

UNIVERSITÄT GESAMTHOCHSCHULE KASSEL

FACHGEBIET BAUPHYSIK

UNIV.-PROF. DR.-ING. GERD HAUSER

Ing. Büro E. U. Köhnke BÜRO FÜR HOLZBAU + BAUPHYSIK GMBH

Abschlussbericht

März 2001

Konstruktionskatalog und Empfehlungen zur Verbesserung der Luftdichtheit im Holzbau (E 99/11)

von

Dipl.-Ing. M. Hall

Dipl.-Ing. E. U. Köhnke

Univ.-Prof. Dr.-Ing. G. Hauser

Die Arbeiten wurden gefördert durch die Deutsche Gesellschaft für Holzfor-
schung e.V. mit Mitteln des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung
(Aktenzeichen: Z 6 - 80 01 99 - 7).

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

Die vorliegende Arbeit entstand in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro E. U. Köhnke, Uelsen. Mein Dank gilt Herrn Köhnke, der seine Erfahrung aus der Praxis in die Arbeit einfließen ließ.

Ebenfalls möchte ich mich bei den beteiligten Firmen

- Harz-Haus, Wernigerode
- Rensch-Haus, Utrichshausen
- Nordmark-Haus, Albersdorf

bedanken, die die Gebäude für die messtechnischen Untersuchungen zur Verfügung gestellt haben und bereit waren, neue Techniken auszuprobieren. Insbesondere möchte ich Herrn Leppin von der Firma Rensch-Haus für die gute Zusammenarbeit danken.

Die Bilder, die mit * gekennzeichnet sind, werden von Herrn Leppin zur Verfügung gestellt.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Darstellung der Problematik	1
1.2	Zielsetzung	3
2	Luftdichtheitsschicht	4
3	Durchdringende und auskragende Bauteile	8
3.1	Typische Situationen	8
3.2	Abdichtungsmöglichkeiten von Durchdringungen	8
3.2.1	Dauerelastisches Material	9
3.2.2	Dichtungsbänder	9
3.2.3	Folien/Baupappe	10
3.2.4	Montageschaum	10
3.2.5	Manschetten	10
3.2.6	Beton, Gipsspachtel	10
3.3	Abdichtungsmöglichkeiten für auskragende Bauteile	13
3.3.1	Stellbretter	13
3.3.2	Folie	13
3.3.3	Dauerelastisches Fugenmaterial	14
3.3.4	Trittschalldämmplatten	14
4	Anschlüsse	16
4.1	Typische Situationen	16
4.2	Abdichtungsmöglichkeiten von Schwelle und bodentiefen Fenster und Türen	16
4.2.1	Untermörtelung	17
4.2.2	Großformatige Schaumstoffprofile	18
4.2.3	Kleinformatige Schaumstoffprofile	18
4.2.4	Folienstreifen	21
4.2.5	Randdämmstreifen	22
4.2.6	Versiegelung	23

4.2.7	Dichtanstrich/Dickbeschichtung	23
4.3	Abdichtungsmöglichkeiten bei Wandstößen durch unegal tie- freichende Beplankung	24
4.4	Abdichtungsmöglichkeiten des Fenstereinbaus	24
4.5	Abdichtungsmöglichkeiten von Flächen- bauteile untereinander	27
4.5.1	Klebebänder	30
4.5.2	Klebmasse	31
4.5.3	'Rollen und Tackern'	31
4.5.4	Klebe- und Spachtelputz	34
4.6	Abdichtungsmöglichkeiten von Deckenelementstößen	34
5	Installation	36
5.1	Typische Situationen	36
5.2	Abdichtungsmöglichkeiten von Installationen	36
5.2.1	Luftdichte Hohlwand-Installationsdosen und -gehäuse	37
5.2.2	Installationsebene	37
5.2.3	Installationsschacht	39
5.2.4	Manschetten	42
5.2.5	Installationselement	42
5.2.6	Montageschaum	43
5.2.7	Dauerplastische Dichtstoffe	43
6	Praxismessungen	45
6.1	Gebäude 1	45
6.2	Gebäude 2	46
6.3	Gebäude 3 und 4	49
6.3.1	Luftdichtheitskonzept	49
6.3.2	Aufstellen der Gebäude	53
6.3.3	Leckageortung	55
6.3.4	Messtechnische Untersuchungen	61
6.3.5	Schwachstellen	63

7 Bauteilentkoppelung	66
7.1 Das Problem	66
7.2 Luftverbund der Geschossdecke	67
7.2.1 Im Bereich der Abseite / Geschossdecke (1)	67
7.2.2 Spitzbodenbereich (2)	67
7.2.3 Bereich Dachschräge (3)	68
7.2.4 Schächte durchgehend bis in den Keller (4)	68
7.2.5 Schwellbereich der Außenwände (5)	68
7.2.6 Allgemeine Durchdringungen der Kellerdecke (6)	69
7.3 Leckagen im Baukörper	69
8 Zusammenfassung	71
9 Literatur	74
A Bildverzeichnis	75

Kennzeichnung der Materialien in den vorliegenden Zeichnungen

 Holzwerkstoffplatte

 Holz

 Holzlattung

 Gipskarton- / Gipsfaserplatte

 Folie / Baupappe

 Dämmung

 Beton

 Windsperre

1 Einleitung

1.1 Darstellung der Problematik

Bereits seit Anfang der 80er Jahre wird in DIN 4108 auf die luftdichte Ausbildung der Gebäudehülle hingewiesen, jedoch wird in Deutschland erst seit Ende der 80er Jahre mit einem Blower Door-Test dieses überprüft. Diese Überprüfung ist auch heute weder Pflicht noch wird sie bei jedem Gebäude durchgeführt. Mitte der 90er Jahre beginnen die ersten Firmen ihr Augenmerk auf die Herstellung von luftdichten Gebäudehüllen zu richten, so ist auch Anfang des 21sten Jahrhunderts der Aspekt 'Luftdichtheit' für die Bauindustrie noch ein wichtiges Thema.

In DIN 4108, Teil 7 werden Empfehlungen für die Ausführung von luftdichten Anschlüssen und Durchdringungen gegeben [1]. Ein Großteil der in DIN 4108, Teil 7 vorgegebenen Lösungsansätze haben sich in der Praxis nicht bewährt, da sie unter Baustellenbedingungen in ihrer Ausführung zu aufwendig sind.

Auch die Fachliteratur stellt fast ausschließlich Lösungen im Bereich der Fläche und 2-dimensionalen Anschlüsse dar (z.B. in [2, 3, 4, 5, 6]). Lösungsmöglichkeiten zur Erreichung einer ausreichenden Luftdichtheit in 3-dimensionalen Anschlussbereichen, sowie insbesondere auch im Bereich von Durchdringungen, hier maßgeblich Installationsdurchdringungen, sind in der Literatur nur ungenügend beschrieben. In der Praxis haben sich hier noch keine ausreichend sicheren und vor allen Dingen praktikablen Lösungen, herausgebildet. Das insgesamt junge Gebiet der Luftdichtung bedarf noch einer Vielzahl praxisgerechter Einzellösungen.

Insbesondere bei kleineren Unternehmen des Holzbaus ist diese Problematik relativ häufig anzutreffen, da keine konkrete Arbeitsanweisungen für luftdichte Anschlüsse und Details vorliegen. Im Regelfall sind nur wenige Details standardisiert. Solange der ausführende Handwerker vor Ort keine Lösungsmöglichkeiten für die Problematik in seiner Firma vorfindet, ist er darauf angewiesen, jeden Anschluss an der Baustelle neu zu konzipieren und zu improvisieren. Erschwerend kommt bei derartigen Unternehmen hinzu, dass die weiteren Innenausbauarbeiten, hier maßgeblich die Installationsarbeiten, nicht unter eigener Verantwortung oder Aufsicht des Holzbauunternehmens durchgeführt werden. Insbesondere bei sogenannten Ausbauhäusern ist die Problematik der 'Fremdarbeiten' vorhanden.

Die Bau-Zulieferindustrie nimmt sich dieser Problematik bisher ebenfalls nur in ungenügendem Umfang an. Vorkonfektionierte Manschetten oder andere Anschlussdetails sind zwar bei einzelnen Firmen erhältlich, werden aber nicht standardmäßig eingesetzt. Die Abdichtproblematik könnte entschärft werden, wenn die Bau-Zulieferindustrie anwendungsgerechte Materialien und vorgefertigte Anschlussdetails entwickeln würde.

Wenngleich die Problematik der Luftdichtung nicht ein typisches Problem des Holzbaus darstellt, so ist dennoch hauptsächlich die Holzhausindustrie bemüht, Lösungsmöglichkeiten zu erarbeiten.

Die Häufigkeit von verschiedenen Leckagen bei Gebäuden in Holzbauweise ist Bild 1 (aus [7]) zu entnehmen. Ähnliche Ergebnisse wurden auch in [8] publiziert und stellen nach einer Sichtung von Leckageortungen aus aktuellen Luftdichtheitsmessungen vom Ingenieurbüro Köhnke, Uelsen, der Universität Kassel FB Bauphysik und dem Ingenieurbüro n₅₀, Kassel immer noch typische Schwachstellen dar. Aus Bild 1 lässt sich eine Rangfolge der

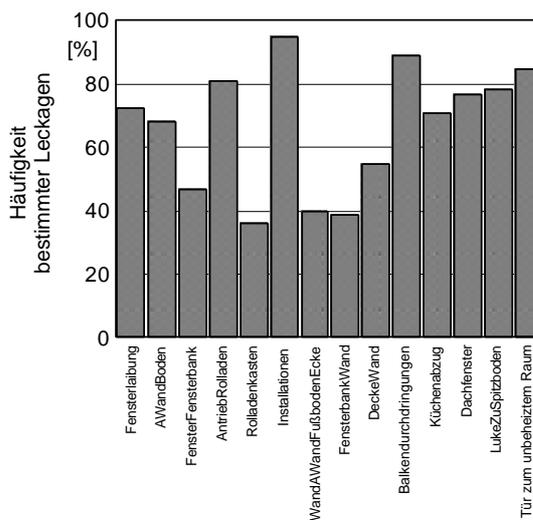


Bild 1: Übersicht über die Häufigkeit bestimmter Leckageorte, ausgedrückt als prozentualer Anteil derjenigen Gebäude, die eine bestimmte Leckage aufweisen, an den Gebäuden, die das betreffende Detail hatten [7].

10 häufigsten Leckagearten aufstellen.

1. Durchdringungen für Installationen
2. Balkendurchdringung
3. Tür zu unbeheiztem Raum
4. Rollädenantrieb (Gurtdurchführungen oben/unten)
5. Bodenluke (Klappe schließt schlecht, Zarge undicht eingebaut)
6. Einbau von Dachflächenfenster
7. Fenstereinbau
8. Einbau des Küchenabzugs
9. Anschluss Außenwand/Boden

10. Anschluss Decke/Wand

Alle 10 genannten Leckagen treten mindestens an jedem zweiten Gebäude auf, an dem das entsprechende Anschlussdetail vorkommt. Die ersten neun genannten Leckagedetails werden sogar bei mehr als 70 % der Gebäude festgestellt.

Diese Häufigkeitsrangliste spiegelt jedoch nicht die Größe der Leckagen wider. So können Undichtheiten am Rolladenantrieb bei über 80 % der Gebäude, die über Rolladen verfügen, festgestellt werden, jedoch ist diese Leckage als nicht kritisch anzusehen [9]. Die Leckagen 'Tür zu unbeheiztem Raum' und 'Bodenluke', ebenfalls bei ca. 80 % der Gebäude vorhanden, die über diese Details verfügen, können demgegenüber Volumenströme von 150 bis 300 m³/h bzw. 150 bis 500 m³/h annehmen [9] und sind damit Leckagen, die nicht vernachlässigt werden können. Die am häufigst vorkommenden Leckagen 'Installation' und 'Balkendurchdringung', festgestellt bei über 90 % der Gebäude, die über diese Anschlussdetails verfügen, konnten bisher nicht quantifiziert werden.

Die genannten 10 häufigsten Leckagenarten lassen sich in zwei Kategorien einteilen.

Kategorie A Installationen, Balkendurchdringungen, Dachflächenfenster, Fensterlaibung, Küchenabzug, Außenwand/Boden und Decke/Wand

Kategorie B Tür zu unbeheiztem Raum, Rolladenantrieb, Bodenluke

In Kategorie A werden Leckagen zusammengefasst, die durch undichte Anschlüsse von zwei Bauteilen aneinander entstehen, während die Leckagen aus Kategorie B sich auf Leckagen in den Bauteilen selbst beziehen, die in die bestehende Gebäudehülle eingebaut werden.

1.2 Zielsetzung

Um dem Planer und dem Ausführenden einen Katalog zur Unterstützung ihrer Arbeit an die Hand zu geben, werden in vorliegendem Bericht die luftdichte Abdichtung von Anschlüssen und Durchdringungen zusammengestellt. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, in der Praxis gängige und übliche Abdichttechniken zu diskutieren sowie neue praxisgerechte Lösungsmöglichkeiten der einzelnen Anschlussproblematiken zu erarbeiten, die unter die o.g. Kategorie A fallen. Es werden Lösungsvorschläge für folgende Problematiken vorgestellt:

- Durchdringungen und auskragende Bauteile
- Anschlüsse

– Installationen

Ein Teil der aufgeführten Detaillösungen werden im Zuge des Forschungsvorhabens in der Praxis auf ihre Anwendbarkeit hin überprüft, ein Teil der gemachten Vorschläge bedürfen noch einer praktischen Erprobung.

2 Luftdichtheitsschicht

Die Gebäudehülle hat mehrere Funktionen zu erfüllen, für die z.T. spezielle Ebenen / Schichten vorgesehen werden. Einige Schichten seien hier genannt

1. Die **Luftdichtheitsschicht** verhindert, dass die Bauteile mit Luft durchströmt werden.
2. Die **Dampfbremse bzw. -sperre** verhindert/vermindert die Wasserdampfdiffusion durch die Konstruktion.
3. Die **Winddichtung** verhindert eine Hinter- bzw. Durchströmung der Wärmedämmung mit kalter Außenluft.

Für eine luftdichte Gebäudehülle ist die fehlerfreie Ausführung einer Luftdichtheitsschicht notwendig. Die Anordnung der Luftdichtheitsschicht in der Konstruktion kann sehr unterschiedlich sein, sowie das Material, welches die Luftdichtheitsschicht bildet. Als Luftdichtheitsschicht können z.B. folgende Materialien eingesetzt werden

- Holzwerkstoffplatten
- Gipskartonplatten
- Gipsfaserplatten
- Folie
- Baupappe

In Bild 2 sind einige Konstruktionsbeispiele (Regelquerschnitte) dargestellt, in denen die Luftdichtheitsschicht aus verschiedenen Materialien gebildet wird und die Luftdichtheitsschicht in der Konstruktion unterschiedlich angeordnet ist. In den Darstellungen fehlt die äußerste Wandschicht, z.B. Wärmedämmverbundsystem oder hinterlüfteter Wetterschutz, da es hier nur um die prinzipielle Darstellung der Luftdichtheitsschicht geht.

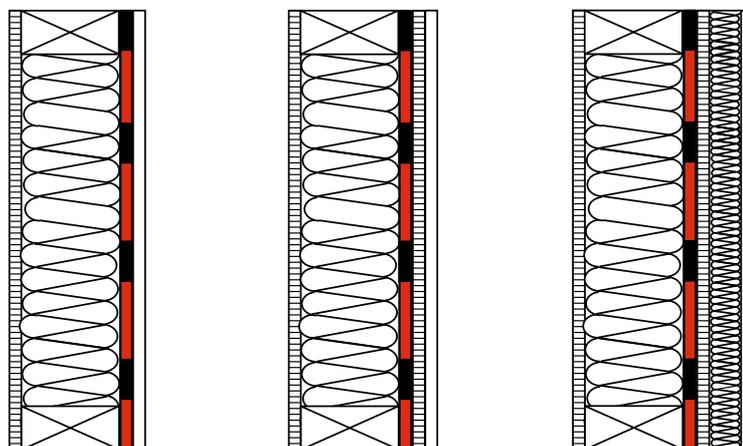
Für jedes Gebäude muss festgelegt werden, welche Schicht die Luftdichtheitsschicht bildet. Insbesondere in den Fällen, bei denen ein Gewerk nicht durch ein und denselben Unternehmer komplett fertiggestellt wird, ist zur Vermeidung von Missverständnissen die Funktion der einzelnen Baumaterialien und Bauteilschichten eindeutig zu definieren. In vielen Fällen wechselt die Schicht, welche die Luftdichtheitsschicht bildet in einem Gebäude von Geschoss zu Geschoss, z.B. Erdgeschoss – Dachgeschoss, oder Bauteil zu Bauteil, z.B. Dachfläche – Giebelwand. Dieser Wechsel ist problematisch und sollte vermieden werden.

Einen typischen Wechsel der Materialien und der Anordnung der Luftdichtungsschicht in der Konstruktion zeigt Bild 3. Die Außenwand im Erdgeschoss ist als 'Sandwich'-Konstruktion ausgebildet, d.h. die aussteifende Holzwerkstoffplatte, die Folie und die raumseitige Bekleidung aus Gipskarton sind ohne Luftzwischenräume aufeinander montiert. Damit auf der Baustelle von dem ausführenden Personal, evtl. dem Blower Door-Messteam und dem vom Bauherren vermehrt eingesetzten Bausachverständigen keine Missverständnisse auftreten, ist es sinnvoll in den Zeichnungen oder in einem Text genau zu kennzeichnen/beschreiben, welche Schicht die Luftdichtungsschicht bildet.

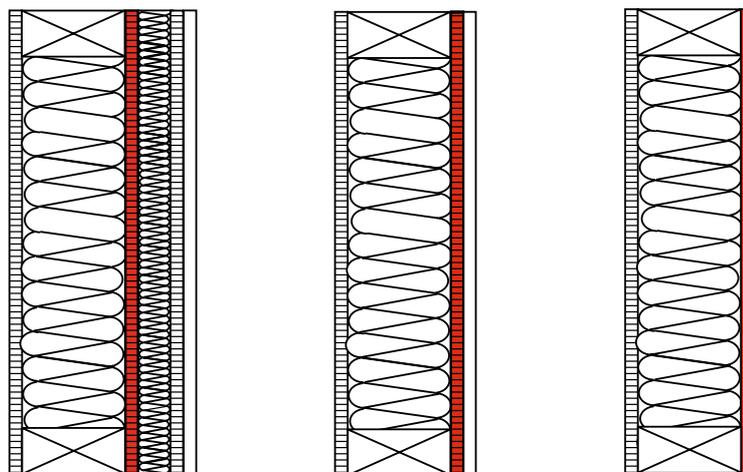
Wird die Luftdichtungsschicht von einer Folie gebildet, dann muss die Folie an die angrenzenden Bauteilen luftdicht angeschlossen werden und darf nicht z.B. durch das Einbringen von Hohlwand-Installationsdosen verletzt werden. Werden z.B. Hohlwand-Installationsdosen eingebracht, wird die Folie an dieser Stelle zerstört und kann aufgrund der 'Sandwich'-Konstruktion nicht luftdicht an die Hohlwand-Installationsdosen angeschlossen werden. Dies gilt auch für die sogenannten luftdichten Hohlwand-Installationsdosen. Sobald auch nur eine Durchdringung der Folie in einer Wand vorhanden ist, kann bei einer 'Sandwich'-Konstruktion die Folie nicht die Luftdichtungsschicht sein. In diesem Fall ist es immer die raumseitige Bekleidung, hier beispielsweise die Gipskartonplatte. Die Folie kann nur noch die Funktion einer Dampfsperre erfüllen [10].

Bei 'Sandwich'-Konstruktionen bildet automatisch die raumseitige Bekleidung die luftdichte Schicht, wenn Durchdringungen jeglicher Art vorhanden sind. Die raumseitige Bekleidung kann noch nach Einbringung von Durchdringungen luftdicht verschlossen werden.

Grundsätzlich gilt: Bildet eine Folie die Luftdichtungsschicht, dann dürfen keinerlei Verletzungen erfolgen. Ist die Folie noch nicht raumseitig durch ein anderes Material verdeckt, können Verletzungen ausgebessert werden. Ist die Folie raumseitig durch ein Plattenmaterial abgedeckt darf die Folie nicht mehr verletzt werden, da nicht mehr nachgebessert werden kann. In diesem Fall kann die Folie nur noch die Funktion einer Dampfbremse erfüllen.



(a) Beispiele einer Luftdichtheitsschicht aus Folie/Baupappe



(b) Beispiele Luftdichtheitsschicht aus Plattenmaterial

Bild 2: Beispiele: Luftdichtheitsschicht (rot) aus verschiedenen Materialien und in unterschiedlichen Anordnungen in der Konstruktion.

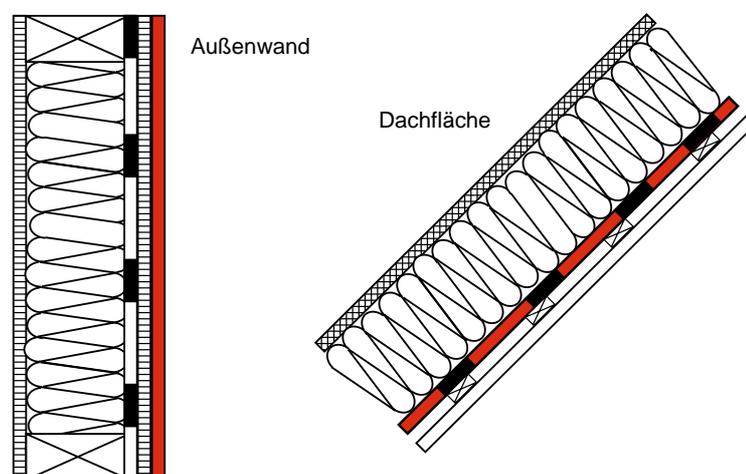


Bild 3: Typischer Wechsel der Luftdichtheitsschicht (rot) von der Außenwand im Erdgeschoss oder Giebel (Gipskarton) an die Dachfläche (Folie).

3 Durchdringende und auskragende Bauteile

Die Abdichtungsmöglichkeiten richten sich zunächst nach den konstruktiven Randbedingungen. So sind z.B. flächig auskragende Deckenelemente in ihrer Konstruktion anders zu gestalten als einzelne Balkendurchdringungen. Alle Konstruktionen haben gemeinsam, dass Risse in den Holzbalken bei den Abdichttechniken nicht berücksichtigt werden. So können zwar die Anschlüsse luftdicht sein, jedoch führen Risse im Holz zu einem ungewollten Luftaustausch. Diese Problematik wird hier nicht behandelt.

3.1 Typische Situationen

In der Praxis werden für Durchdringungen und auskragende Bauteile im Wesentlichen folgende Problemfelder angetroffen:

- auskragende Deckenbalken zur Optimierung des statischen Systems
- Durchdringung von Sichtbalken
- Kamin
- eingezogene Terrassen
- zurückgesetzte Hauseingangsbereiche
- auskragende Balkone

3.2 Abdichtungsmöglichkeiten von Durchdringungen

Einzelne stabförmige Bauteile werden im Regelfall in einer mit Übermaß ausgeführten Öffnung in einem zweiten Bauteil durchgeführt. In diesem Durchdringungsbereich sind zur Abdichtung der so entstandenen Fuge folgende Materialien üblich (Bild 4):

- Dauerelastisches Material
- Dichtungsbänder
- Folien/Baupappen
- Manschetten
- Montageschaum
- Beton, Gipsspachtel (Kamin)

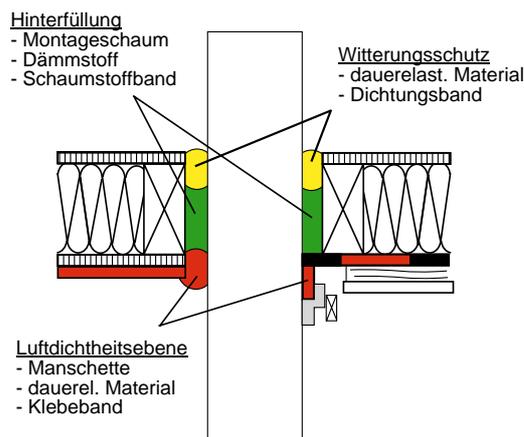


Bild 4: Abdichtungsvarianten für Durchdringungen.

3.2.1 Dauerelastisches Material

Wichtig ist, dass bei dem Einsatz von dauerelastischen Materialien an Fugen in Bereichen, an denen mit größeren Formänderungen zu rechnen ist, die Grundlagen der Ausfüllung von Fugen berücksichtigt werden. So ist z.B. die Ausbildung bei größeren Bewegungsfugen als Keilfuge oder Fuge mit 3-Flankenhaftung nicht geeignet, dauerhaft eine ausreichende Dichtwirkung zu gewährleisten. Zur fachgerechten Ausbildung von Fugen wird hier insbesondere auf die DIN 18540 'Abdichtung von Außenwandfugen im Hochbau mit Fugendichtstoffen' [11] verwiesen. Fach- und Anwendungsgerecht mit geeignetem Material ausgebildete Fugen sind durchaus geeignet, eine ausreichende Dichtheit der entsprechenden Anschlüsse zu gewährleisten [12].

3.2.2 Dichtungsbänder

Dichtungsbänder haben sich für die Abdichtung von Fugen an Durchdringungen bewährt. Um eine möglichst hohe Dichtwirkung zu erreichen, wird der Einsatz von geschlossenzelligen Dichtungsbändern empfohlen. Da aus montagetechnischen Gründen und zur Vermeidung von Beschädigungen, das Einbringen der Dichtungsbänder bei der jeweiligen Montage selbst zu Problemen führen können, ist es empfehlenswert, diese Dichtungsbänder zu einem späteren Zeitpunkt zur Abdichtung der Fugen einzubringen. Einfache Rundprofile, welche am Markt mit Durchmessern von ca. 6 bis 50 mm erhältlich sind, können ohne nennenswerte Probleme im Anschluss an die Montage in diese Fugenbereiche eingepresst werden. Auf eine ausreichende Länge der eingebrachten Dichtungsprofile ist zur Vermeidung von Fehlstellen im Stoßbereich zu achten. Bei größeren Querschnitten ist auf eine ausreichende Verfüllung in den Eckbereichen zu achten, ggf. durch einen

entsprechenden Gehrungsschnitt den Sitz der Dichtungsprofile zu verbessern.

Typische Expansionsbänder mit klebender Wirkung und Rechteckquerschnitt lassen sich im nachhinein in derartige Bauteilfugen oft nicht fachgerecht einbringen. Wird mit Expansionsbändern gearbeitet, ist auf den richtigen Sitz der Bänder nach dem Expandieren zu achten. Sowohl Dichtbänder und Expansionsbänder besitzen die vorteilhafte Eigenschaft, leichte Unebenheiten in den Fugenrandbereichen sowie spätere Bauteilbewegungen ausgleichen zu können.

3.2.3 Folien/Baupappe

Oft wird die Luftdichtheitsschicht durch eine Folie/Baupappe hergestellt. In einem derartigen Fall empfiehlt es sich, die Folie/Baupappe an den Balken/das Rohr mit einem geeigneten dauerhaft wirksamen Klebeband oder Klebmasse zu fixieren. Beim Ankleben von Folie/Baupappe ist besonders darauf zu achten, dass Faltenbildungen vermieden werden, da diese Leckagen darstellen. Die Verwendung von zusätzlichen Anpresslatten zum dauerhaften Anschluss der Folie/Baupappe an flächige Bauteile ist sinnvoll, um der Rückstellkraft von Falten entgegenzuwirken und bei Bauteilbewegungen dem Anschluss Stabilität zu verleihen. Leider ist in der Praxis die Verwendung von Anpressleisten bisher kein Standard.

3.2.4 Montageschaum

In der Praxis ist die Abdichtung derartiger Fugen mittels Polyurethanschäumen (PU-Schaum) am häufigsten anzutreffen. Da die Dauerwirksamkeit derartiger Schäume bis heute ungenügend bekannt ist, sollte auf die Verwendung qualitativ hochwertiger Montageschäume geachtet werden. Im Weiteren ist zu beachten, dass Montageschäume nach ihrer Aushärtung nicht mehr elastisch sind und Formänderungen unweigerlich zu Rissbildungen führen. Sofern dieses Problem nicht auszuschließen ist, wird, neben der Abdichtung mit Polyurethan, eine zusätzliche ergänzende Abdichtungsmaßnahme erforderlich. Dies können ebenfalls wiederum Folienanklebung, dauerplastische Versiegelungsmassen o. ä. sein.

3.2.5 Manschetten

Die Zubehörindustrie stellt mittlerweile konfektionierte Manschetten für unterschiedliche Bauteildurchdringungen zur Verfügung, die Auswahl ist jedoch noch eingeschränkt. In der Praxis hat sich für Durchdringungen und Anschlüsse das Verwenden von vorkonfektionierten Manschetten noch nicht durchgesetzt. Die Eigenherstellung geeigneter Manschetten sollte überlegt

und beachtet werden (Bild 5). Folien bzw. Gummifolien sind zur Eigenherstellung von derartigen Manschetten geeignet.

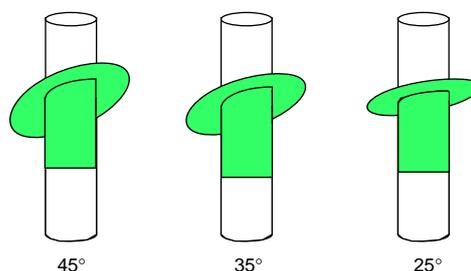


Bild 5: Rohrmanschetten sind für unterschiedliche Rohrdurchmesser und Dachneigungswinkel zu konzipieren.

3.2.6 Beton, Gipsspachtel

Der Kamin führt i.d.R. vom Keller bis durch das Dach, d.h. er wird in jedem Fall mindestens einmal die Luftdichtheitsschicht durchdringen (Bilder 6 und 7). Die Montageöffnungen der Durchbrüche weisen in Elementdecken ein Übermaß von mindestens 50 mm in jeder Richtung auf. Dieses Übermaß muss luftdicht abgedichtet werden. Insbesondere ist bei Kaminen zu beachten, dass sie i.d.R. nur an zwei bis drei Seiten frei zugänglich sind und die dritte und/oder vierte Seite direkt an eine Wand oder in eine Raumecke gebaut ist. Da eine Verschalung des Kamins gleitend angebracht werden muss, entsteht immer ein Hohlraum zwischen Kamin und Schalung. Dieser Hohlraum bildet einen Kanal, von dem aus typischer Weise die Luft in das gesamte Gebäude verteilt wird. Aus diesen Gründen ist es wichtig, dieses 'Verteilungszentrum' in der Kellerdecke sowie im Dach abzudichten.

I.d.R. ist die Kellerdecke auch bei einem Holzbau in Massivbauweise ausgeführt. Bei einer Massivdecke sind das Ausbetonieren und das Verfugen mit Gipsspachtel die sichersten Abdichtvarianten, selbst wenn die Montageöffnung größer ist, da noch Rohre und/oder elektr. Leitungen mit durch den Durchbruch geführt werden. Diese beiden Varianten sind in der Praxis üblich und führen zuverlässig zu einem luftdichten Abschluss (Bild 6).

Eine Anschlussvariante eines Kamins in einer Holzdecke oder in das Dach ist in Bild 7 dargestellt. Hierbei ist es besonders wichtig, den Hohlraum zwischen Kamin und Decke abzudichten. Die an dieser Stelle über den Durchbruch einströmende Luft wird über den Hohlraum zwischen Luftdichtheitsschicht und raumseitiger Verkleidung bzw. über die Kaminverkleidung im gesamten Gebäude verteilt bzw. nach außen abgegeben.

Die Abdichtung des Hohlraums muss aufgrund der zu erwartenden Holzbewegungen mit einem dauerelastischen Material erfolgen. Hierfür ist der Einsatz von einem Schaumstoffprofil geeignet. Das Profil wird auf die richtige

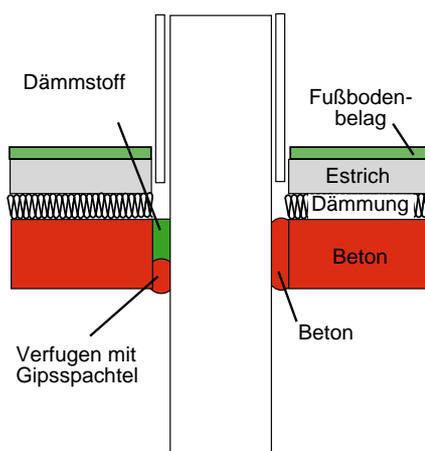


Bild 6: Abdichtungsvarianten für den Kamin in einer Betondecke.

Länge geschnitten und eingebracht. Mit Hilfe von Stangen kann das Profil auch zwischen Wand und Kamin positioniert werden. Diese Abschlussvariante ist eine ungetestete Idee, die aber aufgrund ihrer einfachen Durchführbarkeit und ihres kostengünstigen Materialeinsatzes in Betracht gezogen werden sollte.

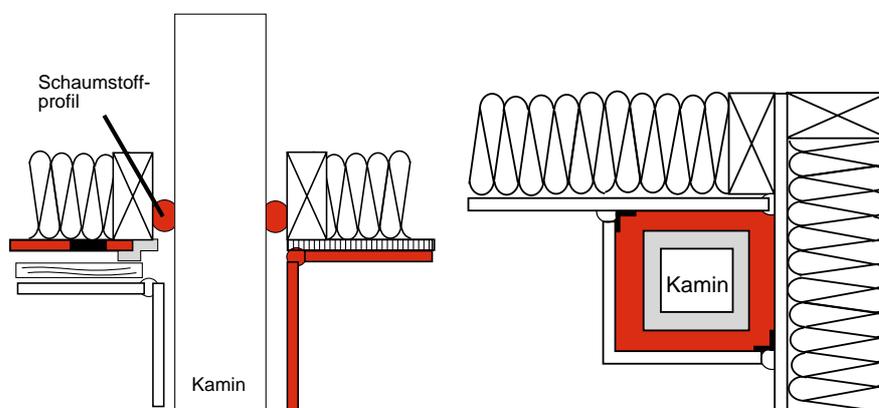


Bild 7: Abdichtungsvarianten für einen Kamin in einer Holzdecke.

3.3 Abdichtungsmöglichkeiten für auskragende Bauteile

Flächig auskragenden Bauteilen, wie z.B. Holzbalkendecken über zurückgesetzten Terrassen- oder Hauseingangsbereichen stellen konstruktiv einen hohen Anspruch an die Abdichttechnik, für welche bisher nur ungenügende Lösungsansätze vorhanden sind. Folgende Abdichtungsmöglichkeiten sind für auskragende Bauteile üblich bzw. geeignet

- Stellbretter, genagelt, geklammert, eingenetet oder stumpf auf Leisten eingesetzt
- an die jeweiligen Einzelbalken angeklebte Folie
- dauerelastisches Fugenmaterial bei profilierter Holzverschalung

Bisher in der Praxis nicht bekannt und als neue konstruktive Lösung vorgestellt, wird der Einbau von Polystyrol-Partikelschaumplatten aus einem relativ weichen Schaum (Trittschallschutzplatten).

3.3.1 Stellbretter

Die üblichste Abdichttechnik ist das Einbringen von Stellbrettern, die seitlich genagelt bzw. geklammert oder eingenetet werden. Die Stellbretter weisen im Anschlussbereich Spaltleckagen auf, da die Kanten i.d.R. nicht plan mit dem Gefach abschließen. Die Ergebnisse des Forschungsprojekts 'Vermeidung von Transmissionswärmeverlusten' [13] zeigen, dass Stellbretter zur Herstellung einer ausreichenden Luftdichtung ungenügend sind. Dies betrifft sowohl auf Leisten eingenaagelte Stellbretter wie auch eingenetete Stellbretter.

Formänderungen der Gefache und der Stellbretter selbst, bewirken zusätzlich größere Leckageöffnungen. Sofern Stellbretter o.ä. bei Durchdringungen als Schotten eingesetzt werden, sind ihre Randbereiche zusätzlich durch eine geeignete Abklebung (s. Kapitel 3.3.2) oder eine entsprechende dauerelastische Versiegelung zu dichten.

3.3.2 Folie

Auch bei auskragenden Bauteilen kann das Ankleben der raumseitigen Folie zu einem luftdichten Abschluss führen. Diese Methode ist i.a. als arbeits- und materialaufwendig bekannt und wird aus diesen Gründen selten bzw. ungerne angewendet. Für einen auskragenden Balkon wird diese Methode im Rahmen dieses Projektes eingesetzt (Bild 8). Es sind 8 Gefache abzudichten. Die Abdichtung der Oberkante zur Deckenplatte erfolgt mit einem vorkomprimierten Dichtungsband. Die Rückmeldung aus der Fertigung ist,

dass das Personal viel weniger Zeit für diese Arbeiten benötigt hat, als ursprünglich angenommen wurde. Die geraden Kanten sind ohne Schwierigkeiten mit drei Klebestreifen schnell geklebt. Diese positive Rückmeldung bestätigt die Annahme, dass die 'Klebe'-Variante nicht grundsätzlich aus Zeitgründen abgelehnt werden muss.



Bild 8: Abdichtung der auskragenden Geschoßdecke durch Folie und Klebenband. Die Abdichtung der Oberkante zur Deckenplatte erfolgt mit vorkomprimiertem Dichtungsband.

3.3.3 Dauerelastisches Fugenmaterial

Bei einer profilierten Holzbekleidung im Bereich der Stellbretter ist das Abdichten mit einem dauerelastischen Fugenmaterial sinnvoll, da sich dieses Material den Profilkonturen anschmiegt.

3.3.4 Trittschalldämmplatten

Neu entwickelt wurde eine Abdichttechnik im Durchdringungsbereich mittels Polystyrol-Partikelschaum. Weicher Polystyrol-Partikelschaum (Trittschalldämmplatten) wird mit Übermaß zugeschnitten und, vorzugsweise während der Produktion, in die Bauteile eingepresst. Vorteil dieser Methode ist zum einen die leichte unproblematische Herstellung mit kostengünstigem Material. Zusätzlich wird durch den Einbau derartiger Polystyrol-Partikelschaumblöcke im Durchdringungsbereich automatisch eine Wärmedämmung hergestellt bzw. erreicht. Auch später eintretende Formänderungen der stabförmigen Holzquerschnitte werden, durch die Elastizität des Materials bedingt, im Wesentlichen schadlos aufgenommen. Die äußeren Kantenflächen schmiegen sich mit hoher Dichtwirkung an die Umfassungsflächen an. Diese Abdichtvariante wird im Rahmen dieses Projektes im Bereich eines auskragenden Balkons erprobt (Bild 9). Die Trittschalldämmplatten wurden im Werk geschnitten und eingebaut. Das Schneiden und Einbringen nimmt nur wenig Zeit in Anspruch. Die ausführende Firma ist begeistert über die

kostengünstige Abdichtvariante mit zusätzlichem Dämmeffekt, so dass sie überlegt, diese Technik im weiteren einzusetzen. Versuche im Rahmen des Forschungsprojekts 'Vermeidung von Transmissionswärmeverlusten' [13] haben die ausreichende Dichtwirkung der 'Trittschall'-Variante bestätigt.



Bild 9: Die Trittschalldämmplatte wird mit Übermaß geschnitten und eingefügt. Durch die Deckelplatte wird die Oberseite abgedichtet. Auf die Sparren kann zusätzlich ein kurzes Stück Dichtband gelegt werden.

4 Anschlüsse

4.1 Typische Situationen

Schwachstellen werden mehr oder weniger regelmäßig in den Anschlussbereichen lokalisiert. In der Praxis sind folgende Anschlüsse für die luftdichte Gebäudehülle von besonderer Bedeutung:

- Schwelle und bodentiefe Fenster und Türen
- Fehlstellen bei Wandstößen durch unegal tiefreichende Beplankung
- Fenstereinbau
- Flächenbauteile untereinander
- Geschossdeckeneinbindung und Stoß

4.2 Abdichtungsmöglichkeiten von Schwelle und bodentiefen Fenster und Türen

Die Problematik einer ausreichenden Schwellenabdichtung stellt sich im Regelfall zum einen auf der Kellerdecke oder Betonbodenplatte und zum anderen auf der Holzbalkendecke dar. Im Bereich der Betonplatten oder Decken sind sowohl die Winkeltoleranzen wie auch die Ebenheitstoleranzen auszugleichen. Bei üblichen Gebäuden und normgerechter Ausführung sind Abweichungen aus der Horizontalen von mehreren Zentimetern bei den Rohbetondecken auf Grundlage von DIN 18202 'Toleranzen im Hochbau' [14] zulässig. Dazu kommen die Oberflächenunebenheiten derartiger Betondecken.

Der Planer sollte sich dieses Umstandes bewusst sein und zwischen der Schwelle der Wandelemente und dem Untergrund einen ausreichenden Abstand zum Ausgleich dieser Toleranzen berücksichtigen. In der Praxis haben sich bei Einfamilienwohnhäusern Abstände zwischen der Betonoberfläche und der Schwelle von 2 bis 3 cm bewährt. Bei geringeren Abständen können übliche Abdichtungsmaßnahmen kaum fachgerecht eingebracht werden. Bei elastischen Abdichtungen sind, bezogen auf die Elastizität der Abdichtungsstoffe, ebenfalls bestimmte Mindestmaße erforderlich. Größere Maßtoleranzen lassen sich mit vorkonfektionierten Dichtungsmaterialien nur bei entsprechender Dimensionierung ausgleichen.

Untermörtelungen sind ebenfalls ausschließlich bei einer ausreichenden Fugendimensionierung möglich. Auch das Einbringen sonstiger Dichtstoffe, wie z.B. Unterstopfungen oder Ausschäumungen benötigen einen gewissen Mindestabstand zwischen der Betonfläche und dem Wanduntergurt.

Bei der Montage von Wandelementen auf Holzbalkendecken ist zu berücksichtigen, dass sich infolge unterschiedlicher Materialfeuchten die im Regelfall oberseitig vorhandenen Holzwerkstoffplatten zwischen den Deckenbalken durchbiegen können und dadurch auch hier Toleranzen vorhanden sind. Bei einem möglichen Durchhang von Holzwerkstoffplatten zwischen den einzelnen Deckenbalken von mehreren Millimetern muss das eingesetzte Dichtungsmaterial in der Lage sein, die Maßtoleranzen auszugleichen. Auch die gelegentlich anzutreffende Nivelierschwelle muss bei der Abdichtung berücksichtigt werden. Da diese Fuge grundsätzlich eine zusätzliche Leckagemöglichkeit darstellt, ist auch hier eine ausreichende Abdichtung zwischen dem Untergurt und der Nivelierschwelle erforderlich. Dies wird im Regelfall durch geeignete Dichtungsbänder bewerkstelligt, die jedoch wiederum die max. möglichen Maßtoleranzen zu berücksichtigen haben.

Neben einer ausreichenden Luftdichtheit ist im Schwellenbereich auch u.a. die Vertikallastabtragung zu berücksichtigen. Zur Vertikallastabtragung ist die Untermörtelung in diesem Bereich eine geeignete Möglichkeit. Während mit einer fachgerechten Untermörtelung, hier insbesondere mit Quellmörtel, im Regelfall neben der Vertikallastabtragung auch eine ausreichende Luftdichtheit erreicht werden kann, ist jedoch bei schlechter Untermörtelung und Unterstopfungen eine zusätzliche Maßnahme zur Herstellung einer ausreichenden Luftdichtheit erforderlich.

Alternativ ist auch die punktuelle Vertikallastabtragung durch das Unterlegen von Klötzen, Distanzplatten o.ä. üblich. Im derartigen Fall sind die Zwischenräume mit einem geeigneten Material ebenfalls zu verfüllen. Dies kann durch Stopfen von Dämmstoffen oder auch durch Ausschäumen erfolgen. Zur Erreichung einer ausreichenden Luftdichtheit sind folgende Möglichkeiten gegeben:

- Untermörtelung
- großformatige Schaumstoffprofile
- kleinformatische Schaumstoffprofile
- Folienstreifen
- Randdämmstreifen mit Folienstreifen
- dauerelastische Versiegelung

Eine weitere Abdichttechnik wird im Rahmen dieses Projektes untersucht

- Abdichtung mit Dichtanstrichsystemen/Dickbeschichtung

4.2.1 Untermörtelung

Mit einer fachgerechten Untermörtelung, insbesondere mit Quellschutt, kann eine ausreichende Abdichtung des Schwellenbereiches erzielt werden (Bild 10). Es ist darauf zu achten, dass hinter den Ankern sowie unter den Außenwandecken und unter der Außenwand in dem Bereich einer Innenwand-einbindung vollflächig untermörtelt wird.



Bild 10: Untermörtelung als luftdichten Abschluss der Schwelle.

4.2.2 Großformatige Schaumstoffprofile

Großformatige Schaumstoffprofile bieten insbesondere bei den mit hohen Toleranzmaßen behafteten Betondecken eine Möglichkeit der Abdichtung zwischen Schwelle und Betonplatte. Derartige Profile werden üblicherweise auf der Außenseite der Schwelle eingesetzt, damit eine zusätzliche Untermörtelung vom Innenraum ausgehend, möglich ist. Zusätzlich wird ein sauberer äußerer Abschluss erreicht. Als Dichtungsprofil können hier sowohl Rundprofile als auch Rechteckprofile zum Einsatz gelangen (Bild 11). Rechteckprofil-Querschnitte sind nachträglich an der Baustelle nur erschwert einzubringen. Sie sollten im Vorfeld unter den Schwellen montiert sein. Runde Dichtungsprofile eignen sich, sowohl zum nachträglichen Einbringen wie auch zur Montage, bei der Vorfertigung der Wandelemente. Zur Vermeidung von Deformationen im Zuge der Anbringung eignen sich hier insbesondere die aus dem Heizungsbau bekannten Dämmschläuche aus im wesentlichen geschlossenzelligen Schäumen. Sofern sie in ihrer Längsrichtung aufgeschlitzt sind, ist eine unproblematische und vorkomprimierungsfreie Befestigung möglich (Bild 12). Die weiche Schaumstruktur schmiegt sich im Regelfall ausreichend dicht an die raue Betonoberfläche an.

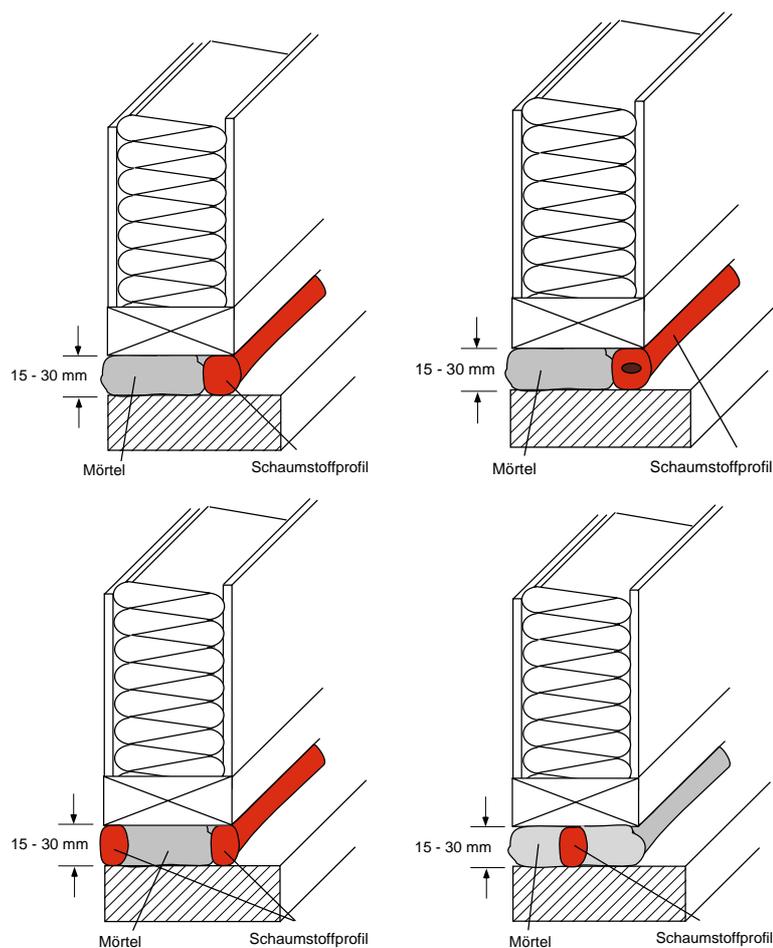


Bild 11: Großformatige Schaumstoffprofile, Voll- und Hohlprofile.

4.2.3 Kleinformatische Schaumstoffprofile

Derartige Profile sind zum Ausgleich größerer Unebenheiten, wie sie z.B. bei der Montage auf Betonplatten vorhanden sind, ungeeignet. Sie sind geeignet, die üblicherweise zu erwartenden Unebenheiten bei der Montage von Wandelementen auf Holzbalkendecken auszugleichen (Bild 13). Ebenfalls sind sie geeignet, die relativ geringen Toleranzen zwischen Schwelle und Nivelierschwelle auszugleichen.

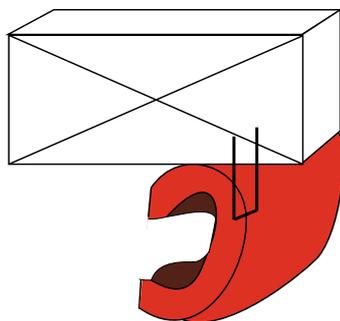


Bild 12: Aufgeschnittenes Hohlprofil wird im Werk an den Untergrund getackert.

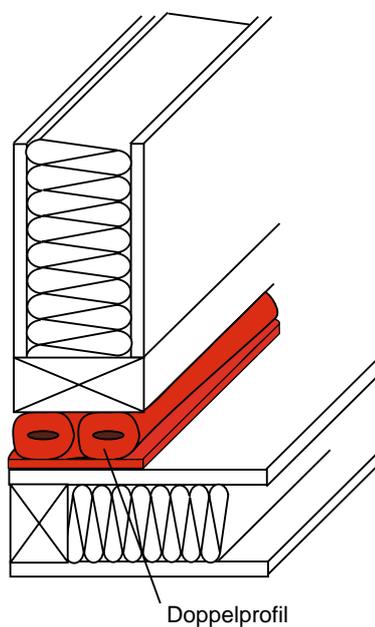


Bild 13: Kleinformatives Schaumstoffprofil.

4.2.4 Folienstreifen

In der Praxis oft anzutreffen ist die Abdichtung im Schwellenbereich durch einen Folienstreifen, welcher im Zuge der Produktion im unteren Bereich der Beplankung mit eingearbeitet wird. Oft wird auch die ohnehin erforderliche Dampfbremse an der Unterseite aus der Wand herausgeführt und auf der Betondecke weitgehend dicht aufgelagert (Bild 14). In der Praxis ist diese Technik im ungestörten Wandbereich relativ unproblematisch.

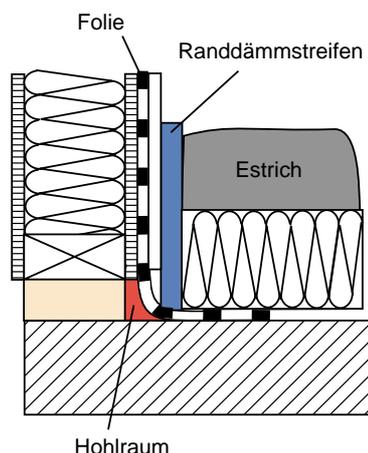


Bild 14: Überstehende Folie.

Probleme treten jedoch in der Form auf, dass relativ oft bereits im Zuge der Montage diese Folie beschädigt wird, dies insbesondere im Bereich von Wandverankerungen, Wandstößen, Installationseinbindungen, Anschlüsse an bodentiefe Fensterelemente etc.. Eine weitere Problematik ist die Bildung von Hohlräumen zwischen Folie und Unterfüttung der Wand bzw. zwischen Folie und Fußbodendämmung. In diesem Hohlraum werden häufig auch elektr. Leitungen geführt, so dass die z.B. an einer Stelle eintretende Luft sich in diesem Hohlraum verteilen und an diversen Leckstellen austreten kann.

Auch der Umstand, dass diese Folie im Bereich von Wandstößen oft nicht fachgerecht durchgezogen wird, führt i.d.R. zu Außenlufteintritt, welcher durch die hinter der Folie befindlichen Hohlräume weitergeleitet werden kann. Die Erreichung einer ausreichenden Dichtwirkung über derartige Folienstreifen setzt eine überaus sorgfältige Verarbeitung und auch Nachbesserung nach Ausführung der Montage- und Installationsarbeiten voraus.

Bei der 'Folienstreifen'-Variante sollte in dem Bereich von bodentiefen Türen und Fenstern ein Folienstreifen an den Blendrahmen über die Laibung bis in den ungestörten Wandbereich geklebt werden, der ausreichend lang unter die Fußbodendämmung bzw. Estrich reicht. Mit diesem Streifen wird die Problematik des Eckbereichs Blendrahmen/Laibung/Fußboden genau an der Stelle entschärft, an der der Randdämmstreifen durch den Estrich

i.d.R. nicht exakt in die Ecke gepresst wird. Bild 15 zeigt eine Endoskopie-Aufnahme eines Fußboden / Tür-Anschlusses. Hier ist ein zusätzlicher Klebestreifen im gesamten Gebäude eingezogen, um die Problematik der 'runden' Ecken von Randdämmstreifen zu eliminieren. Im gesamten Gebäude werden in diesem Anschlußbereich keine Leckagen vorhanden.



Bild 15: Ein zusätzlicher Klebestreifen verhindert die Leckage im Anschlußbereich Fußboden / Außenwand bzw. bodentiefe Türen.

4.2.5 Randdämmstreifen

Eine weitere Möglichkeit stellt die Herstellung der Abdichtung mit Estrich-Randdämmstreifen dar, welche zusätzlich über einen Folienlappen verfügen (Bild 16). Diese Randdämmstreifen, im Regelfall selbstklebend, werden vor Verlegung des Estrichs, also nach Abschluss der Montage- und Installationsarbeiten, an die begrenzenden Wände angeklebt. Der eingebundene Folienstreifen kann unterhalb oder oberhalb der Dämmung in die Fußbodenkonstruktion eingebunden werden. Gegenüber den aus den Bauteilen heraushängenden Folienstreifen hat diese Methode den Vorteil, dass sie den Beschädigungen während der Bauphase, wie bereits aufgeführt, nicht ausgesetzt ist. Der Folienstreifen wird erst im Zuge der Estricharbeiten eingebracht. Darüber hinaus ist mit derartigen Folienstreifen im Regelfall auch bei bodentiefen Fensterelementen eine unterbrechungsfreie Fortführung dieses Abdichtungssystems möglich.

Beachtet werden muss dabei jedoch, dass dieser Randdämmstreifen in den Ecken eingeschnitten werden muss und nicht 'rund' durch die Ecken durchgezogen wird. Ebenfalls beachtet werden muss, dass der Randdämmstreifen beim Einbringen des Estrichs keine Wellen schlägt, da sonst in diesen Bereichen kein luftdichter Anschluss besteht. Die Nachteile der Hohlräume

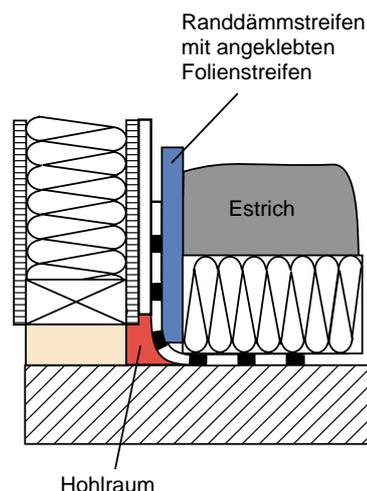


Bild 16: Randdämmstreifen mit angeklebtem Folienstreifen.

hinter diesen Folienstreifen bleiben jedoch bestehen. Bei stark schrumpfenden Estrichflächen können bei der Variante 'Randdämmstreifen mit angeklebtem Folienstreifen' als alleinige Abdichtungsvariante Probleme auftreten. Auch bei dieser Variante empfiehlt es sich in dem Bereich von bodentiefen Türen und Fenstern einen gesonderten Folienstreifen einzuziehen (s. Kapitel 4.2.4 auf der vorherigen Seite).

4.2.6 Versiegelung

Eine wirkungsvolle Variante zur Herstellung einer ausreichenden Luftdichtung zwischen Estrichbelag und Außenwand ist die Versiegelung mit geeigneten dauerelastischen Dichtungsmaterialien (Bild 17). Der in diesem Bereich vorhandene Randdämmstreifen ersetzt das für eine fachgerechte Versiegelung erforderliche Vorlegeband. Der Randdämmstreifen kann zurückgeschnitten oder zurückgedrückt werden. Darüber ist zwischen dem ausreichend luftdichten Estrich und den angrenzenden Wandelementen die dauerplastische Fuge einzubringen, die später durch die Sockelleisten überdeckt und geschützt wird. Sowohl für Sanierungen wie auch bei der planmäßigen Neuerrichtung hat sich dieses Verfahren in der Praxis bewährt.

4.2.7 Dichtanstrich/Dickbeschichtung

Eine weitere Möglichkeit zur sicheren Herstellung einer ausreichenden Dichtigkeit im Schwellbereich stellt das neu vorgeschlagene Konzept der Beschichtung mit einem Dichtanstrich / einer Dickbeschichtung dar. Wird der Ausgleich zwischen der Schwelle und der Betonplatte mittels Untermörtelung oder Ausschäumen mit Montageschaum hergestellt, kann mit einem sogenannten Dichtanstrich hohlraumfrei und fugenlos die Abdichtung erfolgen.

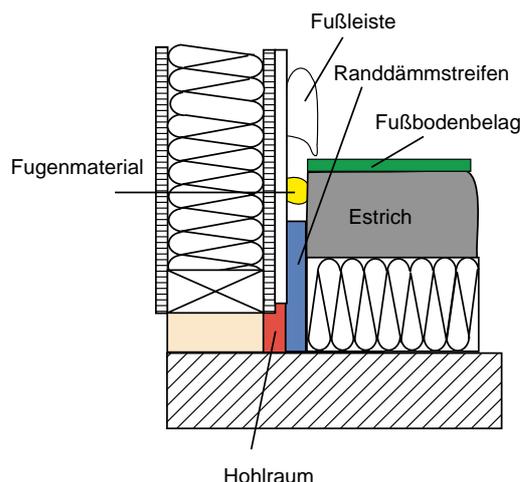


Bild 17: Versiegelung einer Fuge mit dauerelastischem Material.

Derartige Materialien sind zur Abdichtung im Tiefbaubereich, hier maßgeblich bei Kellern, bekannt und marktüblich vorhanden. Die Eignung dieses Anstrichsystem dürfte naturgemäß gegeben sein, da sie zur Abdichtung der Gebäude gegen teilweise drückendes Wasser zugelassen sind. Derartige Dichtanstrichsysteme lassen sich auch in komplizierten Ecken, wie z.B. bei bodentiefen Fensterelementen hohlraumfrei und sicher auf einfache Art und Weise aufbringen. Auch Montageanker und Installationseinbindungen sind mit dieser Methode sicher abzudichten. Derartige Dichtanstriche sind baupraktisch üblicherweise von der Innenseite her anzuwenden, sie können, die entsprechende Eignung vorausgesetzt, ebenso von außen im Schwelbereich angewendet werden und würden hier zusätzlich die Funktion einer ausreichenden Dichtigkeit gegen Feuchtebelastung, z.B. im Haustür- und Terrassenbereich darstellen. Dichtanstrichsysteme sind sowohl aus dem Kellerbaubereich, wie auch aus dem Sanitärbereich, z.B. als Dichtung im Duschbereich bekannt und erprobt. Der Dichtanstrich bzw. die Dickbeschichtung ist eine lösungsmittelfreie 1- oder 2-Komponenten-Abdichtmassen auf Bitumen-, Kunststoff- oder Latexbasis. Bild 18 zeigt den Einsatz eines Dichtanstrichs im Bereich Fußboden / bodentiefe Tür.

4.3 Abdichtungsmöglichkeiten bei Wandstößen durch un-egal tiefreichende Beplankung

Unegal tiefreichende Beplankungen treten i.d.R. in Wand-Eckanbindungen auf. Wenn der Fußboden gegossen wird, entsteht unter der Wandbekleidung, die kürzer als die andere ist, ein Hohlraum. Dieser Hohlraum kann nur durch Ausmörteln bzw. Ausschäumen gefüllt und abgedichtet werden.



Bild 18: Abdichtung Fußboden / bodentiefe Türe mit Dichtanstrich.

4.4 Abdichtungsmöglichkeiten des Fenstereinbaus

Die konstruktiven Durchbildungsmöglichkeiten der Fenstereinbauten sind in der Praxis sehr vielfältig. Aus diesem Grund wird auf eine Einzeldarstellung der Einbausituation im Rahmen dieses Forschungsvorhabens verzichtet. Zu beachten ist, dass die Befestigungstechnik der Fensterelemente in der Konstruktion auf das gewählte Konzept der Luftdichtung abgestimmt wird. So sind z.B. die häufig anzutreffenden Befestigungskrallen oft bei der Verfüllung der Hohlräume, zwischen Blendrahmen und Konstruktion, Störfaktoren, die eine hohlraumfreie Verfüllung erschweren. Hohlräume im Bereich zwischen Blendrahmen und Konstruktion sind geeignet, eintretende Kaltluft z.B. aus dem Rolladenkasten, weiterzuleiten und sollten weitgehend vermieden werden.

Grundsätzlich empfehlenswert ist neben der üblicherweise im Außenbereich vorhandenen Abdichtung gegen Schlagregen, eine zusätzliche Abdichtung auf der Innenseite, z.B. durch Schaumstoffbänder oder dauerplastische Dichtungsmassen. Schwachstellen werden in der Praxis im Wesentlichen an drei Stellen angetroffen und zwar:

- unterer Blendrahmen / Fensterbankanschluss
- Hohlraum im Bereich Fensterlaibung

– Einbau von Rolladenkästen

Bei Rolläden muss zunächst auf eine ausreichende, konstruktive Luftdichtigkeit des zugekauften Bauteils geachtet werden. Geringe Luftleckagen im Bereich der Gurtdurchführung aus dem Rolladenkasten sind konstruktiv bedingt und kaum vermeidbar. Sie sollten durch geeignetes Zubehörmaterial minimiert werden. Eine weitgehende Dichtheit ist lediglich mit Kurbelantrieben oder elektrischen Antrieben zu erreichen. Auf einen ausreichend luftdichten Einbau der Gurtwickelkästen ist unbedingt zu achten. Sie stellen in der Praxis sehr häufig Schwachstellen dar.

Hohlräume der raumseitigen Laibungsbekleidung im Zusammenwirken mit aufgesetzten Rolladenkästen sind entweder zu vermeiden oder aber zu dichten. Eine Abdichtung zwischen der Holzkonstruktion und der Laibungsauskleidung kann sinnvollerweise an den jeweiligen Enden in den Rolladenkasten oder zur Fensterbank münden und mit Dichtungsändern oder dauerelastischen Dichtungsmaterialien hergestellt werden. Die Abdichtung erfolgt rechtwinklig zur Laibung bzw. zum Konstruktionsholz. Empfehlenswert ist eine Abdichtung, sowohl am oberen als auch am unteren Ende, damit es nicht zu einem Durchströmen der Konstruktion kommt.

Die Abdichtung des unteren Blendrahmenteils gegen das horizontale Brüstungsholz kann stets in Anlehnung an die unter Kapitel 4.2 auf Seite 16 aufgeführten Maßnahmen erfolgen (Schwellenabdichtung). In der Praxis wird in diesem Bereich im Regelfall eine Ausschäumung vorgenommen. Es muss jedoch beachtet werden, dass diese Ausschäumung in sich, insbesondere unter Einbeziehung der relativ geringen Materialdicken, oft alleine nicht ausreicht. Im Weiteren stellen auch die oft vorhandenen Montage-Hilfsklötze beim Ausschäumen diesbezüglich eine Schwachstelle dar. Empfehlenswert ist also eine zusätzliche Abdichtung in diesem Bereich. Sie kann vorzugsweise durch Abkleben mit geeigneten Klebeändern oder aber auch durch die bereits unter Kapitel 4.2 auf Seite 16 aufgeführten Dichtanstriche erfolgen. Bzgl. der Vor- und Nachteile von Folien, Klebeändern und Dichtanstrichen wird auf das dort Ausgeführte verwiesen.

4.5 Abdichtungsmöglichkeiten von Flächenbauteile untereinander

Die Luftdichtheit in den Flächen ist im Regelfall gegeben. Undichtheiten treten insbesondere in den Anschlussbereichen der einzelnen Bauteile auf. Typische Anschlussfugen sind hier:

- Anschluss Decke / Wand
- Wandstoß
- Anschluss Dachfläche an Giebel
- Anschluss Dachfläche an Abseite und Kehlbalkendecke

Wichtig ist in den Anschlussbereichen der einzelnen Bauteile, dass die Luftdichtheitsschicht konstruktiv definiert ist (Folie/Baupappe oder Plattenbekleidung, s. Kapitel 2 auf Seite 4). Während bei Außenwandelementen im Regelfall zwischen der Gipskartonbekleidung und der eingebauten Folie kein Hohlraum vorhanden ist, bildet i.d.R. die raumseitige Bekleidung die Luftdichtheitsschicht. Bei Konstruktionen, in denen sich zwischen der Plattenbekleidung einerseits und der eingebrachten Folie andererseits ein Hohlraum, im Regelfall durch die ausgeführte Lattung, befindet, ist die Luftdichtheitsschicht zu definieren und in den Anschlussbereichen konsequent fortzusetzen bzw. bei einem Wechsel fachgerecht anzudichten (z.B. Anschluss Dachfläche an Giebel, da i.d.R. im Bereich der Dachfläche die Folie die Luftdichtheitsschicht darstellt und im Giebelbereich die raumseitige Beplankung bzw. Bekleidung).

Bildet die raumseitige Bekleidung oder Beplankung aus Plattenmaterialien die Luftdichtheitsschicht, ist auf die rissfreie Durchbildung der gesamten Konstruktion zu achten. Entscheidend für die Rissfreiheit ist:

- Die ausschließliche Verwendung getrockneter Hölzer
- Die konstruktive Berücksichtigung möglicher Formänderungen (Druck-/Zugbeanspruchung), Temperatur (Ausdehnung/Schrumpfung), Feuchtigkeitsschwankungen (Quellen/Schwinden) etc.

Eines der Hauptprobleme ist der sogenannte Abseitenbereich bei Dachausbauten. Hier ist die Planung der Luftdichtheitsschicht von besonders großer Bedeutung.

Folgt die Luftdichtheitsschicht der raumseitigen Auskleidung von der Dachschräge heruntergehend über die Abseitenwand bis zur Rohdeckenkonstruktion, muss zwangsläufig die obere Deckenbekleidung im Bereich der nicht luftdicht abgeschlossenen Abseite ausreichend gedichtet werden. Wird von der mit Gipskarton bekleideten Dachschräge die Luftdichtung bis zum

Fußpunkt des Sparrens, hier im Regelfall der Fußpfette, weitergeführt, ist zur sorgfältigen sicheren Ausführung ein ausreichend großer Arbeitsraum erforderlich. Dies bedeutet im Regelfall eine Ausführung der Luftdichtungsschicht vor Montage der Abseitenwand.

Zur Fortführung der Luftdichtungsschicht unterhalb der Sparren bis zum Fußpunkt herunter, kann sowohl die Beplankung oder Bekleidung genutzt werden, wie auch alternativ eine Folie. Da Abseitenräume im Regelfall bei Häusern ohne Kniestock ausgebildet werden, kann hier die ausreichende Luftdichtheit des Geschossdeckenaufagers weitergeführt werden und an diese Dichtungsebene angebunden werden. Insbesondere bei Rohrdurchführungen im Bereich der Abseite ist dann jedoch auf eine ausreichende Luftdichtheit dieser Durchdringungen zu achten. Um bei der Ausbildung der Luftdichtungsschicht im Bereich des Abseitenraumes genügend Arbeitsfläche zur Verfügung zu haben, empfiehlt sich ebenfalls die Ausbildung der Luftdichtungsschicht vor Montage der Abseitenwand.

Sofern Dämmung und Luftdichtung bis an den Fußpunkt heruntergeführt werden, müssen die aufwendigen und teuren Wandelemente als Abseitenwände unter Kostengesichtspunkten und auch unter Montagegesichtspunkten in Frage gestellt werden. Die reine Funktion als 'Trägerplatte' für Tapete erfüllt auch letztendlich eine ausreichend dimensionierte Holzwerkstoffplatte, ggf. zusätzlich mit einer Gipsplatte belegt. Auf die Ausdämmung dieser Wandelemente und der Fachwerkkonstruktion kann verzichtet und die damit eingesparten Kosten in die Verbesserung der Luftdichtheit dieses Bereiches investiert werden.

In Bild 19 zeigt einige Beispiele wie im Bereich Abseite / Dachfläche / Geschossdecke eine luftdichte Abdichtung in Abhängigkeit der gewählten Konstruktion erzielt werden kann.

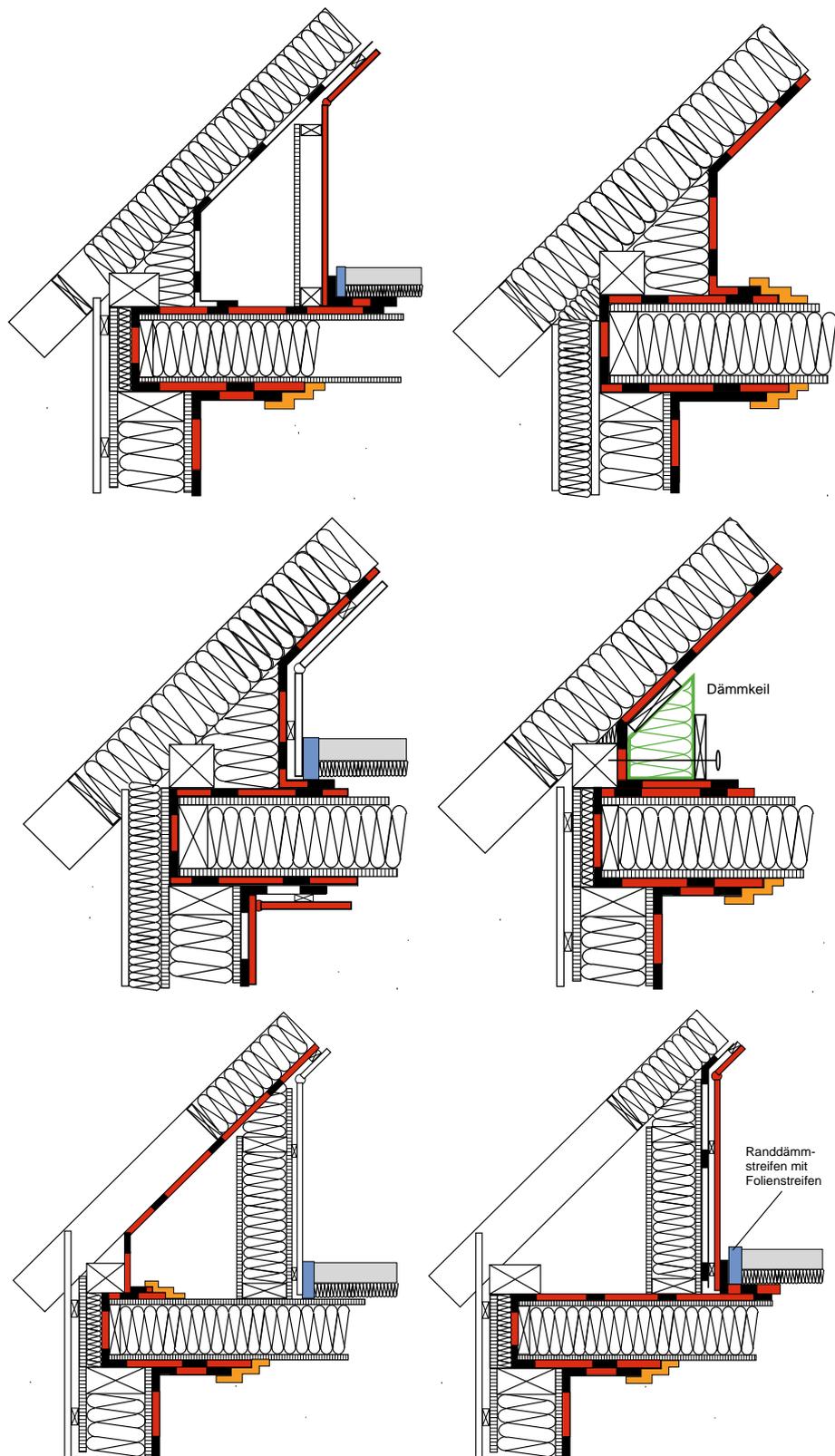


Bild 19: Beispiele von Abdichtungsvarianten im Bereich Abseite / Dachfläche / Geschossdecke in Abhängigkeit von der Konstruktion.

Der luftdichte Anschluss von Flächenbauteilen untereinander ist abhängig vom dem Material, welches die Luftdichtheitsschicht bildet sowie vom Untergrund, an den gedichtet werden muss. Üblicher Weise werden die Anschlüsse durch folgende Materialien sichergestellt

- Klebebänder
- Klebemasse
- 'Rollen und Tackern'
- Klebe- und Spachtelputz

Für die Abdichtung von Deckenelementstößen können geschlossoporige Schaumstoffprofile verwendet werden, wie sie zur Abdichtung von Schwellen eingesetzt werden.

4.5.1 Klebebänder

Die häufigsten anzutreffende Abdichtvariante ist die 'Klebeband'-Variante (Bild 20). Die Stöße werden mit einem einseitig klebenden Band verklebt. Diese Variante wird bei dem Anschluß Folie bzw. Baupappe an verschiedene Untergünde angewendet. Zum Einsatz kommen auch doppelseitige Klebebänder sowie Butylkautschuk-Bänder.

Die Klebeband-Industrie vertritt die Meinung, dass eine mechanische Sicherung dieser Klebungen nicht nötig sei. Aufgrund der Verarbeitungsmöglichkeiten auf der Baustelle ist es jedoch sinnvoll eine mechanische Sicherung anzubringen. Bild 21 zeigt Leckagen, die sich aufgrund von Wellen- und Faltenbildung der Folie zwischen Folie und Klebeband bilden. Durch den Anpressdruck einer mechanischen Sicherung können solche Leckagen minimiert werden.

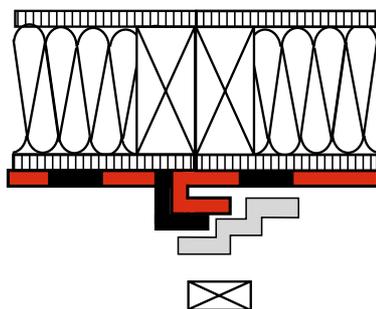


Bild 20: Folie an Folie, Abdichtung mit Klebeband.

Stöße von Platten werden entweder mit Klebebandstreifen oder mit Baupapen bzw. Foliestreifen und Klebmassen luftdicht aneinander angeschlossen (Bild 22).



Bild 21: Leckagen durch Wellen und Knickstellen in der Folie.

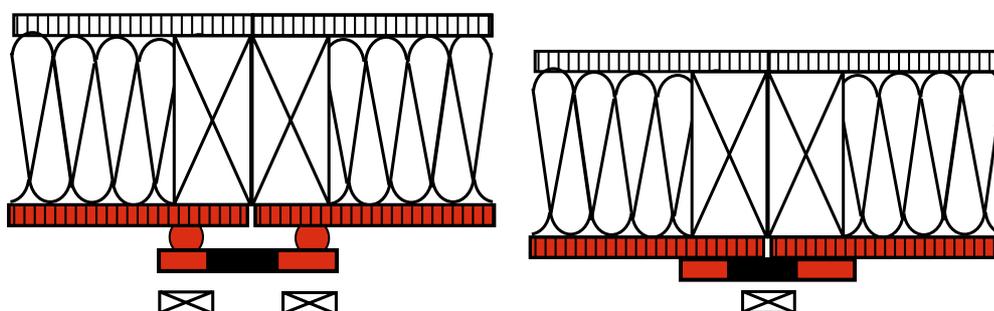


Bild 22: Abdichtung mit Kleber oder Klebeband bei Plattenmaterialien.

4.5.2 Klebmasse

Der Anschluss von Baupappe an Baupappe oder an andere Materialien erfolgt i.d.R. mit Klebmasse (Bild 23). Auch für einen Folienanschluss an feste Untergründe kann Klebmasse verwendet werden. Wie die 'Klebeband'-Industrie vertritt die 'Klebmassen'-Industrie die Meinung, dass eine mechanische Sicherung nicht notwendig sei. Jedoch auch für die 'Klebmassen'-Variante gilt die für Klebeband getroffene Aussage, dass Wellen, Falten und Knicke in der Baupappe / Folie zu Fehlstellen führen können.

4.5.3 'Rollen und Tackern'

Das 'Rollen und Tackern' von Folie hat sich schon in einigen Gebäuden in der Praxis bewährt (Bilder 24 und 25). Der Folienüberstand wird vier bis fünf Mal eingerollt und die entstandene Folienrolle angetackert.

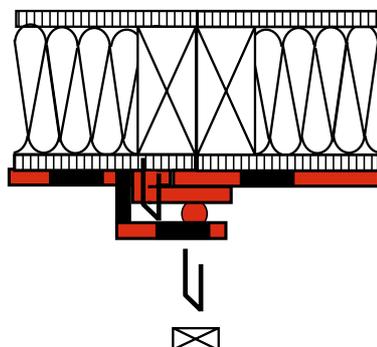


Bild 23: Abdichtung mit Klebemasse bei Folie bzw. Baupap-
pe.

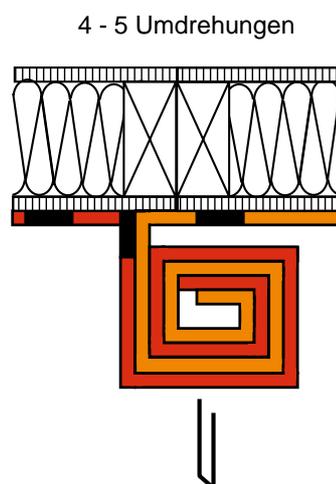


Bild 24: 'Rollen und Tackern' von Folienstößen.



Bild 25: Angetackerte Folienrolle, Beispiele aus der Praxis.

4.5.4 Klebe- und Spachtelputz

Die Stöße der Gipskartonplatten werden mit und ohne Bewehrungsstreifen verspachtelt. Solange keine Bewegungen im Bauteil entstehen, sind diese Bereiche als dicht einzustufen.

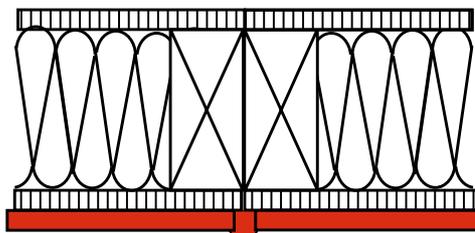


Bild 26: Die Stöße der Gipskartonplatten werden verspachtelt.

4.6 Abdichtungsmöglichkeiten von Deckenelementstößen

Die Abstände zweier Deckenelementstöße sind i.d.R. nicht exakt planbar. Diese Stöße 'wachsen' auf der Baustelle. Aus diesem Grund kann dort keine starre Abdichtung erfolgen. In Bild 27 ist die Problematik schematisch dargestellt. Einerseits ist die Größe des Hohlraums zwischen den Deckenbalken nicht definiert, andererseits ergibt sich ein Spalt in der oberen und unteren Deckenbeplankung. Werden beide Bereiche nicht abgedichtet, kann Luft ungehindert in die Decke bzw. in die Außenwand einströmen. Eine spezielle Abdichtung in diesem Bereich erfolgt i.d.R. nicht. Ein aufgenageltes Abschlussbrett stellt in diesem Fall keinen luftdichten Abschluss dar.

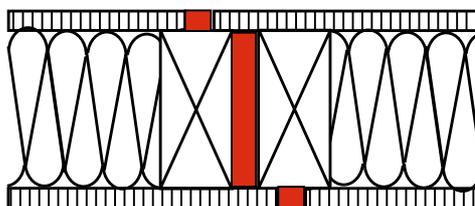


Bild 27: Die Abstände von Deckenelementen ergeben sich erst auf der Baustelle.

Wird die gesamte Decke mit einem Folienstreifen umhüllt, sind beide Bereiche abgedichtet. Im Innenraum muss jedoch bei der Verklebung der Folie beachtet werden, dass die Klebung den Konturen der Spalte in der oberen und unteren Deckenbeplankung folgt (Bild 28).

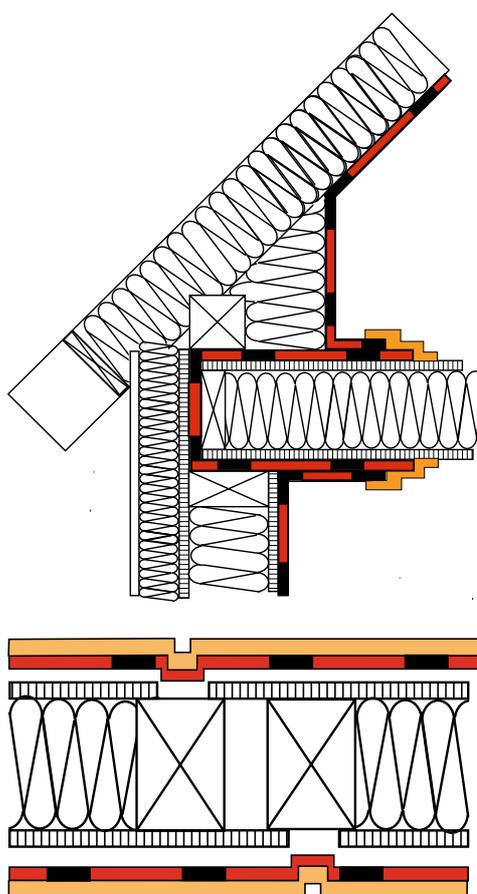


Bild 28: Die Geschosdecke wird mit einem Folienstreifen gegen Durchströmen abgedichtet. Die Klebungen müssen den Konturen folgen.

Eine weitere Möglichkeit, ist die Abdichtung der einzelnen Öffnungen. In den Hohlraum zwischen den einzelnen Deckenbalken kann von außen ein geschlossenzelliges Schaumstoffprofil eingeführt werden. Wird das Profilstück mit Übermaß geschnitten, presst es sich an die umschließenden Flächen sehr gut an. Ein entsprechendes Schaumstoffprofil kann ebenfalls in die Spalte in der oberen und unteren Deckenbeplankung gedrückt werden, das durch den Anpressdruck der Wände die Spalte ausfüllt. Ein Ausschäumen dieser kritischen Stellen mit Montageschaum ist auch möglich. Der Montageschaum hat jedoch den Nachteil, dass er nach dem Aushärten keine Bewegungen mehr aufnehmen kann.

5 Installation

Installationen durchdringen das gesamte Gebäude. Insbesondere elektrische Leitungen durchziehen einzeln und gebündelt sämtliche Wände und Decken, da der Nutzer an beliebigen Stellen, an Innen- und Außenwänden, Steckdosen, Lichtschalter etc. wünscht.

Die Führung der Wasserrohre beschränkt sich i.d.R. auf den Teilbereich des Gebäudes in dem Küche, Hauswirtschaftsraum, Bad, WC und ggf. Außenzapfstelle relativ eng räumlich zueinander angeordnet sind.

5.1 Typische Situationen

Typische Problembereiche des Lufteintrittes bei Installationen

- Hohlwand-Installationsdosen
- Deckenstrahler
- Elektr. Leitungen
- Leerrohre
- div. Rohrdurchdringungen
- WC-Spülkästen
- Installationsschächte

5.2 Abdichtungsmöglichkeiten von Installationen

Zur Vermeidung von Leckagen aufgrund von Installationen sind in der Praxis bekannt / geeignet / üblich:

- Luftdichte Hohlwand-Installationsdosen und -gehäuse
- Installationsebenen
- Installationsschächte
- Installationseinheiten
- Manschetten
- Montageschaum
- Dauerplastische Dichtstoffe

5.2.1 Luftdichte Hohlwand-Installationsdosen und -gehäuse

Auf dem Markt werden von mehreren Firmen sogenannte luftdichte Hohlwand-Installationsdosen angeboten. Werden diese Dosen fachgerecht eingebaut, sind sie als luftdicht zu erachten. Probleme treten auf, wenn die Öffnungen für die Kabeldurchführung zu groß geschnitten sind. Werden zwei bis drei Installationsdosen als Doppel- oder Dreifachkombination eingebaut, ist darauf zu achten, dass der Steg zwischen den einzelnen Installationsdosen beim Bohren der Montageöffnungen nicht abbricht (Bild 29). Für solche Mehrfachkombinationen wäre die Verwendung eines vorgefertigten Moduls angebracht. Module mit bis zu vier Hohlwand-Installationsdosen könnten als Standardausführung von der Industrie verfertigt werden, so dass vor Ort nur noch das entsprechende Modul montiert werden müsste. Neben den luftdichten Hohlwand-Installationsdosen werden mittlerweile auch luftdichte Kabelauslassdosen für Decken- und Wandleuchten angeboten.

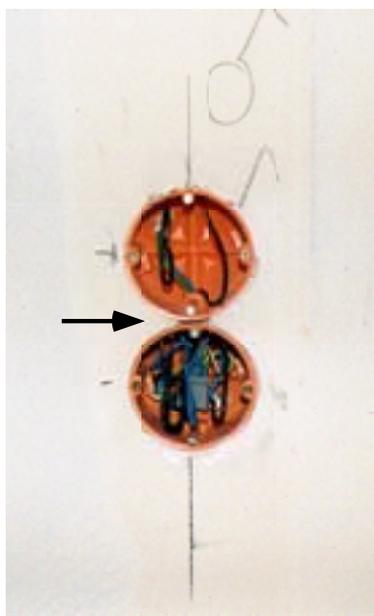


Bild 29: Der Einbau von zwei luftdichten Hohlwand-Installationsdosen. Der Montagesteg zwischen den beiden Dosen ist zerstört.

Der Einsatz der Hohlwand-Installationsdosen ist nur sinnvoll, wenn die Luftdichtheitsschicht von einem Plattenmaterial gebildet wird und das Frontteil der Installationsdose in das Plattenmaterial passgenau eingebaut und abgedichtet werden kann. Wird die Luftdichtheitsschicht von einer Folie oder einer Baupappe gebildet, dann muss die Folie/Pappe an jeder Dose mit Klebeband abgedichtet werden.

5.2.2 Installationsebene

Eine Installationsebene auf der Raumseite der Außenwand bildet eine von der Außenwand unabhängige Ebene, in der die gesamte Installation verlegt werden kann, ohne die Luftdichtheitsschicht zu durchdringen und ggf. zu beschädigen. Auch eine spätere Verlegung von Leitungen und Rohren während der Gebäudenutzung sollte nicht zu einer Verletzung der Luftdichtheitsschicht führen. In Bild 30 sind Beispiele einer Installationsebene mit einer Luftdichtheitsschicht aus Plattenmaterial oder Folie/Baupappe dargestellt. Die Installationsebene sollte, wie es in diesem Bild dargestellt ist, aus akustischen und thermischen Gründen zusätzlich mit Dämmstoff ausgefüllt werden. Wird der Zwischenraum mit Mineralfaser ausgefüllt, so werden die Matten in dem Bereich, in dem Leitungen und Rohre verlaufen zusammengedrückt und es bilden sich Lufthohlräume.

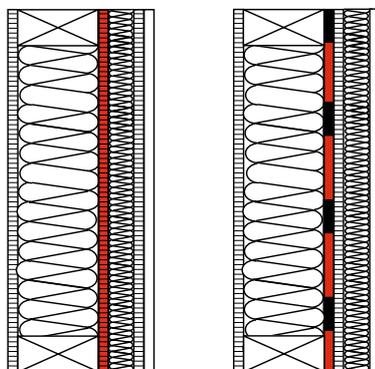


Bild 30: Installationsebene mit einer Luftdichtheitsschicht aus Plattenmaterial oder aus Folie/Baupappe.

Die Bilder 31 und 32 zeigen Anschlüsse der Installationsebene an einen Boden in Massivbauweise und an eine Decke in Holzbauart. Die jeweiligen Schwachpunkte sind mit Kreisen gekennzeichnet. Auch bei einer Installationsebene ist es wichtig, dass der Außenwand / Fußbodenanschluss luftdicht ausgeführt ist, ebenso der Anschluss Außenwand / Geschosdecke. Sind diese beiden Bereiche nicht luftdicht angeschlossen, dann ist die Installationsebene wirkungslos, da sie von oben bis unten und andersherum durchströmt wird. Sinn einer Installationsebene ist, dass hinter der Installationsebene die Luftdichtheitsschicht verläuft und dadurch die Durchdringungen der raumseitigen Verkleidung durch elektr. Leitungen und Rohre nicht abgedichtet werden müssen.

Für die Montage einer Installationsebene sind folgende Gesichtspunkte zu beachten

- Bei einer Montage vor Ort ist die Abdichtung der Installationsebene, wie sie in den Bildern 31 und 32 dargestellt sind oft kein großes Problem, da die Luftdichtheitsschicht noch nicht verkleidet ist.

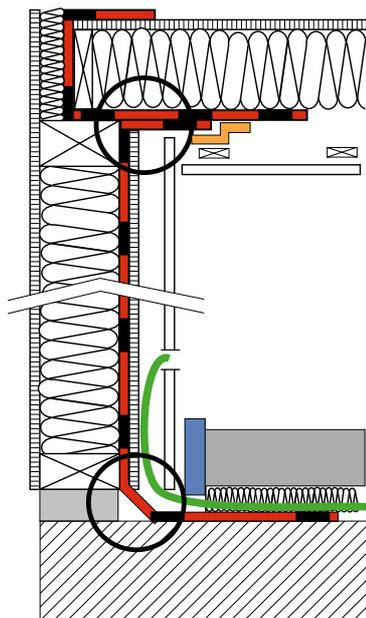


Bild 31: Anschluss der Installationsebene aus Folie/Baupappe an einen Massivboden bzw. an eine Holzdecke.

- Werden die Wände in fertigen Elementen auf die Baustelle geliefert, müssen ggf. Anschlussöffnungen eingeplant werden. Oben ist ein Streifen der raumseitigen Verkleidung und der Lattung von ca. 100 mm an der Außenwand und der aufliegenden Decke frei zu lassen, damit die entsprechenden Abdichtarbeiten durchgeführt werden können. Am Fußpunkt kann vor der Fußbodenverlegung auf der Rohdecke abgedichtet werden.

Ist eine Installationsebene vorgesehen, kann ein Randdämmstreifen mit / ohne Folienstreifen nicht zur Luftdichtung herangezogen werden. Insbesondere bei einer Luftdichtungsschicht aus Plattenmaterial ist auf den luftdichten Abschluss mit dem Boden zu achten (Bild 32, unten). Entweder ist die Abdichtung unter der Außenwand luftdicht, oder das Plattenmaterial muss mit einem Folien- oder Baupappenstreifen verlängert werden, der weit bis unter die Dämmung bzw. den Estrich reicht. Für diesen Bereich kann wahlweise auch die vorgeschlagene Variante 'Dichtanstrich' eingesetzt werden.

Bei der Planung und Ausführung einer Installationsebene ist zu beachten, dass auch hier eine luftdichte Konstruktion erforderlich ist. Die Luftdichtungsschicht wird nur an eine andere Stelle in der Konstruktion angeordnet.

5.2.3 Installationsschacht

Ein Installationsschacht wird i.d.R. dann verwendet, wenn an einer Stelle im Gebäude sämtliche Installationen gebündelt geführt werden sollen. In den

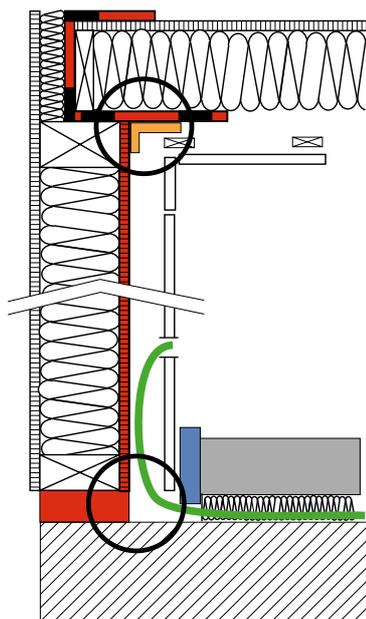


Bild 32: Anschluß der Installationsebene aus Plattenmaterial an einen Massivboden bzw. an eine Holzdecke.

jeweiligen Etagen erfolgt die Abzweigung für die einzelnen Räume. Diese Schächte reichen vom Keller bis in die oberste Geschosdecke und verbinden somit den i.d.R. unbeheizten Keller mit dem unbeheizten Spitzboden. Die beste Möglichkeit diesen Luftverbund zu unterbinden ist diesen Schacht in der Kellerdecke und in der obersten Geschosdecke abzudichten. Nur wenn alle Durchdringungen der Decken verschlossen sind, brauchen die Verteilungsöffnungen zu den einzelnen Etagen nicht luftdicht verschlossen zu werden.

In den Bildern 33 und 34 sind schematisch Abdichtungsmöglichkeiten des Schachtes in einer Holzdecke als auch in einer Massivdecke dargestellt. Bei beiden Durchdringungen ist es wie in Kapitel 3.2.6 auf Seite 10 für den Abschluss eines Kamines wichtig, dass zwischen Schacht und Decke keine Durchströmung erfolgen kann. Zusätzlich muss auch noch der Schacht selbst abgedichtet werden. Je gebündelter und je weniger Installationen durch den Schacht geführt werden, um so geringer ist der Abdichtaufwand. Die Adichtung kann erfolgen durch

- Plattenmaterial, Folie oder Baupappe mit Klebeband
- Plattenmaterial und Expansionsband
- In einer Massivdecke: ausbetonieren
- Trittschalldämmplatten aus z.B. Polystyrolschaum oder anderen Schaumstoffen einklemmen
- ggf. zusätzlich mit Dichtanstrichen dichten

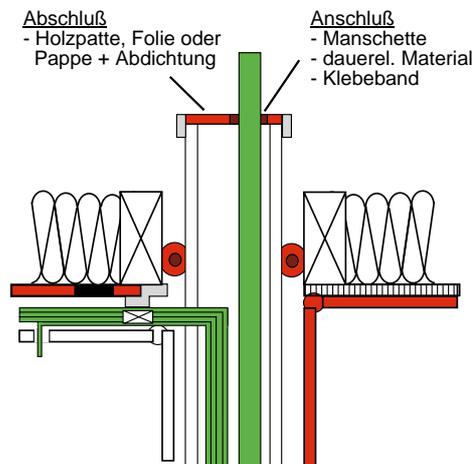


Bild 33: Abschluss eines Installationsschachts an eine Holzdecke. Auf der linken Seite wird die Luftdichtheitsschicht von einer Folie gebildet, auf der rechten Seite von einem Plattenmaterial.

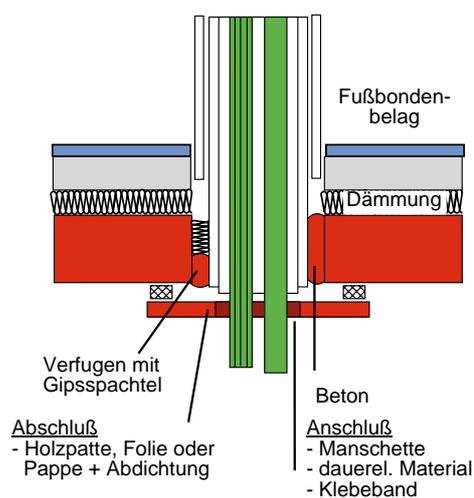


Bild 34: Abschluss eines Installationsschachts an einen Massivboden.

5.2.4 Manschetten

Für den luftdichten Anschluss von Durchdringungen einzelner elektr. Leitungen der Luftdichtheitsschicht gibt es Manschetten aus einem Formstück, die an der Basis mit einem ringförmigen Klebeband fest verbunden sind. Bild 35 zeigt verschiedene Ansichten. Das Formstück ist mit diversen Durchmessern zu erhalten.



(a) Draufsicht



(b) Rückseite



(c) Seitenansicht



(d) Mit elektr. Leitung

Bild 35: Manschette für Durchführungen von elektr. Leitungen [15].

5.2.5 Installationselement

Bei Fertighausfirmen, die einen sehr hohen Fertigungsanteil im Werk haben, bietet es sich an, Installationselemente herzustellen. In diese Elemente werden die entsprechenden Anschlüsse eingebracht und können auf ihren korrekten Anschluss und ihre Dichtheit im Werk untersucht werden. Evtl. Nachbesserungen sind möglich. Anschließend werden die Elemente in die vorgefertigten Wände im Werk, ggf. auf der Baustelle eingebaut. Bild 36 zeigt ein Element in das die gesamte WC-Installation eingebaut ist.



Bild 36: Vorwandinstallationen werden als Installationselement vorgefertigt und als Element in die entsprechende Wand eingebaut.

5.2.6 Montageschaum

Montageschaum ist dann geeignet, wenn sichergestellt ist, dass keine Bewegungen in dem Anschluss zu erwarten sind (s.a. Kapitel 3.2.4 auf Seite 10). Die Verwendung von Montagegeschaum hat den Vorteil, dass er sich bei geometrisch ungleichmäßigen Öffnungen fehlstellenfrei verteilt. Auch größere Öffnungen können damit abgedichtet werden. Ist der eingesetzte Schaum ungenügend luftdicht, kann ebenfalls der dauerelastische Anstrich zusätzlich aufgebracht werden.

Dauerhaft luftdichte Schäume mit entsprechenden Nachweiszeugnissen sollte der Markt verstärkt anbieten.

5.2.7 Dauerplastische Dichtstoffe

Dauerplastische Dichtstoffe werden i.d.R. angewendet, wenn die abzudichtende Öffnung klein ist. Geringfügige Bewegungen der Konstruktion können von einem dauerplastischen Dichtungsmaterial aufgenommen werden. Bild 37 zeigt den Einsatz von Silikon zum Abdichten eines Leerrohres zur Konstruktion hin.



Bild 37: Andichtung eines Leerrohres mit Silikon.

6 Praxismessungen

Im folgenden werden vier Gebäude messtechnisch auf ihre Luftdichtheit untersucht. Zuerst werden die Gebäude in dem Zustand untersucht, wie sie momentan von den Firmen üblicherweise erstellt werden. In einem zweiten Schritt werden von den Firmen, deren Gebäude im ersten Schritt untersucht wurden, neue Gebäude errichtet, an denen verschiedene Abdichttechniken erprobt werden.

6.1 Gebäude 1

Im Gebäude 1 bildet die raumseitigen Gipskartonplatten die Luftdichtheitschicht. Das Gebäude verfügt über einen Keller in Massivbauweise, der bei der Luftdichtheitsmessung mit eingeschlossen wird, da noch keine Kellertüren vorhanden sind. Die Luftdichtheitschicht liegt raumseitig der Kehldecke. Die Dämmung in der Kehldecke liegt offen, d.h. der Spitzboden ist nicht begehbar. Das Gebäude ist zum Zeitpunkt der Messung bezugsfertig. Es werden an folgenden Stellen Undichtheiten festgestellt

- fast alle Steckdosen in Innen- und Außenwänden
- Spitzbodenluke, die Klappe wird ungleichmäßig angepreßt
- Einbau der Deckenstrahler (Bad, OG)
- Wanddurchbruch für den Wasseranschluß im Garten (Keller)
- Wanddurchbruch für die Anschlüsse der Gastherme und Wasserversorgung (Keller, mit Mineralwolle ausgestopft)
- Kabelauslass für die Flurbeleuchtung (OG)
- Verteilerkästen der Fußbodenheizung (EG/OG)

In Bild 38 sind die Messergebnisse der Über- und Unterdruckmessung dargestellt. Bei einer Druckdifferenz von 50 Pa zwischen Gebäudeinnerem und der Umgebung beträgt der Volumenstrom $785 \pm 30 \text{ m}^3/\text{h}$ bei der Unterdruckmessung und $838 \pm 35 \text{ m}^3/\text{h}$ bei der Überdruckmessung. Der mittlere Volumenstrom ergibt sich somit zu $812 \pm 50 \text{ m}^3/\text{h}$. Dies führt, bei einem Gebäudevolumen von 426 m^3 , zu einem n_{50} -Wert von 1,8 1/h. In DIN 4108-7 wird für Gebäude mit Fensterlüftung ein n_{50} -Wert $\leq 3 \text{ 1/h}$ gefordert. Der erreichte n_{50} -Wert liegt im zulässigen Wertebereich.

Die Hauptproblematik bei diesem Gebäude liegt in der Durchströmung der Außen- und Innenwände sowie der Decken. Durchdringungen der Gipskartonplatten für z.B. Hohlwand-Installationsdosen, Kabelauslässe oder Deckenstrahler, sind nicht luftdicht verschlossen. Der Installationsschacht für die

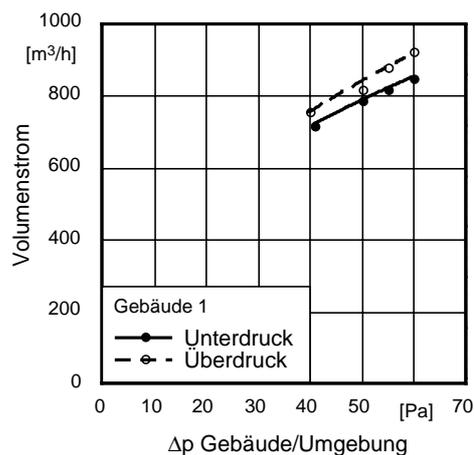


Bild 38: Messergebnisse der Über- und Unterdruckmessung des Gebäudes 1.

Heizungsrohre der Fußbodenheizung, der sich vom Keller bis in das Obergeschoss erstreckt, durchdringt die Keller- und Erdgeschossdecke. Da die Durchbrüche nicht abgedichtet sind, kann sich die Luft über diesen Schacht im gesamten Gebäude verteilen.

Im angedachten Schritt 2 – verbesserte Konstruktion bzw. Abdichttechnik – ist geplant, alle Bauteile in sich luftdicht abzuschließen, so dass die Bauteile entkoppelt sind. Ebenfalls wird auf die luftdichten Anschlüsse der einzelnen Bauteile untereinander ein besonders Augenmerk gelegt. Die Problematik der Deckenstrahler wird diskutiert und eine Detaillösung erarbeitet.

Für die Umsetzung von Detaillösungen sind zwei Doppelhaushälften, von der Firma, die auch Gebäude 1 errichtet hat, vorgesehen. Je Doppelhaushälfte sollen verschiedene Abdichttechniken angewendet werden. Leider hat nach sämtlichen Absprachen und Vorbereitungen die Firma Konkurs angemeldet, so dass für die Untersuchung der 'entkoppelten' Bauteile eine weitere Firma herangezogen wird (Kapitel 7 auf Seite 66).

6.2 Gebäude 2

Gebäude 2 ist vom Aufbau dem Gebäude 1 sehr ähnlich, die Luftdichtungsschicht wird jedoch im Erdgeschoss von der raumseitigen Gipskartonbekleidung, im Dachgeschoss von einer Folie gebildet. Das Gebäude verfügt ebenfalls über einen Keller in Massivbauweise, der bei der Luftdichtheitsmessung durch eine Folie abgekoppelt wird. Der Kellerabgang, der für die Messung nicht ausgeschlossen werden kann, ist noch nicht verputzt, so dass im Bereich der unverputzten Ziegel Undichtheiten festzustellen sind. Ebenfalls ist die temporäre Abdichtung mit Folie aufgrund des unregelmäßigen Untergrundes nicht ganz luftdicht.

Die Luftdichtheitsschicht im Dach ist in der Kehlbalkenlage verlegt. Die Dämmung in der Kehlbalkenlage liegt offen, d.h. der Spitzboden ist nicht begehbar. Das Gebäude ist zum Zeitpunkt der ersten Messung in der Ausbauphase. Es werden folgende Undichtheiten festgestellt

- Folienanschluss eines Versatzes in der Außenwand (Wohnen).
- Verklebung der Folie an der Erdgeschossdecke fehlt an einigen Stellen (Wohnen, Hauswirtschaft)
- Montagehilfen in der Erdgeschossdecke (Wohnen)
- Leerrohr für elektr. Leitungen (Gast)
- Zerstörung der Folie an einigen Stellen in der Kehlbalkenlage für das Verlegen der elektr. Leitungen
- Kabelführung durch die Folie im Bereich der Haustür
- Abschluss der Fensterlaibung an die Fensterbank an einigen Fenstern
- Verklebung der Folie im Dachgeschoss ist an einigen Stellen unsachgemäß ausgeführt
- Anschluss der Fensterbank zur Außenwand an einigen Fenstern
- Fensterelement des Wintergartens
- Anschluss Randdämmstreifen / Außenwand / Fußboden in Eckbereichen
- unverputzte Ziegel im Kellerbereich

Zum Zeitpunkt der zweiten Messung ist das Gebäude fast bezugsfertig. Es ist tapeziert, jedoch der Fußbodenbelag sowie die Türzargen und Türen im Erd- und Obergeschoß sind noch nicht eingebracht. Im Keller fehlt die raumseitige Verkleidung sowie die Türzargen samt Türen. Der Kellerabgang weist dieselben Undichtheiten wie bei der ersten Messung auf. Folgende Undichtheiten können festgestellt werden

- alle Steckdosen in Innen und Außenwänden
- alle Türstürze
- Anschluss Fußboden / Außenwand
- Einbau der Fenster, stellenweise fehlt das Silikon
- Fensterelement des Wintergartens
- Kabelauslässe in Decken und Wänden

- Installationen für das Wasserabflussrohr der WCs
- Deckendurchbrüche für die Heizungsanschlüsse
- unverputzte Ziegel im Kellerbereich

In Bild 39 sind die Messergebnisse dargestellt. Bei einer Druckdifferenz von 50 Pa zwischen Gebäudeinnerem und der Umgebung beträgt der Volumenstrom $1410 \pm 60 \text{ m}^3/\text{h}$ bei der 1. Unterdruckmessung. Dies führt, bei einem Gebäudevolumen von 310 m^3 , zu einem n_{50} -Wert von 4,5 1/h. Bei der 2. Messung beträgt der Volumenstrom $845 \pm 35 \text{ m}^3/\text{h}$ bei der Unterdruckmessung und $971 \pm 40 \text{ m}^3/\text{h}$ bei der Überdruckmessung. Der mittlere Volumenstrom ergibt sich somit zu $908 \pm 55 \text{ m}^3/\text{h}$. Dies führt zu einem n_{50} -Wert von 2,9 1/h. Der erreichte n_{50} -Wert liegt, trotz unfertigem Keller, im zulässigen Wertebereich ($n_{50} \leq 3 \text{ 1/h}$). Die beiden Ergebnisse zeigen, daß das Gebäude im Laufe des Ausbaus dichter wird.

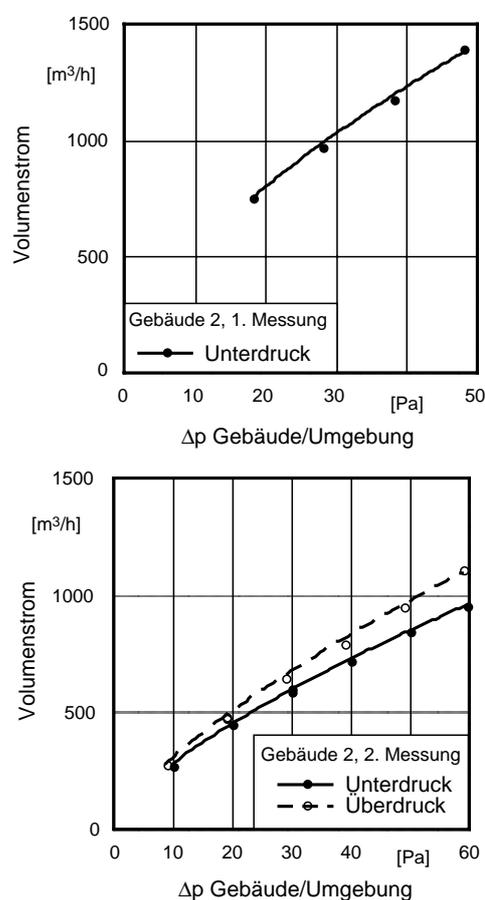


Bild 39: Messergebnisse der 1. und 2. Messung des Gebäudes 2.

Auch bei diesem Gebäude liegt das Hauptproblem in der Durchströmung der Decken und Wände. Diese sind hauptsächlich eine Folge der Abdichtung zu einem auskragenden Bauteil, sowie der Geschossdeckenstöße und

der Folgen von Fehlstellen in der Verarbeitung der Folie. Aus diesen Gründen wird für die Untersuchungen von einzelnen Details im zweiten Schritt ein besonderes Augenmerk auf die Verklebung der Folie gelegt. Die Firma verfügt über konkrete Arbeitsanweisungen, wie die Luftdichtheit sichergestellt werden soll. Sowie bei der Fertigung als auch bei der Montage soll darauf geachtet werden, dass die Arbeitsanweisungen eingehalten werden. Ebenfalls werden Detaillösungen für die Abdichtung von auskragenden Bauteilen und der Deckenelementstöße entwickelt und ausprobiert.

6.3 Gebäude 3 und 4

Für die weiteren Untersuchungen können zwei Doppelhaushälften herangezogen werden, die von derselben Firma errichtet werden, wie Gebäude 2. An diesen Gebäuden werden unterschiedliche Abdichtkonzepte erprobt. Die beiden Doppelhaushälften sind spiegelbildlich aufgebaut und weisen eine kompakte Bauweise auf (Bild 40). Beide Gebäude sind unterkellert. Der Keller ist jeweils aus Fertigbetonteilen gefertigt und von einer Fremdfirma gestellt. Das Treppenhaus ist bis in den Keller offen. Der Ausbau des Kellers wird von den Bauherren in Eigenleistung erbracht, so dass der Ausbau der Keller bis zum Abschluss der Untersuchungen noch nicht fertiggestellt ist.



Bild 40: Gesamtansicht der untersuchten Doppelhaushälften.

An der freien Giebelseite verfügt jedes Gebäude über einen Balkon, der als auskragendes Bauteil konzipiert ist. Die Lüftung erfolgt über Fenster. Beide Gebäude werden von den gleichen Kolonen errichtet und fertiggestellt.

6.3.1 Luftdichtheitskonzept

Die Luftdichtheitsschicht wird im Erdgeschoss von der raumseitigen Gipskartonbekleidung gebildet, im Dachgeschoss von einer Folie. Die Firma

verfügt über Detailzeichnungen, wie einzelne Anschlüsse durchzuführen sind.

Die beiden untersuchten Doppelhaushälften unterscheiden sich nur in zwei Details.

1. Abschluss der Erdgeschossdecke im Bereich des auskragenden Balkons

Bei der einen Doppelhaushälfte (Gebäude 3) wird die Folie wie es in der Arbeitsanweisung beschrieben ist, um die Decke herumgeführt und an die Deckenbalken mit Klebeband befestigt (Bild 41). Der luftdichte Abschluss an der Oberkante des Abschlussbretts erfolgt über ein elastisches Fugenband, welches auf die Oberseite geklebt wird und durch das Auflegen der Spanplatte die Abdichtung herstellt.



Bild 41: Abdichtung der der auskragenden Geschossdecke mit Folie im Gebäude 3*.

Bei der zweiten Doppelhaushälfte (Gebäude 4) wird der luftdichte Abschluss durch eine Trittschalldämmplatte (53/50) ausgeführt (Bild 42). Die Platte wird mit geringem Übermaß geschnitten und dann eingefügt. Durch die Rückstellkraft bildet die Trittschalldämmung einen luftdichten Abschluss. Wenn die Spanplatte als letzter Arbeitsschritt aufgelegt wird, ist somit auch die obere Kante abgedichtet.

2. Abdichtung der stirnseitigen Deckenelementstöße

Die Abdichtung der stirnseitigen Deckenelementstöße im Gebäude 3 erfolgt lt. Arbeitsanweisung, d.h. eine Folie wird auf der Baustelle um die Geschossdecke herumgezogen und verklebt.



Bild 42: Trittschalldämmung als luftdichter Gefachabschluss der Geschossdecke*.

Im Gebäude 4 wird für die Abdichtung der stirnseitigen Deckenelementstöße ein elastisches Schaumstoff-Hohlprofil verwendet, wie es zur Isolation von Heizungsrohren eingesetzt wird. Das Hohlprofil wird etwas größer als die Stoßbreite/-höhe gewählt und durch das Komprimieren des Profils im Elementstoss wird dieser abgedichtet (Bild 43).



Bild 43: Vormontage der Abdichtung der Elementstöße der Geschossdecke mit Schaumstoff-Hohlprofil für Gebäude 4*.

6.3.2 Aufstellen der Gebäude

Bei der Montage wird die Handhabung der Abdichtungsvarianten der Deckenstöße untersucht. Bild 44 zeigt ein Schaumstoff-Hohlprofil nach der Deckenmontage. Bis auf den oberen Bereich schmiegt sich das Schaumstoffprofil sehr gut an die Öffnung an. Diese Abdichttechnik ist für die Montagekolonne keine Mehrarbeit auf der Baustelle, da die Profilstücke im Werk angetackert werden. Die Kolone muss jedoch bei dem Legen der Deckenelemente 'vorsichtiger' arbeiten, da durch Scherbewegungen das Schaumstoffprofil leicht beschädigt wird. Der Erfolg eines Einsatzs der Hohlprofilstücke kann erhöht werden, wenn die Stücke erst auf der Baustelle nach dem Legen der Deckenelemente zugeschnitten und eingebracht werden. Damit würde das Zusammenpressen der Profilstücke durch das Antackern erspart bleiben und keine Gefahr des Abscherens bestehen. Da die Anzahl von Deckenstößen an einem Gebäude i.d.R. überschaubar ist, ist auch die zusätzliche Arbeit der Montagekolonne minimal.

Die Fehlstellen, die sich in der Deckenplatte ergeben, wenn die Deckenelementstöße nicht passgenau aneinander greifen, werden mit Montageschaum ausgespritzt (Bild 45).



Bild 44: Schaumstoff-Hohlprofil im Deckenelementstoß nach der Montage (Gebäude 4)*.

Im zweiten Gebäude werden die Deckenstöße nicht einzeln abgedichtet, sondern es wird eine Folie um die Decke herumgeschlagen (Bild 46). Die Folie wird im Folien-Überlappungsbereich mit Klebeband zusammengenklebt. Auf der Geschossdeckenoberseite wird sie nach der fertigen Gebäude-montage mit der Folie, die aus der Dachschräge und aus dem Giebelwänden kommt verklebt. Auf der Unterseite der Decke wird die Folie mit der Folie, die bei den Außenwänden des Erdgeschosses überstehen, verklebt.



Bild 45: 'Fehlstelle' im Deckenelementstoß nach der Montage, Blick auf den Ausschnitt von Bild 44 von oben*.



Bild 46: Die Folie ist um die Geschossdecke herumgelegt*.

Zu verschiedenen Zeitpunkten wird der Ausbau der Doppelhaushälften messtechnisch untersucht

- Die 'Rohbau'-Messung erfolgt direkt nach dem Aufrichten der Gebäude. Zu diesem Zeitpunkt ist die luftdichte Ebene weitestgehend geschlossen. Die Dachflächenfenster sind noch nicht angeschlossen, so dass diese temporär abgedichtet werden. In Gebäude 3 werden vier Dachflächenfenster, in Gebäude 4 drei abgedichtet. Installationen und Estrich sind noch nicht verlegt.
- Die 'Installations'-Messung erfolgt nach dem Verlegen der Installation.
- Nach dem Einbringen und Trocknen des Estrichs erfolgt die 'Estrich'-Messung.
- Kurz vor der Übergabe der Gebäude an die Bauherren findet die 'Trockenbau'-Messung statt. Zu diesem Zeitpunkt sind alle Arbeiten abgeschlossen, die von der Fertighausfirma zu leisten sind. Diese belaufen sich auf
 - Alle Gipskartonplatten sind raumseitig angebracht und verspachtelt.
 - Alle Steckdosen und Lichtschalter sind angeschlossen.
 - Das Übergangsstück durch die Außenwand für die Küchendunstabzugs-/haube ist montiert.
 - Alle sanitären Einrichtungen sind montiert.
 - Die Dachflächenfenster sind im endgültigen Einbauzustand.

Der Ausbau des Kellers, das Einbringen des Fußbodenbelags sowie Teile der Tapezierarbeiten erfolgen durch die Bauherren zu einem späteren Zeitpunkt.

6.3.3 Leckageortung

Die festgestellten Leckage sind in den Doppelhaushälften identisch.

'Rohbau'-Messung

- Anschluss Fußboden / Laibung der Terrassentür (auf beiden Seiten)
- Anschluss Fußboden / Laibung der Balkontüren (auf beiden Seiten)
- Anschluss Fußboden / Laibung der Haustür (auf beiden Seiten)
- Eckanschlüsse der Außenwände
- Fehlende Untermörtelung an den Ankern sowie bei der Innenwand-einbindung

- Anschluss Brüstung / Laibung der Fenster
- In den Abseitenräumen: Folienanschluss Giebel / Dachfläche / Geschossdecke
- Folienanschluss Brandwand / Dachfläche
- Einige Fehlstellen in der Folie: Löcher, Risse
- Bereich der Fensterscharniere
- Geschosdeckeneinbindung in die Außenwand im Bereich des Treppenhauses
- Kellerfenster sind noch nicht fertig eingebaut
- Zwischen Kellerdecke und Kelleraußenwand ist im Treppenhausbereich ein ca. 2-4 mm breiter Spalt
- Temporäre Abklebung eines Dachflächenfensters
- Durchbruch für Küchendunstabzug ist mit Mineralfaser ausgestopft
- Wasserrohrdurchbruch der Bodenplatte im Bereich der Brandwand
- Fehlendes Schloss in der Haustür
- Revisionsklappe im Schornstein

'Installations'-Messung

- Leckagen wie 'Rohbau'-Messung
- Hohlwand-Installationsdosen in den Außenwänden, wenn die elektr. Leitungen nicht vorschriftsmäßig eingeklemmt werden
- Zwischenraum zwischen zwei Hohlwand-Installationsdosen, wenn sie als Doppeldose montiert sind
- Anschluss von elekt. Leitungen an die Außenwand
- Anschluss der Gastherme an die Kehl balkendecke (Eigenbau einer Manschette aus Klebeband)
- WC-Installationen

'Estrich'-Messung (Gebäude 3, 1 Dachflächenfenster neu und besser abgeklebt)

- Leckagen wie 'Installations'-Messung
- Anschluss Fußboden / Außenwand im Bereich der Trittschalldämmung, rundherum

'Trockenbau'-Messung

- WC-Spülkästen
- Einbau der Dachflächenfenster
- Steckdosen und Lichtschalter in Innen- und Außenwänden
- Lichtauslässe in den Decken
- Schloss der Spitzbodenluke
- Anschluss Fußboden / Außenwand im Bereich der Trittschalldämmung, rundherum
- Anschluss Fußboden / Drembel
- Revisionsklappe im Schornstein
- Bereich der Fensterscharniere

Die Leckageliste der vier Messungen zeigt deutlich den Einfluss der verschiedenen Ausbaustände. Bei der 'Rohbau'-Messung können viele verschiedene einzelne Leckage aufgelistet werden. Nach dem Verlegen der Installation, sind zusätzliche Leckagen aufgrund der Installation während der 'Installations'-Messung zu lokalisieren. Bei der 'Estrich'-Messung wird die Leckage 'Anschluss Fußboden / Außenwand im Bereich der Trittschalldämmung' festgestellt. Da aber zwischen 'Installations'- und 'Estrich'-Messung im Bereich Fußboden / Außenwand keine weiteren Arbeiten durchgeführt werden, ist diese Leckage auf die undichten Eckanschlüsse der Außenwände, fehlende Untermörtelung im Bereich der Anker und Innenwandanschlüsse, sowie auf die undichten Anschlüsse der elektr. Leitungen, die sich in der Höhe des Randdämmstreifens in der Außenwand befinden, zurückzuführen.

Das Luftdichtheitskonzept der Gebäude sieht vor, dass die überstehende Folie aus den Wandbereichen bis unter den Estrich gezogen und in den Eckbereichen verklebt wird. Der überstehende Folienstreifen wurde jedoch von der Aufbaukolonne abgeschnitten, so dass die Untermörtelung die luftdichte Ebene bildet.

Bild 47 zeigt eine Durchdringung der Außenwand für eine elektrische Leitung. Die Abdichtung mit Montageschaum ist an dieser Stelle nicht luftdicht ausgeführt. Ist der Übergang zwischen Anker und Außenwand nicht luftdicht, dann sind auch hier Leckagen festzustellen.

Der Randdämmstreifen ist mit einem Folienstück verlängert, welches unter die Fußbodendämmung festgeklemmt werden soll. An manchen Stellen ist der Folienstreifen oberhalb des Estrich sichtbar und an manchen Stellen liegt er nicht plan an der Außenwand und dem Estrich an (Bild 48). Aus diesem Grund ist ersichtlich, dass sich die Luft in dem Kanal zwischen

Randdämmstreifen und Außenwand bzw. Randdämmstreifen und Fußbodendämmung über den gesamten Anschlussbereich verteilt. Die in Bild 48 dargestellte Leckage ist auf einen Montagefehler zurückzuführen. An dieser Stelle ist während der Montage eine zusätzliche Gipskartonplatte an die Wand geheftet, die verwendet werden kann, wenn während des Ausbaus eine Gipskartonplatte ausgetauscht werden muss. Vor dem Einbringen des Estrichs wurde diese Hilfsplatte nicht entfernt.



Bild 47: Durchdringung der Außenwand für eine elektrische Leitung. Die Abdichtung mit Montageschaum ist nicht luftdicht.



Bild 48: Der Estrich ist nicht bis an die Außenwand gegossen (ca. 2,1 m/s).

Eine weitere Leckagequelle ist die unvollständige Verputzung der Kanten von Gipskartonplatten in den Eckbereichen. Wenn diese Kanten nicht bis auf die Rohdecke heruntergeputzt werden, entstehen Leckagen, die es der Luft erlauben u.a. über die Fußleiste einzuströmen (Bild 49).

Der Anschlussbereich Fußboden / Laibung von Terrassen-, Balkon- und Haustür bildet von Anfang an eine Leckage. Die hier verwendeten Gipswinkel werden nicht fachgerecht abgedichtet. Diese Leckage wird auch im weiteren Verlauf des Ausbaus nicht behoben. Als Folge ist ein Luftstrom im Eckbereich (Bild 50) zu lokalisieren. Die Luft wird unterhalb des Gipswinkels einerseits vom Rolladenkasten, andererseits direkt von außen ge-



Bild 49: Die Stöße der Gipskartonplatten sind nur bis in den Fußleistenbereich geputzt (ca. 3,5 m/s).

zogen. Dieselbe Problematik ist auch an den Laibungen der Fenster festzustellen. Bild 51 zeigt Aufnahmen mit einem Endoskop von einem Hohlraum zwischen einem Gipswinkel einer Balkontürlaibung und der Außenwand. Der Gipswinkel weist eine offene Verbindung zum Rolladenkasten auf (linkes Bild) und der Montageschaum zur Abdichtung nach Außen ist nicht vollflächig verfüllt (rechtes Bild). Bei einer ordnungsgemäßen Ausführung ist nicht mit einer solchen Leckage zu rechnen.



Bild 50: Anschlussbereich Fußboden / Laibung der Balkontür (ca. 2,7 m/s).

Die Anbindung der Folie aus der Dachschräge an die Giebelwand, die als Brandwand – Gebäudetrennwand – ausgebildet ist, weist Undichtheiten auf, so dass die Luft zwischen Folie und raumseitiger Verkleidung sich im gesamten Dachgeschoss ausbreiten kann. Auf diese Undichtheiten sind auch der spürbare Luftstrom zwischen Drepelwand und Estrich sowie aus den Installationen in der Drepelwand zurückzuführen.

Bei der 'Trockenbau'-Messung wird festgestellt, dass nicht nur die Steckdosen und Lichtschalter in der Außenwand Undichtheiten aufweisen, sondern



Bild 51: Ansichten eines Hohlraumes zwischen Gipswinkel einer Balkontürleibung und der Außenwand. Das linke Bild zeigt einen Blick auf den Rolladenkasten, das rechte einen auf die Abdichtung mit Montageschaum zwischen Fenster und Außenwand.

auch jene, die in die Innenwand montiert sind. Ebenso sind Leckage an den Lichtauslässen zu lokalisieren, obwohl bei der 'Installations'-Messung an diesen Stellen keine Undichtheit festgestellt werden konnte. Die elektrischen Leitungen sind nicht durch die Folie verlegt, d.h. die Luft muss aus anderen Bereichen dort einströmen. Durch das Anbringen der kompletten raumseitigen Gipskartonbekleidung und das Verspachteln der Gipskartonstöße wird die Luft, die irgendwo in die Konstruktion einströmt, gebündelt und strömt durch einzelnen Öffnungen in den Innenraum.

6.3.4 Messtechnische Untersuchungen

Die Messwerte sind den Bilder 52 und 53 zu entnehmen. Bild 52 zeigt die Messwerte des Gebäudes mit Abdichtung der Deckenstöße und des auskragenden Balkons mit Folie und Klebeband, Bild 53 stellt die Messwerte des Gebäudes mit der Abdichtung der Deckenstöße aus Schaumstoff-Hohlprofil und des auskragenden Balkons mit Trittschalldämmplatten als Abdichtung.

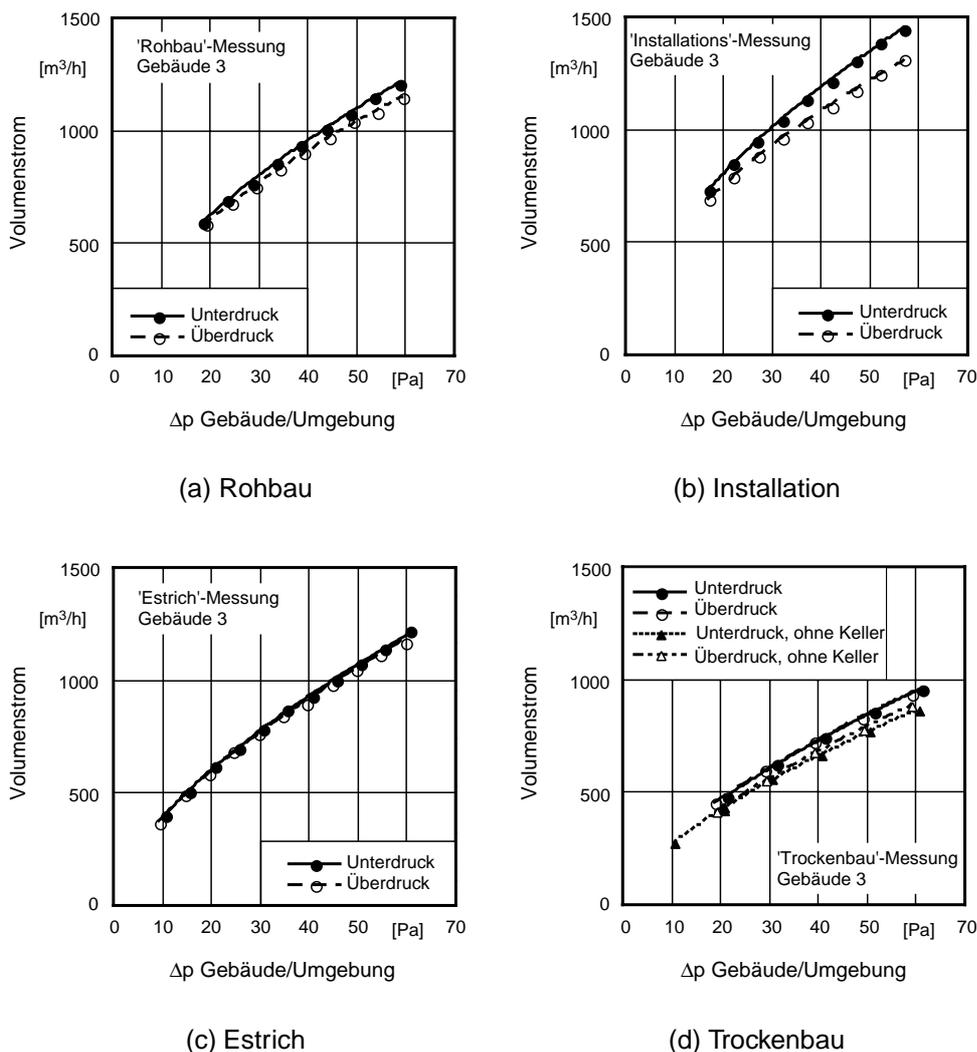


Bild 52: Messungen von Gebäude 3, 'Folien-Variante'.

Gebäude 3 wird bei allen Messungen mit dem kompletten Keller untersucht. Bei der 'Trockenbau'-Messung wird eine Messung zusätzlich ausgeführt, bei der die Türöffnungen der drei Kellerräume temporär abgedichtet sind. Die Messwerte zeigen, dass das Gebäude nach dem Trockenbau undichter ist, als nach dem Rohbau (Bild 52). Die Werte, die bei der 'Estrich'-Messung ermittelt werden liegen deutlich tiefer als bei der 'Installation'-Messung. Dies

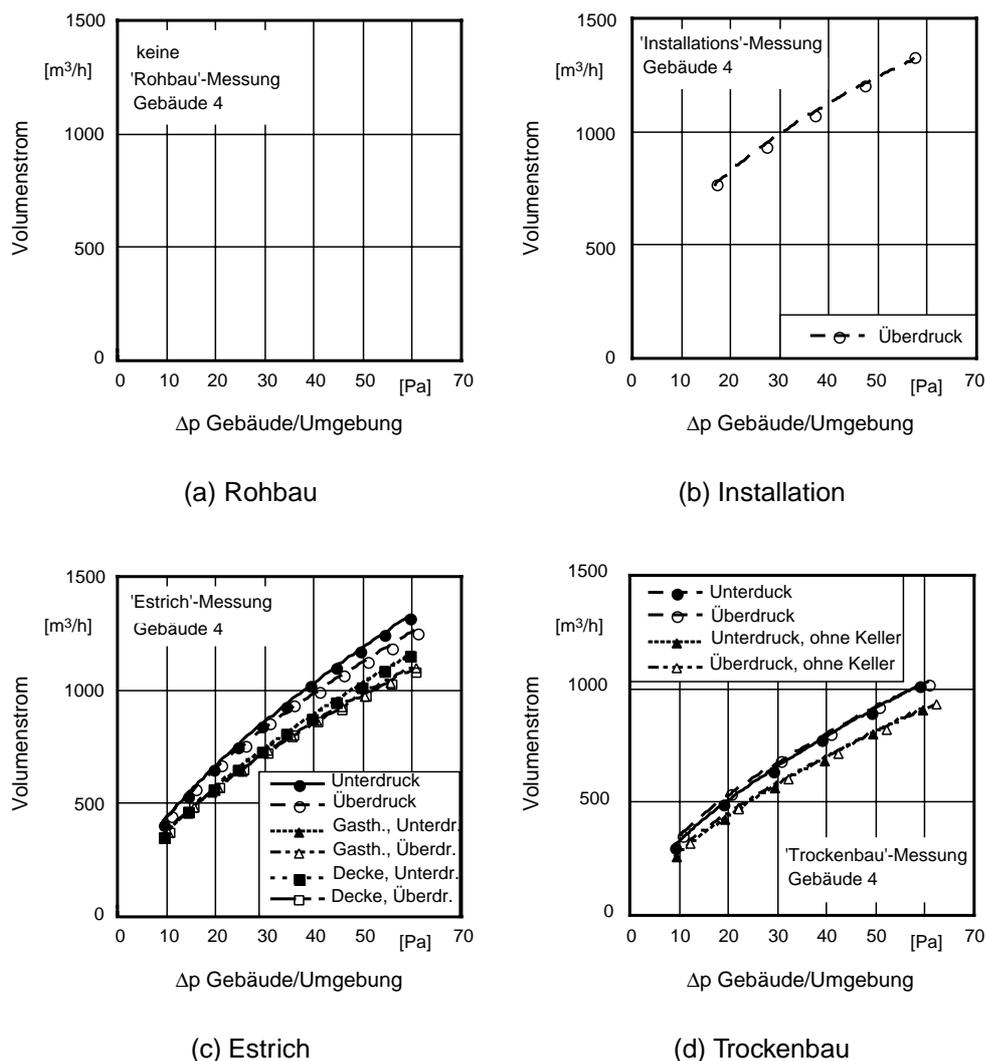


Bild 53: Messungen von Gebäude 4, 'Trittschall-Variante'.

liegt nicht nur am Einbringen des Estriches, sondern auch daran, dass ein Dachflächenfenster neu angeklebt werden musste und diese temporäre Abdichtung dichter ausgeführt werden konnte, als die vorhergehende. Eine weitere Erhöhung der Luftdichtheit erfolgt durch den fortschreitenden Innenausbau. Bei der 'Trockenbau'-Messung zeigt sich, dass die verspachtelte Gipskartonbekleidung zur Luftdichtheit beiträgt. Der Vergleich der Messungen 'mit' und 'ohne' Keller macht deutlich, dass sich der Hauptteil der Leckagen oberhalb der Oberkante des Kellers befindet. Die Ergebnisse der Messungen sind in Tabelle 1 dargestellt.

Bild 53 zeigt die Ergebnisse der zweiten Doppelhaushälfte. Dieses Gebäude verfügt über eine raumluftabhängige Gastherme, die für manche Messungen temporär abgedichtet wird. Bei der 'Estrich'-Messung wird eine Messung 'Decke' durchgeführt. In diesem Gebäude ist während der Bauphase Feuchtigkeit eingedrungen. Die Folie, die in der Erdgeschossdecke als Rie-

Tabelle 1: Zusammenstellung der Volumenströme in m^3/h bei 50 Pa Differenzdruck zwischen Gebäude und Umgebung. Der Volumenstrom ist der Mittelwert aus Über- und Unterdruckmessung. Für die von dem Blower Door-System ermittelten Volumenströme wird die Genauigkeitsangabe von $\pm 5\%$ der Hersteller übernommen.

Gebäude	Messung	Randbedingungen	$V_{\text{Gebäude}}$ m^3	\dot{V}_{mittel} m^3/h	n_{50} 1/h
3 (Folie)	Rohbau Installation Estrich	mit Keller	460	1062	2,3
			460	1275	2,8
			444	1057	2,4
	Trockenbau	mit Keller	444	836	1,9
		ohne Keller	324	772	2,4
4 (Tritt-schall)	Installation	Gastherme offen, mit Keller	460	1233	2,7
		Gastherme offen, mit Keller	444	1149	2,6
	Estrich	Gastherme zu, mit Keller	444	999	2,2
		dito, Decke zu	444	994	2,2
		Gastherme zu, mit Keller	444	908	2,0
	Trockenbau	Gastherme zu, mit Keller	444	908	2,0
		Gastherme zu, ohne Keller	324	803	2,5

selschutz eingebaut ist, wurde zum Trocknen an mehreren Stellen flächig geöffnet. Diese offenen Stellen werden für eine Messung abgedichtet. Die Messwerte zeigen, dass das Abkleben jedoch keinen Einfluss auf den Volumenstrom hat. Wie bei der anderen Doppelhaushälfte zeigt sich auch hier bei der 'Trockenbau'-Messung, dass der Keller einen geringen Einfluss auf die Luftdichtheit des Gebäudes hat.

Die Ergebnisse der Messungen sind ebenfalls in Tabelle 1 zusammengefasst. Bei einem Vergleich der n_{50} -Werte ist zu erkennen, dass beide Gebäude in etwa gleich dicht sind.

Die Dichtheit der Gebäude nimmt nicht wie erwartet kontinuierlich zu. Nach der Montage werden die Gebäude durch den Einbau der Installation undichter und mit dem fortschreitenden Ausbau wieder dichter. Bei beiden Gebäuden wird deutlich, dass die Verspachtelung der raumseitigen Gipskartonplatten zur Luftdichtheit beiträgt. Zum Zeitpunkt der 'Trockenbau'-Messung ist die Dichtheit von der 'Rohbau'-Messung wieder erreicht, d.h. die Dichtheit der Gebäude ist maßgeblich von der Arbeitsqualität der Belegschaft in der Fertigung und der Montagekolonne vor Ort abhängig.

Beide Gebäude erfüllen bei der Übergabe die Anforderung an den n_{50} -Wert für Fensterlüftung ($n_{50} \leq 3$ 1/h). Eine weitere Erhöhung der Dichtheit ist mit dem vollständigen Ausbau des Kellers zu erwarten.

6.3.5 Schwachstellen

Die untersuchten Doppelhaushälften weisen identische Schwachstellen auf. In Bild 54 ist ein Doppelhaus skizzenhaft dargestellt. Der Verlauf der Luftdichtheitsschicht ist in rot eingezeichnet. Die blauen Punkte stellen stark vereinfacht die o.g. Leckagen dar, z.B. Steckdosen in Innen- und Außenwänden oder Lichtauslässe an den Decken. Die Anordnung der Leckagen macht deutlich, dass sowohl Außen- als auch Innenwände durchströmt werden.

Die Schwachstellen in der Luftdichtheitsschicht sind mit schwarzen Kreisen gekennzeichnet. Im Erdgeschoss ist der Anschluss Kellerdecke / Außenwand nicht luftdicht ausgeführt (1). Als Folge davon werden Außen- und Innenwände durchströmt. Im Dachgeschoss ist die Folie von der Dachfläche nicht an den Brandschutzgiebel angebunden (2). Dadurch kann die Luft sich im gesamten Drempeel verteilen und an beliebigen Stellen in der Drempeelwand als auch an den Dachflächen, Decken, Geschossdecke und Innenwand wieder austreten. Leckagen sind an Lichtauslässen, Steckdosen und Lichtschalter, sowie WC-Spülkasten und Anschluss Fußboden / Drempeelwand festzustellen.

Eine weitere Schwachstelle bildet der Durchbruch für den Kamin in der Kehlbalckendecke (3). Der Kamin ist von zwei Seiten mit Wänden eingerahmt. Die Abdichtung zur Kehlbalckendecke konnte dort nicht vorgenommen werden, weil kein ausreichendes Platzangebot vorhanden ist. Über den Kanal zwischen Kamin und raumseitiger Verkleidung kann sich die Luft in das gesamte Gebäude verteilen.

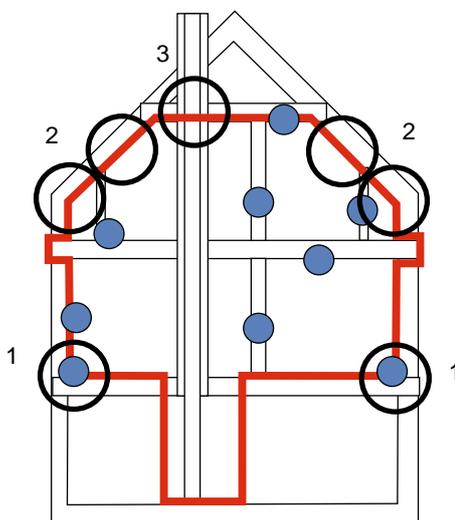


Bild 54: Schematische Darstellung der Luftdichtheitsschicht (rot), den lokalisierten Leckagen (blau) sowie den Leckageursachen (schwarz).

Als Konsequenz der durchgeführten Untersuchungen wird die Firma folgende Punkte hinsichtlich der Luftdichtheit stärker berücksichtigen:

- Abdichtung bzw. Verlegung der Installation
- Abdichtung des Kaminschachtes im Bereich der Kehl balkendecke
- Eckanschluss von Geschossdecke / Außenwand
- Abdichtung der Laibung von Fenstern und bodentiefen Türen
- Anschluss Fußboden / bodentiefe Türen
- Auskragende Decken

7 Bauteilkoppelung

7.1 Das Problem

Gegenüber dem üblichen Massivbau, welcher genau wie der Holzbau über Kanäle, Hohlräume und Schächte in den Wandelementen verfügt, ist beim Holzbau ein wesentlicher Unterschied vorhanden. Es ist die Holzbalkendecke, die als großer Hohlraum die Geschosse miteinander verbindet. Die Erfahrung zeigt, dass die konsequente Fort- und Durchführung der Luftdichtheitsschicht in allen raumabschließenden Bauteilen nach außen nicht durchgeführt wird und somit die Geschossdecke im Holzbau ein spezielles Risiko darstellt.

Im Gegensatz zu Abdichtungsmaßnahmen gegen Wasser, ist die Abdichtung der luftdichten Hülle deutlich problematischer, weil Luftströmungen nicht nur von oben nach unten stattfinden, sondern auch von unten nach oben, horizontal und auch ihre Strömungsrichtung mehrfach ändern können. Praktisch bedeutet dies, dass Leckagen im Bereich der Außenhülle fast regelmäßig auch in irgend einer Form durch Weiterleitung letztendlich in der Geschossdecke münden.

Die Geschossdecke selbst bietet aufgrund ihrer Hohlkörperkonstruktion die Möglichkeit, Luft zu verteilen. Da die Holzbalkendecke alle Außen- und Innenwände, sowohl zum Erd- wie auch zum Dachgeschoss, tangiert und durch ihre übliche Ausbildung mit Lattung und Unterlattung geeignet ist, einströmende Luft über das gesamte Gebäude zu verteilen, wirken sich diverse Einzelleckagen der Außenhüllfläche letztendlich auf das gesamte Gebäudeinnere aus. So ist theoretisch davon auszugehen, dass eine Vielzahl von Einzelleckagen (siehe Punkt 1 bis 6, Kapitel 7.2 auf der nächsten Seite) in der Außenhülle sich im Bereich der Hohlkörperdecke addieren und von dort aus an eine Vielzahl 'innerer Leckagen' verteilt werden.

Aus diesem Grund besteht die Überlegung im Rahmen des Forschungsvorhabens darin, den Hohlkörper 'Geschossdecke' gegen alle unten und oben angrenzenden Wandelemente abzudichten bzw. zu entkoppeln. Ein derartiges Konzept ist baupraktisch in relativ einfacher Form zu überwachen. Die oberen Riegel der Dachgeschosswände zur Dachfläche und zur Kehlbalckenlage sind in dieses Konzept ebenso mit einzubeziehen. Auch die Kellerdecke, wenngleich nicht so gravierend, ist hierbei mit zu berücksichtigen. Die Entkoppelung wirkt wie ein Flascheneffekt. Ein einseitig geschlossenes Rohr kann nicht durchströmt werden. Luftströmungen benötigen grundsätzlich eine Zu- und eine Abluftöffnung.

Im Zuge des Forschungsvorhabens wird ein Gebäude, dessen Luftdichtheitsschicht von raumseitig angeordneten Gipskartonplatten gebildet wird, für einen versuchstechnischen Nachweis präpariert. Durch betriebsbedingte Umstände konnte dieser Versuch hier nicht zu Ende geführt werden. Eine Wiederholung mit einem anderen Versuchshaus scheitert bei den Messungen daran, dass durch die Winterzeit bedingt, die Fassade nicht mit Putz

verschlossen werden konnte und durch die außen aufgebrachten Holzwolle-Leichtbauplatten, unabhängig von den Strömungspfaden, Außenluft in die Deckenelemente eintrat.

Zur Durchführung des Versuches ist vorgesehen, sämtliche Durchdringungen im Bereich der Wandobergurte auf der raumseitigen Gipskartonplatte zu markieren, ebenso sämtliche Durchdringungen der Obergurte im Dachgeschoss und im Schwellenbereich der Dachgeschosswände. Danach erfolgt die erste Messung der Luftdichte der Gebäudehülle. Anschließend wird an den markierten Stellen eine Bohrung durch die Bepunktung in die Durchdringung bzw. Aussparung gebohrt. Durch die Bohrung wird Montageschaum in die Durchdringung eingegeben, wodurch die Entkopplung erreicht wird. Danach wird eine zweite Messung vorgenommen.

An diesem Versuchsobjekt kann eine Reduktion der Luftdichtheit zwar erreicht und nachgewiesen werden, durch den bereits erwähnten Zutritt der Außenluft durch die unfertige Fassade, kann dieser Versuch jedoch nicht als repräsentativ angesehen werden. Eine Weiterverfolgung dieses Konzeptes erscheint sinnvoll.

7.2 Luftverbund der Geschossdecke

Bild 55 zeigt die Problematik der Geschossdecken, wenn sie an sämtliche Innen- und Außenwände angekoppelt sind. Es gibt im Wesentlichen sechs unterschiedliche Möglichkeiten, wie die Außenluft in den Bereich der Geschossdecke gelangen kann.

7.2.1 Im Bereich der Abseite / Geschossdecke (1)

Ein direktes Einströmen der Luft in die Geschossdecke kann über den Bereich der Abseite erfolgen. Hier sind maßgeblich zu erwähnen:

- ein oberseitig ungenügend verschlossenes Deckenelement
- ungenügende stirnseitige Dichtung des Deckenelementes, z.B. durch ein einfaches Stellbrett
- auskragende Deckenelemente und Rücksprünge in der Außenfassade
- Eingreifen von Befestigungsmitteln und Laschen zwischen Sparren und Deckenbalken
- Durchführung von Entlüftungsrohrleitungen
- Durchführung von Abgasschornsteinen
- Stoßfugen der Deckenelemente
- Montageöffnungen der Deckenelemente

7.2.2 Spitzbodenbereich (2)

Hier handelt es sich um indirekte Zutritte der Außenluft in die Deckenelemente von der Kehlbalkenlage, weitergeleitet durch die Dachgeschosswände in die Geschossdecke. Typische Beispiele hierfür sind:

- Elektroinstallation
- Anschlüsse von Solarkollektoren
- Antennenanschlüsse
- Lüftungsrohrdurchdringungen
- Schornsteindurchdringungen
- Montagefugen bei Verwendung von Elementen nebst evtl. Montageöffnungen

7.2.3 Bereich Dachschräge (3)

Leckagen im Bereich der Dachschräge führen zu direktem und indirektem Lufteintritt in die Geschossdecke. Wesentliche Problempunkte sind:

- Entlüftungsrohrdurchführungen
- Dachflächenfenster (wenn im Bereich der Laibungen eine Verbindung zur Konterlattung besteht)
- Schornsteindurchführungen
- Andichtung der Luftdichtheitsschicht an den Giebel und die Abseite bzw. Geschossdecke

7.2.4 Schächte durchgehend bis in den Keller (4)

Alle Schächte, die in der Geschossdecke münden, stellen eine Verbindung zu den Bereichen dar, die von den Schächten tangiert werden, z.B.

- Schornsteinschacht und Verkleidung
- Wäscheschacht
- Versorgungs- und Installationsschacht

7.2.5 Schwellbereich der Außenwände (5)

Über die Außenwände existiert eine Verbindung zum Schwellbereich, d.h. zu

- bodentiefe Fenster- und Türelemente
- nach außen führende Installation
- nach außen hinter der luftdichten Ebene befindliche Öffnungen im Schwellbereich zur Installationsführung
- Fensterlaibungen von bodentiefen Fensterelementen

7.2.6 Allgemeine Durchdringungen der Kellerdecke (6)

Die Durchdringungen der Kellerdecke stehen häufig mit Außen- und Innenwänden in Verbindung, die wiederum mit der Geschossdecke in Verbindung stehen.

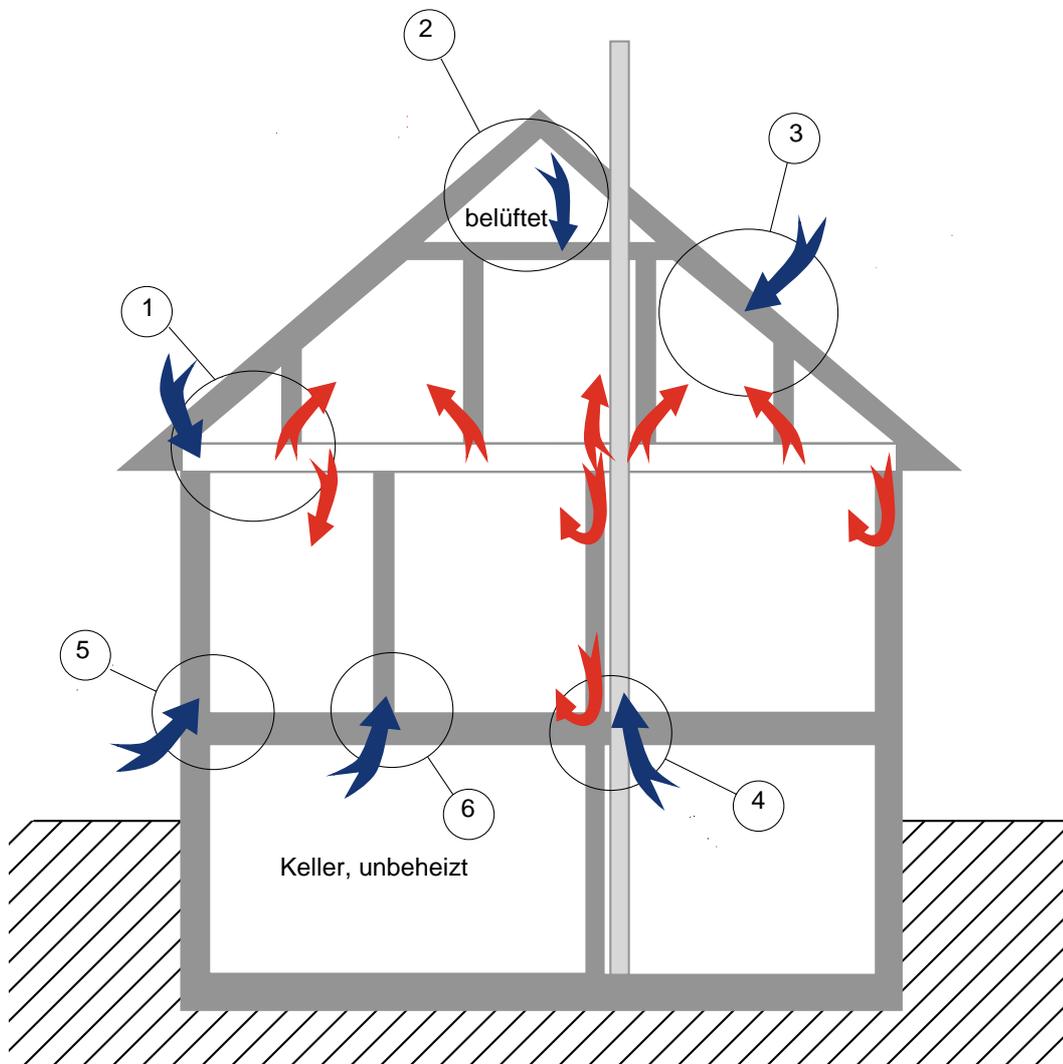
- alle Formen der Installationsdurchdringungen, wie z.B.
 - Wasserinstallation
 - Elektroinstallation
 - Abwasserinstallation
 - Heizungsinstallation

7.3 Leckagen im Baukörper

Die Folgen der o.g. Verbindungen sind bei Luftdichtheitmessungen als typische Leckagen im Wohnraum zu lokalisieren. Dies sind:

- Auslässe der Elektroinstallation
- Auslässe der Beleuchtung und Einbaustrahler
- Auslässe von Lüftungstechnischen Anlagen
- Auslässe von Installationen
- Einbauspülkästen
- Wandauslässe
- Öffnungen im Obergurt oder Schwellbereich in der Rohdecke unterhalb des Estrichs in vielfältiger Form.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass mit Sicherheit bei einer funktionierenden Entkopplung der einzelnen Bauteile zwar Luftleckagen nicht absolut verhindert werden, jedoch mit einer deutlichen Reduzierung durch eine derartige Maßnahme zu rechnen ist.



Luftverbindungen der Geschossdecke

- Zuluft
- Abluft

Bild 55: Schamatische Darstellung des Luftverbunds der Geschossdecke.

8 Zusammenfassung

Die Luftdichtheit der Gebäudehülle ist hinsichtlich des baulichen Wärmeschutzes von größter Bedeutung. Eine luftdichte Gebäudehülle ist ohne entsprechende Planung und ohne Mitwirkung der ausführenden Handwerker nicht erreichbar. Der Planer muss die Luftdichtheitsschicht definieren: Einerseits muss er konkret festlegen wo die Luftdichtheitsschicht in der Konstruktion verläuft und aus welchem Material sie gebildet wird, andererseits muss er bei der Planung Durchdringungen und Anschlüsse der Luftdichtheitsschicht berücksichtigen. Ziel ist es, die Luftdichtheitsschicht so wenig wie möglich zu durchdringen. Sollten Durchdringungen nicht vermeidbar sein, ist der Planer gehalten, sie so zu planen, dass dem ausführenden Handwerker genügend Platz zur Verfügung steht, um eine Abdichtung anbringen zu können. Jeder Anschluss und jede Durchdringung sollte mit Arbeitsanweisungen beschrieben werden, um der Improvisation am Bau vorzubeugen.

Der vorliegende Bericht soll zum einem dem Planer, als auch den ausführenden Handwerkern ein Hilfe bei der Ausbildung einer luftdichten Gebäudehülle sein. Aufgezeigt werden die Problembereiche

- Durchdringende und auskragende Bauteile
- Anschlüsse
- Installation

Bei den einzelnen Stichpunkten werden typische Situationen und die üblichen Abdichttechniken und -materialien beschrieben und diskutiert. In einigen Fällen werden Ideen für neue Abdichttechniken vorgestellt. Über die Lebensdauer der einzelnen Materialien bzw. ihrer Verbindungen kann keine Aussage getroffen werden. Hier besteht Forschungsbedarf. Verschiedene Abdichtmaterialien und -techniken werden im folgenden kurz erläutert

Dauerelastisches Material

Für den fachgerechten Einsatz von dauerelastischen Materialien in Fugen wird auf DIN 18540 verwiesen. Dauerelastisches Material hat den Vorteil, dass es gewisse Bauteilbewegungen aufnehmen kann.

Dichtungsbänder

Beim Einsatz von Dichtungsbändern ist auf die ausreichende Länge und Rückstellkraft der eingebrachten Dichtungsprofile zur Vermeidung von Fehlstellen zu achten.

Folien/Baupappen

Faltenbildung sollte vermieden werden. Eine mechanische Sicherung stabilisiert den Anschluss.

Montageschaum

Montageschaum läßt sich fugenlos einbringen, ist jedoch nach dem Aushärten nicht mehr elastisch und Formänderungen im Bauteil führen zu Rissbildungen.

Manschetten

Die Zubehörindustrie stellt mittlerweile eine begrenzte Auswahl an Manschetten für Rohrdurchführungen und den luftdichten Anschluss von Durchdringungen einzelner elektr. Leitungen her.

Klebebänder

Einseitige oder doppelseitige Klebebänder sowie Butylkautschuk-Bänder kommen üblicherweise bei einer Abdichtung von Folie an Folie zum Einsatz. Die Klebeband-Industrie vertritt die Meinung, dass eine mechanische Sicherung nicht notwendig sei.

Klebmasse

Der Anschluss von Baupappe an Baupappe oder an andere Materialien erfolgt i.d.R. mit Klebmasse. Auch für einen Folienanschluss an feste Untergründe kann Klebmasse verwendet werden. Wie die 'Klebeband'-Industrie vertritt die 'Klebmassen'-Industrie die Meinung, dass eine mechanische Sicherung nicht notwendig sei.

Klebe- und Spachtelputz

Die Stöße der Gipskartonplatten werden mit und ohne Bewehrungsstreifen verspachtelt. Solange keine Bewegungen im Bauteil entstehen, sind diese Bereiche als dicht einzustufen.

Beton, Gipsspachtel

Das Ausbetonieren mit Beton oder Verfugen mit Gipsspachtel bietet eine zuverlässige Abdichtung von Kaminen in Massivdecken.

Stellbretter

Stellbretter als Abschluß von auskragenden Bauteilen weisen im Anschlussbereich zur Umfassungsfläche Spaltleckagen auf, da die Kanten i.d.R. nicht plan mit den Umfassungsflächen abschließen. Stellbretter sind als luftdichter Abschluss ungeeignet.

Trittschalldämmplatten

Der Einsatz von Trittschalldämmplatten als luftdichter Abschluß von auskragenden Bauteilen hat sich im Versuch bewährt. Der weiche Polystyrol-Partikelschaum schmiegt sich mit hoher Dichtwirkung an die Umfassungsflächen an und kann auch spätere Formänderungen aufnehmen.

Untermörtelung

Mit einer fachgerechten Untermörtelung, insbesondere mit Quellschutt, kann eine ausreichende Abdichtung des Schwellenbereiches der Außenwand erzielt werden.

Grossformatige Schaumstoffprofile

Grossformatige Schaumstoffprofile können ebenfalls zur Schwellenabdichtung von Außenwänden auf Massivdecken herangezogen werden.

Kleinformatige Schaumstoffprofile

Kleinformatige Schaumstoffprofile eignen sich für den Ausgleich von kleineren Unebenheiten, z.B. Schwellenabdichtung von Außenwänden auf Holzbalkendecken.

Dichtanstrich

Wird der Ausgleich zwischen der Schwelle und der Bodenplatte mittels Untermörtelung oder Ausschäumen mit Montageschaum hergestellt, kann mit einem sogenannten Dichtanstrich hohlraumfrei und fugenlos eine Abdichtung erfolgen.

Hohlwand-Installationsdosen

Der Einsatz der Hohlwand-Installationsdosen ist nur sinnvoll, wenn die Luftdichtheitsschicht von einem Plattenmaterial gebildet wird und das Frontteil der Installationsdose in das Plattenmaterial passgenau eingebaut und abgedichtet werden kann. Wird die Luftdichtheitsschicht von einer Folie oder einer Baupappe gebildet, dann muss die Folie/Pappe an jeder Dose mit Klebeband abgedichtet werden.

Installationsebene

Eine Installationsebene auf der Raumseite der Außenwand bildet eine von der Außenwand unabhängige Ebene, in der die gesamte Installation verlegt werden kann, ohne die Luftdichtheitsschicht zu durchdringen und ggf. zu beschädigen. Bei der Planung und Ausführung einer Installationsebene ist zu beachten, dass auch hier eine luftdichte Konstruktion erforderlich ist. Die Luftdichtheitsschicht wird nur an eine andere Stelle in der Konstruktion angeordnet.

Installationsschacht

Ein Installationsschacht wird i.d.R. dann verwendet, wenn an einer Stelle im Gebäude sämtliche Installationen gebündelt geführt werden sollen. In den jeweiligen Etagen erfolgt die Abzweigung für die einzelnen Räume. Diese Schächte reichen vom Keller bis in die oberste Geschossdecke und verbinden somit den i.d.R. unbeheizten Keller mit dem unbeheizten Spitzboden. Die beste Möglichkeit diesen Luftverbund zu unterbinden, ist diesen Schacht in der Kellerdecke und in der obersten Geschossdecke abzudichten. Nur wenn alle Durchdringungen der Decken verschlossen sind, brauchen die Verteilungsöffnungen zu den einzelnen Etagen nicht luftdicht verschlossen zu werden.

Installationselemente

Bei Fertighausfirmen, die einen sehr hohen Fertigungsanteil im Werk haben, bietet es sich an, Installationselemente herzustellen. In diese Elemente werden die entsprechenden Anschlüsse eingebracht und können auf

ihren korrekten Anschluss und ihre Dichtheit im Werk untersucht werden. Evtl. Nachbesserungen sind möglich. Anschließend werden die Elemente in die vorgefertigten Wände im Werk oder ggf. auf der Baustelle eingebaut.

Die im Rahmen des Projektes durchgeführten Messungen zeigen, dass die Durchströmung von sämtlichen Bauteilen immer noch ein großes Problem darstellt. Stehen Wände und Decken in einem Luftverbund, sind überall im Gebäude Leckagen zu lokalisieren. Eine Entkoppelung der Bauteile, insbesondere der Geschoßdecken von angrenzenden Bauteilen, ist anzustreben.

Literatur

- [1] DIN 4108 "Wärmeschutz im Hochbau", Teil 7 "Luftdichtheit von Bauteilen und Anschlüssen", Schlußentwurf, Februar 2001.
- [2] Hauser, G. *Niedrigenergiegebäude – Planungs und Ausführungsempfehlungen*. In Informationsdienst Holz (März 1995), holzbau handbuch – Reihe 1, Teil 3, Folge 3, Entwicklungsgemeinschaft Holzbau in der DGfH e.V., München.
- [3] Schulze, H. *Lebensdauer von Holzhäusern*. In Informationsdienst Holz (Oktober 1991), holzbau handbuch – Reihe 3, Teil 1, Folge 2, Entwicklungsgemeinschaft Holzbau in der DGfH e.V., München.
- [4] Petrik, H., Müller-Balz, H., Hubweber, C., Scefzik, M. und Batzdorfer, J. *Entwicklung von Konstruktionsdetails für Niedrigenergiehäuser in Holzbauweise*. Abschlußbericht AiF-Forschungsvorhaben BI5-800194-23, Institut des Zimmerer- und Holzbaugewerbes, Kassel.
- [5] Petrik, H., Wagner, G. und Müller-Balz, H. *Entwicklung von Konstruktionsdetails für Hausdächer in Holzbauweise*. Abschlußbericht AiF-Forschungsvorhaben BI5-800195-15, Institut des Zimmerer- und Holzbaugewerbes, Kassel.
- [6] *quadriga – Das Fachmagazin für den Holzbau*. Verlag Kastner, Schloßhof 2-6, 85286 Wolnzach. www.quadriga.de.
- [7] Geißler, A. und Hauser, G. *Luftdichtheit von Holzhäusern*. bauen mit holz (Juli 1996), H. 7, S. 562–568. www.bpy.uni-kassel.de.
- [8] Maas, A., Dönch, M. und Winkler, S. *Wie dicht sind SynergieHäuser?* dbz (1999), H. 1, S. 79–82.
- [9] Geißler, A. und Hauser, G. *Untersuchung der Luftdichtheit von Holzhäusern*. Abschlußbericht AiF Forschungsvorhaben 9579, Fachgebiet Bauphysik der Universität Kassel, März 1996.
- [10] Hauser, G. und Maas, A. *Auswirkungen von Fugen und Fehlstellen in Dampfsperren und Wärmedämmschichten*. Deutsche Bauzeitschrift 24 (1992), H. 1, S. 97–100.
- [11] DIN 18540 *Abdichtung von Außenwandfugen im Hochbau mit Fugendichtstoffen*, Februar 1995.
- [12] Baust, E., Ed. *Praxisbuch Dichtstoffe*, 4. Auflage Ed. Industrieverband Dichtstoffe e.V. (IDV), Düsseldorf, 1995.
- [13] Hall, M., Geißler, A. und Hauser, G. *Vermeidung von Transmissionswärmeverlusten*. Abschlußbericht AiF-Forschungsvorhaben 11632N, Fachgebiet Bauphysik der Universität Gh Kassel, April 2001. www.bpy.uni-kassel.de.

[14] *DIN 18202 Toleranzen im Hochbau – Bauwerke*, April 1994.

[15] Michael Eisenhauer. *Selbstklebende Luftdichtungsmanschette*, 2000.

A Bildverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

1	Übersicht über die Häufigkeit bestimmter Leckageorte	2
2	Beispiele: Luftdichtheitsschicht	6
3	Typischer Wechsel der Luftdichtheitsschicht	7
4	Abdichtungsvarianten für Durchdringungen.	9
5	Rohrmanschetten	11
6	Abdichtungsvarianten für den Kamin in einer Betondecke. . .	11
7	Abdichtungsvarianten für einen Kamin in einer Holzdecke. . .	12
8	Abdichtung durch Folie und Klebenband	14
9	Abdichtung mit Trittschalldämmplatten	15
10	Untermörtelung als luftdichten Abschluss der Schwelle. . . .	18
11	Großformatige Schaumstoffprofile, Voll- und Hohlprofile. . . .	19
12	Aufgeschnittenes Hohlprofil	19
13	Kleinformatiges Schaumstoffprofil.	20
14	Überstehende Folie.	21
15	Zusätzlicher Klebestreifen	22
16	Randdämmstreifen mit angeklebtem Folienstreifen.	23
17	Versiegelung einer Fuge mit dauerelastischem Material. . . .	24
18	Abdichtung Fußboden / bodentiefe Türe mit Dichtanstrich. . .	25
19	Abdichtung im Bereich Abseite/Dachfläche/Geschossdecke .	29
20	Folie an Folie, Abdichtung mit Klebeband.	30
21	Leckagen durch Wellen und Knickstellen in der Folie.	31
22	Abdichtung mit Kleber oder Klebeband bei Plattenmaterialien.	31
23	Abdichtung mit Klebemasse bei Folie bzw. Baupappe.	32
24	'Rollen und Tackern' von Folienstößen.	32
25	Angetackerte Folienrolle, Beispiele aus der Praxis.	33
26	Die Stöße der Gipskartonplatten werden verspachtelt.	34
27	Stöße von Deckenelementen	34
28	Geschossdeckeneinbindung	35

29	Luftdichte Hohlwand-Installationsdosen	37
30	Installationsebene	38
31	Anschluss der Installationsebene 1	39
32	Anschluss der Installationsebene 2	40
33	Abschluss eines Installationsschachts an eine Holzdecke . .	41
34	Abschluss eines Installationsschachts an einen Massivboden.	41
35	Manschette für Durchführungen von elektr. Leitungen [15].	42
36	Vorwandinstallationen	43
37	Andichtung eines Leerrohres mit Silikon.	44
38	Messergebnisse der Über- und Unterdruckmessung des Geb. 1	46
39	Messergebnisse der 1. und 2. Messung des Gebäudes 2. . .	48
40	Gesamtansicht der untersuchten Doppelhaushälfte.	49
41	Abdichtung der auskragenden Geschossdecke mit Folie .	50
42	Trittschalldämmung als luftdichter Gefachabschluss	51
43	Abdichtung der Elementstöße der Geschossdecke	52
44	Schaumstoff-Hohlprofil	53
45	'Fehlstelle' im Deckenelementstoß nach der Montage	54
46	Die Folie ist um die Geschossdecke herumgelegt*.	54
47	Durchdringung der Außenwand für eine elektrische Leitung .	58
48	Der Estrich ist nicht bis an die Außenwand gegossen (ca. 2,1 m/s).	58
49	Stöße der Gipskartonplatten	59
50	Anschlussbereich Fußboden / Laibung der Balkontür (ca. 2,7 m/s).	59
51	Hohlraum unter einem Gipswinkel	60
52	Messungen von Gebäude 3, 'Folien-Variante'.	61
53	Messungen von Gebäude 4, 'Trittschall-Variante'.	64
54	Schwachstellenanalyse	65
55	Schematische Darstellung des Luftverbunds der Geschossdecke	70