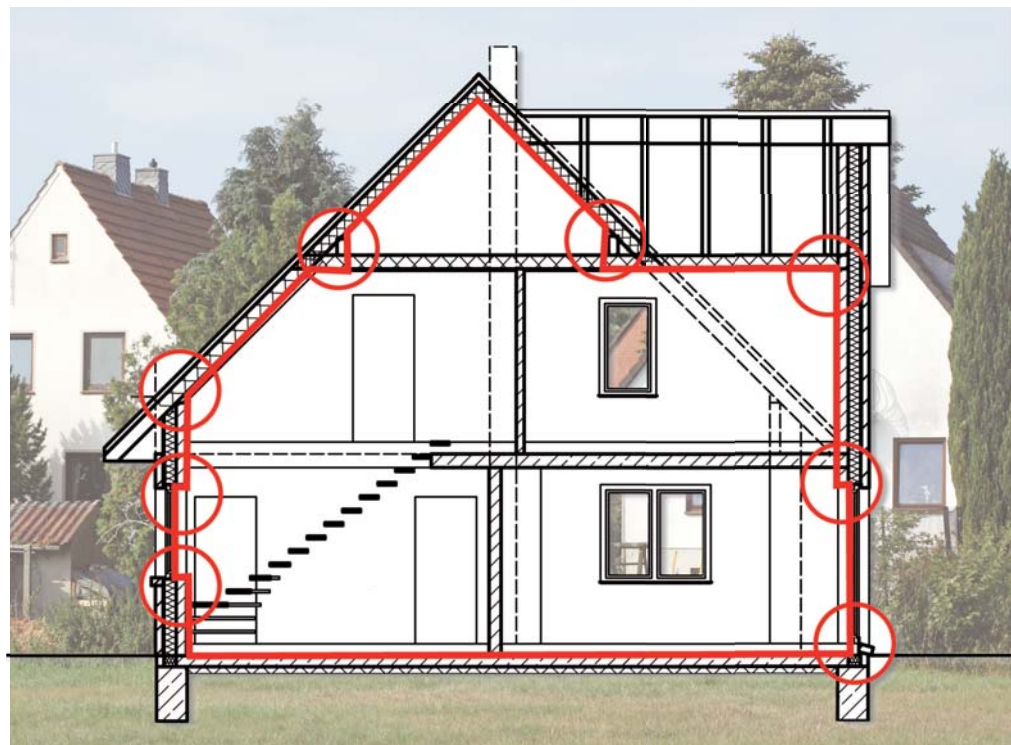




■ FLiB – Luftdichtheitskonzept

- Vorgehensweise beim Erstellen von Luftdichtheitskonzepten für Wohngebäude
- Beispielhaftes Luftdichtheitskonzept für die Modernisierung eines Einfamilienhauses

An dieser Broschüre haben mitgearbeitet:

Jacek Goehlmann, tremco illbruck GmbH
Markus Hemp, Dörken GmbH & Co. KG
Stefan Hückstädt, Moll bauökologische Produkte GmbH
Peter Jansig, profine GmbH
Gerd Kleinert, FLiB e. V.
Stefan Körner, Weiss Chemie + Technik GmbH & Co. KG
Martin Lang, Ökologische Bau- & Energieberatung
Thomas Pingel, dLuex GmbH – die Luftdichtexperten
Ralf M. Schäfer, ENERGIE & HAUS – Darmstadt
Jan Helge Schröder, VQC
Paul Simons, BlowerDoor GmbH
Oliver Solcher, FLiB e. V.
Jörg Wollnow, Siga

Hrsg.: Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e. V.
Storkower Straße 158, 10407 Berlin
Tel. +49 (0) 30 / 2903 - 5634
Fax +49 (0) 30 / 2903 - 5772
info@flib.de, www.flib.de, www.luftdicht.info

Redaktion: FLiB-AG Luftdichtheitskonzept

Gedruckt auf Recyclingpapier

FLiB – Luftdichtheitskonzept	Seite
Luftdichtheit ist immer Pflichtprogramm	4
Aufbau des Luftdichtheitskonzepts	4
1 Grobkonzept	5
1.1 Einleitung/Vorwort	5
1.2 Bauvorhaben	6
1.3 Dichtheit der Flächen	7
1.4 Schnitte und Grundrisse	7
1.5 Relevante Details	10
1.6 Allgemeine Hinweise	13
2 Detailplanung	14
3 Angebotsanfrage und Beauftragung	16
4 Gewerkeübergreifendes Koordinierungsgespräch	17
5 Überprüfung der Ausführung	19
Beispiele	20
Ablaufdiagramm	24
Literatur zum luftdichten Bauen	26

Luftdichtheit ist immer Pflichtprogramm

Egal ob Modernisierung oder Neubau – Luftdichtheit gehört zum normalen Bauen dazu. Die Gründe liegen in der Vermeidung von Bauschäden, der Einsparung von Heizwärme und der Steigerung der Behaglichkeit.

BAUSCHADENSVERMEIDUNG

Eine luftdichte Gebäudehülle verhindert, dass Feuchtigkeit in die Gebäudedekonstruktion eindringen kann. Dabei handelt es sich jedoch nicht um Feuchtigkeit von außen! Bei der normalen Nutzung einer Wohnung wird durch Kochen, Duschen, die Wäschetrocknung, aber auch während des Schlafens Feuchtigkeit in die Raumluft eingetragen, die üblicherweise durch eine ausreichende Lüftung (z. B. über manuelles Fensteröffnen) nach draußen abgeführt wird.

Sind jedoch Fehlstellen (Leckagen) in der Luftdichtheitsebene vorhanden, kann die Feuchtigkeit dort eindringen.

Die Leckagen selbst sorgen zudem dafür, dass überhaupt Antriebskräfte für diesen Feuchtigkeitstransport vorhanden sind: Windkraft und thermischer Auftrieb sorgen dafür, dass die feuchte Luft in die Gebäudedekonstruktion gelangt. Auf dem Weg durch die Gebäudehülle kühlt sie ab und kondensiert in kälteren Bereichen des Bauteils – ähnlich wie sich im Sommer Kondensat auf einem Bierglas bildet.

Besondere Sorgfalt ist bei der Ausführung der Luftdichtheitsebene im Dachbereich notwendig: Da feuchte Raumluft leichter ist als trockene, wird die kritische Luft immer nach oben steigen.

ENERGIEEINSPARUNG

Eine dichte Gebäudehülle sorgt für eine sinnvolle Energieeinsparung: Warme Raumluft kann im Winter nicht unkontrolliert entweichen und kalte Außenluft nicht als Zugluft in das beheizte Gebäude eindringen. Unmodernisierte, undichte Gebäude können

durchaus 5 bis 10 mal undichter sein als modernisierte Gebäude oder ein Neubau: Über Leckagen im Dach, der Außenwand oder über undichte Fenster findet im unmodernisierten Altbau ein ungewollter, viel zu hoher Luftaustausch statt. Die kalte Luft muss im Winter immer wieder aufgeheizt werden, das führt zu einem hohen Energieverbrauch des Gebäudes.

BEHAGLICHKEIT UND RUHE

Es zieht – oder eben nicht mehr. In modernen, dichten Gebäuden zieht es nicht und zusätzliche improvisierte Abdichtungen wie ein „Zugluftdackel“ sind nicht notwendig. Der gesamte Wohnbereich kann für das genutzt werden, wofür er gedacht ist – ein behagliches, zugfreies Wohnen.

Neben Zugluft kann jedoch auch Schall über die Leckagen in den Wohnraum gelangen. Eine sorgfältig ausgeführte, dichte Gebäudehülle verhindert, dass z. B. Verkehrslärm durch Fugen und Ritzen ungehindert in die Schlaf- und Wohnräume eindringt.

Und: Gute Raumluft entsteht erst durch dichtes Bauen! Wer meint, durch Leckagen wird gesund und ausreichend gelüftet, irrt – denn die Undichtheiten sind zum einen nicht immer dort, wo ein Lüften sinnvoll und nützlich ist, und zum anderen kommt frische, gesunde Außenluft durch ein offenes Fenster oder über eine Lüftungsanlage ins Gebäudeinnere und nicht über ungeplante (mit Schmutz belastete) Leckagen in der Gebäudekonstruktion.

BEWÄHRTE KONSTRUKTION FÜR DAS KÜNFTIGE BAUEN

Häuser, deren Luftdichtheit sorgfältig geplant und ausgeführt wurde, sind dauerhaft funktionsfähig, das beweist seit mehr als 25 Jahren das Passivhaus. Auch andere Gebäudekonzepte wie Plushaus oder das Null-Energie-Gebäude funktionieren nur mit einer dauerhaft luftdichten Gebäudehülle.

Zukunftsfähige Modernisierung des Gebäudebestands und der Gebäudeneubau gehen Hand in Hand mit sorgfältigem, luftdichten Bauen. Nur so kann eine dauerhafte Reduzierung des Energieverbrauchs erzielt werden.

Aufbau des Luftdichtheitskonzepts

MUSTERLUFTDICHTHEITSKONZEPT

Ein Luftdichtheitskonzept beschreibt das grundsätzliche Vorgehen am Bauvorhaben, um eine in Bezug auf die Luftdichtheit sorgfältig ausgeführte Gebäudehülle zu erzielen. Es zieht sich von der Planung über die Ausführung bis zur Kontrolle und es sind alle ausführenden Gewerke daran beteiligt. Eine luftdichte Gebäudehülle ist leicht zu erreichen, wenn sie frühzeitig geplant und zwischen den Gewerken abgestimmt wird.

Ein Luftdichtheitskonzept sorgt für einen schnellen, klaren Bauablauf:

- **weniger** Diskussionen
- **weniger** Nachbesserungen
- **weniger** Nachprüfungen
- **keine** Sanierung der Sanierung

In diesem Musterluftdichtheitskonzept wird anhand eines konkreten Beispiels einer EFH-Modernisierung ein komplettes Luftdichtheitskonzept in allen Schritten beschrieben:

- **Planung der Luftdichtheitsschicht**
 - Grobkonzept
 - Detailplanung
- **Angebotsanfrage und Beauftragung** (Ausschreibung und Vergabe)
- **Gewerkeübergreifendes Koordinierungsgespräch**
- **Überprüfung der Ausführung**

1 Grobkonzept

BEISPIELHAFTES GROBKONZEPT

Objekt: Einfamilienhaus
Adresse: Unter den Linden 7a, 34131 Kassel
Entwurfsverfasser: FLiB-Energieberatersteam, Müller-Mayer, Egon
Fachplaner: keiner
Aktenzeichen: 12345
Bearbeitungsstand: 11.04.2017
 Auf Grundlage der Bestandspläne vom 15.4.1968
Datum: 11.04.2017

EINLEITUNG

Wände und Dächer müssen luftdicht sein, um eine Durchströmung und Mitführung von Raumluft, die zu Tauwasserbildung in der Konstruktion führen kann, zu unterbinden. Weitere Gründe für eine dichte Ausführung der Gebäudehülle liegen in der Zugfreiheit (Behaglichkeit), Energieeinsparung und im Schallschutz.

Deshalb fordert die Energieeinsparverordnung (EnEV) in §6 die „dauerhaft luftundurchlässige wärmeübertragende Umfassungsfläche entsprechend den anerkannten Regeln der Technik“ auszuführen und verweist auf die entsprechenden DIN-Normen wie DIN 4108-2 Mindestanforderungen an den Wärmeschutz und DIN 4108-3 Klimabedingter Feuchteschutz. In der DIN 4108-7 Luftdichtheit von Gebäuden werden weitere Hinweise zum luftdichten Bauen gegeben. Hier wird der Planungsauftrag wie folgt definiert: *„Die Luftdichtheitsschicht ist sorgfältig zu planen, auszuschreiben und auszuführen. Die Arbeiten sind zwischen den Beteiligten am Bau zu koordinieren.“*

Dies stellt die Grundzüge des Luftdichtheitskonzeptes dar. Ergänzend führt die Norm Regeldetails zur Herstellung von luftdichten Bauteilanschlüssen auf.

Im Rahmen ihres Fördermittelprogramms 151 fordert die KfW grundsätzlich ein Luftdichtheitskonzept.

Die Belüftung der Wohn- und Nutzeinheiten ist nicht Gegenstand eines Luftdichtheitskonzeptes und wird im Lüftungskonzept separat behandelt.

Die Grundzüge eines Luftdichtheitskonzeptes werden in der DIN 4108-7 erläutert. Es besteht aus:

- Planung der Luftdichtheitsschicht
 - Grobkonzept
 - Detailplanung
- Ausschreibung und Vergabe
- Gewerkeübergreifendes Koordinierungsgespräch
- Überprüfung der Ausführung

KOMMENTARE/ERLÄUTERUNGEN

ALLGEMEINES ZUM AUFTRAG

1.1 EINLEITUNG/VORWORT

In der Einleitung werden die allgemeinen Gründe für luftdichtes Bauen kurz und für den Bauherrn verständlich erläutert:

- Schutz vor Feuchtigkeitseintrag in die Konstruktion
- Behaglichkeit (Zugfreiheit)
- Schutz vor Geruchs- oder Schallübertragung (z. B. Nachbarwohnungen im MFH)
- Energieeinsparung
- Funktion von Lüftungsanlagen

Z. B. unter Bezugnahme folgender Normen und Verordnungen:

- DIN 4108-2 Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- DIN 4108-3 Klimabedingter Feuchteschutz
- DIN 4108-7 Luftdichtheit von Gebäuden
- Energieeinsparverordnung EnEV/ Gebäudeenergiegesetz GEG

Um Verwechslungen zu vermeiden, ist ein Hinweis zum Lüftungskonzept sinnvoll.

Förderung:

- Die KfW-Fördermittelprogramme 151/152/153/430 fordern ein Luftdichtheitskonzept.
- Das KfW-Fördermittelprogramm 431 bezuschusst die Erstellung von Luftdichtheitskonzepten mit 50%: z. B. Grobkonzept, Detailplanung, Ausschreibungsbegleitung oder Überprüfungen auf der Baustelle.

Luftdichtheitskonzept:

- Das Grobkonzept ist nur ein Teil des gesamten Luftdichtheitskonzepts, die weiteren Teile des Luftdichtheitskonzepts sollten benannt werden.

Verantwortlich für die Umsetzung des Luftdichtheitskonzeptes ist der bauleitende Architekt. Wird die Bauleitung nicht vergeben, sind der Auftraggeber und die von ihm beauftragten Handwerker dafür verantwortlich.

Der baubegleitende Sachverständige kontrolliert nur die Umsetzung, der Umfang der Kontrolle wird mit dem Bauherrn vereinbart.

1.2 BAUVORHABEN

Allgemeine Beschreibung der geplanten Maßnahme im modernisierten Zustand:

- Energetische Randbedingungen
- Anforderungen
- Gebäudetechnik (Heizung, Lüftung etc.)
- Haustechnik (Dunstabzug, Trockner, Katzenklappe etc.)
- Der individuell vereinbarte Zielwert für die Gebäudedichtheit

Wird eine Dichtheitsprüfung erst beim fertiggestellten Gebäude durchgeführt, kann die korrekte Ausführung der Dichtheitsebene nicht mehr kontrolliert werden. Die Einhaltung von Grenzwerten bedingt nicht immer eine ordnungsgemäß ausgeführte Luftdichtheitsebene. Aus diesem Grund wird eine Sichtprüfung oder eine Messung der Luftdichtheit in der Rohbauphase zur Qualitätssicherung empfohlen.

Der individuell zu vereinbarende Zielwert für die Gebäudedichtheit darf die Grenzwerte der EnEV bzw. KfW nicht überschreiten. Zur Anrechnung eines verminderten Luftwechsels gelten nach EnEV folgende Werte:

- Gebäude mit ventilatorgestützter Lüftung (RLT): $n_{50} \leq 1,5$ 1/h
- Gebäude ohne ventilatorgestützte Lüftung: $n_{50} \leq 3,0$ 1/h.

Sachgerecht ausgeführte Neubauten oder Modernisierungen unterschreiten diese Werte erheblich.

Im vorliegenden Grobkonzept zum Luftdichtheitskonzept werden die Lage der Luftdichtheitsschicht beschrieben und später zu planende Anschlüsse und Durchdringungen aufgelistet.

Verantwortlich für die Umsetzung des Luftdichtheitskonzepts sind der Bauherr und die von ihm beauftragten Handwerker. Der baubegleitende Sachverständige kontrolliert die Umsetzung. Er führt dazu mindestens drei Baubegehungen durch, es werden eine Messung der Luftdichtheit in der Rohbauphase zur Qualitätssicherung und eine abschließende Messung zur Überprüfung der Einhaltung des Zielwertes vereinbart. Der Bauherr informiert den Sachverständigen regelmäßig über den Baufortschritt.

Auf Grundlage dieses Grobkonzepts erfolgt die notwendige Ausführungsplanung.

BAUVORHABEN

Bauvorhaben:	Einfamilienhaus mit Einliegerwohnung
Bauweise:	Mauerwerk
Baujahr:	1968
Maßnahme:	Modernisierung
Standard:	Energieeinsparverordnung EnEV 2013 (Verschärfung 2016), Effizienzhaus 55
Förderprogramm(e):	KfW-Effizienzhausprogramm 151/431
Gebäudetechnik:	Gastherme, raumluftunabhängig
Haustechnik:	Dunstabzugshaube im Umluftbetrieb Kondensationstrockner, bedarfsgeregeltes Abluftsystem
Gebäudedichtheit:	Der Zielwert n_{50} -Wert $\leq 1,0$ 1/h

Für einen ordnungsgemäßen Betrieb des Lüftungssystems wird eine über die EnEV-Anforderungen hinausgehende Dichtheit nach DIN 4108-7 vereinbart, damit ein energieeffizienter Betrieb der Lüftungsanlage möglich ist.

Im EnEV-Nachweis wird die verbesserte Luftdichtheit und damit geringere Lüftungswärmeverluste angesetzt. Deshalb muss nach Fertigstellung des Gebäudes eine Luftdichtheitsmessung (ugs. Blower-Door-Messung) durchgeführt werden.

Zusätzlich wurde mit dem Bauherren eine baubegleitende Luftdichtheitsprüfung mit Leckagesuche vereinbart, solange die Luftdichtheitsebene zugänglich ist.

DICHTHEIT DER FLÄCHEN

Das Gebäude ist unterkellert, die thermische Hüllfläche umfasst alle Räume des Erd- und Obergeschosses sowie den Treppenabgang zum Keller. Die Kellerdecke ist in Stahlbeton hergestellt, die Außenwände als einschaliges Mauerwerk und der Dachstuhl als Sparrendach.

Die Betondecke über KG ist luftdicht, so dass in diesem Bereich ausschließlich Durchdringungen, Fugen und Bauteilöffnungen zusätzlicher Maßnahmen zur Herstellung der Luftdichtheit bedürfen.

Bei den gemauerten Außenwänden stellt der Innenputz die Luftdichtheitsebene dar.

Das Satteldach besteht aus einer Sparrenkonstruktion mit Kehlbalkenlage, der Ausbau erfolgte mit verputzter Holzwoleleichtbauplatte. Die Modernisierung erfolgt von außen, die luftdichte Ebene bildet eine oberhalb der Sparren aufgetragene Luftdichtheitsbahn, die zwischen den Sparren auf die bestehende Holzwoleleichtbauplatte geführt wird.

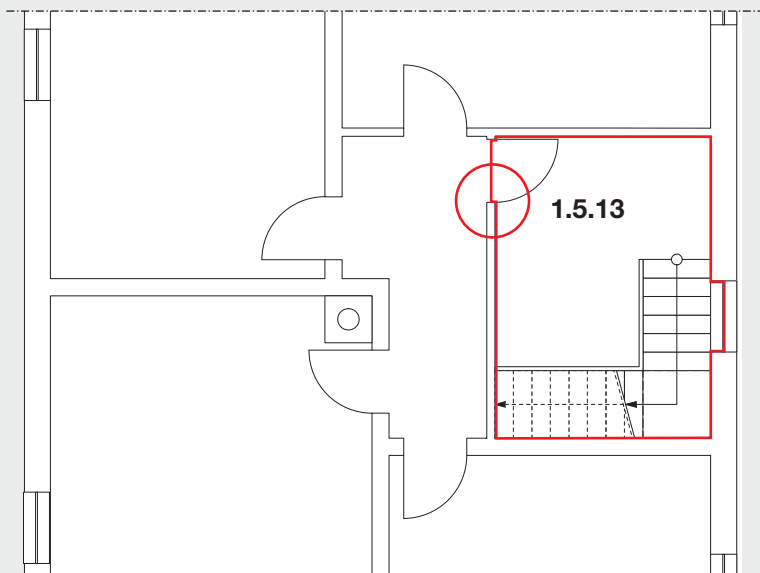
Die Luftdurchlässigkeitsklasse von Fenstern und Fenstertüren entspricht mindestens der Klasse 3 der DIN EN 12207. Außentüren entsprechen mindestens der Klasse 2.

Die Treppen sind in Beton hergestellt.

GRUNDRISS – KELLERGESCHOSS

Im folgenden Grundriss wird der Verlauf der Luftdichtheitsebene im Kellergeschoss dargestellt.

Die Luftdichtheitsebene bildet die raumseitige Begrenzung der thermischen Hülle des Gebäudes (Kellerabgang).



1.3 DICHTHEIT DER FLÄCHEN

Verbale Beschreibung der Luftdichtheit am Gebäude

- Allgemein formulierte Textblöcke in Bezug auf die Luftdichtheit, die je nach Bedarf verwendet werden – Beton, Mauerwerksbau mit Putz, Holzbau mit Holzwerkstoffplatten usw.
- Boden, Wand, Dach, Durchdringungen

1.4 SCHNITTE UND GRUNDRISSSE

Die luftdichte Ebene wird durch das gesamte Gebäude definiert:

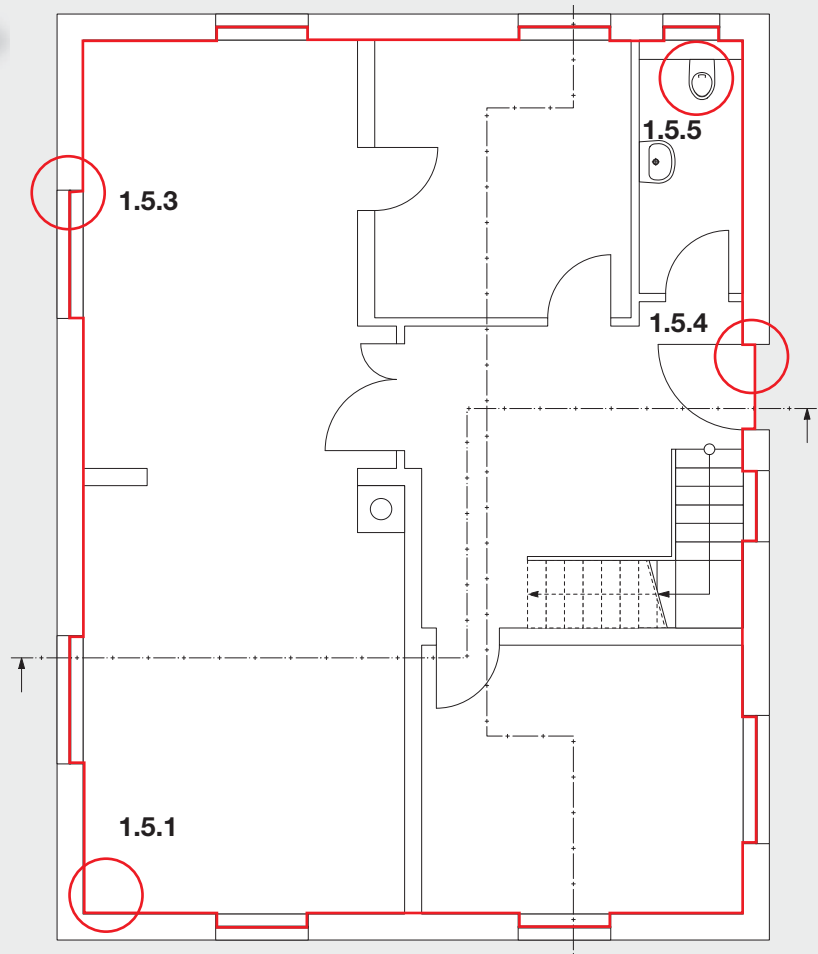
- Schnitte durch das Gebäude in allen relevanten Richtungen
- Luftdichte Ebene als rote Linie
- relevante Details als rote Kreise
- Nummerierung der relevanten Details
- Für alle relevanten Details werden beispielhafte Prinzipskizzen beigelegt, auch wenn sie derzeit noch nicht ausgeführt werden. Die Prinzipskizzen können eine sehr grobe, schematische Darstellung haben, z. B. auch Handskizzen.
- Auch wenn nur Teilbereiche erneuert werden, muss man schon jetzt definieren, wie der weitere Verlauf für später zu erneuernde Bauteile erfolgt.

GRUNDRISS – ERDGESCHOSS

Im folgenden Grundriss wird der Verlauf der Luftdichtheitsebene im Erdgeschoss dargestellt.

Die Luftdichtheitsebene bildet die raumseitige Begrenzung der thermischen Hülle des Gebäudes.

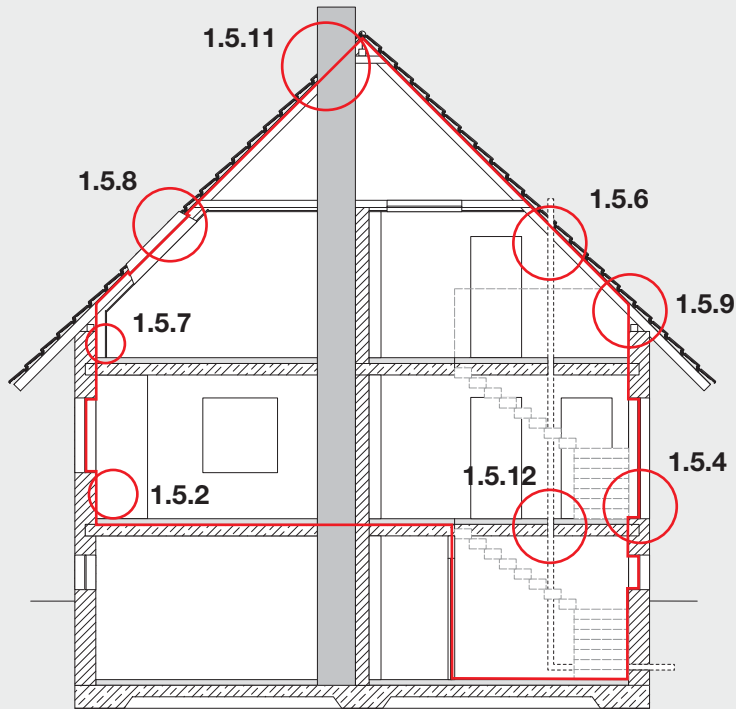
Im vorliegenden Beispiel werden Bestandszeichnungen verwendet. Eventuelle Bauteiländerungen, wie z. B. die Dämmung, sind hier nicht eingezeichnet.



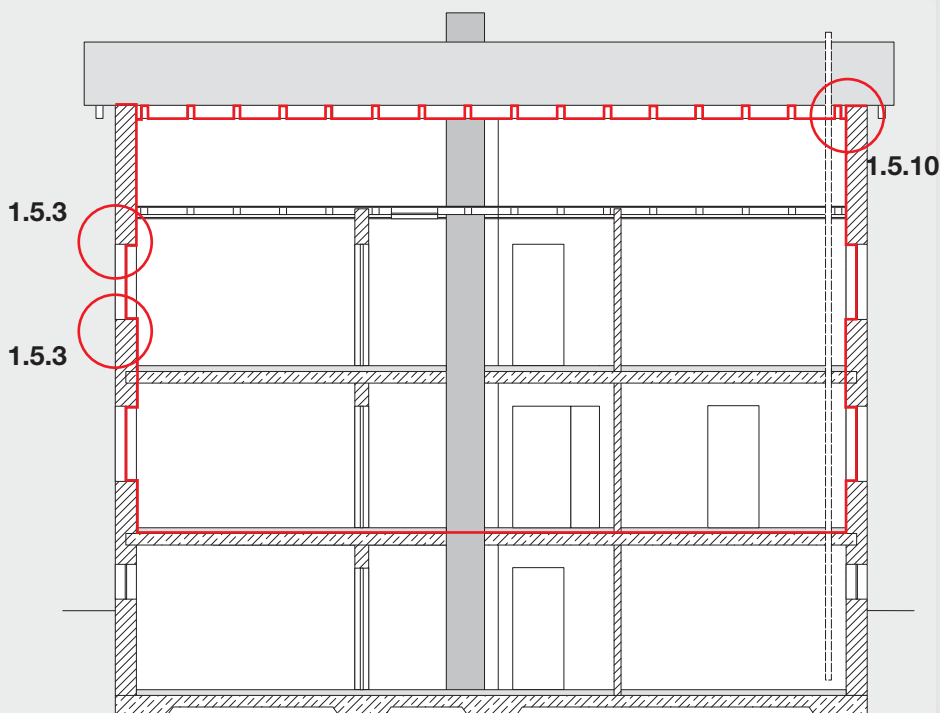
SCHNITTE

In den folgenden Schnitten wird der Verlauf der Luftdichtheitsebene dargestellt.

Die Luftdichtheitsebene bildet die raumseitige Begrenzung der thermischen Hülle des Gebäudes.



Auch wenn vorhandene relevante Details in den Schnitten und Grundrissen nicht dargestellt sind (z. B. Steckdosen, hier 1.5.2), müssen sie als solche markiert und erläutert werden.

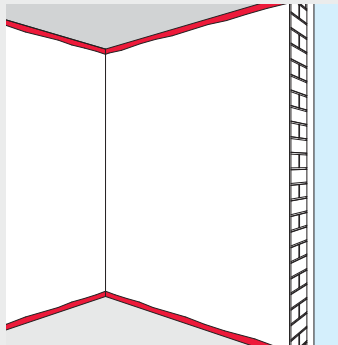


Um den Verlauf der Luftdichtheitsebene zu zeigen, werden in der Regel mindestens 2 Schnitte benötigt.

1.5 RELEVANTE DETAILS

Die relevanten Details werden mit Prinzipskizzen (Kreise) inkl. der allgemeinen Hinweise aufgelistet. Prinzipskizzen und Textbausteine können z. B. aus der Datenbank des FLiB (www.luftdicht.info) entnommen werden. Sie müssen unter Bezug auf das konkrete Bauvorhaben ergänzt werden.

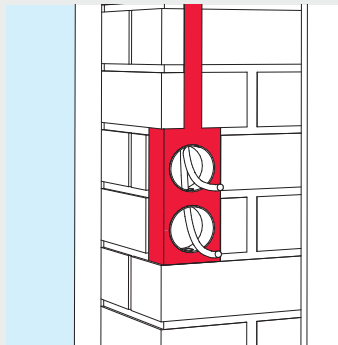
PRINZIPISSKIZZEN MIT BESCHREIBUNG



1.5.1 – Außenwände: Innenputz

Gemauerte Außenwände werden mit einem vollflächigen Innenputz versehen bzw. dieser ergänzt.

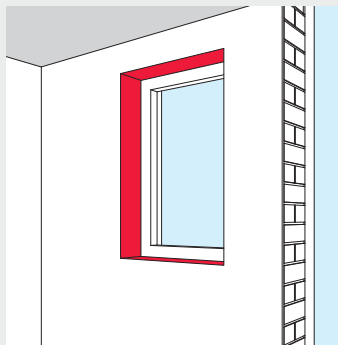
Der Innenputz wird bis an die Rohdecke und den Rohfußboden geführt.



1.5.2 – Wände: Elektroleitungen

Gerätedosen in Außenwänden werden vollständig in Putz eingebettet oder luftdicht ausgeführt.

Leerrohre (z. B. Rollläden, Solaranlage) und Kabelkanäle werden an den Enden luftdicht verschlossen.

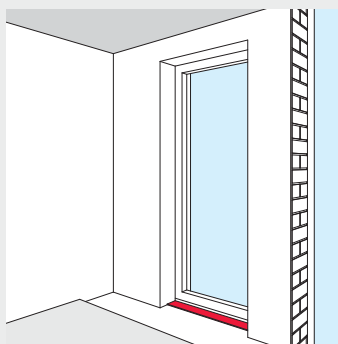


1.5.3 – Fenster und Türen allgemein

Fenster und Eingangstüren werden mit Dichtungsmaterialien luftdicht an die Bauteile angeschlossen.

Zur Herstellung der Luftdichtheit erfolgt zumindest in der Laibung und der Brüstung ein Glattnstrich.

Lastabtragende Einbauten und Befestigungen werden vollständig mit luftdichtem Anschlussmaterial abgedichtet.

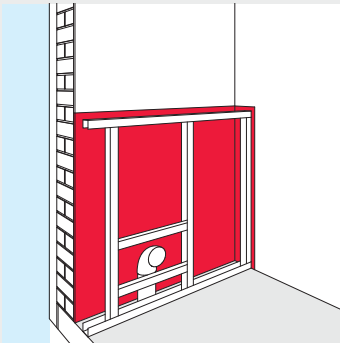


1.5.4 – Zusätzlich bei Türen und bodentiefen Fenstern

Der Schwellenbereich wird luftdicht an den Rohfußboden angebunden.

Vorhandene Montagewinkel werden vollständig mit luftdichtem Anschlussmaterial abgedichtet.

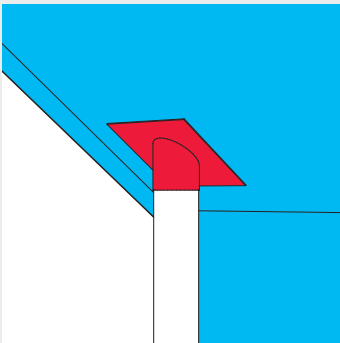
PRINZIPISSKIZZEN MIT BESCHREIBUNG – FORTSETZUNG



1.5.5 – Vorwandinstallationen

Vor Errichtung der Installationswand wird das dahinter befindliche Mauerwerk verputzt oder mit einem Glattnstrich versehen.

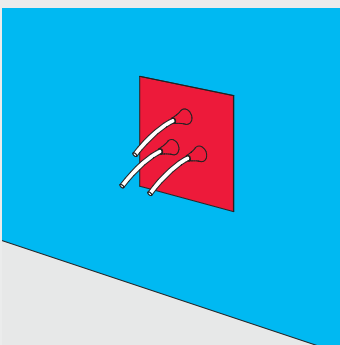
Gleiches gilt für Leitungsführungen (Installationsschächte) vor unverputztem Mauerwerk.



1.5.6 – Rohrdurchführungen

Es wird ein ca. handbreiter Abstand zu angrenzenden Wänden/Bauteilen vorgesehen.

Im Durchdringungsbereich wird ein glattwandiges Rohr verwendet.

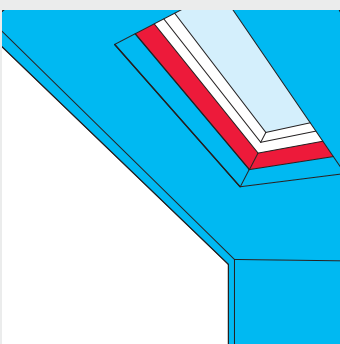


1.5.7 – Leitungsdurchführungen

Leitungen werden einzeln durchgeführt und abgedichtet.

Leerrohre werden an den Enden abgedichtet.

Elektroleitungen werden luftdicht an das Rohr/den Kanal angeschlossen.



1.5.8 – Dachflächenfenster

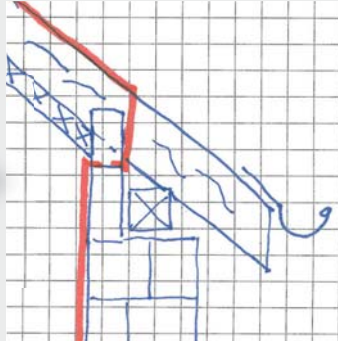
Die Luftdichtheitsbahn wird am Blendrahmen des Dachfensters angebunden.

Für relevante Details können z. B. auch Handskizzen oder Bestandsfotos erstellt werden. Der Bereich des luftdichten Anschlusses ist zu kennzeichnen.



Auch Fotos und Produktbilder können zur Darstellung herangezogen werden.

PRINZIPIESKIZZEN MIT BESCHREIBUNG – FORTSETZUNG



1.5.9 – Traufe

Die Luftdichtheitsbahn des Dachs wird an das Mauerwerk traufseitig luftdicht angeschlossen.

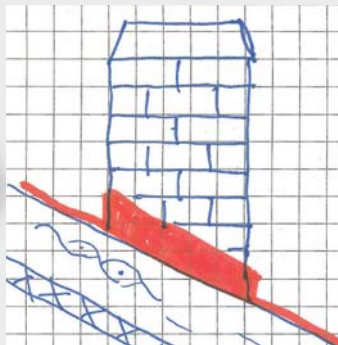
Der Anschluss erfolgt so, dass ein lückenloser Verlauf der luftdichten Ebene an den Innenputz gegeben ist.



1.5.10 – Ortgang

Die Luftdichtheitsbahn des Dachs wird an das Mauerwerk giebelseitig luftdicht angeschlossen.

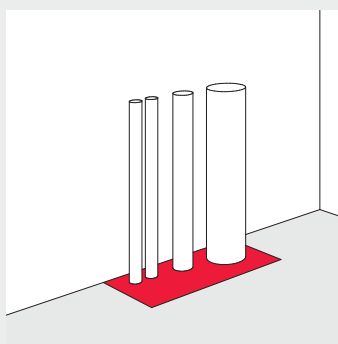
Der Anschluss erfolgt so, dass ein lückenloser Verlauf der luftdichten Ebene an den Innenputz gegeben ist.



1.5.11 – Schornstein

Der beschädigte Putz des Schornsteins wird ergänzt.

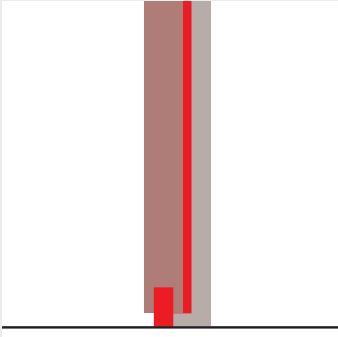
Die Andichtung der Luftdichtheitsbahn erfolgt an den Putz.



1.5.12 – Durchdringungen zum Keller

Die Leitungen werden eingemörtelt oder mit Manschetten abgedichtet.

PRINZIPISKIZZEN MIT BESCHREIBUNG – FORTSETZUNG



1.5.13 – Kellertür

Die Kellertür wird in Klasse 2 nach DIN EN 12219 mit allseitiger Lippendichtung ausgeführt.



Auch Fotos und Produktbilder können zur Darstellung herangezogen werden.

ALLGEMEINE HINWEISE

Das Grobkonzept stellt die Grundlage für die weitere Planung (Detailplanung) der Luftdichtheit dar.

1.6 ALLGEMEINE HINWEISE

Hier wird abschließend erläutert, was Bestandteil des vorliegenden Grobkonzepts ist und was noch gesondert erstellt werden muss.

- Das Grobkonzept ist die Grundlage für die noch folgende Detailplanung. In der Detailplanung werden die Materialien und die Ausführung der im Grobkonzept definierten relevanten Details festgelegt.
- Die weiteren Schritte des Luftdichtheitskonzepts:
 - Ausschreibung und Vergabe
 - Gewerkeübergreifendes Koordinierungsgespräch
 - Überprüfung der Ausführung

Datum

Stempel Unterschrift

2 Detailplanung

Die Detailplanung erfolgt basierend auf dem Grobkonzept und den darin festgelegten Prinzipskizzen. Dabei sind Veränderungen hinsichtlich des Verlaufs der Luftdichtheitsebene, der Dichtheit der Flächen bzw. der relevanten Details zu berücksichtigen. Alle Details sind so zu beschreiben, dass sie sich handwerklich umsetzen lassen. Dazu sind alle Materialien zur Ausführung von Fugen und Anschlüssen festzulegen. Die Details sind als Anhänge dem Luftdichtheitskonzept beizufügen. Der Detaildatenbank können dafür Musterdetails entnommen werden.

Die notwendige Detailplanung erfolgt auf Grundlage des vorliegenden Grobkonzepts durch:

- Ausführungsplanung vom Architekten und Ingenieur als Energieberater, Energieberater HWK
- Ausführungsplanung vom Architekten und Bauingenieur (Bauphysik und Statik) mit entsprechender Fortbildung
- Ausführungsplanung des beauftragten Handwerkers mit entsprechender Fortbildung

ACHTUNG: Der Ersteller der Detailplanung haftet auch dafür!

- Es muss ggf. eine Veränderung ggü. dem Grobkonzept berücksichtigt werden
- Für jedes relevante Detail muss eine Detailplanung erfolgen
- Die Detailplanung erfolgt basierend auf den vorliegenden Prinzip- oder Handskizzen
- Mit der Detailplanung wird der Übergang zu angrenzenden Bauteilen festgelegt
- Zur Detailplanung gehört die Festlegung aller zu verarbeitenden Materialien
- Dazu können Musterdetails aus der FLiB-Datenbank genutzt werden
- Die Musterdetails müssen auf ihre Ausführbarkeit geprüft und ggf. angepasst werden

Folgendes ist bei der Detailplanung unter anderem zu beachten:

- Durchdringungen sind mit geeigneten Anschlusslösungen zu planen
 - Anschlüsse zwischen Bauteilen sind spannungsfrei herzustellen
 - Dauernde Zugkräfte auf Klebeverbindungen und Luftdichtheitsbahnen sind zu verhindern
 - Festlegung der Ausführung der Anschlüsse: Klebeband, Klebemasse, Dichtmanschette, mechanische Sicherung
- ACHTUNG:** Anbindungen benötigen Montage- und Befestigungsraum.
- Festlegung der ggf. erforderlichen zusätzlichen Vorbehandlung von Untergründen (wie z. B. Abbürsten/-schleifen, Primern)

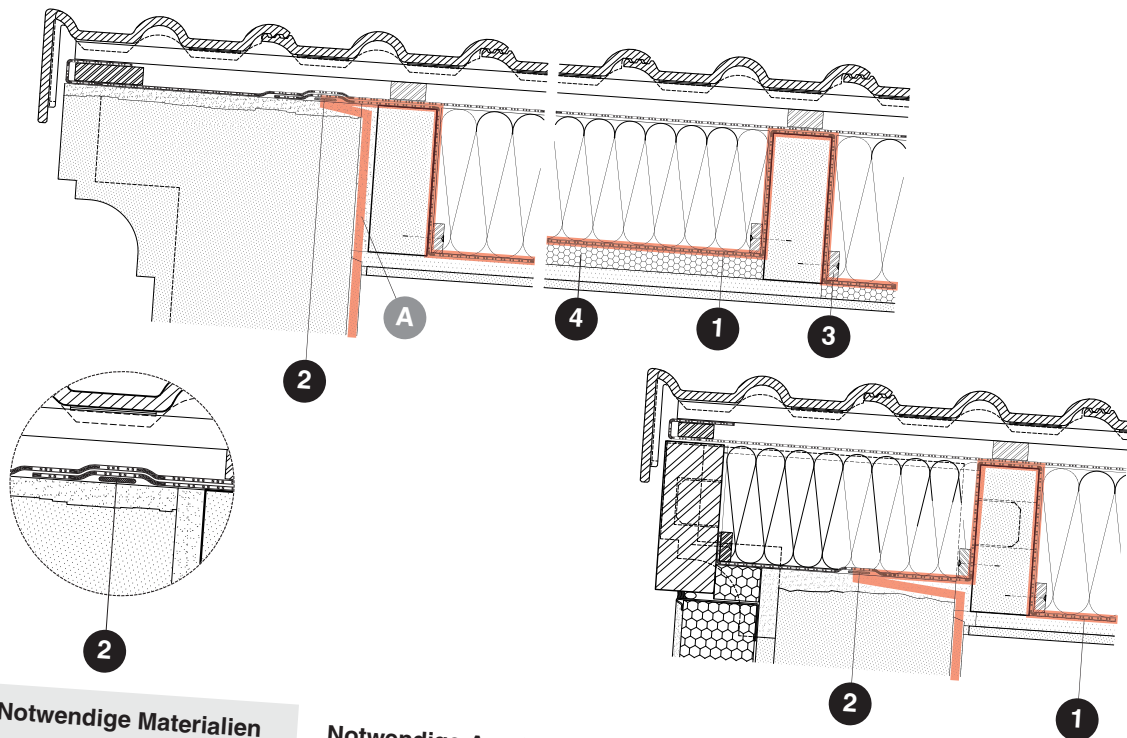
Das Musterdetail muss auf seine Ausführbarkeit geprüft und ggf. angepasst werden

Die Detailplanung verlangt eine detaillierte Beschreibung der geplanten Materialien.

- Feuchtevariable Luftdichtheitsbahn: geeignet für die Sub-Top-Verlegung
- Verklebung der Luftdichtheitsbahn untereinander: geeignetes Klebeband
- Verklebung der Luftdichtheitsbahn an Ortsgang und Traufe: geeignete Klebemasse

Weitere Hinweise zur Ausführung finden sich in den Allgemeinen Verarbeitungshinweisen auf www.luftdicht.info und sind der Detailplanung beizulegen.

FLiB-Musterdetail 1_1_5_2

Dach**Ortgang - Zwischensparrendämmung Sub-Top****Notwendige Materialien**

- 1 Luftdichtheitsbahn (feuchtevariabel)
- 2 Klebemasse
- 3 Anpresslatte
- 4 Schutzlage (optional)

Notwendige Ausführung

- Vorhandenen Zwischensparrenbereich säubern, eventuell Nägel entfernen oder eine Schutzlage (z. B. Holzweichfaserplatte oder Mineralwolldämmmatte mit ausreichender Druckfestigkeit) einlegen.
- Die Luftdichtheitsbahn wird von außen auf die freigelegte Innenbekleidung und schlaufenförmig um die Sparren herum verlegt und an der Unterseite der Sparren mit Anpressleisten fixiert.
- Wird die Luftdichtheitsbahn auf der Mauerkrone angeschlossen, muss der Untergrund gesäubert und mit Mörtel geglättet sein.
- (A) Es muss sichergestellt sein, dass die luftdichte Ebene auch im Zwischenraum von Giebelwand und Sparren bis zum Innenputz geführt ist. Im anderen Fall sind geeignete Maßnahmen zu planen.

Hinweise

- Hervorstehende Befestigungsmittel der Innenbekleidung (Nägel, Klammern, Schrauben etc.) können die Luftdichtungsbahn perforieren.
- Die verwendete Luftdichtungsbahn muss für die Sub-Top-Verlegung geeignet sein.
- Der Übergang vom Innenputz zur Luftdichtheitsbahn muss im Einzelfall beurteilt werden.
- Bei Sparrenaufdoppelungen die Luftdichtheitsbahn unterhalb der Aufdoppelung verlegen.

Allgemeine
Verarbeitungs-
hinweise
beachten

ACHTUNG: Dieses Musterdetail muss auf die jeweilige projektbezogene Eignung überprüft werden!

Quelle: Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e. V. • Storkower Straße 158 • 10407 Berlin • info@flib.de • www.flib.de • www.luftdicht.info

3 Angebotsanfrage und Beauftragung

Um die angefragten Handwerker für die gewünschte Sorgfalt zu sensibilisieren, umfasst jede Angebotsanfrage zusätzlich zu den allgemeinen Vorbemerkungen, die sich ggf. auf die gesamte Modernisierungsmaßnahme beziehen, mindestens folgende Punkte:

1. Textbaustein mit Zielbeschreibung:

Der Textbaustein folgenden Inhalts sollte aufgenommen werden: „Die Zielsetzung ist eine hochwertige, dauerhaft luftdichte Gebäudehülle. Dies wird erreicht, wenn die Schnittstellen zwischen angrenzenden Gewerken geklärt sind, die Gewerke aufeinander abgestimmt arbeiten und eine baubegleitende Überprüfung der Luftdichtheit nach Fertigstellung der luftdichten Ebene erfolgt. Die Zuständigkeiten werden durch den Auftraggeber vorgegeben.“

2. Kennzeichnung der Luftdichtheitsschicht:

Der Verlauf der Luftdichtheitsschicht in den Gebäudeschnitten

3. Relevante Details:

Die relevanten Details (Prinzipskizzen aus Grobkonzept oder Musterdetails aus Detailplanung) für die Bauteile, die hier angefragt werden.

4. Hinweis an den Handwerker:

„Nach Beauftragung, jedoch vor Ausführung ist vom ausführenden Handwerker eine Detailplanung vorzulegen und vom Bauherrn freizugeben.“

5. Materialien:

Der Handwerker muss alle Materialien der luftdichten Ausführung in seinem Angebot auf jeden Fall explizit benennen. Alle gewählten Materialien müssen aufeinander abgestimmt sein.

6. Hinweis an den Handwerker:

„Die Verantwortung für die luftdichte Ausführung des/der Details liegt beim ausführenden Handwerker.“

7. Überprüfung:

Art und Weise der baubegleitenden Überprüfung der Luftdichtheit: Eine

Überprüfung der Ausführung der luftdichten Ebene erfolgt zu einem Zeitpunkt, an dem noch eine einfache Korrektur erfolgen kann. Vor Ausführung der Putzarbeiten bzw. Aufbringen späterer Verkleidungen erfolgt mindestens eine Sichtprüfung später nicht mehr zugänglicher Bereiche wie z. B. Fensteranschlussfuge, Luftdichtheitsbahn, Durchdringungen.

Z. B.: „Die Überprüfung der Ausführung erfolgt am Fenster mittels Sichtprüfung“ oder „Die Überprüfung der Ausführung erfolgt am Dach durch eine Rohbauprüfung mittels vorgezogener, baubegleitender Luftdichtheitsmessung (Blower-Door-Test) zur Leckageortung“.

Bei einer vollständigen Modernisierung der Gebäudehülle erfolgt zum Schluss eine Luftdichtheitsmessung des gesamten Gebäudes. Dabei sind die Vorgaben des WTA-Merkblatts 6-9¹⁾ bzw. der DIN 4108-7²⁾ einzuhalten.

Z. B.: „Der einzuhaltende Grenzwert für das gesamte Gebäude beträgt entsprechend der Bauherrenanforderung 1,0 l/h.“

Der Sachverständige unterstützt den Bauherrn bei der Prüfung der Angebote und ggf. der Beauftragung. Die Beauftragung erfolgt durch den Bauherrn.

In einem Vergabegespräch werden offene Fragen, Schnittstellen zwischen den Beteiligten und Zuständigkeiten geklärt und ggf. vertraglich vereinbart. Das Ergebnis des Vergabegesprächs wird protokolliert z. B. auf den Prinzipskizzen des Grobkonzeptes. **Diese Protokolle dienen als Grundlage für das folgende gewerkeübergreifende Koordinierungsgespräch.**

¹⁾WTA-Merkblatt 6-9, Luftdichtheit im Bestand, Teil 1: Grundlagen der Planung

²⁾DIN 4108-7, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden – Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele

4 Gewerkeübergreifendes Koordinierungsgespräch

Am Gespräch sollten teilnehmen:

- Bauherr bzw. Bauherrenvertretung (Architekt)
- für die Ausführung verantwortliche Bauleitung und Handwerker
- Sachverständiger

Ziel dieses Gesprächs ist die Sensibilisierung aller am Bau Beteiligten für das Thema „Luftdichtheit“. Als Ergebnis dieses Gesprächs sind die Ausführung, Ausführungsreihenfolge, Verantwortlichkeit bei Gewerkeschnittstellen und das Vorgehen bei ggf. notwendigen Änderungen und Problemen mit den zuständigen Handwerkern abgestimmt und festgelegt.

wissen, wer für was verantwortlich ist, und eine Abstimmung der Ausführungsabfolge erfolgt, ist eine hohe Ausführungsqualität der Dichtheitsebene leicht erreichbar.

Das Wichtigste: Der Bauablauf ist klar definiert, jeder Handwerker kennt seine Verantwortung und weiß, was vor und nach ihm passiert.

Aus diesem Grund wird, bevor die Modernisierungsmaßnahme beginnt, ein gemeinsames Treffen von Bauherr und Sachverständigen mit den verantwortlichen Handwerkern verabredet.

sonders wichtig, die festgelegten Prinzipskizzen des Grobkonzepts oder die Musterdetails zu nutzen und die notwendige Ausführung gemeinsam festzulegen.

Besonders wichtig ist dabei die Klärung folgender Punkte:

- Mindestabstände von Strangentlüftungsleitungen oder Mehrfachdurchdringungen
- Laibungsvorbereitung bei Fensteranschlüssen
- Zusammenführung von Luftdichtheitschichten unterschiedlicher Gewerke (z. B. Trockenbau und Putzarbeiten)

Ebenfalls wird festgelegt, wie mit im Bauablauf auftretenden, ungeklärten Details umzugehen ist: Sie sind mit dem Sachverständigen zu klären, der das Luftdichtheitskonzept aufgestellt hat.

Das Ergebnis des Koordinierungsgesprächs wird protokolliert, z. B. auf den Prinzipskizzen des Grobkonzeptes.

Diese Protokolle dienen als Grundlage für die Überprüfung der Ausführung.

3.1 ABSTIMMUNGSGESPRÄCH ZWISCHEN ALLEN BAUBETEILIGTEN

Die Besonderheit der Dichtheit der Gebäudehülle liegt darin, dass sie von allen Handwerkern gemeinsam erstellt wird. Wie bei einer Kette leistet jedes Gewerk seinen Beitrag, der nur Wirkung zeigt, wenn die anderen „Kettenglieder“ ebenfalls aufeinander abgestimmt und sorgfältig arbeiten. Wenn die Handwerker

3.2 ERGEBNISSE DES GESPRÄCHS

Bei diesem Gespräch werden die

- Ausführung,
- Ausführungsreihenfolge und
- Verantwortlichkeit

mit den zuständigen Handwerkern festgelegt. Gerade bei kleineren Modernisierungsvorhaben wird oft auf eine schriftliche Ausführungsplanung verzichtet. Liegt diese nicht vor, ist es be-

Darstellung der notwendigen Gewerkekoordination

Wer hat mit der luftdichten Ebene zu tun und wann – Beispiel einer Dachsanierung

Dachsanierung						
1. Schritt	Vorarbeit		Haupt-gewerk	Nachfolgende Gewerke		Hauptgewerk
Dachdecker Dach-eindeckung entfernen	Putzer Ortgang und Traufe: Ggf. Putz ausbessern bzw. ergänzen Mauerkrone: Glattstrich	Sichtkontrolle, ob Glattstrich ausgeführt wurde	Dachdecker, Zimmermann Einbau der luftdichten Ebene mit Austausch des DFF und Herstellung der luftdichten Anschlüsse im Bereich von DFF, Ortgang und Traufe. Ggf. Ausführen einer Behelfsdeckung.	Elektriker Kabeldurchführung, Satellitenkabel z. B. mit Manschette Installateur Durchführung Strangentlüftung z. B. mit Manschette	Sichtkontrolle oder baubegleitende Dichtheitsprüfung	Dachdecker, Zimmermann Dachfertigstellung mit Dämmung und Eindeckung

Wer hat mit der luftdichten Ebene zu tun und wann – Beispiel Fenster- und Haustürentausch

Fenster mit Bestandsrollokasten (wird elektrisch umgerüstet) und Eingangstür					
1. Schritt	Vorarbeit		Hauptgewerk		Nachfolgende Gewerke
Fensterbauer Alte Fenster und Haustür entfernen	Putzer Glattstrich Fensterlaibungen, -sturz und -brüstung Glattstrich Laibung Haustür, Sturz und Schwelle	Sichtkontrolle, ob Glattstrich ausgeführt wurde	Fensterbauer Einbau Fenster, Rollo und Eingangstür inkl. des luftdichten Anschlusses	Sichtkontrolle, ggf. baubegleitende Dichtheitsprüfung zur Klärung, ob die luftdichte Ebene richtig ausgeführt wurde	Putzer Fugendichtungsfolien einputzen
					Elektriker elektrischer Anschluss Rollo
					Fensterbauer Montage der inneren Fensterbank

Wer hat mit der luftdichten Ebene zu tun und wann – Beispiel einer WC-Sanierung

WC-Sanierung im EG					
1. Schritt	Vorarbeit		Hauptgewerk	Nachfolgende Gewerke	Abschlussarbeiten
Hausherr Abbruch Fliesen und alte Installationen	Putzer Außenwand: Innenputz ausbessern oder vollflächig verputzen – auch hinter zukünftiger Vorwandinstallation	Sichtkontrolle, ob Glattstrich ausgeführt wurde	Installateur Ausführung der Sanitärinstallation	Putzer / Maurer Durchbrüche in Decken und Wänden luftdicht verschließen Wände verputzen	Trockenbauer Montage der GK-Platten
			Elektriker Montage der Elektroinstallation		
			Lüftungsanlagenbauer Einbau des Abluftsystems		

5 Überprüfung der Ausführung

Die Überprüfung der Ausführung der Luftdichtheitsebene erfolgt in unterschiedlicher Form:

- Sichtprüfung direkt nach der Ausführung
- Baubegleitende Messung der Luftdichtheit
- Schlussmessung

Die **Sichtprüfung** der Luftdichtheitsebene erfolgt, solange diese noch zugänglich und sichtbar ist. Anhand der Luftdichtheitsplanung (Grobkonzept oder Detailplanung) werden Verlauf, Lage und Ausführung der Luftdichtheitsebene geprüft. Mit der Sichtprüfung werden in der Regel kontrolliert:

- Luftdichtheitsbahnen (ugs. Folien) mit allen Anbindungen untereinander und an angrenzende Bauteile,
- Ausführung der Fenster- und Außen-türanschlüsse,
- Putzanschlüsse im Bodenaufbaubereich,
- Durchführungen aller Art, z. B. Antennenmasten, Kanalentlüftungsleitungen, Elektroinstallationen in Außenwänden.
- Siehe dazu auch Checkliste im Leit-faden Luftdichtheitskonzept

Die Sichtprüfung umfasst u.a.:

- Luftdichtheitsbahnen sind spannungs- und faltenfrei verlegt. Verklebungen sind frei von mechanischer Belastung, z. B. durch hohes Dämmstoffgewicht. Falten in Luftdichtheitsbahnen können hohe Rückstellkräfte entwickeln, so dass sich eine Klebeverbindung nach einiger Zeit im Faltenbereich öffnet.
- Verklebungen mit Klebmassen oder Klebebahnen werden möglichst nach der „Abbindezeit“ auf eine dichte Verklebung geprüft. Ein Klebemittel darf sich nicht leicht vom Untergrund lösen lassen. Wenn sich ein Klebemittel leicht vom Untergrund lösen lässt, muss der Untergrund auf Staub oder Feuchtigkeit oder das Klebemittel auf Eignung für den Untergrund (z. B.

Rauhigkeit) untersucht werden.

- Bei Dichtbändern ist die lückenlose Verlegung zu prüfen (z. B. Stoßfuge im Eckbereich), Flankenflächen müssen anliegen.

Die max. Expansion des Bandes (je nach Randbedingung ca. 2 bis 4 Wochen) muss gegeben sein (siehe auch das zugehörige Materialdatenblatt).

Multifunktionsdichtbänder sind für den unteren Fenster- oder Terrassen-türanschluss i. d. R. nicht zugelassen.

- Putzflächen werden vor dem Aufbringen von Bodenaufbauten auf den lückenlosen Anschluss an die Rohdecke oder die Horizontalsperre geprüft.
- Bei Elektroleerdosen und deren Kabeleinführung wird vor der Fertiginstallation geprüft, ob das bestellte luftdichte Material verwendet wurde und die Kabel in den Durchführungen dicht sitzen.
- Bei anderen Durchdringungen, z. B. Durchführungen von Kanalentlüftungen, wird der lückenlose Anschluss der Dichtmanschette geprüft.

Eine **baubegleitende Messung** der Luftdichtheit erfolgt ebenfalls zu einem Zeitpunkt, an dem die Luftdichtheitsebene noch zugänglich ist. Gegebenenfalls sind Gewerke, die die Luftdichtheitsebene verschließen, zeitlich zu verschieben, bis die Messung durchgeführt wurde. Der geeignete Zeitpunkt muss deshalb im Bauablauf berücksichtigt und festgelegt werden. Diese Messung dient der Untersuchung der Luftdichtheitsebene während des Bauprozesses. Zusätzlich zur Sichtprüfung wird hier ein Prüfventilator verwendet, der das Gebäude oder den zu prüfenden Teilabschnitt unter einen leichten Unterdruck setzt, sodass ggf. vorhandene Fehlstellen in der Luftdichtheitsebene leichter lokalisiert und nachgebessert werden können. Diese Untersuchung hat das vorrangige Ziel, die Qualität der Luftdichtheitsebene eines Gebäudes zu sichern. Im Rahmen dieser Qualitätssicherung können folgende Aspekte zum Tragen kommen:

- Ortung der Leckagen in der Luft-

dichtheitsebene (primäre Leckagen)

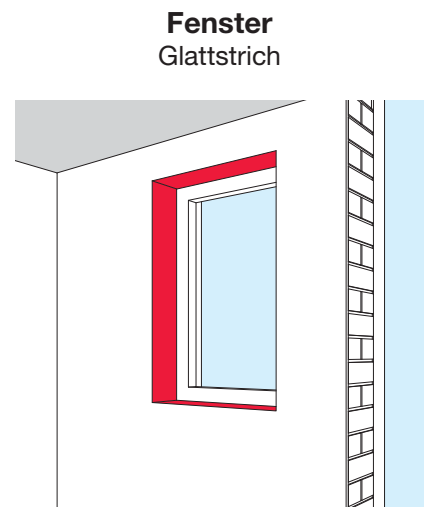
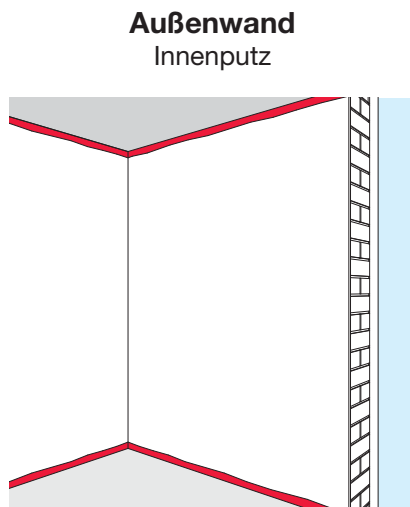
- Überprüfung der zwischen Auftraggeber und Ersteller der Luftdichtheitsebene vereinbarten Leistung
- Überprüfung der handwerklichen Ausführung
- erste Abschätzung eines Kennwertes (z. B. Luftwechselrate)

Da diese qualitätssichernde Untersuchung häufig zu einem frühen Zeitpunkt im Bauprozess stattfinden muss, ersetzt sie i. d. R. nicht die Schlussmessung, wie sie beispielsweise für die Überprüfung der Einhaltung von Grenzwerten (Luftwechselrate n_{50} oder Luftdurchlässigkeit q_{50}) im Rahmen öffentlich-rechtlicher Anforderungen durchzuführen ist.

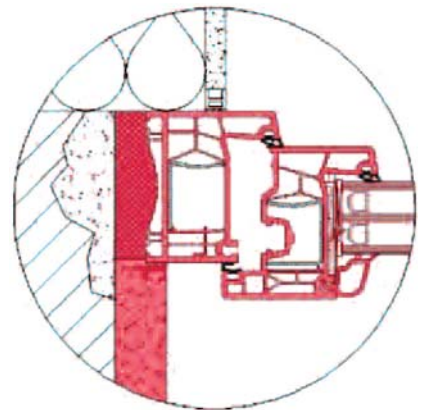
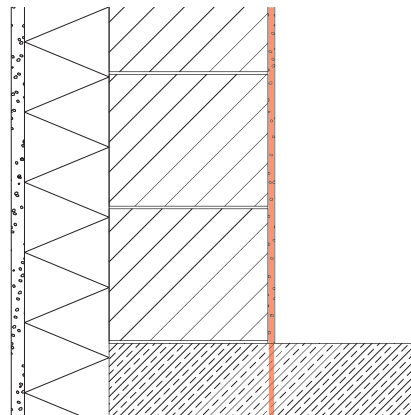
Die **Schlussmessung** findet am Ende des Bauprozesses statt. Ihr Zweck ist überwiegend der Nachweis der Einhaltung von Grenzwerten der Gebäude-luftdichtheit wie der Luftwechselrate n_{50} oder der Luftdurchlässigkeit q_{50} im Rahmen öffentlich-rechtlicher Anforderungen wie der Energieeinsparverordnung, DIN 4108-7 oder im Rahmen von KfW-Förderprogrammen. Die Mindestanforderungen an die Messung und die notwendigen Schritte ergeben sich aus der jeweils aktuellen Messnorm.

Beispiele – Detail und Ausführung

Prinzipskizze



Musterdetail



Richtige Ausführung

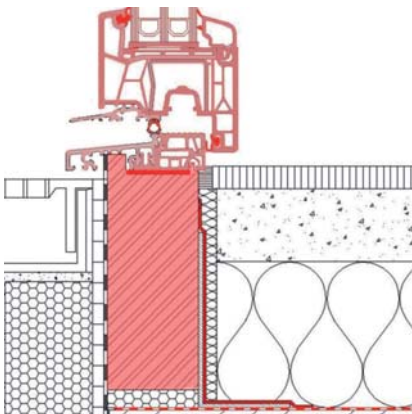
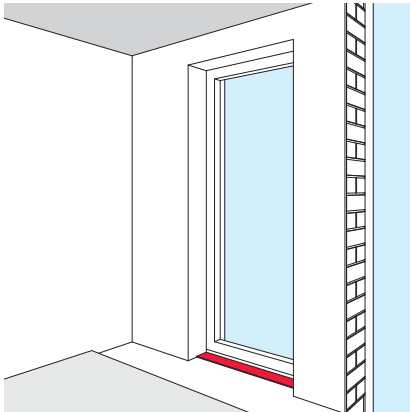


Falsche Ausführung



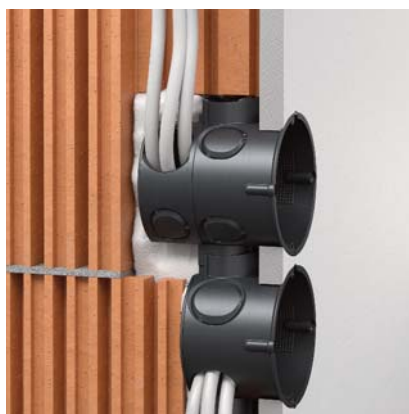
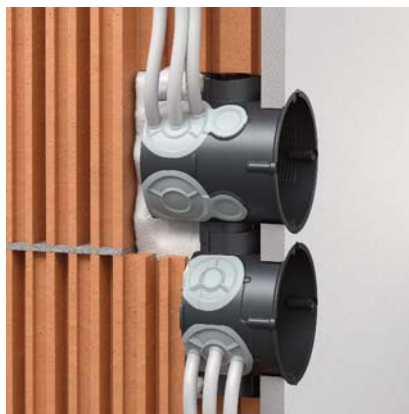
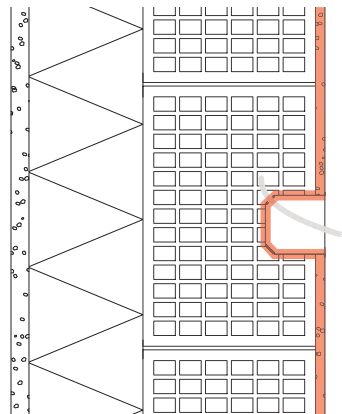
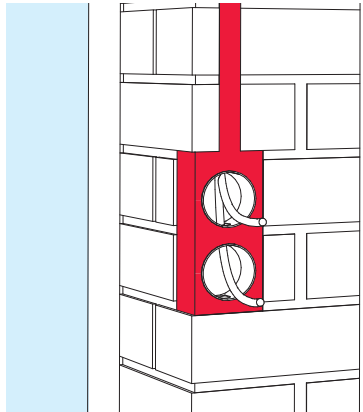
Bodentiefes Fenster

Anschluss Rohdecke/Bodenplatte



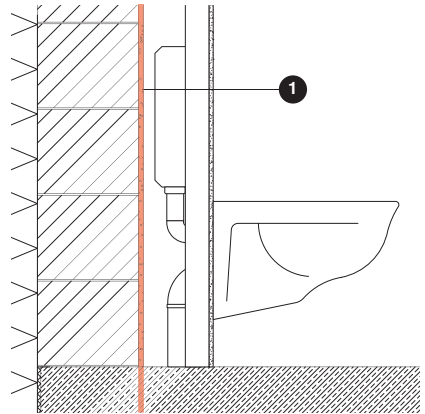
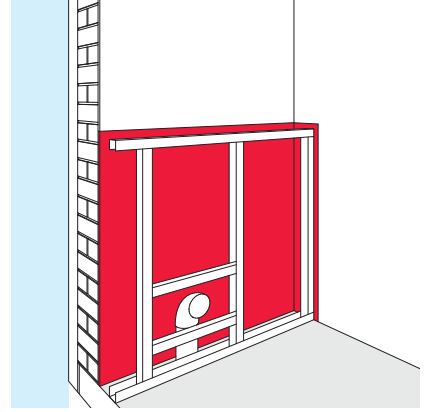
Wände

Elektroleitung

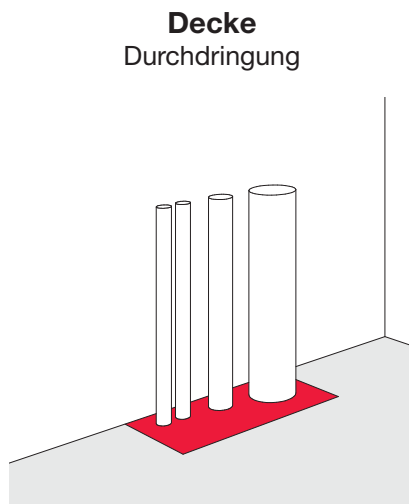


Vorwandinstallation

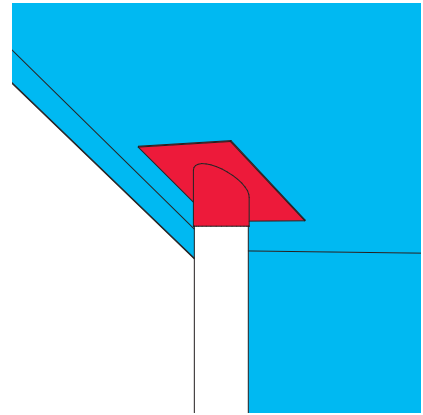
Putz oder Glattnstrich



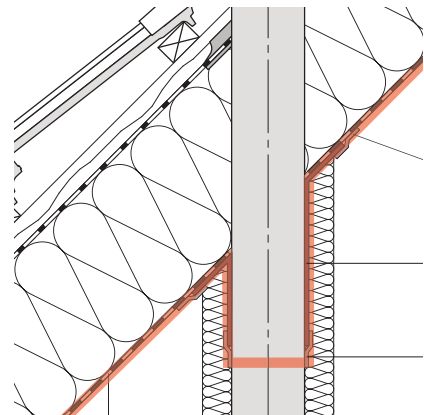
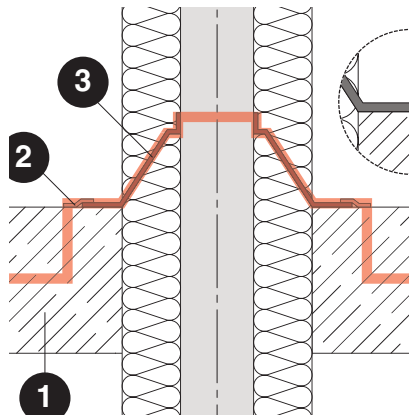
Prinzipskizze



Luftdichtheitsbahn
Rohrdurchdringung



Musterdetail



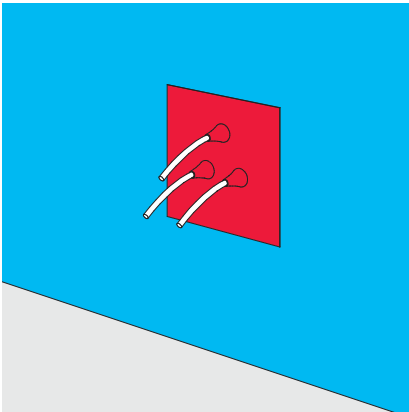
Richtige Ausführung



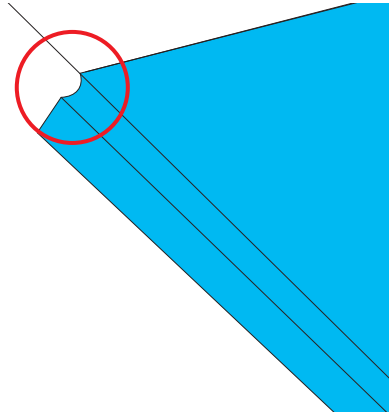
Falsche Ausführung



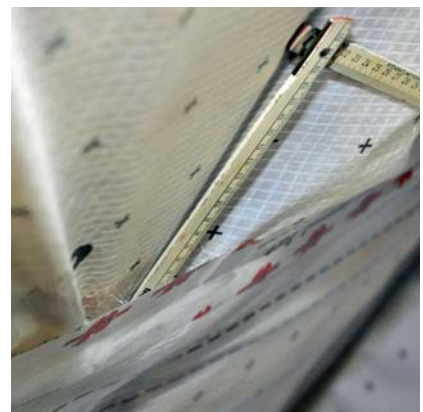
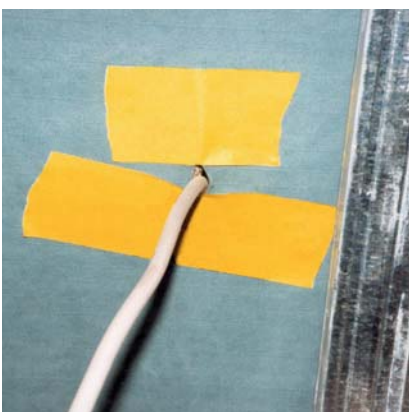
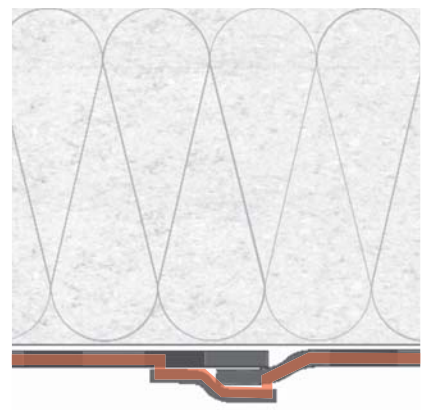
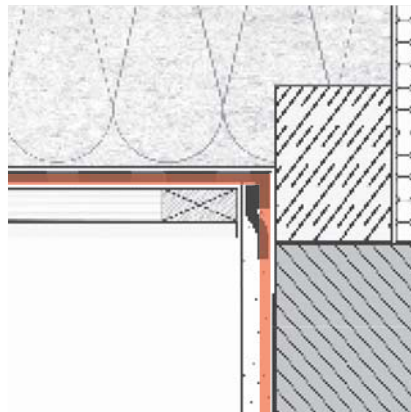
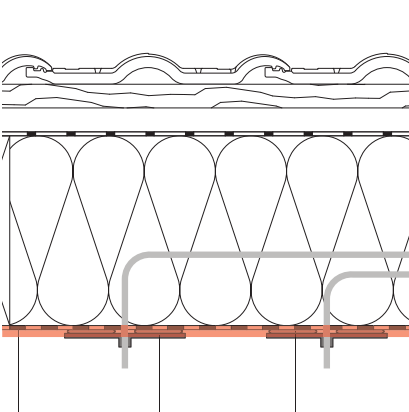
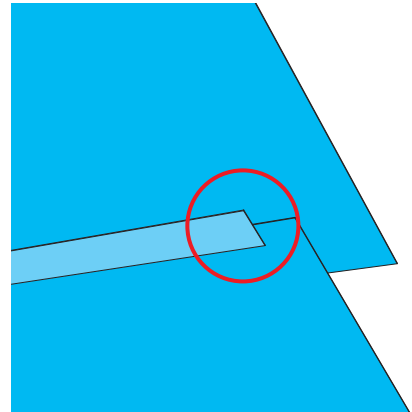
Luftdichtheitsbahn
Durchdringung



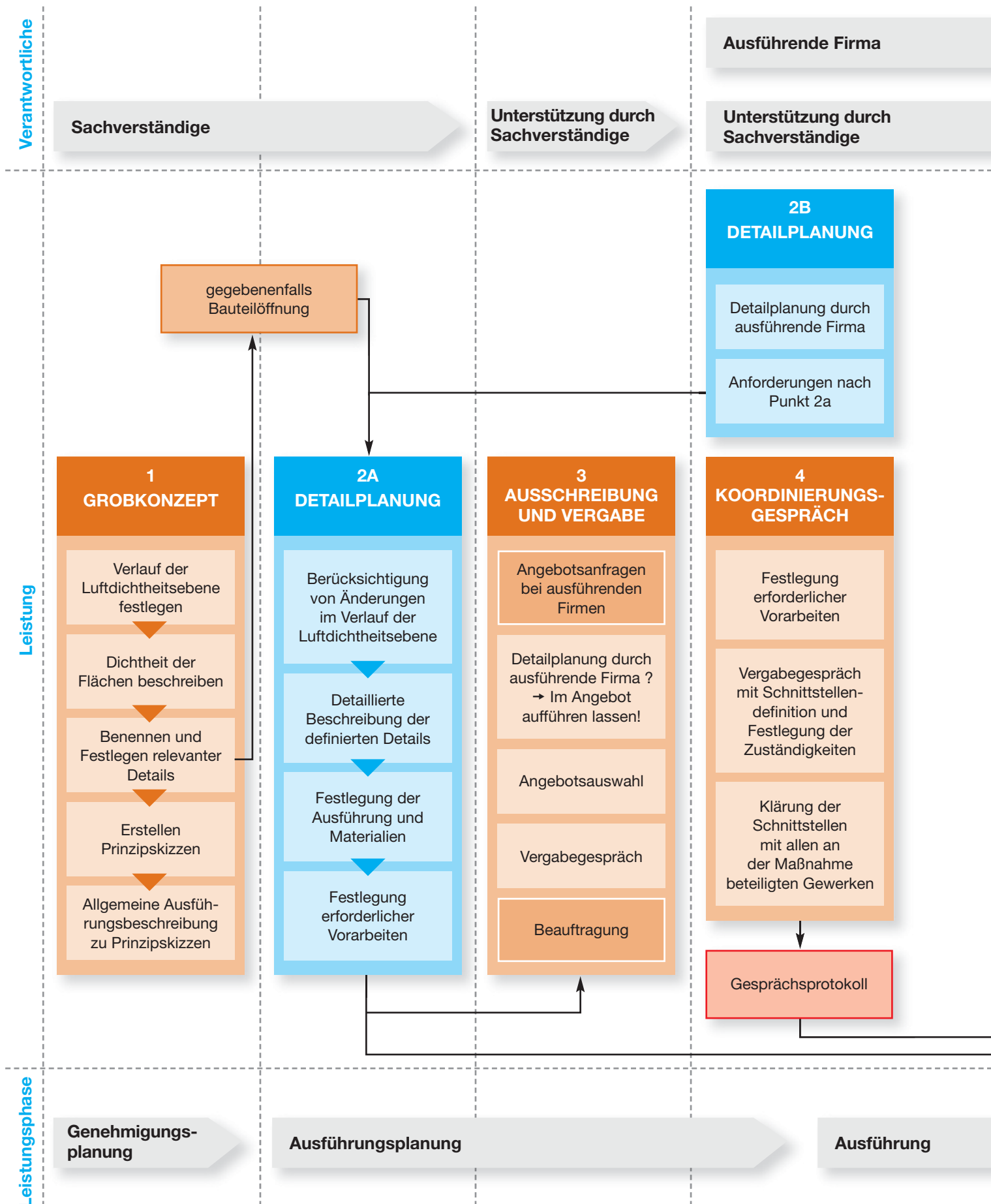
Dachstuhl
Anbindung ans Mauerwerk

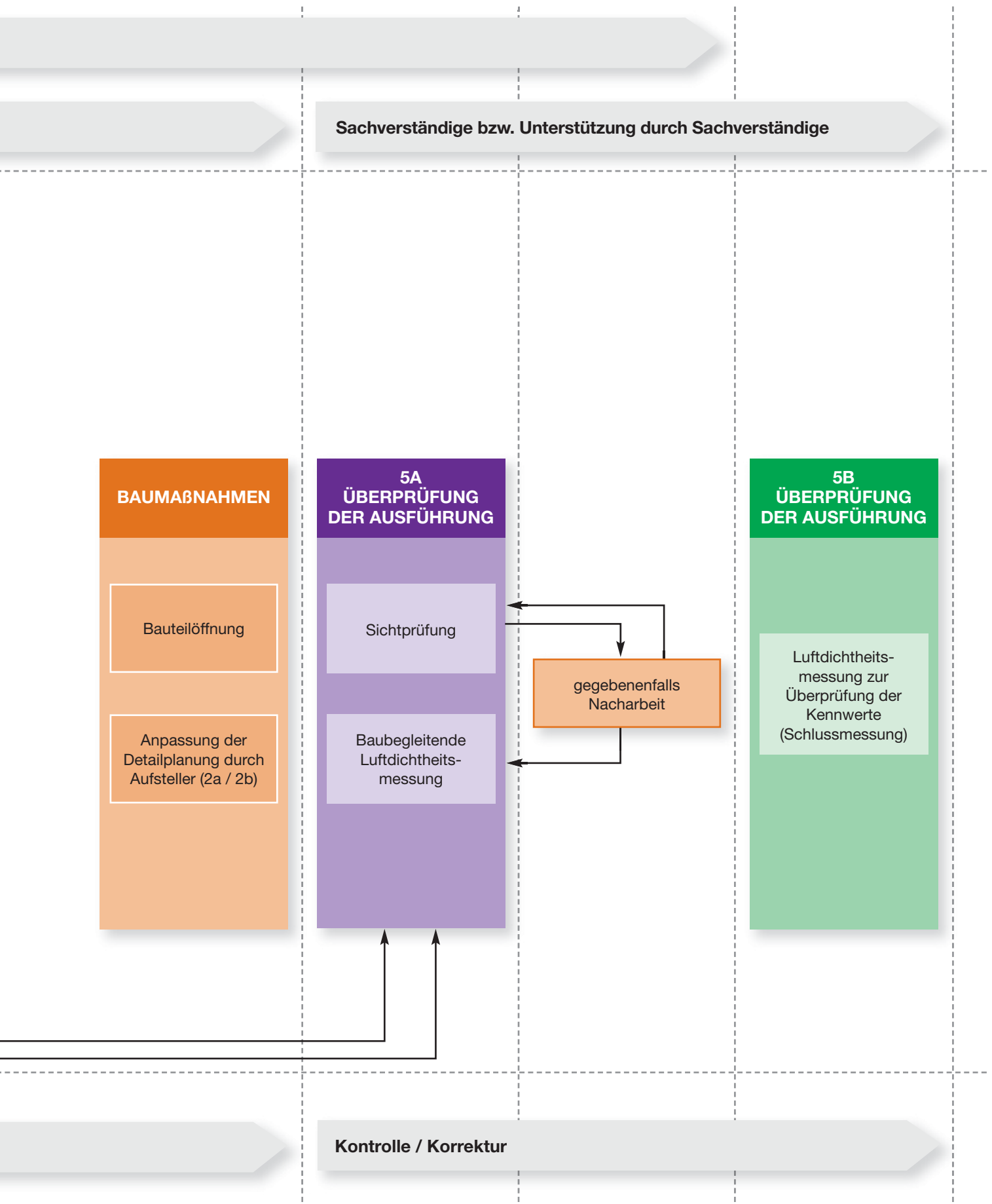


Dachstuhl
Verklebung Luftdichtheitsbahnen



Ablaufdiagramm





Literatur zum luftdichten Bauen

DIN 4108-3

Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen und Hinweise für Planung und Ausführung

DIN 4108-7

Luftdichtheit von Bauteilen und Anschlüssen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele

DIN 4108-11

Mindestanforderungen an die Dauerhaftigkeit von Klebeverbindungen mit Klebebändern und Klebmassen zur Herstellung von luftdichten Schichten

DIN 18015-5

Luftdichte und wärmebrückenfreie Elektroinstallation

DIN 18350

Stuckarbeiten, Verputzen von Fensteranschlussbahnen

DIN EN 13829

DIN EN ISO 9972

Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren

Energieeinsparverordnung (EnEV)

GebäudeEnergieGesetz (GEG)

Fachverband der Stuckateure für Ausbau und Fassade Baden-Württemberg, Fachverband Elektro- und Informationstechnik Baden-Württemberg, Verband des Zimmerer- und Holzbaugewerbes Baden-Württemberg

Richtlinie Ausführung luftdichter Konstruktionen und Anschlüsse

Verband des Zimmerer- und Holzbaugewerbes Baden-Württemberg

Richtlinie Ausführung luftdichter Konstruktionen und Anschlüsse

Teil 2: Zimmererspezifische Konstruktionsdetails

Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V.

WTA Merkblatt 6-9

Luftdichtheit im Bestand. Teil 1: Grundlagen der Planung

WTA Merkblatt 6-10

Luftdichtheit im Bestand. Teil 2: Detailplanung und Ausführung

WTA Merkblatt 6-11

Luftdichtheit im Bestand. Teil 3: Messung der Luftdichtheit

RAL-Gütegemeinschaft Fenster und Haustüren e. V.

Leitfaden zur Planung und Ausführung der Montage von Fenstern und Haustüren für Neubau und Renovation

Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks

Merkblatt Wärmeschutz bei Dach- und Wand

Bundesverband der Gipsindustrie e. V.

Technisches Merkblatt

Verputzen von Fensteranschlussfolien

Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e. V.

FLiB-Leitfaden

Luftdichtheitskonzept

www.luftdicht.info

FLiB-Buch, Band 1

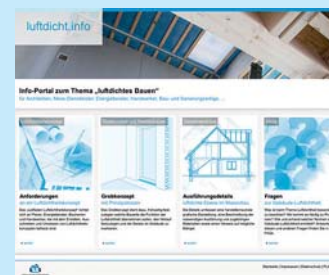
Gebäude-Luftdichtheit

FLiB-Buch, Band 2

Gebäude-Luftdichtheit

FLiB-Forschungsbericht

Bewertung von Fehlstellen in Luftdichtheitsebenen – Handlungsempfehlungen für Baupraktiker



Überreicht durch:

[	]
---	---