

Das Zentralgerät der Lüftungsanlage wird auch in diesem Entwurfsansatz im Dachgeschoss aufgestellt. Von dort aus wird die Zuluftleitung durch einen zentralen Schacht nach unten und die Abluft durch zwei Versorgungsschächte nach oben geführt. In diesem Beispiel ist es möglich, die Decke im Bad, Abstellraum und Teilen des Flurs abzuhängen. So bietet sich genügend Platz, an denen Balken gekreuzt werden müssen, die Kanäle zu verlegen.

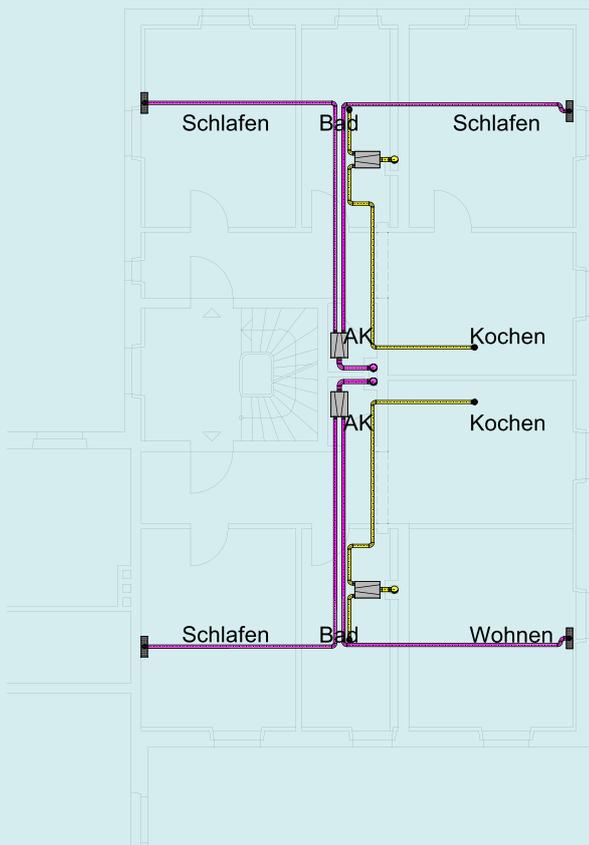


Abb. 152 Grundriss Erdgeschoss

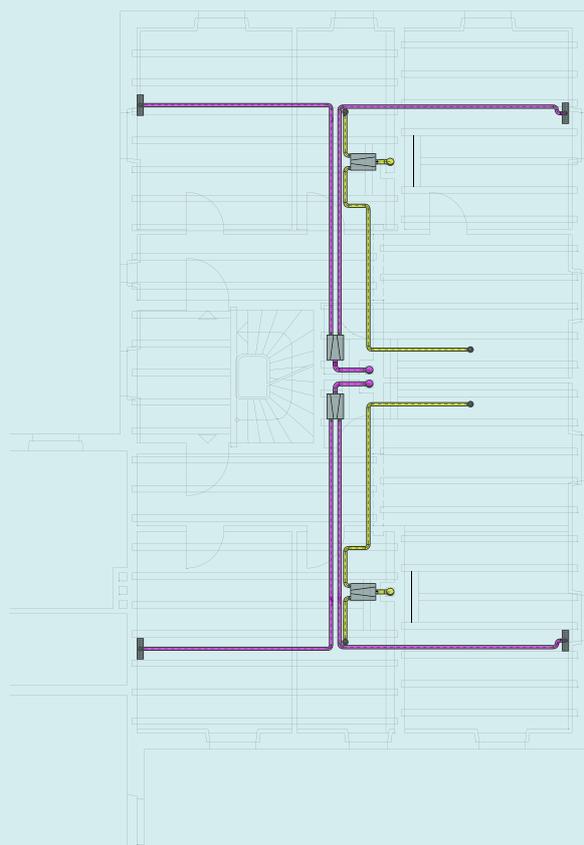


Abb. 153 Grundriss Erdgeschoss – Balkenlage

Studienarbeit Keller, Hoffmann, Götz (2012): Gebäudemodernisierung Plato-Wild-Ensemble. Bauen im Bestand. OTH Regensburg

3. Feuchte in Holzbalken

3.1 Grundlagen

Bevor über eine mögliche Schädigung durch Feuchte an den Holzbalken diskutiert werden kann, müssen zunächst die Bedingungen geklärt werden, die vorherrschen müssen, damit Schäden am Holz entstehen. In der DIN 68800 Teil 3: 1990 steht: „Eine Gefahr durch den Befall holzerstörender Pilze liegt vor, wenn die Holzfeuchte 20 Masseprozent (M.-%) langfristig übersteigt.“ Von einer langfristigen Überschreitung spricht man, wenn die Holzfeuchte länger als sechs Monate den besagten Grenzwert überschreitet.

Damit ein Pilzwachstum entsteht, sind drei Faktoren entscheidend: ein Nährboden (die Holzart), die Temperatur und die relative Luftfeuchte, welche auf die massebezogene Holzfeuchte einwirkt.

Der echte Hausschwamm hat sein Temperaturoptimum zwischen 18 und 22 °C. Bei Temperaturen über 26 °C stellt er sein Wachstum ein.

Bevor das Wachstum der holzerstörenden Pilze wie Echter Hausschwamm, Kellerschwamm etc. einsetzt, muss zunächst eine „Aktivierungsfeuchte“ überschritten werden. Diese stellt sich bei 95 % relativer Luftfeuchte ein, was für das Holz ca. 25 bis 28 M.-% ausmacht. Diese Schwelle ist erforderlich, damit die Keime und Pilzsporen überhaupt erstmals auskeimen können, aus denen sich die Hyphen entwickeln, die das Holz abbauen. Zu beachten ist jedoch, dass auch bei Überschreiten der Aktivierungsfeuchte nicht automatisch sofort Pilze wachsen. Je nach Bedingungen dauert es einige Tage, bis die Sporen keimen.

Auch wenn das Pilzwachstum bereits aktiviert wurde, muss weiterhin eine gewisse Feuchte vorherrschen, damit die Pilze weiterwachsen und Holz abbauen können.⁵

3.2 Studien zur Problemstellung

Ob eine Innendämmung Schäden an den Holzbalkenköpfen verursacht oder nicht und ob und welche Probleme bei einer derartigen Konstruktion auftreten, wurde in den letzten Jahren vermehrt auf Basis von Studien untersucht. Einige davon, deren Thematik für unseren Leitfaden relevant ist, sollen im Folgenden vorgestellt werden. Wichtig hierbei sind die Konstruktion und Materialität der Innendämmung, auf

⁵ Kehl, Daniel (2011): Pilzmodelle – Ist der Befall vorhersehbar? In: die neue quadriga Holzbau (1). Wolnzach.

welche Arten die Holzfeuchte auftreten kann und welche Lösung empfohlen wird und wie mit dem Gefach umzugehen ist.

3.2.1 Risikofaktor Balkenkopf? – Holzbalkendecken und die Innendämmung⁶

Eine einheitlich gültige Konstruktions- und Einbauvariante für Innendämmungen, die an jedem Gebäude schadensfrei bleibt, kann nicht entwickelt werden. Was an einem Gebäude sicher funktioniert, kann bei anderen Bestandmaterialien oder anderen klimatischen Bedingungen problematisch sein.

Um den Balkenkopf liegt im Mauerwerk üblicherweise eine Fuge, die als kapillare Trennung von der Mauerwerksfeuchte dient. Ist diese mit der Raumluft verbunden, spricht man von einem luftumspülten Balken. In historischen Gebäuden hat dies zu keinen Schäden geführt, da der Wasserdampfgehalt der Luft, beispielsweise wegen undichter Fenster und niedrigerer Feuchteproduktionen, geringer ausfiel als heute. Um zu verhindern, dass zu viel warmfeuchte Raumluft an den Balken herantritt, abkühlt und kondensiert, sollte der Balken konvektionshemmend angeschlossen werden, beispielsweise durch Kompressionsbänder oder Mörtelverstrich. Eine Trocknung des Balkens durch die warme Raumluft ist als unrealistisch einzustufen, da die dafür notwendigen Strömungsgeschwindigkeiten nicht dauerhaft erreicht werden ($> 0,1\text{m/s}$).

Ob und wie viel im Gefach gedämmt werden sollte oder nicht, ist von Fall zu Fall erneut zu entscheiden. Messungen in einem Gründerzeitgebäude in Wiesbaden⁷ ergaben einen etwas höheren Wassergehalt im Balkenkopf mit vollständiger Dämmung im Gefach als ohne. Zu bedenken ist hierbei, dass Feuchteverhältnisse auf den ungedämmten Wandoberflächen im Deckenhohlraum wiederum zu Schimmel führen könnten. Unterhangdecken oder bestimmte Bodenaufbauten können die Wassermenge, die in das Bauteil eintritt, reduzieren und Schüttungen können diese regulieren.

⁶ Ruisinger, Ulrich (2011): Risikofaktor Balkenkopf? – Holzbalkendecken und die Innendämmung. die neue quadriga Holzbau (1). Institut für Bauklimatik TU Dresden.

⁷ Loga, Tobias (2005): Energetische Modernisierung eines Gründerzeithauses in Wiesbaden, Tagungsband zum 6. Leipziger Bau-schadenstag am 27. September 2005, S. 81–91.



Ein gut funktionierender Schlagregenschutz, insbesondere bei Sichtmauerwerk, ist, um eine sichere und schadensfreie Konstruktion zu erhalten, zwingend notwendig, unabhängig von einer Innendämmung.

Laut Messungen der Hochschule Lausitz können aktive und passive Maßnahmen der Wärmezufuhr an Balkenköpfen, wie beispielsweise ein Heizungsbypass oder eine elektrische Begleitheizung, die Situation am Balkenkopf verbessern. Hierbei sollte jedoch der zusätzliche Energieaufwand dem Einsparpotenzial der Innendämmung kritisch gegenübergestellt werden.

An einem Testhaus mit einer Innendämmung aus 50 mm dickem kapillaraktivem Material auf einer 560 mm dicken Wand wurden Messungen durchgeführt. Nach Austrocknung der Baufeuchte stellten sich bei niedrigen Außentemperaturen Luftfeuchten bis 95 % bei Temperaturen unter ca. 5 °C im Luftspalt vor dem Balkenkopf ein. Diese Bedingungen sind für die Aktivierung holzerstörender Pilze unkritisch. Laut hygrothermischen Berechnungen löst eine Innendämmung aus Calciumsilikat eine leichte Erhöhung des Wassergehalts im Balken gegenüber der unsanierten Konstruktion aus. Trotz der Schwankungen über die simulierte Zeit erreicht der Wassergehalt des Balkens auch mit Calciumsilikat nie den kritischen Wert von 20 M.-%.

3.2.2 Holzbalkenköpfe im Mauerwerk⁸

Häufig wird eine Innendämmung als Ursache für Schäden an den Balkenköpfen von Geschossdecken genannt. Laut Kehl werden diese Schäden jedoch häufig bereits vor der Aufbringung einer Innendämmung bei der Sanierungsmaßnahme entdeckt. Somit ist nicht die Innendämmung die Ursache für diese Schäden, sondern beispielsweise eine hohe Holzfeuchte, die bereits beim Einbau vorhanden war, oder hohe Mauerwerksfeuchten. Es können auch nachträglich Schäden am Balkenkopf entstehen, wenn der Feuchteschutz von innen, beispielsweise durch Bäder, und/oder außen nicht mehr gewährleistet ist, unabhängig von einer Innendämmung.

Im Zusammenhang mit dieser Studie wurden an Gebäuden mit unterschiedlichen Innendämmkonstruktionen Untersuchungen und Messungen durchgeführt.

1. Beispiel: Ein zweigeschossiges Gebäude in Brieske mit Dachgeschoss und Holzbalken, die auf einer nordwestorientierten Außenwand aufliegen. Die Außenwände tragen noch den Originalputz, innen wurde jedoch eine 25 mm Calciumsilikatplatte aufgebracht. An den Balkenköpfen zwischen Erd- und Obergeschoss wurde eine Holzfeuchtemessung durchgeführt.

Ergebnis: Die relative Luftfeuchte um den Balken herum betrug 50 bis 80 % und die Holzfeuchte schwankte zwischen 10 bis 17 M.-% und liegt somit in einem gänzlich unkritischen Bereich.

2. Beispiel: Bei einem dreigeschossigen Gebäude in Waidhofen wurde das 450 bis 600 mm dicke Ziegelmauerwerk mit einer 100 mm starken Calciumsilikatplatte gedämmt.

Ergebnis: Für den gemessenen Zeitraum lag die Luftfeuchte um den Balkenkopf zwischen 45 und 70 % und somit 15 bis 25 % höher als die Raumluft. Daraus wurde die rel. Holzfeuchte abgeleitet und es ergab sich eine Ausgleichsfeuchte von 10 bis 14 M.-%.

Ob nun eine Innendämmung an einem Gebäude aufgebracht werden soll oder nicht – für den Schutz der Balkenköpfe sind ein Schlagregenschutz der geforderten Klasse und ein intakter diffusionsoffener Außenputz von höchster Bedeutung. Häufig findet man unter den zu sanierenden Bestandsgebäuden Sichtmauerwerk, das besonders feuchtegefährdet ist, da die Kapillarkräfte der Ziegel ohne eine Putzlage besonders hoch sind und für erhöhte Feuchteinträge sorgen. In solch einem Falle könnte eine aktive oder passive Balkenbeheizung die Holzfeuchte deutlich verringern. Diese wird jedoch nur für kritische Sonderfälle empfohlen, bei denen das Sichtmauerwerk erhalten werden soll, und es wird ansonsten auf eine Verbesserung des Schlagregenschutzes verwiesen.

Ob das Gefach in die Dämmmaßnahme mit einbezogen werden soll, ist abzuwägen. Eine Dämmung zwischen den Balken kühlt die Wandtemperatur an dieser Stelle zusätzlich ab, was die Situation für den Balken verschlechtern könnte. Ohne Dämmung steigt jedoch das Schimmelpilzrisiko zwischen den Balken.

Laut Kehl sollte der Luftraum am Holzbalken von der Raumluft abgetrennt sein, da die oftmals sehr feuchte Raumluft an diesen kalten Stellen der Konstruktion

⁸ Kehl, Daniel (2012): Holzbalkenköpfe im Mauerwerk, Büro für Holzbau und Bauphysik. Leipzig.

zu hohen Luftfeuchten oder im Extremfall zu Tauwasserausfall führen kann.

Um eine schadenfreie Sanierung durchzuführen, sollten bereits vorhandene Schäden erkannt und vor der Dämmmaßnahme beseitigt werden. Außerdem muss in jedem Falle ein ausreichender Schlagregenschutz vorhanden sein.

3.2.3 Innovative Innendämmung im Denkmalschutz⁹

Um das Augsburger Landesamt für Finanzen zu sanieren, sollten beispielhaft für ähnliche Projekte unterschiedliche Innendämmsysteme zunächst hygrothermisch simuliert und anschließend verbaut werden und nach Fertigstellung in messtechnischen Auswertungen verglichen werden. Die Sanierung des 1492 errichteten, denkmalgeschützten Gebäudes sollte sowohl dem Denkmalschutz als auch dem Klimaschutz gerecht werden. Neben der Sanierung der Gebäudehülle mit verschiedenen Dämmsystemen wurde ein Austausch der Fenster und eine Dämmung der obersten Geschossdecke vorgenommen.

An verschiedenen Dämmsystemen sollte unter anderem eine Innendämmung der Nord- und Ostseite des Osttraktes im EG mit 80 mm Dämmputz ($\lambda = 0,08 \text{ W/mK}$) und Innenwanddämmung der Nord- und Ostseite des Osttraktes im 1. OG mit 80 mm starken Calciumsilikatplatten (CaSi) ($\lambda = 0,059 \text{ W/mK}$) untersucht werden.

Mit dem Programm WUFI-2D[®] wurde das Dämmsystem mit Calciumsilikat simuliert. Die Lösung mit Wärmedämmputz wurde vernachlässigt, da Dämmputz über einen höheren Lambda-Wert verfügt und somit weniger auf den Feuchtehaushalt einwirkt als CaSi. Es wurde neben anderen kritischen Detailpunkten die Einbindung der Geschossdeckenbalken in das Mauerwerk bei Zeiten mit einer Holzfeuchte von über 20 M.-% oberhalb von 15 °C als Schadenskriterium simuliert.

Die Simulation ergab, dass zunächst vor der Dämmmaßnahme der Deckenbalken feuchtetechnisch unkritisch liegt. Direkt nach der Umbaumaßnahme steigt der Feuchtegehalt des Balkenkopfes zunächst bis zu einem Maximalwert von knapp unter 20 M.-% bei einer Ausgleichsfeuchte von 80 % r.F. Die Holzfeuchte sinkt jedoch nach kurzer Zeit wieder auf

Werte unterhalb von 17 M.-%. Grundsätzlich ergibt sich für CaSi, auch im eingeschwungenen Zustand, ein etwas höherer Wassergehalt als bei anderen Innendämmsystemen, allerdings stets unterhalb von 20 M.-% und somit unkritisch. Die messtechnischen Untersuchungen ergaben direkt nach Anbringen der Calciumsilikatplatte, ebenso wie nach dem Aufspritzen des Putzes, eine relative Luftfeuchte von 100 % zwischen Dämmstoff und Wand. Beim CaSi sinkt dieser Wert jedoch sehr schnell auf 80 % r.F. und verweilt nach einem Vierteljahr dauerhaft unter 70 % r.F. Beim Dämmputz hingegen dauert es über zwei Jahre, bis die relative Feuchte hinter dem Dämmputz kontinuierlich sinkt und letztlich auch einen Wert von 70 % r.F. erreicht.

3.3 Rückschluss aus den Studien

Zum Thema Balkenkopf und Innendämmung existieren viele Meinungen und viele verschiedene Vorschläge, wie damit umzugehen sei. Ein allgemeingültiger Lösungsansatz ist derzeit nicht verfügbar, wohl aber allgemeingültige Problemfelder, die sich im Wesentlichen auf den Schlagregenschutz, die aufsteigende Feuchte im Mauerwerk, Raumfeuchte im und am Gefach der Decke beziehen und die daraus resultierende Holzfeuchte am Balkenkopf.

Dabei kann für fast alle Fragestellungen eine Antwort nach dem derzeitigen wissenschaftlichen Stand gefunden werden, die aber in ihrer Wechselwirkung zu hinterfragen sind. So ist ein funktionsfähiger Schlagregenschutz und die Unterbrechung von aufsteigender Feuchte im Mauerwerk Grundvoraussetzung für die Sanierung der Deckenaufleger und auch ohne Maßnahmen zur Innendämmung erforderlich. Eine exakte Erfassung des Ist-Standes ist hierbei zwingend notwendig, damit Fehlstellen in Putz und Mauerwerk frühzeitig erkannt und die damit verbundenen Schäden nicht der Innendämmung zugeordnet werden.

Hinsichtlich der Luftumspülung des Balkens mit Raumluft ist noch kein abschließendes Ergebnis verfügbar, allerdings eine deutliche Tendenz zur Begrenzung der nachströmenden Luft erkennbar. Die derzeit üblichen Methoden basieren auf der Reduzierung der nachströmenden Luft durch die Einbringung von Kompribändern oder Mörtel in die dreiseitig umlaufenden Fugen des Balkens. Die Auswirkung von dampfbremsenden Boden- bzw. Deckenschichten ist positiv zu sehen, da sie die feuchte gesättigte Raumluft im Gefach und somit am Balkenkopf weiter

⁹ Krus et al. (2013): Innovative Innendämmung im Denkmalschutz. In: Bausubstanz (1).



begrenzt, ebenso ist eine feuchteregulierende Schüttung vorteilhaft.

Für die Dämmung im Bereich des Gefaches ist eine Wechselwirkung erkennbar: So steigt mit zunehmender Dämmung die Lufttemperatur im Deckenraum und somit reduziert sich das Schimmelrisiko, gleichzeitig sinkt aber die Mauertemperatur ab, wodurch wiederum ein erhöhtes Risiko für den Balkenkopf entsteht. Hier ist festzustellen, dass nur eine detaillierte Betrachtung der Wechselwirkung belastbare Aussagen erzeugen kann.

Als Fazit kann festgehalten werden, dass, vorausgesetzt die Randbedingungen der Feuchte von außen sind gelöst, die Innendämmung einen gangbaren und sicheren Weg für die Sanierung darstellt, ohne in die äußere Fassade einzugreifen. Wie der Gefachanteil zu dämmen ist und ob eine zusätzliche Temperierung erforderlich ist, muss allerdings in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

4. Konstruktionsdetails

4.1 Grundlagen

4.1.1 Vorbemerkung

Die Schlagwörter Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit wurden in den letzten Jahren immer mehr zu den bestimmenden Vokabeln hinsichtlich der energetischen Sanierung von Gebäuden. Bevor nun die Sanierungsvorschläge diskutiert werden, sollen die Aspekte Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit an dieser Stelle kurz beleuchtet werden.

Bei der energetischen Sanierung von Gebäuden werden in der Regel die getroffenen Maßnahmen meist hinsichtlich ihres Energieeinsparpotenzials bewertet. So lässt sich auf Basis der vermiedenen Aufwendungen für die Energieversorgung unter Berücksichtigung der finanziellen Aufwendungen für die Modernisierung die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme beurteilen.

Der Begriff Nachhaltigkeit wird 1713 von Hans Carl von Carlowitz in seinem Werk *Sylvicultura oeconomica* erstmals thematisiert. Er mahnt dabei an, nur so viel Holz zu schlagen, wie auch nachwachsen kann.

Dem Geiste dieser ursprünglichen Definition folgend, ist die starke Verbindung der Worte Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit nur schwer nachzuvollziehen, da in den meisten Fällen die Dauerhaftigkeit der getroffenen Maßnahmen und ihre Auswirkungen auf das Gebäude nur wenig berücksichtigt werden. Oft wird zugunsten kurzfristiger wirtschaftlicher Aspekte auf den Erhalt wertvoller Fassaden verzichtet und durch den Einsatz neuer Dämmstoffe ein hohes Risiko hinsichtlich der Beständigkeit des historischen Gebäudes eingegangen.

Eine sinnvolle Definition des Begriffs Nachhaltigkeit ist das Bestreben, sodass durch getroffene Modernisierungen das bauphysikalische Verhalten der Bauteile eines Gebäudes, das über viele Jahre oder vielleicht Jahrhunderte funktioniert hat, nicht unter diesen Maßnahmen leidet oder gar Schaden nimmt.

Die Dämmeigenschaften von Bauteilen sind zwar wichtig, aber bei historisch wertvollen Gebäuden nicht das Nonplusultra.¹⁰

4.1.2 Innendämmung

Bei vielen Bestandsgebäuden sind Außendämmungen hinsichtlich der Bewahrung der bauhistorisch wertvollen Fassadengestaltung nicht anwendbar. Wie im Teil D Bauphysik und Bauschadensanalyse ausführlich aufgezeigt, stellt die Innendämmung hier eine geeignete Alternative dar.

Bevor aber die Annahmen und Berechnungen aus Teil D verwendet werden können, müssen zunächst einige grundlegende Punkte am Gebäude sichergestellt werden:

- Mauerwerk darf nur einen bauüblichen Feuchtegehalt aufweisen. Es darf keine aufsteigende Feuchte im Mauerwerk vorliegen.
- Ein funktionsfähiger Schlagregenschutz muss vorhanden sein.
- Die Balken bzw. Balkenköpfe dürfen eine nutzungübliche Holzfeuchte (20 M.-% im Mittel) nicht überschreiten und müssen frei von Schäden (Holzschädlingen, Pilzen) sein.

Von besonderer Bedeutung ist hierbei der Schlagregenschutz, da seine Beeinträchtigung das höchste Schadenspotenzial aufweist. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass eine Innendämmung ohne intakten Regenschutz nicht funktionsfähig ist, da ihr Potenzial, Feuchte abzugeben, begrenzt ist. Im Teil D wird mit Hilfe von hygrothermischen Simulationen berechnet, dass das Fehlen des Außenanstrichs zu kritischen Werten der Holzfeuchte in den Balkenköpfen führt.

Somit kann festgestellt werden, dass für Fassaden, die keinen Dachüberstand besitzen, die Schlagregenbeanspruchung eine erhebliche Gefahr darstellt.

Dem Prinzip der Dauerhaftigkeit folgend, sollte bei Gebäudeseiten ohne Witterungsschutz, z. B. in Form eines Dachüberstandes, somit auf eine Innendämmung verzichtet werden, wenn nicht geeignete Maßnahmen zur Kompensation vorgesehen sind.

¹⁰ Arbeitskreis „Denkmalpflege und Bauen im Bestand“ (2014): Baudenkmal und Energie: Bayerische Ingenieurekammer-Bau

4.2 Detail Sockel

Bei dem dargestellten Sockeldetail handelt es sich um eine Preußische Kappendecke (auch Berliner Gewölbe genannt), die auf einer 35 cm starken Betonwand (2200 kg/m^3) aufliegt, die mit 20 cm Naturstein, hauptsächlich Sandstein, verblendet ist. Das aufgehende Mauerwerk besteht aus Vollziegeln (1800 kg/m^3), mit 20 mm Kalkzementputz außen und 15 mm innen. Die Natursteinverkleidung ist durch ein Überhangblech von oben geschützt. Zusätzlich ist etwa in der Mitte des Sockelmauerwerks eine Horizontal Sperre angebracht. Bei etwa der Hälfte der Sockelzone stoßen die Gehwegplatten direkt an die Verkleidung.

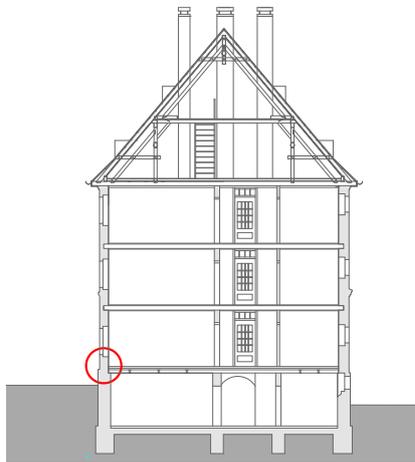


Abb. 154 Sockeldetail Bestandssanierung mit Innendämmung

Quelle: Zeitler (2014). OTH Regensburg

4.2.1 Wärmeschutz

Entsprechend den Berechnungen im Teil D „Bauphysik und Bauschadensanalyse“ ist eine Wandinnendämmung mit 30 mm und 80 mm möglich. Da eine Dämmung der Kappendecke von unten nur mit hohem Aufwand möglich ist und diese geringe Höhe des Kellers noch weiter reduzieren würde, wird eine Dämmvariante auf der Decke vorgeschlagen.

Wie in den Berechnungen dargestellt, ist ab einer Dämmhöhe von 70 mm Perlite eine ausreichende Oberflächentemperatur der Bodenkante sichergestellt. In der dargestellten Variante wird von 100 mm Perlite-Schüttung (alternativ Steinwolle) zwischen den Lagerhölzern ausgegangen. Ähnlich wie bei der Wanddämmung wird mit dem Nagelparkett und einem Randabschluss mithilfe eines Kompribands ein

weiterhin diffusionsoffenes System aufgebaut, das aber ein direktes Einströmen der Raumluft in den Bodenaufbau verhindert. Über die Randfugen und den diffusionsoffenen Dielenboden kann Feuchtigkeit abgeführt werden.

Als Heizsystem wird eine Sockelheizung vorgeschlagen, da durch den in Teil D beschriebenen „Coanda-Effekt“ eine gleichmäßige Temperatur der Wandfläche erzielt wird. Weiterhin wird durch die direkte Befestigung der Heizung an dem Bestandputz eine sanfte Sockeltemperierung erreicht, die sich positiv auf die höhere Feuchtelast aus der Natursteinfassade auswirkt. Weiterhin ist durch die erhöhte Austrocknung des Mauerwerks mit einer deutlichen Reduktion der Wärmeleitfähigkeit des Ziegels zu rechnen.

4.2.2 Feuchteschutz

Durch das Einbringen der armierten Nivellierspachtel wird eine glatte Fläche geschaffen, die frei ist von Rissen und Fugen. Dadurch wird der kapillare Feuchtigkeitstransport aus den Kellerräumen unterbrochen und die Voraussetzung für ein funktionsfähiges diffusionsoffenes System geschaffen.

Weiterhin soll durch die Einführung eines 30 cm breiten Rundkiesstreifens die Spritzwasserbelastung und somit die Feuchtebelastung der Natursteinwand reduziert werden.

4.2.3 Schallschutz

Durch die punktuelle Ausrichtung der Lagerhölzer auf Entkopplungsmatten und die Befestigung des Nagelparketts auf Korktrennstreifen kann der Trittschall deutlich verbessert werden. Trotz des diffusionsoffenen Aufbaus erscheint die Umsetzung der Anforderungen nach DIN 4109 möglich.

4.2.4 Brandschutz

Für die vorgeschlagene Konstruktion wird der Bestandsschutz für die Kellerdecke aufrechterhalten. Unabhängig vom Bestandsschutz sollte jedoch auf eine ausreichende Farb- und Putzschicht auf den Trägern geachtet werden, um diese vor Korrosion zu schützen.

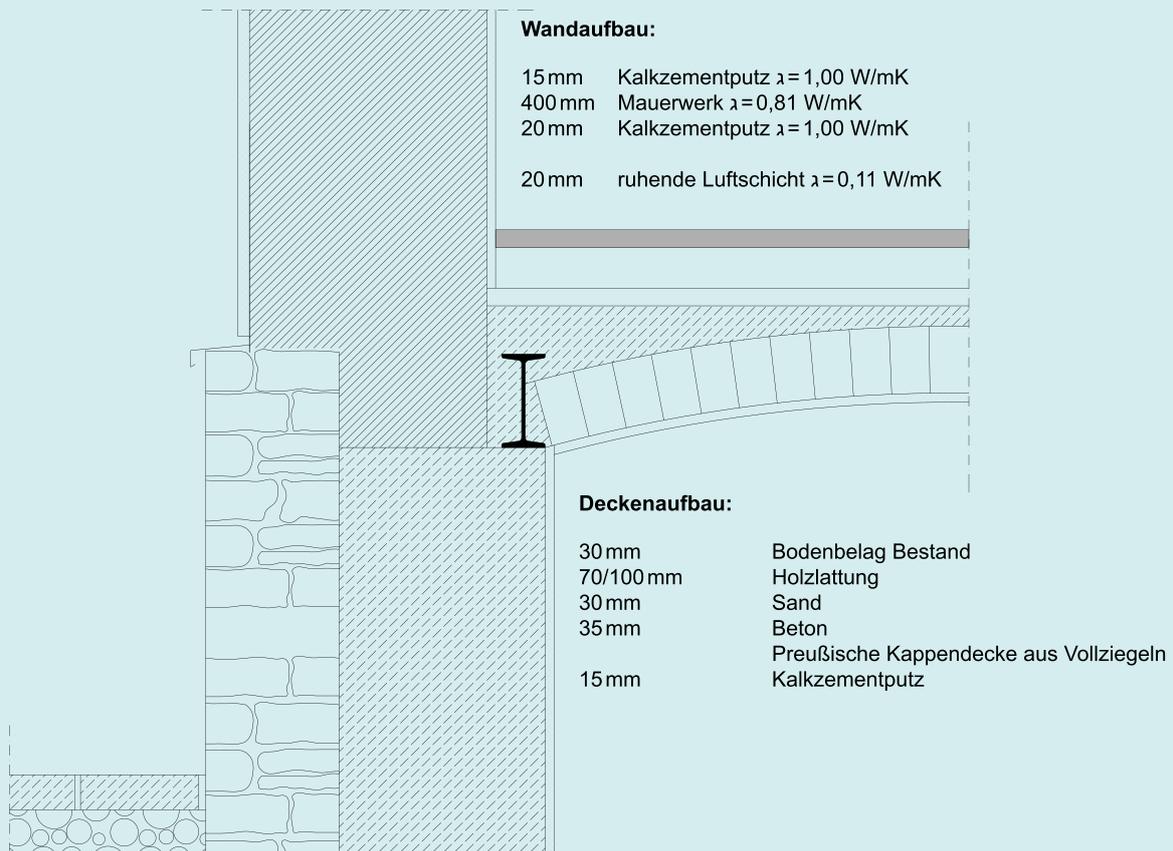


Abb. 155 Schnitt Sockel Bestand Quelle: Saller, (2014). OTH Regensburg

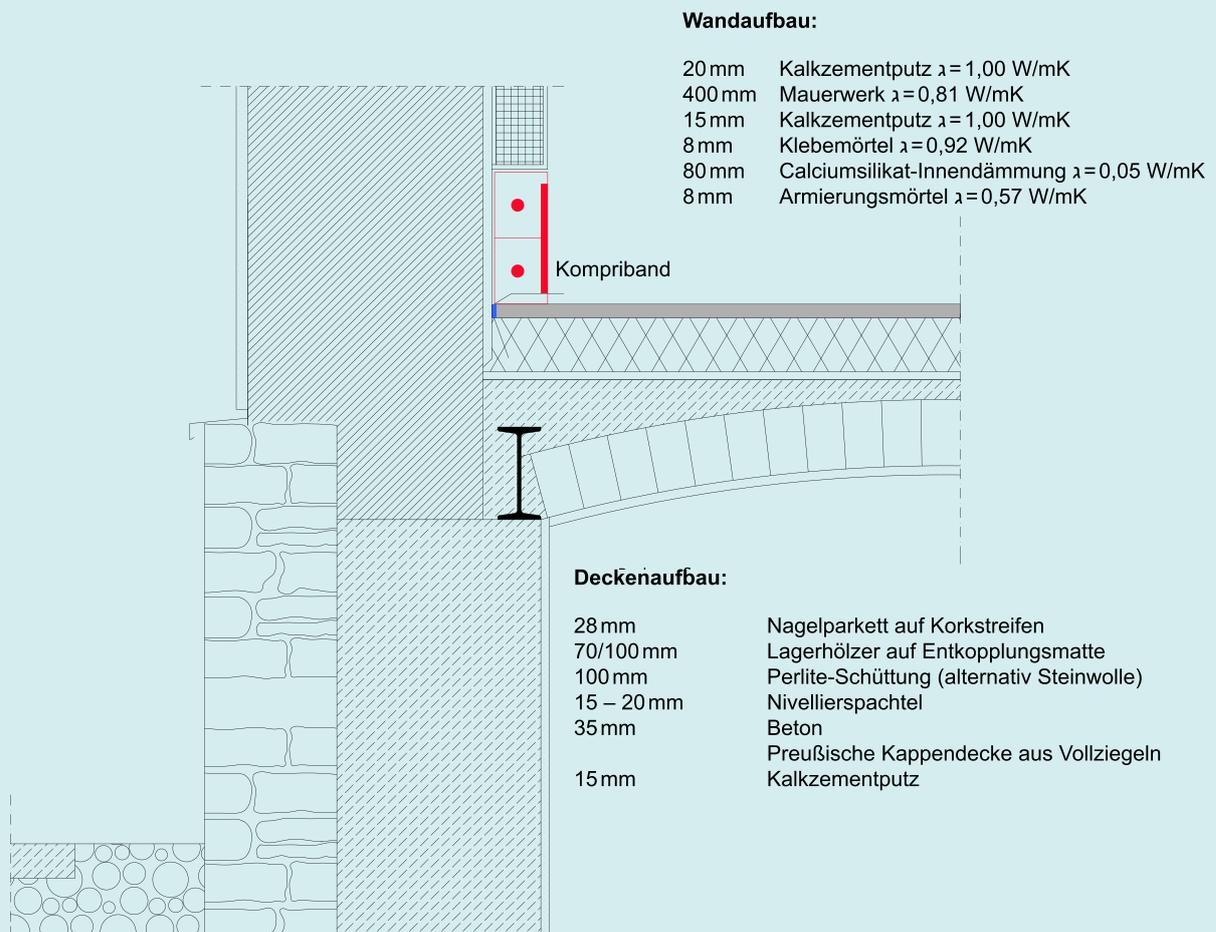


Abb. 156 Schnitt Sockel Sanierung Quelle: Saller (2014). OTH Regensburg

4.3 Detail Fenster

Das dargestellte Detail zeigt ein einfaches Holzfenster aus den 1980er-Jahren aus Fichte mit Isolierverglasung und einem Stockmaß von 56 mm. Trotz der geringen Dimensionen wirkt das neue Fenster (1980er) im Gegensatz zu den alten zweiflügeligen Sprossenfenstern unförmig. Das in Teil B erarbeitete Konservierungskonzept schlägt deshalb einen Austausch der Fenster in Anlehnung an die historischen Formate vor.

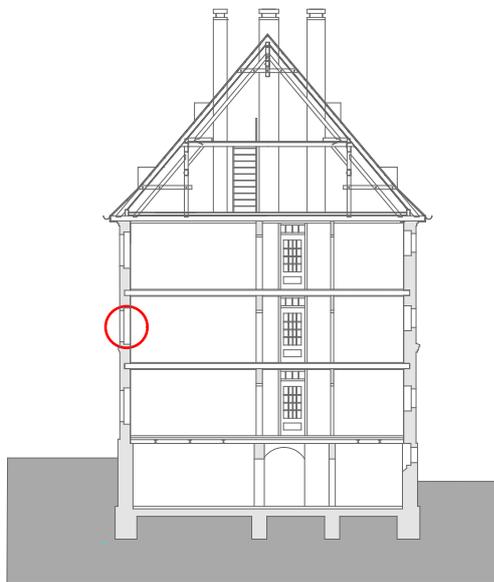


Abb. 157 Fensterdetail Bestandssanierung mit Innendämmung

Quelle: Zeitler (2014). OTH Regensburg

4.3.1 Wärmeschutz

Entsprechend den EnEV-Berechnungen im Teil H wird von einem $U_w = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ der Fensterkonstruktion ausgegangen.

Eine Möglichkeit, dieser Anforderung zu entsprechen, ist in Abb. 159 dargestellt. Hier wird das bestehende Fenster durch ein zweiflügeliges Sprossenfenster mit Zweifachverglasung ergänzt. Somit wird eine Art Kastenfenster geschaffen.

Die 20 mm starke Laibungsplatte wird mit einem Kompriband luftdicht und diffusionsoffen mit beiden Fensterkonstruktionen verbunden. In gleicher Weise wird der Armierungsputz mit einer Anputzleiste an den Fensterstock angeschlossen. Durch eine bewuss-

te Undichtigkeit in der äußeren Fensterebene kann durch ein teilweises Öffnen des inneren Kastenfensters die Frischluftmenge sehr gut dosiert werden. Auch der in der Doppelfassade bekannte Effekt der Aufheizung des Glaszwischenraums wird sich hier in der Winter- und Übergangszeit positiv auswirken.

Ein entsprechendes Ergebnis kann mit dem Austausch der Fenster durch ein zweiflügeliges Sprossenfenster mit Dreifachverglasung und einem Stockmaß von 75 mm erreicht werden, wie in Abb. 160 zu sehen ist.

Möchte man die beiden Varianten vergleichen, so stellt man fest, dass sie von innen betrachtet optisch gleich wirken, da die neuen, historisch schlanken Profile mit Zwei- oder Dreifachverglasung ausgeführt werden können. Demzufolge wird die Dreifachverglasung von außen sogar schlanker wirken.

Weiterhin sind aufgrund der angedachten kontrollierten Wohnraumlüftung die zusätzlichen Lüftungsmöglichkeiten des Kastenfensters nur begrenzt nutzbar. Eine Einschränkung der Nutzbarkeit und des Sichtfeldes durch die doppelte Flügelanordnung ist aber deutlich spürbar.

4.3.2 Feuchteschutz

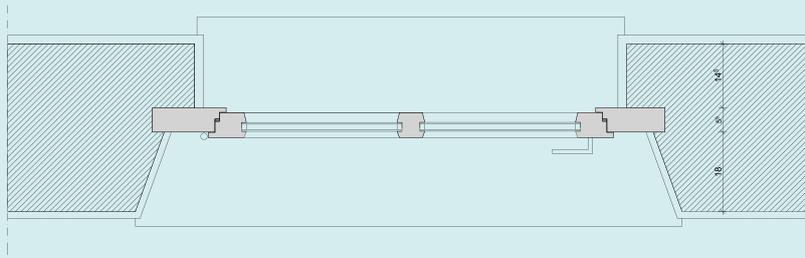
Hinsichtlich des Feuchteschutzes ist die Dreischeibenvariante im Vorteil, da durch den Zwischenraum des Kastenfensters ein Luftvolumen entsteht, das schwer zu kontrollieren ist. Hier besteht die Gefahr, dass die warme Raumluft an der kalten Außenscheibe des Kastenfensters kondensiert, wenn sie nicht entsprechend abgelüftet wird.

4.3.3 Schallschutz

Im Bereich der Schallschutzanforderungen ist das Kastenfenster sehr gut geeignet, bei gleichzeitigem Schallschutz einen gewissen natürlichen Luftwechsel zu liefern, da das äußere Fenster wie eine Prallscheibe funktioniert. Aber auch hier gilt, dass durch den Einbau einer Wohnraumlüftung dieser Vorteil wieder aufgehoben wird.

4.3.4 Brandschutz

Da für beide Konstruktionen keine Brandschutzanforderungen bestehen, kann hier keine Bewertung durchgeführt werden.



Wandaufbau:

- 15 mm Kalkzementputz $\lambda = 1,00 \text{ W/mK}$
- 380 mm Mauerwerk $\lambda = 0,81 \text{ W/mK}$
- 20 mm Kalkzementputz $\lambda = 1,00 \text{ W/mK}$

Abb. 158 Grundriss Fenster Bestand

Quelle: Saller (2014). OTH Regensburg

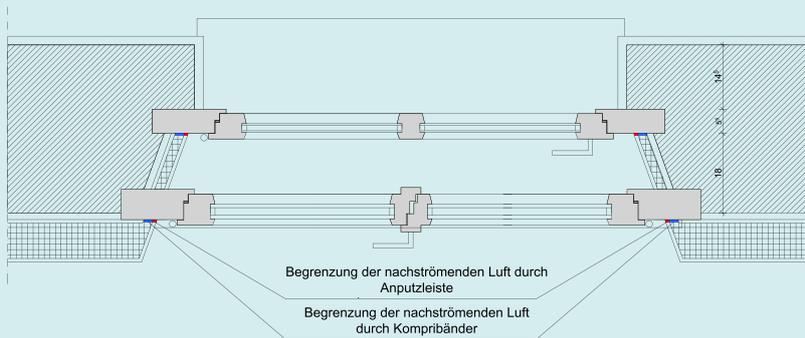
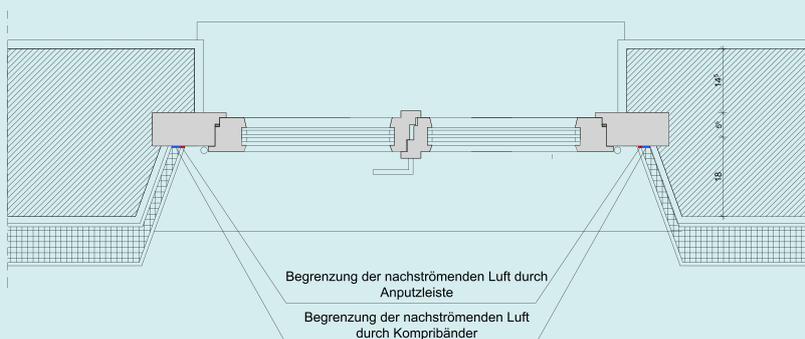


Abb. 159 Grundriss Fenster Sanierungsvariante Doppelfenster

Quelle: Saller (2014). OTH Regensburg



Wandaufbau:

- 20 mm Kalkzementputz $\lambda = 1,00 \text{ W/mK}$
- 380 mm Mauerwerk $\lambda = 0,81 \text{ W/mK}$
- 15 mm Kalkzementputz $\lambda = 1,00 \text{ W/mK}$
- 8 mm Klebemörtel $\lambda = 0,92 \text{ W/mK}$
- 80 mm Calciumsilikat-Innendämmung $\lambda = 0,06 \text{ W/mK}$
- (20 mm Calciumsilikat-Laibungsdämmung $\lambda = 0,06 \text{ W/mK}$)
- 8 mm Armierungsmörtel $\lambda = 0,57 \text{ W/mK}$

Abb. 160 Grundriss Fenster Sanierungsvariante Drei-Scheiben-Verglasung

Quelle: Saller (2014). OTH Regensburg



4.4 Detail Deckeneinbindung

Das dargestellte Balkenkopfdetail zeigt einen üblichen Anschluss für die bis 1940 in fast allen Mehrfamilienhäusern eingesetzte Holzbalkendecke.

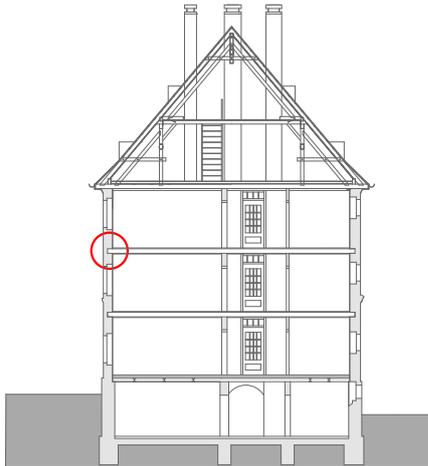


Abb. 161 Deckendetail Bestandssanierung mit Innendämmung

Quelle: Zeitler (2014). OTH Regensburg

4.4.1 Wärme-/Feuchteschutz

Wie im Teil D „Bauphysik und Bauschadensanalyse“ ausführlich dargestellt, wird durch die in Abb. 164 gezeigte Konstruktion die Temperatur und Holzfeuchte des Balkenkopfes im Verhältnis zur Bestandssituation nicht verändert. Somit wird durch die Sockelheizung und das Öffnen der Innendämmung im Bereich des Deckenanschlusses eine Bauteileigenschaft erreicht die trotz Innendämmung keine höhere Gefährdung aufweist. Durch den luftdichten, aber diffusionsoffenen Anschluss der Geschossdecke an die Außenwand wird eine Raumluftumspülung der Balkenköpfe verhindert. Die Innendämmung ist mit 30 und 80 mm umsetzbar.

Abb. 167 und Abb. 168 zeigen den Anschluss der Innenwand mit 30 und 80 mm Dämmstärke. In beiden Fällen ist kein Dämmkeil nach Berechnung notwendig, wenn der bestehende Putz an der Innenwand durch die Innendämmung unterbrochen wird.

Wie bereits angeführt, wird auch für dieses Detail eine Sockelheizung vorgeschlagen, mit dem Ziel, eine gleichmäßig warme Außenwand, basierend auf dem „Coanda-Effekt“, zu erzielen. Auch die Verringerung

der Wärmeleitfähigkeit der Ziegelwand durch die linienförmige Aufheizung/Austrocknung der Außenwand ist ein gewünschter Effekt.

4.4.2 Schallschutz

Die bestehende Deckenkonstruktion (siehe Abb. 163) erfüllt mit $R'_w = 43$ dB und $L'_{n,w} = 70$ dB die in der DIN 4109 geforderten Werte nicht. Da aber für die Konstruktion Bestandsschutz angenommen wird, ist eine Ertüchtigung wünschenswert, aber nicht verpflichtend.

Gegenüber Massivdecken haben Holzbalkendecken konstruktionsbedingt einige schallschutztechnische Besonderheiten. Infolge der geringen flächenbezogene Masse, ist die Schalldämmung im tiefen Frequenzbereich schlecht. Ausgehend von der Eigenschaft, dass die Anforderungen an den Trittschallschutz bei Holzbalkendecken schwieriger zu erfüllen sind als der geforderte Luftschallschutz gleicher Anforderungskategorie, kann in den meisten Fällen die Decke nach der Trittschalldämmung bemessen werden.

Abb. 165 zeigt einen Deckenaufbau, der nach Herstellerangaben einen Normtrittschallpegel $L'_{n,w} = 46$ dB erreicht und somit den erhöhten Anforderungen der DIN 4109 Bbl. 2 entspricht. Entsprechend der getroffenen Annahme, dass bei Holzbalkendecken der Trittschallschutz schwieriger zu erfüllen ist als der Luftschallschutz, kann davon ausgegangen werden, dass auch hier die erhöhten Anforderungen der DIN 4109 Bbl. 2 erfüllt sind.

4.4.3 Brandschutz

Die in Abb. 165 gezeigte Deckenkonstruktion erfüllt die Anforderungen der Feuerwiderstandsklasse F60-B, welche bei einer Komplettanierung der Decke notwendig werden.

Abb. 163 zeigt den Deckenaufbau Bestand, der angewandt werden kann, wenn der Bestandsschutz erhalten bleibt.

Hinsichtlich des Einbaus von Installationen, z. B. Lüftungsleitungen im Hohlraum der Holzbalkendecke, ist festzustellen, dass diese keine zusätzliche Brandlast im Deckenaufbau darstellen dürfen. Somit ist festzuhalten, dass Kanäle entsprechend den Vorgaben der Hersteller brandschutztechnisch ummantelt werden müssen.

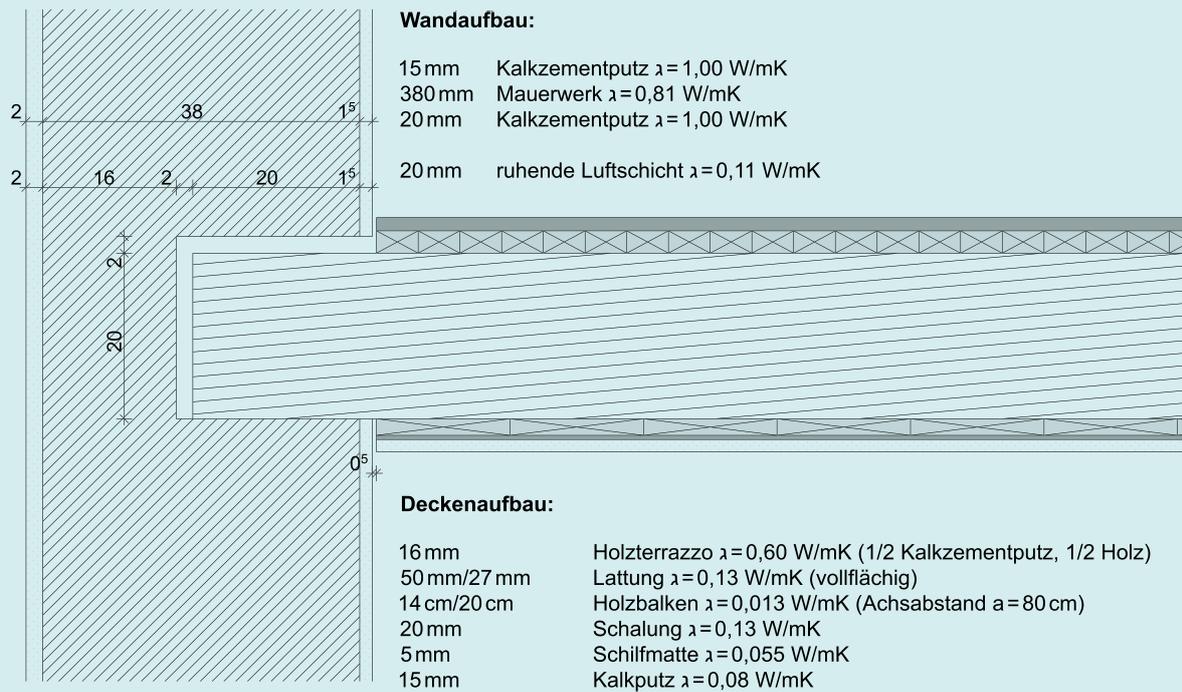


Abb. 162 Schnitt Balkenkopf Bestand

Quelle: Saller (2014). OTH Regensburg



Abb. 163 Schnitt Deckenaufbau Bestand

Quelle: Saller (2014). OTH Regensburg

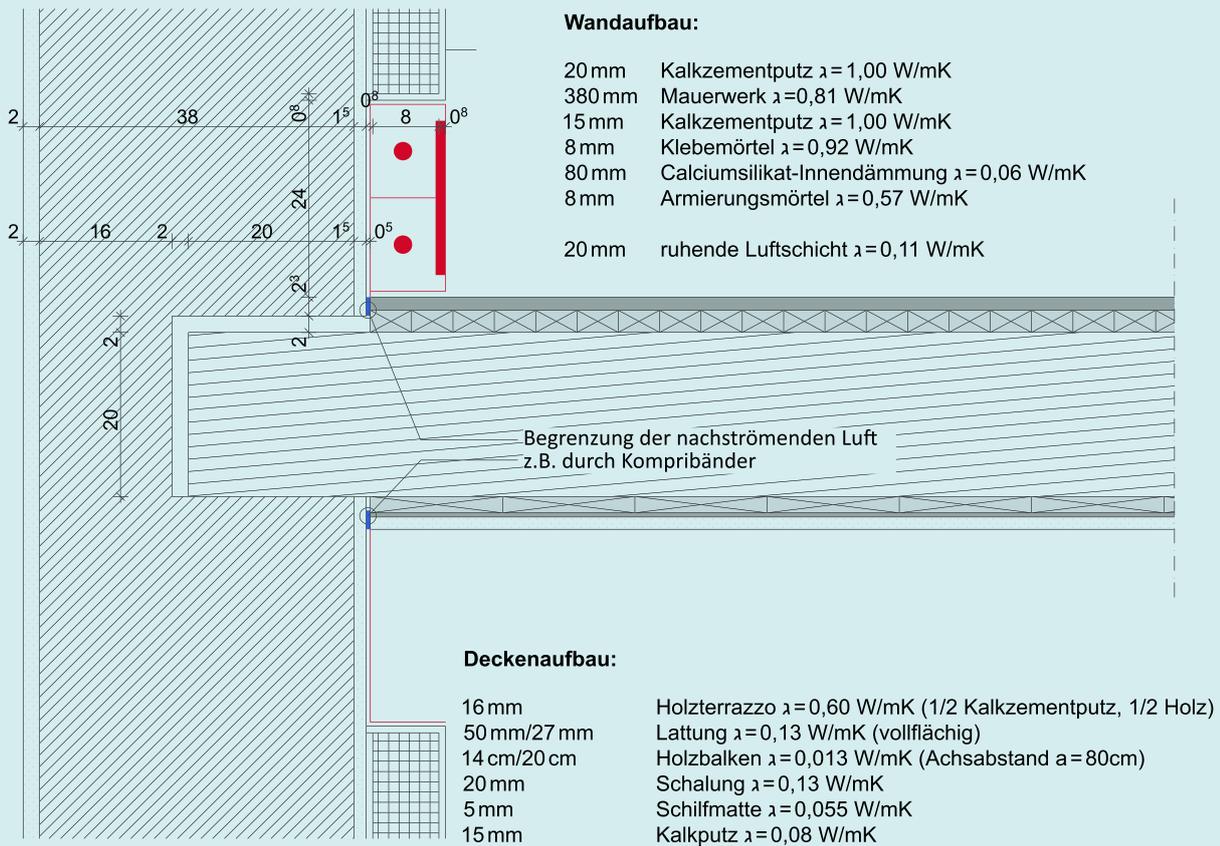
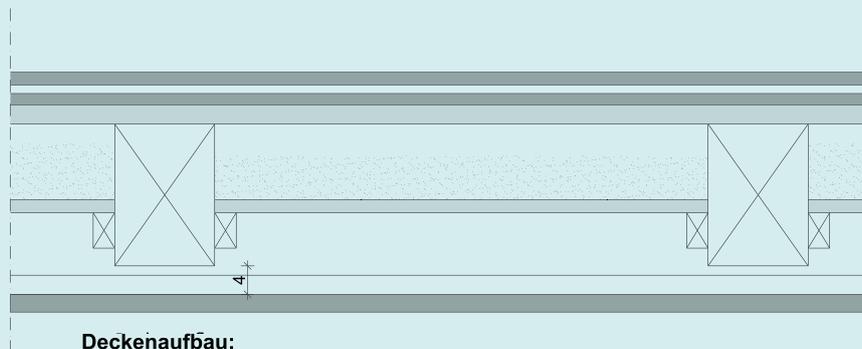


Abb. 164 Schnitt Balkenkopf Sanierung

Quelle: Saller (2014). OTH Regensburg

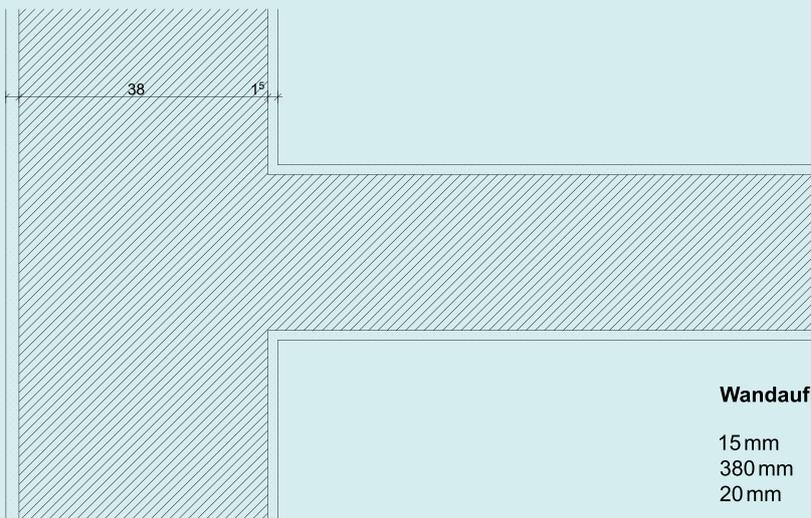


Deckenaufbau:

18 mm	Trockenestrich
12 mm	Trittschalldämmung Mineralwolle $\lambda = 0,035$ W/mK
16 mm	Holzterrazzo $\lambda = 0,60$ W/mK (1/2 Kalkzementputz, 1/2 Holz)
50 mm/27 mm	Lattung $\lambda = 0,13$ W/mK (vollflächig)
14 cm/20 cm	Holzbalke $\lambda = 0,013$ W/mK (Achsabstand $a = 80$ cm)
18 mm	Einschiebling auf 30/50 mm Querlattung mit Sandfüllung (Auflast aus Sand 100 kg/m ²)
25 mm	GKF-Platte

Abb. 165 Schnitt Deckenaufbau Sanierung

Quelle: Saller (2014). OTH Regensburg

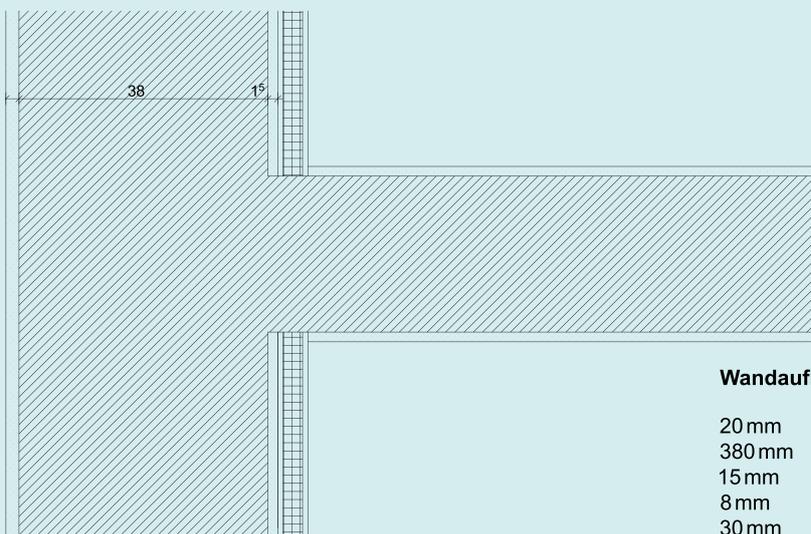


Wandaufbau:

15 mm	Kalkzementputz $\lambda = 1,00$ W/mK
380 mm	Mauerwerk $\lambda = 0,81$ W/mK
20 mm	Kalkzementputz $\lambda = 1,00$ W/mK

Abb. 166 Grundriss Anschluss Innenwand Bestand

Quelle: Saller (2014). OTH Regensburg

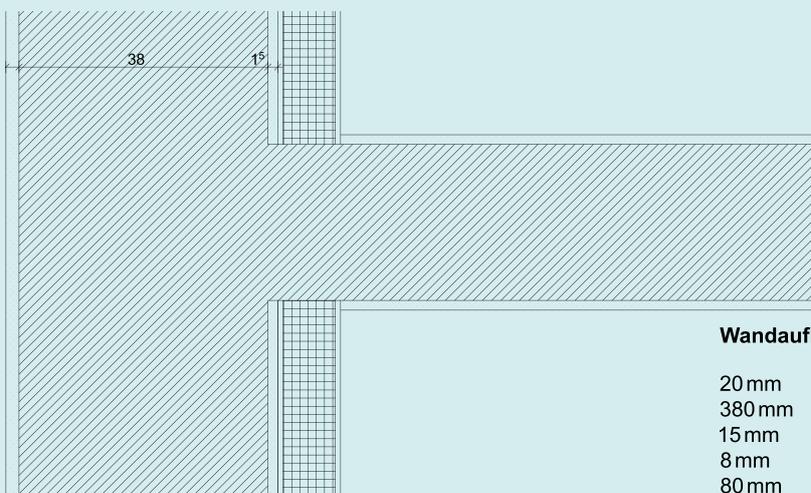


Wandaufbau:

20 mm	Kalkzementputz $\lambda = 1,00$ W/mK
380 mm	Mauerwerk $\lambda = 0,81$ W/mK
15 mm	Kalkzementputz $\lambda = 1,00$ W/mK
8 mm	Klebemörtel $\lambda = 0,92$ W/kM
30 mm	Calciumsilikat-Innendämmung $\lambda = 0,06$ W/kM
8 mm	Armierungsmörtel $\lambda = 0,57$ W/mK

Abb. 167 Grundriss Anschluss Innenwand Sanierungsvariante 3 cm

Quelle: Saller (2014). OTH Regensburg



Wandaufbau:

20 mm	Kalkzementputz $\lambda = 1,00$ W/mK
380 mm	Mauerwerk $\lambda = 0,81$ W/mK
15 mm	Kalkzementputz $\lambda = 1,00$ W/mK
8 mm	Klebemörtel $\lambda = 0,92$ W/kM
80 mm	Calciumsilikat-Innendämmung $\lambda = 0,06$ W/kM
8 mm	Armierungsmörtel $\lambda = 0,57$ W/mK

Abb. 168 Grundriss Anschluss Innenwand Sanierungsvariante 8 cm

Quelle: Saller (2014). OTH Regensburg



4.5 Detail Traufe

Die vorliegenden Details unterscheiden zwei grundsätzliche Ausbauvarianten: mit und ohne den Ausbau des Dachgeschosses.

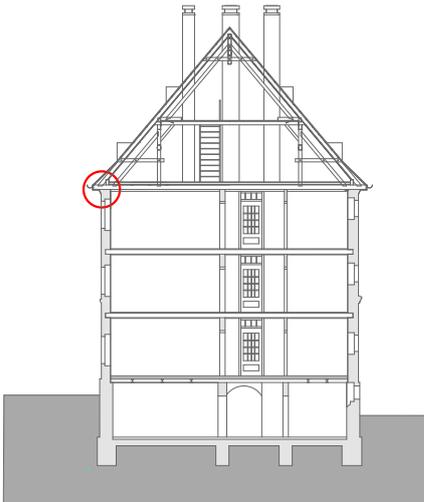


Abb. 169 Traufdetail Bestandssanierung mit Innendämmung

Quelle: Zeitler (2014). OTH Regensburg

4.5.1 Wärme-/Feuchteschutz

Teil D „Bauphysik und Bauschadensanalyse“ zeigt deutlich, dass die Ausbildung dieser Details unkritisch ist, wenn eine Hinterströmung der Dämmung mit der Raumluft verhindert wird. Die Abb. 170 zeigt hierbei die Variante ohne Dachgeschossausbau. Da hier die bestehende Decke erhalten bleibt, muss diese dampfbremstend in Form eines Kompribandes an die Außenwand angeschlossen werden. Durch den diffusionsoffenen Aufbau der 160 mm starken Steinwolle-dämmung zwischen den Lagerhölzern und der 24 mm dicken sägerauen Schalung ist dieser Anschluss so ausreichend.

Im Bereich über der Mauer muss der „schwere Deckeneinschub“ durch einen „leichten Deckeneinschub“ in Form von einer Steinwolle-dämmung ausgetauscht werden. Dadurch ist es möglich, eine warme Kante über der Vollziegelwand auszubilden, an welche die Deckendämmung anschließen kann.

Abb. 172 stellt die Variante des Dachgeschossausbaus dar. Bei diesem Detail ist besonders auf den dichten

Anschluss der Innenseite Außenwand an die neu zu erstellende Dampfbremse der Zwischensparrendämmung zu achten. Die warme Kante über der Vollziegelwand wird in gleicher Weise ausgebildet, diesmal für den Anschluss der Zwischensparrendämmung. Ähnlich dem Detail Deckeneinbindung, wird auch hier das letzte Stück Innendämmung ausgespart, um die Temperatur der Holzpfette nicht negativ zu beeinflussen. Beide Ausbauvarianten können sowohl mit 30 mm als auch mit 80 mm Innendämmung ausgeführt werden.

4.5.2 Schallschutz

Der Schallschutz für die oberste Geschossdecke unterliegt den gleichen Voraussetzungen, wie beim Detail Deckeneinbindung bereits dargestellt. Allerdings ist zu beachten, dass der Schallschutz nach DIN 4109 für die unter Abb. 172 dargestellte Ausführung verbindlich ist.

4.5.3 Brandschutz

Entsprechend der Festlegung zum Schallschutz ist auch der Brandschutz für die unter der Abb. 172 dargestellte Ausbauvariante in Form der Feuerwiderstandsklasse F60-B verbindlich. Der in der Abb. 173 dargestellte Deckenaufbau entspricht dieser Anforderung.

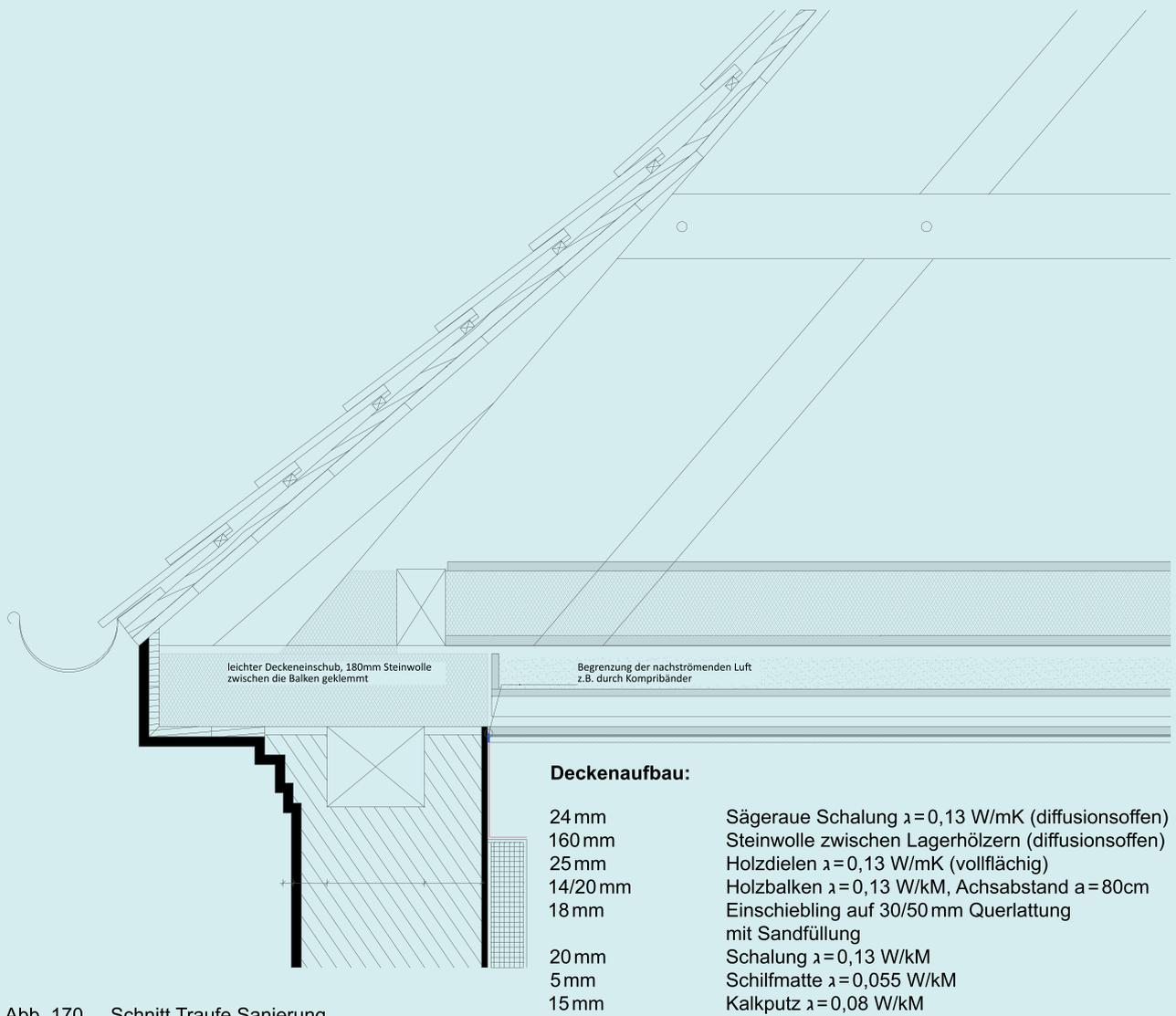


Abb. 170 Schnitt Traufe Sanierung

Quelle: Saller (2014). OTH Regensburg

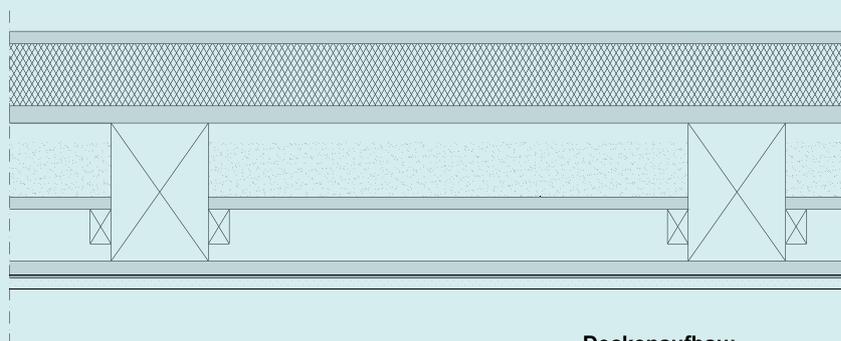


Abb. 171 Schnitt Deckenaufbau Dachstuhl Bestand

Quelle: Saller (2014). OTH Regensburg

Dachaufbau:

30/50 mm	Dacheindeckung Lattung/Konterlattung Winddichtung
24 mm	Sägeraue Schalung $\lambda=0,13 \text{ W/mK}$ (vollflächig)
14 cm	Sparren $\lambda=0,13 \text{ W/mK}$
60 mm	Aufdopplung auf Sparren $\lambda=0,13 \text{ W/mK}$
200 mm	Steinwolle zwischen Sparren $\lambda=0,035 \text{ W/mK}$
15 mm	OSB-Platten dicht gestoßen (Dampfbremse) $\lambda=0,13 \text{ W/mK}$
30 mm	Holz-UK Gipskarton
2x 12,5 mm	GKF-Platten

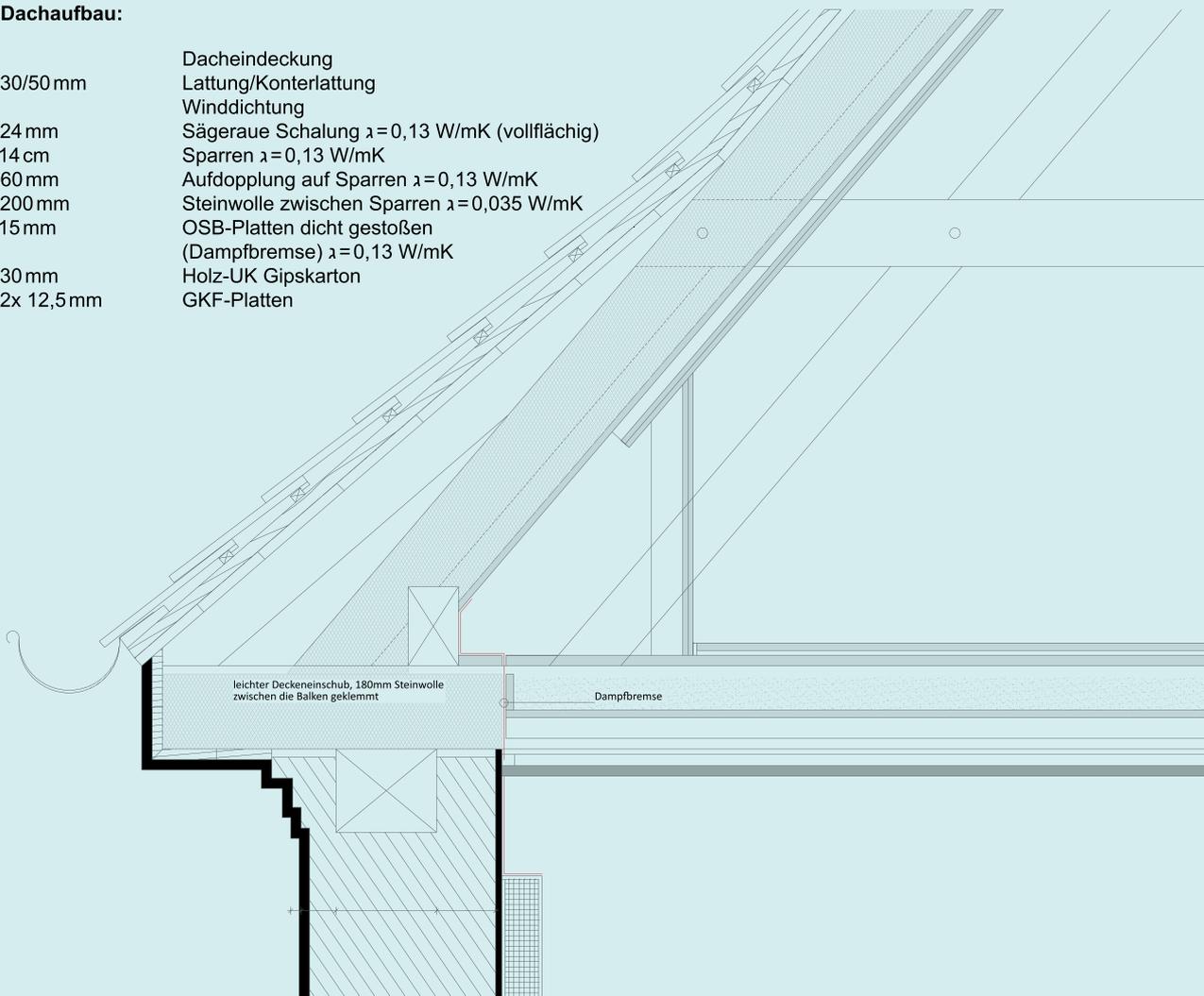
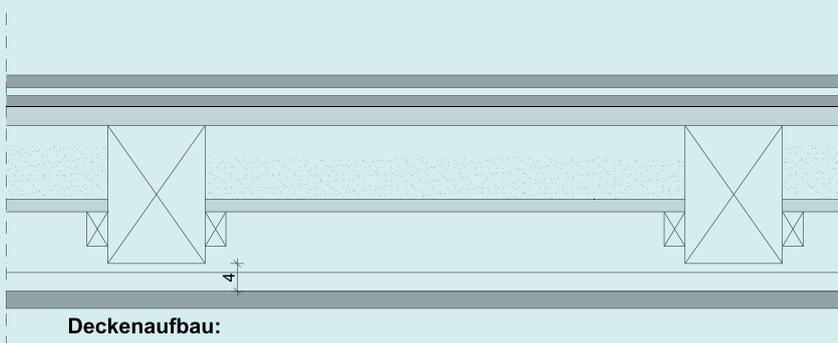


Abb. 172 Schnitt Traufe Dachgeschoßausbau

Quelle: Saller (2014). OTH Regensburg



Deckenaufbau:

18 mm	Trockenestrich
12 mm	Trittschalldämmung Mineralwolle $\lambda=0,035 \text{ W/mK}$
25 mm	Holzdielen $\lambda=0,13 \text{ W/mK}$ (vollflächig)
14 cm/20 cm	Holzbalken $\lambda=0,013 \text{ W/mK}$ (Achsabstand $a=80\text{cm}$)
18 mm	Einschiebling auf 30/50 mm Querlattung mit Sandfüllung (Auflast aus Sand 100 kg/m^2)
17 mm	CD Direktschwingabhänger
25 mm	GKF-Platte

Abb. 173 Schnitt Deckenaufbau Dachstuhl Sanierung

Quelle: Saller (2014). OTH Regensburg