehen die beste Lösung wird (siehe Abbildung 5 und Tabelle A auf S. 6).

Dies gilt gleichermaßen für eine Grundleistung wie die Wasserdichtheit. Ein Baudetail, das für bestimmte Aufbauten (z.B. eine Wand, die dem Regen wenig ausgesetzt oder vor ihm geschützt ist) eine optimale Lösung darstellt,



A | Qualitative Bewertung des Details aus Abbildung 5 (Auszug aus Tabelle C auf Seite 11).

Fall	Beschreibung der Variante – Typ tragendes Mauerwerk	Kennwerte a_1, a_2, b, c, d, e in cm U in $W/m^2.K$	„PEB-konform“ nach den Grundregeln	„PEB-konform“ $\psi \leq \psi_{Grenz}$ [$W/m.K$]	$f_{0,25}$ [-]	Wärmeverlust des Knotens [%]	Klassifikation des Knotens [%]
R3	Renovierung – Dachdämmung zwischen den Sparren + massive, längs der Innenseite gedämmte Wand	$a_1 = 23 - e = 10$ $U_{Wand} = 0,28 - U_{Dach} = 0,20$	✓	✓ $\psi = -0,09$	✓ 0,79	100 %	3★



5 | Behandlung des Anschlusses zwischen einem Dach mit einem Spitzgiebel in einem Kontext der Renovierung.

kann in bestimmten anderen Situationen absolut unzureichend sein.

Wenn die auferlegten Anforderungen dafür sorgen, dass die Komplexität der Details zunimmt, schießen im Allgemeinen auch die Ausführungskosten in die Höhe. Die Anzahl

der Anforderungen und die geforderten Leistungsniveaus müssen daher in gewissen Grenzen bleiben, andernfalls können inakzeptabel hohe Baukosten entstehen. In dem Fall können jedoch hinsichtlich des Entwurfs und der Ausführung der Details bestimmte Wahlmöglichkeiten herangezogen werden. Denn ein gut durchdachtes Detail wird leichter ausführbar und weniger kostspielig sein und ist zudem mit einem kleineren Fehlrisiko behaftet. In bestimmten Fällen wird es sogar möglich sein, die Rentabilität einer bestimmten bautechnischen Lösung zu berechnen. Dies ist genau das, was in dem Artikel ‚Der wirtschaftliche Aspekt von Wärmebrücken‘ (S. 31) erfolgt, in dessen Rahmen verschiedene Szenarien für die energetische Renovierung eines Mauerfußes betrachtet werden.

Dieser thematische WTB-Kontakt ist somit kein Katalog von optimierten und integrierten

Details. Dieses Magazin will den Leser, der ein Baudetail entwerfen oder ausführen muss, in erster Linie helfen, sich die richtigen Fragen zu stellen und sich die dazu passenden Reflexe anzueignen. Auch das Bewertungssystem mit Sternen hat dieses Ziel vor Augen. Es muss auf verschiedene Weise interpretiert werden, und zwar je nach dem erwarteten Anforderungsniveau der betrachteten Leistung, den geltenden Vorschriften oder der Verpflichtung, ggf. ganz bestimmte Kriterien zu erfüllen (z.B. die Brandschutzverordnung). Die Tabelle B gibt eine Übersicht über das Anwendungsgebiet der Baudetails in Abhängigkeit der mindestens empfohlenen Sternklassifikation und dem gewünschten Leistungstyp. Für weitere diesbezügliche Informationen verweisen wir den Leser auf die Artikel der folgenden Seiten. ■

O. Vandooren, Ing., Direktor für Information und Unternehmensunterstützung, WTB

B | Anwendungsgebiet der Baudetails in Abhängigkeit der minimal empfohlenen Sternklassifikation und des Leistungstyps.

Gewünschte Leistung	4★	3★	2★	1★	0★
Wasserdichtigkeit (S. 7)	Hohes Anforderungsniveau Jedes Expositionsniveau	Hohes Anforderungsniveau Geringes Expositions-niveau	Geringes Anforderungsniveau Jedes Expositionsniveau	Geringes Anforderungsniveau Geringes Expositions-niveau	Keine Anforderungen oder keine Exposition
Brandschutz (S. 25)	Geltende Bestimmungen				Keine geltenden Bestimmungen
Wärmedämmung (S. 7)	Niedrigstenergiewohnung oder Fast-Null-Energie-wohnung Gebäude mit einem sehr feuchten Raumklima (4★)		Gebäude, das der PEB-Verordnung entsprechen muss	Andere Fälle von beheizten Gebäuden (einschließlich Renovierungen)	Nicht beheizte Gebäude
Luftdichtheit (S. 7)					
Innenschalldämmung (S. 18)	Besonderes Anforderungsniveau	Erhöhtes Anforderungsniveau nach NBN S 01-400-1	Normales Anforderungsniveau nach NBN S 01-400-1	Niedriges Anforderungsniveau (z.B. bei Renovierung)	Keine Anforderungen
Außenschalldämmung (S. 18)	Außenlärmlasse L4 (NAK)	Außenlärmlasse L3 (NAK)	Außenlärmlasse L2 (NAK)	Außenlärmlasse L1 (NAK)	Keine Anforderungen
Zugänglichkeit (S. 14)	Geltende Bestimmungen (Wallonien)	Geltende Bestimmungen (Flandern und Brüssel)	Eingeschränktes Zugänglichkeitsniveau	Sehr eingeschränktes Zugänglichkeitsniveau	Nicht zugänglich



Die Wärmedämmung und die Luftdichtheit von Gebäuden sind zwei sich ergänzende Leistungen. Zusammen mit der hygienischen Lüftung stellen diese Aspekte die Grundpfeiler für den Entwurf, den Bau und die Renovierung von komfortablen und energieeffizienten Gebäuden dar. Um diese Leistungen auch in Höhe der Baukosten sicherstellen zu können, muss man dafür sorgen, dass nicht nur die Wärmedämmung, sondern auch die Luftsperrschicht durchgängig verläuft. Dort wo die Auswirkung der Wärmedämmung durch Berechnung leicht ermittelt werden kann, ist dies für die Luftdichtheit nicht der Fall. Denn diese muss mithilfe einer Differenzdruckprüfung gemessen werden.

Energetische Aspekte von Baukosten

1 Baukosten entwerfen im Hinblick auf die Wärmedämmung und die Luftdichtheit

Baukosten haben einen Einfluss auf die Wärmeleistungen des Gebäudes. Ihre relative Bedeutung ist umso größer, je höher das in Erwägung gezeichnete Leistungsniveau ist. Die mit diesem Knoten verbundenen Wärmeverluste können berechnet werden und sind Gegenstand von Normen. Ihre Wirkung wird ebenfalls in den regionalen Energieleistungsverordnungen (PEB) berücksichtigt.

Was die hygrothermische Leistung betrifft, erwartet man von einem Baukosten einerseits, dass er zulässt, die Wärmeverluste durch Transmission (Quantifizierung mithilfe der Faktoren ψ und γ) zu verringern, und andererseits, dass das Risiko in Bezug auf Oberflächenkondensation und Schimmelentwicklung an diesem Ort auf ein Minimum beschränkt wird. Diese zwei Leistungen sind eng miteinander verbunden. Das Risiko auf Kondensation und Schimmelentwicklung kann durch eine numerische Berechnung auf Basis des Temperaturfaktors (f) bewertet werden. So gibt es Empfehlungen hinsichtlich des Temperaturfaktors, der zur Einschränkung dieses Risikos erreicht werden muss.

Was die Luftdichtheit betrifft, gelten für die Baukosten als solche keine verordnungsrechtlichen Anforderungen. Das eventuelle Vorhandensein von Luftlecks wird sich jedoch in den Leistungen niederschlagen, die bei einer Differenzdruckprüfung am Gebäude gemessen werden. Diese Leistung kann nicht durch eine Berechnung ermittelt werden. Die Luftlecks haben eine Auswirkung auf die Energieleistungen des Gebäudes, und zwar hauptsächlich durch die Infiltrations- und Exfiltrationsverluste, die sie verursachen. Sie können auch zu Problemen einer inneren Kondensation führen.

Sowohl für die Wärmeleistungen als auch für die Luftdichtheit besteht das allgemeine Prinzip darin, die Durchgängigkeit der Wärmedämmung und der Luftsperrschicht in Höhe des geschützten Volumens des Gebäudes sicherzustellen. Dieses Prinzip muss in erster Linie auf der Ebene des Gebäudes angewandt werden, genauer gesagt bei der Definition des geschützten Volumens, und danach auf der Ebene der Baukosten, die sich am Rand des geschützten Volumens befinden. Die Luftsperrschicht muss an die Position der Wärmedämmung angepasst werden. Da die Luftsperrschicht meistens auch als Dampfsperre fungiert, muss sie möglichst dicht und stets längs der warmen Seite der Dämmung angebracht werden.

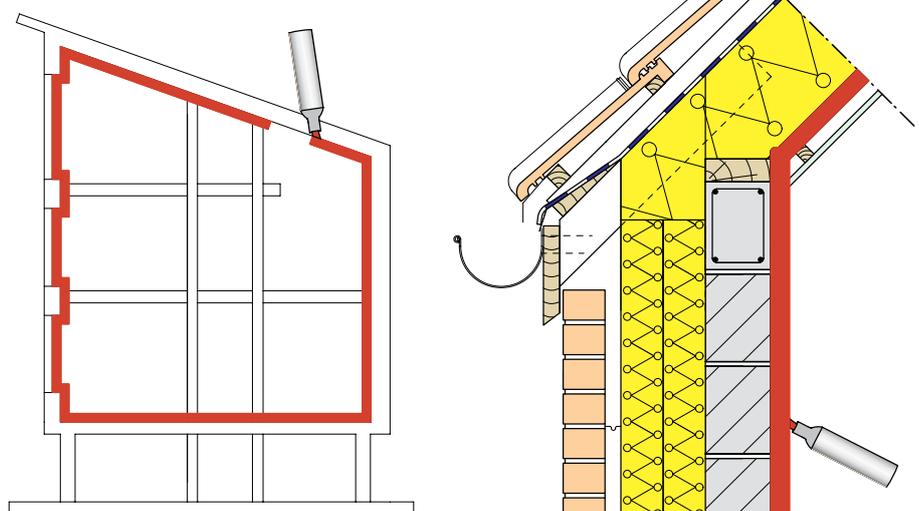
2 Hygrothermische Leistungen

2.1 Berücksichtigung der Baukosten in der PEB-Verordnung

Die verordnungsrechtlichen Anforderungen bezüglich der Wärmedämmung wurden in

den vergangenen Jahren regelmäßig angepasst und beträchtlich verschärft, und zwar sowohl auf dem Gebiet der Dämmung der einzelnen Wände (U_{\max} -Werte) als auch auf dem Gebiet des globalen Dämmniveaus des Gebäudes (K-Niveau) (siehe [Les Dossiers du CSTC 2011/3.15](#)). Der Einfluss der Baukosten wird seit 2011-2012 auf identische Weise (siehe [www.ibgebim.be](#) für Brüssel, [www.energiesparen.be](#) für Flandern und [energie.wallonie.be](#) für Wallonien) in den regionalen PEB-Verordnungen berücksichtigt (siehe [Les Dossiers du CSTC 2010/3.16](#) und [2011/3.6](#)). Angesichts der Verschärfung der verordnungsrechtlichen Anforderungen und ihrer nicht zu unterschätzenden Auswirkung auf die Leistungen, ist es von äußerster Wichtigkeit, die Baukosten auf eine geeignete Weise zu behandeln.

Die Baukosten können auf verschiedene Weisen im Kontext der PEB-Verordnung



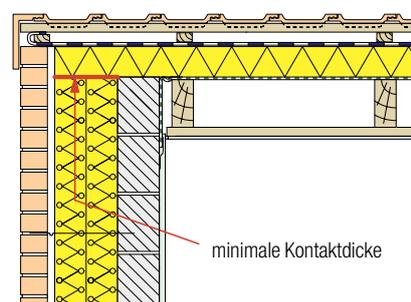
1 | Durchgängigkeit der Wärmedämmung und der Luftsperrschicht (rote Linie) auf der Ebene des Gebäudes und der Baukosten.



(Optionen A, B und C) berücksichtigt werden. Die detaillierte Beschreibung dieser Optionen ist nicht Gegenstand dieses Artikels. In die Verordnung wurden Vorgabewerte aufgenommen. Diese können jedoch sehr ungünstige Ergebnisse liefern und bis zu 10 Punkte auf dem globalen Dämmniveau (K-Niveau) des Gebäudes ausmachen. Um dieser Bestrafung zu entgehen, kann man sich dafür entscheiden, ‚PEB-konforme‘ Bauknoten zu entwerfen und auszuführen (Option B) und diese anschließend zu deklarieren. Diese Konformität kann entweder nachgewiesen werden durch die Einhaltung von einer Anzahl einfacher Grundregeln, oder durch die Durchführung einer numerischen Berechnung zur Ermittlung der Faktoren ψ oder χ und dem anschließenden Nachweis, dass der betrachtete Bauknoten ganz bestimmten Leistungskriterien entspricht (begrenzte Wärmeverluste durch das Vorhandensein einer durchgängigen Dämmung). Obwohl keine Pflicht für solche numerischen Berechnungen besteht, ermöglichen sie es, zu besseren Leistungen zu kommen, oder nachzuweisen, dass ein Detail, das nicht den Grundregeln entspricht, durchaus ‚PEB-konform‘ sein kann.

Wenn man die Option B wählt, kann man meistens auf dem Plan und ohne numerische Berechnung überprüfen, ob die Bauknoten ‚PEB-konform‘ sind. Hierzu kann man drei einfache Grundregeln heranziehen:

- die erste findet Anwendung an Knoten, bei denen die Wärmedämmschichten von zwei benachbarten Wänden direkt miteinander in Kontakt stehen und besteht darin, eine ausreichende Kontaktdicke zwischen beiden Schichten zu gewährleisten (siehe Abbildung 2)



Wärmeleistung: 4★ (siehe Tabelle A)
Luftdichtheit – Priorität der Behandlung des Knotens: 1 (siehe Tabelle D)

2 | Grundregel Nr. 1: minimale Kontaktdicke zwischen den Wärmedämmschichten von zwei benachbarten Wänden.

- die zweite besteht darin, ein dämmendes Bauteil zwischen den Wärmedämmschichten von zwei benachbarten Wänden hinzuzufügen (siehe Abbildung 3)
- die dritte besteht darin, die Wärmeverluste dadurch zu begrenzen, dass der Weg des geringsten Wärmewiderstands zwischen der Innen- und Außenumgebung verlängert wird (dieser Abstand muss mindestens gleich 1 m sein, siehe Abbildung 4).

2.2 Bauknoten oder Wärmebrücke?

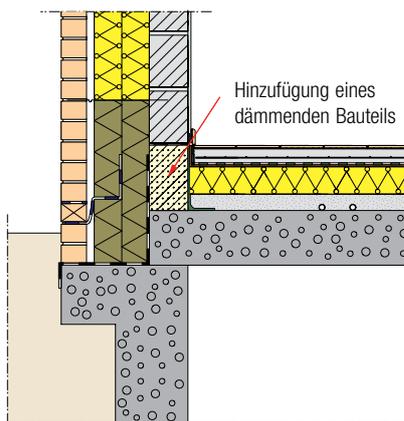
In den PEB-Verordnungen werden ‚Bauknoten‘ beschrieben als:

- die linearen Verbindungen zwischen den verschiedenen Trennkonstruktionen, die zur Verlustoberfläche des Gebäudes gehören
- die linearen und punktförmigen Unterbrechungen in der Dämmschicht der Trennkonstruktionen, sofern sie nicht Teil dieser Letzteren sind (Hohlraumhaken, Skelett, ...).

Der Ausdruck ‚Wärmebrücke‘ wird wiederum in verschiedenen Normen definiert (z.B. NBN EN ISO 10211 und NBN EN ISO 14683). Obwohl beide Begriffe nicht identisch sind, sind sie doch eng miteinander verbunden.

2.3 Hygrothermische Leistungskriterien und Klassifikation von Bauknoten

Die Wärmeleistung eines Bauknotens kann

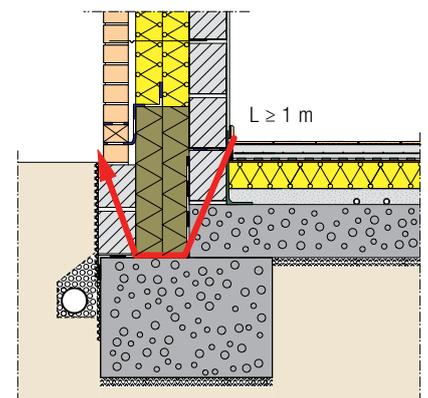


Wärmeleistung: 4★ (siehe Tabelle A)
Luftdichtheit – Priorität der Behandlung des Knotens: 3/4 (siehe Tabelle D)

3 | Grundregel Nr. 2: Hinzufügung eines dämmenden Bauteils.

anhand einer numerischen Berechnung mit speziellen Programmen (1) bewertet werden, die auf den Rechennormen (u.a. der Norm NBN EN ISO 10211) basiert sind. Die eindimensionalen Wärmeverluste durch den zentralen Teil der Wände hindurch sind von deren U-Wert ($W/m^2.K$) abhängig. Bei der Berechnung der Wärmeverluste des Gebäudes berücksichtigt man in erster Linie nur diese U-Werte und somit nicht die Bauknoten. Es ist jedoch wichtig zu wissen, dass diese Wärmeverluste auch ein zwei- und dreidimensionales Phänomen sind. In Abhängigkeit der Geometrie der vorhandenen Bauknoten müssen somit Korrekturen in Bezug auf diese eindimensionale Berechnung ausgeführt werden. Wenn der Bauknoten linear ist (z.B. Anschluss zwischen zwei Wänden), wird die thermische Korrektur durch den linearen Wärmedurchgangskoeffizienten ψ ($W/m.K$) ausgedrückt. Für punktförmige Bauknoten (z.B. Säule, die die Dämmung durchdringt) wird die thermische Korrektur durch den Punktwärmedurchgangskoeffizienten χ (W/K) charakterisiert.

Es ist Aufgabe des Planers, die beabsichtigte Energieleistung für das betrachtete Gebäude festzulegen und die Bauknoten dementsprechend zu entwerfen. Wenn man sehr hohe Wärmeleistungen erreichen will, kann es sich als notwendig erweisen auf eine numerische Berechnung der Bauknoten überzugehen (sogar wenn diese ‚PEB-konform‘ sind), und zwar um deren gute Leistungen nutzen zu können.



Wärmeleistung: 3★ (siehe Tabelle A)
Luftdichtheit – Priorität der Behandlung des Knotens: 3/4 (siehe Tabelle D)

4 | Grundregel Nr. 3: der Weg des geringsten Wärmewiderstands muss mindestens 1 m lang sein.

(1) Es gibt zahlreiche Programme für die Ausführung dieses Typs von Berechnungen. Das Programm KOBRA kann kostenlos auf der Website des CSTC (www.cstc.be) heruntergeladen werden.



Ein zweites hygrothermisches Leistungskriterium für Bauknoten ist der Temperaturfaktor $f_{R_{si}}$, der das Risiko in Bezug auf Oberflächenkondensation und Schimmelentwicklung auf den Wänden widerspiegelt. Dieser Temperaturfaktor variiert zwischen 0 und 1. Ein Wert von 1 bedeutet, dass die Temperatur an der Innenoberfläche gleich der Temperatur der Innenluft ist. Ein Bauknoten mit einem günstigen (hohen) Temperaturfaktor wird eine hohe Innenoberflächentemperatur aufweisen, wodurch das Risiko in Bezug auf eine Oberflächenkondensation und Schimmelentwicklung begrenzt sein wird. Dieses Risiko lässt sich auch in Grenzen halten, indem man ein günstiges (nicht zu feuchtes) Innenklima aufrechterhält. Die minimalen Temperaturfaktoren sind Gegenstand von einigen Empfehlungen. Für Gebäude mit einem relativ trockenen Innenklima wird ein Mindestwert von 0,7 vorausgesetzt (T1153). Es ist Aufgabe des Planers, den minimal zu erreichenden Temperaturfaktor für das betrachtende Projekt festzulegen. Dies kann ggf. auf Basis einer spezifischen hygrothermischen Studie erfolgen (2). Denn für Gebäude mit einer hohen Feuchtigkeitsproduktion, mit besonderen Randbedingungen und/oder mit einem besonderen Innenklima können strengere Temperaturfaktoren nötig sein. Dies beinhaltet, dass ein Bauknoten, der für eine Typenwohnung geeignet ist, sich nicht zwangsläufig für ein Gebäude mit einem ungünstigeren (feuchten) Innenklima eignet.

Wir möchten darauf hinweisen, dass die Bestimmung der Wärmeleistungen und des Temperaturfaktors auf Rechenkonventionen beruht (Messverfahren, Wärmeübergangskoeffizient an der Oberfläche, geometrische Modellierung des Knotens, ...), die eingehalten werden müssen (3).

In der Tabelle A wird auf Basis der beiden oben erwähnten Kriterien (Wärmeleistung und Temperaturfaktor) eine qualitative Klassifikation vorgestellt, die von Bauknoten mit sehr guten Leistungen (4★) bis zu Bauknoten reicht, bei denen das Risiko in Bezug auf Oberflächenkondensation und Schimmelentwicklung real vorhanden ist (0★). Die theoretischen oder wenig wahrscheinlichen Fälle sind in Grau dargestellt. Der Umstand, dass eine bestimmte Variante einen weniger guten Scorewert hat, bedeutet nicht so sehr, dass es sich hier um eine schlechte Lösung handelt, sondern eher, dass deren Anwendungsgebiet kleiner ist.

A | Qualitative Klassifikation von Bauknoten in Abhängigkeit ihrer hygrothermischen Leistungen.

Kriterien		Durch Berechnung ermittelter Temperaturfaktor $f_{0,25}$			Nicht berechneter Temperaturfaktor $f_{0,25}$ (3)
		Entspricht einer besonderen Anforderung (1) (4)	$f_{0,25} \geq 0,7$	$f_{0,25} < 0,7$	
Wärmeleistung	Entspricht einer besonderen Anforderung	4★	4★	2★	2★ (4)
	„PEB-konformer“ Knoten (5) (6) (7)	4★/4★	3★	2★	3★/2★
	Knoten, der nicht „PEB-konform“ ist (8)	5★	2★/1★	0★ (8)	0★ (8)

- (1) Zur Illustration des in diesem Artikel gewählten Ansatzes wurde für den Temperaturfaktor ($f_{0,25}$), um der besonderen Anforderungskategorie zu entsprechen, ein Wert von 0,85 angenommen. Es ist Aufgabe des Planers von Fall zu Fall, in Abhängigkeit der spezifischen Projektbedingungen, einen akzeptablen Grenzwert festzulegen und die Baudetails dementsprechend zu entwerfen/anzupassen.
- (2) Sehr ungünstiges Innenklima.
- (3) Der Temperaturfaktor f wird häufig nicht berechnet. Dieser Faktor ist jedoch sehr wichtig, wenn die Dämmung unterbrochen ist. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn die Knoten nicht „PEB-konform“ sind (besonders im Kontext einer Renovierung).
- (4) Falls besondere Anforderungen gestellt werden, wird grundsätzlich eine numerische Berechnung ausgeführt und es sind somit Informationen bezüglich des Temperaturfaktors f verfügbar.
- (5) Die Konformität mit dem PEB-Kriterien wird bewertet, unabhängig davon, ob eine PEB-Anforderung zur Anwendung kommt oder nicht.
- (6) „PEB-konformer“ Bauknoten, der die Grundregeln einhält und/oder dessen Leistungen durch Berechnung nachgewiesen wurden ($\psi \leq \psi_{\text{Grenz}}$).
- (7) Im Falle von wenig oder gar nicht wärmedämmten Wänden (Wärmeleitfähigkeit $\leq 1,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) – beispielsweise im Kontext einer Renovierung – muss nur kontrolliert werden, ob die Grundregeln eingehalten wurden. Ein ψ -Wert \leq dem ψ_{Grenz} -Wert ergibt in dem Fall nur wenig Sinn.
- (8) 0★: Bauknoten, bei dem das Risiko in Bezug auf Oberflächenkondensation/Schimmelentwicklung real vorhanden ist.

B | Minimal empfohlenes Leistungsniveau für Bauknoten (in Abhängigkeit der Projektbedingungen).

Situation	Minimal empfohlenes Leistungsniveau
Gebäude mit einem (sehr) ungünstigen Raumklima	4★
Gebäude, das besonderen Energieleistungsanforderungen entsprechen muss (sehr leistungsfähiges Gebäude)	4★
Gebäude, das den Wärmedämmungsanforderungen der PEB-Verordnung entsprechen muss	2★
Alle sonstigen Fälle (z.B. im Kontext einer Renovierung)	1★
Nicht beheizte Gebäude	0★

Für Projekte, für die besondere Randbedingungen gelten, kann es erforderlich sein, sich für Bauknoten mit einem gewissen Leistungsniveau zu entscheiden (4★ → 1★). Die Tabelle B enthält Empfehlungen bezüglich des minimalen Leistungsniveaus für Bauknoten in Abhängigkeit der Projektbedingungen. So ist das Leistungsniveau 0★ für beheizte Gebäude zu vermeiden. Falls bei einem bestimmten Projekt mehrere der beschriebenen Situationen auftreten, muss man das höchste empfohlene Leistungsniveau berücksichtigen.

2.4 Beispiel für den Anschluss eines Schrägdachs mit einem Spitzgiebel

Um die verschiedenen Energieleistungsniveaus für den gleichen Bauknoten zu illustrieren, wird in diesem Artikel der Anschluss eines Schrägdachs mit einem Spitzgiebel aus Mauerwerk zugrundegelegt. In Abhängigkeit des Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten (λ) des tragenden Mauerwerks, des Vorhanden- oder Nichtvorhandenseins einer Wärmedämmung

(2) Für weitere Details verweisen wir auf die Norm NBN EN ISO 13788.
 (3) Bei der Ermittlung des Temperaturfaktors $f_{R_{si}}$ wird ein ungünstiger Übergangswiderstand an der Oberfläche R_{si} mit einem Wert von 0,25 $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ berücksichtigt.



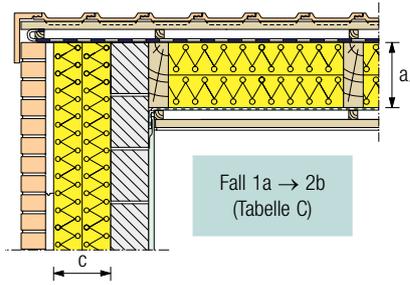
am Mauerkopf und des Dämmniveaus der Wände (U-Werte) werden verschiedene Fälle betrachtet, wobei die Leistung der Bauknoten von sehr schlecht bis sehr gut reicht (siehe Tabelle C) (4). Es werden auch Lösungen vorgestellt, die bei einer Renovierung anwendbar sind. Um als ‚PEB-konform‘ betrachtet werden zu können, muss der Bauknoten in dem Fall einen ψ_{Grenz} -Wert von 0 W/m.K aufweisen.

Das grundlegende Beispiel, das für die meist ungünstigen Fälle mit einem Knoten übereinstimmt, bei dem das Risiko in Bezug auf Kondensation und Schimmelbildung real vorhanden ist, ist eine Hohlwand ohne Dämmung am Mauerkopf (siehe Abbildung 5). Sowohl für Mauerwerk aus Beton (Fälle 1a und 1b) als auch für Mauerwerk aus Ziegelstein (Fälle 2a und 2b) wurden verschiedene Wärmeleistungen betrachtet. So wurde aus dem verfügbaren Sortiment sowohl ein Produkt mit einem hohen als auch mit einem niedrigen λ -Wert ausgewählt. Ferner möchten wir darauf hinweisen, dass das Mauerwerk nicht nur dieser Wärmeleistung entsprechen, sondern auch bestimmte Anforderungen hinsichtlich der Stabilität erfüllen muss.

Eine leistungsfähigere Variante von diesen Details besteht darin, das tragende Mauerwerk aus Beton (Fall 3) oder Ziegelstein (Fall 4) etwas niedriger enden zu lassen und den Mauerkopf zu dämmen (siehe Abbildung 6). Es wurde auch eine Variante aus gedämmten Baublöcken betrachtet (Fall 5).

Die leistungsfähigsten untersuchten Varianten sind dadurch gekennzeichnet, dass zwei Wände mit verbesserten Wärmeleistungen miteinander verbunden wurden. Beim Fall 6 ist sowohl ein Dämmstoff zwischen den Sparren des Dachs als auch in Höhe des Mauerkopfs vorhanden (siehe Abbildung 12, S. 13). Der Fall 7 stimmt mit der Ausführung eines kombinierten Dachs überein (Dämmung zwischen den Sparren + Sarking-Dämmung; siehe Abbildung 7). Ein solches Detail könnte man beispielsweise antreffen, wenn spezifische Anforderungen gestellt werden. Daneben sind natürlich noch viele andere sehr leistungsfähige Varianten von diesem Detail möglich.

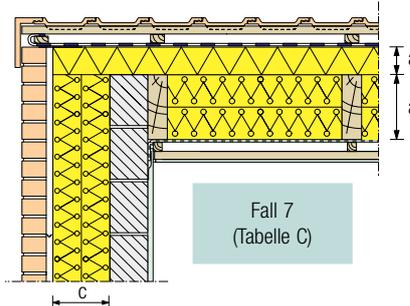
Es wurden auch verschiedene Lösungen betrachtet, die sich bei einer Renovierung anwenden lassen (siehe Abbildung 8). In dem Fall ist der Spitzgiebel aus massi-



Fall 1a → 2b
(Tabelle C)

Wärmeleistung: 0★ → 2★/1★ (oder 3★)
(siehe Tabelle A)

5 | Anschluss zwischen einem Spitzgiebel und einem Schrägdach; Basisfall; ungedämmter Mauerkopf.

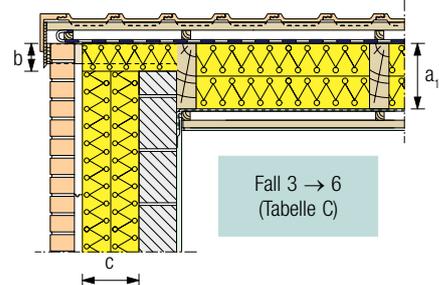


Fall 7
(Tabelle C)

Wärmeleistung: 4★/4★ (siehe Tabelle A)

7 | Baudetail mit verbesserten Leistungen.

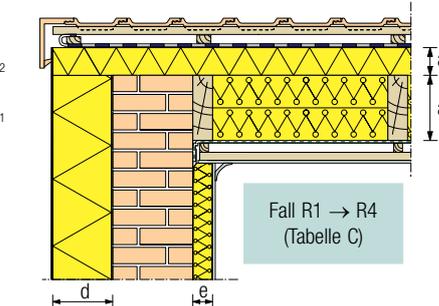
vem Ziegelmauerwerk mit einer Dicke von 29 cm aufgebaut. Die erste Lösung besteht darin, nur einen Dämmstoff zwischen den Sparren des Dachs anzubringen und den Mauerkopf ungedämmt zu lassen (Fall R1). Bei den Varianten R2 und R3 wird jeweils eine zusätzliche Wanddämmung längs der Außen- und der Innenseite angebracht. Bei der Variante R4 wird schließlich ein kombiniertes Dach (Dämmung zwischen den Sparren + Sarking-Dämmung) ausgeführt und eine zusätzliche Wanddämmung längs der Außenseite angebracht. Wenn eine Wanddämmung längs der Außenseite angebracht wird und es unmöglich ist, den Mauerkopf zu dämmen (Fall 2), kann die einfache Anbringung einer Zierleiste aus Gips in der Ecke dafür sorgen, dass keine Luftzirkulation mehr auftritt. Dies kann zu einer beträchtlichen Erhöhung des Temperaturfaktors führen, während die Auswirkung auf die Wärmeleistung vernachlässigbar bleibt. Obwohl diese Maßnahme die korrekte Dämmung des Details in keiner Weise ersetzt, sorgt sie durchaus für eine starke Verringerung des Risikos in Bezug auf Oberflächenkondensation und Schimmelbildung.



Fall 3 → 6
(Tabelle C)

Wärmeleistung: 3★ → 4★ (siehe Tabelle A)

6 | Durchgängigkeit der Wärmedämmung dank der Dämmung des Mauerkopfs.



Fall R1 → R4
(Tabelle C)

Wärmeleistung: 0★ → 4★ (siehe Tabelle A)

8 | Anschluss zwischen einem Spitzgiebel und einem Schrägdach; mögliche Lösung bei einer Renovierung.

Die Beschreibung und die Leistungen dieser verschiedenen Varianten sowie die Klassifikation der entsprechenden Bauknoten sind in der Tabelle C (S. 11) enthalten. Hieraus ergibt sich ganz deutlich, dass das Risiko in Bezug auf Kondensation und Schimmelentwicklung bei einem Bauknoten, der keine spezifische Behandlung erhielt, relativ hoch ist (0★), während derselbe Bauknoten unter der Voraussetzung einer angepassten Behandlung ein sehr hohes Leistungsniveau erreichen kann (4★).

3 Luftdichtheitsleistungen

Seit der Einführung der PEB-Verordnung werden die Luftdichtheitsleistungen bei der Berechnung der Energieleistung berücksichtigt. Gegenwärtig ist die Ausführung einer Differenzdruckprüfung im Rahmen der Verordnung nicht obligatorisch vorgeschrieben. Bei Nichtvorliegen solcher Prüfergebnisse können die verordnungsrechtlichen Berechnungen mithilfe eines ungünstigen Vorgabewertes ausgeführt werden. Es ist

(4) Die in dieser Tabelle angegebenen Werte ($f_{0,25}$ und ψ) gelten nur für die spezifischen betrachteten Fälle (Geometrie des Knotens, Abmessungen, Dicke und Wärmeleistung der Materialien, λ -Werte). Die KOBRA-Dateien, die mit diesen Varianten übereinstimmen, sind auf unserer Website verfügbar. Dank dieser Dateien und des KOBRA-Programms ist es möglich, die Rechenparameter an die Spezifitäten des betrachteten Knotens anzupassen.



C | Klassifikation des Anschlusses eines Spitzgiebels aus Mauerwerk an einem Schrägdach in Abhängigkeit der Wärmeleistung.

Fall	Beschreibung der Variante – Typ tragendes Mauerwerk	Kennwerte a_1, a_2, b, c, d, e in cm (°) U in $W/m^2.K$	„PEB-konform“ nach den Grundregeln	„PEB-konform“ $\psi \leq \psi_{Grenz}$ [$W/m.K$]	$f_{0,25}$ [-]	Wärmeverlust des Knotens [%]	Klassifikation des Knotens [%]
1a	Ungedämmter Mauerkopf – tragendes Mauerwerk aus Beton (hoher λ -Wert)	$a_1 = 23 - c = 10$ $U_{Wand} = 0,23 - U_{Dach} = 0,20$	✗	✗ $\psi = 0,23$	0,65	146 %	0★
1b	Ungedämmter Mauerkopf – tragendes Mauerwerk aus Beton (niedriger λ -Wert)	$a_1 = 23 - c = 10$ $U_{Wand} = 0,22 - U_{Dach} = 0,20$	✗	✗ $\psi = 0,022$	0,77	106 %	2★/1★
2a	Ungedämmter Mauerkopf – tragendes Mauerwerk aus Ziegelstein (hoher λ -Wert)	$a_1 = 12 - c = 10$ $U_{Wand} = 0,22 - U_{Dach} = 0,20$	✗	✗ $\psi = 0,015$	0,77	104 %	2★/1★
2b	Ungedämmter Mauerkopf – tragendes Mauerwerk aus Ziegelstein (niedriger λ -Wert)	$a_1 = 23 - c = 10$ $U_{Wand} = 0,21 - U_{Dach} = 0,20$	✗	✓ (✗) (°) $\psi = -0,012$	0,80	99 %	3★ (2★/1★)
3	Gedämmter Mauerkopf – tragendes Mauerwerk aus Beton (hoher λ -Wert)	$a_1 = 23 - b = 10 - c = 10$ $U_{Wand} = 0,23 - U_{Dach} = 0,20$	✓	✓ $\psi = -0,024$	0,84	100 % Referenzfall	3★
4	Gedämmter Mauerkopf – tragendes Mauerwerk aus Ziegelstein (niedriger λ -Wert)	$a_1 = 23 - b = 10 - c = 10$ $U_{Wand} = 0,21 - U_{Dach} = 0,20$	✓	✓ $\psi = -0,053$	0,84	91 %	3★
5	Ungedämmter Mauerkopf – tragendes Mauerwerk aus gedämmten Baublöcken	$a_1 = 23 - c = 10$ $U_{Wand} = 0,20 - U_{Dach} = 0,20$	✓	✓ $\psi = -0,055$	0,84	88 %	3★
6	Gedämmter Mauerkopf – verbesserte Wanddämmung	$a_1 = 23 - b = 10 - c = 20$ $U_{Wand} = 0,12 - U_{Dach} = 0,11$	✓	✓ $\psi = -0,022$	0,87	76 %	4★/4★
7	Verbesserte Wand- und Dachdämmung (kombiniertes Dach)	$a_1 = 23 - a_2 = 10 - c = 20$ $U_{Wand} = 0,12 - U_{Dach} = 0,11$	✓	✓ $\psi = -0,023$	0,90	51 %	4★/4★
Renovierung							
R1	Renovierung – Dachdämmung zwischen den Sparren – ungedämmte massive Wand aus Ziegelstein (29 cm)	$a_1 = 23$ $U_{Wand} = 2,28 - U_{Dach} = 0,20$	✗	nicht anwendbar (ungedämmte Wand) (°)	0,43	510 %	0★
R2	Renovierung – Dachdämmung zwischen den Sparren + massive, längs der Außenseite gedämmte Wand – ungedämmter Mauerkopf	$a_1 = 23 - d = 10$ $U_{Wand} = 0,26 - U_{Dach} = 0,20$	✗	✗ $\psi = 0,18$ ohne Zierleiste	0,68	145 %	0★
				✗ $\psi = 0,17$ mit einer Zierleiste aus Gips (10 cm)	0,76	142 %	2★/1★
R3	Renovierung – Dachdämmung zwischen den Sparren + massive, längs der Innenseite gedämmte Wand	$a_1 = 23 - e = 10$ $U_{Wand} = 0,28 - U_{Dach} = 0,20$	✓	✓ $\psi = -0,09$	0,79	100 %	3★
R4	Renovierung – kombiniertes Dach (Dämmung zwischen den Sparren + Sarking-Dämmung) – massive, längs der Außenseite gedämmte Wand	$a_1 = 23 - a_2 = 10 - d = 10$ $U_{Wand} = 0,26 - U_{Dach} = 0,11$	✓	✓ $\psi = -0,034$	0,85	83 %	4★/4★
<p>a_1: Dicke der Dachdämmung zwischen den Sparren; a_2: Dicke der Dämmung des Sarking-Dachs; b: Dicke der Dämmung des Mauerkopfes; c: Dicke der Dämmung der Hohlwand; d: Dicke der längs der Außenseite angebrachten Wanddämmung; e: Dicke der längs der Innenseite angebrachten Wanddämmung</p> <p>(°) Der Wert der Parameter a_1, a_2, b, c, d und e, für die in dieser Tabelle kein Wert angegeben ist, darf gleich Null gesetzt werden. (°) Je nach Dicke der verschiedenen Schichten und der Leistungen der verwendeten Materialien, liegt der ψ-Wert dieser Variante gerade oberhalb oder unterhalb des ψ_{Grenz}-Werts. Es ist immer möglich, eine numerische Berechnung auszuführen, um die wirklichen Leistungen des betrachteten Aufbaus nachzuweisen. (°) In dem Fall ist der ψ-Wert gleich $-0,42 W/m.K$.</p>							

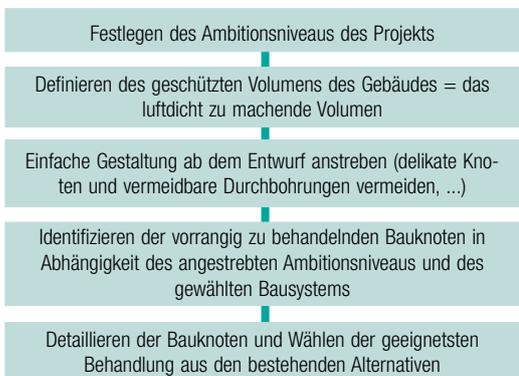


allerdings auch möglich, die reale, mit einer Differenzdruckprüfung gemessene Luftdichtheitsleistung in die Berechnung einzubringen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt gibt es keine einzige verordnungsrechtliche Anforderung, die auf die Luftdichtheit anwendbar wäre. Für spezifische Projekte kann dagegen durchaus ein freiwilliges Anforderungsniveau vom Bauherrn festgelegt werden. Die Region Brüssel-Hauptstadt hat angekündigt, dass sie in den nächsten Jahren eine Luftdichtheitsanforderung festlegen würde.

Im Gegensatz zur Wärmedämmung kann die Luftdichtheitsleistung eines Gebäudes oder eines spezifischen Bauknotens nicht vorhergesagt oder berechnet werden. Es ist folglich unmöglich, einen eindeutigen Zusammenhang zwischen den auszuführenden Baudetails und den Luftdichtheitsleistungen herzustellen, die letztendlich gemessen werden. Man kann aber durchaus bestimmen, welche Bauknoten vorrangig behandelt werden müssen.

3.1 Eine luftdichte Konstruktion ab der Entwurfsphase

Die Realisierung eines luftdichten Gebäudes beginnt ab der Entwurfsphase. Neben der Geometrie des Gebäudes und der Abgrenzung des geschützten Volumens haben auch die Anzahl der Bauknoten und deren Komplexität sowie das gewählte Ambitionsniveau einen bedeutenden Einfluss auf die technischen Entscheidungen, die man für das betrachtete Gebäude treffen muss. Die Ausführung eines luftdichten Gebäudes erfolgt in verschiedenen Schritten. Diese werden in der TI, die diesem Thema gewidmet und bald erscheinen wird, detailliert beschrieben. Die Schritte, die für Bauknoten spezifisch sind, sind in der Abbildung 9 aufgeführt.



9 | Schritte bei der Ausführung von Bauknoten in einem luftdichten Gebäude.

D | Klassifikation nach der Priorität, mit der die Bauknoten behandelt werden müssen (die vollständige Version dieser Tabelle wird in der TI ‚Étanchéité à l’air‘ verfügbar sein, die bald erscheinen wird) (*).

Bauknoten	Massive Konstruktion (Mauerwerk)	Holzskelettbau
Mauerfuß	3/4	1
Anschluss eines Schrägdachs mit einem Spitzgiebel	1	1/2
Anschluss einer Zwischendecke mit einer Fassade	3/4	1/2
Durchbohrung des Dachs für Leitungen	2	2
Integration der Schreinerarbeit in den Rohbau	2/3	2/3

(*) 1: sehr große Lecks; 2: große Lecks; 3: unbedeutende Lecks; 4: geringe Lecks.

E | Luftdichtheitsklassen für Bauelemente; Fall eines Schrägdachs (Auszug aus der TI 251).

Klasse	Niveau	Beschreibung
Lo	Unzureichende Luftdichtheit	Unsorgfältige Ausführung oder nicht sorgfältiger Entwurf; die Richtlinien für eine durchgängige Luftdichtheit wurden nicht eingehalten: es ist keine Luftsperrschicht vorhanden oder die Luftsperrschicht wurde nicht durchgängig angebracht; die Luftsperrschicht wurde an den Wänden oder den anderen Bauelementen (z.B. Pfetten oder Zwischensparren), die sie begrenzen, nicht luftdicht angeschlossen.
L1	Gute Luftdichtheit	Sorgfältige Ausführung und sorgfältiger Entwurf; die Richtlinien für eine durchgängige Luftdichtheit wurden eingehalten: die Anschlüsse weisen keine sichtbaren Lecks auf.
L2	Validierte und verbesserte Luftdichtheit (L1 + Differenzdruckprüfung + Korrektur von Lecks)	Sorgfältige Ausführung und sorgfältiger Entwurf; die Richtlinien für eine durchgängige Luftdichtheit wurden eingehalten; das Leistungsniveau wird durch eine <i>In-situ</i> -Messung validiert, bei der alle detektierbaren Luftlecks im Bauelement (in dem Fall im Schrägdach) auffindbar gemacht und abgedichtet werden.

3.2 Identifizieren der vorrangig zu behandelnden Bauknoten

Dank der Erfahrung, die auf dem Gebiet der Luftdichtheit erworben wurde, war es möglich, die Luftlecks in Klassen einzuteilen, und zwar in Abhängigkeit ihres Einflusses bei einer fehlenden spezifischen Behandlung (Tabelle D). Diese Lecks können beträchtlich oder relativ begrenzt sein. Es könnte auch eine Liste mit vorrangig zu behandelnden Bauknoten aufgestellt werden, wobei die Bedeutung der hierdurch verursachten Lecks berücksichtigt wurde. In Gebäuden mit einem hohen Anforderungsniveau kann sogar das kleinste Luftleck dafür sorgen, dass das vorgegebene Ziel nicht erreicht wird. In Gebäuden, für die ein mittleres Leistungsniveau gewählt wird, muss man sich vorrangig auf die bedeutendsten Lecks konzentrieren. Es ist Aufgabe des Planers, für jedes Projekt (in Abhängigkeit der spezifischen Geometrie, des Aufmaßes und des Ambitionsniveaus) die vorrangig zu behandelnden Bauknoten sowie die Art und den Umfang ihrer Behandlung festzulegen.

Denn in Abhängigkeit des Aufmaßes des betreffenden Gebäudes können bestimmte, als weniger vorrangig betrachtete Lecks einen größeren Einfluss haben als andere.

3.3 Luftdichtheitsklassen für Bauelemente

Nicht sorgfältig ausgeführte Luftdichtheitsanschlüsse, besonders in Höhe von Leichtbauwänden, sind nicht selten Orte von beträchtlichen Luftlecks. Diese Lecks können zu ernsthaften Problemen der inneren Kondensation führen. Um dieses Risiko zu begrenzen, insbesondere in Schrägdächern, wurde ein minimales Qualitätsniveau für die luftdichte Ausführung der Wand und der Anschlüsse definiert (L1 oder besser je nach dem Aufbau; siehe Tabelle E). In der Praxis darf kein einziges, mit dem bloßen Auge sichtbares Luftleck vorhanden sein.

Im Falle eines nicht sorgfältig ausgeführten Anschlusses (Klasse Lo) können die Luftlecks beachtlich sein. Bei einem Druckunterschied



10 | Beispiel für einen Anschluss ‚trocken auf trocken‘.

von 50 Pa kann über eine freie Fläche von 1 cm² ein Luftvolumenstrom in der Größenordnung von 2 bis 3 m³/h passieren. In einem mittleren Gebäude kann ein nicht sorgfältig ausgeführter Anschluss zwischen einem Schrägdach und einem Spitzgiebel (eine 2 mm breite Öffnung über einen 25 m langen Anschluss) bei einem Druckunterschied von 50 Pa zu einem Leckvolumenstrom von etwa 1.000 m³/h führen (9).

3.4 Sicherstellen der Durchgängigkeit der Luftdichtheit

Die **TI 251** (Anhang D) beschreibt die Regeln, mit denen sich die Durchgängigkeit der Luftdichtheit sicherstellen lässt. Zunächst muss man für jede einzelne Wand die Schicht identifizieren, die die Luftdichtheit gewährleisten muss (Funktion der Luftsperr). In Höhe der Bauknoten ist darauf zu achten, dass die Durchgängigkeit dieser Luftdichtheit zwischen den Wandelementen, die die Rolle der Luftsperr erfüllen, garantiert ist. Hierzu ist der Einsatz von verschiedenen Typen von Anschlüssen möglich:

- ein Anschluss ‚trocken auf trocken‘ (siehe Abbildung 10), der die Durchgängigkeit der Luftdichtheit zwischen Bauelementen wie der elastischen Membran, der Holzplatte und dem trockenen Innenputz gewährleistet. Produkte, die die korrekte Ausführung dieses Anschlusstyps zulassen, sind (ein- oder zweiseitiges) Klebeband, Kleber, Kitte oder zusammendrückbare Bänder. Dieser Anschlusstyp eignet sich besonders für die Renovierung von bestehenden Gebäuden
- ein Anschluss ‚trocken auf nass‘, der die Durchgängigkeit der Luftdichtheit zwischen

(9) In einem Gebäude von 700 m³ kann ein solches Leck für eine Variation von 1,4 h⁻¹ (= 1.000/700) der Lufterneuerungsrate bei 50 Pa (n₅₀) sorgen.

F | Vergleich der möglichen Lösungen für die Ausführung des Anschlusses.

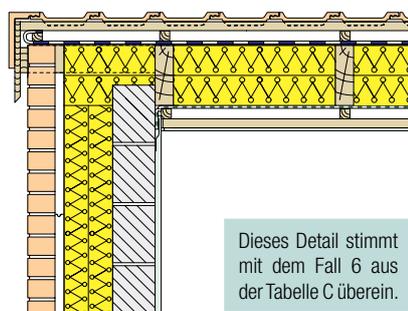
Typ der Behandlung	Ausgangsleistung	Ausführungsaspekt	Dauerhaftigkeit
Keine Behandlung (sichtbares Leck)	Klasse Lo – nicht zulässig	–	–
Ausführung eines Anschlusses ‚trocken auf trocken‘	Klasse L1 (oder L2)	Dies ist die einzige mögliche Lösung, wenn der Spitzgiebel zuvor verputzt wurde (z.B. bei einer Renovierung)	Diese zwei Anschlusstypen haben eine vergleichbare Dauerhaftigkeit
Ausführung eines Anschlusses ‚trocken auf nass‘		Besondere Rolle für den Innenputzer	

Bauelementen wie der elastischen Membran, der Holzplatte und dem frischen Putz während der Ausführung der luftdichten Verbindung gewährleistet. Um die Leistungen und die Dauerhaftigkeit dieser Verbindung sicherzustellen, sind häufig spezifische Produkte erforderlich. Hierbei kann es sich u.a. um am Untergrund befestigte Produkte handeln, die verputzt werden können und Bänder, die in den Putz eingebettet werden.

3.5 Beispiel für den Anschluss eines Schrägdachs mit einem Spitzgiebel

Bei einem Schrägdach muss die Dampfsperre meistens auch als Luftsperr fungieren. Bei Wänden aus Mauerwerk ist es im Allgemeinen der Innenputz, der diese Rolle erfüllt. Die Durchgängigkeit der Luftdichtheit zwischen diesen zwei Wänden muss mittels eines geeigneten Anschlusses (‚trocken auf trocken‘ oder ‚trocken auf nass‘) sichergestellt werden. Diese Anschlüsse sind nachstehend für eine Wand aus Mauerwerk (Abbildung 11) und eine Holzskelettwand (Abbildung 12) dargestellt.

Die verschiedenen möglichen Lösungen für die Ausführung des Anschlusses sind in der vergleichenden Tabelle F angegeben.



Dieses Detail stimmt mit dem Fall 6 aus der Tabelle C überein.

11 | Anschluss eines Schrägdachs mit einem Spitzgiebel aus Mauerwerk; Verbindung zwischen der Dampfsperre und dem Innenputz.

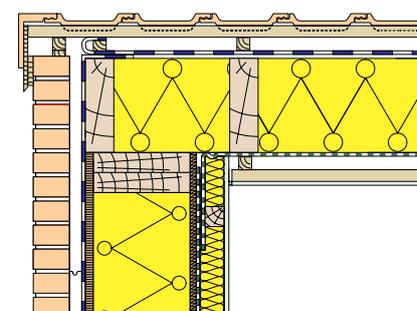
In Abhängigkeit der auferlegten Anforderungen kann es nötig sein, dass die vorgestellte Konfiguration zur Verbesserung der akustischen Leistungen etwas angepasst werden muss. Die Wahl eines geeigneten Dämmstoffes und einer adäquaten Innenverkleidung sowie die Entkopplung zwischen der Innenverkleidung und dem Dachstuhl durch Metallprofile können in diesem Zusammenhang eine Lösung bieten.

4 Schlussfolgerung

Die Luftdichtheitsleistungen und die Wärmedämmung sind untrennbar miteinander verbunden. Die in Erwägung gezogenen Leistungsniveaus können elementar oder eben auch sehr hoch sein. Die Leistung der Bauknoten muss jedoch immer mit dem globalen Leistungsniveau übereinstimmen, das für das Gebäude angestrebt wird. Die Qualität der Ausführung der Bauknoten ist von äußerster Wichtigkeit. Dieser Aspekt muss folglich ab der Entwurfsphase berücksichtigt werden. ■

X. Loncour, Ir., A. Tilmans, Ir., und C. Mees, Ir.,
Abteilung Energie, WTB

Dieser Artikel wurde im Rahmen der Normen-Außenstelle Energie, mit der finanziellen Unterstützung des FÖD Wirtschaft, verfasst.



12 | Anschluss eines Schrägdachs mit einem Spitzgiebel aus Holzskelettbau.



Eine der Beschaffenheiten, die man von einem modernen leistungsfähigen Gebäude erwarten darf, ist, dass es für eine breite Gruppe von Nutzern integral zugänglich ist. Diese Anforderung ist jedoch mit einer Reihe anderer Anforderungen nicht einfach in Einklang zu bringen, insbesondere nicht in Höhe der Schwelle der Zugangstür des Gebäudes. Denn ohne zusätzliche Anpassungen könnte ein ‚zugänglicher Eingang‘ eine verringerte Luftdichtheit, das Entstehen von Wärmebrücken und darüber hinaus einen nicht regendichten Anschluss zur Folge haben (siehe Abbildung 1). In diesem Artikel wird erläutert, wie man ein akzeptables Niveau für jede dieser Anforderungen erreichen kann.

Auf dem Weg zu einer besseren Zugänglichkeit

1 Was ist ein akzeptabler Niveauunterschied?

Die Zugänglichkeit von Schreinerarbeiten wird durch eine breite Vielfalt von Eigenschaften wie z.B. die Bedienungskraft, die Ergonomie, die Breite des Durchgangs, den Raum für das Öffnen der Tür, ... bestimmt. Einige dieser Aspekte wurden schon in *Les Dossiers du CSTC 2006/4.4* beschrieben. Häufig ist die Schwelle oder der Niveauunterschied in Höhe der Zugangstür das schwächste Glied in der gesamten ‚Zugänglichkeitkette‘.

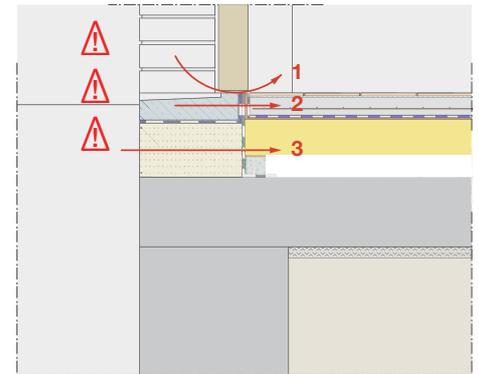
Bestimmte, der Öffentlichkeit zugängliche Gebäude müssen der geltenden regionalen Verordnung entsprechen (siehe Tabelle A).

Der maximale Niveauunterschied von 20 mm aus der Tabelle A ist auch in unseren Nachbarländern eine gängige Größe und stellt für uns daher einen guten Ausgangspunkt für die weitere Ausarbeitung dieses Baudetails dar. In diesem Artikel wird die Realisierung der individuellen Details in Höhe einer Zugangstür im Erdgeschoss, einer Dachterrassentür und einer Balkontür dargelegt. Was die Klassifikation der Leistungsanforderung bezüglich der Zugänglichkeit angeht, kann man sich auf die Tabelle B basieren.

2 Die Zugangstür im Erdgeschoss

Das Fehlen einer erhöhten Schwelle in Höhe einer Zugangstür im Erdgeschoss kann Wasserinfiltrationen zur Folge haben, und zwar nicht nur über die Schreinerarbeit, sondern auch über den Mauerfuß. Diese Problematik wurde bereits ausführlich in *Les Dossiers du CSTC 2007/1.12* besprochen. Darin wurden auch eine Reihe von Lösungen formuliert, die helfen, dieses Risiko zu verringern (die Anbringung eines Vordachs, das Vorsehen eines Ableitungsrostes vor der Tür usw.).

Wie zuvor bereits angegeben wurde, kann die Entscheidung zugunsten eines Eingangs ohne erhöhte Schwelle außerdem einen Einfluss auf die Wärmeleistungen und die Luftdichtheit dieses Baudetails haben.



- 1. Verringerte Luftdichtheit
- 2. Entstehen von Wärmebrücken
- 3. Nicht regendichter Anschluss

1 | Eine optimale Zugänglichkeit kann einen ungünstigen Einfluss auf andere Leistungsanforderungen haben.

B | Klassifikation von Niveauunterschieden.

Angabe	Niveauunterschied
4★	Eingang ohne Niveauunterschied
3★	Eingang mit einem geringen Niveauunterschied (maximaler Unterschied von 20 mm)
2★	Niveauunterschied von 21 bis 100 mm
1★	Niveauunterschied von 101 bis 150 mm
0★	Niveauunterschied von mehr als 150 mm

A | Zulässige Niveauunterschiede gemäß der regionalen Verordnungen.

Region	Verordnung	Relevanter Artikel	Niveauunterschied (°)
Region Brüssel-Hauptstadt	<i>Règlement régional d'urbanisme – Titre IV: accessibilité des bâtiments pour personnes à mobilité réduite</i>	Artikel 6	Maximal 20 mm und eine maximale Abschrägung von 30°
Flandern	<i>Stedenbouwkundige verordening betreffende toegankelijkheid (Besluit van de Vlaamse Regering van 5/6/2009 en 18/2/2011)</i>	Artikel 18	Maximal 20 mm
Wallonien	<i>Code wallon de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme, du patrimoine et de l'énergie (CWATUPE) (articles 414 & 415) (°)</i>	Artikel 415/1/1°	Keine Niveauunterschiede zulässig (°)

- (°) Es handelt sich hier um den maximal zulässigen Niveauunterschied. Wenn man größere Niveauunterschiede überbrücken muss, ist eine korrekt ausgeführte Steigung, eine vertikale Hebeplattform oder ein Aufzug vorzusehen.
- (°) Diese Verordnung wird ab 1. Juli 2015 durch den *Code du développement territorial (CoDT)* ersetzt werden, wodurch die Artikelnummer sich ändern kann.
- (°) Dieser Artikel schreibt vor, dass der Weg zwischen dem Parkplatz und dem Eingang des öffentlich zugänglichen Gebäudes keine Niveauunterschiede umfassen darf.



2.1 Wasserdichtheit der Schreinerarbeit und des Mauerfußes

Wenn man eine zugängliche Eingangstür realisiert, muss man darauf achten, dass das Niveau des Außenbelags, im Rahmen des Möglichen, mit dem der Tür übereinstimmt, so dass die Schwellenhöhe möglichst klein bleibt. Die Erhöhung des Außenbelags erfordert jedoch, dass man der detaillierten Ausführung des Mauerfußes besondere Aufmerksamkeit schenken muss, um Feuchtigkeitsinfiltrationen (wie z.B. aufsteigende Feuchtigkeit, Infiltrationen von den Hohlwänden und seitliche Infiltrationen) zu vermeiden. Dies wurde bereits in den Infomerkblättern 7 und 20 erläutert.

Die Drainagemembran der Hohlwände muss sich immer oberhalb des Niveaus des Außenbelags befinden. In Höhe einer zugänglichen Eingangstür muss man die Drainagemembran somit örtlich unterbrechen und an den Rändern umklappen.

Man muss außerdem eine Abdichtung unter der Schwelle vorsehen, um das restliche im Hohlraum befindliche Wasser abzuleiten und seitliche Infiltrationen zu verhindern. Die unterste Abdichtung (Nr. 7 auf Abbildung 2) muss somit aus wasserdichten Membranen mit geschweißten oder geklebten Nähten bestehen. Da die gute Haftung zwischen diesen Membranen und dem Untergrund nicht garantiert werden kann, sieht man meistens ein zusätzliches Drainagesystem am Mauerfuß vor. Andernfalls könnte wegen der geringen Durchlässigkeit von beispielsweise Ton- und Lehm Böden bei Regen ein vorübergehender Wasserdruck am Mauerfuß entstehen,

wodurch die Abdichtung umgangen werden kann. Daneben sorgt das Drainagesystem dafür, dass das im Hohlraum befindliche Wasser des Fassadenteils unter der Drainage der Hohlwand abgeleitet wird.

In Situationen, bei denen der Außenbelag nicht nur an der Eingangstür erhöht wird, muss man dieses Ausführungsdetail rund um das gesamte Gebäude anpassen. Die Aufkantung der untersten Abdichtung (Nr. 7 auf Abbildung 2) muss sich hier stets oberhalb des Niveaus des Belags oder des umgebenden Erdreichs befinden.

2.2 Einfluss eines festen Unterprofils auf die Leistungen der Eingangstür

Das Nichtvorhandensein eines festen Unterprofils bei einer traditionellen Tür hat einen negativen Einfluss auf deren Luft- und Wasserdichtheit (siehe Infomerkblatt 1). An diesem Ort entsteht außerdem häufig eine Wärmebrücke. Infiltrationen von Regenwasser über die Unterseite der Tür sind bei einer solchen Ausführung ebenso wenig zu vermeiden, können aber begrenzt werden durch das Ergreifen einer Reihe von Maßnahmen wie:

- das Vorsehen eines Ablaufrosts direkt vor der Tür
- die Realisierung des Belags mit (2 %) Gefälle, weg von der Tür
- das Anbringen einer Tropfleiste an der Tür.

Selbst wenn man all diese Empfehlungen genau einhält, kann man nicht vollständig ausschließen, dass manchmal doch noch

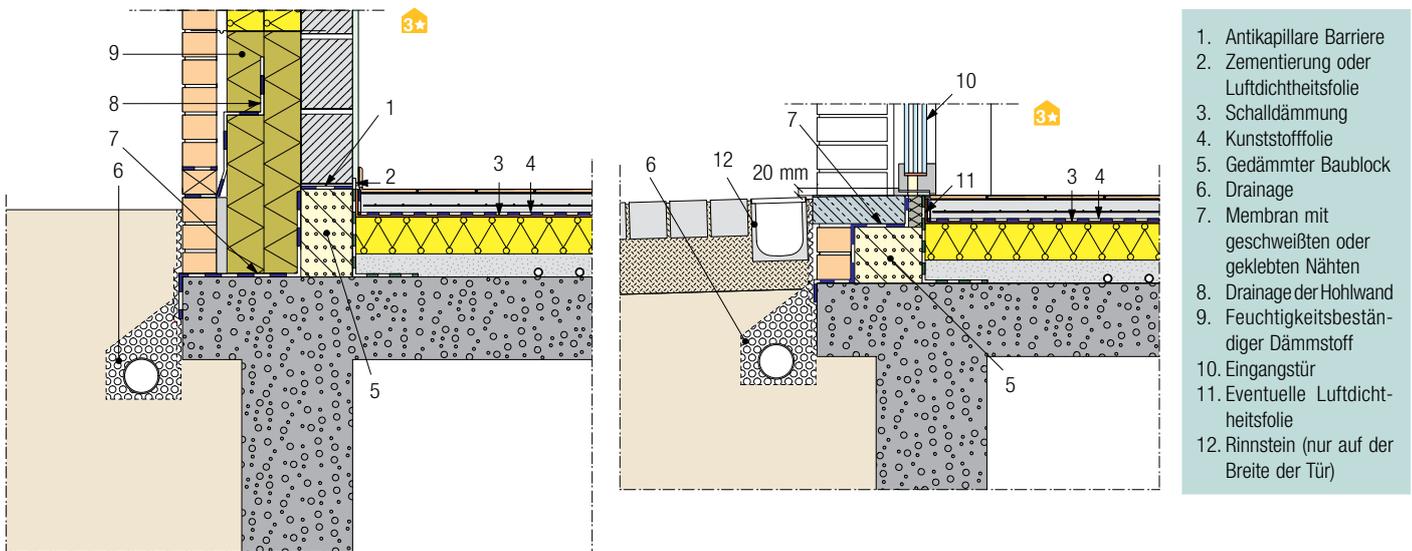


3 | Tür mit einem festen Unterprofil.

schmelzender Schnee oder durch den Wind herangetragenes Regenwasser über die Unterseite der Tür eindringt. Das Anbringen eines festen Unterprofils ermöglicht diese Problematik in einem gewissen Maße in den Griff zu bekommen (siehe Abbildung 3).

In dem Fall kann man nur eine gute Zugänglichkeit erreichen, wenn das Unterprofil in die Schwelle eingebaut wird oder eine begrenzte Höhe aufweist. In diesem letzten Fall spricht man nicht von einem Eingang ,ohne Niveauunterschied', sondern von einer Tür ,mit einem geringen Niveauunterschied' (siehe Tabelle B).

Das Vorhandensein eines Unterprofils ermöglicht außerdem, die Luftdichtheit der Schreinerarbeit zu verbessern und kann – sofern es aus einem dämmenden Material aufgebaut oder thermisch unterbrochen ist – die Wärmebrücke in Höhe der Schreinerarbeit begrenzen.



1. Antikapillare Barriere
2. Zementierung oder Luftdichtheitsfolie
3. Schalldämmung
4. Kunststoffolie
5. Gedämmter Baublock
6. Drainage
7. Membran mit geschweißten oder geklebten Nähten
8. Drainage der Hohlwand
9. Feuchtigkeitsbeständiger Dämmstoff
10. Eingangstür
11. Eventuelle Luftdichtheitsfolie
12. Rinnstein (nur auf der Breite der Tür)

2 | Kombination von einer Abdichtung unter der Schwelle, einem Drainagesystem am Mauerfuß und einer Drainage der Hohlwand oberhalb der Geländeoberfläche.



Es ist somit deutlich geworden, dass in der weiteren Entwicklung von Lösungen, die eine Antwort auf all diese Herausforderungen bieten können, ein großes Innovationspotenzial liegt.

3 Die Tür zu einer Dachterrasse

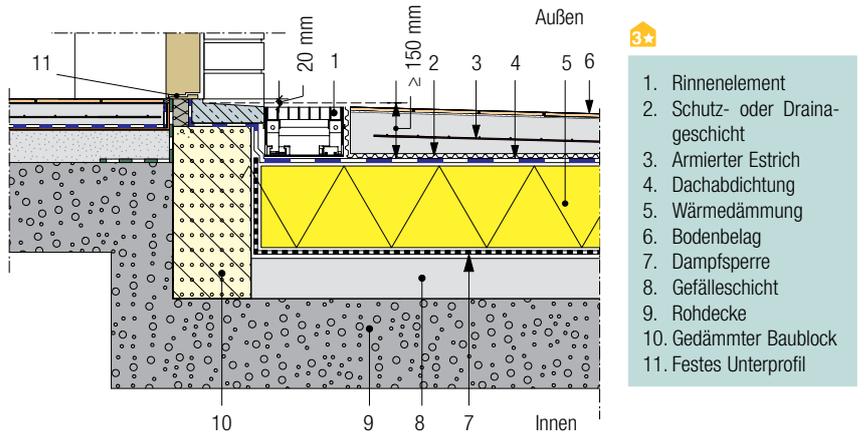
Eine vergleichbare Situation kann beim Zugang zu einer Dachterrasse auftreten (siehe die allgemeinen Prinzipien aus der TI 244). Es wird in diesem Zusammenhang ein Unterschied gemacht zwischen Bodenbelägen, die auf einen Estrich geklebt sind (siehe Abbildung 4), und Systemen auf Plattenhaltern (siehe Abbildung 5). In beiden Fällen empfiehlt es sich, das Risiko in Bezug auf eine Wasserstagnation zu begrenzen, und zwar indem ein Rost direkt vor der Schreinerarbeit angebracht wird. Auf diese Weise kann die geringe Höhe der Abdichtungsaufkantung etwas kompensiert werden. Dieses Detail bleibt jedoch mit einem gewissen Risiko behaftet, vor allem wenn es sich in einem Fassadenteil befindet, das dem Schlagregen ausgesetzt ist.

Die Abbildung 6 zeigt wiederum eine traditionelle Ausführung mit einer Aufkantung von 50 mm (bei einem nichthaftenden Bodenbelag) bzw. 150 mm (bei einem haftenden Bodenbelag).

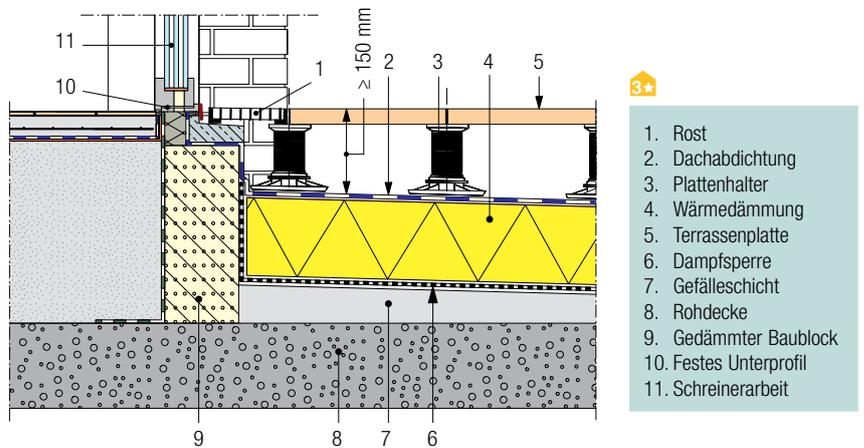
Das Anbringen eines festen Unterprofils kann auch in dieser Situation einen positiven Einfluss auf die Luftdichtheit, die Regendichtheit und die Wärmedämmung haben (siehe Abbildungen 4 und 5).

In der TI 244 werden noch eine Reihe zusätzlicher zu beachtender Punkte für die Ausführung von Dachterrassen aufgeführt. So muss die Drainage der Hohlwand unter dem Rahmen oder unter der Schwelle mit der Dachabdichtung verträglich sein. Bei einem haftenden Terrassenbodenbelag muss man der Wasserableitung an der Rinne ausreichende Aufmerksamkeit schenken. Diese Letztere kann, falls erforderlich, über die gesamte Länge der Terrasse ausgeführt und mit einem Ableitungssystem an der Seite versehen werden. Es darf weder ein Hindernis für die Drainage der Hohlwand darstellen (siehe Abbildung 7, S. 17), noch die Funktion der Ableitungsvorrichtung für die Terrasse übernehmen. Denn die Rinne dient nur dazu, das Risiko in Bezug auf Wasserinfiltrationen in Höhe der Schreinerarbeit zu verringern.

Die von der Rinne aufzunehmende und



4 | Anschluss zwischen einer Tür und einer Dachterrasse, bei der der Bodenbelag auf einen armierten Estrich geklebt ist.



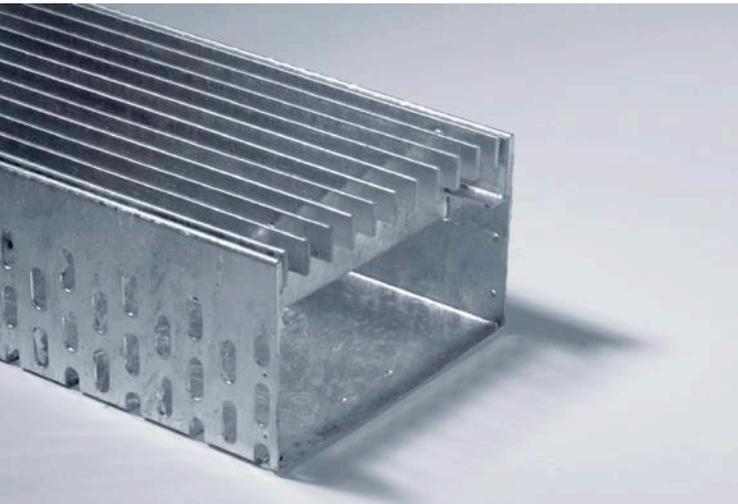
5 | Anschluss zwischen einer Tür und einer Dachterrasse mit Platten auf Plattenhaltern.

	Die Abdichtung läuft ohne Unterbrechung unter und hinter der Schwelle durch	Die Abdichtung wird unter der Schwelle unterbrochen (Ausführung mit einer Metallverwahrung)
Haftender Bodenbelag	<p>1★ oder 0★</p> <p>≥ 150 mm</p>	<p>0★</p> <p>≥ 150 mm</p>
Nichthaftender Bodenbelag	<p>2★</p> <p>≥ 50 mm</p> <p>≥ 150 mm</p>	<p>2★</p> <p>≥ 50 mm</p> <p>≥ 150 mm</p>

6 | Traditioneller Anschluss zwischen einer Tür und einer Dachterrasse mit einer Aufkantung von 50 bzw. 150 mm.

abzuleitende Abflussmenge muss auf die zu erwartenden Abflussmengen abgestimmt werden, und zwar in Abhängigkeit der Menge

an Wasser, das an diesem Ort von der Fassade abfließt, und der maximalen Wasserhöhe. Die Terrasse selbst muss mit ausreichend großen



7 | Beispiel für einen perforierten Rost, der die Wasserableitung nicht behindert.

man auf einen erhöhten Bodenbelag (Platten auf Plattenträger, Terrassenbelag aus Holz, ...) zurückgreifen, der in Höhe des Anschlusses mit der Schwelle eine ausreichend offene Struktur haben muss (z.B. durch einen integrierten Rost), um die schnelle Ableitung des Regenwassers sicherzustellen. Ferner muss eine Fuge mit einer ausreichenden Breite (≥ 20 mm) zwischen der ersten Platte und der Aufkantung gelassen werden. Eventuelle Wasserstagnationen können dadurch vermieden werden, dass in Höhe der Abdichtung (oder in Höhe des Betons, wenn dieser Letztere als Abdichtung fungiert) ein Gefälle vorgesehen wird, das von der Tür weg führt (siehe Abdichtung 8).

Abweichungen von dieser Regel sind nur zulässig, wenn der Balkon gegen Niederschlag geschützt wird (z.B. mithilfe eines Vordaches).

Die Abdichtung und die Aufkantung an der Fassadenseite muss vorzugsweise höher liegen als der freie Balkonrand, um zu verhindern, dass bei einer Verstopfung der Ableitungsvorrichtung Wasser in den Gebäudeinnenraum eindringen kann. ■

S. Danschutter, Ir.-Arch., Laboratorium Nachhaltige Entwicklung, und J. Wijnants, Ing., Abteilung Technische Gutachten, WTB

Dieser Artikel wurde im Rahmen des Technologischen Beratungsdienstes 'Eco-construction et développement durable' in der Region Brüssel-Hauptstadt verfasst.

Ableitungssystemen und Wasserspeichern versehen sein. Schließlich ist es wichtig, dass die Rinne in regelmäßigen Abständen gewartet wird, um Verstopfungen zu vermeiden.

Ein solcher Ansatz erfordert somit eine gewisse Aufmerksamkeit und eine adäquate Koordination vor, während und nach der Ausführung.

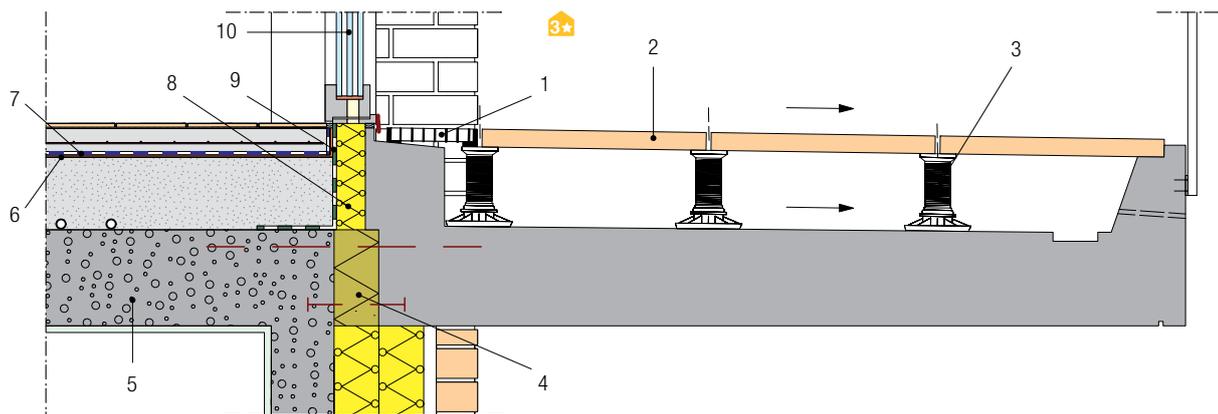
4 Die Tür zu einem Balkon

Auch bei Balkonen kann eine gute Zugänglichkeit erforderlich sein. Dies gilt besonders für Pflegeeinrichtungen oder für individuelle betreute Wohnungen, die nur über Galerien

zugänglich sind. Obwohl es diesbezüglich vorerst keine gesetzlichen Verpflichtungen gibt, ist man bestrebt – angesichts der Überalterung der Bevölkerung – auch für Balkone von Privatwohnungen immer häufiger den Zugänglichkeitsaspekt zu berücksichtigen.

Eine theoretische Abdichtungsaufkantung (†) von mindestens 150 mm empfiehlt sich bei Balkonen allerdings, um die Wasserdichtheit zu gewährleisten. Dies gilt vor allem, wenn deren Gefälle aus Komfortgründen (z.B. um den Schiefstand von Terrassenmöbeln zu verhindern) auf ein Minimum begrenzt wurde.

Um eine gute Zugänglichkeit zu erhalten, kann



1. Rost	2. Terrassenplatte	3. Plattenhalter	4. Anker mit thermischer Trennung	5. Rohdecke
6. Schalldämmung	7. Kunststoffolie	8. Wärmedämmung	9. Luftdichtheitsfolie	10. Schreinerarbeit

8 | Balkon mit einem zugänglichen Eingang.

(†) Die Abdichtung kann bei auskragenden Balkonen, die den Innenraum und den Außenraum nicht voneinander trennen, auch durch den Beton sichergestellt werden. Dieser Letztere muss in dem Fall eine Aufkantung von 150 mm aufweisen.



Baudetails spielen beim akustischen Entwurf von Gebäuden eine nicht zu unterschätzende Rolle. Denn sie haben nicht nur einen Einfluss auf die Schalldämmung hinsichtlich des Außenlärms, sondern auch auf die Schalldämmung zwischen den Räumen in einem Gebäude. Dieser Artikel geht näher darauf ein und weist nach, dass die in der Norm festgelegten Komfortniveaus für die Schalldämmung unter der Voraussetzung einer durchdachten Wahl und einer angepassten Ausarbeitung der Baudetails realisierbar sind.

Der Einfluss von Baudetails auf die Schalldämmung von Gebäuden

1 Luft- und Kontaktgeräusche

Bei einer Schalldämmung muss in erster Linie die Art der Geräusche identifiziert werden, gegen die wir uns schützen möchten. In Abhängigkeit der Schallquelle wird zwischen Luft- und Kontaktgeräuschen unterschieden:

- **Luftgeräusche** entstehen in der Luft und werden durch Luftschwingungen an die Gebäudestruktur übertragen (z.B. Unterhaltungsgeräusch, Geräusch von Radio, Fernsehen und Verkehr)
- **Kontaktgeräusche** sind dagegen die Folge des Kontakts zwischen Gegenständen und Bauelementen und verursachen eine direkte Schwingung der Gebäudestruktur (z.B. Gehschall; das Geräusch von Stühlen, die auf dem Boden verschoben werden; fallende Gegenstände).

Ein anderer Unterschied lässt sich danach vornehmen, ob sich die Schallquellen außerhalb oder innerhalb des Gebäudes befinden. Wir sprechen dann von **Fassadenschalldämmung** (§ 3) bzw. von **Schallübertragung zwischen zwei Räumen** (§ 4). Der Begriff ‚Baudetail‘ wird in beiden Fällen eine unterschiedliche akustische Auslegung bekommen.

2 Bauakustische Normen

In Belgien werden die Leistungsanforderungen für die Fassadenschalldämmung und die Luft- und Kontaktschalldämmung in Gebäuden in einer Reihe von Normen festgelegt, die auf Basis des Gebäudetyps unterteilt sind. So erschien 2008 die Norm NBN S 01-400-1, die die akustischen Kriterien für Wohngebäude festlegt. 2012 erschien eine ähnliche Norm für Schulgebäude (NBN S 01-400-2).

Momentan wird an einem dritten Teil (NBN S 01-400-3) gearbeitet, in dem die Leistungsan-

A | Beispiele, die den Unterschied zwischen den Begriffen ‚luftdicht‘ und ‚schalldicht‘ illustrieren.

Kriterium		Luftdicht?	
		Ja	Nein
Schalldicht?	Ja	Silikonkittfuge, Putz	akustisch gedämpftes Lüftungsgitter
	Nein	dünne Folie, PUR-Schaum	offene Ritze, poröses Mauerwerk

forderungen für die übrigen Nichtwohngebäudetypen aufgenommen werden sollen. Vorerst muss man in diesem Zusammenhang jedoch noch stets die alten Normen NBN S 01-400 (1977) und NBN S 01-401 (1987) heranziehen.

In der Norm für Wohngebäude (NBN S 01-400-1) wird zwischen zwei Komfortniveaus unterschieden, nämlich einem **normalen akustischen Komfort** (NAK) und einem **erhöhten akustischen Komfort** (EAK). Das NAK-Niveau kann als das minimale Qualitätsniveau betrachtet werden, bei dem mindestens 70 % der Nutzer zufrieden sind mit der erreichten Luft- und Kontaktschalldämmung bei einer normalen Lärmbelastung für traditionelle, schwere und steinige Bauweisen (1). Das EAK-Niveau strebt eine Zufriedenheit bei mehr als 90 % der Nutzer an (siehe [Les Dossiers du CSTC 2012/2.18](#)).

In den folgenden Teilen der neuen Normenreihe wird nur noch ein Leistungsniveau vorgesehen. Die darin formulierten Anforderungen werden jedoch jedes Mal verschärft werden, wenn strengere akustische Randbedingungen gelten.

3 Fassadenschalldämmung

3.1 Fassadenbaudetails

Wenn wir die Luftschalldämmung zwischen einem Raum und der äußeren Umgebung

einmal näher betrachten, müssen wir feststellen, dass das erreichte Dämmniveau von den ‚akustisch schwächeren‘ Fassadenelementen (z.B. Fenster, Lüftungsöffnungen und Dachkonstruktionen) stark abhängig ist. In Umgebungen mit einer größeren Lärmbelastung muss man sich daher für akustisch verbesserte Varianten der oben erwähnten Bauelemente entscheiden. In dem Maße, wie sich die Akustikleistungen dieser Elemente erhöhen, wird auch deren korrekter Anschluss untereinander sowie deren Anschluss an dem restlichen Rohbau wichtiger. Solche Anschlüsse können als lineare akustische Baudetails betrachtet werden. Lüftungsöffnungen sind dagegen als punktuelle akustische Baudetails zu betrachten.

Dort wo schlecht ausgeführte Baudetails in einem energetischen Kontext zu zusätzlichen Wärmeverlusten oder Luftlecks führen, können Sie in einem akustischen Kontext Schalllecks zur Folge haben. In diesem Zusammenhang ist es wichtig darauf hinzuweisen, dass ein luftdichter Anschluss nicht zwangsläufig schalldicht ist und umgekehrt. Dies wird anhand der Beispiele aus Tabelle A illustriert.

3.2 Klassifikation von Fassadenbaudetails

Die von der Norm NBN S 01-400-1 auferlegten Leistungsanforderungen an die Fassaden-

(1) Die Leistungsanforderungen der Norm NBN S 01-400-1 ermöglichen es dagegen nicht, ein ausreichend hohes akustisches Komfortniveau für leichte Bauweisen zu gewährleisten/garantieren.



schalldämmung sind in dem Maße strenger, wie die betreffenden Fassadenflächen einer stärkeren Lärmbelastung ausgesetzt sind. So werden in der Norm vier **Außenlärmklassen** unterschieden. Es ist selbstverständlich, dass einige Fassadenbaudetails nicht länger anwendbar sind, wenn der Umgebungslärm einen bestimmten Schwellenwert übersteigt. Es kann mit anderen Worten nützlich sein, die verschiedenen Fassadenbaudetails je nach ihrer Brauchbarkeit in den oben erwähnten Außenlärmklassen zu bewerten (Tabelle B). Die Leistungsbewertung könnte in diesem Zusammenhang Details von Gebäuden zugewiesen werden, die keine einzige Anforderung erfüllen müssen.

3.3 Fassadenbaudetails zwischen einem Fenster und einer Hohlwand

Beispielhaft zeigt die Abbildung 1 einen Vertikalschnitt eines thermisch leistungsfähigen Fassadenbaudetails in Form des Anschlusses zwischen einem Fenster und einer Hohlwand.

Wenn man jedoch für dieses Detail eine Leibung der Fensteröffnung aus leichten Materialien, in Kombination mit einer leichten, steifen Hohlraumfüllung, wählt, lässt sich nur noch eine Außenlärmklasse 1 anwenden.

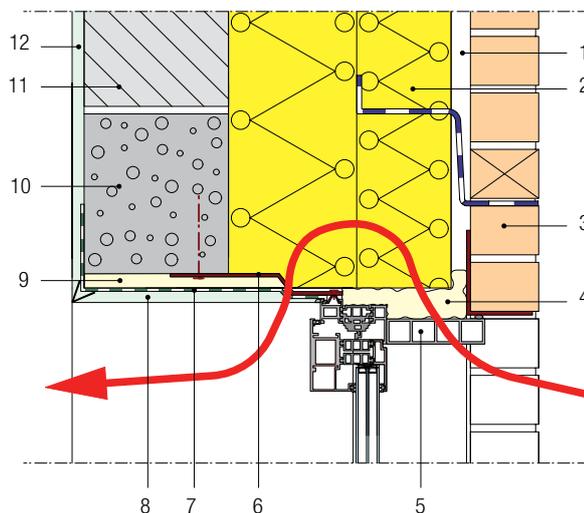
4 Luft- und Kontaktschallübertragung in Gebäuden

4.1 Baudetails in Gebäuden

In § 1 sahen wir, dass die Vibrationen in Bauelementen sowohl durch Luftschallquellen als auch durch Kontaktschallquellen erzeugt werden können. Diese Vibrationen werden einerseits durch die Bauelemente als wahrnehmbarer Schall an die Nachbarräume abgestrahlt. Andererseits können sie auch über die Verbindungen der Elemente an die anderen Bauelemente weitergeleitet werden, die die Vibrationen wiederum an die anderen Räume des Gebäudes übertragen können. Deshalb können in bestimmten Räumen Geräusche hörbar sein, die von Schallquellen aus einem viel weiter entfernten Raum stammen. Aus akustischer Hinsicht können die linearen Baudetails – bei denen im Allgemeinen zwei bis vier verschiedene Elemente aufeinandertreffen – mit anderen Worten als ‚Verkehrsknoten‘ für die Fortpflanzung von Vibrationen über die Gebäudestruktur hinweg betrachtet werden.

B | Anwendungsgebiet von Baudetails in Abhängigkeit der *in situ* zu erreichenden Fassadenschalldämmung, um bei einem Wohnzimmer, das nur an einer Seite dem Außenlärm ausgesetzt ist, einem normalen akustischen Komfort entsprechen zu können (NBN S 01-400-1).

Außenlärmklasse	Beschreibung	Minimale Fassadenschalldämmung (NAK)
1	Ruhige ländliche Wege und Straßen, ruhige Siedlungen mit örtlichem Verkehr oder Stadtstraßen mit geringem örtlichem Verkehr	$D_{Atr} \geq 26$ dB
2	Asphaltierte Stadtstraßen mit normalem Verkehr, mit einer Fahrspur pro Fahrtrichtung	$D_{Atr} \geq 31$ dB
3	Intensiver und zählflussiger Verkehr	$D_{Atr} \geq 36$ dB
4	Stadtstraßen mit sehr intensivem Verkehr, stark befahrene Straßen mit einer Straßendecke aus Beton, Bundesstraßen, Einfallstraßen zu größeren Städten und Verbindungsstraßen mit regelmäßigem Schwerverkehr zu Industriegebieten	$D_{Atr} \geq 43$ dB



1. Luftzwischenraum
2. Wärmedämmung
3. Verblendmauerwerk
4. PUR-Schaum
5. Hohlraumschließung
6. Halterung der Schreinerarbeit
7. Luftdichtheitsmembran
8. Deckputzschicht
9. Eventuelle Dämmplatte
10. Fenstersturz
11. Tragendes Mauerwerk
12. Innenputz

1 | Thermisch leistungsfähiger Anschluss zwischen einem Fenster und einer Hohlwand. Der rote Pfeil gibt das mögliche Schalleck an.

4.2 Direkte und indirekte Schallübertragung

Bei der Luft- und Kontaktschallübertragung zwischen zwei angrenzenden Räumen wird häufig – zu Unrecht – nur an die direkte Übertragung von Geräuschen über die Grenz- wand oder die durchgehende Decke gedacht. Das Geräusch kann allerdings auch über andere indirekte Übertragungswege zum angrenzenden Raum gelangen. Der Anteil der indirekten Übertragung bezogen auf die Gesamtschallübertragung nimmt in dem Maße zu, wie die direkte Schalldämmung der Trennkonstruktion besser wird. Die indirekte Übertragung wird in dem Fall somit für die maximal erreichbare Schalldämmung *in situ* ausschlaggebend sein.

Die indirekte Schallübertragung kann nicht nur durch eine Vibrationsübertragung von dem einen Bauelement auf das andere (d.h. durch die **flankierende Schallübertragung**) erfolgen, sondern auch durch **indirekten Schall** (d.h. durch Übertragung von Geräuschen über angrenzende Räume, die äußere Umgebung oder das Lüftungssystem) (siehe diesbezüglich *Les Dossiers du CSTC 2013/3.16*). Diese letzte Problematik ist jedoch nicht weiter Gegenstand dieses Artikels.

Der proportionale Anteil der Vibrationen, der im Falle einer flankierenden Schallübertragung weitergeleitet wird, ist unter anderem vom Typ des Baudetails (T-, Kreuz- oder Eckverbindung) und den Massenverhältnissen der Bauteile, die dort zusammen-

treffen, abhängig. In der Normenreihe NBN EN 12354-1 bis -5 findet man Rechenmodelle für diese komplexe Materie. Die flankierende Schallübertragung wird in vielen Fällen in dem Maße kleiner werden, wie die beteiligten Bauelemente schwerer sind.

Die meisten Wege der flankierenden Schallübertragung können größtenteils dadurch unterbunden werden, dass die Bauelemente in Höhe der Baudetails mittels einer schwingungsdämpfenden Entkopplung entkoppelt werden. Die flankierende Schallübertragung lässt sich auch dadurch begrenzen, dass eine unabhängige Vorsatzkonstruktion vor dem betreffenden Bauelement an der Sendeseite und/oder der Empfangsseite angeordnet wird. Im Folgenden dieses Artikels werden beide Strategien ausführlicher beschrieben.

4.3 Luftschallübertragung

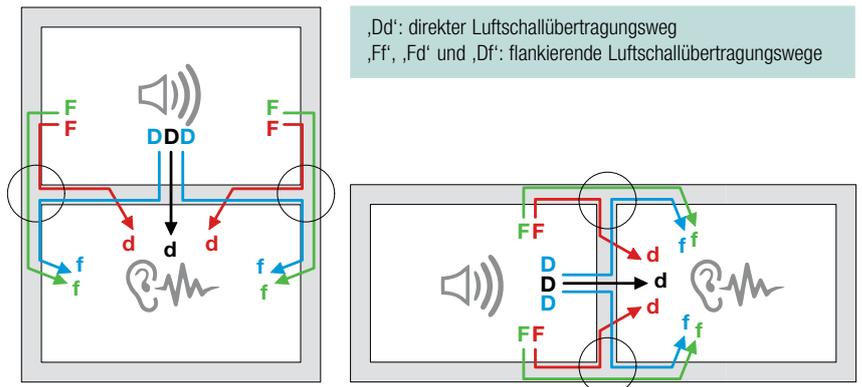
Bei der direkten Luftschallübertragung zwischen zwei angrenzenden Räumen sorgen die Schallwellen dafür, dass die Trennkonstruktion (Decke oder Wand) an der Sendeseite zum Vibrieren gebracht wird. Die Trennkonstruktion sorgt ihrerseits dafür, dass die Vibrationen erneut als Schall an der Empfangsseite abgestrahlt werden. In der Abbildung 2 wird dieser **direkte Übertragungsweg** durch den schwarzen Pfeil und die Buchstaben „Dd“ angedeutet.

Die Wege der **flankierenden Übertragung** zwischen zwei angrenzenden Räumen werden in der Abbildung 2 mithilfe von farbigen Pfeilen in den zwei sichtbaren Baudetails zu jedem Schnitt angedeutet. Um die Schallübertragungswege genau identifizieren zu können, werden die Wände auf der Sendeseite mit einem Großbuchstaben und die auf der Empfangsseite mit einem Kleinbuchstaben bezeichnet. Die Trennelemente werden mit den Buchstaben „D“ und „d“, die flankierenden Wände oder Decken mit den Buchstaben „F“ und „f“ benannt.

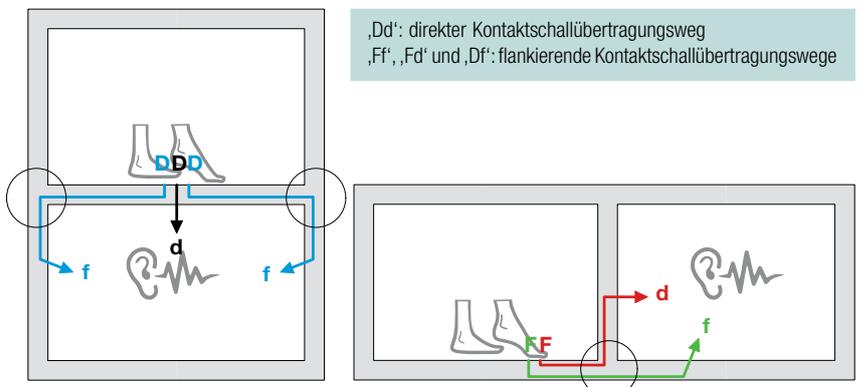
Für einen Raum, der durch vier Wände (zwei Mauern, eine Decke und eine Bodenplatte) begrenzt wird, die bis zum angrenzenden Raum durchlaufen, entstehen also 12 flankierende Luftschallübertragungswege (drei Übertragungswege je Baudetail: „Ff“, „Fd“ und „Df“) und ein direkter Luftschallübertragungsweg („Dd“).

4.4 Kontaktschallübertragung

Bei der Kontaktschallübertragung werden



2 | Luftschallübertragungswege in vertikaler (links) und horizontaler Richtung (rechts). Der Luftschall gelangt zum angrenzenden Raum, und zwar über den direkten Übertragungsweg („Dd“), aber auch über 12 flankierende Übertragungswege (drei je Baudetail). Auf dieser Abbildung sind je Richtung jeweils nur zwei Baudetails sichtbar.



3 | Kontaktschallübertragungswege zwischen zwei übereinander (links) und zwei nebeneinander (rechts) liegenden Räumen. Bei übereinander liegenden Räumen gibt es außer dem direkten Übertragungsweg („Dd“) auch noch maximal vier flankierende Übertragungswege („Ff“) (einer je Baudetail). Auf dieser Abbildung sind nur zwei der vier Baudetails dargestellt. Bei nebeneinander liegenden Räumen gibt es nur zwei flankierende Übertragungswege („Fd“ und „Ff“).

die Bauelemente (Böden, Treppen) direkt zum Vibrieren gebracht. Bei übereinander liegenden Räumen werden diese Vibrationen nicht nur von der Deckenplatte abgestrahlt (**direkte Kontaktschallübertragung**), sondern auch von allen Wänden, die mit der Deckenplatte in Kontakt stehen. Diese **flankierende Kontaktschallübertragung** auf den darunterliegenden Raum kommt je Baudetail nur über einen einzigen Übertragungsweg zustande: nämlich über den Weg „Df“ von der Bodenplatte auf die tragende Wand. Bei einer vierseitig aufliegenden Bodenplatte führt dies zu maximal vier flankierenden Übertragungswegen. Dies bedeutet jedoch keineswegs, dass die flankierende Kontaktschallübertragung vernachlässigbar wäre. Denn dadurch dass die Vibrationen direkt in die Bodenstruktur eingebracht werden, ist deren Größenordnung um ein Vielfaches größer als bei einer Luftschallübertragung. Die Anbringung einer abgehängten Decke allein wird deshalb nicht ausreichen, um einen befriedigenden akustischen Komfort zu bekommen. Alle Decken

von Appartements müssen folglich mit einem ausreichend schweren schwimmenden Estrich versehen werden, der auf einer Schicht mit ausreichenden schwingungsdämpfenden Eigenschaften ruht. Wie die Abbildung 3 zeigt, ist dies eine effiziente Maßnahme, um sowohl die direkte als auch die flankierende Schallübertragung an der Quelle wesentlich zu verringern. Die Anbringung des schwimmenden Estrichs muss äußerst sorgfältig erfolgen, da dieser auch eine entscheidende Rolle bei der Luftschalldämmung spielt (siehe [Les Dossiers du CSTC 2009/3.15](#)).

Zwischen zwei nebeneinander liegenden Räumen ist nur ein relevantes Baudetail vorhanden (nämlich der Schnittpunkt zwischen der Grenzmauer und der Bodenplatte) und kann man insgesamt nur zwei flankierende Kontaktschallübertragungswege unterscheiden, nämlich „Ff“ und „Fd“. Bei einer nicht sorgfältigen Ausführung des schwimmenden Estrichs wird der erhöhte akustische Komfort jedoch auch hier meistens nicht erreicht werden.



4.5 Schlüsselrolle von Baudetails bei akustischen Baukonzepten

Um eine gute Schalldämmung zwischen zwei Räumen zu erreichen, reicht es nicht aus, eine Grenzmauer oder einen durchgehenden Boden vorzusehen, die bzw. der optimal gedämmt ist. Es müssen auch Überlegungen hinsichtlich der flankierenden Schallübertragungswege angestellt werden. Die Schalldämmung *in situ* kann anhand der Normen NBN EN 12354-1 und -2 und auf Basis der Produkteigenschaften, die im Labor für die Bestandteile der Konstruktion bestimmt wurden, **berechnet** werden. Es handelt sich hierbei um einen komplexen Prozess, der noch nicht auf alle Typen von Baudetails anwendbar ist und wofür fundierte akustische Kenntnisse nötig sind.

Als Alternative zu diesen Berechnungen könnte man auch auf den ‚Robust Details‘-Ansatz zurückgreifen (für weitere Informationen verweisen wir auf die betreffende TI, die gegenwärtig vorbereitet wird). Diese ursprünglich für den Wohnungsbau entwickelten **Baukonzepte** basieren auf gängigen Bauweisen, bei denen den Bauteilen technische Anforderungen so auferlegt werden, dass man das geforderte Komfortniveau (NAK oder EAK) auf der Grundlage sicherer Berechnungen erreichen kann. Im Rahmen der Baukonzepte werden spezifische Bauelemente und Ausführungsdetails genutzt (z.B. Fundamente, schwimmende Estriche, ...).

4.6 Einfluss von Baudetails auf die Schalldämmung zwischen Appartements

In der Tabelle C (S. 22-23) wird der Einfluss der Ausarbeitung der Baudetails ‚Platte-Trennwand‘, ‚Platte-tragende Wände‘ und ‚tragende Wände-Trennwand‘ auf das zu erwartende akustische Komfortniveau für verschiedene Appartementkonzepte untersucht. Sowohl die horizontale als auch die vertikale Schalldämmung bezüglich der Luft- und Kontaktgeräusche wird hier analysiert.

In der Tabelle D werden Beispiele für Materialien angegeben, die es ermöglichen, die in der Tabelle C erwähnten minimalen Oberflächenmassen zu erreichen.

Schließlich sind in der Tabelle E die Anforderungen aus der Norm NBN S 01-400-1 aufgeführt, die es gestatten, die Leistungskriterien für einen normalen und einen erhöhten akustischen Komfort zwischen Appartements zu erfüllen (Les Dossiers du CSTC 2012/2.18).

D | Beispiele von Materialien, mit denen es möglich ist, die in der Tabelle C erwähnten minimalen Oberflächenmassen zu erreichen (*).

Minimale Oberflächenmasse	Mögliches Material
700 kg/m ²	30 cm armierter Beton
600 kg/m ²	26 cm armierter Beton
500 kg/m ²	22 cm armierter Beton
400 kg/m ²	17 cm armierter Beton
370 kg/m ²	21 cm Kalksandsteinelemente
300 kg/m ²	13 cm armierter Beton
260 kg/m ²	15 cm Kalksandsteinelemente / 14 cm schwere massive Betonblöcke
200 kg/m ²	15 cm leichte Kalksandsteinblöcke / 14 cm schwere Betonhohlblöcke
160 kg/m ²	14 cm schwerer Mauerziegel / 10 cm schwere Kalksandsteinblöcke
125 kg/m ²	14 cm Mauerziegel

(*) Für die Trennwände und die tragenden Wände wird davon ausgegangen, dass auch immer eine Putzschicht vorhanden ist.

E | Leistungskriterien für einen normalen und einen erhöhten akustischen Komfort zwischen Appartements nach der Norm NBN S 01-400-1.

Senderraum außerhalb der Wohnung	Empfangsraum innerhalb der Wohnung	Normaler akustischer Komfort (NAK)	Erhöhter akustischer Komfort (EAK)
Beliebiger Raum	Beliebiger Raum außer einem Technikraum oder einer Eingangshalle	<ul style="list-style-type: none"> Luftschalldämmung: $D_{nT,w} \geq 54$ dB Kontaktschalldämmung: $L'_{nT,w} \leq 54$ dB (*) 	<ul style="list-style-type: none"> Luftschalldämmung: $D_{nT,w} \geq 58$ dB Kontaktschalldämmung: $L'_{nT,w} \leq 50$ dB

(*) Wenn der Empfangsraum kein Schlafzimmer ist oder wenn sowohl der Senderraum als auch der Empfangsraum ein Schlafzimmer ist, darf dieser Wert auf 58 dB erhöht werden.

Akustische Klassifikation von Baudetails

Obwohl eine akustische Klassifikation von Baudetails (z.B. auf Basis des Vibrationsdämpfungswerts K_{ij} ; siehe hierfür die Normen NBN EN 12354-1 bis -5) durchaus möglich ist, ist dies faktisch nur wenig sinnvoll, da das Schalldämmniveau zwischen zwei Räumen stets durch mehrere Baudetails zugleich bestimmt wird.

Eine Rangfolge der verschiedenen Baukonzepte auf Basis der Zufriedenheitsrate der Bewohner kann dagegen schon nützlich sein. Denn aus den psychoakustischen Studien, die den Ausgangspunkt für den Entwurf der Norm NBN S 01-400-1 bildeten, hat sich ergeben, dass die Anzahl der zufriedenen Personen um jeweils ca. 5 % steigt, wenn die Schalldämmung um 1 dB zunimmt. Dies erklärt zugleich, warum der Unterschied hinsichtlich der Leistungsanforderung zwischen einem normalen (NAK / 2★ / Zufriedenheitsrate von 70 %) und einem erhöhten akustischen Komfort (EAK / 3★ / Zufriedenheitsrate von 90 %) 4 dB beträgt.

Wenn keine Leistungsanforderungen gestellt werden (z.B. bei einer Renovierung ohne Baudossier), könnte man demzufolge die Bewertung 1★ einem Luft- und Kontaktschalldämmniveau zuweisen, das 4 dB niedriger liegt als der normale akustische Komfort (NAK - 4 dB / 1★). In Analogie hierzu könnte man die Bewertung 4★ einem Luft- und Kontaktschalldämmniveau zuweisen, das 4 dB höher liegt als der erhöhte akustische Komfort (EAK + 4 dB / 4★). Dieses extrem hohe Dämmniveau findet man nur bei sehr spezifischen Situationen (z.B. bei Aufnahmestudios, Konzertsälen, ...). Ein Detail mit der Bewertung 0★ könnte wiederum für Gebäude reserviert werden, bei denen die Schalldämmung kein vorrangiges Kriterium ist.



C | Einfluss der Ausarbeitung der Baudetails ‚Platte-Trennwand‘, ‚Platte-tragende Wände‘ und ‚tragende Wände-Trennwand‘ auf das akustische Komfortniveau für verschiedene Apartmentkonzepte. Die Pfeile stellen die wichtigsten Luftschallübertragungswege dar.

Betrachtetes Apartmentkonzept		Angestrebtes akustisches Komfortniveau			
		Normaler akustischer Komfort (NAK) 2★	Erhöhter akustischer Komfort (EAK) 3★		
		Minimale Oberflächenmasse [kg/m ²]			
Ausgangssituation	Gussbetonbau	Tragplatte	400	500	
		Grenzmauer	500	600	
		<ul style="list-style-type: none"> Da die Schallübertragung über nahezu alle flankierenden Übertragungswege auftreten kann, wird das erreichte Schalldämmniveau relativ gering sein. Außerdem ist dieses Konzept aus thermischer Hinsicht nicht zu empfehlen: denn der U-Wert der Trennwand muss auf 1 W/m²K begrenzt bleiben. Dies bedeutet, dass man entweder Vorsatzkonstruktionen oder gedämmte Hohlwände nutzen muss (wärmegeämmte steinige poröse Materialien erweisen sich nämlich als zu leicht, um den akustischen Anforderungen entsprechen zu können). 			
Betrachtetes Apartmentkonzept		Angestrebtes akustisches Komfortniveau			
		Normaler akustischer Komfort (NAK) 2★	Erhöhter akustischer Komfort (EAK) 3★		
		Minimale Oberflächenmasse [kg/m ²]			
Lösungen mit nicht unterbrechbarer Bodenplatte	Vorsatzwand vor einer Grenzmauer (siehe Les Dossiers du CSTC 2014/3-13)	Tragplatte	400	500	600
		Trennwand (eine Schale ohne Vorsatzwand) und tragende Wände	160	370	260
		<ul style="list-style-type: none"> In horizontaler Richtung sind die flankierenden Übertragungswege über das T-Wanddetail entweder unterbrochen, oder durch die Vorsatzwand der Grenzmauer geschützt. In dem Fall sind es jedoch die flankierenden Übertragungswege über die Deckenplatte ‚Ff‘ und ‚Df‘, die für die erreichte Schalldämmung ausschlaggebend sind. In vertikaler Richtung wird die Schalldämmung durch den direkten Schallübertragungsweg ‚Dd‘ und die flankierenden Schallübertragungswege ‚Ff‘ und ‚Fd‘ bestimmt. 			
Lösungen mit nicht unterbrechbarer Bodenplatte	Akustische Wandstreifen über und unter den tragenden Wänden	Tragplatte	400	500	
		Trennwand (eine einzige Wandschale) und tragende Wände	125	125	
		<ul style="list-style-type: none"> In horizontaler Richtung wird die Schalldämmung hauptsächlich durch den flankierenden Übertragungsweg über die Deckenplatte ‚(Ff)‘ bestimmt. In vertikaler Richtung wird die Schalldämmung durch die direkte Schallübertragung über die Platte ‚Dd‘ bestimmt, angesichts der Tatsache, dass alle flankierenden Übertragungswege unterbrochen sind. 			



C | Einfluss der Ausarbeitung der Baudetails ‚Platte-Trennwand‘, ‚Platte-tragende Wände‘ und ‚tragende Wände-Trennwand‘ auf das akustische Komfortniveau für verschiedene Apartmentkonzepte. Die Pfeile stellen die wichtigsten Luftschallübertragungswege dar (Fortsetzung).

Betrachtetes Apartmentkonzept		Angestrebtes akustisches Komfortniveau											
		Normaler akustischer Komfort (NAK) 2★		Erhöhter akustischer Komfort (EAK) 3★									
		Minimale Oberflächenmasse [kg/m ²]											
Lösungen mit unterbrochenen Bodenplatten und ankerlosen Hohlwänden	Ankerlose Hohlwand und schwere tragende Wände		<table border="1"> <tr> <td>Tragplatte</td> <td>500</td> <td>600</td> <td>600</td> <td>700</td> </tr> <tr> <td>Trennwand (eine einzige Wandschale) und tragende Wände</td> <td>160</td> <td>125</td> <td>200</td> <td>160</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> In horizontaler Richtung tritt fast oder überhaupt keine flankierende Schallübertragung auf, wodurch man ein hohes Schalldämmniveau erreichen kann. In vertikaler Richtung wird die Schalldämmung durch den direkten Schallübertragungsweg ‚Dd‘ über die Platte und die flankierenden Schallübertragungswege ‚Ff‘ und ‚Fd‘ bestimmt. 	Tragplatte	500	600	600	700	Trennwand (eine einzige Wandschale) und tragende Wände	160	125	200	160
	Tragplatte	500	600	600	700								
Trennwand (eine einzige Wandschale) und tragende Wände	160	125	200	160									
Ankerlose Hohlwand und halbsschwere Wände auf akustischen Wandstreifen		<table border="1"> <tr> <td>Tragplatte</td> <td>300</td> <td>400</td> <td>500</td> <td>600</td> </tr> <tr> <td>Trennwand (eine einzige Wandschale) und tragende Wände</td> <td>160</td> <td>125</td> <td>160</td> <td>125</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> In horizontaler Richtung tritt fast oder überhaupt keine flankierende Schallübertragung auf, wodurch man ein hohes Schalldämmniveau erreichen kann. In vertikaler Richtung sind die flankierenden Schallübertragungswege ‚Ff‘ und ‚Fd‘ unterbrochen, wodurch die Schalldämmung somit hauptsächlich durch den direkten Schallübertragungsweg ‚Dd‘ bestimmt wird. 	Tragplatte	300	400	500	600	Trennwand (eine einzige Wandschale) und tragende Wände	160	125	160	125	
Tragplatte	300	400	500	600									
Trennwand (eine einzige Wandschale) und tragende Wände	160	125	160	125									

Ein leistungsfähiger schwimmender Estrich ist stets erforderlich, um die Kontaktschalldämmungsanforderungen einhalten zu können. Was die betreffenden Ausführungsrichtlinien und zusätzlichen technischen Anforderungen betrifft, verweisen wir auf die zukünftige TI zu diesem Thema, in der auch noch andere Baukonzepte Gegenstand der Betrachtung sind (u.a. für leichte Bauweisen, siehe [Les Dossiers du CSTC 2014/2.13](#)).

erweist sich bei einer Renovierung meistens als zu umständlich. Man zieht es daher vor, für die Böden, Decken und/oder Wände Vorsatzsysteme in Anspruch zu nehmen. Diese können einen beträchtlichen Einfluss auf das akustische Verhalten der Baudetails haben.

Um alle Komfortkategorien illustrieren zu können, wird in der Tabelle F (S. 24) von einer

Basisstruktur, bestehend aus einer Tragplatte und Wänden mit einer Oberflächenmasse von 300 kg/m², ausgegangen, bei der nacheinander ein schwimmender Estrich ($\Delta L_w = 24$ dB, $\Delta R_w = 7$ dB), eine abgehängte Decke ($\Delta R_w = 12$ dB) und eine oder mehrere Vorsatzwände ($\Delta R_w = 12$ dB) hinzugefügt werden, so dass man letztendlich eine Konstruktion mit einem modularen Strukturaufbau bekommt. ■

L. De Geetere, Dr. Ir., B. Ingelaere, Ir.-Arch., und M. Géhu, Ing., Abteilung Akustik, WTB

Artikel, verfasst im Rahmen der Normen-Außenstelle Akustik (mit der finanziellen Unterstützung des FÖD Wirtschaft), des Technologischen Beratungsdienstes ‚Eco-construction et développement durable‘ (bezuschusst durch InnovIRIS) und des Technologischen Beratungsdienstes ‚Matériaux et techniques de construction durables‘ (bezuschusst durch den Service public de Wallonie).

4.7 Auswirkung von Vorsatzkonstruktionen bei akustischen Renovierungen

Das Ersetzen von tragenden Bauelementen



F | Auswirkung von Vorsatzkonstruktionen auf die Luft- und Kontaktschalldämmung zwischen übereinander und nebeneinander liegenden Appartements. Neben der erreichten Komfortkategorie werden auch die Margen bezogen auf die Schwellenwerte für einen normalen und einen erhöhten akustischen Komfort angegeben. In jeder Zeichnung werden ebenfalls die Art der Schallquelle (Symbol) und der dazu gehörige Übertragungsweg (roter Pfeil) gezeigt, die für das letztendliche Komfortniveau ausschlaggebend sind.

	Schematische Darstellung	Aufbau	Bewertung	Marge
1		Basisstruktur, bestehend aus einer Tragplatte und Wänden mit einer Oberflächenmasse von 300 kg/m ²	0★	NAK - 25 dB
2		Die Basisstruktur aus 1, ergänzt um einen schwimmenden Estrich	1★	NAK - 3 dB
3		Die Konstruktion aus 2, ergänzt um eine abgehängte Decke	1★	NAK - 3 dB
4		Die Konstruktion aus 3, mit Vorsatzwänden vor der Trennwand	2★	NAK + 3 dB
5		Die Konstruktion aus 4, mit Vorsatzwänden vor den Stirnwänden des oberen Geschosses	3★	EAK
6		Die Konstruktion aus 4, mit Vorsatzwänden vor den Stirnwänden von beiden Geschossen	4★	EAK + 6 dB



Die Brandschutzverordnung übt einen wichtigen Einfluss auf die Konzeption und die Ausführung von diversen Details und Anschlüssen bei Gebäuden aus. Um die Brandausbreitung über die Fassaden zu vermeiden, muss man beispielsweise ab dem Entwurf eine Reihe gut durchdachter Entscheidungen treffen. Durchbohrungen durch feuerbeständige Wände müssen ihrerseits feuerfest abgedichtet werden. Auch die Ausführung von Abteilungswänden muss mit der notwendigen Sorgfalt erfolgen. Obwohl die Gesetzgebung noch verschiedene andere wichtige Anforderungen auferlegt, werden wir uns in diesem Artikel auf die oben erwähnten Aspekte beschränken.

Brandschutz von Details und Anschlüssen in Gebäuden

Der Königliche Erlass zur Festlegung von Grundnormen im Bereich des Brand- und Explosionsschutzes (1) vom 7. Juli 1994 und seine Änderungen (2) legen die Brandschutzanforderungen fest, denen neue Gebäude entsprechen müssen. Zu diesem Königlichen Erlass gehören sieben Anlagen, darunter Anlage 2 für niedrige Gebäude ($h < 10$ m), Anlage 3 für mittelhohe Gebäude ($10 \text{ m} \leq h \leq 25$ m), Anlage 4 für hohe Gebäude ($h > 25$ m) und Anlage 6, die spezifisch für Industriegebäude bestimmt ist.

Die letzte Überarbeitung der Grundnormen (gültig seit 1. Dezember 2012) sorgte für wichtige Änderungen hinsichtlich der belgischen Verordnung. So werden die Feuerwiderstandsanforderungen künftig gemäß den europäischen Klassen (REI (3)) angegeben, während die alte belgische Klassifizierung (RF) nicht länger anwendbar ist und nach einer Übergangszeit von 4 Jahren verschwinden wird.

Die Grundnormen gelten für alle Neubauten, mit Ausnahme von Einfamilienhäusern (4). Renovierungen sind dagegen von deren Anwendungsgebiet nicht betroffen, selbst wenn die Feuerwehrdienste für die Bewertung des Brandschutzes sich überwiegend darauf beziehen.

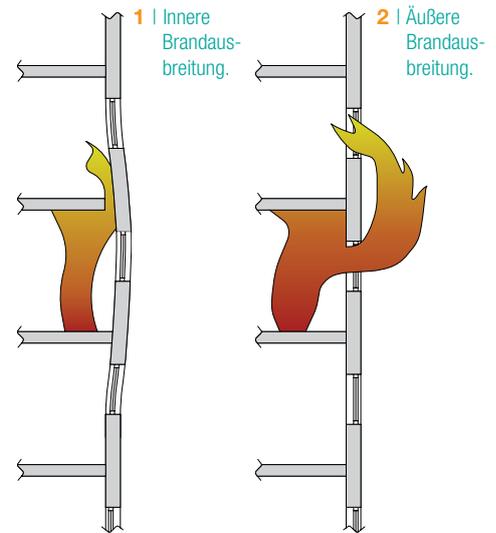
Daneben können die Regionen, die Gemeinschaften und die Föderalen Öffentlichen Dienste (FÖD) zusätzliche Texte erlassen, die den oben erwähnten Königlichen Erlass ergänzen, um so dem spezifischen Charakter von bestimmten Gebäuden Rechnung zu tragen. Die Vorschriften aus den Grundnormen sowie jene der Verordnung und die geltenden Texte sind auf den Websites der Normen-Außenstelle Brandverhütung (www.normen.be/brand) und des FÖD Inneres (www.besafe.be) verfügbar.

1 Brandausbreitung über Fassaden

1.1 Verordnung

Der § 3.5 der Anlagen 2, 3 und 4 der Grundnormen enthält Maßnahmen, die ergriffen werden müssen, um die innere und äußere Brandausbreitung zu verhindern (siehe Abbildungen 1 und 2).

In diesem Zusammenhang unterscheidet man zwischen einschaligen und doppelschaligen Fassaden (5). In diesem Artikel gehen wir näher auf den erstgenannten Fassadentyp ein. Es kann sich hierbei um Hohlwände, ETICS, Skelettverkleidungen und Vorhang-



fassaden handeln (siehe [Les Dossiers du CSTC 2013/3.8](#)).

Um das Risiko bezüglich der inneren Brandausbreitung zu begrenzen, muss die Anschlussfuge zwischen der Abteilungsdecke und der Fassade mindestens die Anforderungen aus der Tabelle A erfüllen. Bei einer traditionellen Rohbaukonstruktion, die aus

A | Anforderungen für die Anschlussfuge zwischen der Abteilungsdecke und der Fassade.

Typ des Gebäudes	Anforderung für die Anschlussfuge
Niedriges Gebäude ($h < 10$ m)	El 60, außer wenn die Breite der linearen Fuge kleiner als oder gleich 20 mm ist
Mittelhohes Gebäude ($10 \leq h \leq 25$ m)	El 60
Hohes Gebäude ($h > 25$ m)	El 60 (*)

(*) Der Königliche Erlass „Grundnormen“ von 2012 fordert für diese Fuge einen Feuerwiderstand von El 120. Da das flammendichte Element in der Fassade die Flammendichtheit nur 60 Minuten lang gewährleisten muss, ist es möglich, dass dieses Element schon nach 60 Minuten zusammenbricht. Es ergibt demzufolge nur wenig Sinn, strengere Anforderungen für die Fuge, die sich an das flammendichte Fassadenelement anschließt, aufzuerlegen. Bei einer nächsten Überarbeitung der Grundnormen wird diese Anforderung dann auch womöglich auf El 60 angepasst werden.

(1) Im vorliegenden Artikel wird dieser Königliche Erlass kurz mit Grundnormen bezeichnet.

(2) Die Königlichen Erlasse vom 19.12.1997, 04.04.2003, 13.06.2007, 01.03.2009 und 12.07.2012.

(3) Wobei R für das Kriterium der „Tragfähigkeit“, E für das Kriterium der „Flammendichtheit“ und I für das Kriterium der „Wärmedämmung“ steht.

(4) Ein Einfamilienhaus wird als ein unabhängiges Gebäude betrachtet, das hauptsächlich für den Wohnraum einer Familie bestimmt ist.

(5) Der Ausdruck „zweischalige Fassaden“ muss hier im Sinne von „Doppelfassaden“ verstanden werden.



tragendem Mauerwerk und Betondeckenplatten aufgebaut ist, ist der Feuerwiderstand in Höhe der Anschlussfuge sowieso sichergestellt. Bei Vorhangfassaden und Skelettverkleidungen, die an einer unterbrochenen Tragkonstruktion befestigt werden, ist es dagegen von äußerster Wichtigkeit, dass diese Fuge korrekt abdichtet wird.

Für niedrige Gebäude definieren die Grundnormen keine Anforderungen, um das Risiko bezüglich der äußeren Brandausbreitung zu begrenzen. Denn wegen der eingeschränkten Gebäudehöhe (≤ 10 m) ist die Intervention der Feuerwehr und die Evakuierung der Bewohner in Regel mit weniger Problemen verbunden, so dass die befugten Stellen spezifische Maßnahmen nicht als notwendig erachten.

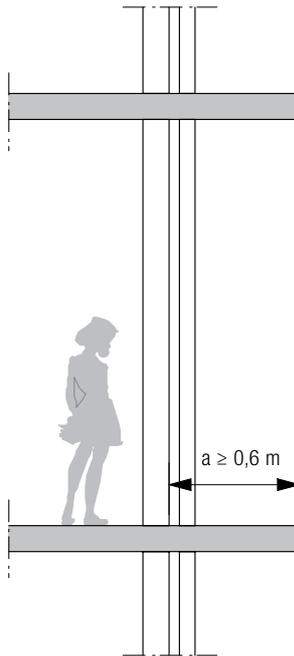
Für mittelhohe oder hohe Gebäude sind dagegen Anforderungen festgelegt, um das Risiko bezüglich der äußeren Brandausbreitung in Grenzen zu halten. Um diese Anforderungen erfüllen zu können, nutzt man üblicherweise Fassadenelemente, deren Flammendichtheit (E) 60 Minuten lang sichergestellt ist. Diese Elemente können auf verschiedene Weise realisiert werden. So kann man eine flammendichte horizontale Auskragung mit einer Mindestlänge von 0,6 m (siehe Abbildung 3) oder ein flammendichtes Element (bestehend aus einem Sturz und/oder einer Brüstung) nutzen, das in der Fassadenfläche angeordnet ist (siehe Abbildung 4) und dessen abgewinkelte Länge ($a + b + c + d$) größer als oder gleich 1 m ist.

Wir möchten daran erinnern, dass Fassadenverkleidungen der Brandverhaltensklasse D-s3, d1 für niedrige Gebäude und B-s3, d1 für mittelhohe oder hohe Gebäude entsprechen müssen⁽⁶⁾. Diese Klasse gilt für die letztendlichen Anwendungsbedingungen und schließt also die darunter liegenden Schichten (Dämmung, Platten, ...) ein. Für Industriegebäude (Anlage 6 der Grundnormen) werden keine Anforderungen bezüglich des Brandverhaltens der Fassadenverkleidung gestellt.

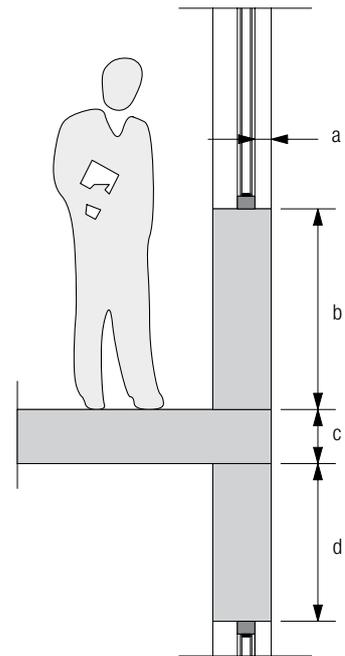
1.2 Vertikales flammendichtes Fassadenelement

Bei einer traditionellen Hohlwandkonstruktion

⁽⁶⁾ Für weitere Informationen über die verschiedenen Brandverhaltensklassen verweisen wir auf den Artikel „Méthodes d'essai et classification européennes de la réaction au feu des produits de construction. 1^{ère} partie : le point de la situation“ erschienen in CSTC-Magazine 2003/2.



3 | Flammendichtes Bauelement (E 60), realisiert mit einer horizontalen Auskragung von mindestens 0,6 m.

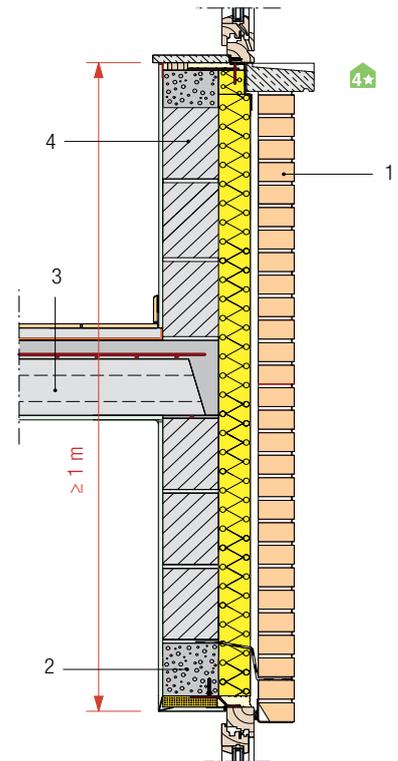


4 | Anbringung eines flammendichten Elements (E 60) in der Fassadenfläche, dessen abgewinkelte Länge größer als oder gleich 1 m ist.

muss man einerseits dafür sorgen, dass die Flammendichtheit im Verblendmauerwerk mindestens über eine abgewinkelte Länge von 1 m sichergestellt ist. Andererseits muss man darauf achten, dass die Summe ‚Höhe des Sturzes (d.h. der Teil des Mauerwerks, der sich oberhalb der Schreinerarbeit befindet) + Höhe der Brüstung + Dicke der Abteilungsdecke‘ größer als oder gleich 1 m ist. Wir machen darauf aufmerksam, dass die Abmessungen von einer dieser Komponenten gleich 0 sein können.

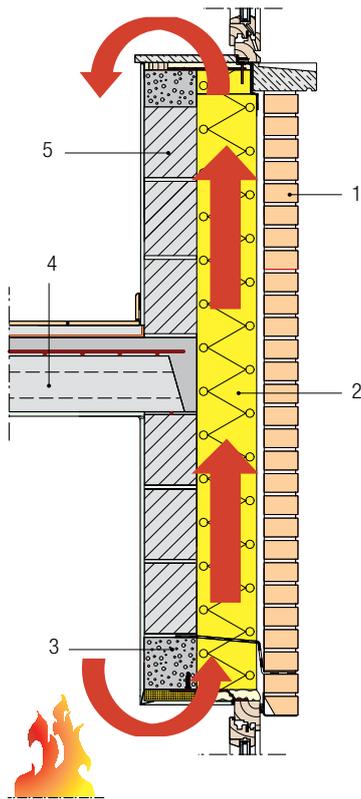
In Abbildung 5 wird schematisch angegeben, wie man bei einer traditionellen Hohlwandkonstruktion aus Verblendmauerwerk und Betontragelementen ein flammendichtes Fassadenelement von E 60 erhalten kann.

Als Folge der stetigen Verschärfung der Wärmerverordnung nehmen die Dämmdicken in der Fassade ständig zu. Dies führt dazu, dass die Außenschreinerarbeit stets weiter von der Ebene des tragenden Mauerwerks entfernt angeordnet wird. Dadurch besteht das Risiko, dass ein Brand sich – trotz der Tatsache, dass im Verblendmauerwerk ein flammendichtes Element mit einer Länge von 1 m vorhanden ist – dennoch über die Hohlwand auf die darüber liegende Abteilung ausbreiten kann. Vorläufig ist in der Gesetzgebung jedoch noch keine Anforderung definiert, die es gestattet, die Brandausbreitung über die Hohlwanddämmung (siehe Abbildung 6, S. 27), die



- | | |
|----------------------|-------------|
| 1. Verblendmauerwerk | 2. Sturz |
| 3. Abteilungsdecke | 4. Brüstung |

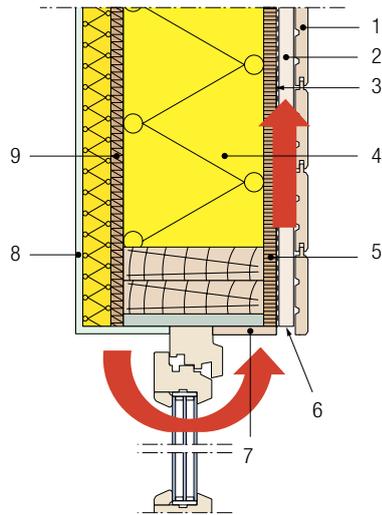
5 | Realisierung eines flammendichten Fassadenelements von E 60 in einer traditionellen Hohlwandkonstruktion aus Verblendmauerwerk und Betontragelementen.



- 1. Verblendmauerwerk
- 2. Hohlwanddämmung
- 3. Sturz
- 4. Abteilungsdecke
- 5. Brüstung

6 | Risiko der Brandausbreitung über die Hohlwanddämmung.

Dämmung eines ETICS-Systems oder den Luftzwischenraum einer belüfteten Fassadenverkleidung (siehe Abbildung 7) zu begrenzen. Eine Arbeitsgruppe des FÖD Inneres befasst sich gegenwärtig damit eingehend.



- 1. Fassadenverkleidung aus Holz
- 2. Latte
- 3. Regensperre
- 4. Dämmung
- 5. Platte
- 6. Schutzgitter
- 7. Dünne Holzplatte
- 8. Innenverkleidung
- 9. Platte vom Typ OSB

7 | Risiko der Brandausbreitung über den Luftzwischenraum einer belüfteten Fassadenverkleidung.

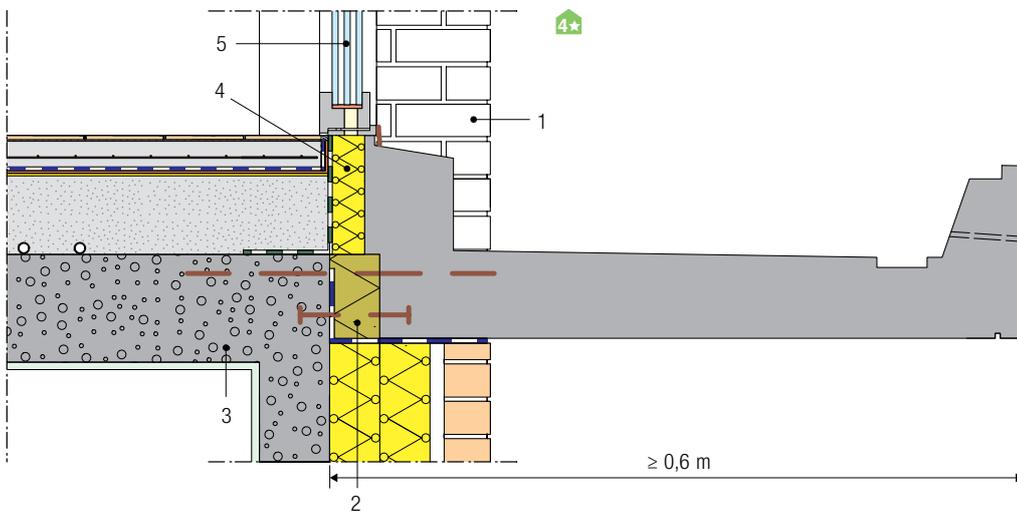
Um die Brandausbreitung über die Fassadendämmung zu vermeiden, könnte man in ganz bestimmten Bereichen (z.B. rund um die Öffnungen) eine Anzahl Brandschutzschotten (u.a. aus einem nicht brennbaren Dämmstoff mit einer minimalen Brandverhaltensklasse A2-s1, do) vorsehen. Eine andere Möglichkeit könnte darin bestehen, den Luftzwischenraum mithilfe einer dünnen Metallverwahrung zu verschließen. Eine solche Methode ist aus thermischer Hinsicht weniger empfehlenswert, weil dadurch eine lineare Wärmebrücke entsteht.

1.3 Horizontales flammendichtes Fassadenelement

In der Praxis werden auch häufig Balkone genutzt, um die äußere Brandausbreitung zu verhindern. Da solche auskragenden Betonbalkone im Allgemeinen eine Wärmebrücke bilden, werden sie bei beheizten Gebäuden oft mit einer thermischen Trennung (siehe Abbildung 8) ausgeführt, damit sie die Wärmeverordnung erfüllen. Diese Trennung wird in der Regel mithilfe steifer, brennbarer Dämmplatten realisiert, die grundsätzlich nicht in der Lage sind, die Flammendichtheit 60 Minuten lang sicherzustellen.

In Abhängigkeit der spezifischen Situation sind somit zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen, um die erforderliche Flammendichtheit zu erhalten. Denn es gibt verschiedene Parameter, die das Risiko bezüglich der Brandausbreitung beeinflussen können, wie beispielsweise der Typ der Schreinerarbeit (Holz, PVC, ...), deren Anordnung und der Typ der Fassadendämmung.

Anstelle einer brennbaren Dämmung könnte man z.B. ein nicht brennbares Material einsetzen (minimale Brandverhaltensklasse A2-s1, do). Eine andere Alternative könnte darin bestehen, ein flammendichtes Plattenmaterial in Höhe der thermischen Trennung oder in Höhe des Anschlusses zwischen dem Fensterrahmen und der Dämmung vorzusehen. Man muss in jedem Fall dafür Sorge tragen, dass die Temperatur der Armierung, die die Verankerung des Balkons an der Tragplatte sicherstellt, ausreichend niedrig bleibt, um die Tragfähigkeit der gesamten Einheit 60 Minuten lang zu gewährleisten.



- 1. Verblendmauerwerk
- 2. Anker mit thermischer Trennung
- 3. Tragplatte
- 4. Wärmedämmung
- 5. Schreinerarbeit

8 | Balkon mit einer thermischen Trennung.



Wenn nicht der auskragende Balkon, sondern die Fassade als flammendichtes Element fungiert (siehe § 1.2) und wenn der Balkon nicht als Fluchtterrasse verwendet wird, schreiben die Grundnormen keine Anforderungen in Bezug auf die Brandstabilität vor. Denn ein Balkon wird hinsichtlich der Philosophie der Grundnormen nicht als strukturelles Element betrachtet (für weitere diesbezügliche Informationen verweisen wir auf [Les Dossiers du CSTC 2011/4.4](#)). Um die Sicherheit der Rettungsdienste und zu evakuierenden Personen zu gewährleisten, kann es jedoch durchaus erwünscht sein, dass der auskragende Balkon (abhängig von seiner Größe und seinem Ort im Gebäude) seine Brandstabilität während eines bestimmten Zeitraums beibehält. Dazu kann man die Armierung mittels einer Ummantelung aus einem nicht brennbaren Dämmstoff schützen oder feuerbeständige Platten im Aufbau vorsehen.

2 Durchführungen

2.1 Leitungen, Kabel und Luftkanäle

2.1.1 Verordnung

In den Anlagen 2, 3, 4 und 6 der Grundnormen wird gefordert, dass die Durchführung von Leitungen, Kabeln, Luftkanälen und anderen Schwächungen durch feuerbeständige Bauelemente (wie Trennwände, Wände und Decken) den Feuerwiderstand dieser Elemente nicht nachteilig beeinflussen darf. Wenn eine Wand feuerbeständig sein muss, gilt dies mit anderen Worten auch für ihre Durchführungen.

Solche Durchführungen müssen somit sowohl der Wärmedämmungsanforderung (I) als auch der Flammendichtheitsanforderung (E) entsprechen. Nur bei der einfachen Durchführung von Leitungen (d.h. nicht für Luftkanäle, Rauchgaskanäle usw. zutreffend) mit einem Durchmesser von kleiner als oder gleich 160 mm – entweder ohne Dämmung, oder mit einer nicht brennbaren Dämmung versehen (minimale Brandverhaltensklasse A2-s1, do) – muss bloß das Flammendichtheitskriterium erfüllt sein. Denn die Anlage 7 der Grundnormen geht davon aus, dass der Einfluss von solchen Durchführungen auf die Wärmedämmung vernachlässigbar ist (siehe diesbezüglich auch die zu erscheinende [TI 254](#)).

Die Abdichtung der Durchführung muss mindestens genauso lang die geforderten Kriterien erfüllen wie die Zeitdauer, die für

das Bauelement vorgeschrieben ist, in der die Durchführung realisiert ist. Wenn das Bauelement jedoch als Wand eines Leitungskanals fungiert, muss die Feuerwiderstandsdauer, die für die Leitungsdurchführung vorgeschrieben wird, mindestens gleich der Hälfte der Zeitdauer sein, die für die Wand des Leitungskanals gefordert wird (wobei der Mindestwert 30 Minuten beträgt).

2.1.2 Ausführung

Die Gesetzgebung schlägt mehrere Typlösungen mit einem eingeschränkten Anwendungsbereich (siehe Anlage 7 der Grundnormen) für die Ausführung von einfachen feuerbeständigen Durchführungen von Leitungen und Kabeln (somit nicht für Luftkanäle, Rauchgaskanäle, ... zutreffend) durch feuerbeständige Wände vor. Daneben kann man hierfür auch spezifische feuerbeständige Einrichtungen, wie Manschetten, isolierende Schalen und feuerbeständige Kissen, einsetzen. Diese Einrichtungen müssen für die Ausführungsgegebenheiten geprüft sein, für die sie Anwendung finden sollen (z.B. in Bezug auf Durchmesser und Material der Leitungen). Für die Realisierung der Durchführung von Luftkanälen kann man entweder eine feuerbeständige Klappe mit einer CE-Kennzeichnung, oder einen feuerbeständigen Luftkanal verwenden. Die Abbildung 9 illustriert einen Brandversuch an einer Anzahl von Leitungsdurchführungen.

Für weitere diesbezügliche Informationen verweisen wir auf die zu erscheinende [TI 254](#).

2.2 Rauchgaskanäle

2.2.1 Verordnung

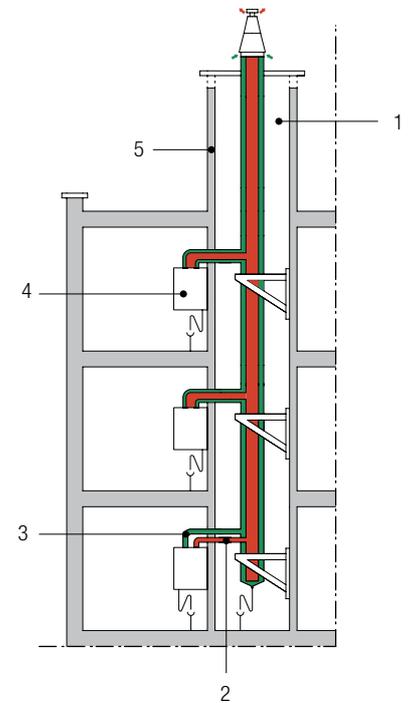
Wie bereits erwähnt wurde, dürfen Durchführungen und Schwächungen von feuerbeständigen Bauelementen (z.B. Trennwänden, Wänden, Decken) den Feuerwiderstand der gesamten Einheit nicht negativ beeinflussen. Dies gilt gleichermaßen für Rauchgaskanäle. Die Vorschriften aus Anlage 7 der Grundnormen sind jedoch nicht auf die Durchführung von Rauchgaskanälen anwendbar.

Die heutigen Appartementshäuser werden stets häufiger mit einem Heizungssystem ausgestattet, das an einem individuellen Gaskessel mit geschlossenem Verbrennungskreislauf angeschlossen ist (siehe Abbildung 10). Die Rauchgas- und Luftzufuhrkanäle von allen Kesseln befinden sich dabei zusammen



9 | Brandversuch an einer Anzahl von Leitungsdurchführungen.

in einem gemeinschaftlichen technischen Schacht (kollektives System vom Typ CLV (?)). Dies hat zur Folge, dass die feuerbeständige Wand dieses Schachts an verschiedenen Stellen für die Anschlussleitungen zwischen den



1. Gemeinschaftlicher technischer Schacht
2. Rauchgaskanal
3. Luftzufuhrkanal
4. Gaskessel mit geschlossenem Verbrennungskreislauf
5. Feuerbeständige Wand des technischen Schachts

10 | Durchbohrung der feuerbeständigen Wand eines gemeinschaftlichen technischen Schachts durch Anschlussleitungen zwischen den Kesseln und den Rauchgas- und Luftzufuhrkanälen.

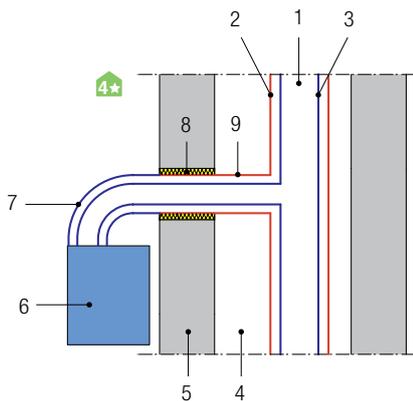
(?) CLV steht hier für ‚combinatie luchttoevoer-verbrenningsgasafvoer‘. Dieses System wird manchmal auch 3CE genannt, was für ‚conduit collectif pour chaudières étanches‘ steht.



Kesseln und den sich im Schacht befindlichen Kanälen durchbohrt wird. Diese Durchbohrungen dürfen jedoch den Feuerwiderstand dieser Wand nicht beeinträchtigen.

Da Prüfnormen für diese Anwendung fehlen, hat der Hohe Rat für Brand- und Explosionsschutz in Zusammenarbeit mit dem WTB und dem Normungsausschuss NBN E 166 ‚Cheminées‘ die folgenden Regeln für die gute Ausführung genehmigt (8):

- Entweder wird in Höhe der Durchführung eine feuerbeständige Einrichtung angebracht, die experimentell validiert wurde,
- oder die Ausführung stimmt mit einer Typlösung überein, die von einer experimentellen Validierung freigestellt ist. Die Typlösung muss schon noch eine Reihe von Bedingungen erfüllen, so dass die Brandausbreitung von der einen Abteilung zur anderen (z.B. Appartements) vermieden werden kann.



- | | |
|----------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Vertikaler konzentrischer CLV-Kanal | 6. Wärmeezeuger |
| 2. Außenrohr | 7. Anschlusskanal |
| 3. Innenrohr | 8. Abdichtung aus Steinwolle |
| 4. Technischer Schacht | 9. Horizontaler Verbindungs-kanal |
| 5. Feuerbeständige Wand | |

11 | Typlösung für die Durchführung des Anschlusskanals eines CLV-Systems durch die Wand eines technischen Schachts.

2.2.2 Typlösung

Die nachstehend beschriebene Typlösung, für die somit keine spezifischen feuerbeständigen Einrichtungen erforderlich sind, ist nur auf die Durchführung durch Bauelemente anwendbar, die durch Kanäle von Gas-Zentral-

heizungssystemen mit einem geschlossenen Verbrennungskreislauf vom Typ C erfolgt.

Die Abbildung 11 zeigt, wie die Durchführung des Anschlusses des Kessels an einen verti-

kalen konzentrischen CLV-Kanal abgedichtet wird, sowie alle anderen Elemente, die den Anforderungen im Rahmen der Anwendung der Typlösung unterliegen.

Es ist nicht erforderlich, feuerbeständige Einrichtungen in Höhe der Durchführungen der Anschlusskanäle anzubringen, wenn die Bedingungen, denen die Typlösung entsprechen muss, eingehalten werden. Diese Bedingungen sind in der Tabelle B jeweils für eine geforderte Feuerwiderstandsdauer von E 30 (niedrige und mittelhohe Gebäude) und E 60 (hohe Gebäude) aufgeführt; sie müssen dafür sorgen, dass über den technischen Schacht keine Brandausbreitung zwischen zwei Abteilungen auftreten kann. Wenn die Bedingungen für das Erreichen einer Feuerwiderstandsdauer von E 60 erfüllt sind, ist es selbstverständlich, dass auch die Bedingungen für das Erreichen einer Feuerwiderstandsdauer E 30 eingehalten sind.

3 Abteilungswände

3.1 Verordnung

In den Grundnormen sind Anforderungen bezüglich des Feuerwiderstands von Wänden

B | Typlösungen, für die keine, durch eine Prüfung validierte feuerbeständige Einrichtung in Höhe der Durchführung erforderlich ist (siehe die zu erscheinende TI 254).

Typ der Durchführung	Anforderung für die Durchführung	
	E 30 (1)	E 60 (2)
Verbindungs kanal (Teil des Anschlusskanals, der durch die Schachtwand hindurchgeht)	<ul style="list-style-type: none"> • Material des externen Kanals und der T-Stücke: robust und nicht brennbar (3) • Zwei parallele Kanäle DN ≤ 80 mm, mit einem Mindestabstand von 40 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • Material des externen Kanals und der T-Stücke: robust, nicht brennbar und Schmelztemperatur > 727 °C (4) • Zwei parallele Kanäle DN 80 ≤ mm, mit einem Mindestabstand von 40 mm oder ein konzentrischer Kanal mit externem Kanal DN ≤ 125 mm
Zwischenraum zwischen dem Anschlusskanal und dem feuerbeständigen Bauelement (Schachtwand)	Die Anschlusskanäle mit einem horizontalen Verlauf gehen durch die gesamte Dicke des feuerbeständigen Bauelements hindurch. Der Zwischenraum zwischen diesen Kanälen und dem feuerbeständigen Bauelement liegt zwischen ca. 10 und 25 mm und wird mithilfe gut zusammengedrückter Steinwolle über die gesamte Dicke ausgefüllt.	
Vertikaler Rauchkanal im technischen Schacht	Material des externen Kanals und der T-Stücke: robust und nicht brennbar.	Material des externen Kanals und der T-Stücke: robust und nicht brennbar, mit einer Schmelztemperatur > 727 °C.
Technischer Schacht eines Rauchkanals	Nur für diese Anwendung bestimmt und übereinstimmend mit den Vorschriften der Artikel 5.1.5.1 der Anlagen 2/1, 3/1 und 4/1 des KE 7-7-1994. Der technische Schacht eines Kamins ist nur für Rauchkanäle bestimmt. Keine einzige andere Leitung, elektrische Kabel usw. ist in dem technischen Schacht gestattet, außer wenn eine Abtrennung EI 30 zwischen dem Rauchkanal und dem Rest des Schachts vorgesehen ist oder wenn die Wände des Rauchgaskanals selbst feuerbeständig sind.	

(1) Durchführung durch eine Schachtwand in einem niedrigen oder mittelhohen Gebäude.
 (2) Durchführung durch eine Schachtwand in einem hohen Gebäude.
 (3) Zum Beispiel Stahl oder Aluminium.
 (4) Zum Beispiel Stahl (Aluminium, mit einer Schmelztemperatur von 660 °C, ist nicht zulässig).

(8) HR 1525 R3, genehmigt auf der Sitzung des Hohen Rates vom 18. September 2014.

C | Feuerwiderstand von Abteílungswänden.

Niveau	Niedrige Gebäude		Mittelhohe Gebäude	Hohe Gebäude	Industriegebäude	
	Ein Geschoss	Mehrere Geschosse			Klasse A	Klasse B und C
Oberhalb des Evakuierungsniveaus E_i liegend	El 30	El 60	El 60	El 120	El 60	El 120
Auf oder unter dem Evakuierungsniveau E_i liegend	El 60		El 120	El 120	–	

enthalten, die die Trennung zwischen zwei Abteilungen bilden. Die Tabelle C gibt davon eine Übersicht. Um das Ausbreitungsrisiko des Brandes und Rauches auf die angrenzenden Abteilungen zu begrenzen, gilt für Industriegebäude die zusätzliche Anforderung, dass die Abteílungswand bezogen auf das fertig gestellte Dachniveau 1 m und bezogen auf die Fassadenebene 0,50 m hervorstehen muss (siehe Anlage 6 der Grundnormen). Die Anlagen 2, 3 en 4 des Königlichen Erlasses umfassen dagegen keine vergleichbaren Anforderungen. Als Alternativlösung wird in Anlage 6 angegeben, dass es auch zulässig ist, längs beider Seiten der Abteílungswand ein flammendichtes Element (E) mit einer Breite von 1 oder 2 m vorzusehen (je nachdem, ob es eine Fassaden- oder Dachanwendung betrifft), dessen geforderte Feuerwiderstandsdauer mit der der Abteílungswand übereinstimmt. In dieser Zone müssen die Materialien des Dach- oder Wandaufbaus – mit Ausnahme der Dachabdichtung – mindestens eine Brandverhaltensklasse A1 (9) aufweisen.

3.2 Lösungen bei Industriegebäuden

Da das Dach oder die Fassade bei Industriegebäuden gezwungenermaßen von den Abteílungswänden durchbohrt oder an sie angeschlossen werden, können an diesem Ort wichtige Baudetails vorkommen, denen man sowohl bei der Konzeption als auch bei der Ausführung ausreichende Aufmerksamkeit schenken muss, damit in thermischer Hinsicht akzeptable Leistungen aufrechterhalten werden. Verschiedene mögliche Ausführungsmethoden für Abteílungswände werden in [Les Dossiers du CSTC 2011/4.4](#) erläutert.

In der Praxis werden für Abteílungswände im Allgemeinen vorgefertigte Elemente aus

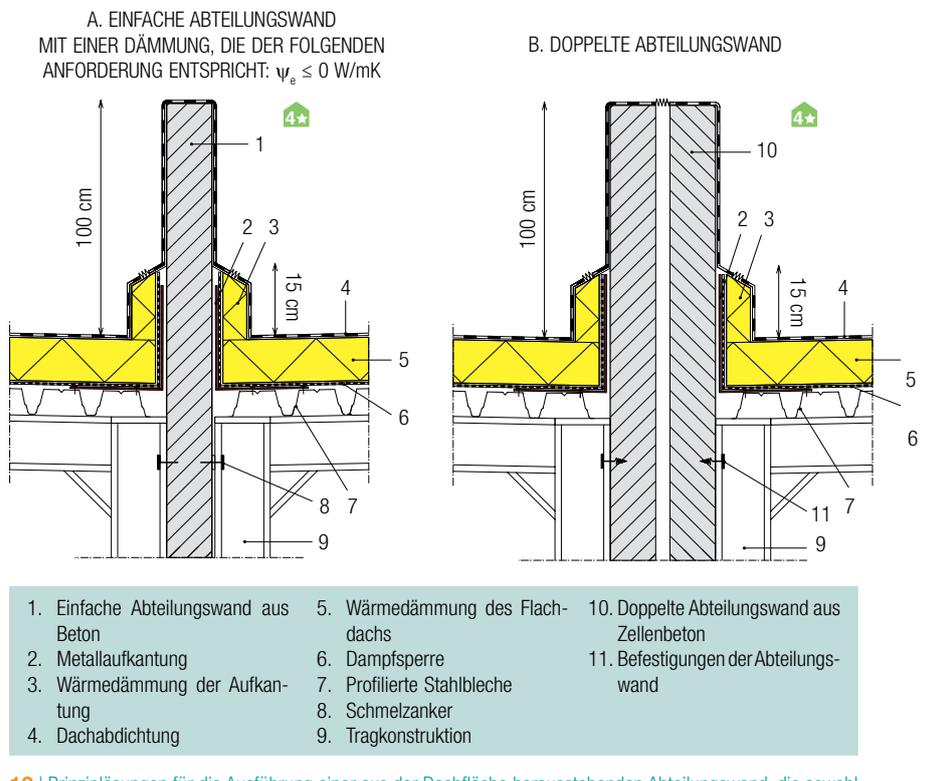
(9) Bei einer folgenden Anpassung der Grundnormen wird wahrscheinlich eine minimale Brandverhaltensklasse A2-s1, do gefordert werden.

Beton oder Zellenbeton oder Sandwichplatten verwendet. Wenn eine Betonwand durch die Dachfläche hindurchgeht, ist es selbstverständlich, dass an diesem Ort eine Wärmebrücke entsteht. Eine solche Ausführung resultiert mit anderen Worten in einem Baudetail, das der Brandschutzverordnung entspricht, aber nicht die PEB-Verordnung erfüllt. Um auch die Konformität mit der PEB-Verordnung zu gewährleisten, kann man sich dafür entscheiden, den aus der Dachfläche herausstehenden Wandteil so zu dämmen, dass der Weg des geringsten Wärmewiderstands größer als oder gleich 1 m ist. Die Abdichtung der Dachaufkantung muss wiederum der Anforderung $B_{ROOF-t1}$ entsprechen.

Die Abbildungen 12A und 12B zeigen eine schematische Darstellung von zwei Prinziplösungen für die Ausführung einer aus der Dachfläche hervorstehenden Abteílungswand, die sowohl der Brandschutzverordnung als auch der PEB-Verordnung entspricht.

Schlieflich möchten wir betonen, dass auch der Windstabilität im normalen Zustand (kein Brand) der aus dem Dach hervorstehenden Wanelemente Beachtung geschenkt werden muss. Falls erforderlich, müssen Zwischenprofile verwendet werden, um die gute Befestigung der letzten Platte sicherzustellen. In diesem Zusammenhang muss man die Anweisungen des betreffenden Plattenherstellers genau befolgen (Zellenbeton, Beton, Sandwichplatte, ...).

S. Eeckhout, Ing., Abteilung Technische Gutachten, und Y. Martin, Ir., Abteilung Gebäudehülle und Schreinerarbeit, WTB



12 | Prinziplösungen für die Ausführung einer aus der Dachfläche herausstehenden Abteílungswand, die sowohl der Brandschutzverordnung als auch der PEB-Verordnung entspricht.



Baudetails sind häufig Zonen, in denen verschiedene Schwierigkeiten aufeinandertreffen und die die Kosten eines Neubaus oder einer Renovierung stark beeinflussen können. Diese Kosten stellen einen wichtigen Parameter für die Rentabilität eines Unternehmens dar, sie müssen aber auch für die Haushalte und die öffentlichen Behörden bezahlbar bleiben.

Der wirtschaftliche Aspekt von Wärmebrücken

Die Komplexität eines Baudetails – und folglich auch der damit verbundene Ausführungspreis – steigt im Allgemeinen in dem Maße an, wie strengere Anforderungen gestellt werden. Man muss daher vernünftig bleiben und ein Gleichgewicht bei der Festlegung des gewünschten Leistungsniveaus finden, um zu vermeiden, dass übertrieben hohe Baukosten entstehen. Dabei können zahlreiche Aspekte Berücksichtigung finden: die Konformität mit der PEB-Verordnung, eine Änderung der Bestimmung, Anpassungen der Umgebung, wodurch die Lärmbelastung zunehmen kann, ... Es obliegt somit dem Auftraggeber, das Leistungsniveau für die Baudetails festzulegen (Wärmedämmung, Brandschutz, Zugänglichkeit, ...), und zwar unter Berücksichtigung der verordnungrechtlichen Vorschriften, die häufig von der Funktion des Gebäudes abhängig sind.

1 Einleitung

Die Wärmedämmung der Baudetails bei Renovierungsarbeiten stellt einen interessanten Fall dar, da dafür keine spezifischen Anforderungen gelten und weil die wirtschaftliche Rentabilität dieser Investition bewertet werden kann. Bei der Bestimmung der Rentabilität muss man jedoch das gesamte Gebäude in Betracht ziehen, unter Berücksichtigung des geforderten Ambitionsniveaus (z.B. Passivhausrenovierung) und der Risiken, die man eingeht, wenn bestimmte Details nicht behandelt werden (z.B. Schimmelentwicklung).

Die wirtschaftliche Rentabilität ist in der Regel von der Investition abhängig, die für die auszuführenden Arbeiten nötig ist und von den Kostenersparniseffekten, die anhand des Energieverbrauchs berechnet werden. Auch die Koordination der Arbeiten kann den Preis beeinflussen. Bei Renovierungen empfiehlt es sich, das Gesamtprojekt zu untersuchen, sogar wenn die Arbeiten in mehreren Schritten ausgeführt werden. So

kann es für die Behandlung von bestimmten Anschlüssen nützlich sein, die Phase festzulegen, in der dies in finanzieller Hinsicht am vorteilhaftesten ist.

In diesem Artikel gehen wir näher auf einen konkreten Fall ein, nämlich auf die Ausführung einer Fassadendämmung und die Behandlung des Anschlusses der Fassaden an die Decke des Erdgeschosses. Der Sachverhalt, ob diese Arbeiten ggf. rentabel sind, wurde anhand eines freistehenden Hauses mit einer Mauerwerksoberfläche von 300 m² und einem Fassadenfuß von 40 m Länge untersucht (Abbildung 1). In einem nächsten Artikel gehen wir näher auf den globalen Ansatz eines Gesamtgebäudes einschließlich seiner technischen Ausstattungen ein.

2 Rentabilität der Investitionen

Die Rentabilität der Investitionen lässt sich anhand der Parameter aus den nachstehenden Kästen berechnen.

Falls die Energiepreise im Laufe der nächsten Jahre anfangen zu fallen, ist es selbstverständlich, dass die Rendite nach unten

angepasst werden muss. Sollten die Energiepreise dagegen weiter steigen, werden die Dämmarbeiten natürlich rentabler werden.

Die Zinskosten und der Erhalt von eventuellen Prämien wurden bei der Valorisierung der Renovierungsarbeiten nicht berücksichtigt.

Der Aktualisierungssatz, der den Zeitwert des Geldes berücksichtigt (1 € hat heute nicht den gleichen Wert wie morgen), beträgt 3 %. Dieser allgemein verwendete Diskontsatz entwickelt sich in Abhängigkeit der Konjunktur.

Die Verfolgung der Rentabilität der für die Behandlung der Wärmebrücken erforderlichen Investitionen erfolgte anhand von drei



1 | Der Sachverhalt, ob die Behandlung des Baudetails ggf. rentabel ist, wurde anhand eines freistehenden Hauses mit einer Mauerwerksoberfläche von 300 m² und einem Fassadenfuß von 40 m Länge untersucht.

Rechenparameter

- Brennstoffpreis: 0,083 €/kWh, was 0,88 € pro Liter Heizöl entspricht
- Entwicklung der Energiepreise: 3 %
- Aktualisierungssatz: 3 %
- Betrachteter Analysezeitraum: 30 Jahre
- MwSt.-Satz: 6 %

Bemerkung: Angesichts des variablen Charakters dieser Daten und ihres Einflusses auf die Ergebnisse, kann es interessant sein, verschiedene Szenarien zu simulieren.



2 | Anbringung eines Gebäudesockels.



3 | Ausführung einer Fassadenfußdämmung.



Indikatoren (°):

- die **Amortisierungszeit (oder pay-back period, PBP)**. Dies ist die Zeit in Jahren, die nötig ist, um den ursprünglichen Betrag der Investitionen zu decken. Der Gewinn, der nach der Amortisierungszeit realisiert wird, wird nicht berücksichtigt
- der **Nettogegenwartswert (NGW)** der Investitionen. Er ermöglicht es, den investierten Betrag mit der Summe der generierten und aktualisierten Energieeinsparungen zu vergleichen:
 - NGW > 0: das Projekt bringt mehr ein als es gekostet hat
 - NGW = 0: das Projekt bringt genauso viel ein wie es gekostet hat
 - NGW < 0: Unter Berücksichtigung der Rechenhypothese kostet das Projekt aus rein wirtschaftlicher Hinsicht mehr als es einbringt
- dem **internen Zinsfuß (IZF)**. Es handelt sich

(°) Bei unseren Simulationen wurden keine Unterhaltungskosten berücksichtigt.

dabei um den Ertrag, der auf Jahresbasis durch das Projekt generiert wird, und zwar in Abhängigkeit des gewählten Aktualisierungssatzes. Im Allgemeinen wird nur in ein Projekt investiert, wenn der erwartete IZF den Basiszinssatz ausreichend übersteigt.

3 Rechenverfahren zur Valorisierung der Behandlung von Wärmebrücken

Mithilfe des Rechentools C PRO®, das auf der Website www.cstc.be heruntergeladen werden kann, ist es möglich, den für die Behandlung eines Baudetails erforderlichen Betrag abzuschätzen. Es gibt jedoch viele Parameter, die die Valorisierung der behandelten Wärmebrücken beeinflussen können: Stundenlöhne, vorgesehene Zeitnormen, Wahl und Kosten der Materialien, indirekte Kosten, Zugänglichkeit der Baustelle, zu verarbeitende Mengen, ... Um die veranschlagten Beträge validieren zu können, wurden sie mit

dem Preis verglichen, der von verschiedenen Unternehmen dafür in Rechnung gestellt wird.

Die folgenden Arbeiten wurden valorisiert:

- Phase 1: nachträgliche Dämmung der Fassaden durch Einblasen in die Hohlwand (Mineralwolle mit einer Dicke von 5 cm). Der Preis dieser Arbeiten wird mit 7.000 € (inkl. MwSt.) veranschlagt.
- Phase 2: Dämmung der Fassaden mit einem ETICS-System mit einer Dicke von 10 cm und Anbringung eines Gebäudesockels (Abbildung 2). Der Preis dieser Arbeiten wird mit 46.000 € (inkl. MwSt.) veranschlagt.
- Phase 3: Erdarbeiten, Lieferung und Ausführung einer Fassadenfußdämmung (10 cm dicke Platten aus extrudiertem Polystyrol) (Abbildung 3), Lieferung und Anbringung einer Noppenmembran aus Polyethylen und Auffüllung. Der Preis dieser Arbeiten wird mit 2.500 € (inkl. MwSt.) veranschlagt.

Da die Kosten der oben erwähnten Arbeiten stark variieren können (z.B. als Folge der



Zugänglichkeit zur Baustelle), muss man die oben stehenden Beträge als mittlere veranschlagte Werte betrachten.

4 Rechenverfahren für den Energieverbrauch und den Gewinn auf der Rechnung

Diese Berechnungen wurden auf Basis der Situation vor und nach den verschiedenen Arbeitsphasen ausgeführt. Für jede Phase wurde sowohl der ψ_e -Wert als auch der Temperaturfaktor berechnet, mit dem es jeweils möglich ist die Energieverluste (und folglich auch den Brennstoffverbrauch), die auf die Wärmebrücke in Höhe des Fassadenfußes zurückzuführen sind, zu bestimmen und das Risiko in Bezug auf die Oberflächenkondensation einzuschätzen. Dieses Risiko ist real vorhanden, sobald der Temperaturfaktor niedriger als 0,7 wird.

Die Tabelle auf der nächsten Seite gibt eine Übersicht über die verschiedenen Parameter, die die untersuchten Arbeitsphasen beeinflussen. Die erwähnten Verbrauchswerte und Preise beziehen sich nur auf die Energieverluste über die Fassaden (mit einer Oberfläche von 300 m²) und den Decken-Fassadenanschluss (mit einer Länge von 40 m). Der Wirkungsgrad der Heizungsanlage beträgt 89 %.

Aus der Tabelle geht hervor, dass die hauptsächlichlichen Gewinne der nachträglichen Dämmung der Hohlwand und der Ausführung des ETICS-Systems zu verdanken sind. In diesem Artikel gehen wir nur auf die Valorisierung der Einsparung ein, die durch das Dämmen des Fassadenfußes bewirkt wird. Die Brennstoffmenge, die jährlich dank der Behandlung dieses Anschlusses eingespart werden kann, wird auf 106 Liter geschätzt. Unter Berücksichtigung eines Heizölpreises von 0,88 €/l ergibt sich dadurch jährlich eine Einsparung von 90 €.

5 Rechenergebnisse

Anhand der Investitionskosten (2.500 €) und der Energieeinsparungen, die sich aus den Arbeiten ergeben (eine Einsparung von 90 € auf der Rechnung), konnten die Werte für die gewählten wirtschaftlichen Indikatoren wie folgt festgelegt werden:

- 20 Jahre für die **Amortisierungszeit**
- 190 € für den **Nettogegenwartswert**
- 3,50 % für den **internen Zinsfuß**.

Unter Berücksichtigung der Parameter der



Untersuchung ergibt sich, dass die Behandlung des Fassadenfußes wirtschaftlich rentabel ist, da:

- die Amortisierungszeit kleiner ist als die theoretische Lebensdauer des Bauwerks (denn nach 20 Jahren ist der Gesamtgewinn auf den Rechnungen höher als der Betrag, der für die Arbeiten ausgegeben wurde)
- der Nettogegenwartswert positiv ist
- der interne Zinsfuß die verwendeten Basiszinssätze übersteigt.

Verteilt über den Untersuchungszeitraum bringt die Behandlung des Baudetails somit mehr ein als die Kosten, die dafür aufgewendet wurden. Außerdem sorgt dies auch für eine drastische Verringerung des Risikos der Schimmelbildung in dieser Zone (Temperaturfaktor 0,80), was dann auch die Nutzungskosten des Gebäudes beeinflusst (weniger Schäden und daher weniger Instandsetzungskosten). Dieser Aspekt wurde jedoch während dieser Studie nicht quantifiziert.

6 Allgemeine Schlussfolgerung

Der wirtschaftliche Aspekt von Baudetails muss stets im Lichte des geforderten Ambitionsniveaus untersucht werden, aber auch unter Berücksichtigung des Schadensrisikos, das man in Kauf nimmt, wenn das Baudetail nicht behandelt wird. Obwohl es nicht immer wirtschaftlich rentabel ist, alle Baudetails in Angriff zu nehmen, kann die Nichtbehandlung von einigen von ihnen für den Komfort der Bewohner, die Unterhaltungskosten und die Schadenswahrscheinlichkeit beträchtliche Folgen haben. Es ist daher erforderlich, sowohl die Risiken als auch die Wirksamkeit

4 | Für jede der Arbeitsphasen wurde sowohl der ψ_e -Wert als auch der Temperaturfaktor berechnet, mit dem es jeweils möglich ist die Energieverluste, die auf die Wärmebrücke in Höhe des Fassadenfußes zurückzuführen sind, zu bestimmen und das Risiko in Bezug auf die Oberflächenkondensation einzuschätzen.

dervorgeschlagenen Lösungen einer Analyse zu unterziehen.

Die Ergebnisse einer solchen Valorisierung sind nicht nur von der Geometrie des Details, sondern auch von den betrachteten Parametern abhängig. Eine Änderung der Brennstoffpreise kann beispielsweise sowohl einen negativen als auch einen positiven Einfluss auf die Rentabilität der Arbeiten haben. Auch der MwSt.-Satz, die Zinskosten, die Unterhaltungskosten und die Prämien, die die öffentlichen Behörden bewilligen, können hierbei eine Rolle spielen.

Man darf dabei nicht blindlings die Amortisierungszeit als einziges Kriterium heranziehen. Denn eine Langzeitvision ist unerlässlich und auch der eventuelle wirtschaftliche Mehrwert der Immobilie darf nicht aus dem Auge verloren werden.

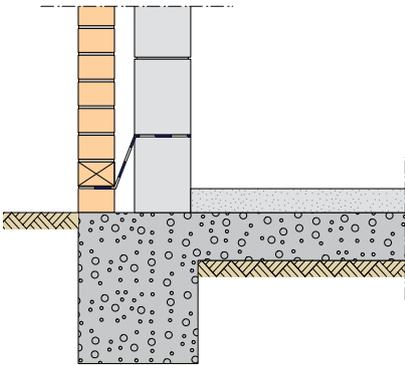
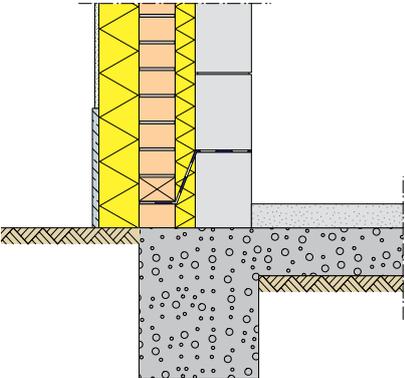
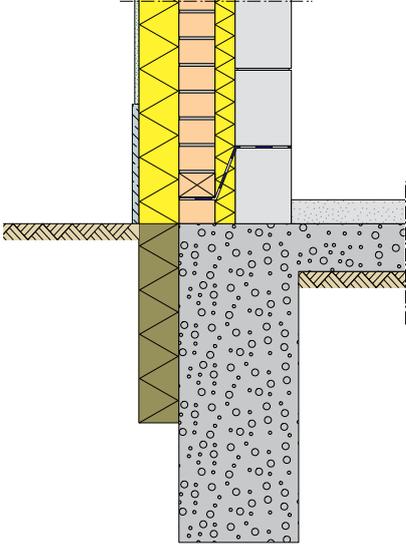
Jetzt, wo die Basiszinssätze ziemlich niedrig sind, ist es anhand des internen Zinsfußes möglich, zu kontrollieren, ob der Ertrag der geplanten Arbeiten die Einsparungseffekte übersteigt.

Schließlich muss man bedenken, dass die Behandlung von Wärmebrücken ebenfalls einen wichtigen Beitrag zu den folgenden zwei kollektiven Zielsetzungen liefern kann: dem Schutz der fossilen Brennstoffreserven und der Verringerung des CO₂-Ausstoßes. ■

D. Pirlot, m.s.c.t., und T. Vissers, Ing., Abteilung Verwaltung, Qualität und Informationstechniken, A. Tilmans, Ir., Laboratorium Energieeigenschaften, und J. Vrijders, Ir., Laboratorium Nachhaltige Entwicklung, WTB



Energieverluste über die Fassaden und den Decken-Fassadenanschluss.

Phase der Arbeiten	Phase 0: Ausgangssituation	Phase 1: Dämmung der Hohlwand
		
Energieverlust ψ_e (W/mK)	–	✗ 0,1
Temperaturfaktor (-)	✗ 0,5	✗ 0,6
Klassifikation des Baudetails	0*	0*
U-Wert der Fassade (W/m²K)	2,14	0,57
Kosten für die Arbeiten (€)	–	7.000 (bezogen auf Phase 0)
Verbrauch (MJ/Jahr)	127.000	35.600
Jährliche Energiekosten (€/Jahr)	3.080	860
Phase der Arbeiten	Phase 2: Anbringung eines ETICS-Systems	Phase 3: Dämmung des Fassadenfußes
		
Energieverlust ψ_e (W/mK)	✗ 0,09	✓ -0,39
Temperaturfaktor (-)	✓ 0,7	✓ 0,8
Klassifikation des Baudetails	2*/1*	3*
U-Wert der Fassade (W/m²K)	0,21	0,21
Kosten für die Arbeiten (€)	46.000 (bezogen auf Phase 1)	2.500 (bezogen auf Phase 2)
Verbrauch (MJ/Jahr)	13.750	9.900
Jährliche Energiekosten (€/Jahr)	330	240

wtb.be,

der kleine Bruder von cstc.be und wtcb.be



The screenshot shows the homepage of wtb.be. At the top left is the wtb.be logo. The main heading reads: 'Willkommen auf www.wtb.be, der Website des Wissenschaftlichen und Technischen Bauzentrums für den deutschsprachigen Bauprofi in Belgien. Auf dieser Seite finden Sie die Vorstellung des WTB und das Archiv des WTB-Kontakt.' Below this is a section titled 'Vorstellung' which describes the WTB as a research institute established in 1968. It lists its main tasks: providing scientific and technical studies to members, disseminating technical information, and promoting innovation and development in the building sector. A 'WTB-Kontakt' section follows, mentioning a magazine and providing a link to the contact page. At the bottom, there are buttons for 'Français' (www.cstc.be) and 'Nederlands' (www.wtcb.be).

Entdecken Sie auf der Website www.wtb.be:

- alle WTB-Kontakte, die seit 2005 erschienen sind, d.h. mehr als 300 Artikel über die unterschiedlichsten mit dem Bausektor im Zusammenhang stehenden Themen
- etwa tausend interessante Normen für die deutschsprachigen Baufachleute in Belgien.

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