

Neue Anforderungen
an die Luftdichtheit der
Gebäudehülle

Dicht ist Pflicht

Dr. Anton Maas, Achim Geißler*

Leckageströme, die durch zufällige Undichtheiten in der Gebäudehülle auftreten können, führen z. B. bei Lüftungssystemen mit Wärmerückgewinnung zu einer geringeren Effizienz der WRG. Um der Notwendigkeit einer luftdichten Gebäudehülle Rechnung zu tragen, wurde die DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“ um den Teil 7, „Luftdichtheit von Bauteilen und Anschlüssen“, erweitert. Dargestellt werden u. a. Planungs- und Ausführungsempfehlungen für gebäude-technische Installationen.

Den Anforderungen an einen verbesserten Wärmeschutz wurde bislang meist dadurch Rechnung getragen, daß Transmissionswärmeverluste infolge verbesserter Dämmmaßnahmen gesenkt wurden. Die Verbesserung der Luftdichtheit von Gebäuden und die damit verbundene Reduzierung der Lüftungswärmeverluste hat erst in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Beim Einsatz von Lüftungsgeräten, insbesondere in Kombination mit einer Wärmerückgewinnungsanlage, wird offensichtlich, daß eine luftdichte Ausführung der Gebäudehülle unumgänglich ist. Beim Lüftungssystem mit Wärmerückgewinnung



So nicht

Das Aufmacherbild zeigt einen Ausschnitt aus dem Dachraum, der bei einem als Niedrigenergiehaus geförderten Reihenhauses als Technikraum genutzt wird. Wesentliche Anlagentechnik ist hier die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Im Bild sind mehrere Aspekte interessant: Zunächst deutet es darauf hin, daß die Verlegung der Lüftungsrohre entweder gar nicht, zumindest aber nicht in hinreichendem Maße bei der Planung beachtet wurde. Weiterhin ist die Verlegung der luftdichtenden Folie mangelhaft hinsichtlich der Verbindung von Folienüberlappungen. Das verwendete Klebeband ist nicht geeignet, und die Verklebungen sind nicht gesichert. Der bei diesem Gebäude ermittelte Luftwechsel betrug $8,3 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ bzw. $3,3 \text{ h}^{-1}$ und liegt damit deutlich über der in DIN 4108 Teil 7 genannten Anforderung.

(WRG) ist es erforderlich, einen definierten Luftvolumenstrom über den Wärmeaustauscher zu erreichen. Leckageströme, die durch zufällige Undichtheiten in der Gebäudehülle auftreten können, führen zu einer geringeren Effizienz der WRG und der daraus folgenden abnehmenden Akzeptanz beim Nutzer der Anlage. Neben den energetischen Aspekten ist weiterhin die potentielle Bauschadensanfälligkeit der undichten Gebäudehülle zu beachten. Gelangt infolge eines vorhandenen Überdruckes im Gebäude feuchtwarme Luft in eine Konstruktion, kann es dort sehr schnell zu einer unzulässigen Feuchteansammlung kommen, die dann zu Bauschäden führt. Und schließlich muß auch das Behaglichkeitsempfinden betrachtet werden, welches durch eventuell auftretende Zugerscheinungen stark beeinträchtigt werden kann.

Wärmeschutz-DIN erweitert

Um den zuvor genannten Aspekten der Notwendigkeit einer luftdichten Gebäudehülle Rechnung zu tragen, wurde die DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“ um den Teil 7 im Sinne einer Vornorm erweitert. Dieser Teil der Norm beschäftigt sich mit der Thematik „Luftdichtheit von Bauteilen und Anschlüssen“. Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie Beispiele sind dargestellt (vgl. Bilder 1–6). Die Norm gibt Hinweise auf zu verwendende Materialien, Ausführungen von Konstruktionen, die dichte Regelquerschnitte aufweisen, und Ausführungen zu Fugen und Durchdringungen. Weiterhin werden generelle Planungsempfehlungen und darüber hinaus auch Detailanschlüsse dargestellt. Ein weiterer, wesentlicher Punkt ist, daß über die bisherigen Forderungen der „gemäß dem Stand der Technik dauerhaft und luftundurchlässig“ dicht zu schließenden Fugen nun auch zahlenmäßige Anforderungen an die Dichtheit von Gebäuden festgeschrie-

* Dr.-Ing. Anton Maas und Dipl.-Ing. Achim Geißler, Universität Kassel, Fachgebiet Bauphysik, Telefax (05 61) 8 04 32 38

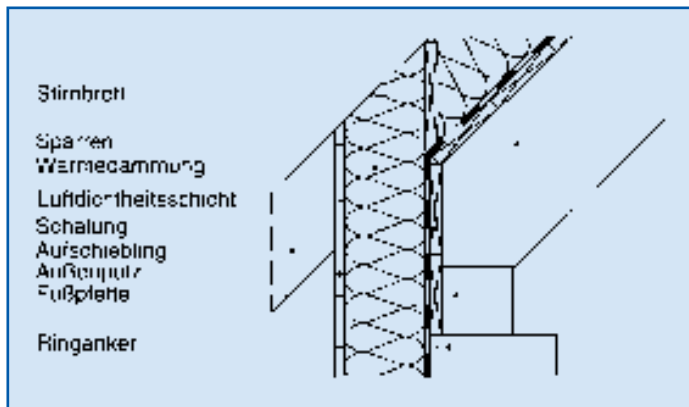


Bild 1 Beispiel für eine umlaufende Dichtungsschicht

ben sind. Es sind die Anforderungen für zwei Kenngrößen, die unterschiedliche Bezüge aufweisen, formuliert. Diese Kenngrößen sind allgemein unter den Bezeichnungen n50-Wert bzw. NBV50-Wert bekannt. In der Norm werden die Begriffe allerdings nicht explizit genannt. Es wird ausgeführt, daß bei Gebäuden mit natürlicher Lüftung, also Lüftung über Fenster und Türen, ein – bezogen auf die Netto-Grundfläche – maximaler Luftwechsel von $7,5 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ bzw. – bezogen auf das Raumluftvolumen – ein maximaler Luftwechsel von 3 h^{-1} bei einer Druckdifferenz zwischen innen und außen von 50 Pa auftreten darf. Bei Gebäuden mit raumlufttechnischen Anlagen (auch einfache Abluftanlagen) dürfen diese Werte $2,5 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ bzw. 1 h^{-1} nicht überschreiten.

Um eine Größenordnung dieser Anforderungen zu vermitteln, sei hier ein Wert von $10,5 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ bzw. $4,2 \text{ h}^{-1}$ genannt, der bei meßtechnischen Untersuchungen von über 130 Gebäuden unterschiedlicher Bauweise und Standzeit (der überwiegende Teil der Messungen wurde im Rahmen des AiF Forschungsprojektes Nr. 9579 durchgeführt), die in den letzten Jahren an der Universität Kassel durchgeführt wurden, als Mittelwert auftrat. Neu errichtete, mit Lüftungstechnik ausgerüstete Gebäude, bei denen in der Planungsphase die Luftdichtheitsproblematik bekannt und eine meßtechnische Überprüfung angekündigt war, erreichten einen mittleren Luftwechsel von $7 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ bzw. $2,8 \text{ h}^{-1}$ bei einer Druckdifferenz von 50 Pa.

Luftdichtheitskonzept empfehlenswert

Grundsätzlich sollte bei der Planung eines Gebäudes ein Luftdichtheitskonzept vorliegen. Dieses Konzept basiert auf der Art und Ausführung des Gebäudes. So kann das Konzept durchaus unterschiedlich sein, wenn es sich bei dem Gebäude entweder um ein Massiv- oder ein Holzhaus handelt. Es muß möglichst frühzeitig entschieden werden, ob die luftdichtende Schicht der Gebäudehülle innen, außen, oder aber in der Konstruktion verläuft (Bild 1).

Achtung Übergang

Besondere Beachtung finden jeweils die Übergänge, die bei wechselnden Materialien auftreten, beispielsweise beim Übergang der massiven Wand hin zum Holzdach. Hier sind generell die größten Probleme zu er-

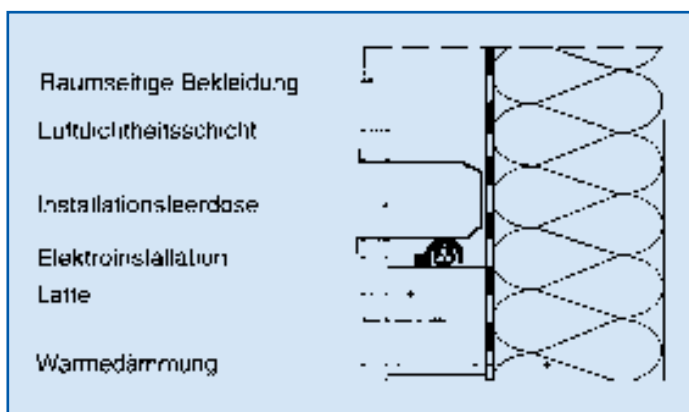


Bild 2 Beispiel für Installationen

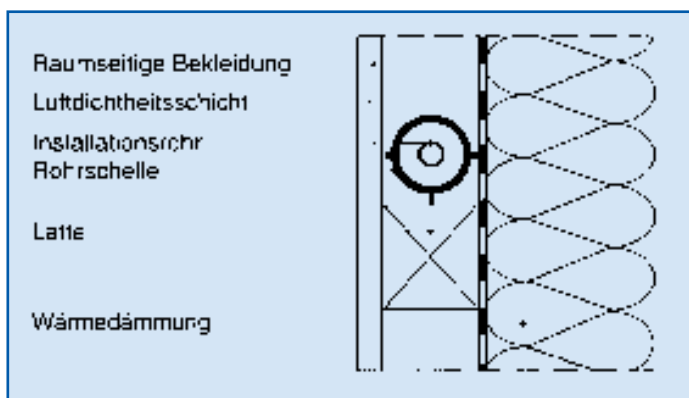


Bild 3 Beispiel für Installationen

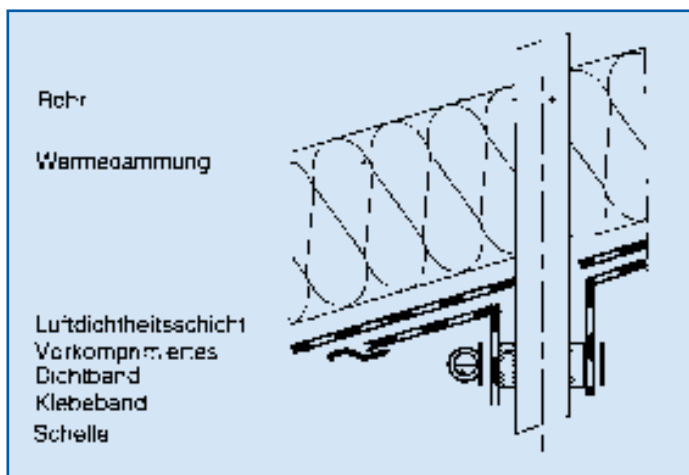


Bild 4 Anschluß der Folie an ein Rohr

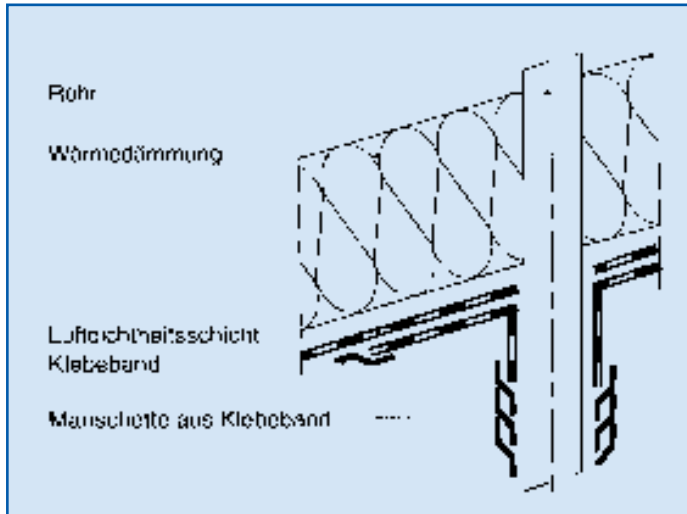


Bild 5 Anschluß der Folie an ein Rohr

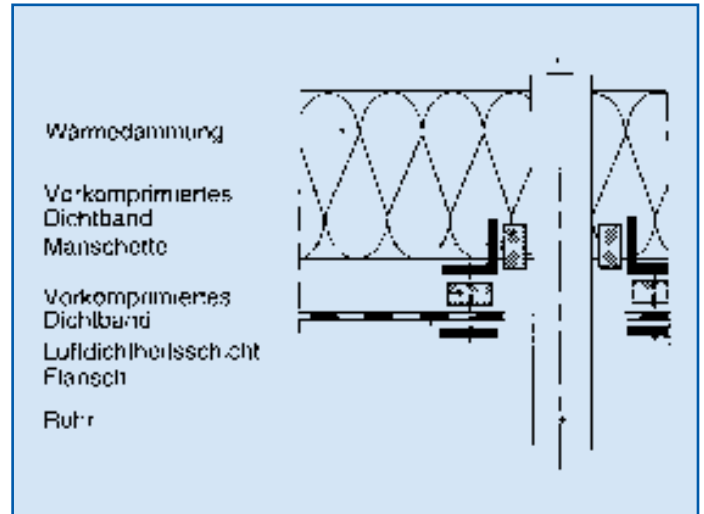


Bild 6 Anschluß der Folie an ein Rohr normal zur Außenwand

warten, da auch die Dichtungsebenen unterschiedlich verlaufen können. Prinzipiell sollte darauf geachtet werden,

- daß Überlappungen auf ein Minimum reduziert werden,
- daß Fugen dauerhaft luftdicht ausgeführt werden und
- daß die Anzahl von Durchdringungen der Konstruktion möglichst weit reduziert wird.

Der letztgenannte Punkt führt dazu, daß in Leichtbaukonstruktionen, die eine luftdichtende Schicht mit einer Folie realisiert haben (z. B. das Holzdach oder auch die Außenwand einer Holzkonstruktion) möglichst eine sogenannte Installationsebene vorgesehen werden sollte.

Installationsebene vorsehen

Diese Installationsebene liegt raumseitig der luftdichtenden Schicht und bietet die Möglichkeit, Elektro-, Heizungs- oder Sanitärinstallationen aufzunehmen. Meist wird die Installationsebene mit einem Dämmstoff ausgefüllt, um den Wärmeschutz des Bauteils bei einer möglichst schlanken Konstruktion zu erreichen. Die Prinzipien sind in den Bildern 2 und 3 dargestellt. Sind Durchdringungen der luftdichtenden Schicht unumgänglich, z. B. bei Abflußentlüftungen oder Antennenbefestigungen, dann ist diese Durchdringung, wie in den Prinzipskizzen Bild 4 bis 6 dargestellt, mit der Luftdichtheitsschicht zu verbinden und abzudichten. Zum Einsatz kommende Manschetten und dgl. sind im Handel zusammen mit passenden Klebebändern erhältlich. Hier sei noch der Hinweis gegeben, daß sämtliche Verklebungen von

Folienmaterialien in der Fläche durch Latzen gesichert werden sollten. An Rohren kann eine solche Sicherung beispielsweise durch Kabelbinder einfach und kostengünstig realisiert werden.

Gewerkeübergreifende Abstimmung

Generell ist zu beachten, daß die in den Bildern dargestellten Anschluß- und Übergangsbereiche nur als Prinzipskizzen zu verstehen sind. Die Norm zeigt hier Lösungsansätze auf, die in der Praxis sicherlich verfeinert und der jeweiligen Problem-

Durchdringung bei der Ausführung auch tatsächlich an der geplanten Stelle erfolgen kann und auch erfolgt. Über die Empfehlungen der Norm hinaus sollten die Details also soweit geplant werden, daß sie auch an der Baustelle umgesetzt werden können.

Überprüfung der Luftdichtheit

Zur Überprüfung der Luftdichtheit von Gebäuden wird das sogenannte Blower Door-Verfahren eingesetzt. Hierbei wird in einer Öffnung der Gebäudehülle, z. B. in der

Haustür, ein Ventilator eingesetzt, der so eingestellt wird, daß er eine Druckdifferenz von 50 Pa Über- oder Unterdruck in dem Gebäude erzeugt. Der bei dieser Druckdifferenz durch den Ventilator zu fördernde Volumenstrom bietet ein Maß für die Luftdichtheit des gesamten Gebäudes. Die zuvor genannten Grenzwerte der Norm können mit diesem Verfahren überprüft werden, wenn der gemessene Volumenstrom auf die Netto-Grundfläche bzw. auf das Luftvolumen des Gebäudes

bezogen wird. Weiterhin besteht die Möglichkeit, bei einer Unterdruckmessung, bei der die vom Ventilator aus dem Gebäude geförderte Luftmenge durch Leckagen



Bild 7 Abseiten/Giebelbereich eines Gebäudes

stellung angepaßt werden müssen. In Bild 5 ist es z. B. leicht ersichtlich, daß die Verklebung des „Dichtungsflansches“ mit der Luftdichtheitsschicht das Hinterlegen eines Brettes o. ä. erforderlich macht, um das Anpressen der beiden Folien aneinander zu ermöglichen. Genanntes Detail erfordert hierfür insbesondere eine gewerkeübergreifende Abstimmung, damit das erwähnte Widerlager für die Folienmanschette an der richtigen Stelle montiert wird bzw. die

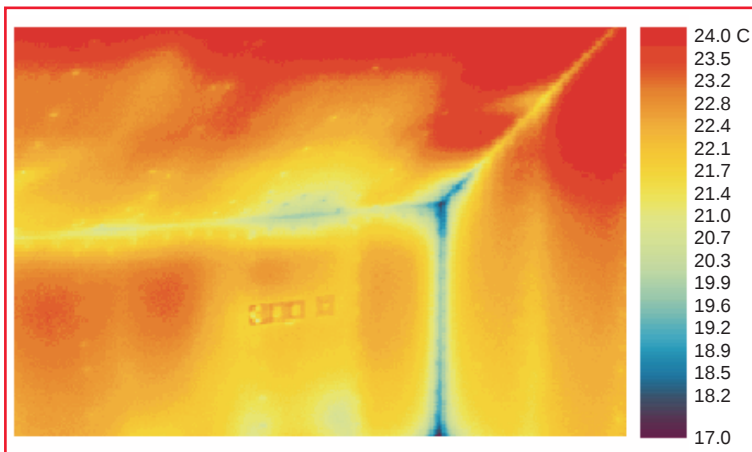


Bild 8 Thermogramm des in Bild 7 dargestellten Abseiten/Giebelwandbereichs. Im Eckbereich ist eine Wärmebrücke ersichtlich

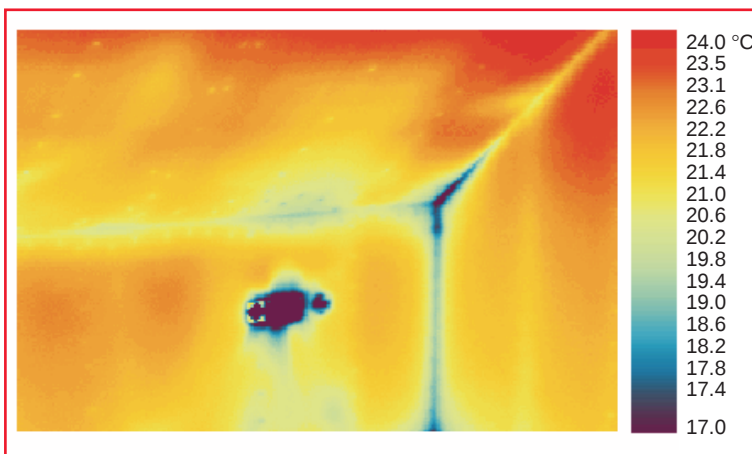


Bild 9 Thermogramm des in Bild 7 dargestellten Abseiten/Giebelwandbereichs nach ca. 11 Min. mit 50 Pa Unterdruck

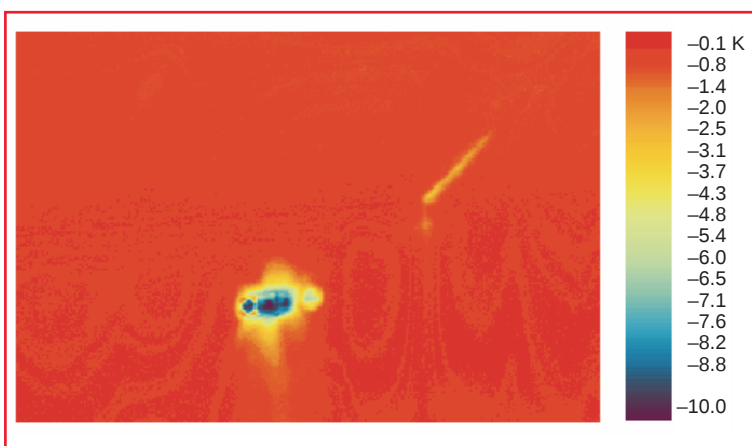


Bild 10 Temperaturdifferenzbild aus den Thermogrammen Bild 9 und Bild 8

nachströmt, die vorhandenen Leckagestellen in dem Gebäude grob zu lokalisieren. Ist eine Dokumentation von Leckagestellen erwünscht („Beweissicherung“) kann anhand von Thermographieaufnahmen nachgewiesen werden, daß an einer gegebenen

Stelle bei Unterdruck Luft eindringt. Ein Beispiel einer solchen, die Dichtheitsmessung begleitende Thermographiemessung ist in den Bildern 7–9 dargestellt. Diese zeigen den Ausschnitt eines Raumes in einem ausgebauten Dachgeschoß. In der Abseitenwand ist eine Steckdose eingebaut, an der bei einer Unterdruckmessung mit Hilfe des genannten Blower Door-Verfahrens

durch Fühlen mit der bloßen Hand eine Undichtheit feststellbar ist. Die Vorgehensweise bei der Thermographiemessung erfolgt in zwei Schritten. Zunächst wird der Ausgangszustand aufgenommen, d. h. ohne von dem Ventilator aufgebrachten Druckdifferenz. Die anschließende Aufnahme bei eingeschaltetem Ventilator und der hier im Beispiel aufgebrachte Druckdifferenz von 50 Pa Unterdruck führt zur „Sichtbarmachung“ der Undichtheit und somit zur Dokumentation der Schwachstelle. In den gezeigten Thermogrammen ist auch im Raumeck bzw. in der Kante eine deutlich erniedrigte Oberflächentemperatur zu erkennen. Um sicher zu gehen, daß hier keine Leckagen vorhanden sind, bietet sich die Bildung der Temperaturdifferenzen zwischen Bild 9 und Bild 8, dargestellt in Bild 10, an. Die niedrige Oberflächentemperatur im Kanten- und Eckbereich ist offensichtlich auf Wärmebrückeneffekte, nicht auf Undichtheiten zurückzuführen.

Typische Leckagestellen

In Bild 11 sind, stark kategorisiert, für einige typische Leckagestellen die relativen Häufigkeiten wiedergegeben. Insbesondere „Installationen“ fallen mit einem Anteil von 100 % ins Gewicht, d. h. bei jedem untersuchten Gebäude wurde (mindestens) eine Undichtheit in einem Installationsbereich, i. d. R. eine Durchdringung, festgestellt. Für die Überprüfung der Gebäudedichtheit muß ein günstiger Zeitpunkt gewählt werden, und zwar ein Zeitpunkt, zu dem die luftdichtende Schicht weitestgehend erstellt ist. Die Baumaßnahmen dürfen allerdings nicht soweit fortgeschritten sein, daß bei unzureichender Dichtheit des Gebäudes keine Änderungen mehr vorgenommen werden können. Weiterhin ist zu überlegen, ob nicht künftig mehrere Messungen an einem Objekt durchgeführt werden, und zwar jeweils nach Fertigstellung eines bestimmten Gewerks. Dieser Fall wird sicherlich dann auftreten, wenn eine Gewährleistung im Hinblick auf die Luftdichtheit der Konstruktion von dem Ausführenden gefordert wird. So ist es denkbar, daß der Planer in seiner Ausschreibung die Einhaltung der Grenzwerte fordert und das ausführende Unternehmen, z. B. der Elektro- oder Heizungsbranche, die eigenen Arbeiten separat kontrolliert. Diese Vorgehensweise wird si-

cherlich bei größeren Baumaßnahmen anzutreffen sein. Hierbei besteht natürlich auch die Möglichkeit, Teile eines Gebäudes meßtechnisch zu untersuchen.

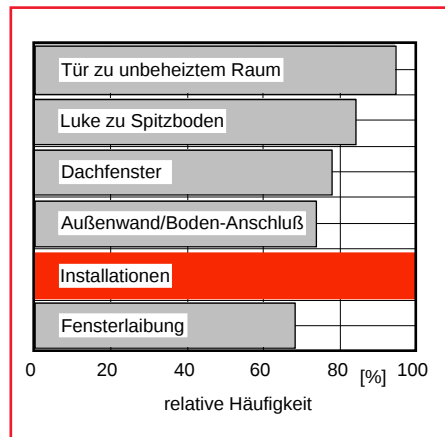


Bild 11 Relative Häufigkeit typischer Leckagen

Die Luftdichtheit der Gebäudehülle nimmt künftig eine sehr große Stellung ein. Diesem Umstand muß sowohl bei der Planung als auch bei der handwerklichen Ausführung Rechnung getragen werden. Nur auf der Basis einer durchdachten Planung sowohl hinsichtlich des Dichtheitskonzepts in den Bauteilflächen als auch der Detailanschlüsse können die heute gestellten Anforderungen eingehalten werden. Darüber hinaus ist es natürlich von entscheidender Bedeutung, eine sehr hochwertige handwerkliche Ausführung umzusetzen. Dies ist auch in Teil 7 der DIN 4108 formuliert:

„Beim Herstellen der Luftdichtheitsschicht ist auf eine sorgfältige Ausführung der Arbeiten aller am Bau Beteiligten zu achten. Es ist zu beachten, daß die Luftdichtheitsschicht und ihre Anschlüsse während und nach dem Einbau weder durch Witterungseinflüsse noch durch nachfolgende Arbeiten beschädigt werden.

Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit der Luftdichtheitsschicht hängen wesentlich von ihrer fachgerechten Ausführung ab. [. . .]“

Das Zusammenwirken von Planern und Ausführenden, aber auch zwischen den einzelnen Gewerken der Ausführungen, wird künftig einen sehr großen Stellenwert einnehmen, da die gestellten Anforderungen an die Luftdichtheit von Gebäuden ansonsten nur schwer einzuhalten sind. □