

EDU

EDUwood

Klimagerechte Hochschulbauten aus Holz
Planungshilfe und Handlungsempfehlung

wood

EDUwood

Klimagerechte Hochschulbauten aus Holz
Planungshilfe und Handlungsempfehlung

Inhalt

1	Vorwort	3
2	Forschungsprojekt EDUwood	5
3	Planungsgrundlagen	6
3.1	Bauordnungsrechtliche Vorgaben	6
3.2	Arbeitsstättenrechtliche Vorgaben	7
3.3	Bauphysik und Baukonstruktion	7
3.3	Thermischer Komfort	12
3.4	Energetische Maßnahmen	12
4	Raumtypologien im Hochschulbau	14
5	Entscheidungshilfe	16
5.1	Lebenszyklusbetrachtung	16
5.2	Multikriterielle Bewertung	18
6	Planungshilfe und Handlungsempfehlung	20
6.1	Wände	22
6.2	Büro	29
6.3	Seminar	37
6.4	Labor	43
6.5	Versammlung	47
6.6	Technikum	50
6.7	Raumebene	54
7	Schlusswort	55
8	Impressum	56

1. Vorwort

Bis 2040 soll der Freistaat Bayern klimaneutral sein. Dieses Ziel wurde im Juli 2021 in der Regierungserklärung „Klimaland Bayern“¹ vorgegeben. Dabei ist das Bauen mit Holz ein wichtiger Bestandteil der staatlichen Klimastrategie und wurde entsprechend im Bayerischen Klimaschutzprogramm verankert. In diesem Rahmen wurde unter anderem der Neubau der Technischen Universität Nürnberg (University of Technology Nuremberg – UTN) als Holzbau-Leuchtturmprojekt ausgewählt.

Im Forschungsprojekt EDUwood – Klimaschutzpotenzial Holzbau am Campus der Technischen Universität Nürnberg wurde untersucht, inwieweit der neue Campus der UTN zweckmäßig und nachhaltig in Holzbauweise realisiert werden kann und welche Klimaschutzpotenziale die Holzbauweise aufweist.

Das Vorhaben wurde von dem Lehrstuhl für Architektur und Holzbau, dem Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion sowie dem Lehrstuhl für energieeffizientes und nachhaltiges Planen und Bauen der Technischen Universität München durchgeführt. Ziel des Forschungsprojekts EDUwood war es, Klimaschutzpotenziale von Neubauten in Holzbauweise am Beispiel von Hochschulbauten aufzuzeigen. Die Ergebnisse dienen als Handlungsempfehlung für Planende und Auftraggebende. Damit können wichtige Grundlagen und relevante Parameter für eine klimagerechte Holzbauplanung bereits in frühen Planungsphasen berücksichtigt werden.

Mögliche Bauteilaufbauten wurden sowohl in Holzbauweise als auch in mineralischer Bauweise entwickelt. Die unterschiedlichen Aufbauten wurden hinsichtlich konstruktiver, bauphysikalischer und normativer Kriterien sowie im Hinblick auf graue Emissionen und graue Energie verglichen. Die gewonnenen Erkenntnisse sind in der vorliegenden Planungshilfe und Handlungsempfehlung zusammengefasst. Detaillierte Angaben zum methodischen Vorgehen und Berechnungsgrundlagen können im Forschungsbericht EDUwood² nachgelesen werden.



Abbildung 1: Ausschnitt Masterplanung Technische Universität Nürnberg; Abbildung angelehnt an Freistaat Bayern (Hg.) (2021): Ferdinand Heide Architekt, Planungsgesellschaft mbH, Masterplanung Technische Universität Nürnberg

2. Forschungsprojekt EDUwood

Klimaschutzpotential Holzbau am Campus der Technischen Universität Nürnberg

Im Forschungsprojekt EDUwood wurden für die Neubauten der Technischen Universität Nürnberg fünf Raumtypologien identifiziert: *Büro*, *Seminar*, *Labor*, *Versammlung* und *Technikum*. Für jede Raumtypologie wurden die Bauteile Geschossdecke, oberer Gebäudeabschluss, Außenwand und Innenwand untersucht. Grundlage für die Auswahl der Bauteilaufbauten war die Erfüllung der baurechtlichen und bauphysikalischen Anforderungen an den Brandschutz, den Wärmeschutz und den Mindestschallschutz. Die gewählten Konstruktionsmethoden in Holzbauweise wurden mit einer mineralischen Bauweise aus Stahlbeton verglichen und die Bauteilaufbauten im Hinblick auf ihr Klimaschutzpotenzial untersucht.

Durch Herstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsprozesse werden Treibhausgasemissionen verursacht. Diese werden ausgedrückt als Treibhauspotenzial (GWP) in CO₂-Äquivalenten. Um das Klimaschutzpotenzial der Holzbauweise für den Campus darzustellen, wurden die gewonnenen Erkenntnisse von der Bauteilebene auf die Gebäudeebene skaliert. Wird das Holzbaupotenzial bei der Realisierung des Campus vollständig genutzt, können in Bezug auf die Baukonstruktion schätzungsweise bis zu **27 % CO₂-Äquivalente** pro m² und Jahr eingespart werden. Für den gesamten Lebenszyklus inklusive Gebäudetechnik und Betrieb bedeutet dies eine Einsparung an CO₂-Äquivalenten von circa 12 % gegenüber einer mineralischen Bauweise.

Die Ergebnisse zeigen, dass im Lebenszyklus der Hochschulgebäude die Betriebsphase den größten Einfluss auf die Treibhausgasemissionen hat. Somit ist die Versorgung mit erneuerbaren Energien zwingende Voraussetzung für die Reduktion des Treibhauspotenzials im Gebäudelebenszyklus. Dies konnte der Vergleich des geplanten Energiekonzepts (Nahwärmenetz, Photovoltaik, Wärmepumpe, Ökostrom) mit einer konventionellen Energieerzeugung (Gas-Brennwertkessel) zeigen. Die Ergebnisse der Arbeit zeigen jedoch auch, dass der Holzbau mit einem beachtlichen Anteil zu klimafreundlichen Hochschulgebäuden der Zukunft beitragen kann.

CO₂-Äquivalente ←

Maßeinheit, um die Auswirkungen verschiedener Treibhausgase zu vergleichen. Mit ihr wird die Klimawirkung der unterschiedlichen Treibhausgase im Vergleich zu derjenigen von Kohlendioxid ausgedrückt.
(Quelle: BMZ, <https://www.bmz.de/de/service/lexikon/comesa-74624>)

Einordnung ←

- 7,98 Tonnen CO₂ wurden pro Kopf im Jahr 2022 emittiert (Quelle: IEA, & Global Carbon Atlas, 2024)
- Graue Energie: Energie für Herstellung, Austausch und Entsorgung der Baukonstruktion und Komponenten der Gebäudetechnik
- Graue Emissionen: Treibhausgasemissionen für Herstellung, Austausch und Entsorgung

3. Planungsgrundlagen

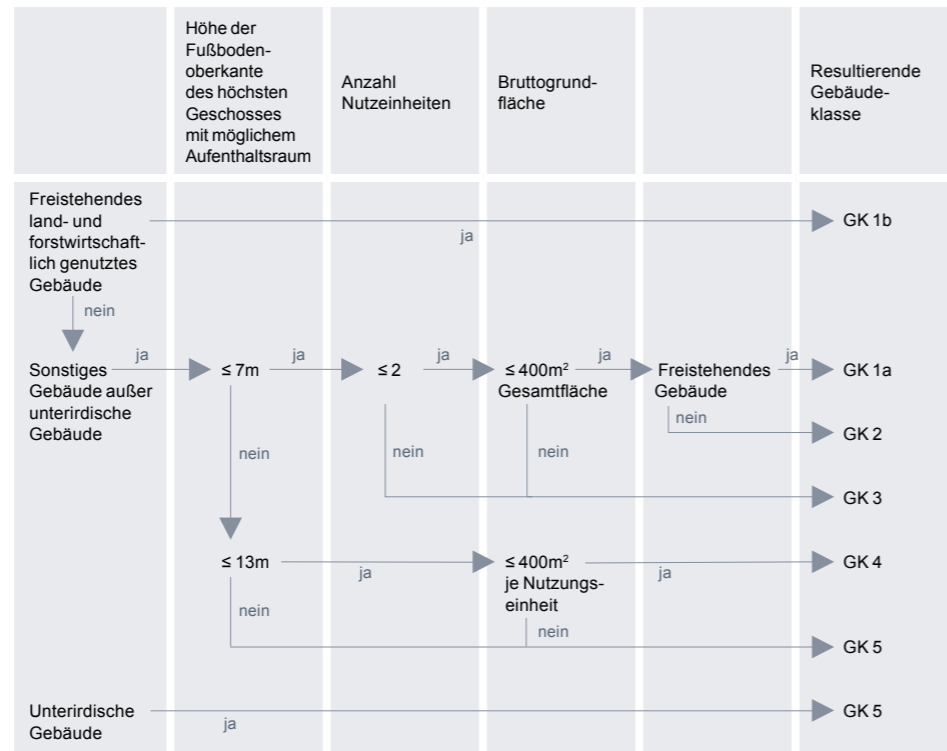
Nachfolgend werden relevante Anforderungen und Grundlagen zur klimagerechten Holzbauplanung von Hochschulbauten aufgezeigt. Diese erfordert eine integrale Planung und sorgfältige Auswahl der Konstruktion, um den komplexen Anforderungen und besonderen Rahmenbedingungen gerecht zu werden. Robuste Strukturen sind Voraussetzung für eine flexible Grundrissgestaltung, die eine Vielfalt an Nutzungsszenarien und damit eine möglichst lange Nutzungsdauer der Gebäude abdeckt.

3.1 Bauordnungsrechtliche Vorgaben

Bauordnungsrechtliche Vorgaben

Auf Grundlage der Einordnung in eine Gebäudeklasse und der Feststellung, ob ein Sonderbautatbestand vorliegt, ergeben sich Anforderungen an die Widerstandsfähigkeit von Bauteilen im Brandfall sowie an die Brennbarkeit der im Bauteil verwendeten Baustoffe.

Einordnung Gebäudeklasse:



Info

Anwendung MHolzBauRL in Bayern nach Bekanntmachung in den Bayerischen Technischen Baubestimmungen (BayTB)

BayBO Art. 24 Abs. 2 Satz 3 Nr. 1
Feuerbeständig, tragende Teile aus nichtbrennbaren Baustoffen, durchgehende Schicht aus nichtbrennbaren Baustoffen

BayBO Art. 24 Abs. 2 Satz 3 Nr. 2
Hochfeuerhemmend, tragende Teile aus brennbaren Baustoffen und allseitig brandschutz-technisch wirksame Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen

BayBO Art. 24 Abs. 2 Satz 4
Alternativ zu feuerbeständig oder hochfeuerhemmend Bauteile aus brennbaren Baustoffen, wenn sie den Technischen Baubestimmungen entsprechen

BayBO Art. 26 Abs. 3 Satz 1 i.V.m. Abs. 5 Satz 1
Außenwandbekleidung bei Gebäuden der GK 4 und 5 aus schwerentflammbaren Baustoffen

BayBO Art. 26 Abs. 5 Satz 2
Alternativ Außenwandbekleidung aus normalentflammbaren Baustoffen, wenn sie den Technischen Baubestimmungen entsprechen

BayBo Art. 81a
↓
BayTB Abschnitt A. 2.2.1.4
↓
MHolzBauRL

Hinsichtlich der Verwendung brennbarer Baustoffe bei Gebäuden der Gebäudeklasse 4 und 5 ist in den Bayerischen Technischen Baubestimmungen (BayTB) die Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL) eingeführt. Sie ist damit nach Art. 81a Abs. 1 BayBO bei der Planung und Ausführung zu beachten.

Die MHolzBauRL regelt die Anwendung von tragenden und/oder raumabschließenden Bauteilen aus Holz, die hochfeuerhemmend bzw. alternativ zu hochfeuerhemmenden oder feuerbeständigen Bauteilen aus brennbaren Baustoffen zulässig sind. Darüber hinaus wird die abweichende Anwendung von Außenwandbekleidungen aus Holz und Holzwerkstoffen geregelt, die in Gebäuden der Gebäudeklasse 4 und 5 ansonsten aus mindestens schwerentflammbaren Baustoffen bestehen müssen. Eine durch die Fachkommission Bauaufsicht veröffentlichte Neufassung beinhaltet zusätzliche Möglichkeiten für den Einsatz von Holztafelbaukonstruktionen und eine Anwendung im Sonderbau. Damit diese Broschüre möglichst umfassend und zukunftsgerichtet Anwendung finden kann, bezieht sich diese auf die veröffentlichte Neufassung. Bis zur Bekanntmachung in den BayTB bedürfte die Anwendung dieser Fassung der Zulassung einer Abweichung nach Art. 63 Abs. 1 BayBO. In der Forschungsarbeit war die Bezugsgröße die im Oktober 2020 veröffentlichte Fassung der MHolzBauRL.

3.2 Arbeitsstättenrechtliche Vorgaben

Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR)

Die Arbeitsstättenregeln (ASR) legen Standards und Anforderungen fest, die bei der Gestaltung und Einrichtung von Arbeitsstätten an Hochschulen zu berücksichtigen sind. Die Richtlinien umfassen Aspekte wie Arbeitsplatzgestaltung, ergonomische Anforderungen, Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz, Belüftung, Beleuchtung, Lärmschutz, Barrierefreiheit, Fluchtwege sowie die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften und Normen (BAuA - Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin).

Die ASR spielen bei der Planung von Hochschulgebäuden eine zentrale Rolle und definieren die grundlegenden Rahmenbedingungen für den Entwurf. Insbesondere die geschossweise Nutzungsmischung mit unterschiedlichen Raumgrößen prägt die Planung. Bei einer geplanten Nutzungsdauer von über 100 Jahren und den damit verbundenen Veränderungen im Raumbedarf ist eine hohe Nutzungsflexibilität erforderlich. Um dies zu gewährleisten und Umbauten zu ermöglichen, wird für Büro-, Seminar- und Laborräume eine lichte Raumhöhe von 3,10 m empfohlen. Darüber hinaus wird eine ausreichende Belichtung der Räume durch einen Fensterflächenanteil von mindestens 40 % pro Achsraster gewährleistet. Die Einhaltung der ASR bietet somit sichere und gesunde Arbeitsbedingungen für Beschäftigte und Studierende, fördert die Effizienz und Produktivität in den Arbeitsbereichen der Hochschulen und ermöglicht eine nachhaltige und flexible Nutzung der Hochschulgebäude.

Für eine korrekte Anwendung der ASR im Hochschulbau müssen die jeweiligen nationalen und regionalen Vorschriften sowie die individuellen Anforderungen der Hochschulen berücksichtigt werden.

3.3 Bauphysik und Baukonstruktion

Konstruktionsmethoden im Holzbau

Für ein langlebiges nachhaltiges Gebäude sind flexible Grundrisse und Bauweisen essenziell. Dies ist besonders wichtig im Hinblick darauf, dass 36 % der in Deutschland abgerissenen Gebäude auf Nutzungsänderungen zurückzuführen sind.³

Im Forschungsprojekt EDUwood wird die Hybridbauweise und eine Primärtragkonstruktion in Holzskelettbau empfohlen. Als Hybridbauweise wird die Kombination unterschiedlicher Materialien in Bauteilen und Bauweisen bezeichnet. Im vorliegenden Forschungsprojekt wird von aussteifenden Treppenkerne in Stahlbetonbauweise und einer anschließenden Holzskelettbauweise ausgegangen. Die Skelettbauweise ermöglicht eine variable Grundrissgestaltung, da lediglich die Positionierung der Stützen und der aussteifenden Betonkerne mögliche Umnutzung einschränken.^{4,5}

3 | Destatis (2023): Bautätigkeit und Wohnen. Bautätigkeit 2022. #

4 | Fischer, Oliver; Winter, Stefan; Lang, Werner (Hg.) (2019): Hybridbau. Holzaußenwände. Erste Auflage. München: Detail Business Information GmbH (Detail Praxis)

5 | Graf, Jürgen; Birk, Stephan; Blaß, Hans Joachim; Pauliuk, Stefan; Winter, Stefan (2022): Wandelbarer Holzhybrid für differenzierte Ausbaustufen. Teilvorhaben 1 - 4. Hg. v. BMEL und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft).

Die Skelettbauweise und die Verwendung wirtschaftlicher Raumhöhen, Achsmaße und Raumtiefen ermöglichen eine hohe Nutzungsflexibilität. Tragende Innenwände oder Raumtrennwände werden weitestgehend vermieden. Ausnahmen bilden notwendige Bauteile wie Brandwände, Schächte und Erschließungskerne. Neben der Primärtragkonstruktion der Holzskelettbauweise ist eine Kombination von verschiedenen horizontalen Konstruktionselementen denkbar. Dies entspricht dem Stand der Technik. Dabei werden die unterschiedlichen Bauelemente im Gesamtsystem so kombiniert, dass ihre jeweiligen Eigenschaften den spezifischen Anforderungen an das Bauteil und der Raumtypologie entsprechen.

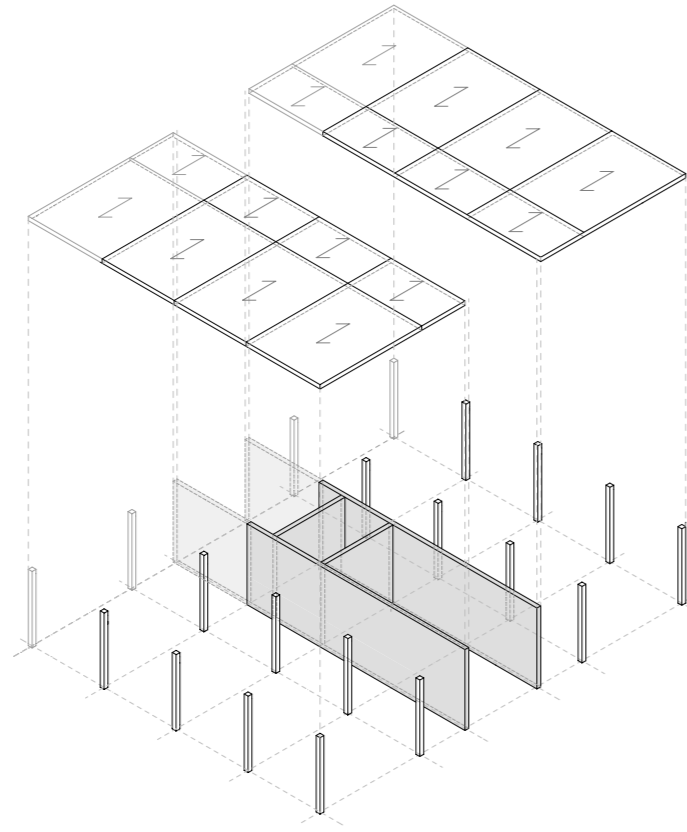


Abbildung 2: Holzskelettbau mit aussteifenden Betonkern (eigene Darstellung)

Brandschutz

Für die Verwendung von Holztafel- und Massivholzbauteilen ist eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen notwendig, die eine Entzündung der tragenden, aussteifenden und raumabschließenden Bauteile aus Holz oder Holzwerkstoffen über einen definierten Zeitraum verhindert. Diese Brandschutzbekleidung muss im Regelfall mindestens zweilagig ausgeführt werden. Hochfeuerhemmende Holztafelbauteile und abweichend hochfeuerhemmende Massivholzbauteile müssen eine zweilagige Brandschutzbekleidung aufweisen, die eine Entzündung der Holzkonstruktion von 60 Minuten verhindert. Dies gilt mit 2x15 mm Gipsplatten (GKF) oder Gipsfaserplatten (GF) als eingehalten. Bei abweichend feuerbeständigen Holzbauteilen muss eine Entzündung über 90 Minuten durch eine zweilagige Brandschutzbekleidung verhindert werden. Dies gilt mit 2x18 mm GKF/GF als erfüllt.

Sind die brandschutztechnisch abgetrennten Räume/Raumgruppen kleiner als 200 m², ist eine Reduktion der Brandschutzbekleidung möglich. Somit können abweichend hochfeuerhemmende Holztafelbauweisen auf eine zweilagige Brandschutzbekleidung reduziert werden, welche eine Entzündung von 30 Minuten verhindern. Dies gilt mit 2x12,5 mm GKF/GF als erfüllt. Ebenso ist eine Bekleidung mit 1x18 mm GKF/GF und einer darunterliegenden durchgehenden Holzwerkstoffplatte mit einer Mindestdicke von 12 mm möglich.

Info

MHolzBauRL

Muster Holzbau Richtlinie für die Anwendung von tragenden und/oder raumabschließenden Bauteilen aus Holz, die hochfeuerhemmend bzw. abweichend hochfeuerhemmend oder abweichend feuerbeständig sind, sowie für Außenwandbekleidungen aus Holz

Info

Die hier aufgeführten Anforderungen an den Brandschutz ergeben sich aus der durch die Fachkommission Bauaufsicht veröffentlichten Neufassung der MHolzBauRL vom 24.09.2024

Bei Massivholzbauteilen kann die Brandschutzbekleidung sowohl bei abweichend hochfeuerhemmenden als auch bei abweichend feuerbeständigen Bauteilen vereinfachend auf 1x18 mm GKF/GF reduziert werden. Auch hier muss eine Entzündung von 30 Minuten verhindert werden. Zusätzlich dürfen bei Massivholzbauteilen in Gebäuden ohne Sonderbautatbestand und brandschutztechnisch abgetrennten Raumgruppen kleiner als 200 m² entweder die Deckenunterseite oder 25% aller Wandoberflächen unbedeckt bleiben.

Neben den genannten Brandschutzbekleidungen sind zweilagige nichtbrennbare Bekleidungen möglich, die nachweislich eine entsprechende Verschiebung des notwendigen Entzündungszeitraums aufweisen (Nachweis der Schutzzeit t_{ch} nach DIN EN 13381-7).

Für eine Brandbeanspruchung von oben ist bei beiden Bauweisen entweder eine zweilagige Bekleidung analog zur Unterseite (ohne Reduzierung) oder ein Fußbodenaufbau nach Anhang 2 der MHolzBauRL erforderlich. Dieser besteht bei hochfeuerhemmend bzw. abweichend hochfeuerhemmenden Bauteilen aus 20 mm nichtbrennbarer Mineralwolle (MW) oder Blähperlit (BP) und darauf entweder aus 2x12,5 mm oder 1x25 mm GKF/GF oder 30 mm Estrich. Für einen abweichend feuerbeständigen Fußbodenaufbau sind drei Ausführungen möglich. Diese sind entweder 20 mm MW/BP mit 2x15 mm GKF/GF oder 30 mm MW/BP mit 45 mm Estrich oder 20 mm MW/BP mit 1x15 mm GKF/GF und 55 mm Estrich.

Für die Anwendung einer hinterlüfteten Außenwandbekleidung aus Holz und Holzwerkstoffen in Gebäuden der Gebäudeklasse 4 und 5 sind geeignete Maßnahmen zur Begrenzung der Brandausbreitung nachzuweisen. Dazu gehört eine nichtbrennbare Trägerplatte 1x18 mm GKF/GF bei der Verwendung brennbarer Dämmstoffe in nichttragenden Außenwänden, bei Verwendung nichtbrennbarer Dämmstoffe genügt 1x15 mm GKF/GF. Möglich sind auch nichtbrennbare Dämmstoffmatten mit mindestens 80 mm (Rohdichte $\geq 50 \text{ kg/m}^3$) bzw. 60 mm (Rohdichte $\geq 115 \text{ kg/m}^3$). Weitere einzuhaltende Maßnahmen sind die Verwendung nichtbrennbarer Dämmstoffe in der Außenwandbekleidung, die Reduktion des Lüftungsspalt auf max. 60 mm (1x30 mm oder 2x30 mm), der Einbau horizontaler (geschossweise auf Höhe der Geschossdecke) und vertikaler (an Brandwänden und Außenecken) Brandsperren sowie die Sicherstellung der Erreichbarkeit für wirksame Löscharbeiten. Unabhängig davon kann eine brennbare Dämmung in nichttragenden Außenwänden eingesetzt werden, wenn die Außenwand feuerhemmend ausgeführt wird.

Hinweis

Die in der Tabelle angegebenen brandschutzwirksamen Bekleidungen können durch äquivalente brandschutzwirksame Bekleidungen, wenn diese einen Anwendbarkeitsnachweis nachweisen. Verschiedene Nachweismethoden wie Abbrand, DIN 4102 oder herstellergeprüfte Aufbauten, wären wünschenswert.

	Holztafelbau	Massivholzbauteile
Standardgebäude und Sonderbau bis 400 m²		
hochfeuerhemmend bzw. abweichend hochfeuerhemmend	60 Minuten 2x15 GKF/GF	
abweichend feuerbeständig	90 Minuten 2x18 GKF/GF	
Brandschutztechnisch abgetrennte Raumgruppen $\leq 200 \text{ m}^2$		
hochfeuerhemmend bzw. abweichend hochfeuerhemmend	30 Minuten	
	2x12,5 GKF/GF oder 1x18 GKF/GF + ≥ 12 Holzwerkstoffplatte	1x18 GKF/GF
abweichend feuerbeständig	keine Vereinfachung möglich	30 Minuten 1x18 GKF/GF
Fußbodenaufbau		
hochfeuerhemmend bzw. abweichend hochfeuerhemmend	2x15 GKF/GF oder 20 MW/BP + 30 Estrich oder 20 MW/BP + 2x12,5 GKF/GF oder 20 MW/BP + 1x25 GKF/GF	
abweichend feuerbeständig	2x18 GKF/GF oder 30 MW/BP + 45 Estrich oder 20 MW/BP + 2x15 GKF/GF oder 20 MW/BP + 1x25 GKF/GF + 55 Estrich	

GKF: Gipsplatte nach DIN 18100:2014-09 i.V.m. mindestens Typ DF nach DIN EN 520:2009 | GF: Gipsfaserplatte (Rohdichte $\geq 1000 \text{ kg/m}^3$) nach DIN EN 15283-2 | MW: nichtbrennbare Mineralwolle | BP: Blähperlit | Alle Maße in mm

Schallschutz

Eine ganzheitliche Betrachtung des Schallschutzes ist notwendig, da dauerhafte Lärmbelastungen Auswirkungen auf die auditive und nicht auditive Gesundheit haben können⁴. Um sowohl den Gesundheitsschutz als auch komfortable Umgebungsbedingungen sicherzustellen, werden in der DIN 4109-1 Mindestanforderungen definiert. Dies bedeutet, dass Sprache in normaler Lautstärke im benachbarten Raum in der Regel nicht mehr verständlich, aber noch hörbar ist und Gehgeräusche als störend empfunden werden. Durch die Berücksichtigung eines Spektralwertes im Nachweisverfahren für die im Holzbau typischen tiefen Frequenzen wird dieser potenziellen Störung entgegengewirkt.

Weitere speziell für den Holzbau entwickelte Schallschutzniveaus (Basis, Basis+ und Komfort) berücksichtigen diesen Spektralwert teilweise. Je nach Nutzungsanforderung kann somit der Schallschutz erhöht werden. In der Regel geht eine Erhöhung des Schallschutzes mit einem erhöhten Konstruktionsaufwand und Materialbedarf, zum Beispiel durch Abhängungen, einher. Geprüfte Aufbauten sind auf dataholz.eu zu finden.

Info ←

dataholz.eu
Sammlung bauphysikalischer und ökologischer Daten für den Holzbau

	Basis = DIN 4109-1	Basis +	Komfort
Einordnung Niveaus			
normale Sprache	im Allgemeinen nicht verstehbar jedoch noch hörbar	nicht verstehbar	nicht hörbar
Gehgeräusch	im Allgemeinen störend	nicht mehr störend	nicht störend/ kaum wahrnehmbar
Anforderungen			
Wohnungstrennwand Luftschall	$R'_w \geq 53$ dB	$R'_w \geq 56$ dB	$R'_w \geq 59$ dB
Wohnungstrenndecke Luftschall	$R'_w \geq 54$ dB	$R'_w \geq 57$ dB	$R'_w \geq 60$ dB
Wohnungstrenndecke Trittschall	$L'_{n,w} \leq 53$ dB	$L'_{n,w} \leq 50$ dB $L_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 50$ dB	$L'_{n,w} \leq 46$ dB $L_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 47$ dB

$C_{1,50-2500}$: Spektrumwert für tiefe Frequenzen | R'_w : bewertetes Bau-Schalldämmmaß | $L'_{n,w}$: bewerteter Norm-Trittschallpegel im Bau | Tabelle angelehnt an Informationsdienst Holz; Grundlagen Schallschutz⁵

Energetischer Standard und Wärmeschutz

Um den Energiebedarf eines Gebäudes zu begrenzen und die Räume ganzjährig behaglich nutzen zu können, legt das Gebäudeenergiegesetz (GEG) Mindestanforderungen an die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) der Bauteile fest. Damit verbunden ist der Feuchteschutz für eine hygienische und bauliche Mängelfreiheit, um den Gesundheitsschutz der Nutzenden sowie eine langfristige Erhaltung der Bausubstanz sicherzustellen. Die definierten Mindestanforderungen an U-Werte für Nichtwohngebäude werden bei Bundesgebäuden verschärft,⁶ um der Vorbildfunktion des Bundes gerecht zu werden. Der Freistaat Bayern hatte für seine eigenen Bauten bereits 2011 einen über die damaligen gesetzlichen Anforderungen hinausgehenden energetischen Standard eingeführt, (u.a. Passivhausstandard für neue Verwaltungsgebäude, Gebäudehülle übriger Bauten 30% besser als gesetzlich gefordert). Der seit 2023 anzuwendende Standard erweitert die Anwendung des hocheffizienten Passivhausstandards auf alle geeigneten staatlichen Neubauten. Im Übrigen orientiert sich der energetische Standard an den Energieeffizienzfestlegungen des Bundeshochbaus für Neubau und Sanierungen.

Beim Feuchteschutz kann auf hygrothermisch geprüfte Konstruktionen zurückgegriffen werden. Für Holzkonstruktionen sind hierzu im Anhang A der DIN 68800-2 geprüfte Aufbauten aufgeführt. Geprüfte Aufbauten sind zudem auf dataholz.eu zu finden⁷. In bestimmten Anwendungsgrenzen oder besonderen Situationen können ein Periodenbilanzverfahren (Glaser- Verfahren) oder hygrothermische Simulationen erforderlich werden.

Info ←

Für Holzkonstruktionen sind hierzu im Anhang A – Bauteilmatrix geprüfte Aufbauten nach DIN 68800-2 aufgeführt



4 | WHO (Hg.) (2018): Environmental noise guidelines for European Region. World Health Organization. Copenhagen.

5 | Informationsdienst Holz (Hg.) (2019): Schallschutz im Holzbau- Grundlagen der Vorbemessung. Informationsverein Holz e.V. (Reihe 3: Bauphysik, Teil 3: Schallschutz).

6 | BBSR (2021): Energieeffizienzfestlegung für klimaneutrale Neu-/Erweiterungsbauten und Gebäudesanierungen des Bundes. Vorbild- funktion Bundesgebäude für Energieeffizienz. Hg. v. Bundesinstitut für Bau-, Stadt und Raumforschung (BBSR).

7 | dataholz.eu. Online verfügbar unter <https://www.dataholz.eu>

	Nichtwohn- gebäude nach GEG	Energieeffizienz- festlegung des Bundes- hochbaus für den Neubau
	Mittlere U-Werte (W/m²K)	
Opake Bauteile	$\leq 0,28$	$\leq 0,18$
Transparente Bauteile	$\leq 1,5$	$\leq 1,0$

Schwingungsverhalten

Eine sichere und komfortable Nutzung wird durch die Einhaltung der Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit und der Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit gewährleistet. Für Holzbauteile sind die erforderlichen Nachweise der DIN EN 1995-1-1 zu entnehmen. Im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind Spannungsnachweise, Stabilitätsnachweise sowie holzspezifische Nachweise, wie die Auflagerpressungen und Verbindungsmittelnachweise, zu führen. Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit werden Grenzwerte an die Durchbiegungen sowie Anforderungen an das Schwingungsverhalten beschrieben.

Im Holzbau ist vielfach der Nachweis des Schwingungsverhaltens maßgebend. Durch die Festlegung einer Grenzfrequenz und Steifigkeit können unangenehm empfundene Schwingungen vermieden werden. Dabei sind bestimmte konstruktive Randbedingungen zu berücksichtigen, um den Nutzungskomfort zu gewährleisten. Diese sind abhängig von der Nutzung und Konstruktion. So sind beispielsweise in Gebäuden mit unterschiedlichen Nutzungseinheiten in Holztafelbauweise keine Trockenstriche, und Nassestriche nur mit einer schweren Schüttung von mindestens 60 kg/m² zu verwenden. Im Massivholzbau ist bei gleichen Anforderungen ein Trockenstrich auf schwerer Schüttung oder ein Nassestrich auf schwerer oder leichter Schüttung möglich.⁸ Weitere Informationen sind dem Abschlussbericht zu entnehmen.⁹

Konstruktive Anforderungen	Massivholzdecke		Holzbalkendecke/Holztafelbau	
	Nassestrich	Trockenstrich	Nassestrich	Trockenstrich
Decke zwischen Nutzungseinheiten	schwimmend auf schwerer oder leichter Schüttung	schwimmend auf schwerer Schüttung	schwimmend auf schwerer Schüttung	Nicht möglich
Decke innerhalb Nutzungseinheiten	schwimmend (auch ohne Schüttung)	schwimmend auf schwerer Schüttung	schwimmend (auch ohne Schüttung)	schwimmend auf schwerer Schüttung



Info ←

Eine Schüttung gilt ab einem Flächen- gewicht von ≥ 60 kg/m² als schwer

8 | Winter, Stefan; Hamm, Patricia; Richter, Antje (2010): Schwingungstechnische Optimierung von Holz- und Holz-Beton-Verbunddecken. Entwicklung von Bemessungs- und Konstruktionsregeln auf der Grundlage eines kalibrierten FEM- Modells und unter Berücksichtigung des Dissipations-Potentials unterschiedlicher Deckenaufbauten.

9 | EDUwood - Klimaschutzpotenzial Holzbau am Campus der UTN (2024), <https://mediatum.ub.tum.de/604993>

3.4 Thermischer Komfort

Ein essenzieller Parameter für das Wohlbefinden der Menschen im Gebäude ist der thermische Komfort. Dieser beschreibt die Qualität des Innenraumklimas und die Zufriedenheit der Nutzenden mit ihrer thermischen Umgebung. Gesetze und Normen definieren Standards für die Gestaltung und Bewertung des thermischen Komforts für Gebäude.

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) verlangt bei Neubauten, dass der sommerliche Wärmeschutz gemäß DIN 4108-2 durch ein Kennwertverfahren oder thermische Simulationen nachgewiesen wird. Die Simulationen werden genutzt, um Übertemperaturgradstunden zu bestimmen. Dabei werden die operativen Temperaturen oberhalb eines statischen Grenzwertes summiert und bilden so das Überhitzungsrisiko ab. Durch den statischen Grenzwert werden die individuellen Empfindungen der Nutzenden vernachlässigt, außerdem ist eine detaillierte Auswertung der Ergebnisse erschwert. Die operative Temperatur ist ein Maß für die tatsächliche thermische Umgebung, die die Menschen in einem Raum erfahren.

Weiterführend bezieht sich die DIN EN ISO 7730 auf grundlegende Faktoren des menschlichen Komforts, einschließlich des Aktivitäts- und Bekleidungsgrads, des Umgebungsklimas und der Außentemperatur. Die aktuelle DIN EN 16798-1 baut darauf auf und definiert Kriterien für den thermischen Komfort, wobei sie zwischen Gebäuden mit unterschiedlichen Erwartungen an den thermischen Komfort unterscheidet. Das Maß der Erwartung wird in den Kategorien I – IV definiert und hat eine Spanne von hoch (I) bis gering (IV). Die Kategorie II wird als Basis für Planung und Auslegung für Räume in Neubauten und sanierten Bestandsgebäuden empfohlen und hat im Vergleich zur Kategorie I eine höhere Toleranz bei der operativen Innenraumtemperatur. Die DIN EN 16798-1 unterscheidet zudem zwischen Räumen mit und ohne maschinelle Kühlung, da sich durch die Art der Kühlung die Erwartungshaltung der Nutzenden ändert. Wie bei der DIN 4108-1 werden auch hier die Übergradtemperaturstunden summiert, allerdings ist der Grenzwert nicht statisch. Nach dem adaptiven Modell steigt der Grenzwert mit steigender Außentemperatur in den Sommer- und Übergangszeiten mit an. Das adaptive Behaglichkeitsmodell der DIN EN 16798-1 basiert auf der Idee, dass sich Menschen für ein optimales Behaglichkeitsniveau an Veränderungen ihrer Umgebung anpassen können.

Im Rahmen von EDUwood wird die Bewertung der DIN EN 4108-2 und die der DIN EN 16798 genutzt. Zum einen werden damit die rechtlichen Vorgaben aus dem GEG erfüllt. Zum anderen wird über die DIN EN 16798-1 eine detaillierte Auswertung der Übertemperaturgradstunden möglich und Nutzende werden über das adaptive Modell berücksichtigt. Bei der Bestimmung der zulässigen Abweichung der Übertemperaturgradstunden werden die Grenzwerte der DGNB genutzt.

Natürliche Nachtauskühlung

Die Nachtauskühlung macht sich die physikalischen Eigenschaften der thermischen Massen zunutze. Dabei werden im Sommer und den Übergangszeiten die kühleren Temperaturen der Außenluft während der Nacht und am frühen Morgen genutzt. Diese Luft wird natürlich über geöffnete Fassadenelemente (hierbei ist auf einbruchssichere Lüftungsflügel mit Witterungsschutz zu achten) oder maschinell über Ventilatoren in den Raum gebracht. So können sich die Speichermassen im Gebäude entladen und tagsüber wieder Wärme aus dem Raum aufnehmen. Das zugeführte Luftvolumen in der Nacht bei einer natürlichen Lüftung kann durch Quertlüftung oder durch die Nutzung vom thermischen Auftrieb durch Atrien erhöht werden. Ab einem zweifachen Luftwechsel des Raumvolumens pro Stunde gilt eine erhöhte Nachtlüftung (DIN 4108-2). Die Luftwechselrate kann auch mechanisch über Abluftventilatoren oder über Lüftungsanlagen vergrößert werden.

Sonnenschutz

Im Winter können solare Einträge genutzt werden, um den Heizenergiebedarf zu reduzieren. Bei hohen Temperaturen im Sommer trägt die Einstrahlung maßgeblich zur Überhitzung in Räumen bei und sollte durch einen konstruktiven oder beweglichen, außenliegenden Sonnenschutz reduziert werden. Zu konstruktiven Elementen zählen bauliche Einrichtungen, wie Balkone, Laubengänge oder Dachüberstände.

Der bewegliche Sonnenschutz umfasst unter anderem außenliegende Jalousien, Screens und Rollläden. Die DIN 41082 gibt für nord-, nordost- und nordwestorientierte Fenster eine Grenzbestrahlungsstärke von 150 W/m^2 und für alle anderen Orientierungen eine Grenzbestrahlungsstärke von 200 W/m^2 (Summe aus Direkt- und Diffusstrahlung, außen vor dem Fenster) pro Quadratmeter Fensterfläche für Nichtwohngebäude vor. Diese können für die Steuerung der Sonnenschutzvorrichtung genutzt werden. Ein innenliegender Sonnenschutz kann auch zur Reduktion der Einstrahlung beitragen, ist aber in der Regel weitaus weniger wirksam als ein außenliegender. Die DIN 41082 gibt Auskünfte über die Abminderungsfaktoren eines Sonnenschutzes. Der Energieabminderungsfaktor (F_c -Wert) liegt für eine außenliegende Jalousie beispielsweise bei 0,25 und bei einer innenliegenden Jalousie bei 0,65.

3.5 Energetische Maßnahmen

Die thermische Gebäudesimulation wird als Werkzeug genutzt, um den Einfluss der Baustoffwahl auf den Energiebedarf für Heizung und Kühlung sowie den thermischen Komfort zu untersuchen. Zudem werden passive Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz in unterschiedlichen Kombinationen simuliert.

Thermische Massen

Die thermische Masse ist ein wichtiger Einflussparameter in der Gebäudeplanung im Hinblick auf den Energiebedarf für Heizung und Kühlung. Durch den Einsatz von Speichermassen werden Temperaturschwankungen ausgeglichen, indem eine Wärmeübertragung von der Raumluft in das Bauteil erfolgt oder umgekehrt. Die wirksame Wärmekapazität kann zur Beurteilung der thermischen Massen genutzt werden. In die Berechnung fließt nach der Norm EN ISO 13786 die spezifische Wärmekapazität c_p , die Rohdichte ρ sowie die wirksame Bauteildicke d_{wirk} ein. Es werden dabei nur Speichermassen berücksichtigt, die als Puffer im Raum verfügbar sind und nicht, zum Beispiel durch eine Abhangdecke oder einen Teppichboden, abgeschirmt werden (DIN EN ISO 13786). Ein Nachteil dieser Methode ist, dass sie nur auf Bauteile mit homogenen Schichten angewendet werden kann. Die Berechnung ist für Hohlkastenbauelemente nur bedingt geeignet.¹⁰

Info

Die detaillierten Bedingungen zur Ermittlung sind im Anhang B – Simulationsbedingungen aufgeführt.



¹⁰ I Geyer, Christoph; Wehle, Barbara; Hernandez, Amabel Mélian (2019): Ein neues Verfahren zur Berechnung der dynamischen Wärmekapazität von Holzbalkendecken. Hg. v. HolzBauSpezial Bauphysik & Gebäudetechnik.

4. Raumtypologien im Hochschulbau

Abgeleitet aus den Raumbedarfen der Technischen Universität Nürnberg wurden fünf Raumtypologien für exemplarische Hochschulnutzungen identifiziert¹¹. Hierdurch lassen sich unterschiedliche Konstruktionsweisen abbilden. Jede Raumtypologie steht stellvertretend für eine Deckenspannweite (siehe Abbildung 4).

Die Typologien *Büros* und *Labore* nehmen den größten Flächenanteil ein, während *Seminar*, *Versammlung* sowie das *Technikum* einen kleineren Anteil ausmachen. Aufgrund gemeinsamer Merkmale, wie geforderter Raumgröße und bauphysikalischer Anforderungen, werden diese Räumlichkeiten in übergeordneten Kategorien zusammengefasst. *Büros* decken demnach auch Nebenräume mit geringeren Spannweiten ab. Die Kategorie *Seminar* umfasst alle kleineren Hörsäle, Lehrsäle, Konferenzräume und Seminarräume mit einer Raumgröße von 90 bis 150 m². In der Kategorie *Versammlung* sind alle großen Hörsäle und Lernflächen zusammengefasst, die eine Raumgröße von 240 bis 500 m² aufweisen und Platz für über 200 Personen bieten. Die flächenmäßig größte Typologie ist das *Technikum*, das als eingeschossiges eigenständiges Gebäude angeordnet ist.

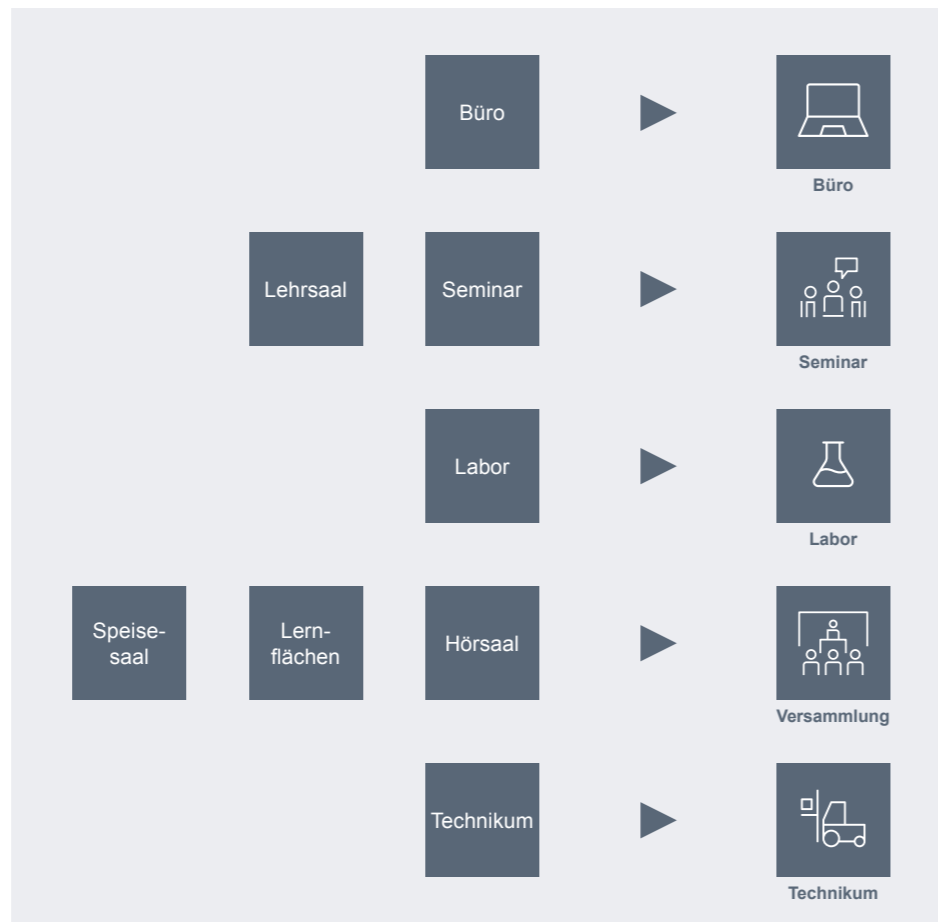


Abbildung 3: Festlegung der Raumtypologien aus dem Bedarfsplan (eigene Darstellung)

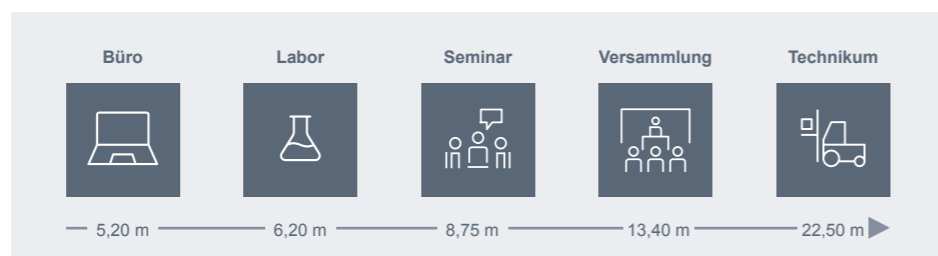


Abbildung 4: Deckenspannweiten der Raumtypologien (eigene Darstellung)

Info ←
Die Raumtypologien sind im Anhang C – Raumtypologien aufgeführt.

11 | Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst (2021): Raumbuch. Raumbedarfsplan zu den ergänzenden Nutzerangaben für die Vorplanung. Projekt Nr.: TUN_GGB.

Anordnung der Raumtypologien im Gebäude

Abgeleitet von organisatorischen und bautechnischen Anforderungen an die Raumtypologien werden folgende spezifische Lagen im Gebäude und der Geschossigkeit empfohlen.

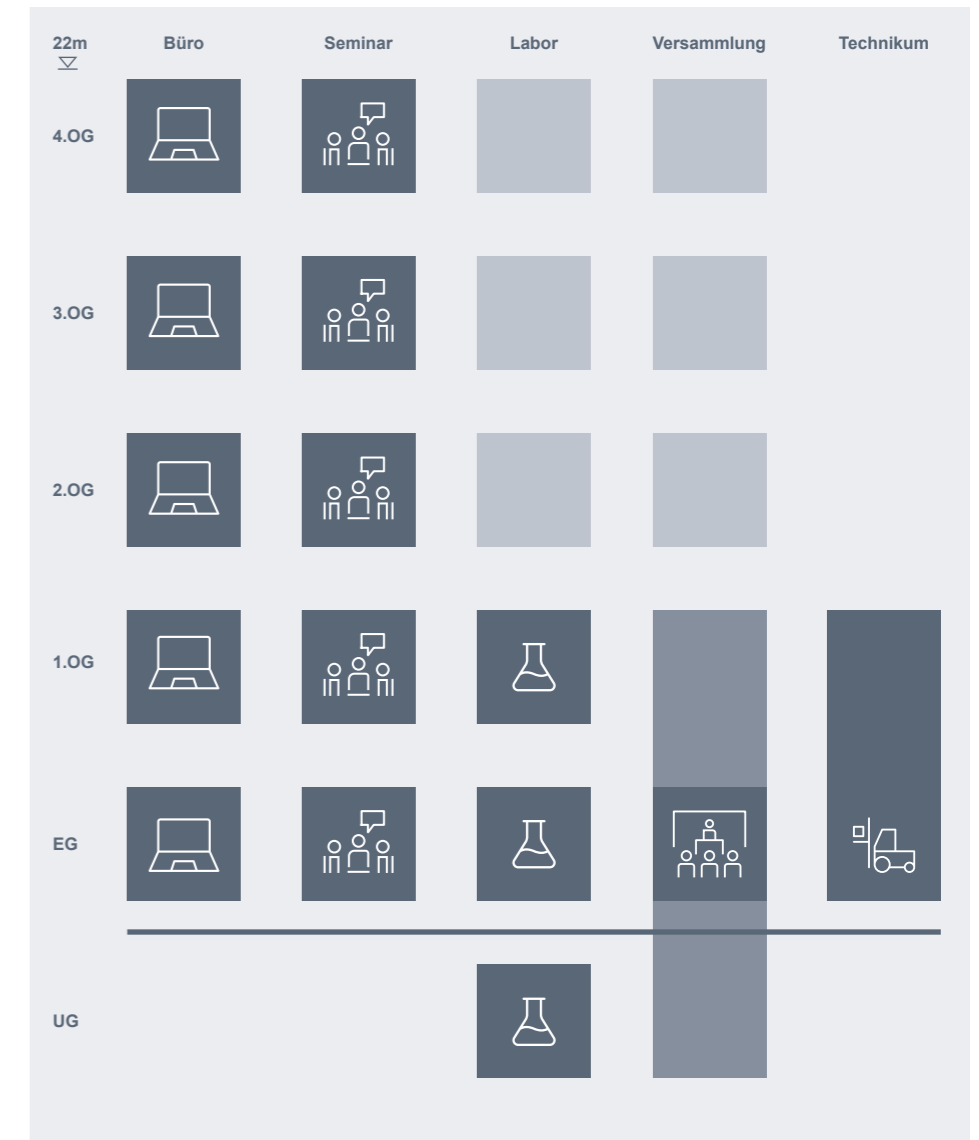


Abbildung 5: Anordnung der Raumtypologien im Gebäude (eigene Darstellung)

- *Büro-* und *Seminarräume* können aufgrund Schwingungsverhalten und Schallschutz der Deckenaufbauten flexibel in allen Geschossen angeordnet und kombiniert werden.
- Räume der Typologie *Labor* befinden sich aufgrund Schwingungsverhalten und Schallschutz der Deckenaufbauten in den unteren Geschossen (UG – 1. OG) des Gebäudes.
- Die Typologie *Versammlung* wird erdgeschossig angeordnet. Bei größerer Geschosshöhe, wie Hörsälen mit ansteigender Bestuhlung, kann das darunter oder darüberliegende Geschoss angeschnitten werden. Die Zugänglichkeit erfolgt über das Erdgeschoss und zusätzlich über das darüberliegende Stockwerk.
- Die Typologie *Technikum* wird eingeschossig mit einer überhöhten Raumhöhe gedacht, sodass, wenn notwendig, eine Kranbahn vorgesehen werden kann. Aufgrund der hohen Spannweiten der Decke bzw. des Dachs werden in dieser Arbeit keine weiteren Räume über dem *Technikum* empfohlen.

Die oben genannten Anforderungen zeigen, dass sich innerhalb eines Gebäudes die Raumtypologie *Labor* maximal auf zwei Geschosse erstrecken und die Raumtypologie *Versammlung* nur in einem Geschoss angeordnet werden sollte. Um eine optimale Flächenausnutzung zu gewährleisten, wird empfohlen, die Nutzungen *Seminar* und *Büro* in den sich daraus ergebenden restlichen Flächen anzuordnen.

5. Entscheidungshilfe

5.1 Lebenszyklusbetrachtung

Info ←

Graue Emissionen
Treibhausgasemissionen und Primärenergie für Herstellung, Austausch

Graue Energie
Entsorgung der Baukonstruktion und Komponenten der Gebäudetechnik.

Die grauen Emissionen und graue Energie der Baukonstruktionen und Komponenten der technischen Gebäudeausrüstung (TGA) werden mittels Lebenszyklusanalysen (LCA) nach DIN EN ISO 14040 und DIN EN ISO 14044 ermittelt. Folgende Umweltindikatoren wurden im Rahmen des Forschungsprojektes EDUwood betrachtet:

- Treibhauspotenzial (GWP)
- Primärenergie nicht erneuerbar (PENRT)
- Anteil Primärenergie erneuerbar (PERT)

In den genannten Normen werden die Grundsätze, Rahmenbedingungen, Anforderungen und Anleitungen für die Erstellung von LCAs geregelt. Die Berechnung erfolgt auf Basis der Datenbank ÖKOBAUDAT, Version 2021-IIA1 (BMWSB 2023) mit der Software eLCA¹². Die Datensätze sind konform zur DIN EN 15804+A1.

Der Gebäudelebenszyklus lässt sich nach DIN EN 15978 in die vier übergeordneten Module A (Herstellung), B (Nutzung), C (Entsorgung) und D (Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenzen) einteilen. Eine detaillierte Übersicht über die einzelnen Lebenszyklusphasen ist in Abbildung 7 dargestellt. Die LCA-Ergebnisse der vorliegenden Studie beinhalten folgende Module auf Bauteilebene für einen Betrachtungszeitraum von 100 Jahren:

- Herstellung (A1–A3)
- Austausch (B4): Die Nutzungsdauern von Materialien und Bauteilen wurden gemäß den Angaben des Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)¹³ angesetzt. Für Materialien von tragenden Bauteilen wurden davon abweichend eine Nutzungsdauer von 100 Jahren angesetzt. Dies begründet sich in der Annahme, dass tragende Bauteile das Gebäude bilden und bei einer angesetzten Nutzungsdauer von 100 Jahren entsprechend lange bestehen bleiben. Nach Brand (1994)¹⁴ weisen im Vergleich dazu Komponenten der Gebäudehülle, der Gebäudetechnik, des Innenausbaus und Einrichtungsgegenstände geringere Lebensdauern auf (siehe Abbildung 8).
- Entsorgung (C3–C4)

Info ←

Die detaillierten LCA-Ergebnisse sind im Anhang A – Bauteilmatrix sowie in der Anlage – Raum- und Bauteilkatalog aufgeführt.




Abbildung 6: Treibhauspotenzial (GWP) Seminar

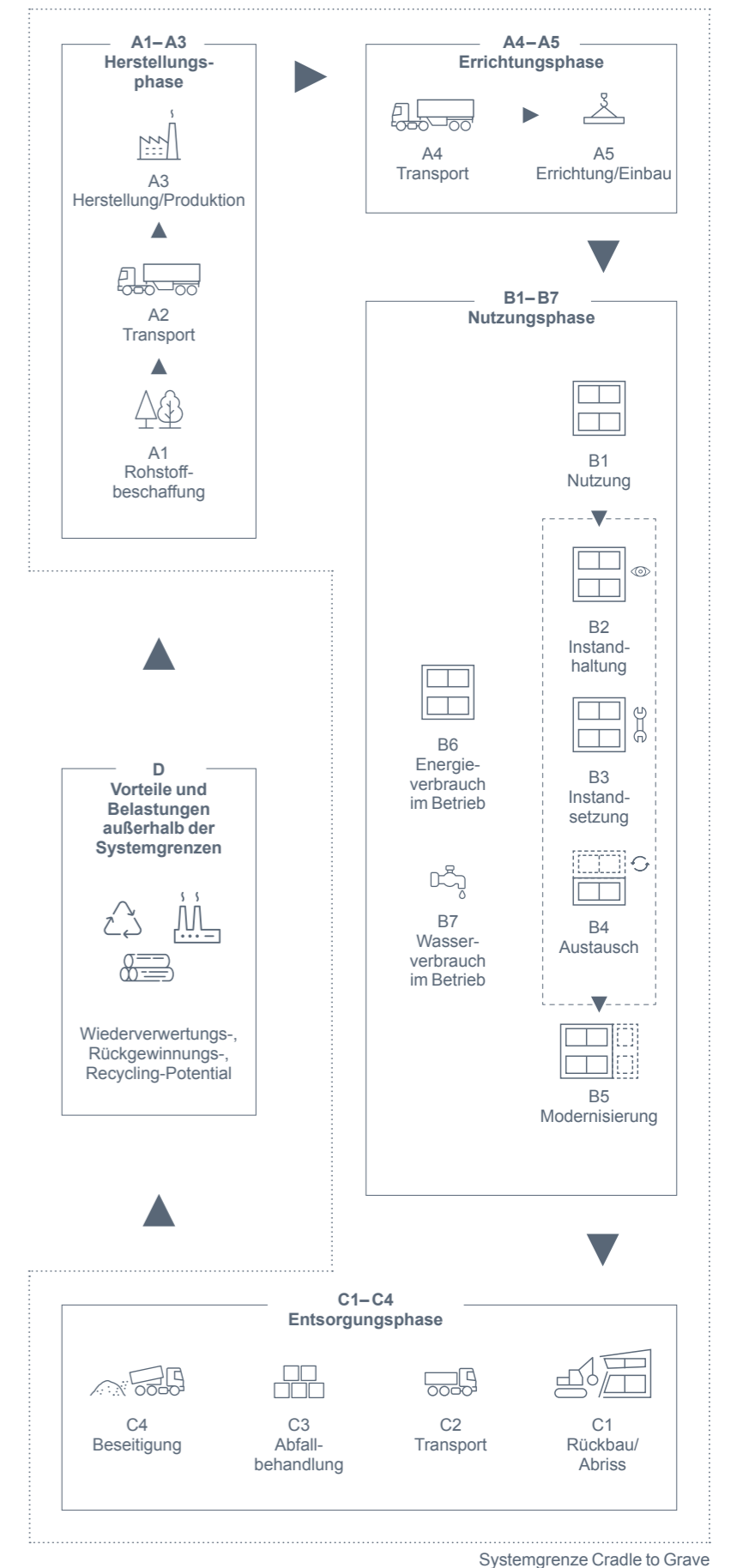


Abbildung 7: Phasen im Lebenszyklus eines Gebäudes (eigene Darstellung nach DIN EN 15978)

12 | Bundesinstitut für Bau-, Stadt-, und Raumforschung (BBSR), eLCA, Version 0.9.7, <https://www.bauteileditor.de/imprint/>

13 | Bundesinstitut für Bau-, Stadt und Raumforschung (BBSR) (2017): Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)

14 | Brand, Stewart (1994): How Buildings Learn: What Happens After They're Built.

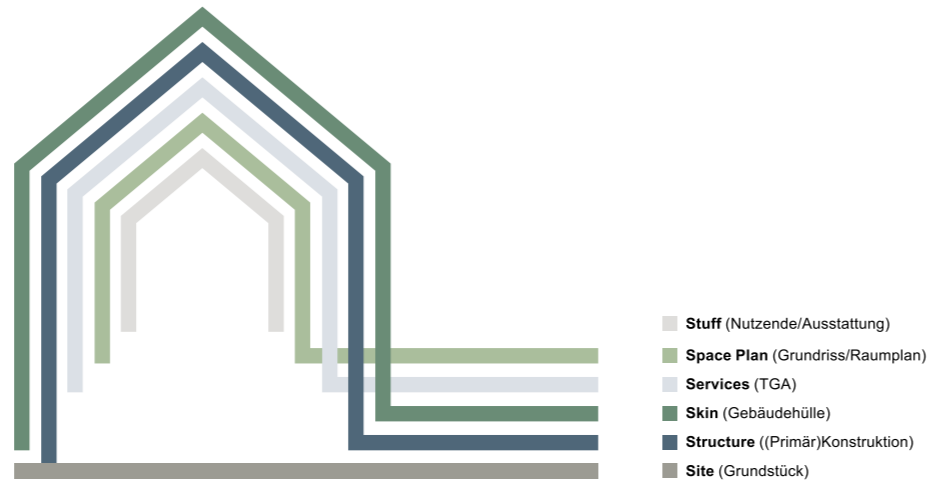


Abbildung 8: Konzept der Scherschichten in Anlehnung an Brand, Shering layers of change (Schuster und Geier 2023, S.60 in Anlehnung an Brand 1994)

Die Bewertung der Kreislaufkonsistenz erfolgt mittels der Urban Mining Index (UMI) Systematik¹³. Hierbei werden die eingehenden Materialien (PreUse) sowie die daraus entstehenden Wert- und Abfallstoffe (PostUse) berechnet und anhand von Qualitätsstufen ihrer Nachnutzung bewertet. Gemäß Rosen (2021) sind auf der Materialebene folgende Parameter entscheidend für das Berechnungsergebnis: (a) PreUse: Wiederverwendung, Material Recycling Content (MRC) nach Qualitätsstufen; (b) PostUse: End of Life Qualitätsstufen, Schadstofffreiheit, Material Loop Potenzial (MLP)Wert.

5.2 Multikriterielle Bewertung

Die jeweils beste Bauteilvariante wurde mittels der Nutzwertanalyse ermittelt, einer Methode zur multikriteriellen Entscheidungsfindung. Diese Methode hat sich bereits in vielen Bereichen bewährt. Das allgemeine methodische Vorgehen ist in Abbildung 9 dargestellt.

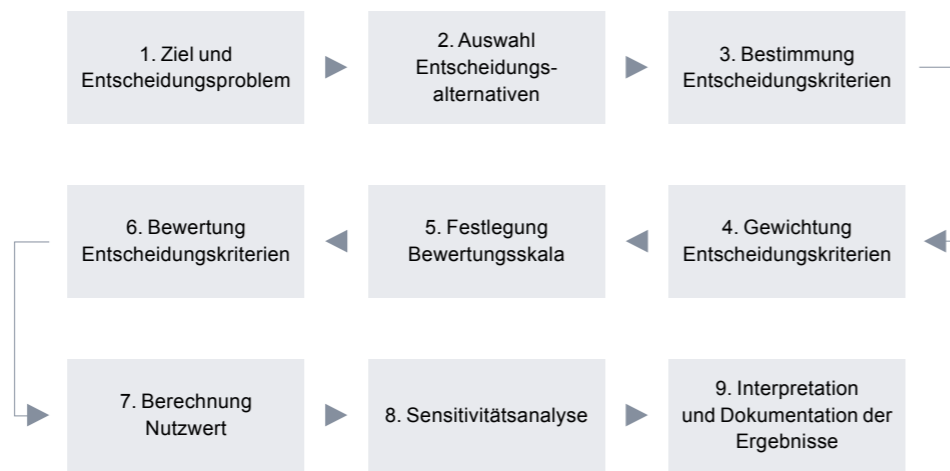


Abbildung 9: Allgemeines Vorgehen der Nutzwertanalyse (eigene Darstellung basierend auf (Kranefeld und Stausberg 2009; Kühnapfel 2021))

13 | Rosen, Anja (2021): Urban Mining Index. Entwicklung einer Systematik zur quantitativen Bewertung der Kreislaufkonsistenz von Baukonstruktionen in der Neubauplanung. Dissertation. Bergische Universität Wuppertal.

Die einzelnen Schritte werden im Folgenden projektspezifisch beschrieben.

1. Als Ziel und Entscheidungsproblem wurde die Auswahl eines Bauteilaufbaus je Bauteilgruppe definiert, die im Vergleich zu allen Alternativen die geringsten Umweltwirkungen in Bezug auf Klima und Ressourcen aufweist.
2. Die Entscheidungsalternativen umfassten die jeweiligen Bauteilgruppen je Raumtypologie. Diese wurden basierend auf den Konstruktionsgrundlagen definiert und erfüllen die in Bayern geltenden baurechtlichen und baupraktischen Standards.
3. Folgende Kategorien und Kriterien wurden im Projekt EDUwood betrachtet:

Kategorie	Kriterium
▪ Ressourceneinsatz	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Holzvolumen ▪ Primärenergie nicht erneuerbar (PENRT) ▪ Anteil Primärenergie erneuerbar (PERT) ▪ Urban Mining Index (UMI)
▪ Klimaschutz	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Treibhauspotenzial (GWP)
▪ Bauphysik	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schalldämm-Maß ▪ Trittschalldämm-Maß ▪ Anforderung Brandschutz ▪ Wärmeschutz (<i>nur Außenwände und Dächer</i>)
▪ Baukonstruktive Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schwingungskriterien ▪ Maximaler Ausnutzungsgrad (GZT) ▪ Maximaler Ausnutzungsgrad (GZG)-Durchbiegung ▪ Flächengewicht ▪ Bauteilhöhe/-dicke
▪ Wirtschaftlichkeit ^a	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lebenszykluskosten

^a Die Kosten (monetäre Werte) werden nicht in der Nutzwertanalyse berücksichtigt, sondern im Rahmen der Kosten-Nutzen-Analyse den Nutzwerten separat gegenübergestellt.

4. Für die Grobgewichtung der Kategorien wurden zwei Varianten betrachtet. Bei der Gewichtung **basis** wurden alle Kategorien gleich gewichtet (je 25 %). Für die Handlungsempfehlung und somit die Gewichtung **eco** wurde der Fokus auf die Kategorien Ressourceneinsatz und Klimaschutz mit je 40 % gelegt, Bauphysik und baukonstruktive Aspekte gingen mit je 10 % in die Bewertung ein. Die Feinbewertung der Kriterien erfolgte für beide Gewichtungsvarianten mittels unabhängiger und anonymer Expert:innen-Befragung durch wissenschaftliche Mitarbeitende des Lehrstuhls für energieeffizientes und nachhaltiges Planen und Bauen sowie des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion.
5. Es wurde eine Bewertungsskala von 1 bis 10 festgelegt. Bei den folgenden Kriterien wurden niedrige Werte besser bewertet als hohe Werte: Holzvolumen, PENRT, GWP, Trittschalldämmmaß, Wärmeschutz, Schwingungskriterien, Flächengewicht und Bauteilhöhe. Für die übrigen Kriterien galt, je höher die Werte, desto besser deren Bewertung.
6. Die Bewertung der Entscheidungskriterien erfolgte gemäß den zuvor beschriebenen Methoden. Die Ergebnisse wurden kriterien- und bauteilspezifisch auf eine Skala von 1 (schlechtester Wert) bis 10 (besten Wert) umgerechnet.

Info ←
Die detaillierten Ergebnisse der Nutzwertanalyse sind im Forschungsbericht EDUwood dargestellt.

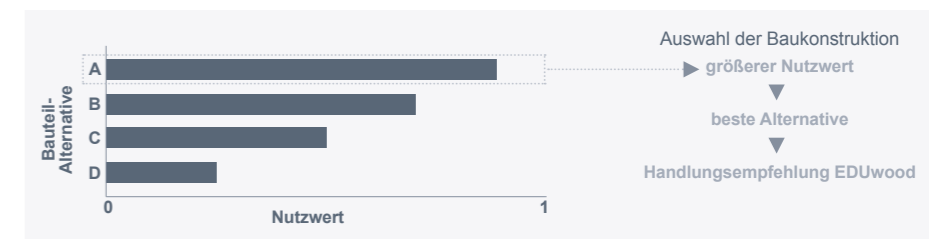


Abbildung 10: Nutzwert-Ranking für die Entscheidungsfindung (eigene Darstellung)

6. Planungshilfe und Handlungsempfehlung

Die Planungshilfe bietet Planenden und Entscheidungsträger:innen in den frühen Leistungsphasen von Hochschulgebäuden und vergleichbaren Nutzungen in Holzbauweise konkrete Bauteilaufbauten für den Holzbau.

Basierend auf dem Raumprogramm der Technischen Universität Nürnberg (UTN) wurde im Rahmen des Forschungsprojektes EDUwood eine Handlungsempfehlung zur Anwendung von Holzbauweisen im Hochschulbau und ähnlichen Gebäuden entwickelt. Dabei werden Konstruktionsmethoden in Holz aufgezeigt, die im Hinblick auf das angestrebte Klimaschutzpotenzial unter Berücksichtigung der genannten baurechtlichen, baukonstruktiven und bauphysikalischen Anforderungen für Neubauten in Holzbauweise geeignet sind.

Die zuvor beschriebene multikriterielle Bewertung einschließlich der Lebenszyklusanalysen bildet dabei die Grundlage für die Entscheidungsfindung. Die Auswahl der Bauteilaufbauten basiert auf der Kriteriengewichtung **eco**, bei der Klima- und Ressourcenschutz im Vordergrund stehen.

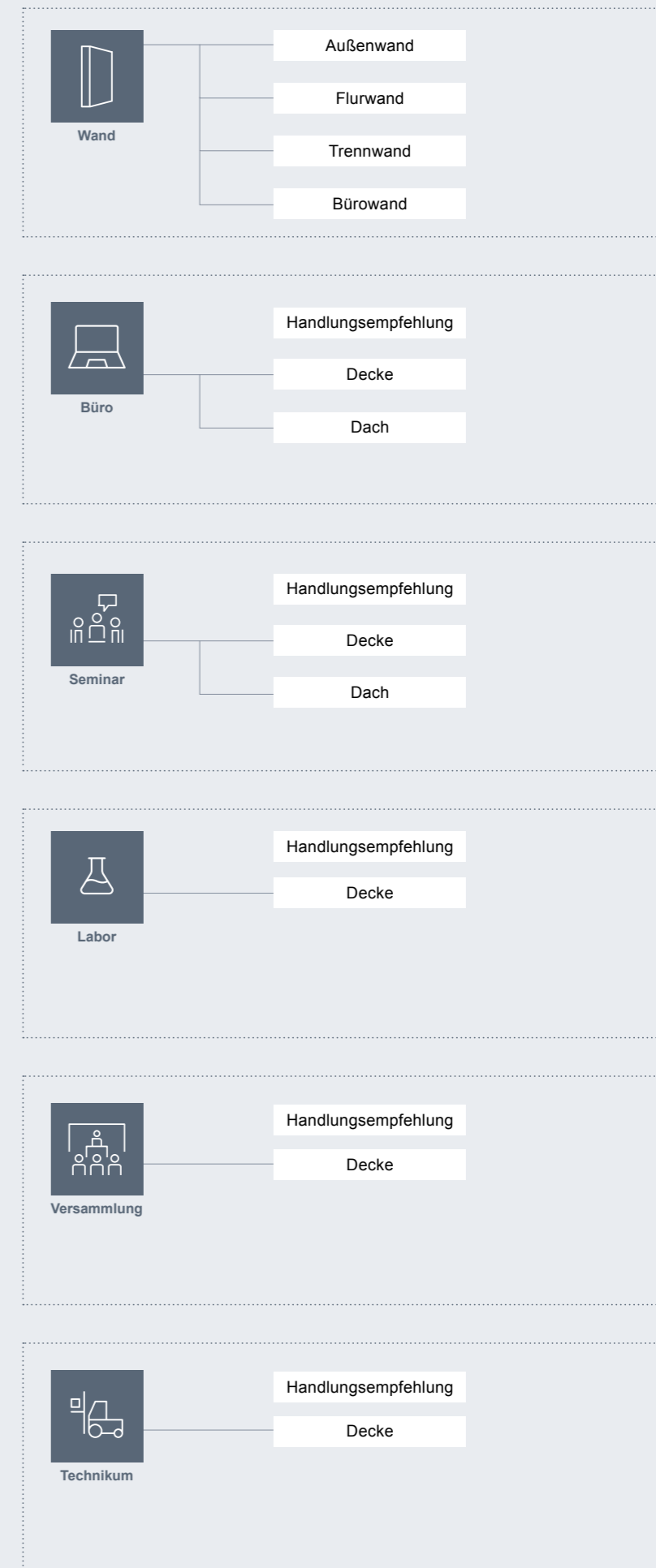
Neben den empfohlenen Bauteilaufbauten werden im Folgenden weitere baukonstruktiv und bauphysikalisch mögliche Aufbauten aufgeführt. Zur Auswahl der Bauteilaufbauten für einen Entwurf werden die zu planenden Räume anhand ihrer Spannweiten (siehe Kapitel 4) und bauphysikalischen Anforderungen den verschiedenen Raumtypologien *Büro*, *Seminar*, *Labor*, *Versammlung* und *Technikum* zugeordnet. Für jede Raumtypologie werden die Konstruktionsmethoden in Holz für die Bauteile Geschossdecke, oberer Gebäudeabschluss, Außenwand und Innenwand aufgezeigt. Die detaillierten Bauteilaufbauten sind im Bauteilkatalog des Forschungsberichtes erfasst; die Hinweise sind zu beachten.

Info

Die detaillierten Bauteilaufbauten sind in der Anlage Raum- und Bauteilkatalog aufgeführt.

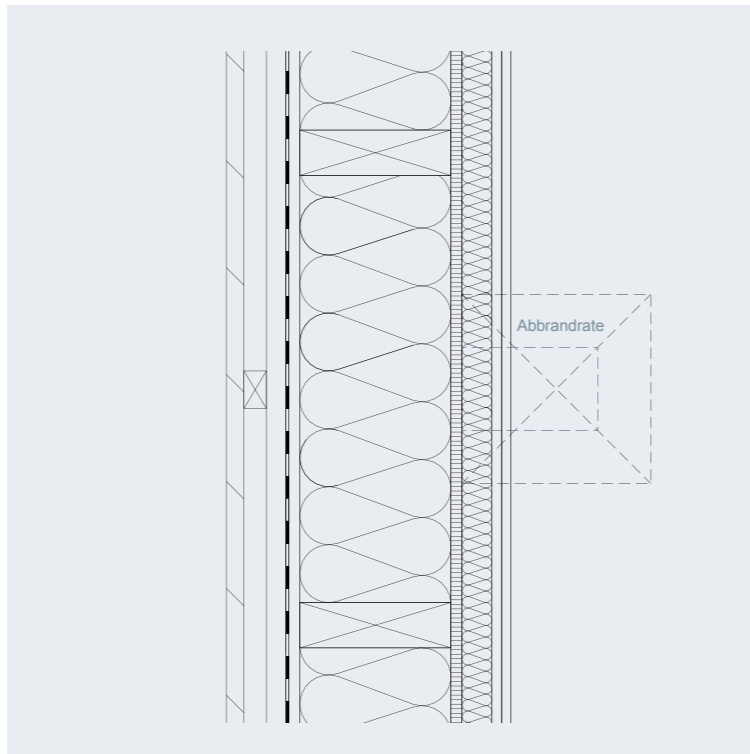


Übersicht Bauteilaufbauten



AW_HTB

nichttragende
Außenwand
Holztafelbau



Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau

Dicke [mm]	Baustoff	BVK
24,0	Holz Lärche Außenwandverkleidung	D
30,0	Holz Fichte Lattung versetzt (30/50; 30/80) -Hinterlüftung	D
30,0	Lattung Hinterlüftung	D
	Windbremse $sd \leq 0,3$ m	E
15,0	Gipsfaserplatte Typ F ^a	A2
200,0	Konstruktionsholz (60/200; e = 0,625 m)	D
200,0	Mineralwolle, Schmelzpunkt < 1000°C	A1
15,0	OSB (luftdicht verklebt)	E
40,0	Installationsschicht: Holz Fichte Querlattung (a = 400)	D
40,0	Naturdämmstoff Holzfasermatten (alternativ: Zellulosefasern lose, wenn keine Installationen)	E
25,0	Gipsbauplatte Typ A, 2 x 12,5 mm	A2

^a Gipskartonplatten Typ GKF nach DIN 18180 i.V.m. DIN EN 520 oder alternativ Gipsfaserplatten mit $\rho \geq 1100$ kg/m³ nach ETA

Brandschutz (siehe Hinweis)
EI30
nach DIN EN 1995-1-2
Außenwandbekleidung nach
MHolzBauRL

Wärmeschutz (siehe Hinweis)
Keine Anforderungen

Schallschutz (siehe Hinweis)
 $R_w = 59$ dB
Nach dataholz.eu Außenwand
awrhi08a-05

Treibhauspotenzial
77,44 kg CO₂-Äq./m²

**Primärenergiebedarf
nicht erneuerbar**
1235,30 MJ/m²

Hinweise Außenwand

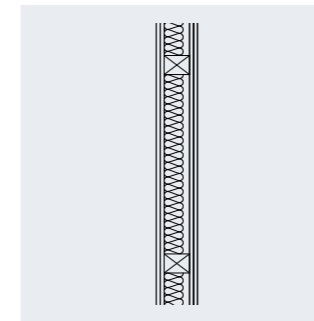
Schallschutz
Das tatsächlich vorhandene bewertete Schallschutzmaß kann aufgrund fehlender Messwerte nicht angegeben werden.

Feuchteschutz
Das Diffusionsverhalten wird über dataholz.eu Außenwand awrhi08a-05 nachgewiesen.

Brandschutz
Bei der Verwendung von brennbaren Gefachdämmstoffen ist eine nichtbrennbare Bekleidung (a) von 18 mm zu verwenden.

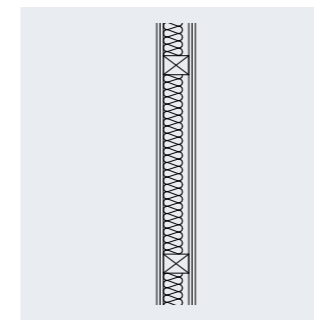
Brandschutz
Bei der Ausbildung der Außenwandbekleidung sind die Vorgaben der MHolzBauRL beachten.

BW_HTB_GKP



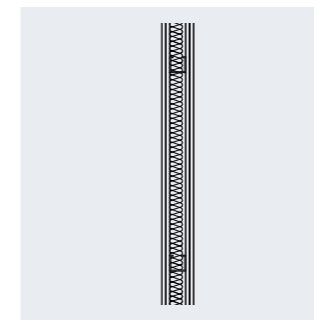
Dicke [mm]	Baustoff	BVK
25,0	Gipsbauplatte Typ A, 2 x 12,5 mm	A2
80,0	Holzständer (60/80, e = 0,625 m)	D
60,0	Naturdämmstoff Holzfasermatten	E
25,0	Gipsbauplatte Typ A, 2 x 12,5 mm	A2

BW_HTB_LBP



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
22,0	Lehm- oder Gipsbauplatte schwer, D22	A1
80,0	Holzständer (60/80, e = 0,625 m)	D
80,0	Naturdämmstoff Holzfasermatten (alternativ: Zellulosefasern lose, wenn keine Installationen)	E
22,0	Lehm- oder Gipsbauplatte schwer, D22	A1

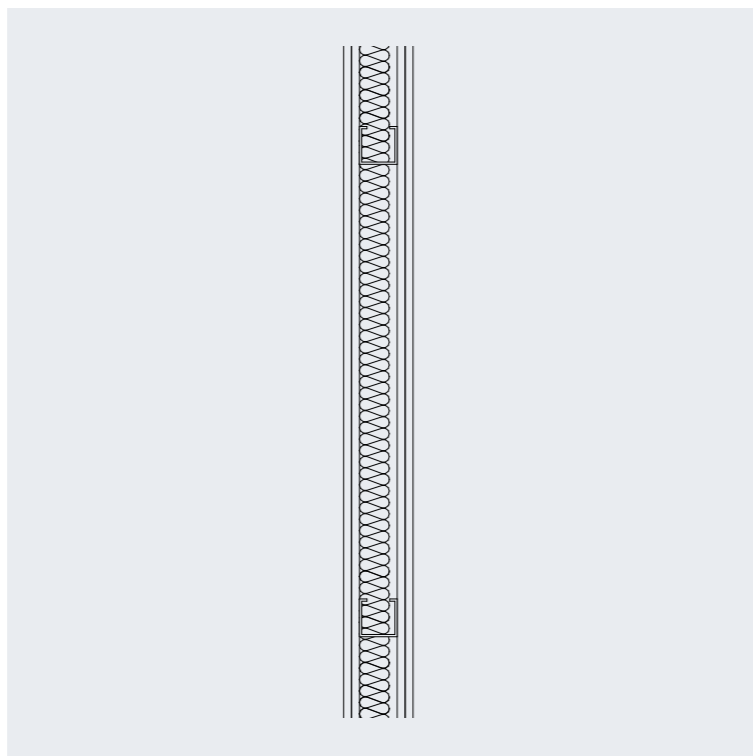
BW_MSt_GKP



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
25,0	Gipsbauplatte Typ A, 2 x 12,5 mm	A2
50,0	Metallständer (CW-Profil, e = 0,625 m)	A1
40,0	Naturdämmstoff Holzfasermatten	E
25,0	Gipsbauplatte Typ A, 2 x 12,5 mm	A2

BW_MSt_LBP

Bürowand
Metallständer
Lehmbauplatten



Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau

Dicke [mm]	Baustoff	BVK
22,0	Lehmbauplatte schwer, D22	A1
50,0	Metallständer (CW-Profil, e = 0,625 m)	A1
40,0	Naturdämmstoff Holzfasermatten	E
22,0	Lehmbauplatte schwer, D22	A1

Brandschutz (siehe Hinweis)
Keine Anforderungen

Wärmeschutz (siehe Hinweis)
Keine Anforderungen

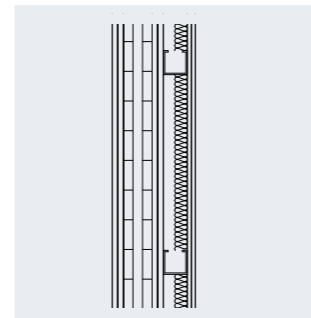
Schallschutz (siehe Hinweis)
R_w = 55 dB
Nach CLAYTEC GmbH & Co. KG 2022
Tabelle 13 Art. Nr. 09.014

Treibhauspotenzial
8,09 kg CO₂-Äq./m²

Primärenergiebedarf nicht erneuerbar
297,30 MJ/m²

Hinweis Bürowand ←
Schallschutz
Das tatsächlich vorhandene bewertete Schalldämm-Maß kann aufgrund fehlender Messwerte nicht angegeben werden.

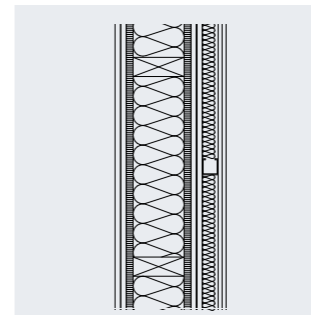
FW_BSP_GKP_t



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
36,0	Gipsbauplatte Typ F, 2 x 18 mm ^a	A2
90,0	Brettspertholz 3-lagig	D
36,0	Gipsbauplatte Typ F, 2 x 18 mm ^a	A2
40,0	Naturdämmstoff Holzfasermatten	E
75,0	Metallständer CW-Profil	A1
25,0	Gipskartonplatte Typ F 2 x 12,5 mm	A2

^a Gipskartonplatten Typ GKF nach DIN 18180 i. V.m. DIN EN 520 oder alternativ Gipsfaserplatten mit ρ ≥ 1100 kg/m³ nach ETA

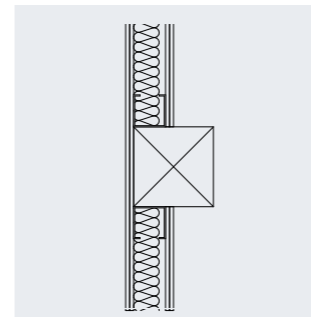
FW_HTB_GKP_t



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
36,0	Gipsbauplatte Typ F, 2 x 18 mm ^a	A2
22,0	OSB	E
160,0	Konstruktionsholz (100/160, e = 0,625 m)	D
160,0	Mineralwolle, Schmelzpunkt > 1000°C	A1
22,0	OSB	E
36,0	Gipsbauplatte Typ F, 2 x 18 mm ^a	A2
50,0	Installationsschicht Metallständer CW-Profil	A1
40,0	Naturdämmstoff Holzfasermatten	E
25,0	Gipsbauplatte Typ A, 2 x 12,5 mm	A2
(22)	alternativ Lehmbauplatte D22	A1

^a Gipskartonplatten Typ GKF nach DIN 18180 i. V.m. DIN EN 520 oder alternativ Gipsfaserplatten mit ρ ≥ 1100 kg/m³ nach ETA

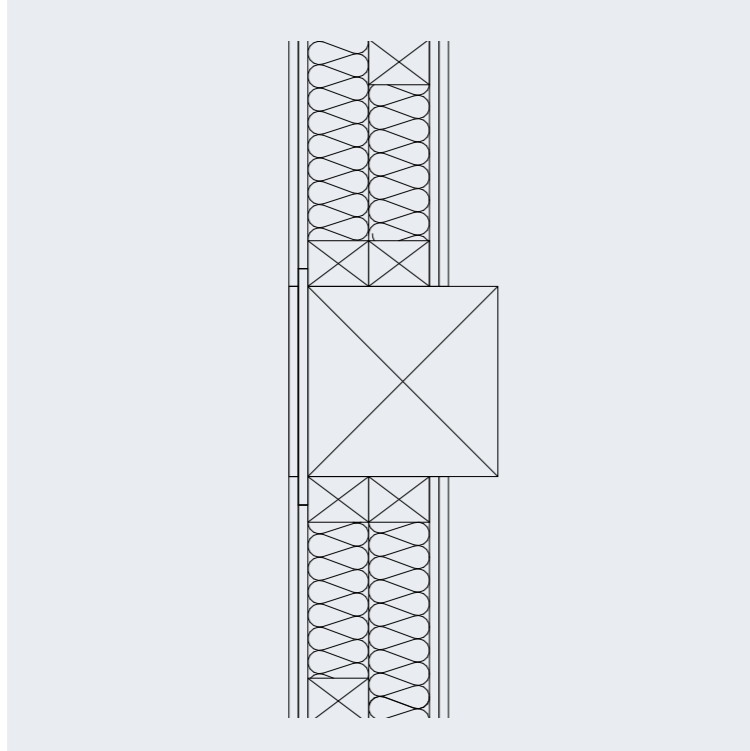
FW_MSt_GKP



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
25,0	Gipsbauplatte Typ F, 2 x 12,5 mm	A2
(32)	alternativ Lehmbauplatte D16 2 x 16 mm	A1
100,0	Metallständer CW-Profil	A1
80,0	Mineralwolle	A1
25,0	Gipsbauplatte Typ F, 2 x 12,5 mm	A2
(32)	alternativ Lehmbauplatte D16 2 x 16 mm	A1
250,0	Holzstütze, e = 3,75 m	D


FW_HTB_GKP


Flurwand
Holztafelbau
Gipsbauplatten





Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau


Dicke [mm]	Baustoff	BVK
25,0	Gipsbauplatte Typ F, 2 x 12,5 mm	A2
(32)	alternativ Lehm- oder Gipsbauplatte D16 2 x 16 mm	A1
100,0	Holzständer entkoppelt	A1
80,0	Mineralwolle	A1
25,0	Gipsbauplatte Typ F, 2 x 12,5 mm	A2
(32)	alternativ Lehm- oder Gipsbauplatte D16 2 x 16 mm	A1
250,0	Holzstütze, e = 3,75 m	D

 **Brandschutz**
EI30
nach prEN 1995-1-2 i.V.m
Knauf Gips KG
2019
Stütze nach DIN EN 1995-1-2

 **Wärmeschutz**
Keine Anforderungen

 **Schallschutz** (siehe Hinweis)
 $R_w = 61$ dB
Nach Knauf Gips KG 2019 W125.de
Doppelständer nichttragend F90 S.7

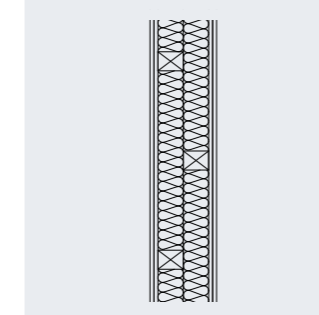
 **Treibhauspotenzial**
22,37 kg CO₂-Äq./m²

 **Primärenergiebedarf**
nicht erneuerbar
398,52 MJ/m²

Hinweis Flurwand

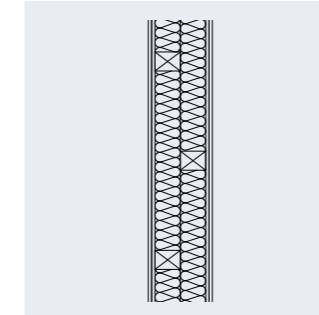
Schallschutz
Das tatsächlich vorhandene bewertete Schalldämm-Maß kann aufgrund fehlender Messwerte nicht angegeben werden.

TW_HTB_GKP



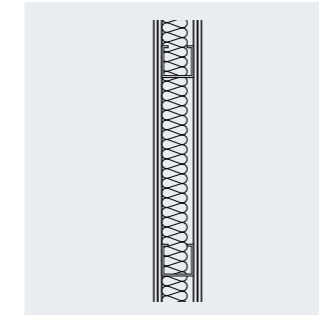
Dicke [mm]	Baustoff	BVK
25,0	Gipsbauplatte Typ F, 2 x 12,5 mm	A2
160,0	Holzständer entkoppelt (2 x 60/80, e = 0,625 m)	D
160,0	Mineralwolle, Schmelzpunkt > 1000 °C	A1
25,0	Gipsbauplatte Typ F, 2 x 12,5 mm	A2

TW_HTB_LBP



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
44,0	Lehm- oder Gipsbauplatte, schwer 2 x 22mm	A
160,0	Holzständer entkoppelt (2 x 60/80, e = 0,625 m)	D
160,0	Mineralwolle, Schmelzpunkt > 1000 °C	A1
44,0	Lehm- oder Gipsbauplatte, schwer 2 x 22 mm	A1

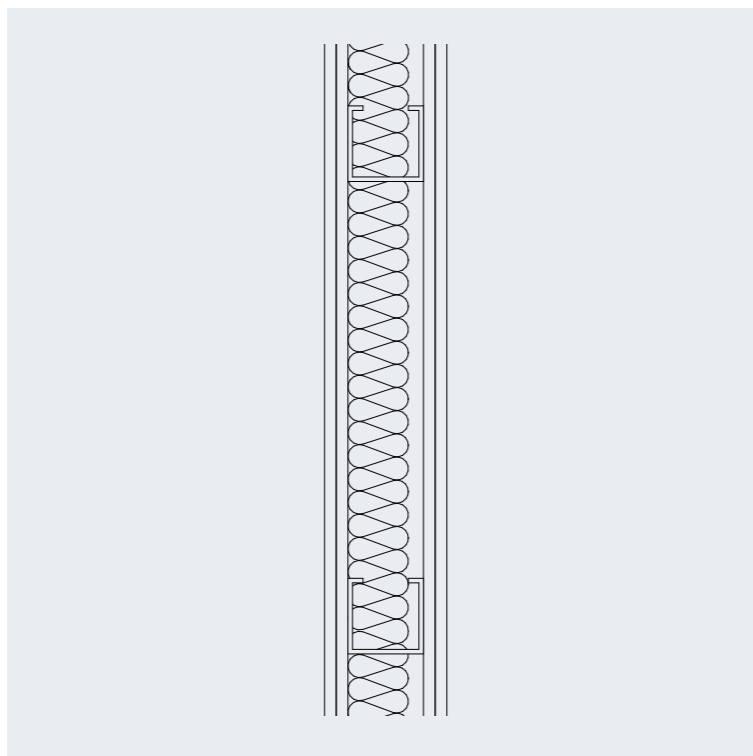
TW_MSt_GKP



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
25,0	Gipsbauplatte Typ F, 2 x 12,5 mm	A2
100,0	Metallständer (CW-Profil, e = 0,625 m)	A1
80,0	Mineralwolle, Schmelzpunkt > 1000 °C	A1
25,0	Gipsbauplatte Typ F, 2 x 12,5 mm	A2


TW_MSt_LBP

Trennwand
 Metallständer
 Lehmbauplatten




Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau


Dicke [mm]	Baustoff	BVK
32,0	Lehmbauplatte, schwer 2 x 16 mm	A1
150,0	Metallständer (CW-Profil, e = 0,625 m)	A1
140,0	Mineralwolle, Schmelzpunkt > 1000 °C	A1
32,0	Lehmbauplatte, schwer 2 x 16 mm	A1

 **Brandschutz**
 EI90
 nach prEN 1995-1-2 i.V.m
 CLAYTEC GmbH & Co. KG 2022

 **Wärmeschutz**
 Keine Anforderungen

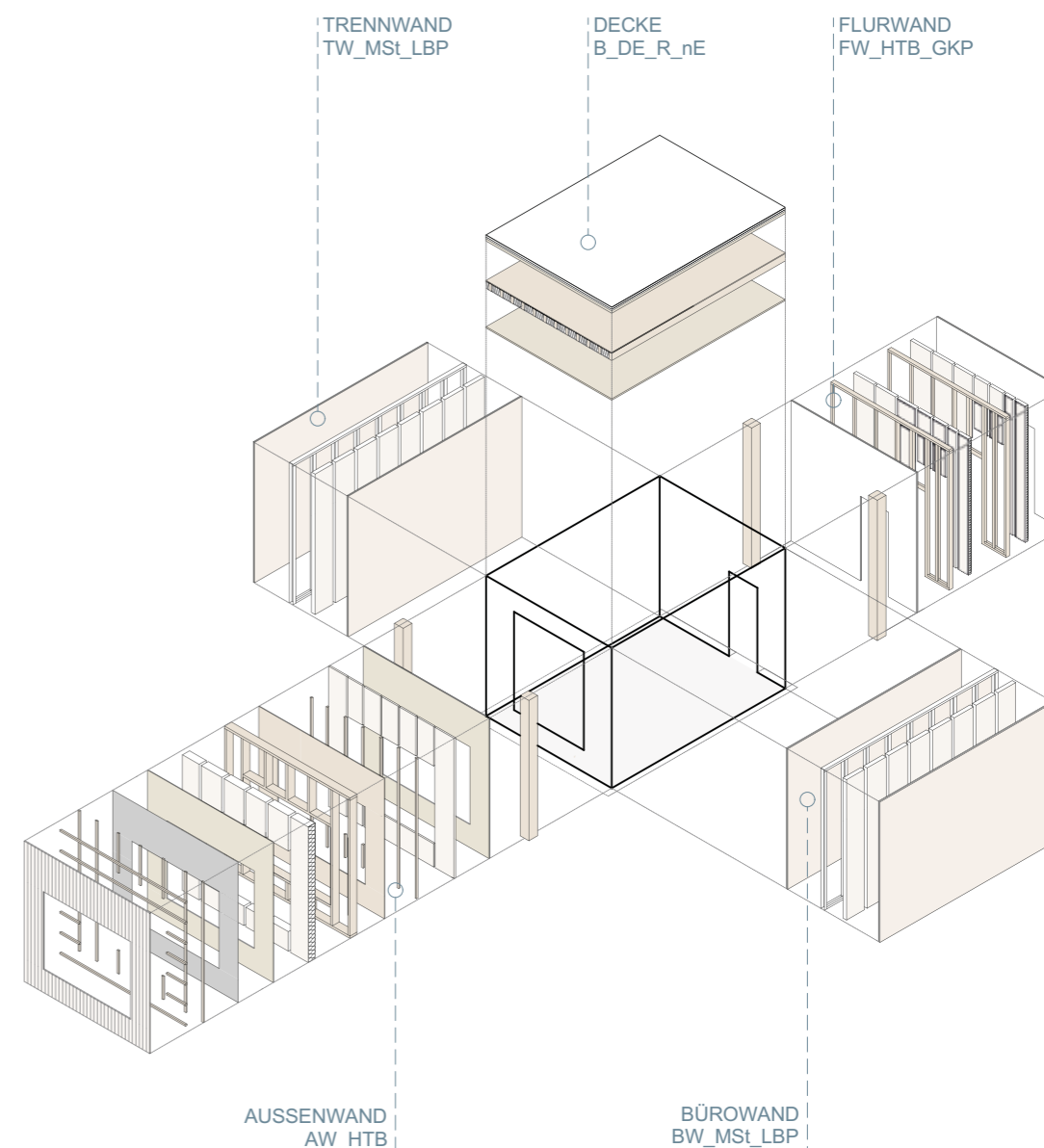
 **Schallschutz** (siehe Hinweis)
 $R_w = 56$ dB
 Nach CLAYTEC GmbH & Co. KG
 2022
 Tabelle 13 Art. Nr. 09.015

 **Treibhauspotenzial**
 13,73 kg CO₂-Äq./m²

 **Primärenergiebedarf
 nicht erneuerbar**
 399,94 MJ/m²

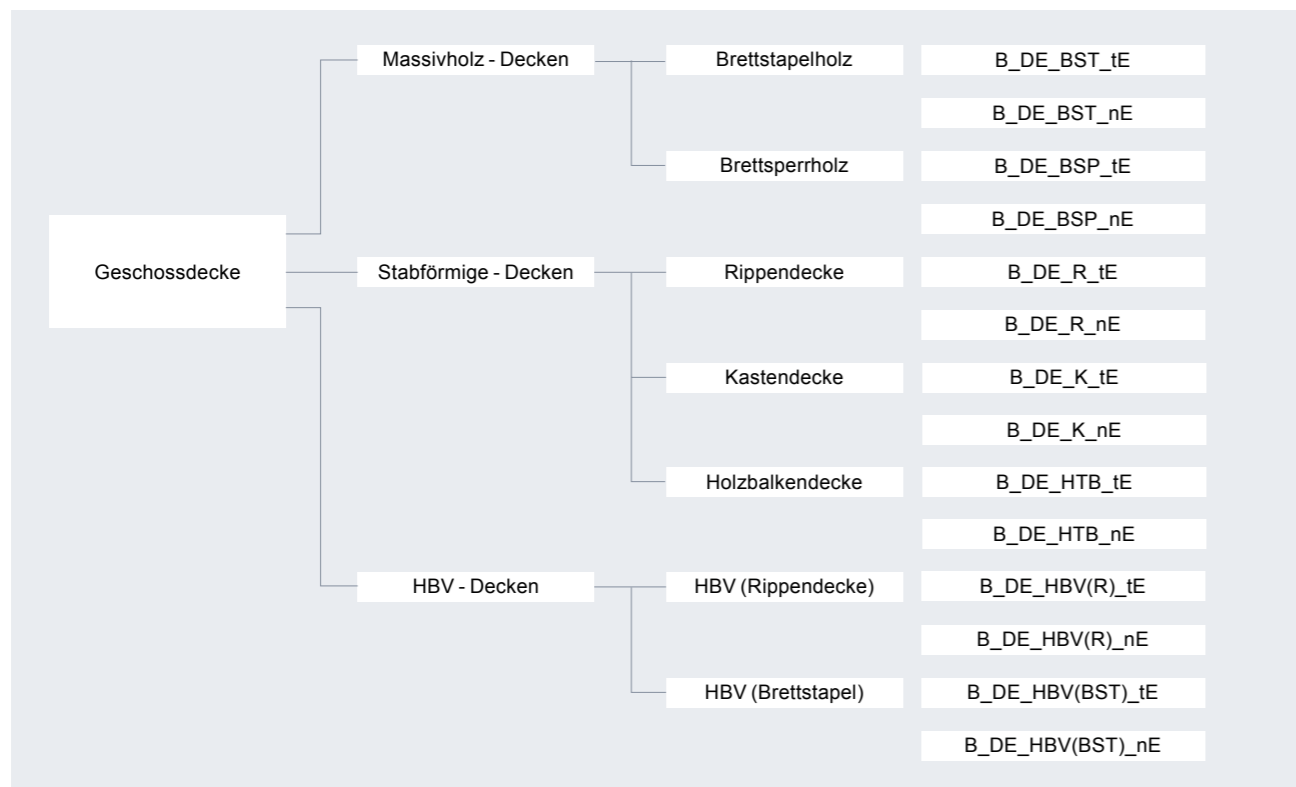
Hinweis Trennwand

Schallschutz
 Das tatsächlich vorhandene bewertete
 Schalldämm-Maß kann aufgrund
 fehlender Messwerte nicht angegeben
 werden.

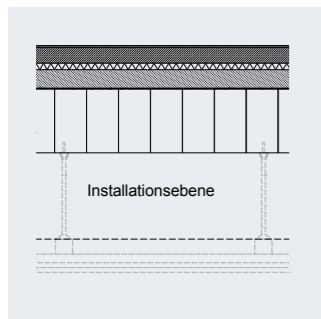




Übersicht Bauteilaufbauten

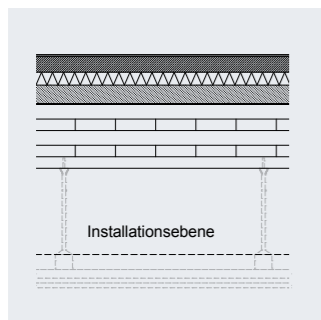


B_DE_BST_nE



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
5,0	Bodenbelag Linoleum	C
50,0	Zementestrich (m' ≥ 120kg/m²)	A1
	Trennschicht Kunststoff	E
40,0	Trittschalldämmung (s' ≤ 7 MN/m³)	A1
60,0	Splittschüttung (m' ≥ 90 kg/m²)	A1
	Rieselschutz	B
200,0	Brettstapelholz, verleimt, GL 24h	D

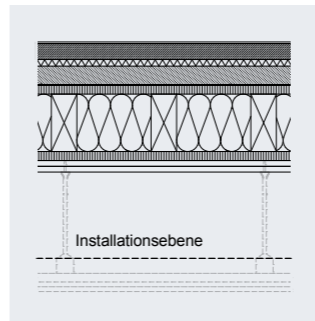
B_DE_BSP_nE



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
5,0	Bodenbelag Linoleum	C
50,0	Zementestrich (m' ≥ 120kg/m²)	A1
	Trennschicht Kunststoff	E
40,0	Trittschalldämmung (s' ≤ 7 MN/m³)	A1
60,0	Splittschüttung (m' ≥ 90 kg/m²)	A1
	Rieselschutz	B
200,0	Brettsperrholz 5-lagig CL24	D



B_DE_K_nE



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
5,0	Bodenbelag Linoleum	C
50,0	Zementestrich (m' ≥ 120 kg/m²)	A1
	Trennschicht Kunststoff	E
20,0	Trittschalldämmung MW (s' ≤ 8 MN/m³)	A1
60,0	Splittschüttung (m' ≥ 90 kg/m²)	A1
	Rieselschutz	B
28,0	Dreischichtplatte, auf Träger geklebt	D
180,0	Brettschichtholz Träger GL 24h (80/180, e = 0,3125 m)	D
180,0	Gefachdämmung Mineralwolle	A1
28,0	Dreischichtplatte, auf Träger geklebt	D
36,0	Gipskartonplatte Typ GKF (2 x 18 mm) ^a	A2

^a Gipskartonplatten Typ GKF nach DIN 18180 i.V.m. DIN EN 520 oder alternativ Gipsfaserplatten mit ρ ≥ 1100 kg/m³ nach ETA

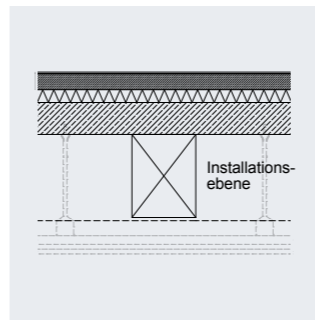
B_DE_HTB_nE



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
5,0	Bodenbelag Linoleum	C
50,0	Zementestrich (m' ≥ 120 kg/m²)	A1
	Trennschicht Kunststoff	E
20,0	Trittschalldämmung MW (s' ≤ 8 MN/m³)	A1
60,0	Splittschüttung (m' ≥ 90 kg/m²) auf Rieselschutzvlies (PP)	A1
30,0	OSB Platte (m' ≥ 15 kg/m²), lagegesichert auf Balken	D
320,0	Brettschichtholz GI24h (120/320, e=0,625m)	D
320,0	Gefachdämmung Mineralwolle	A1
22,0	OSB Platte	D
36,0	Gipskartonplatte Typ GKF (2 x 18 mm) ^a	A2

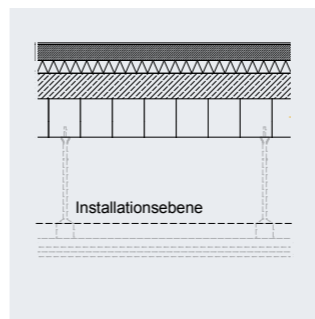
^a Gipskartonplatten Typ GKF nach DIN 18180 i.V.m. DIN EN 520 oder alternativ Gipsfaserplatten mit ρ ≥ 1100 kg/m³ nach ETA

B_DE_HBV(R)_nE



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
5,0	Bodenbelag Linoleum	C
50,0	Zementestrich (m' ≥ 120 kg/m²)	A1
	Trennschicht Kunststoff	E
40,0	Trittschalldämmung MW (s' ≤ 7 MN/m³)	A1
100,0	Beton C30/37	A1
260,0	Brettschichtholz, GL 24h (200/260, e = 0,94 m)	D

B_DE_HBV(BST)_nE

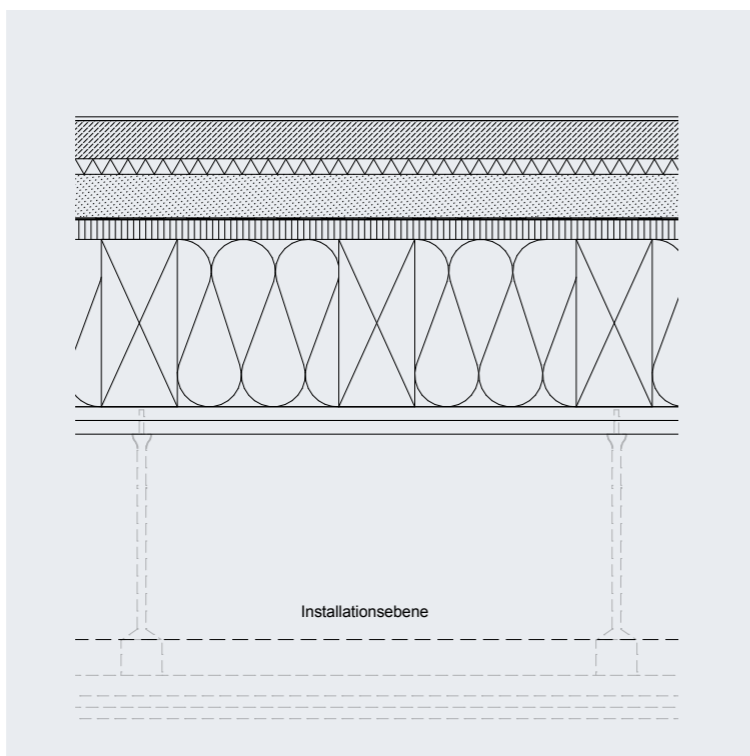


Dicke [mm]	Baustoff	BVK
5,0	Bodenbelag Linoleum	C
50,0	Zementestrich (m' ≥ 120 kg/m²)	A1
	Trennschicht Kunststoff	E
40,0	Trittschalldämmung MW (s' ≤ 7 MN/m³)	A1
80,0	Beton C30/37	A1
120,0	Brettstapelement, gedübelt, GL 24h	D



B_DE_R_nE

Decken
Rippendecke
Trockenestrich



Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau

Dicke [mm]	Baustoff	BVK
5,0	Bodenbelag Linoleum	C
50,0	Zementestrich (m' ≥ 120 kg/m ²)	1
	Trennschicht Kunststoff	E
20,0	Trittschalldämmung MW (s' ≤ 8 MN/m ³)	A1
60,0	Splitschüttung (m' ≥ 90 kg/m ²)	A1
	Rieselschutz	B
28,0	Dreischichtplatte, auf Träger geklebt	D
220,0	Brettschichtholz Träger GL 24h (100/220, e = 0,3125 m)	D
220,0	Gefachdämmung Mineralwolle	A1
36,0	Gipskartonplatte Typ GKF (2 x 18 mm) ^a	A2

^a Gipskartonplatten Typ GKF nach DIN 18180 i.V.m. DIN EN 520 oder alternativ Gipsfaserplatten mit ρ ≥ 1100 kg/m³ nach ETA

Brandschutz (siehe Hinweis)
REI90
nach DIN EN 1995-1-2 i.V.m
M HolzBauRL

Schallschutz (siehe Hinweis)
R_w = 74 dB (-11; -26)
L_{n,w} = 43 dB (6)
Nach Informationsdienst Holz (2019)
Tab.24; Z.5

Treibhauspotenzial
84,59 kg CO₂-Äq./m²

Primärenergiebedarf nicht erneuerbar
1798,30 MJ/m²

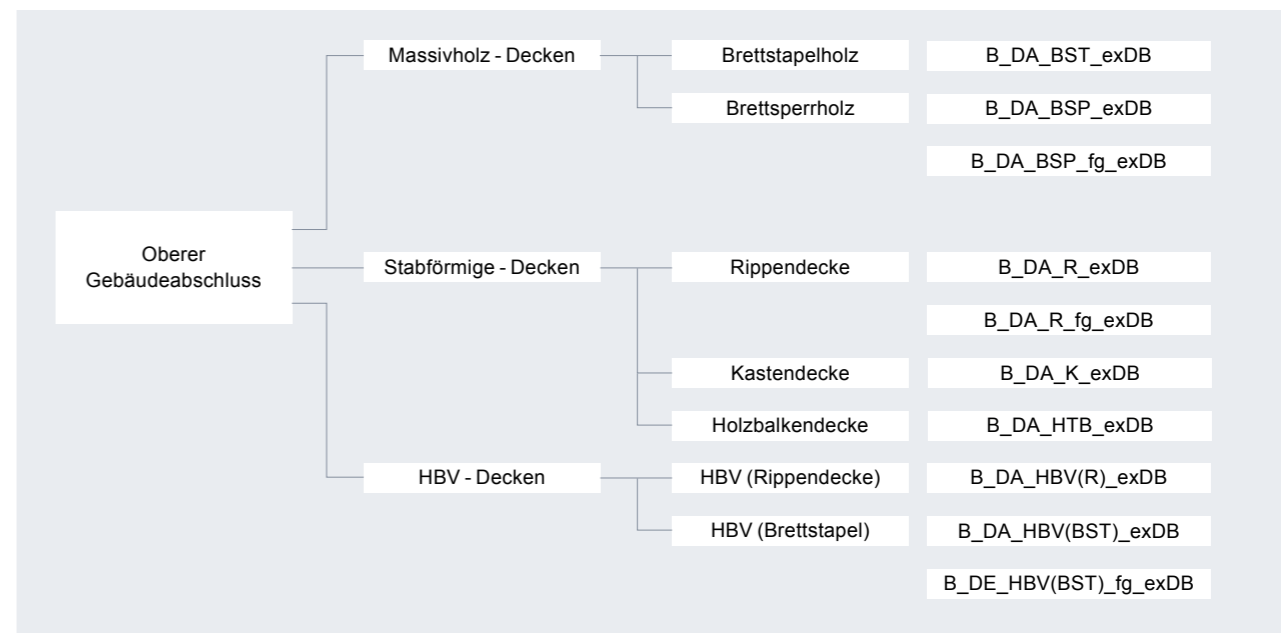
Wärmeschutz
keine Anforderung

Hinweis Büro Decken

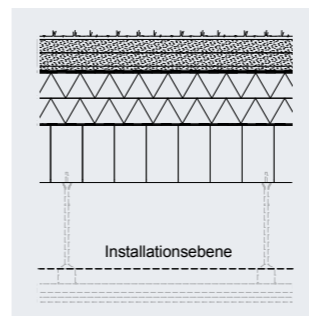
Schallschutz
Das tatsächlich vorhandene bewertete Schalldämm-Maß und der bewertete Norm-Trittschallpegel können aufgrund fehlender Messwerte nicht angegeben werden.



Übersicht Bauteilaufbauten

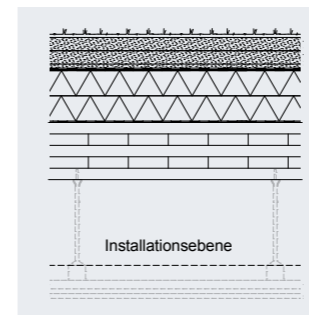


B_DA_BST_exDB



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
150,0	Extensive Dachbegrünung	D
3,0	Dachabdichtungsbahn (sd ≥ 100 m)	E
160,0	Holzfaserdämmung (λ = 0,039 W/mK), mehrlagig, mit Gefälledämmung (Ligningebunden, lose verlegt)	E
0,05	Abdichtungsbahn (sd ≥ 500 m) Dampfsperre, Aluminium Grob-kornfolie, sd > 2500 m, lose verlegt, luftdichte Verklebung der Stöße, an Attika mit Aluminiumprofil mechanisch befestigt)	A1
180,0	Brettstapelholz, verleimt, GL 24h	D

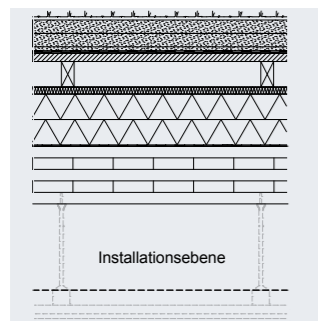
B_DA_BSP_exDB



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
150,0	Extensive Dachbegrünung	D
3,0	Dachabdichtungsbahn (sd ≥ 100 m) (mehrlagig, pflanzliche Basis, bitumen- und halogenfrei, sd = 150 m, homogene Verklebung der Stöße untereinander, lose verlegt)	E
160,0	Holzfaserdämmung (λ = 0,039 W/mK), mehrlagig, mit Gefälledämmung (Ligningebunden, lose verlegt)	E
0,05	Abdichtungsbahn (sd ≥ 500 m) Dampfsperre, Aluminium Grob-kornfolie, sd > 2500 m, lose verlegt, luftdichte Verklebung der Stöße, an Attika mit Aluminiumprofil mechanisch befestigt)	A1
180,0	Brettsperrholz 5-lagig CL24	D

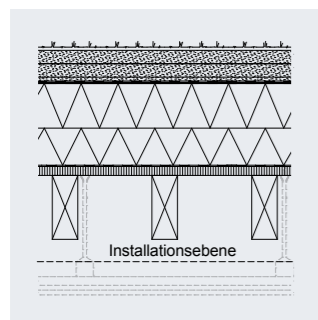


B_DA_BSP_fg_exDB



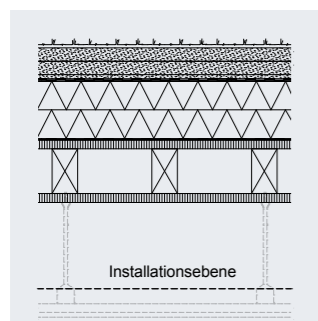
Dicke [mm]	Baustoff	BVK
150,0	Extensive Dachbegrünung	D
3,0	Dachabdichtungsbahn (sd ≥ 100 m)	E
30,0	Holz Fichte Vollschalung	D
80,0	Holz Fichte Konterlattung (40/80) – Hinterlüftung	D
22,0	Unterdeckplatte - Holzfaser (λ = 0,047W/mK)	E
160,0	Holzfaserdämmung (λ = 0,039 W/mK), mehrlagig, mit Gefälledämmung (Ligningebunden, lose verlegt)	E
0,05	Abdichtungsbahn (sd ≥ 500 m) Dampfsperre, Aluminium Grobkornfolie, sd > 2500 m, lose verlegt, luftdichte Verklebung der Stöße, an Attika mit Aluminiumprofil mechanisch befestigt)	A1
180,0	Brettsperrholz 5-lagig CL24	D

B_DA_R_exDB



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
150,0	Extensive Dachbegrünung	D
3,0	Dachabdichtungsbahn (sd ≥ 100 m)	E
260,0	Holzfaserdämmung (λ = 0,039 W/mK), mehrlagig, mit Gefälledämmung	E
0,05	Abdichtungsbahn (sd ≥ 500 m)	A1
28,0	Dreischichtplatte auf Trägerplatte geklebt	D
200,0	Brettschichtholzträger GL 24h (80/200) (e = 0,3125)	D

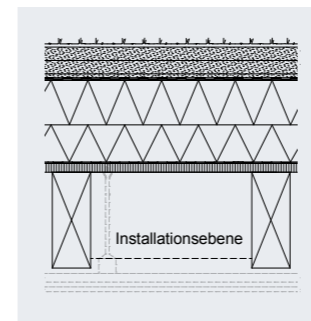
B_DA_K_exDB



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
150,0	Extensive Dachbegrünung	D
3,0	Dachabdichtungsbahn (sd ≥ 100 m)	E
180,0	Holzfaserdämmung (λ = 0,039 W/mK), mehrlagig, mit Gefälledämmung	E
0,05	Abdichtungsbahn (sd ≥ 500 m)	A1
28,0	Dreischichtplatte auf Trägerplatte geklebt	D
140,0	Brettschichtholzträger GL 24h (80/140) (e = 0,3125)	D
28,0	Dreischichtplatte auf Trägerplatte geklebt	D

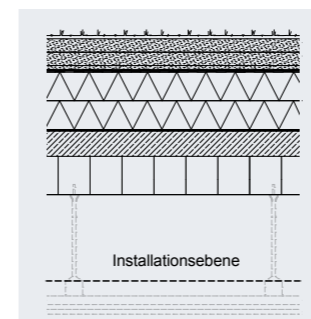


B_DA_HTB_exDB



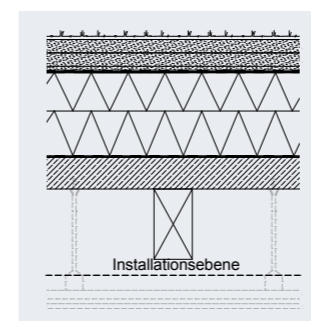
Dicke [mm]	Baustoff	BVK
150,0	Extensive Dachbegrünung	D
3,0	Dachabdichtungsbahn (sd ≥ 100 m)	E
260,0	Holzfaserdämmung (λ = 0,039 W/mK), mehrlagig, mit Gefälledämmung	E
0,05	Abdichtungsbahn (sd ≥ 500 m)	A1
28,0	OSB	D
300,0	Brettschichtholzträger GL 24h (120/300) (e = 0,625)	D

B_DA_HBV(BST)_exDB



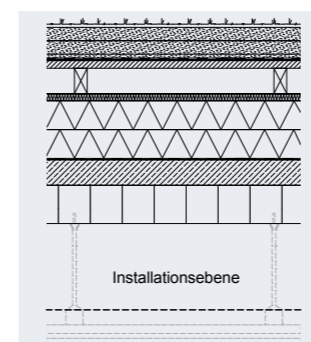
Dicke [mm]	Baustoff	BVK
150,0	Extensive Dachbegrünung	D
3,0	Dachabdichtungsbahn (sd ≥ 100 m)	E
180,0	Holzfaserdämmung (λ = 0,039 W/mK), mehrlagig, mit Gefälledämmung	E
0,05	Abdichtungsbahn (ss ≥ 500 m)	A1
80,0	Beton C30/37	A1
120,0	Brettstapelelement, gedübelt, GL 24h	D

B_DA_HBV(R)_exDB



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
150,0	Extensive Dachbegrünung	D
3,0	Dachabdichtungsbahn (sd ≥ 100 m)	E
260,0	Holzfaserdämmung (λ = 0,039 W/mK), mehrlagig, mit Gefälledämmung	E
0,05	Abdichtungsbahn (sd ≥ 500 m)	A1
100,0	Beton C30/37	A1
220,0	Brettschichtholz, GL 24h (120/220) (e = 0,94)	D

B_DA_HBV(BST)_fg_exDB

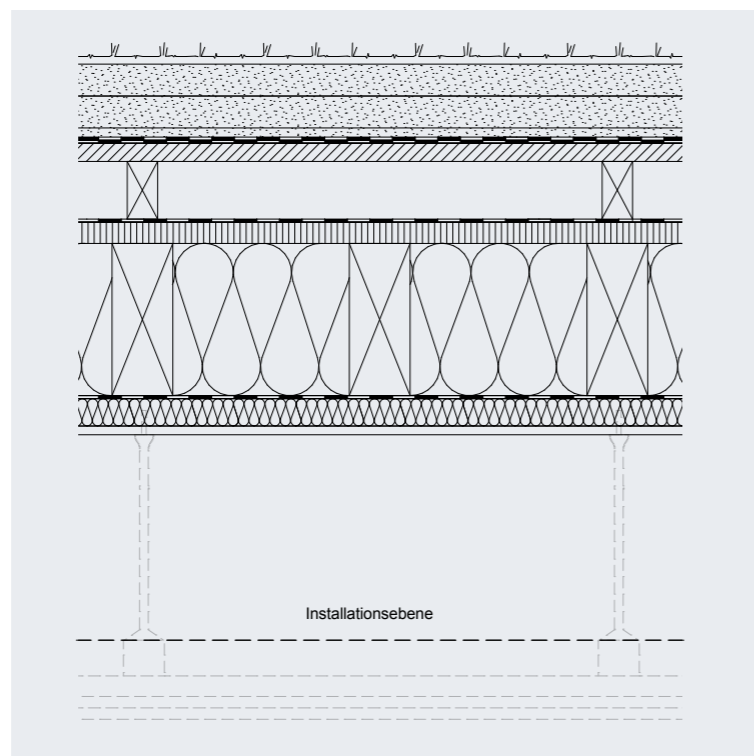


Dicke [mm]	Baustoff	BVK
150,0	Extensive Dachbegrünung	D
3,0	Dachabdichtungsbahn (sd ≥ 100 m)	E
30,0	Holz Fichte Vollschalung	D
80,0	Holz Fichte Konterlattung (40/80) – Hinterlüftung	D
22,0	Unterdeckplatte - Holzfaser (λ = 0,047W/mK)	E
160,0	Holzfaserdämmung (λ = 0,039 W/mK), mehrlagig	E
0,05	Abdichtungsbahn (ss ≥ 500 m)	A1
80,0	Beton C30/37	A1
120,0	Brettstapelelement, gedübelt, GL 24h	D



B_DA_R_fg_exDB


Oberer Gebäudeabschluss
flach geneigt
extensive Dachbegrünung
Rippendecke

**Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau**

Dicke [mm]	Baustoff	BVK
150,0	Extensive Dachbegrünung	D
3,0	Dachabdichtungsbahn (sd ≥ 100 m)	E
30,0	Holz Fichte Vollschalung	D
80,0	Holz Fichte Konterlattung (40/80) – Hinterlüftung	D
0,5	Unterdeckbahn (sd ≤ 0,3 m)	E
28,0	Dreischichtplatte auf Trägerplatte geklebt	D
220,0	Brettschichtholzträger GL 24h (80/220) (e = 0,625)	D
220,0	Holzfaserdämmung (λ = 0,039 W/mK)	E
0,5	Dampfbremse (sd ≥ 1m)	E
40,0	Holz Fichte Querlattung (40/60)	D
40,0	Holzfasermatte (λ = 0,039 W/mK)	E
12,5	Gipsbauplatte Typ A (1 x 12,5 mm)	A2

 **Brandschutz**
Harte Bedachung

 **Wärmeschutz** (siehe Hinweis)
U = 0,171 W/m²K

 **Schallschutz** (siehe Hinweis)
R_w = 49 dB (-2;-7)
Nach dataholz.eu Flachdach
fdrhbi08a-02

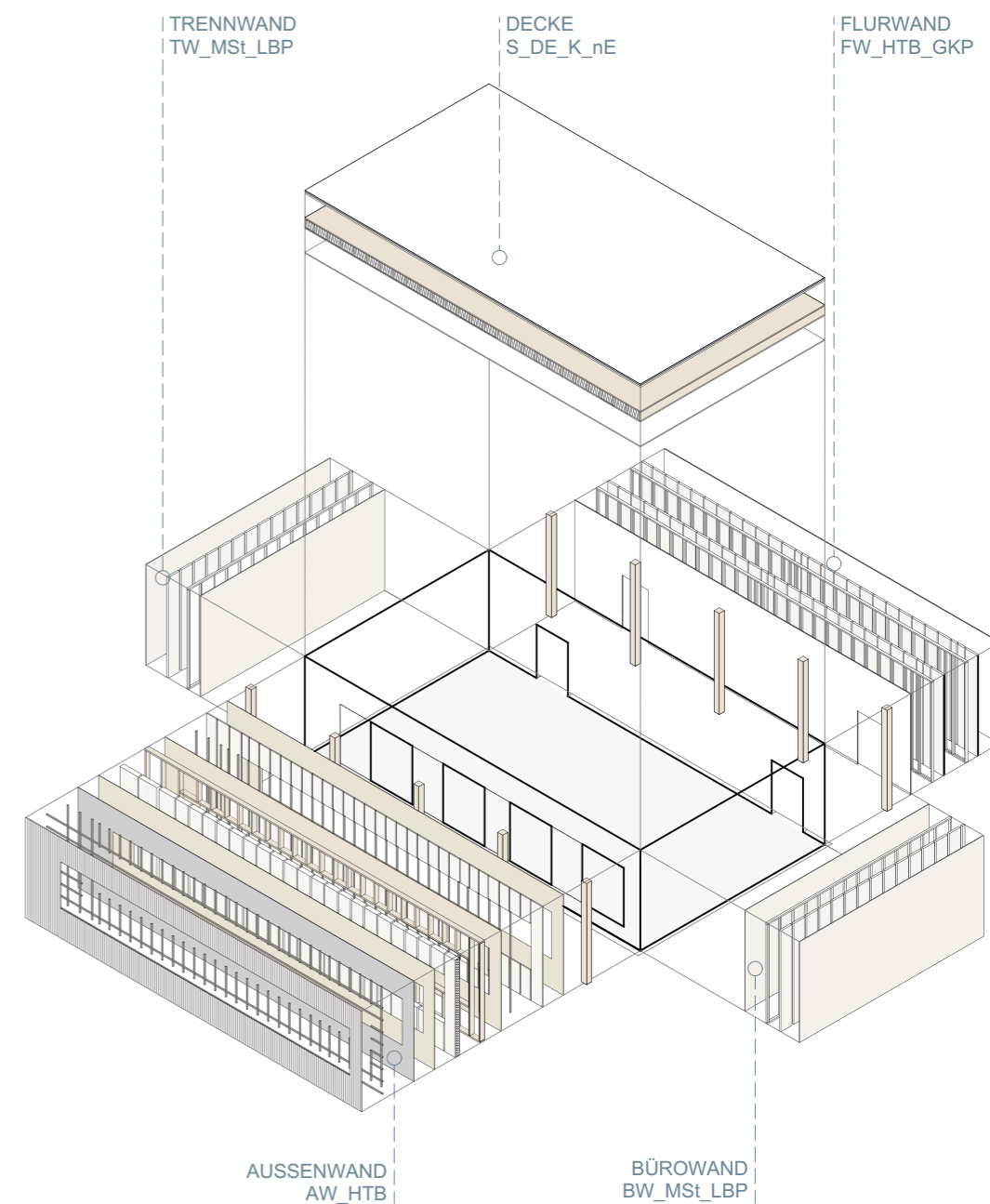
 **Treibhauspotenzial**
10,80 kg CO₂-Äq./m²

 **Primärenergiebedarf**
nicht erneuerbar
2094,50 MJ/m²

Hinweise Büro Dach

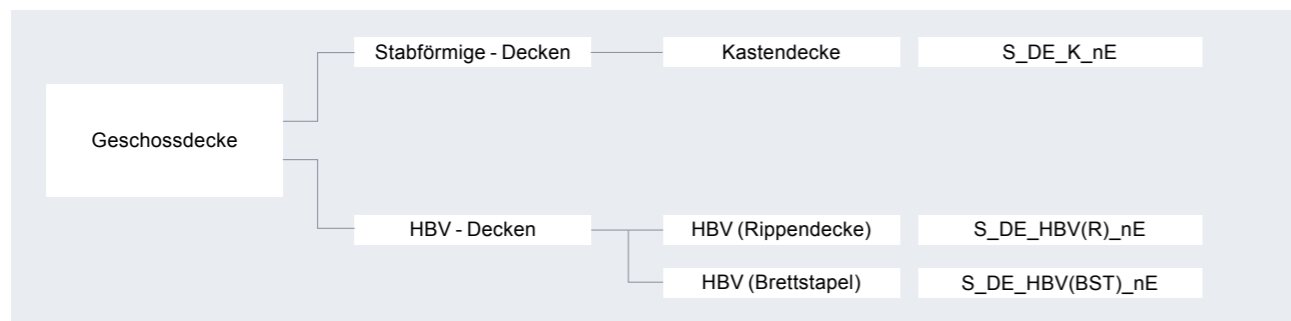
Schallschutz
Das tatsächlich vorhandene bewertete Schalldämm-Maß kann aufgrund fehlender Messwerte nicht angegeben werden.

Feuchteschutz
Das Diffusionsverhalten wird nach dataholz.eu Flachdach fdrhbi08a-02 nachgewiesen

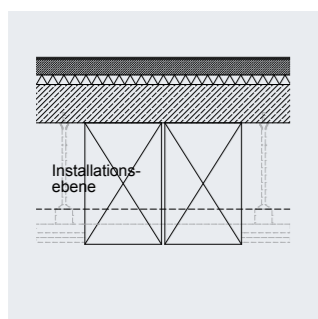




Übersicht Bauteilaufbauten

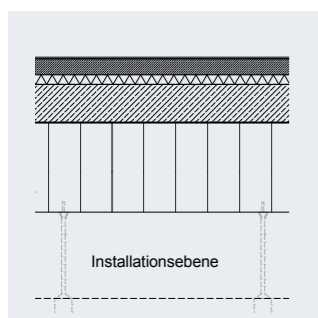


S_DE_HBV(R)_nE



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
5,0	Bodenbelag Linoleum	C
50,0	Zementestrich (m' ≥ 120 kg/m²)	A1
	Trennschicht Kunststoff	E
40,0	Trittschalldämmung MW (s' ≤ 7 MN/m³)	A1
120,0	Beton C30/37	A1
380,0	Brettschichtholzträger GL 24h (2 x 240/380) (e = 1,25 m)	D

S_DE_HBV(BST)_nE

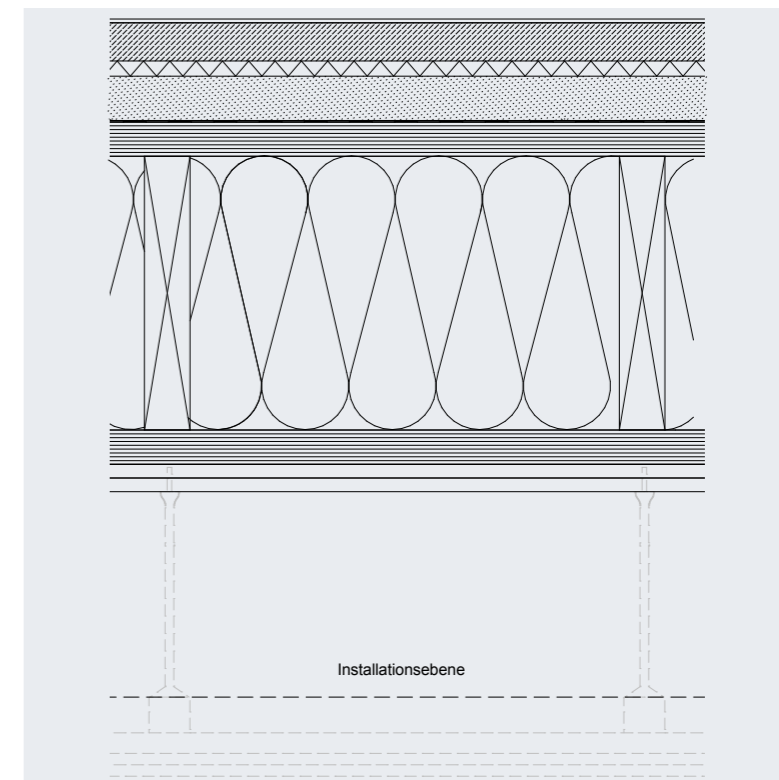


Dicke [mm]	Baustoff	BVK
5,0	Bodenbelag Linoleum	C
50,0	Zementestrich (m' ≥ 120 kg/m²)	A1
	Trennschicht Kunststoff	E
40,0	Trittschalldämmung MW (s' ≤ 7 MN/m³)	A1
120,0	Beton C30/37	A1
280,0	Brettstapelelement, gedübelt, GL 24h	D



S_DE_K_nE

Decken
Kastendecke
Nassestrich



Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau

Dicke [mm]	Baustoff	BVK
5,0	Bodenbelag Linoleum	C
50,0	Zementestrich (m' ≥ 120 kg/m²)	A1
20,0	Trittschalldämmung MW (s' ≤ 8 MN/m³)	A1
60,0	Splittschüttung (m' ≥ 90 kg/m²)	A1
	Rieselschutz	B
45,0	Furnierschichtholz Kerto-Q Platten	D
360,0	Brettschichtholzträger, GL 24h (360/80, e = 0,625 m)	D
360,0	Gefachdämmung Mineralwolle	A1
45,0	Furnierschichtholz Kerto-Q Platten	D
36,0	Gipskartonplatte Typ GKF (2 x 18 mm) ^a	A1

^a Gipskartonplatten Typ GKF nach DIN 18100 i.V.m. DIN EN 520 oder alternativ Gipsfaserplatten mit ρ ≥ 1100 kg/m³ nach ETA

Brandschutz (siehe Hinweis)
REI90
nach DIN EN 1995-1-2 i.V.m.
MHolzBauRL

Wärmeschutz
keine Anforderung

Schallschutz (siehe Hinweis)
R_w = 74 dB (-11,-26)
L_{n,w} = 43 dB
Nach Informationsdienst Holz (2019)
Tab. 29 Z. 1

Treibhauspotenzial
125,16 kg CO₂-Äq./m²

Primärenergiebedarf
nicht erneuerbar
2427,30 MJ/m²

Hinweise Seminar Decken

Schallschutz
Das tatsächlich vorhandene bewertete Schalldämm-Maß und der bewertete Norm-Trittschallpegel können aufgrund fehlender Messwerte nicht angegeben werden.

Brandschutz
Aufgrund des vorliegenden Sonderbaubestands ist für die Anwendung der Massivholzdecken nach MHolzBauRL eine Abweichung nach Art. 63 BayBo 2007 notwendig.

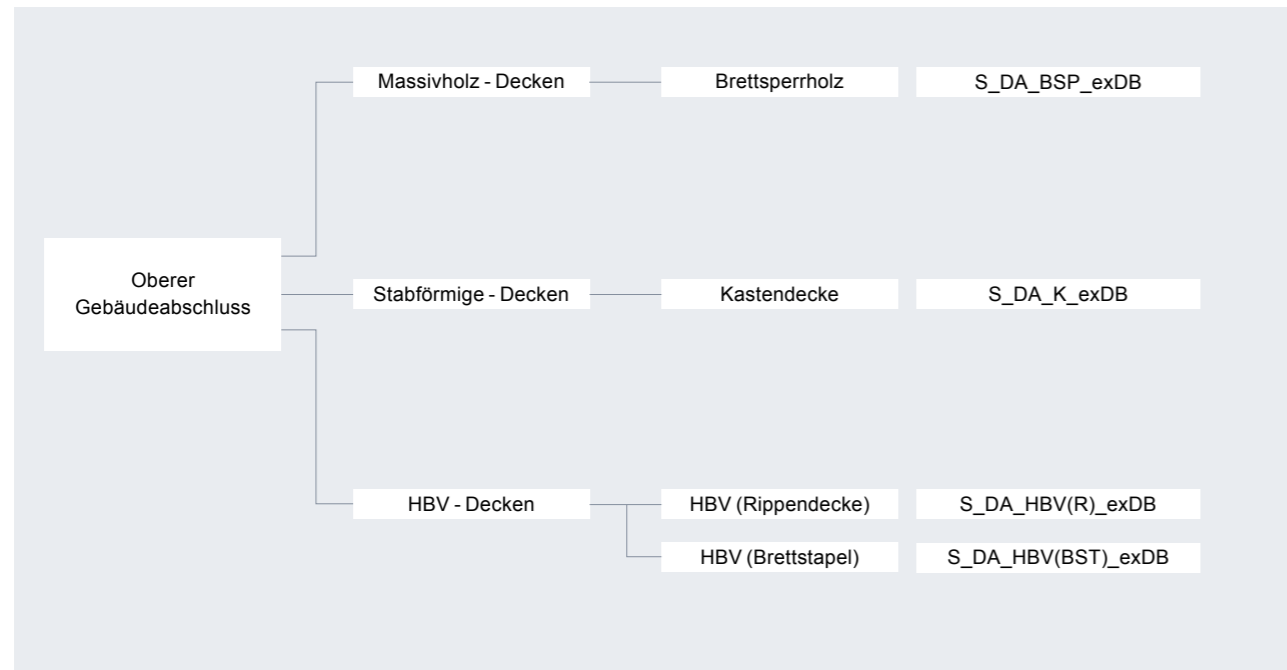
Brandschutz
Bei Anordnung einer Installationsebene (abgehängte Decke) ist die Massivholzdecke wie eine Massivholzdecke nach MHolzBauRL mit brennbarer Bauteiloberfläche von unten zu betrachten. Trotz der baurechtlich möglichen Anwendung wird eine Bekleidung^a empfohlen. (nicht kontrollierbarer Hohlraum)

Brandschutz
Eine abweichungsfreie Anwendung der Massivholzdecken ist nach MHolzBauRL durch die Ergänzung einer brandschutztechnisch notwendigen Bekleidung^a von 2 x 18 mm möglich.

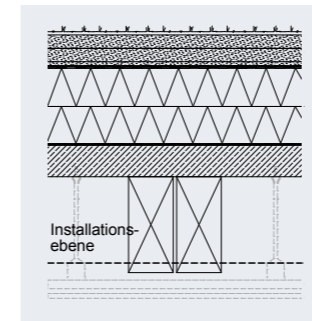
^a Gipskartonplatten Typ GKF nach DIN 18180 i.V.m. DIN EN 520 oder alternativ Gipsfaserplatten mit ρ ≥ 1100 kg/m³ nach ETA



Übersicht Bauteilaufbauten

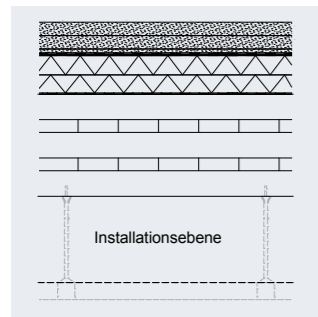


S_DA_HBV(R)_exDB



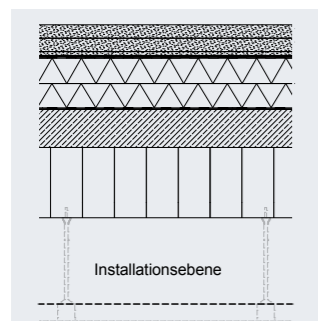
Dicke [mm]	Baustoff	BVK
150,0	Extensive Dachbegrünung	D
3,0	Dachabdichtungsbahn (sd ≥ 100 m)	E
240,0	Dämmung Holzfaserdämmung [λ : 0,039 W/mK], mehrlagig, mit Gefälledämmung	E
0,05	Abdichtungsbahn (sd ≥ 500 m)	E
100,0	Beton C30/37	A1
300,0	Brettschichtholzträger GL 24h (2 x 140/300) (e = 0,9375 m)	D

S_DA_BSP_exDB



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
150,0	Extensive Dachbegrünung	D
3,0	Dachabdichtungsbahn (sd ≥ 100 m)	E
120,0	Dämmung, Holzfaserdämmung [λ : 0,039 W/mK], mehrlagig, mit Gefälledämmung	E
0,05	Abdichtungsbahn (sd ≥ 500 m)	E
320,0	Brettsperrholz 5-lagig CL24 (80,40,80,40,80)	D

S_DA_HBV(BST)_exDB

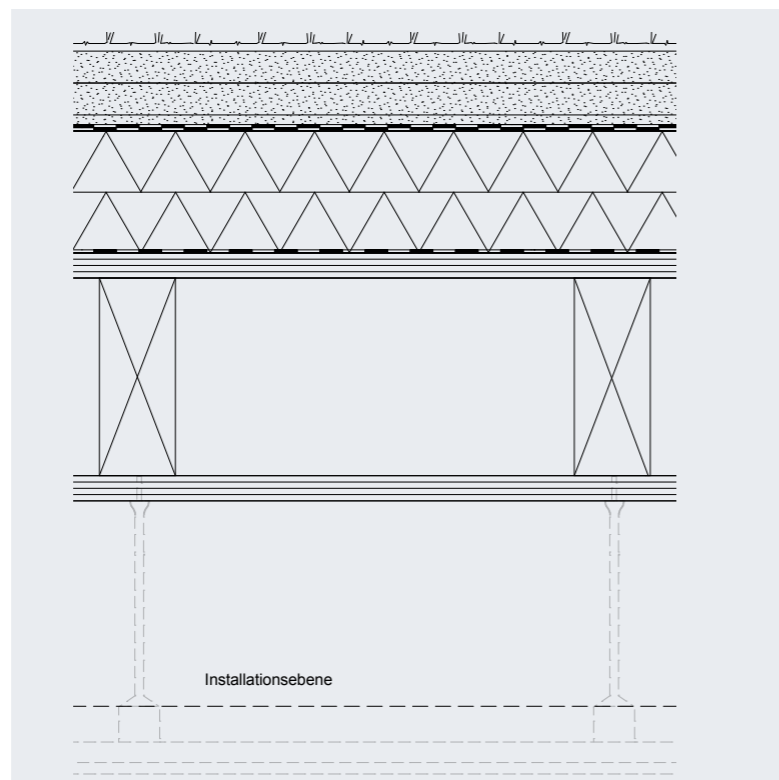


Dicke [mm]	Baustoff	BVK
150,0	Extensive Dachbegrünung	D
3,0	Dachabdichtungsbahn (sd ≥ 100 m)	E
160,0	Dämmung Holzfaserdämmung [λ : 0,039 W/mK], mehrlagig, mit Gefälledämmung	E
0,05	Abdichtungsbahn (sd ≥ 500 m)	E
120,0	Beton C30/37	A1
220,0	Brettstapelelement, gedübelt, GL 24h	D



S_DA_K_exDB

Oberer Gebäudeabschluss
extensive Dachbegrünung
Kastendecke



Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau

Dicke [mm]	Baustoff	BVK
150,0	Extensive Dachbegrünung	D
3,0	Dachabdichtungsbahn (sd ≥ 100 m)	E
160,0	Dämmung, Holzfaserdämmung [λ : 0,039 W/mK], mehrlagig, mit Gefälledämmung	E
0,05	Abdichtungsbahn (sd ≥ 500 m)	E
33,0	Furnierschichtholz Kerto-Q Platten	D
260,0	Brettschichtholzträger, GL 24h (260/100, e = 0,625 m)	D
33,0	Furnierschichtholz Kerto-Q Platten	D

Hinweise Seminar Dach

Schallschutz

Das tatsächlich vorhandene bewertete Schalldämm-Maß kann aufgrund fehlender Messwerte nicht angegeben werden.

Wärmeschutz

Bei der Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten ist ein Umkehrdachschrägenzuschlag und die unterschiedliche Dicke der Gefälledämmung berücksichtigt. Die Grafik zeigt den Schnitt des geringsten Aufbaus.

Feuchteschutz

Das Diffusionsverhalten wird nach DIN 68800-2 Anhang A Bild A.17 nachgewiesen.

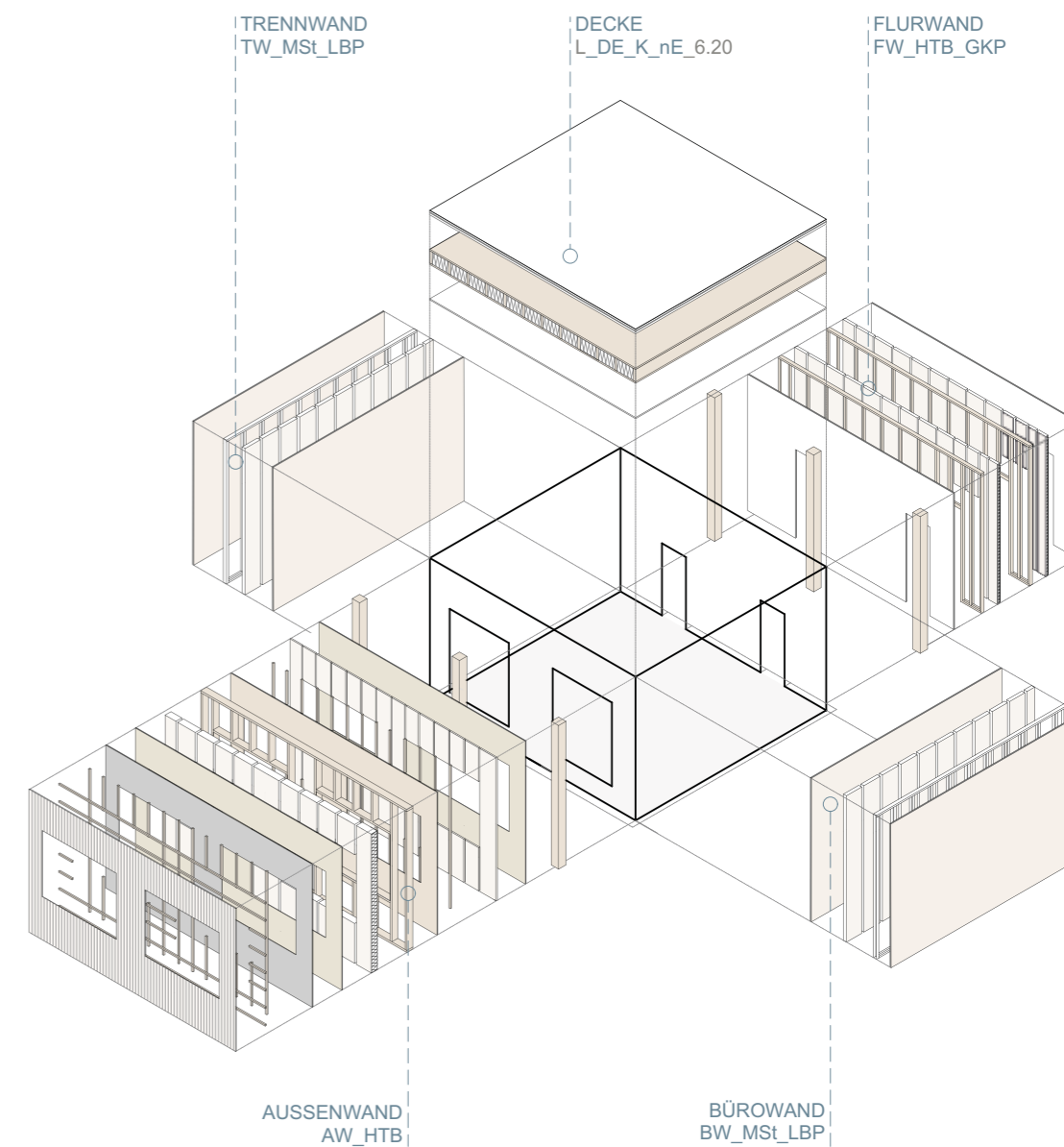
Brandschutz
Harte Bedachung

Wärmeschutz (siehe Hinweis)
 $U = 0,1861 \text{ W/m}^2\text{K}$

Schallschutz (siehe Hinweis)
53 dB (-9;0)
Nach Informationsdienst Holz (2019)
Tab. 33; Z. 13

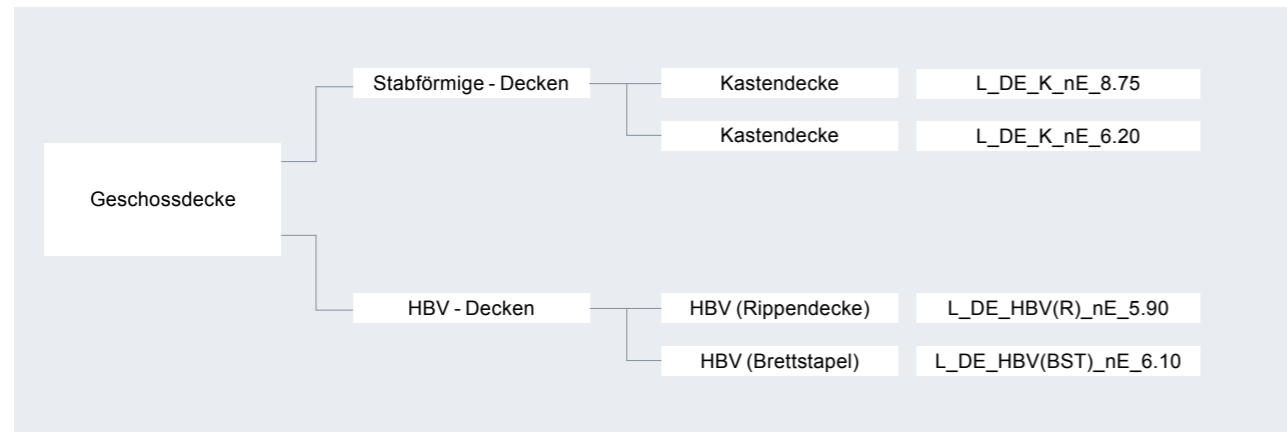
Treibhauspotenzial
62,09 kg CO₂-Äq./m²

Primärenergiebedarf nicht erneuerbar
3118,40 MJ/m²

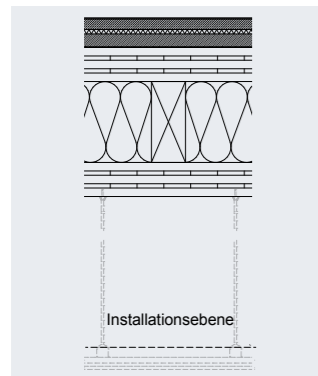




Übersicht Bauteilaufbauten



L_DE_K_nE_8.75



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
5,0	Bodenbelag Linoleum	C
50,0	Zementestrich ($m' \geq 120 \text{ kg/m}^2$)	A1
	Trennschicht Kunststoff	E
40,0	Trittschalldämmung MW ($s' \leq 7 \text{ MN/m}^3$)	A1
60,0	Splittschüttung ($m' \geq 90 \text{ kg/m}^2$)	A1
	Rieselschutz	B
160,0	Brettsperrholz, 5-lagig 40/20/40/20/40	D
380,0	Brettschichtholz, GL 24h (380/160, $e = 0,9375 \text{ m}$)	D
380,0	Gefachdämmung Mineralwolle	A1
160,0	Brettsperrholz, 5-lagig 40/20/40/20/40	D

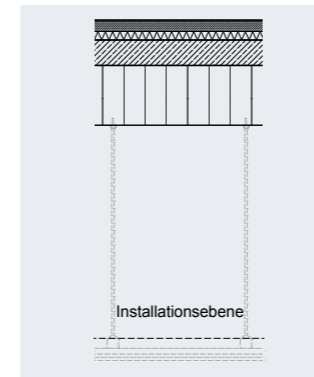
L_DE_HBV(R)_nE_5.90



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
5,0	Bodenbelag Linoleum	C
50,0	Zementestrich ($m' \geq 120 \text{ kg/m}^2$)	A1
	Trennschicht Kunststoff	E
40,0	Trittschalldämmung MW ($s' \leq 7 \text{ MN/m}^3$)	A1
120,0	Beton C30/37	A1
380,0	Brettschichtholzträger GL 24h (2 x 240/380) ($e = 1,25 \text{ m}$)	D



L_DE_HBV(BST)_nE_6.10



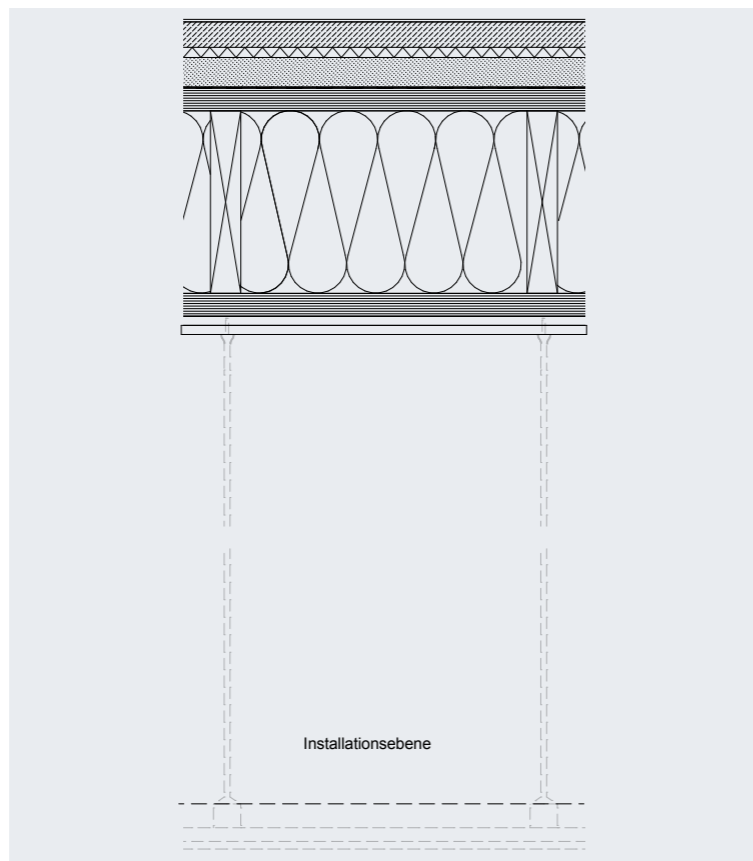
Dicke [mm]	Baustoff	BVK
5,0	Bodenbelag Linoleum	C
50,0	Zementestrich ($m' \geq 120 \text{ kg/m}^2$)	A1
	Trennschicht Kunststoff	E
40,0	Trittschalldämmung MW ($s' \leq 7 \text{ MN/m}^3$)	A1
120,0	Beton C30/37	A1
280,0	Brettstapelement, gedübelt, GL 24h	D



L_DE_K_nE_6.20

Decken

Nassestrich
Spannweite 6,20 m
Kastendecke



Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau

Dicke [mm]	Baustoff	BVK
5,0	Bodenbelag Linoleum	C
50,0	Zementestrich ($m' \geq 120 \text{ kg/m}^2$)	A1
	Trennschicht Kunststoff	E
20,0	Trittschalldämmung MW ($s' \leq 8 \text{ MN/m}^3$)	A1
60,0	Splittschüttung ($m' \geq 90 \text{ kg/m}^2$)	A1
	Rieselschutz	B
45,0	Furnierschichtholz Kerto- Q Platten	D
360,0	Brettschichtholzträger, GL 24h (360/80, $e = 0,625 \text{ m}$)	D
360,0	Gefachdämmung Mineralwolle	A1
45,0	Furnierschichtholz Kerto- Q Platten	D
36,0	Gipskartonplatte Typ GKF (2 x 15 mm) ^a	A1

^a Gipskartonplatten Typ GKF nach DIN 18100 i. V. m. DIN EN 520 oder alternativ Gipsfaserplatten mit $\rho \geq 1100 \text{ kg/m}^3$ nach ETA

Brandschutz (siehe Hinweis)
REI90
nach DIN EN 1995-1-2 i. V. m.
M HolzBauRL

Wärmeschutz
keine Anforderung

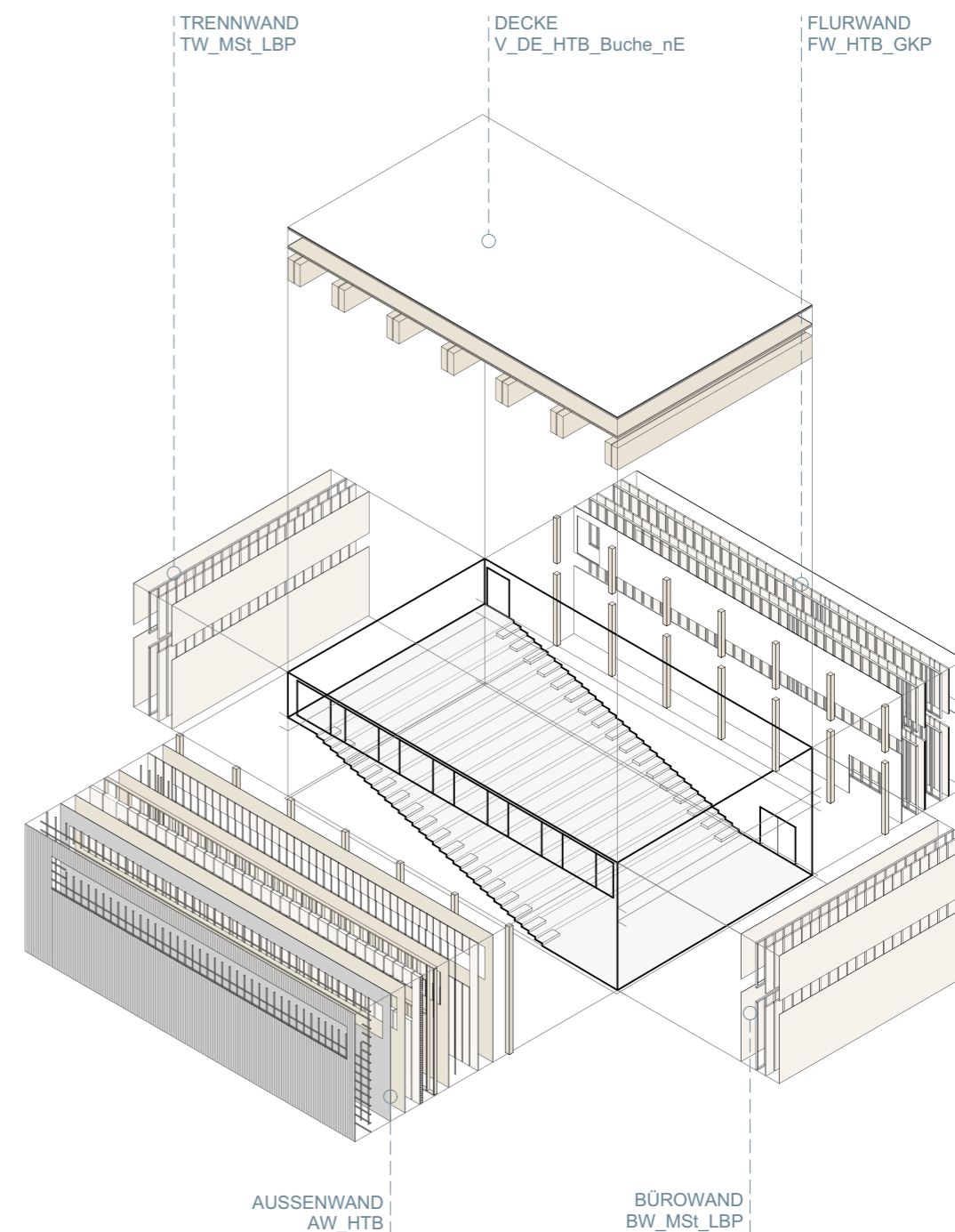
Schallschutz (siehe Hinweis)
 $R_w = 74 \text{ dB} (-11; -26)$
 $L_{n,w} = 43 \text{ dB} (6)$
Nach Informationsdienst Holz (2019)
Tab. 24; Z. 5

Treibhauspotenzial
 $125,16 \text{ kg CO}_2\text{-Äq./m}^2$

Primärenergiebedarf
nicht erneuerbar
 $2427,30 \text{ MJ/m}^2$

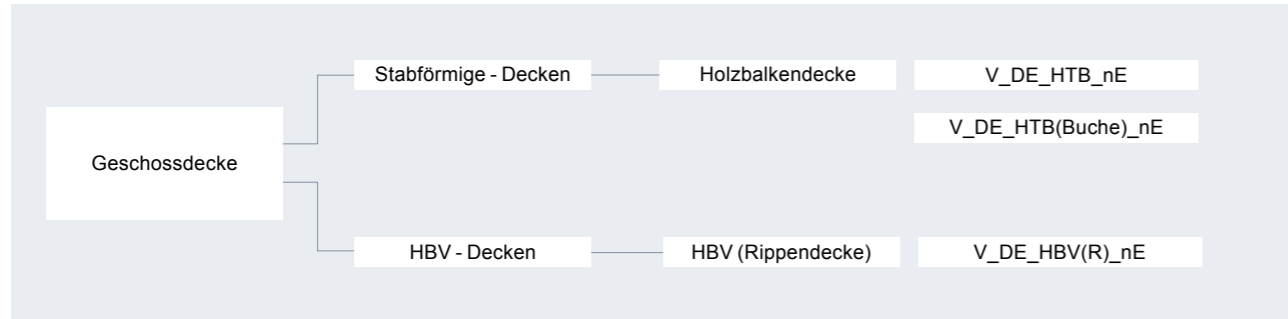
Hinweise Labor Decke

Schallschutz
Das tatsächlich vorhandene bewertete Schalldämm-Maß und der bewertete Norm-Trittschallpegel können aufgrund fehlender Messwerte nicht angegeben werden.

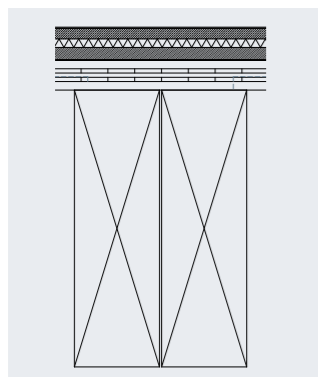




Übersicht Bauteilaufbauten

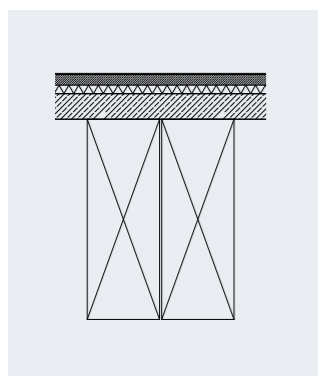


V_DE_HTB_nE



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
5,0	Bodenbelag Linoleum	C
50,0	Zementestrich ($m' \geq 120 \text{ kg/m}^2$)	A1
	Trennschicht Kunststoff	E
40,0	Trittschalldämmung MW ($s' \leq 7 \text{ MN/m}^3$)	A1
60,0	Splittschüttung ($m' \geq 90 \text{ kg/m}^2$) auf Rieselschutzvlies (PP)	A1
140,0	Brettsper Holz, 5-lagig 40/20/20/20/40	D
1.300,0	Brettschichtholz, GL 24h (2 x 1300/400, e = 3,75 m)	D

V_DE_HBV(R)_nE

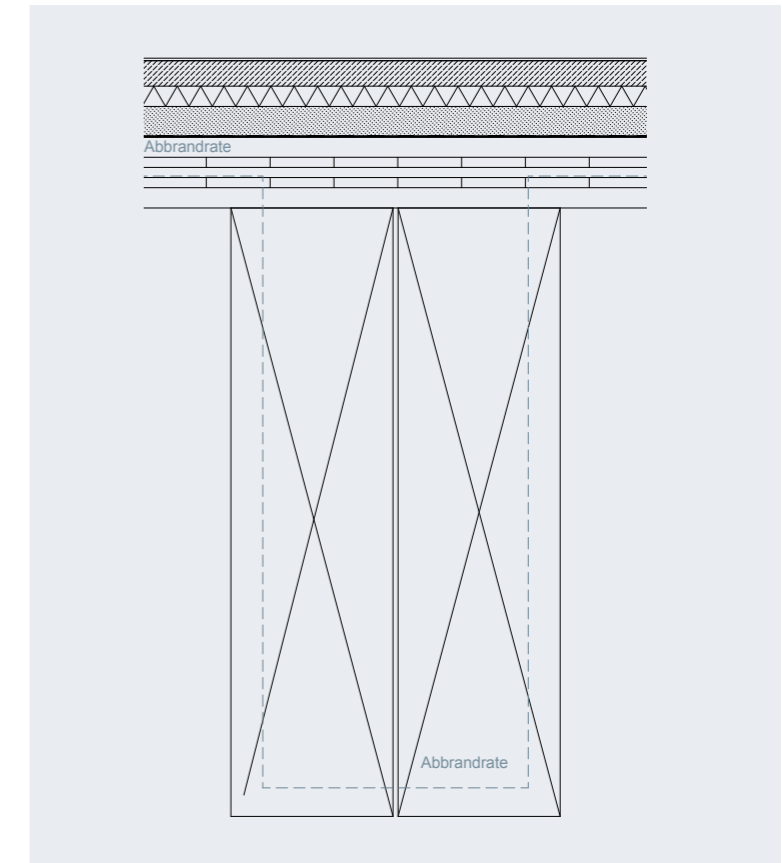


Dicke [mm]	Baustoff	BVK
5,0	Bodenbelag Linoleum	C
50,0	Zementestrich ($m' \geq 120 \text{ kg/m}^2$)	A1
	Trennschicht Kunststoff	E
40,0	Trittschalldämmung MW ($s' \leq 7 \text{ MN/m}^3$)	A1
120,0	Beton C30/37	A1
940,0	Brettschichtholzträger GL 24h (2 x 940/340) (e = 3,75 m)	D



V_DE_HTB(Buche)_nE

Decken
Nassestrich
Holzbalkendecke (Buche)



Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau

Dicke [mm]	Baustoff	BVK
5,0	Bodenbelag Linoleum	C
50,0	Zementestrich ($m' \geq 120 \text{ kg/m}^2$)	A1
	Trennschicht Kunststoff	E
40,0	Trittschalldämmung MW ($s' \leq 7 \text{ MN/m}^3$)	A1
60,0	Splittschüttung ($m' \geq 90 \text{ kg/m}^2$) auf Rieselschutzvlies (PP)	A1
140,0	Brettsper Holz, 5-lagig 40/20/20/20/40	D
1.200,0	Brettschichtholz, GL 75 (2 x 1200/320, e = 3,75 m)	D

Hinweise Versammlung Decke

Schallschutz
Das tatsächlich vorhandene bewertete Schalldämm-Maß und der bewertete Norm-Trittschallpegel können aufgrund fehlender Messwerte nicht angegeben werden.

Brandschutz:
Aufgrund des vorliegenden Sonderbautatbestands ist für die Anwendung dieses Bauteils nach MHolzBauRL eine Abweichung notwendig.

Brandschutz:
Bei der Verwendung einer Installationsebene ist die Massivholzdecke wie eine Massivholzdecke nach MHolzBauRL mit brennbarer Bauteiloberfläche von unten zu betrachten. Trotz der baurechtlich möglichen Anwendung wird eine Bekleidung empfohlen.

Brandschutz:
Eine abweichungsfreie Anwendung ist nach MHolzBauRL durch die Ergänzung einer brandschutztechnisch notwendigen Bekleidung von 2 x 18 mm möglich.

Brandschutz:
Die Anwendung des Bauteils ohne Bekleidung ist von der Positionierung des Raumes im Gebäude, Rettungswegen und möglichen Kompensationsmaßnahmen abhängig. (siehe Forschungsbericht Kapitel 9.2.1)

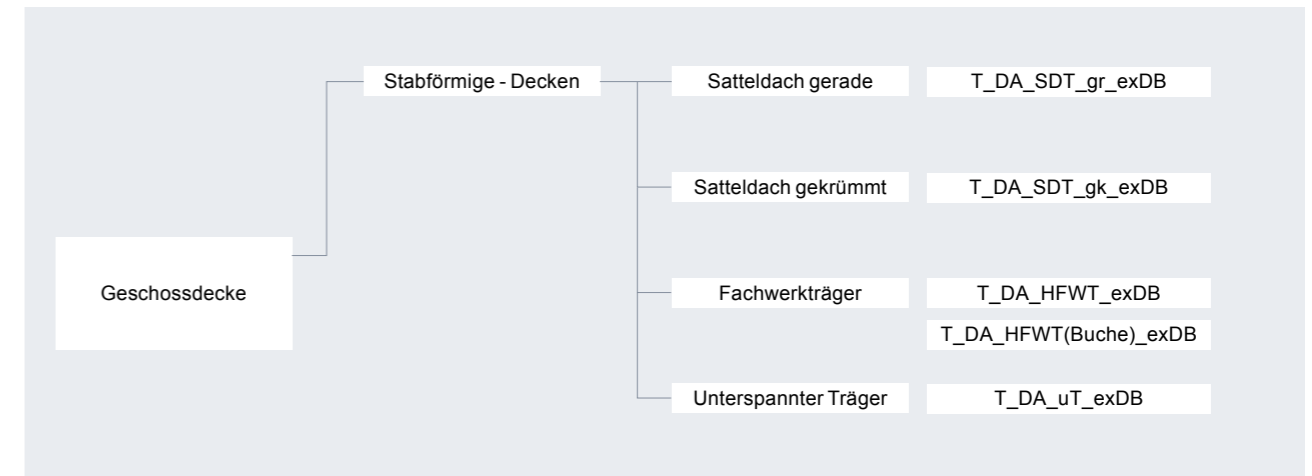
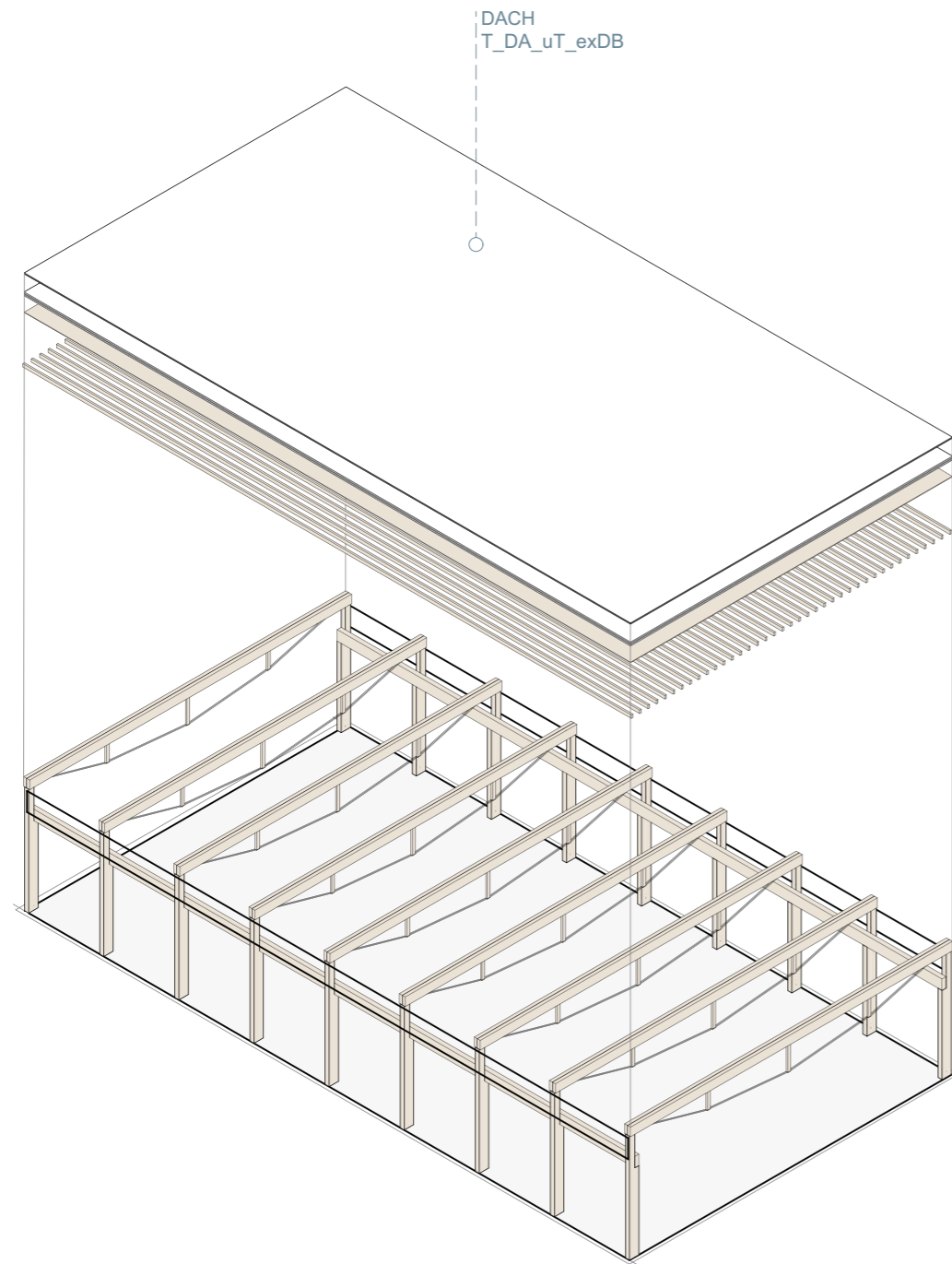
Brandschutz (siehe Hinweis)
REI90
nach DIN EN 1995-1-2 i.V.m
MHolzBauRL

Wärmeschutz
keine Anforderung

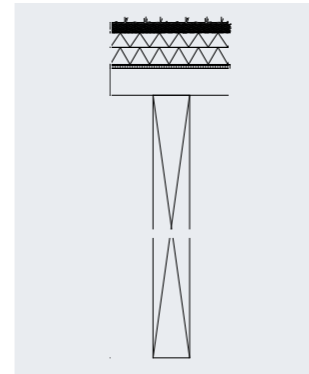
Schallschutz (siehe Hinweis)
 $R_w = 74 \text{ dB} (-11; -26)$
 $L_{n,w} = 43 \text{ dB} (6)$
Nach Informationsdienst Holz (2019)
Tab. 24; Z. 5

Treibhauspotenzial
113,14 kg CO₂-Äq./m²

Primärenergiebedarf
nicht erneuerbar
2165,3 MJ/m²

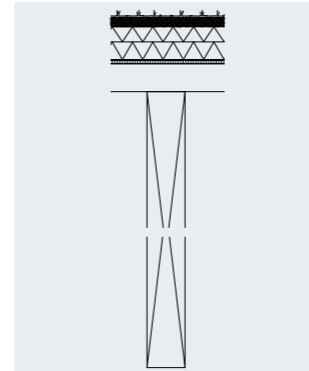


T_DA_SDT_gr_exDB



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
80,0	Extensive Dachbegrünung	D
3,0	Dachabdichtungsbahn (sd ≥ 100 m)	E
260,0	Holzfaserdämmung (λ = 0,039 W/mK), mehrlagig, mit Gefälledämmung	E
0,05	Abdichtungsbahn (sd ≥ 500 m)	E
28,0	OSB	E
220,0	Brettschichtholzträger C24 (120/220) (e = 0,625 m)	D
2.150,0	Satteldachträger Brettschichtholz GL 24h (300 / 1100...2150)	D

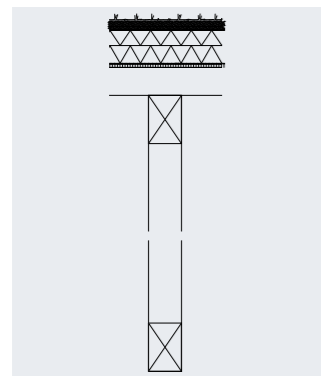
T_DA_SDT_gk_exDB



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
80,0	Extensive Dachbegrünung	D
3,0	Dachabdichtungsbahn (sd ≥ 100 m)	E
260,0	Holzfaserdämmung (λ = 0,039 W/mK), mehrlagig, mit Gefälledämmung	E
0,05	Abdichtungsbahn (sd ≥ 500 m)	E
28,0	OSB	E
220,0	Brettschichtholzträger C24 (120/220) (e = 0,625 m)	D
2.508,0	Satteldachträger Brettschichtholz GL 24h (300 / 1100...2508)	D

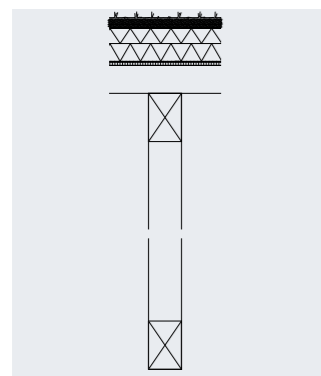


T_DA_HFWT_exDB



Dicke [mm]	Baustoff	BVK
80,0	Extensive Dachbegrünung	D
3,0	Dachabdichtungsbahn (sd ≥ 100 m)	E
260,0	Holzfaserdämmung ($\lambda = 0,039$ W/mK), mehrlagig, mit Gefälledämmung	E
0,05	Abdichtungsbahn (sd ≥ 500m)	E
28,0	OSB	E
220,0	KVH Träger C24 (120/220) (e = 0,625 m)	D
380,0	Obergurt GL 28h (260/380)	D
2.800,0	Druck/ Zugdiagonalen GL 28h (260/260)	D
380,0	Untergurt GL28 h (260/380)	D

T_DA_HFWT(Buche)_exDB

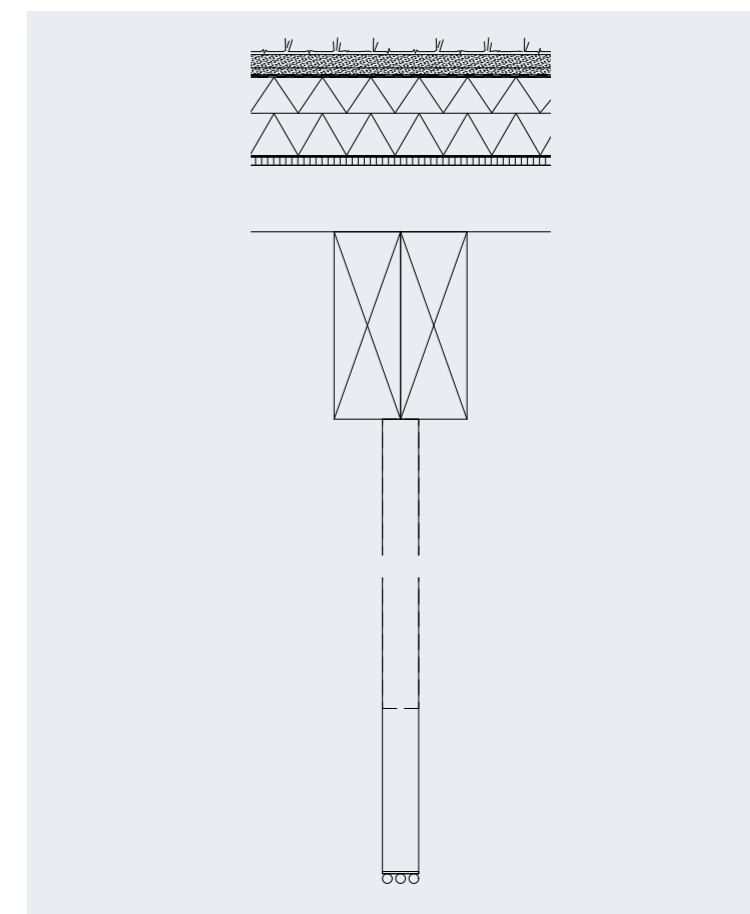


Dicke [mm]	Baustoff	BVK
80,0	Extensive Dachbegrünung	D
3,0	Dachabdichtungsbahn (sd ≥ 100 m)	E
260,0	Holzfaserdämmung ($\lambda = 0,039$ W/mK), mehrlagig, mit Gefälledämmung	E
0,05	Abdichtungsbahn (sd ≥ 500 m)	E
28,0	OSB	E
220,0	KVH Träger C24 (120/220) (e = 0,625 m)	D
260,0	Obergurt GL 75 (260/260)	D
2.200,0	Druck/ Zugdiagonalen GL 75 (260/260)	D
260,0	Untergurt GL 75 (260/260)	D



T_DA_uT_exDB

Decken
Stabförmige - Decken
Unterspannter Träger



Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau

Dicke [mm]	Baustoff	BVK
80,0	Extensive Dachbegrünung	D
3,0	Dachabdichtungsbahn (sd ≥ 100 m)	E
260,0	Holzfaserdämmung ($\lambda = 0,039$ W/mK), mehrlagig, mit Gefälledämmung	E
0,05	Abdichtungsbahn (sd ≥ 500m)	E
28,0	OSB	E
220,0	Brettschichtholzträger C24 (120/220) (e = 0,625 m)	D
620,0	Holzgurt BSH GL 28h (2 x 620/220)	D
2.200,0	Steher GL 28h (200/120)	D
32,0	Rundstahl S355 (3 x 32 mm Durchmesser)	A1

Hinweise Technikum Dach

Schallschutz

Das tatsächlich vorhandene bewertete Schalldämm-Maß kann aufgrund fehlender Messwerte nicht angegeben werden.

Wärmeschutz

Bei der Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten ist ein Umkehrdachzuschlag und die unterschiedliche Dicke der Gefälledämmung berücksichtigt. Die Grafik zeigt den Schnitt des geringsten Aufbaus.

Feuchteschutz

Das Diffusionsverhalten wird über DIN 68800-2 Anhang A Bild A.17 nachgewiesen.

Brandschutz
Keine Anforderungen/ harte Bedachung

Wärmeschutz (siehe Hinweis)
U = 0,1523 W/m²K

Schallschutz (siehe Hinweis)
R_w = 70 dB (-22;0)
L_{n,w} = 43 dB (6)
Nach Informationsdienst Holz (2019)
Tab. 33; Z. 1

Treibhauspotenzial
94,8 kg CO₂-Äq./m²

Primärenergiebedarf nicht erneuerbar
2988,30 MJ/m²

6.7 Raumebene

Auf Raumebene wurden für die Ermittlung der grauen Emissionen Lebenszyklusanalysen durchgeführt und jeweils die Bauteile mit dem höchsten Nutzwert der Gewichtung **eco** sowie die Bauteile der konventionellen Bauweise betrachtet. Über thermische Simulationen wurde der Einfluss der Baustoffwahl auf den thermischen Komfort sowie den Heiz- und Kühlenergiebedarf analysiert. Während der Nutzung weist die mineralische Bauweise gegenüber der Holzbauweise (Variante **eco**) in allen Räumen einen leicht reduzierten Heiz- und Kühlenergiebedarf auf.

Bezogen auf den Lebenszyklus zeigt die Variante **eco** ein deutlich geringeres Treibhauspotenzial. Dies gilt auch dann, wenn für das Lebensende der Holzbauteile ein Verbrennungsszenario und damit die Freisetzung von CO₂ angenommen wird.

Obwohl die **eco**-Variante gegenüber den konventionellen Konstruktionen eine geringere thermische Wirksamkeit aufweist, ist eine Nachtabkühlung auch bei der Holzbauweise ein wirksames Mittel, um sommerliche Überhitzung zu verringern. Auf die Ausführung entsprechender Lüftungsflügel mit Witterungs- und Einbruchschutz ist zu achten. Beim Labor kann die nächtliche Frischluftzufuhr aufgrund der technischen Anforderungen jedoch nur maschinell über eine Lüftungsanlage realisiert werden. Generell sollte für eine erhöhte wirksame Wärmespeicherkapazität keine geschlossene Abhangdecke eingebaut werden. Zudem sollte ein aktiv gesteuerter außenliegender Sonnenschutz in allen Räumen unter Berücksichtigung der Orientierung der Fensterflächen eingesetzt werden. Um den Komfortansprüchen gerecht zu werden, wird bei den Typologien *Seminar*, *Labor*, *Versammlung* und *Technikum* zudem der Einsatz einer aktiven Kühlung empfohlen. Werden die Räume mit Nachtauskühlung, aktiver Beschattung und ohne abgehängte Decke realisiert und mit einem Raum ohne diese Maßnahmen verglichen, kann der Heiz- und Kühlenergiebedarf um bis zu 35 % reduziert werden.

7. Schlusswort

Das Bauen mit Holz kann gegenüber einer konventionellen Bauweise eine signifikante Reduktion der Treibhausgasemissionen ermöglichen und somit einen wichtigen Beitrag auf dem Weg zur Klimaneutralität leisten. Am Beispiel des UTN-Campus konnte das Einsparpotenzial an CO₂-Äquivalenten einer Holzbauweise von bis zu **27 %** aufgezeigt werden.

Wichtige Faktoren für den Projekterfolg sind die Entscheidung für den Holzbau bereits in einer frühen Projektphase, im Planungsteam vorhandene Holzbaukompetenz und eine ganzheitliche Planung. Vorgefertigte Konstruktionsmethoden im Holzbau können die Bauzeit erheblich verkürzen, Finanzierungskosten senken und einen wirtschaftlichen Mehrwert bieten. Optimierte Planungsprozesse im Holzbau, wie im Forschungsprojekt leanWOOD¹⁴ gezeigt, haben sich bewährt. Schlankere Querschnitte im Holzbau ermöglichen eine Optimierung der Flächeneffizienz und Erhöhung der Nutzflächen.¹⁵

Das Verwenden von regionalem Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft fördert die lokale Wertschöpfung, reduziert Transportwege und minimiert damit verbundene Treibhausgasemissionen. Gleichzeitig wird das Bewusstsein für die Bedeutung nachhaltiger Forstwirtschaft geschärft, was langfristig positive Effekte auf die Umwelt und das ökologische Gleichgewicht hat.

Das ermittelte Holzvolumen der in dieser Handlungsempfehlung dargestellten Bauteilaufbauten zeigt, dass der neue UTN-Campus in Nürnberg als Kohlenstoffspeicher dienen kann. Voraussetzung ist, dass die verwendeten nachwachsenden Baustoffe aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammen. Die dargestellten Erkenntnisse lassen sich auf andere Hochschulbauten und vergleichbaren Nutzungen in Deutschland übertragen.



14 | Kaufmann, Herrmann; Huß, Wolfgang; Schuster, Sandra; Stieglmeier, Manfred (2017): leanWood. Optimierte Planungsprozesse für Gebäude in vorgefertigter Holzbauweise. Hg. v. Technische Universität München.

15 | PIRMIN JUNG Schweiz AG; Müller, Daniel; Moser, Dan (2022): Rückbau und Wiederverwendung von Holzbauten. Hg. v. BAFU, Abteilung Wald (Bundesamt für Umwelt). Bern.

8. Impressum

Das Forschungsprojekt wurde an der Technischen Universität München von den Lehrstühlen für Architektur und Holzbau (Prof. Stephan Birk) und für Holzbau und Baukonstruktion (Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter) und für energieeffizientes und nachhaltiges Planen und Bauen (Prof. Dr.-Ing. Werner Lang) bearbeitet. Es waren die folgenden Personen (in alphabetischer Reihenfolge) beteiligt:

Prof. Stephan Birk, Theresa Laura Blömer, Nico Ehlers, Prof. Dr.-Ing. Werner Lang, Dominik Merk, Jonas Pauli, Kathrin Theilig, Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter

Besonderer Dank an:

Dr.-Ing. Michael Keltsch, Alfons Lenz, Siegfried Waas, Tanja Wagner, Dr. Martin Zierhut

und unseren Studierenden an der TUM

Nicole Buuck, Felix Dingeldein, Sophie Pichler, Felix Strehle

Projektinformation

EDUwood wurde finanziert vom Freistaat Bayern, vertreten durch das Bayerische Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst, das Bayerische Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr sowie das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus.

Gestaltung

Studio Dirk Wagner, Karlsruhe

Druck

Stober Medien GmbH, Eggenstein

Zitation

Blömer, Theresa L. ; Theilig, Kathrin; Ehlers, Nico; Merk, Dominik; Pauli, Jonas; Birk, Stephan; Lang, Werner; Winter, Stefan: EDUwood – Klimagerechte Hochschulbauten aus Holz – Planungshilfe und Handlungsempfehlung, 2025 doi: 10.14459/2025md1782880

©2025 Technische Universität München(TUM), Lehrstuhl für Architektur und Holzbau. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Herausgeber

Lehrstuhl für Architektur und Holzbau, Prof. Stephan Birk

EDUwood