

Universität Kassel

Fachgebiet - Bauphysik

**Virtuelle Gebäudebegehung zur
Bestandsaufnahme von Wohngebäuden –
Erstellung eines Online-Tools mit
interaktiven Lernelementen**

Abschlussbericht,
gefördert unter dem AZ: 38385/01-25 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Verfassende: Anton Maas
Lukas Lohse
Leon Schellhase
Jutta Steinbrecher
Niels Walter

Abgabedatum: 17.12.2024

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	6
Symbolverzeichnis	7
Zusammenfassung	8
1 Einleitung	9
2 Bestandsaufnahme der Gebäude	10
2.1 Auswahl der Gebäude	10
2.1.1 Gebäude 1 – Mehrfamilienhaus Baujahr 1970	11
2.1.2 Gebäude 2 - Mehrfamilienhaus Baujahr 1905	12
2.1.3 Gebäude 3 – Einfamilienhaus Baujahr 1925	13
2.2 Aufnahme der 360°-Bilder	14
2.2.1 Kamera - Insta360 X3	14
2.2.2 Studio	15
2.3 Dokumentation der Bau- und Anlagentechnik	17
2.3.1 Darstellung von Details	17
2.3.2 Thermographie	18
2.3.3 Luftdichtheitsmessung	20
3 Digitalisierung der Gebäude	21
3.1 Pano2VR	21
3.1.1 Tour-Browser	21
3.1.2 Skin-Editor	23
3.2 Entwicklung Userinterface	23
3.2.1 Startseite	24
3.2.2 Hauptschaltflächen/-anzeigen	25
3.2.3 Navigation	25
3.2.4 Unterlagen	26
3.2.5 Tools & Hilfe	27
3.3 Webseite	30
4 Didaktisches Konzept	32
4.1 Grundstruktur	32
4.2 Gebäude 1 – Schulung	34
4.2.1 Intro & Interview	34
4.2.2 Unterlagen	35
4.2.3 Wärmeübertragende Hüllfläche	36
4.2.4 R-I-Fließschema	37
4.2.5 Aufstellungsorte Wärmepumpe	38
4.3 Gebäude 2 - Aufgabenkatalog mit Musterlösung	39
4.3.1 Intro & Interview	39
4.3.2 Unterlagen	40
4.3.3 Aufgabenkatalog	40
4.4 Gebäude 3 – Bestandsaufnahme in Eigenarbeit	43
4.4.1 Intro & Interview	44
4.4.2 Unterlagen	44

5 Ausblick.....	45
Anhang.....	46
<i>A</i> Internet-Adressen.....	46
<i>B</i> Fragenkatalog (als interaktive PDF-Datei).....	47

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gebäude 1	11
Abbildung 2: Gebäude 2	12
Abbildung 3: Gebäude 3	13
Abbildung 4: Setup zur Aufnahme der 360°-Fotos.....	14
Abbildung 5: Aufbau der Insta360 X3 [I1]	15
Abbildung 6: Mit dem sogenannten „Stitching“ wird aus dem linken Originalbild das rechte optisch ansprechendere Bild generiert.....	16
Abbildung 7: Export von .insp-Dateien	17
Abbildung 8: Pumpengruppe Heizung	17
Abbildung 9: Fehlstelle Wärmedämmverbundsystem	18
Abbildung 10: Verwendete Wärmebildkamera - Infratec VarioCam HD 900	19
Abbildung 11: Thermografieaufnahme einer Außenwand von Gebäude 1 (2.1.1).....	19
Abbildung 12: Messeinrichtung Luftdichtheit	20
Abbildung 13: Leckageortung Vorwandinstallation	20
Abbildung 14: Beispiel Tour-Browser Pano2VR	21
Abbildung 15: Beispiel Skin-Editor Pano2VR	23
Abbildung 16: Startseite der virtuellen Gebäudebegehung.....	24
Abbildung 17: Hauptschaltflächen der digitalen Gebäudebegehung.....	25
Abbildung 18: Navigationsbereich der digitalen Gebäudebegehung.....	26
Abbildung 19: Beispiel Unterlagen anhand von einem Geschossgrundriss	27
Abbildung 20: Tools & Hilfe für die Bestandsaufnahme von Gebäuden	27
Abbildung 17: Illustration der imaginären Energieberaterin	32
Abbildung 22: Beispiel Terminvereinbarung mittels Telefongespräch	34
Abbildung 23: Beispiel des Vor-Ort-Gesprächs am Küchentisch	35
Abbildung 24: Außenansicht der wärmeübertragenden Hüllfläche des Schulungsgebäudes	36
Abbildung 25: Innenansicht der wärmeübertragenden Hüllfläche des Schulungsgebäudes	37
Abbildung 26: Beispiel für die eingezeichnete wärmeübertragende Hüllfläche in einem Geschossplan.....	37
Abbildung 27: Rohr- und Instrumentenschema der Anlagentechnik von Gebäude 1.....	38

Abbildung 28: Aufstellungsorte anhand des Flurstückplans	39
Abbildung 29: Beispiel Kundenanfrage Party-Gespräch.....	40
Abbildung 30: Aufgabennavigation.....	41
Abbildung 31: Kennzeichnung der zu bewertenden Sachverhalte anhand von Fragezeichen-Schaltflächen	41
Abbildung 32: Kennzeichnung der zu bewertenden Anlagenkomponenten anhand nummerierter Schaltflächen	42
Abbildung 33: Beispiel des interaktiven Aufgabenkatalogs im PDF-Format	42

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verlinkungen und Beschreibung der Tools & Hilfestellungen.....	28
---	----

Symbolverzeichnis

a_0	Formfaktor
C	Konstante
t	Zeit

Zusammenfassung

Für die Erreichung der im Bundesklimaschutzgesetz festgeschriebenen Minderungsziele für die Treibhausgasemissionen und die Treibhausgasneutralität bis 2025 spielt der Gebäudesektor und hierbei die Energieberatung eine wichtige Rolle.

Um die Qualität der Ausbildung von Energieberatenden zu verbessern, wurden drei virtuelle Gebäudebegehungen entwickelt, die Hochschulen, Handwerkskammern, Fachschulen, Fachverbände und weitere Weiterbildungsanbieter bei der Vermittlung von Fachkenntnissen und Kompetenzen im Bereich Bestandsaufnahme von Wohngebäuden unterstützen können.

Hierfür sind drei Gebäude und deren Umgebung in Form von 360°-Aufnahmen digital abgebildet und über Navigationselemente am Computer individuell begehbar. Zusätzlich werden vorhandene Unterlagen zu den Gebäuden zur Verfügung gestellt. Details zur Bau- und Anlagentechnik und zum Vorgehen bei der Bestandsaufnahme sind in Form von Fotos, Thermographie-Aufnahmen, Videos, Graphiken und Übungsaufgaben in den Tools direkt mit eingebunden. Zudem zeigen Dialoge zum Initialkontakt und beim Vor-Ort-Termin wichtige Aspekte einer Energieberatung und der Beratungsgespräche auf. Umfangreiche Links zu Fachinformationen dienen als Lernhilfe und als Hilfestellung für die spätere Praxis.

Die Gebäude unterscheiden sich hinsichtlich Bau- und Anlagentechnik, zudem sind die virtuellen Gebäudebegehungen nach unterschiedlichen didaktischen Konzepten konzipiert. Gebäude 1 verfügt über verschiedene Elemente, die sich gut für den Einsatz im Rahmen von Präsenz- oder Online-Veranstaltungen eignen. Bei Gebäude 2 ist ein Aufgabenkatalog eingebunden, der insbesondere in Form von Übungen oder als Selbstlern-tool genutzt werden kann. Die digitale Abbildung von Gebäude 3 kann als Beispielgebäude für die eigenständige Bearbeitung dienen, optimaler Weise im Rahmen einer Schulung.

Alle drei Gebäudebegehungen sind über die Internetseite <https://www.virtuelle-gebaeudebegehung.de> zugänglich und können für die Aus- und Fortbildung von Energieberatenden genutzt werden.

Die Entwicklung der virtuellen Gebäudebegehungen wurde gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Aktenzeichen 38385/01-25

1 Einleitung

An der Universität Kassel erfolgt die Ausbildung zur Energieberatung integriert in die Studiengänge Architektur, Bauingenieurwesen, Umweltingenieurwesen, Wirtschaftsingenieurwesen, Maschinenbau und Regenerative Energien und Energieeffizienz. Zudem werden berufsbegleitende Studienprogramme über die Weiterbildung „Energie Bauen Umwelt“ angeboten, wobei die Teilnehmenden abhängig von ihrer jeweiligen beruflichen Ausrichtung sehr unterschiedliche Fachkenntnisse mitbringen. Es ergibt sich dabei die Herausforderung, für die heterogene Zielgruppe alle Grundlagen zu vermitteln und dennoch ausreichend Ressourcen für die Vertiefung der Themenbereiche und vor allem auch für die Anwendung sowie den Transfer auf praxisbezogene Aufgabenstellungen sicherzustellen.

Im Bereich der Energieberatung ist die fachgerechte Bestandsaufnahme eines Gebäudes die Grundlage für die Erarbeitung eines Sanierungskonzepts. Dies erfordert Kenntnisse, die sich bei der Ausbildung nur sehr aufwendig im Rahmen von Exkursionen vermitteln lassen. Hinzu kommt, dass bei der Begehung eines exemplarisch ausgewählten Objektes auf viele potenziell mögliche Gegebenheiten in Bezug auf Gebäudeart, Bauausführung, Heizungstechnik usw. nicht immer zufriedenstellend eingegangen werden kann.

Nach derzeitigem Kenntnisstand gibt es bisher kein Lern-Tool, welches den Aspekt der Digitalisierung verwendet, um in der Ausbildung von Student*innen und Energieberater*innen das Kernelement der Bestandsaufnahme durch eine virtuelle Gebäudebegehung flexibilisiert und ortsunabhängig zu gestalten.

Ziel des Vorhabens ist es, durch die Entwicklung virtueller Gebäudebegehungen die Vermittlung grundlegender Kenntnisse zur Bestandsaufnahmen für Student*innen und angehende sowie bereits praktizierende Energieberater*innen zu unterstützen. Durch die Verbesserung der Qualität bei der Aus- und Weiterbildung von Energieberater*innen kann auch die Qualität der durchgeführten Beratungen verbessert werden. Dies unterstützt das angestrebte Ziel der Erhöhung der Sanierungsquote von Gebäuden und die Tiefe der umgesetzten Maßnahmen. Durch die sich daraus ergebenden Energieeinsparungen werden die CO₂-Emissionen reduziert und die Umwelt entlastet.

Im Rahmen des Projekts werden drei Gebäude virtuell bereitgestellt und können mithilfe von 360°-Bildern interaktiv begangen werden, ähnlich wie es bei Google-Streetview der Fall ist. Eingebunden sind viele verschiedene Funktionen und Informationen, die die praxisnahe Vermittlung wesentlicher Kenntnisse zur Bestandsaufnahme im Rahmen von Schulungen ermöglichen sowie Inhalte für das Selbststudium bereitstellen.

2 Bestandsaufnahme der Gebäude

In diesem Kapitel wird das Vorgehen bei der Bestandsaufnahme der Gebäude erläutert.

Hierbei wird die Auswahl und konstruktive und anlagentechnische Beschaffenheit der Gebäude erläutert.

Danach wird die Ausstattung für die Aufnahme der 360°-Bilder beschrieben und auf die verwendete 360°-Kamera eingegangen.

Zudem wird ausgeführt, wie die Bau- und Anlagentechnik im Detail aufgenommen und dokumentiert wurde.

2.1 Auswahl der Gebäude

Für die Auswahl geeigneter Gebäude waren folgende Kriterien ausschlaggebend:

1. Zugänglichkeit und unkomplizierte Erreichbarkeit
2. Einverständnis der Eigentümer*innen
3. Angemessene Komplexität
4. Verfügbarkeit von Unterlagen zu Bau- und Anlagentechnik
5. Unterschiedliche Baualterklassen bzw. Baukonstruktionen
6. Unterschiedliche Anlagentechnik

Unter Berücksichtigung der genannten Kriterien wurden die im folgenden beschriebenen Gebäude für die Nutzung in Form von virtuellen Gebäudebegehungen gefunden und digitalisiert.

2.1.1 Gebäude 1 – Mehrfamilienhaus Baujahr 1970



Abbildung 1: Gebäude 1

Das Mehrfamilienhaus besitzt vier Wohneinheiten und wurde im Jahr 1970 errichtet. Das Fundament des Gebäudes besteht aus Stampfbeton, die Geschossdecken aus Stahlbetonvollplatten. Weiter bestehen die Außenwände der unteren zwei Geschosse aus Hochlochziegeln, die der oberen zwei Geschosse, also Obergeschoss und Dachgeschoss, aus Hohlblocksteinen. Als zentralen Wärmeerzeuger für Heizung und Trinkwarmwasser hat das Gebäude einen Öl-Brennwertkessel. Zudem gibt es in einer der vier Wohnungen zusätzlich einen Holzofen.

2.1.2 Gebäude 2 - Mehrfamilienhaus Baujahr 1905

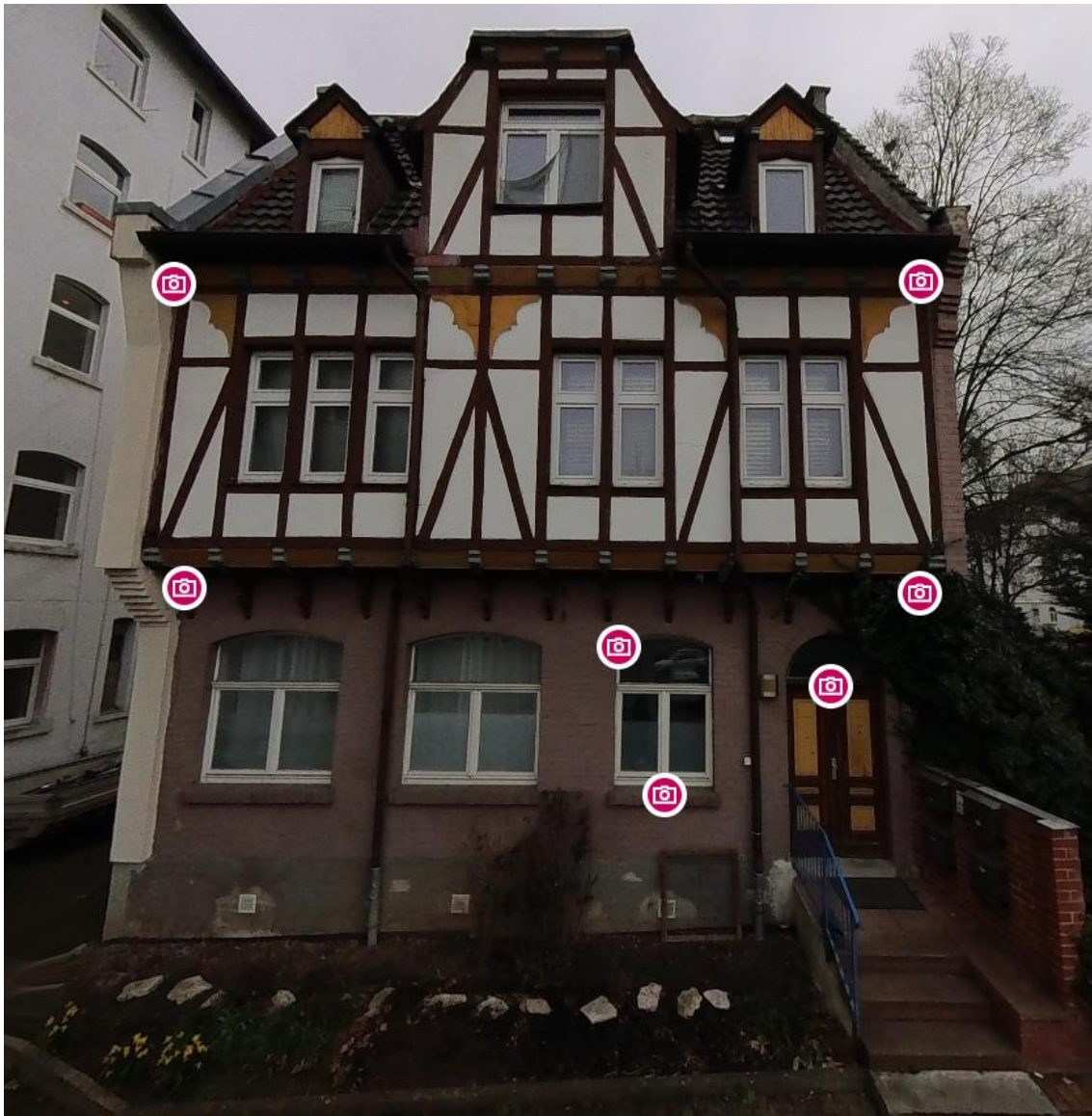


Abbildung 2: Gebäude 2

Das denkmalgeschützte Mehrfamilienhaus umfasst vier Wohneinheiten und wurde im Jahr 1905 errichtet. Die Kellerdecke ist eine Ziegel-Kappendecke, die anderen Geschossdecken sind als Holzbalkendecken ausgeführt. Für die Außenwände wurden ebenfalls Ziegel verwendet, wobei bei einer Außenwand schon eine energetische Sanierung mit 10 cm Dämmung vorgenommen wurde. Zwei Außenwände des 1. Obergeschosses sowie die Gaube im 2. Obergeschoss sind als Fachwerkkonstruktion ausgeführt. Für die Beheizung und die Bereitstellung des Trinkwarmwassers sorgt ein Gas-Niedertemperatur-Kessel.

2.1.3 Gebäude 3 – Einfamilienhaus Baujahr 1925



Abbildung 3: Gebäude 3

Das Einfamilienhaus wurde im Jahr 1925 errichtet und verfügt über ein offenes Treppenhaus. Die Kellerdecke ist teilweise als Ziegel-Kappendecke und teilweise als Stahlbetondecke ausgeführt, die anderen Geschossdecken sind Holzbalkendecken. Für die Sockelwand wurden Sandsteine verwendet und für das daraufliegende zweischalige Mauerwerk Ziegelsteine. Das Dach wurde 1990 erneuert. Die Beheizung und die Bereitung des Trinkwarmwassers erfolgt durch einen zentralen Niedertemperaturkessel. Durch einen Anschlusszwang wurde von einem Ölbrenner auf einen Gasbrenner umgerüstet.

2.2 Aufnahme der 360°-Bilder

Für die Aufnahme der 360-Fotos wurde zu einem großen Teil der Aufbau in Abbildung 4 verwendet. Am oberen Teil des Aufbaus befindet sich hierbei die 360°-Kamera, die über eine selbstgebaute Haltevorrichtung mit der darunter befindlichen 360°-Lampe verbunden ist. Diese hat die Funktion, den Raum möglichst gut auszuleuchten, um eine hohe Qualität der Aufnahmen sicherzustellen. Um in verschiedenen Höhen und in unterschiedlichem Terrain agieren zu können steht der beschriebene Aufbau auf einem Stativ, das je nach Bedarf justiert werden kann.

2.2.1 Kamera - Insta360 X3

Für die 360°-Aufnahmen wurde die Kamera X3 der Firma Insta360 verwendet. Folgende Kriterien waren für die Auswahl ausschlaggebend:

1. Funktion für 360°-Bilder
2. Einfache und unkomplizierte Handhabung
3. Selbstauslöser mit Timerfunktion/Fernsteuerung
4. Angemessene Auflösung/Bildqualität
5. Unkomplizierte Nachbearbeitung der Aufnahmen
6. Stativkompatibilität



Abbildung 4: Setup zur Aufnahme der 360°-Fotos

In Abbildung 4 ist die Kamera inklusive ihrer Komponenten dargestellt. Auf der Vorder- und Rückseite befindet jeweils eine Weitwinkelkamera, welche Aufnahmen mit Winkeln größer als 180° gewährleisten. Nach der Aufnahme werden die beiden Bilder oder Videos an den überschneidenden Stellen fusioniert und es entsteht eine 360°-Aufnahme. Die Kamera kann entweder per Smartphone oder per Sprachanweisung ferngesteuert werden. Zudem kann über eine Timerfunktion auch eine verzögerte Aufnahme getätigt werden.

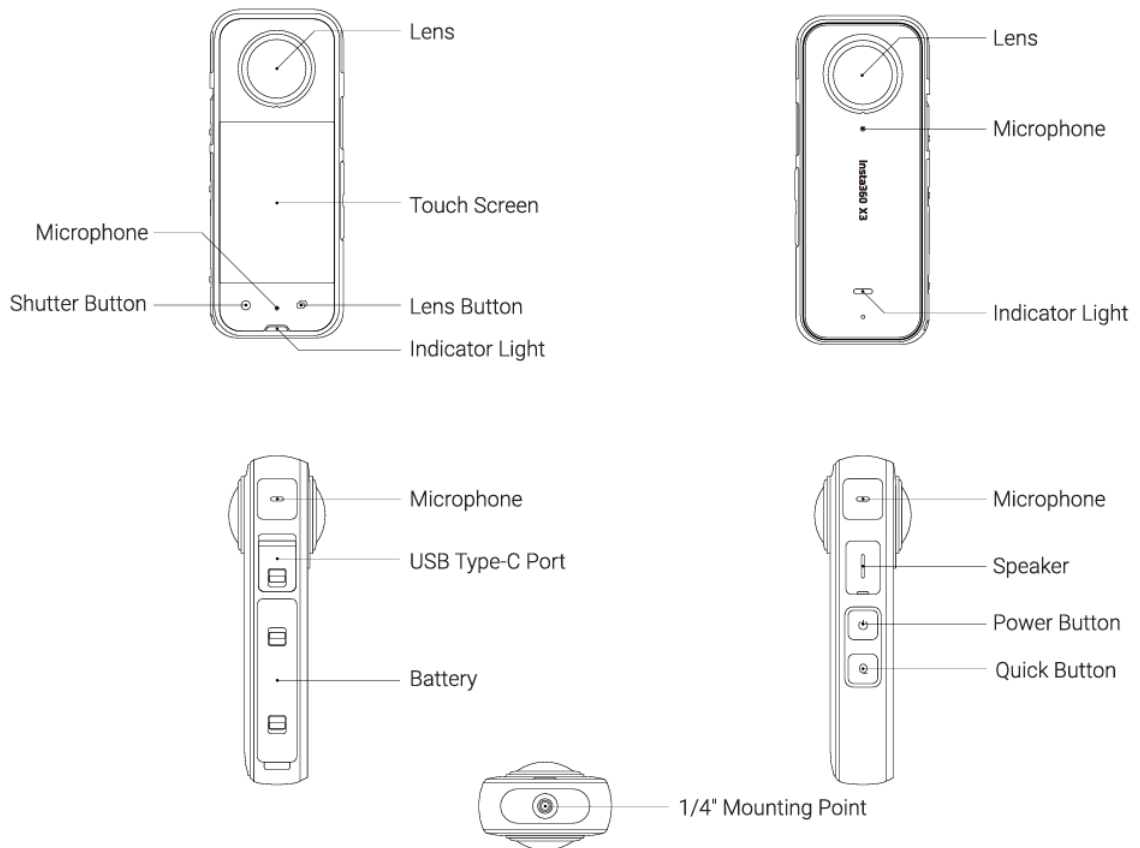


Abbildung 5: Aufbau der Insta360 X3 Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.

2.2.2 Studio

Für die Nachbearbeitung bietet die Insta360 eine haus eigene Software an, das Insta360-Studio. Hierbei können eine automatische Licht-/Kontrastanpassung und eine horizontale Nivellierung vorgenommen werden. Durch die Nivellierung werden etwaige Unebenheiten am Boden oder eine Schräglage ausgeglichen und es entsteht der Eindruck, dass das Bild horizontal aufgenommen wurde. Eine weitere wichtige Funktion ist die Anpassung der Nahtstellen von den zwei einzelnen $>180^\circ$ -Fotos („Stitching“) die bei jedem 360° -Bild aufgenommen werden. In folgender Abbildung 6 ist ein Vergleich der Übergänge mit und ohne Stitching abgebildet.

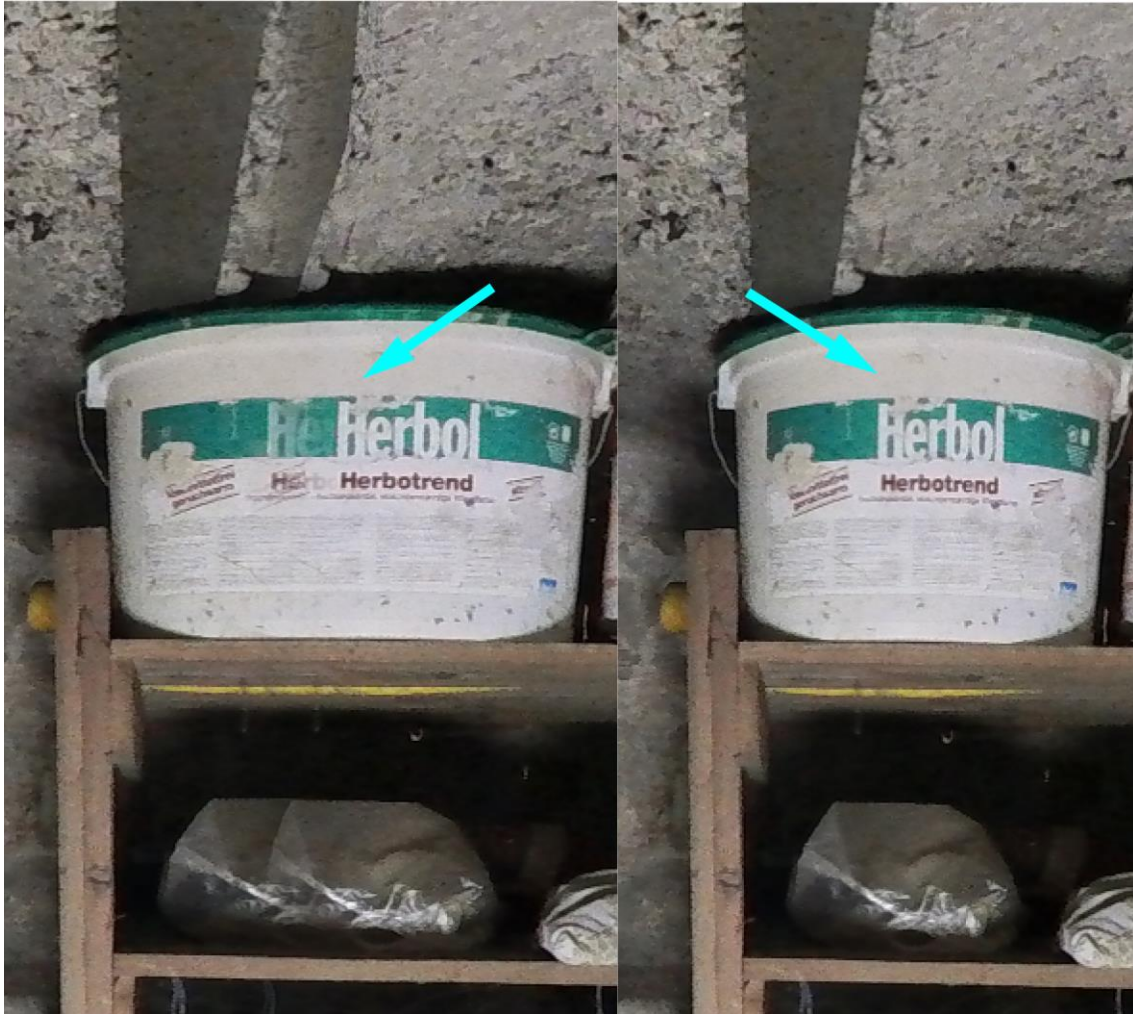


Abbildung 6: Mit dem sogenannten „Stitching“ wird aus dem linken Originalbild das rechte optisch ansprechendere Bild generiert

An der Schrift des Farbeimers ist das Stitching besonders gut zu erkennen. Im Originalzustand (links) überlappen die beiden Bilder und die Schrift wird anteilig verdoppelt und verzerrt. Durch den Stitching-Vorgang wird die Verzerrung und die Doppelung der Schrift angepasst und wieder in einen optisch besser wahrnehmbaren Zustand versetzt.

Da Insta360 für ihre Produkte ein eigenes Dateiformat (.insp) verwendet, müssen die Fotos erst über das Studio bearbeitet und dann in einem gewünschten Format exportiert werden. Dies geschieht über einen Rechtsklick auf das gewünschte Foto im Navigationsbereich des Studios.

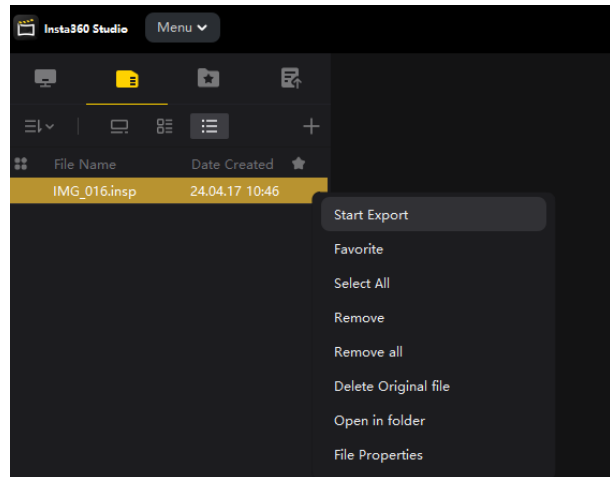


Abbildung 7: Export von .insp-Dateien

2.3 Dokumentation der Bau- und Anlagentechnik

Da auf den 360°-Fotos viele Details nicht ausreichend gut zu erkennen sind, wurde die bauliche und anlagentechnische Beschaffenheit der Gebäude zudem in Form von Fotos, Videos und Thermographie-Aufnahmen dokumentiert.

2.3.1 Darstellung von Details

Die Darstellung von Details erfolgt auf verschiedene Art und Weise und geht vielfach über das reine Fotografieren des Gebäudes hinaus. So zeigt beispielsweise Abbildung 8 die Pumpengruppe Heizung, wenn die Dämmung abgenommen ist.



Abbildung 8: Pumpengruppe Heizung

In Abbildung 9 wird exemplarisch dargestellt, wie an einer Fehlstelle im Wärmedämmverbundsystem die Dämmstärke gemessen werden kann.



Abbildung 9: Fehlstelle Wärmedämmverbundsystem

2.3.2 Thermographie

Ergänzend wurden bei allen Gebäuden Thermografie-Aufnahmen gemacht, um zusätzliche Informationen über die Gebäudehülle bereitzustellen. Dies erfolgte in der kalten Jahreszeit, da eine aussagekräftige Thermografie der Gebäudehülle nur unter bestimmten Bedingungen möglich ist. Unter anderem muss die Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Innenraum mindestens 10 Kelvin, besser noch mehr, betragen. In Abbildung 10 ist die verwendete Wärmebildkamera zu sehen und in Abbildung 11 eine damit getätigte Thermografie-Aufnahme.



Abbildung 10: Verwendete Wärmebildkamera - Infratec VarioCam HD 900

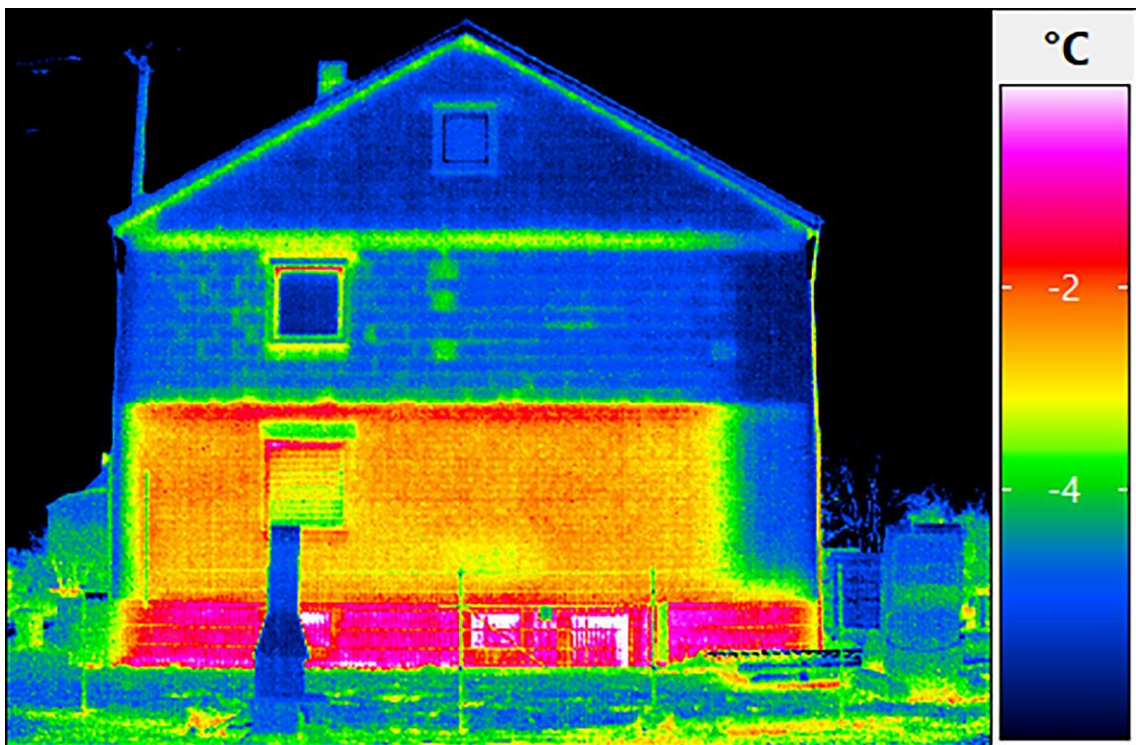


Abbildung 11: Thermografieaufnahme einer Außenwand von Gebäude 1 (2.1.1)

In der Aufnahme sind die beheizten und unbeheizten Bereiche deutlich zu erkennen. Im unteren Bereich befindet sich der Heizungskeller mit erhöhten Oberflächentemperaturen. Darüber liegt eine genutzte und beheizte Wohnung, was ebenfalls durch die erhöhten Oberflächentemperaturen ersichtlich ist. Das Obergeschoss hingegen scheint entweder weniger beheizt zu sein oder über eine bessere

Wärmedämmung zu verfügen, möglicherweise aufgrund eines unterschiedlichen Mauerwerks. Die Wärmeleitung des Mörtels macht das Mauerwerk sichtbar und lässt einen klaren Unterschied zwischen Erdgeschoss und Obergeschoss erkennen. Dementsprechend kann eine Thermografie-Aufnahme wertvolle Informationen zur Bewertung der thermischen Verhältnisse eines Gebäudes liefern.

2.3.3 Luftdichtheitsmessung

Bei Gebäude 2 wurde eine Luftdichtheitsmessung gemäß DIN EN ISO 9972 durchgeführt. Abbildung 12 zeigt den Einbau der Messeinrichtung in die Haustür und Abbildung 13 die Leckageortung an der Vorwandinstallation im Badezimmer.



Abbildung 12: Messeinrichtung Luftdichtheit



Abbildung 13: Leckageortung
Vorwandinstallation

Die Ergebnisse der Luftdichtheitsmessung, insbesondere die Luftwechselrate bei einer Druckdifferenz von 50 Pascal und die Leckageortungen, werden im Rahmen des Fragenkatalogs in Bezug genommen und erläutert.

3 Digitalisierung der Gebäude

In diesem Kapitel wird anhand von Beispielen beschrieben, wie der durch die Bestandsaufnahme aufgenommene Inhalt in den verwendeten Programmen weiterverarbeitet und digitalisiert wurde.

Weiter wird auf die Funktionen und Schaltflächen der erstellten virtuellen Gebäudebegehungen eingegangen.

Nach einer umfassenden Recherche wurde hierbei auf die zuerst vorgesehene Nutzung von H5P-Anwendungen verzichtet, da diese nicht die Anforderungen an die Komplexität erfüllen. Als beste Alternative zur Bearbeitung der Inhalte wurde das Programm „Pano2VR“ von der Firma Garden Gnome GmbH ausfindig gemacht und gekauft. Neben Pano2VR werden hauptsächlich die Adobe-Cloud-Anwendungen verwendet.

3.1 Pano2VR

Pano2VR ist eine Software zur Erstellung virtueller Touren, die Panorama- oder 360°-Aufnahmen in interaktive Erlebnisse transformieren kann. Dabei ist es unabhängig davon, ob es sich um ein einzelnes Panorama oder eine virtuelle Tour mit beliebig vielen Szenen handelt. Fertiggestellte Projekte können in bestehende Websites integriert und auf Desktop-Computern, mobilen Geräten oder VR-Plattformen betrachtet werden.

3.1.1 Tour-Browser

Der Tour-Browser wird für das Management der erstellten Aufnahmen verwendet und ein Beispielausschnitt der Arbeitsoberfläche ist in Abbildung 14 dargestellt. Im Folgenden wird der Ablauf zur Erstellung einer virtuellen Tour vereinfacht beschrieben.

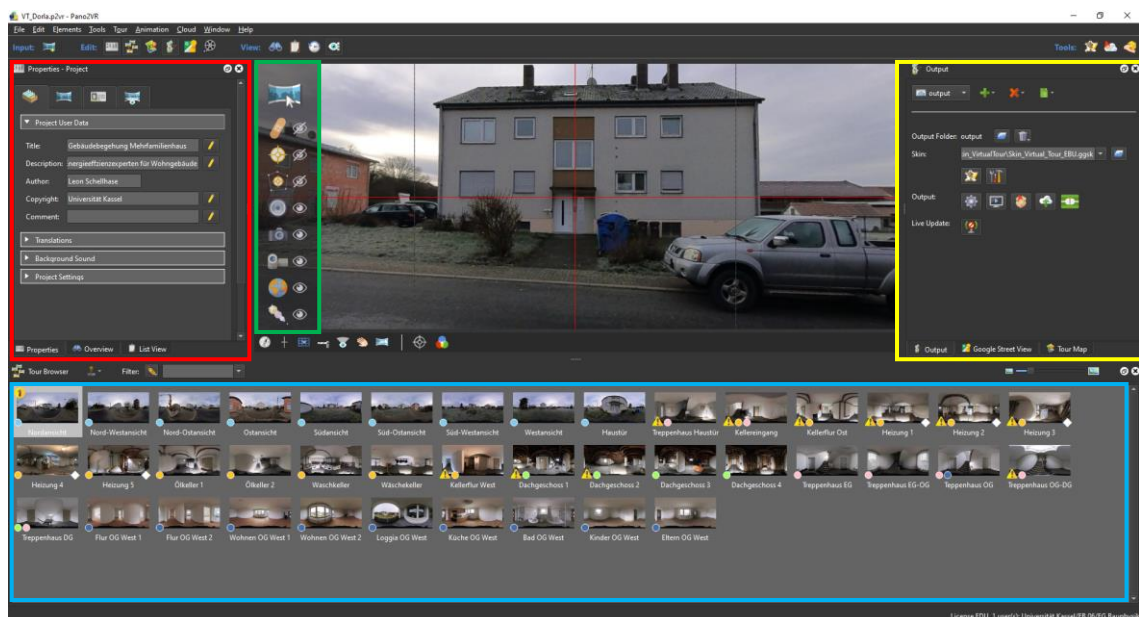


Abbildung 14: Beispiel Tour-Browser Pano2VR

Als erstes muss jedes Bild, das verwendet werden soll, in das Programm geladen

werden, wodurch es dann in dem blau markierten Bereich erscheint. Im rot markierten Bereich können die Fotos beschriftet und deren Eigenschaften festgelegt werden. Dazu zählt beispielsweise die Bestimmung der Standardansicht, die festlegt, welcher Punkt im Bild beim Initialisieren des Bildes betrachtet wird sowie die Entfernung zu diesem Punkt (Zoom). Im nächsten Schritt müssen die Aufnahmen dann untereinander vernetzt werden. Dafür werden sogenannte „Hotspots“ verwendet, welche als zentrales Bindeglied für einen Großteil der interaktiven Elemente Verwendung finden.

Hotspots

Hotspots sind in der virtuellen Tour sichtbare Schaltflächen, die interaktiv genutzt werden können, wodurch eine Rückkopplung mit weiteren Wegpunkten, Bildern, Links etc. umgesetzt wird. Im grün markierten Bereich (Abbildung 14) befindet sich ein Auswahlménü für verschiedene Hotspot-Funktionen. Dabei kann zum Beispiel eine ganze Fläche als Hotspot verwendet werden oder nur ein ganz bestimmter Punkt. Weiter ist auch eine Patching-Funktion für die Anonymisierung, beispielsweise von Nummernschildern, vorhanden. Für die Hotspots können verschiedene Typen festgelegt werden:

Tour Node

- Hiermit können die einzelnen Aufnahmen miteinander verbunden werden, wodurch ein neuer interaktiver Wegpunkt erstellt wird.

Image, Video, Info, PDF oder URL

- Hier können entweder beliebige Bilder, Videos, PDF-Dateien, Infokästen oder URLs (Uniform Resource Locator) referenziert werden, die dann in der Tour als Schaltfläche sichtbar werden.

Nach und während der Erstellung von Hotspots sowie deren Verknüpfung kann im gelb markierten Bereich (Abbildung 14) unter Output ein lokaler Testserver erstellt werden. Dort wird dann die konfigurierte virtuelle Tour erstellt, wodurch eine Kontrolle von Logik und Funktionen durchgeführt werden kann.

3.1.2 Skin-Editor

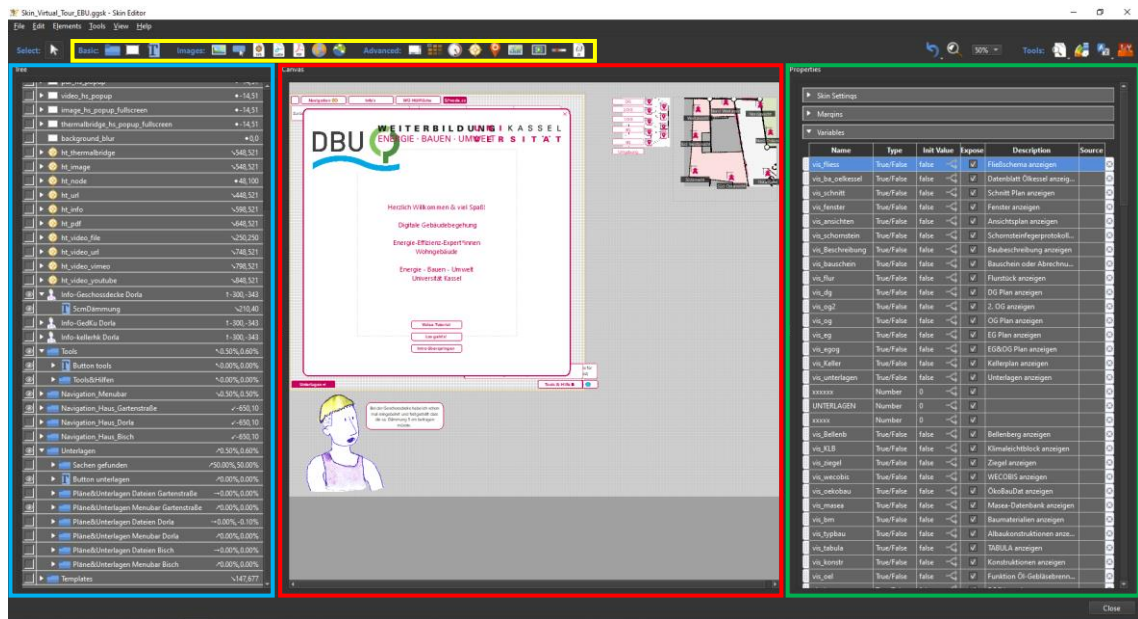


Abbildung 15: Beispiel Skin-Editor Pano2VR

Neben dem Tour-Browser dient der Skin-Editor als zentrales Werkzeug zur Bearbeitung der Hotspotdesigns sowie zur Erstellung des Userinterfaces. Ein im Projekt entwickeltes Beispiel für den Skin-Editor ist in Abbildung 15 dargestellt. Für den Bau des Userinterfaces sind im gelb markierten Bereich verschiedene vorgefertigte Bausteine hinterlegt. Dazu gehören zum Beispiel Textbausteine, Bilder oder Wegpunktverknüpfungen. Im roten Rahmen in der Mitte befindet sich der Bereich, in dem die Bausteine eingebettet und vereinfacht dargestellt werden können. Die tatsächliche Anordnung, so wie sie dann auch in der virtuellen Tour angezeigt wird, kann individuell an jedem Baustein in ihren Eigenschaften eingestellt werden. Wenn ein Baustein erstellt wurde, taucht dieser dann im blau markierten Programmbaum auf. Je nach Anordnung der Bausteine im Programmbaum wird die Anzeigepriorität eingestellt. Hierbei gilt, je weiter unten im Programmbaum, desto weiter in den Hintergrund rückt der Baustein.

3.2 Entwicklung Userinterface

Für jedes der Gebäude wurden eigene Userinterfaces entwickelt, die die Anforderungen der verschiedenen didaktischen Konzepte abbilden. Im Aufbau überschneiden bzw. doppeln sich viele Dinge, weswegen die Erläuterung des Interface-Aufbaus anhand von Gebäude 1 durchgeführt wird. Da es sich um eine Anwendung der Universität Kassel handelt wurden hierbei die entsprechenden Standardfarben ausgewählt. In den folgenden Unterpunkten wird als erstes die für alle Gebäude identische Startseite vorgestellt. Danach wird auf die Hauptschaltflächen, die Navigation, die Einbindung der Gebäudeunterlagen und die Einbettung von Hilfsmitteln für die Energieberatung eingegangen.

In den folgenden Ausführungen werden lediglich die Hauptbestandteile beschrieben, wodurch Sekundärbestandteile, wie beispielsweise Animationen etc., hier nicht erwähnt werden.

3.2.1 Startseite

Die Startseite soll die User/Nutzenden freundlich willkommen heißen und Aufschluss darüber geben, wer an der Erstellung des Tools beteiligt ist und was von dem Tool zu erwarten ist.

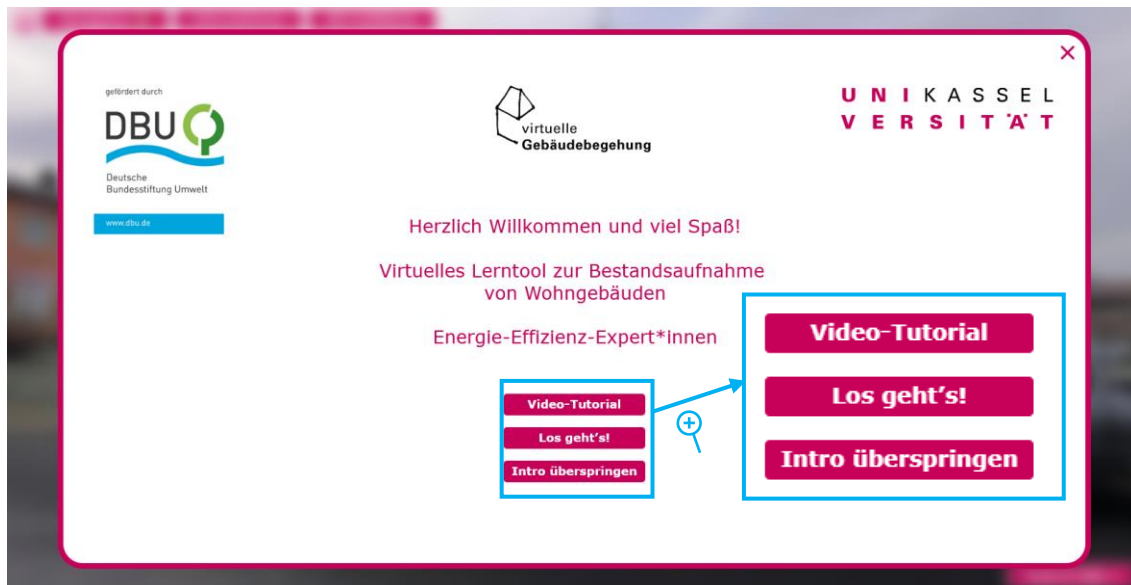


Abbildung 16: Startseite der virtuellen Gebäudebegehung

Dementsprechend wurde das in Abbildung 16 gezeigte Layout entworfen, mit dem Ziel, die Menschen neugierig zu machen, indem das Begrüßungsfenster nicht die ganze Seite ausfüllt, sondern nur so ca. 80 % der Seite. Dadurch wird die im Hintergrund gelegene Umgebung sichtbar und es entsteht das Gefühl, schon vor dem Haus zu stehen. Die Umgebung wird hierbei verschwommen dargestellt, damit der Fokus im Bereich der Startseite bleibt. Weiter wurden neben dem Projektlogo „virtuelle Gebäudebegehung“ die Logos der Universität Kassel und der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (mit dem Hinweis auf die Förderung) eingefügt. Zudem findet sich ein kleiner Begrüßungstext mit Titel und Zielgruppe. Der Text ist extra kurz bzw. stichpunktartig gehalten, damit die Seite übersichtlich ist. Um mit der Tour zu beginnen, sind in der Startseite drei Schaltflächen eingebettet (vergrößerte Darstellung im blauen Rahmen). Bei Betätigung des ersten Buttons wird ein Video-Tutorial geöffnet, welches eine kurze Demonstration über alle wichtigen Funktionen des Tools beinhaltet. Die Schaltfläche „Los geht's!“ startet das Intro, in diesem Fall von Gebäude 1, welches in 4.2.1 näher beschrieben wird. Mit dem letzten Button kann das Intro übersprungen werden und das Startseitenfenster schließt sich. Mit der Schließung der Startseite wird auch die verschwommene Hintergrunddarstellung ausgeblendet und das erste interaktive 360°-Foto der Tour wird nutzbar.

3.2.2 Hauptschaltflächen/-anzeigen

Die Hauptschaltflächen bzw. Hauptanzeigen beinhalten zentrale Funktionen für die Bedienung und Orientierung innerhalb der virtuellen Tour. Oben links in der Ecke sind diese eingebettet und in Abbildung 17 vergrößert dargestellt. Hierbei kann deren Anzahl je nach ausgewähltem Gebäude und Anforderungen variieren.



Abbildung 17: Hauptschaltflächen der digitalen Gebäudebegehung

Die Schaltfläche mit der Sprechblase und für die Navigation sind in jeder Tour vorhanden. Um wieder zurück zur Startseite bzw. zum Intro zu kommen muss der Button mit der Sprechblase betätigt werden. Rechts neben der Sprechblase kann die Navigation, die in 3.2.3 erklärt wird, eingeblendet werden. Alle weiteren Buttons werden in Kapitel 4 anhand des didaktischen Konzepts erläutert.

3.2.3 Navigation

Um den Nutzenden eine gute Möglichkeit zu bieten, sich in der virtuellen Umgebung zurecht zu finden, wurde ein Navigationsbereich aufgesetzt. Dieser lässt sich über die oben beschriebene Schaltfläche aktivieren und wird dann oben rechts im Fenster eingeblendet. In Abbildung 18 ist der Navigationsbereich vergrößert dargestellt.

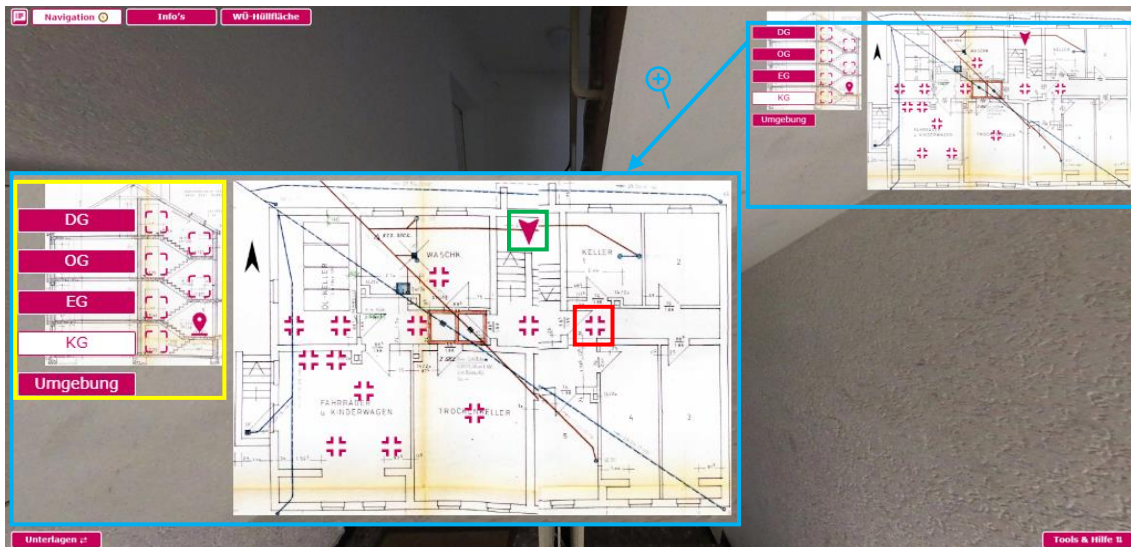


Abbildung 18: Navigationsbereich der digitalen Gebäudebegehung

Im Navigationsbereich befinden sich die Grundrisse der einzelnen Geschosse, der Lageplan sowie ein Schnitt des Gebäudes. Je nach Aufenthaltsort und Blickrichtung erfolgt eine Echtzeitreaktion der im Navigationsbereich integrierten Elemente. Um einen schnellen Zugriff zu bestimmten Fotos zu haben, sind alle Elemente auch als Schaltfläche ausgeführt. Der gelb markierte Bereich zeigt an, in welcher Etage man sich befindet oder ob man sich außerhalb des Gebäudes aufhält. Zusätzlich ist das Treppenhaus zu sehen, in dem auch Standortmarkierungen hinterlegt sind. Der grün eingerahmte Pfeil markiert den derzeitigen Aufenthaltsort im dazugehörigen Plan. Je nachdem, wohin im aktuellen 360°-Foto geschaut wird, richtet sich die Pfeilspitze entsprechend aus. Im roten Rahmen ist beispielhalber ein Wegpunkt hervorgehoben, der bei Betätigung zu einem Sprung auf das 360°-Foto an diesem Standort führt.

3.2.4 Unterlagen

Für jedes Gebäude werden die vorhandenen Unterlagen in Form eines Unterlagenmenüs digital bereitgestellt. Um dieses zu öffnen, muss auf die gleichnamige Schaltfläche geklickt werden. Dadurch wird eine Liste der verfügbaren Unterlagen angezeigt, die sich nach rechts ausklappt. Ein Beispiel einer solchen Liste wird in Abbildung 19 veranschaulicht.

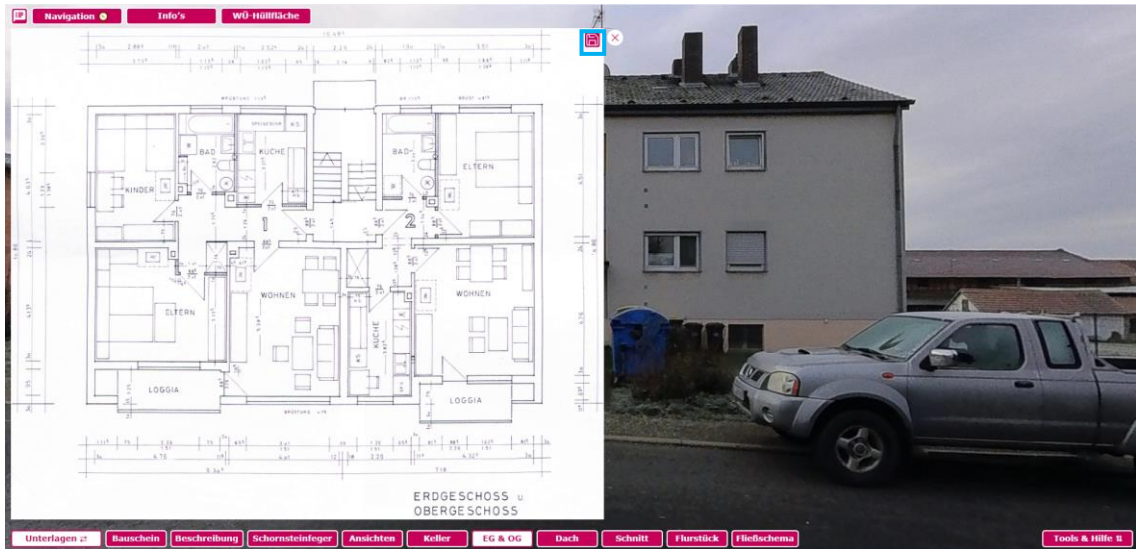


Abbildung 19: Beispiel Unterlagen anhand von einem Geschossgrundriss

Ein exemplarischer Grundriss ist ausgewählt worden, der auch eine Downloadfunktion (blau eingerahmt) bietet, falls der Plan noch einmal detaillierter betrachtet werden soll.

3.2.5 Tools & Hilfe

Unten rechts im Interface befindet sich der „Tools & Hilfe“-Button. Wenn dieser betätigt wird, öffnet sich das in Abbildung 20 gezeigte Auswahlverzeichnis. Hierbei sind verschiedene Kategorien als Schaltflächen festgelegt, für die wiederum Verlinkungen zu entsprechenden Webseiten hinterlegt sind.



Abbildung 20: Tools & Hilfe für die Bestandsaufnahme von Gebäuden

In der nachfolgenden Tabelle sind die eingepflegten Informationen aufgeführt und beschrieben:

Tabelle 1: Verlinkungen und Beschreibung der Tools & Hilfestellungen

Baumaterialien	
MASEA	MASEA ist eine Materialdatensammlung für die energetische Altbausanierung.
ÖKOBAUDAT	ÖKOBAUDAT ist ein Informationsportal für nachhaltiges Bauen und eine Datenbank zur Ökobilanzierung von Bauwerken.
WECOBIS	WECOBIS ist ein ökologisches Baustoffinformationssystem.
Ziegel.de	Der Bundesverband der deutschen Ziegelindustrie e.V. bietet viele Informationen und Fachartikel zum Thema an.
dataholz.eu	dataholz.eu ist ein Online-Katalog für Holz- und Holzwerkstoffe, Baustoffe, Bauteile und Bauteilfügungen für den Holzbau.
Konstruktionen	
TABULA	Das TABULA Webtool stellt regionale Gebäudetypologien inkl. möglicher Sanierungsvarianten bereit.
Altbau-Atlas	Die Webseite Altbauatlas.de liefert Informationen zu regionaltypischen Materialien und Konstruktionen von Bestandsgebäuden.
Luftdichtheit	Der Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V. gibt Aufschluss über die Themen luftdichte Konstruktionen und Materialien.
Anlagentechnik	
HTW-Berlin	Das Fachgebiet Solarspeichersysteme der HTW-Berlin bietet verschiedene Tools zu Nutzung sowie Abschätzung von PV- und Speicherpotentialen.
BV-WP	Der Bundesverband Wärmepumpe e.V. bietet umfassende Informationen und Tools rund ums Thema Wärmepumpen an.
BDH-Industrie	Der Bundesverband der deutschen Heizungsindustrie e.V. bietet Informationen über alle gängigen Heizsysteme an.
ASUE	ASUE bietet Informationen zum Thema BHKW, Biogas und Wasserstoff an.
VdZ	Die Wirtschaftsvereinigung Gebäude und Energie e.V. bietet

	Tools und Formulare (bspw. Hydraulischer Abgleich) rund ums Thema Heizung an.
Bosy-Kultseite	BOSY stellt einen großen Informationspool an historischem und fachlichem Wissen über Sanitär, Heizung und Klimatechnik zur Verfügung.
Öl-Brenner	Hier kann der Funktionsablauf eines Öl-Gebläsebrenners anhand einer Animation nachvollzogen werden.
Förderung	
BEG/BAFA	Die Bundesförderung für effiziente Gebäude des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausführung ist ein zentraler Baustein für die Sanierung des Gebäudebestandes.
KfW	Die KfW-Bank bietet unter anderem Förderungen für Sanierung von Bestandsgebäuden an.
Gesetzeslage	
DIBt	Das Deutsche Institut für Bautechnik bietet Informationen über die rechtliche Zulassung von Baustoffen, -produkten und -arten etc. an.
GEG	Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) regelt, welche energetischen Anforderungen Gebäude erfüllen müssen.
BBSR-Info	Das GEG-Infoportal des Bundesinstituts für Bau-, Stadt-, und Raumforschung stellt Informationen zum Gebäudeenergiegesetz (GEG) bereit.
Bundesanzeiger	Im Bundesanzeiger werden u.a. die rechtlich vorgegebenen Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand bekannt gegeben.
Energiewechsel	Mit Energiewechsel bietet das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz Informationen zum Gebäudeenergiegesetz, zu Förderprogrammen und weiteren Themen rund ums Thema erneuerbare Energien und Energieeffizienz.
wirtschaft.hessen.de	Das hessische Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum bietet Informationen u.a. über die rechtlichen Baubestimmungen des Landes Hessen.
Nützliches	
co2online	CO2-Online ist eine Plattform, die sich mit Themen rund ums Energiesparen befasst.

Gebäudeforum	Auf der Website des Gebäudeforums werden umfangreiche Fachinformationen rund um das Thema klimaneutrales Bauen und Sanieren bereitgestellt. Hierbei sind viele Tools und Hilfen für die Energieberatung hinterlegt.
dena	Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) informiert und berät zu aktuellen Energiethemen in Deutschland.
LEA-Hessen	Die Landesenergieagentur Hessen stellt viele nützliche Tipps und Anleitungen zum Thema Energie im Gebäude bereit.
Denkmalliste	Die Denkmalliste bietet ein Verzeichnis von Links der offiziellen Denkmaldatenbanken der Bundesländer.
EEE	Die Seite „Energie-Effizienz-Experten“ bietet eine Übersicht über in den Förderprogrammen zugelassene Energieberatende und die Möglichkeit, sich in die Energieeffizienz-Expertenliste aufnehmen zu lassen sowie umfangreiche Informationen hierzu.
Geb-Info	Die Gebäude Energieberater dient als eine zuverlässige Quelle von aktuellen Informationen und Änderungen rund ums Thema Gebäude.
Verbraucherzentrale	Bei der Verbraucherzentrale gibt es Beratung und Informationen zu Energie und Bauthemen.
Checkliste	Die offizielle Checkliste Datenaufnahme der deutschen Energie-Agentur kann zur Bestandsaufnahme verwendet werden.

3.3 Webseite

Für einen möglichst einfachen, übersichtlichen Zugang zu den virtuellen Begehungen der drei Gebäude wurde eine eigene Landingpage eingerichtet. Hierfür wurde ein One-Pager gewählt, bei dem man sowohl über Klicken auf Menü-Reiter, als auch durch Scrollen auf die Teilbereiche der Webseite kommt. Dadurch lassen sich schnell alle Informationen überblicken und die Links zu den Touren und zu den weiterführenden Informationen sind ohne Umwege zugänglich.

Gestalterisch ist die Seite angelehnt an das Design der Gebäudetouren. Die Figuren aus den Dialogen tauchen auch hier exemplarisch auf. Solche Verbindungselemente helfen, das Lern-Tool als eine Einheit zu verstehen und sich darin wohl zu fühlen.

Technisch basiert die Webseite mit dem Content-Management-System Kirby. Dies hat den Vorteil, dass es einfach und sehr individuell strukturiert ist. Die Webseite kann somit leicht gepflegt und aktualisiert werden. Das Content-Management-System funktioniert ohne Datenbanken über Ordnerstrukturen, wodurch auch eine unkomplizierte Übertragung auf einen neuen Server möglich ist. Kirby hat zudem den

Vorteil, dass die Webseite keine großen Datenmengen zu laden hat, wodurch sie schnell erreichbar ist.

Die Internetseiten für die virtuelle Gebäudebegehung liegen auf dem Server der UNIKIMS GmbH, die Weiterbildungseinrichtung der Universität Kassel. Da das Tool auch im Rahmen der Weiterbildung Energie Bauen Umwelt der Universität Kassel genutzt wird, wird es von der UNIKIMS GmbH sowohl in Bezug auf die technische Bereitstellung als auch inhaltlich gepflegt und aktualisiert werden. Durch die enge Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet Bauphysik und der fachlichen Leitung der Weiterbildung Energie Bauen Umwelt durch Prof. Anton Maas ist hierbei eine hohe fachliche Qualität sichergestellt.

Die Landingpage umfasst auch eine Anleitung zur Nutzung des Tools. Mit den ersten Erfahrungsberichten wird sich genauer zeigen, welche Fragen sich ergeben und welche Informationen für die Nutzung hilfreich sind, so dass diese zusammen mit den FAQs entsprechend weiterentwickelt werden kann.

Über den Link www.virtuelle-gebauedebegehung.de ist die Landingpage mit dem Zugang zu den einzelnen Gebäudebegehungen öffentlich zugänglich.

4 Didaktisches Konzept

Alle drei virtuellen Gebäudebegehungen sind aufgrund der eingebundenen Informationen zur Bedienung des Tools und zur Vorgehensweise bei der Bestandsaufnahme sowie der vielen fachlichen Erläuterungen prinzipiell für die Nutzung im Selbststudium geeignet. Optimalerweise werden die Tools aber im Zusammenhang von Schulungsmaßnahmen zum Einsatz kommen und in ein Schulungskonzept eingebunden werden, welches neben dem Selbststudium auch Präsenz- und Onlineveranstaltung vorsieht. Um diesem möglichst gerecht zu werden, wurden unterschiedliche didaktische Konzepte umgesetzt, die verschiedene Einbindungen in Schulungsmaßnahmen ermöglichen.

Gebäude 1 ist primär für den Einsatz im Rahmen von Präsenz- oder Online-Schulungen ausgelegt, um von den Dozierenden als Schulungswerkzeug verwendet zu werden. Bei der geführten Tour durch Gebäude 2 wird die Idee des Aufgabenkatalogs aufgegriffen, der als praxisbezogene Ergänzung zum offiziellen Prüfungsfragenkatalog dienen kann und sich auch gut für das Selbststudium eignet. Anhand von Gebäude 3 kann die Bestandsaufnahme durch die Auszubildenden dann ohne Hilfestellung erfolgen, damit ein möglichst realistisches Szenario abgebildet wird. Somit stehen unterschiedliche Möglichkeiten zur Verfügung, zu lernen, welche Angaben im Zuge einer Bestandsaufnahme zu ermitteln sind, zu welchem Zweck und auf welche Art und Weise.

An der Universität Kassel wurde im Rahmen der Weiterbildung Energie Bauen Umwelt der Einsatz des Tools ab September 2023 in den Fortbildungen für die Energieberatung Wohngebäude bereits fortlaufend erprobt und die Rückmeldungen von Auszubildenden und Dozierenden sind bei der Ausarbeitung des Tools kontinuierlich mit eingeflossen.

4.1 Grundstruktur

Vom Grundgerüst sind die virtuellen Gebäudebegehungen gleich aufgebaut.

Zu Beginn wird die Nutzung des Tools in einem Video-Tutorial erläutert. Hierbei werden sowohl die technische Handhabung als auch die eingebundenen Elemente, Unterlagen und Tools veranschaulicht.

Für die digitale Begehung sind alle drei Gebäude und deren Umgebung in Form von 360°-Aufnahmen abgebildet und über Navigationselemente individuell begehbar. Details werden zusätzlich in Form von Fotos dargestellt.



Abbildung 21: Illustration der imaginären Energieberaterin

Bestandteil sind zudem auf die Gebäude ausgerichtete Energieberatungsdialoge. Hierbei wird zwischen Intro (Anfrage) und Interview (Vor-Ort-Gespräch) unterschieden. In Abbildung 21 ist eine Illustration der Energieberaterin zu sehen, welche für alle Gebäude als Beraterin herangezogen wird.

Ziel war es, eine möglichst große Diversität in der Repräsentanz von den Charakteren zu erzeugen. Wir haben auch Wert daraufgelegt, sie individuell und humorvoll erscheinen zu lassen, um die Inhalte unterhaltsamer zu machen. Die Energieberaterin ist dabei die konstante Person, mit der sich die Nutzenden am meisten identifizieren können.

Stilistisch sind die Dialoge eher skizzenhaft, minimalistisch mit einfachen Gesichtszügen und Körperformen und reduzierten Umgebungsdetails gehalten. Dadurch werden die Szenen schemenhafter und allgemeingültiger und für die Nutzenden bleibt mehr Raum, sich über die Vorstellungskraft in unterschiedliche Situationen hineinzusetzen, die sie aus ihren Erfahrungen kennen.

Weiter werden für jedes Gebäude Unterlagen bereitgestellt, aus denen wichtige Informationen entnommen werden können. Dazu gehören beispielsweise Baubeschreibungen, Bauscheine, Schornsteinfegerprotokolle, Grundrisse, Ansichten, und Schnitte der Gebäude sowie Lagepläne.

Ergänzend zur möglichst detailgetreuen Abbildung der in der Praxis vorzufindenden Gegebenheiten sind weiterführende Informationen eingebunden:

- Thermographie-Aufnahmen
- Fachliche Erläuterungen in Form von interaktiven Textelementen, Videos oder graphischen Elementen

Aus der Begehung resultierende Ergebnisse werden, abhängig vom didaktischen Konzept, ebenfalls dargestellt. Bestandteil ist immer auch die Darstellung der wärmeübertragenden Umfassungsfläche sowie eine Musterlösung in Form einer ausgefüllten „Checkliste Bestandsaufnahme“, welche von der Deutschen Energieagentur (dena) als Arbeitshilfe herausgegeben wurde.

Ein wesentliches Element des didaktischen Konzepts für alle Gebäude sind die unter „Tools & Hilfe“ verlinkten Webseiten (siehe auch 3.2.5), mit deren Hilfe für alle relevanten Themen hilfreiche Informationen zu finden sind. Öffentlich zugängliche aktuelle Internetseiten sind für die praktische Arbeit das wichtigste Medium, um sich notwendige Informationen zu beschaffen. Durch die Einbindung in die digitale Begehung als Arbeitsmittel werden die Auszubildenden in die Lage versetzt, sich die nötigen Informationen eigenständig zu beschaffen und dies in Ihrem späteren Arbeitsalltag ebenfalls in professioneller Art und Weise umzusetzen.

4.2 Gebäude 1 – Schulung

Mit der virtuellen Tour durch Gebäude 1 haben die Dozierenden die Möglichkeit Ihre Inhalte praxisnah zu vermitteln. Hierbei sind viele Funktionen hinterlegt, die je nach Themenbereich verwendet werden können.

4.2.1 Intro & Interview

Das Intro für dieses Gebäude beinhaltet ein imaginäres Telefonat zwischen Auftraggebenden und Energieberatenden. Ziel hierbei ist es, möglichst typische Elemente eines solchen Telefonates darzustellen. Es wird kurz auf die wichtigsten Eckpunkte für eine Energieberatung eingegangen und dann auf einen Vor-Ort-Termin hingewiesen. Als Beispiel ist ein Ausschnitt des Telefonats in Abbildung 22 dargestellt.



Abbildung 22: Beispiel Terminvereinbarung mittels Telefongesprächs

Auf der linken Seite befindet sich die zu beratende Person, die für das erste Gebäude entwickelt wurde und auf der rechten die in Abbildung 21 vorgestellte Energieberaterin. Einer der zentralen Bausteine der Energieberatung ist das Interview mit dem Gebäudebesitzenden. Die Kund*innen kennen Ihr Gebäude oft sehr gut und haben meistens schon konkrete Vorstellungen, was sie mit Ihrem Gebäude vorhaben. Dementsprechend lernen die Studierenden anhand eines imaginären Vor-Ort-Gesprächs, wie ein solches Gespräch aussehen könnte und auf welche Sachverhalte währenddessen geachtet werden sollte. Hier können die Dozierenden konkret auf die aufkommenden Fragestellungen der Studierenden eingehen.

In Abbildung 23 ist ein Beispiel des Vor-Ort-Gesprächs am Küchentisch dargestellt. Es sollen hiermit wichtige Aspekte eines realistischen Ablaufs abgebildet werden, der den Studierenden hilft, sich in die Rolle der Energieberatenden zu versetzen.



Abbildung 23: Beispiel des Vor-Ort-Gesprächs am Küchentisch

4.2.2 Unterlagen

Die folgenden Unterlagen sind für Gebäude 1 verfügbar:

- Bauschein
- Baubeschreibung
- Schornsteinfegerprotokoll
- Ansichten
- Grundriss Kellergeschoss
- Grundriss Erd- und Obergeschoss
- Grundriss Dachgeschoss
- Schnitt
- Lageplan

Aus den Unterlagen können wichtige Informationen entnommen werden. Zudem kann anhand deren das Lesen von Plänen und weiteren relevanten Dokumenten nähergebracht werden kann. Wichtige Aspekte wie die Bemaßung, der Maßstab, Schraffuren und Schnittlinien können detailliert besprochen werden. Zusätzlich kann das Nehmen von Maßen erklärt werden, wobei ein Vergleich von Grundrissen, Schnitten und Ansichten mit dem Aufmaß eine große Rolle bei der Ermittlung des beheizten Gebäudevolumens und der wärmeübertragenden Hüllfläche spielt.

4.2.3 Wärmeübertragende Hüllfläche

Um die Ermittlung des beheizten Gebäudevolumens bzw. der wärmeübertragenden Hüllfläche zu verdeutlichen, wurde für das Schulungsgebäude eine digitale Darstellung der betreffenden Flächen erarbeitet. Über die in Abbildung 24 beschriebenen Hauptschaltflächen kann die wärmeübertragende Hüllfläche durch einen Klick auf die Schaltfläche „WÜ-Hüllfläche“ angezeigt werden. Hierbei ist bei jedem 360°-Bild die wärmeübertragende Hüllfläche eingepflegt und kann angezeigt werden. In Abbildung 24 ist ein Beispiel der Nordseite des Gebäudes abgebildet.

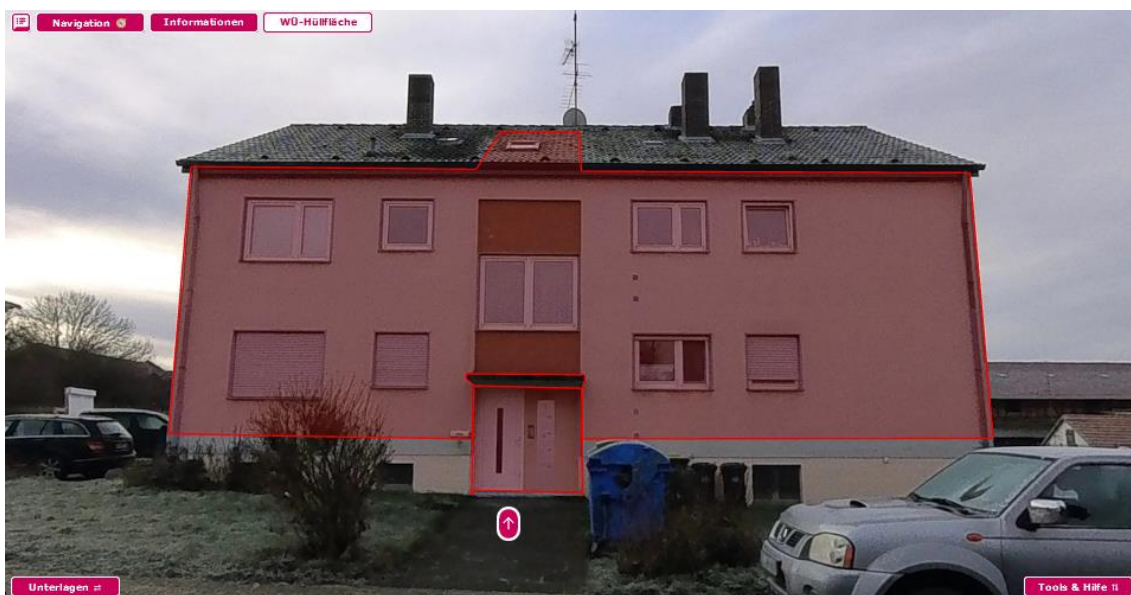


Abbildung 24: Außenansicht der wärmeübertragenden Hüllfläche des Schulungsgebäudes

Auch aus dem Gebäudeinneren (Abbildung 25) kann die wärmeübertragende Hüllfläche eingesehen und nachvollzogen werden. Durch diese Einbindung soll bei den Studierenden ein besseres Vorstellungsvermögen für das Einzeichnen in die jeweiligen Pläne vermittelt werden. Den Dozierenden gibt es die Möglichkeit den ganzen Sachverhalt erst einmal deuten zu lassen, um dann im Nachhinein aufzulösen, wie die wärmeübertragende Hüllfläche sachgemäß festzulegen ist.



Abbildung 25: Innenansicht der wärmeübertragenden Hüllfläche des Schulungsgebäudes

Neben der dreidimensionalen 360°-Ansicht, kann die Hüllfläche gleichzeitig über die Unterlagen eingesehen werden und nachgeprüft werden, wie diese beispielsweise in einem Schnitt oder Geschossplan (Abbildung 26) eingezeichnet wird.

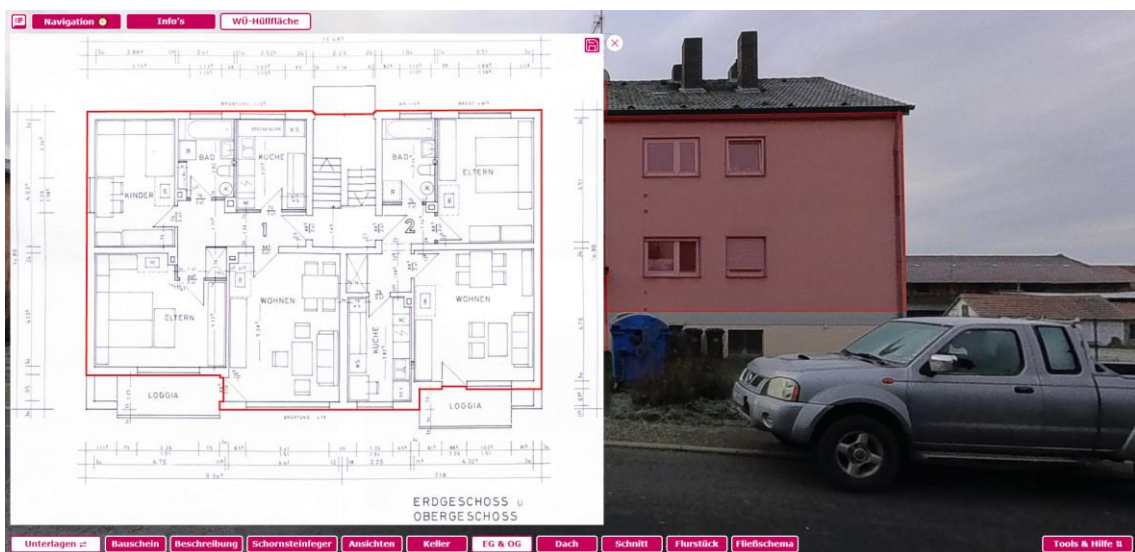


Abbildung 26: Beispiel für die eingezeichnete wärmeübertragende Hüllfläche in einem Geschossplan

4.2.4 R-I-Fließschema

Für die Schulung wird für die Anlagentechnik des Gebäudes ein Rohrleitungs- und Instrumentenschema bereitgestellt. Dieses bietet eine klare und übersichtliche visuelle Darstellung, welche dafür genutzt werden kann, ein Grundverständnis zu entwickeln.

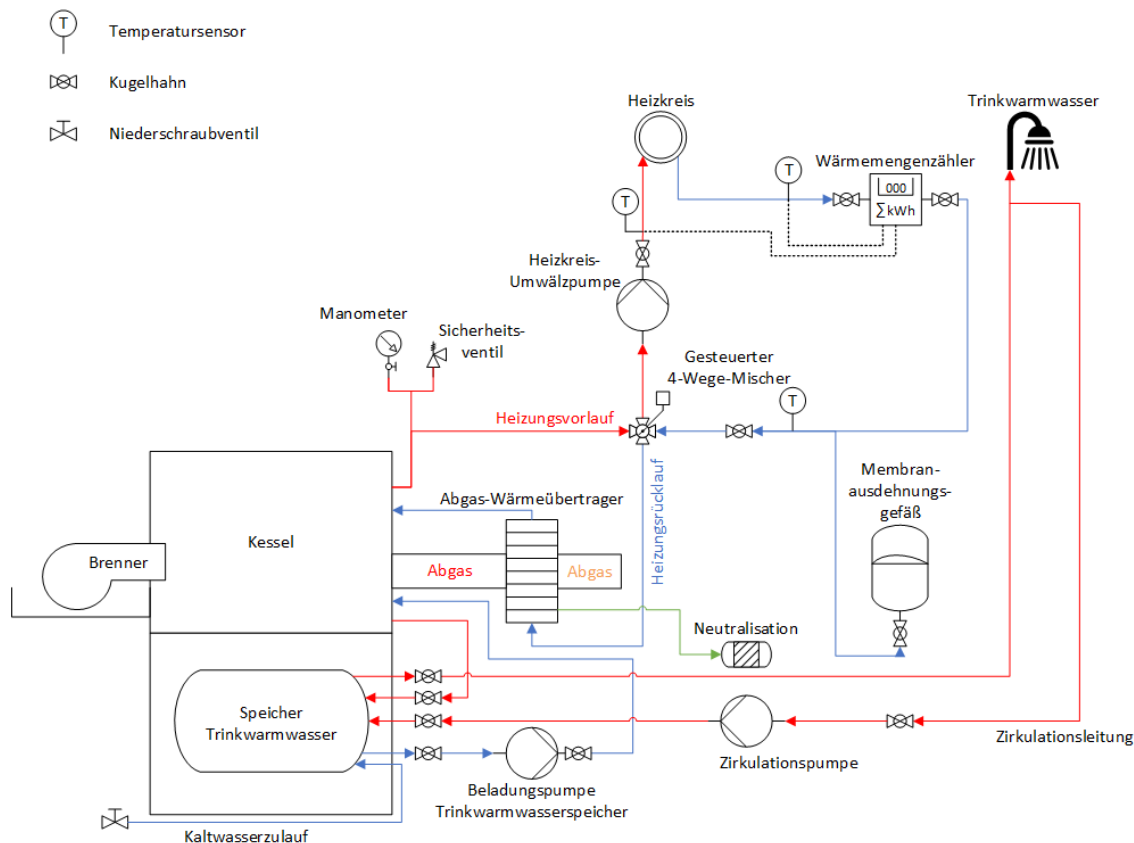


Abbildung 27: Rohr- und Instrumentenschema der Anlagentechnik von Gebäude 1

Weiter kann auf mögliche Fehler oder Probleme hingewiesen werden, wodurch das technische Verständnis der Teilnehmenden vertieft wird. In Abbildung 27 ist das R-I-Schema des Schulungsgebäudes abgebildet. Es handelt sich hierbei um einen Öl-Brennwertkessel mit integriertem Trinkwarmwasserspeicher. Der Kessel versorgt zum einen den Heizkreis und zum anderen das Trinkwasser. Alle Komponenten sind hierbei gekennzeichnet und eindeutig zugeordnet. Für die Schulung können die Komponenten nacheinander eingeblendet werden.

4.2.5 Aufstellungsorte Wärmepumpe

Für eine ganzheitliche Bestandsaufnahme sollte auch darauf geachtet werden, welche Aufstellungsmöglichkeiten für die Außeneinheiten von Wärmepumpen vorhanden sind. Dazu wurde ein eigenes kleines Tool entwickelt, welches in die Navigation (3.2.3) von Gebäude 1 integriert ist (Abbildung 28). Hiermit können vier unterschiedliche illustrierte, imaginäre Aufstellungsorte (gelb umrahmt) ein- und ausgeblendet werden.

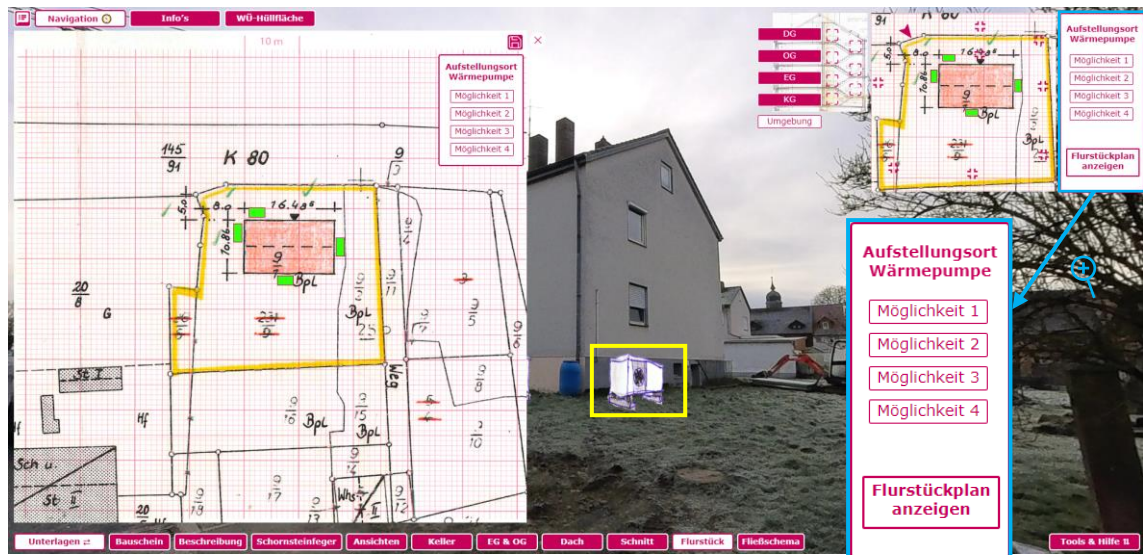


Abbildung 28: Aufstellungsorte anhand des Flurstückplans

Gleichzeitig werden die Aufstellungsmöglichkeiten im Flurstückplan anhand der Einblendung eines grünen Rechtecks verdeutlicht. Um mögliche Abstandsvorgaben bewerten zu können, ist zusätzlich ein Raster mit Maßstab in den Flurstückplan eingebettet. Wer dies zeichnerisch nachvollziehen möchte, kann sich den Flurstückplan über den Downloadbutton herunterladen.

4.3 Gebäude 2 - Aufgabenkatalog mit Musterlösung

Mithilfe der zweiten Tour werden die Studierenden anhand eines Aufgabenkatalogs durch das Gebäude geführt. Der Aufgabenkatalog wird als eine interaktives PDF-Datei bereitgestellt und beinhaltet zentrale Themen der Bestandsaufnahme für Wohngebäude.

4.3.1 Intro & Interview

Wie in 4.2.1 wurde auch für Gebäude 2 ein individuelles Intro sowie ein Vor-Ort-Gespräch entwickelt. Das Szenario des Intros (Abbildung 29) bezieht sich auf eine fiktive Party, auf der die zu beratende Person unsere Energieberaterin anspricht und mit ihr eine Energieberatung vereinbart. Diese Variante wurde gewählt, um die Diversität der Energieberatungsanfragen zu berücksichtigen. Insbesondere über solche Weiterempfehlungen werden neue Kund*innen generiert. Das Vor-Ort-Gespräch gestaltet sich größtenteils analog zu 4.2.1, wobei die individuellen Gegebenheiten des Gebäudes berücksichtigt werden.



Abbildung 29: Beispiel Kundenanfrage Party-Gespräch

4.3.2 Unterlagen

Die folgenden Unterlagen sind für Gebäude 2 verfügbar:

- Schornsteinfegerprotokoll
- Ansichten
- Grundriss Kellergeschoss
- Grundriss Erdgeschoss
- Grundriss 1. Obergeschoss
- Grundriss 2. Obergeschoss
- Grundriss Dachgeschoss
- Schnitt
- Lageplan

4.3.3 Aufgabenkatalog

Für die verschiedenen Aufgaben wurde ein eigenes Auswahlménü zur Navigation entwickelt. In Abbildung 30 ist dieses vergrößert mit einem blauen Rahmen dargestellt.

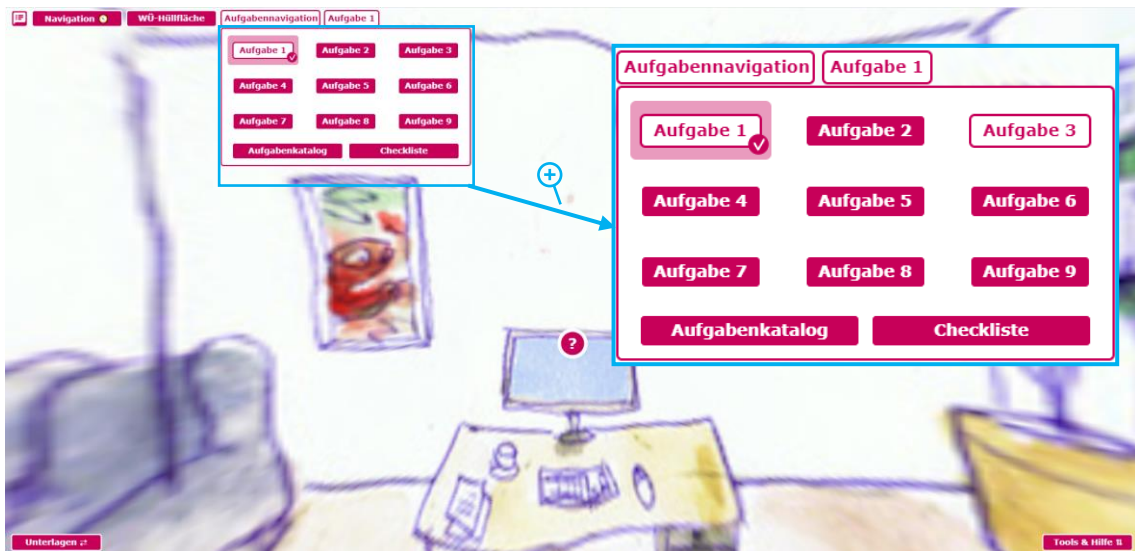


Abbildung 30: Aufgabennavigation

Im unteren Bereich der Aufgabennavigation kann über die Schaltflächen der Aufgabenkatalog sowie die offizielle „Checkliste Datenaufnahme“, herausgegeben durch die Deutsche Energie-Agentur, aufgerufen und für die Bearbeitung heruntergeladen werden. Die anderen neun Schaltflächen beziehen sich auf die verschiedenen Aufgabenbereiche. Bei Betätigung der Aufgabenschaltflächen wird die bedienende Person zu einem entsprechenden Wegpunkt in der Tour versetzt.



Abbildung 31: Kennzeichnung der zu bewertenden Sachverhalte anhand von Fragezeichen-Schaltflächen

In Abbildung 31 wurde beispielsweise Aufgabe 4 ausgewählt, welche sich hauptsächlich mit dem Themenbereich Luftdichtheit befasst. Über die Schaltflächen mit den Fragezeichen wird den Nutzenden verdeutlicht, welche Sachverhalte bewertet werden sollen.



Abbildung 32: Kennzeichnung der zu bewertenden Anlagenkomponenten anhand nummerierter Schaltflächen

Ein weiteres Beispiel stellt der Aufgabenbereich 7 dar, welcher in Abbildung 32 verdeutlicht wird. Hier wird mithilfe der Nummerierung der Anlagenkomponenten eine Zuordnung möglich, welche im Aufgabenkatalog (Beispiel: Abbildung 33) dann umgesetzt werden kann.

Bestandsaufnahme MFH - Aufgabe 7

Heizung Anlagentechnik

Komponenten der Heizungsanlage zuordnen

Du befindest dich im Heizungsraum und verschaffst dir einen Überblick. Was für Komponenten siehst du? Ordne sie entsprechend der vorgegebenen Nummern zu. Bei Tools & Hilfe kannst du dir unter dem Reiter Anlagentechnik fachliche Unterstützung suchen.

1.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
5.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
7.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
9.	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Lösung anzeigen

1. Gaszähler

2. Beladungspumpe Trinkwarmwasser

3. Trinkwarmwasser-Speicher

4. Pumpengruppe Heizung

5. Manometer und Sicherheitsventil

6. Heizkessel

7. Abgasrohr

8. Vorlauf Heizung

9. Rücklauf Heizung

Abbildung 33: Beispiel des interaktiven Aufgabenkatalogs

Inhaltlich ist der Aufgabenkatalog in folgende Themenbereiche gegliedert:

- Aufgabe 1: Analyse des Erstgesprächs und der zugesendeten Unterlagen
- Aufgabe 2: Bewertung der wärmeübertragenden Hüllfläche im Außenbereich allgemein und anhand von Konstruktionsdetails
- Aufgabe 3: Analyse des Kundengesprächs Vor-Ort und Bewertung des Energieverbrauchs
- Aufgabe 4: Bewertung von Luftdichtheitsanforderungen sowie der dazugehörigen Messungen
- Aufgabe 5: Bewertung der wärmeübertragenden Hüllfläche im Innenbereich anhand von Konstruktionsdetails und Bewertung der Planunterlagen bezüglich der wärmeübertragenen Hüllfläche allgemein
- Aufgabe 6: Bewertung der opaken Bauteilkonstruktionen
- Aufgabe 7: Bewertung der Anlagentechnik
- Aufgabe 8: Bewertung der Wärmeverteilung
- Aufgabe 9: Bewertung der Fenstereigenschaften

Jede Aufgabe unterteilt sich in zwei Schwerpunkte, welche praxisnahe Fragestellungen beinhalten, die von den Studierenden anhand von Antwort-Wahl-Fragen, Zuordnungsfragen oder Rechenaufgaben beantwortet werden können. Die Fragen beziehen sich hierbei auf das Gebäude selbst sowie auf allgemeine Zusammenhänge.

Für jede Fragestellung wird eine Lösung bereitgestellt, welche aufgerufen werden kann, um die bearbeiteten Fragestellungen zu kontrollieren. Zusätzlich gibt es Erläuterungen und Informationen zu den Ergebnissen.

4.4 Gebäude 3 – Bestandsaufnahme in Eigenarbeit

Das dritte Gebäude ist so aufbereitet, dass die Studierenden möglichst gut zugänglich eine Bestandsaufnahme machen können, ohne dass Sie eine zusätzliche Hilfestellung erhalten. Sie sollen eigenständig alle wichtigen Eckpunkte herausfinden und in die von der Deutschen Energieagentur herausgegebenen „Checkliste Datenaufnahme“ einfügen. Zur Kontrolle und ggf. auch als Hilfestellung wird die wärmeübertragende Hüllfläche dargestellt und eine Musterlösung der Checkliste Datenaufnahme bereitgestellt.

4.4.1 Intro & Interview

Das individuelle Kundenszenario für Gebäude 3 bezieht sich auf eine Anfrage via Online-Formular. Ein gut strukturiertes Onlineformular kann den Energieberatenden sowie den Kund*innen eine große Hilfe sein, wodurch dieses Szenario immer mehr an Bedeutung gewinnt. Da es in der Realität öfter vorkommt, dass ältere Personen Häuser besitzen, wird in diesem Fall eine Frau in fortgeschrittenem Alter als Beratungsempfängerin dargestellt.

4.4.2 Unterlagen

Die folgenden Unterlagen sind für Gebäude 3 verfügbar:

- Ansichten
- Grundriss Kellergeschoss
- Grundriss Erdgeschoss
- Grundriss Obergeschoss
- Grundriss Dachgeschoss
- Schnitt
- Lageplan
- Gas- und Stromabrechnungen
- Schornsteinfegerprotokolle
- Baubeschreibung der Erneuerung des Dachstuhls
- Rechnung vom Fenstertausch
- Unterlagen Heizungstausch/Gasanschluss
- Registrierung der PV-Anlage

5 Ausblick

Im Rahmen des Projektes wurden drei Lerntools entwickelt, die für die Aus- und Fortbildung im Bereich Energieberatung – Bestandsaufnahme von Wohngebäuden genutzt werden können. Durch Optimierungen bei der technischen Umsetzung wurde versucht, die Qualität von real durchgeführten Vor-Ort-Begehungen möglichst gut zu erreichen und durch zusätzliche Elemente zu bereichern.

Im Rahmen der Erarbeitung wurde der Einsatz an der Universität Kassel bei der Weiterbildung Energie - Bauen - Umwelt erprobt. Nach Projektabschluss stehen die virtuellen Gebäudebegehungen auch anderen Aus- und Fortbildungseinrichtungen zur Verfügung. So werden die Projektergebnisse als Open Educational Resources (OER) an der Universität Kassel veröffentlicht, für welche die kostenlose Nutzung, Bearbeitung und Weiterverbreitung durch Andere erlaubt ist.

Zudem wird das Projekt und der Link auf die Internetseite mit dem Zugang zu den drei virtuellen Gebäudebegehungen auf der Internetseite des Fachgebiets Bauphysik der Universität Kassel und auf der Internetseite der Weiterbildung Energie Bauen Umwelt an der Universität Kassel veröffentlicht.

Über das Gebäudeforum klimaneutral, eine zentrale Plattform der Deutschen Energieagentur (dena) für qualitätsgesicherte Informationen rund um klimaneutrales Bauen und Sanieren wird das Tool ebenfalls kommuniziert werden.

Über persönliche Kontakte, projektbezogene Kooperationen, die Mitgliedschaft im Partnernetzwerk Gebäudeforum und die Kontaktinformationen auf der Internetseite können Erfahrungen bei der Nutzung des Tools in unterschiedlichen Kontexten kommuniziert werden. Zudem werden die Tools an der Universität Kassel in verschiedenen Schulungsmaßnahmen eingesetzt werden.

Sich daraus ergebendes Optimierungspotential kann in kleinerem Maße kurzfristig umgesetzt werden.

Längerfristig wird an der Universität Kassel ein verstärkter Einsatz digitaler Tools angestrebt. Für den Bereich der Nichtwohngebäude wäre für die Lehre ein vergleichbares Tool hilfreich, welches auch die Themenbereiche Zonierung, Nutzungsrandbedingungen, Beleuchtung und eine komplexere Anlagentechnik, insbesondere im Bereich Klimatisierung, behandelt.

In einem weiteren Schritt könnte auch einer Ausweitung auf andere Themenbereiche erfolgen. So könnten beispielsweise die Themengebiete Sanierungsmaßnahmen und individueller Sanierungsfahrplan, Sommerlicher Wärmeschutz oder Heizlastberechnung anhand der Beispielsgebäude behandelt und mit den Lerntools verknüpft werden.

Anhang

A Internet-Adressen

[I1] Insta360 X3

<https://www.insta360.com/de/support/supportdetail?name=x3&cid=524>

***B* Fragenkatalog (als interaktive PDF-Datei)**

Partygespräch analysieren

Eckdaten Gebäude

Welche Informationen zum Gebäude wurden beim Partygespräch kommuniziert?

Art des Gebäudes	
Ungefähres Baujahr des Gebäudes	
Angaben zum Denkmalschutz	

Relevanz des Baualters

Beurteile die folgenden Aussagen zur Relevanz des Baualters.

Über die Zuordnung von Gebäuden und Bauteilen zu Baualtersklassen kann eine Zuordnung zu typischen Baukonstruktionen, U-Werten und Heizwärmebedarf erfolgen.	
Das Baualter eines Gebäudes findet sich in der Regel in den vorhandenen Bauunterlagen.	
Das Baualter eines Gebäudes wird im Energieausweis und im ISFP angegeben.	
Das Baualter eines Gebäudes ist keine relevante Größe bei der Energieberatung.	
Das Baualter des Gebäudes liefert verlässliche Werte zum Energieverbrauch.	
Das Baualter eines Gebäudes lässt prinzipiell Rückschlüsse auf den Sanierungsbedarf zu.	

Durchgeführte Sanierungsmaßnahmen

Welche Sanierungsmaßnahmen wurden gemäß Partygespräche bereits durchgeführt?

Außenwanddämmung

Fenstertausch

Dachdämmung

Kellerdeckendämmung

Dämmung oberste Geschossdecke



Zugesendete Unterlagen analysieren

Unterlagen sichern

Du findest die Unterlagen zum Gebäude unter dem Button Unterlagen. Welche der hier aufgeführten Unterlagen sind für das MFH vorhanden?

Bauschein

Baubeschreibung

Denkmalbescheinigung

Lageplan

Ansichten

Grundrisse

Schnitt

Verbrauchsabrechnung

Schornsteinfegerprotokoll

Fließschema Heizung

Daten Schornsteinfegerprotokoll

Welche relevanten Daten kannst du aus dem Schornsteinfegerprotokoll entnehmen?

Nennleistung Wärmeerzeuger	
Brennstoff	
Hersteller und Typ des Wärmeerzeugers	
Brennerart	
Baujahr Wärmeerzeuger	
Abgasverlust	
Art der Anlage	

Zuordnung des Wärmeerzeugers anhand Schornsteinfegerprotokoll

Für die energetische Bewertung des vorhandenen Wärmeerzeugers muss bei der Berechnung eine Zuordnung zum Heizkesseltyp und zur Art des Heizkesseltyps gemäß DIN V 18599 erfolgen.

Welche Parameter ergeben sich für den vorhandenen Wärmeerzeuger?

Heizkesseltyp	
Art des Heizkesseltyps	

Auskragende Geschossdecke

Berücksichtigung beim beheizten Gebäudevolumen

Wie ist der Überstand des 1. Obergeschosses bei der Ermittlung des **beheizten Gebäudevolumens** für den individuellen Sanierungsfahrplan zu berücksichtigen?

Welche Aussage ist richtig?

- Der Überstand wird außenmaßbezogen berücksichtigt.
- Der Überstand wird innenmaßbezogen berücksichtigt.
- Der Überstand wird nicht berücksichtigt.

Berücksichtigung bei der wärmeübertragenden Hüllfläche

Wie ist der Überstand des 1. Obergeschosses bei der Ermittlung der **wärmeübertragenden Hüllfläche** für den individuellen Sanierungsfahrplan zu berücksichtigen?

Welche Aussage ist richtig?

- Die auskragende Geschossdecke wird als Bauteil außenmaßbezogen berücksichtigt.
- Die auskragende Geschossdecke wird als Bauteil innenmaßbezogen berücksichtigt.
- Die auskragende Geschossdecke kann übermessen werden und wird nicht als Bauteil berücksichtigt.

Flächenermittlung auskragende Geschossdecke

Mit welcher Fläche fließt die auskragende Geschossdecke in die Bilanzierung mit ein?

- Gar nicht
- Ca. 4 m²
- Ca. 9 m²
- Ca. 14 m²



Wärmeübergangswiderstand für U-Wert-Ermittlung

Welcher Wärmeübergangswiderstand ist für die Ermittlung des U-Wertes der auskragenden Geschossdecke anzusetzen?

- Die Richtung des Wärmestroms ist .
- Der innere Wärmeübergangswiderstand beträgt .
- Der äußere Wärmeübergangswiderstand beträgt .

Außenwand Süd-West

Außenecken

Vergleiche die Außenecken der Süd-Ost-Ansicht zur Außenwand Süd-West und zur Außenwand Nord-Ost und beurteile die folgenden Aussagen.

Die Außenwand Süd-West verfügt über eine Dämmung.	
Die Außenwand Nord-Ost verfügt über eine Dämmung.	
Die auskragenden Wandvorsprünge müssen beim beheizten Gebäudevolumen berücksichtigt werden.	
Die auskragenden Wandvorsprünge müssen bei der Fläche der Außenwände berücksichtigt werden.	

Abgleich Planungsunterlagen

Gleiche die vorhandenen Planunterlagen mit den tatsächlichen Begebenheiten ab und beurteile die folgenden Aussagen.

Die Wandstärke der Außenwand Süd-West ist im Plan korrekt angegeben.	
Die Wandstärke der Außenwand Nord-Ost ist im Plan korrekt angegeben.	
Der im Lageplan eingezeichnete Anbau ist vorhanden.	
Die in den Grundrissen in der Außenwand Süd-Ost eingezeichneten Fenster sind vorhanden und in der Ansicht ebenfalls korrekt dargestellt.	

Dämmung Außenwand Süd-West

Von welcher Dämmstärke ist bei der Außenwand Süd-West auszugehen?

- 4 cm
- 10 cm
- 12 cm
- 24 cm

U-Wert Außenwand mit Dämmung

Welcher U-Wert ergibt sich für die Außenwand bei einer Dämmung von 10 cm mit WLG 040 (Putz wird vernachlässigt) bei der Annahme eines U-Wertes im Ausgangszustand von $1,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{k})$ und um wie Prozent reduziert sich hierdurch der Transmissionswärmetransferkoeffizient des Bauteils?

Der U-Wert mit Dämmung beträgt: $\quad \quad \quad \text{W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Der Transmissionswärmetransferkoeffizient reduziert sich durch die Dämmung um $\quad \quad \quad \%$.

Beratungsgespräch vor Ort

Vorbereitung Kundengespräch

Welche Informationen sollten bereits im Vorfeld oder spätestens zum Zeitpunkt der Vor-Ort-Begehung zur Verfügung gestellt werden?

Planunterlagen (Grundrisse, Schnitte, Ansichten, Details)	
Baubeschreibung, Bauantrag, Wohnflächenermittlung	
Thermographie-Aufnahmen	
Protokoll der Luftdichtheitsmessung	
Schornsteinfegerprotokoll	
Energieabrechnungen	

Checkliste für die Datenaufnahme vor Ort

Als Arbeitshilfe für die Datenaufnahme vor Ort wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie eine Checkliste veröffentlicht.

Beurteile die Relevanz der folgenden Abfragen gemäß Checkliste in Bezug auf das Gespräch vor Ort für das MFH.

Allgemeine Nutzerdaten (Tägl. Anwesenheit, Alter der Kinder)	
In den letzten Jahren bereits durchgeführte energetische Sanierungsmaßnahmen	
In den nächsten Jahren geplante bauliche und gestalterische Maßnahmen	
Raumtemperatur, räumliche Teilbeheizung	
Warmwasserverbrauch	
Lüftungsverhalten	
Denkmalpflegerische oder denkmalschutzrechtliche Gesichtspunkte und Auflagen	

Energieverbrauch

Frage Energieverbrauch Gebäude – MFH Gartenstraße

Die Eigentümerin hat folgende Verbrauchsdaten zur Verfügung gestellt:

Gaszähler	G13B	
Datum	Zählerstand [m ³]	Verbrauch [m ³]
28.01.2020	96646,82	
06.01.2021	99949,21	3302,39
04.01.2022	103742	3792,79
31.12.2022	108092	4350
31.12.2023	112421	4329

Wie hoch war der durchschnittliche Energieverbrauch des Gebäudes in den Jahren 2020 – 2023 in etwa?

Der durchschnittliche Energieverbrauch betrug etwa m³/a.

Frage Energieverbrauch Gebäude - allgemein

Beurteile die folgenden Aussagen zum Energieverbrauch.

Der Energieverbrauch gibt Auskunft über den tatsächlichen Verbrauch unter Berücksichtigung des Nutzereinflusses	
Der Energieverbrauch ist abhängig von der Witterung und vom Standort.	
Der Energieverbrauch ist für eine Energieberatung nicht relevant.	
Für die Berücksichtigung des Energieverbrauchs beim ISFP muss der Verbrauch der letzten vier Abrechnungszeiträume / Jahre vorliegen.	

Energieverbrauch Gebäude im iSFP

Liegen entsprechende Verbrauchsabrechnungen aus den letzten drei Jahren / Abrechnungszeiträumen vor, kann für die Erstellung eines individuellen Sanierungsfahrplans der Energieverbrauch vor der Sanierung auf der Grundlage vorhandener Verbrauchsabrechnungen ermittelt werden.

Wie ist zu verfahren, wenn keine geeigneten Verbrauchsabrechnungen vorliegen?

Die Erstellung eines iSFPs ist nicht möglich.

Es wird ein pauschaler Energieverbrauch von 150 kWh/m² Wohnfläche angenommen.

Es wird ein Kalibrierungsfaktor ermittelt, abhängig vom berechneten Endenergiebedarf pro m² beheizte Wohnfläche.

Es wird ein Kalibrierungsfaktor ermittelt, abhängig von der Anzahl der Bewohner*innen pro m² beheizte Wohnfläche und dem individuellen Heiz- und Lüftungsverhalten.

Leckageortung

Leckageortung Kellerdecke - Rauchentwicklung

Der Film wurde während einer Luftdichtheitsmessung gemäß DIN EN ISO 9972 aufgenommen. Beurteilen Sie die folgenden Aussagen zum Film.

Die Filmsequenz zeigt eine Leckageortung während einer Überdruckmessung mit künstlichem Rauch.	
Wird das Treppenhaus dem beheizten Bereich zugordnet, handelt es sich um eine Luftströmung (Konvektion) vom unbeheizten Keller zum (mit)beheizten Treppenhaus.	

Leckageortung Kellerdecke - Strömungsmessgerät



Das Bild wurde während einer Luftdichtheitsmessung gemäß DIN EN ISO 9972 aufgenommen. Die gemessene Strömungsgeschwindigkeit beträgt ca. 3,0 m/s und ist ebenfalls deutlich per Hand aufspürbar.

Beurteile die folgenden Aussagen.

Das Foto zeigt die Messung des Leckagestroms mit einem Thermometer.	
Das Foto zeigt die Messung der Strömungsgeschwindigkeit mit einem Hitzdraht-Anemometer.	
Die Strömungsgeschwindigkeit von 3 m/s ist unerheblich.	

Leckage Kellerdecke



Wodurch ist die Leckage in der Kellerdecke bedingt?

Kabeldurchdringung	
Fehlende Lufdichtheitsschicht	

Leckage Vorwandinstallation



Das Bild wurde im 2. OG während einer Luftdichtheitsmessung gemäß DIN EN ISO 9972 aufgenommen. Die gemessene Strömungsgeschwindigkeit beträgt ca. 3,2 m/s.

Beurteile die folgenden Aussagen.

Die Vorwandinstallation wurde offensichtlich vor eine nicht luftdichte Außenwand eingebaut.	
Die gemessene Strömungsgeschwindigkeit von 3,2 m/s weist auf eine primäre Leckage hin.	
Grund für die Luftströmung kann ein fehlender Innenputz im Bereich der Vorwandinstallation an der Außenwand Süd-West sein.	
Grund für die Luftströmung kann ein luftundichter Anschluss der Fachwerkkonstruktion oder der Außenwand Nord-West an die Außenwand Süd-West sein.	

Anforderung an die Luftdichtheit / Vermeidung von Leckagen

Warum wird unter bauphysikalischen Aspekten die Anforderung nach Luftdichtheit an ein Gebäude gestellt? Bewerte die Aussagen.

Durch die Anforderung nach Luftdichtheit soll ...

die Konvektion von Wasserdampf in die Konstruktion verhindert werden.	
der direkte Lufteintritt von innen nach außen und umgekehrt verhindert werden.	
der Schallschutz verbessert werden.	
der planmäßige Betrieb von Lüftungsanlagen gewährleistet werden.	

Luftdichtheitsmessung

Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes

Bei einer Luftdichtheitsmessung gemäß DIN EN ISO 9972 wird der Volumenstrom bei einer Druckdifferenz von 50 Pascal ermittelt und auf das Luftvolumen (n_{50} -Wert) oder die Hüllfläche des Gebäudes (q_{50} -Wert) bezogen. Im Hinblick auf eine künftige Sanierung, bei der das beheizte Gebäudevolumen das Treppenhaus (ohne Heizkörper) mit einschließen soll, wird das Treppenhaus mit einbezogen und liegt innerhalb der Systemgrenze.

In welcher Größenordnung könnte die gemessene Luftwechselrate bei 50 Pascal (n_{50}) in etwa liegen?

1,5 1/h

3,0 1/h

7,0 1/h

Messung der Luftdichtheit des Gebäudes

Zu Studienzwecken wurde bei dem Gebäude eine Luftdichtheitsmessung gemäß DIN EN ISO 9972 durchgeführt.

Im Hinblick auf eine künftige Sanierung, bei der das beheizte Gebäudevolumen das Treppenhaus (ohne Heizkörper) mit einschließen soll, wurde das Treppenhaus in die Systemgrenze mit einbezogen.

Die Messung ergab folgende Werte:

Leckagestrom und abgeleitete Größen bei 50 Pa	Unterdruck	Überdruck	Mittelwerte
q ₅₀ : m ³ /h	5577 (+/- 0.7 %)	6383 (+/- 1.2 %)	5980
n ₅₀ : 1/h (Luftwechselrate)	6.89	7.89	7.39
q _{F50} : m ³ /(h·m ² Nettogrundfläche)	19.10	21.86	20.48
q _{E50} :			
Äquivalente Leckageflächen			
ELA ₅₀ : m ²	0.1700 (+/- 1.2 %)	0.1946 (+/- 1.2 %)	0.1823
ELA _{F50} : m ² /m ²	0.0005822	0.0006663	0.0006243
ELA _{E50} :			

Beurteile die folgenden Aussagen:

Die bei einer Druckdifferenz von 50 Pascal gemessene Luftwechselrate beträgt 5.980 m ³ /h.	
Um bei einer Sanierung in der Berechnung einen Bonus für die Luftdichtheit anzusetzen, darf beim sanierten Gebäude eine Luftwechselrate von 3,0 1/h nicht überschritten werden.	
Für alle Leckagen zusammen ergibt sich eine äquivalente Leckagefläche von 0,17 m ² .	
Die äquivalente Leckagefläche beschreibt eine Fläche, bei der bei gleicher Druckdifferenz gleich viel Luft strömt wie durch die Gebäudehülle.	

Luftdichte Schicht Außenwand EG

Welche Bauteilschicht stellt bei der Außenwand Süd-West die luftdichte Schicht dar?

Außenputz

Dämmung

Mauerwerk

Innenputz

Systemgrenze

Ableich Planungsunterlagen mit Gegebenheiten vor Ort

Überprüfe, ob die Planunterlagen vom Erdgeschoss mit den Gegebenheiten vor Ort übereinstimmen. Wähle aus, welche Abweichungen vorliegen.

Die Richtung der Treppe ist falsch dargestellt

Die Öffnungsrichtung der Außentür nach Süd-Ost ist falsch dargestellt.

Die Öffnungsrichtung der Außentür nach Nord-West ist falsch dargestellt.

Die Wand des Kellerabgangs ist nicht vollständig eingezeichnet und die Tür zum Keller fehlt.

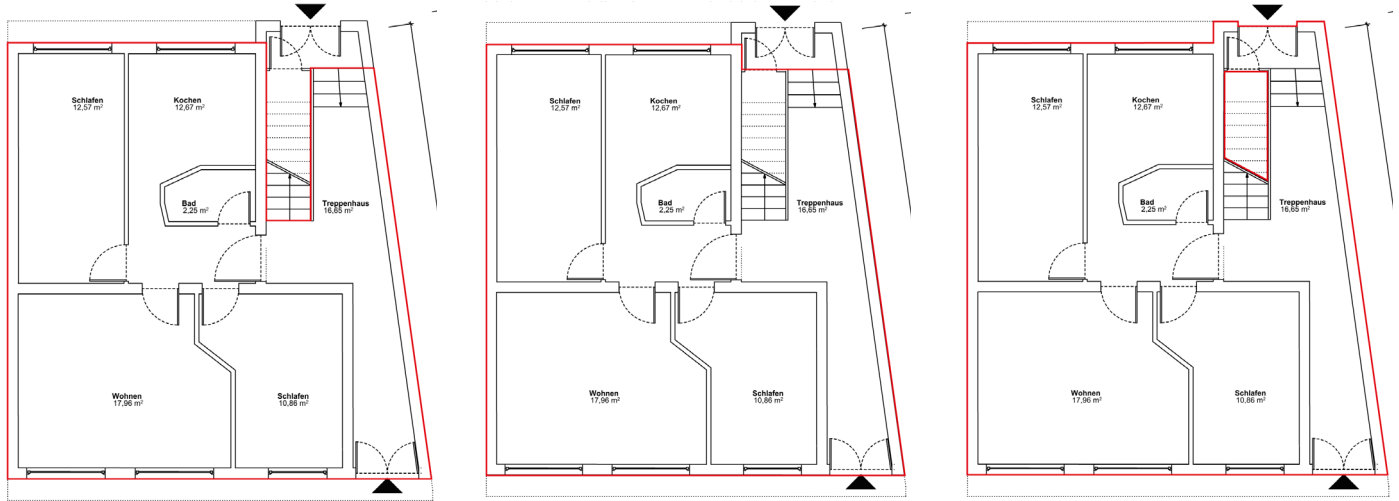
Wärmeübertragende Umfassungsfläche im Treppenhaus

Wie verläuft die wärmeübertragende Umfassungsfläche im Bereich des Treppenabgangs, wenn das Treppenhaus (ohne Heizkörper) dem beheizten Bereich zugeordnet wird und innerhalb der wärmeübertragenden Hüllfläche liegt? Wähle aus, in welcher Darstellung die wärmeübertragende Hüllfläche richtig (in Rot) dargestellt ist.



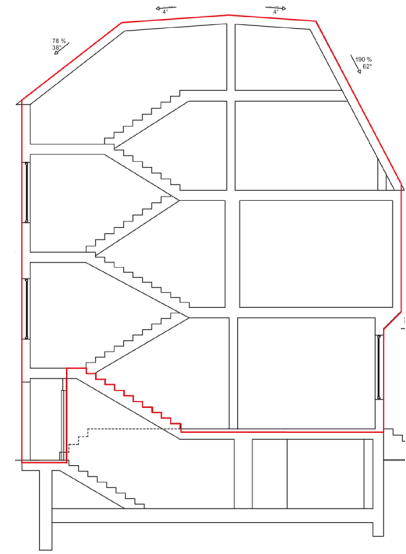
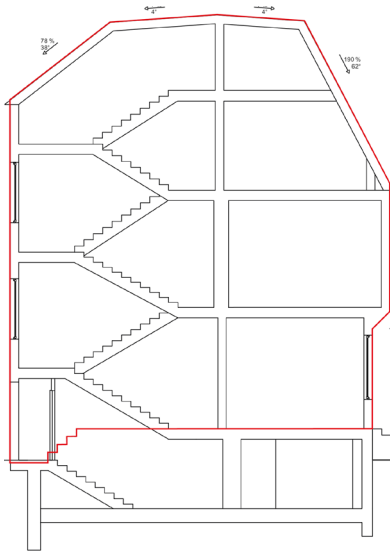
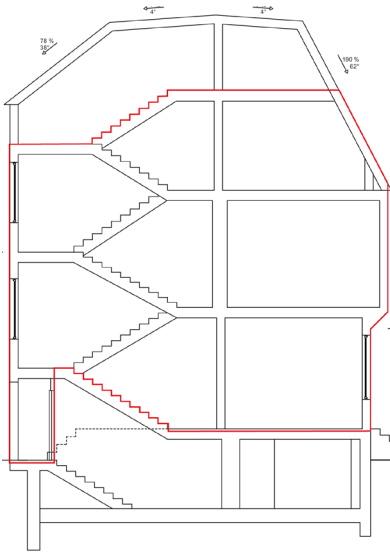
Wärmeübertragende Umfassungsfläche im Grundriss EG

Welches ist die korrekte Darstellung der wärmeübertragenden Umfassungsfläche im Grundriss Erdgeschoss, wenn das Treppenhaus (ohne Heizkörper) dem beheizten Bereich zugeordnet wird und innerhalb der wärmetübertragenden Hüllfläche liegt?



Wärmeübertragende Umfassungsfläche im Schnitt

Welches ist die korrekte Darstellung der wärmeübertragenden Hülle im Schnitt?



Festlegungen zur Ermittlung des beheizten Bereiches

Bewerte die folgenden Aussagen zur Ermittlung des beheizten Bereiches.

Die wärmeübertragende Umfassungsfläche muss mindestens alle beheizten Räume einschließen.	
Ein Kellerraum mit einem fest eingebauten, auf normale Innentemperaturen ausgelegten Heizkörper, der nicht genutzt wird, kann als unbeheizt angenommen werden.	
Ein Treppenhaus ohne Heizkörper ist immer als unbeheizter Bereich zu betrachten.	
Die Bilanzierungsgrenze darf ausschließlich beheizte Räume umschließen.	
Ein beheizter Raum ist nach GEG § 3 ein Raum, der nach seiner Zweckbestimmung direkt oder durch Raumverbund beheizt ist.	

Kellerbauteile

Konstruktion Kellerdecke

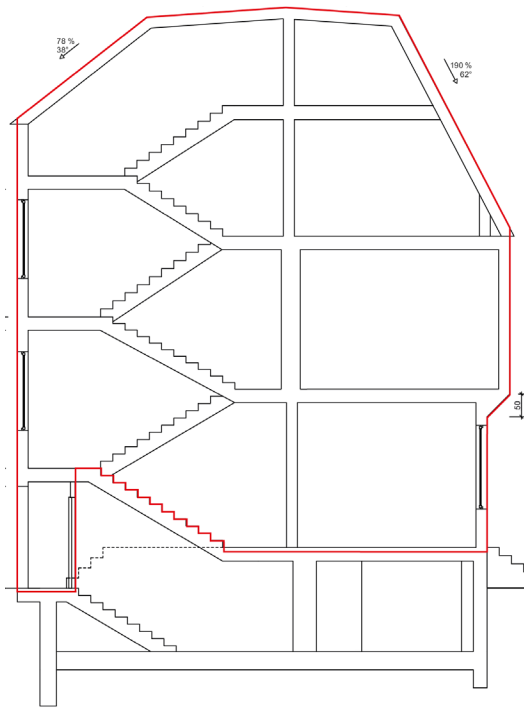
Um welche Deckenkonstruktion handelt es sich bei der Kellerdecke?

Kappendecke mit Vollziegel

Holzbalkendecke mit Blindboden

Stahlbetondecke

Konstruktion Treppe vom EG zum Treppenpodest EG/OG



Die Treppe vom Erdgeschoss zum Treppenpodest EG/OG bildet die thermische Hüllfläche zwischen beheiztem Gebäudevolumen und unbeheiztem Kellerabgang.

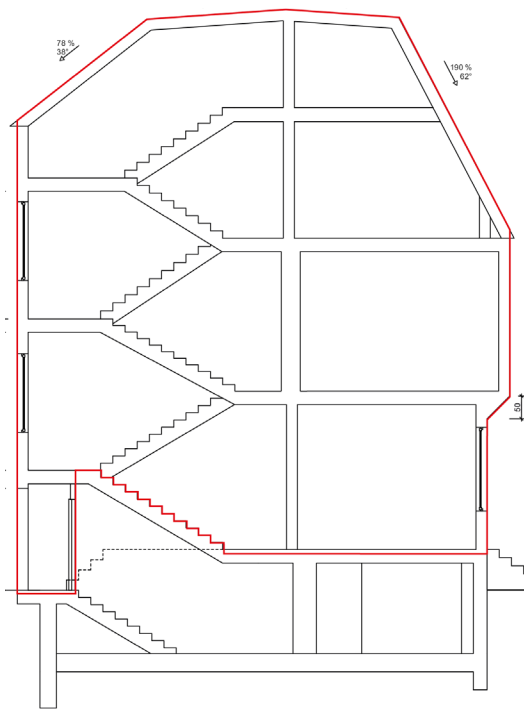
Um welche Konstruktion handelt es sich bei der Kellertreppe?

Stahlbetontreppe

Holztreppe

Stahlstreppe

Konstruktion Treppe vom Treppenpodest Gartenausgang zum EG



Die Treppe vom Treppenpodest Gartenausgang zum EG bildet die thermische Hüllfläche zwischen beheiztem Gebäudevolumen und unbeheiztem Keller. (Im Schnitt als verdeckte Kante nur gestrichelt eingezeichnet und daher nicht rot markiert)

Um welche Konstruktion handelt es sich bei der Treppe?

Stahlbetontreppe

Holztreppe

Stahlstreppe

Außenwand Erdgeschoss

Baukonstruktion / U-Wert Wand EG gemäß Altbauatlas

Die Wandstärke im EG beträgt in der Fensterlaibung ca. 25 cm, das in den Plänen angegebene Rohbaumaß von 24 cm erscheint somit korrekt. Welche Konstruktion und welcher U-Wert aus dem Altbauatlas (siehe Tools und Hilfe) passt für den Standort Kassel am besten?

Wähle jeweils eine Antwort.

Konstruktion:

Material	Stärke [cm]	Rohdichte [kg/m³]	λ-Wert [W/(mK)]
Innenputz	1,0	-	0,7
Vollziegel	12,0	-	0,79
Luftschicht, ruhend	6,0 - 7,0	-	-
Vormauerziegel	12,0	-	0,79
Außenputz	1,5	-	0,87

Bei Baukonstruktionen mit alternativen Schichtstärken sind diese untereinander aufgeführt.

Material	Stärke [cm]	Rohdichte [kg/m³]	λ-Wert [W/(mK)]
Innenputz	1,0	-	0,7
Vollziegel	24,0	-	0,79
Vollziegel	30,0	-	0,79
Außenputz	1,5	-	0,87

Bei Baukonstruktionen mit alternativen Schichtstärken sind diese untereinander aufgeführt.

Material	Stärke [cm]	Rohdichte [kg/m³]	λ-Wert [W/(mK)]
Innenputz	1,0	-	0,7
Hochlochziegel	24,0	1400	0,58
Hochlochziegel	30,0	1400	0,58
Hochlochziegel	36,5	1400	0,58
Außenputz	1,5	-	0,87

Bei Baukonstruktionen mit alternativen Schichtstärken sind diese untereinander aufgeführt.

In etwa resultierender U-Wert:

1,2 W/(m²K)

1,4 W/(m²K)

1,6 W/(m²K)

1,8 W/(m²K)

2,0 W/(m²K)

U-Wert Wand EG gemäß Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung

Welcher U-Wert wird für die Wand im Erdgeschoß in der Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand aufgeführt?

3,0 W/(m²K)

2,8 W/(m²K)

2,2 W/(m²K)

1,8 W/(m²K)

1,5 W/(m²K)

1,4 W/(m²K)

Baualtersklassen für massive Konstruktionen aus Vollziegeln

Für welche Baualtersklassen gibt es in der Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand massive Konstruktionen aus Vollziegeln?

Bis 1918

1919 – 1948

1949 – 1957

1958 – 1968

1969 - 1978

Einfluss Baualtersklasse für massive Konstruktionen aus Vollziegeln

Wie verändert sich der in der Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand angegebene U-Wert für die Außenwände aus Vollziegeln bei einer späteren Baualtersklasse gegenüber einer früheren Baualtersklasse?

Der U-Wert einer späteren Baualtersklasse ist kleiner.

Der U-Wert einer späteren Baualtersklasse ist größer.

Der U-Wert bleibt gleich.

Vergleich U-Werte gemäß Altbauatlas und Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung

Vergleiche die gemäß dem Altbauatlas und gemäß der Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand ermittelten U-Werte. Welche Aussage ist richtig?

Die beiden U-Werte sind gleich.

Der gemäß dem Altbauatlas ermittelte U-Wert ist größer.

Der gemäß dem Altbauatlas ermittelte U-Wert ist kleiner.

Außenwand Obergeschoss

Wandstärke Außenwand OG

Welche Schichtdicke ist für die Gefachschicht (Holzständer mit Ausfachung) von Fachwerkkonstruktionen für den Standort Kassel im Altbauatlas angegeben?

Wähle eine Antwort.

- 14 - 16 cm
- 18 - 20 cm
- 22 - 24 cm

Rückschlüsse von Wandstärke auf Konstruktion

Die gemessene Wandstärke im Obergeschoss beträgt in der Fensterlaibung ca. 25 cm, in den Plänen ist ein Rohbaumaß von 24 cm angegeben. Welche Konstruktion könnte in diesem MFH vorliegen, wenn die übliche Schichtdicke der Gefachschicht (Holzständer mit Ausfachung) 14 – 16 cm beträgt?

Wähle eine Antwort.

- Die Fachwerkkonstruktion wurde mit einem außenseitigen WDVS versehen.
- Die Fachwerkkonstruktion wurde mit einer außenseitigen Vorhangfassade versehen.
- Die Fachwerkkonstruktion wurde mit einer innenseitigen Vorsatzschale versehen.

Baukonstruktion / U-Wert Wand OG gemäß Altbauatlas

Die gemessene Wandstärke in der Fensterlaibung im Obergeschoss beträgt in der Fensterlaibung ca. 25 cm, das in den Plänen angegebene Rohbaumaß von 24 cm erscheint somit korrekt. Ein Klopftest deutet darauf hin, dass die Fachwerkkonstruktion mit einer innenseitigen Vorsatzschale versehen wurde. Welche Konstruktion und welcher U-Wert aus dem Altbauatlas passt für die Fachwerkkonstruktion ohne Vorsatzschale am besten?

Wähle jeweils eine Antwort.

Konstruktion:

Material	Stärke [cm]	Rohdichte [kg/m³]	λ-Wert [W/(mK)]
Lehmputz	3,0	-	0,93
Holzständer	14,0-16,0	-	0,21
Gefach (Lehmstaken)	14,0-16,0	-	0,47

Material	Stärke [cm]	Rohdichte [kg/m³]	λ-Wert [W/(mK)]
Lehmputz	3,0	-	0,93
Holzständer	14,0 - 16,0	-	0,21
Gefach (Lehmstein)	14,0 - 16,0	-	0,93

Material	Stärke [cm]	Rohdichte [kg/m³]	λ-Wert [W/(mK)]
Lehmputz	3,0	-	0,93
Holzständer	14,0 - 16,0	-	0,21
Gefach (Vollziegel)	14,0 - 16,0	-	0,79

In etwa resultierender U-Wert:

1,62 W/(m²K)

1,77 W/(m²K)

2,10 W/(m²K)

2,26 W/(m²K)

2,42 W/(m²K)

U-Wert Außenwand OG gemäß Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung

Welcher U-Wert wird für die Fachwerkkonstruktion im Obergeschoß (ohne Vorsatzschale) in der Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand aufgeführt?

2,0 W/(m²K)

1,5 W/(m²K)

0,5 W/(m²K)

0,4 W/(m²K)

Heizung Anlagentechnik

Komponenten der Heizungsanlage zuordnen

Du befindest dich im Heizungsraum und verschaffst dir einen Überblick. Was für Komponenten siehst du? Ordne sie entsprechend der vorgegebenen Nummern zu. Bei Tools & Hilfe kannst du dir unter dem Reiter Anlagentechnik fachliche Unterstützung suchen.

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	

Energieträger

Welcher Energieträger wird in der vorgefundenen Anlage als Brennstoff genutzt?

Gas

Öl

Strom

Nennwärmeleistung Heizkessel

Welche Nenn-Wärmeleistung können Sie am Typenschild des Heizkessels (Komponente 6) ablesen?

35,00 kW

38,50 kW

13,80 kW

Speichervolumen

Ordne den Komponenten das entsprechende Speichervolumen zu.

Trinkwarmwasserspeicher	
Heizungspufferspeicher	
Wärmeübertrager des Heizkessels	

Hilfsenergie Verteilung

Art der Pumpe

Woran ist zu erkennen, dass es sich bei der dargestellten Pumpe von Komponente 4 um eine Heizkreispumpe handelt?

Die Pumpe ist direkt beim Vor- und Rücklauf der Heizung platziert.

Die Pumpe ist gemäß Herstellerinformation / Typenschild nur als Heizkreispumpe zugelassen.

An der manuellen 3-Stufen-Drehzahlregelung

Regelbarkeit der Pumpe

Um welche Pumpe handelt es sich bei der Heizkreispumpe?

Geregelte Pumpe – Konstantdruckregelung

Geregelte Pumpe - Variabeldruckregelung

Ungeregelte Pumpe – einstufig

Ungeregelte Pumpe - mehrstufig

Pumpe mit intermittierender Betriebsweise

Kennwert Pumpe

Um welchen Wert handelt es sich bei den angegebenen 48 W?

Maximale Leistungsaufnahme

Förderhöhe

Elektrische Aufnahmeleistung im Auslegungspunkt

Wärmeverteilung – Systemtemperatur

Datenaufnahme Systemtemperatur

Woran lässt sich erkennen, auf welche Systemtemperatur (Vorlauf- und Rücklauf-temperatur) das Heizungssystem ausgelegt ist? Beurteilen Sie die Aussagen:

An der Anzeige der Vorlauf-temperatur beim Wärmemengenzähler.	
An der Anzeige der Rücklauf-temperatur beim Wärmemengenzähler.	
Aus den Unterlagen zum hydraulischen Abgleich.	

Systemtemperatur gemäß Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung

Welche Systemtemperatur (Vorlauf- und Rücklauf-temperatur) kann für das MFH gemäß der Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand angenommen werden?

80 - 90°C

70 – 55 °C

55 - 65°C

35 - 45°C

Einfluss / Bedeutung Systemtemperatur

Welche Bedeutung hat die Systemtemperatur?

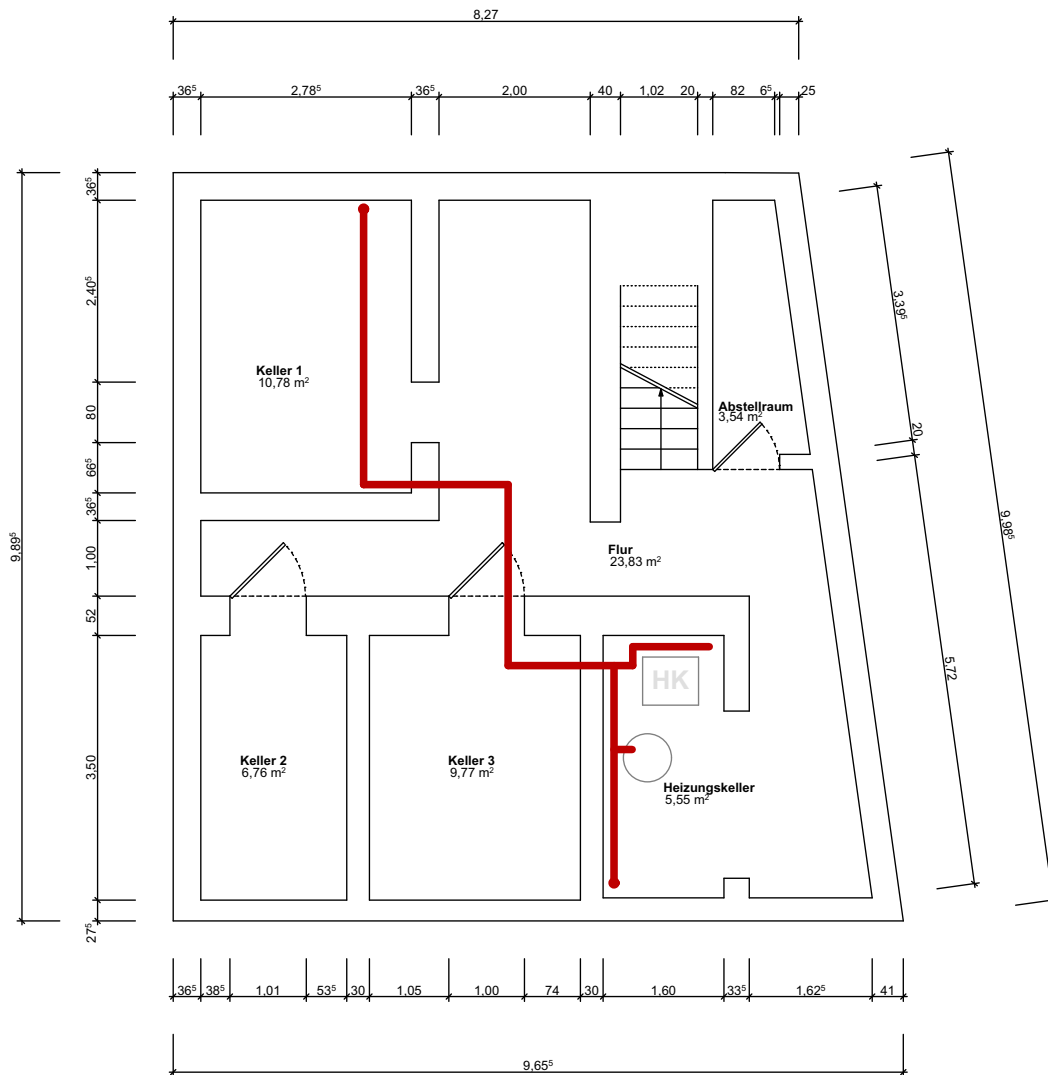
Auswirkungen auf die Effizienz einer Wärmepumpe

Auswirkungen auf die Wärmeabgabe der Heizflächen

Auswirkungen auf die Wärmeverluste der Rohrleitungen

Wärmeverteilung

Im Rahmen der Vor-Ort-Begehung wurden die horizontalen Rohrleitungen im Kellergeschoss wie folgt in den Grundriss eingezeichnet. Diese Skizze kann als Hilfestellung für die Beantwortung der folgenden Fragen genutzt werden.



Art der Verteilungen

Vervollständige die Aussagen zur Art der Verteilungen.

Es handelt sich um ein	
Es handelt sich um einen	

Horizontale Verteilleitungen - Angaben

Ermitteln Sie die korrekten Angaben für die horizontalen Verteilleitungen für die Heizung. Nutze hierfür auch die Detailfotos im Raum Keller 1.

Die horizontalen Verteilleitungen liegen im	
Die Länge der horizontalen Verteilleitungen beträgt etwa	
Der Innendurchmesser der horizontalen Verteilleitungen beträgt ca.	
Die Dicke der Dämmung beträgt ca.	
Die Wärmeleitfähigkeit der Rohrleitungsdämmung	

Anforderungen Rohrleitungs­dämmung gemäß GEG

Nach GEG gibt es bei erstmaligem Einbau oder Ersatz von Wärmeverteilungsleitungen Anforderungen an die Mindestdicke der Dämmung. Vervollständigen Sie die folgenden Aussagen

- Für Wärmeverteilungsleitungen mit einem Innendurchmesser von 26 mm beträgt die Anforderung an die Mindestdicke der Dämmung bei gemäß GEG .
- Die Rohrleitungs­dämmung der vorhandenen horizontalen Verteilleitungen gemäß GEG Anlage 8.
- Für die vorhandenen horizontalen Verteilleitungen besteht gemäß GEG .
- Die Steigleitungen sind .
- Für die vorhandenen Steigleitungen besteht gemäß GEG .

Energetische Bewertung Rohrleitungsdämmung

Gemäß DIN V 18599-5 Tabelle 27 können für die Berechnung der Wärmeverluste des Rohrnetzes abhängig von der Baualtersklasse (des Rohrnetzes) folgende Wärmedurchgangszahlen in W/mK angesetzt werden.

Baualtersklasse	Verteilung V	Leitungen außerhalb der thermischen Hülle		Leitungen innerhalb der thermischen Hülle	
		S	A	S	A
Gedämmte Leitungen					
Nach 1995	0,200	0,255	0,255	0,255	0,255
1980 bis 1995	0,200	0,400	0,400	0,300	0,400
vor 1980	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Ungedämmte Leitungen					
$A_{NGF} \leq 200 \text{ m}^2$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$200 < A_{NGF} \leq 500 \text{ m}^2$	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
$A_{NGF} > 500 \text{ m}^2$	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000

Ergänze die Aussagen für die Verteilung der Heizung.

Die Baualtersklasse des Rohrnetzes ist	
Die Nettogrundfläche beträgt	

Welche Wärmedurchgangszahlen ergeben sich für das Mehrfamilienhaus?

Verteilleitungen	
Steigleitungen	
Anbindeleitungen	

Fensterbewertung anhand des Baualters

Zuordnung U-Werte gemäß Fenstertyp und Baualter

Gemäß Aussage der Eigentümerin wurden die Fenster in den Wohnungen wie folgt ausgetauscht:

- Erdgeschoss: 1990
- 1. Obergeschoss: 2007
- 2. Obergeschoss: 2002
- Dachgeschoss: 1980er

Ordnen Sie den Fenstern die entsprechende Konstruktion und die entsprechenden U-Werte gemäß der Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand zu.

Erdgeschoss: 1990		
1. Obergeschoss: 2007		
2. Obergeschoss: 2002		
Dachgeschoss: 1980er		

Fensterkennwerte

Was beschreiben die in der Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand angegebenen Kenngrößen?

Kenngröße U_w	
Kenngröße U_g	

MSIV - Mehrscheibenisolierverglasung

In der Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand findet sich die Abkürzung MSIV 2 für Mehrscheibenisolierverglasung mit 2 Scheiben. Ab welchem Baualter haben Fenster in der Regel eine Mehrscheibenisolierverglasung mit 2 Scheiben?

1979

1984

1995

Eigenschaften MSIV 2

Welche Eigenschaften haben die in der Bekanntmachung mit MSIV 2 bezeichneten Verglasungen?

Edelgas im Scheibenzwischenraum

Luft im Scheibenzwischenraum

Keinen Scheibenzwischenraum

Beschichtung der Glasscheibe

Sonnenschutzglas

Variabler U-Wert

Variabler g-Wert

Energetische Qualitäten beim Fenstertausch

Welche Rückschlüsse lassen sich bei einem Fenstertausch auf die energetische Qualität der Fenster ziehen?

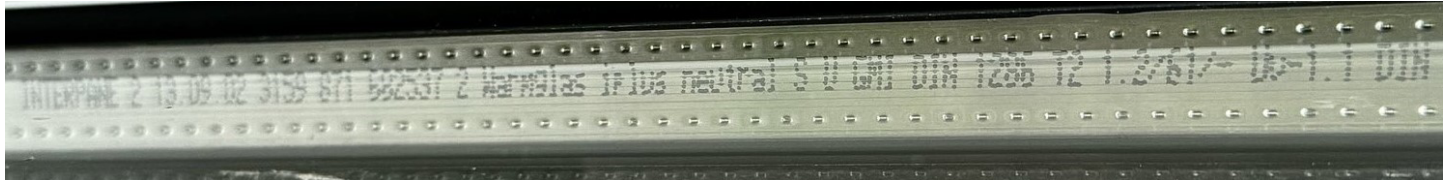
Bewerten Sie die Aussagen:

Die Qualität der Fenster hängt wesentlich vom Zeitpunkt des Fenstertauschs ab.	
Der U-Wert der neuen Fenster ist im schlechtesten Fall $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.	
Bei einem Fenstertausch ab 1995 wurden in der Regel Fenster mit Mehrscheibenisolierverglasung mit Beschichtung und Gas im Scheiben-Zwischenraum (auch bezeichnet als Wärmeschutzverglasung) eingebaut.	

Ermittlung der Fensterqualität vor Ort

Treppenhausfenster - Angaben im Scheibenzwischenraum

Das dargestellte Fenster befindet sich im Treppenhaus. Interpretiere die Angaben im Fensterfalz und überprüfe, ob der U-Wert der vorhandenen Fenster etwa dem Wert aus der Richtlinie entspricht.



Das Baujahr der Fensters ist	
Die Angabe 1.1 steht für	
Der gemäß der Richtlinie ermittelte U-Wert von 1,5 W/(m ² K) ist	

Holzfenster im Erdgeschoss - Angaben im Scheibenzwischenraum

Das dargestellte Fenster befindet sich im Erdgeschoss. Interpretiere die Angaben im Fensterfalz.



Das Baujahr der Fensters ist	
Der U-Wert der Verglasung ist	
Der Abstandhalter ist als	
Der U-Wert des Fensters kann anhand der Angaben aus dem Scheibenzwischenraum	