

Schew-Ram Mehra, Eva Veres, Manfred Hermann

**Web-Portal
„Bauphysikalische
Altbaumodernisierung“ – WeBA**

F 2789

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlußberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2011

ISBN 978-3-8167-8546-0

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

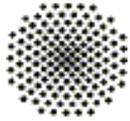
Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/tauforschung



**Universität Stuttgart · Lehrstuhl für Bauphysik
o. Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Klaus Sedlbauer
Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra**

**Web-Portal
"Bauphysikalische Altbaumodernisierung"
WeBA**

Abschlussbericht

Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra
Dipl.-Ing. Eva Veres
Dipl.-Ing. Manfred Hermann

Untersuchungen durchgeführt am
Lehrstuhl für Bauphysik
Universität Stuttgart

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung gefördert.

Aktenzeichen: Z6 – 10.08.18.7-07.10/II2 – F20-07-120

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.

Projektbegleitende Arbeitsgruppe:

Prof. Dr.-Ing. Rainer Oswald (AlBau Aachen)
Dipl.-Ing. Matthias Dieler (HWK Münster)
Dr.-Ing. Nikolaus Diefenbach (IWU Darmstadt)

Stuttgart, 5. März 2010

**FORSCHUNGSINITIATIVE
Zukunft BAU**



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung



Bundesamt
für Bauwesen
und
Raumordnung

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	5
Summary	6
1. Einleitung und Problemstellung.....	7
2. Internet-Angebote	10
3. Web-Portal „Bauphysikalische Altbaumodernisierung“	11
3.1 Didaktisches Konzept.....	11
3.2 Technische Umsetzung	13
3.3 Lernplattform ILIAS	13
3.3.1 Erstellung von Inhalten.....	14
3.3.2 Umgang mit Media-Pools	16
3.3.3 Handhabung von Media-Objekten.....	18
3.4 Zugang zum Portal.....	20
4. Aufbau des Portals	23
4.1 Grundlagen.....	24
4.2 Glossar.....	30
4.3 Baukonstruktionen	33
4.4 Berechnungswerkzeuge	40
4.4.1 U-Wert-Berechnung	41
4.4.2 Berechnung des mittleren U-Wertes	42
4.4.3 Tauwasserausfall nach Glaser.....	43
4.4.4 Taupunkttemperatur und Tauwassermenge.....	44
4.4.5 Koinzidenzgrenzfrequenz	46
4.4.6 Resonanzfrequenz	46
4.4.7 Bewertetes Labor- und Bau-Schalldämm-Maß.....	48
4.4.8 Schalldämmung zusammengesetzter Bauteile.....	48
5. Beispiele für die Nutzung des Portals.....	50
5.1 Außenwandkonstruktion	50
5.2 Deckenkonstruktion.....	52
6. Funktionseinschränkungen der technischen Infrastruktur.....	54
7. Öffentlichkeitsarbeit und Evaluierung	55
8. Zusammenfassung und Ausblick.....	56
9. Literatur	58
Anhang 1 Zusammenstellung der im Modul „Grundlagen“ enthaltenen Seiten	
Anhang 2 Zusammenstellung der im Modul „Baukonstruktionen“ enthaltenen Beschreibungen der Bauteile im Bestand und der damit verknüpften Maßnahmen	

Kurzfassung

Die Notwendigkeit einer bauphysikalischen Bildung aller am Bau Beteiligten ist unumstritten. Insbesondere bei der Altbaumodernisierung sind, aufgrund der komplexen Wirkungszusammenhänge von Modernisierungsmaßnahmen, solche Kenntnisse unabdingbar. Hierzu wurde am Lehrstuhl für Bauphysik der Universität Stuttgart (Lehrstuhlinhaber: Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Klaus Sedlbauer) das Web-Portal „Bauphysikalische Altbaumodernisierung“ entwickelt. Das Ziel dieses Portals ist es, einen wissenschaftlich fundierten Beitrag zu leisten, der allen am Bau Beteiligten, vom Handwerker bis zum Bauherrn, zugänglich und leicht verständlich ist. Das Internet und die darauf aufbauenden Dienste bieten die Möglichkeit, diese Inhalte in multimedialer Form zu präsentieren. Darüber hinaus ist die Zielsetzung des Portals, bauphysikalische Grundlagen und konstruktive Lösungen zur Modernisierung von Altbauten zu vermitteln.

Das Web-Portal „Bauphysikalische Altbaumodernisierung“ steht nun als allgemein zugängliches Instrumentarium allen Planern, Architekten, Ingenieuren, Handwerkern und anderen Interessenten im Internet zur Verfügung und ist unter der URL <http://www.bauphysikalische-altbaumodernisierung.de> abrufbar. Der Zugang zum Portal befindet sich im öffentlichen Bereich der Internetpräsenz der Universität Stuttgart. Die damit verknüpften Einstiegsseiten nutzen eine eigene Domain mit einer entsprechenden Verzeichnisstruktur, um den Aufbau der angebotenen Inhalte darzustellen und die Navigation zu gestalten. Je nachdem, welche Fragen und Aufgaben der Nutzer hat, findet er konstruktive Lösungsvorschläge, das dazu erforderliche Grundlagenwissen, Begriffserklärungen, Hinweise auf die Normen und Richtlinien sowie Verweise auf die Fachliteratur. Er kann außerdem einfache Rechenwerkzeuge interaktiv nutzen, um verschiedene wichtige bauphysikalische Kenngrößen für sein Vorhaben zu ermitteln. Entsprechend der Projektidee und dem wesentlichen Anliegen des Vorhabens, nämlich die gegenseitigen Beeinflussungen der Teilgebiete der Bauphysik aufzuzeigen, erhält der Nutzer stets Hinweise auf die zu beachtenden bauphysikalischen Phänomene und ihre Wechselwirkungen auf den Gebieten Wärme, Feuchte und Schall. Die Inhalte sind je nach Zweck und Darstellungsart der Informationen in Modulen zusammengefasst. Die technische Umsetzung der Module des Web-Portals erfolgt auf der vom Rechenzentrum der Universität Stuttgart gepflegten Open-Source-Lernplattform ILIAS (Integriertes Lern-, Informations- und Arbeitssystem).

Summary

The necessity of education in Building Physics of all parties involved in building is uncontroversial. Especially in the field of existing building renovation and due to the complexity of effects concerning this kind of renovation measures such knowledge is indispensable. For this purpose the web portal "Modernization of existing buildings from the point of view of building physics" was developed at the Department of Building Physics at University Stuttgart (full professor: Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Klaus Sedlbauer). This web portal is aimed making a scientifically well founded contribution in giving access to easily understandable information for all parties involved in building, craftsmen as well as interested building owners.

The Internet and subsequent services offer the possibility to present these contents in a multimedia-based way. Moreover, and besides the relation to existing buildings it is the objective of this portal to describe the fundamentals of building physics as well as to present constructive solutions for modernization.

The web portal "Modernization of existing buildings from the point of view of building physics" is now available in the Internet as general instrument for planners, architects, engineers, craftsmen and all other interested parties under URL <http://www.bauphysikalische-altbaumodernisierung.de>. This access to the portal is within the public range of the Internet presence of University Stuttgart. Linked access pages use their own domain with a respective directory structure to allow the configuration of contents offered and provide navigation. The user will find answers to respective questions in the form of constructive solutions, essential fundamental knowledge, definitions, and indications on standards and directives as well as references to appropriate technical literature. In addition, the user can interactively use simple calculation tools to determine various significant building physical parameters for his purpose. According to the essential project idea and target, i.e. to demonstrate mutual interaction in some parts of building physics, the user will always receive hints on building physical phenomena to be observed and on respective interactions in the field of heat, hygrothermics and acoustics. The contents are integrated in modules according to the purpose or way of presenting the information. The technical implementation of the modules of the web portal is effected by the Open-Source learning platform ILIAS (Integriertes Lern-, Informations- und Arbeitssystem) serviced by the data processing service center of University Stuttgart.

1. Einleitung und Problemstellung

Nach dem Bauschadensbericht der Bundesregierung [1] entstehen bei Neubauten sowie Instandsetzungs- und Modernisierungsarbeiten jährlich Schäden von rund 3,5 Milliarden Euro. Ca. 80 % dieser Schäden sind bauphysikalischer Natur, deren wesentliche Ursache mangelhaftes Fachwissen der Architekten und Planer im Fachgebiet Bauphysik ist. In der Praxis wird, vor allem bei kleineren Baumaßnahmen, das interdisziplinäre Denken oftmals vernachlässigt; selten werden Fachplaner hinzugezogen, meist wird nur ein Handwerker beauftragt, die entsprechenden Arbeiten auszuführen. Nicht selten sind Folgeschäden festzustellen, die auf mangelhafte, wenn nicht gar falsche Maßnahmen zurückzuführen sind. Durch eine gezielte Wissensvermittlung würden Schadensfälle verhindert und die Qualität der Bauwerke gesteigert werden.

Systematisch aufbereitetes Wissen bezüglich der Erfassung und der Analyse des gesamtbaulichen Zustandes von Gebäuden sowie der Auswahl und Ausführung von Modernisierungsarbeiten fehlt jedoch. Auf ihre offenen Fragen finden Planer und Handwerker selten befriedigende Antworten. Eine Ursache für die große Zahl von Bauschäden und die geringe Nutzungsqualität nach der Modernisierung von Gebäuden liegt in der mangelnden Kenntnis bauphysikalischer Vorgänge. Insbesondere müssen die Planer und Ausführenden für diese Probleme sensibilisiert werden, um zu erkennen, welche Auswirkungen eine von ihnen geplante und durchzuführende Maßnahme hat und welche weiteren Fachleute gegebenenfalls hinzugezogen werden müssen.

Das Ziel des vorliegenden Vorhabens war es, den Planern und Ausführenden durch grundlegende Systematisierung der bauphysikalischen Fragen bei Modernisierungsarbeiten Grundlagen und Planungshilfen anzubieten. Dadurch soll es ermöglicht werden, Modernisierungsmaßnahmen präziser zu steuern und bauphysikalisch richtig durchzuführen. Im Rahmen des Vorhabens wurde ein webbasiertes Portal für ein solches Wissensmanagement geschaffen, welches sowohl für Planer, erfahrene Ingenieure, Architekten und Ausführende als auch für Berufsanfänger und Lernende eine Hilfe darstellt.

Bei der Darstellung und Beschreibung von typischen Baukonstruktionen, die im Bestand häufig zu finden sind, dienten – sofern vorhanden – authentische Detailzeichnungen und Skizzen als Vorlage [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 und 11]. Um viele vorhandene Konstruktionen verstehen zu können, muss nicht nur die alte Bauweise sondern auch die frühere Sanierungspraxis mit berücksichtigt werden [12, 13,

14, 15, 16, 17, 18 und 19]). Zahlreiche altbewährte Grundlagenwerke lieferten das Grundwissen für die Zusammenstellung und Ausarbeitung von praktischen Maßnahmen zur Modernisierung alter Gebäude [20, 21, 22, 23 und 24]. Das Portal behandelt keine Sanierungsfälle. Dennoch findet der Nutzer in einigen Fällen Hinweise auf typische Schadensfälle im Bestand (z.B. Holzbalkendecken, Fachwerkwände) und wie Schadensfälle vermieden werden können. Die notwendigen Informationen konnten aufgrund einer umfangreichen Literaturrecherche über Bauschäden [25, 26, 27, 28 und 29] bereitgestellt werden. Eines der wichtigsten Anliegen des Portals ist, dass die neuesten Forschungsergebnisse [30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37 und 38] praxisgerecht in das Portal einfließen und das notwendige Fachwissen sowie Anschauungsmaterial in Form von Katalogen und Tabellen bereitstehen. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Zusammenarbeit zwischen Forschung, Lehre und Praxis [39, 40, 41, 42, 43, 44 und 45]. Auch die aktuellen Vorschriften, wie die neue Energieeinsparverordnung [46], sowie die zu beachtenden Normen und Richtlinien fanden – insbesondere bei der Bearbeitung der Maßnahmen, sowie in Form eines Glossarteils – Berücksichtigung.

Das im Rahmen des Vorhabens erstellte Portal ermöglicht es, Modernisierungsvorhaben gesamtbauphysikalisch zu betrachten, um Bauschäden zu vermeiden. Somit werden Synergien geschaffen, die sowohl der Baupraxis als auch den Hochschulen und Forschungseinrichtungen dienlich sind. WeBA ist kein „Lernportal“ im Sinne der universitären Lehre, sondern eine Plattform zur Wissensvermittlung. Die wichtigsten Grundsätze des Portals sind:

Zielorientiertes Wissen

Dem Nutzer, der im Zusammenhang mit einem zu modernisierenden Objekt bauphysikalische Fragen hat und Entscheidungshilfen braucht, wird zunächst ein Menü angeboten. Daraus kann er wählen, welches Wissen und welche Hilfsmittel sowie Methoden er zur Lösung seiner Fragestellung in Anspruch nimmt. Die Realisierung „Nutzerführung durch die Eingangsseiten des Portals“ wird in Abschnitt 3.1 und anhand von Beispielen in Abschnitt 5 erläutert.

Vernetztes Wissen

Da die Änderung einzelner entwurflicher oder konstruktiver Größen Auswirkungen auf eine Vielzahl anderer Aspekte hat, werden die Kenntnisse dieser Interdependenzen verstärkt vermittelt. Durch die Änderung geometrischer, stofflicher, konstruktiver, bauphysikalischer oder äußerer Rahmenbedingungen eines dargestellten Problems erfährt der Nutzer die Gesetzmäßigkeiten und Abhängigkeiten der einzelnen Einflüsse. Die Inhalte des Web-Portals sind je nach Art und Tiefe des zu

vermittelnden Wissens in Module unterteilt, die untereinander vernetzt sind. Die einzelnen Module werden im Abschnitt 4 "Aufbau des Portals" beschrieben, Beispiele für ihre Handhabung werden im Abschnitt 5 erläutert.

Nutzung neuer Darstellungstechniken

Die Einflussgrößen und Phänomene sowie ihre Auswirkung auf andere Eigenschaften des Bauwerks werden anhand neuer multimedialer Techniken visuell veranschaulicht. Insbesondere beim Aufbau der Module „Grundlagen“, „Glossar“ und „Berechnungswerkzeuge“ werden diese mit interaktiven Inhalten bestückt. Im Modul „Berechnungswerkzeuge“ kann der Nutzer durch Eingabe von konstruktiven Daten, wie Geometrie und Materialkennwerte oder durch Auswählen der Parameter aus hinterlegten Datensätzen, selbst experimentieren und erfahren, wie sich die von ihm gewählten Änderungen auf die bauphysikalischen Eigenschaften der Bauteile auswirken. Einige Beispiele werden in den Abschnitten 4.1 und 4.4 vorgestellt.

Maßnahmenauswahl

Die Möglichkeit zur Auswahl geeigneter Konstruktionen ist durch den Maßnahmenkatalog im Modul „Baukonstruktionen“ gegeben. Dieser Katalog ist in zwei Bereiche, „Bestand“ und „Maßnahmen“ gegliedert. Der Nutzer wählt zunächst die seiner gegebenen baulichen Situation entsprechende Konstruktion im Bestand aus und stellt dann die notwendigen bzw. aus bauphysikalischer Sicht empfohlenen Maßnahmen unter Berücksichtigung nutzungsspezifischer Gesichtspunkte zusammen. Der Ablauf der Auswahl der notwendigen baulichen Maßnahmen wird im Abschnitt 5 beschrieben.

Ergebnisverwertung

Das Web-Portal „Bauphysikalische Altbaumodernisierung“ steht nach dem Abschluss des Projektes als allgemein zugängliches Instrumentarium allen Planern, Architekten, Ingenieuren, Handwerkern und anderen Interessenten unter der URL <http://www.bauphysikalische-altbaumodernisierung.de> zur Verfügung. Es wird ermöglichen, dass die Modernisierungsarbeiten von Altbauten systematisch, unter Berücksichtigung gesamtbauphysikalischer Kenntnisse, mangelfrei und praxisgerecht ablaufen können. Das Interesse an einem solchen Instrument wurde bei diversen Veranstaltungen und in einem Probetrieb für einen ausgewählten Personenkreis getestet. Im Abschnitt 6 wird über die erste Resonanz berichtet.

2. Internet-Angebote

Zu Beginn des Projektes wurde eine Analyse der vorhandenen in Frage kommenden Portale, Plattformen und anderen Web-basierten Planungswerkzeugen durchgeführt. Die Auswertung erfolgte hinsichtlich folgender drei Beurteilungskriterien:

- 1) Vermittlung von bauphysikalischem Wissen
- 2) Bezug zum Altbau
- 3) Konstruktive Lösungen

Bei der Sichtung der Angebote konnte festgestellt werden, dass in keinem Fall sämtliche Beurteilungskriterien zufriedenstellend erfüllt wurden. Es stellte sich heraus, dass die analysierten Portale jeweils unterschiedliche Schwerpunkte behandelten. Je nach Erfüllungsgrad konnten sie den folgenden Kategorien zugeordnet werden:

- 1) Lernplattform
- 2) Informationsplattform
- 3) Dienstleisterplattform
- 4) Herstellerplattform
- 5) Konstruktionsplattform

Tabelle 1 gibt das Ergebnis der Auswertung wieder und zeigt den Zusammenhang zwischen der Art der einzelnen Plattformen und deren Inhalten. Die Anzahl der Sterne beschreibt den Grad der Erfüllung des jeweiligen Kriteriums. Es existieren bereits mehrere Lernplattformen, die auf einem hohen Niveau bauphysikalisches Wissen vermitteln (z.B. [47, 48]). Diese haben jedoch weder einen direkten Bezug zum Altbau noch bieten sie konstruktive Lösungen an. Spezielle Plattformen zum Thema Altbau (z.B. [49]) informieren zwar ausführlich über den Gebäudebestand, bauphysikalische Belange werden dagegen nur in ihrer Gesamtheit behandelt. Dienstleistungsplattformen (z.B. [50]) bieten spezifische Kenntnisse über konstruktive Lösungen an, die nur in Einzelfällen erklärt und durch Altbau-Beispiele illustriert werden. Insbesondere auf dem Gebiet der nachträglichen Wärmedämmung sind mehrere Herstellerplattformen (z.B. [51]) zu finden, die ihre Produkte bauteilbezogen und vor allem anwendungsfallspezifisch darstellen. Konstruktionsplattformen (z.B. [52]) zeichnen sich durch detaillierte konstruktive Lösungen aus, die jedoch vornehmlich für den Neubau bestimmt sind.

Tabelle 1 Kategorisierung und Beurteilung von vorhandenen Internetplattformen

Internetplattformen			
Art	Beurteilungskriterien		
	Bauphysikalisches Wissen	Bezug zum Altbau	Konstruktive Lösungen
Lernplattformen Beispiel: ETH Bauphysik	*****		*
Informationsplattformen Beispiel: EnSan	*	****	
Dienstleisterplattformen Beispiel: Handwerker	**	**	spezifisch
Hestellerplattformen Beispiel: Dämmplatten	spezifisch	*	spezifisch
Konstruktionsplattformen Beispiel: Holzkonstruktionen	*		****

3. Web-Portal „Bauphysikalische Altbaumodernisierung“

3.1 Didaktisches Konzept

Ein wesentliches Anliegen der Projektidee war es, die gegenseitigen Beeinflussungen der Teilgebiete der Bauphysik aufzuzeigen. Die Behandlung aller Themengebiete der Bauphysik würde jedoch den Rahmen des vorliegenden Projektes sprengen. Deshalb wurden die drei im Hinblick auf Bauschäden wichtigsten Teilgebiete „Wärme“, „Feuchte“ und „Schall“ ausgewählt. Die Schnittmengen dieser Teilgebiete sind in Bild 1 schematisch veranschaulicht. Diese werden in den einzelnen Modulen erläutert, die die wesentlichen Elemente im Konzept des Portals bilden.

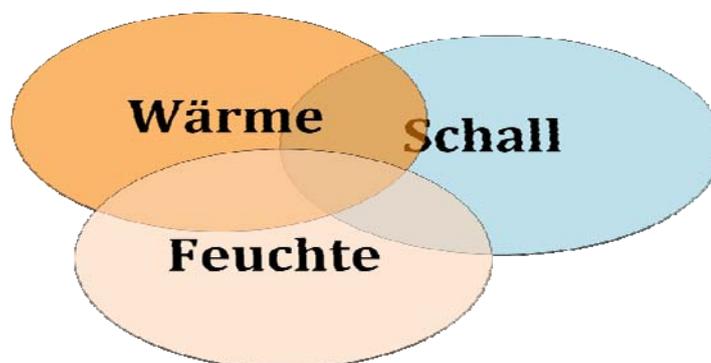


Bild 1 Schematische Darstellung der Kernkompetenzen des Portals und ihrer Schnittmengen.

Die im Projektantrag beschriebene modulare Struktur des Portals wurde verfeinert und konkretisiert. Den Aufbau dieser Struktur gibt Bild 2 wieder.

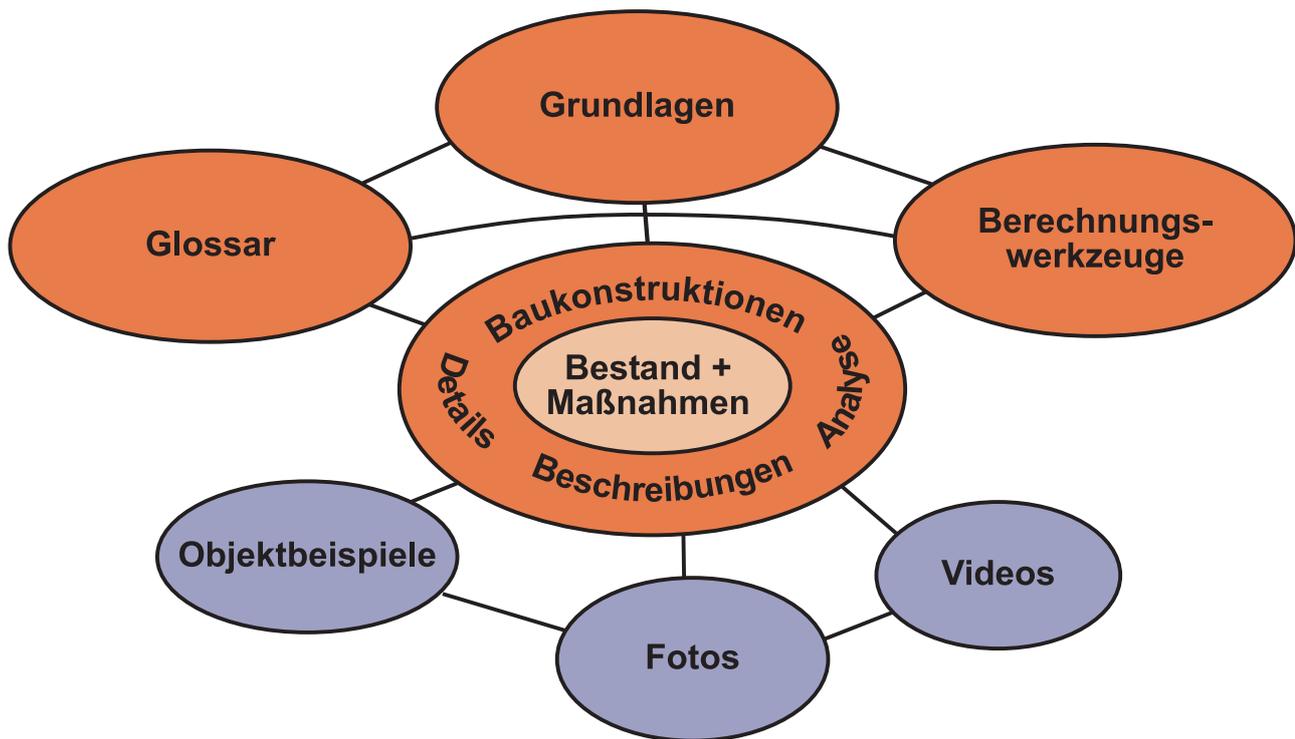


Bild 2 Schematische Darstellung des modularen Aufbaus des Portals.

Das zentrale Modul „Baukonstruktionen“ beinhaltet sowohl typische Baukonstruktionen im Bestand als auch einen Katalog von Maßnahmen, die geeignet sind, die bauphysikalische Qualität dieser Konstruktionen zu verbessern. Das Modul enthält jeweils Detailzeichnungen, Beschreibung der Konstruktionen und eine Analyse der bauphysikalischen Aspekte „Wärme“, „Feuchte“ und „Schall“.

Drei weitere Hauptmodule liefern bauphysikalisches Wissen, das mit dem zentralen Modul vernetzt, d.h. jeweils durch ein „Mausklick“ an der passenden Stelle verfügbar ist. Im Mittelpunkt steht das Modul „Grundlagen“, umrahmt und unterstützt von den Modulen „Glossar“ und „Berechnungswerkzeuge“.

Ergänzende Materialien werden in weiteren Modulen „Fotos“, „Videos“ und „Objektbeispiele“ zusammengefasst. Die Inhalte dieser Module sind an den entsprechenden Stellen der anderen Module bereits eingebettet oder per Mausclick abrufbar.

3.2 Technische Umsetzung

Die technische Umsetzung der Module des Web-Portals erfolgte auf der vom Rechenzentrum der Universität Stuttgart gepflegten Open-Source-Lernplattform ILIAS (Integriertes Lern-, Informations- und Arbeitssystem). ILIAS wurde im Rahmen eines Projektes der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln für den Einsatz neuer Medien in der Hochschullehre von 1997 bis 2001 entwickelt. [53]. Inzwischen haben sich verschiedene Nutzer- und Entwicklergruppen aus dem universitären Umfeld heraus gebildet, die ILIAS an ihre jeweiligen Bedürfnisse anpassen und erweitern, so auch das Rechenzentrum der Universität Stuttgart [54].

ILIAS ist eine durch einen http-Browser bedienbare Web-Applikation [55], die ursprünglich für Lern- und Lehrzwecke entwickelt worden ist. Sie bietet den Autoren die Möglichkeit, Lerninhalte selbst einzupflegen. Die einzelnen Lerneinheiten werden als sogenannte Lernmodule erstellt und können Inhalte verschiedenster Art in strukturierter Form enthalten. Dieser Struktur entsprechend wurde das Web-Portal „Bauphysikalische Altbaumodernisierung“ entwickelt. Dabei wurden die vom ILIAS angebotenen Grundbausteine – „Lernmodule“ bzw. „Lernmaterialien“ – verwendet. Hier wird also nur von „Modulen“ die Rede sein, dennoch tauchen im Zusammenhang mit ILIAS zwangsläufig die Begriffe wie „Lernmodul“ und „Lernmaterialien“ häufig auf.

3.3 Lernplattform ILIAS

ILIAS ist in der Skriptsprache PHP („Hypertext Preprocessor“ bzw. für „Personal Home Page Tools“) geschrieben und verwendet zur Datenhaltung ein relationales Datenbankmanagementsystem [56, 57]. Auch dieses unterliegt den Regeln für Open-Source-Software [58]. Durch die Verwendung einer Skriptsprache wie PHP [59], die relativ einfach über eine PHP-Engine, die den Code interpretiert, in gängige http-Server eingebunden werden kann, ist ILIAS hinsichtlich der Benutzerschnittstelle vollkommen webbasiert. Da der PHP-Code serverseitig ausgeführt wird, bestehen bestimmte Beschränkungen in der Funktionalität, abhängig von den vom Systemanbieter implementierten Funktionen. Für den Benutzer ist das System einfach handhabbar; aber die für die Datenhaltung notwendige Funktionalität bleibt ihm generell verborgen. Sowohl für Lernende als auch Lehrende präsentiert sich das System als eine durch einen http-Browser bedienbare Web-Applikation. Die einzelnen Lerneinheiten werden als sogenannte Module erstellt und können Inhalte verschiedener Art in strukturierter Form enthalten. Dabei werden multimediale In-

halte als Dateien in vom System vorgegebenen zulässigen Dateiformaten importiert und als Binärdaten in der Datenbank verwaltet. Texte können direkt eingegeben werden.

Die Kenntnis der Arbeitsmethodik ist zwar bei der Nutzung des Portals nicht erforderlich, sie kann jedoch helfen, die Funktionsweise und die Hintergründe der einzelnen ILIAS-Seiten zu verstehen. Deshalb werden in diesem Abschnitt die wesentlichen Arbeitsschritte, die zur Erstellung von Inhalten in ILIAS notwendig sind, beschrieben. Außerdem soll dieser Abschnitt den Wiedereinstieg bei der späteren Pflege und bei Ergänzungen der mit ILIAS erstellten Seiten erleichtern.

3.3.1 Erstellung von Inhalten

Zur Erstellung von Inhalten sowie zur Pflege des Portals ist eine Authentifizierung mittels Benutzername und Passwort erforderlich (Bild 3).

Bild 3 Screenshot der Anmeldeseite des Stuttgarter ILIAS für registrierte Nutzer.

Die Autoren verfügen über diverse Möglichkeiten, die Inhalte des Portals zu strukturieren, diese Strukturen zu visualisieren und miteinander zu kommunizieren. Die vier wichtigsten Elemente zur Bedienung von ILIAS als Autor sind:

- Magazin
- Persönlicher Schreibtisch
- Suche
- Mail.

Das Magazin gibt einen Überblick über die Gesamtstruktur der zurzeit auf dem Server der Universität Stuttgart gepflegten Inhalte. Das Web-Portal „Bauphysikalische Altbaumodernisierung“ ist für Autoren zur Erstellen und Warten der Inhalte über den Pfad Ingenieurwissenschaften → Bauingenieurwesen → Arbeitsgruppen zugänglich (Bild 4).

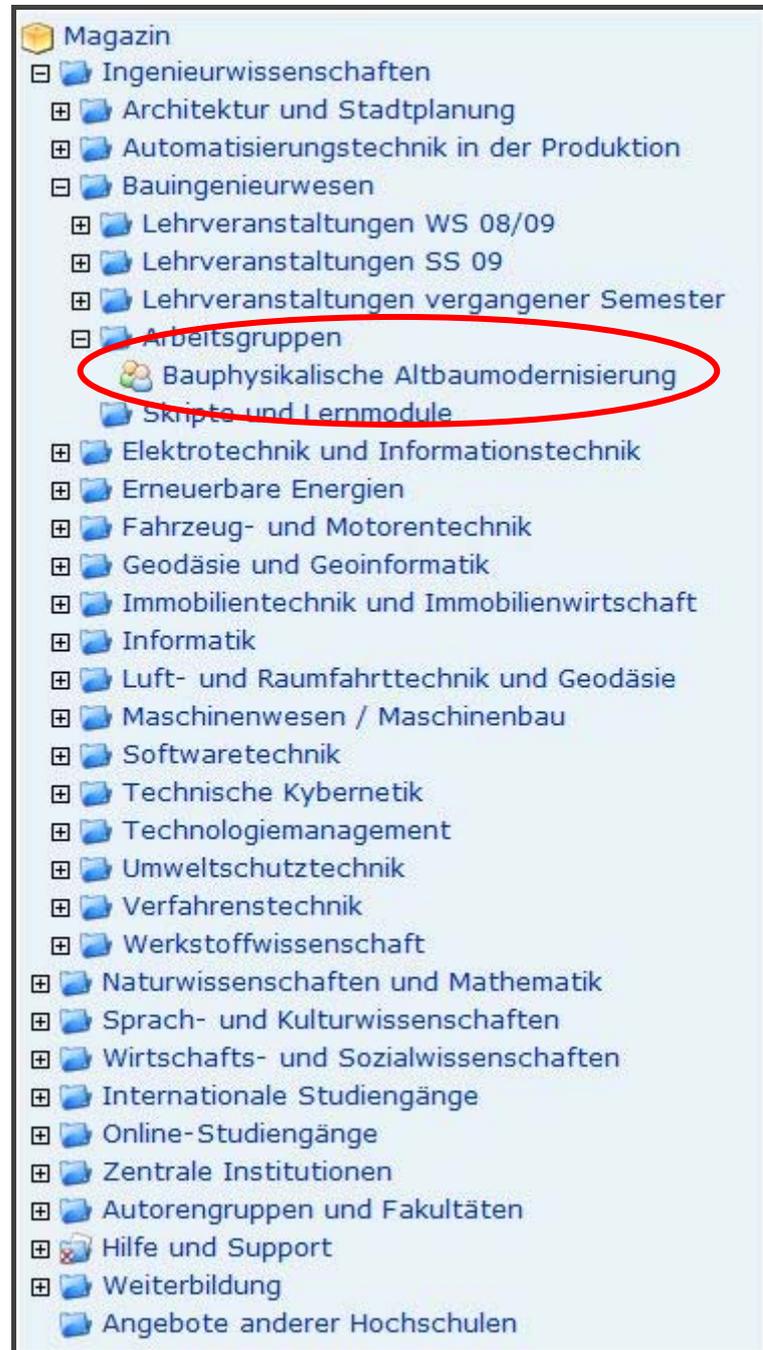


Bild 4 Struktur des Magazins im ILIAS seitens der Universität Stuttgart.

Da die Arbeitsweise der Autoren unterschiedlich sein kann, kann der „Persönliche Schreibtisch“ individuell angepasst werden, um einen schnelleren Zugriff auf Inhalte zu ermöglichen (Bild 5).



Bild 5 Screenshot eines typischen „Persönlichen Schreibtisches“ in ILIAS, wie dieser für Autoren während der Bearbeitung von Inhalten des Web-Portals „Bauphysikalische Altbaumodernisierung“ erscheint.

3.3.2 Umgang mit Media-Pools

Der Nutzer des Portals benötigt keinerlei vertiefte Kenntnisse hinsichtlich der Erstellung, Pflege und Handhabung der Inhalte. Dies gilt jedoch nicht für Autoren, die mit der Funktionsweise des Systems vertraut sein müssen. Beispielsweise stellt das System für Autoren ein als Zwischenspeicher fungierendes Werkzeug, den sogenannten Media-Pool (Bild 6), zur Verfügung. Es können mehrere Media-Pools in einem Projekt eingerichtet sein. In diesen befinden sich multimediale Inhalte, die an verschiedenen Stellen innerhalb des Systems gebraucht, abgelegt und verwaltet werden.

Um Media-Objekte, z.B. Zeichnungen, Fotos und Animationen, in das ILIAS-System hochzuladen, werden entsprechende, im Vorfeld dafür eingerichtete Bereiche (Ordner) in einem „Media-Pool“ benutzt (Bild 6). Für WeBA wurden drei separate Bereiche für Detailzeichnungen, Animationen und Fotos eingerichtet. Der Ordner der Detailzeichnungen enthält eine Gliederung, die jeweils den Modulen „Grundlagen“ und „Baukonstruktionen“ des Portals entspricht (Bild 7). Das spätere Suchen nach Bildern in einem Media-Pool wird durch eine Liste von Miniaturansichten erleichtert (Bild 8).

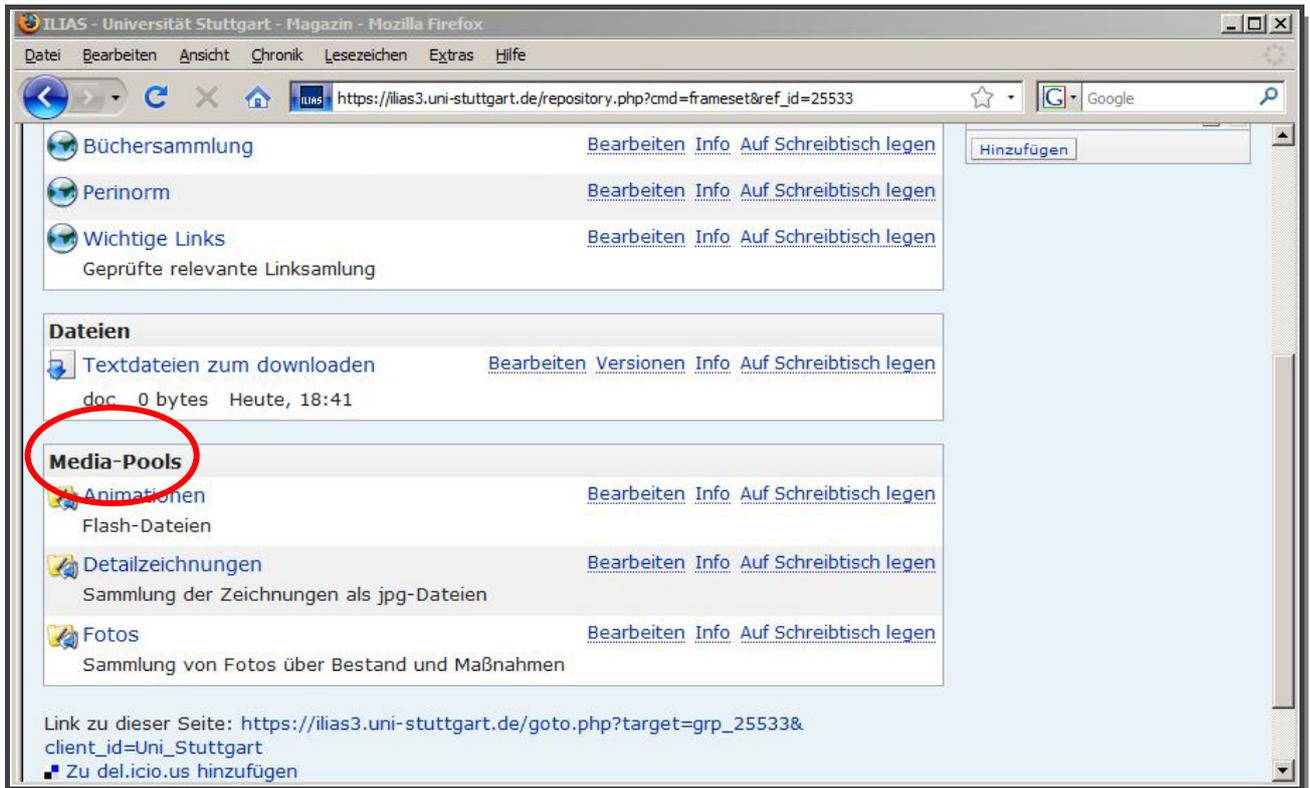


Bild 6 Screenshot einer ILIAS-Seite zur Auswahl von zu verlinkenden Inhalten und Media-Pools (rot markiert).

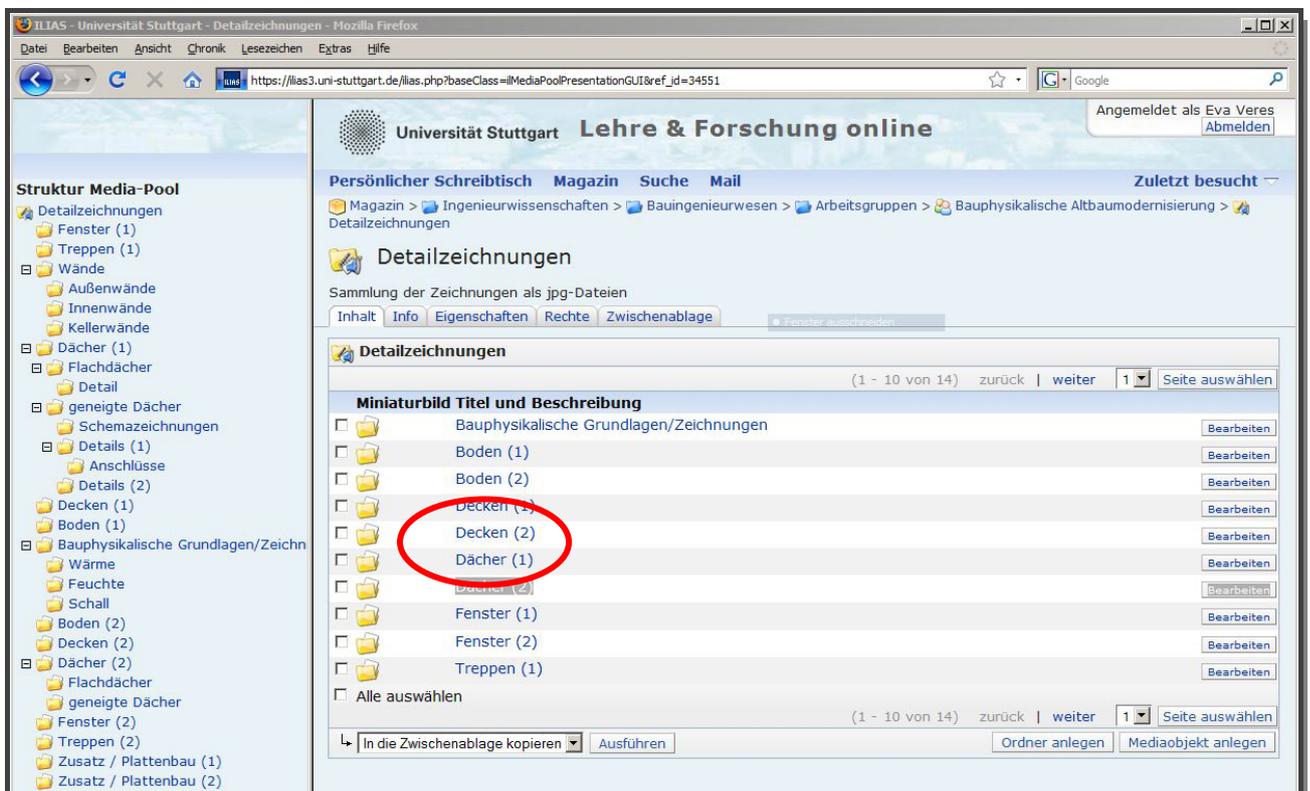


Bild 7 Screenshot einer ILIAS-Seite zur Auswahl eines gewünschten Themengebietes aus dem Media-Pool (z.B. rot markiert: Decken, Dächer...).

links: Strukturdarstellung der enthaltenen Ordner
rechts: alphabetische Liste der Ordner

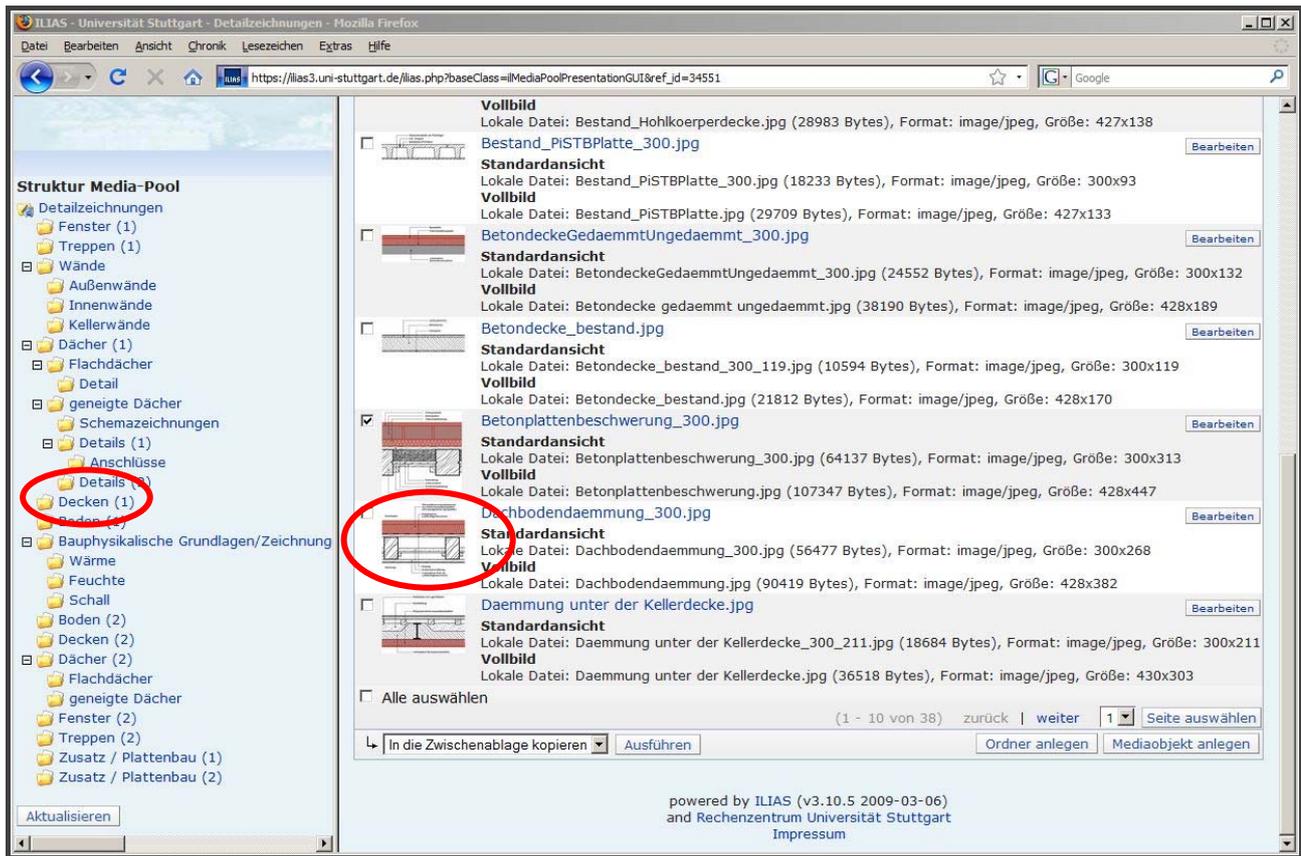


Bild 8 Screenshot als Beispiel für das Hinzufügen oder Auswählen eines Media-Objekts mithilfe von Miniaturansichten.

links: Strukturdarstellung der enthaltenen Ordner
rechts: Liste der Bilder mit Miniaturansichten

3.3.3 Handhabung von Media-Objekten

Die Formatierung der Bilder, d.h. die Bildgrößen, Proportionen und verschiedene Einstellungen (Rahmen, Effekte, etc.) werden mittels Dialogboxen durchgeführt (Bild 9). Die Ursprungsdatei (Quelldatei) wird über die Funktion „Durchsuchen“ angegeben. ILIAS lässt nur bestimmte Datenformate für Bilder zu. Im Portal „Bauphysikalische Altbaumodernisierung“ werden sämtliche Bilder, d.h. sowohl Detailzeichnungen als auch Fotos, als jpg-Dokumente hochgeladen. Die Breite der Bilder ist im Rahmen der Standardansicht fest vereinbart und beträgt 300 Pixel. Die Höhe wird anhand des Seiten-Verhältnisses der Originaldatei manuell angepasst. Die Bilder erhalten in dieser Phase bereits eine Bildunterschrift, die jeweils unter dem Bild angezeigt wird

In der Regel wird zu jedem Bild zusätzlich ein sogenanntes Vollbild mit abgespeichert. Im Unterschied zur Standardansicht werden beim Vollbild die Breite und

Höhe in Originalgröße angezeigt. Das Bild in Originalgröße wird durch das Anklicken einer „Lupe“, die als Werkzeug in der Standardansicht unter dem Bild platziert ist, in einem eigenen Fenster geöffnet.

Nachdem ein neues Objekt, z.B. eine Zeichnung oder ein Foto, gespeichert worden ist, wird es auch im Media-Pool, wie in Abschnitt 3.3.2 (Seite 16) beschrieben, angezeigt (Bild 8) und kann in ein Lernmodul eingesetzt werden. Durch diese Methode wird das nachträgliche Korrigieren von Bildern erleichtert, denn so muss das korrigierte Bild nur einmal in den Media-Pool geladen werden. An allen Stellen, an denen auf das Bild Bezug genommen wird, wird es automatisch aktualisiert. Über die Funktion „Bearbeiten“ können auch Größe, Bildunterschrift und Quelldatei nachträglich verändert werden.

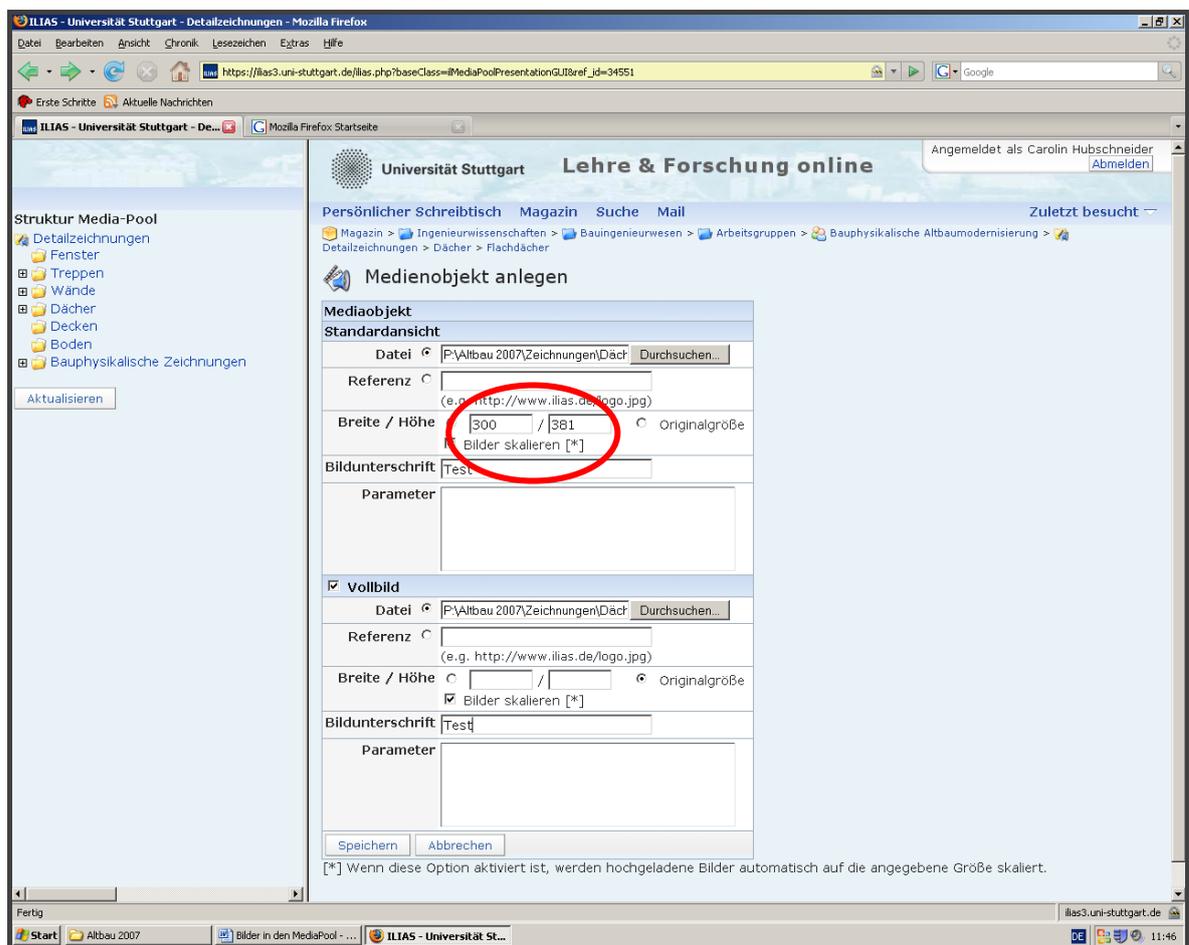


Bild 9 Screenshot mit Dialogboxen zur Eintragung der Bildgrößen.

3.4 Zugang zum Portal

Für die Nutzung von ILIAS existiert seitens des Rechenzentrums der Universität Stuttgart eine zwingend notwendige Benutzerverwaltung, die Zugangsbeschränkungen zur Folge hat. Für ein offenes Portal wie die „Bauphysikalische Altbaumodernisierung“ WeBA war es notwendig einen Zugang einzurichten, der nicht diesen Beschränkungen unterliegt. Dafür bietet ILIAS entsprechende Möglichkeiten an. Zu lösen war in diesem Zusammenhang die Frage, auf welchem Weg interessierte Nutzer zum Web-Portal gelangen sollen. Dazu wurde eine im öffentlichen Bereich der Website der Universität Stuttgart liegende Einstiegsseite mit eigener Domain bzw. Subdomain eingerichtet, von der aus der Zugriff zu den Modulen des Portals erfolgt.

Diese Vorgehensweise führte zu unterschiedlich gestalteten Benutzeroberflächen (Bild 10). Während der im öffentlichen Bereich der Website der Universität Stuttgart liegende Teil ohne Beschränkung gestaltet und implementiert werden konnte, unterliegt der im öffentlichen Bereich von ILIAS angesiedelte Teil den funktionalen und gestalterischen Vorgaben der Implementierung des Rechenzentrums der Universität Stuttgart. Da für die Pflege und mögliche Weiterentwicklung des Portals über den Zeitrahmen des Projektes hinaus keine Mittel zur Verfügung stehen, im Gegenzug jedoch ILIAS als System vom Rechenzentrum dauerhaft gepflegt wird und damit ein über die Projektlaufzeit hinweg bestehender technischer Support gesichert ist, wurde die Einschränkung in der freien Gestaltung der Oberfläche als vertretbar hingenommen.

Die vom Lehrstuhl für Bauphysik entwickelten Einstiegsseiten und ihre ergänzenden Seiten sind in Bild 10 durch eine rotbraune Farbe markiert. Die blau unterlegten Symbole stehen für die in ILIAS bereitgestellten Module. Sowohl die Einstiegsseiten (rotbraun) als auch die Seiten der ILIAS-Module sind untereinander je nach Bedarf miteinander verknüpft. Es sind im Wesentlichen zwei Ebenen zu unterscheiden:

Ebene 1: Zugang zum Portal (kennzeichnende Farbe: rotbraun)

Unterebenen: interne Navigationsseiten
externe Verlinkungen

Ebene 2 Inhalte des Portals (Module im ILIAS, kennzeichnende Farbe: hellblau)

Ebene 1

Ebene 2

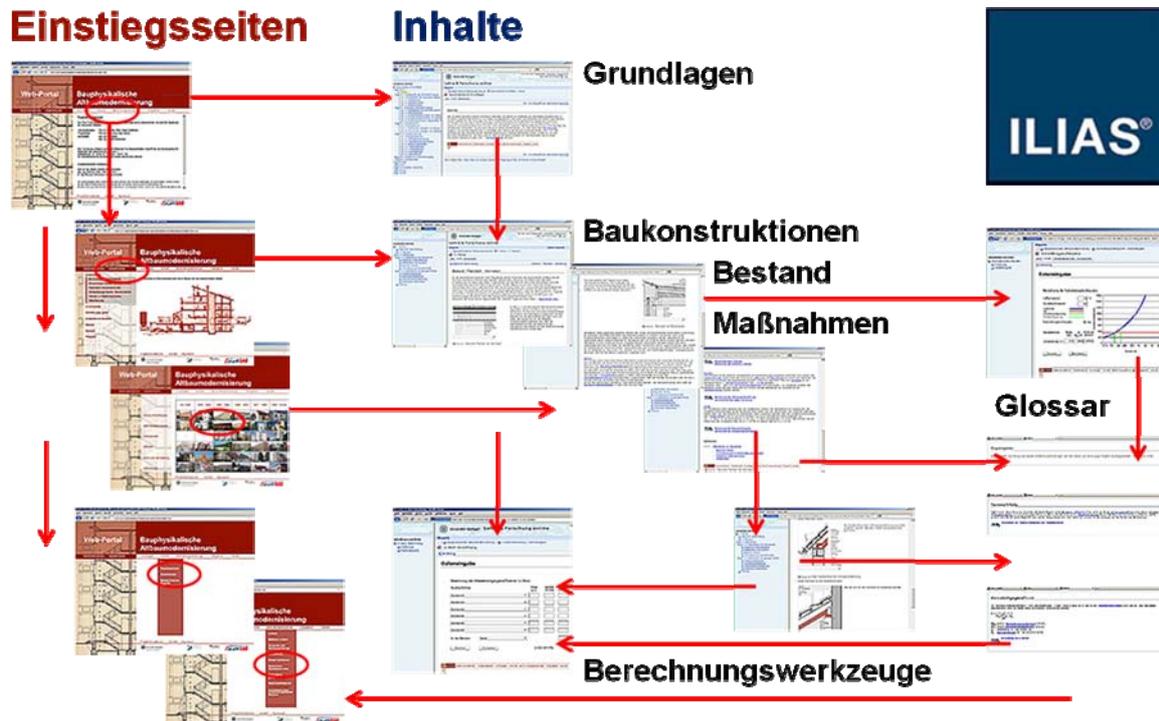


Bild 10 Schematische Darstellung von möglichen Verknüpfungen zwischen den diversen Seiten und Modulen des Portals.

Als Zugang für Nutzer, die in Abhängigkeit von ihrem konkreten Gebäude und dessen Alters-Nutzungs-Klasse verschiedene Modernisierungsmöglichkeiten aufgezeigt haben wollen, wurde unter der im öffentlichen Bereich der Website der Universität Stuttgart liegenden Einstiegsseite (Bild 11) mit eigener Domain bzw. Subdomain eine zweite, ebenfalls im öffentlichen Bereich liegende Unterebene eingezogen. Diese beinhaltet zwei tabellarische Zusammenstellungen:

- Objekte nach Alters-Nutzungs-Klasse gegliedert,
- typische Baukonstruktionen für die entsprechende Alters-Nutzungs-Klasse.

Neben der in Bild 11 dargestellten Einstiegsseite wird eine weitere Zugangsvariante für Nutzer, die nach konkreten Baukonstruktionen suchen, zur Verfügung gestellt. Ein im Schnitt dargestelltes fiktives Gebäude ist mit Verweisen auf die entsprechenden Konstruktionen (Bild 12) hinterlegt. Zu diesem Zweck wurde die Grafik in ein virtuelles Koordinatensystem eingebettet, wobei die einzelnen Konstrukti-

onen jeweils einem bestimmten Koordinatenbereich zugeordnet sind. Durch Abfrage der Position des Maus-Cursors kann festgestellt werden, in welchem Koordinatenbereich dieser sich befindet. Auf diese Weise kann die vom Nutzer gewünschte Konstruktion identifiziert werden. Die Koordinatenbereiche sind mit den entsprechenden Seiten des Moduls „Baukonstruktionen“ verlinkt. Durch einen Mausklick auf die gewünschte Stelle in der Grafik wird also die verlinkte Seite in ILIAS geladen. Wenn der Nutzer über die Zeichnung fährt (Bild 12), ändert sich der Mauszeiger ständig, je nach Bauteil, das sich gerade unter dem Mauszeiger befindet. In Bild 12 erscheint z.B. an der Stelle des Mauszeigers (etwa Bildmitte) der Begriff „Decken“. Ein einfacher Mausklick bewirkt, dass eine neue Seite in ILIAS geöffnet wird und die entsprechende Seite über Decken erscheint.

The screenshot shows a web browser window with the URL <http://www.bauphysikalische-altbaumodernisierung.de/index.html>. The page features a red header with the title "Web-Portal Bauphysikalische Altbaumodernisierung" and a navigation menu with links for "Baukonstruktionen", "Objektbeispiele", "Grundlagen", "Glossar", "Berechnungswerkzeuge", "Fotogalerie", and "Literatur". The main content area is divided into two columns. The left column displays a technical drawing of a staircase with various levels and dimensions (e.g., 1.53, 1.36, 1.19). The right column contains "Projektinformationen" (Project Information) and "Projektbegleitende Arbeitsgruppe" (Project Support Group). The project information includes the title, development location, and a list of staff members: Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Klaus Sedlbauer (Lehrstuhlinhaber), Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra (Projektleiter), and Dipl.-Ing. Eva Veres and Dipl.-Ing. Manfred Hermann (Mitarbeiter). The support group lists Prof. Dr.-Ing. Rainer Oswald (AIBau Aachen), Dipl.-Ing. Matthias Dieler (HWK Münster), and Dr.-Ing. Nikolaus Diefenbach (IVU Darmstadt). The footer includes logos for the University of Stuttgart, the Chair for Building Physics, the Federal Institute for Building Research and Urban Planning, and the "FORSCHUNGSINITIATIVE Zukunft BAU" program.

Bild 11 Screenshot einer im öffentlichen Bereich der Universität Stuttgart frei gestalteten Zugangsseite des Web-Portals Bauphysikalische Altbaumodernisierung

Die einzelnen Seiten der verschiedenen Module sind direkt mit den entsprechenden Begriffen der Einstiegsseiten verknüpft (Bild 10). Alle Einstiegsseiten sind außerdem mit der aktuellen Internetpräsenz der Förderer des Portals [60, 61, 62] sowie der Universität Stuttgart [63] über die Logos am unteren Rand der Seite verlinkt (Bild 11 und Bild 12).

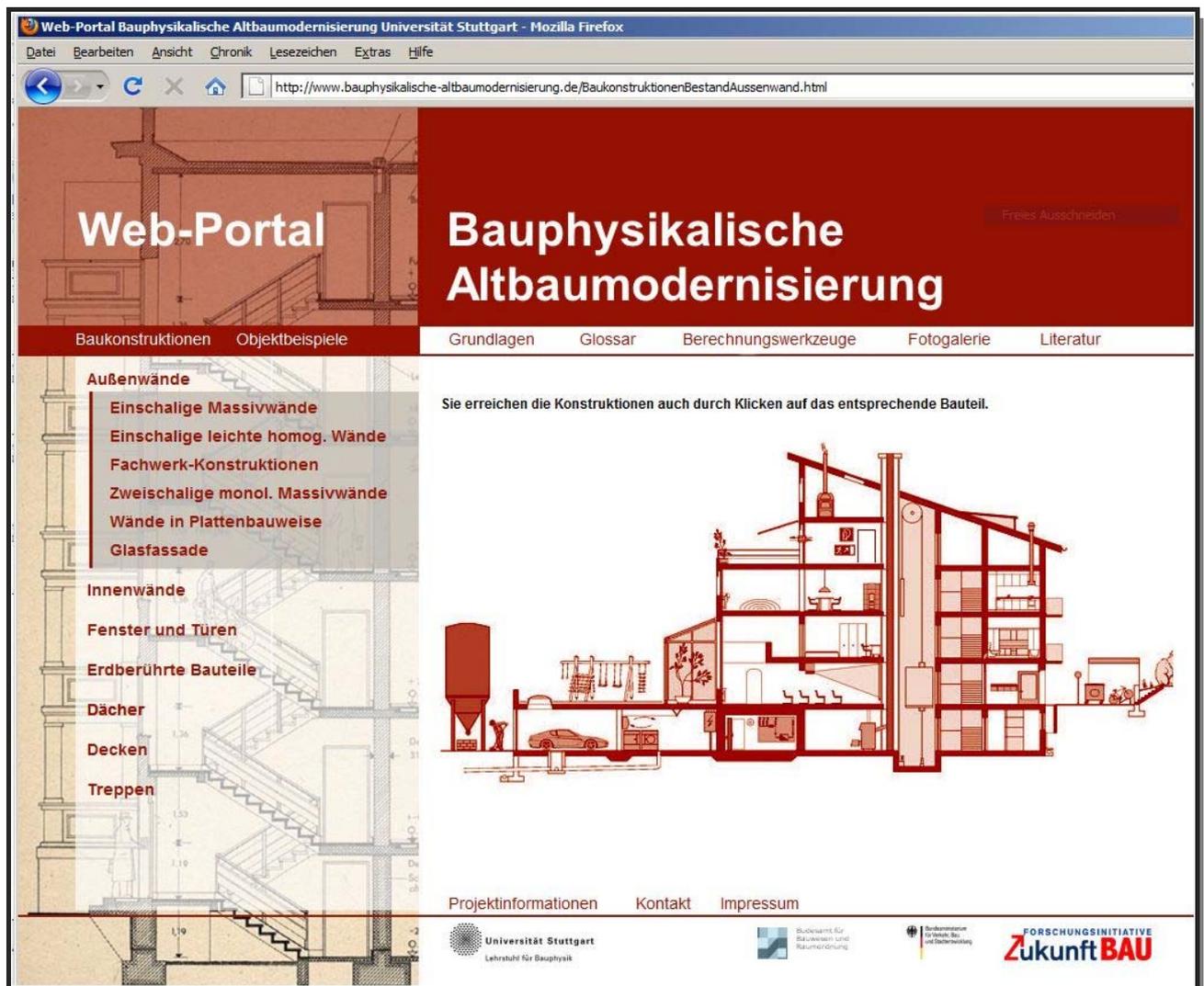


Bild 12 Screenshot der im öffentlichen Bereich liegenden Zugangsseite mit der Konstruktionsauswahlgrafik.

4. Aufbau des Portals

Zur didaktischen Umsetzung der bereits definierten Ziele sind die Module des Portals entsprechend Bild 2 entwickelt worden. In Abstimmung mit der projektbegleitenden Arbeitsgruppe wurden die im Folgenden näher beschriebenen Module festgelegt, inhaltlich ausgearbeitet und auf der Plattform ILIAS implementiert.

4.1 Grundlagen

Für eine bauphysikalisch korrekte Ausführung von Konstruktionen sind Kenntnisse über bauphysikalische Phänomene und Gesetzmäßigkeiten unabdingbar. Deshalb werden diese Kenntnisse auf der WeBA-Plattform in allgemein verständlicher Form angeboten. Das Grundlagen-Modul unterteilt sich – entsprechend Bild 1 – in die Abschnitte „Wärme“, „Feuchte“ und „Schall“. Ein Formelzeichen-Verzeichnis und ein Anhang runden das Modul ab. Der Anhang – ebenfalls nach den genannten Themengebieten gegliedert – enthält verschiedene Datentabellen mit wichtigen Kenngrößen, die für einfache praktische Berechnungen notwendig sind. Eine vollständige Liste der Seiten des Grundlagen-Moduls ist dem Anhang 1 zu entnehmen.

– Mathematische Formeln

Formeln wurden zu Beginn des Projektes als OFE-Tags (Online Formel Editor) [64,65], mit einem Editor für die Beschreibungssprache MathML [66] für mathematische Texte, die von der Lernplattform ILIAS unterstützt wird, erstellt. Nachdem sich jedoch herausstellte, dass manche Browser diese OFE-Tags nicht korrekt rendern und demzufolge nur wenige Formeln richtig darstellen, mussten diese umgeschrieben werden. In der aktuellen Fassung wird LaTeX [67], ein auf dem Textsatzsystem TeX aufbauendes Makropaket, verwendet. Dieses wird von ILIAS unterstützt und liefert, da es serverseitig ausgeführt wird, auf allen getesteten Systemen und Browsern befriedigende Ergebnisse. Außerdem sind bei jeder Formel bestimmte Formatierungsanweisungen vonnöten, um in ILIAS eine einheitliche Darstellung zu erzielen. Bild 13 stellt ein Beispiel von zwei Formeln mit Einheit und Gleichungsnummer im Seitenbearbeitungs-Modus als Tabelleneinträge dar. Die LaTeX-Formulierung derselben Gleichungen ist Bild 14 zu entnehmen. Die Form der Gleichung, wie sie im Browser dargestellt wird, ist in Bild 15 zu sehen.



Bild 13 Screenshot einer Tabelle zur Darstellung von Formeln mit Einheiten und Nummerierung.



Bild 14 Screenshot eines Editor-Fensters zur Bearbeitung von Formeln in LaTeX.

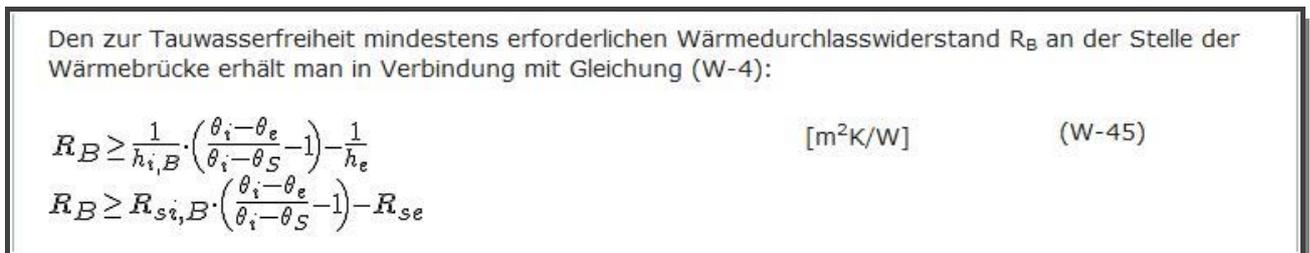


Bild 15 Screenshot eines Fensters (Ausschnitt) mit der Darstellung von Gleichungen entsprechend der Eingaben in Bild 13 und Bild 14.

Die Anwendung von LaTeX-Formeln erfordert keine zusätzliche jsMath-Unterstützung vom ILIAS, diese Option muss, wie auf Bild 16 gezeigt, auf dem persönlichen Schreibtisch im persönlichen Profil deaktiviert bleiben [68].

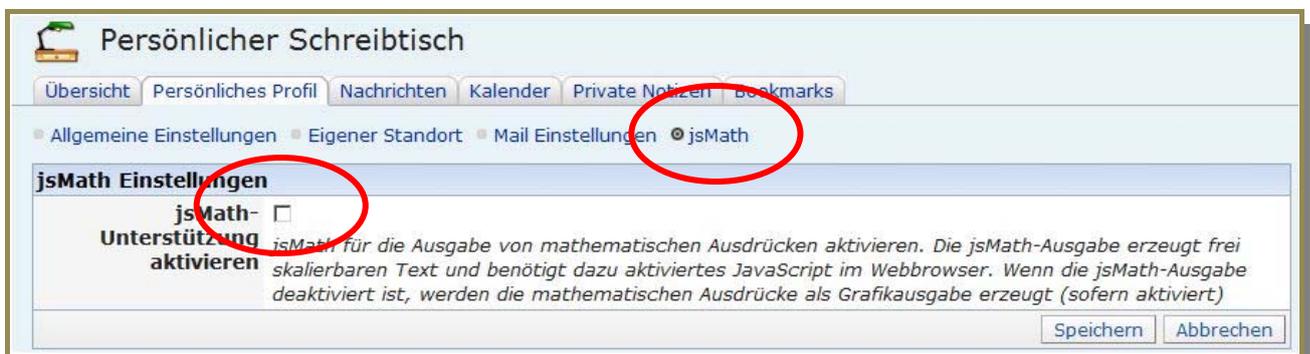


Bild 16 Screenshot der jsMath-Einstellung auf dem persönlichen Schreibtisch.

– Bildmaterialien

Die grafischen Elemente des Portals, wie Schemazeichnungen, Diagramme, Detailzeichnungen und Fotos, werden in einem einheitlichen Stil präsentiert. Die mit vektororientierten Programmen erstellten Grafiken wurden in pixelorientierten Programmen überarbeitet und anschließend in einen Medien-Pool in ILIAS geladen (siehe auch Seite 19). Um Schraffur, Farben, Bildgröße und Format für eine Internet-Anwendung optimal zu gestalten, sind zuerst grundsätzliche Vereinbarungen getroffen worden. Für die Standardansicht wurde eine einheitliche Bildgröße von

300 Pixel Breite festgelegt. Für größere Bilder wird stets zusätzlich eine „Vollansicht“ mit 450 oder 600 Pixel erstellt, die dem Benutzer als eine Lupenfunktion am rechten unteren Bildrand zur Verfügung steht (Bild 17).

Den zur Tauwasserfreiheit mindestens erforderlichen Wärmedurchlasswiderstand R_B an der Stelle der Wärmebrücke erhält man in Verbindung mit Gleichung (W-4):

$$R_B \geq \frac{1}{h_{i,B}} \cdot \left(\frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_i - \theta_S} - 1 \right) - \frac{1}{h_e} \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (\text{W-45})$$

$$R_B \geq R_{s_i,B} \cdot \left(\frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_i - \theta_S} - 1 \right) - R_{s_e}$$

Man erkennt aus Gleichung (W-45), dass der zur Tauwasservermeidung erforderliche Dämmwert vom innerseitigen Wärmeübergangskoeffizienten $h_{i,B}$ an der Brückenstelle abhängt und diesem annähernd umgekehrt proportional ist. Dies bedeutet, dass man aus Sicherheitsgründen zur Berechnung des erforderlichen Wärmeübergangskoeffizienten einen relativ kleinen h_i -Wert an der Brückenstelle wählen sollte. Dies ist auch insofern angemessen, als in Ecken und Nischen, insbesondere hinter Möblierungsgegenständen, die Konvektion der Innenluft ziemlich gering ist.

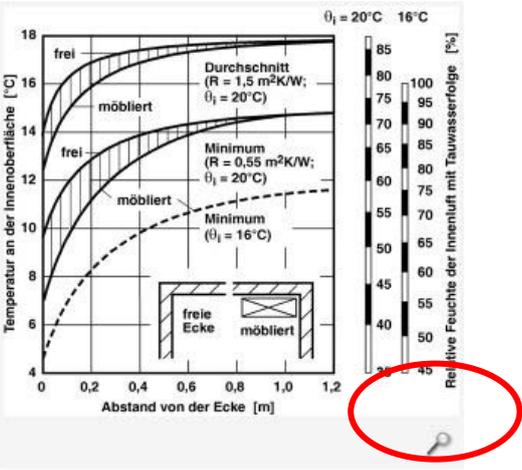


Bild W-31: Innenoberflächentemperatur einer Außenwand mit Durchschnitts- und Mindestwärmeschutz in Abhängigkeit vom Abstand von einer Außenecke. Die Ecke ist einmal frei, zum Anderen mit Möbeln verstellt. Die schraffierten Bereiche zeigen den Einfluss der Möblierung auf die Temperaturabnahme. Rechts am Bildrand können diejenigen relativen Raumluftfeuchten abgelesen werden, bei denen die links im Bild angegebenen Oberflächentemperaturen zu Tauwasserbildung führen würden.

Bild 17 Screenshot einer typischen Seite (Ausschnitt) aus dem Grundlagen-Modul „Wärme“ mit integrierten Gleichungen, Text, Bild und Bildunterschrift. Das Anklicken der „Lupe“ vergrößert das Bild.

– Tabellen

Da mit der auf der Plattform ILIAS zur Verfügung gestellten Tabellenfunktion nur „einfache“ Tabellen umsetzbar sind und keine Zellen verbunden werden können, mussten die Tabellen mit HTML-Tags, wie beim Beispiel in Bild 18, programmiert werden.

Tabelle W-5: Zusammenstellung der Oberflächentemperaturen in Raumecken und der zur Tauwasservermeidung höchstzulässigen relativen Raumluftfeuchten für die in Bild W-31 untersuchten Fälle

Zeile	Raumlufttemperatur	Wärmeschutz	Möblierung	Oberflächentemperatur in der Ecke	Höchstzulässige relative Raumluftfeuchte
1	20 °C	Durchschnittlicher Wärmeschutz $R=1,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ $U\approx 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$	frei	13,8 °C	67 %
2			möbliert	12,4 °C	62 %
3	16 °C	Mindestwärmeschutz $R=0,55 \text{ m}^2\text{K/W}$ $U\approx 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$	frei	9,2 °C	50 %
4			möbliert	7,1 °C	43 %
5				4,7 °C	48 %

Bild 18 Screenshot einer Seite aus dem Modul Grundlagen „Wärme“ (Abschnitt Wärmebrücken) mit einem typischen Beispiel für die Gestaltung von Tabellen.

- Navigation

Um bauphysikalische Begriffe direkt aus dem Grundlagen-Modul nachschlagen zu können, sind diese direkt mit dem Glossar verlinkt. Verlinkte Begriffe sind, wie bei Internetpräsenzen üblich, durch blaue Schrift und Unterstreichung markiert. Bild 19 stellt ein Textbeispiel aus dem Teilgebiet „Wärme“ (Energieeinsparung) mit verlinkten Glossarbegriffen dar. Nach einem Klick auf die verlinkten Wörter erscheinen die Glossareinträge jeweils in einem neuen Fenster. Verlinkungen auf weiterführende Seiten eines Grundlagen- oder anderen Moduls werden mit einem zusätzlichen Pfeil gekennzeichnet. In diesem Fall erscheint die aufgerufene Seite im selben Fenster wie vorher. Das Zurückkehren zu der vorherigen Seite erfolgt mithilfe des Rückwärtsbuttons des Browsers. Ein weiteres Beispiel aus dem Teilgebiet „Schall“ ist Bild 20 zu entnehmen. Bei den beiden Screenshots ist jeweils die Art der Benutzerführung zu erkennen. Dem Nutzer wird in der Kopfzeile angezeigt, in welchem Modul, in welchem Themenbereich und in welchem Kapitel er sich gerade befindet. Der Seitentitel erscheint außerdem als Titelzeile durch eine größere Schrift. Unterhalb des Modulnamens, z.B. „Bauphysikalische Grundlagen“ sind Navigationstasten angeordnet. Sie ermöglichen den Nutzern, direkt allgemeine Informationen über die aktuelle Seite zu erhalten („Info“ Bild 21) oder eine Druckansicht der aktuellen Seite (Bild 22) zu sehen bzw. diese auszudrucken. Eine Besonderheit der Druckansicht ist, dass dabei auch sämtliche verlinkten Glossarbegriffe als

Anhang mit ausgedruckt werden. Weitere Navigationstasten (blaue Schrift mit Pfeilen) erlauben das Vor- und Zurückblättern innerhalb des Kapitels (Bild 19).

... > Modul 3 Grundlagen > Bauphysikalische Grundlagen > Wärme > W-3 Energiebilanzen

Bauphysikalische Grundlagen

Info Inhalt Druckansicht

W-2.5 Strahlungsaustausch planparalleler Flächen W-3.1 Thermisches Verhalten von Räumen

W-3 Energiebilanzen

Bilanzieren bedeutet, sämtliche Energiegewinne und Verluste zu summieren und daraus eventuelle Überschüsse oder Defizite zu ermitteln. Um das thermische Verhalten eines Bauteils, eines Raumes oder eines Gebäudes beurteilen zu können, wird in der Bauphysik eine **thermische Bilanz** aufgestellt; d.h. es werden die dem System zugeführten und aus ihm abgeführten Wärmeströme aufaddiert. Bei einem isothermen System ist die Summe dieser Ströme Null.

$$\sum \Phi = 0 \quad (W-26)$$

Φ ist hierbei der **Wärmestrom** gemäß Gleichung (W-11), der sich aus der Multiplikation der **Wärmestromdichte** q (Gleichung W-1 bzw. W-10) und der Fläche A des betreffenden Bauteils ergibt.

W-2.5 Strahlungsaustausch planparalleler Flächen W-3.1 Thermisches Verhalten von Räumen

Bild 19 Screenshot einer Seite aus dem Grundlagen-Modul im Teilgebiet „Wärme“ mit Navigationstasten, verlinkten Glossar Begriffen sowie mit Navigationspfeilen zum Vor- und Rückwärtsblättern.

Bauphysikalische Grundlagen

Info Inhalt Druckansicht

F-4 Glaser-Verfahren (1) S-1.4 Schallpegel

S-1.1 Schallwellen

Als **Schall** werden mechanische Schwingungen bezeichnet, die sich in elastischen Medien ausbreiten. Unter einer Schwingung ist die Bewegung der Masse bzw. der Masseteilchen eines Mediums um eine Ruhelage zu verstehen, die sich durch die elastische Kopplung auf benachbarte Teilchen fortpflanzt; es entsteht eine Schallwelle. Etwas vereinfacht sind, wie in Bild S-1 veranschaulicht, vier Formen der Schallwelle anzutreffen: die **Longitudinal-**, **Transversal-**, **Biege-** und **Dehnwelle**.

Schallausbreitungswellen

Longitudinalwelle
Transversalwelle
Biegewelle
Dehnwelle
Stop

Bild S-1: Schematisierte Darstellung von Schallwellen

Bild 20 Screenshot einer Seite aus dem Grundlagen-Modul im Teilgebiet „Schall“.

The screenshot shows the ILIAS interface for the course 'Bauphysikalische Grundlagen'. The 'Info' tab is selected and highlighted with a red circle. The page contains the following information:

Beschreibung
Dieses Modul vermittelt das Grundwissen über die wichtigsten bauphysikalischen Phänomene, die auch bei der Altbaumodernisierung das Verständnis für die Notwendigkeit und Verhalten einzelner Maßnahmen fördern sollen.

Allgemein

Sprache	Deutsch
Schlüsselwörter	Bauphysik, Grundlagen, Grundkenntnisse, Phänomene, Grundwissen, Verständnis
Autor/in	Lehrstuhl für Bauphysik
Copyright	Uni Stuttgart

Zusätzliche Informationen

Objekt-ID	83929
Link zu dieser Seite	https://ilias3.uni-stuttgart.de/goto.php?target=lm_35414&client_id=Uni_Stuttgart
Erstellt am	23. Jan 2008, 13:13
Besitzer	EvaVeres
Anzahl nicht-anonymer Lesezugriffe	1105
Gelesen von ILIAS-Benutzern (Anzahl)	15

At the bottom, there are sections for 'Private Notizen' and 'Öffentliche Kommentare (1)'.

Bild 21 Screenshot einer Infoseite.

The screenshot shows a Mozilla Firefox browser window displaying a print view of a page from the ILIAS system. The page content is as follows:

Autor: Lehrstuhl für Bauphysik
Copyright: Uni Stuttgart

W-3 Energiebilanzen

Bilanzieren bedeutet, sämtliche Energiegewinne und Verluste zu summieren und daraus eventuelle Überschüsse oder Defizite zu ermitteln. Um das thermische Verhalten eines Bauteils, eines Raumes oder eines Gebäudes beurteilen zu können, wird in der Bauphysik eine [thermische Bilanz](#) aufgestellt; d.h. es werden die dem System zugeführten und aus ihm abgeführten Wärmeströme aufaddiert. Bei einem isothermen System ist die Summe dieser Ströme Null.

$$\sum \Phi = 0 \quad (W-26)$$

Φ ist hierbei der [Wärmestrom](#) gemäß Gleichung (W-11), der sich aus der Multiplikation der [Wärmestromdichte](#) q (Gleichung W-1 bzw. W-10) und der Fläche A des betreffenden Bauteils ergibt.

Anhang A: Glossar

Wärmebilanz

Bei der Wärmebilanz (Energiebilanz) werden die dem System (Bauteil, Raum oder Gebäude) zugeführten und aus ihm abgeführten [Wärmeenergien](#) aufaddiert. Die Summe dieser Energien ist Null, wenn das System isotherm und abgeschlossen bleibt.

Wärmestrom (Wärmefluss)

Der Wärmestrom kennzeichnet die auf die Zeiteinheit bezogene [Wärmemenge](#), die von einem Ort mit höherer [Temperatur](#) zu einem anderen Ort mit niedrigerer [Temperatur](#) fließt.

$$\Phi = \frac{Q}{t}$$

Φ Wärmestrom [W]
 Q [Wärmemenge](#) [J]
 t Zeit [s]

Wärmestromdichte

Bild 22 Screenshot eines Druckansicht-Fensters.

Die einzelnen Seiten des Grundlagen-Moduls können durch Klicken auf die Pfeiltasten durchgeblättert werden. Um Inhalte schneller finden zu können, wird standardmäßig auf der linken Seite des Bildschirms ein Inhaltsverzeichnis des gesamten Grundlagen-Moduls angezeigt. Die Gliederung der behandelten Themen lässt sich per Mausklick erweitern bzw. vereinfachen. Die Position der aktuellen Seite im Bezug auf die weiteren Kapitel wird durch eine transparente gelbe Markierung hervorgehoben, wie in Bild 23 dargestellt. Es ist auch möglich, – mittels der WeBA-Navigationsleiste am unteren Rand – von jeder Seite zu der Hauptseite des Portals zurückzukehren oder zu einem beliebigen anderen Modul zu wechseln (Bild 23).

The screenshot shows a web browser window titled "ILIAS - Bauphysikalische Grundlagen - Mozilla Firefox". The address bar shows the URL: https://ilias3.uni-stuttgart.de/ilias.php?ref_id=35414&obj_id=67547&cmd=layout&cmdClass=ilImpresentationgui&client_id=Uni_Stuttgart. The main content area displays two graphs showing temperature profiles over a 24-hour period for different layer depths (5, 10, 15, 20 cm) in a 25 cm thick wall. The left sidebar contains a table of contents with "Inhaltsverzeichnis" circled in red. The bottom navigation bar includes links for "Web-Portal", "Baukonstruktionen", "Objektbeispiele", "Grundlagen", "Glossar", "Berechnungswerkzeuge", "Fotogalerie", and "Literatur", with "Glossar" circled in red. Below the navigation bar, there are navigation arrows for "W-5 Instationäre Wärmeübertragung" and "W-6 Wärmebrücken", a link to the current page, and a "Private Notizen" section.

Bild 23 Screenshot einer Seite mit einem standardmäßig eingeblendeten Inhaltsverzeichnis und der WeBA-Navigationsleiste am unteren Seitenrand.

4.2 Glossar

Das Modul „Glossar“ ist ein Nachschlagewerk von über 700 Fachbegriffen mit Anschauungsmaterialien und Beispielen sowie Angaben zu Materialeigenschaften und Verweisen auf Richtlinien, Vorschriften und Normen. Durch die Verlinkung der Glossareinträge mit anderen Modulen des Portals kann der Benutzer jederzeit ihm unbekannte Begriffe nachschlagen. Der interessierte Leser kann sich so in kompakter Form wesentliche Kenntnisse bauphysikalisch relevanter Themengebiete

aneignen. Das Modul Glossar gliedert sich in fünf Teilbereiche (im ILIAS auch Glossar genannt):

- Wärme
- Feuchte
- Schall
- Bautechnische Begriffe
- Normen und Richtlinien

Diese Teilbereiche können gezielt durchsucht werden. Dafür steht eine Suchmaske (Bild 24 oben) auf jeder Seite eines Glossars zur Verfügung. Durch die in der Fußzeile platzierten Links auf die Seitenzahlen sowie durch die „zurück“ und „weiter“-Felder (Bild 24 unten) ist es möglich, durch das Glossar zu blättern.

Magazin > Weiterbildung > Bauphysikalische Altbaumodernisierung > Schall

A-Z Schall

Begriffe Infos

Begriff Suche Abbrechen

Begriff	Definitionen
A-bewerteter Schallpegel	Zur Ermittlung des A-bewerteten Schalldruckpegels (genauer Gesamtschall.... $L_A = 10 \cdot \sum 10^{L_{Ai}/10} \quad [\text{dB(A)}]$
A-Bewertung	Die gemessenen Schalldruckpegel [dB] werden mit Hilfe der → A-Bewertungskurve frequenzabhängig so bewertet, dass dem subjektiven Empfinden des menschlichen Gehörs Rech...
A-Bewertungskurve	Um in der Praxis das Frequenzverhalten des Gehörs nachzubilden, erschienen die phon-Kurven (Kurven gleicher Lautstärke) als zu kompliziert. Man hat sich statt dessen darauf gee...
A-Schallpegel	Der Begriff A-Schallpegel wird in unterschiedlichen Zusammenhängen verwendet. Ursprünglich ist der A-Schallpegel der um den Betrag der A-Bewertungskurve gem....

Resonator-Fuge	Durch spezielle konstruktive Gestaltung der Fugen von Fenstern und Türen können Verbesserungen ihrer Schalldämmung erzielt werden. Neben ein- oder mehrfach geknickten Fugenver...
Schall	Mechanische Schwingungen in verschiedenen Medien. Dementsprechend gibt es Luftschall, Körperschall und Flüssigkeitsschall/Wasserschall oder Fluidschall. Bei der Altbaumodernisi...
Schallabsorber	Schallabsorber kommen zum Einsatz, um die akustischen Parameter von Räumen durch Erhöhung der äquivalenten Schallabsorptionsfläche zu beeinflussen. Meist werden dazu bestimmt...

(Eintrag 81 - 90 von 133) zurück [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14] weiter

Bild 24 Screenshot der ersten Seite des Glossars „Schall“ .
oben: Eingabefeld zur Suche nach Begriffen
unten: Fußzeile zum Blättern im Glossar.

Die Präsentation der einzelnen Glossareinträge erfolgt in einem separaten Browserfenster (Bild 25). Die Begriffserklärungen sind, falls erforderlich, auch miteinander verlinkt. Falls ein Glossarbereich aus einem anderen Modul aufgerufen wird, erscheint lediglich der Glossarbeitrag, aber kein Hinweis darauf, welche anderen Seiten auf denselben Begriff verweisen. Bei einer gezielten Suche im Glossar-Modul dagegen, befindet sich unter jedem Eintrag eine Liste der Seiten des Portals als Links, die auf den betroffenen Glossareintrag Bezug nehmen. Ein Beispiel dafür ist Bild 26 zu entnehmen.

Bild 2-39: Schematische Darstellung der Wärmebrückenwirkung einer Eckverbindung. Wegen dieser zwei- bzw. dreidimensionalen "Verzerrungen" der Adiabaten werden beliebig gearteten Bauteilen numerisch mit Hilfe von EDV-Programmen berechnet.

Bild 2-40: Berechnung der Wärmebrückenwirkung
 Links: Schematische Darstellung einer Wärmebrücke als Gefachstütze mit Koordinatenangabe
 Rechts: Temperaturverteilungen entlang der Innen- und Außenoberfläche sowie in der angrenzenden Luft

---- "naive" Berechnungsmethode
 ——— genaue Berechnungsmethode

Geht man "naiverweise" davon aus, dass die geometrische Breite gleich sei mit der thermischen, so lässt sich gemäß Bild 2-40 (links) ein eindimensionaler **Wärmestrom** durch die Brücke und durch das Regelbauteil wie folgt berechnen (B: Brücke, R: Regelbauteil):

$$\Phi_B = \frac{\theta_i - \theta_e}{(R_{s1,B} + R_B + R_{se})} \cdot A_B \quad [W] \quad (2-66)$$

$$\Phi_R = \frac{\theta_i - \theta_e}{(R_{s1} + R_R + R_{se})} \cdot A_R \quad [W] \quad (2-77)$$

A_B und A_R sind die Flächen der Brücke und des Regelbauteils.
 Für $R_{s1,B}$ werden die für den jeweiligen Fall ungünstigsten Werte eingesetzt.

Der gesamte Wärmestrom Φ durch das Bauteil, welches eine Wärmebrücke enthält, ergibt sich dann zu:

Wärmestrom (Wärmefluss)

Der Wärmestrom kennzeichnet die auf die Zeiteinheit bezogene Wärmemenge, die von einem Ort mit höherer Temperatur zu einem anderen Ort mit niedrigerer Temperatur fließt.

$$\Phi = \frac{Q}{t}$$

Φ Wärmestrom [W]
 Q Wärmemenge [J]
 t Zeit [s]

Bild 25 Screenshot eines ILIAS-Browserfensters aus dem Modul Grundlagen mit einem zusätzlichen Fenster mit einem eingblendeten Glossareintrag.

Absorptionsgrad

Der Absorptionsgrad oder Strahlungsabsorptionsgrad α gibt an, welcher Teil der Leistung einer auftretenden Welle einer elektromagnetischen [Strahlung](#) (wie Licht oder Wärme) von einer Fläche absorbiert, das heißt, aufgenommen wird.

In der Akustik wird auch der [Transmissionsgrad](#) τ als Teil des [Absorptionsgrades](#) α angesetzt, weil es für die Raumakustik unwichtig ist, ob die Schallenergie in einem Raum durch Umwandlung in thermische Energie oder ins Freie bzw. in einen Nachbarraum verloren geht.

Folgende Ressourcen verweisen auf diesen Begriff:

[Bauphysikalische Grundlagen: W-2 Stationäre Wärmeübertragung \(3/5\)](#)

[Bauphysikalische Grundlagen: W-2 Stationäre Wärmeübertragung \(4/5\)](#)

[Bauphysikalische Grundlagen: Formelzeichen-Verzeichnis \(2/4\)](#)

[3. Fenster und Türen: 3.2.3 Neue Verglasungen \(2/2\)](#)

[3. Fenster und Türen: 3.2.3 Neue Verglasungen \(1/2\)](#)

Bild 26 Screenshot eines Glossarfensters aufgrund einer Suche im Modul Glossar „Wärme“ mit einer Link-Liste der Seiten, die auf denselben Begriff verweisen.

Sowohl im Modul „Grundlagen“ als auch im Modul „Baukonstruktionen“ ist am Ende jedes Kapitels eine Liste der entsprechenden Literatur angehängt. Diese Listen beinhalten Links, die auf die Einträge eines zusätzlichen ILIAS-Glossars zurückgreifen. Bei den entsprechenden Stellen sind Hinweise in eckigen Klammern zu finden. Über diese Links sind die einzelnen Literaturstellen – ähnlich wie andere Glossarbeiträge – per Mausklick zu öffnen. Die kapitelweise geordneten Literaturlisten können auch über die Einstiegsseite „Literatur“ eingesehen werden. Das Literatur-Glossar kann jedoch nicht wie die vorher beschriebenen Glossare durchgeblättert werden.

4.3 Baukonstruktionen

Das Modul „Baukonstruktionen“ stellt das größte und inhaltlich wichtigste Modul des Web-Portals dar (siehe auch Bild 2). Es ist eine Art Katalog, in dem typische Baukonstruktionen im Bestand und mögliche Maßnahmen zur Verbesserung dieser Konstruktionen zusammengestellt sind. Jede Katalogseite behandelt eine bestimmte Baukonstruktion entweder als „Bestand“ oder als „Maßnahme“. Dabei wurde auf eine präzise Darstellung in Form von Detailzeichnungen Wert gelegt. Diese sind als schematische Aufbereitung der zu vermittelnden Inhalte und nicht als Hand-

lungsanweisung zu sehen. Eine Bereitstellung von Handlungsanweisungen für die Durchführung von Modernisierungsmaßnahmen ist nicht das Ziel des Portals. Durch textliche Ergänzungen zu den Zeichnungen werden auch die Ausführungsprozesse erläutert. Auch hier sind Bezüge zu den verschiedenen bauphysikalischen Fragestellungen in Form von Verlinkungen hergestellt.

Das Modul „Baukonstruktionen“ besteht aus sieben Hauptkapiteln, die jeweils einer Bauteilgruppe, wie Außenwände, Innenwände, etc. gewidmet sind (Tabelle 2). Die sieben Hauptkapitel beinhalten jeweils mehrere Seiten zur Darstellung der Bestandskonstruktionen. Von diesen Seiten aus führen Links zu den Maßnahmengruppen für die entsprechenden Bauteile, die aus bauphysikalischer Sicht sinnvoll und zu empfehlen sind. Der Maßnahmenkatalog gliedert sich in 33 Maßnahmengruppen, die sich – je nach Komplexität des Bauteils – aus weiteren Einzelmaßnahmen zusammensetzen. Die einzelnen Maßnahmen sind, wenn sie sich aus bauphysikalischer Sicht deutlich unterscheiden, auf getrennten Seiten dargestellt. In vielen Fällen, wenn sich das bauphysikalische Verhalten der alternativen Maßnahmen nicht wesentlich voneinander unterscheidet, werden diese auf einer gemeinsamen Seite behandelt. Die Gliederung und die Zuordnung der Maßnahmen zu den entsprechenden Bauteilgruppen ist Tabelle 3 zu entnehmen. Anhang 2 enthält die detaillierte Liste sämtlicher Seiten des Moduls „Baukonstruktionen“.

Jedes Hauptkapitel teilt sich in zwei Kapitel. Das Hauptkapitel wird durch eine Seite eingeleitet, auf der sich grundsätzliche Erläuterungen zu den entsprechenden unterschiedlichen Bauteiltypen (Bild 27) befinden. Das erste Kapitel beinhaltet jeweils die Beschreibungen von Bestandsbaukonstruktionen (Bild 27), im zweiten sind die Maßnahmen zusammengestellt. Von den Seiten des ersten Kapitels, d.h. von den Bestandskonstruktionen aus, kann der Nutzer direkt zu den für den jeweiligen Bestand sinnvollen Maßnahmen gelangen. Zusätzlich erhält er durch die Verlinkung mit den Modulen Grundlagen, Glossar und Berechnungswerkzeuge die Möglichkeit, evtl. aufkommende Fragen sofort zu klären.

Tabelle 2 Zusammenstellung der Bauteile im Bestand entsprechend der Gliederung des Moduls Baukonstruktionen.

Bauteil	Bestand	
Außenwände	Einschalige Massivwände Einschalige leichte homogene Wände Fachwerk-Konstruktionen Zweischalige monolithische Massivwände Wände in Plattenbauweise Glasfassade	
Innenwände	Mauerwerkswand Strohlehmwand Gipsplattenwand Leichtbauwand mit Holzständer Leichtbauwand mit Metallständer	
Fenster	Innenanschlag mit Einfachverglasung Innenanschlag mit Doppelverglasung Außenanschlag mit Einfachverglasung Außenanschlag mit Doppelverglasung stumpfer Anschlag mit Doppelverglasung Rollladenkasten Kastenfenster Türen	
Erdberührte Bauteile		
Dächer	Flachdächer	Warmdach Kaltdach Umkehrdach
	Geneigte Dächer	geneigtes Dach mit Ziegeleindeckung geneigtes Dach mit Metalleindeckung
Decken	Holzbalkendecken	Holzbalkendecken Holzbalkendecken mit Strohlehmwickel
	Massivdecken	Stahlbetondecken Stahlbetondecken mit I-Träger Hohlkörperdecken Stahlbetonrippendecke Gewölbekellerdecke
Treppen	Holzwangentreppe Aufgesattelte Holzwangentreppe Stahlbetontreppe	

Tabelle 3 Zusammenstellung der Maßnahmen zur bauphysikalischen Verbesserung verschiedener Bauteile entsprechend der Gliederung des Moduls Baukonstruktionen.

Bauteil	Maßnahme	
Außenwände	Außendämmung Innendämmung Kerndämmung Glasanbauten	
Innenwände	Vorsatzschalen Leichtbaukonstruktionen	
Fenster	Anschläge und Dichtungen Dämmung der Zusatzeinrichtungen Neue Verglasungen Kastenfenster und Prallscheiben Neue Fenster	
Erdberührte Bauteile	Abdichtungen gegen aufsteigende Feuchte Innendämmung Perimeterdämmung	
Dächer	Flachdächer	Klassische Außendämmung Umkehrdach und Duodach Begrünte Dächer Innendämmung
	Geneigte Dächer	Aufsparrendämmung Untersparrendämmung Zwischensparrendämmung Wärmedämmung zwischen und unter Sparren Dacheinschnitt
Decken	Holzbalkendecken	Beschwerung der Decke Bodenaufbauten Unterdecken und Deckenverkleidungen Runderneuerung Anlaschen von Bohlen Dachbodendämmung
	Massivdecken	Bodenaufbauten Unterdecken, Deckenverkleidungen Gewölbekellerdecke mit Wärmedämmung
Treppen	Beläge Elastische Entkopplungen und Lagerungen Schallabsorbierende Dämmplatten an Treppenunterseite	

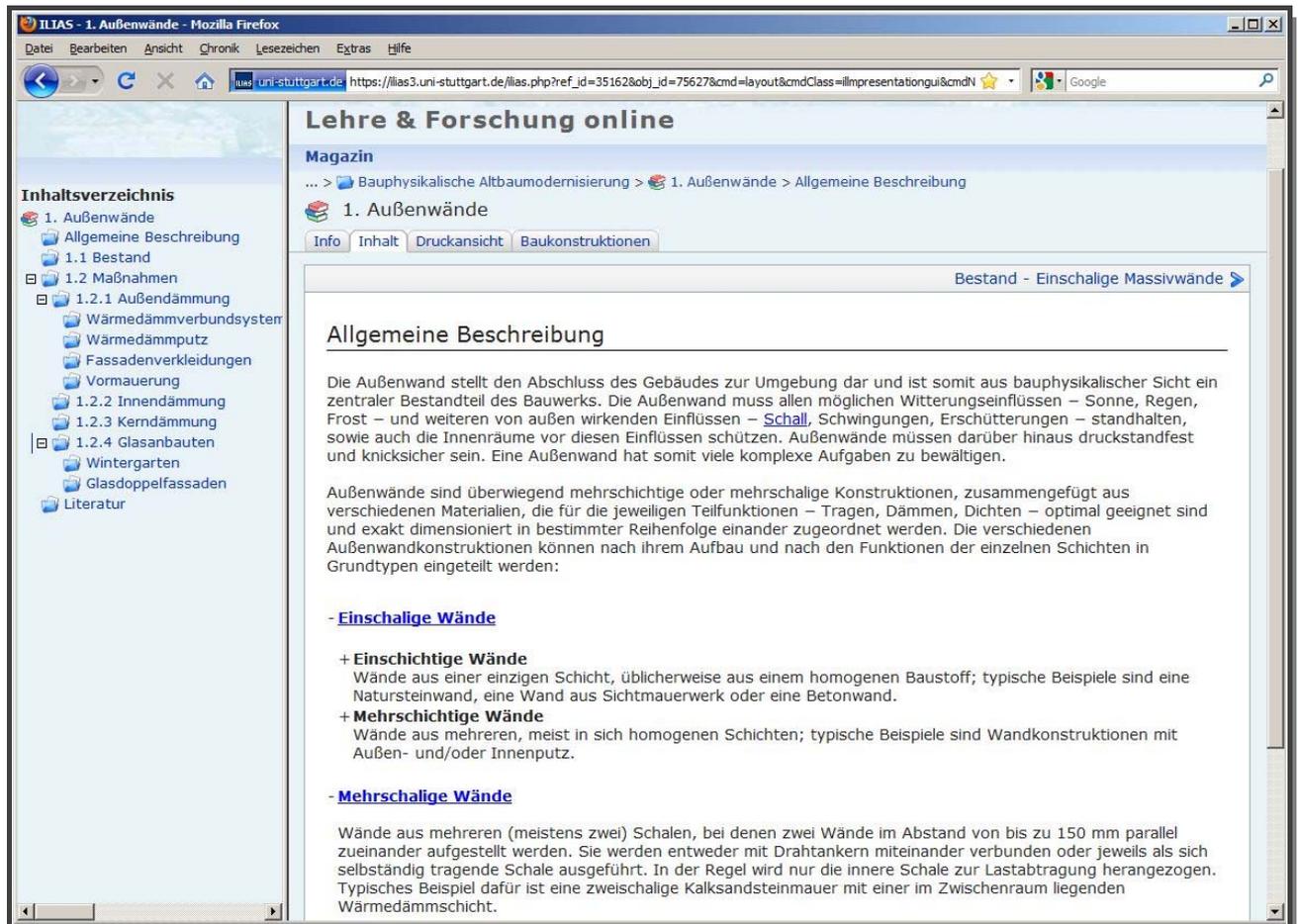


Bild 27 Screenshot einer Seite mit einer allgemeinen Beschreibung einer Bauteilgruppe. Hier als Beispiel die Beschreibung von Außenwänden.

links: Baumdarstellung der Struktur des Hauptkapitels „Außenwände“
rechts: Inhalte

Der Aufbau der Bestands- und der Maßnahmenbeschreibungen ist ähnlich, wie z.B. in Bild 28 und Bild 29. Jede Seite, die eine Konstruktion im Bestand oder eine Maßnahme beschreibt, gliedert sich in der Reihenfolge von oben nach unten in folgende Bereiche:

- Einleitung
- Detail- und Erläuterungsbereich (Detailzeichnungen, Fotos)
- Bereich für Beschreibungen
- Bauphysikalische Aspekte (Wärme, Feuchte, Schall)
- Links zu den entsprechenden Berechnungswerkzeugen
- Verknüpfungsbereich mit den Maßnahmen (nur auf den Seiten für Bestand)
- Hinweisbereich (nur auf den Seiten für die Maßnahmen)
- Verweisbereich auf Normen und Richtlinien (nur auf den Seiten für die Maßnahmen)

Zwischensparrendämmung

Die am häufigsten angewandte Methode, um die Wärmedämmung eines Dachs zu verbessern, ist die Zwischensparrendämmung, da dies ohne hohen Aufwand, d.h. auch ohne Neueindeckung des Dachs durchführbar ist. Vorteilhaft ist die geringe Höhe, die beansprucht wird. Der nicht gedämmte Sparren bildet allerdings eine [Wärmebrücke](#) und beeinflusst so den [Wärmedurchgangskoeffizienten](#). Bei der erzielbaren [Energieeinsparung](#) spielt eine entscheidende Rolle, welche Dämmschicht mit welcher Dämmschichtdicke verwendet wird. Der U-Wert kann mit Hilfe des Rechentools [U-Wert-Berechnung](#) abgeschätzt werden.

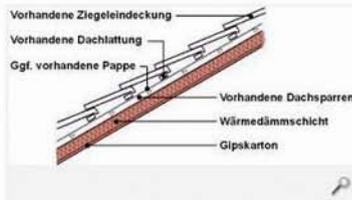


Bild 5.2.2-7: Zwischensparrendämmung

Bild 5.2.2-7 zeigt einen schematischen Schnitt durch ein Steildach mit Zwischensparrendämmung. Bei der Modernisierung älterer Gebäude ist die Herstellung fachgerechter Anschlüsse an Traufe und Ortgang für die bauphysikalisch korrekte Ausführung entscheidend. Raumseitige Bekleidungen sind meist nicht luftdicht ausgeführt, eine Wärmedämmung nicht oder nicht ausreichend vorhanden. Die Anschlüsse der Dampfsperre/Dampfbremse an die Dachkonstruktion müssen absolut wind- und luftdicht ausgeführt werden.

Da die Dämmung zwischen den Sparren montiert wird, ist die Sparrenhöhe die entscheidende Größe für das Maß der Dämmstoffdicke. Sollte die Sparrenhöhe und damit auch die Dämmstoffdicke ein bestimmtes Maß unterschreiten, ist die Maßnahme allein nicht mehr sinnvoll und sollte durch eine → [Auf-](#) oder → [Untersparrendämmung](#) oder → [Kombination](#) mit einer dieser Maßnahmen ersetzt werden. Grundsätzlich sollte eine Dampfsperre einer Dampfbremse vorgezogen werden, wenn sich das außerhalb der Dampfbremsebene bildende Tauwasser nicht vollständig, die Konstruktion nicht schädigender Weise austrocknen kann.

Wärme:

Die Zwischensparrendämmung ist in ihrer Funktion vergleichbar mit einer Kerndämmung. Die zusätzlich angebrachte Wärmedämmschicht liefert entsprechend ihrer Dicke und Wärmeleitfähigkeit einen Beitrag zum [Wärmedurchlasswiderstand](#). Dementsprechend wird der [Wärmedurchgangskoeffizient](#) der Dachkonstruktion herabgesetzt, d.h. der Wärmeschutz verbessert. Das wesentliche Problem bei dieser Dämmungsart besteht darin, dass sich Felder mit verbesserten Wärmedämmeigenschaften und Balkenbereichen abwechseln, die durch die Maßnahme im Verhältnis zu den gedämmten Flächen zu Wärmebrücken, d.h. zu Schwachstellen werden. Vor der Modernisierung waren es noch die Felder, nach der Modernisierung sind es die Balken, die als Wärmebrücken wirken.



[Berechnung des U-Wertes](#)

[Berechnung des Mittleren U-Wertes](#)

Feuchte:

Da diese Maßnahme den Wärmeschutz und die Temperaturverteilung im Dach als Kerndämmung beeinflusst, hat sie auch Auswirkungen auf die [Dampfdiffusion](#). Bei Anwendung von feuchteempfindlichen Dämmstoffen, wie z.B. Mineralfaser, ist eine Dampfsperre auf der Innenseite der Dämmschicht anzubringen. Als besonders sicher haben sich [feuchteadaptive Dampfbremsen](#) mit variabler Dampfdichtigkeit in der Praxis bewährt.



[Berechnung des Sättigungsdampfdrucks](#)

[Durchführung des Glaser-Verfahrens](#)

Schall:

Durch die Zwischensparrendämmung wird die Schalldämmung der Dachkonstruktion deutlich verbessert. Aus akustischer Sicht handelt es sich um eine → [zweischalige Konstruktion](#), die je nach Art und Dicke der Dämmschicht (Schalenabstand) sowie [flächenbezogene Masse](#) der beiden Schalen, können [bewertete Schalldämm-Maße](#) von 40 bis 55 dB erzielt werden.

Bei einer vollständigen Füllung des Dachhohlraumes (Hohlraumdämpfung) wird die [Flankenübertragung](#) entlang der Dachkonstruktion weitgehend unterdrückt. Dadurch wird die [Schalldämmung](#) von Trennwänden kaum beeinträchtigt.



[Berechnung der Resonanzfrequenz](#)

[Berechnung der Koinzidenzgrenzfrequenz](#)

[Berechnung der resultierenden Schalldämm-Maßes zusammengesetzter Bauteile](#)

Achtung:

- Schadstoffbelastungen durch Holzbauteile bestehen insbesondere im Zusammenhang mit dem chemischen Holzschutz. In den 1970er Jahren wurden große Mengen von Holzschutzmitteln im Außen- und Innenbereich verwendet. Lindan, PCP (Pentachlorphenol) und DDT (Dichlordiphenyltrichlorethan) zählen zu den schwerflüchtigen Verbindungen, die sich nach dem Ausgasen schnell wieder an Oberflächen abscheiden, wodurch es zu gravierenden Schadstoffanreicherungen in Innenräumen kommen kann. Lindan und PCP sind in Holzschutzmitteln der BRD seit 1989 verboten. PCP wird eindeutig als krebserregend eingestuft, bei Lindan wird über eine solche Wirkung diskutiert. In der DDR wurde bis 1989 das Insektizid DDT eingesetzt, in der BRD ist es seit 1972 verboten. DDT ist erbgutverändernd, steht im Verdacht, Krebs zu erzeugen und wird von der Umwelt nur sehr langsam abgebaut. DDT kann insbesondere bei Abbrucharbeiten freigesetzt werden.
- Bescheinigungen über Hersteller, Menge und Art des Holzschutzmittels sollten nebst zugehörigem Überwachungszeichen vorliegen; dabei sind die Verarbeitungshinweise des Herstellers unbedingt zu beachten.
- Die Verträglichkeit von Holzschutzmitteln mit vorhandenen Schutzmitteln oder Anstrichen muss geprüft werden.

Titel

Einleitung

Konstruktion:

Details

+

Erläuterungen

Bauphysik:

Wärme, Feuchte, Schall

Hinweise

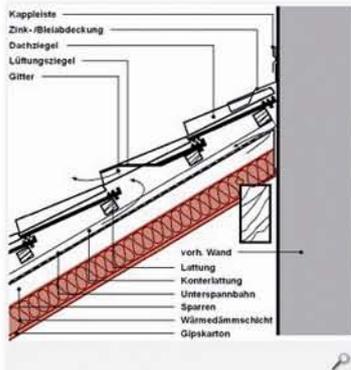
- Dampfsperren und -bremsen sollten geklebt, nicht geklammert werden; falls doch, müssen die Befestigungsstellen mit Dichtband versehen werden.
- Die Lüftung darf durch Dickenzunahme bei Verwendung von Mineralwolleplatten nicht behindert werden; notfalls sind Distanzleisten einzubauen.
- Detail: Anschluss Traufe



Der Traufanschluss einer Zwischensparrendämmung muss dicht ausgeführt werden; dies kann mittels Anschlusschürzen geschehen.

Bild 5.2.2-8: Detail Traufanschluss bei Zwischensparrendämmung

- Detail: Anschluss an eine aufgehende Wand



Dies gilt auch für den Anschluss an aufgehende Bauteile.

Bild 5.2.2-9: Anschlussdetail an eine aufgehende Wand bei Zwischensparrendämmung

Normen und Richtlinien:[1]

- [EnEV](#)
- [DIN 4102](#) Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
- [DIN 4108](#) Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden
- [DIN 68126](#) Profilbretter mit Schattennut
- [DIN 68800](#) Holzschutz im Hochbau/Holzschutz
- [DIN 18334](#) VOB Vergabe und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Zimmer- und Holzbauarbeiten
- [DIN V 20000](#) Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken
- [DIN EN 13162](#) Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) - Spezifikation
- [DIN EN 13163](#) Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Polystyrol (EPS) - Spezifikation
- [DIN EN 13168](#) Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßig hergestellte Produkte aus Holzwohle-Mehrschichtplatten (WW-C) - Spezifikation
- [DIN EN 13169](#) Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßig hergestellte Produkte aus Blähperlit (EPB) - Spezifikation
- [DIN EN 13170](#) Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Kork (ICB) - Spezifikation
- [DIN EN 13171](#) Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßig hergestellte Produkte aus Holzfasern (WF) - Spezifikation
- [DIN EN 13986](#) Holzwerkstoffe zur Verwendung im Bauwesen - Eigenschaften, Bewertung der Konformität und Kennzeichnung
- [DIN EN 14519](#) Innen- und Außenbekleidungen aus massivem Nadelholz - Profilholz mit Nut und Feder
- [DIN EN 15101](#) Wärmedämmstoffe für Gebäude - An der Verwendungsstelle hergestellte Wärmedämmung aus Zellulosefüllstoff
- [DIN EN 15146](#) Innen- und Außenbekleidungen aus massivem Nadelholz - Profilholz ohne Nut und Feder
- [ChemVerbotsV](#) Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz

Web-Portal Baukonstruktionen Objektbeispiele Grundlagen Glossar Berechnungswerkzeuge Fotogalerie Literatur

Fortsetzung
Hinweise

Verweise

Rückverweis auf
die Eingangsseiten

Der Erläuterungsbereich Bauphysik ist in die drei Abschnitte Wärme, Feuchte und Schall unterteilt. Hier werden speziell die mit dem jeweiligen Bestandsbauteil oder der jeweiligen anzuwendenden Maßnahme verbundenen bauphysikalischen Konsequenzen, Vor- und Nachteile erörtert. Die Abschnitte Wärme, Feuchte und Schall sind mit bestimmten Berechnungswerkzeugen, die für das behandelte Bauteil relevant sind, verlinkt. Die Verlinkung auf ein Berechnungswerkzeug ist immer mit einem grafischen Symbol gekennzeichnet, wie z.B.



[Berechnung der Resonanzfrequenz](#)

Auf den Seiten, die eine Konstruktionsbeschreibung im Bestand enthalten, ist am unteren Teil der Seite jeweils ein Verknüpfungsbereich angeordnet. In diesem Bereich befindet sich eine Liste der möglichen Maßnahmen. Diejenigen Maßnahmen, die für das gerade behandelte Bauteil in Frage kommen, sind direkt mit der entsprechenden Seite verlinkt. Im Hinweisbereich wird auf die mit der Maßnahme verbundenen Besonderheiten aufmerksam gemacht. Die Besonderheiten können vor allem konstruktiver oder ausführungrelevanter Art sein. Anschließend folgt der Verweisbereich, in dem auf die zu beachtenden Normen und Richtlinien hingewiesen wird.

Diese durchgängige Struktur soll zum einen dem Nutzer den Umgang mit der großen Datenmenge des Portals erleichtern. Zum anderen soll sie den Autoren ein Gerüst an die Hand geben, welches eine strukturierte und konsistente Datenpflege ermöglicht. Durch die vorgegebene und einheitliche Struktur sind evtl. vorhandene Datenlücken schnell zu erkennen

4.4 Berechnungswerkzeuge

Computergestützte Berechnungsprogramme erleichtern die Überprüfung, Quantifizierung und Veranschaulichung vieler bauphysikalischer Größen und Vorgänge. Dazu werden im Web-Portal einfache, intuitiv bedienbare Werkzeuge zur Verfügung gestellt. Die Berechnungen können beliebig oft und mit unterschiedlichen Datensätzen wiederholt werden. Die Berechnungswerkzeuge können beim Einsatz in der Lehre als Mittel zur Durchführung von Tutorien dienen.

Die Werkzeuge können entweder direkt von den Hauptseiten des Web-Portals über die Menüzeile aufgerufen werden (Bild 30). Zusätzlich findet der Nutzer den entsprechenden Hinweis auf den ILIAS-Seite in den Modulen „Baukonstruktionen“ und „Glossar“. Der Hinweis erfolgt jeweils mit einem wiederkehrenden Symbol und mit einer direkten Verlinkung auf die Werkzeuge.

The screenshot shows a web browser window with the URL <http://www.bauphysikalische-altbaumodernisierung.de/Rechentools.html>. The page features a red header with the title 'Web-Portal Bauphysikalische Altbaumodernisierung'. Below the header is a navigation menu with the following items: 'Baukonstruktionen', 'Objektbeispiele', 'Grundlagen', 'Glossar', 'Berechnungswerkzeuge', 'Fotogalerie', and 'Literatur'. The 'Berechnungswerkzeuge' menu item is highlighted, and a dropdown list of calculation tools is visible, including: 'U-Wert', 'Mittlerer U-Wert', 'Taupunkt und Tauwassermenge', 'Dampfdruck', 'Glaser-Verfahren', 'Bewertetes Schalldämm-Maß', 'Koinzidenzfrequenz', 'Resonanzfrequenz', and 'Schalldämm-Maß zusammengesetzter Bauteile'. On the left side of the page, there is a technical drawing of a staircase with various dimensions and labels. At the bottom of the page, there are logos for 'Universität Stuttgart Lehrstuhl für Bauphysik', 'Büroamt für Bautechnik und Raumordnung', 'Bauministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung', and 'FORSCHUNGSINITIATIVE ZukunftBAU'.

Bild 30 Screenshot der im öffentlichen Bereich liegenden Zugangsseite nach dem Anklicken der Menüzeile, um Berechnungswerkzeuge auszuwählen.

Folgende bauphysikalische Kenngrößen werden berechnet:

Wärme – U-Wert

– Mittlerer U-Wert

Feuchte– Tauwasserausfall nach Glaser

– Taupunkttemperatur und Tauwassermenge

– Sättigungsdampfdruckverlauf

Schall – Bewertetes Labor- und Bau-Schalldämm-Maß

– Koinzidenzfrequenz

– Resonanzfrequenz

– Resultierendes Schalldämm-Maß zusammengesetzter Bauteile

Dabei kann der Nutzer des Portals über Auswahllisten eigene Konstruktionsaufgaben generieren und für diese die entsprechenden Berechnungen durchführen.

4.4.1 Berechnung des U-Wertes

Bei der Planung oder Veränderung einer Konstruktion kann es von Interesse sein, ihren U-Wert, d.h. den Wärmedurchgangskoeffizienten [69] zu ermitteln und Alternativen zu testen. Das Berechnungswerkzeug zur Ermittlung des U-Wertes (Bild 31) ermöglicht es, beliebige Schichtenfolgen aus unterschiedlichen Materialien zusammenzustellen und ihr Wärmedämmverhalten zu simulieren. Die einzelnen Schichten können aus einem hinterlegten Datensatz [70] ausgewählt oder selbst definiert werden. Der Benutzer kann über die Beschreibung der Konstruktion in ihrem Schichtenaufbau und deren Stärken hinaus auch die materialspezifischen Eingangsdaten verändern, falls er über genauere Daten verfügt.

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert)			
Bauteilschichten:	Dicke [cm]	lambda [W/mK]	R-Wert [m ² K/W]
Putz	2	0,61	0,033
Mauerwerk Ziegel	24	0,63	0,381
Faserdämmstoffe	12	0,04	3,000
Putz	2	0,61	0,033
Bauteilschicht			
Bauteilschicht			
Art des Bauteils:	Außenwand		0,17
<input type="button" value="Berechnen"/> <input type="button" value="Zurücksetzen"/>		U-Wert [W/m ² K]:	0,276

Bild 31 Screenshot des Berechnungswerkzeugs zur Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten.

4.4.2 Berechnung des mittleren U-Wertes

Der mittlere U-Wert eines Gebäudes ergibt sich aus der flächenmäßigen Mittelung der U-Werte einzelner Bauteile. Dieser Wert ist ein Maß für die Wärmedämmeigenschaften des Gebäudes. Die Eingangsdaten (Bild 32) für die mittlere U-Wertberechnung sind die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) der einzelnen Bauteile, deren Flächenanteile, die teilweise in Abhängigkeit von der jeweiligen Bauteilart (Dach, Boden) mit einem Abminderungsfaktor versehen werden, und die Gesamtfläche als Summe aller Teilflächen. Die Berechnung des U-Wertes einzelner Bauteile wird im Modul „Grundlagen“ erläutert.

Berechnung des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten (U_m -Wert)

Gebäudeaußenflächen:	Fläche [m ²]	U-Wert [W/m ² K]	
Summe aller nicht erdberührten Außenwandflächen:	<input type="text" value="120"/>	<input type="text" value="0,3"/>	36,00
Summe aller Fensterflächen:	<input type="text" value="42"/>	<input type="text" value="1,2"/>	50,40
Summe aller erdberührten Kelleraußenflächen (Wichtungsfaktor 0,5):	<input type="text" value="56"/>	<input type="text" value="0,8"/> x 0,5	22,40
Summe aller Dachflächen (Wichtungsfaktor 0,8):	<input type="text" value="70"/>	<input type="text" value="0,1"/> x 0,8	5,60
Gesamtfläche:	<input type="text" value="288,0"/>		

U_m-Wert [W/m²K]: 0,40

Bild 32 Screenshot des Berechnungswerkzeugs zur Ermittlung des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten.

4.4.3 Tauwasserausfall nach Glaser

Für dieselbe Konstruktion, die unter 4.4.1 oder 4.4.2 untersucht wurde oder beliebige andere Bauteile kann auch das Glaser-Verfahren durchgeführt werden, um die Gefahr von Tauwasserausfall abzuschätzen. Dabei können auch hier die Schichten und ihre für dieses Verfahren relevanten Eigenschaften mit Hilfe einer Eingabemaske (Bild 33) frei eingegeben oder aus einer Datenbank ausgewählt werden. Bei der Ermittlung des Tauwasseranfalls werden für die Umgebung die Norm-Randbedingungen [70] eingesetzt, die vom Benutzer nicht verändert werden können. Für die Darstellung der Ergebnisse stehen drei Maßstäbe zur Verfügung. Der Nutzer kann zwischen dem „Real-Maßstab“, dem „Thermischen Bild-Maßstab“ und dem „Hygrischen Bild-Maßstab“ wählen.

Ermittlung des Tauwasseranfalls nach Glaser

Bauteilschichten (von warm nach kalt):	Dicke [cm]	lambda [W/mK]	s _d -Wert [m]	Tauwassermenge: warm → kalt
Putz	2	0,61	0,450	
Mauerwerk Kalksandstein	17,5	0,92	7	
Faserdämmstoffe	10	0,04	7	
Mauerwerk Kalksandstein	11,5	1,15	6,9	
Bauteilschicht				
Bauteilschicht				

Art des Bauteils: Außenwand 0,17

Berechnen Zurücksetzen Hygrischer Bild-Maßstab

Bild 33 Screenshot der Eingabemaske zur Ermittlung des Tauwasseranfalls nach Glaser im hygrischen Bild-Maßstab dargestellt.

4.4.4 Taupunkttemperatur und Tauwassermenge

Bei der Taupunkttemperaturberechnung kann der Nutzer die Umgebungsrandbedingungen definieren (Bild 34 oben). Diese fließen dann in die Berechnung ein. Nach einem Klick auf „Berechnen“ erscheinen die Ergebnisse. Eine rote Markierung im Diagramm hebt die Sättigungsmenge und die Taupunkttemperatur hervor.

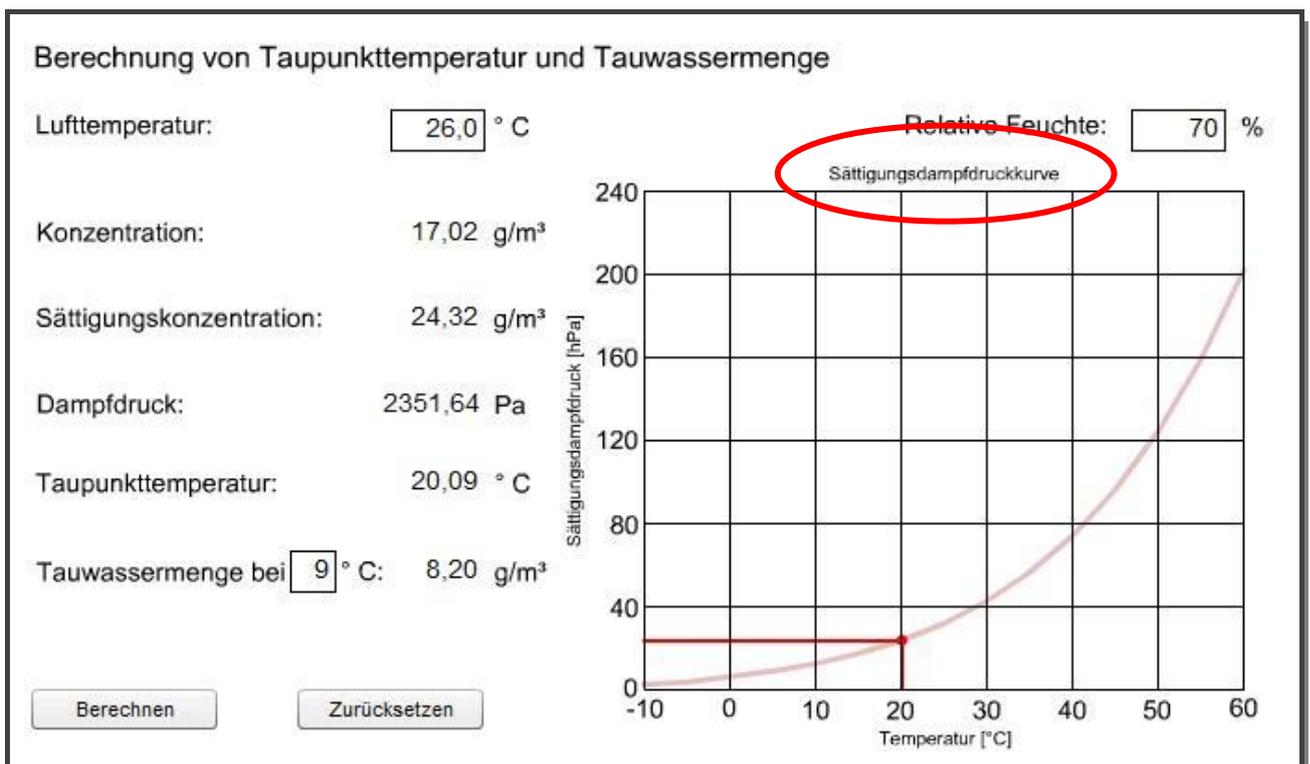
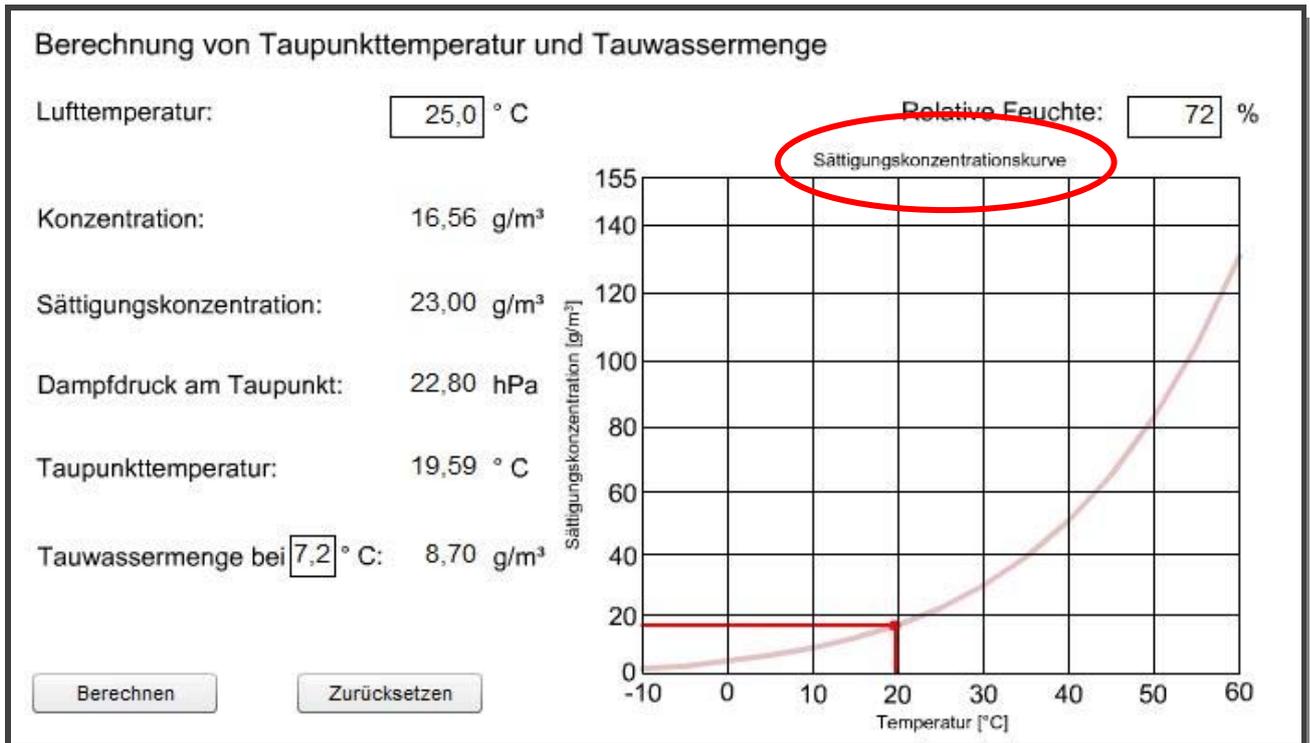


Bild 34 Screenshots der Eingabemasken zur Berechnung der Taupunkttemperatur und Tauwassermenge in Luft mit unterschiedlichen Beispieldaten.

- oben Darstellung der Sättigungskonzentration
- unten Darstellung der Sättigungsdampfdruckkurve

Die zweite Eingabeseite dieses Werkzeugs veranschaulicht den Verlauf des Sättigungsdampfdruckes in Abhängigkeit von der Temperatur und erlaubt die Abfrage von einzelnen Werten. Es unterscheidet sich vom Werkzeug zur Berechnung der Taupunkttemperatur lediglich in der darzustellenden Größe. Anstatt der Wasserdampfkonzentration wird hier direkt der Sättigungsdampfdruck (Bild 34 unten) angezeigt.

4.4.5 Koinzidenzgrenzfrequenz

Um die akustische Qualität eines einschaligen Bauteils beurteilen zu können, ist die Ermittlung der Lage der Koinzidenzgrenzfrequenz von großer Bedeutung. Für das Entstehen des Koinzidenzeffektes ist die Übereinstimmung der Schallgeschwindigkeit in der Luft und der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Biegewelle im Bauteil verantwortlich. Das Bauteil wird dabei als eine ebene Platte betrachtet. Während die Schallgeschwindigkeit in Luft praktisch nur von der Lufttemperatur abhängig ist, hängt die Biegewellengeschwindigkeit in einem plattenförmigen Bauteil von mehreren Parametern, im Wesentlichen vom Elastizitätsmodul, von der Rohdichte des Materials und von der Dicke der betrachteten Platte, ab. Beim Entstehen des Koinzidenzeffektes spielt außerdem auch der Einfallswinkel des Schalls eine Rolle.

Der Nutzer kann mithilfe dieses Rechenwerkzeugs nicht nur die Koinzidenzgrenzfrequenz für einen bestimmten Datensatz ermitteln, sondern sich auch die Auswirkung der Änderung dieser Parameter auf den zu erwartenden Koinzidenzeffekt veranschaulichen. Die Parameter sind aus einem vorhandenen Datensatz auswählbar. Die Eingabemaske (Bild 35) erlaubt auch die Modifikation, bzw. die freie Eingabe von Materialdaten und dem Einfallswinkel.

4.4.6 Resonanzfrequenz

Die schalltechnische Wirksamkeit von zweischaligen Trennbauteilen hängt wesentlich von der Lage der Resonanzfrequenz der Konstruktion ab. Um das Prinzip zu erläutern, wie die flächenbezogene Masse der beiden Schalen sowie die dynamische Steifigkeit der Zwischenschicht die Lage der Resonanzfrequenz beeinflussen, wurde das Werkzeug zur Berechnung der Resonanzfrequenz entwickelt. Der Nutzer kann, wie bei dem Berechnungswerkzeug für die Ermittlung des U-Wertes ein mehrschichtiges Bauteil zusammenstellen, indem er Materialdaten und Schichtdicken entweder aus einem vorhandenen Datensatz auswählt oder selbst eingibt. Die Eingabemaske erlaubt dabei nur eine einzige Schicht als „Feder“ zu deklarieren (Bild 36).

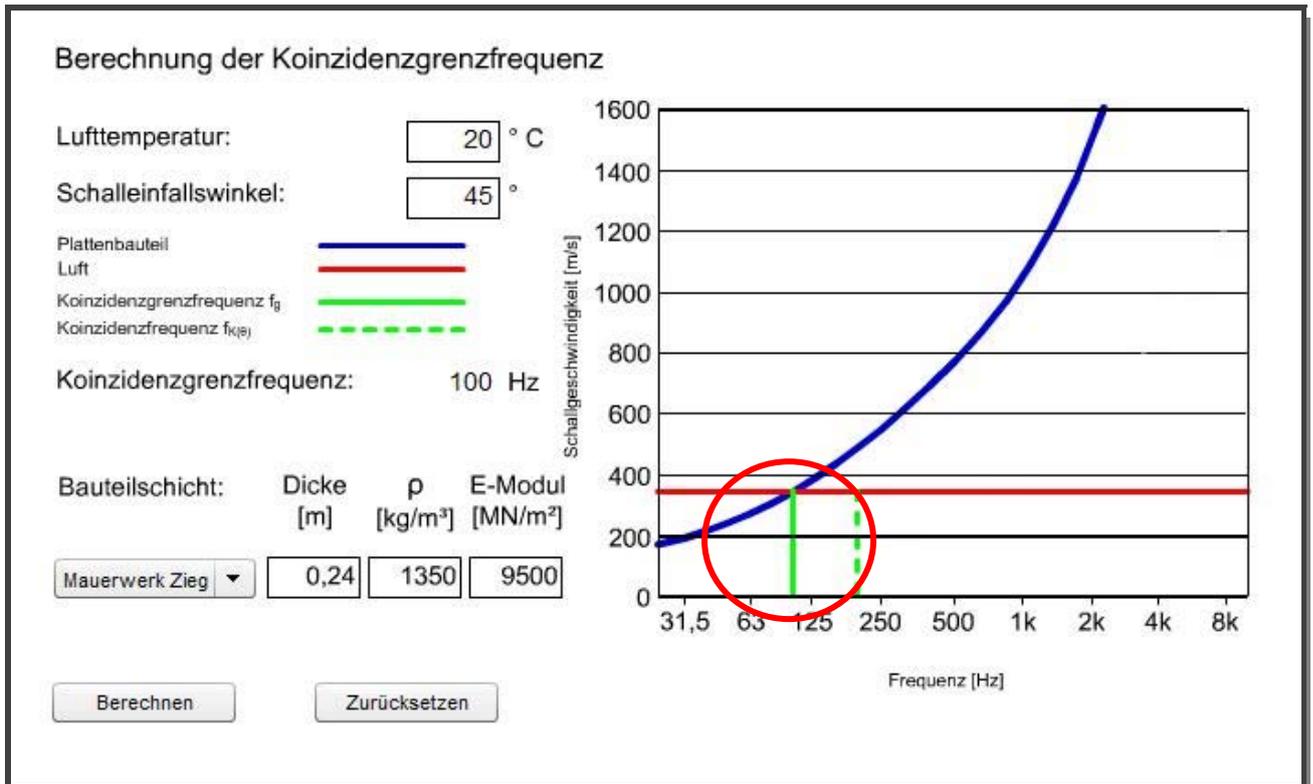


Bild 35 Screenshot der Eingabemaske und Ausgabe zur Berechnung der Koinzidenzgrenzfrequenz von Platten mit einem Rechenbeispiel.

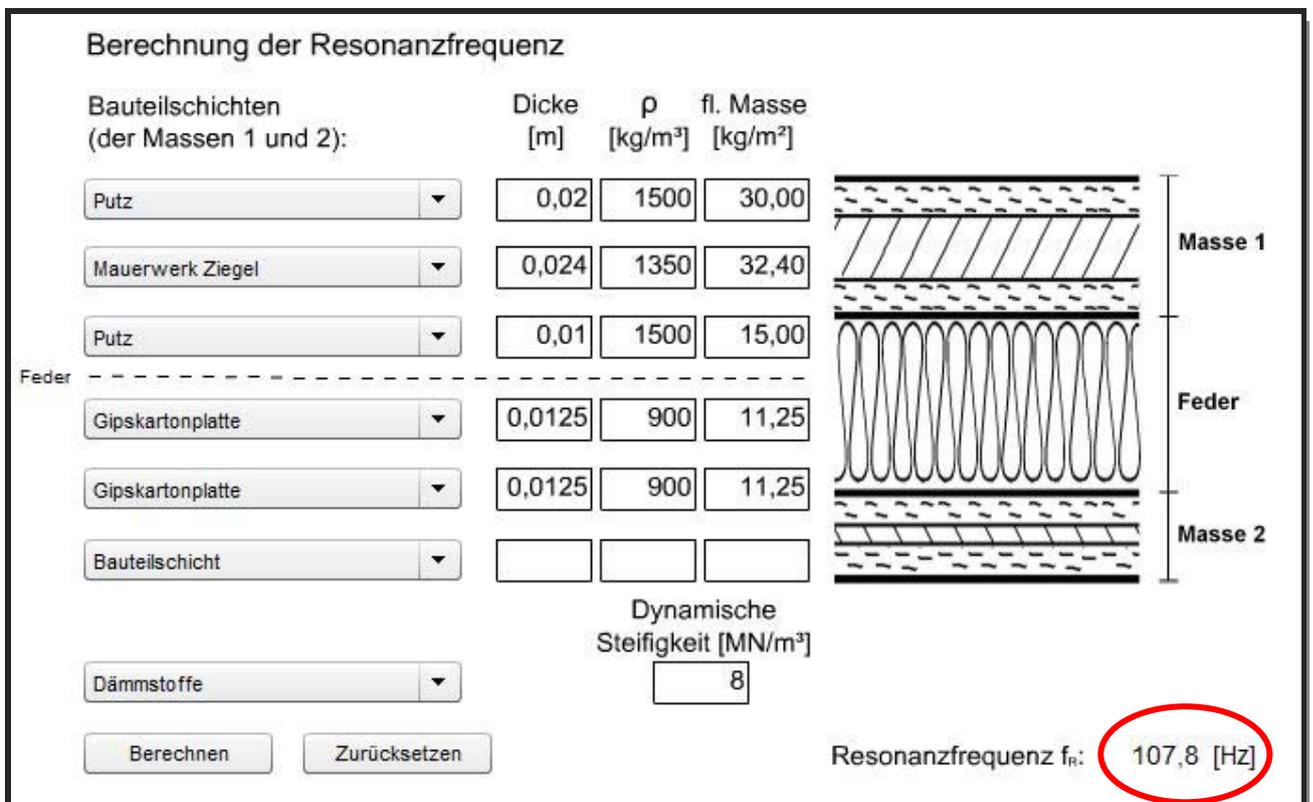


Bild 36 Screenshot der Eingabemaske und Ausgabe zur Berechnung der Resonanzfrequenz von zweischaligen mehrschichtigen Bauteilen mit einem Rechenbeispiel.

4.4.7 Bewertetes Labor- und Bau-Schalldämm-Maß

Die Frage, wie groß das bewertete Schalldämm-Maß eines bestehenden einschaligen Bauteils ist, kann mit dem im Rahmen des Web-Portals entwickelten Rechentool beantwortet werden. Das bewertete Schalldämm-Maß lässt sich berechnen, wenn die flächenbezogene Masse des Bauteils annähernd bekannt ist oder, wenn sie sich ermitteln lässt. Das Rechenwerkzeug lehnt sich an die Methode nach DIN EN 12354 [71] an.

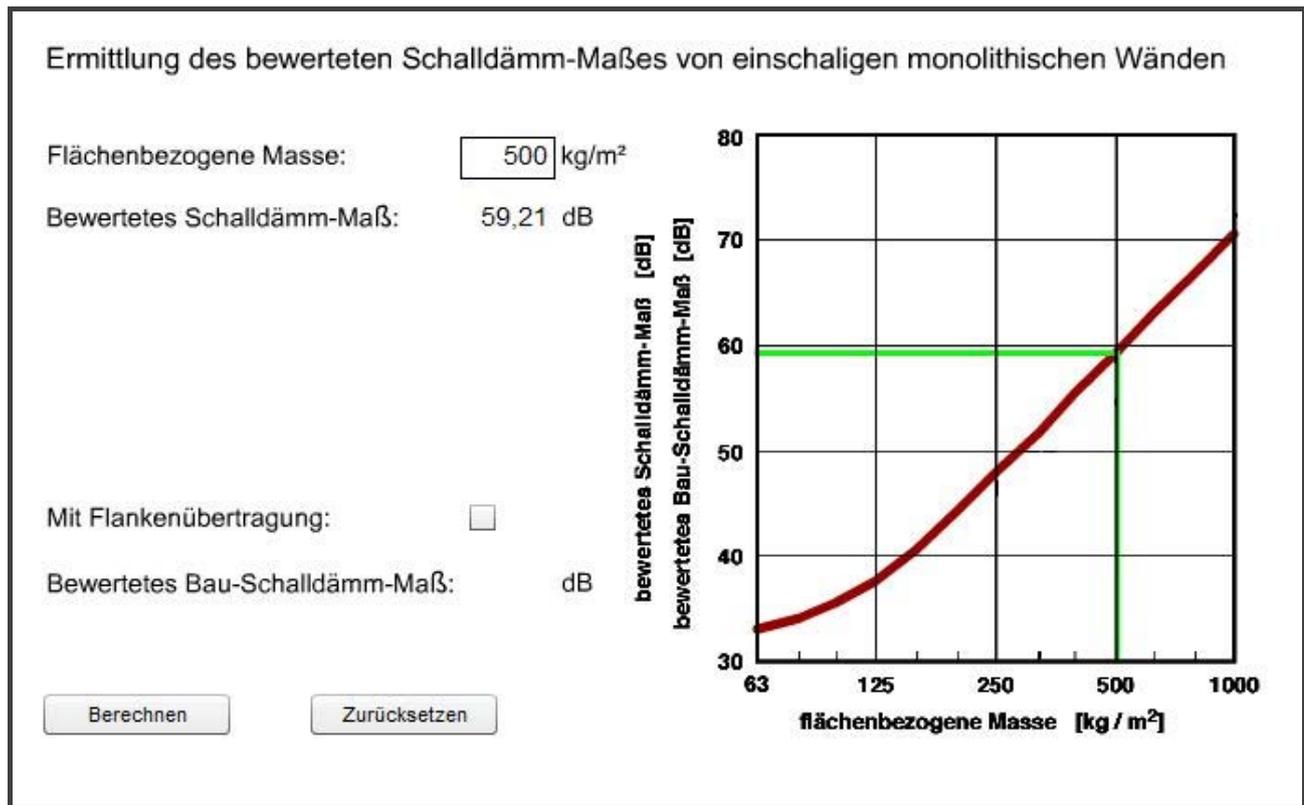


Bild 37 Screenshot der Eingabemaske zur Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes einschaliger monolithischer Bauteile.

4.4.8 Schalldämmung zusammengesetzter Bauteile

Nicht selten setzen sich Bauteile aus Flächenanteilen unterschiedlicher Schalldämmung zusammen, wie Wände mit Türen oder Fenstern. Bei bekannten Schalldämm-Maßen R_i der einzelnen Bauteilbereiche ist das resultierende Schalldämm-Maß R_{res} des Gesamtbauteils von Interesse. Da die Schalldämmung eine logarithmische Kenngröße darstellt, ist eine arithmetische Mittelwertbildung nicht erlaubt. Die hierzu erforderliche energetische Mittelung würde von Nutzern ohne Vorkenntnisse ein langwieriges Einarbeiten in die Materie verlangen. Um diesen Aufwand zu minimieren, wurde das Werkzeug zur Berechnung der resultierenden

Schalldämmung zusammengesetzter Bauteile entwickelt (Bild 38). Eine grafische Oberfläche erläutert die Eingabe der Teilflächen und ihrer SchalldämmMaße. Der Nutzer kann beliebig oft neue Daten und verschiedene Flächenzusammensetzungen ausprobieren und das Ergebnis „experimentell“ bestimmen. Ein Fragezeichen-Symbol (Bild 38 rechts oben) bietet eine Hilfefunktion an.

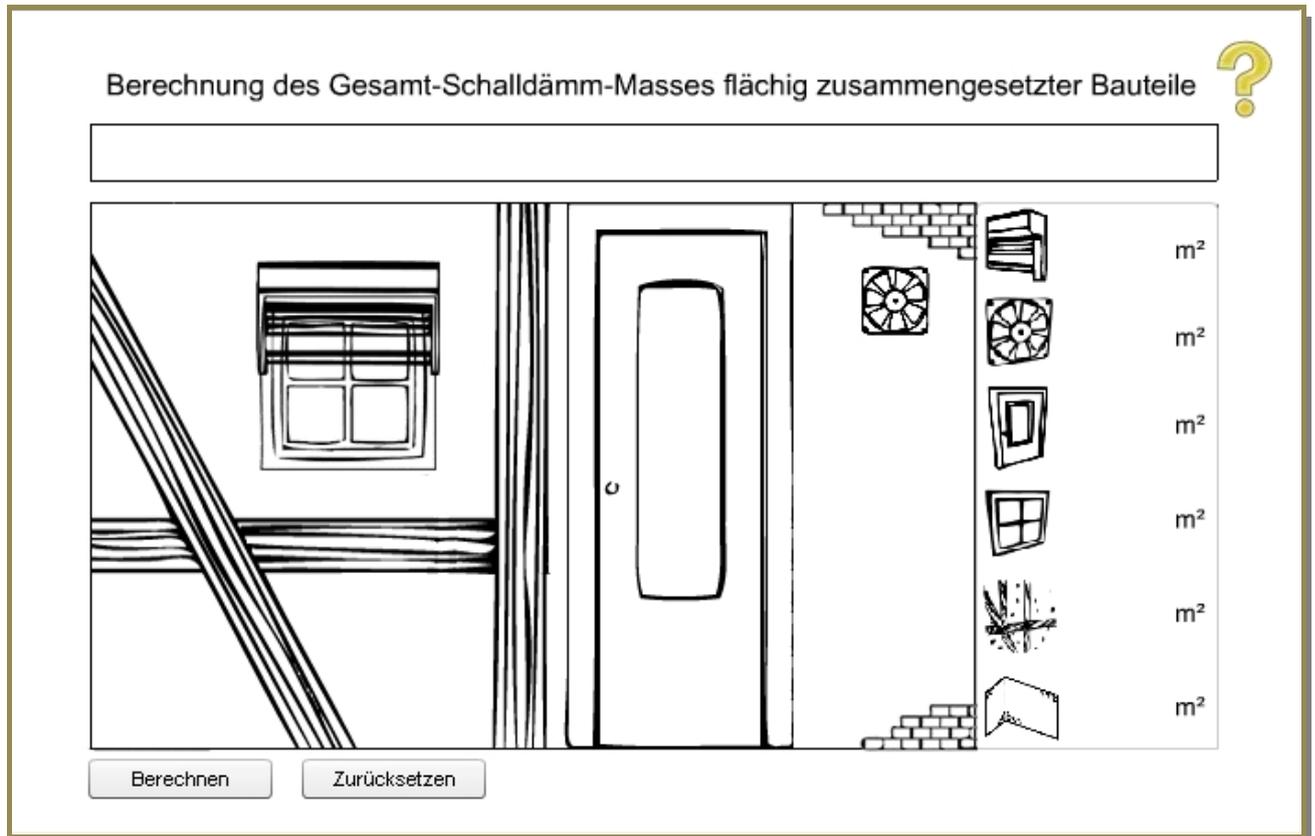


Bild 38 Screenshot der Eingabegrafik zur interaktiven Auswahl der Elemente zur Berechnung der resultierenden Schalldämmung zusammengesetzter Bauteile.

5. Beispiele für die Nutzung des Portals

Zur Verdeutlichung der Funktionsweise des Portals sollen hier beispielhaft zwei unterschiedliche Nutzeranfragen durchgespielt werden, die Modernisierung einer

- Außenwandkonstruktion bei Einstieg durch Angabe von konkreten Baukonstruktionen und einer
- Deckenkonstruktion bei Einstieg durch Angabe der Alters-Nutzungs-Klasse des Gebäudes.

5.1 Außenwandkonstruktion

Beim Einstieg durch die Angabe einer konkreten Außenwandkonstruktion wird der Nutzer auf eine nächst tieferliegende Ebene mit der animierten Grafik eines im Schnitt dargestellten Gebäudes (Bild 12) hingeleitet. Durch einen Mausklick im Koordinatenbereich der Außenwände löst der Nutzer die Weiterleitung zum zugehörigen Kapitel im Modul „Baukonstruktionen“ aus. Er landet auf der ersten Seite der Bauteilgruppe Außenwände (siehe auch Bild 27). Dort befindet sich die allgemeine Beschreibung des Bauteiltyps mit weiteren Verweisen auf spezifische Konstruktionsbeschreibungen, die mit den konkreten Maßnahmen verlinkt sind. Natürlich hat der Nutzer auch die Möglichkeit, über die Gliederung des Moduls Außenwände direkt zu den Maßnahmenbeschreibungen zu gelangen (Bild 39).

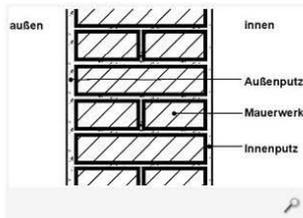


Bild 39 Screenshot der Gliederungsansicht „Außenwände“ mit der Strukturierung der Inhalte im Nebenfester und Darstellung der drei „Ordner Ebenen“.

Die Gestaltung der Seiten hängt vom verwendeten Browser und der dort gewählten Fensterbreite ab. In Bild 40 und Bild 41 sind Beispiele derselben Seite in unterschiedlich eingestellten Bildschirmdarstellungen zu sehen. Durch die Veränderung der Seitenbreite werden die Bilder nicht verkleinert. Lediglich die Abstände und die Zeilenlängen ändern sich. Der Text wird neu umbrochen und erscheint in einem anderen Layout.

Bestand - Einschalige Massivwände

Einschalige Massivwände können aus verschiedenen Materialien bestehen, z.B. Stahlbeton, Mauerwerk,... In den unten folgenden Bildern ist eine einschalige Massivwand aus Mauerwerk dargestellt. Die Unterschiede verschiedener Materialien liegen vor allem in Bereichen der Tragfähigkeit und im konstruktiven Bereich, aber auch die bauphysikalischen Eigenschaften (z.B. die [Wärmeleitfähigkeit](#), [Elastizitätsmodul](#), usw.) sind unterschiedlich. Dennoch wird hier nicht weiter zwischen verschiedenen einschaligen Massivwänden unterschieden, da die Prinzipien und die bauphysikalischen Phänomene im Wesentlichen gleich sind.



Im Bestand sind alte, gemauerte Massivwände oft aus Ziegelsteinen im Normalformat zu finden. Großformatige Mauersteine wurden erst in den 60er und 70er Jahren entwickelt. Die [flächenbezogene Masse](#) von gemauerten Wänden errechnet sich aus der Rohdichte ρ der Steine oder Platten. Dabei muss der Fugenanteil, sowie der verwendete Mörtel (Normalmörtel mit $\rho \approx 1500 \text{ kg/m}^3$ oder Leichtmörtel mit $\rho \approx 1000 \text{ kg/m}^3$) berücksichtigt werden. Es spielt nur eine geringfügige Rolle, ob die Lagerfugen voll verfügt oder geklebt und die Stoßfugen einfach verzahnt, mit Mörteltaschen verfüllt oder knirsch gestoßen werden.

Bild 1.1-1: Bestandsaußenwand aus Mauerwerk

Die flächenbezogene Masse versteht sich einschließlich eventueller Putzschichten, soweit sie fest mit der Wand verbunden sind. Dabei kann für die verschiedenen [Putze](#) mit den Werten der \rightarrow [Tabelle AS-2](#) gerechnet werden. Die Zunahme der flächenbezogenen Masse durch die Putzschichten ist zwar im Verhältnis zur Wandmasse meist relativ gering, die Putze haben dennoch bei gemauerten Wänden eine nicht zu vernachlässigende Aufgabe, denn sie sorgen für deren Dichtigkeit.

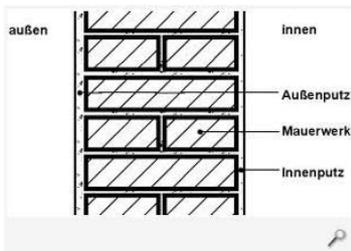


Bild 1.1-2: Foto einer Mauerwerksaußenwand (Bildquelle: HWK Münster)

Bild 40 Screenshot einer Seite in einem breit angelegten Browserfenster.

Bestand - Einschalige Massivwände

Einschalige Massivwände können aus verschiedenen Materialien bestehen, z.B. Stahlbeton, Mauerwerk,... In den unten folgenden Bildern ist eine einschalige Massivwand aus Mauerwerk dargestellt. Die Unterschiede verschiedener Materialien liegen vor allem in Bereichen der Tragfähigkeit und im konstruktiven Bereich, aber auch die bauphysikalischen Eigenschaften (z.B. die [Wärmeleitfähigkeit](#), [Elastizitätsmodul](#), usw.) sind unterschiedlich. Dennoch wird hier nicht weiter zwischen verschiedenen einschaligen Massivwänden unterschieden, da die Prinzipien und die bauphysikalischen Phänomene im Wesentlichen gleich sind.



Im Bestand sind alte, gemauerte Massivwände oft aus Ziegelsteinen im Normalformat zu finden. Großformatige Mauersteine wurden erst in den 60er und 70er Jahren entwickelt. Die [flächenbezogene Masse](#) von gemauerten Wänden errechnet sich aus der Rohdichte ρ der Steine oder Platten. Dabei muss der Fugenanteil, sowie der verwendete Mörtel (Normalmörtel mit $\rho \approx 1500 \text{ kg/m}^3$ oder Leichtmörtel mit $\rho \approx 1000 \text{ kg/m}^3$) berücksichtigt werden. Es spielt nur eine geringfügige Rolle, ob die Lagerfugen voll verfügt oder geklebt und die Stoßfugen einfach verzahnt, mit Mörteltaschen verfüllt oder knirsch gestoßen werden.

Bild 1.1-1: Bestandsaußenwand aus Mauerwerk

Die flächenbezogene Masse versteht sich einschließlich eventueller Putzschichten, soweit sie fest mit der Wand verbunden sind. Dabei kann für die verschiedenen [Putze](#) mit den Werten der \rightarrow [Tabelle AS-2](#) gerechnet werden. Die Zunahme der flächenbezogenen Masse durch die Putzschichten ist zwar im Verhältnis zur Wandmasse meist relativ gering, die Putze haben dennoch bei gemauerten Wänden eine nicht zu vernachlässigende Aufgabe, denn sie sorgen für deren Dichtigkeit.



Bild 41 Screenshot derselben Seite wie in Bild 40, jedoch in einem schmalen Browserfenster mit verändertem Zeilenumbruch.

5.2 Deckenkonstruktion

Wie der Nutzer des Portals die Antworten auf die bauphysikalischen Fragen seiner gegebenen Baukonstruktionen und die dazu passenden Verbesserungsmaßnahmen findet, soll hier anhand eines zweiten Beispiels erläutert werden. Es wird eine fiktive Holzbalkendecke aus den 1930er Jahren angenommen. Die sichtbaren Balkenquerschnitte seien gesund und ausreichend dimensioniert. Es werden Lösungen zur Verbesserung des Trittschallschutzes gesucht.

Die Gliederung der Bauteilgruppe „Decken“, wie sie in ILIAS für den Nutzer sichtbar ist, nachdem er von der Eingangsseite zu diesem Modul verlinkt wurde, zeigt Bild 42. Wenn der Nutzer vorher die Tabelle „Altersnutzungsklassen“ aufgerufen hat und dort auf seine Konstruktion im Bestand geklickt hat, wird er unmittelbar auf die entsprechende Seite für eine vermutlich aus der genannten Zeit stammende Holzbalkendecke hingeleitet. Der Nutzer gelangt zu dem ihn interessierenden Thema entweder durch Navigation über das Inhaltsverzeichnis, wie es in Bild 42 dargestellt, oder über die erste Seite des Kapitels mit der „Allgemeinen Beschreibung“ von Decken. Diese Seite enthält die gesuchten Verlinkungen zu den Holzbalkendecken im Bestand (Bild 43).

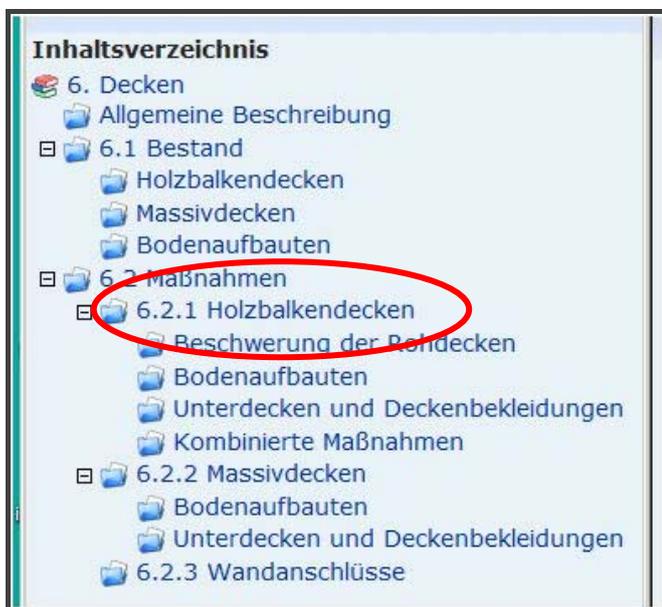


Bild 42 Screenshot der Gliederungsansicht des Moduls „Decken“.

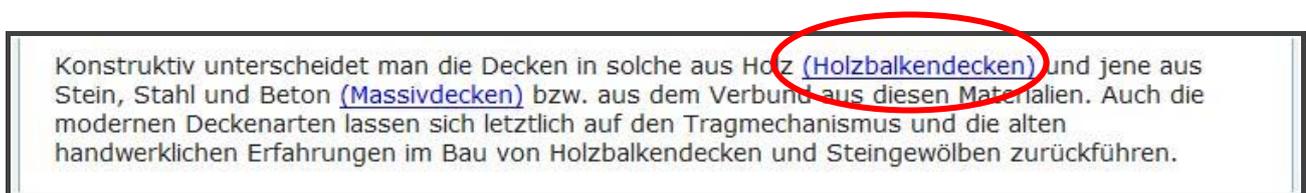


Bild 43 Screenshot eines verlinkten Textes in Bezug auf Holzbalkendecken.

Zu den in Frage kommenden Maßnahmen kann der Nutzer sowohl durch die Navigationsstruktur des Inhaltsverzeichnisses als auch durch die Links zu den entsprechenden Maßnahmen geführt werden (Bild 45).



Bild 44 Screenshot einer Beispielseite im ILIAS-Modul „Decken“ zum Unterkapitel „Holzbalkendecken im Bestand“.



Bild 45 Screenshot der Maßnahmenliste jeweils am unteren Ende der Bestandsseite. Die Navigationspfeile „links“ und „rechts“ führen zu den jeweils davor und danach folgenden Seiten.

6. Funktionseinschränkungen der technischen Infrastruktur

Die Verwendung eines vorkonfigurierten Content Management Systems wie ILIAS bietet den Vorteil, den Aufwand für die Pflege der programmtechnischen Funktionen gering zu halten. Dennoch mussten bestimmte Anpassungen und Voreinstellungen vorgenommen werden. Dabei traten verschiedene Mängel in der Benutzerführung und Handhabbarkeit des Content Management Systems zu Tage, insbesondere beim Einpflegen bestimmter Inhalte. So gestaltet sich die Eingabe von Tabellen sehr mühsam, ein Import von offline in einem gängigen Tabellenkalkulationsprogramm erstellten Tabellen funktioniert nicht. Ist eine Tabelle schließlich erstellt, kann sie bei späterer Reorganisation des Seitenlayouts bei Bedarf nicht umbrochen werden. Größere Tabellen müssen aufwändig vollständig neu eingegeben werden.

Auch eine automatische Aktualisierung von Referenzen auf im Text eingearbeitete Objekte, wie Bilder oder Tabellen und deren Nummerierungen, ist nicht möglich. Diese müssen manuell überprüft und eingesetzt werden. Beim Einfügen neuer Objekte müssen evtl. Bild- oder Tabellennummern sämtlicher schon eingearbeiteter Objekte mühsam aktualisiert werden, ebenso existierende Verweise auf diese Objekte. Das gleiche Problem tritt bei den Gliederungsnummern von Aufzählungen auf, auch diese lassen sich nicht automatisiert verwalten und aktualisieren.

Grundsätzlich kann das Layout wegen der servergestützten Anwendung nur bis zu einem gewissen Grad verändert werden. Die Vorteile einer Textverarbeitung, die beispielsweise unterschiedliche Zeilenabstände bei Verwendung von Exponenten bzw. Indizes vermeidet und Seitenformatierungen wie den Blocksatz kennt, fehlen.

Struktur und Aufbau eines Lernmoduls sind nachträglich schwer zu ändern. Die Struktur muss vor Beginn des Einarbeitens der Inhalte genau festliegen, sonst sind Änderungen nur sehr zeitaufwendig durchzuführen.

7. Öffentlichkeitsarbeit und Evaluierung

Bereits in der Bearbeitungsphase des Projektes wurde das Vorhaben der Öffentlichkeit vorgestellt. Die erste Sitzung der projektbegleitenden Arbeitsgruppe fand am 4. Dezember 2007 statt. In diesem Kreis wurden die Grundsätze des Vorhabens anhand eines Kurzvortrages dargestellt. Anschließend wurden die Möglichkeiten, wie die Datensammlung durch die Mitglieder der Gruppe unterstützt werden könnte, diskutiert. Das erste Mal wurde das Projekt vom 8. bis 12. Januar 2008 an der Baufachmesse DEUBAU in Essen anhand eines Posters und eines Handouts am Stand des BBR präsentiert.

Am 31. Januar 2008 wurde in einem fakultätsinternen Vortrag im Rahmen des Bauphysikalischen Kolloquiums über die geplante Vorgehensweise, die ersten Ansätze und Stand der Arbeiten berichtet. Am Tag der Bauphysik, am 25. Februar 2008, wurde das Web-Portal mit einem zu diesem Anlass gefertigten Poster den Teilnehmern der Veranstaltung vorgestellt. Einer breiten Öffentlichkeit wurde das Web-Portal am Tag der Wissenschaft 2008 und 2009 auf dem Uni-Campus in Stuttgart Vaihingen präsentiert.

Vom März bis November 2009 wurde das Portal in einem ersten Probetrieb getestet. Ein ausgewählter Kreis von Experten und Studenten überprüfte die vorhandenen Funktionen im Internet online. Die Rückmeldungen konnten helfen, das Portal sowohl inhaltlich als auch hinsichtlich der Nutzerführung zu verbessern. Aufgrund der Anregungen, die vor allem die Navigation des Portals betrafen, wurde eine Fußleiste entwickelt, die das „Zurückfinden“ auf die Eingangsseiten erleichtert. Mehrere Testnutzer fanden die Vielzahl der Verlinkungen verwirrend. Deshalb wurde die Anzahl der Verlinkungen reduziert und darauf geachtet, dass in einem Abschnitt kein Begriff mehrmals verlinkt wird.

Aus dem Kreis der Testnutzer wurde auch der Wunsch geäußert, denkmalgeschützten Bauten mehr Aufmerksamkeit zu widmen und die bauphysikalischen Probleme dieser Gebäude ausführlicher zu behandeln. Diesem Wunsch entsprechend wurden im Modul Baukonstruktionen Hinweise eingebracht, falls die Maßnahme für den Einsatz bei der Modernisierung von denkmalgeschützten Bauten geeignet ist. Die Belange dieser Bauwerke sollten jedoch nicht zum Schwerpunkt des Portals werden.

8. Zusammenfassung und Ausblick

Die Notwendigkeit einer bauphysikalischen Bildung aller am Bau Beteiligten ist unumstritten. Insbesondere bei der Altbaumodernisierung sind wegen der komplexen Wirkungszusammenhänge von Modernisierungsmaßnahmen solche Kenntnisse unabdingbar. Hierzu soll das Web-Portal „Bauphysikalische Altbaumodernisierung“ einen Beitrag leisten. Es ist seit Ende 2009 allen am Bau Beteiligten, vom Handwerker bis zum interessierten Bauherrn, zugänglich. Das Internet und die darauf aufbauenden Dienste bieten die Möglichkeit, diese Inhalte in multimedialer Form zu präsentieren.

Das Web-Portal „Bauphysikalische Altbaumodernisierung“ hat einen modularen Aufbau. Das bedeutet, dass der Nutzer je nach Aufgabenstellung zu verschiedenen bauphysikalisch richtigen Lösungen geführt wird und Erklärungen sowie Hinweise erhält, welche bauphysikalischen Phänomene bei der Lösung der gegebenen bautechnischen Aufgaben zu beachten sind. Tiefe und Umfang seiner Recherchen innerhalb der verschiedenen Module des Portals hängen von seinem Interesse ab.

Im Modul „Baukonstruktionen“ steht ein Maßnahmenkatalog zur Verfügung, der das Auffinden von geeigneten Maßnahmen aufgrund der im Bestand vorhandenen Konstruktionen erleichtert. Falls die Bestandskonstruktionen nicht vollständig bekannt sind, kann der Nutzer aufgrund der Alters-Nutzungs-Klassen der Objekte die in Frage kommenden Maßnahmen eingrenzen. In den weiteren Schritten kann der Nutzer darüber hinaus weitere Module in Anspruch nehmen, um seine Kenntnisse auf dem Gebiet der Bauphysik zu vertiefen und die Wirksamkeit der gewählten Maßnahmen besser zu verstehen. Um begriffliche Fragen zu klären oder einfache Sachverhalte kurz zu erläutern, stehen die Seiten des Moduls Glossar zur Verfügung. Dieses Modul umfasst die wichtigsten Begriffe aus den Teilgebieten Wärme, Feuchte und Schall, eine Sammlung bautechnischer Begriffe und eine Liste von relevanten Normen und Richtlinien. Im Glossar sind die Begriffserläuterungen kurz gefasst. Um detaillierteres Wissen zu den einzelnen Themen bereitzustellen, wurde das Modul Grundlagen entwickelt. Dieses Modul kann für den Nutzer auch als Nachschlagewerk dienen.

In vielen Fällen ist der Nutzer an konkreten Zahlenwerten interessiert, beispielsweise um die Ausführungsvarianten seiner Maßnahmen miteinander zu vergleichen. Um bauphysikalische Kenngrößen ohne Rechenaufwand und schnell ermit-

teln zu können, stehen dem Nutzer einige Tools im Modul Berechnungswerkzeuge zur Verfügung.

Zwei bedeutende Teilgebiete der Bauphysik „Brandschutz“ und „Tageslicht“ wurden vereinbarungsgemäß nicht oder nur am Rande behandelt. Viele Themen konnten im Portal noch nicht aufgenommen werden. Im Rahmen des Projektes wurde festgestellt, dass über manche alte Bauteile nicht genügend Informationen zur Verfügung stehen. Ein Beispiel ist der Baustoff Lehm. Obwohl die Anwendung von Lehm in Deutschland sowohl in der Sanierung als auch im Neubau immer populärer wird, gibt es wenige zuverlässige Quellen über diese Bauweise. Es fehlen Messwerte beispielsweise über das genaue Sorptionsverhalten und über die Schalldämmung von Baukonstruktionen, die vollständig oder teilweise aus Lehm erstellt worden sind. Diese Lücken sollten noch geschlossen werden.

In dieser ersten Phase des Portals war nicht vorgesehen zur Wirtschaftlichkeit der beschriebenen Maßnahmen Stellung zu nehmen. Das Portal gibt auch keine Auskunft darüber, wie die verschiedenen Maßnahmen miteinander zu kombinieren sind. Es ist aber sinnvoll bei der Erweiterung des Portals, diesen beiden Aspekten nachzugehen. Dadurch würde die alltägliche praktische Nutzung des Portals noch komfortabler.

Insgesamt gibt das Web-Portal Bauphysikalische Altbaumodernisierung dem Nutzer ein praktisches Instrument in die Hand, das möglichst viele bauphysikalische Fragen in der Altbaumodernisierung beantworten kann.

9. Literatur

- [1] Dritter Bericht über Schäden an Gebäuden. Hrsg.: Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (1995).
- [2] Neufert, E.: Bauordnungslehre. Volk und Reich Verlag, Berlin (1943).
- [3] Neufert, E.: Bauentwurfslehre – Handbuch für den Baufachmann, Bauherrn, Lehrenden und Lernenden. Im Bauwelt Verlag, Berlin-Tempelhof (1954).
- [4] Schmitt, H.: Hochbaukonstruktion. Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig / Wiesbaden, 8. Auflage (1980).
- [5] Gábor, L.: Baukonstruktionslehre (Épületszerkezettan), Band I. und IV, Tankönyvkiadó, Budapest (1962) und (1977).
- [6] Eichler, F. Bauphysikalische Entwurfslehre. Band I Berechnungsgrundlagen. 2 Auflage, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin (1968).
- [7] Ahnert, R.; Krause, K.: Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960. VEB Verlag für Bauwesen, Berlin (1985) und Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin (1986).
- [8] Voormann, F.: Historische Hohlsteindecken – Entwicklungsgeschichte und statisch-konstruktive Analysen. Der Andere Verlag GmbH, Tönning (2009).
- [9] Arendt, C.: Altbau-Erneuerung – Leitfaden zur Erhaltung und Modernisierung alter Häuser. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart (1981).
- [10] Meyer-Bohe, W.: Reihe: Elemente des Bauens Band 1 bis 14, Verlagsanstalt Alexander Koch GmbH, Stuttgart (1975) bis (1983).
- [11] Reiher, H., Gösele, K. und Jehle, R.: Schalltechnische Untersuchungen an Holzbalkendecken. In: Schallschutz von Bauteilen, Verlag W. Ernst & Sohn, Berlin (1960).
- [12] Sasse, H.: Baustoffhandbuch der Altbausanierung – Instandhaltung, Instandsetzung, Modernisierung. Otto Elsner Verlagsgesellschaft, Darmstadt (1980).
- [13] Braun, Th. (Hrsg.): Techniken der Instandsetzung und Modernisierung im Wohnungsbau – Grundsätze, Methoden und Details, dargestellt an Beispielen aus den Sanierungsarbeiten Berlin-Schöneberg und Charlottenburg. Aus der Reihe: Ein Neue Heimat-Werkstattbuch. Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin (1981).
- [14] Balkowski, F.D.: Wärmedämmend bauen, Heizkosten sparen – Behaglich wohnen in Alt- und Neubauten. Aus der Reihe: Bauratgeber planen + wohnen. Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin (1980).

- [15] Balkowski, F.D.: Sanierung historischer Bausubstanz – Bewertung des Zustandes – Sanierung – Nutzungsanpassung – Sanierungsbeispiele. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln (1982).
- [16] Maniecki, G.: Umbau alter Häuser – Konstruktion, Tragverhalten, Berechnung. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln (1983).
- [17] Kunz, H. (Hrsg.): Probleme mit verputzter Außenwärmedämmung - Baumängel, Behebung und Vorbeugung, Forum Mängel und Qualität im Bauwesen; Eine Dokumentationsreihe. Baufachverlag, Dietikon (1984).
- [18] Oswald, R., Rogier, D., Lamers, R. und Schnapauff, V.: Außenwände und Fensteranschlüsse – Konstruktionsempfehlungen zur Altbausanierung; Feuchtigkeitsschutz, Wärmeschutz, Oberflächenbehandlung, Tragwerksanierung. Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin (1985).
- [19] Meyer-Bohe, W.: Gebäudeerneuerung – Altbaumodernisierung und -sanierung – Aktuelle Projekte und Details. WEKA-Verlag, Verlag für Baufachliteratur, Kissing (1986).
- [20] Reul, H.: Handbuch Bautenschutz Bausanierung – Leitfaden für die Sanierungsbranche. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln, 2. Auflage (1991).
- [21] Arendt, C.: Altbausanierung – Leitfaden zur Erhaltung und Modernisierung alter Häuser. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart (1993).
- [22] Cziesielski, E. und Kohl, I.: Sanierungsgrundlagen Plattenbau - Katalog Instandsetzung und Modernisierung von vorgefertigten Außenwänden. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart (1994).
- [23] Oswald, R., Lamers, R. und Schnapauff, V.: Nachträglicher Wärmeschutz für Bauteile und Gebäude. Forschungsauftrag: Verbesserung des Wärmeschutzes im Gebäudebestand, konstruktive, bauphysikalische und funktionale Aspekte, Ausführungsbeispiele an charakteristischen Gebäudetypen. Bauverlag GmbH Wiesbaden und Berlin (1995).
- [24] Cziesielski, E. (Hrsg.): Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen. B.G. Teubner Verlag, Stuttgart (1997).
- [25] Dittrich, H.: Feuchteschäden im Altbau – Ursachen – Verhinderung – Behebung. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln (1986).
- [26] Schild, E., Oswald, R., Rogier, D., Schnapauff, V., Schweikert, H. und Lamers, R.: Flachdächer, Dachterrassen, Balkone. Aus der Reihe: Schwachstellen – Schäden, Ursachen, Konstruktions- und Ausführungsempfehlungen Band 1, Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 4. Auflage (1987).
- [27] Buss, H.: Bauwerksfugen und Durchdringungen. Aus der Reihe: Bauschäden – beurteilen und beheben durch konkrete Lösungen im Detail, Band 7. WEKA Fachverlage, Kissing (1989).

- [28] Hofmeister, G.: Bauschäden an Holzbalkendecken in Feuchtraumbereichen – Bauschäden an der Altbausubstanz in den neuen Bundesländern infolge unterlassener oder mangelhafter Instandhaltung und Instandsetzung. Bauforschung für die Praxis, Band 9, Hrsg.: Institut für Regional- und Baumarktentwicklung GmbH, Leipzig, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart (1995).
- [29] Zimmermann, G. (Hrsg.); Ruhnau, R. und Fouad, N.: Schäden an Außenwänden aus Mehrschicht-Betonplatten. Aus der Reihe: Schadenfreies Bauen Band 19. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart (1998).
- [30] Krus, M.; Sedlbauer, K. und Fitz, C.: Neue Lösungen zur energetischen Sanierung von Fachwerkhäusern. In: Europäischer Sanierungskalender 2009 – Lehm- und Holzschutz, Bautenschutz, Bauwerkserhaltung, Bauwerksinstandsetzung, Restaurierung, Denkmalpflege, Beuth Verlag, Berlin (2009).
- [31] Fitz, C. und Künzel, H.: Alterungsverhalten von Mineralwolleplatten in Wärmedämmverbundsystemen. Bauphysik 31, Nr. 3, S.186-191 (2009).
- [32] Hauser, G., Schade, A. und Sinnesbichler, H.: Dämmung in Steildächern – Die wärmeschutztechnische Wirkung unterschiedlicher Systeme. Isolier-Technik 35, Nr.3, S.28-31 (2009).
- [33] Schmidt, D., Sager, C., Schurig, M., Torio, H. und Kühl, L.: Projektverbund LowEx: Nutzung von regenerativen Energiequellen in Gebäuden durch den Einsatz von Niedrig-Exergiesystemen. IBP-Bericht, ES-342 01/2009 (2009).
- [34] Zirkelbach, D., Künzel, H.M. und Bludau, C.: Begrünte Holzdächer ohne Dampfbremse. In: Maas, A.: Umweltbewusstes Bauen – Energieeffizienz, Behaglichkeit, Materialien. Festschrift zum 60. Geburtstag von Gerd Hauser, S.611-620, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart (2008).
- [35] Erhorn-Kluttig, H. und Erhorn, H.: Erfolgreiche Sanierungen an 8 Demonstrationsgebäuden in ganz Europa – das integrierte EU-Leitprojekt "BRITA in PuBs". IBP-Mitteilung 35, Nr. 488 (2008).
- [36] Sedlbauer, K., Krus, M. und Breuer, K.: Schimmel innen, Algen außen – wo liegt das Problem? Ursachenanalyse und Strategien zur Vermeidung. In: Horschler, S. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH, Mauerwerkstage 2008. Hannover, S.93-109 (2008).
- [37] Krus, M. und Fitz, C.: Sichtfachwerk mit innenliegender Dämmung. Neuartiges Messverfahren zur Ermittlung der Fugendichtheit und rechnerischen Beurteilung des Konvektionseinflusses. In: Ansorge, D.: Historische Holzbauwerke und Fachwerk. Instandsetzen – Erhalten. Vol. 1: Schwerpunkt Wärme- und Feuchteschutz. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, S.129-148 (2008).
- [38] Maysenhölder, W.: Schallschutz mit Vakuumisulationspaneelen. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart (2009).
- [39] Mehra, S.R.: Bau- und Raumakustik. Vorlesungsumdruck, Universität Stuttgart WS 2009/10 (2009).

- [40] Mehra, S.R.: Lärm und Lärmbekämpfung, Vorlesungsumdruck, Universität Stuttgart WS 2009/10 (2009).
- [41] Gertis, K., Mehra, S.R. und Sedlbauer, K.: Bauphysik. Vorlesungsumdruck WS 2009/10 (2009).
- [42] Multimediales Lernnetz Bauphysik (LNB) – Wärme, Feuchte, Schall, Licht, Brandschutz online lernen. Projektverbund Lernnetz Bauphysik (Stand Dezember 2003)
<http://www.lernnetz-bauphysik.de>
- [43] Mehra, S.R., Röseler, H. und Sedlbauer, K.: Erster akkreditierter Masterstudiengang Bauphysik. Bauphysik 30, Nr.4, S.260-266 (2008).
- [44] Veres, E.; Brandstetter, K.; Kerschkamp, F. und Mechel, F. P.: Verbesserung des baulichen Schallschutzes in Mehrfamilienhäusern der 50er und frühen 60er Jahre. Bericht aus dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik, BB 222/90 (1990).
- [45] Internetseite des Paul Schnitker-Hauses — Demonstrationszentrum Bau und Energie (Stand November 2009)
<http://www.demozentrum-bau.de>
- [46] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden. (Energieeinsparverordnung – EnEV). Vom 24. Juli 2007 (BGBl. I S. 1519) FNA 754-4-10, Zuletzt geändert durch Art. 1 ÄndVO vom 29. 4. 2009 (BGBl. I S. 954), in Kraft seit 01.10.2009.
- [47] Homepage der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (Stand November 2009)
http://www.bph.hbt.arch.ethz.ch/Filep/index_nn6.html
- [48] „Bauphysik interaktiv“ –eine Web-Seite der Universität Duisburg-Essen, Campus Essen (Stand November 2009)
<http://www.uni-due.de/ibpm/Bauphysik-Interaktiv/>
- [49] Forschung für Energieoptimiertes Bauen– Forschungsbereich »Energetische Verbesserung der Bausubstanz« EnSan (Stand November 2009)
<http://www.enob.info/de/forschungsfelder/ensan/>
- [50] Homepage eines Handwerksbetriebes mit speziellen Angeboten für den Bereich Altbau (Stand November 2009)
<http://www.nagel-maler-stuck.de/altbau.htm>
- [51] Homepage eines Dämmstoffherstellers mit Hinweisen auf die Anwendung des Produktes im Altbaubereich (Stand November 2009)
<http://www.climacell.de/daemmung-altbau.html>
- [52] Katalog bauphysikalisch und ökologisch geprüfter Holzbauteile. Medieninhaber: Verein „Österreichische Gesellschaft für Holzforschung“ (Stand November 2009)
<http://www.dataholz.com/de/>

- [53] Homepage des VIRTUS-Projektes der Universität zu Köln (Stand November 2009)
<http://www.virtus.uni-koeln.de/virtus/index.html>
- [54] Haupt-ILIAS-Seite der Universität Stuttgart (Stand November 2009)
<https://ilias3.uni-stuttgart.de/>
- [55] ILIAS 2 e-Learning – Aktuelle Version von ILIAS mit Download und Support (Stand November 2009)
<http://www.ilias.de/docu/>
- [56] Ohne Verfasser: ILIAS Handbücher für Version 3.9, Qualitus GmbH, Köln (2007).
- [57] User Documentation, User Guide and Reference Manuals (Stand November 2009)
http://www.ilias.de/docu/goto_docu_cat_581.html
- [58] GNU Operating System, General Public License, Version 3, 29 June 2007
<http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html>
- [59] Offizielle Web-Seite für PHP-User (Stand November 2009)
<http://www.php.net/>
- [60] Homepage des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (Stand November 2009)
<http://www.bbr.bund.de>
- [61] Homepage des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung BMVBS (Stand November 2009)
<http://www.bmvbs.de/>
- [62] Homepage der Forschungsinitiative Zukunft Bau (Stand November 2009)
http://www.bbsr.bund.de/cln_016/nn_66474/BBSR/DE/FP/ZB/zukunftbau_no_de.html
- [63] Homepage der Universität Stuttgart (Stand November 2009)
<http://www.uni-stuttgart.de/>
- [64] OFE, Online Formel Editor (Stand November 2009)
<http://www.dabo83.de/visual/formula.php?>
- [65] Mathematischer Formeleditor zur Online-Nutzung im Internet. Erzeugt Bilder im png-Format. (Stand November 2009)
<http://fed.optimath.com/mathetreff.php>
- [66] Mathematical Markup Language (MathML) Version 2.0 (Second Edition) (Stand November 2009)
<http://www.w3.org/TR/MathML2/>
- [67] LaTeX – A document preparation system (Stand November 2009)
<http://www.latex-project.org/>

- [68] Homepage jsMath (Stand November 2009)
<http://www.math.union.edu/~dpvc/jsMath/welcome.html>
- [69] DIN EN ISO 6946 Bauteile — Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient — Berechnungsverfahren (2008).
- [70] DIN 4108 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden
Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz(2003)
Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung (2001), Berichtigung (2002)
Teil 4 (Vornorm): Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte (2007).
- [71] DIN EN 12354 – Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften. Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen (2000).

Anhang 1 Zusammenstellung der im Modul „Grundlagen“ enthaltenen Seiten

Wärme

W-1 Grundbegriffe der Wärmeübertragung

- W-1.1 Wärmeleitung
- W-1.2 Wärmekonvektion
- W-1.3 Wärmestrahlung

W-2 Grundbegriffe der Wärmeübertragung

- W-2.1 Wärmeleitung und Wärmekonvektion
- W-2.2 Wärmestrahlung
- W-2.3 Strahlungseigenschaften von Gläsern
- W-2.4 Strahlungseigenschaften von Oberflächen
- W-2.5 Strahlungsaustausch planparalleler Flächen

W-3 Energiebilanzen

- W-3.1 Thermisches Verhalten von Räumen
- W-3.2 Thermisches Verhalten von Außenbauteilen

W-4 Energieeinsparung

- W-4.1 Lüftungswärmeverluste
- W-4.2 Transmissionswärmeverluste
- W-4.3 Bauliche Maßnahmen
 - W-4.3.1 Außendämmung
 - W-4.3.2 Innendämmung
 - W-4.3.3 Kerndämmung
 - W-4.3.4 Mantelbauart

W-5 Instationäre Wärmeübertragung

- W-5.1 Periodische Temperaturschwankungen

W-6 Wärmebrücken

Feuchte

Feuchteeinwirkungen

- F-1 Feuchtetechnische Grundbegriffe
- F-2 Feuchtetransport: Wasserdampfdiffusion
- F-3 Vermeidung von Oberflächentauwasser
- F-4 Glaser-Verfahren (1)

Schall

- S-1 Akustische Grundbegriffe
 - S-1.1 Schallwellen
 - S-1.2 Schallpegel
 - S-1.3 Subjektive Wahrnehmung von Schall
 - S-1.4 A-Bewertung
- S-2 Raumakustik
 - S-2.1 Schall in geschlossenen Räumen
 - S-2.2 Schallabsorptionsgrad
 - S-2.3 Nachhallzeit
 - S-2.4 Schallabsorber
- S-3 Luft- und Trittschalldämmung
 - S-3.1 Luftschalldämmung
 - S-3.2 Schalldämmung einschaliger Bauteile
 - S-3.3 Messung der Schalldämmung
 - S-3.4 Bewertung der Luftschalldämmung
 - S-3.5 Messung der Trittschalldämmung
 - S-3.6 Bewertung der Trittschalldämmung
 - S-3.7 Trittschallminderung
- S-4 Einfache Berechnungsmethoden in der Bauakustik
 - S-4.1 Bewertetes Schalldämm-Maß
 - S-4.2 Schalldämm-Maß einschaliger Bauteile
 - S-4.3 Koinzidenzgrenzfrequenz
 - S-4.4 Biegeeweiche oder biegesteife Schalen
 - S-4.5 Schalldämmung zweischaliger Bauteile
 - S-4.6 Resonanzfrequenz
 - S-4.7 Flächig zusammengesetzte Bauteile
 - S-4.8 Schallnebenwegübertragung
- S-5 Schutz gegen Straßenverkehrslärm
- S-6 Installationsgeräusche

Formelzeichen-Verzeichnis:

Allgemeine physikalische Größen
Wärme
Feuchte
Schall

Anhang im Modul „Grundlagen“

AW-1	Materialkenndaten ausgewählter Baustoffe
AW-2	Wärmeübergangswiderstände
AW-3	Wärmeleitung inhomogener Bauteile
AF-1	Sättigungsdampfdruck über Eis
AF-2	Sättigungsdampfdruck über Wasser
AS-1	A-Bewertung (Schalldruckpegelkorrektur)
AS-2	Flächenbezogene Masse von Putzen
AS-3	Schallschutz von Rohdecken
AS-4	Dynamische Steifigkeit
AS-5	Bewertete Trittschallminderung

Anhang 2 Zusammenstellung der im Modul „Baukonstruktionen“ enthaltenen Beschreibungen der Bauteile im Bestand und der damit verknüpften Maßnahmen

Kapitel 1: Außenwände

Bestand

Einschalige Massivwände
Einschalige leichte homogene Wände
Fachwerk-Konstruktionen
Zweischalige monolithische Massivwände
Wände in Plattenbauweise
Glasfassade

Maßnahmen

Außendämmung

- Wärmedämmverbundsystem
- Transparente Wärmedämmung als Verbundsystem
- Wärmedämmputz
- Fassadenverkleidung mit Faserzementplatten
- Fassadenverkleidung mit Holzverbretterung
- Fassadenverkleidung mit Boden-Deckel-Schalung
- Vakuum-Isolationspaneel
- Transparente Wärmedämmung
- Schaltbare Wärmedämmung
- Vormauerung

Innendämmung

- diffusionsoffene Innendämmung
- Innendämmung mit VIP-Elementen

Kerndämmung

Glasanbauten

- Wintergarten
- Glasdoppelfassade

Kapitel 2: Innenwände

Bestand

Mauerwerkswand
Strohlehmwand
Gipsplattenwand
Leichtbauwand mit Holzständer
Leichtbauwand mit Metallständer

Maßnahmen

Vorsatzschalen

- Vorsatzschale mit Holzkonstruktion
- Vorsatzschale für Strohlehmwand
- Vorsatzschale mit Metallständer
- Vorsatzschale mit Verbundplatte

Leichtbaukonstruktionen

- Holzständerwand
- Metallständerwand – Einfachständer
- Metallständerwand – Doppelständer

Kapitel 3: Fenster und Türen

Bestand

Innenanschlag mit Einfachverglasung
Innenanschlag mit Doppelverglasung
Außenanschlag mit Einfachverglasung
Außenanschlag mit Doppelverglasung
stumpfer Anschlag mit Doppelverglasung
Rollladenkasten
Kastenfenster
Türen

Maßnahmen

Anschläge und Dichtungen

- Innenanschlag
- Innenanschlag mit WDVS
- Außenanschlag
- Außenanschlag mit WDVS
- Stumpfer Anschlag
- Stumpfer Anschlag mit WDVS
- Anschluss unten
- Anschluss unten mit WDVS

- Anschluss von Türen
- Dämmung der Zusatzeinrichtungen am Fenster
- Neuer, wärmegeämmter Einbaurollladen
- Neuer Vorbaurollladen
- Neue Verglasungen
- Wärmeschutzverglasung
- Dreifach-Wärmeschutzverglasung
- Zusatzfenster (Kastenfenster) und Prallscheiben
- Kastenfenster
- Prallscheibe
- Neue Fenster
- Neues Aluminiumfenster
- Neues Kunststofffenster
- Neues Holz-Alu-Fenster
- Holzfenster nach Passivhausstandard

Kapitel 4: Erdberührte Bauteile

Bestand

Maßnahmen:

- Abdichtung gegen aufsteigende Feuchte
- Innendämmung
- Perimeterdämmung

Kapitel 5: Dächer

Bestand:

- Flachdächer
- Warmdach
- Kaltdach
- Umkehrdach
- Geneigte Dächer
- geneigtes Dach mit Ziegeleindeckung
- geneigtes Dach mit Metalleindeckung

Maßnahmen

- Flachdächer
- Klassische Außendämmung
- Umkehrdach und Duodach
- Begrünte Dächer
- Innendämmung

Geneigte Dächer

- Aufsparrendämmung
- Untersparrendämmung
- Zwischensparrendämmung
- Wärmedämmung zwischen und unter Sparren
- Dacheinschnitt

Kapitel 6: Decken

Bestand

Holzbalkendecken (HBD)

- Holzbalkendecken
- Holzbalkendecken mit Strohlehmwickel

Massivdecken (MD)

- Stahlbetondecken
- Stahlbetondecken mit I-Träger
- Hohlkörperdecken
- Stahlbetonrippendecke
- Gewölbekellerdecke

Maßnahmen:

Holzbalkendecken (HBD)

- Beschwerung der Decke
 - Beschwerung der Rohdecke durch Schüttung
 - Beschwerung des Estrichs durch Betonplatten oder Sand
 - Beschwerung durch Holz-Beton-Verbundkonstruktion
- Bodenaufbauten
 - Holzparkett auf Filzunterlage
 - Holzparkett auf Lagerhölzern
 - Schwimmender Zementestrich
 - Schwimmender Gussasphaltestrich
 - Schwimmender Trockenestrich
- Unterdecken und Deckenverkleidungen
 - Deckenverkleidung ohne Hohlraumdämpfung
 - Deckenverkleidung mit Hohlraumdämpfung
 - Abgehängte Unterdecken
 - Konstruktiv getrennte Unterdecke
- Runderneuerung
 - Runderneuerung mit sichtbaren Balken
 - Runderneuerung mit ebener Untersicht

- Anlaschen von Bohlen
 - Dachbodendämmung
- Massivdecken (MD)
- Bodenaufbauten
 - Federnd gelagerter Holzfußboden
 - Trockenestrich auf Schüttung
 - Trockenestrich auf Filzunterlage
 - Schwimmender Trockenestrich
 - Schwimmender Zementestrich
 - Schwimmender Gussasphaltestrich
 - Unterdecken und Deckenverkleidungen
 - Deckenverkleidung mit Hohlraumdämpfung
 - Abgehängte Unterdecken als Plattenabsorber
 - Abgehängte Unterdecken (poröse Absorber)
 - Rippendecke mit Hohlraumdämpfung
 - Gewölbekellerdecke mit Wärmedämmung

Kapitel 7: Treppen

Bestand

Holzwangentreppe

Aufgesattelte Holzwangentreppe

Stahlbetontreppe

Maßnahmen

Beläge

- Trittschalldämmung
- Trittschalldämmung Holztreppe
- Trittschalldämmung Stahlbetontreppe

Elastische Entkopplungen und Lagerungen

- Elastische Entkopplung der Wangen
- Elastische Entkopplung der Stufen

Schallabsorbierende Dämmplatte an Treppenunterseite