



Sanierung des Flachdachs in der denkmalgeschützten Villa Mutzenbecher



Lernmodul Flachdachkonstruktion Hinweise für Lehrende

Das Projekt GESA wird im Rahmen des ESF-Bundesprogramms „Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung befördern. Über grüne Schlüsselkompetenzen zu klima- und ressourcenschonendem Handeln im Beruf – BBNE“ durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit sowie den Europäischen Sozialfonds gefördert.

1 Grundsätzliches und Aufbau des Lernmoduls

Die Lernmodule orientieren sich an real durchgeführten Sanierungsarbeiten in einem denkmalgeschützten Bauwerk, das im Gründerzeitalter um 1900 in Hamburg im Wald des Niendorfer Geheges erbaut wurde. Seit 2017 wird das Gebäude der 'Villa Mutzenbecher' durch einen öffentlich gemeinnützigen Träger restauriert. Jugendliche und Erwachsene aus unterschiedlichen Bildungsgängen können außerhalb des Lernorts Schule ihre berufliche Handlungskompetenz hinsichtlich denkmalgerechter Sanierungspraxis erweitern. Im Zuge des ESF-Bundesprogramms „Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung – Über grüne Schlüsselkompetenzen zu klima- und ressourcenschonendem Handeln im Beruf (BBNE)“ liegt ein weiterer Schwerpunkt in der Förderung von nachhaltigkeitsbezogenen Kompetenzen.

Im Sinne der Agenda 2030 sollen Fachkräfte in der Lage sein, ihr berufliches Handeln unter Beachtung ökologischer, sozialer und ökonomischer Wirkungen zu beurteilen. Besonders die Baubranche kann durch energieeffiziente Gebäude wesentlich zur Emissionsminderung und damit zum Klimaschutz beitragen. Sobald Gebäude – insbesondere im Bestand – energetisch saniert werden, ist Gewerke übergreifende Kooperation gefragt. Erst im Dialog aller beteiligten Gewerke sowie mit Planer:innen und Architekt:innen lassen sich die Schnittstellen der Berufe organisieren und Arbeitsprozesse so koordinieren, dass ein Gebäude als ganzheitliches System realisiert werden kann. Die Beteiligten qualifizieren sich indem sie ihr berufliches Fachwissen um Kenntnisse zu neuen Produkten und Arbeitsweisen erweitern.

Alle Module berücksichtigen deshalb die vier Bezugspunkte (s. Abbildung 1):

1. Anforderungen des Denkmalschutzes im historischen Kontext
2. Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung (BBNE)
3. Gewerke übergreifendes Arbeiten
4. Inhalte der Ordnungsmittelvorgaben der betreffenden Ausbildungsberufe


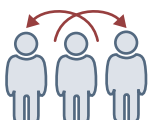







Abbildung 1: Didaktische Bezugspunkte für die Lernmodule

Die insgesamt 18 Lernmodule teilen sich in ungefähr gleicher Anzahl in Querschnitts- und Fachmodule auf. In den Querschnittsmodulen werden grundlegende Inhalte des Denkmalschutzes, der Beruflichen Bildung für nachhaltige Entwicklung und des Gewerke übergreifenden Arbeitens thematisiert. Ausgangspunkt der Fachmodule sind konkrete Sanierungsarbeiten in der Villa. Die berufsfachlichen Anforderungen, die sich aus den jeweiligen Ordnungsmitteln der Ausbildungsberufe ergeben, werden darin mit den Querschnittsinhalten verknüpft. Dabei werden auch die Schnittstellen der vor- und nachgelagerten Gewerke beachtet.

Sämtliche Lernmodule wurden zunächst als haptische, erfahrungsorientierte und authentische Lernangebote konzipiert. Die Arbeitsmaterialien bestehen aus Selbstlernphasen als auch aus Phasen, die von Lehrenden anzuleiten sind. Ein Modul dauert mindestens zehn Zeitstunden. Module, die in der Villa Mutzenbecher umgesetzt werden, lassen sich direkt mit dem realen Gegenstand verbinden. Alle Materialien sind auch als OER veröffentlicht, wodurch sie sich auch außerhalb durchführen lassen.

Die Lernmaterialien sind am Seitenrand mit kurzen schriftlichen Hinweisen und Icons ausgestattet.

Icons zur schnelleren Orientierung		Szenario/ Kundenauftrag	
Gewerke übergreifendes Arbeiten		Informationen	
Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung		Aufgaben	
Denkmalschutz		Material	

Erläuterungen zu den Icons



Das Icon „**Szenario/Kundenauftrag**“ steht zu Beginn jedes Lernmoduls. Es soll grafisch darstellen, dass es sich bei der nebenstehenden Textstelle um das übergreifende Lernszenario bzw. den Kundenauftrag eines Lernmoduls handelt.



Das Icon „**Information**“ soll grafisch darstellen, dass es sich bei der nebenstehenden Textstelle um wichtige Sachinformationen, wie z.B. technische Tabellen, Produkt- und Herstellerangaben, Gesetze, Vorschriften und fachliche Infotexte zur Bearbeitung von Lern- und Arbeitsaufgaben handelt.



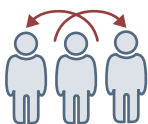
Das Icon „**Aufgaben**“ soll kennzeichnen, dass es sich nebenstehend um eine Lern- und Arbeitsaufgabe handelt, die in Einzelarbeit, zu zweit oder im Team bearbeitet werden kann.



Das Icon „**Material**“ soll darauf verweisen, dass z.B. Grafiken, Protokollvorlagen oder Grundrisse zur Bearbeitung der Aufgaben beitragen.



Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung (BBNE): Das Icon steht für Inhalte, die einen besonderen und unmittelbaren Bezug zu BBNE haben. Unter BBNE wird folgendes verstanden: „BBNE ist eine berufliche Bildung zu zukunftsfähigen Denken und Handeln in beruflichen, betrieblichen, gesellschaftlichen und privaten Kontexten, die es ermöglicht die Auswirkungen des eigenen beruflichen Handelns auf die Welt zu verstehen und verantwortungsvolle Entscheidungen zu treffen.“



Das Icon „**Gewerke übergreifendes Arbeiten**“, verweist darauf, dass die nebenstehenden Textinhalte im unmittelbaren Zusammenhang mit Gewerke übergreifender Zusammenarbeit steht. Darunter wird verstanden, dass sich Handwerker:innen aus unterschiedlichen Gewerken (z.B. Elektriker:in und Tischler:in) abstimmen müssen. Zur fachgerechten Umsetzung müssen Absprachen über sogenannte Schnittstellen geführt werden.



Das Icon „**Denkmalschutz**“ soll ausdrücken, dass es sich bei der nebenstehenden Textstelle um besondere Anforderungen handelt, die mit dem Denkmalschutz verbunden sind. Eine wesentliche Herausforderung besteht darin, die Gebäudeausstattung im Sinne des Denkmalschutzes zu erhalten, d.h. sie nahe dem ursprünglichen Zustand wiederherzustellen.

2 Kurzübersicht über das Modul Flachdachkonstruktion

Zuordnung zu Ordnungsmitteln	<p>Ausbildungsrahmenplan: Diese Lerneinheit berührt verschiedene Aspekte des Ausbildungsberufsbildes, insbesondere</p> <ul style="list-style-type: none"> → Umweltschutz und Nachhaltigkeit (Abs. 4 § 38 Nr. 4) → Einbauen von Dämmstoffen für den Wärme-, Kälte-, Schall- und Brandschutz (Abs. 4 § 38 Nr. 8) → Erhalten und Instandsetzen von Holzkonstruktionen (Abs. 4 § 38 Nr. 12) <p>Rahmenlehrplan:</p> <ul style="list-style-type: none"> → „Errichten einer tragenden Hauswand“ (Lernfeld 8) → „Einbauen einer Holzbalkendecke“ (Lernfeld 10)
Thema	Denkmalgerechte und nachhaltige Flachdachsanieierung
Querschnittsmodul oder Fachmodul	Fachmodul
Zielgruppe	Auszubildende im Zimmererhandwerk & Ausbaufacharbeiter*innen mit Schwerpunkt Zimmererarbeiten
Zeitraumen	10 Stunden
übergeordnete Kompetenzförderung	<ul style="list-style-type: none"> → Die Lernenden erweitern ihre digitale Medienkompetenz, indem sie bauphysikalische Daten mit dem UBAKUS-Rechner ermitteln. → Die Lernenden erweitern ihre Beurteilungskriterien zur Auswahl von Dämmmaterialien um die Dimension der Nachhaltigkeit. → Die Lernenden entwickeln einen Sanierungsvorschlag auf Grundlage rechtlicher und technischer Kriterien.
Kurzbeschreibung	Die Auszubildenden entwickeln einen Sanierungsvorschlag für das Flachdach der Villa Mutzenbecher. Dabei berücksichtigen sie besonders nachhaltige und denkmalgerechte Aspekte, sowie Bereiche der Gewerke übergreifenden Tätigkeit. Um die rechtlichen und technischen Vorgaben zu ermitteln, nutzen die Lernenden das digitale Angebot des UBAKUS-Rechners, der bauphysikalische Erscheinungen visualisiert und zugänglich macht.
Inhalt und Aufgabe	<ul style="list-style-type: none"> → Beurteilung der aktuellen Konstruktion auf Grundlage der eigenen beruflichen Erfahrungen → Erarbeitung von Sanierungsvorschlägen für den Schichtaufbau und das Auflager des Flachdachs → Einsatz eines Programms zur energetischen Beurteilung von unterschiedlichen Sanierungsvarianten → Erfassung und Berücksichtigung von Gewerke übergreifenden Schnittstellen
Material	PC mit Internetverbindung, Arbeitsblätter, Zeichenmaterial

3 Einleitung in das Modul Flachdachkonstruktion

Bauwerke, wie die Villa Mutzenbecher, zeichnen sich durch massive Mauerwerke, Holzbalkendecken, Einzelofenheizungen, reichhaltige Ausstattung (z.B. Stuck) und große Räumlichkeiten aus. Teilweise wurden bereits Modernisierungsarbeiten durchgeführt, wodurch das Gebäude zum Beispiel eigene Bäder und WCs erhalten hat. Die Sanierungsmaßnahmen müssen dabei mehrere widersprüchliche Ziele in Einklang bringen.

- ▶ Erhalt stadtbildprägender Stilmerkmale aus der Gründerzeit (Veranda, Hauseingänge etc.)
- ▶ Schutz wesentlicher bau- oder kunstgeschichtlicher Bauteile (z.B. Mauern, Fenster etc.)
- ▶ Modernisierung der Gebäudeausstattung gemäß des aktuellen Ausstattungsstandards
- ▶ verantwortungsvoller sowie nachhaltiger Umgang mit natürlichen Ressourcen, (z.B. Heizenergie)
- ▶ Einhaltung aktuell gültiger Schutzmaßnahmen, um Leben und Gesundheit der Bewohner zu gewährleisten
- ▶ zeitgemäßer Wärmeschutz

Die Sanierung von Bauteilen im Altbau und insbesondere in denkmalgeschützten Gebäuden erfordert spezielle Maßnahmen. Eine wesentliche Herausforderung aus dem Denkmalschutz ist es, die Erscheinung des Gebäudes und die darin deutlich werdenden handwerklichen Techniken zu erhalten. Gleichzeitig gelten auch beim Bauen im Bestand gesetzliche Vorschriften, die beispielsweise die maximalen Transmissionswärmeverluste von Gebäuden festlegen oder den Schutz von Konstruktion durch Feuchtigkeit enthalten. Es stehen beim Bauen im denkmalgeschützten Bestand folglich Forderungen gegenüber, die unterschiedliche und teilweise gegensätzliche Maßnahmen fordern. Diese zu vereinbaren, ist eine zentrale Schwierigkeit bei der Sanierung von Bauteilen und häufig nur durch Kompromisse möglich.

In alten Bauteilen treten immer wieder Mängel auf, die sich aus dem damaligen Stand der Technik des Bauhandwerks ergeben. Die Flachdachkonstruktion ist in Bezug auf Wärme- und Feuchteschutz unzureichend, die tragenden Balken unterdimensioniert und die Balkenköpfe ungeschützt auf dem Mauerwerk aufgelegt. Diese Aspekte decken sich nicht mehr mit dem heutigen Stand der Technik. Im Falle der anstehenden Umnutzung des Gebäudes sind dies Punkte, die die Lebensdauer des gesamten Bauteils einschränken. Denn der mangelnde Wärmeschutz wirkt sich nachteilig auf den Energieverbrauch des Hauses aus, fehlender Feuchteschutz gefährdet die Konstruktion und schadhafte Balkenköpfe vermindern die Belastbarkeit des Daches. Daher sind adäquate Eingriffe in den aktuellen Zustand notwendig. Dennoch müssen alle Vorschläge zur Sanierung ebenso die Denkmalpflege berücksichtigen, die den Erhalt der Erscheinung des Denkmals fokussiert. Denn alle angestrebten Änderungen müssen vor der Durchführung der Denkmalbehörde vorgelegt werden. Dabei steht die Abwägung zwischen denkmal-erhaltenden Maßnahmen und einer nachhaltigen, energetischen Sanierung im Zentrum des Planungsprozesses.

In diesem Lernmodul „Flachdachkonstruktion“ geht es um diese Abwägung. Die Lernenden sollen erfahren, was es bedeutet energetisch und gleichzeitig denkmalgeschützt zu sanieren. Dabei gilt es, bei ihnen ein Bewusstsein für weitere Dimensionen zur Beurteilung von Baustoffen zu wecken, indem sie andere Kriterien als die technischen Kennzahlen kennenlernen. Dazu sollen sie das digitale Angebot des UBAKUS nutzen, um diverse Möglichkeiten miteinander vergleichen zu können.

Ziel dieses Lernmoduls ist es einen Sanierungsvorschlag für den konstruktiven und baustofflichen Aufbau eines Flachdachs in der Villa Mutzenbecher zu entwickeln. Dazu sollen die Lernenden den gesamten Entwicklungsprozess von der ersten konstruktiven Beurteilung des aktuellen Bauteils bis zum abschließenden Sanierungsvorschlag durchlaufen. Dabei liegt ein besonderer Fokus auf ökologischer Nachhaltigkeit sowie denkmalgerechter und fachlich angemessener Sanierung. Dazu müssen die recht-

lichen Vorgaben ebenso wie die Wünsche des Bauherrn als Leitlinien erkannt und berücksichtigt werden. Die Lernenden entwickeln daraus mithilfe des UBAKUS unterschiedliche Aufbauvarianten und setzen diese in Zeichnungen und Skizzen um. Dadurch erhalten sie Einblicke in die Organisation und Strukturierung eines Planungsprozesses.

4 Rahmenbedingungen

Zielgruppe

Das Lernmodul wurde vorrangig für Auszubildende zum Zimmerer /zur Zimmerin: in und für Ausbaufacharbeiter:innen mit Schwerpunkt Zimmererarbeiten im zweiten Ausbildungsjahr konzipiert. Sie befinden sich bereits in der spezialisierten Fachstufe, die sich der berufsfeldbreiten Grundbildung anschließt. Zur Durchführung des Lernmoduls benötigen die Lernenden bereits bauphysikalisches Vorwissen zur Wärmedämmung, zur Wirkung von Feuchtigkeit auf Bauteile und zum Diffusionsverhalten von Luftfeuchtigkeit. Diese Inhalte werden in diesem Lernmodul vertieft und im Rahmen der Entwicklung von Sanierungsvorschlägen praxisrelevant verknüpft.

Organisatorisches

Das vorliegende Lernmodul lässt sich auf zweierlei Weise durchführen. Zum einen kann es in der Villa Mutzenbecher stattfinden. Dort ist das Angebot haptisch, erfahrungsorientiert und authentisch angelegt und die benötigten Materialien (Anschauungsobjekte, Beamer, Arbeitsblätter, Flipcharts etc.) sind vorhanden. Zum anderen kann das Modul an jeder beliebigen Bildungsstätte durchgeführt werden, sofern für die Auszubildenden ein PC mit Internetzugang und Flipcharts für die Gruppenarbeit vorhanden sind. Auf der Homepage: <https://bbne-mutzenbecher.blogs.uni-hamburg.de/> finden sich sämtliche Unterlagen sowie ein virtueller 3D-Rundgang durch die Villa. Da sich der Aufbau der Konstruktion im geschlossenen Dach befindet, kann nur ein raumseitiger Eindruck durch die Führung erlangt werden.

Ordnungsmittelbezug

Die Inhalte des Lernmoduls lassen sich aus der Verordnung über die Berufsausbildung in der Bauwirtschaft vom Juni 1999 und den Rahmenlehrplänen für die Berufsausbildung in der Bauwirtschaft vom Februar 1999 entnehmen. In Bezug auf den Ausbildungsrahmenplan ist das Modul mit den Positionen des Ausbildungsberufsbilds Umweltschutz und Nachhaltigkeit (Dritter Teil Abs. 4 § 38 Nr. 4), Einbauen von Dämmstoffen für den Wärme-, Kälte-, Schall- und Brandschutz (Dritter Teil Abs. 4 § 38 Nr. 8) und Erhalten und Instandsetzen von Holzkonstruktionen (Dritter Teil Abs. 4 § 38 Nr. 12) verbunden. Aus dem Rahmenlehrplan berührt das Lernmodul das Lernfeld 8 Errichten einer tragenden Holzwand mit den Inhalten Dämmung, Taupunkt, Wärmedurchgang und Dämmschichtdicke sowie das Lernfeld 10 Einbauen einer Holzbalkendecke mit den Inhalten belüftetes, nicht belüftetes Dach, Brandschutz und den konstruktiven Aufbau eines Flachdachs. Darüber hinaus werden Inhalte angesprochen, die nur teilweise in den Ordnungsmitteln enthalten sind, aber Einfluss auf die berufliche Praxis von Zimmerleuten haben, wie die Sanierung von schadhaften oder statisch ungenügenden Bauteilen im Bestandsbau.



5 Sachdarstellung und didaktische Analyse

Die Sanierung von bestehenden Gebäuden ist immer ein komplexer Vorgang, dies wird besonders am Beispiel der Villa Mutzenbecher deutlich. Als zusätzliche Schwierigkeit steht das Gebäude unter Denkmalschutz, wodurch erhaltende Überlegungen zu den sanierenden hinzukommen. Die Villa wurde im frühen 20. Jahrhundert gebaut oder zumindest grundlegend umgebaut, in Zusammenhang mit dieser Bauzeit stehen bestimmte Mängel, die den heutigen Anforderungen nicht mehr genügen. Heute stehen neben der reinen Lebensdauer noch weitere Ziele, wie die energetische Ertüchtigung von Bauteilen im Fokus. Damit steht die Sanierung des Objekts im Spannungsfeld zwischen der Umsetzung der heute gültigen Anforderungen und dem denkmalgerechten Erhalt der Konstruktion und Erscheinung des ursprünglichen Aufbaus.

Dieses Spannungsfeld wird am Beispiel des Flachdachs im Eingangsbereich aufgegriffen. Es soll ein fachgerechter, energetischer und denkmalgerechter Sanierungsvorschlag am praktischen Beispiel entwickelt werden. Dabei liegt der Fokus auf dem Planungsprozess, der sich von der Beurteilung des Ist-Zustandes, über die Erarbeitung von Sanierungsvarianten, über die fachliche Komponente der Verbesserung der Bausubstanz, des Aufbaus von Flachdächern und der Auswahl von geeigneten Materialien erstreckt. Diese Entscheidungen entsprechen den praktischen Herausforderungen, denen sich Zimmerleute im Berufsalltag stellen müssen. Als zusätzlicher Impuls wird ein technisch-digitales Hilfsmittel implementiert, der U-Wert-Rechner UBAKUS.

Das zentrale Thema dieses Lernmoduls ist die Sanierung des Flachdachs vom Eingangsbereich der Villa Mutzenbecher. Das Flachdach ist eine besondere Dachkonstruktion, die sich durch eine Dachneigung von weniger als 10 % auszeichnet (in anderen Quellen 5 %). Durch die geringe Neigung ist eine besondere Dachhaut notwendig, die einer langen Befeuchtung von stehendem Niederschlagswasser standhält. Neben der Dachabdichtung besteht jedes Flachdach aus einer Tragschicht und Dämmschicht. Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts wurden die tragenden Elemente von Decken- und Dachkonstruktionen aus Holzbalken hergestellt, was im baulichen Verantwortungsbereich des Zimmererhandwerks liegt. Dabei zeichnen sich alte Konstruktionen aus heutiger Perspektive durch wiederkehrende Unzulänglichkeiten und Mängel aus, die den modernen technischen Ansprüchen nicht genügen. Dies sind vor allem der unzureichende Wärme- und Feuchteschutz, die unterdimensionierten Balken und besonders bei alten Konstruktionen die schadhafte Balkenaufleger. Diese Aspekte werden in diesem Lernmodul fokussiert und unter Berücksichtigung der heute gültigen Anforderungen (z.B. Gebäude-Energie-Gesetz) aufgegriffen. Weiterhin stellt dieses Flachdach einige Parallelen zu Deckenkonstruktionen her, da es räumlich von Mauerwerk umschlossen ist.

Zur Entwicklung eines fachgerechten und denkmalgerechten Sanierungsvorschlags bedarf es der Berücksichtigung vieler bauphysikalischer und rechtlicher Informationen. Der Fokus in diesem Lernmodul liegt darauf, diese Anforderungen mit einem konkreten Produkt zu verknüpfen. Dazu wird der fachliche Zugang über die Beurteilung von bestehenden Konstruktionen, die Varianten von Flachdächern, den Einfluss von Luftfeuchtigkeit, der Reparatur von Balkenköpfen und die Auswahl von Dämmstoffen gewählt, deren einzelne Aspekte mit dem UBAKUS untersucht werden.

Eine wesentliche Tätigkeit von Handwerker:innen beim Bauen im Bestand ist die Beurteilung von bestehenden Konstruktionen. Dies erfolgt in der Praxis nach dem Öffnen eines Bauteils und der Beurteilung des jeweiligen Zustandes der Bauteile. Dabei muss der Zustand der jeweiligen Materialien beurteilt werden, die technische Konstruktion des Bauteils oder Schäden durch Tiere oder Pflanzen. Dabei stellt die Suche nach Ursachen eine wichtige Tätigkeit dar. Hier gilt es zu berücksichtigen, dass das Alter des Bauwerks bereits erste Informationen zu Mängeln mitschlingt. Gebäude mit dem Alter der Villa haben – nach heutigen Vorstellungen und Anforderungen – unterdimensionierte Abmessungen der tragenden Flächen, keinen oder unzureichenden Wärmeschutz, fehlenden Schutz vor kapillar steigendem Wasser und sind durch Schädlinge befallen. Die Mängel müssen auf der Baustelle identifiziert werden.

Das Flachdach schützt ein Gebäude vor Witterungs- und Klimaeinflüssen, zusätzlich ist es ein zentraler Aspekt der Gestaltung. Traditionell wurden geneigte Dächer erstellt, jedoch ist es durch weiterentwickelte Konstruktionen und Materialien möglich, mehr flach geneigte Dächer zu nutzen. Die zentralen Aufgaben von Dächern sind Witterungs-, Wärme-, Schall- und Brandschutz. Das Flachdach zeichnet sich durch eine nicht sichtbare Neigung von ca. 5 - 10° aus. Die Dachhaut kann aus unterschiedlichen Materialien hergestellt werden, wobei die bedeutendsten Bitumenbahnen sind. Für die darunterliegende Flachdachkonstruktion gibt es zwei zentrale Bauweisen. Beim belüfteten Flachdach, auch Kalddach genannt, liegt die Wärmedämmung unmittelbar auf der Deckenverkleidung und die Tragkonstruktion der Dachhaut liegt im kalten Bereich. Zwischen den Ebenen ist ein Luftaustausch möglich, über die Belüftungsebene. Beim unbelüfteten Dach oder Warmdach liegt die Tragkonstruktion in oder unter dem Bereich der Wärmedämmung. Diese Systeme sind die zentralen Bauvarianten von Flachdächern. Sie haben wiederum spezifische Vor- und Nachteile, die den Umgang von eindringender Feuchtigkeit und die Komplexität des Aufbaus betreffen.

Der Feuchteschutz sichert Holzbauteile gegen die Ablagerung von Kondensat, das mit großer Wahrscheinlichkeit zur Schädigung des Materials und der Konstruktion führt. Dabei kann Wasser grundsätzlich von außen oder von innen in die Konstruktion eindringen. Die Dachhaut übernimmt den Schutz gegen witterungsbedingte Einflüsse und auf der Innenseite muss Schutz vor Wasserdampf gesondert hergestellt werden. Der raumseitigen Feuchteregulierung kommt dabei eine zentrale Rolle zu, da die Dichte Dachhaut auf der Außenseite keine Transmission zulässt. Daher muss die Strömung von Luftfeuchtigkeit in die Konstruktion durch adäquate Mittel beschränkt werden. Der verbreitete Ansatz dazu ist die Regulation von Wasserdampf durch den Einbau von Folien mit erhöhter wasserdampfäquivalenter Luftschichtdicke (SD-Wert). Dabei stehen unterschiedliche Varianten (Dampfbremse, -sperre) zur Auswahl, die sich besser oder schlechter für die Sanierung eignen. Diese Maßnahmen schützen vor der Bildung von Tauwasser und somit vor Schäden. Es gilt die zentralen theoretischen Mechanismen dahinter zu klären, den Zusammenhang von Temperatur und Feuchtigkeitssättigung, die sich in der relativen Luftfeuchtigkeit artikulieren.

Die energetisch-nachhaltige Sanierung des Flachdachs ist ein zentraler Baustein des Lernmoduls. Zur besseren Visualisierung und einer schnellen Beurteilung von Bauteilen bietet sich der Ubakus-Wärmebedarfsrechner an. Er ermöglicht den schnellen Vergleich von unterschiedlichen Konstruktionsarten und Materialzusammensetzungen von Bauteilen. Dazu werden diverse Informationen zur Beurteilung von Konstruktionsarten ermittelt. Die fachlichen Informationen umfassen den U-Wert eines bestimmten Bauteils, das Feuchteverhalten der Konstruktion, die Wärmespeicherung, die Temperaturamplitude, den energetischen Aufwand zur Herstellung einzelner Materialien und sowie die finanzielle und energetische Amortisation. Dabei reduziert das Lernmodul den Fokus auf die Feuchtigkeit und den U-Wert. Damit lassen sich unterschiedliche Varianten für ein Bauteil schnell konzipieren und auch in Relation zueinander stellen.

Die Dimension der Beruflichen Bildung für nachhaltige Entwicklung wird durch die Beschäftigung mit Dämmmaterialien berücksichtigt. Wärmedämmungen werden an unterschiedlichen Stellen in Gebäuden eingebaut, um die Ausbreitung thermischer Energie zu reduzieren. Durch Wärmeleitung bewegt sich die thermische Energie durch die Außenhülle von Gebäuden und wird an die Außenluft abgegeben. Dabei bewegt sich die Wärme und ist immer bestrebt, einen Ausgleich zwischen wärmeren und kälteren Bereichen herzustellen. Der zentrale Wert zur Bemessung der Transmission von Wärme ist der U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient), er gibt an, wie viel Wärme durch einen festen Körper strömt. Neben diesem Wert leiten vor allem andere technische Werte und die Verarbeitungscompatibilität die Überlegungen zur Wahl eines Dämmstoffes. Unter Nachhaltigkeitsaspekten können die Effizienz (Energieeinsatz zur Herstellung), Konsistenz (Regenerierbarkeit der Rohstoffe), Permanenz (Langlebigkeit von Baustoffen) und Suffizienz (Reduzierung des Rohstoffbedarfs) als neue Dimensionen zur Beurteilung von Dämmstoffen herangezogen werden.

6 Zielsetzung der Lerneinheit, Kompetenzbeschreibung

Im Lernmodul Sanierung eines Flachdachs entwickelt die Lerngruppe Sanierungsvorschläge für das Flachdach des Eingangsbereichs der Villa Mutzenbecher. Dabei beurteilen die Lernenden die aktuelle Konstruktion, informieren sich über die rechtlichen und baulichen Vorgaben und entwickeln auf dieser Basis einen sinnvollen Aufbau des Bauteils. Dabei müssen fachliche, denkmalgerechte und nachhaltige Faktoren besonders berücksichtigt werden sowie die Kooperation von Gewerken.

Die schulischen Ausbildungsinhalte fokussieren im Wesentlichen auf die Konstruktion neuer Bauteile. Allerdings besteht ein sehr großer Teil der tatsächlichen Bauleistung aus dem Bauen im Bestand. An dieser Stelle setzt dieses Lernmodul an und zielt auf die Befähigung, bestehende Bauteile sinnvoll zu sanieren. Dafür wird eine Übersicht über bestehende Vorgaben benötigt, wie Gesetze, die eine energetisch-nachhaltige oder denkmalgerechte Sanierung berücksichtigen. Weiterhin muss die Verbindung fachlicher Lerninhalte unter diesen neuen Perspektiven umgesetzt werden. Im Rahmen der Entwicklung von Sanierungsvorschlägen für das besagte Bauteil erweitern die Lernenden ihre fachlichen Fähigkeiten zum System Flachdach, sie erweitern ihre Beurteilungskriterien um rechtliche und nachhaltige Dimensionen und entwickeln daraus eine möglichst schonende Veränderung der bestehenden Konstruktion im Sinne des Denkmalschutzes. In diesem Spannungsfeld gilt es begründete Entscheidungen für oder gegen bestimmte Varianten zu treffen, die wiederum Auswirkungen auf andere Bereiche mitbringen. Diese Aspekte erweitern die persönliche und fachliche Handlungskompetenz der Auszubildenden.

Durch das Lernmodul werden folgende Kompetenzen gefördert:

Die Lernenden erweitern Ihre berufliche Handlungskompetenz, indem sie ...

- ▶ bei bestehenden Bauteilen Mängel identifizieren und Schadensquellen beurteilen.
- ▶ ihre Entscheidungen von rechtlichen und fachlichen Kriterien leiten lassen.
- ▶ digitale Medien bei der Planung von Aufbauvarianten einsetzen.
- ▶ zu einer technischen eine ökologisch-nachhaltige Perspektive ergänzen, um diese zur Beurteilung von Dämmmaterialien einbeziehen zu können.
- ▶ Unterschiede der zentralen Flachdachkonstruktionen herausarbeiten.
- ▶ die Relevanz ihrer Handlungen für andere Gewerke erkennen und kommunizieren.
- ▶ bauphysikalische Faktoren in die Entscheidung für eine Sanierungsvariante einbeziehen.

7 Ablauf des Lernmoduls

Lernphase	Zeit	Lehr-/Lern-Aktivität	Methoden/Medien
Informationsphase	60	<p>Lehrkraft stellt die Villa und den Auftrag des Architekten vor. Er benötigt Vorschläge zur Sanierung des Flachdachs, die er dem Denkmalschutzamt vorlegen kann.</p> <p>Die Lernenden erkundigen sich bei der Vorstellung der Baubeteiligten über den Auftrag des Architekten, der die Sanierung beauftragt.</p>	<p>Szenario „Überarbeitung Begutachtung der Skizzen und Bilder zum Flachdach der Villa Mutzenbecher“</p> <p>Information „Vorstellung der Baubeteiligten“</p> <p>Aufgabe „Beurteilung der problematischen Stellen der aktuellen Konstruktion“</p> <p>Material „Skizzen und Bilder“</p>
Planungsphase	60	<p>Die Lernenden lernen die Baubeteiligten kennen und leiten Vorgaben aus ihren Äußerungen ab.</p> <p>Die Lernenden stellen mithilfe von UBAKUS den aktuellen Schichtaufbau dar und überprüfen ihre Prognosen zu den problematischen Teilen des Schichtaufbaus</p> <p>Die Lernenden arbeiten sich in UBAKUS mithilfe der Einführung ein.</p>	<p>Aufgabel „Aufbereitung der Informationen“</p> <p>„Aufgabe in UBAKUS“</p> <p>Material „Aufbereitung der Informationen“</p> <p>„Aufgabe in UBAKUS“</p>
Entscheidungs- und Durchführungsphase	210	<p>Die Lernenden erarbeiten unterschiedliche Varianten zur Sanierung des Flachdachs. Dabei entscheiden sie sich unter technologischen und ökologischen Aspekten für einen Wärmedämmstoff.</p>	<p>Information „Varianten der Flachdächer“</p> <p>„Wärmedämmung und Nachhaltigkeit“</p> <p>„Feuchteschutz“</p> <p>„Balkenaufleger“</p> <p>Aufgabe „Varianten der Flachdächer“</p> <p>„Wärmedämmung und Nachhaltigkeit“</p> <p>„Feuchteschutz“</p> <p>„Balkenaufleger“</p>

Lernphase	Zeit	Lehr-/Lern-Aktivität	Methoden/Medien
Kontrollphase	30	Sind die Ziele erreicht worden? Die Lernenden gleichen ihre Ergebnisse mit den Anforderungen ab. Sie halten besondere Spannungsfelder fest in Bezug auf Denkmalschutz	
Auswertungsphase	90	Die Lernenden stellen die Ergebnisse ihrer Gruppe dem Plenum vor. Die anderen Gruppen geben Feedback zu der Ausführung. Beurteilung aus der Perspektive des Denkmalschutzamtes.	

Der geplante Zeitrahmen dieses Lernmoduls beträgt insgesamt 450 Minuten.



Sanierung des Flachdachs in der denkmalgeschützten Villa Mutzenbecher


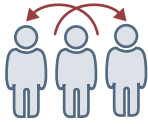







Lernmodul Flachdachkonstruktion (Lösungen)

Das Projekt GESA wird im Rahmen des ESF-Bundesprogramms „Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung befördern. Über grüne Schlüsselkompetenzen zu klima- und ressourcenschonendem Handeln im Beruf – BBNE“ durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit sowie den Europäischen Sozialfonds gefördert.

Arbeitsmaterial für Lernende (Icons)

Im folgenden Lernmodul werden Sie am Rand Icons finden. Sie sind Erkennungszeichen für eine dahinterliegende Funktion. Des Weiteren werden in einigen Textabschnitten, in kleinen grünen Kästchen, kurze Zusammenfassungen bzw. Anregungen zum Inhalt gegeben.

Icons zur schnelleren Orientierung		Szenario/ Kundenauftrag	
Gewerke übergreifendes Arbeiten		Informationen	
Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung		Aufgaben	
Denkmalschutz		Material	

Erläuterungen zu den Icons



Das Icon „**Szenario/Kundenauftrag**“ steht zu Beginn jedes Lernmoduls. Es soll grafisch darstellen, dass es sich bei der nebenstehenden Textstelle um das übergreifende Lernszenario bzw. den Kundenauftrag eines Lernmoduls handelt.



Das Icon „**Information**“ soll grafisch darstellen, dass es sich bei der nebenstehenden Textstelle um wichtige Sachinformationen, wie z.B. technische Tabellen, Produkt- und Herstellerangaben, Gesetze, Vorschriften und fachliche Infotexte zur Bearbeitung von Lern- und Arbeitsaufgaben handelt.



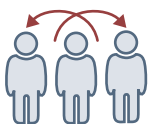
Das Icon „**Aufgaben**“ soll kennzeichnen, dass es sich nebenstehend um eine Lern- und Arbeitsaufgabe handelt, die in Einzelarbeit, zu zweit oder im Team bearbeitet werden kann.



Das Icon „**Material**“ soll darauf verweisen, dass z.B. Grafiken, Protokollvorlagen oder Grundrisse zur Bearbeitung der Aufgaben beitragen.



Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung (BBNE): Das Icon steht für Inhalte, die einen besonderen und unmittelbaren Bezug zu BBNE haben. Unter BBNE wird folgendes verstanden: „BBNE ist eine berufliche Bildung zu zukunftsfähigen Denken und Handeln in beruflichen, betrieblichen, gesellschaftlichen und privaten Kontexten, die es ermöglicht die Auswirkungen des eigenen beruflichen Handelns auf die Welt zu verstehen und verantwortungsvolle Entscheidungen zu treffen.“



Das Icon „**Gewerke übergreifendes Arbeiten**“, verweist darauf, dass die nebenstehenden Textinhalte im unmittelbaren Zusammenhang mit Gewerke übergreifender Zusammenarbeit steht. Darunter wird verstanden, dass sich Handwerker:innen aus unterschiedlichen Gewerken (z.B. Elektriker:in und Tischler:in) abstimmen müssen. Zur fachgerechten Umsetzung müssen Absprachen über sogenannte Schnittstellen geführt werden.



Das Icon „**Denkmalschutz**“ soll ausdrücken, dass es sich bei der nebenstehenden Textstelle um besondere Anforderungen handelt, die mit dem Denkmalschutz verbunden sind. Eine wesentliche Herausforderung besteht darin, die Gebäudeausstattung im Sinne des Denkmalschutzes zu erhalten, d.h. sie nahe dem ursprünglichen Zustand wiederherzustellen.



Begehung der Villa Mutzenbecher

Obwohl die Villa Mutzenbecher seit 2007 unter Denkmalschutz steht, kam es 2012 zur Diskussion darüber, ob die Villa abgerissen werden sollte. Insbesondere die Frage nach dem Nutzen und den zu erwartenden Sanierungskosten wurde kontrovers diskutiert. Sie möchten sich selbst ein Urteil zum Denkmalwert bilden und schauen sich die Villa genauer an.



3D-Rundgang

Starten Sie den 3D-Rundgang (<https://bbne-mutzenbecher.blogs.uni-hamburg.de/>) und schauen Sie sich sämtliche Räume an. Achten Sie besonders auf bauliche Details der Villa Mutzenbecher, die heute nicht mehr üblich sind.





Einführung und Auftrag des Architekten

Begehung und Beurteilung des Flachdachs der Villa Mutzenbecher

Die Villa Mutzenbecher ist ein umfangreiches Bauprojekt, in dem ein denkmalgeschütztes Gebäude vom Verein *WERTE erleben e.V.* saniert wird. Die Arbeiten umfassen alle Teile der Villa, vom Dach über die Fenster, die Bodenbeläge und das Malen der Räume. Die Villa Mutzenbecher wurde als Sommerdomizil des Generaldirektors des Versicherungskonzerns Albingia zwischen 1908 und 1910 umgestaltet und nur in den Sommermonaten genutzt. Weitere kleinere Umbaumaßnahmen lassen sich in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts verorten, ansonsten blieb die Villa seit der Gründung der Bundesrepublik weitestgehend ungenutzt, wodurch sich ein großer Sanierungstau im Gebäude ergab. Einzig ein einzelner langjähriger Bewohner der Villa hat immer wieder kleine Leckagen und Schäden behoben.

Nach der Instandsetzung wird die Villa Mutzenbecher eine Bildungs- und Begegnungsstätte mit den Schwerpunkten Stadtteil- und Stadtgeschichte, Umweltbildung, Waldpädagogik, Kunst, Theater, Musik. Die Villa wird eine Kreativwerkstatt für alle Generationen. Außerdem soll ein Teil des Forums Kollau mit Stadtteilarchiv und Geschichtswerkstatt und die Kita Waldforscher mit einem Grünen Klassenzimmer in die Villa einziehen.

Das Flachdach über dem Windfang, der zwischen den Hauptgebäudeteilen der Villa Mutzenbecher liegt, schätzt der zuständige Architekt als nicht mehr ausreichend ein und möchte einige Veränderungen im Rahmen der Sanierung umsetzen. Dazu beauftragt er Zimmereien, die eine energetische und konstruktive Modernisierung des Bauteils vornehmen sollen. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass das Gebäude unter Denkmalschutz steht und somit Vorschläge zur Sanierung bei dem Hamburger Denkmalschutzamt vorgelegt werden müssen. Die beauftragten Zimmereien sollen Sanierungsvorschläge entwickeln, die der Architekt beim Denkmalschutzamt einreichen möchte. Darin sollen mögliche Mängel und Schäden aufgeführt werden sowie Vorschläge für den Aufbau der Konstruktion und für sinnvolle Materialien gemacht werden. Da die Konstruktion noch nicht geöffnet wurde, hat der Architekt als Grundlage zur Beurteilung einige Skizzen zum Aufbau erstellt. Am Ende soll das Denkmalschutzamt alle wichtigen Informationen zur Sanierung erhalten.

Architekt



„Ich bin als Architekt für die Planung und Bauleitung dieses Projekts zuständig. Dazu zählt die Koordination sämtlicher Sanierungsarbeiten der Gewerke. Das ist bei diesem Objekt besonders anspruchsvoll, weil wir viele der Anforderungen berücksichtigen müssen. Glücklicherweise haben wir zur Unterstützung Experten:innen aus unterschiedlichen Bereichen, die uns die Anforderungen und Besonderheiten mitteilen. Die Sanierung des Flachdachs überlassen wir euch Zimmerleuten. Bitte informiert euch bei den anderen Baubeteiligten über die Anforderungen, die das Flachdach erfüllen muss. Sie beschreiben euch die Vorgaben ihrer Bereiche und diesen soll das Dach am Ende genügen.

Ich habe mit dem Bewohner der Villa einige Zeichnungen zu dem Aufbau der Flachdachkonstruktion erstellt. Er hat bereits einige kleine Sanierungsarbeiten auf der Innenseite der Decke durchgeführt und mir den aktuellen Zustand beschrieben. Daraus sind die Zeichnungen entstanden. Ihr Zimmerleute sollt auf dieser Grundlage die Konstruktion beurteilen und einen Sanierungsvorschlag entwickeln. Darin sollen Zeichnungen zum Aufbau vorhanden sein, außerdem brauchen wir Vorschläge zu geeigneten Materialien, zum Schutz vor Feuchtigkeit und zur Reparatur besonders beschädigter Bereiche.



Beurteilung der Konstruktion

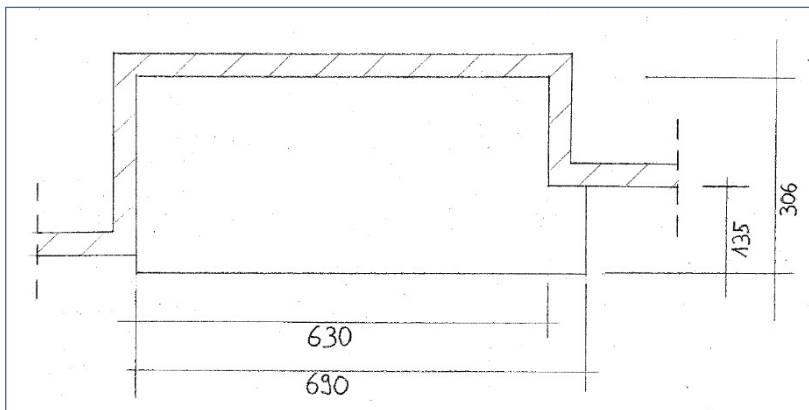
Eingangsbereich der Villa Mutzenbecher – Was ist los mit dem Flachdach?



Der Eingangsbereich zur Villa während der Sanierung

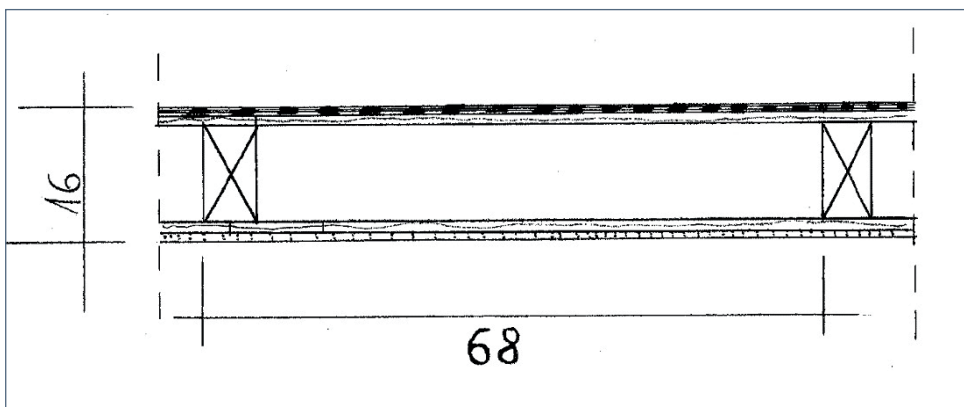
Der Eingangsbereich der Villa Mutzenbecher liegt zwischen den beiden Hauptteilen. Es ist ein einstöckiger Flachbau, der den Zugang zum Treppenhaus über einen offenen Flur ermöglicht. Das Flachdach ist an drei Seiten von Mauerwerk umschlossen. Die Balken liegen vom Eingangsbereich des Windfangs in Richtung des Quertrakts, der die beiden Gebäudeteile verbindet (Abbildung 2). Das Gebäude liegt im Niendorfer Gehege und ist von sehr hohen Bäumen umschlossen, die das Gebäude meistens im Schatten halten.

Die Entwicklung von Sanierungsvorschlägen soll auf der Basis der folgenden Fotos und Skizzen des Architekten erfolgen. Sie stellen den angenommenen aktuellen Stand der Konstruktion dar.



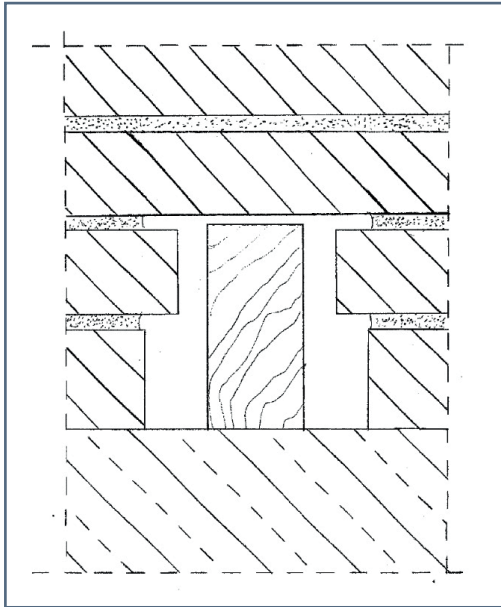
Draufsicht zum Flachdach mit den Abmessungen der Dachhaut

Die Innenseite der Decke ist noch traditionell aus einem Stroh-Putz-Verbund hergestellt. Am Übergang des Putzes zum Durchgang in das Hauptgebäude ist ein Zierstück aus Stuck angebracht.



Schnitt der Konstruktion in Längsrichtung

Das Auflager in Richtung des Quertrakts liegt auf einem massiven Sturz, der gleichzeitig auch das Außenmauerwerk des Quertrakts trägt. Das Auflager auf der anderen Seite liegt auf einer Holzkonstruktion, die mit Ziergläsern versehen ist. Sie soll bei der Sanierung nicht berücksichtigt werden.

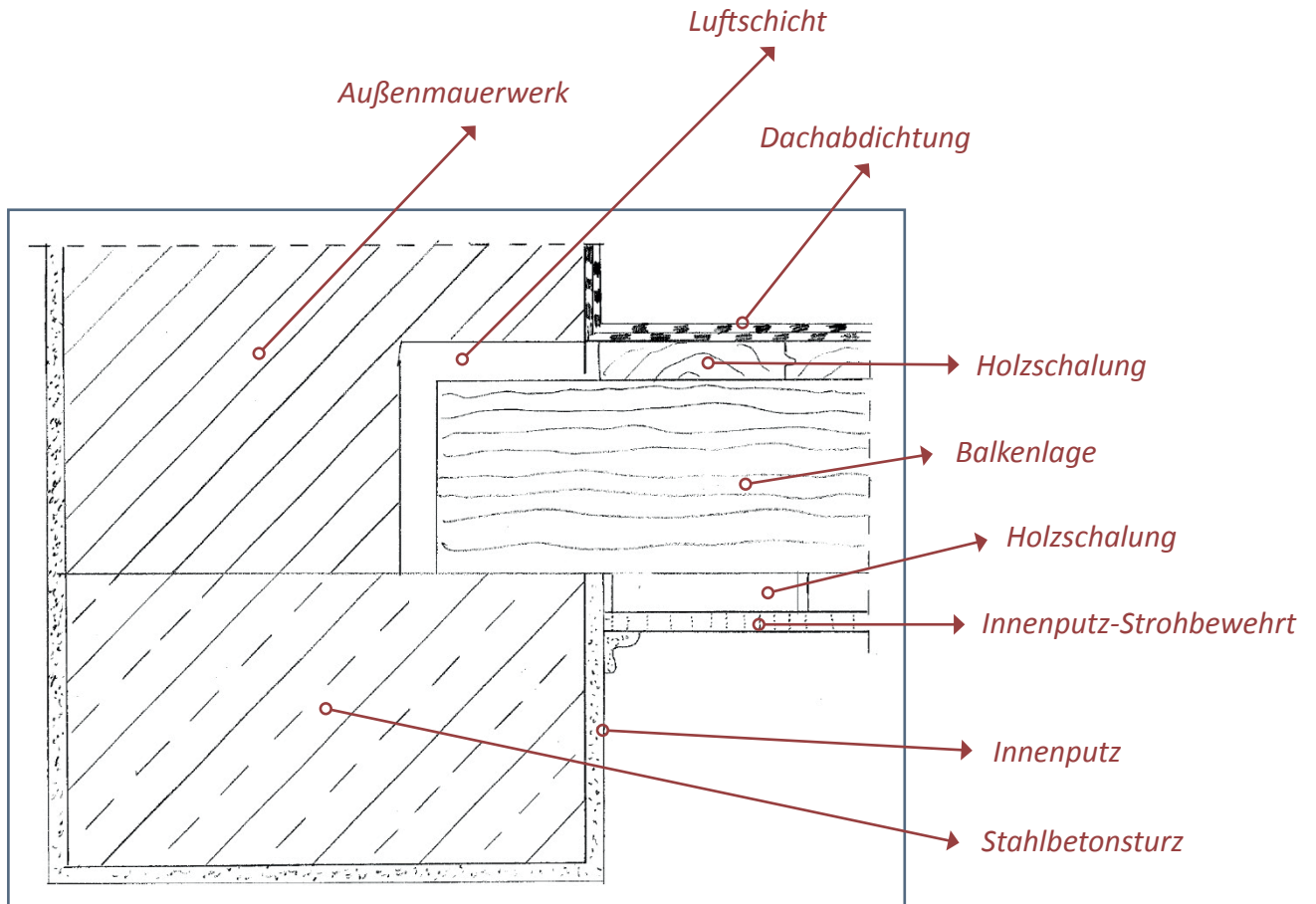


Auflager im Querschnitt



Arbeitsauftrag

1. Ergänzen Sie in dem Bild "Auflager massiver Sturz" die Bezeichnungen für die Bauteile! Tragen Sie diese einfach in das Bild in roter Farbe ein!



Auflager massiver Sturz



2. Beurteilen Sie den technischen Zustand der Konstruktion und die möglichen Mängel. Erstellen Sie eine Liste mit Mängeln und Maßnahmen, die Sie erkennen.

Mängel und Maßnahmen
Es gibt keine Folie, die die Bewegung von Wasserdampf durch die Konstruktion behindert
Die Dimensionierung des Balkenauflegers ist sehr klein (klassisch bei alten Konstruktionen)
Es gibt keine Sperrschicht zwischen dem Massivaufleger und Balkenaufleger (Feuchtegefahr)
Es fehlt die Dämmung am Balkenkopf, die eine Wärmebrücke verhindert.
<p>Schäden am Balkenaufleger</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Unzureichender Wärme und Feuchteschutz ■ Schädlingsbefall der Dachkonstruktion ■ Faulende Holzbalkenköpfe am Balkenaufleger ■ Unterdimensionierte Holzbalken ■ Abgelöster Deckenputz ■ Schadhafte Putzträgern

3. Gleichen Sie Ihre Listen in den Kleingruppen ab und diskutieren Sie ihre Ergebnisse. Erstellen Sie daraus eine finale Liste für Ihre Gruppe!



Baubeteiligte



Bauherr

„Die Sanierung der alten Villa Mutzenbecher ist ein sehr umfangreiches Projekt, in dem unserem Verein viele Dinge wichtig sind. Unser Verein versucht Werte der Gesellschaft zu erhalten, damit folgende Generationen sie kennenlernen können. Dahinter steht für uns ein Verständnis von Nachhaltigkeit, die in verschiedene Bereiche einfließt. Neben der Idee das alte Bauwerk zu schützen, ist für uns auch die Vorstellung wichtig die Umwelt durch unser Wirken so wenig wie möglich zu belasten. Wir wollen die Sanierung der Villa natur- und verantwortungsbewusst gestalten. Das betrifft in unserer Vorstellung vor allem der Bereich der Baustoffe, bei deren Auswahl wir auf Nachhaltigkeit achten wollen. Gleichzeitig soll unser Gebäude so wenig Energie wie möglich verbrauchen.“

**Mitarbeiter:in des Denkmalschutzamtes**

„Wir überprüfen die Vorschläge zur Umsetzung der Sanierungsarbeiten an der Villa Mutzenbecher und anderer denkmalgeschützter Gebäude in Hamburg. Generell muss jeder Vorschlag für Baumaßnahmen bei uns besichtigt und freigegeben werden. Das heißt, ohne unsere Zustimmung gibt es keine Arbeiten! Für uns hat der Bestandsschutz Vorrang.

Für uns gilt das Prinzip: So wenig wie möglich und so viel wie nötig! Wir wissen, dass diese Aussage sehr breit ausgelegt werden kann. Es ist auf jeden Fall wichtig, dass die Maßnahme zu einer Förderung der Lebensdauer des Bauteils beiträgt. Denn nur dadurch bleibt es erhalten. Wir stehen also nicht allen Veränderungen ablehnend gegenüber. Trotzdem sollen problematische oder schadensanfällige Stellen auch nur in geringen Maßen verändert werden

Bei bereits beschädigten Teilen muss mehr gemacht werden. Für uns gilt in dem Zusammenhang: Die Ergänzung von Bauteilen steht vor dem vollständigen Austausch von Material“. Reparatur geht also stets vor Ersatz! Wir wollen das Erscheinungsbild des Baudenkmals erhalten. Allerdings steht die Verlängerung der Lebenszeit vor dem Erhalt der historischen Aspekte.“



Baubeteiligte

Maurermeister:in

„Ich habe bereits einige Sanierungen von Altbaustellen betreut. Hier bin ich ein bisschen für alles zuständig. Ich habe schon ein paar kleine Schadstellen am Dach bereinigt, daneben mache Mauerwerksarbeiten, kümmere mich um Putz, kleine Trockenbauaufträge, bisschen Wärmedämmung, wo eben etwas auffällt. Sagt mir einfach Bescheid, wenn wir irgendetwas zusammen machen wollen oder müssen.

Ich habe hier schon einige Ecken aufgemacht und dabei festgestellt, dass die Balkenköpfe, die auf dem Sturz aufliegen, nicht mehr so doll sind. Da müsst ihr wahrscheinlich bald mal ran.





Energiebeauftragte

„Laut des GEG 2020 (Gebäude-Energie-Gesetz 2020) soll ein möglichst sparsamer Einsatz von Energie im Gebäude zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom dabei helfen, fossile Ressourcen zu schonen und den Klimawandel zu verlangsamen.

Auch zur Nachrüstung von bestehenden Gebäuden gibt es einige Regelungen, die darin festgehalten sind. So müssen laut § 47 die oberste Geschossdecke dem Mindestwärmeschutz genügen. Der liegt bei dem U-Wert von $0,24 \text{ [W/m}^2\text{*K]}$. Soweit bei beheizten Gebäuden Außenbauteile erneuert, ersetzt oder erstmalig eingebaut werden, gilt diese Regelung.

Auch zur Nachrüstung von bestehenden Gebäuden gibt es Regelungen. So müssen Geschossdecken den Mindestwärmeschutzanforderungen genügen. Also einen U-Wert von $0,24$ erfüllen. Ist die Dämmschichtdicke allerdings aus technischen Gründen begrenzt, erfüllt eine höchstmögliche Dämmschichtdicke mit einem Bemessungswert von $0,035 \text{ [W/m}^2\text{*K]}$ die Anforderungen. Falls jemand allerdings Dämmmaterialien aus nachwachsenden Rohstoffen oder Einblasdämmung verwenden will, ist eine Wärmeleitfähigkeit von $0,045$ Einheit? ebenfalls zulässig für die energetische Sanierung.

Die Villa Mutzenbecher mit ihrem Status als Denkmal hat allerdings eine Sonderregel. Sollte bei der Erfüllung der Anforderungen die Substanz oder das Erscheinungsbild verändert werden, kann von den Anforderungen abgewichen werden.“





Baubeteiligte

Dachdeckermeister:in

„Ich habe mir das Flachdach mal angeschaut und festgestellt, dass die Dachabdichtung bereits beschädigt ist. Ich werde die Außenseite komplett abreißen müssen und dann eine neue Dachhaut aufbringen, damit die Niederschlagsbeständigkeit weiterhin gegeben ist und das Dach gleichzeitig dem aktuellen Bild entspricht.

Wir werden drei Lagen Bitumenbahn auf dem Dach verschweißen, mit einer Dicke von jeweils 5mm. Das Flachdach gehört zu den nicht genutzten Flachdächern, das heißt nur zum Zweck der Pflege und Instandhaltung wird das Dach betreten.

Folglich muss es nur selten betreten werden, also muss keine besonders tragfähige Konstruktion hergestellt werden. Wahrscheinlich sind sowohl Warm- und Kaldach für den Eingangsbereich möglich. Damit ich meine Abdichtung herstellen kann, brauche ich aber einen ebenen und nicht leicht entzündlichen Untergrund.“





1. Erstellen Sie eine Liste mit den wesentlichen Informationen und Hinweisen der Baubeteiligten.

Baubeteiligte	
Bauherrin	<ul style="list-style-type: none"> • Nachhaltigkeit als wichtiger Faktor • Geringer Energieverbrauch des Gebäudes
Denkmalschutzmitarbeiterin	<ul style="list-style-type: none"> • Reparatur vor Ersatz • Genehmigungspflichtig • So wenig wie möglich, so viel wie nötig
Maurermeister	<ul style="list-style-type: none"> • Hinweis zu schadhafte Balkenköpfen am Auflager der Deckenbalken
Energieberaterin	<ul style="list-style-type: none"> • Oberste Geschossdecke WLF 0,24 • Begrenzte Dämmschichtdicke 0,35 • Nachwachsende Dämmstoffe 0,45 • Bei Veränderung der Erscheinung kann von Angaben abgewichen werden
Dachdeckermeister	<ul style="list-style-type: none"> • Ebener Untergrund • Keine leicht entzündlichen Materialien • Neue Dachhaut und somit wird das Dach von außen geöffnet.



Was ist der UBAKUS?

Mit der Website UBAKUS (www.ubakus.de oder QR-Code 1) lassen sich unterschiedliche bauphysikalische Daten schnell berechnen und anschaulich darstellen. Es soll die Planung von Wärmedämmung für neue und bestehende Gebäude vereinfachen. Mit dem System können bestehende Konstruktionen entweder nachgebaut, erstmals entwickelt und anschließend ausgewertet werden. Dazu muss ein Bauteil in Form des Schichtaufbaus auf der Website erstellt werden. Währenddessen werden bereits die ersten Ergebnisse dargestellt. Er bietet Informationen zum Wärmeverlust, zur Feuchtebelastung und zur Wärmegewinnung des Bauteils. Weiterhin sind Informationen zum Energieaufwand bei der Herstellung, der Klimabilanz und der finanziellen oder energetischen Amortisation zugänglich.

Die Nutzer können bei dem Programm auf eine breite Palette von Baustoffen unterschiedlicher Hersteller zurückgreifen. Die meisten Werkstoffe sind mit einem eigenen Steckbrief ausgestattet, der auf den Informationen des Herstellers basiert. Neben den technischen Informationen wird die nachhaltige Dimension der Baustoffe berücksichtigt.

Das zentrale Element der Seite ist der U-Wert-Rechner. Um das Programm nutzen zu können, muss ein kostenfreier Account auf der Seite angelegt werden. Zum Kennenlernen des Programms ist eine Videoeinführung auf der Website unter Anleitungen → Videoanleitung angelegt (nutze QR-Code). Auf den folgenden Seiten ist eine Tabelle mit den wichtigsten Funktionen zusammengefasst und visualisiert.



<https://www.ubakus.de/grafische-bauteileingabe-video-tutorials/>



<https://www.ubakus.de/u-wert-rechner/>



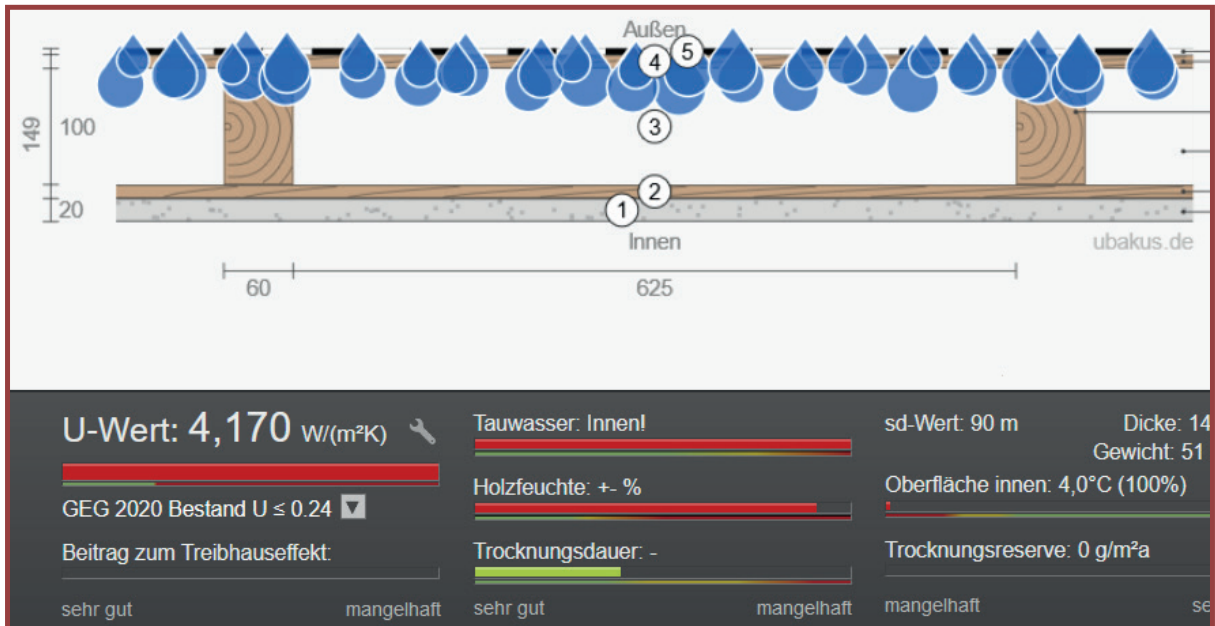
UBAKUS: Die wichtigsten Informationen auf einen Blick

Welche Funktion?	Was kann die Funktion?	Nummer
Art des Bauteils	Wahl zwischen Wand, Dach (besontet oder verschattet), usw.	1
Tabellarische Darstellung	In einer Tabelle die Baustoffe auswählen, das ist sehr übersichtlich	2
Graphische Darstellung	Die Baustoffe frei an die gewünschte Stelle schieben, etwas anspruchsvoller, aber auch flexibler	3
Ökobilanz	Unter dem Reiter „Sanierung“ sind die erwartbaren Einsparungen im Vergleich zum vorherigen Zustand dargestellt.	4
Suchfunktion	Durch das Klicken auf die Schicht öffnet sich der Suchbereich für die Baustoffe. Die Lupe signalisiert die Suchleiste.	5
Beispiel Baustoff (ohne Auswahl beim Hersteller)	Der Eintrag vor der Auswahl der Hersteller. Beispiel: Dichtbahnen, Folien → Dichtbahn, Bitumen	6
Neue Schicht einfügen	Zwischen den bestehenden Schichten eine neue Schicht einfügen	7
Balkenlage einfügen	Fehlt dir noch eine Tragschicht in der Dämmung, dann füge damit einen Balken ein.	8
Bauteil Eigenschaften	Hier kannst du Einstellungen zu den Baustoffen und Bauteilen ändern. Zum Beispiel die Bezeichnung	9
Schichten ausblenden	Du kannst eine Schicht erst ausblenden und anschließend löschen	10
Schicht löschen	Wenn die Schicht ausgeblendet ist, erscheint das Symbol zum Löschen.	11
Verschieben der Schichten	Durch das Verschieben könnt ihr jede Schicht an eine andere Stelle legen.	12
Folien um Balken legen	Durch den Button	13





1. Schauen Sie die Videoanleitung zum UBAKUS-Rechner an.
2. Bauen Sie den Schichtaufbau der Skizze des Architekten mit dem UBAKUS nach.



Aufbau vom Flachdach im UBAKUS



3. Welche Probleme stellt UBAKUS bei der Konstruktion fest? Vergleichen Sie das Ergebnis mit Ihrer Diagnose zu den Skizzen des Architekten.

- Tauwasserbildung zwischen Schalung und Außenhaut aus Bitumen
- Holzfeuchte in der Konstruktion nimmt stark zu, es kann zur Bildung von Pilzen oder dem Befall von Insekten kommen
- Der U-Wert der Konstruktion ist sehr hoch. Die Wärme kann nahezu ungehindert aus dem Raum wegströmen.
- Es fehlt eine Dämmung, die die Wärmebewegung behindert.



Varianten des Flachdachs

Flachdachkonstruktionen

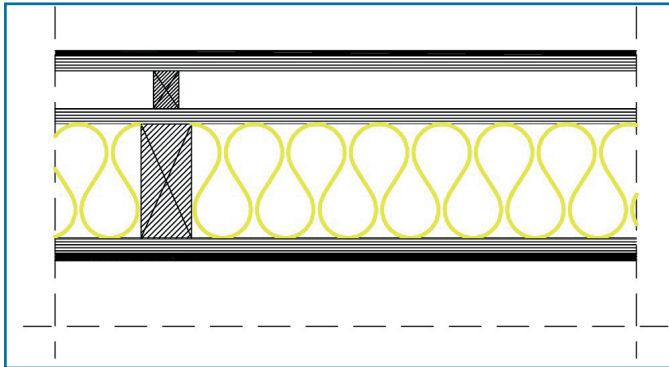
Dachflächen mit einer Neigung von weniger als 5 % werden als Flachdächer bezeichnet und erhalten anstelle einer Dachdeckung eine Dachabdichtung aus zum Beispiel Bitumenbahnen. Die geringe Neigung ist notwendig, um Wasseransammlungen zu verhindern, die bei Vereisung oder durch das Wachstum von Pflanzen und Algen auf dem Dach Schäden befördern. Die Vorteile gegenüber den geneigten Dächern sind das geringere Eigengewicht, breitere Nutzungsmöglichkeit und mehr gestalterische Freiheit. Die geringe Ableitung von Feuchtigkeit erfordert aber eine sehr sorgfältige Herstellung der Konstruktion. Beim Bau einer Flachdachkonstruktion kommen unterschiedliche Baumaterialien zum Einsatz, die in Schichten angelegt sind. Sie bestehen immer aus einer Tragschicht, Wärmedämmschicht und der witterungsbeständigen Dachabdichtung. Wobei die Dämmschicht oder Teile davon auch in den Gefachen der Balkenlage, darüber oder darunter angelegt sein können. Flachdächer mit einem Tragwerk aus Holzbalken benötigen zusätzlich eine Dachschalung aus Brettern oder Holzwerkstoffen, auf der die Dachabdichtung befestigt wird. Auf der Raumseite kann unter Umständen eine Unterkonstruktion für die Innenwandbekleidung eingebaut werden.

Es lassen sich zwei Arten von Flachdächern unterscheiden, belüftete und unbelüftete Flachdächer.



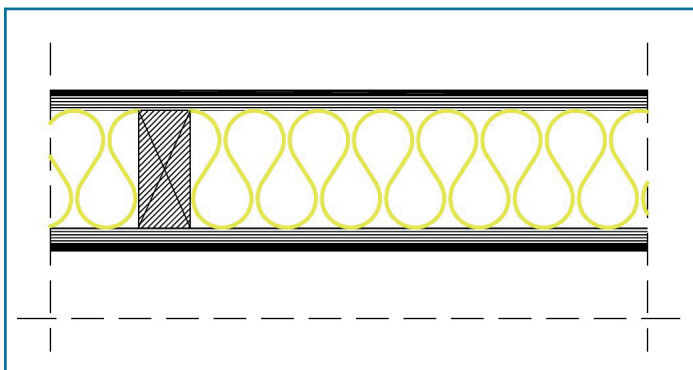


Das **belüftete Flachdach** wird auch als Kaltdach bezeichnet, weil die Tragkonstruktion für die Abdichtung im kalten Bereich liegt. Dazwischen ist der für die Belüftung erforderliche Zwischenraum. Der Luftaustausch erfolgt ausschließlich über die Bewegung der Außenluft. Daher muss die Luftschicht eine gewisse Abmessung erreichen. Der Querschnitt der Belüftungsöffnung muss mindestens $1/500$ der Dachgrundfläche betragen oder mindestens 5 cm. Durch diese zusätzliche Luftschicht kann in die Konstruktion eingetragene Feuchtigkeit an die Außenluft abgegeben werden. Bei belüfteten Dächern ist zu berücksichtigen, dass die Nutzung der Fläche durch die Konstruktion der Tragschicht eingeschränkt werden kann.



- Weniger anfällig für Feuchteanfall
- Hat größeren Dachaufbau

Das **unbelüftete Dach** wird auch als Warmdach bezeichnet, weil die Tragkonstruktion im warmen Bereich liegt. Also auf der Wärmedämmschicht oder direkt unterhalb der Wärmedämmung. Eine Belüftung der Konstruktion kann nicht erfolgen. Damit die Wärmedämmschicht durch das Kondensieren von Luftfeuchtigkeit nicht durchfeuchtet, muss die Diffusion von Innen in die Konstruktion behindert werden. Mit der Abdichtung nach Außen und der dampf behindernden Ebene aus Folie nach innen stellt diese Konstruktion besondere Ansprüche an sorgfältiges Arbeiten. Da bereits kleinste Beschädigungen zum Einbringen von Feuchtigkeit führen können.



- feuchtevariable (intelligente) Dampfbremse
- Dachaufbau mit geringer Höhe
- Keine Verschattung der Dachfläche durch Bäume o.ä. zulässig
- Schwarze Abdichtung (notwendig zur Rücktrocknung)



1. Vervollständigen Sie die Tabelle und ordnen Sie den Zeichnungen die Konstruktionsschicht zu.

Nummer	Konstruktionsschicht	Funktion
1	Bitumenpappe/ Dachabdichtung	Wasserdichte Ebene, Schutz vor Niederschlagswasser und Umwelteinflüssen,
2	Dachschalung; Holzschalung/Holzwerkstoffplatte	Ebene Fläche zum Befestigen der Dachabdichtungen, außerdem Schall und Brandschutz Schutz der Dämmung vor der Hitze der Heißverklebung Tragschale zum Schutz bei weichen Dämmungen oder belüfteten Dächern
3	Lüftungsebene	Entlüftung eingetragener Feuchtigkeit über die Außenluft
4	Wärmedämmung	Verringerung von Wärmedurchgang (Verringerung der Transmissionswärmeverluste)
5	Tragwerk	Raumtrennung und Abtragung der unterschiedlichen Lasten
6	Dampfsperre, Dampfbremse	Verhinderung der Dampfdiffusion in Wärmedämmung und unter die Abdichtung
7	Unterkonstruktion	Zwischen den bestehenden Schichten eine neue Schicht einfügen
8	Innenwandbekleidung	Optischer Abschluss des Bauteils, teilweise eigene Funktionsschicht



2. Welche wichtigen Bestandteile fehlen in dem aktuellen Aufbau des Flachdachs der Villa Mutzenbecher?

- Es fehlt die Dämmung im System
- Es fehlt der Feuchtigkeitsschutz
- Es gibt keine Belüftungsebene
- Besonders die bauphysikalischen Aspekte wurden nicht berücksichtigt



3. Bauen Sie mit dem UBAKUS jeweils eine Variante für ein belüftetes und ein unbelüftetes Dach nach. Darin sollen nach Möglichkeit alle Schichten vorhanden sein.

Innen: Reduzierte Luftzirkulation 20 °C 50 % Luftfeuchtigkeit Rsi...

Von innen nach außen: umkehren Höhe Breite Abstand λ μ

№	Material	Höhe	Breite	Abstand	λ	μ
1	Rohrgewebe mit Putz	20 mm			0,47	10
2	Holzschalung (Decke) mit Fugen	12 mm			0,175	40
3	Dampfbremse sd=10	0,5 mm			0,22	sd=10
4	Mineralwolle WLG035	100 mm			0,035	1/2
	Sparren	100 mm	60 mm	625 mm	0,13	20/50
5	Holzschalung (Decke) mit Fugen	12 mm			0,175	40
6	Dichtbahn, Bitumen	10 mm			0,23	50000
7						

Außen: Direkter Übergang zur Außenluft -5 °C 80 % Luftfeuchtigkeit Rse...

Labels in diagram: Außen, 12, 100, 12, 20, 60, 625, Innen, ubakus.de

Labels on right: Dichtbahn, Bitumen (10mm), Holzschalung (Decke) mit Fugen (12mm), Sparren (100x60mm²), Mineralwolle WLG035 (100mm), Dampfbremse sd=10 (0,5mm), Holzschalung (Decke) mit Fugen (12mm), Rohrgewebe mit Putz

Flachdachaufbau unbelüftet

Innen: Reduzierte Luftzirkulation 20 °C 50 % Luftfeuchtigkeit Rsi...

Von innen nach außen: umkehren Höhe Breite Abstand λ μ

№	Material	Höhe	Breite	Abstand	λ	μ
1	Rohrgewebe mit Putz	20 mm			0,47	10
2	Holzschalung (Decke) mit Fugen	12 mm			0,175	40
3	Dampfbremse sd=10	0,5 mm			0,22	sd=10
4	Mineralwolle WLG035	100 mm			0,035	1/2
	Sparren	100 mm	60 mm	625 mm	0,13	20/50
5	AGEPAN DWD Protect	16 mm			0,09	11
6	Hinterlüftung (Außenluft)	40 mm			auto	1
7	Holzschalung (Decke) mit Fugen	12 mm			0,175	40
8	Dichtbahn, Bitumen	10 mm			0,23	50000
9						

Außen: Direkter Übergang zur Außenluft -5 °C 80 % Luftfeuchtigkeit Rse...

Labels in diagram: Außen, 40, 16, 100, 12, 20, 60, 625, Innen, ubakus.de

Labels on right: Holzschalung (Decke) mit Fugen (12mm), Hinterlüftung (Außenluft) (40mm), AGEPAN DWD Protect, Sparren (100x60mm²), Mineralwolle WLG035 (100mm), Dampfbremse sd=10 (0,5mm), Holzschalung (Decke) mit Fugen (12mm), Rohrgewebe mit Putz

Flachdachaufbau belüftet



4. Vergleichen Sie und beurteilen Sie auf Grundlage der Kriterien der Baubeteiligten die Aufbauvarianten!

Beispiel eines belüfteten Flachdachs

- Die Aufbauvariante mit Belüftungsebene hat einen minimal verbesserten U-Wert, der aber nicht in den Anforderungen der Energieverordnung liegt
- Die belüftete Aufbauvariante hat einen stark erhöhten Aufbau, was die Anforderungen des Erhalts der Erscheinung beeinträchtigt
- Es kommt bei der Variante zu keiner Ablagerung von Feuchtigkeit, folglich gibt es bei der Variante theoretisch keine Schadensquellen durch Feuchtigkeit von Innen

Beispiel eines unbelüfteten Flachdachs

- Der U-Wert ist minimal schlechter als bei der anderen Aufbauvariante
- Es kommt zur Tauwasserbildung innerhalb der Konstruktion
- Die Trocknungsdauer übersteigt die maximal erlaubten Tage (90) mit 128 Tagen.
- Der Querschnitt wird nicht erhöht, was den Forderungen des Denkmalschutzamtes entspricht, die Erscheinung nicht zu verändern.



Wärmedämmung und Nachhaltigkeit

Wer sein Haus nach modernen Standards dämmt, kann den Energieverbrauch stark reduzieren. Neben der Kosteneinsparung spielt der Schutz des Klimas mittlerweile eine wichtige Rolle. Besonders bei der Sanierung von bestehenden Gebäuden müssen große Anstrengungen unternommen werden, um durch Wärmedämmung den Energieverbrauch und folglich den CO₂-Ausstoß zu reduzieren. Ungefähr 80 % des Energieverbrauchs privater Haushalte wird für die Wärmeerzeugung eingesetzt (Quelle). Die Wahl für einen Dämmstoff wird vor allem durch technische und wirtschaftliche Überlegungen geprägt. Dabei erscheinen auch nachhaltige Aspekte bei der Auswahl von Wärmedämmstoffen als besonders wichtig, um eine ganzheitliche Beurteilung zu ermöglichen.

Grundlegendes zur Nachhaltigkeit beim Bauen

Um den Aspekt der Nachhaltigkeit bei der Sanierung von Gebäuden zu berücksichtigen, sollte der gesamte Lebenszyklus eines Gebäudes berücksichtigt werden. Also neben der Planung und Erstellung auch die Nutzung und Modernisierung und anschließend der Rückbau des Gebäudes. Denn Bauen verursacht einen tiefen Eingriff in die natürliche Umwelt und ist gekennzeichnet durch einen Verbrauch großer Flächen und einer Menge Rohstoffe. Eine neue nachhaltige Dimension zur Beurteilung von Dämmstoffen sollte diese Überlegung beinhalten.

Effizienz

Nicht die verfügbare Menge der Ressourcen ist entscheidend, sondern der Aufwand an Rohstoffen und Energie der benötigt wurde. Ressourcenproduktivität muss erhöht werden, um Ressourcenverbrauch und Energieeinsatz zu minimieren.

Suffizienz

Damit ist ein ressourcensparender Ansatz gemeint. Es werden die natürlichen Grenzen von Ressourcen berücksichtigt. Darin schwingt die Idee mit, nicht regenerierbare durch regenerierbare zu ersetzen.

Konsistenz

In nachhaltigen Systemen gibt es keine Abfälle. In ihnen wird die Wiederverwertung von Ressourcen angestrebt. Außerdem sollten keine Schadstoffe abgegeben werden, um die Aufnahmefähigkeit der Umwelt nicht zu überlasten oder zu gefährden.

Permanenz

Darin ist der Wunsch formuliert, die Lebensdauer der Bauteile möglichst lange zu erhalten. Dazu sollten die Baustoffe eine hohe Lebenserwartung für die Nutzung ermöglichen.



1. Vervollständigen Sie in der Gruppe mithilfe des UBAKUS die fehlenden Informationen der Steckbriefe!

Steinwolle	
Wärmeleitfähigkeit in W/m*K	0,035
Gewicht in kg/m ³	20
Wasserdampf-diffusionswiderstands-zahl (Sd-Wert)	1–2
Brandschutzklasse	A 1

Stopfhanf	
Wärmeleitfähigkeit in W/m*K	0,048
Gewicht in kg/m ³	50
Wasserdampf-diffusionswiderstands-zahl (Sd-Wert)	1–2
Brandschutzklasse	B 2

Glaswolle	
Wärmeleitfähigkeit in W/m*K	0,035
Gewicht in kg/m ³	20
Wasserdampf-diffusionswiderstands-zahl (Sd-Wert)	1–2
Brandschutzklasse	A 1

Flexible Holzfaserplatte	
Wärmeleitfähigkeit in W/m*K	0,044
Gewicht in kg/m ³	160
Wasserdampf-diffusionswiderstands-zahl (Sd-Wert)	3–5
Brandschutzklasse	B 2

EPS	
Wärmeleitfähigkeit in W/m*K	0,035
Gewicht in kg/m ³	30
Wasserdampf-diffusionswiderstands-zahl (Sd-Wert)	20–100
Brandschutzklasse	B 1

Zellulose	
Wärmeleitfähigkeit in W/m*K	0,04
Gewicht in kg/m ³	50
Wasserdampf-diffusionswiderstands-zahl (Sd-Wert)	1–2
Brandschutzklasse	B 2



Dämmwolle - Steinwolle

Steinwolle	
Wärmeleitfähigkeit in W/m*K	0,035
Gewicht in kg/m ³	20
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl (Sd-Wert)	1-2
Brandschutzklasse	A 1



Die Steinwolle zählt zu den Mineralfaserdämmstoffen.

Zur Herstellung von Steinwolle werden unterschiedliche Mineralien wie Kalkstein, Feldspat, Basalt, Dolomit und Diabast gebraucht. Sie sind in ausreichender Menge auf der Erde vorhanden. Aus einem Kubikmeter Rohstoff entstehen einhundert Kubikmeter Steinwolle. Zu Herstellung wird der Energieträger Koks benötigt.

Die Herstellung von Mineralwolle erfolgt in großen Öfen. Dort werden die einzelnen Rohstoffe mit dem Energieträger bei 1400 – 1600 °C eingeschmolzen. Die daraus entstehende Schmelze wird durch Walzenspinnen zerfasst. Anschließend mit einem wässrigen Bindemittel besprüht, um formstabil zu bleiben. Schlussendlich muss der Dämmstoff in Härteöfen bei 200 – 300 °C aushärten.

Aufgrund der hohen Temperaturen der Öfen benötigt Mineralwolle viel Energie zur Herstellung. Ca. 400 kWh/m³.

Die Verarbeitung ist einfach und erfolgt mit dem Messer. Dabei muss zum Schutz vor Haut-, Augen- und Atemwegsreizungen durch die Staubentwicklung, Schutzausrüstung getragen werden.

Bei der Verarbeitung der Steinwolle auf der Baustelle kommt es zur Faserfreisetzung, dabei können Fasern mit kritischer Geometrie krebserregend sein. Heute sind nur noch Materialien ohne Verdacht in Nutzung.

Die Anwendungsgebiete der Steinwolle sind breit gefächert. Sie wird meistens zur Ausdämmung von Gefachen von Dächern und Wänden genutzt. Da sie keine brennbaren Bestandteile enthält, wird sie auch für heiße Rohrleitungen von Schornsteinen genutzt.

Der Dämmstoff zeichnet sich durch eine lange Haltbarkeit aus, die technische Lebensdauer beträgt 42 Jahre. Allerdings ist er sehr empfindlich gegenüber Feuchtigkeit. Seine Dämmwirkung nimmt bei Feuchtigkeit in der Dämmung stark ab.

Nicht verklebte und saubere Mineralwolle lässt sich wiederverwenden oder als Stopfwolle einsetzen. Abschnitte werden von einigen Herstellern abgeholt und wieder dem Herstellungsprozess zugeführt. Die Dämmung ist deponierfähig und trotz der Möglichkeit des Recyclings ist die Deponierung die gängigste Variante nach dem Ausbau von Steinwolle.



Dämmwolle - Glaswolle

Glaswolle	
Wärmeleitfähigkeit in W/m*K	0,035
Gewicht in kg/m ³	20
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl (Sd-Wert)	1–2
Brandschutzklasse	A 1



Die Glaswolle zählt zu den Mineralfaserdämmstoffen.

Zur Herstellung von Glaswolle wird Glas benötigt. Es werden die mineralischen Rohstoffe Sand, Soda und Kalkstein bei 1.400 °C im Ofen geschmolzen, den größten Anteil nimmt Altglas mit 60 – 70 % ein. Weiterhin werden Öle zugesetzt, um den Staubanteil zu reduzieren und wasserabweisende Imprägniermittel zugegeben. Kunstharze dienen als Bindemittel.

Die Rohstoffe werden gemeinsam geschmolzen und dann die Zusatzstoffe beigemischt. Die Schmelze wird anschließend zu Glasfasern geschleudert. Das Schleuderverfahren ähnelt der Herstellung von Zuckerwatte. Alternativ gibt es noch weitere Verfahren wie das Ziehverfahren oder Blasverfahren. Dem entstandenen Dämmmaterial Glaswolle wird ein Binder für die Formstabilität beigemischt. Anschließend härtet der Dämmstoff im Heißluftofen aus. Die Rohstoffe zur Herstellung sind reichlich vorhanden.

Aufgrund der hohen Temperaturen zum Schmelzen der Materialien und des anschließenden Trocknungsprozesses, ist die Herstellung von Glaswolle energieintensiv mit 350kWh/m³.

Die Verarbeitung ist einfach und erfolgt mit dem Messer. Dabei muss zum Schutz vor Haut-, Augen- und Atemwegsreizungen durch die Staubentwicklung, Schutzausrüstung getragen werden.

Bei der Verarbeitung der Steinwolle auf der Baustelle kommt es zur Faserfreisetzung, dabei können Fasern mit kritischer Geometrie krebserregend sein, heute werden nur noch Materialien ohne Verdacht verwendet.

Die Anwendungsgebiete der Glaswolle sind vielseitig. Sie wird meistens zur Ausdämmung von Gefachen von Dächern und Wänden genutzt.

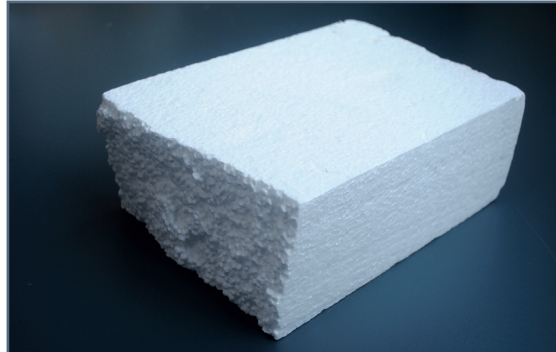
Der Dämmstoff zeichnet sich durch eine lange Haltbarkeit aus, die technische Lebensdauer beträgt 39 Jahre. Allerdings ist er sehr empfindlich gegenüber Feuchtigkeit. Seine Dämmwirkung nimmt bei Feuchtigkeit in der Dämmung stark ab.

Reststücken aus der Verarbeitung lassen sich als Stopfwolle verwenden. Nicht verklebte und saubere Glaswolle lässt sich wiederverwenden. Abschnitte werden von Herstellern abgeholt und wieder dem Herstellungsprozess zugeführt. Die Dämmung ist deponierfähig und trotz der Möglichkeit des Recyclings ist die Deponierung die gängigste Variante nach dem Ausbau von Glaswolle.



Dämmschüttung – Extrudiertes Polystyrol EPS

EPS	
Wärmeleitfähigkeit in W/m*K	0,035
Gewicht in kg/m ³	30
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl (Sd-Wert)	20–100
Brandschutzklasse	B 1



Extrudiertes Polystyrol zählt zu den organisch-synthetischen Dämmstoffen.

Zur Herstellung von Polystyrol wird der Ausgangsstoff Styrol benötigt. Dieser wird aus Erdöl gewonnen. Zur Herstellung des Dämmstoffs werden außerdem Treibmittel, Flammschutzmittel und Farbstoffe eingesetzt.

Das als Granulat gelieferte Polystyrol wird bei Temperaturen von 90°C mit Wasserdampf vorgeschäumt. Dabei erreicht es das 20 – 50 fache des ursprünglichen Volumens. Nach dem Abkühlen wird das Granulat ein zweites Mal mit Wasserdampf aufgeschäumt, was die Polystyrolperlen zu einem gleichmäßigen Material verschweißt. Je nach Zeitdauer, Temperatur und Anlageform unterscheiden sich die Eigenschaften der Endprodukte. Die Platten bestehen nach der Herstellung aus kleinen Schaumkügelchen, die miteinander verbacken sind. EPS Platten sind meistens weiß oder schwarz.

Der Energieaufwand für die Herstellung ist sehr groß, um die 817 kWh/m³.

Die Verarbeitung ist einfach und erfolgt mit dem Messer, der Säge oder dem heißen Draht. Dies kann mit einfachen Handwerkzeugen der spezialisierten Schneidegeräten erfolgen. Allerdings gibt es Einpassungsprobleme bei Zwischensparrendämmungen. Im Brandfall kommt es zur Bildung giftiger Ausdünstungen.

Der EPS-Dämmstoff wird für nahezu jede Anwendung im Baubereich gefertigt. Er kann im Decken-, Wand- und Dachbereich eingesetzt werden. Durch den günstigen Preis und die leichte Verarbeitung ist er weit verbreitet.

Der Dämmstoff zeichnet sich durch eine lange Haltbarkeit aus, die technische Lebensdauer beträgt 42 Jahre. Allerdings ist er empfindlich gegenüber UV-Strahlung und Hitzeeinwirkung. Bei etwas über 100 °C beginnt er zu schmelzen. Er ist widerstandsfähig gegenüber Feuchtigkeit, wirkt aber nicht feuchte-regulierend.

Grundsätzlich ist EPS recyclebar. Allerdings ist dieser Prozess nur in komplexen Anlagen möglich. Daher werden nur geringe Mengen recycelt. Die Verschmutzung durch z.B. Kleber erschwert das Recycling. Ansonsten müssen die Reste und ausgebauten Stoffe auf Deponien entsorgt werden oder sie werden thermisch verwertet, also verbrannt.



Dämmschüttung – Stopfhanf

Stopfhanf	
Wärmeleitfähigkeit in W/m*K	0,048
Gewicht in kg/m ³	50
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl (Sd-Wert)	1–2
Brandschutzklasse	B 2



Hanf zählt zu den natürlichen Dämmstoffen.

Zur Herstellung des Hanfdämmstoffes wird die Hanfpflanze als Ausgangsstoff benötigt. Sie ist eine anspruchslose Pflanze, die mit geringem Einsatz von Unkraut- und Schädlingsmitteln wächst und sich durch rasches Wachstum auszeichnet. Neben dem Hanf werden Stützfasern auf der Basis von Pflanzenstärke benötigt. Außerdem Soda oder Borsalze als Brandschutzmittel. Hanfdämmwolle kommt teilweise ohne Zusatzstoffe aus.

Aus dem Rohmaterial der Pflanze werden Fasern und Schäben (gebrochener holzähnlicher Teil des Stängels) gewonnen. Durch Brechen und Walzen werden die Stängel aufgefasert. Aus den Fasern werden Dämmmatten oder Stopfdämmung hergestellt. Die Schäben werden als Schüttdämmstoff oder feste Platte verwendet.

Bei dieser rein mechanischen Herstellung ist nur eine geringe Energiemenge notwendig, 50 - 80 kWh/m³. Zusätzlich speichert die Pflanze CO₂, das nicht abgegeben wird.

Hanfmatte und Stopfwolle können als Dämmung für Wand, Dach und Boden eingesetzt werden. Im Dachbereich dämmt sie als Zwischensparren- und Aufdachdämmung. Hanf ist hautverträglich und lässt sich staubarm verarbeiten. Hanfdämmmatten werden mit dem Dämmstoffmesser oder elektronischen Fuchsschwanz zugeschnitten. Das Stopfmaterial wird von Hand in den zuvor geschaffenen Hohlraum eingefüllt, wobei die geforderte Dichte erreicht werden muss.

Der Dämmstoff zeichnet sich durch eine lange Haltbarkeit aus, die technische Lebensdauer beträgt 39 Jahre. Die Dämmung ist feuchtigkeitsregulierend und feuchtigkeitsbeständig. Allerdings kann lange Durchfeuchtung zu Fäulnisschäden führen. Zugewetzte Borsalze können die Schimmelbildung erschweren.

Die Dämmstoffe lassen sich problemlos entsorgen. Wenn auf den Einsatz von Zusatzmitteln verzichtet wurde, ist der Baustoff kompostierfähig und sonst problemlos deponierfähig. Ansonsten lässt sich das Material problemlos und energiearm recyceln.

Schalldämmung, mottensicher; positives Raumklima.



Dämmmatte – Flexible Holzfaserplatte

Flexible Holzfaserplatte	
Wärmeleitfähigkeit in W/m*K	0,044
Gewicht in kg/m ³	160
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl (Sd-Wert)	3–5
Brandschutzklasse	B 2



Flexible Holzfaserplatten zählen zu den natürlichen Dämmstoffen.

Zur Herstellung der Dämmmatten werden Restholz oder gewachsene Baumstämme benötigt. Die Beimischung von unterschiedlichem reinen Restholz ist leicht möglich. Ansonsten benötigt es nur Wasser und chemische oder biologische Bindemittel als Zugabe.

Zur Herstellung von flexiblen Holzfaserdämmmatten wird das Trockenverfahren angewendet. Zuerst wird das Holz zu Hackschnitzel verarbeitet. In einem Trocknungsgang werden die Fasern getrocknet. Anschließend werden Bindemittel zugegeben und durch Walzen mit den Holzfasern verbunden (Beleimung). Anschließend wird die Streumasse über die Kalibrier- und Aushärteeinheit aufgewalzt und gepresst und durch ein Dampf-Luft-Gemisch ausgehärtet. Zum Schluss werden die angestrebten Längen und Breiten durch Sägen und Fräsen zugeschnitten.

Wegen der dauerhaften Zuführung von Wärme ist die Herstellung energieintensiv, wobei bis zu 400 kWh/m³ benötigt wird. Gleichzeitig hat das Holz aber viel CO₂ gebunden, was den Einsatz aber nur bedingt ausgleicht.

Die technische Lebensdauer beträgt 31 Jahre, damit ist es ein haltbarer Dämmstoff. Er ist feuchtigkeitsresistent und erhält die Dämmwirkung bei Feuchteinwirkung. Er neigt allerdings zum Schimmeln.

Die flexiblen Holzfaserplatten haben unterschiedliche Anwendungsbereiche. Meistens werden sie zur Ausfüllung von Gefachen verwendet, für Dach-, Wand- und Deckenkonstruktionen. Sie sind weniger druckfest als andere Holzfaserplatten und somit für druckbelastete Bereiche nicht geeignet.

Die Dämmung ist sehr klemmfähig. Sie kann mit einem Dämmstoffmesser, einer Säbelsäge, Stichsäge oder einem elektrischen Fuchsschwanz geschnitten werden.

Die Dämmstoffe lassen sich problemlos entsorgen. Wenn auf den Einsatz von Zusatzmitteln verzichtet wurde, ist der Baustoff kompostierfähig und sonst problemlos deponierfähig. Ansonsten lässt sich das Material problemlos und energiearm recyceln. Der Dämmstoff eignet sich ansonsten auch zur thermischen Nutzung. Er ist ebenfalls deponierfähig.



Dämmschüttung – Zellulose

Zellulose	
Wärmeleitfähigkeit in W/m*K	0,04
Gewicht in kg/m ³	50
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl (Sd-Wert)	1–2
Brandschutzklasse	B 2



Zelluloseschüttung zählt zu den natürlichen Dämmstoffen.

Zur Herstellung von Zellulose wird Papier benötigt. Dazu können Papierreste aus Haushalten, Druckereien und anderen Quellen genutzt werden. Ein wesentlicher Anteil sind Druckerzeugnisse wie Papier. Weiterhin werden Zusatzmittel wie Salze benötigt, um die Feuer- oder Feuchtebeständigkeit der Materialien zu erhöhen.

Die Herstellung von Zellulose beginnt mit dem Recycling von Altpapier wie alten Tageszeitungen. Zuerst wird das Ausgangsmaterial in feine Flocken geschreddert. Während dieses Prozesses werden immer wieder Bestandteile herausgefiltert, wie Metallreste mittels Magneten. Anschließend werden die Zusatzstoffe beigemischt und die Masse wird sorgfältig durchmischt. Die Masse wird in Säcke gefüllt und dort verdichtet. In diesen wird die Zellulose ausgeliefert.

Das Herstellungsverfahren von Zelluloseschüttung ist ein rein mechanischer und somit wenig aufwendiger Vorgang, bei dem nur eine geringe Menge Energie notwendig ist, 85 kWh/m³.

Die Verarbeitung der Zelluloseschüttung erfolgt durch das Einblasen des losen Dämmstoffes. Dadurch ist ein fugenloses Anschmiegen an die angrenzenden Bauteile möglich. Allerdings ist spezialisiertes Gerät und Personal für den Vorgang notwendig, da das System bei fehlerhaftem Einbringen sehr anfällig gegen Schäden ist. Zu beachten ist die eventuell entstehende Staubentwicklung, dabei müssen Atemschutzmaßnahmen umgesetzt werden.

Der Zellulosedämmstoff wird zur Befüllung von Gefachen genutzt. So werden Gefache in Dächern, Decken und Wänden befüllt.

Der Dämmstoff zeichnet sich durch eine lange Haltbarkeit aus, die technische Lebensdauer beträgt 31 Jahre. Die Dämmung ist kaum feuchtigkeitsbeständig. Lange Durchfeuchtung führt zur Reduzierung der Dämmleistung und zu Fäulnisschäden. Die Zusätze sorgen für höheren Brandschutz und bessere Feuchtigkeitsbeständigkeit.

Der Rohstoff zur Herstellung von Zellulose ist selbst ein Recyclingprodukt. Die verwendeten Flocken können bis zu dreimal abgesaugt werden und in neue Systeme eingeblasen werden. Die Dämmung ist deponierfähig und nur aufgrund der eingesetzten Zusatzmittel nicht kompostierbar.



2.a Teilen Sie sich die Steckbriefe in der Gruppe gleichmäßig auf!

2.b Ordnen Sie den Aspekten der Nachhaltigkeit Informationen aus ihren Steckbriefen zu!

Effizienz

- Energieaufwand für die Herstellung
- Leistungsfähigkeit des Dämmstoffes (Wärmeleitfähigkeit)

Suffizienz

- Nachwachsende, endliche oder in großen Mengen vorhandene Rohstoffe

Konsistenz

- Gesundheitsgefährdung
- Recycling
- Deponierfähigkeit

Permanenz

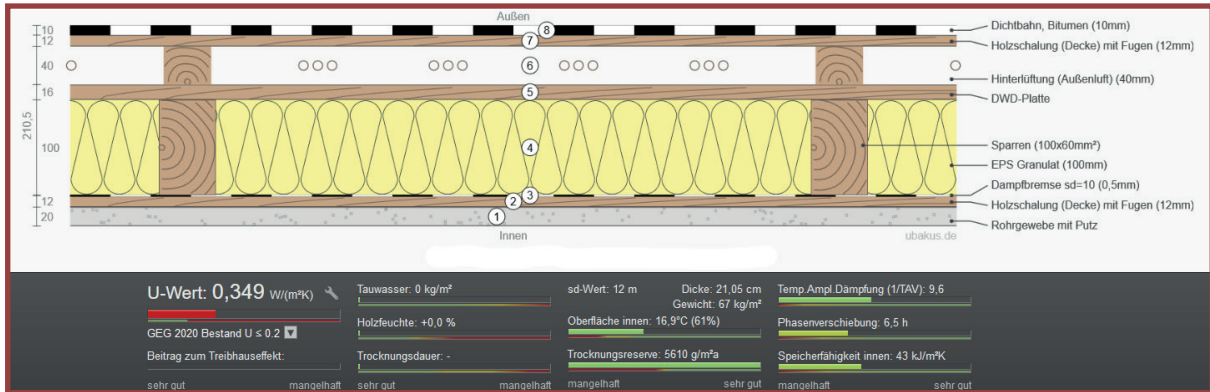
- Technische Lebensdauer
- Anfälligkeit gegen Einflüsse
- Leistungsfähigkeit des Dämmstoffes (Wärmeleitfähigkeit)



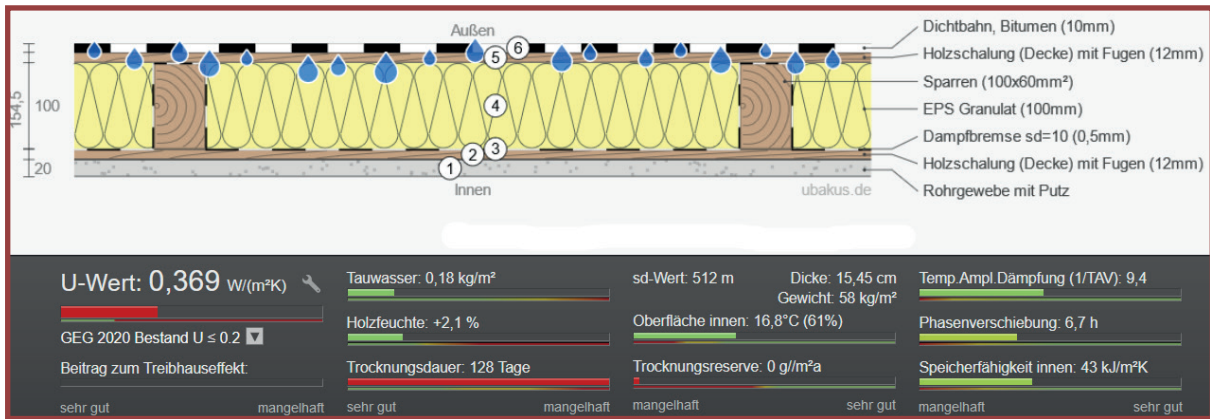
2.c Beurteilen Sie die Dämmstoffe nach den Aspekten der Nachhaltigkeit und stellen sie sich anschließend ihre Erkenntnisse vor!



3. Verwenden Sie die einzelnen Dämmstoffe in ihrer Konstruktion im UBAKUS und vergleichen Sie die Ergebnisse! Welcher Dämmstoff eignet sich besonders gut?



EPS belüftet

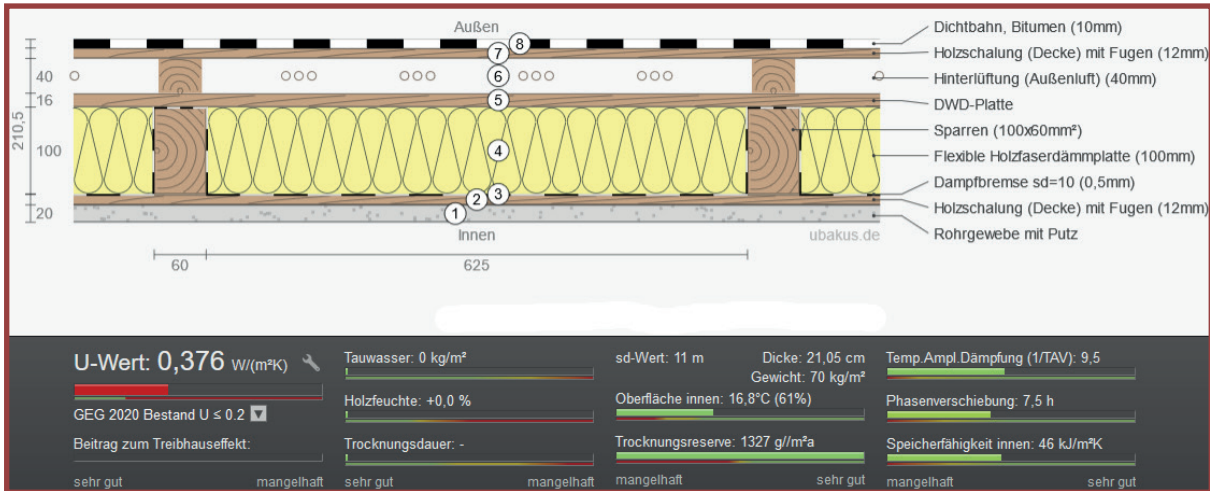


EPS unbelüftet

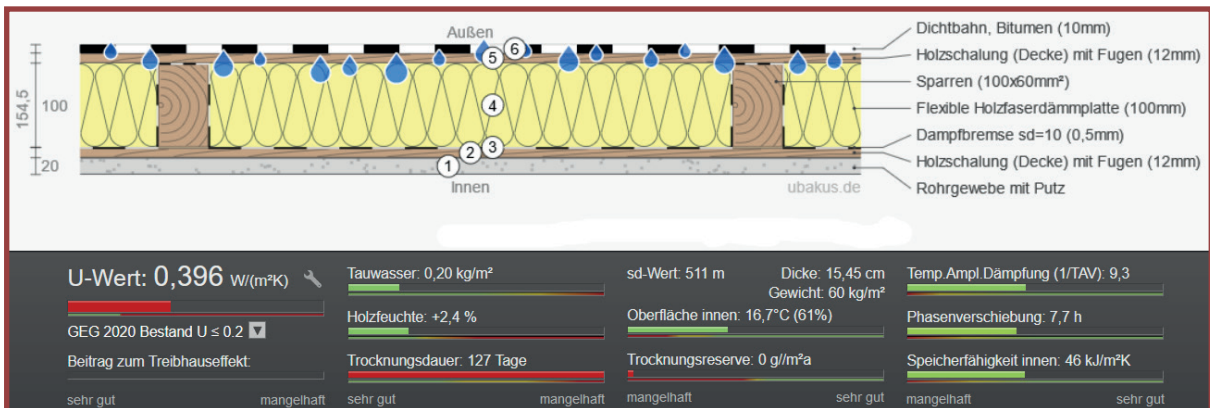




3. Verwenden Sie die einzelnen Dämmstoffe in ihrer Konstruktion im UBAKUS und vergleichen Sie die Ergebnisse! Welcher Dämmstoff eignet sich besonders gut?



flexible Holzfaserdämmplatte belüftet

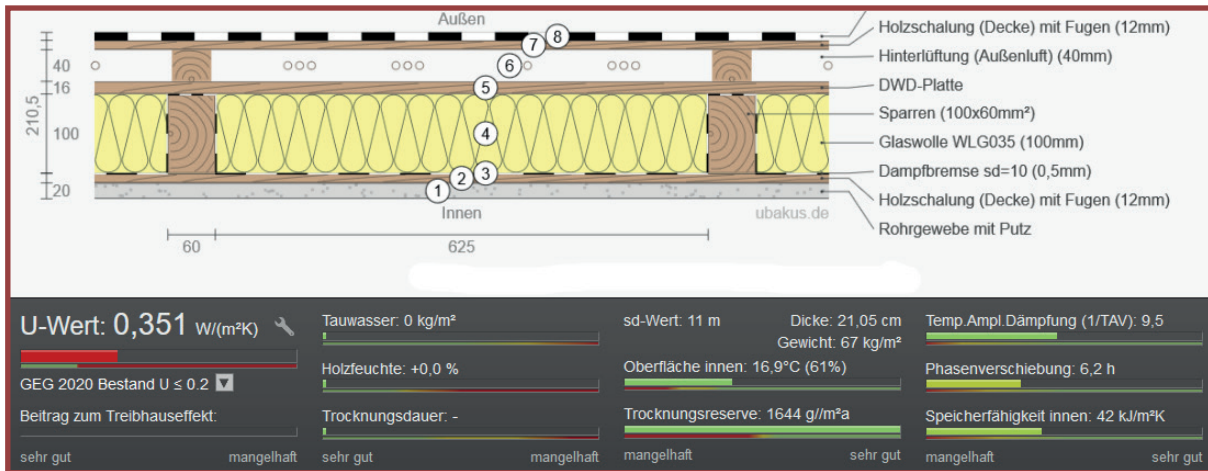


flexible Holzfaserdämmplatte unbelüftet

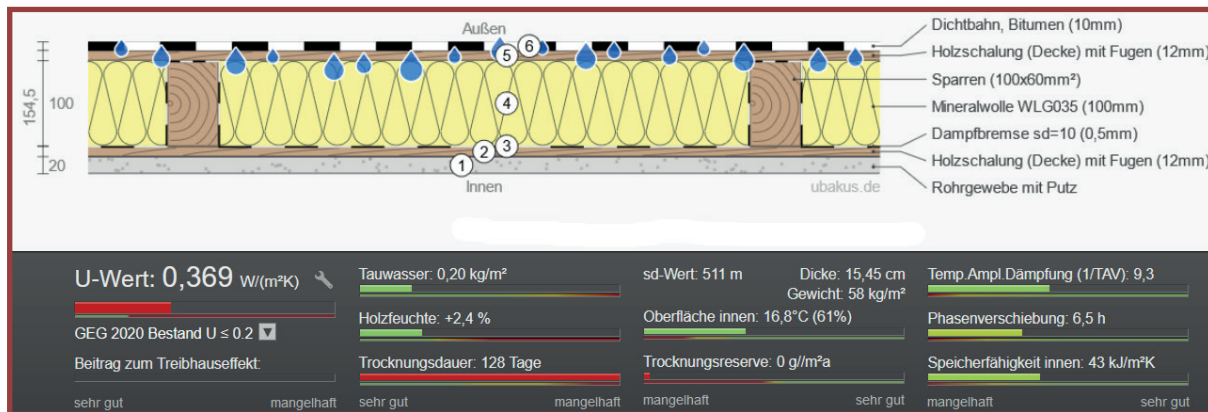




3. Verwenden Sie die einzelnen Dämmstoffe in ihrer Konstruktion im UBAKUS und vergleichen Sie die Ergebnisse! Welcher Dämmstoff eignet sich besonders gut?



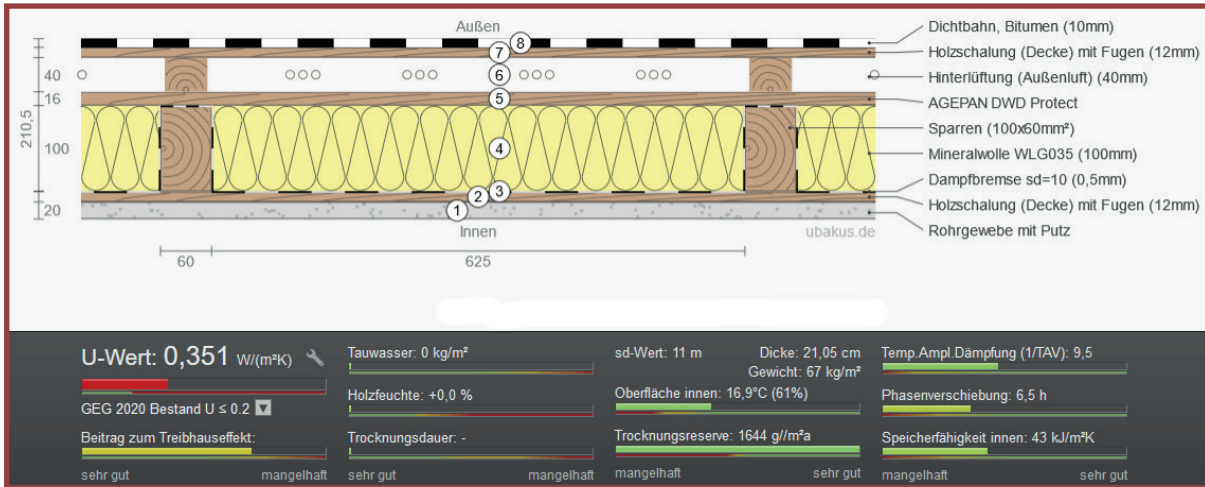
Glaswolle belüftet



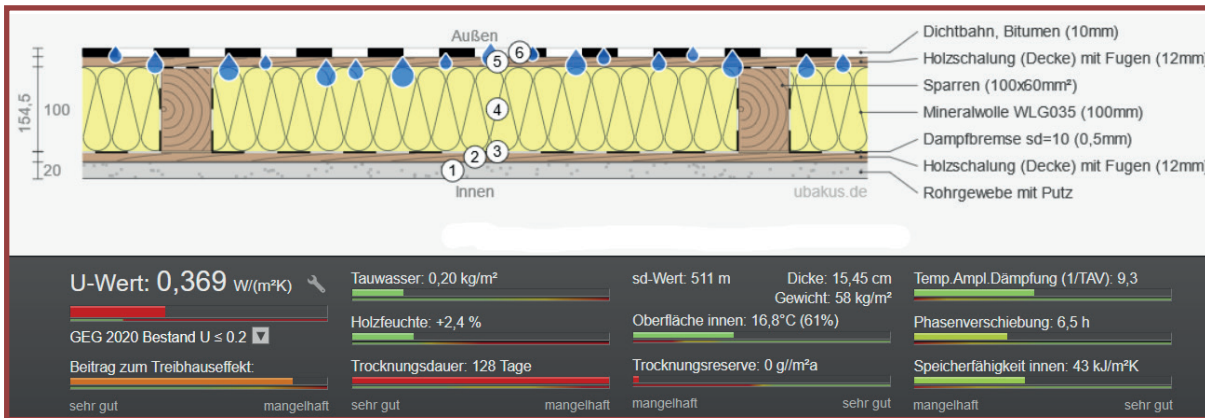
Glaswolle unbelüftet



3. Verwenden Sie die einzelnen Dämmstoffe in ihrer Konstruktion im UBAKUS und vergleichen Sie die Ergebnisse! Welcher Dämmstoff eignet sich besonders gut?



Mineralwolle belüftet

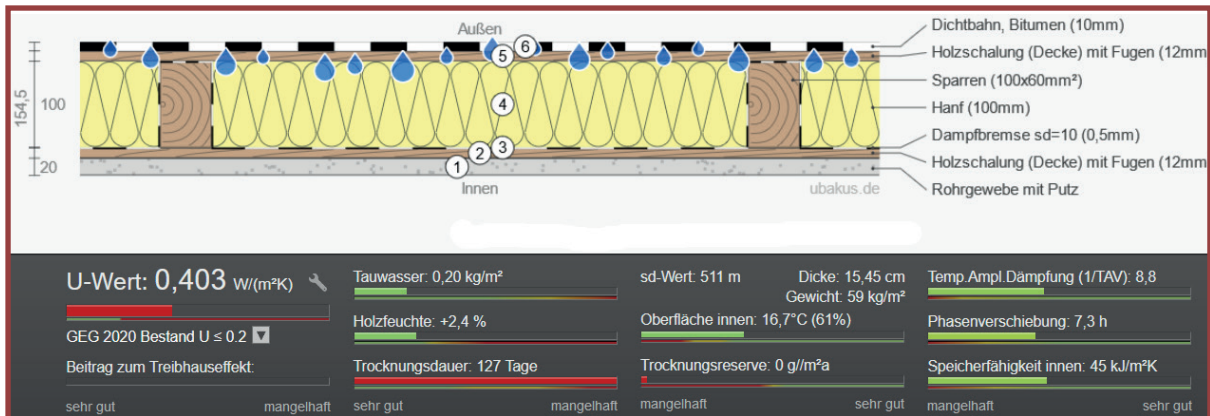


Mineralwolle unbelüftet

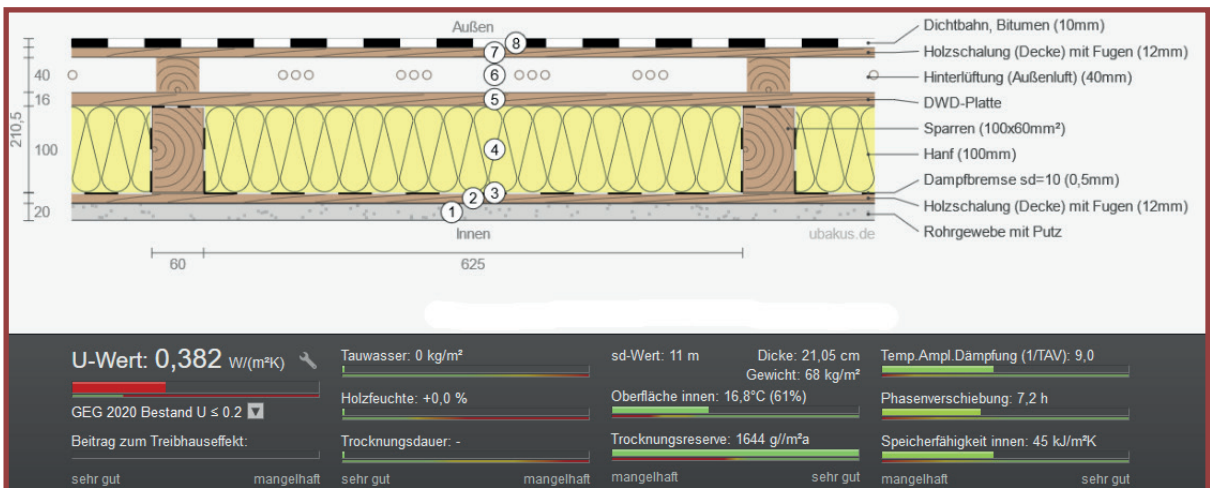




3. Verwenden Sie die einzelnen Dämmstoffe in ihrer Konstruktion im UBAKUS und vergleichen Sie die Ergebnisse! Welcher Dämmstoff eignet sich besonders gut?



Hanf belüftet

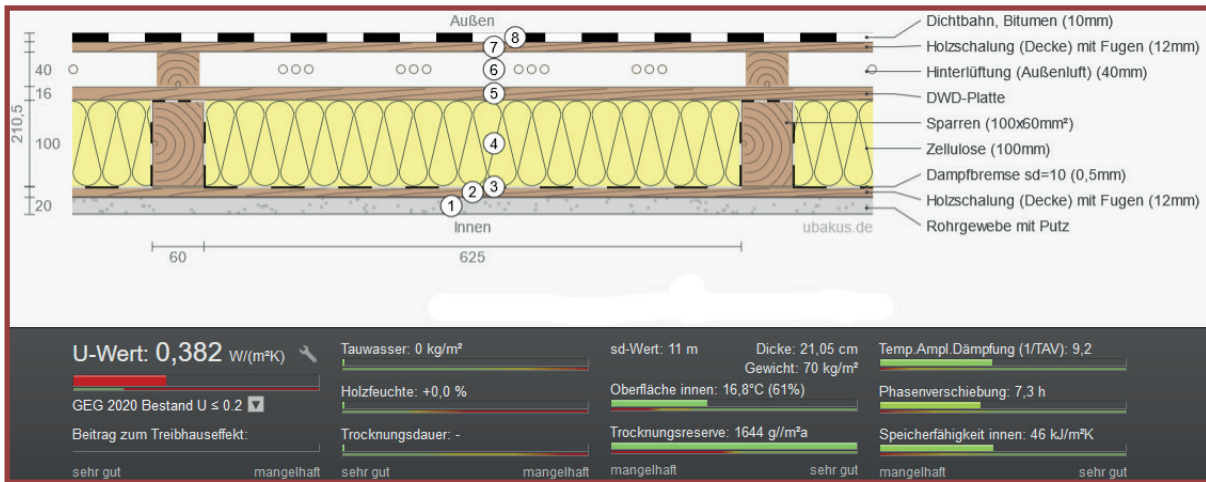


Hanf unbelüftet

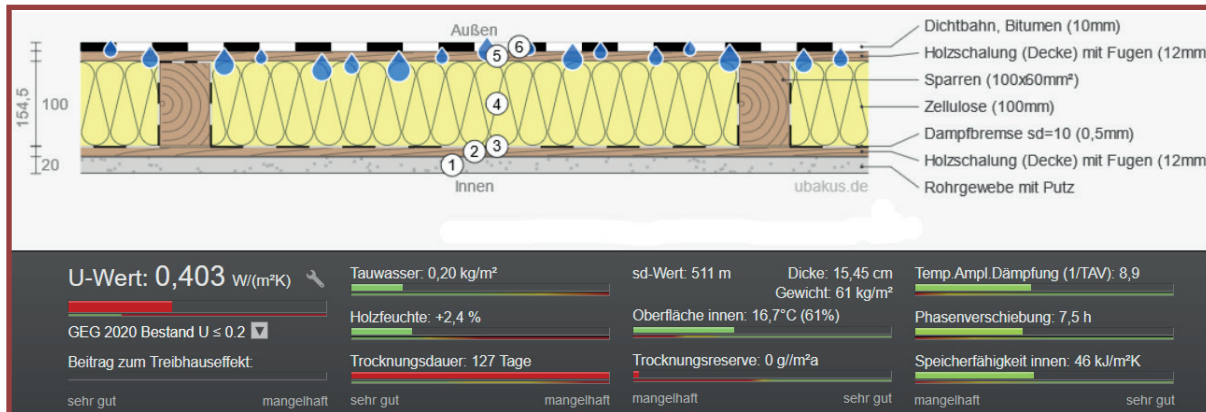




3. Verwenden Sie die einzelnen Dämmstoffe in ihrer Konstruktion im UBAKUS und vergleichen Sie die Ergebnisse! Welcher Dämmstoff eignet sich besonders gut?



Zellulose belüftet



Zellulose unbelüftet





Feuchteschutz

Ein zentraler Aspekt der Planung von Bauwerken ist der Schutz des Bauteils vor Wasser, da es die Ursache für viele bauliche und energetische Mängel darstellt. Neben der von außen auf Gebäude einwirkenden Feuchtigkeit wie Niederschlag oder Bodenfeuchtigkeit kann das Wasser auch aus der Nutzung der Räume also von Innen in die Konstruktion eindringen. Die Luftfeuchtigkeit beschreibt den Wasserdampfgehalt in der Luft. Wie viel Wasserdampf die Luft aufnehmen kann, hängt von der Temperatur ab, wobei warme Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann als kalte (siehe Tabelle). Sobald die Luft ihren maximalen Wassergehalt erreicht hat und weiterhin Feuchtigkeit eindringt, kommt es zur Ablagerung von Feuchtigkeit auf den Oberflächen oder im Bauteil selbst. Das sogenannte Tauwasser bildet sich.

Lufttemperatur in °C	Maximaler Wassergehalt in g/m ³
6	7,3
12	10,7
20	17,3

Die Luftfeuchtigkeit bewegt sich im Raum durch Diffusion. Sie ist ein ohne äußere Einwirkungen auftretender Ausgleich von Gaskonzentrationen. Sie versucht immer Druckunterschiede (zum Beispiel zwischen Innen und Außen) auszugleichen und strömt vom hohen zum niedrigeren

Druck. Über dieses Phänomen können feuchte Bauteile austrocknen oder umgekehrt. Die Luftfeuchtigkeit kann sich durch Stoffe hindurchbewegen, wobei alle Materialien einen unterschiedlichen Widerstand entgegensetzen. Luft zum Beispiel stellt der Wasserdampfdiffusion eine Widerstandszahl von 1 gegenüber, Holz hingegen zeichnet sich durch einen 40-fachen Widerstand aus. Dieser Wert ist die Wasserdampfdiffusions-Widerstandszahl.

Für die Beurteilung von Materialien auf ihre Tauglichkeit zur Behinderung der Bewegung von Wasserdampf, ist der SD-Wert besonders wichtig. Er gibt die Wasserdampfäquivalente Luftschichtdicke an. Er setzt sich aus der Wasserdampfdiffusions-Widerstandszahl und der Dicke des Werkstoffes (in Metern) zusammen. Nach dem Grad der Dichtheit wird diffusionsoffen, diffusionshemmend und diffusionsdicht unterschieden. Daneben werden mittlerweile feuchteadaptive Dampfbremsen verwendet. Sie passen ihren Diffusionswiderstand an die umgebende Luftfeuchtigkeit an. Im Falle einer hohen Wasserdampfkonzentration in der Konstruktion, wird der Wasserdampf aus dem Bauteil gelassen. Im Falle von hoher Tauwassergefahr im Winter wirkt sie hemmend.

sd-Wert	Grad der Dichtheit	Widerstand gegen Diffusion
sd ≤ 2 m	Diffusionsoffen	Gering
2 m < sd < 1500 m	Diffusionshemmend (Dampfbremse)	Mittel
sd > 1500 m	Diffusionsdicht (Dampfsperre)	Hoch
Variabel	Offen/hemmend	Gering/mittel

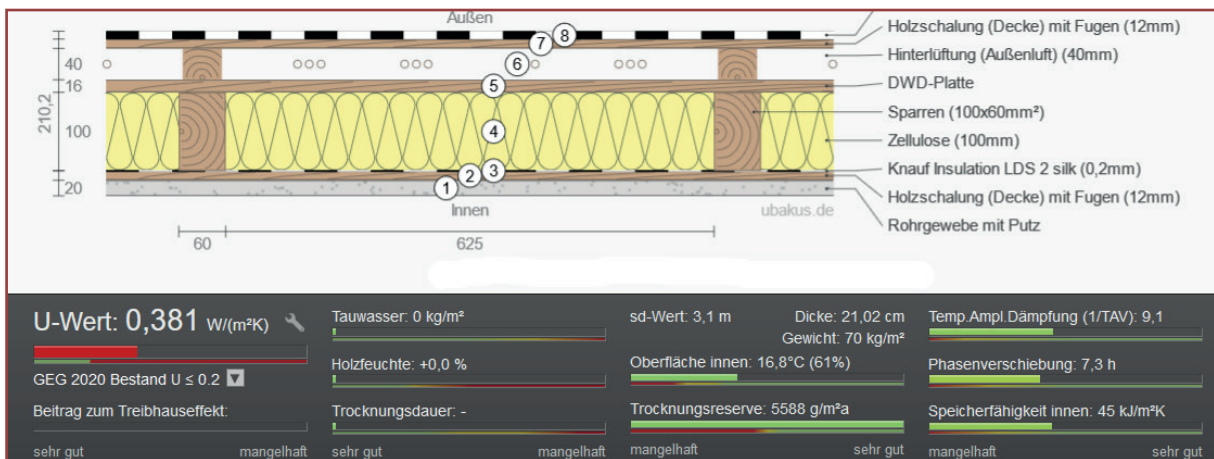


1.a Ordnen Sie die Folien "LDS Flex Plus", "LDS 100" und "LDS 2 Silk" des Herstellers Knauf Isolation dem Grad der Dichtheit zu!

Folienbezeichnung	Grad der Dichtheit
sd 2 m	diffusionsoffen
$2 \text{ m} < \text{sd} < 1500 \text{ m}$	diffusionshemmend (Dampfbremse)
sd > 1500 m	diffusionsdicht (Dampfsperre)
variabel	offen/hemmend



1.b Erproben Sie die Folien anschließend in Ihrem Flachdachaufbau im UBAKUS.

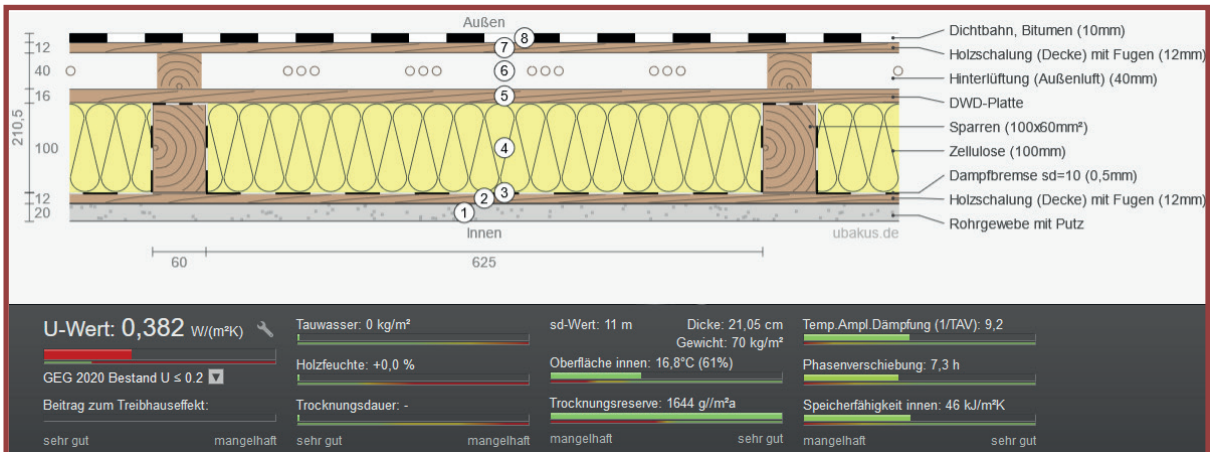


LDS 2 Silk belüftet

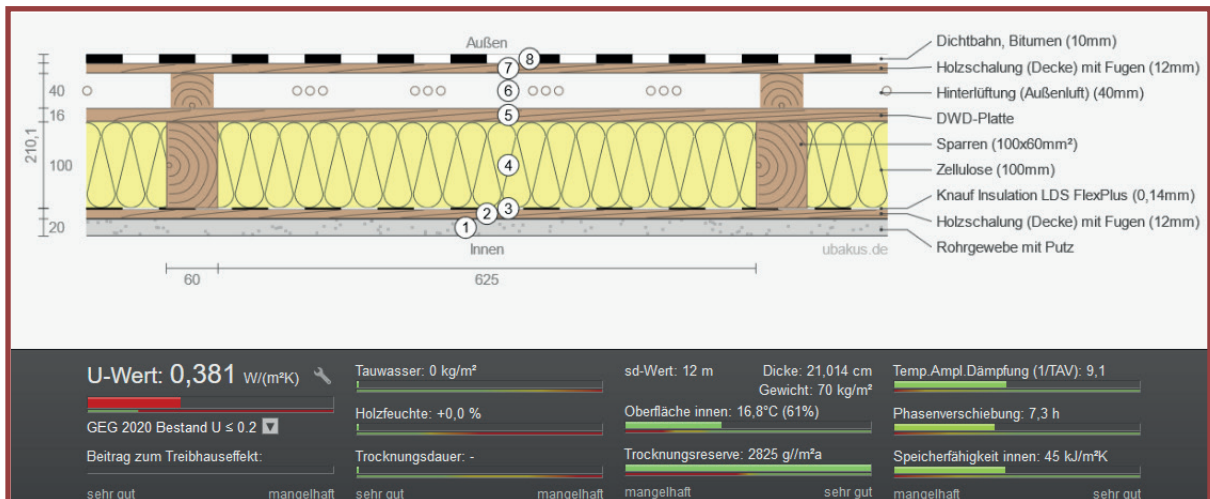




1.b Erproben Sie die Folien anschließend in Ihrem Flachdachaufbau im UBAKUS.



LDS 100 belüftet

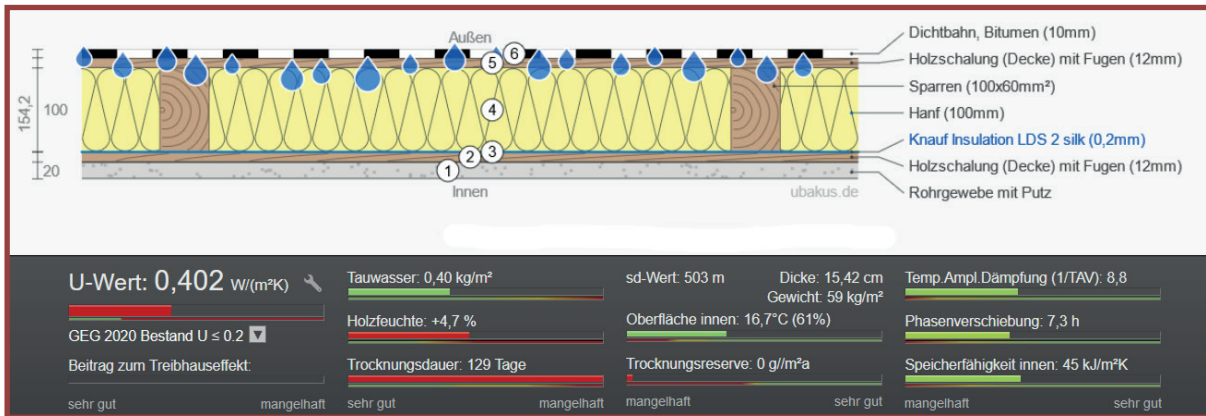


LDS FlexPlus belüftet

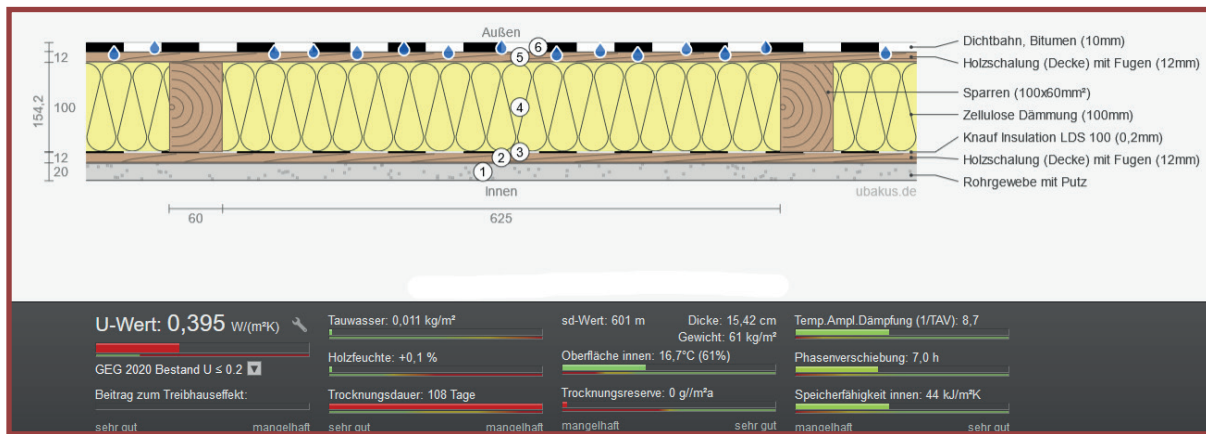




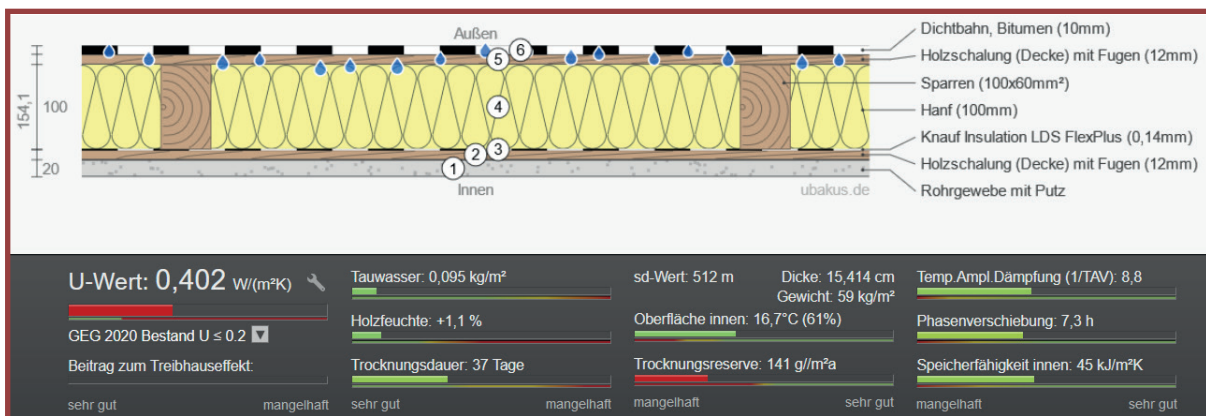
1.b Erproben Sie die Folien anschließend in Ihrem Flachdachaufbau im UBAKUS.



LDS 2 Silk unbelüftet



LDS 100 unbelüftet



LDS 2 FlexPlus unbelüftet





2. Notieren und vergleichen Sie die Ergebnisse der Varianten in Bezug auf die Tauwassermenge, die Holzfeuchte und die Trockendauer.

Unbelüftetes Flachdach			
Folie	Tauwasser (kg/m ²)	Holzfeuchte (%)	Trocknungsdauer (Tage)
LDS 100	0,011	0,1	108
LDS 2 Silk	0,40	4,7	129
LDS FlexPlus	0,095	1,1	37

Belüftetes Flachdach			
Folie	Tauwasser (kg/m ²)	Holzfeuchte (%)	Trocknungsdauer (Tage)
LDS 100	0	0	0
LDS 2 Silk	0	0	0
LDS FlexPlus	0	0	0



3. Welche Folie bietet das beste Ergebnis? Begründen Sie ihre Wahl.

Die beste Folie zum Einsatz beim unbelüfteten Flachdach liefert die LDS FlexPlus. Sie ist ebenso leistungsstark wie die dichte Folie, ermöglicht aber einen schnelleren Abtransport aus der Konstruktion.

Beim belüfteten Flachdach erzielen alle Folien das gleiche Ergebnis. Folglich sorgt der konstruktive Aufbau für die Entlüftung der Dachkonstruktion und eindringende Feuchtigkeit sollte kein Problem darstellen.



Balkenaufleger

Bei der Modernisierung alter Gebäude sind geschädigte Deckenbalken keine Seltenheit. Besonders am Auflager können über die Jahre feuchtes Mauerwerk, Schädlinge oder Pilze den Balken zersetzen. Das geschädigte Bauteil muss zum Erhalt der Tragfähigkeit wieder instandgesetzt werden. Dabei ist eine Reparatur oder sogar der Austausch des geschädigten Deckenbalkens notwendig. Als Möglichkeiten zur Reparatur werden folgende Varianten angeführt: Das Anlaschen von Holzbohlen, der Einbau von Wechsellinien oder Stahlschuhen und das Herstellen einer Kunstharzprothese. Im Zimmererhandwerk ist das Herstellen einer Anlaschung aus Bohlen beliebt.

Das zentrale Anliegen der Sanierungsmaßnahmen liegt in der statischen Ertüchtigung und der Ausbesserung von Schäden durch tierische oder pflanzliche Schädlinge. Bevor die Zimmerleute mit der praktischen Sanierung beginnen, muss eine technische Bestandsaufnahme durchgeführt werden und anschließend die Planung und Bemessung der Bauteile. Diese Vorleistungen müssen gemeinsam mit dem Statiker festgelegt werden und die Umsetzung liegt dann bei Zimmerleuten auf der Baustelle. Besonders bei fertigen Stuckdecken kommt es zu aufwändigen Sanierungsmaßnahmen. Um den Stuck zu erhalten, ist besonders vorsichtiges Arbeiten notwendig. Ein weiterer zentraler Aspekt ist die Beseitigung der Ursache für die Beschädigung, so muss die Feuchtebelastung für das Bauteil reduziert werden. Besonders zu berücksichtigen bei der Herstellung von Anlaschungen, ist die Schwächung des Mauerwerks, durch die Verbreiterung des Auflagers. Dies gilt besonders bei alten Konstruktionen, bei denen die Balken eingemauert wurden.

Dabei sollte die Konstruktion die folgenden Vorgaben für Balkenaufleger erfüllen:

- ▶ Balken sind auf eine volle, waagrecht angegliche Schicht aufzulegen.
- ▶ Die Länge des Balkenauflegers beträgt bei Balken bis 20 cm 15 cm, bei höhere Balken 20 cm
- ▶ Der Baken sind trocken zu vermauern.
- ▶ Zum Schutz gegen Feuchtigkeit, insbesondere aus dem Mauerwerk wird der Balken in diffusionsoffener Pappe eingepackt und mit einer Feuchtigkeitssperre ausgestattet.
- ▶ Zwischen Balkenkopf und äußerem Mauerteil ist eine Wärmedämmplatte einzuschieben, die dem Wärmeschutz des äußeren Bauteils entspricht.
- ▶ Gute Belüftung durch Umhüllung mit Falzplatte



1. Stellen Sie ein paar Hypothesen auf, warum die Balkenköpfe beschädigt sein können.

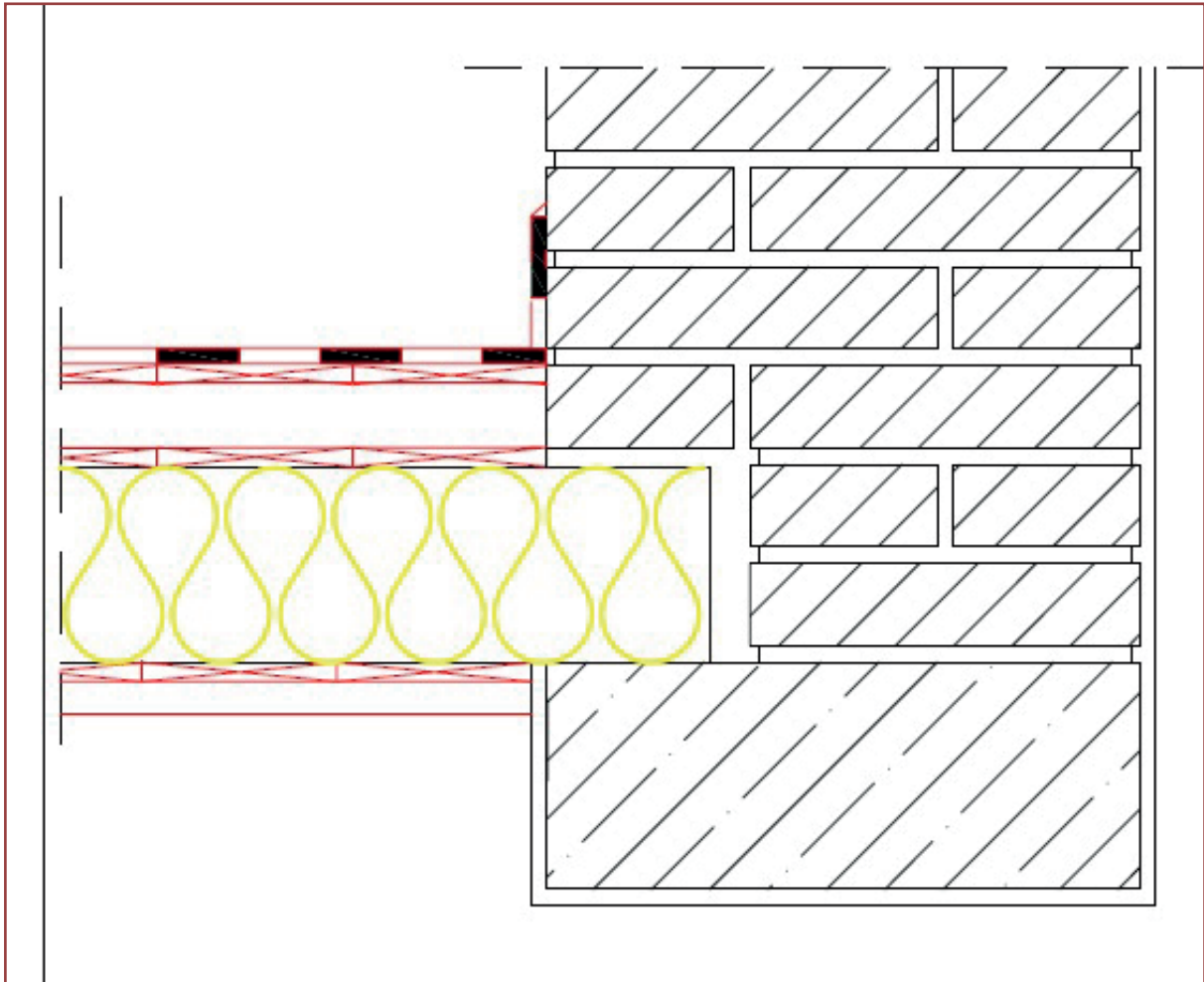
Aufgabe 1
→ Die fehlende Dampfsperre hat die Raumluft in der Konstruktion kondensieren lassen
→ Die Feuchtigkeit ist über die kapillare Bewegung in den Balkenkopf gestiegen
→ Es haben sich tierische Schädlinge an dem Balkenkopf genährt
→ Es haben sich pflanzliche Schädlinge an dem Balkenkopf angesiedelt

2. Bringen Sie die einzelnen Schritte zur Sanierung des Balkenaufagers in die richtige Reihenfolge. Schneiden Sie Zeilen der Tabelle aus und ordnen Sie die Schnipsel anschließend!

Aufgabe 2
Abstützen des sanierungsbedürftigen Balkens mit Drehstützen im Innenraum
Entfernen der beschädigten Bereiche über Abbeilen oder das ausreichende Absägen
Herauslösen des Balkens aus der Konstruktion, besondere Vorsicht, wenn die Decke noch intakt ist.
Weiterführende Schutzmaßnahmen wie Feuchtigkeitssperre oder andere wirksame Maßnahmen ausführen
Zuschneiden der Holzlaschen nach den Vorgaben der statischen Berechnung (Statiker)
Vorbohren einer Holzlasche als Bohrmuster nach den Vorgaben der statischen Berechnung (Statiker)
Einsetzen der Holzlaschen im Auflager
Herstellen einer kraftschlüssigen Verbindung (Schraubzwingen oder Montageschraube)
Einbringen eines Füllholzes als Ersatz für den beschädigten Balken
Verschrauben des Füllholzes mit den Anlaschungen
Durchbohren der Anlaschung und des tragfähigen Teils des Balkens mit langem Bohrer
Verbindung der Beileger mit dem Balken über Gewindestangen
Zurückdrehen der Stützen
Die Anlaschungen übernehmen die Lasten der Flachdachkonstruktion



3. Zeichnen Sie in die bestehende Zeichnung Ihre Lösung für den Aufbau des Flachdachs und das Balkenauflager ein!

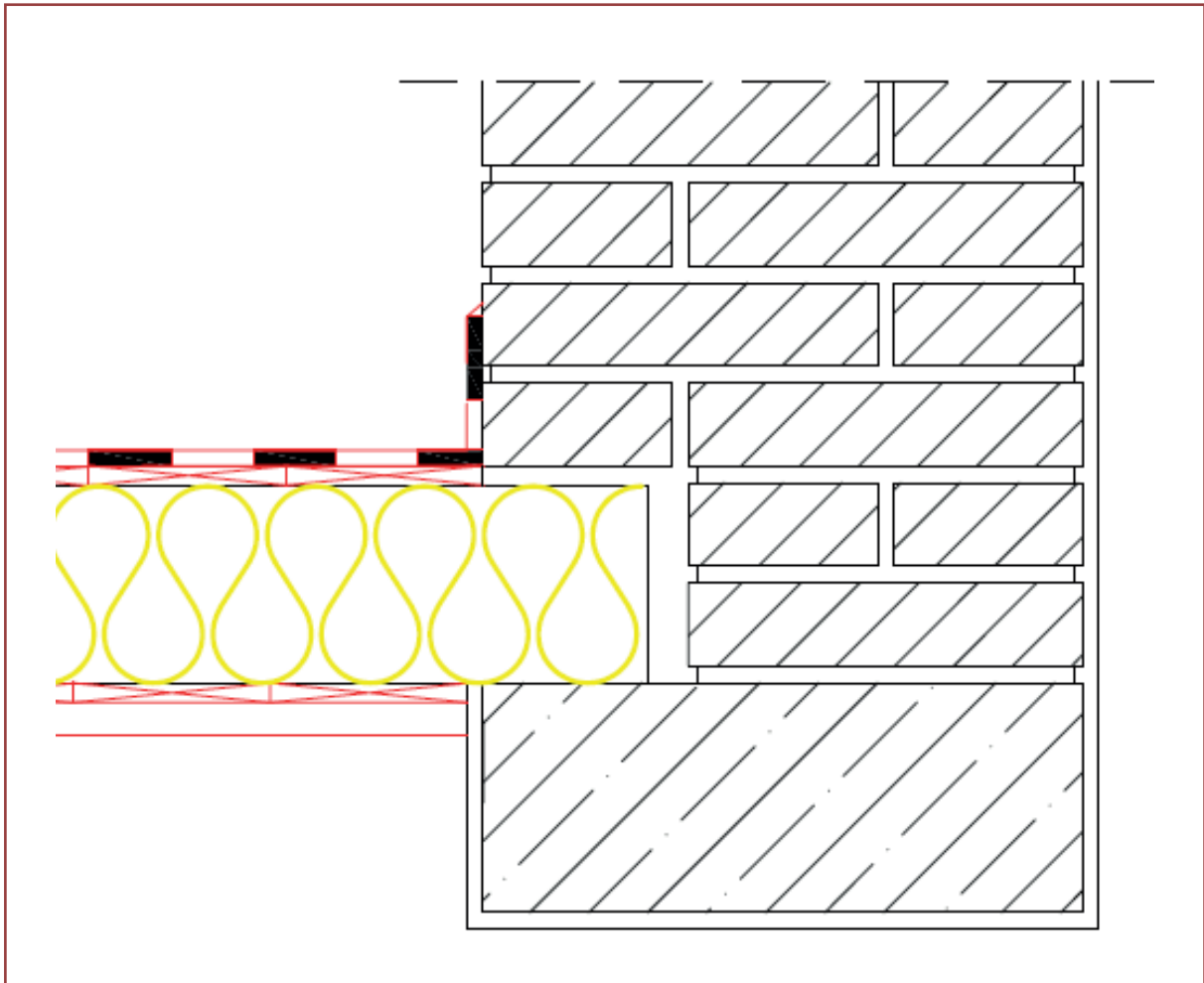


Lösungsvariante belüftetes Flachdach





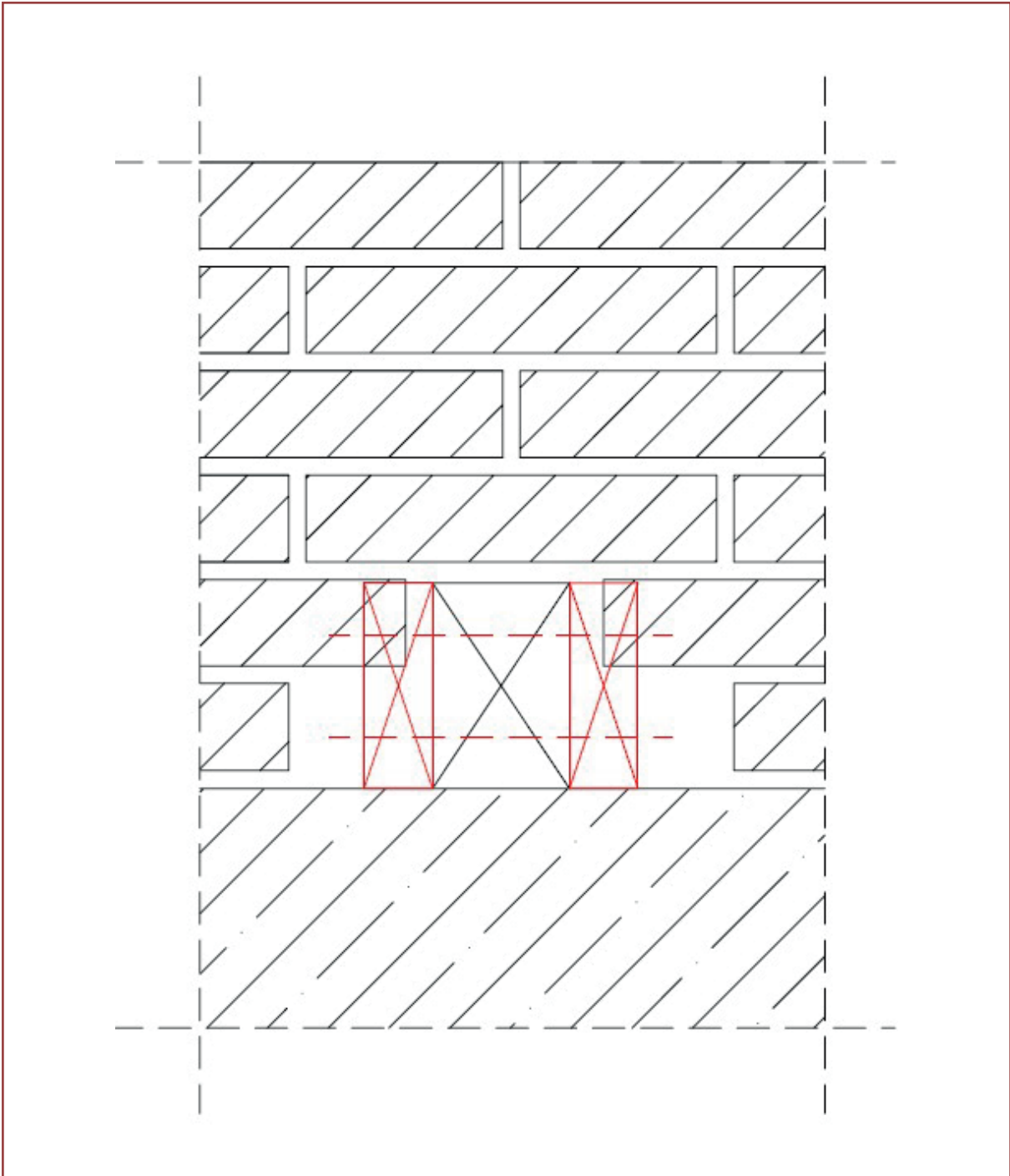
3. Zeichnen Sie in die bestehende Zeichnung Ihre Lösung für den Aufbau des Flachdachs und das Balkenauflager ein!



Lösungsvariante unbelüftetes Flachdach



4. Der Statiker empfiehlt zur Anlaschung eine Bohle mit $12/8$ cm und einer Länge von einem Meter auf jeder Seite. Zeichnen Sie bei den folgenden Zeichnungen eine Anlaschung ein (roter Stift)!



5. Bereiten Sie einige Fragen für ein Fachgespräch mit dem Maurer vor. Informieren Sie ihn über ihr geplantes Vorgehen.

Fragen für das Fachgespräch
→ Wie viel Mauerwerk kann entfernt werden?
→ Wie kann das Mauerwerk zusätzlich gesichert werden?
→ Wer kann die Stemmarbeiten machen?
→ Wie können wir die gesunden Balken vor kapillarer Steigung schützen?



Vorstellungsrunde

1. Bereiten Sie eine kurze Präsentation vor, in der die folgenden Dokumente/ Informationen vorhanden sind:
 - a Skizzen zu ihrem Sanierungsvorschlag
 - b Detailpunkt des Auflagers
 - c Finaler Aufbau von UBAKUS
 - d Auswahl der zusätzlichen Materialien – Dämmung, Folien usw.
2. Präsentieren Sie ihren Vorschlag dem Plenum
3. Diskutieren Sie die einzelnen Vorschläge.



Sanierung des Flachdachs in der denkmalgeschützten Villa Mutzenbecher


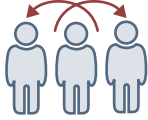







Lernmodul Flachdachkonstruktion Aufgaben für Lernende

Das Projekt GESA wird im Rahmen des ESF-Bundesprogramms „Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung befördern. Über grüne Schlüsselkompetenzen zu klima- und ressourcenschonendem Handeln im Beruf – BBNE“ durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit sowie den Europäischen Sozialfonds gefördert.

Arbeitsmaterial für Lernende (Icons)

Im folgenden Lernmodul werden Sie am Rand Icons finden. Sie sind Erkennungszeichen für eine dahinterliegende Funktion. Des Weiteren werden in einigen Textabschnitten, in kleinen grünen Kästchen, kurze Zusammenfassungen bzw. Anregungen zum Inhalt gegeben.

Icons zur schnelleren Orientierung		Szenario/ Kundenauftrag	
Gewerke übergreifendes Arbeiten		Informationen	
Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung		Aufgaben	
Denkmalschutz		Material	

Erläuterungen zu den Icons



Das Icon „**Szenario/Kundenauftrag**“ steht zu Beginn jedes Lernmoduls. Es soll grafisch darstellen, dass es sich bei der nebenstehenden Textstelle um das übergreifende Lernszenario bzw. den Kundenauftrag eines Lernmoduls handelt.



Das Icon „**Information**“ soll grafisch darstellen, dass es sich bei der nebenstehenden Textstelle um wichtige Sachinformationen, wie z.B. technische Tabellen, Produkt- und Herstellerangaben, Gesetze, Vorschriften und fachliche Infotexte zur Bearbeitung von Lern- und Arbeitsaufgaben handelt.



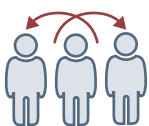
Das Icon „**Aufgaben**“ soll kennzeichnen, dass es sich nebenstehend um eine Lern- und Arbeitsaufgabe handelt, die in Einzelarbeit, zu zweit oder im Team bearbeitet werden kann.



Das Icon „**Material**“ soll darauf verweisen, dass z.B. Grafiken, Protokollvorlagen oder Grundrisse zur Bearbeitung der Aufgaben beitragen.



Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung (BBNE): Das Icon steht für Inhalte, die einen besonderen und unmittelbaren Bezug zu BBNE haben. Unter BBNE wird folgendes verstanden: „BBNE ist eine berufliche Bildung zu zukunftsfähigen Denken und Handeln in beruflichen, betrieblichen, gesellschaftlichen und privaten Kontexten, die es ermöglicht die Auswirkungen des eigenen beruflichen Handelns auf die Welt zu verstehen und verantwortungsvolle Entscheidungen zu treffen.“



Das Icon „**Gewerke übergreifendes Arbeiten**“, verweist darauf, dass die nebenstehenden Textinhalte im unmittelbaren Zusammenhang mit Gewerke übergreifender Zusammenarbeit steht. Darunter wird verstanden, dass sich Handwerker:innen aus unterschiedlichen Gewerken (z.B. Elektriker:in und Tischler:in) abstimmen müssen. Zur fachgerechten Umsetzung müssen Absprachen über sogenannte Schnittstellen geführt werden.



Das Icon „**Denkmalschutz**“ soll ausdrücken, dass es sich bei der nebenstehenden Textstelle um besondere Anforderungen handelt, die mit dem Denkmalschutz verbunden sind. Eine wesentliche Herausforderung besteht darin, die Gebäudeausstattung im Sinne des Denkmalschutzes zu erhalten, d.h. sie nahe dem ursprünglichen Zustand wiederherzustellen.



Begehung der Villa Mutzenbecher – Baudetails erkennen

Obwohl die Villa Mutzenbecher seit 2007 unter Denkmalschutz steht, kam es 2012 zur Diskussion darüber, ob die Villa abgerissen werden sollte. Insbesondere die Frage nach dem Nutzen und den zu erwartenden Sanierungskosten wurde kontrovers diskutiert. Sie möchten sich selbst ein Urteil zum Denkmalwert bilden und schauen sich die Villa genauer an.



3D-Rundgang

Starten Sie den 3D-Rundgang (<https://bbne-mutzenbecher.blogs.uni-hamburg.de/>) und schauen Sie sich sämtliche Räume an. Achten Sie besonders auf bauliche Details der Villa Mutzenbecher, die heute nicht mehr üblich sind.





Einführung und Auftrag des Architekten

Begehung und Beurteilung des Flachdachs der Villa Mutzenbecher

Die Villa Mutzenbecher ist ein umfangreiches Bauprojekt, in dem ein denkmalgeschütztes Gebäude vom Verein *WERTE erleben e.V.* saniert wird. Die Arbeiten umfassen alle Teile der Villa, vom Dach über die Fenster, die Bodenbeläge und das Malen der Räume. Die Villa Mutzenbecher wurde als Sommerdomizil des Generaldirektors des Versicherungskonzerns Albingia zwischen 1908 und 1910 umgestaltet und nur in den Sommermonaten genutzt. Weitere kleinere Umbaumaßnahmen lassen sich in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts verorten, ansonsten blieb die Villa seit der Gründung der Bundesrepublik weitestgehend ungenutzt, wodurch sich ein großer Sanierungsstau im Gebäude ergab. Einzig ein einzelner langjähriger Bewohner der Villa hat immer wieder kleine Leckagen und Schäden behoben.

Nach der Instandsetzung wird die Villa Mutzenbecher eine Bildungs- und Begegnungsstätte mit den Schwerpunkten Stadtteil- und Stadtgeschichte, Umweltbildung, Waldpädagogik, Kunst, Theater, Musik. Die Villa wird eine Kreativwerkstatt für alle Generationen. Außerdem soll ein Teil des Forums Kollau mit Stadtteilarchiv und Geschichtswerkstatt und die Kita Waldforscher mit einem Grünen Klassenzimmer in die Villa einziehen.

Das Flachdach über dem Windfang, der zwischen den Hauptgebäudeteilen der Villa Mutzenbecher liegt, schätzt der zuständige Architekt als nicht mehr ausreichend ein und möchte einige Veränderungen im Rahmen der Sanierung umsetzen. Dazu beauftragt er viele kleine Zimmereien, die eine energetische und konstruktive Modernisierung des Bauteils vornehmen sollen. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass das Gebäude unter Denkmalschutz steht und somit Vorschläge zur Sanierung bei dem Hamburger Denkmalschutzamt vorgelegt werden müssen. Die beauftragten Zimmereien sollen Sanierungsvorschläge entwickeln, die der Architekt beim Denkmalschutzamt einreichen möchte. Darin sollen mögliche Mängel und Schäden aufgeführt werden und Vorschläge für den Aufbau der Konstruktion sowie sinnvolle Materialien gemacht werden. Da die Konstruktion noch nicht geöffnet wurde, hat der Architekt als Grundlage zur Beurteilung einige Skizzen zum Aufbau erstellt. Am Ende soll das Denkmalschutzamt alle wichtigen Informationen zur Sanierung erhalten.

Architekt



„Ich bin als Architekt für die Planung und Bauleitung dieses Projekts zuständig. Dazu zählt die Koordination sämtlicher Sanierungsarbeiten der Gewerke. Das ist bei diesem Objekt besonders anspruchsvoll, weil wir viele der Anforderungen berücksichtigen müssen. Glücklicherweise haben wir zur Unterstützung Experten*innen aus unterschiedlichen Bereichen, die uns die Anforderungen und Besonderheiten mitteilen. Die Sanierung des Flachdachs überlassen wir euch Zimmerleuten. Bitte informiert euch bei den anderen Baubeteiligten über die Anforderungen, die das Flachdach erfüllen muss. Sie beschreiben euch die Vorgaben ihrer Bereiche und diesen soll das Dach am Ende genügen.

Ich habe mit dem Bewohner der Villa einige Zeichnungen zu dem Aufbau der Flachdachkonstruktion erstellt. Er hat bereits einige kleine Sanierungsarbeiten auf der Innenseite der Decke durchgeführt und hat mir den aktuellen Zustand beschrieben. Daraus sind die Zeichnungen entstanden. Ihr Zimmerleute sollt auf dieser Grundlage die Konstruktion beurteilen und einen Sanierungsvorschlag entwickeln. Darin sollen Zeichnungen zum Aufbau vorhanden sein, außerdem brauchen wir Vorschläge zu geeigneten Materialien, zum Schutz vor Feuchtigkeit und zur Reparatur besonders beschädigter Bereiche.



Beurteilung der Konstruktion

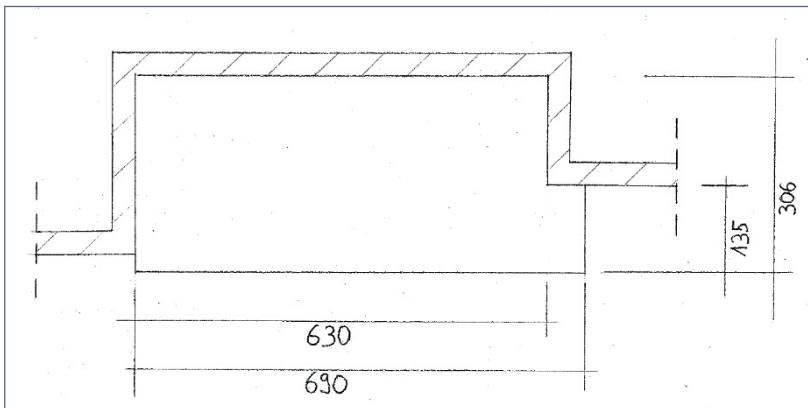
Eingangsbereich der Villa Mutzenbecher – Was ist los mit dem Flachdach



Der Eingangsbereich zur Villa während der Sanierung

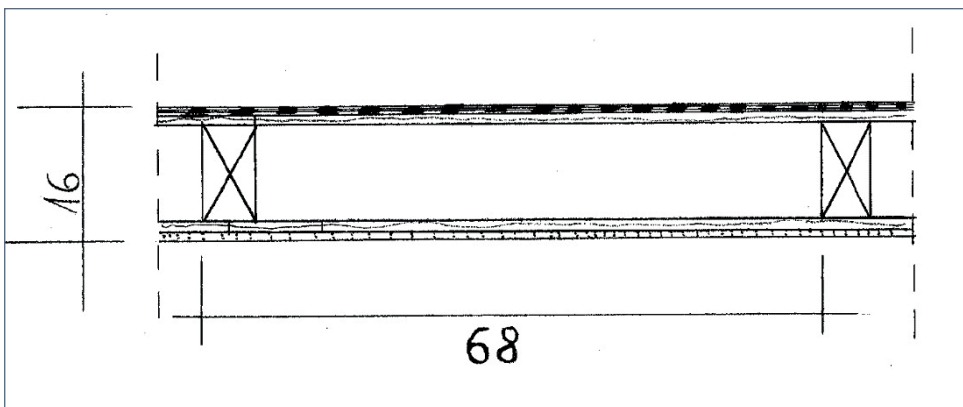
Der Eingangsbereich der Villa Mutzenbecher liegt zwischen den beiden Hauptteilen. Es ist ein einstöckiger Flachbau, der den Zugang zum Treppenhaus über einen offenen Flur ermöglicht. Das Flachdach ist an drei Seiten von Mauerwerk umschlossen. Die Balken liegen vom Eingangsbereich des Windfangs in Richtung des Quertrakts, der die beiden Gebäudeteile verbindet (Abbildung 2). Das Gebäude liegt im Niendorfer Gehege und ist von sehr hohen Bäumen umschlossen, die das Gebäude meistens im Schatten halten.

Die Entwicklung von Sanierungsvorschlägen soll auf der Basis der folgenden Fotos und Skizzen des Architekten erfolgen. Sie stellen den angenommenen aktuellen Stand der Konstruktion dar.



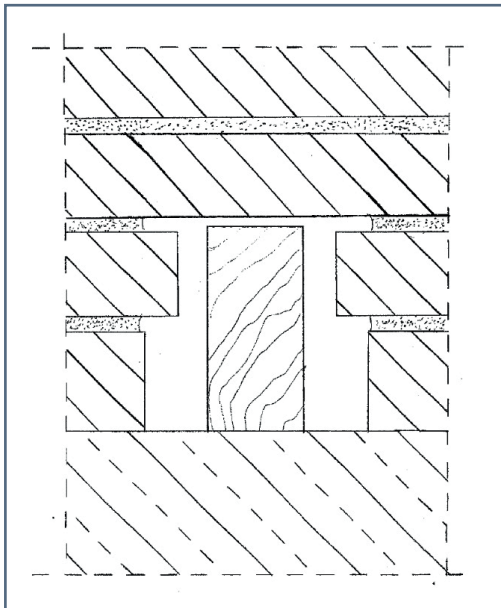
Draufsicht zum Flachdach mit den Abmessungen der Dachhaut

Die Innenseite der Decke ist noch traditionell aus einem Stroh-Putz-Verbund hergestellt. Am Übergang des Putzes zum Durchgang in das Hauptgebäude ist ein Zierstück aus Stuck angebracht.



Schnitt der Konstruktion in Längsrichtung

Das Auflager in Richtung des Quertrakts liegt auf einem massiven Sturz, der gleichzeitig auch das Außenmauerwerk des Quertrakts trägt. Das Auflager auf der anderen Seite liegt auf einer Holzkonstruktion, die mit Ziergläsern versehen ist. Sie soll bei der Sanierung nicht berücksichtigt werden.

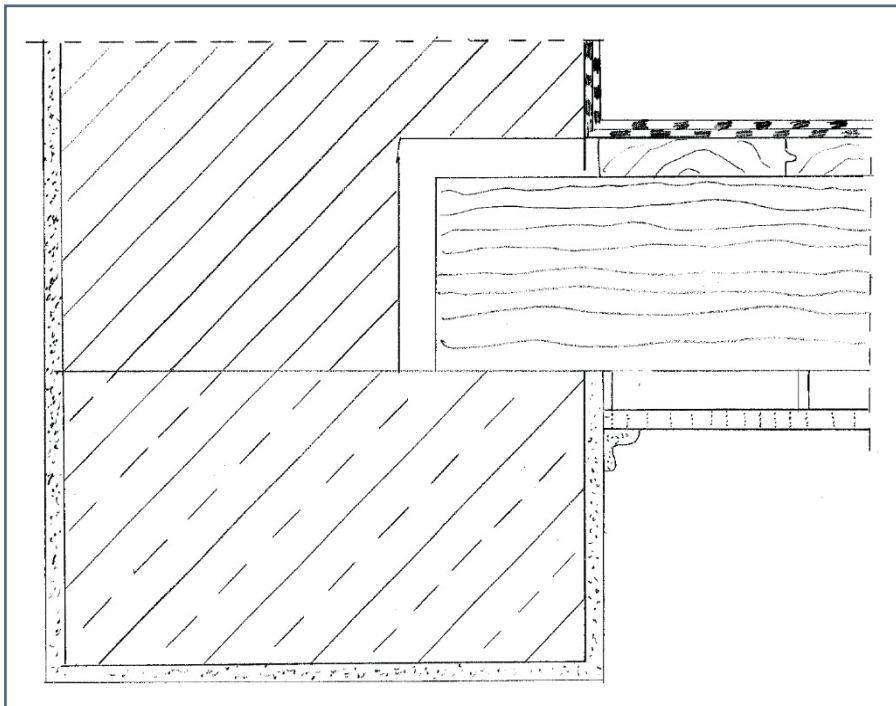


Auflager im Querschnitt



Arbeitsauftrag

1. Ergänzen Sie in dem Bild „Auflager massiver Sturz“ die Bezeichnungen für die Bauteile! Tragen Sie diese einfach in das Bild in roter Farbe ein!





2. Beurteilen Sie den technischen Zustand der Konstruktion und die möglichen Mängel. Erstellen Sie eine Liste mit Mängeln und Maßnahmen, die Sie erkennen.

Mängel und Maßnahmen



3. Gleichen Sie Ihre Listen in den Kleingruppen ab und diskutieren Sie Ihre Ergebnisse. Erstellen Sie daraus eine finale Liste für Ihre Gruppe!



Baubeteiligte

**Bauherr**

„Die Sanierung der alten Villa Mutzenbecher ist ein sehr umfangreiches Projekt, in dem unserem Verein viele Dinge wichtig sind. Unser Verein versucht Werte der Gesellschaft zu erhalten, damit folgende Generationen sie kennenlernen können. Dahinter steht für uns ein Verständnis von Nachhaltigkeit, die in verschiedene Bereiche einfließt. Neben der Idee das alte Bauwerk zu schützen, ist für uns auch die Vorstellung wichtig die Umwelt durch unser Wirken so wenig wie möglich zu belasten. Wir wollen die Sanierung der Villa natur- und verantwortungsbewusst gestalten. Das betrifft in unserer Vorstellung vor allem der Bereich der Baustoffe, bei deren Auswahl wir auf Nachhaltigkeit achten wollen. Gleichzeitig soll unser Gebäude so wenig Energie wie möglich verbrauchen.“



Baubeteiligte

**Mitarbeiter:in des Denkmalschutzamtes**

„Wir überprüfen die Vorschläge zur Umsetzung der Sanierungsarbeiten an der Villa Mutzenbecher und anderer denkmalgeschützter Gebäude in Hamburg. Generell muss jeder Vorschlag für Baumaßnahmen bei uns besichtigt und freigegeben werden. Das heißt, ohne unsere Zustimmung gibt es keine Arbeiten! Für uns hat der Bestandsschutz Vorrang.

Für uns gilt das Prinzip: So wenig wie möglich und so viel wie nötig! Wir wissen, dass diese Aussage sehr breit ausgelegt werden kann. Es ist auf jeden Fall wichtig, dass die Maßnahme zu einer Förderung der Lebensdauer des Bauteils beiträgt. Denn nur dadurch bleibt es erhalten. Wir stehen also nicht allen Veränderungen ablehnend gegenüber. Trotzdem sollen problematische oder schadensanfällige Stellen auch nur in geringen Maßen verändert werden

Bei bereits beschädigten Teilen muss mehr gemacht werden. Für uns gilt in dem Zusammenhang: Die Ergänzung von Bauteilen steht vor dem vollständigen Austausch von Material“. Reparatur geht also stets vor Ersatz! Wir wollen das Erscheinungsbild des Baudenkmals erhalten. Allerdings steht die Verlängerung der Lebenszeit vor dem Erhalt der historischen Aspekte.“



Baubeteiligte

Maurermeister:in

„Ich habe bereits einige Sanierungen von Altbaustellen betreut. Hier bin ich ein bisschen für alles zuständig. Ich habe schon ein paar kleine Schadstellen am Dach bereinigt, daneben mache Mauerwerksarbeiten, kümmere mich um Putz, kleine Trockenbauaufträge, bisschen Wärmedämmung, wo eben etwas auffällt. Sagt mir einfach Bescheid, wenn wir irgendetwas zusammen machen wollen oder müssen.

Ich habe hier schon einige Ecken aufgemacht und dabei festgestellt, dass die Balkenköpfe, die auf dem Sturz aufliegen, nicht mehr so doll sind. Da müsst ihr wahrscheinlich bald mal ran.





Energiebeauftragte

„Laut des GEG 2020 (Gebäude-Energie-Gesetz 2020) soll ein möglichst sparsamer Einsatz von Energie im Gebäude zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom dabei helfen, fossile Ressourcen zu schonen und den Klimawandel zu verlangsamen.“

Auch zur Nachrüstung von bestehenden Gebäuden gibt es einige Regelungen, die darin festgehalten sind. So müssen laut § 47 die oberste Geschossdecke dem Mindestwärmeschutz genügen. Der liegt bei dem U-Wert von $0,24 \text{ [W/m}^2\cdot\text{K]}$. Soweit bei beheizten Gebäuden Außenbauteile erneuert, ersetzt oder erstmalig eingebaut werden, gilt diese Regelung.

Auch zur Nachrüstung von bestehenden Gebäuden gibt es Regelungen. So müssen Geschossdecken den Mindestwärmeschutzanforderungen genügen, also einen U-Wert von $0,24$ erfüllen. Ist die Dämmschichtdicke allerdings aus technischen Gründen begrenzt, erfüllt eine höchstmögliche Dämmschichtdicke mit einem Bemessungswert von $0,035 \text{ [W/m}^2\cdot\text{K]}$ die Anforderungen. Falls jemand allerdings Dämmmaterialien aus nachwachsenden Rohstoffen oder Einblasdämmung verwenden will, ist eine Wärmeleitfähigkeit von $0,045 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ebenfalls zulässig für die energetische Sanierung.

Die Villa Mutzenbecher mit ihrem Status als Denkmal hat allerdings eine Sonderregel. Sollte bei der Erfüllung der Anforderungen die Substanz oder das Erscheinungsbild verändert werden, kann von den Anforderungen abgewichen werden.“





Baubeteiligte

Dachdeckermeister:in

„Ich habe mir das Flachdach mal angeschaut und festgestellt, dass die Dachabdichtung bereits beschädigt ist. Ich werde die Außenseite komplett abreißen müssen und dann eine neue Dachhaut aufbringen, damit die Niederschlagsbeständigkeit weiterhin gegeben ist und das Dach gleichzeitig dem aktuellen Bild entspricht.

Wir werden drei Lagen Bitumenbahn auf dem Dach verschweißen, mit einer Dicke von jeweils 5mm. Das Flachdach gehört zu den nicht genutzten Flachdächern, das heißt nur zum Zweck der Pflege und Instandhaltung wird das Dach betreten.

Folglich muss es nur selten betreten werden, also muss keine besonders tragfähige Konstruktion hergestellt werden. Wahrscheinlich sind sowohl Warm- und Kaltdach für den Eingangsbereich möglich. Damit ich meine Abdichtung herstellen kann, brauche ich aber einen ebenen und nicht leicht entzündlichen Untergrund.“





1. Erstellen Sie eine Liste mit den wesentlichen Informationen und Hinweisen der Baubeteiligten.

Baubeteiligte	

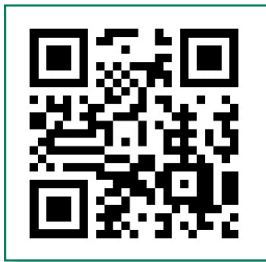


Was ist der UBAKUS?

Mit der Website UBAKUS (www.ubakus.de oder QR-Code 1) lassen sich unterschiedliche bauphysikalische Daten schnell berechnen und anschaulich darstellen. Es soll die Planung von Wärmedämmung für neue und bestehende Gebäude vereinfachen. Mit dem System können bestehende Konstruktionen entweder nachgebaut, erstmals entwickelt und anschließend ausgewertet werden. Dazu muss ein Bauteil in Form des Schichtaufbaus auf der Website erstellt werden. Währenddessen werden bereits die ersten Ergebnisse dargestellt. Er bietet Informationen zum Wärmeverlust, zur Feuchtebelastung und zur Wärmegewinnung des Bauteils. Weiterhin sind Informationen zum Energieaufwand bei der Herstellung, der Klimabilanz und der finanziellen oder energetischen Amortisation zugänglich.

Die Nutzer können bei dem Programm auf eine breite Palette von Baustoffen unterschiedlicher Hersteller zurückgreifen. Die meisten Werkstoffe sind mit einem eigenen Steckbrief ausgestattet, der auf den Informationen des Herstellers basiert. Neben den technischen Informationen wird die nachhaltige Dimension der Baustoffe berücksichtigt.

Das zentrale Element der Seite ist der U-Wert-Rechner. Um das Programm nutzen zu können, muss ein kostenfreier Account auf der Seite angelegt werden. Zum Kennenlernen des Programms ist eine Videoeinführung auf der Website unter Anleitungen → Videoanleitung angelegt (nutze QR-Code). Auf den folgenden Seiten ist eine Tabelle mit den wichtigsten Funktionen zusammengefasst und visualisiert.



<https://www.ubakus.de/grafische-bauteileingabe-video-tutorials/>



<https://www.ubakus.de/u-wert-rechner/>



UBAKUS: Die wichtigsten Informationen auf einen Blick

Welche Funktion?	Was kann die Funktion?	Nummer
Art des Bauteils	Wahl zwischen Wand, Dach (besontet oder verschattet), usw.	1
Tabellarische Darstellung	In einer Tabelle die Baustoffe auswählen, das ist sehr übersichtlich	2
Graphische Darstellung	Die Baustoffe frei an die gewünschte Stelle schieben, etwas anspruchsvoller, aber auch flexibler	3
Ökobilanz	Unter dem Reiter "Sanierung" sind die erwartbaren Einsparungen im Vergleich zum vorherigen Zustand dargestellt.	4
Suchfunktion	Durch das Klicken auf die Schicht öffnet sich der Suchbereich für die Baustoffe. Die Lupe signalisiert die Suchleiste.	5
Beispiel Baustoff (ohne Auswahl beim Hersteller)	Der Eintrag vor der Auswahl der Hersteller. Beispiel: Dichtbahnen, Folien → Dichtbahn, Bitumen	6
Neue Schicht einfügen	Zwischen den bestehenden Schichten eine neue Schicht einfügen	7
Balkenlage einfügen	Fehlt dir noch eine Tragschicht in der Dämmung, dann füge damit einen Balken ein.	8
Bauteil Eigenschaften	Hier kannst du Einstellungen zu den Baustoffen und Bauteilen ändern. Zum Beispiel die Bezeichnung	9
Schichten ausblenden	Du kannst eine Schicht erst ausblenden und anschließend löschen	10
Schicht löschen	Wenn die Schicht ausgeblendet ist, erscheint das Symbol zum Löschen.	11
Verschieben der Schichten	Durch das Verschieben könnt ihr jede Schicht an eine andere Stelle legen.	12
Folien um Balken legen	Durch den Button	13





Übaku Dachkonstruktion Wand 1

Berechnung • Schicht • Beispiele • Anleitungen • Forum • Ubakus • Mein Konto

3 Eingabe **2** Eingabe **4** U-Wert **8** Okobilanz **6** Feuchte **9** Hitze **7/5** Diagramme **8** Hinweise

Innen: Reduzierte Luftzirkulation 20 °C 50 % Luftfeuchtigkeit Rsi...
 Von innen nach außen: umkehren Abstand •

№	Material	Dicke	Breite	U-Wert	Okobilanz	Feuchte	Hitze
1	Gipskartonplatte	12,5 mm					
2	Unterkonstruktion	24 mm					
3	Dampfbremse sd= 5	0,5 mm					
4	Mineralwolle	220 mm	100 mm				
5	Fichte	220 mm	600 mm				
6	Unterdeckbahn sd=0,1m	0,5 mm					
7	Hinterlüftung (Außenluft)	40 mm					
8	Dachsteine inkl. Lattung	103 mm					
9	Direkter Übergang zur Außenluft	-5 mm	80 % Luftfeuchtigkeit				

Außen: Direkter Übergang zur Außenluft -5 °C 80 % Luftfeuchtigkeit Rse...

3D

Nutzung nur für Studium und Lehre. Freigeschaltet für Mathis Grube

U-Wert: 0,211 W/m²K

Tauwasser: 0 kg/m²
 Holzfeuchte: +0,0 %
 Trocknungsdauer: -

Temp.Ampl.Dampfung (1ITAV): 10,9
 Phasenverschiebung: 6,8 h
 Speicherfähigkeit innen: 36 kJ/m²K

sd-Wert: 6,3 m
 Dicke: 40,05 cm
 Gewicht: 89 kg/m²
 Oberfläche innen: 17,9 °C (57%)
 Trocknungsreserve: 9045 g/m²a

sehr gut
 mangelhaft
 mangelhaft
 sehr gut
 mangelhaft
 mangelhaft
 sehr gut



1. Schauen Sie die Videoanleitung zum UBAKUS-Rechner an.
2. Bauen Sie den Schichtaufbau der Skizze des Architekten mit dem UBAKUS nach.
3. Welche Probleme stellt UBAKUS bei der Konstruktion fest? Vergleichen Sie das Ergebnis mit Ihrer Diagnose zu den Skizzen des Architekten.



Varianten des Flachdachs

Flachdachkonstruktionen

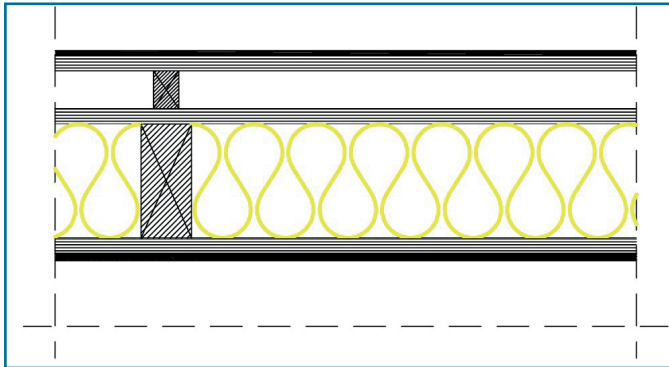
Dachflächen mit einer Neigung von weniger als 5 % werden als Flachdächer bezeichnet und erhalten anstelle einer Dachdeckung eine Dachabdichtung aus zum Beispiel Bitumenbahnen. Die geringe Neigung ist notwendig, um Wasseransammlungen zu verhindern, die bei Vereisung oder durch das Wachstum von Pflanzen und Algen auf dem Dach Schäden befördern. Die Vorteile gegenüber den geneigten Dächern sind das geringere Eigengewicht, breitere Nutzungsmöglichkeit und mehr gestalterische Freiheit. Die geringe Ableitung von Feuchtigkeit erfordert aber eine sehr sorgfältige Herstellung der Konstruktion. Beim Bau einer Flachdachkonstruktion kommen unterschiedliche Baumaterialien zum Einsatz, die in Schichten angelegt sind. Sie bestehen immer aus einer Tragschicht, Wärmedämmschicht und der witterungsbeständigen Dachabdichtung. Wobei die Dämmschicht oder Teile davon auch in den Gefachen der Balkenlage, darüber oder darunter angelegt sein können. Flachdächer mit einem Tragwerk aus Holzbalken benötigen zusätzlich eine Dachschalung aus Brettern oder Holzwerkstoffen, auf der die Dachabdichtung befestigt wird. Auf der Raumseite kann unter Umständen eine Unterkonstruktion für die Innenwandbekleidung eingebaut werden.

Es lassen sich zwei Arten von Flachdächern unterscheiden, belüftete und unbelüftete Flachdächer.



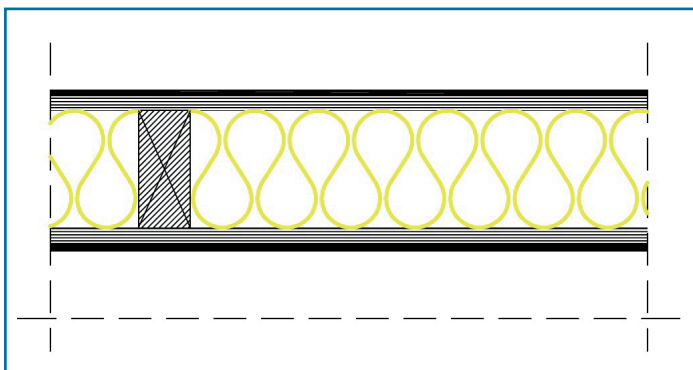


Das **belüftete Flachdach** wird auch als Kaltdach bezeichnet, weil die Tragkonstruktion für die Abdichtung im kalten Bereich liegt. Dazwischen ist der für die Belüftung erforderliche Zwischenraum. Der Luftaustausch erfolgt ausschließlich über die Bewegung der Außenluft. Daher muss die Luftschicht eine gewisse Abmessung erreichen. Der Querschnitt der Belüftungsöffnung muss mindestens $1/500$ der Dachgrundfläche betragen oder mindestens 5 cm. Durch diese zusätzliche Luftschicht kann in die Konstruktion eingetragene Feuchtigkeit an die Außenluft abgegeben werden. Bei belüfteten Dächern ist zu berücksichtigen, dass die Nutzung der Fläche durch die Konstruktion der Tragschicht eingeschränkt werden kann.



- Weniger anfällig für Feuchteanfall
- Hat größeren Dachaufbau

Das **unbelüftete Dach** wird auch als Warmdach bezeichnet, weil die Tragkonstruktion im warmen Bereich liegt. Also auf der Wärmedämmschicht oder direkt unterhalb der Wärmedämmung. Eine Belüftung der Konstruktion kann nicht erfolgen. Damit die Wärmedämmschicht durch das Kondensieren von Luftfeuchtigkeit nicht durchfeuchtet, muss die Diffusion von Innen in die Konstruktion behindert werden. Mit der Abdichtung nach Außen und der dampf behindernden Ebene aus Folie nach innen stellt diese Konstruktion besondere Ansprüche an sorgfältiges Arbeiten. Da bereits kleinste Beschädigungen zum Einbringen von Feuchtigkeit führen können.



- feuchtevariable (intelligente) Dampfbremse
- Dachaufbau mit geringer Höhe
- Keine Verschattung der Dachfläche durch Bäume o.ä. zulässig
- Schwarze Abdichtung (notwendig zur Rücktrocknung)



1. Vervollständigen Sie die Tabelle und ordnen Sie den Zeichnungen die Konstruktionsschicht zu.

Nummer	Konstruktionsschicht	Funktion
1		Wasserdichte Ebene, Schutz vor Niederschlagswasser und Umwelteinflüssen,
2		Ebene Fläche zum Befestigen der Dachabdichtungen, außerdem Schall und Brandschutz Schutz der Dämmung vor der Hitze der Heißverklebung Tragschale zum Schutz bei weichen Dämmungen oder belüfteten Dächern
3		Entlüftung eingetragener Feuchtigkeit über die Außenluft
4		Verringerung von Wärmedurchgang (Verringerung der Transmissionswärmeverluste)
5		Raumtrennung und Abtragung der unterschiedlichen Lasten
6		Verhinderung der Dampfdiffusion in Wärmedämmung und unter die Abdichtung
7		Zwischen den bestehenden Schichten eine neue Schicht einfügen
8		Optischer Abschluss des Bauteils, teilweise eigene Funktionsschicht



2. Welche wichtigen Bestandteile fehlen in dem aktuellen Aufbau des Flachdachs der Villa Mutzenbecher?



3. Bauen Sie mit dem UBAKUS jeweils eine Variante für ein belüftetes und ein unbelüftetes Dach nach. Darin sollen nach Möglichkeit alle Schichten vorhanden sein.
4. Vergleichen Sie und beurteilen Sie auf Grundlage der Kriterien der Baubeteiligten die Aufbauvarianten!

Beispiel eines belüfteten Flachdachs

Beispiel eines unbelüfteten Flachdachs



Wärmedämmung und Nachhaltigkeit

Wer sein Haus nach modernen Standards dämmt, kann den Energieverbrauch stark reduzieren. Neben der Kosteneinsparung spielt der Schutz des Klimas mittlerweile eine wichtige Rolle. Besonders bei der Sanierung von bestehenden Gebäuden müssen große Anstrengungen unternommen werden, um durch Wärmedämmung den Energieverbrauch und folglich den CO₂-Ausstoß zu reduzieren. Ungefähr 80 % des Energieverbrauchs privater Haushalte wird für die Wärmeerzeugung eingesetzt (Quelle). Die Wahl für einen Dämmstoff wird vor allem durch technische und wirtschaftliche Überlegungen geprägt. Dabei erscheinen auch nachhaltige Aspekte bei der Auswahl von Wärmedämmstoffen als besonders wichtig, um eine ganzheitliche Beurteilung zu ermöglichen.

Grundlegendes zur Nachhaltigkeit beim Bauen

Um den Aspekt der Nachhaltigkeit bei der Sanierung von Gebäuden zu berücksichtigen, sollte der gesamte Lebenszyklus eines Gebäudes berücksichtigt werden. Also neben der Planung und Erstellung auch die Nutzung und Modernisierung und anschließend der Rückbau des Gebäudes. Denn Bauen verursacht einen tiefen Eingriff in die natürliche Umwelt und ist gekennzeichnet durch einen Verbrauch großer Flächen und einer Menge Rohstoffe. Eine neue nachhaltige Dimension zur Beurteilung von Dämmstoffen sollte diese Überlegung beinhalten.

Effizienz

Nicht die verfügbare Menge der Ressourcen ist entscheidend, sondern der Aufwand an Rohstoffen und Energie der benötigt wurde. Ressourcenproduktivität muss erhöht werden, um Ressourcenverbrauch und Energieeinsatz zu minimieren.

Suffizienz

Damit ist ein ressourcensparender Ansatz gemeint. Es werden die natürlichen Grenzen von Ressourcen berücksichtigt. Darin schwingt die Idee mit, nicht regenerierbare durch regenerierbare zu ersetzen.

Konsistenz

In nachhaltigen Systemen gibt es keine Abfälle. In ihnen wird die Wiederverwertung von Ressourcen angestrebt. Außerdem sollten keine Schadstoffe abgegeben werden, um die Aufnahmefähigkeit der Umwelt nicht zu überlasten oder zu gefährden.

Permanenz

Darin ist der Wunsch formuliert, die Lebensdauer der Bauteile möglichst lange zu erhalten. Dazu sollten die Baustoffe eine hohe Lebenserwartung für die Nutzung ermöglichen.



Dämmwolle - Steinwolle

Steinwolle	
Wärmeleitfähigkeit in W/m*K	
Gewicht in kg/m ³	
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl (Sd-Wert)	
Brandschutzklasse	



Die Steinwolle zählt zu den Mineralfaserdämmstoffen.

Zur Herstellung von Steinwolle werden unterschiedliche Mineralien wie Kalkstein, Feldspat, Basalt, Dolomit und Diabast gebraucht. Sie sind in ausreichender Menge auf der Erde vorhanden. Aus einem Kubikmeter Rohstoff entstehen einhundert Kubikmeter Steinwolle. Zu Herstellung wird der Energieträger Koks benötigt.

Die Herstellung von Mineralwolle erfolgt in großen Öfen. Dort werden die einzelnen Rohstoffe mit dem Energieträger bei 1400 – 1600 °C eingeschmolzen. Die daraus entstehende Schmelze wird durch Walzenspinnen zerfasst. Anschließend mit einem wässrigen Bindemittel besprüht, um formstabil zu bleiben. Schlussendlich muss der Dämmstoff in Härteöfen bei 200 – 300 °C aushärten.

Aufgrund der hohen Temperaturen der Öfen benötigt Mineralwolle viel Energie zur Herstellung. Ca. 400 kWh/m³.

Die Verarbeitung ist einfach und erfolgt mit dem Messer. Dabei muss zum Schutz vor Haut-, Augen- und Atemwegsreizungen durch die Staubentwicklung, Schutzausrüstung getragen werden.

Bei der Verarbeitung der Steinwolle auf der Baustelle kommt es zur Faserfreisetzung, dabei können Fasern mit kritischer Geometrie krebserregend sein. Heute sind nur noch Materialien ohne Verdacht in Nutzung.

Die Anwendungsgebiete der Steinwolle sind breit gefächert. Sie wird meistens zur Ausdämmung von Gefachen von Dächern und Wänden genutzt. Da sie keine brennbaren Bestandteile enthält, wird sie auch für heiße Rohrleitungen von Schornsteinen genutzt.

Der Dämmstoff zeichnet sich durch eine lange Haltbarkeit aus, die technische Lebensdauer beträgt 42 Jahre. Allerdings ist er sehr empfindlich gegenüber Feuchtigkeit. Seine Dämmwirkung nimmt bei Feuchtigkeit in der Dämmung stark ab.

Nicht verklebte und saubere Mineralwolle lässt sich wiederverwenden oder als Stopfwolle einsetzen. Abschnitte werden von einigen Herstellern abgeholt und wieder dem Herstellungsprozess zugeführt. Die Dämmung ist deponierfähig und trotz der Möglichkeit des Recyclings ist die Deponierung die gängigste Variante nach dem Ausbau von Steinwolle



Dämmwolle - Glaswolle

Glaswolle	
Wärmeleitfähigkeit in W/m*K	
Gewicht in kg/m ³	
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl (Sd-Wert)	
Brandschutzklasse	



Die Glaswolle zählt zu den Mineralfaserdämmstoffen.

Zur Herstellung von Glaswolle wird Glas benötigt. Es werden die mineralischen Rohstoffe Sand, Soda und Kalkstein bei 1.400 °C im Ofen geschmolzen, den größten Anteil nimmt Altglas mit 60 – 70 % ein. Weiterhin werden Öle zugesetzt, um den Staubanteil zu reduzieren und wasserabweisende Imprägniermittel zugegeben. Kunstharze dienen als Bindemittel.

Die Rohstoffe werden gemeinsam geschmolzen und dann die Zusatzstoffe beigemischt. Die Schmelze wird anschließend zu Glasfasern geschleudert. Das Schleuderverfahren ähnelt der Herstellung von Zuckerwatte. Alternativ gibt es noch weitere Verfahren wie das Ziehverfahren oder Blasverfahren. Dem entstandenen Dämmmaterial Glaswolle wird ein Binder für die Formstabilität beigemischt. Anschließend härtet der Dämmstoff im Heißluftofen aus. Die Rohstoffe zur Herstellung sind reichlich vorhanden.

Aufgrund der hohen Temperaturen zum Schmelzen der Materialien und des anschließenden Trocknungsprozesses, ist der Herstellung von Glaswolle energieintensiv mit 350 kWh.

Die Verarbeitung ist einfach und erfolgt mit dem Messer. Dabei muss zum Schutz vor Haut-, Augen- und Atemwegsreizungen durch die Staubentwicklung, Schutzausrüstung getragen werden.

Bei der Verarbeitung der Steinwolle auf der Baustelle kommt es zur Faserfreisetzung, dabei können Fasern mit kritischer Geometrie krebserregend sein, heute werden nur noch Materialien ohne Verdacht verwendet.

Die Anwendungsgebiete der Glaswolle sind vielseitig. Sie wird meistens zur Ausdämmung von Gefachen von Dächern und Wänden genutzt.

Der Dämmstoff zeichnet sich durch eine lange Haltbarkeit aus, die technische Lebensdauer beträgt 39 Jahre. Allerdings ist er sehr empfindlich gegenüber Feuchtigkeit. Seine Dämmwirkung nimmt bei Feuchtigkeit in der Dämmung stark ab.

Reststücken aus der Verarbeitung lassen sich als Stopfwolle verwenden. Nicht verklebte und saubere Glaswolle lässt sich wiederverwenden. Abschnitte werden von Herstellern abgeholt und wieder dem Herstellungsprozess zugeführt. Die Dämmung ist deponierfähig und trotz der Möglichkeit des Recyclings ist die Deponierung die gängigste Variante nach dem Ausbau von Glaswolle.



Dämmschüttung – Extrudiertes Polystyrol EPS

EPS	
Wärmeleitfähigkeit in W/m*K	
Gewicht in kg/m ³	
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl (Sd-Wert)	
Brandschutzklasse	



Extrudiertes Polystyrol zählt zu den organisch-synthetischen Dämmstoffen.

Zur Herstellung von Polystyrol wird der Ausgangsstoff Styrol benötigt. Dieser wird aus Erdöl gewonnen. Zur Herstellung des Dämmstoffs werden außerdem Treibmittel, Flammschutzmittel und Farbstoffe eingesetzt.

Das als Granulat gelieferte Polystyrol wird bei Temperaturen von 90°C mit Wasserdampf vorgeschäumt. Dabei erreicht es das 20 – 50 fache des ursprünglichen Volumens. Nach dem Abkühlen wird das Granulat ein zweites Mal mit Wasserdampf aufgeschäumt, was die Polystyrolperlen zu einem gleichmäßigen Material verschweißt. Je nach Zeitdauer, Temperatur und Anlageform unterscheiden sich die Eigenschaften der Endprodukte. Die Platten bestehen nach der Herstellung aus kleinen Schaumkügelchen, die miteinander verbacken sind. EPS Platten sind meistens weiß oder schwarz.

Der Energieaufwand für die Herstellung ist sehr groß, um die 817 kWh/m³.

Die Verarbeitung ist einfach und erfolgt mit dem Messer, der Säge oder dem heißen Draht. Dies kann mit einfachen Handwerkzeugen der spezialisierten Schneidegeräten erfolgen. Allerdings gibt es Einpassungsprobleme bei Zwischensparrendämmungen. Im Brandfall kommt es zur Bildung giftiger Ausdünstungen.

Der EPS-Dämmstoff wird für nahezu jede Anwendung im Baubereich gefertigt. Er kann im Decken-, Wand- und Dachbereich eingesetzt werden. Durch den günstigen Preis und die leichte Verarbeitung ist er weit verbreitet.

Der Dämmstoff zeichnet sich durch eine lange Haltbarkeit aus, die technische Lebensdauer beträgt 42 Jahre. Allerdings ist er empfindlich gegenüber UV-Strahlung und Hitzeeinwirkung. Bei etwas über 100 °C beginnt er zu schmelzen. Er ist widerstandsfähig gegenüber Feuchtigkeit, wirkt aber nicht feuchte-regulierend.

Grundsätzlich ist EPS recyclebar. Allerdings ist dieser Prozess nur in komplexen Anlagen möglich. Daher werden nur geringe Mengen recycelt. Die Verschmutzung durch z.B. Kleber erschwert das Recycling. Ansonsten müssen die Reste und ausgebauten Stoffe auf Deponien entsorgt werden oder sie werden thermisch verwertet, also verbrannt.



Dämmschüttung – Stopfhanf

Stopfhanf	
Wärmeleitfähigkeit in W/m*K	
Gewicht in kg/m ³	
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl (Sd-Wert)	
Brandschutzklasse	



Hanf zählt zu den natürlichen Dämmstoffen.

Zur Herstellung des Hanfdämmstoffes wird die Hanfpflanze als Ausgangsstoff benötigt. Sie ist eine anspruchslose Pflanze, die mit geringem Einsatz von Unkraut- und Schädlingsmitteln wächst und sich durch rasches Wachstum auszeichnet. Neben dem Hanf werden Stützfasern auf der Basis von Pflanzenstärke benötigt. Außerdem Soda oder Borsalze als Brandschutzmittel. Hanfdämmwolle kommt teilweise ohne Zusatzstoffe aus.

Aus dem Rohmaterial der Pflanze werden Fasern und Schäben (gebrochener holzähnlicher Teil des Stängels) gewonnen. Durch Brechen und Walzen werden die Stängel aufgefasert. Aus den Fasern werden Dämmmatten oder Stopfdämmung hergestellt. Die Schäben werden als Schüttdämmstoff oder feste Platte verwendet.

Bei dieser rein mechanischen Herstellung ist nur eine geringe Energiemenge notwendig, 50 - 80 kWh/m³. Zusätzlich speichert die Pflanze CO₂, das nicht abgegeben wird.

Hanfmatte und Stopfwolle können als Dämmung für Wand, Dach und Boden eingesetzt werden. Im Dachbereich dämmt sie als Zwischensparren- und Aufdachdämmung. Hanf ist hautverträglich und lässt sich staubarm verarbeiten. Hanfdämmmatten werden mit dem Dämmstoffmesser oder elektronischen Fuchsschwanz zugeschnitten. Das Stopfmaterial wird von Hand in den zuvor geschaffenen Hohlraum eingefüllt, wobei die geforderte Dichte erreicht werden muss.

Der Dämmstoff zeichnet sich durch eine lange Haltbarkeit aus, die technische Lebensdauer beträgt 39 Jahre. Die Dämmung ist feuchtigkeitsregulierend und feuchtigkeitsbeständig. Allerdings kann lange Durchfeuchtung zu Fäulnisschäden führen. Zugewetzte Borsalze können die Schimmelbildung erschweren.

Die Dämmstoffe lassen sich problemlos entsorgen. Wenn auf den Einsatz von Zusatzmitteln verzichtet wurde, ist der Baustoff kompostierfähig und sonst problemlos deponierfähig. Ansonsten lässt sich das Material problemlos und energiearm recyceln.

Schalldämmung, mottensicher; positives Raumklima.



Dämmmatte – Flexible Holzfaserplatte

Flexible Holzfaserplatte	
Wärmeleitfähigkeit in W/m*K	
Gewicht in kg/m ³	
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl (Sd-Wert)	
Brandschutzklasse	



Flexible Holzfaserplatten zählen zu den natürlichen Dämmstoffen.

Zur Herstellung der Dämmplatten werden Restholz oder gewachsene Baumstämme benötigt. Die Beimischung von unterschiedlichem reinen Restholz ist leicht möglich. Ansonsten benötigt es nur Wasser und chemische oder biologische Bindemittel als Zugabe.

Zur Herstellung von flexiblen Holzfaserdämmplatten wird das Trockenverfahren angewendet. Zuerst wird das Holz zu Hackschnitzel verarbeitet. In einem Trocknungsgang werden die Fasern getrocknet. Anschließend werden Bindemittel zugegeben und durch Walzen mit den Holzfasern verbunden (Beleimung). Anschließend wird die Streumasse über die Kalibrier- und Aushärteeinheit aufgewalzt und gepresst und durch ein Dampf-Luft-Gemisch ausgehärtet. Zum Schluss werden die angestrebten Längen und Breiten durch Sägen und Fräsen zugeschnitten.

Wegen der dauerhaften Zuführung von Wärme ist die Herstellung energieintensiv, wobei bis zu 400 kWh/m³ benötigt wird. Gleichzeitig hat das Holz aber viel CO₂ gebunden, was den Einsatz aber nur bedingt ausgleicht.

Die technische Lebensdauer beträgt 31 Jahre, damit ist es ein haltbarer Dämmstoff. Er ist feuchtigkeitsresistent und erhält die Dämmwirkung bei Feuchteinwirkung. Er neigt allerdings zum Schimmeln.

Die flexiblen Holzfaserplatten haben unterschiedliche Anwendungsbereiche. Meistens werden sie zur Ausfüllung von Gefachen verwendet, für Dach-, Wand- und Deckenkonstruktionen. Sie sind weniger druckfest als andere Holzfaserplatten und somit für druckbelastete Bereiche nicht geeignet.

Die Dämmung ist sehr klemmfähig. Sie kann mit einem Dämmstoffmesser, einer Säbelsäge, Stichsäge oder einem elektrischen Fuchsschwanz geschnitten werden.

Die Dämmstoffe lassen sich problemlos entsorgen. Wenn auf den Einsatz von Zusatzmitteln verzichtet wurde, ist der Baustoff kompostierfähig und sonst problemlos deponierfähig. Ansonsten lässt sich das Material problemlos und energiearm recyceln. Der Dämmstoff eignet sich ansonsten auch zur thermischen Nutzung. Er ist ebenfalls deponierfähig.



Dämmschüttung – Zellulose

Zellulose	
Wärmeleitfähigkeit in W/m*K	
Gewicht in kg/m ³	
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl (Sd-Wert)	
Brandschutzklasse	



Zelluloseschüttung zählt zu den natürlichen Dämmstoffen.

Zur Herstellung von Zellulose wird Papier benötigt. Dazu können Papierreste aus Haushalten, Druckereien und anderen Quellen genutzt werden. Ein wesentlicher Anteil sind Druckerzeugnisse wie Papier. Weiterhin werden Zusatzmittel wie Salze benötigt, um die Feuer- oder Feuchtebeständigkeit der Materialien zu erhöhen.

Die Herstellung von Zellulose beginnt mit dem Recycling von Altpapier wie alten Tageszeitungen. Zuerst wird das Ausgangsmaterial in feine Flocken geschreddert. Während dieses Prozesses werden immer wieder Bestandteile herausgefiltert, wie Metallreste mittels Magneten. Anschließend werden die Zusatzstoffe beigemischt und die Masse wird sorgfältig durchmischt. Die Masse wird in Säcke gefüllt und dort verdichtet. In diesen wird die Zellulose ausgeliefert.

Das Herstellungsverfahren von Zelluloseschüttung ist ein rein mechanischer und somit wenig aufwendiger Vorgang, bei dem nur eine geringe Menge Energie notwendig ist, 85 kWh/m³.

Die Verarbeitung der Zelluloseschüttung erfolgt durch das Einblasen des losen Dämmstoffes. Dadurch ist ein fugenloses Anschmiegen an die angrenzenden Bauteile möglich. Allerdings ist spezialisiertes Gerät und Personal für den Vorgang notwendig, da das System bei fehlerhaftem Einbringen sehr anfällig gegen Schäden ist. Zu beachten ist die eventuell entstehende Staubentwicklung, dabei müssen Atemschutzmaßnahmen umgesetzt werden.

Der Zellulosedämmstoff wird zur Befüllung von Gefachen genutzt. So werden Gefache in Dächern, Decken und Wänden befüllt.

Der Dämmstoff zeichnet sich durch eine lange Haltbarkeit aus, die technische Lebensdauer beträgt 31 Jahre. Die Dämmung ist kaum feuchtigkeitsbeständig. Lange Durchfeuchtung führt zur Reduzierung der Dämmleistung und zu Fäulnisschäden. Die Zusätze sorgen für höheren Brandschutz und bessere Feuchtigkeitsbeständigkeit.

Der Rohstoff zur Herstellung von Zellulose ist selbst ein Recyclingprodukt. Die verwendeten Flocken können bis zu dreimal abgesaugt werden und in neue Systeme eingeblasen werden. Die Dämmung ist deponierfähig und nur aufgrund der eingesetzten Zusatzmittel nicht kompostierbar.



2.a Teilen Sie sich die Steckbriefe in der Gruppe gleichmäßig auf!

2.b Ordnen Sie den Aspekten der Nachhaltigkeit Informationen aus ihren Steckbriefen zu!

Effizienz

Suffizienz

Konsistenz

Permanenz



2.c Beurteilen Sie die Dämmstoffe nach den Aspekten der Nachhaltigkeit und stellen sie sich anschließend ihre Erkenntnisse vor!

3. Verwenden Sie die einzelnen Dämmstoffe in ihrer Konstruktion im UBAKUS und vergleichen Sie die Ergebnisse! Welcher Dämmstoff eignet sich besonders gut?



Feuchteschutz

Ein zentraler Aspekt der Planung von Bauwerken ist der Schutz des Bauteils vor Wasser, da es die Ursache für viele bauliche und energetische Mängel darstellt. Neben der von außen auf Gebäude einwirkenden Feuchtigkeit wie Niederschlag oder Bodenfeuchtigkeit kann das Wasser auch aus der Nutzung der Räume also von Innen in die Konstruktion eindringen. Die Luftfeuchtigkeit beschreibt den Wasserdampfgehalt in der Luft. Wie viel Wasserdampf die Luft aufnehmen kann, hängt von der Temperatur ab, wobei warme Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann als kalte (siehe Tabelle). Sobald die Luft ihren maximalen Wassergehalt erreicht hat und weiterhin Feuchtigkeit eindringt, kommt es zur Ablagerung von Feuchtigkeit auf den Oberflächen oder im Bauteil selbst. Das sogenannte Tauwasser bildet sich.

Lufttemperatur in °C	Maximaler Wassergehalt in g/m ³
6	7,3
12	10,7
20	17,3

Die Luftfeuchtigkeit bewegt sich im Raum durch Diffusion. Sie ist ein ohne äußere Einwirkungen auftretender Ausgleich von Gaskonzentrationen. Sie versucht immer Druckunterschiede (zum Beispiel zwischen Innen und Außen) auszugleichen und strömt vom hohen zum niedrigeren

Druck. Über dieses Phänomen können feuchte Bauteile austrocknen oder umgekehrt. Die Luftfeuchtigkeit kann sich durch Stoffe hindurchbewegen, wobei alle Materialien einen unterschiedlichen Widerstand entgegensetzen. Luft zum Beispiel stellt der Wasserdampfdiffusion eine Widerstandszahl von 1 gegenüber, Holz hingegen zeichnet sich durch einen 40-fachen Widerstand aus. Dieser Wert ist die Wasserdampfdiffusions-Widerstandszahl.

Für die Beurteilung von Materialien auf ihre Tauglichkeit zur Behinderung der Bewegung von Wasserdampf, ist der SD-Wert besonders wichtig. Er gibt die Wasserdampfäquivalente Luftschichtdicke an. Er setzt sich aus der Wasserdampfdiffusions-Widerstandszahl und der Dicke des Werkstoffes (in Metern) zusammen. Nach dem Grad der Dichtheit wird diffusionsoffen, diffusionshemmend und diffusionsdicht unterschieden. Daneben werden mittlerweile feuchteadaptive Dampfbremsen verwendet. Sie passen ihren Diffusionswiderstand an die umgebende Luftfeuchtigkeit an. Im Falle einer hohen Wasserdampfkonzentration in der Konstruktion, wird der Wasserdampf aus dem Bauteil gelassen. Im Falle von hoher Tauwassergefahr im Winter wirkt sie hemmend.

sd-Wert	Grad der Dichtheit	Widerstand gegen Diffusion
sd < 2 m	Diffusionsoffen	Gering
2 m < sd < 1500 m	Diffusionshemmend (Dampfbremse)	Mittel
sd > 1500 m	Diffusionsdicht (Dampfsperre)	Hoch
Variabel	Offen/hemmend	Gering/mittel



1.a Ordnen Sie die Folien "LDS Flex Plus", "LDS 100" und "LDS 2 Silk" des Herstellers Knauf Isolation dem Grad der Dichtigkeit zu!

Folienbezeichnung	Grad der Dichtigkeit

1.b Erproben Sie die Folien anschließend in Ihrem Flachdachaufbau im UBAKUS.

2. Notieren und vergleichen Sie die Ergebnisse der Varianten in Bezug auf die Tauwassermenge, die Holzfeuchte und die Trockendauer.

Unbelüftetes Flachdach			
Folie	Tauwasser (kg/m ²)	Holzfeuchte (%)	Trocknungsdauer (Tage)
LDS 100			
LDS 2 Silk			
LDS FlexPlus			

Belüftetes Flachdach			
Folie	Tauwasser (kg/m ²)	Holzfeuchte (%)	Trocknungsdauer (Tage)
LDS 100			
LDS 2 Silk			
LDS FlexPlus			



3. Welche Folie bietet das beste Ergebnis? Begründen Sie ihre Wahl.

Begründung



Balkenaufleger

Bei der Modernisierung alter Gebäude sind geschädigte Deckenbalken keine Seltenheit. Besonders am Auflager können über die Jahre feuchtes Mauerwerk, Schädlinge oder Pilze den Balken zersetzen. Das geschädigte Bauteil muss zum Erhalt der Tragfähigkeit wieder instandgesetzt werden. Dabei ist eine Reparatur oder sogar der Austausch des geschädigten Deckenbalkens notwendig. Als Möglichkeiten zur Reparatur werden folgende Varianten angeführt: Das Anlaschen von Holzbohlen, der Einbau von Wechsellern oder Stahlschuhen und das Herstellen einer Kunstharzprothese. Im Zimmererhandwerk ist das Herstellen einer Anlaschung aus Bohlen beliebt.

Das zentrale Anliegen der Sanierungsmaßnahmen liegt in der statischen Ertüchtigung und der Ausbesserung von Schäden durch tierische oder pflanzliche Schädlinge. Bevor die Zimmerleute mit der praktischen Sanierung beginnen, muss eine technische Bestandsaufnahme durchgeführt werden und anschließend die Planung und Bemessung der Bauteile. Diese Vorleistungen müssen gemeinsam mit dem Statiker festgelegt werden und die Umsetzung liegt dann bei Zimmerleuten auf der Baustelle. Besonders bei fertigen Stuckdecken kommt es zu aufwändigen Sanierungsmaßnahmen. Um den Stuck zu erhalten, ist besonders vorsichtiges Arbeiten notwendig. Ein weiterer zentraler Aspekt ist die Beseitigung der Ursache für die Beschädigung, so muss die Feuchtebelastung für das Bauteil reduziert werden. Besonders zu berücksichtigen bei der Herstellung von Anlaschungen, ist die Schwächung des Mauerwerks, durch die Verbreiterung des Auflagers. Dies gilt besonders bei alten Konstruktionen, bei denen die Balken eingemauert wurden.

Dabei sollte die Konstruktion die folgenden Vorgaben für Balkenaufleger erfüllen:

- ▶ Balken sind auf eine volle, waagrecht angegliche Schicht aufzulegen.
- ▶ Die Länge des Balkenauflegers beträgt bei Balken bis 20 cm 15 cm, bei höhere Balken 20 cm
- ▶ Der Baken sind trocken zu vermauern.
- ▶ Zum Schutz gegen Feuchtigkeit, insbesondere aus dem Mauerwerk wird der Balken in diffusionsoffener Pappe eingepackt und mit einer Feuchtigkeitssperre ausgestattet.
- ▶ Zwischen Balkenkopf und äußerem Mauerteil ist eine Wärmedämmplatte einzuschieben, die dem Wärmeschutz des äußeren Bauteils entspricht.
- ▶ Gute Belüftung durch Umhüllung mit Falzpappe



1. Stellen Sie ein paar Hypothesen auf, warum die Balkenköpfe beschädigt sein können.

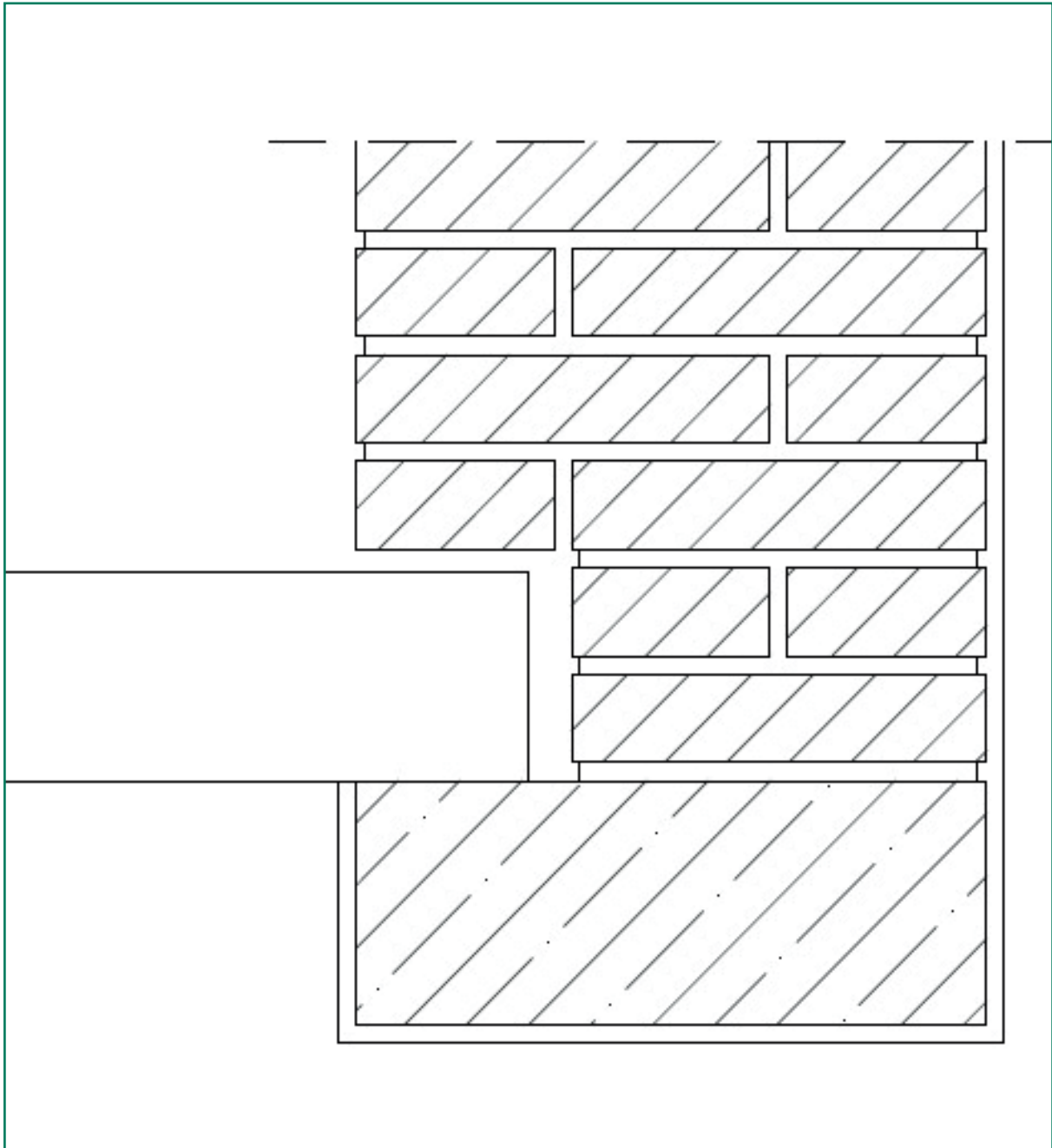


2. Bringen Sie die einzelnen Schritte zur Sanierung des Balkenauflegers in die richtige Reihenfolge. Schneiden Sie Zeilen der Tabelle aus und ordnen Sie die Schnipsel anschließend!

Vorgehen beim Sanieren eines schadhaften Balkenkopfes
Verbindung der Beileger mit dem Balken über Gewindestangen
Entfernen der beschädigten Bereiche über Abbeilen oder das ausreichende Absägen
Die Anlaschungen übernehmen die Lasten der Flachdachkonstruktion
Herauslösen des Balkens aus der Konstruktion, besondere Vorsicht, wenn die Decke noch intakt ist.
Weiterführende Schutzmaßnahmen wie Feuchtigkeitssperre oder andere wirksame Maßnahmen ausführen
Zuschneiden der Holzlaschen nach den Vorgaben der statischen Berechnung (Statiker)
Einsetzen der Holzlaschen im Auflager
Zurückdrehen der Stützen
Vorbohren einer Holzlasche als Bohrmuster nach den Vorgaben der statischen Berechnung (Statiker)
Behebung der Schadensursache z.B. die Trockenlegung des Mauerwerks oder Einbringen von Holzschutzmitteln
Herstellen einer Kraftschlüssigen Verbindung (Schraubzwingen oder Montageschraube)
Verschrauben des Füllholzes mit den Anlaschungen
Durchbohren der Anlaschung und des tragfähigen Teils des Balkens mit langem Bohrer

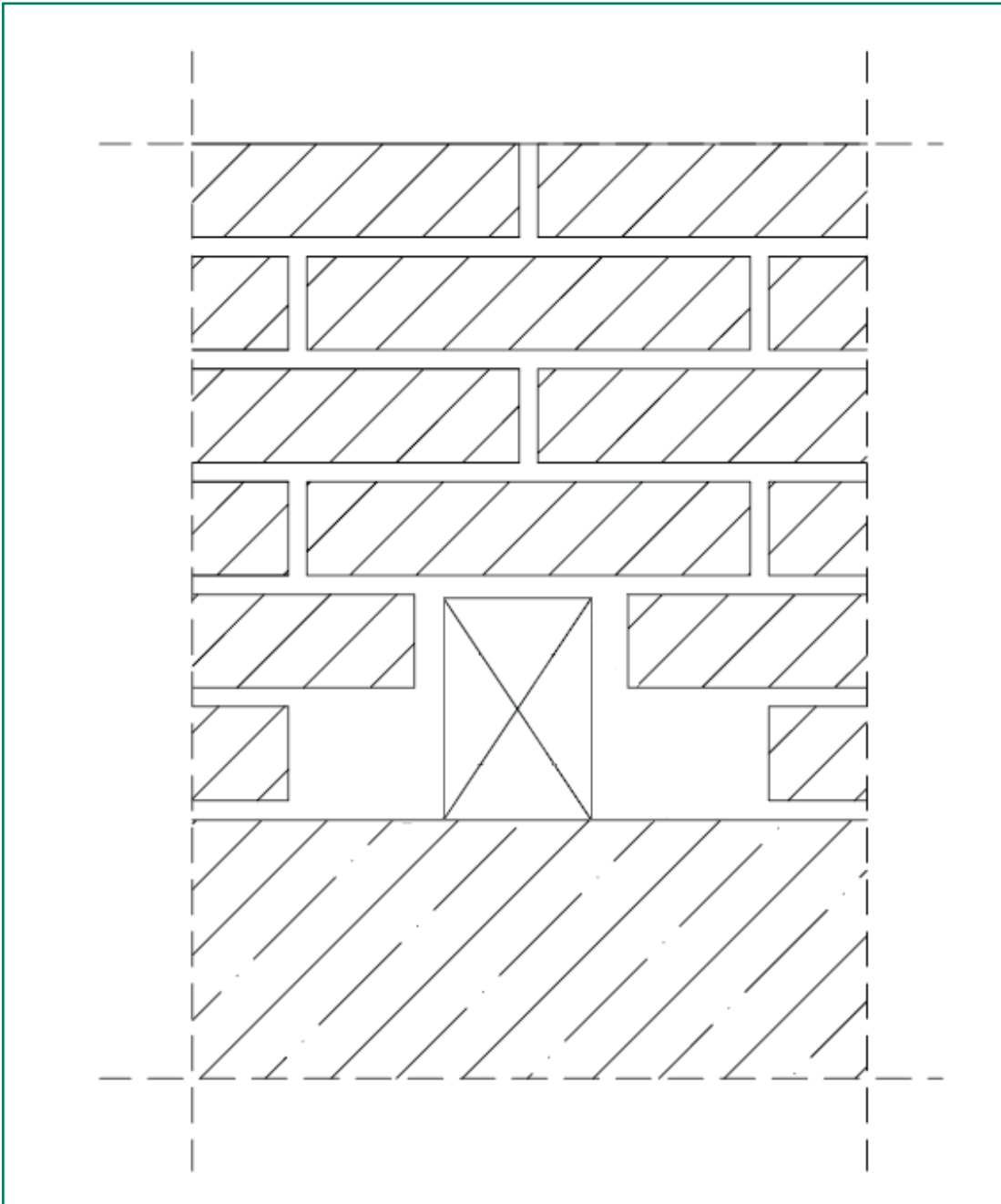


3. Zeichnen Sie in die bestehende Zeichnung Ihre Lösung für den Aufbau des Flachdachs und das Balkenauflager ein!





4. Der Statiker empfiehlt zur Anlaschung eine Bohle mit $12/8$ cm und einer Länge von einem Meter auf jeder Seite. Zeichnen Sie bei den folgenden Zeichnungen eine Anlaschung ein (roter Stift)!



5. Bereiten Sie einige Fragen für ein Fachgespräch mit dem Maurer vor. Informieren Sie ihn über ihr geplantes Vorgehen informieren.

Fragen für das Fachgespräch



Vorstellungsrunde

1. Bereiten Sie eine kurze Präsentation vor, in der die folgenden Dokumente/ Informationen vorhanden sind:
 - a Skizzen zu ihrem Sanierungsvorschlag
 - b Detailpunkt des Auflagers
 - c Finaler Aufbau von UBAKUS
 - d Auswahl der zusätzlichen Materialien – Dämmung, Folien usw.
2. Präsentieren Sie ihren Vorschlag dem Plenum
3. Diskutieren Sie die einzelnen Vorschläge.