



Andreas Galusic, BSc

Hygrothermische Untersuchung von Detaillösungen und Entwicklung eines Normenleitfadens für den Holzmassivbau

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Masterstudium

Bauingenieurwissenschaften – Konstruktiver Ingenieurbau

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer-/in:

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr., Christina Johanna Hopfe

Dipl.-Ing. Baumeister, Johann Hafellner

Institut für Hochbau

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

Datum, Unterschrift

Danksagung

Rückblickend auf ein außergewöhnliches Jahr 2020 sowie eine unbeschreibliche Studienzeit möchte ich mich bei allen Menschen bedanken, die mich auf meinem Weg begleitet und unterstützt haben.

An erster Stelle möchte ich mich bei meinem Betreuer Herrn DI BM Johann Hafellner bedanken, der es mir ermöglicht hat, meine Vorstellungen in dieser Arbeit umzusetzen. Danke für die Zeit, die ich in Anspruch genommen habe, die zahlreichen Fachdiskussionen sowie für die vielen hilfreichen Anregungen. Ein herzliches Danke auch an Frau Prof. Christina Hopfe für die konstruktiven Anmerkungen, die der Arbeit den letzten Feinschliff gegeben haben.

Der größte Dank gilt meiner Familie, vor allem meinen Eltern Zoran und Marica, für das Ermöglichen meiner langjährigen Ausbildung und die bedingungslose Unterstützung auf meinem Weg. Eure Fürsorge hat maßgeblich dazu beigetragen, um meine Ziele zu erreichen. Auf die Unterstützung und den nötigen Rückhalt meiner Schwester Monika konnte ich auch immer zählen, egal mit welchen Anliegen ich zu ihr kam, und dafür bin ich sehr dankbar.

Danke auch an meine Kommilitonen Christof, Christian, Laurenz und Patrick. Die gemeinsame Studienzeit, die ich mir definitiv nicht hätte besser vorstellen können, war von Beginn an eine Bereicherung, sowohl an der Universität als auch abseits davon.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei allen derzeitigen, sowie ehemaligen Mitgliedern des Beton- und Holzbauzeichensaals bedanken. Ich bin sehr froh, ein Teil dieser Gemeinschaft gewesen zu sein und bereue nur, nicht ein paar Semester früher beigetreten zu sein. Vielen Dank für die gemeinsame Zeit und die dadurch entstandenen Freundschaften. Keep it up und bis bald!

Kurzfassung

Die Beliebtheit des Holzbaus nimmt in den letzten Jahren stetig zu, sodass kontinuierlich Marktanteile im Baugewerbe, vor allem im Segment des Wohnbaus, dazugewonnen werden. Durch die hohen bautechnischen Anforderung (Wärme-, Feuchte-, Schall-, Brandschutz, ...) gilt es bereits in der Planungsphase eine Vielzahl an Gesetzen, Normen und Richtlinien einzuhalten, die aufgrund der wachsenden Anforderungen sowie technischen Neuerungen laufend aktualisiert werden. Derzeit umfasst das österreichische Normungssystem 2255 Normen für die Bauplanung und -ausführung sowie weitere 2360 Normen für die Bauprodukte. Gerade im Wohnbau gilt es die durch Nutzer geforderten höheren Standards, sowie die höhere Qualität der Gebrauchstauglichkeit umzusetzen.

Anhand eines erarbeiteten Normenleitfadens für den Holzmassivbau, der sämtliche relevanten Auszüge aus den zu berücksichtigenden Normen und Richtlinien wiedergibt, soll eine nachvollziehbare Übersicht für alle Projektbeteiligten geschaffen werden. Der Leitfaden basiert auf hygrothermisch untersuchten und bewerteten Detaillösungen im Bereich von geometriebedingten Wärmebrücken und gibt die zur Planung der einzelnen Bauteilschichten und Bauteilfügungen herangezogenen Normen wieder. Es wurden insgesamt 14 unterschiedliche Bauteilaufbauten konzipiert und untersucht, die in weiterer Folge zu 12 Bauteilfügungen zusammengeführt und hygrothermisch bewertet wurden. Die Detaillösungen sind im Bereich von Sockel-, Flachdach- sowie Schrägdachanschlüssen erstellt worden.

Ein Problem stellte die fehlende normative Grundlage von hygrothermischen 2D Berechnungen bzw. Simulationen dar, da die maßgebenden Normen nur thermische 2D bzw. 3D Simulationen regeln. Die hygrothermischen 2D Simulationen werden in Anlehnung an die aktuell gültigen Normen und unter Einbeziehung der geltenden Parameter für die Bemessungsklimata sowie Materialkennwerte mit dem Glaser 2D-Verfahren der Simulationssoftware Htflux durchgeführt.

Mit Hilfe von drei verschiedenen Modellbildungen für den Sockelbereich konnte eine Methode gefunden werden, wodurch eine aufwendige instationäre Simulation durch eine stationäre Berechnung ersetzt werden konnte, bei gleichzeitiger Beibehaltung der Ergebnisgenauigkeit.

Im Zuge der hygrothermischen Untersuchung der ausgewählten Bauteilanschlüsse zeigte sich, dass eine gedämmte Ausführung der Installationsebene, vor allem in den Bereichen von Wärmebrücken, einen feuchtekritischen Einfluss auf die Konstruktion hat, obwohl die Nachweise zur Vermeidung von Oberflächenkondensat und Schimmelpilzbildung erfüllt werden.

Die Bauteilanschlüsse wurden hinsichtlich ihres Diffusionsverhaltens optimiert, sodass eine mögliche Schädigung der Außenbauteile verhindert und aufwendige Sanierungsmaßnahmen vermieden werden können.

Die vorliegende Arbeit ist die dritte von drei Masterarbeiten, die sich mit der hygrothermischen Untersuchung von Detaillösung befasst. Die zwei bereits abgeschlossenen Arbeiten setzten sich mit der Holzriegel- und der Massivbauweise auseinander.

Abstract

The popularity of using timber as a predominant structural element has increased in recent years. This is demonstrated in commercials as well as residential buildings. Especially the percentage of residential buildings made with timber as main construction element has risen in Austria. A number of regulations, standards and guidelines must be considered during the design phase because of the high structural requirement of the components. These regulations and standards are being constantly updated due to growing requirements and technical innovations. The Austrian standardization system includes 2255 standards for planning and execution of construction work as well as another 2360 standards for construction products. It is important to implement higher standards demanded by the users and a higher quality of usability and living standards in residential buildings.

Based on a newly proposed guideline, it is intended to provide an overview for all stakeholders to summarize all relevant information and regulations needed for solid wood constructions. The guideline is based on hygrothermal simulation for specified construction details in the area of geometry-related thermal bridges and summarizes the most important standards that are needed for planning of the individual components. A total of 14 different construction components were designed and examined. These were then merged into 12 construction details and subjected to a hygrothermal examination. The construction details investigated were in the area of the building foundation and roof connections.

One of the problems was the lack of any guideline or standard for the two-dimensional hygrothermal simulations. The Austria standardization system only regulates thermal 2D and 3D simulations. The 2D hygrothermal simulations were conducted using the software hflux using the current standards and considering parameters such as climate and material properties.

Furthermore, it was found that using three different model scenarios of the foundation detail, the complex transient simulation could be replaced using steady-state calculation with the same accuracy of results.

It turned out that the insulation of the installation level has a moisture-critical influence on the construction, especially in the areas of thermal bridges, although the criteria for the avoidance of surface condensation and mold formation is fulfilled.

The construction details have been optimized regarding their diffusion behavior, so that possible damage to the external components and expensive renovation measures can be prevented.

This thesis is the third of three master theses dealing with the hygrothermal simulation of construction details. Two prior theses have dealt with wooden frame and solid constructions.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Bauteilkatalog.....	7
2.1	Bauteilanforderungen	7
2.2	Bauteilübersicht.....	12
2.3	Erdanliegende Bauteile	13
2.3.1	EB01 - Erdanliegender Fußboden 01	13
2.3.2	EW01 - Erdanliegende Außenwand 01	18
2.4	Außenwand.....	19
2.4.1	AW 01 - Außenwand 01	19
2.4.2	AW 02 - Außenwand 02	20
2.4.3	AW 03 - Außenwand 03	21
2.4.4	AW 04 - Außenwand 04	22
2.5	Zwischendecke	27
2.5.1	ZD01 - warme Zwischendecke 01	27
2.5.2	ZD02 - warme Zwischendecke 02	28
2.5.3	ZD03 - warme Zwischendecke 03	29
2.6	Außendecke	30
2.6.1	FD01 - Außendecke 01	30
2.6.2	FD02 - Außendecke 02	31
2.6.3	FD03 - Außendecke 03	32
2.7	Schrägdach.....	37
2.7.1	DS01 - Schrägdach hinterlüftet	37
2.7.2	DS02 - Schrägdach hinterlüftet	38
3	Bauphysikalische Bemessungsparameter	43
3.1	Bemessungsklimata nach ÖNORM B 8110-2 (2003).....	43
3.2	Bemessungsklimata nach ÖNORM B 8110-2 (2020).....	45
3.3	Wärmeübertragung	47
3.4	Wärmeübertragung über das Erdreich.....	48
3.4.1	Variante 1	52
3.4.2	Variante 2	53
3.4.3	Variante 3	54
3.4.4	Variantenentscheid	55
3.5	Materialkennwerte	56
3.6	Begrenzung der Holzfeuchte	57
4	Hygrothermische Wärmebrückenuntersuchung.....	59
4.1	Sockeldetails	61
4.1.1	Sockelanschluss S-GEL_001	62
4.1.2	Sockelanschluss S-GEL_002	67
4.1.3	Sockelanschluss S-GEL_003.....	72
4.1.4	Sockelanschluss S-GEL_004.....	76
4.2	Flachdachdetails	80
4.2.1	Attikaanschluss FD-ATT_001	81
4.2.2	Attikaanschluss FD-ATT_002.....	88
4.2.3	Sockelanschluss FD-SOC_001	91
4.2.4	Sockelanschluss FD-SOC_002	96
4.2.5	Sockelanschluss FD-SOC_003	101
4.2.6	Sockelanschluss FD-SOC_004	104
4.3	Schrägdachdetails.....	107

4.3.1	Traufanschluss SD-TRA_001	107
4.3.2	Traufanschluss SD-TRA_002	111
5	Normenleitfaden	115
5.1	Gebäudesockel.....	116
5.2	Flachdach - Attika	117
5.3	Flachdach - Sockel	118
5.4	Schrägdach - Traufe	119
5.5	Normenverzeichnis	120
5.5.1	EB - Erdberührte Bauteile	120
5.5.2	AW - Außenwand.....	125
5.5.3	FD - Flachdach	137
5.5.4	SD - Schrägdach	147
5.5.5	BS - Bauspengler	157
6	Schlussfolgerung.....	161
7	Ausblick.....	163
8	Abbildungsverzeichnis.....	165
9	Tabellenverzeichnis	169
10	Literaturverzeichnis	171

1 Einleitung

Der Holzbau kann grundsätzlich aufgrund der Bauweise in zwei verschiedene Kategorien eingeteilt werden: die Leicht- und Massivbauweise. Beide Bauweisen besitzen eine lange Tradition und sind im Bauwesen vielseitig einsetzbar, werden aber immer noch dem aktuellen Stand der Technik entsprechend optimiert und verbessert. Vor allem mit der Entwicklung des Brettspertholzes Ende des 20. Jahrhunderts konnte ein innovatives Holzbauprodukt geschaffen werden, das für Planende und Ausführende neue Möglichkeiten eröffnet.

Die Beliebtheit des Holzbaus nimmt in den letzten Jahren stetig zu, sodass kontinuierlich Marktanteile im Baugewerbe dazugewonnen werden. Vor allem im Segment des Wohnbaus, allen voran im Bereich des Einfamilien- und Mehrfamilienhausbaus. Die Anwendbarkeit ist aber darüber hinaus auch für landwirtschaftliche Zweckbauten sowie im Gewerbe- und Industriebau gegeben. Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt jedoch auf dem Wohnbau, da speziell hier höhere Standards durch die Nutzer als auch eine höhere Qualität hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit gefordert werden. Vor allem in der Planung gilt es eine Vielzahl an Gesetze, Normen und Richtlinien einzuhalten, die aufgrund der wachsenden Anforderungen sowie technischen Neuerungen laufend aktualisiert werden. Derzeit umfasst das österreichische Normungssystem 2255 Normen für die Bauplanung und -ausführung sowie weitere 2360 Normen für die Bauprodukte.

Die bautechnischen Anforderungen (Wärme-, Feuchte-, Brand- und Schallschutz) werden in Österreich über die OIB-Richtlinien geregelt, wobei diese dann in den jeweiligen Bundesländern im Landesgesetz verankert und rechtsgültig sind. Ergänzt werden die Richtlinien durch die ÖNORMEN, die aber im Gegensatz dazu nur Empfehlungen darstellen und nicht verbindlich sind, jedoch vertraglich für verbindlich erklärt werden können.

Zielsetzung

Die Holzmassivbauweise besitzt ein enormes Potenzial und ist in Hinblick auf eine zukunftsorientierte Bauweise im Hochbau nicht mehr wegzudenken. In den letzten Jahren wurde viel in die Forschung und Entwicklung investiert, sodass diese Arbeit dahingehend daran anschließen und den Holzbau weiter fördern soll.

Die Vielzahl der gesetzlichen Anforderungen, vor allem in Bezug auf den Wärmeschutz, werden zusammengefasst und in Form eines darauf abgestimmten Bauteilkatalogs wiedergegeben. Die Bauteile werden zu hochwertigen Detaillösungen zusammengeführt und auf ihr hygrothermisches Verhalten untersucht, um mögliche Schwachstellen aufzuzeigen. Der Schwerpunkt liegt in der Untersuchung von Wärmebrücken, da aufgrund des höheren Wärmestroms und den damit resultierenden niedrigeren Oberflächentemperaturen ein erhöhtes Risiko einer Schimmelpilz- und Tauwasserbildung besteht.

Ergänzend dazu werden sämtliche, für die Planung der einzelnen Bauteilschichten und Bauteilfügungen, zu berücksichtigenden Normen und Richtlinien in einem Leitfaden zusammengefasst und soll sämtlichen Projektbeteiligten als Grundlage für das Erarbeiten weiterer Detaillösungen dienen.

Begründung

Der als Grundlage verwendete Bauteilkatalog der Holzforschung Austria klassifiziert Bauteile nach den Kennwerten zum Wärme-, Schall- und Brandschutz. Die Bauteile werden dabei individuell eindimensional bewertet, eine gesamtheitliche Betrachtung und die Auswirkungen auf die energetische Bilanz von Gebäuden liegt nicht vor.

Basierend auf den Ergebnissen des 1. Österreichischen Bauschadensbericht entfallen ca. 50% der Bauschäden auf erdberührte Bauteile, Dächer, Balkone und Terrassen. Diese Bereiche weisen meist komplexe Detaillösungen in den Anschlusspunkten auf und erfordern einen hohen Planungsaufwand. Bei den Anschlusspunkten handelt es sich überwiegend um geometriebedingte Wärmebrücken, aufgrund des Einsatzes unterschiedlicher Baustoffe sind auch materialbedingte Wärmebrücken gegeben. Eine zusätzliche instationäre hygrothermische Simulation zur Beurteilung des Risikos einer Schimmelpilz- und Tauwasserbildung ist mit hohem Zeitaufwand verbunden, erfordert viel Rechenleistung und ist wirtschaftlich nicht immer umsetzbar. Ein Wärmebrückenkatalog, der auf hygrothermisch bewerteten Detaillösungen basiert, liegt den Planenden nicht vor.

Diese Arbeit soll weiterführend den Planenden eine Übersicht der aktuell geltenden Normen und Richtlinien sowie praxisbezogene Lösungsvorschläge bieten, sodass potenzielle Mängel bereits in der Planungsphase ausgeschlossen werden können. Sie soll aber auch von Ausführenden angewendet werden, um möglichen Planungsfehlern einfach gegenzusteuern, sowie Sachverständigen, um Bauschäden gezielt analysieren und nachvollziehen zu können.

Forschungsmethodik

Zu Beginn wurden Richtwerte für den Wärmedurchgangskoeffizient von Bauteilen der Gebäudehülle anhand eines Referenzgebäudes ermittelt. Das Referenzgebäude soll repräsentativ das durchschnittliche Wohngebäude in Österreich darstellen. Dazu wurden zur Festlegung der Wohnungsanzahl, der Wohnnutzfläche und in weiterer Folge zur Abschätzung des Bruttorauminhalts der Mikrozensus - Wohnungserhebung 2019 [61] der Statistik Austria analysiert.

Die Bauteile der Gebäudehülle wurden entsprechend den wärmeschutztechnischen Anforderungen ausgebildet, in einem Katalog zusammengefasst und zur Überprüfung des Risikos einer Kondensat- und Schimmelpilzbildung thermisch simuliert. Anschließend wurde eine hygrothermische Simulation nach ÖNORM EN ISO 13788 bzw. ÖNORM B 8110-2 (2003) unter Anwendung des Glaser Verfahrens durchgeführt, um auf eine mögliche Kondensatbildung im Bauteil rückschließen zu können.

Die Bauteile wurden zu Bauteilfügungen im Bereich von geometrisch bedingten Wärmebrücken zusammengeführt und hygrisch auf ihr Diffusionsverhalten untersucht. Bereiche, in denen es zu Kondensatbildung in der Konstruktion kam, wurden näher untersucht und bautechnisch optimiert, sodass eine Tauwasserbildung vermieden werden konnte. Die anschließend ermittelte Verteilung der relativen Luftfeuchtigkeit bewegt sich bei sämtlichen Details 10-15% unterhalb der kritischen relativen Luftfeuchtigkeit für Vollholz und Massivholzprodukte. Somit weisen die Ergebnisdetails eine Fehlertoleranz auf, was in Bezug auf mögliche Ausführungsfehler sowie das Einbringen von Baurestfeuchte während der Ausführungsphase von Vorteil ist.

Als Bemessungsparameter wurden die standortabhängigen, klimatischen Randbedingungen gemäß ÖNORM B 8110-2 in der aktuellen Fassung (01.01.2020) sowie dem Vorgängerdokument (01.07.2003) für Klagenfurt herangezogen. Da die Nachweisverfahren gemäß der aktuellen Fassung (2020) simulationstechnisch nicht umsetzbar sind, wurden die Nachweise nach den

Vorgaben des Vorgängerdokuments geführt. Zu Vergleichszwecken wurden bei einigen kritischen Detailpunkten die klimatischen Randbedingungen gemäß ÖNORM B 8110-2 (2020) angesetzt und den Ergebnissen der zuvor durchgeführten Simulationen gegenübergestellt.

Leitfaden zur Berichterstattung

Im nachfolgenden Kapitel 2 werden die Anforderungen an wärmeübertragende Bauteile erläutert. Die verwendeten Bauteilaufbauten werden übersichtlich in einem Bauteilkatalog aufgelistet und entsprechend den Vorgaben der einschlägigen Normen auf das Risiko einer Kondensat- und Schimmelpilzbildung überprüft.

Anschließend werden in Kapitel 3 die Bemessungsparameter sowie die Ansätze in der Simulationsdurchführung definiert und begründet. Die darauffolgende Wärmebrückenuntersuchung ist in Kapitel 4 zusammengefasst. Die Gliederung erfolgt in die zu untersuchenden Bereiche der Gebäudehülle (Sockel-, Flachdach- und Schrägdachdetails). Ausgehend vom Ausgangsdetail werden die entsprechenden Nachweise geführt und die Anschlüsse auf eine mögliche Kondensatbildung im Bauteilinneren untersucht. Bei einem Kondensatausfall wird eine Optimierung des Bauteilanschlusses vorgenommen und die Annahmen durch eine wiederholte hygrothermische Simulation überprüft. Die Ergebnisse werden in Form eines Ergebnisdetails dargelegt.

Die zur Planung der einzelnen Bauteilschichten und Bauteilfügungen relevanten Normenauszüge sind in Kapitel 5 in einem Leitfaden zusammengefasst und mit den entsprechenden Kurzbezeichnungen den ausgearbeiteten Detaillösungen grafisch zugeordnet.

Abschließend werden die aus dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse in Kapitel 6 zusammenfassend dargelegt sowie auf Einschränkungen der Arbeit eingegangen. In Kapitel 7 wird ein kurzer Ausblick über eine mögliche Weiterführung des untersuchten Themengebiets gegeben.

2 Bauteilkatalog

2.1 Bauteilanforderungen

Die technischen Anforderungen an Neubauten sowie Zu- und Umbauten werden in Österreich durch die OIB-Richtlinien festgelegt und in weiterer Folge von den Bundesländern in ihrer Bauordnung für verbindlich erklärt. Die Anforderungen an die jeweiligen Bauteile werden grundsätzlich über Kennwerte zum Wärme-, Feuchte-, Brand- und Schallschutz berücksichtigt. Vor allem die Anforderungen des Wärmeschutzes bilden die Grundlage zur Festlegung der jeweiligen Bauteilkennwerte und werden in weiterer Folge näher beschrieben.

Wärmeschutz

Die Energieeffizienz sowie die wärmeschutztechnischen Anforderungen eines Gebäudes werden in der OIB-Richtlinie 6 [56] geregelt. Neubauten sowie größere Renovierungen müssen anhand eines Energieausweis den Nachweis zur Einhaltung der Energiekennzahlen erfüllen. Der Nachweis kann über den Endenergiebedarf EEB oder über den Gesamtenergieeffizienz-Faktor f_{GEE} geführt werden. Die Zuordnung von Gebäuden erfolgt in Gebäudekategorien (GK), welche sich hauptsächlich nach der überwiegenden Nutzung richtet:

- GK 1 - 3: Wohngebäude
- GK 4 - 12: Nicht-Wohngebäude
- GK 13: Sonstige konditionierte Gebäude

Die aktuelle Fassung der OIB-Richtlinie 6 (2019) [56] ist noch nicht in allen Bundesländern gesetzlich verankert. Ab Inkrafttreten gelten für Neubauten der Gebäudekategorie 1 bis 3 in Abhängigkeit der Gebäudegeometrie und des Referenzklimas folgende Bestimmungen:

Tab. 1: Anforderungen an den Referenz-Heizwärmebedarf gemäß OIB-Richtlinie 6 [56]

	Nachweis über Endenergiebedarf	Nachweis über Gesamtenergieeffizienz-Faktor
$HWB_{REF,RK,zul}$ [kWh/m ² a]	$12 * \left(1 + \frac{3,0}{l_c}\right)$	$16 * \left(1 + \frac{3,0}{l_c}\right)$
$f_{GEE,RK,zul}$	-	0,80

Die Anforderungen an den Referenz-Heizwärmebedarf richten sich nach der Kompaktheit des Gebäudes. Diese wird durch die charakteristische Länge l_c , dem Verhältnis des konditioniertem Bruttovolumens zur Fläche der Gebäudehülle, beschrieben. Eine gängige Beschreibung ist auch das Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis (A/V-Verhältnis), das mittels Kehrwertbildung der charakteristischen Länge l_c berechnet wird.

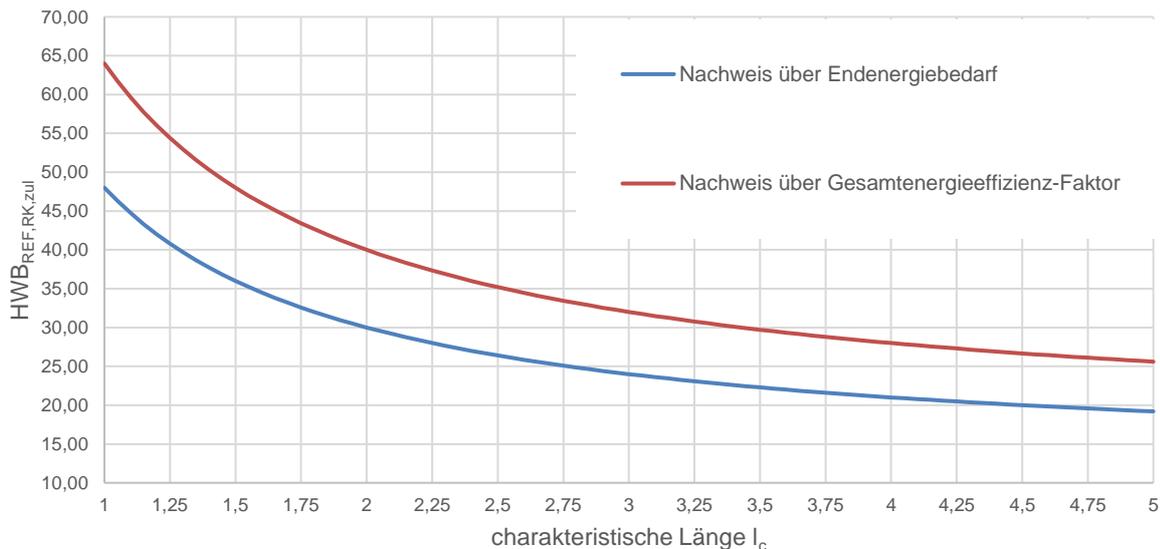


Abb. 1 - zulässiger $HWB_{REF,RK,zul}$ [15]

In Abb. 1 ist ersichtlich, dass die Kompaktheit des Gebäudes einen wesentlichen Einfluss auf den zulässigen Heizwärmebedarf hat. Verdichtete, mehrgeschossige Bauformen sind demnach energieeffizienter. Einfamilienhäuser und Reihenhäuser beziehungsweise Gebäude mit einer geringen Anzahl an Geschoßen besitzen ein ungünstiges A/V-Verhältnis. Die charakteristische Länge liegt bei Ein- und Mehrfamilienhäusern mit bis zu drei Geschossen in der Regel zwischen 1,0 und 1,5. Zur Veranschaulichung wurde in Abb. 2 durch Aneinanderreihung des gleichen Grundkörpers (LxBxH = 10mx5mx3m) der Einfluss der charakteristischen Länge auf den zulässigen Heizwärmebedarf dargestellt.

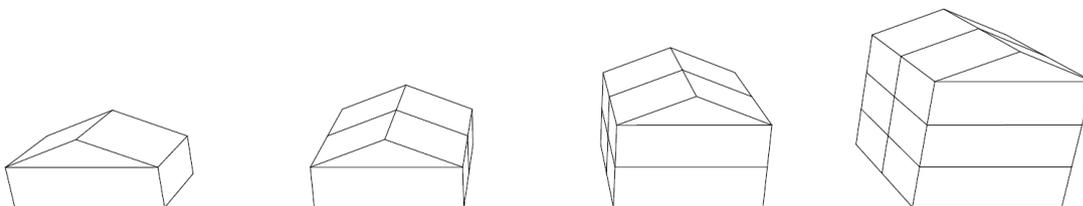


Abb. 2 - Anforderung $HWB_{REF,RK,zul}$ [15]

$I_c = 0,94$	$I_c = 1,15$	$I_c = 1,50$	$I_c = 1,70$
$HWB_{max} = 50,3$	$HWB_{max} = 43,3$	$HWB_{max} = 36,0$	$HWB_{max} = 33,2$

Referenzgebäude zur Begrenzung der Anforderungen an die Gebäudehülle

Einen wesentlichen Einfluss zur Einhaltung der Energieeffizienz eines Gebäudes haben die Bauteile der Gebäudehülle. Um Richtwerte für den Wärmedurchgangskoeffizient zu erhalten, wurde ein Referenzobjekt (Abb. 3) in GEQ erstellt. Das Referenzgebäude soll repräsentativ das durchschnittliche Wohngebäude in Österreich darstellen. Dazu wurden zur Festlegung der Wohnungsanzahl, der Wohnnutzfläche und in weiterer Folge zur Abschätzung des Bruttorauminhalts der Mikrozensus [61] der Statistik Austria analysiert.

In Tab. 2 ist ersichtlich, dass im Zeitraum von 2015 bis 2019 der Großteil bewilligter neuer Gebäude Wohngebäude sind und dass diese Wohngebäude überwiegend mit 1 oder 2 Wohnungen ausgestattet sind.

Tab. 2: Auszug Statistik Austria - 2010 bis 2019 bewilligte Wohnungen und bewilligte neue Gebäude [61]

Gebäudeeigenschaft	2019	2018	2017	2016	2015
Neue Gebäude	27.609	27.224	26.239	26.053	24.850
- neue Wohngebäude	20.309	20.306	19.893	19.672	18.558
mit 1 oder 2 Wohnungen	17.329	17.504	16.612	16.705	15.693
mit 3 oder mehr Wohnungen	2.980	2.802	3.281	2.967	2.865
- neue Nicht-Wohngebäude	7.300	6.918	6.346	6.381	6.292

Die Wohnungsanzahl in Eigentümshäusern sind in Tab. 3 zusammengefasst:

Tab. 3: Auszug Statistik Austria - Gebäudegröße nach wohnspezifischen Merkmalen [61]

Rechtsverhältnis	1 Wohnung	2 Wohnungen	3 oder mehr Wohnungen
Hauseigentum	77,6 %	18,7 %	3,4 %

Die durchschnittliche Wohnnutzfläche (NGF) für Wohngebäude (Rechtsverhältnis: Hauseigentum) mit 1 Wohnung liegt in Österreich bei 141,1m² [61].

Zur Modellierung des Referenzgebäudes in der Energieausweissoftware GEQ sind Kenntnisse der Bruttogeschossfläche (BGF) sowie des Bruttorauminhalts (BRI) erforderlich. Diese werden mittels gängiger Flächen- und Raumkennzahlen für Wohngebäude abgeschätzt [3]:

- Bruttogeschossfläche (BGF): $NGF / BGF \sim 0,76$ → BGF ~ 185 m²
- Bruttorauminhalt (BRI): $BRI / BGF \sim 4,14$ → BRI ~ 765 m³

Das resultierende Referenzgebäude, welches den ermittelten Kennzahlen entspricht, ist in Abb. 3 grafisch dargestellt.

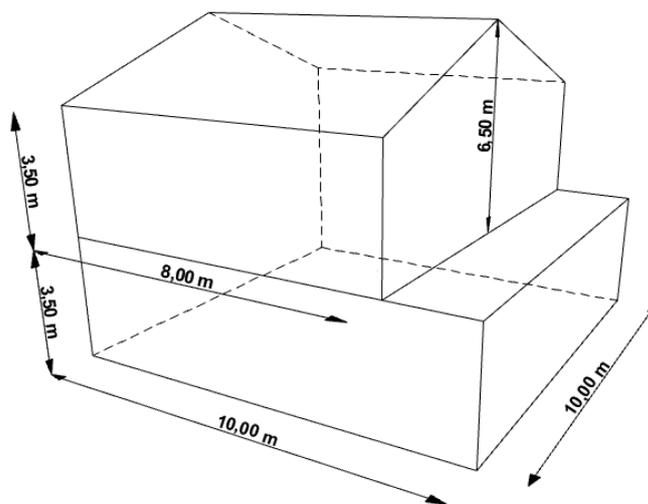


Abb. 3 - Referenzgebäude

Die charakteristische Länge l_c ergibt sich mit: $l_c = \frac{V}{A} = \frac{750 \text{ m}^3}{500 \text{ m}^2} = 1,50$

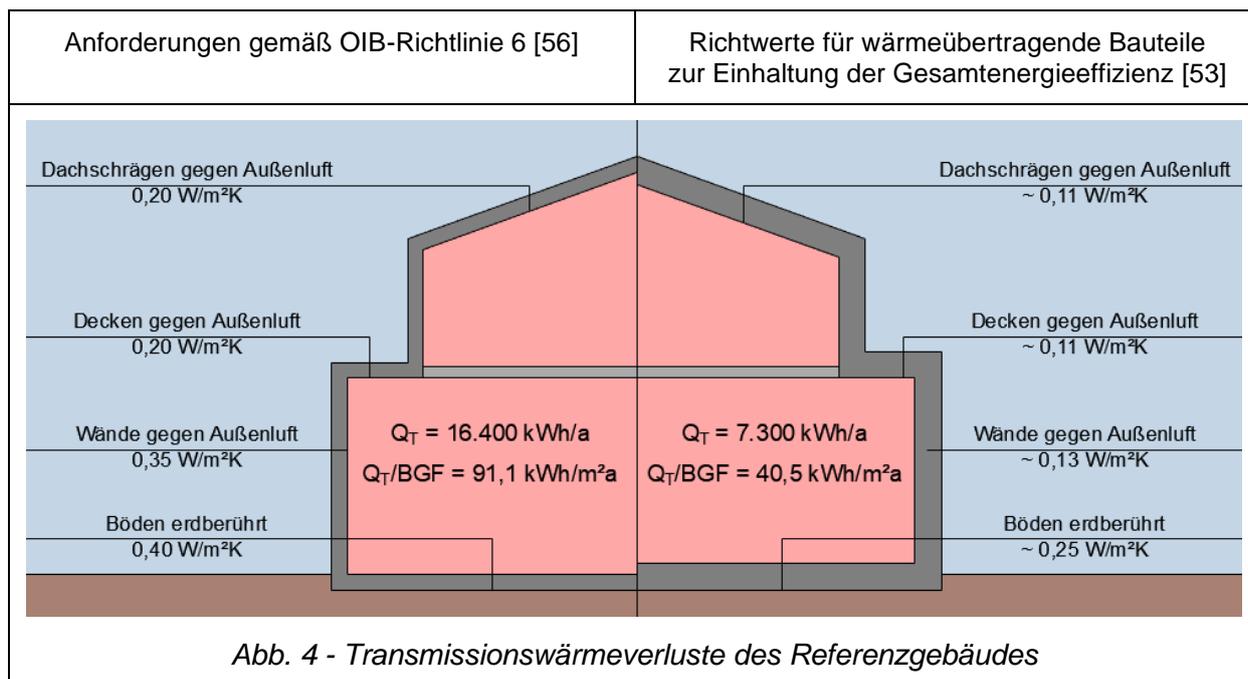
Gemäß OIB-Richtlinie 6 ergeben sich folgende Werte für den zulässigen Referenz-Heizwärmebedarf:

Tab. 4: Anforderungen an den Referenz-Heizwärmebedarf bei einer charakteristischen Länge $l_c=1,50$ [56]

	Nachweis über Endenergiebedarf	Nachweis über Gesamtenergieeffizienz-Faktor
HWB _{REF,RK,zul} [kWh/m ² a]	$12 * \left(1 + \frac{3,0}{1,5}\right) = 36,00$	$16 * \left(1 + \frac{3,0}{1,5}\right) = 48,00$
f _{GEE,RK,zul}	-	0,80

Der Heizwärmebedarf entspricht grundsätzlich der Summe aus den Wärmeverlusten infolge Transmission und Lüftung, abzüglich den inneren sowie solaren Wärmegewinnen. Zur Beurteilung der thermischen Qualität der Gebäudehülle sowie zur besseren Vergleichbarkeit werden nur die Transmissionswärmeverluste näher untersucht.

Ausgehend von den Richtwerten der OIB-Richtlinie 6 für wärmeübertragende Bauteile werden die Wärmeverluste infolge Transmission ermittelt. Im Zuge einer Bauteiloptimierung werden die U-Werte verbessert und die zugehörigen Wärmeverluste den Ergebnissen der Ausgangsberechnung gegenübergestellt. Die Ergebnisse sind grafisch in Abb. 4 dargestellt.



Bezogen auf die beheizte Bruttogeschossfläche errechnet sich für die Mindestanforderungen gemäß OIB-Richtlinie 6 der Transmissionswärmeverlust mit 16.400 kWh pro Jahr. In Relation zur Bruttogeschossfläche ergibt sich ein Wärmeverlust von 76,4 kWh/m²a. Erfolgt nun der Nachweis über den Endenergiebedarf bzw. Gesamtenergieeffizienz-Faktor, kann davon ausgegangen werden, dass der zulässige Referenz-Heizwärmebedarf, trotz einer möglichen Mitberücksichtigung von solaren und inneren Wärmegewinnen, nicht erfüllt wird.

Durch die gezielte Verbesserung des U-Wertes (Wärmedurchgangskoeffizient) kann der Transmissionswärmeverlust stark reduziert werden. Im vorliegenden Fall wurde der U-Wert von Bauteilen gegen Außenluft um ~45-60% optimiert, Bauteile gegen Erdreich um ~40%. Die Wärmeverluste infolge Transmission wurden um ~55% gesenkt. Bezogen auf die Bruttogeschossfläche ergibt sich damit Q_T mit 40,5 kWh/m²a, womit man im Bereich des zulässigen Referenz-Heizwärmebedarfs liegt.

Die Richtwerte für Bauteile der Gebäudehülle, die zur Einhaltung der zulässigen Gesamtenergieeffizienz für Gebäude mit einer charakteristischen Länge $l_c=1,50$ herangezogen wurden, sind in Tab. 5 aufgelistet.

Tab. 5: Richtwerte für Bauteile der Gebäudehülle [53]

Bauteilbezeichnung	Richtwert
Wände gegen Außenluft / gegen unbeheizte Dachräume	0,15 - 0,18 W/m ² K
Böden erdberührt	0,18 - 0,25 W/m ² K
Decken und Dachschrägen jeweils gegen Außenluft und gegen unbeheizte Dachräume (durchlüftet oder ungedämmt)	0,10 - 0,12 W/m ² K

Der Entwurf des Bauteilkatalogs erfolgt unter Zugrundelegung der ermittelten Richtwerte in Tab. 5.

2.2 Bauteilübersicht

Aufbauend auf den in Kapitel 2.1 definierten Anforderungen an die Gebäudehülle werden nun die einzelnen Bauteilaufbauten festgelegt. Grundlage dafür sind der allgemein zugängliche Bauteilkatalog der Holzforschung Austria [12] mit bereits bauphysikalisch und ökologisch geprüften und zugelassenen Bauteilen sowie den veröffentlichten Planungsbroschüren [62, 63] im Bereich der Holzmassivbauweise. Die jeweiligen Bauteile werden in unterschiedlichen Ausführungsvarianten, jedoch mit annähernd gleichem Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert), simuliert und untersucht.

Folgende Bauteile werden in den nachfolgenden Simulationen verwendet:

Erdberührte Bauteile

- EB 01 - Erdanliegender Fußboden:
Schwimmender Zementestrich, XPS-Dämmung unter der Bodenplatte
- EW 01 - Erdanliegende Außenwand:
Sockelbereich XPS-Dämmung verputzt, raumseitig Installationsebene gedämmt

Außenwand

- AW 01 - Außenwand 01:
Putzfassade Mineralwolldämmung, raumseitig Gipskartonfaserplatte einfach beplankt
- AW 02 - Außenwand 02:
Putzfassade Mineralwolldämmung, raumseitig Installationsebene gedämmt
- AW 03 - Außenwand 03:
Hinterlüftete Holzfassade Mineralwolldämmung, raumseitig Gipskartonfaserplatte einfach beplankt
- AW 04 - Außenwand 04:
Hinterlüftete Holzfassade Mineralwolldämmung, raumseitig Installationsebene gedämmt

Zwischendecke

- ZD 01 - Zwischendecke 01:
Schwimmender Zementestrich, Untersicht mit Gipskartonfaserplatte einfach beplankt
- ZD 02 - Zwischendecke 02:
Schwimmender Zementestrich, Untersicht Installationsebene gedämmt

Außendecke

- FD 01 - Außendecke 01:
Warmdachkonstruktion mit EPS, raumseitig Gipskartonfaserplatte einfach beplankt
- FD 02 - Außendecke 02:
Warmdachkonstruktion mit EPS, raumseitig Installationsebene gedämmt
- FD 03 - Außendecke 03:
Warmdachkonstruktion mit Vakuumdämmpaneelen, Gefälleausbildung mit EPS-Gefälledämmplatten, raumseitig Installationsebene gedämmt

Schrägdach

- DS 01 - Schrägdach hinterlüftet:
Kaldachkonstruktion mit Holzfaserdämmung, raumseitig Installationsebene gedämmt

2.3 Erdanliegende Bauteile

2.3.1 EB01 - Erdanliegender Fußboden 01

Bauteilbezeichnung: erdanliegender Fußboden	Kurzbezeichnung: EB01	
Bauteiltyp: erdanliegender Fußboden		
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORMEN ISO 6946 U - Wert 0,20 [W/m²K]		

Konstruktionsaufbau und Berechnung				
	Baustoffschichten	d	λ	R = d / λ
Nr	von innen nach außen Bezeichnung	Dicke [m]	Leitfähigkeit [W/mK]	Durchlaßw. [m²K/W]
1	Zementestrich	0,070	1,600	0,044
2	PE-Dampfbremsschicht	0,0004	0,500	0,001
3	Trittschalldämmung MW(SW)-T	0,030	0,038	0,789
4	Ausgleichsschüttung	0,085	0,700	0,121
5	bit. Aabdichtung (1 Lage, min 4mm)	0,004	0,230	0,017
6	bit. Aabdichtung (1 Lage, min 4mm)	0,004	0,230	0,017
7	Bitumenanstrich	0,0001	0,230	
8	Stahlbeton 100 kg/m³ Armierungsstahl (1,25 Vol.%)	0,250	2,300	0,109
9	XPS-G 30 80 bis 100 mm (32 kg/m³)	0,140	0,038	3,684
10	Magerbeton / Schütt- und Stampfbeton	0,080	1,150	0,070
Dicke des Bauteils [m]		0,664		
Summe der Wärmeübergangswiderstände		$R_{si} + R_{se}$	0,170	[m²K/W]
Wärmedurchgangswiderstand		$R_T = R_{si} + \sum R_t + R_{se}$	5,022	[m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient		$U = 1 / R_T$	0,20	[W/m²K]

Die Dimensionierung der Bauwerksabdichtung hat in Abhängigkeit des Bemessungslastfalls gemäß ÖNORM B 3692 [35] zu erfolgen. Für die Konzipierung des Bauteilaufbaus EB01 wurde der Lastfall „Drückendes Wasser bis 4m Eintauchtiefe“ definiert.

Der Bodenbelag wurde vernachlässigt, da dieser unterschiedlich gewählt werden kann.

Normative Anforderungen an die einzelnen Bauteilschichten sind dem Normenleitfaden (Kapitel 5.5.1) zu entnehmen.

Bauteilnachweise gemäß ÖNORM B 8110-2 (2003)

Die Randbedingungen für das Bemessungsklima sind in Kapitel 4.1 angeführt.

Bei der Berechnung des Außenklimas wurde der Temperaturkorrekturfaktor für erdanliegende Fußböden (<1,50m unter Erdoberfläche) gemäß ÖNORM B 8110-6 [45] mit $f_h = 0,70$ berücksichtigt.

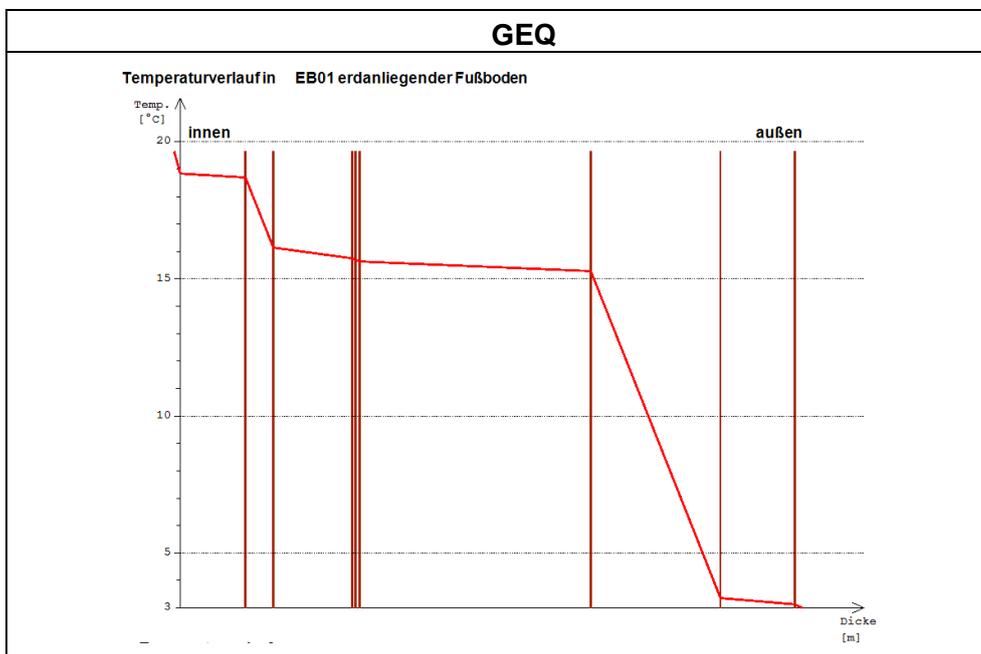


Abb. 5 - Temperaturverlauf EB01

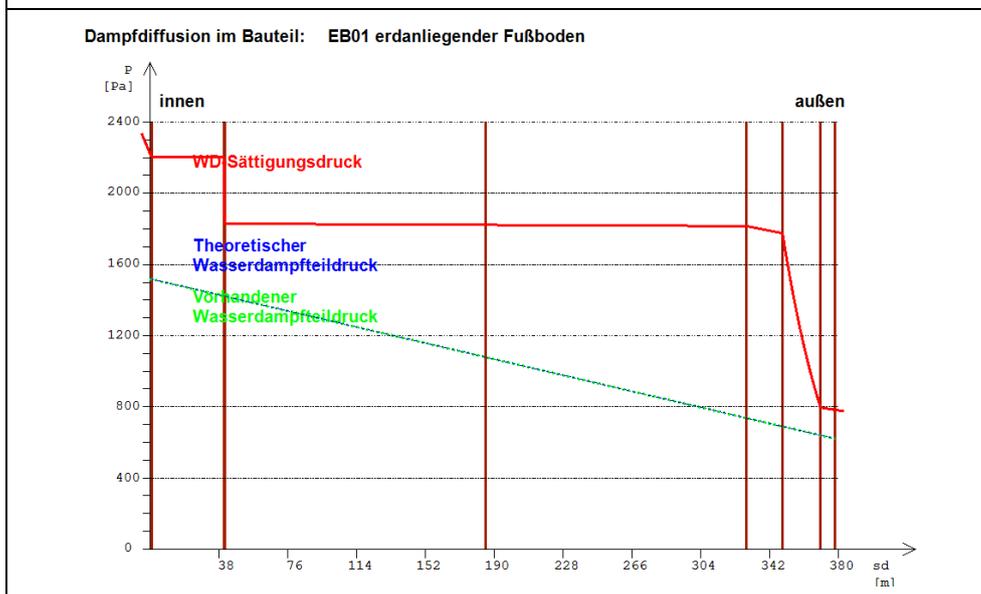
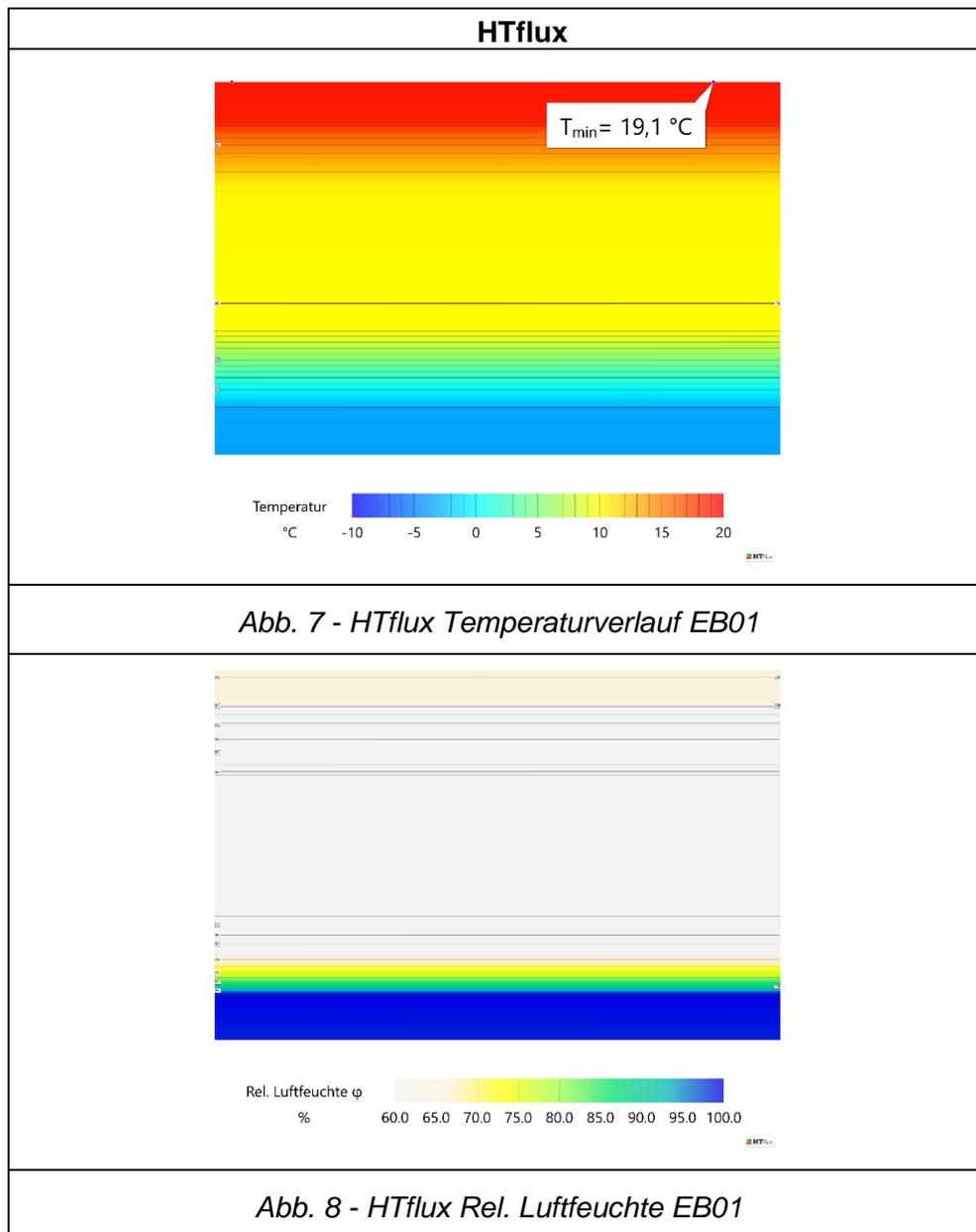


Abb. 6 - Dampfdiffusion EB01

Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt 19,19°C und liegt über der Taupunkttemperatur von 13,22°C. Es tritt kein Kondenswasser und keine Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche auf.

Es tritt keine Kondensation im Inneren des Bauteils auf.



Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt $19,1\text{ °C}$ und liegt über der Taupunkttemperatur von $13,22\text{ °C}$. Es tritt kein Kondenswasser und keine Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche auf.

Es tritt keine Kondensation im Inneren des Bauteils auf.

Vergleichsrechnung mit den Klimabedingungen gemäß ÖNORM B 8110-2 (2020)

Die Randbedingungen für das Bemessungsklima sind in Kapitel 4.2 angeführt.

Bei der Berechnung des Außenklimas wurde der Temperaturkorrekturfaktor für erdanliegende Fußböden (<1,50m unter Erdreich) gemäß ÖNORM B 8110-6 [45] mit $f_h = 0,70$ berücksichtigt.

Der Bauteilaufbau EB01 wurde gemäß ÖNORM B 8110-2 [43], Kapitel 8 - Nachweisfreie Konstruktionen, konzipiert. Bei sachgerechter Planung und Ausführung gilt der Nachweis für schadensverursachendes Kondensat im Bauteilinneren als erfüllt. Als Vergleichssimulation werden die Klimabedingungen, die gemäß ÖNORM B 8110-2 (2020) bei den vereinfachten Nachweisen angewendet werden, angesetzt und die entsprechenden Nachweise erneut geführt.

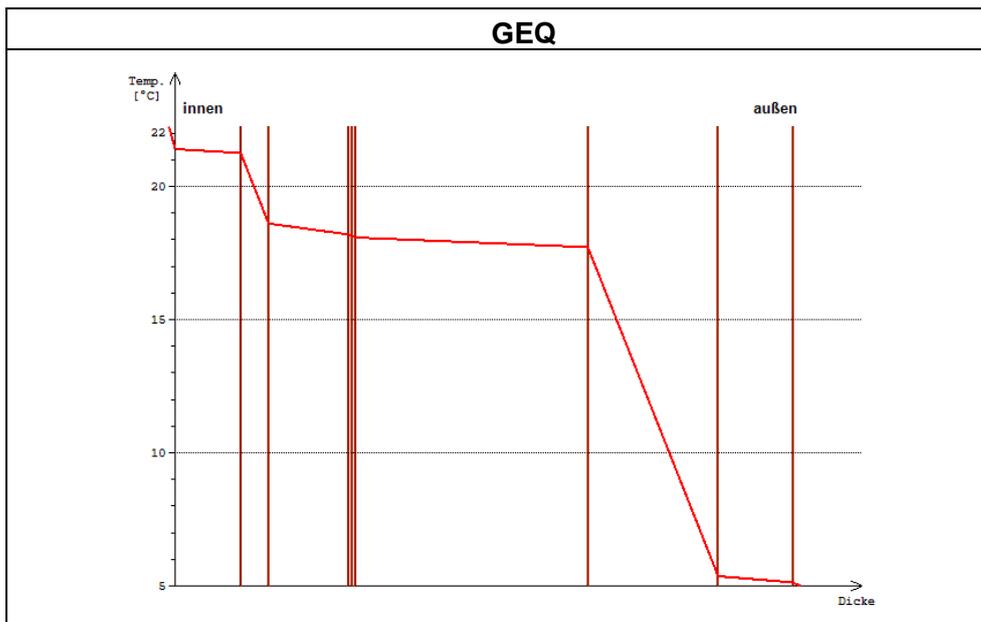


Abb. 9 - GEQ Temperaturverlauf EB01

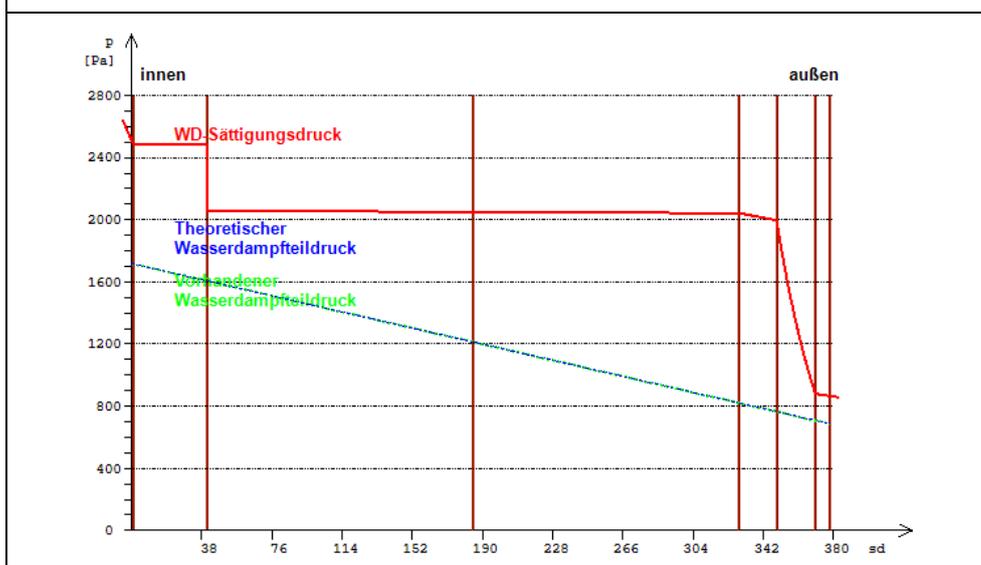
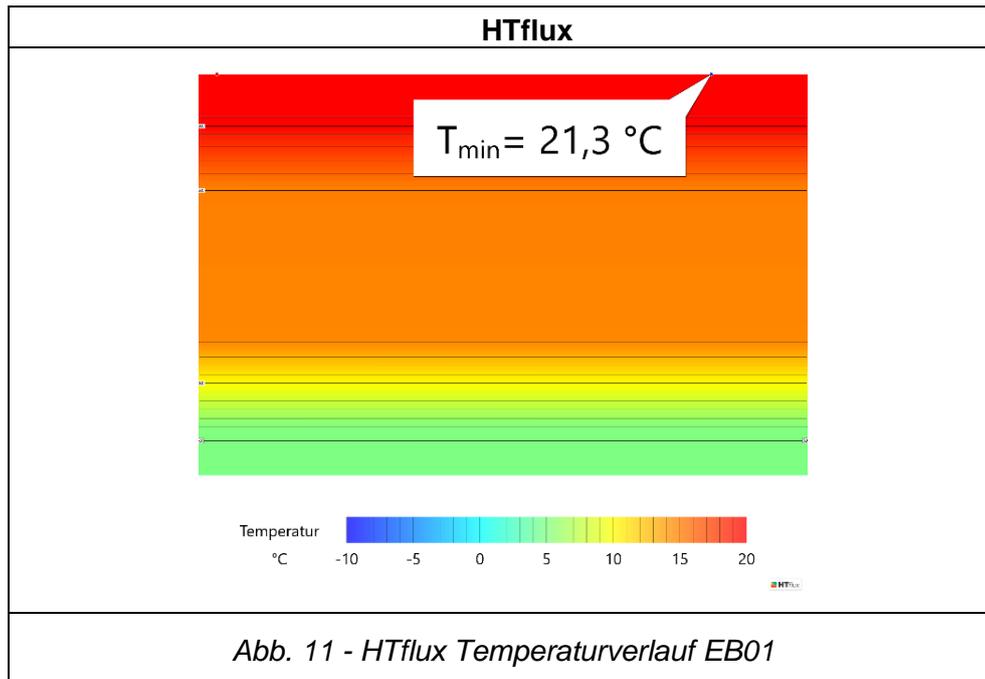


Abb. 10 - GEQ Dampfdiffusion EB01

Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt 21,16°C und liegt über der Taupunkttemperatur von 15,12°C. Es tritt somit rechnerisch kein Kondenswasser und keine Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche auf.



Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt 21,3°C und liegt über der Taupunkttemperatur von 13,22°C. Es tritt kein Kondenswasser und keine Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche auf.

2.3.2 EW01 - Erdanliegende Außenwand 01

Der Bauteilaufbau EW01 wird nur zur vollständigen Dokumentation aufgeführt und stellt den Wandaufbau des erdanliegenden Stahlbetonsockels dar, welcher bei den Wärmebrückenberechnung des Gebäudesockels als untere Wandkonstruktion (vgl. Kapitel 4.1.2 und 4.1.4) herangezogen wird.

Bauteilbezeichnung: Sockel	Kurzbezeichnung: EW01	
Bauteiltyp: erdanliegende Wand		
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORMEN ISO 6946 U - Wert 0,22 [W/m²K]		

Konstruktionsaufbau und Berechnung				
	Baustoffschichten	d	λ	$R = d / \lambda$
Nr	von innen nach außen Bezeichnung	Dicke [m]	Leitfähigkeit [W/mK]	Durchlaßw. [m²K/W]
1	GKF-Platte	0,013	0,250	0,050
2	Holzunterkonstruktion dazw. Mineralwolle MW-W	0,050	0,039	1,282
3	Stahlbeton 100 kg/m³ Armierungsstahl (1,25 Vol.%)	0,150	2,300	0,065
4	Bitumenanstrich	0,0001	0,230	
5	bit. Aabdichtung (1Lage, min 4mm)	0,004	0,230	0,017
6	bit. Aabdichtung (1Lage, min 4mm)	0,004	0,230	0,017
7	XPS-G 30 120 bis 180 mm (32 kg/m³)	0,120	0,040	3,000
8	Außenputz	0,015	0,800	0,019
Dicke des Bauteils [m]		0,356		
Summe der Wärmeübergangswiderstände		$R_{si} + R_{se}$	0,130	[m²K/W]
Wärmedurchgangswiderstand		$R_T = R_{si} + \sum R_t + R_{se}$	4,580	[m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient		$U = 1 / R_T$	0,22	[W/m²K]

Die Dimensionierung der Bauwerksabdichtung hat in Abhängigkeit des Bemessungslastfalls gemäß ÖNORM B 3692 [35] zu erfolgen.

Für die Konzipierung des Bauteilaufbaus EW01 wurde der Lastfall „Drückendes Wasser bis 4m Eintauchtiefe“ definiert.

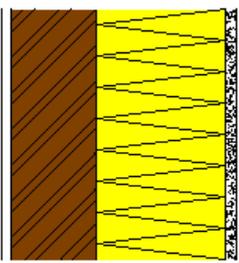
Normative Anforderungen an die einzelnen Bauteilschichten sind dem Normenleitfaden (Kapitel 5.5.1) zu entnehmen.

2.4 Außenwand

Die Bauteilnachweise gemäß ÖNORM B 8110-2 werden am maßgebenden Bauteil geführt und sind am Ende des Kapitels angeführt. Die Ergebnisse sollen repräsentativ für alle Aufbauvarianten eine Gültigkeit besitzen.

2.4.1 AW 01 - Außenwand 01

Bauteilaufbau äquivalent zu Außenwand - awmopi01a-9 [8]

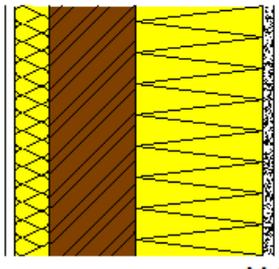
Bauteilbezeichnung: Außenwand verputzt	Kurzbezeichnung: AW01	
Bauteiltyp: Außenwand		
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORMEN ISO 6946 U - Wert 0,15 [W/m²K]		

Konstruktionsaufbau und Berechnung				
	Baustoffschichten	d	λ	R = d / λ
Nr	von innen nach außen Bezeichnung	Dicke [m]	Leitfähigkeit [W/mK]	Durchlaßw. [m²K/W]
1	GKF-Platte	0,013	0,250	0,050
2	CLT-Wandelement	0,120	0,120	1,000
3	MW(SW)-PT	0,180	0,034	5,294
4	Außenputz	0,015	0,800	0,019
Dicke des Bauteils [m]		0,328		
Summe der Wärmeübergangswiderstände		$R_{si} + R_{se}$	0,170	[m²K/W]
Wärmedurchgangswiderstand		$R_T = R_{si} + \sum R_t + R_{se}$	6,533	[m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient		U = 1 / R_T	0,15	[W/m²K]

Normative Anforderungen an die einzelnen Bauteilschichten sind dem Normenleitfaden (Kapitel 5.5.2) zu entnehmen.

2.4.2 AW 02 - Außenwand 02

Bauteilaufbau äquivalent zu Außenwand - awmopi01a-9 [8]

Bauteilbezeichnung: Außenwand verputzt (mit Innendäm.)	Kurzbezeichnung: AW02	
Bauteiltyp: Außenwand		
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946 U - Wert 0,13 [W/m²K]		

Konstruktionsaufbau und Berechnung				
	Baustoffschichten	d	λ	$R = d / \lambda$
Nr	von innen nach außen Bezeichnung	Dicke [m]	Leitfähigkeit [W/mK]	Durchlaßw. [m²K/W]
1	GKF-Platte	0,013	0,250	0,050
2	Holzunterkonstruktion dazw. Mineralwolle MW-W	0,050	0,038	1,316
3	CLT-Wandelement	0,120	0,120	1,000
4	MW(SW)-PT	0,180	0,034	5,294
5	Außenputz	0,015	0,800	0,019
Dicke des Bauteils [m]		0,378		
Summe der Wärmeübergangswiderstände			$R_{si} + R_{se}$	0,170 [m²K/W]
Wärmedurchgangswiderstand			$R_T = R_{si} + \sum R_t + R_{se}$	7,849 [m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient			$U = 1 / R_T$	0,13 [W/m²K]

Normative Anforderungen an die einzelnen Bauteilschichten sind dem Normenleitfaden (Kapitel 5.5.2) zu entnehmen.

2.4.3 AW 03 - Außenwand 03

Bauteilaufbau äquivalent zu Außenwand - awmihi02b-02 [8]

Bauteilbezeichnung: Außenwand hinterlüftet	Kurzbezeichnung: AW03	
Bauteiltyp: Außenwand hinterlüftet		
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946 U - Wert 0,17 [W/m²K]		

Konstruktionsaufbau und Berechnung

Baustoffschichten				
Nr	von innen nach außen Bezeichnung	d Dicke [m]	λ Leitfähigkeit [W/mK]	Anteil [%]
1	GKF-Platte	0,013	0,250	
2	CLT-Wandelement	0,120	0,120	
3	Holzunterkonstruktion dazw. WD MW(WF)		0,120	9,6
		0,200	0,037	90,4
4	Winddichtung sd<0,3m	0,0006	0,220	
5	Holzlattung Fichte - hinterlüftet	*	0,040	0,200
6	Außenwandverkleidung - Holz Lärche	*	0,019	0,120
wärmetechnisch relevante Dicke des Bauteils [m]		0,333		
Dicke des Bauteils [m]		0,392		
Zusammengesetzter Bauteil - 1 inhomogene Schicht (Berechnung nach ÖNORM EN ISO 6946)				
Holzunterkonst: Achsabstand [m]: 0,625 Breite [m]: 0,060			$R_{si} + R_{se} = 0,260$	
Oberer Grenzwert: $R_{To} = 5,9958$ Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 5,7603$			$R_T = 5,8781$ [m²K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient			U = 1 / R_T	
			0,17 [W/m²K]	

*... diese Schicht zählt nicht zur Berechnung

Normative Anforderungen an die einzelnen Bauteilschichten sind dem Normenleitfaden (Kapitel 5.5.2) zu entnehmen.

2.4.4 AW 04 - Außenwand 04

Bauteilaufbau äquivalent zu Außenwand - awmihi02b-02 [8]

Bauteilbezeichnung: Außenwand hinterlüftet (mit Innendäm.)	Kurzbezeichnung: AW04	
Bauteiltyp: Außenwand hinterlüftet		
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946 <p style="text-align: center;">U - Wert 0,14 [W/m²K]</p>		

Konstruktionsaufbau und Berechnung				
	Baustoffschichten	d	λ	Anteil
Nr	von innen nach außen Bezeichnung	Dicke [m]	Leitfähigkeit [W/mK]	[%]
1	GKF-Platte	0,013	0,250	
2	Holzunterkonstruktion dazw. Mineralwolle MW-W	0,050	0,038	
3	CLT-Wandelement	0,120	0,120	
4	Holzunterkonstruktion dazw. Mineralwolle MW-WF	0,200	0,037	9,6 90,4
5	Winddichtung sd<0,3m	0,0006	0,220	
6	Holzlattung Fichte - hinterlüftet *	0,040	0,200	
7	Außenwandverkleidung - Holz Lärche *	0,019	0,120	
wärmetechnisch relevante Dicke des Bauteils [m]		0,383		
Dicke des Bauteils [m]		0,442		
Zusammengesetzter Bauteil - 1 inhomogene Schicht (Berechnung nach ÖNORM EN ISO 6946)				
Holzunterkonst. Achsabstand [m]: 0,625 Breite [m]: 0,060		$R_{si} + R_{se} = 0,260$		
Oberer Grenzwert: $R_{T0} = 7,4144$ Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 7,0761$		$R_T = 7,2452 [m^2K/W]$		
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1 / R_T$		0,14 [W/m²K]		

Normative Anforderungen an die einzelnen Bauteilschichten sind dem Normenleitfaden (Kapitel 5.5.2) zu entnehmen.

Bauteilnachweise gemäß ÖNORM B 8110-2 (2003)

Die Randbedingungen für das Bemessungsklima sind in Kapitel 4.1 angeführt.

Die Nachweise gelten repräsentativ für alle Außenwandaufbauten AW 01-04, wobei die Bemessung am maßgebenden Bauteil AW 04 geführt wird.

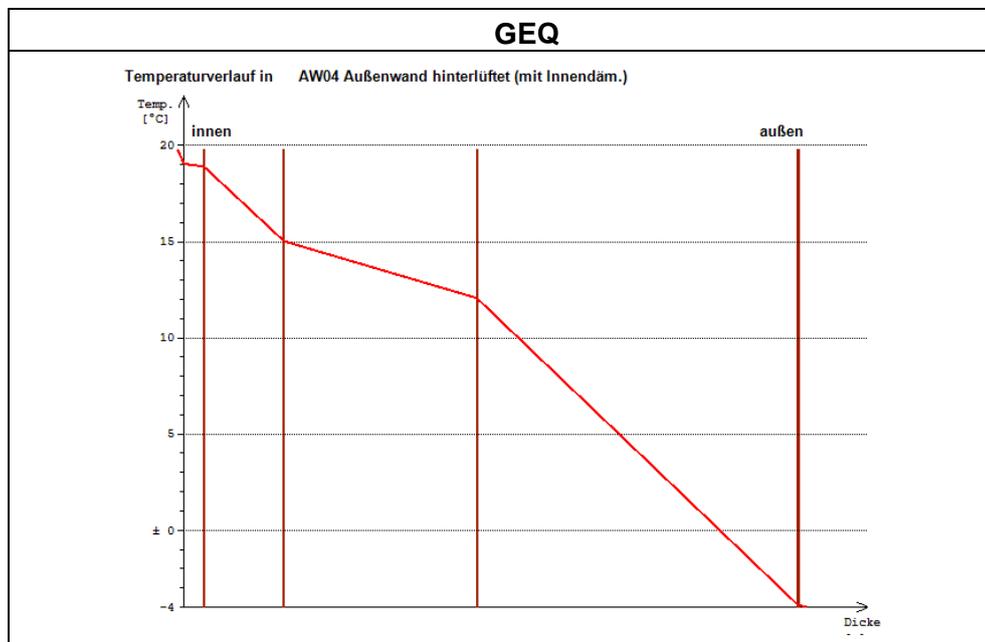


Abb. 12 - Temperaturverlauf AW04

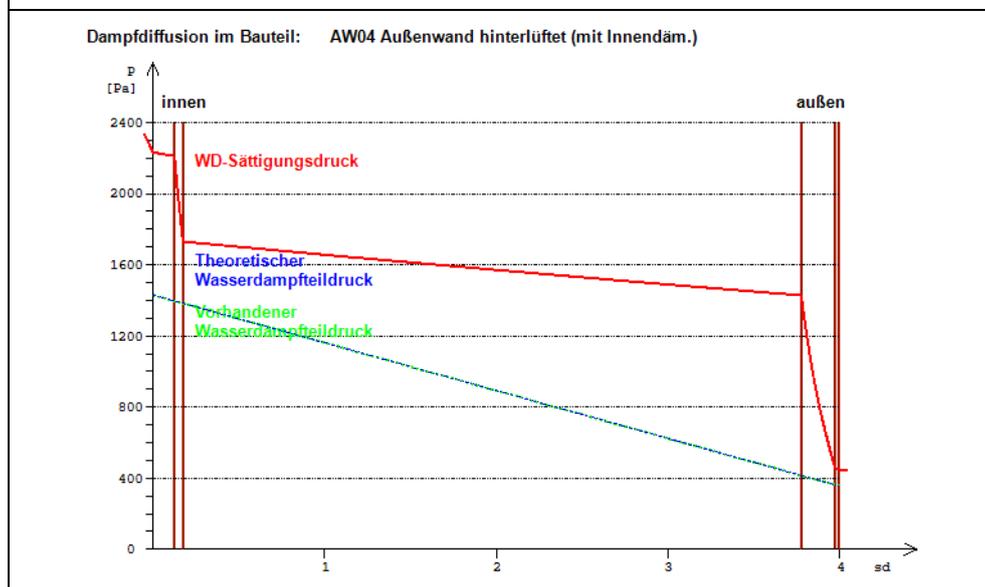
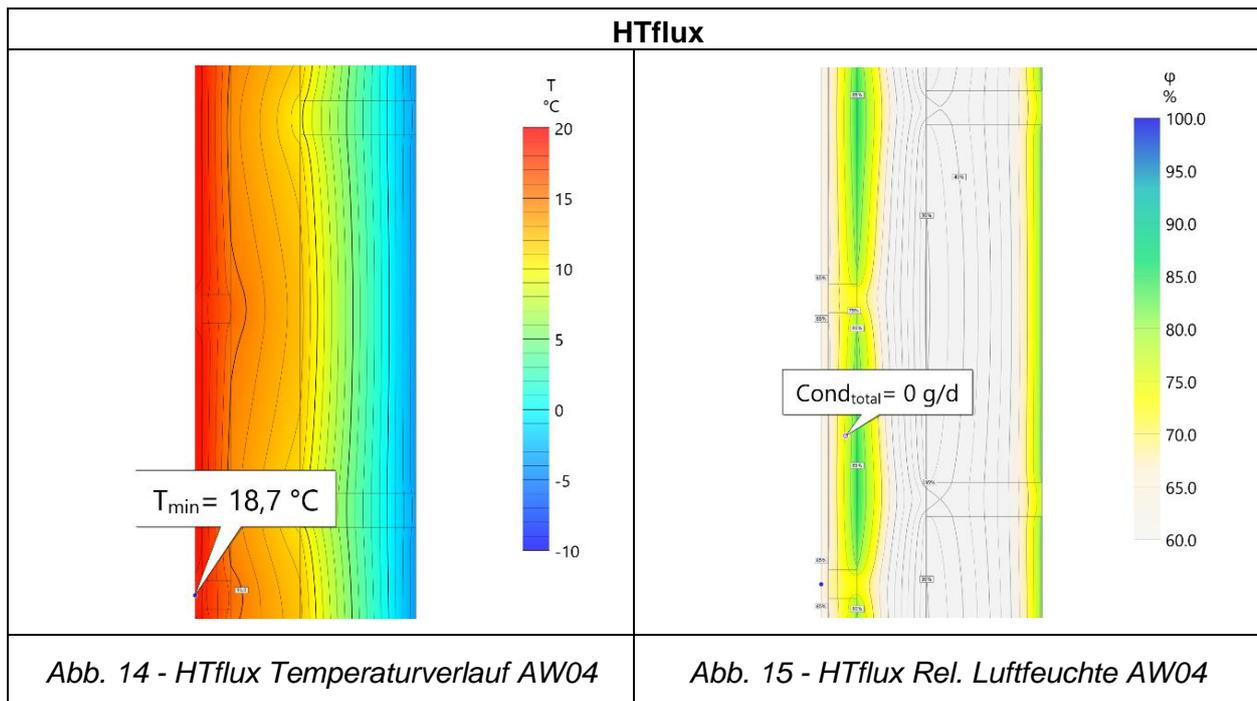


Abb. 13 - Dampfdiffusion AW04

Im kritischen Monat Jänner tritt kein Kondensat im Inneren des Bauteils auf.

Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt $19,26^{\circ}\text{C}$ und liegt über der Taupunkttemperatur von $12,31^{\circ}\text{C}$. Es tritt kein Kondenswasser und keine Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche auf.



Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt 18,7°C und liegt über der Taupunkttemperatur von 12,3°C. Es tritt kein Kondenswasser und keine Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche auf.

Es tritt kein Kondensat im Inneren des Bauteils auf.

Vergleichsrechnung mit den Klimabedingungen gemäß ÖNORM B 8110-2 (2020)

Die Randbedingungen für das Bemessungsklima sind in Kapitel 4.2 angeführt.

Die Bauteilaufbauten AW01-04 wurden gemäß ÖNORM B 8110-2 [43], Kapitel 8 - Nachweisfreie Konstruktionen, konzipiert. Der Nachweis für schadensverursachendes Kondensat im Bauteilinneren gilt als erfüllt. Als Vergleichssimulation werden die Klimabedingungen, die gemäß ÖNORM B 8110-2 (2020) bei den vereinfachten Nachweisen angewendet werden, angesetzt und die entsprechenden Nachweise erneut geführt.

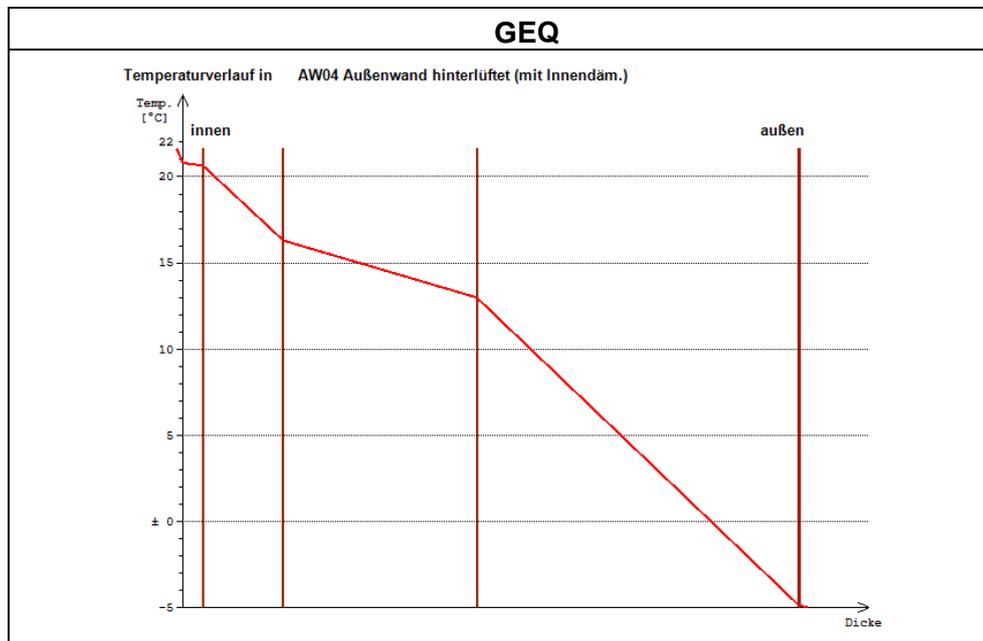


Abb. 16 - GEQ Temperaturverlauf AW04

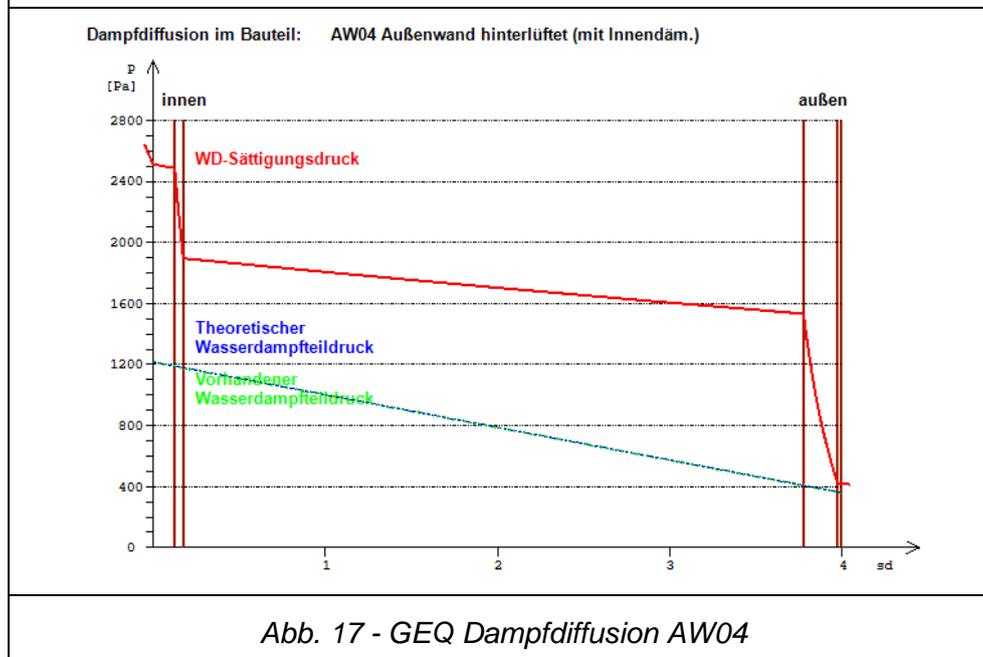
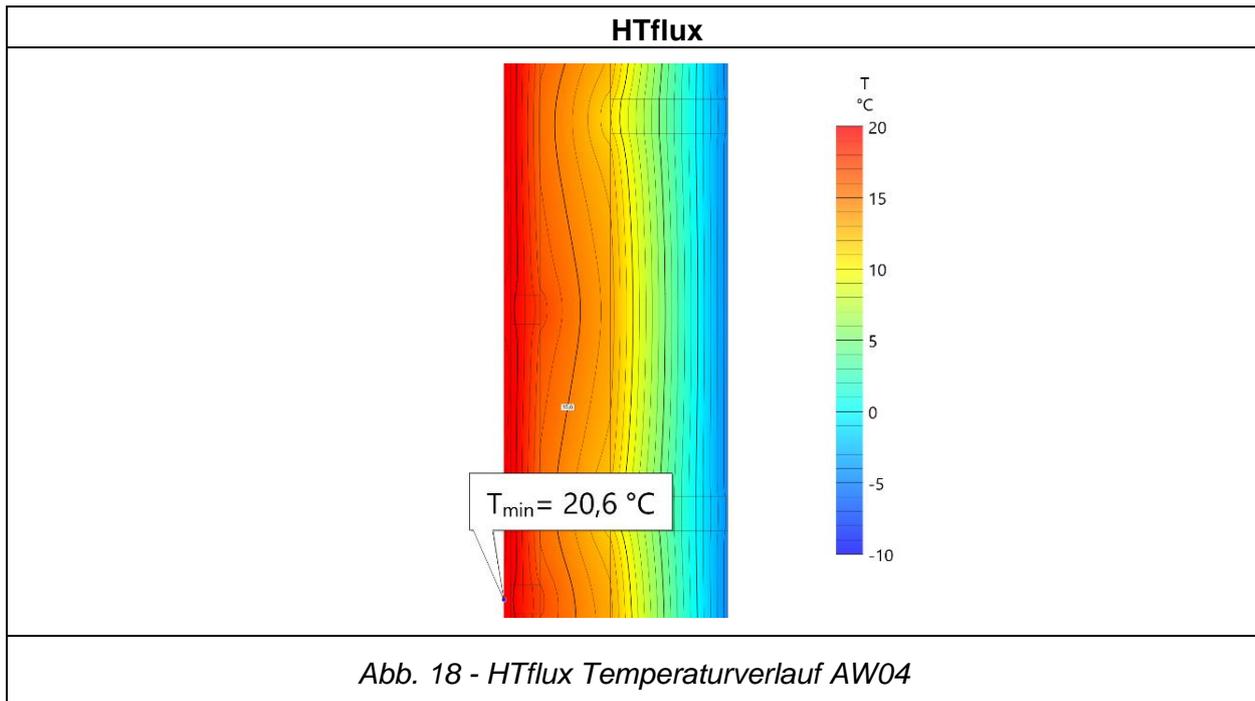


Abb. 17 - GEQ Dampfdiffusion AW04

Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt 21,2°C und liegt über der Taupunkttemperatur von 10,8°C. Es tritt somit rechnerisch kein Kondenswasser und keine Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche auf.



Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt 20,6°C und liegt über der Taupunkttemperatur von 10,8°C. Es tritt kein Kondenswasser und keine Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche auf.

2.5 Zwischendecke

2.5.1 ZD01 - warme Zwischendecke 01

Bauteilaufbau äquivalent zu Geschossdecke - gdmnxa01a-0 [11]

Bauteilbezeichnung: warme Zwischendecke	Kurzbezeichnung: ZD01	
Bauteiltyp: warme Zwischendecke gegen getrennte Wohn- und		
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946 U - Wert 0,41 [W/m²K]		

Konstruktionsaufbau und Berechnung				
	Baustoffschichten	d	λ	$R = d / \lambda$
Nr	von innen nach außen Bezeichnung	Dicke [m]	Leitfähigkeit [W/mK]	Durchlaßw. [m²K/W]
1	Zementestrich	0,070	1,600	0,044
2	PE-Dampfbremsschicht	0,0001	0,500	
3	Trittschalldämmung MW(SW)-T	0,030	0,038	0,789
4	Ausgleichsschüttung	0,085	0,700	0,121
5	CLT-Deckenelement	0,140	0,120	1,167
6	GKF-Platte	0,013	0,250	0,050
Dicke des Bauteils [m]		0,338		
Summe der Wärmeübergangswiderstände		$R_{si} + R_{se}$	0,260	[m²K/W]
Wärmedurchgangswiderstand		$R_T = R_{si} + \sum R_t + R_{se}$	2,431	[m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient		$U = 1 / R_T$	0,41	[W/m²K]

Normative Anforderungen an die einzelnen Bauteilschichten sind dem Normenleitfaden (Kapitel 5.5) zu entnehmen.

2.5.2 ZD02 - warme Zwischendecke 02

Bauteilaufbau äquivalent zu Geschossdecke - gdmnxa01a-0 [11]

Bauteilbezeichnung: warme Zwischendecke (Inst.-Ebene gedämmt)	Kurzbezeichnung: ZD02	
Bauteiltyp: warme Zwischendecke gegen getrennte Wohn- und		
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946 <p style="text-align: center;">U - Wert 0,28 [W/m²K]</p>		

Konstruktionsaufbau und Berechnung				
Baustoffschichten		d	λ	Anteil
Nr	von innen nach außen Bezeichnung	Dicke [m]	Leitfähigkeit [W/mK]	[%]
1	Zementestrich	0,070	1,600	
2	PE-Dampfbremsfolie	0,0001	0,500	
3	Trittschalldämmung MW(SW)-T	0,030	0,038	
4	Ausgleichsschüttung	0,085	0,700	
5	CLT-Deckenelement	0,140	0,120	
6	Holzunterkonstruktion dazw.		0,120	5,0
	Mineralwolle MW-W	0,050	0,042	95,0
7	GKF-Platte	0,013	0,250	
Dicke des Bauteils [m]		0,388		
Zusammengesetzter Bauteil - 1 inhomogene Schicht (Berechnung nach ONORM EN ISO 6946)				
Holzunterkonst:		Achsabstand [m]: 0,600	Breite [m]: 0,030	$R_{si} + R_{se} = 0,260$
Oberer Grenzwert: $R_{To} = 3,5735$		Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 3,5208$		$R_T = 3,5471$ [m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient		$U = 1 / R_T$		0,28 [W/m²K]

Normative Anforderungen an die einzelnen Bauteilschichten sind dem Normenleitfaden (Kapitel 5.5) zu entnehmen.

2.5.3 ZD03 - warme Zwischendecke 03

Bauteilaufbau äquivalent zu Geschossdecke - gdmnxa01a-0 [11]

Bauteilbezeichnung: warme Zwischendecke (Feuchtraum)	Kurzbezeichnung: ZD03	
Bauteiltyp: warme Zwischendecke gegen getrennte Wohn- und		
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946 U - Wert 0,41 [W/m²K]		

Konstruktionsaufbau und Berechnung

	Baustoffschichten	d	λ	$R = d / \lambda$
Nr	von innen nach außen Bezeichnung	Dicke [m]	Leitfähigkeit [W/mK]	Durchlaßw. [m²K/W]
1	Zementestrich	0,070	1,600	0,044
2	PE-Dampfbremsschicht	0,0001	0,500	
3	Trittschalldämmung MW(SW)-T	0,030	0,038	0,789
4	Ausgleichsschüttung	0,085	0,700	0,121
5	bit. Abdichtung (1 Lage, min 4mm, z.B. E-KV-4)	0,004	0,230	0,017
6	CLT-Deckenelement	0,140	0,120	1,167
7	GKF-Platte	0,013	0,250	0,050
Dicke des Bauteils [m]		0,342		
Summe der Wärmeübergangswiderstände		$R_{si} + R_{se}$	0,260	[m²K/W]
Wärmedurchgangswiderstand		$R_T = R_{si} + \sum R_t + R_{se}$	2,448	[m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient		$U = 1 / R_T$	0,41	[W/m²K]

Der Bauteilaufbau ZD03 wurde als weitere Variante zu ZD01 erfasst und bildet die Anforderungen an Feuchträume ab. In Feuchträumen sind Abdichtungsmaßnahmen gemäß ÖNORM B 3692 [35] erforderlich. Die Maßnahmen sind in Abhängigkeit von der jeweiligen Feuchtigkeitsbeanspruchung (Tabelle 8 [35]) zu treffen. Der Bauteilaufbau ZD03 ist anhand der Beanspruchungsklasse W3 (mäßige Wasserbelastung) konzipiert. Bei Feuchträumen ist die Mindesthochzugshöhe (15cm) der Abdichtung im Randbereich zu beachten.

Normative Anforderungen an die einzelnen Bauteilschichten sind dem Normenleitfaden (Kapitel 5.5) zu entnehmen.

2.6 Außendecke

Die Bauteilnachweise gemäß ÖNORM B 8110-2 werden am maßgebenden Bauteil geführt und sind am Ende des Kapitels angeführt. Die Ergebnisse sollen repräsentativ für alle Aufbauvarianten eine Gültigkeit besitzen.

2.6.1 FD01 - Außendecke 01

Bauteilaufbau äquivalent zu [9]

Bauteilbezeichnung: Flachdach (Warmdach) - Kategorie K3	Kurzbezeichnung: FD01	
Bauteiltyp: Außendecke, Wärmestrom nach oben		
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORMEN ISO 6946 U - Wert 0,12 [W/m²K]		

Konstruktionsaufbau und Berechnung				
Baustoffschichten		d	λ	R = d / λ
Nr	von außen nach innen Bezeichnung	Dicke [m]	Leitfähigkeit [W/mK]	Durchlaßw. [m²K/W]
1	Kies	0,060	0,700	0,086
2	Vlies PE	0,001	0,500	0,002
3	Bitumenbahn >9mmmin 2-lagig	0,009	0,170	0,053
4	WD EPS W25, OK im Gefälle	0,030	0,036	0,833
5	WD EPS W25	0,200	0,036	5,556
6	Dampfsperre kaltselbstklebend (sd>1500m)	0,002	0,007	0,214
7	CLT-Deckenelement	0,140	0,120	1,167
8	GKF-Platte	0,013	0,250	0,050
Dicke des Bauteils [m]		0,454		
Summe der Wärmeübergangswiderstände		$R_{si} + R_{se}$	0,140	[m²K/W]
Wärmedurchgangswiderstand		$R_T = R_{si} + \sum R_t + R_{se}$	8,101	[m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient		$U = 1 / R_T$	0,12	[W/m²K]

Das Bauteil FD01 wurde als Warmdach mit einer Kiesauflast konzipiert. Bei der Festlegung der einzelnen Bauteilschichten sind die normativen Anforderungen einzuhalten (Kapitel 5.5.3).

Der Dachaufbau ist gemäß ÖNORM B 3691 [34] in Abhängigkeit der Schadensfolgeklasse sowie der Nutzungskategorie zu planen. Für den vorliegenden Aufbau wurden die Schadensfolgeklasse CC2 und die Nutzungskategorie K3 definiert. Bei Dachaufbauten der Kategorie K3 ist zur Erhöhung der Funktionssicherheit mindestens eine Zusatzmaßnahmen gemäß 5.6 [34] zu planen und ein Wartungsplan mit mindestens jährlicher Wartung vorzusehen.

Die Bemessung für nicht genutzte Dachflächen ergibt eine Mindestdicke der Bitumenbahn von 9mm bei 2-lagiger Ausführung. Bei einer Nutzung der Dachfläche als Loggia bzw. Terrasse ist die Mindestdicke der Abdichtungsbahn auf 10mm zu erhöhen.

2.6.2 FD02 - Außendecke 02

Bauteilaufbau äquivalent zu [9]

Bauteilbezeichnung: Flachdach (Warmdach) - Kategorie K3	Kurzbezeichnung: FD02	<p style="text-align: center;">A</p> <p style="text-align: right;">I M 1 : 20</p>
Bauteiltyp: Außendecke, Wärmestrom nach oben		
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946 <p style="text-align: center;">U - Wert 0,11 [W/m²K]</p>		

Konstruktionsaufbau und Berechnung				
	Baustoffschichten	d	λ	Anteil
Nr	von außen nach innen Bezeichnung	Dicke [m]	Leitfähigkeit [W/mK]	[%]
1	Kies	0,060	0,700	
2	Vlies PE	0,001	0,500	
3	Bitumenbahn >9mm min 2-lagig	0,009	0,170	
4	WD EPS W25, OK im Gefälle	0,030	0,036	
5	WD EPS W25	0,200	0,036	
6	Dampfsperre kaltselfstklebend (sd>1500m)	0,002	0,007	
7	CLT-Deckenelement	0,140	0,120	
8	Holzunterkonstruktion dazw. Mineralwolle MW-W	0,050	0,042	5,0 95,0
9	GKF-Platte	0,013	0,250	
Dicke des Bauteils [m]		0,504		
Zusammengesetzter Bauteil - 1 inhomogene Schicht (Berechnung nach ONORM EN ISO 6946)				
Holzunterkonst: Achsabstand [m]: 0,600 Breite [m]: 0,030		$R_{si} + R_{se} = 0,140$		
Oberer Grenzwert: $R_{T0} = 9,2490$		Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 9,1898$		$R_T = 9,2194$ [m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient		$U = 1 / R_T$		0,11 [W/m²K]

Normative Anforderungen an die einzelnen Bauteilschichten sind dem Normenleitfaden (Kapitel 5.5.3) zu entnehmen.

2.6.3 FD03 - Außendecke 03

Bauteilbezeichnung: Flachdach (Warmdach) - Kategorie K3	Kurzbezeichnung: FD03	
Bauteiltyp: Außendecke, Wärmestrom nach oben		
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946 U - Wert 0,11 [W/m²K]		

Konstruktionsaufbau und Berechnung

Baustoffschichten		d	λ	Anteil
Nr	von außen nach innen Bezeichnung	Dicke [m]	Leitfähigkeit [W/mK]	[%]
1	Kies	0,060	0,700	
2	Vlies PE	0,001	0,500	
3	Bitumenbahn >9mmmin 2-lagig	0,009	0,170	
4	WD EPS W25, OK im Gefälle	0,030	0,036	
5	Gummigranulatmatte	0,003	0,170	
6	Vakuüm-Dämmplatte	0,035	0,007	
7	Gummigranulatmatte	0,003	0,170	
8	Dampfsperre kaltselbstklebend (sd>1500m)	0,002	0,007	
9	CLT-Deckenelement	0,140	0,120	
10	Holzunterkonstruktion dazw.		0,120	5,0
	Mineralwolle MW-W	0,050	0,042	95,0
11	GKF-Platte	0,013	0,250	
Dicke des Bauteils [m]		0,345		
Zusammengesetzter Bauteil - 1 inhomogene Schicht		(Berechnung nach ONORM EN ISO 6946)		
Holzunterkonst: Achsabstand [m]: 0,600 Breite [m]: 0,030		$R_{si} + R_{se} = 0,140$		
Oberer Grenzwert: $R_{To} = 8,7285$ Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 8,6696$		$R_T = 8,6990 [m^2K/W]$		
Wärmedurchgangskoeffizient		$U = 1 / R_T$		
		0,11 [W/m²K]		

Der Bauteilaufbau FD03 wurde als Variante zu FD02 erfasst. Durch den Einsatz eines Vakuumdämmpaneels kann die Gesamtdicke des Bauteils, bei gleichbleibendem U-Wert, um 15cm reduziert werden. Diese Maßnahme soll einen barrierefreien Balkontüranschluss gewährleisten, hängt aber in weiterer Folge von der Spannweite des Flachdachs und der Gefälleausbildung ab.

Normative Anforderungen an die einzelnen Bauteilschichten sind dem Normenleitfaden (Kapitel 5.5.3) zu entnehmen.

Bauteilnachweise gemäß ÖNORM B 8110-2 (2003)

Die Randbedingungen für das Bemessungsklima sind in Kapitel 4.1 angeführt.

Die Nachweise gelten repräsentativ für alle Außendecken FD 01-03, wobei die Bemessung am maßgebenden Bauteil FD 02 geführt wird.

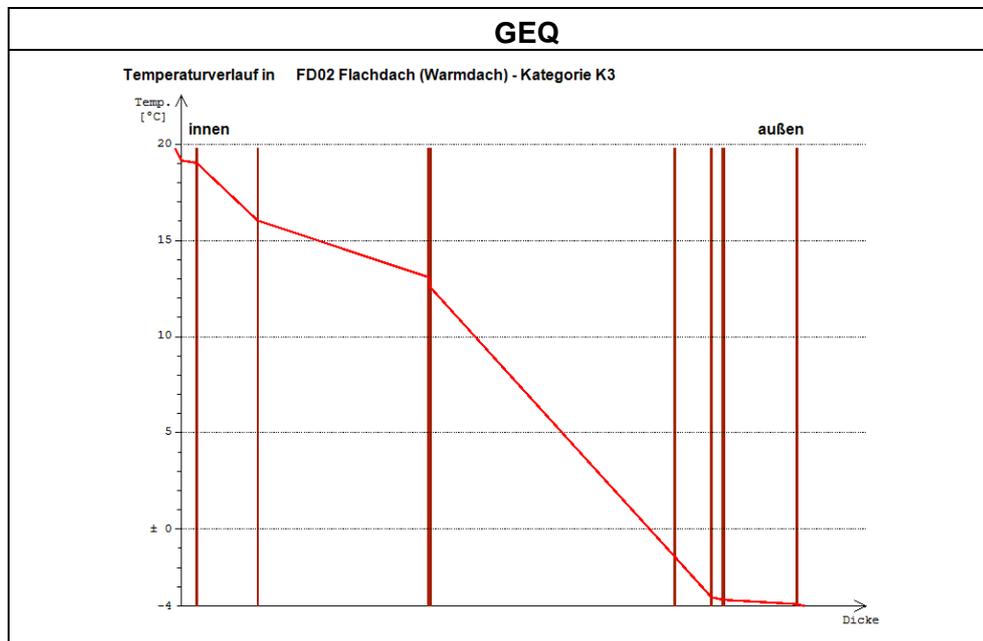


Abb. 19 - Temperaturverlauf FD02

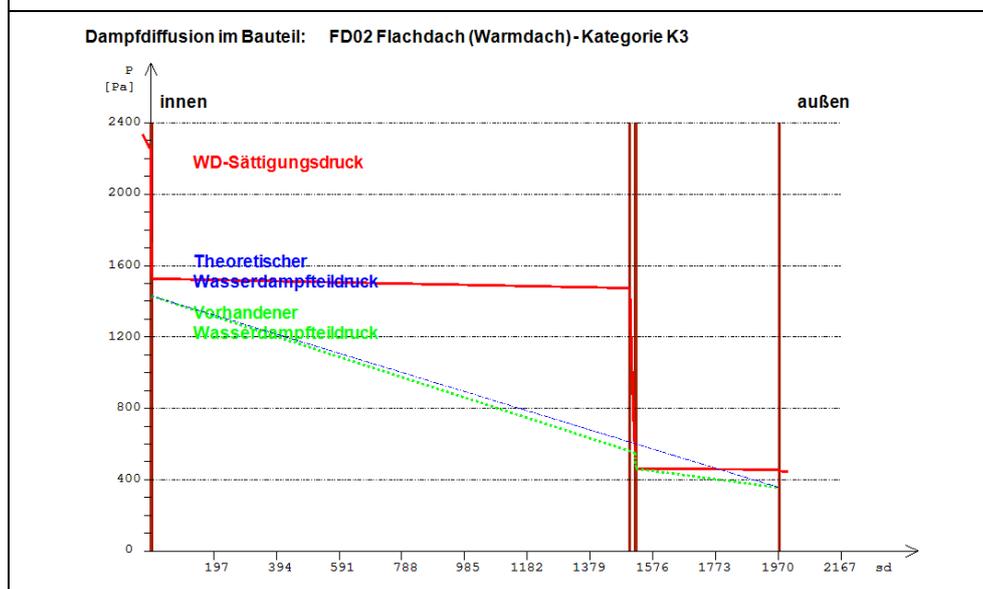


Abb. 20 - Dampfdiffusion FD02

Im kritischen Monat Jänner tritt Kondensat ($0,3\text{g}/\text{m}^2$) im Inneren des Bauteils auf. Der Bauteil besitzt eine Gesamtaustrocknungspotenzial von $3,2\text{g}/\text{m}^2$ pro Jahr. Das anfallende Kondensat kann austrocknen.

Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt $19,37^\circ\text{C}$ und liegt über der Taupunkttemperatur von $12,31^\circ\text{C}$. Es tritt kein Kondenswasser und keine Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche auf.

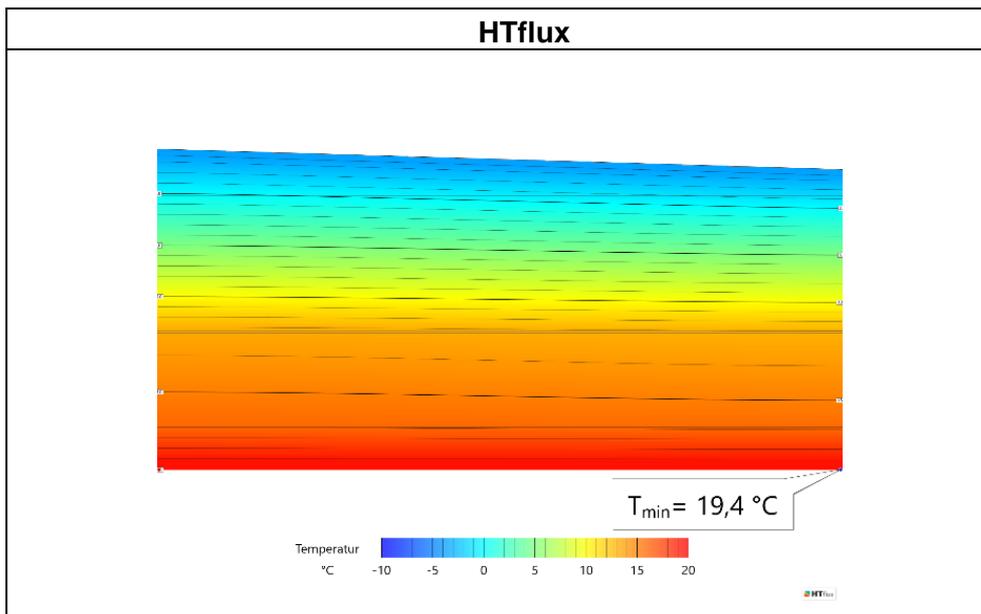


Abb. 21 - HTflux Temperaturverlauf FD02

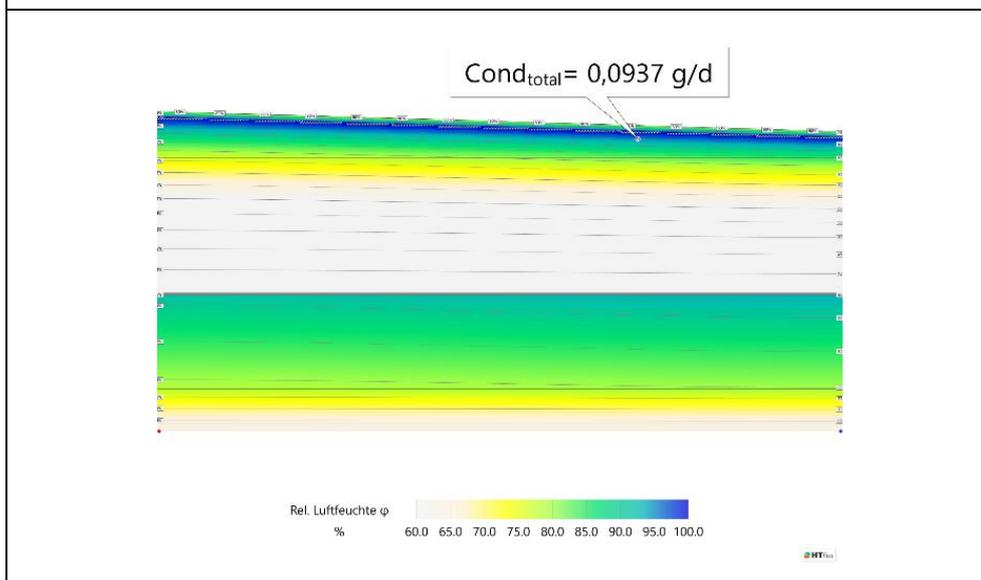


Abb. 22 - HTflux Rel. Luftfeuchte FD02

Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt 19,4°C und liegt über der Taupunkttemperatur von 12,3°C. Es tritt kein Kondenswasser und keine Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche auf.

Es tritt Kondensat im Inneren des Bauteils auf ($Cond_{\text{total}}=0,0937\text{g/m}^2\text{d} \cong 2,90\text{g/m}^2$).

Vergleichsrechnung mit den Klimabedingungen gemäß ÖNORM B 8110-2 (2020)

Die Randbedingungen für das Bemessungsklima sind in Kapitel 4.2 angeführt.

Als Vergleichssimulation werden die Klimabedingungen, die gemäß ÖNORM B 8110-2 (2020) bei den vereinfachten Nachweisen angewendet werden, angesetzt und die entsprechenden Nachweise erneut geführt.

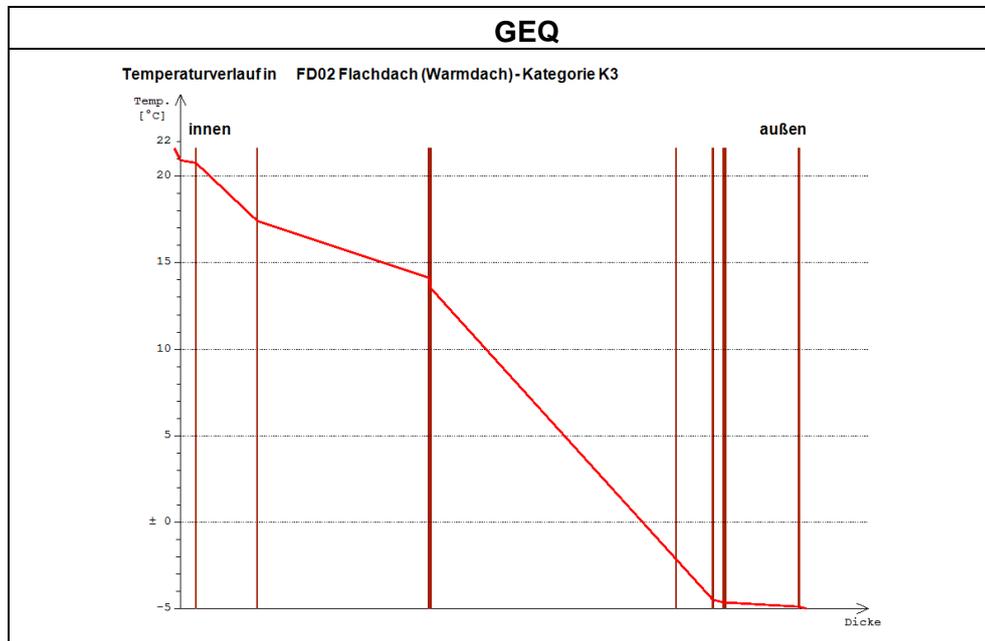


Abb. 23 - GEQ Temperaturverlauf FD02

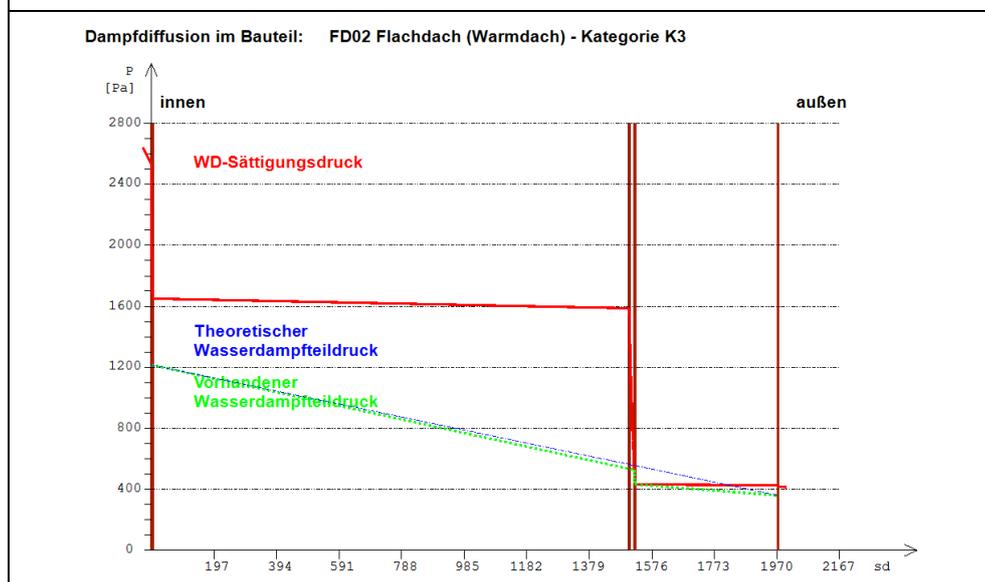


Abb. 24 - GEQ Dampfdiffusion FD02

Im kritischen Monat Jänner tritt kein Kondensat im Inneren des Bauteils auf.

Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt 21,29°C und liegt über der Taupunkttemperatur von 10,8°C. Es tritt somit rechnerisch kein Kondenswasser und keine Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche auf.

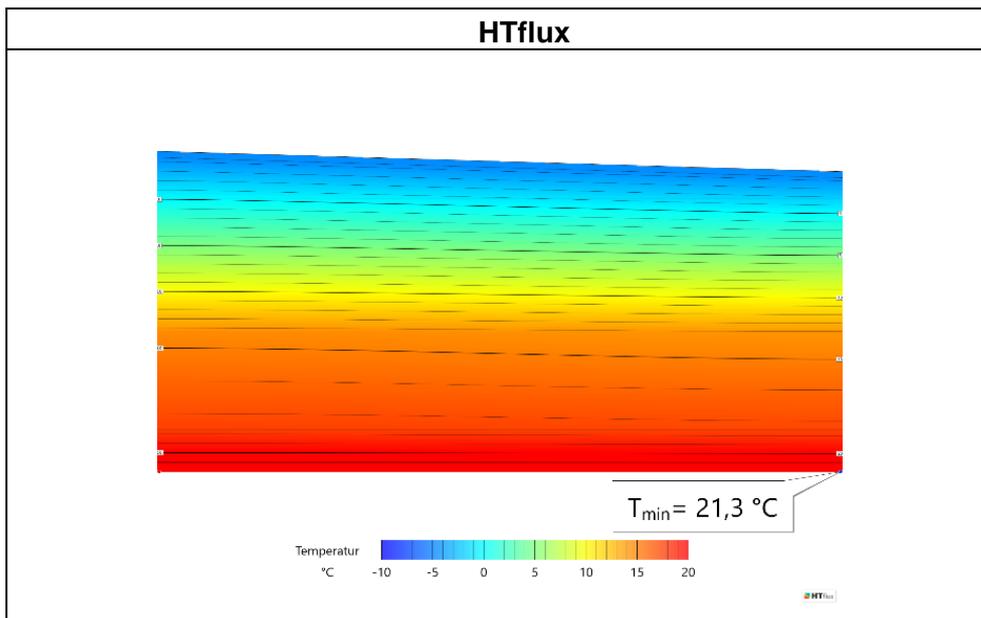


Abb. 25 - HTflux Temperaturverlauf FD02

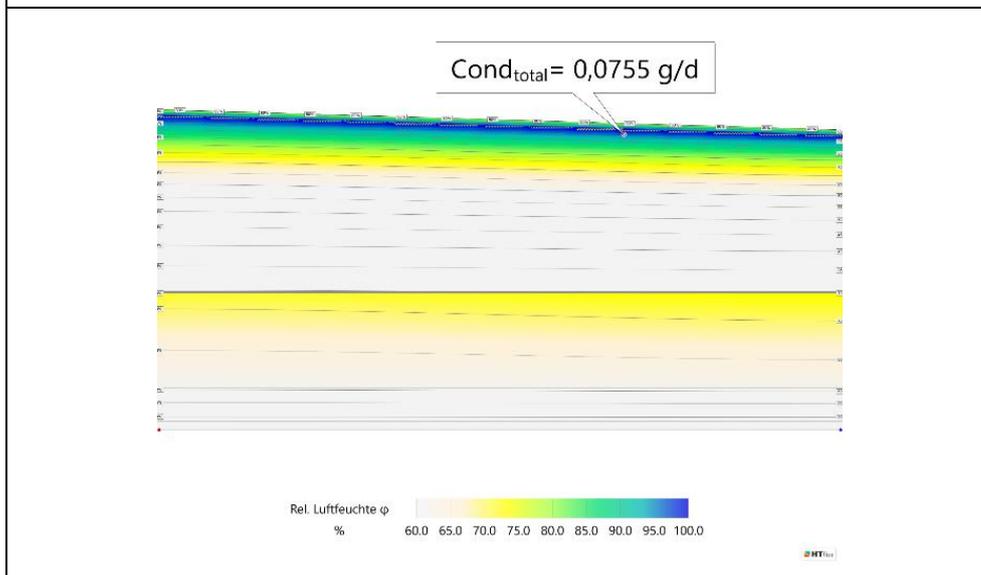


Abb. 26 - HTflux Rel. Luftfeuchte FD02

Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt 21,3°C und liegt über der Taupunkttemperatur von 10,8°C. Es tritt kein Kondenswasser und keine Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche auf.

Es tritt Kondensat im Inneren des Bauteils auf ($Cond_{\text{total}}=0,0755\text{g/m}^2\text{d} \approx 2,34\text{g/m}^2$).

2.7 Schrägdach

Die Bauteilnachweise gemäß ÖNORM B 8110-2 werden am maßgebenden Bauteil geführt und sind am Ende des Kapitels angeführt. Die Ergebnisse sollen repräsentativ für alle Aufbauvarianten eine Gültigkeit besitzen.

2.7.1 DS01 - Schrägdach hinterlüftet

Bauteilaufbau äquivalent zu sdmhzo03 [10]

Bauteilbezeichnung: Schrägdach hinterlüftet	Kurzbezeichnung: DS01	
Bauteiltyp: Dachschräge hinterlüftet		
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946 U - Wert 0,13 [W/m²K]		
		I M 1 : 20

Konstruktionsaufbau und Berechnung

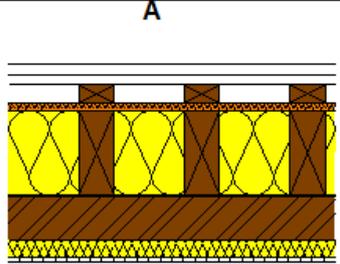
	Baustoffschichten	d	λ	R = d / λ
Nr	von außen nach innen Bezeichnung	Dicke [m]	Leitfähigkeit [W/mK]	Durchlaßw. [m²K/W]
1	Tondachziegel (2000 kg/m³)	* 0,030	1,000	0,030
2	Lattung 3/5 dazw. Luft	* 0,030	0,110	0,273
3	Konterlattung 3/5 dazw. Luft	* 0,050	0,042	1,190
4	HFD-Unterdeckplatte	0,022	0,045	0,489
5	Zellulosedämmung dazw. Sparren 8/22	0,240	0,040	6,000
6	Dampfbremse (sd>20m)	0,0002	0,007	0,029
7	CLT-Dachelement	0,120	0,120	1,000
8	GKF-Platte	0,013	0,250	0,050
wärmetechnisch relevante Dicke des Bauteils [m]		0,395		
Dicke des Bauteils [m]		0,505		
Summe der Wärmeübergangswiderstände		$R_{si} + R_{se}$	0,200	[m²K/W]
Wärmedurchgangswiderstand		$R_T = R_{si} + \Sigma R_t + R_{se}$	7,768	[m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient		$U = 1 / R_T$	0,13	[W/m²K]

*... diese Schicht zählt nicht zur Berechnung

Normative Anforderungen an die einzelnen Bauteilschichten sind dem Normenleitfaden (Kapitel 5.5) zu entnehmen.

2.7.2 DS02 - Schrägdach hinterlüftet

Bauteilaufbau äquivalent zu sdmhzi03a [10]

Bauteilbezeichnung: Schrägdach hinterlüftet	Kurzbezeichnung: DS02	
Bauteiltyp: Dachschräge hinterlüftet		
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946 U - Wert 0,11 [W/m²K]		

Konstruktionsaufbau und Berechnung				
	Baustoffschichten	d	λ	R = d / λ
Nr	von außen nach innen Bezeichnung	Dicke [m]	Leitfähigkeit [W/mK]	Durchlaßw. [m²K/W]
1	Tondachziegel (2000 kg/m³) *	0,030	1,000	0,030
2	Lattung 3/5 dazw. Luft *	0,030	0,110	0,273
3	Konterlattung 3/5 dazw. Luft *	0,050	0,042	1,190
4	HFD-Unterdeckplatte	0,022	0,045	0,489
5	Zellulosedämmung dazw. Sparren 8/22	0,240	0,040	6,000
6	Dampfbremse (sd>20m)	0,0002	0,007	0,029
7	CLT-Dachelement	0,120	0,120	1,000
8	Holzunterkonstruktion dazw. Mineralwolle MW-W	0,050	0,038	1,316
9	GKF-Platte	0,013	0,250	0,050
wärmetechnisch relevante Dicke des Bauteils [m]		0,445		
Dicke des Bauteils [m]		0,555		
Summe der Wärmeübergangswiderstände		$R_{si} + R_{se}$	0,200	[m²K/W]
Wärmedurchgangswiderstand		$R_T = R_{si} + \sum R_t + R_{se}$	9,084	[m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient		$U = 1 / R_T$	0,11	[W/m²K]

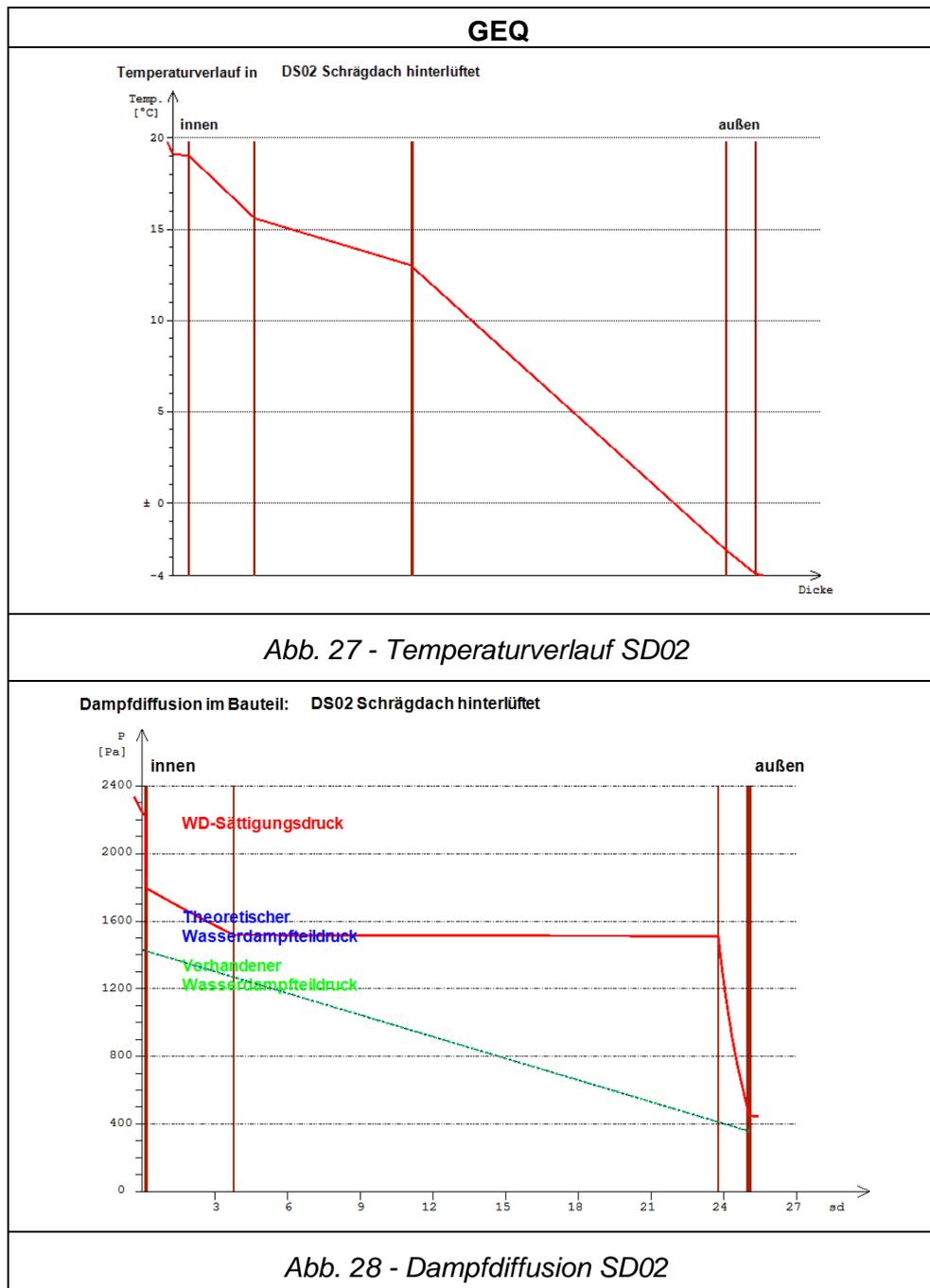
*... diese Schicht zählt nicht zur Berechnung

Normative Anforderungen an die einzelnen Bauteilschichten sind dem Normenleitfaden (Kapitel 5.5.4) zu entnehmen.

Bauteilnachweise gemäß ÖNORM B 8110-2 (2003)

Die Randbedingungen für das Bemessungsklima sind in Kapitel 4.1 angeführt.

Die Nachweise gelten repräsentativ für alle Dachaufbauten SD 01-02, wobei die Bemessung am maßgebenden Bauteil SD 02 geführt wird.



Im kritischen Monat Jänner tritt kein Kondensat im Inneren des Bauteils auf.

Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt $19,35^{\circ}\text{C}$ und liegt über der Taupunkttemperatur von $12,31^{\circ}\text{C}$. Es tritt kein Kondenswasser und keine Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche auf.

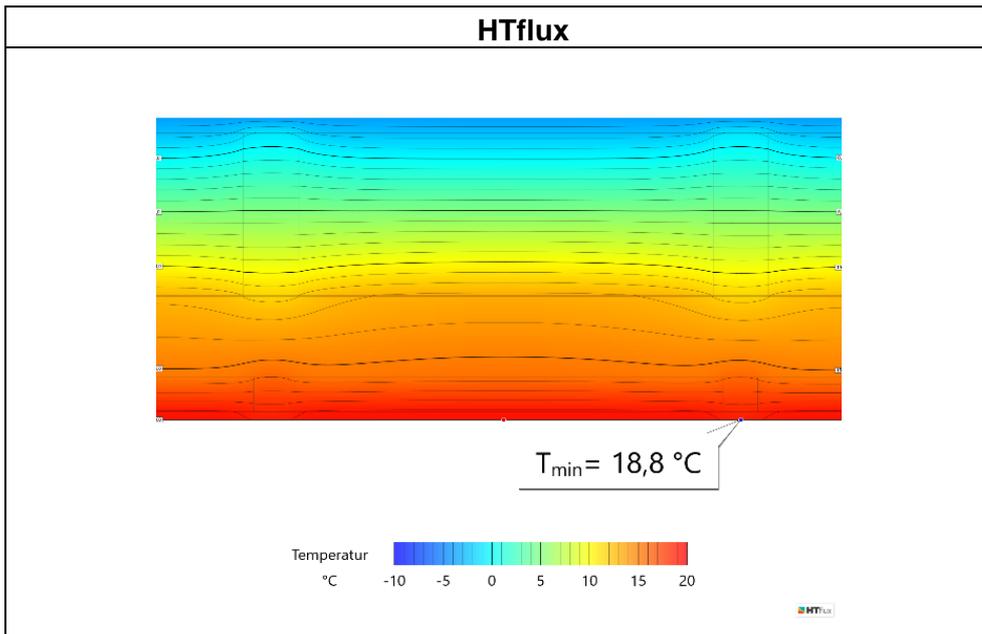


Abb. 29 - HTflux Temperaturverlauf SD02

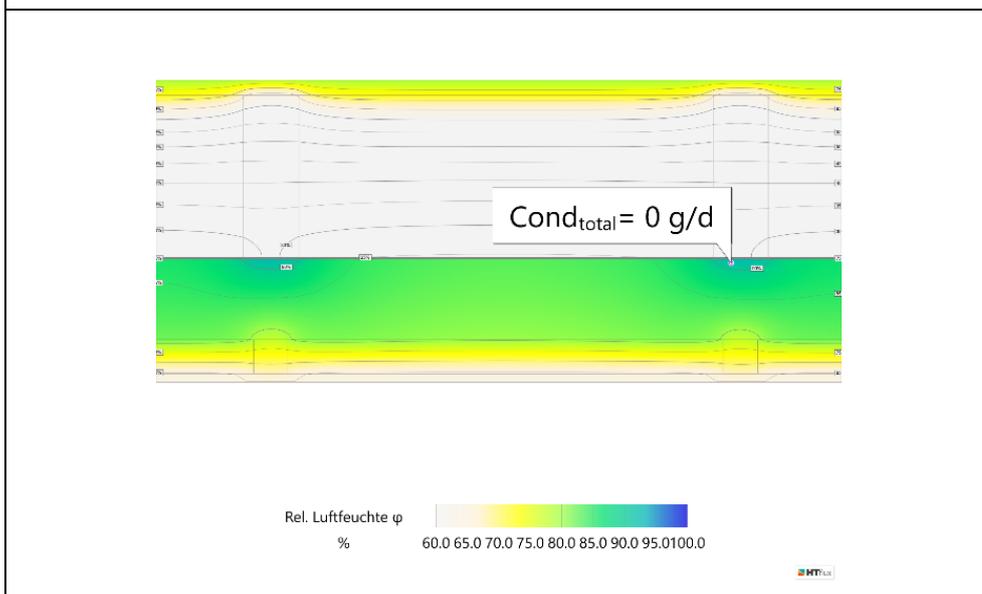


Abb. 30 - HTflux Rel. Luftfeuchte SD02

Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt 18,8°C und liegt über der Taupunkttemperatur von 12,3°C. Es tritt kein Kondenswasser und keine Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche auf.

Es tritt kein Kondensat im Inneren des Bauteils auf.

Vergleichsrechnung mit den Klimabedingungen gemäß ÖNORM B 8110-2 (2020)

Die Randbedingungen für das Bemessungsklima sind in Kapitel 4.2 angeführt.

Als Vergleichssimulation werden die Klimabedingungen, die gemäß ÖNORM B 8110-2 (2020) bei den vereinfachten Nachweisen angewendet werden, angesetzt und die entsprechenden Nachweise erneut geführt.

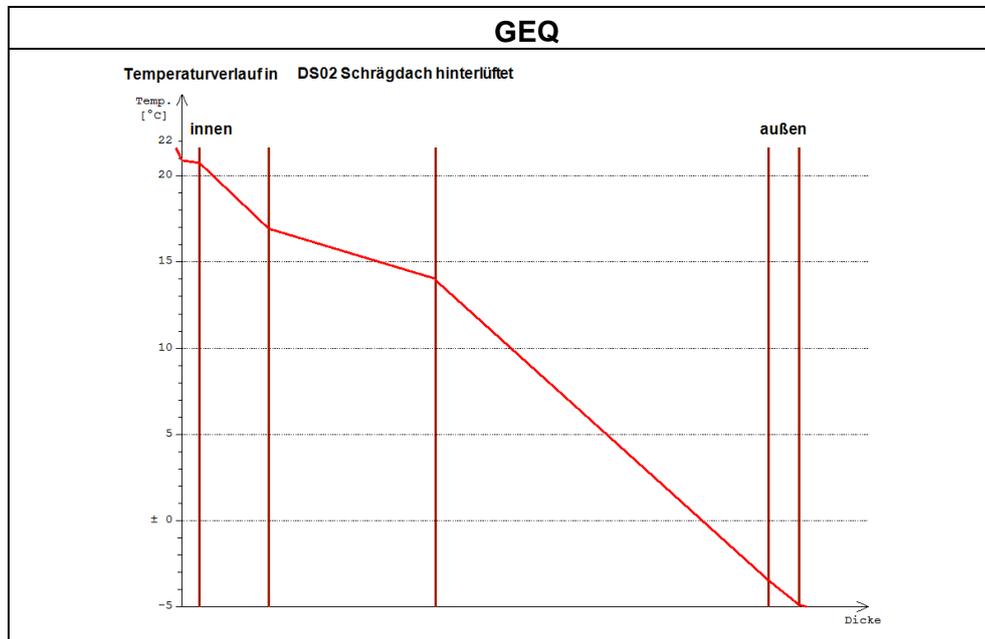


Abb. 31 - GEQ Temperaturverlauf SD02

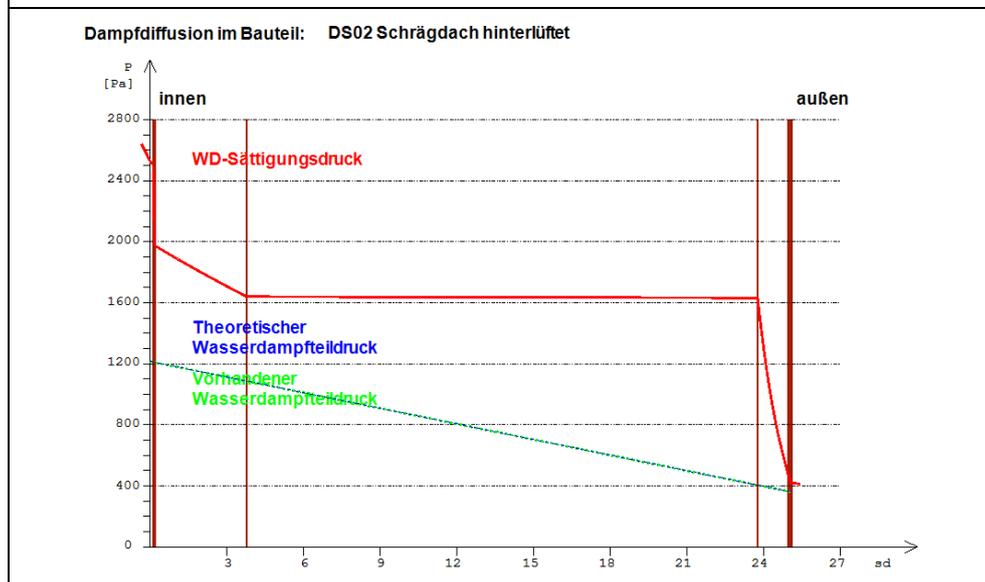


Abb. 32 - GEQ Dampfdiffusion SD02

Im kritischen Monat Jänner tritt kein Kondensat im Inneren des Bauteils auf.

Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt 21,27°C und liegt über der Taupunkttemperatur von 10,8°C. Es tritt somit rechnerisch kein Kondenswasser und keine Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche auf.

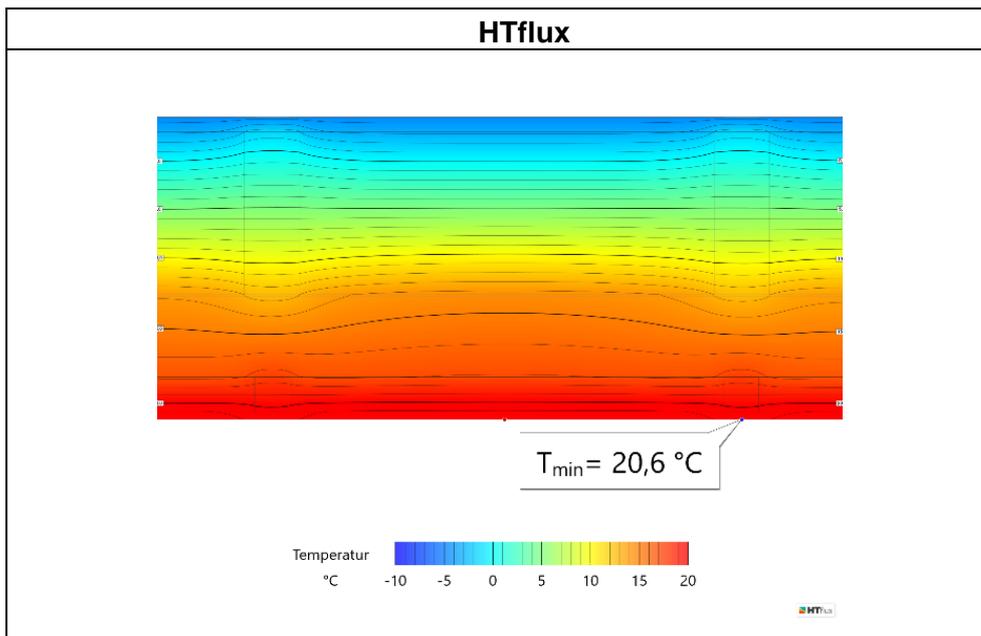


Abb. 33 - HTflux Temperaturverlauf SD02

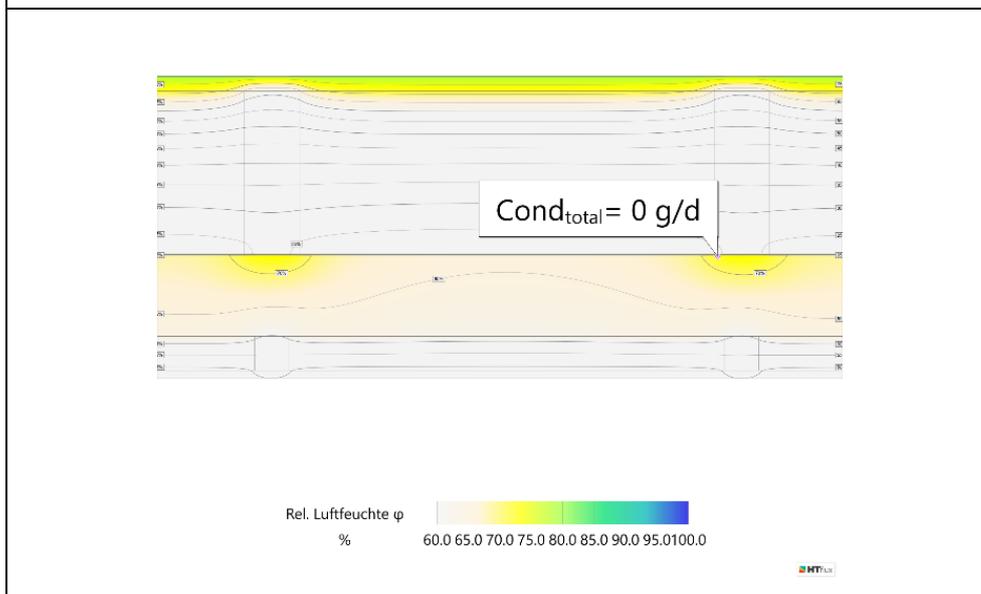


Abb. 34 - HTflux Rel. Luftfeuchte SD02

Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt 21,3°C und liegt über der Taupunkttemperatur von 10,8°C. Es tritt kein Kondenswasser und keine Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche auf.

Es tritt kein Kondensat im Inneren des Bauteils auf.

3 Bauphysikalische Bemessungsparameter

3.1 Bemessungsklimata nach ÖNORM B 8110-2 (2003)

Die standortabhängigen, klimatischen Randbedingungen (relative Luftfeuchtigkeit außen bzw. innen sowie Außen- und Innentemperatur) stellen die grundlegenden Annahmen, um Anschlussdetails auf Schimmelbildung an der Bauteiloberfläche, Oberflächenkondensat und Tauwasserbildung im Bauteilinneren zu beurteilen. Laut EN ISO 13788 [50] sind die klimatischen Randbedingungen mit monatlichen Mittelwerten anzusetzen. Zur Ermittlung der mittleren Außentemperatur wird das Regressionsmodell laut ÖNORM B 8110-5 [44] verwendet. Die Klimaregion sowie die Seehöhe sind als Eingangsparameter zu bestimmen. Die bauphysikalischen Untersuchungen sollen für ganz Österreich gelten, daher kann als Grundlage für die Berechnung laut ÖNORM B 8110-2 [43] der Standort Klagenfurt, mit einer Seehöhe von 448m, gewählt werden.

Mittlere Lufttemperatur für den Innen- und Außenbereich

Die Ermittlung der mittleren Außentemperatur (θ_e) je Monat erfolgt nach dem Regressionsmodell der Region Beckenlandschaft im Süden (SB) [44]. Die raumseitige Lufttemperatur (θ_i) wird mit 20°C definiert.

Relative Luftfeuchtigkeit für den Innen- und Außenbereich

Bei der Berechnung der relativen Luftfeuchtigkeit der Innenluft (φ_i) wird zwischen der Bemessung zur Vermeidung von Oberflächenkondensat bzw. Schimmelbildung an der Bauteiloberfläche unterschieden.

Bei der Bemessung zur Vermeidung von Oberflächenkondensat wird diese ausgehend von 65% in Abhängigkeit der Außentemperatur erhöht bzw. reduziert. Zur Vermeidung von Schimmelbildung liegt der Ausgangswert bei 55%. Es gilt die Annahme, dass in den Wintermonaten eine relative Luftfeuchtigkeit von 55% über den Tagesverlauf gegeben ist und je nach Raumnutzung bzw. Nutzerverhalten auf 65% ansteigen kann. [57]

Die dadurch berechneten klimatischen Randbedingungen für den Standort Klagenfurt werden in Tab. 6 aufgelistet:

Tab. 6: Klimarandbedingungen (Standort: Klagenfurt) nach ÖNORM B 8110-2 (2003)

Monat	Randbedingungen Außenklima		Randbedingungen Innenklima		
	mittlere Außentemp. $\theta_{e,m}$ [°C]	relative Luftfeuchtigkeit $\varphi_{e,m}$ [%]	mittlere Innentemp. $\theta_{i,m}$ [°C]	rel. Luftfeuchtigkeit $\varphi_{i,m}$ [%]	
				KK	SK
Jänner	-3,79	80,00	20,0	61,21	51,21
Februar	-0,76	80,00	20,0	64,24	54,24
März	3,66	80,00	20,0	65,00	55,00
April	8,51	80,00	20,0	65,00	58,51
Mai	13,23	75,00	20,0	68,23	64,84
Juni	16,49	75,00	20,0	71,49	69,74
Juli	18,35	75,00	20,0	73,35	72,52
August	17,64	75,00	20,0	72,64	71,46
September	14,23	80,00	20,0	69,23	66,34
Oktober	8,58	80,00	20,0	65,00	58,58
November	2,44	80,00	20,0	65,00	55,00
Dezember	-2,40	80,00	20,0	62,60	52,60

KK ... Kondensatkriterium

SK ... Schimmelkriterium

3.2 Bemessungsklimata nach ÖNORM B 8110-2 (2020)

Das nachfolgend angeführten Bemessungsklimata gelten nur für den vereinfachten Nachweis gemäß ÖNORM B 8110-2 (2020) und sind nur den Holzriegelbau anzuwenden. Zu Vergleichszwecken zwischen alter und neuer Ausgabe der ÖNORM B 8110-2 werden die Klimabedingungen des vereinfachten Nachweises herangezogen, um Ergebnisse für die Nachweisführung zu generieren.

Mittlere Lufttemperatur für den Innen- und Außenbereich

Das Bemessungsklima in der aktuell gültigen ÖNORM B 8110-2 wird auch über Monatsmitteltemperatur definiert. Die Berechnung erfolgt über das Regressionsmodell gemäß ÖNORM B 8110-5 [44], wobei in der aktuellen Fassung der Klimadatensatz aktualisiert wurde und man dadurch andere Werte für die Monatsmitteltemperatur der Außenluft erhält. Das Nachweisverfahren unterscheidet beim Bemessungsklima auch zwischen der Berechnung der Kondensation im Bauteilinneren und Kondensation an der Bauteiloberfläche bzw. Schimmelbildung. Die über das Regressionsmodell ermittelten Monatsmittelwerte für die Außenluftbedingungen sind in der aktuell gültigen ÖNORM B 8110-2 beim Nachweis auf Kondensat im Bauteilinneren um 2K zu reduzieren.

Als Grundlage für die Berechnung wird der Klimadatensatz für den Standort Klagenfurt verwendet.

Die Ermittlung des Monatsmittelwerts der Innenlufttemperatur erfolgt in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur. Die Funktion ist grafisch in Abb. 35 dargestellt.

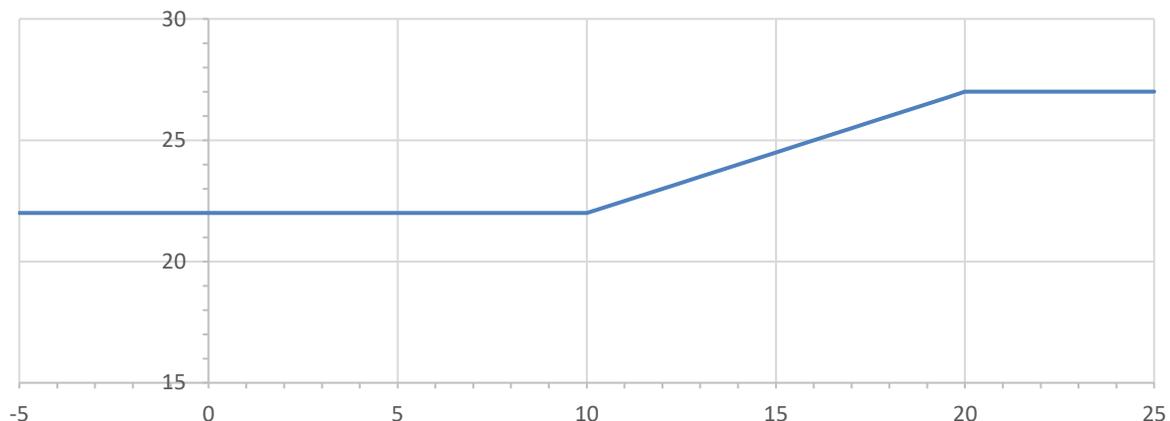


Abb. 35 - Monatsmitteltemperatur der Innenluft nach ÖNORM B 8110-2 (2020) [43]

Relative Luftfeuchtigkeit für den Innen- und Außenbereich

Die Luftfeuchtigkeit $\varphi_{e,m}$ der Außenluft wurde aus dem Testreferenzjahr für Klagenfurt abgeleitet.

Zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit $\varphi_{i,m}$ der Innenluft ist eine Unterscheidung der Luftfeuchtekategorie nach ÖNORM EN ISO 13788 [50] zu treffen. Die Gliederung erfolgt in fünf Luftfeuchteklassen. Eine niedrige Luftfeuchtekategorie steht repräsentativ für Gebäude mit einer niedrigen raumseitigen Luftfeuchte (z.B. Lagerräume für trockene Güter). Für Wohnhäuser ist die Luftfeuchtekategorie 3 zu verwenden. In Abhängigkeit der außenseitigen Temperatur kann anschließend der raumseitige Feuchteüberschuss bestimmt werden. Der ermittelte Feuchteüberschuss wird dann ins Verhältnis zur Absoluten Feuchte ($\varphi=100\%$), welche von der raumseitigen Lufttemperatur abhängig ist, ins Verhältnis gesetzt.

Die dadurch berechneten klimatischen Randbedingungen für die unterschiedlichen Nachweisführungen sind für die kritischen Monate Jänner und Dezember (Standort: Klagenfurt) in den nachfolgenden Tabellen Tab. 7 - Tab. 9 aufgelistet. Als kritische Monate werden jene Monate definiert, welche die höchste Partialdruckdifferenz zwischen Innen- und Außenluft aufweisen.

Tab. 7: Klimarandbedingungen nach ÖNORM B 8110-2 (2020) - vereinfachter Nachweis auf Schimmelbildung an der Bauteiloberfläche

Nachweis auf Schimmelbildung an der Bauteiloberfläche				
Monat	Randbedingungen Außenklima		Randbedingungen Innenklima	
	mittlere Außentemp.	rel. Luftfeuchtigkeit	mittlere Innentemp.	rel. Luftfeuchtigkeit
Jänner	-2,63	87	22,00	48,6
...
Dezember	-1,38	90	22,00	51,1

Die mittlere Außenlufttemperatur ist bei dem Nachweis auf Kondensat an der Bauteiloberfläche mit $-16,0^{\circ}\text{C}$ oder dem mittleren jährlichen Tiefstwert des Temperaturtagesmittels festzulegen. [43] Für Klagenfurt liegt der mittlere jährliche Tiefstwert bei $-11,6^{\circ}\text{C}$.

Tab. 8: Klimarandbedingungen nach ÖNORM B 8110-2 (2020) - vereinfachter Nachweis auf Kondensat an der Bauteiloberfläche

Nachweis auf Kondensat an der Bauteiloberfläche				
Monat	Randbedingungen Außenklima		Randbedingungen Innenklima	
	mittlere Außentemp. $\theta_{e,m} [^{\circ}\text{C}]$	rel. Luftfeuchtigkeit $\varphi_{e,m} [\%]$	mittlere Innentemp. $\theta_{i,m} [^{\circ}\text{C}]$	rel. Luftfeuchtigkeit $\varphi_{i,m} [\%]$
Jänner	-11,60	87	22,00	39,3
...
Dezember	-11,60	90	22,00	39,6

Die mittlere Außenlufttemperatur ist bei dem Nachweis auf Kondensat im Bauteilinneren um 2K zu reduzieren. [43]

Tab. 9: Klimarandbedingungen nach ÖNORM B 8110-2 (2020) - vereinfachter Nachweis auf Kondensat im Bauteilinneren

Nachweis auf Kondensat im Bauteilinneren				
Monat	Randbedingungen Außenklima		Randbedingungen Innenklima	
	mittlere Außentemp. $\theta_{e,m} [^{\circ}\text{C}]$	rel. Luftfeuchtigkeit $\varphi_{e,m} [\%]$	mittlere Außentemp. $\theta_{i,m} [^{\circ}\text{C}]$	rel. Luftfeuchtigkeit $\varphi_{i,m} [\%]$
Jänner	-4,63	87	22,00	45,9
...
Dezember	-3,38	90	22,00	48,1

3.3 Wärmeübertragung

Wärmeübergangswiderstände R_{si} und R_{se}

Die Wärmeübergangswiderstände an der Innen- bzw. Außenseite von Bauteilen beschreiben den Vorgang der Konvektion. Die ÖNORM EN ISO 6946 und die EN ISO 13788 unterscheiden dabei zwischen den Klimabedingungen der Bauteiloberfläche (innen, außen, hinterlüftet) und der Richtung des Wärmestroms [57].

Tab. 10: Innerer Wärmeübergangswiderstand gemäß ÖNORM EN ISO 6946 [51]

innerer Wärmeübergangswiderstand R_{si}	[m ² K/W]
Wärmestrom aufwärts	0,10
Wärmestrom horizontal	0,13
Wärmestrom abwärts	0,17
Oberflächen (Tauwasserbildung und Schimmelbefall) - EN ISO 13788	0,25

Tab. 11: Äußerer Wärmeübergangswiderstand gemäß ÖNORM EN ISO 6946 [51]

äußerer Wärmeübergangswiderstand R_{se}	[m ² K/W]
Wärmestrom aufwärts	0,04
Wärmestrom horizontal	0,04
Wärmestrom abwärts	0,04
Hinterlüftung (Wärmestrom aufwärts)	0,10
Hinterlüftung (Wärmestrom horizontal)	0,13
Hinterlüftung (Wärmestrom abwärts)	0,17

Für die Bemessung auf Tauwasserbildung oder Schimmelbefall auf lichtundurchlässigen Oberflächen sowie zur Berechnung der Kondensation im Bauteilinneren ist gemäß ÖNORM EN ISO 13788 ein innerer Wärmeübergangswiderstand R_{si} von 0,25 m²K/W anzusetzen, um die Auswirkungen von Ecken, Möbeln, Vorhängen oder abgehängten Decken zu berücksichtigen. Der äußere Wärmeübergangswiderstand R_{se} ist mit 0,04m²K/W festgelegt [50].

3.4 Wärmeübertragung über das Erdreich

Bei der Wärmebrückenberechnung von Bauteilen gegen Erdreich muss das wärmetechnische Verhalten des Erdreichs berücksichtigt werden. Dieses Verhalten ist von mehreren Faktoren abhängig, wie z.B. Dichte, Grundwasserspiegel und lässt sich vereinfacht, aufgrund der hohen Wärmekapazität, als sehr träge beschreiben. Für allgemeine Berechnung und bei fehlender Kenntnis über die Materialeigenschaften können gemäß ÖNORM EN ISO 13370 - Tabelle 7 folgende Materialkennwerte verwendet werden [49]:

Kategorie	Wärmeleitfähigkeit λ_g [W/(m·K)]	Volumenbezogene Wärmekapazität ρc [J/(m ³ ·K)]
2	2,0	$2,0 \times 10^6$

Um das wärmetechnische Verhalten des Erdreichs abzubilden, wurde eine instationäre thermische Simulation durchgeführt. Dabei wird ein Simulationszeitraum von 5 Jahren berücksichtigt. Die ersten 3 Jahre der Simulation bleiben unberücksichtigt, somit kann sich bei periodischer Belastung ein eingeschwungener Zustand einstellen [65]. Die errechneten Monatsmittelwerte der Außentemperatur werden nach EN ISO 13370 [49] für das gesamte Jahr als periodischer Sinusverlauf definiert. Die Funktion bezieht sich auf das Jahresmittel der Außentemperatur ($\bar{\theta}_e = 7,28^\circ\text{C}$) und die Amplitude der Schwankung zum Mittelwert ($\theta_e = 11,07^\circ\text{C}$), wie in Abb. 36 dargestellt.

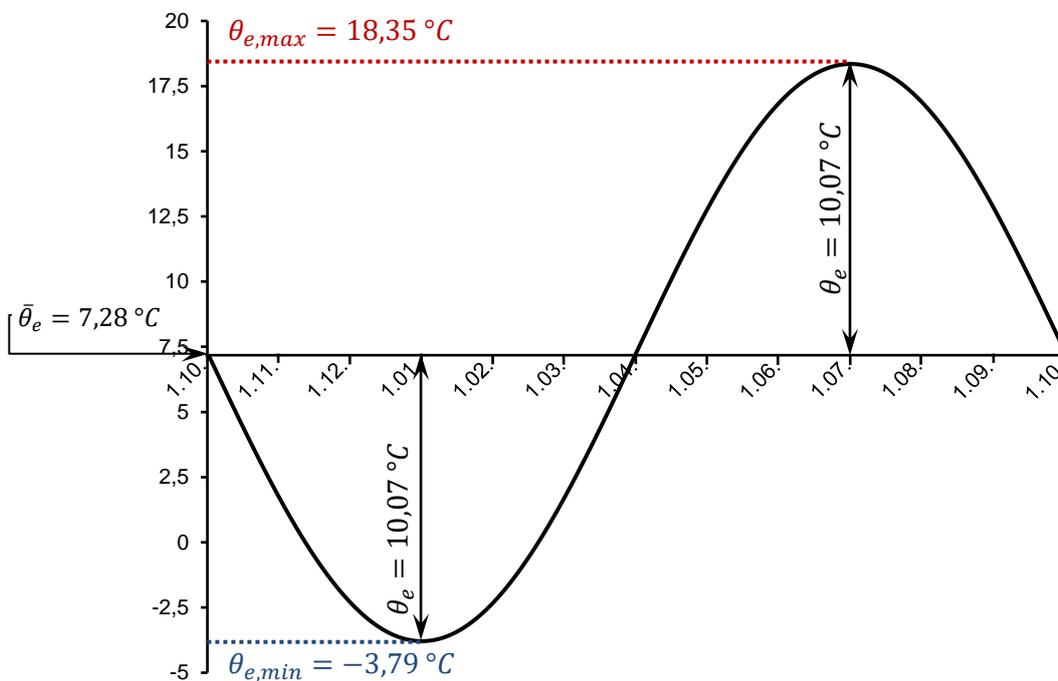


Abb. 36 - ganzjährige Außentemperaturschwankung

Das geometrische Modell wurde laut ÖNORM EN ISO 10211 [47] bestimmt. Die größten Wärmeströme treten in der Regel bei den Bodenplattenrändern auf. Die Gesamtbreite des Gebäudes fließt über das charakteristische Maß der Bodenplatte ein. Dadurch ist es möglich, ein zweidimensionales Simulationsmodell zu erstellen. Die Gesamtbreite des Gebäudes beträgt 8m. Gemäß ÖNORM EN ISO 10211 ergibt sich für das umgebende Erdreich damit die Schnittebene 20m horizontal bzw. vertikal entfernt vom Gebäudesockels.

Auf Basis des Temperaturverlaufs werden Randbedingungen für die stationäre Simulation gesucht. Dazu werden Temperaturmessungen im Randbereich der Bodenplattenunterkante im Abstand von 100cm festgelegt.

Für die nachfolgenden stationären Berechnungen wird aus der instationären Simulation der maßgebende Fall ermittelt. Dazu wird ein Bezugspunkt festgelegt, der die Ergebnisse der stationären Berechnungen maßgeblich beeinflusst. Oberflächenkondensat sowie schädliches Kondensat im Bauteilinneren bei geometrisch bedingten Wärmebrücken tritt an der kältesten Innenkante auf. Anhand dieser Bedingungen wird für die Nachweise am Gebäudesockel als Bezugspunkt die raumseitige Aufstandsfläche des Brettsperrholzelement definiert.

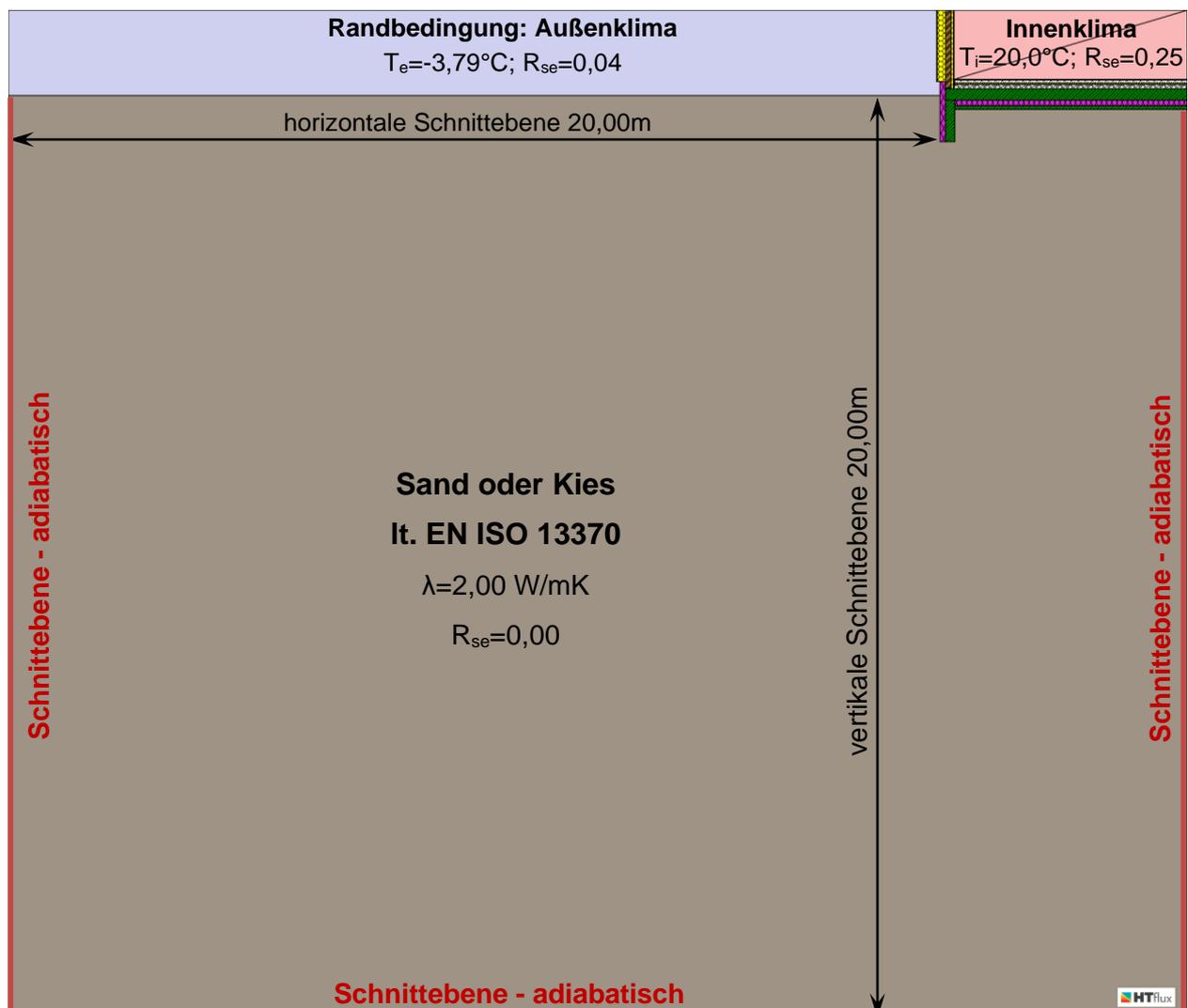


Abb. 37 - Materialansicht 0

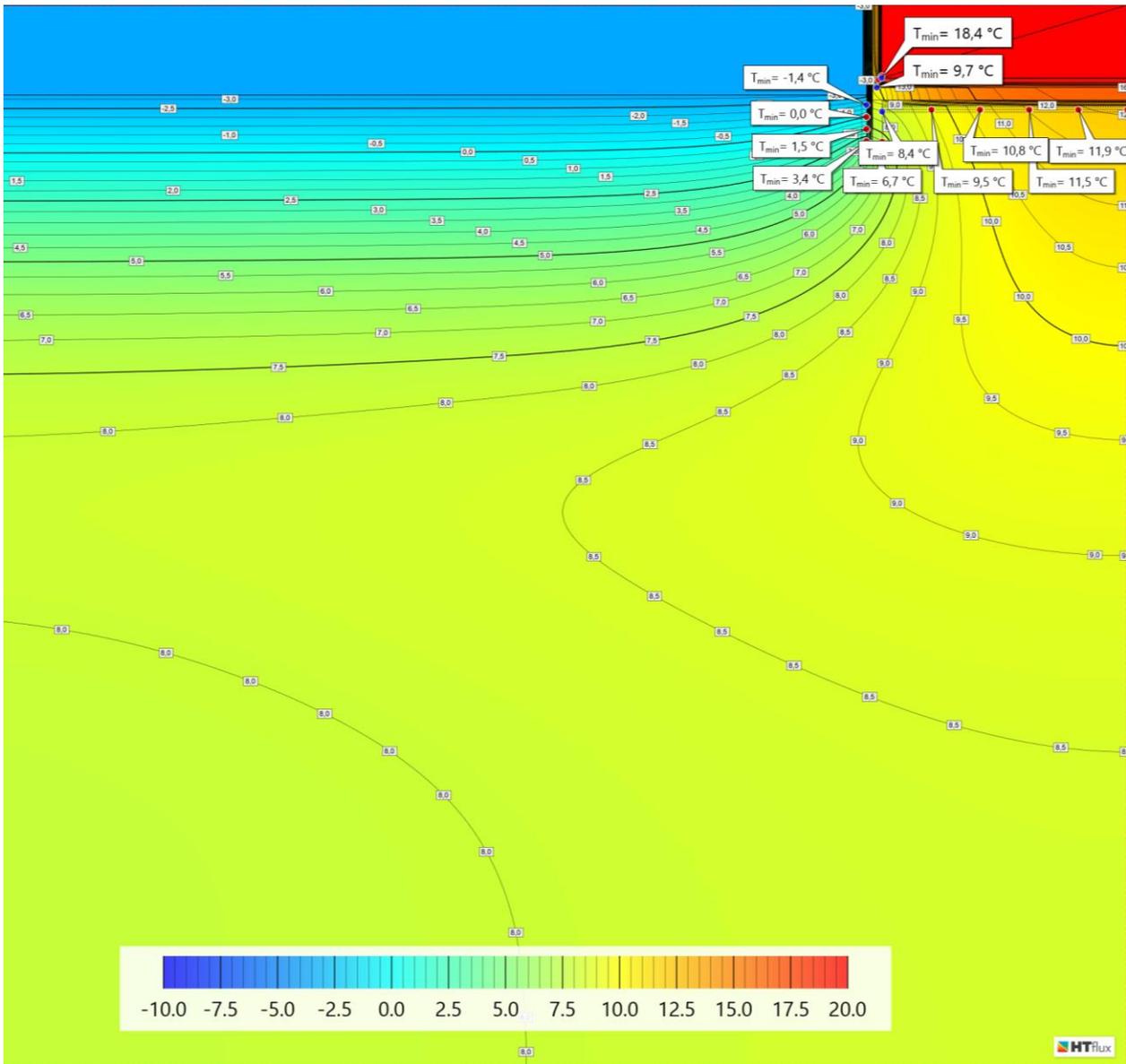


Abb. 38 - Temperaturansicht 0

Die niedrigste Oberflächentemperatur an der raumseitigen Innenkante ($T_i=18,4\text{ °C}$) sowie im Bauteilinneren an der Brettsperrholzunterkante ($T_i=9,7\text{ °C}$) werden am 31.01. erreicht und stellt damit die Grundlage für die stationäre Simulation sämtlicher Sockelanschlussvarianten.

Dauer der Simulation (stationär, 1Tag)	10 Sek.
Dauer der Simulation (instationär, 5Jahre=1825Tage)	4h 30min
Berechnungsgenauigkeit (Rasterabmessung)	10,0 mm
Anzahl der Zellen	5,1 Mill.

Vergrößerte Darstellung der Temperaturmessungen im Randbereich der Bodenplatte:

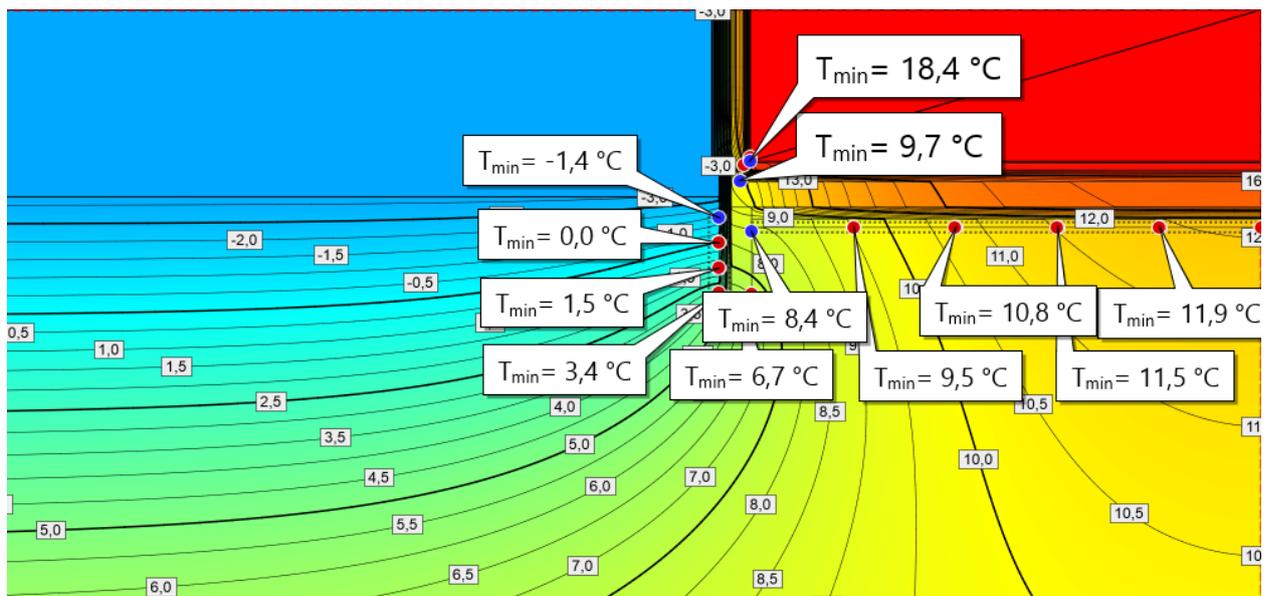


Abb. 39 - Temperaturansicht 0 vergrößert

3.4.1 Variante 1

Festlegung von Randbedingungen in Anlehnung an die DIN 4108-2 [6]

In der DIN 4108-2 werden für die Berechnung von Bauteiloberflächentemperaturen sowie deren Nachweis für Bauteile, die an das Erdreich grenzen, Randbedingungen für das Simulationsmodell festgelegt. Die DIN 4108-2 differenziert zwischen Erdreichanschüttungen größer sowie kleiner als 1m, bezogen auf die Bodenplattenoberkante. Bei Erdreichanschüttungen > 1m wird der Einfluss des Erdreichs im Modell als Material festgelegt, für Anschüttungen ≤ 1m wird diesem Bereich die Modellierung der Materials durch das Außenklimabedingungen ersetzt.

Das Erdreich ist als Material mit einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda_g=2,0W/(m\cdot K)$ zu berücksichtigen.

- Erdreichanschüttung ≤ 1,00m:

Dem Erdreich werden im Bereich von Geländeoberkante bis Bodenplattenoberkante die Randbedingungen des Außenklimas zugewiesen. Die linke sowie rechte Schnittebene sind adiabatisch. Für die untere Schnittebene wird in einer Tiefe von 3m, bezogen auf die Bodenplattenoberkante, die Randbedingung mit einer Erdreichtemperatur $\theta_g = 10^\circ C$ und einem Wärmeübergangswiderstand $R_{se} = 0,00$ definiert.

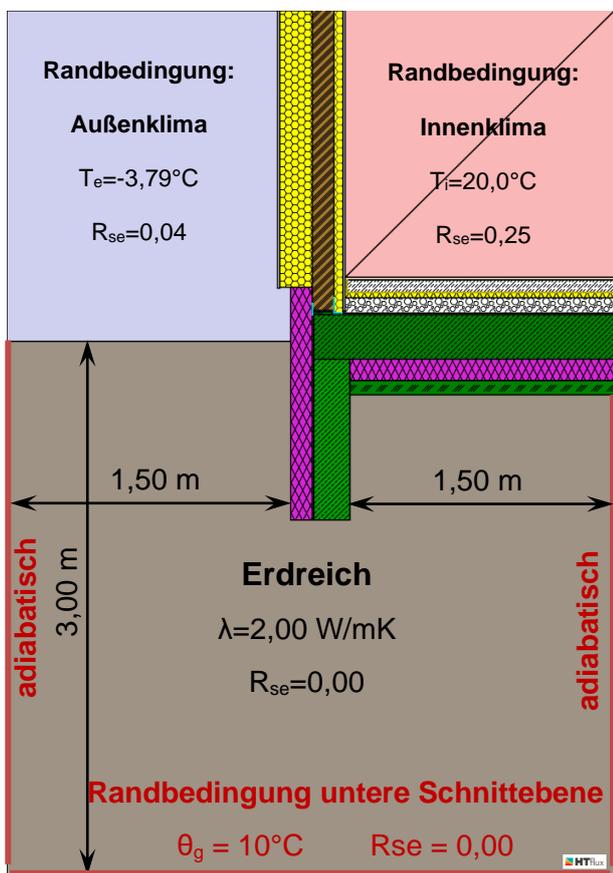


Abb. 40 - Materialansicht 1

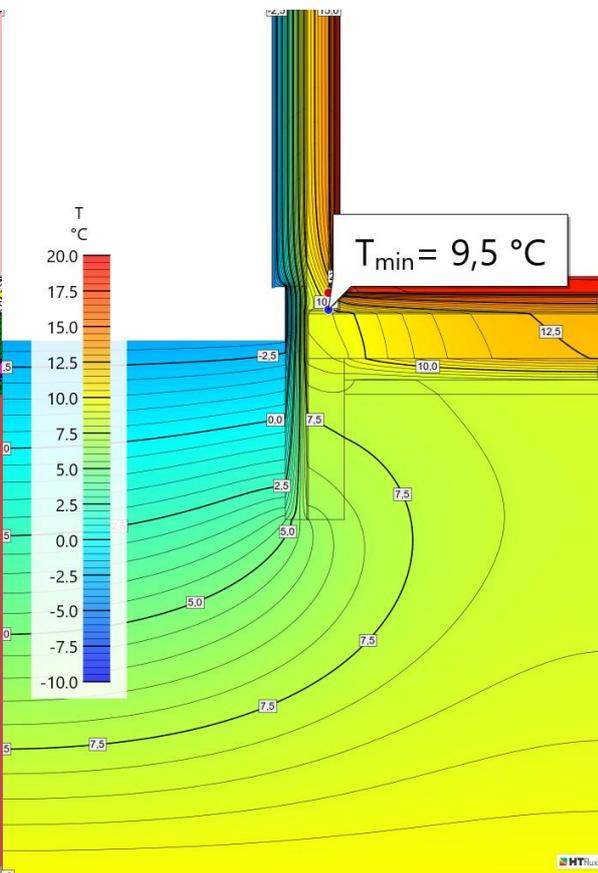


Abb. 41 - Temperaturansicht 1

Simulationsdauer (thermisch)	17 Sek.
Simulationsdauer (hygrothermisch)	23 Min.
Berechnungsgenauigkeit (Rasterabmessung)	2,5 mm
Anzahl der Zellen	1,8 Mill.

3.4.2 Variante 2

Festlegung von Randbedingungen in Anlehnung an die ÖNORM B 8110-6-1 [45]

In der ÖNORM B 8110-6 sind Temperaturkorrekturfaktoren für erdberührte Bauteile angeführt. Sie werden bei der vereinfachten Berechnung zur Bestimmung des Transmissionsleitwerts verwendet. Ziel dieses Modells ist es, anhand dieser Temperaturkorrekturfaktoren ein vereinfachtes Berechnungsmodell abzuleiten. Das Ausgangsberechnungsmodell mit einem großen Erdreichblock und dementsprechend hoher Rechenleistung soll in ein Modell abgeleitet werden, bei dem dieser Erdreichblock gänzlich durch Randbedingungen an der erdberührten Gebäudehülle ersetzt wird, um die erforderliche Rechenleistung zu verringern.

Tab. 12: Temperaturkorrekturfaktor für bodenberührte Bauteile gemäß ÖNORM B 8110-6-1

Bauteilbezeichnung	Temperaturkorrekturfaktor $f_{i,h}$
Erdanliegende Wand ($\leq 1,50\text{m}$ unter Erdreich)	0,80
Erdanliegender Fußboden ($\leq 1,50\text{m}$ unter Erdreich)	0,70

Der Temperaturkorrekturfaktor gibt an, welche Gewichtung der Außen- bzw. Innentemperatur zugewiesen wird, um daraus die zugehörigen Temperatur des Außenklimas zu bestimmen.

$$\theta_g = f_h * \theta_e + (1 - f_h) * \theta_i$$

Bei einem Temperaturkorrekturfaktor von 0,80 wird die Außentemperatur zu einem Anteil von 80% und die Innentemperatur zu einem Anteil von 20% angesetzt. Die ÖNORM B 8110-6 differenziert hier nur zwischen erdanliegenden Wänden und Fußböden, weshalb in einer Variantenstudie Temperaturkorrekturfaktoren ermittelt wurden, welche das Ergebnis des Ausgangsberechnungsmodells am besten wiedergeben. Die Ergebnisse sind in Abb. 42 und Abb. 43 dargestellt.

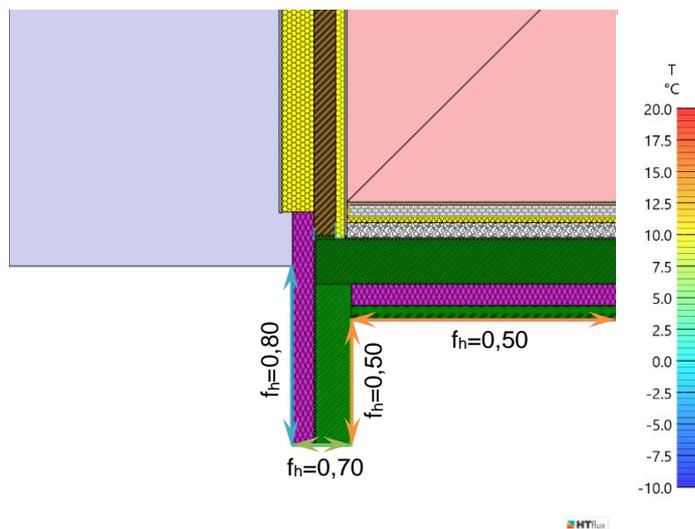


Abb. 42 - Materialansicht 2

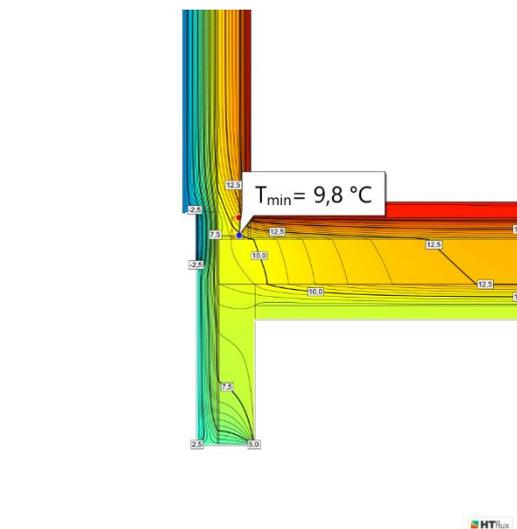


Abb. 43 - Temperaturansicht 2

Simulationsdauer (thermisch)	4 Sek.
Simulationsdauer (hygrothermisch)	3 Min.
Berechnungsgenauigkeit (Rasterabmessung)	2,5 mm
Anzahl der Zellen	307 Tsd.

3.4.3 Variante 3

Festlegung von Randbedingungen in Anlehnung an die Masterarbeit Pöll [58]

Wie in Abb. 38 ersichtlich, stellt sich eine nahezu konstanter Temperaturverlauf von ca. 10°C im Randbereich der Bodenplatte ein. Der Verlauf der Isothermen wird mit einer Randbedingung, die als Ausgangstemperatur ebenfalls 10°C hat, angenähert und in einem Abstand von 1,00m von der Frostschürzeninnenkante modelliert. Der Wärmeübergangswiderstand R_{se} wird mit 0,00 festgelegt.

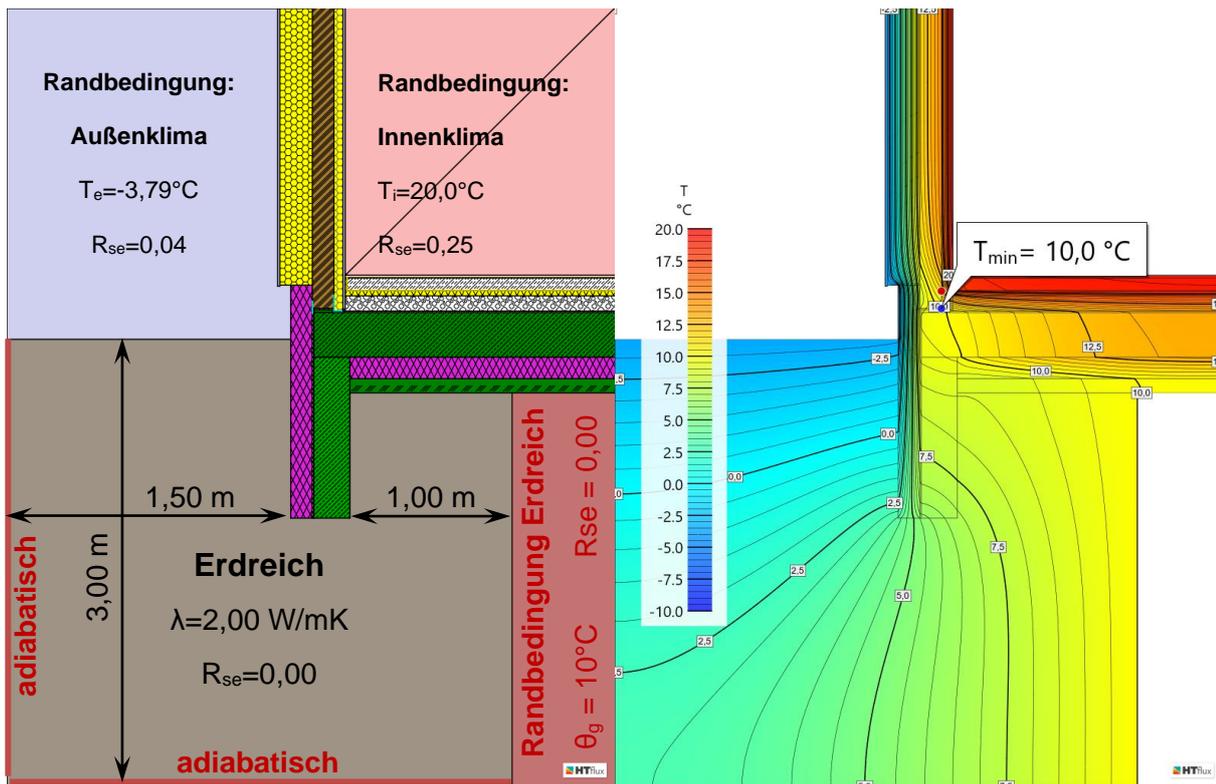


Abb. 44 - Materialansicht 3

Abb. 45 - Temperaturansicht 3

Simulationsdauer (thermisch)	13 Sek.
Simulationsdauer (hygrothermisch)	22 Min.
Berechnungsgenauigkeit (Rasterabmessung)	2,5 mm
Anzahl der Zellen	1,4 Mill.

3.4.4 Variantenentscheid

Die Berechnungsergebnisse sowie die Simulationsparameter werden nun zusammengefasst und die jeweiligen Vor- bzw. Nachteile näher beschrieben, um die Methodik für die nachfolgenden hygrothermischen Detailuntersuchungen des Sockelanschlusses zu bestimmen.

Tab. 13: Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse:

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Simulationsdauer (thermisch)	17 Sek.	4 Sek.	13 Sek.
Simulationsdauer (hygrothermisch)	23 min	3 min	22 min
Kondensat im Bauteilinneren	0,73 g/d	0,64 g/d	0,52 g/d
Berechnungsgenauigkeit (Rasterabmessung)	2,5 mm	2,5 mm	2,5 mm
Anzahl der Zellen	1,8 Mill.	307 Tsd.	1,6 Mill.
$T_{\min, \text{BSP}}$	9,5°C	9,8°C	10,0°C
Abweichung zur instationären Berechnung	2%	1%	3%

Oberflächentemperatur und Kondensat im Bauteilinneren

Vergleicht man die Ergebnisse der Oberflächentemperatur an der Brettsperrholzunterkante bzw. im Bauteilinneren, so liegt die Abweichung zur instationären, thermischen Berechnung zwischen 1% und 3%. Bei der Berechnung der Kondensatmenge im Bauteilinneren zeigt sich der Einfluss der unterschiedlichen Oberflächentemperaturen. Für Variante 1 mit der niedrigsten Oberflächentemperatur werden nach dem Glaser-Verfahren 0,73g/d ermittelt. Vergleicht man nun die Ergebnisse der Tauwasserberechnung mit Variante 3, welche die höchste Oberflächentemperatur aufweist, ergibt sich eine Differenz in der Tauwassermenge von 0,21g/d. Der prozentuelle Unterschied beträgt hier ca. 28%. Es lässt sich also darauf schließen, dass bereits eine geringe Abweichung der Oberflächentemperatur für die stationäre, hygrothermischen Detailberechnung einen signifikanten Einfluss auf die Berechnungsergebnisse hat. Warme Luft kann wesentlich mehr Wasser aufnehmen als kalte Luft. Das hat zur Folge, dass kalte Luft bzw. Luft, die auf kalte Oberflächen trifft, Wasser abgeben muss. Dies geschieht in Form von Tauwasser bzw. Kondensat.

Berechnungsdauer

Die Berechnungsdauer eines Modells hängt zum einen von der Größe des Simulationsmodells und zum anderen von der gewählten Genauigkeit der Berechnung ab. Die Genauigkeit legt die Anzahl der Zellen fest. Für die Varianten 1 - 3 wurden ein Rastermaß von 2,5mm definiert, um eine Vergleichbarkeit der Zellenanzahl und damit der Berechnungsdauer zu ermöglichen. Es zeigt sich, dass durch ein Simulieren des Erdreichs als Materialparameter (Variante 1 & 3) die Anzahl der Zellen sehr hoch wird und damit die Berechnungsdauer steigt.

Variantenentscheid

Die Ergebnisse der Variante 2 entsprechen am ehesten den Ergebnissen der instationären thermischen Simulation. Durch die vereinfachte Beschreibung des wärmetechnischen Verhaltens des Erdreichs mittels Temperaturkorrekturfaktoren kann die Berechnungsdauer deutlich gesenkt werden. Die Anwendbarkeit des Modells ist jedoch auf dieses Detail beschränkt. Durch eine Abweichung in der Ausführung der Bauwerksgründung und Frostsicherung müssten die Temperaturkorrekturfaktoren neu bestimmt werden. Die Gründungssituation bleibt bei allen Sockelanschlüssen in dieser Arbeit gleich, sie variieren nur bei den jeweiligen Außenwand-aufbauten. Die Festlegung der Randbindungen für die nachfolgenden Detailuntersuchungen erfolgt in Anlehnung an die ÖNORM B 8110-6-1 [39] (Variante 2).

3.5 Materialkennwerte

Für die bauphysikalischen Simulationen in dieser Arbeit werden die Materialeigenschaften vereinfacht als Konstanten definiert. Die nachfolgenden Materialkennwerte wurden gemäß ÖNORM EN ISO 10456 [48] definiert. Kleinteile und Befestigungsmittel bleiben unberücksichtigt.

Tab. 14: Materialkennwerte gemäß ÖNORM EN ISO 10456

Materialbezeichnung	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	Spez. Wärmekapazität c_p [J/kgK]	Wasserdampfdiffusionswiderstand		Rohdichte ρ [kg/m ³]
			trocken [-]	feucht [-]	
Brettschichtholz	0,13	1600	40	30	500
Stahlbeton	2,30	1080	130	80	2300
WD - XPS	0,038	1450	150	150	35
WD - EPS	0,036	1450	80	35	25
WD - MW-PT	0,034	1030	1	1	150
WD - MW-WF	0,037	1030	1	1	50
WD - Vakuum [59]	0,007	-	-	-	200
Außenputz, Zement	0,70	1100	10	6	1600
GKF-Platte	0,21	1000	10	4	700
Parkett - Holz	0,13	1600	40	30	500
Zementestrich	1,11	1080	36	15	1800
TSD MW-T	0,038	1030	1	1	115
Ausgleichsschüttung	0,70	1000	5	5	1800
Bitumenbahn	0,23	1000	50000	50000	1100
HFD - Unterdeckplatte	0,045	1700	5	5	250
Erdreich	2,00	1000	1	1	2000

3.6 Begrenzung der Holzfeuchte

Die Holz Auswahl und die Begrenzung der Holzfeuchte stellen im modernen Holzbau die grundlegenden baulichen Maßnahmen zur Vermeidung von Pilzbefall und unzuträglichem Quellen und Schwinden dar. Bauliche Holzschutzmaßnahmen werden in der ÖNORM B 3802-2 [37] geregelt. Zur Vermeidung eines holzerstörenden und gesundheitsgefährdenden Pilzbefalls gibt die Norm eine maximale Holzfeuchtigkeit von 20% (für Vollholz und Massivholzprodukte) und 18% (für Holzwerkstoffe) vor.

Zur Begrenzung der Holzfeuchte werden Grenzwerte für die relative Luftfeuchtigkeit der Umgebungsluft definiert. Dafür wird die Gleichung nach Hailwood-Horrobin [7] verwendet, welche in Abhängigkeit von Temperatur (T) und relativer Luftfeuchtigkeit (h) eine Approximation der Holzfeuchte (M_{eq}) ermöglicht:

$$M_{eq} = \frac{1800}{W} * \left[\frac{k * h}{1 - k * h} + \frac{k_1 * k * h + 2 * k_1 * k_2 * k^2 * h^2}{1 + k_1 * k * h + k_1 * k_2 * k^2 * h^2} \right]$$

mit

$$W = 330 + 0,452 * T + 0,00415 * T^2$$

$$k = 0,791 * 4,63 * 10^{-4} * T - 8,44 * 10^{-7} * T^2$$

$$k_1 = 6,34 * 7,75 * 10^{-4} * T - 9,35 * 10^{-5} * T^2$$

$$k_2 = 1,09 * 2,84 * 10^{-2} * T - 9,04 * 10^{-5} * T^2$$

Holzfeuchtegleichgewichtslinie nach Hailwood-Horrobin

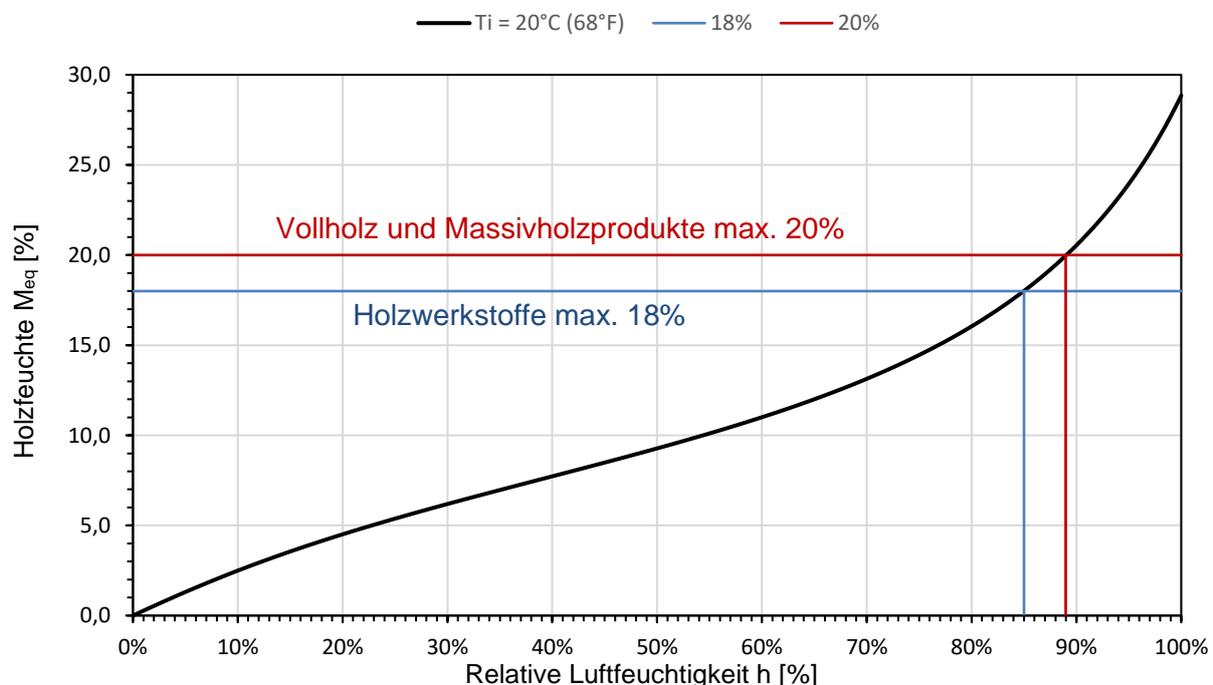


Abb. 46 - Holzfeuchtegleichgewichtslinie bei $T_i = 20^\circ\text{C}$ (68°F)

Zur Vermeidung von schädlichem Pilzbefall ergibt sich aus Abb. 46 eine maximal zulässige relative Luftfeuchtigkeit von 89% für Vollholz und Massivholzprodukte und 85% für Holzwerkstoffe [58].

4 Hygrothermische Wärmebrückenuntersuchung

Aktueller Stand der Technik

- Nachweisverfahren nach ÖNORM B 8110-2 (2003) [42]

In der ÖNORM B 8110-2 werden für stationäre thermische Zustände vereinfachte Rechenverfahren zur Vermeidung von Oberflächenkondensat und Schimmelbildung an der Bauteiloberfläche für ebene Bereiche (eindimensional) sowie für Bereich mit Wärmebrücken (zweidimensional) angegeben. Die Rechenverfahren sind auch zur Bestimmung von Kondensatmengen im Bauteilinneren anwendbar. Die Anwendung ist allerdings nur auf ungestörte Bereiche beschränkt. Die Kenntnis der Klimabedingungen (Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit) sowie der thermischen und hygrischen Bauteilkennwerte ist erforderlich.

Die Berechnung der Kondensatmenge im Bauteilinneren erfolgt ausgehend von der Klimabedingung, bei der sich die höchste Partialdruckdifferenz zwischen Innen- und Außenluft ergibt. Der vorhandene Partialdruck ist von der Temperatur und der relativen Feuchtigkeit der Luft abhängig. Tritt bei diesem maßgebenden Fall kein Kondensat auf, entfällt die weitere Berechnung der kondensierenden und verdunstenden Wassermenge.

- Nachweisverfahren nach ÖNORM B 8110-2 (2020) [43]

Die aktuellen Fassung der ÖNORM B 8110-2 enthält für die Bemessung von Oberflächenkondensat und Schimmelbildung an der Bauteiloberfläche sowie Kondensat im Bauteilinneren für ebenflächige Bauteile (eindimensional) ein vereinfachtes sowie einen Verweis auf ein detailliertes Rechenverfahren.

Das vereinfachte Verfahren hat nach ÖNORM EN ISO 13788 zu erfolgen und ist nur für den Holzrahmenbau anzuwenden. Die Berechnung ist in einem Monat ohne Kondensatausfall und ohne Anfangsfeuchte zu starten. Anschließend ist die Berechnung mit einem Feuchtezuschlag von 250g/m² für den Monat, in dem das maximale Kondensat ohne Anfangsfeuchte auftritt, zu wiederholen. Der Feuchtezuschlag ist mittig zwischen den Schichten mit einem s_d -Wert $\geq 0,5$ m anzusetzen.

Das detaillierte Verfahren hat nach ÖNORM EN 15026 zu erfolgen und gilt für alle Bauteilaufbauten, die nicht durch das vereinfachte Verfahren erfasst werden. Dabei ist eine instationäre hygrothermische Simulation, unter Berücksichtigung einer Anfangsfeuchte sowie der lokalen, standortbezogenen Randbedingungen (solare Einstrahlung, Beschattung, Schlagregen), durchzuführen. Die Kenntnis der feuchtetechnischen Bauteilkennwerte, wie z.B. die Wärmeleitfähigkeit als Funktion des Feuchtegehalts, ist erforderlich.

Weiters werden unter Punkt 8 nachweisfreie (eindimensionale) Bauteilaufbauten aufgelistet, bei denen Kondensat im Bauteilinneren bei sachgerechter Planung und Ausführung als vermieden gilt und somit kein Nachweis zu führen ist.

- Nachweisverfahren nach ÖNORM EN ISO 13788 [50]

Das Berechnungsverfahren zur Beurteilung der Tauwasserbildung im Bauteilinneren erfolgt auf Grundlage des Glaser-Verfahrens. Dabei werden einige bauphysikalische Vereinfachungen getroffen: Die Schwankung der Materialeigenschaften in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt, die kapillare Saugwirkung sowie das hygroskopische Verhalten von Baustoffen wird nicht berücksichtigt. Diese Vereinfachungen des Simulationsmodells führen zu einer Überbewertung des Risikos der Tauwasserbildung im Bauteilinneren.

Die Anwendbarkeit ist auf eindimensionale stationäre Bauteile beschränkt.

- Nachweisverfahren nach ÖNORM EN 15026

Die ÖNORM EN 15026 definiert die Anwendung von softwaregestützten Simulationen an eindimensionalen Bauteilen, die an der Innen- und Außenseite instationären klimatischen Randbedingungen ausgesetzt sind. Im Gegensatz zur EN ISO 13788 erfolgt eine detailliertere Beurteilung, da hier die Effekte der Wärme- und Feuchtespeicherung, die Wirkungen latenter Wärme und der Feuchtigkeitstransport im Bauteil miteinbezogen werden. Dazu sind Kenntnisse zur Ausrichtung bzw. Neigung des Bauteils, die wärme- und feuchtetechnischen Baustoffparameter sowie die Randbedingungen des Außen- und Innenklimas als zeitliche Funktion notwendig.

Die Anwendbarkeit bei zweidimensionalen Effekten, wie z.B. im Bereich von Wärmebrücken, ist nicht gegeben.

Fazit

Der Feuchtetransport in Bauteilen ist ein komplexer Vorgang und wird durch mehrere Parameter bestimmt. Es wird zwischen unterschiedlichen Berechnungsverfahren differenziert, welche die verschiedenen bauphysikalischen Effekte berücksichtigen oder vereinfacht annehmen und dadurch zu detaillierten bzw. konservativen Berechnungsergebnissen führt.

In Abhängigkeit der Bauweise verweist die aktualisierte ÖNORM B 8810-2 dabei auf die Berechnungsverfahren der jeweiligen Normen EN ISO 13788 bzw. EN 15026 und führt einige Ergänzungen und Annahmen an. Die Anwendbarkeit bei zweidimensionalen Effekten ist jedoch nicht gegeben.

HTflux und das Glaser 2D-Verfahren [5]:

Das im Simulationsprogramm HTflux implementierte Glaser 2D-Verfahren ermöglicht auf Grundlage des klassischen Glaser-Verfahrens die Anwendbarkeit bei zweidimensionalen Effekten. Es gilt die Annahme konstanter Materialparameter. Die Feuchteleitung sowie Feuchtespeicherung bleiben unberücksichtigt.

Die Nachweisführung der jeweiligen Bauteilanschlüsse erfolgt in Anlehnung an die ÖNORM B 8110-2 (2003). Ausgehend von dem Monat mit der höchsten Partialdruckdifferenz zwischen Innen- und Außenluft wird die Tauwasserbildung im Bauteil untersucht. Bei einem Tauwasserausfall wird der Anschluss solange bautechnisch optimiert, bis keine Kondensation auftritt und somit die Berechnung der kondensierenden und verdunstenden Wassermenge für die weiteren Monate entfällt. Die Berechnung ist dadurch sehr konservativ, da das Trocknungspotenzial nicht ausgeschöpft wird. In Hinblick auf mögliche Fehler in der Planung und Ausführung, sowie einer abweichenden nutzerspezifischen Klimasituation im Gebäudeinneren ist eine ausreichend hohe Trocknungsreserve, vor allem im Holzbau, von Vorteil.

Abschließend werden an den kritischen Bauteilanschlüssen, welche eine hohe Feuchtelast aufweisen, Vergleichssimulationen mit den aus Kapitel 3.2 ermittelten Randbedingungen nach ÖNORM B 8110-2 (2020) durchgeführt und die Ergebnisse miteinander verglichen.

4.1 Sockeldetails

Allgemeines

Der Sockelanschluss stellt im Holzbau den kritischsten Bereich dar. Der Bereich ist durch Schlagregen in den Sommermonaten und Schnee in den Wintermonaten einer hohen Feuchtelast ausgesetzt. Vor allem sollte ein ausreichender Feuchteschutz der Holzkonstruktion gewährleistet sein, sodass es im Baustoff selbst zu keinen großen Feuchtigkeitsschwankungen kommt. Holz ist aufgrund seines hygroskopischen Verhaltens bestrebt, ein Feuchtegleichgewicht mit der Umgebung herzustellen. Dieser Vorgang wird im Allgemeinen als Quellen und Schwinden bezeichnet.

Grundsätzlich sollte die Holzkonstruktion auf einen geeigneten Unterbau gestellt werden. Üblich sind im Hochbau hier Fundamentplatten oder Kellerdecken aus Stahlbeton. Die ÖNORM B 2320 [19] legt Mindestanforderungen an den Sockelbereich fest. Bezogen auf das fertige Außenniveau ist eine Sockelhöhe von mindestens 30cm einzuhalten, die als Spritzwasserbereich definiert ist. Durch bestimmte bauliche Vorkehrungen kann die Sockelhöhe unterschritten werden, wie zum Beispiel Dachvorsprünge, Kiesbett mit Drainage sowie Entwässerungsrinnen. Holzkonstruktionen dürfen weder mit dem Erdreich in Berührung kommen noch unter Außenniveau eingebaut werden, sodass durch die oben angeführten Maßnahmen ein Mindestmaß von 10cm zum Außenniveau und 5cm zur wasserführenden Ebene einzuhalten sind [19].

Die ÖNORM B 6400-1 [41] gliedert den Sockel- bzw. Fassadenabschluss in 3 Ausführungsvarianten:

- rückspringend (Ausbildung mit Tropfnase und Sockelleiste)
- vorspringend (Witterungsschutz ist zu beachten)
- flächengleich, gegebenenfalls farbig abgesetzt

Die folgenden Anschlussdetails wurden alle als rückspringender Sockel ausgebildet. Dieser ist in Bezug auf Langlebigkeit und Robustheit zu empfehlen. [13] Weiters ist anzumerken, dass der Sockel eines Gebäudes, bedingt durch die ständigen Witterungseinflüsse, wartungsintensiver ist als andere Bereiche der Fassade. Durch die bauliche sowie materialbedingte Trennung (Übergang Massivbau zu Holzbau) im Sockelbereich, gestaltet sich eine nachträgliche Sanierung einfacher und führt zu einem optisch ansprechenderen Ergebnis.

Anhand der in Kapitel 4 definierten Außenwandaufbauten werden Detaillösungen mit einer Fassadenausbildung als Wärmedämmverbundsystem sowie als hinterlüftete Holzfassade untersucht. Diese stellen in der Praxis die gängige Ausführungsvariante dar.

4.1.1 Sockelanschluss S-GEL_001

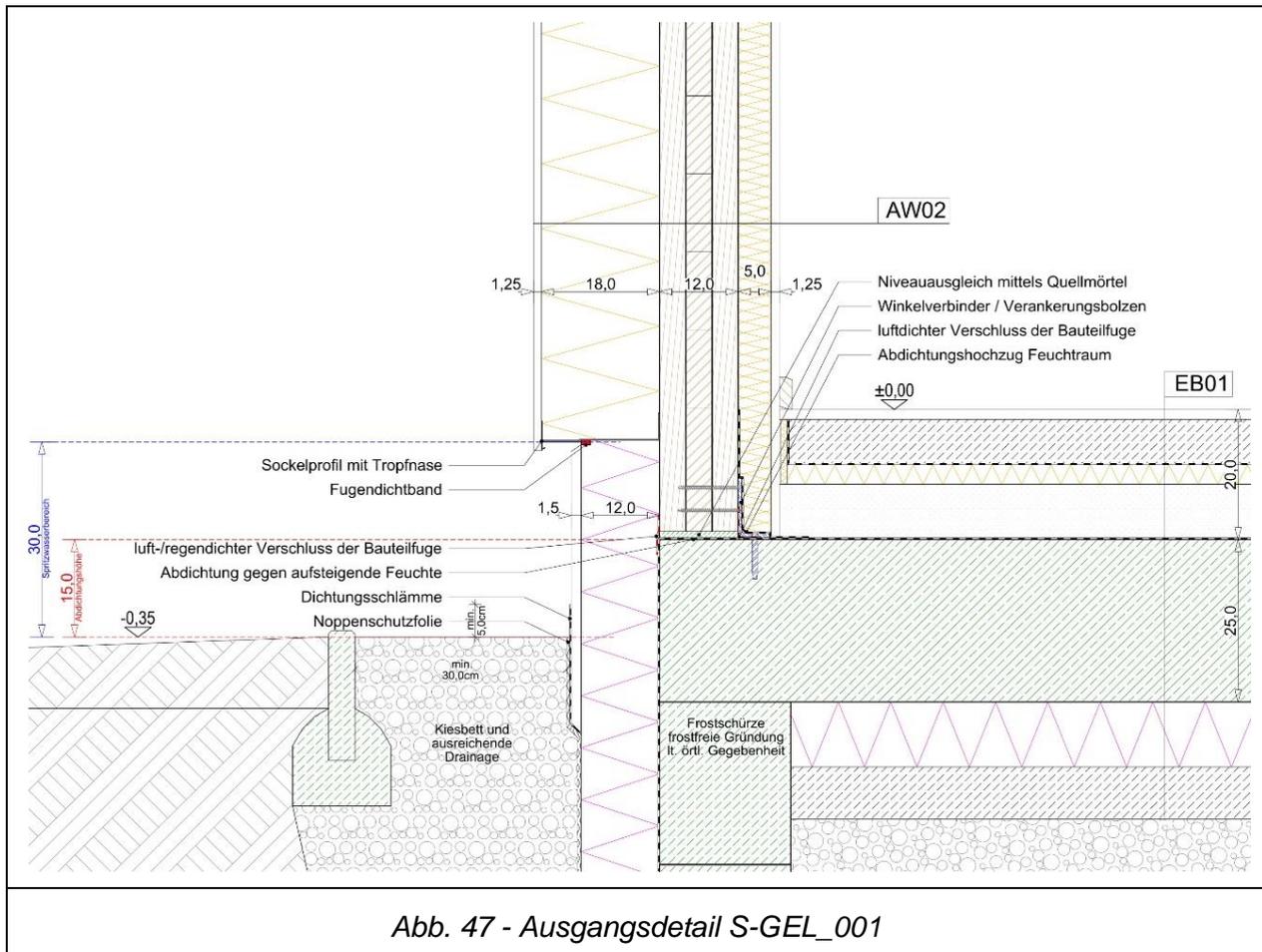


Abb. 47 - Ausgangsdetail S-GEL_001

Das Ausgangsdetail zeigt einen Flachgründung mit Ausbildung einer Frostschürze in den Randbereichen. Die Fassade wird als Wärmedämmverbundsystem ausgeführt. Der untere Fassadenabschluss wurde als rückspringender Sockel ausgebildet, um eine bauliche Trennung sowie einen Witterungsschutz zu erzielen. Der gesamte Spritzwasserbereich wird mit XPS überdämmt. Es können auch wahlweise Dämmplatten aus EPS-P oder EPS-S gemäß ÖNORM B 6400-1 [41] verwendet werden. Der Sockelputz ist gemäß ÖNORM B 3346 [22] sowie der Verarbeitungsrichtlinie für Wärmedämmverbundsysteme [1] auf den Untergrund abzustimmen. Zur Gewährleistung eines regendichten Fassadenabschluss sind anschließend an die Sockeldämmung bzw. die hochgezogene Perimeterdämmung ein Sockelprofil sowie ein Fugendichtband anzubringen.

Das Massivholzelement wird direkt auf der Bodenplatte befestigt. Um die Lastableitung zu gewährleisten sowie etwaige Unebenheiten auszugleichen, ist die Aufstandsfläche gemäß ÖNORM B 2320 [19] vollflächig zu untermörteln. Alternativ können druckfeste und feuchteunempfindliche Unterlagen verwendet werden.

Das Massivholzelement ist laut ÖNORM B 2320 [19] mit einer geeigneten Feuchtigkeitsabdichtung vor aufsteigender Feuchtigkeit zu schützen.

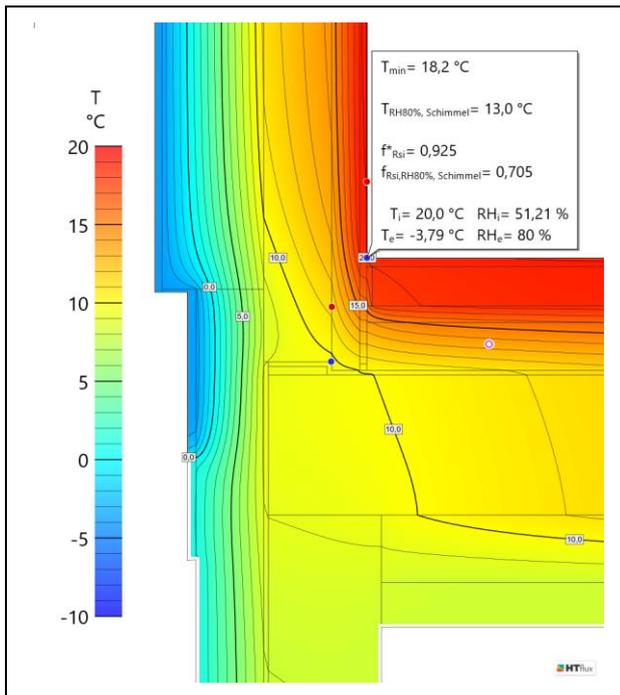


Abb. 48 - Temperaturverteilung
Schimmelkriterium S-GEL_001

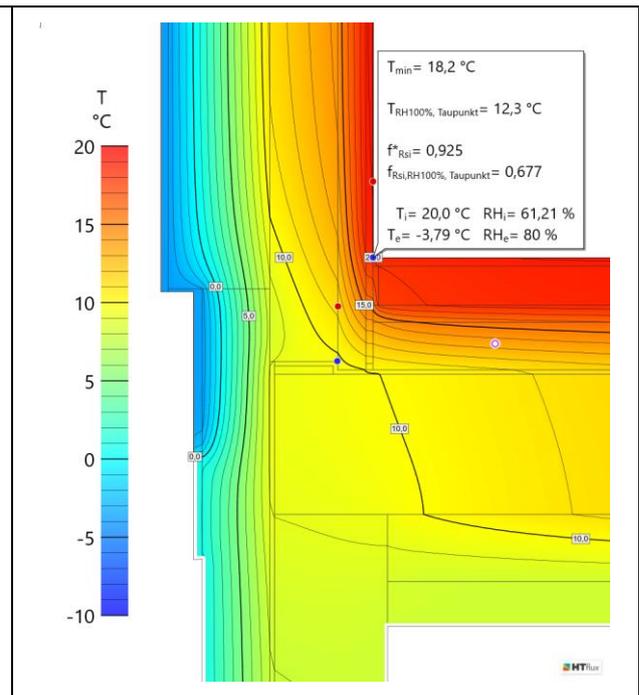


Abb. 49 - Temperaturverteilung
Kondensatkriterium S-GEL_001

Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt 18,2°C.

Der Nachweis über den Temperaturfaktor f_{Rsi} ist erfüllt. Es tritt keine schadensverursachende Kondensation und Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche auf.

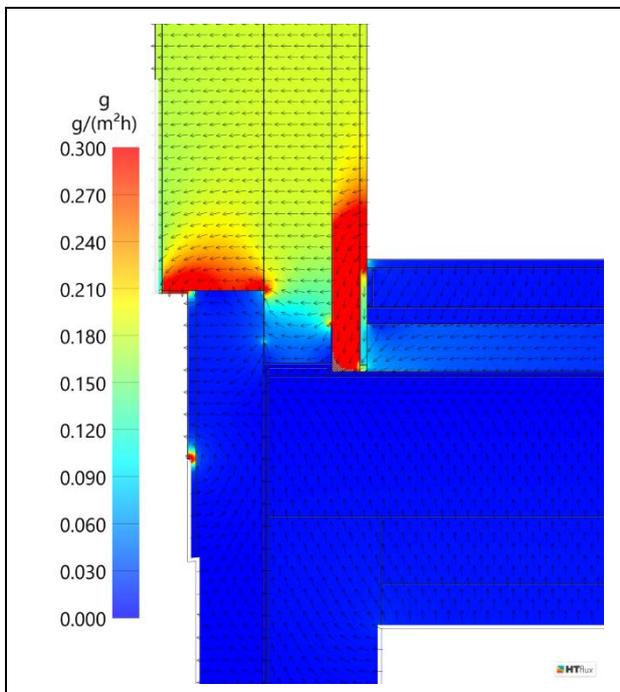


Abb. 50 - Diffusionsstrom S-GEL_001

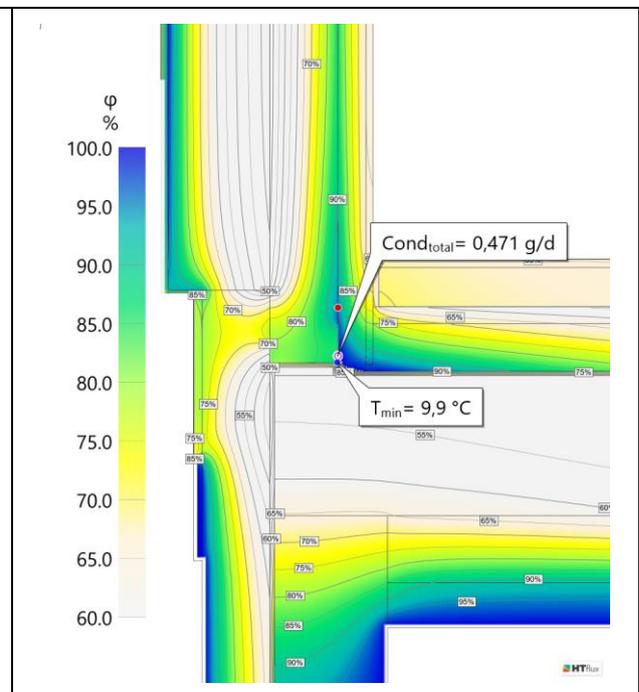


Abb. 51 - Feuchteverteilung S-GEL_001

Es tritt schädliches Kondensat im Bauteilinneren auf ($Cond_{total}=0,471g/d$).

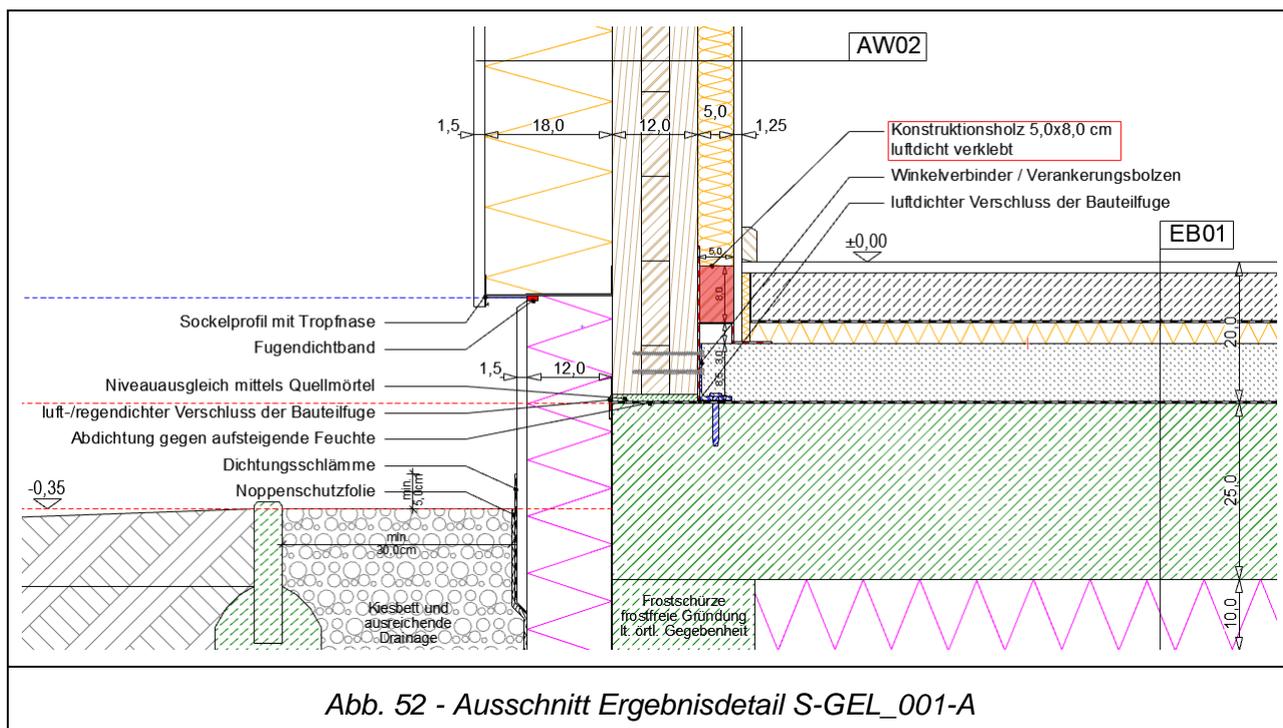
Interpretation der Berechnungsergebnisse

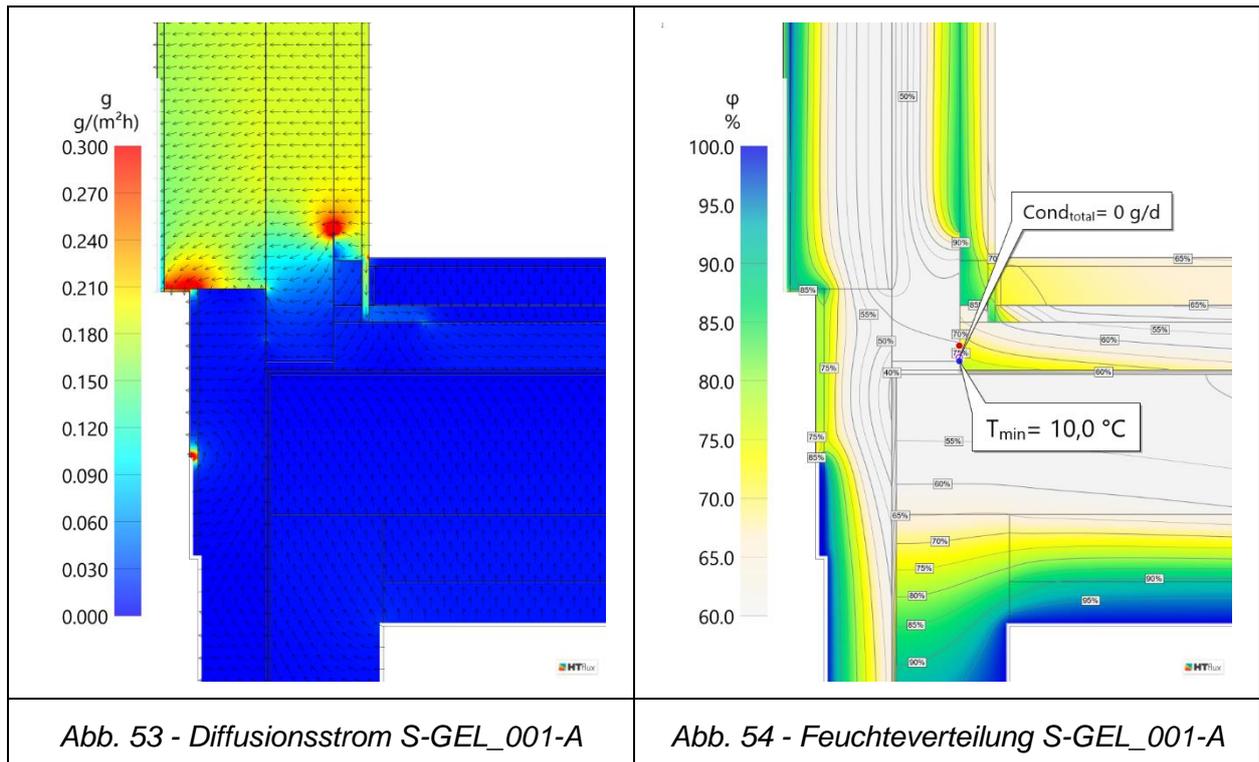
Die hygrothermische Untersuchung zeigt den negativen Einfluss der gedämmten Installationsebene im unteren Auflagerpunkt der Außenwand. Diese bewirkt eine Reduzierung der raumseitigen Oberflächentemperatur des tragenden Brettsperrholzelement. Zur Vermeidung von großen Temperaturdifferenzen darf der Dämmwert raumseitiger Dämmschichten gemäß ÖNORM B 2320 [19] maximal 25% des Wärmedurchlasswiderstandes R des gesamten Wandaufbaus betragen. Beim vorliegenden Außenwandaufbau beträgt der Anteil 17%.

Die Mineralwolle besitzt den gleichen Wasserdampfdiffusionswiderstand wie Luft ($\mu=1$), sodass der Wasserdampf ungehindert über die Installationsebene in die Konstruktion eindringt und auf den kalten Fußpunkt der Außenwand trifft.

Optimierung des Bauteilanschlusses

Es soll nun durch konstruktiv einfach umsetzbare Verbesserungsmaßnahmen der ungebremste Diffusionsstrom über die Installationsebene verhindert werden. Dazu wird auf die Mineralwolldämmung ab Fußbodenoberkante verzichtet. Um den Dampfstrom zu bremsen, wird der Anschluss zusätzlich mit einer Dampfbremse ($s_d = 25m$) verklebt. Diese wird an die Brettsperrholzwand geklebt und zusätzlich mechanisch mit einem Konstruktionsholz befestigt. Das untere Ende des Dampfbremstreifen ist zwischen Ausgleichsschüttung und Trittschalldämmung zu legen.



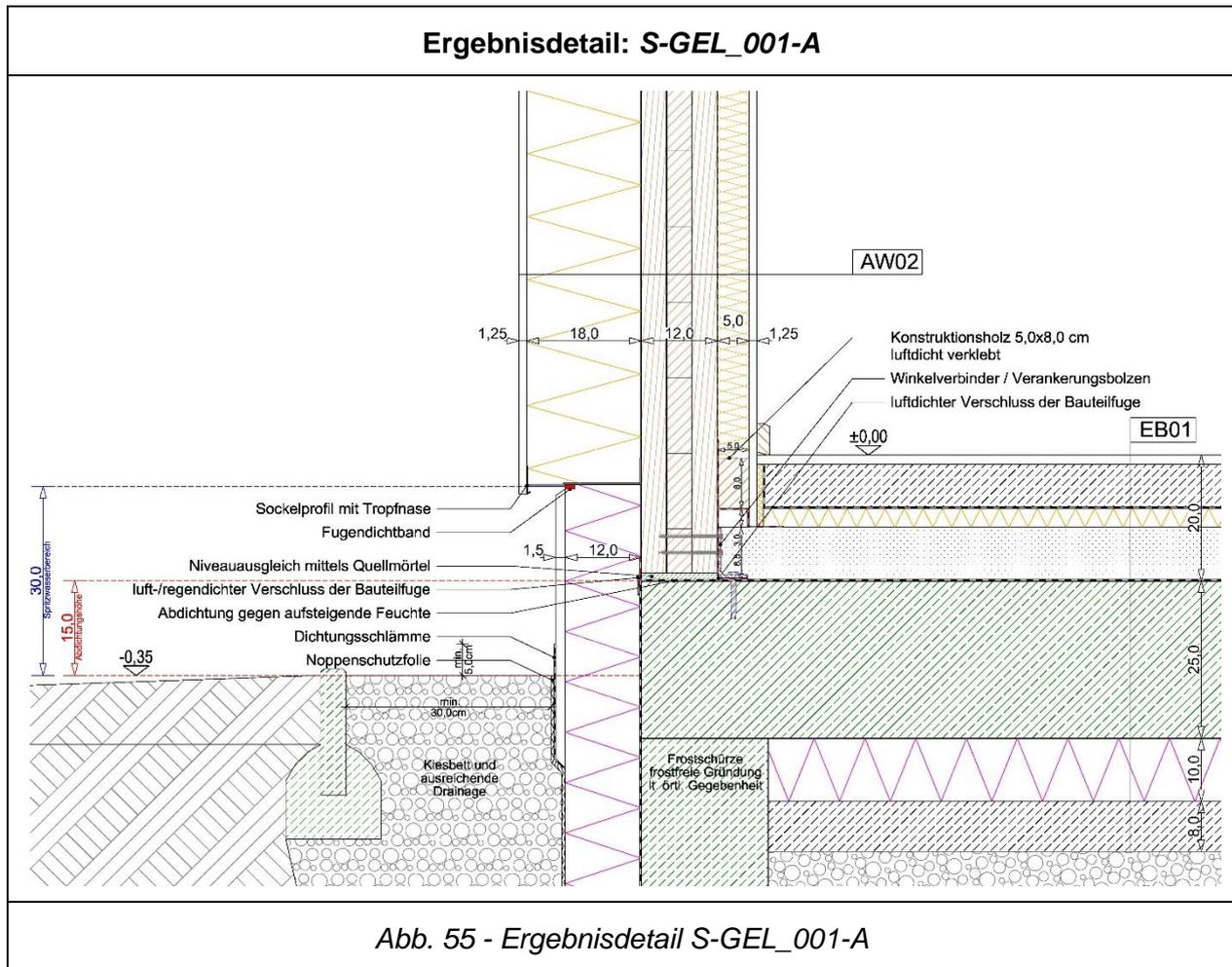


Schlussfolgerung

Die in der Praxis gängige Ausführung der Installationsebene ist im Sockelanschluss kritisch zu beurteilen. Durch den Verzicht der Mineralwolldämmung im Bereich des Fußbodenaufbaus sowie den gezielten Einsatz einer Dampfbremse wird der Diffusionsstrom durch die Installationsebene im feuchtekritischen Bereich gebremst und in der Folge durch die homogene Außenwandkonstruktion abgeleitet.

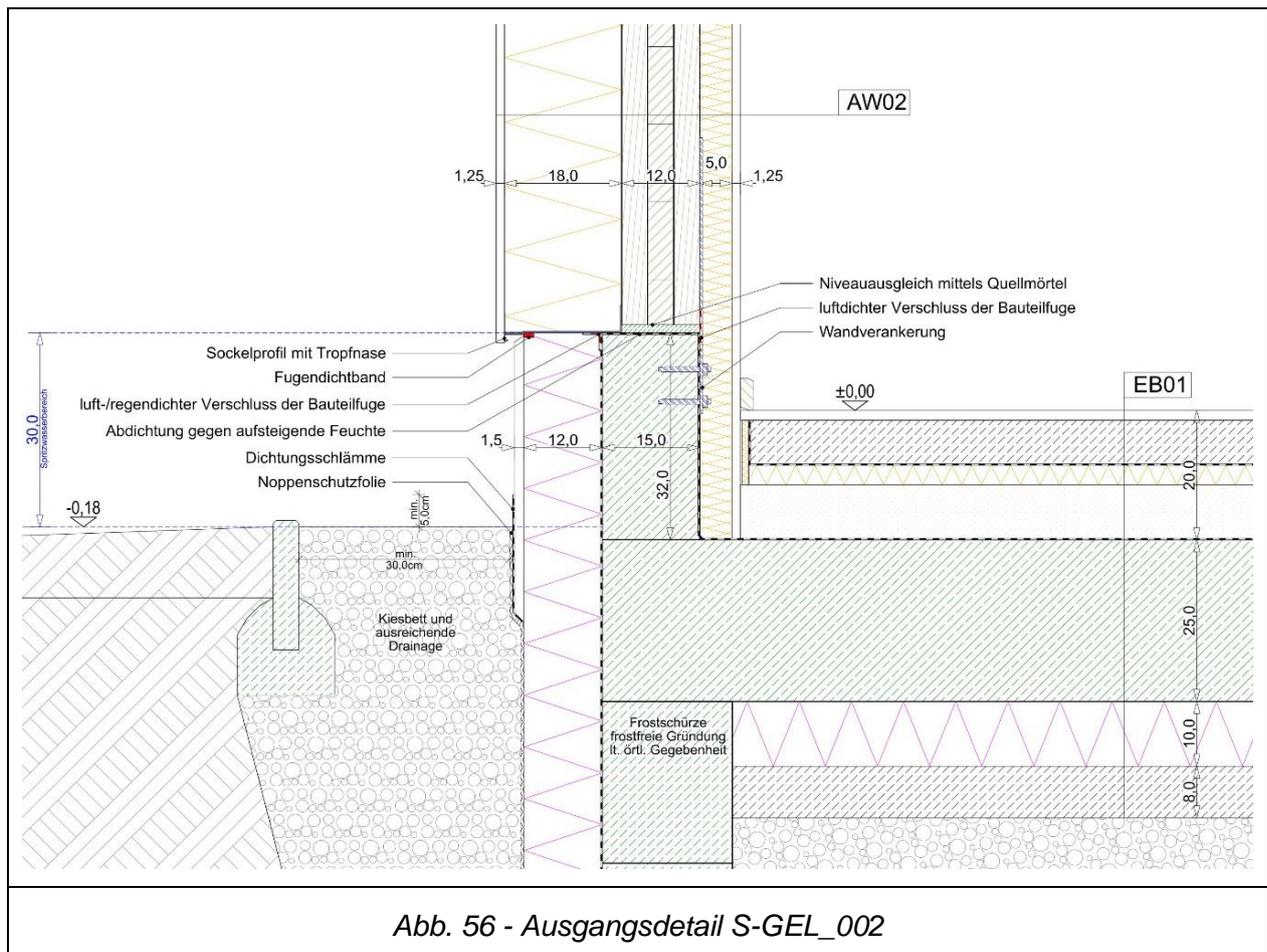
Die Kondensatberechnung zeigt keinen Kondensatausfall.

Die Holzfeuchte sämtlicher Holzbauteile (Konstruktionshölzer bzw. Massivholzelement) liegt unterhalb des in Kapitel 3.6 definierten Grenzwertes für die relative Luftfeuchte. Somit besteht kein Risiko eines Pilzbefalls sowie von unzuträglichem Quellen und Schwinden.



Eine maßstäbliche Darstellung des Ergebnisdetails ist dem Anhang zu entnehmen.

4.1.2 Sockelanschluss S-GEL_002



Das Ausgangsdetail zeigt eine in der Praxis gängige Ausführungsvariante zum Ausgangsdetail S-GEL_001. Die gesamte Massivholzkonstruktion wird auf einen bauseits hergestellten Stahlbetonsockel gestellt und verankert. Diese Ausführung ermöglicht einerseits eine fachgerechte Ausführung des Abdichtungshochzugs sowie eine mögliche Anhebung des fertigen Außenniveaus ($\Delta = 17\text{cm}$).

Das Massivholzelement wird mittels Wandverankerungen auf dem massiven Sockel montiert. Um die Lastableitung zu gewährleisten sowie etwaige Unebenheiten auszugleichen, ist die Aufstandsfläche gemäß ÖNORM B 2320 [19] vollflächig zu untermörteln. Alternativ können druckfeste und feuchteunempfindliche Unterlagen verwendet werden.

Das Massivholzelement ist laut ÖNORM B 2320 [19] mit einer geeigneten Feuchtigkeitsabdichtung vor aufsteigender Feuchtigkeit zu schützen.

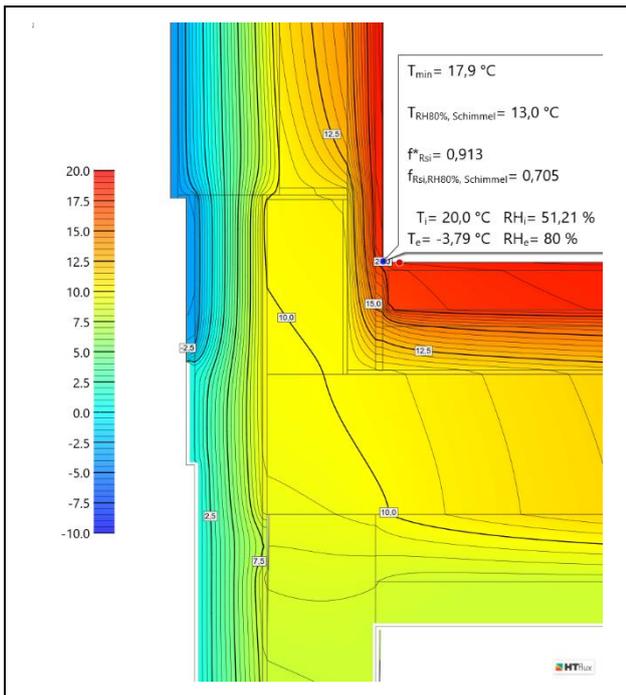


Abb. 57 - Temperaturverteilung
Schimmelkriterium S-GEL_002

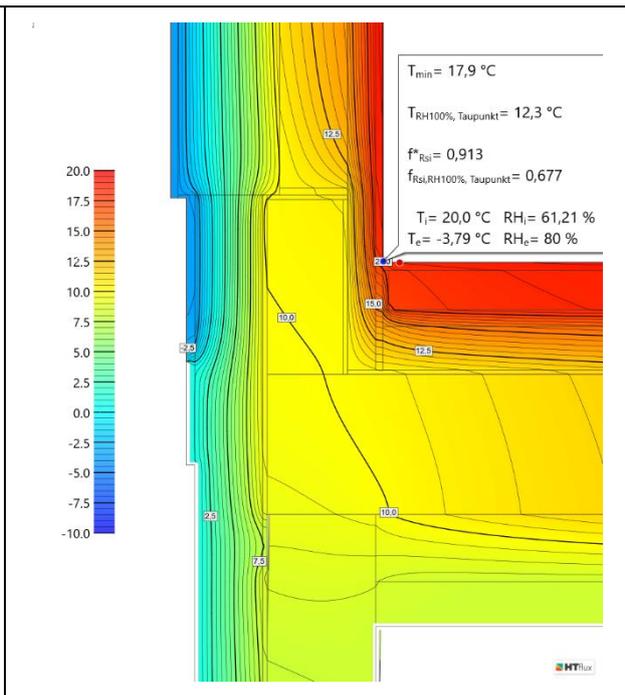


Abb. 58 - Temperaturverteilung
Kondensatkriterium S-GEL_002

Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt 17,9°C.

Der Nachweis über den Temperaturfaktor f_{Rsi} ist erfüllt. Es tritt keine schadensverursachende Kondensation und Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche auf.

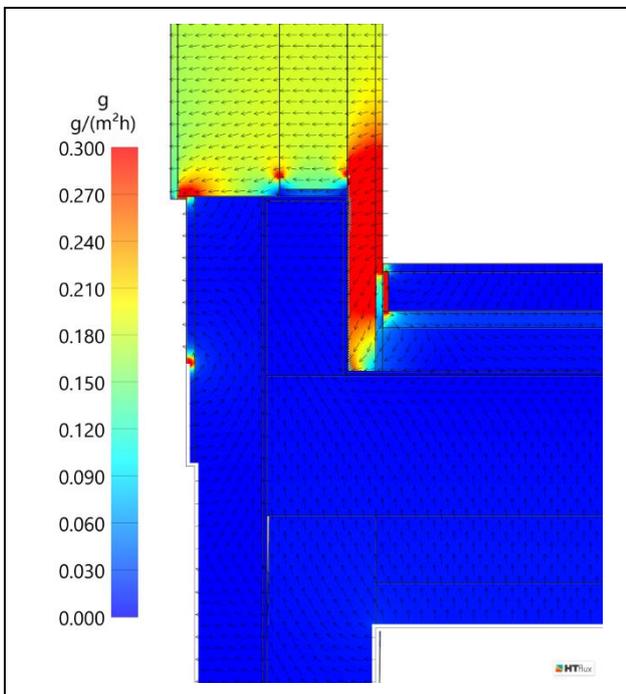


Abb. 59 - Diffusionsstrom S-GEL_002

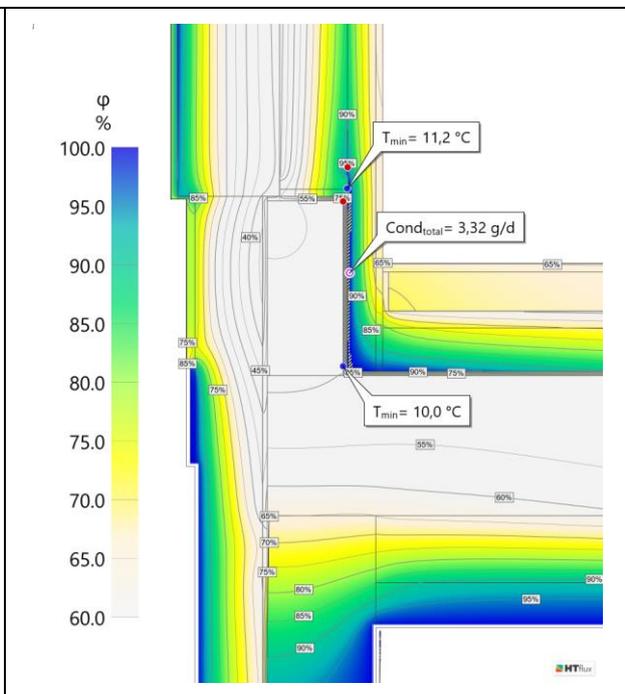


Abb. 60 - Feuchteverteilung S-GEL_002

Es tritt schädliches Kondensat im Bauteilinneren auf ($Cond_{total}=3,32g/d$).

Interpretation der Berechnungsergebnisse

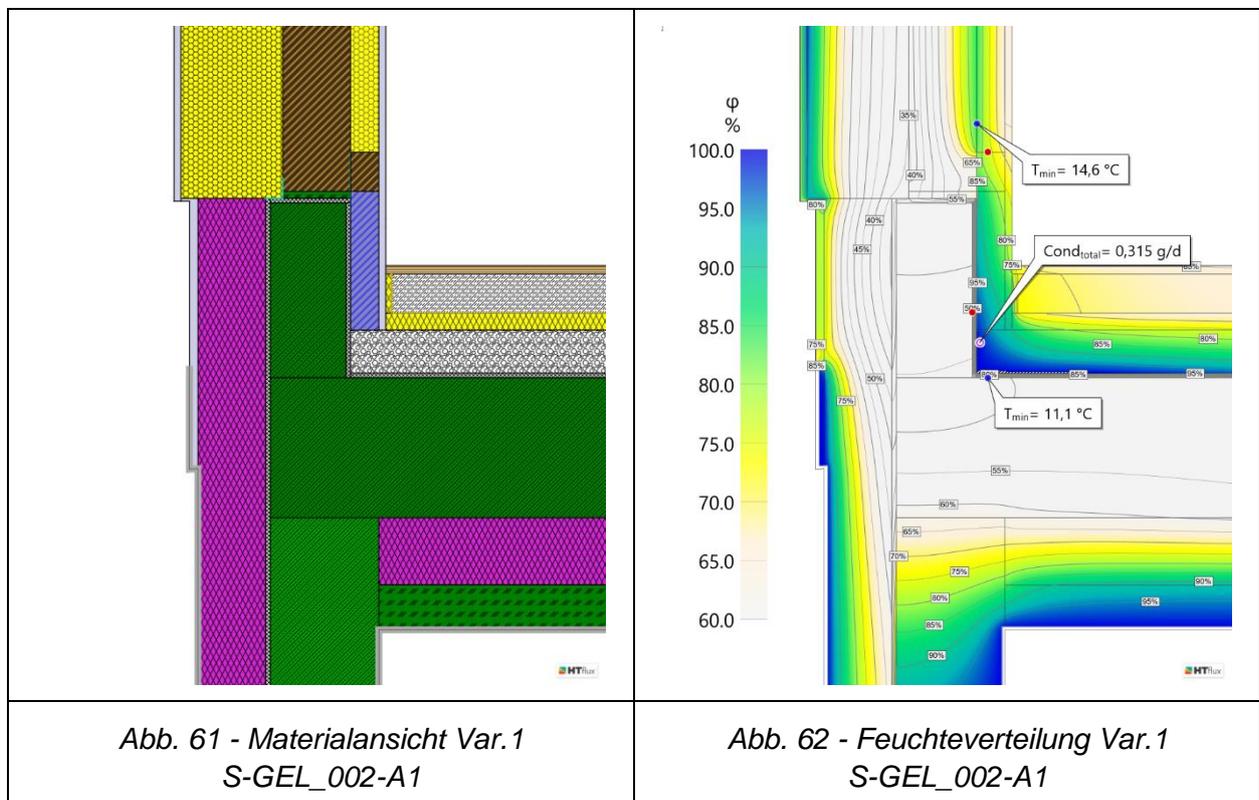
Die Ausführung mit einem Stahlbetonsockel sowie einer raumseitig gedämmten Installationsebene zeigt einen wesentlichen höheren Kondensatausfall als beim Ausgangsdetail S-GEL_001. Es liegt eine rechnerische Kondensatmenge von 3,32g/d vor und damit ein Anstieg um 600%. Maßgebenden Einfluss darauf haben unter anderem die Dämmung der Installationsebene sowie die thermische Qualität des Sockels. Einerseits verringert sich aufgrund der Ausbildung als rückspringenden Sockel die außenseitige Dämmstoffdicke, andererseits besitzt der Stahlbetonsockel materialbedingt eine höhere Wärmeleitfähigkeit als Brettsperrholz, wie in Kapitel 3.5 ersichtlich.

Optimierung des Bauteilanschlusses

- 1) Lufthohlraum im Bereich des Betonsockels

Grundsätzlich sollte sich die Ausbildung des Stahlbetonsockels am Niveau des fertigen Außenbelags richten. Dies ist aber mit einem sehr detaillierten Planungsstand verbunden, der im Normalfall nicht gegeben ist.

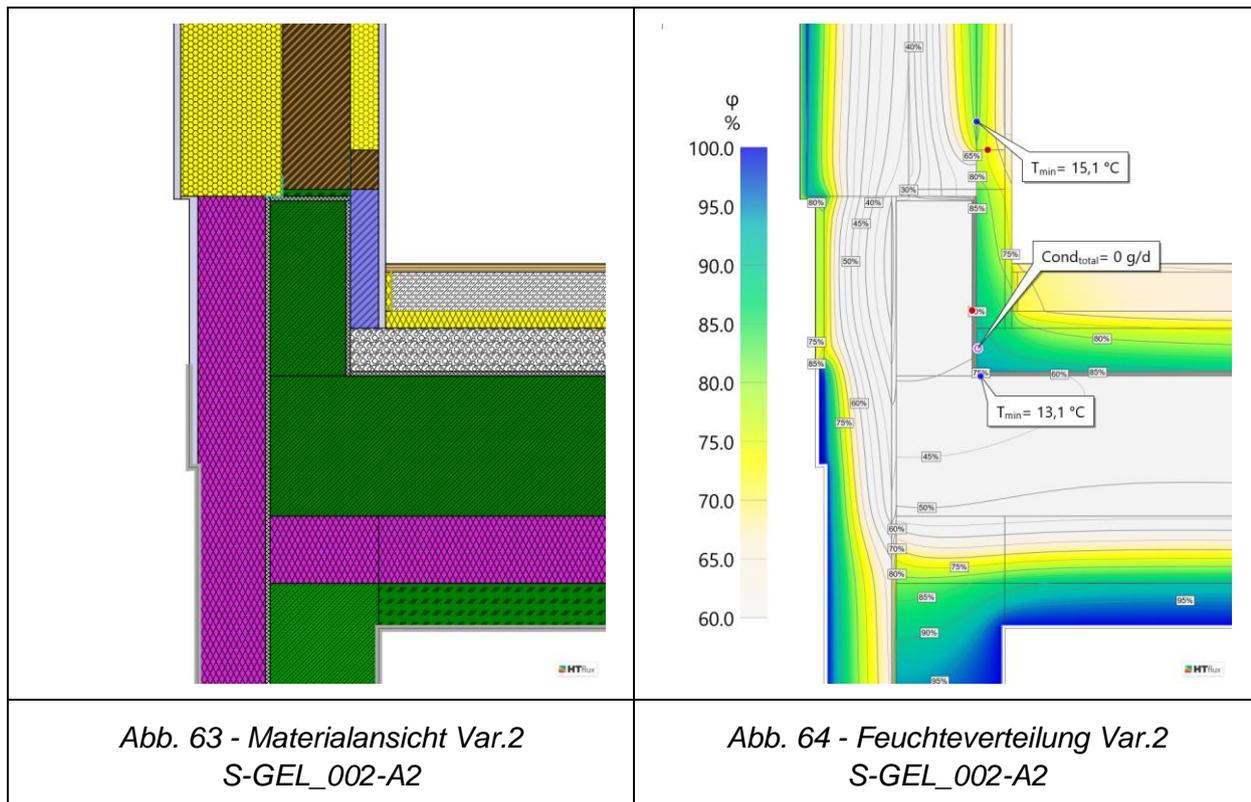
Um die Kondensatbildung zu verhindern, besteht die Möglichkeit, den außenliegenden Wärmeschutz zu verbessern. Eine Änderung des Bauteilaufbaues kann allerdings mit weiteren Planungskorrektur verbunden sein und sollte daher nur zu einem frühen Planungsstand in Erwägung gezogen werden. Eine konstruktiv einfache Möglichkeit stellt die Erhöhung der Oberflächentemperatur dar. Dazu wird im Bereich des Stahlbetonsockels auf eine Dämmung der Installationsebene verzichtet. Die anschließende hygrothermische Berechnung zeigt eine deutliche Reduktion der Kondensatmenge auf 0,315g/d bei einer geringfügigen Erwärmung des Sockels um 1,1°C.



- 2) Thermische Trennung der Frostschrütze

Die thermische Trennung der Frostschrütze stellt eine weitere Maßnahme zur Erhöhung der Oberflächentemperatur dar. Dabei wird im Fertigungsprozess die Frostschrütze nur noch bis zur fertigen Oberkante der Sauberkeitsschicht ausgeführt. Anschließend wird die Dämmung bis Außenkante Frostschrütze verlegt. Die Stirnseite der Dämmung ist gegen die anschließenden Flämmarbeiten zu schützen.

Die Umsetzbarkeit dieser Maßnahme ist durch den Tragwerksplaner zu prüfen, da sich durch die thermische Trennung das Tragverhalten im Randbereich ändert.



Schlussfolgerung

Die Sockelausbildung mit einem Stahlbetonsockel bietet einige Vorteile in Bezug auf den konstruktiven Holzschutz sowie den Fertigungsprozess gegenüber dem Bauteilanschluss S-GEL001. Der Betonsockel weist jedoch eine kritisch zu beurteilende Wärmebrücke auf.

Durch die Ausführung eines Lufthohlraums im Bereich des Betonsockels sowie der thermischen Trennung zwischen Frostschrütze und Fundamentplatte kann die Oberflächentemperatur der Betoninnenkante um ~3°C erhöht und damit eine Kondensatbildung im Bauteilinneren verhindert werden.

Die Holzfeuchte sämtlicher Holzbauteile (Konstruktionshölzer bzw. Massivholzelement) liegt unterhalb des in Kapitel 5.3 definierten Grenzwertes für die relative Luftfeuchte. Somit besteht kein Risiko eines Pilzbefalls sowie von unzuträglichem Quellen und Schwinden.

4.1.3 Sockelanschluss S-GEL_003

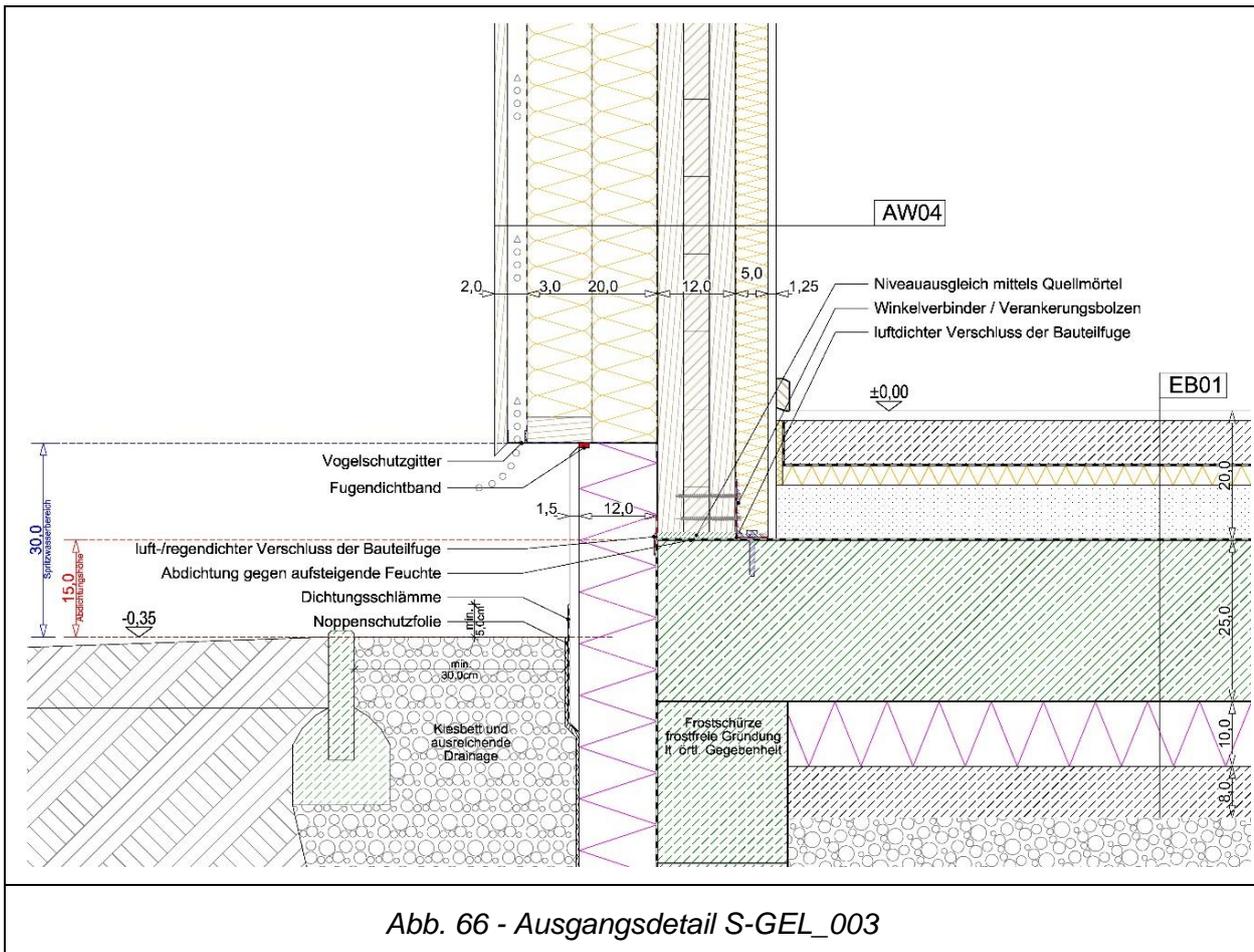


Abb. 66 - Ausgangsdetail S-GEL_003

Das Ausgangsdetail wurde analog zum Ausgangsdetail S-GEL001 entworfen. Die Fassade wird im Gegensatz dazu als hinterlüftete Fassade ausgebildet. Die Anforderungen für den Spritzwasserbereich sowie für die erforderliche Abdichtungshöhe werden eingehalten.

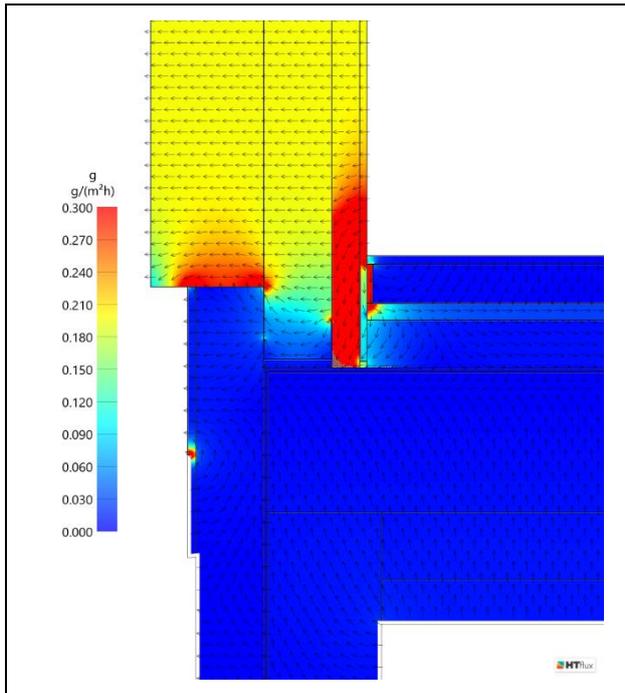


Abb. 67 - Diffusionsstrom S-GEL_003

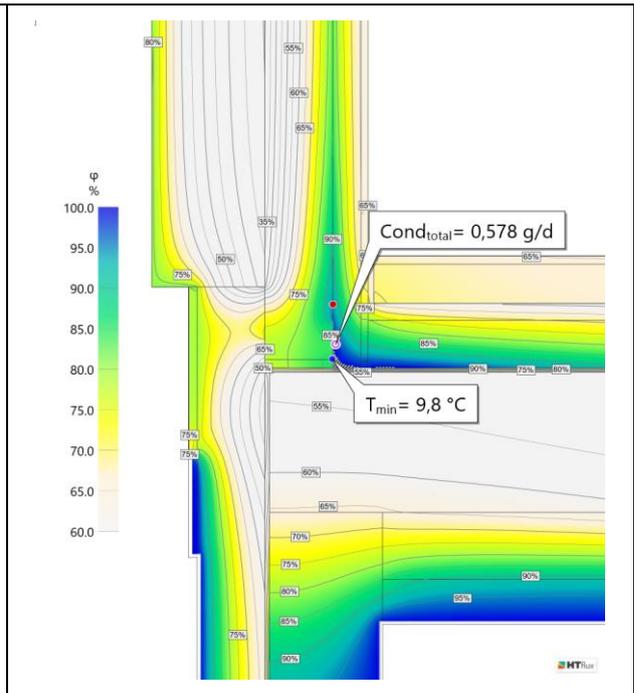


Abb. 68 - Feuchteverteilung S-GEL_003

Es tritt schädliches Kondensat im Bauteilinneren auf ($Cond_{total}=0,578\text{g/d}$).

Optimierung des Bauteilanschlusses

Der Anschluss wurde durch die gleichen Maßnahmen wie im Ausgangsdetail S-GEL_001 optimiert.

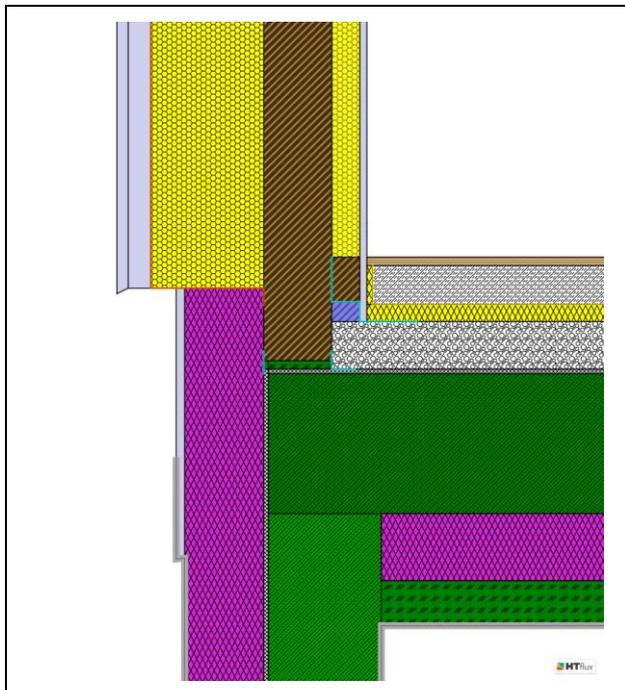


Abb. 69 - Materialansicht S-GEL_003-A

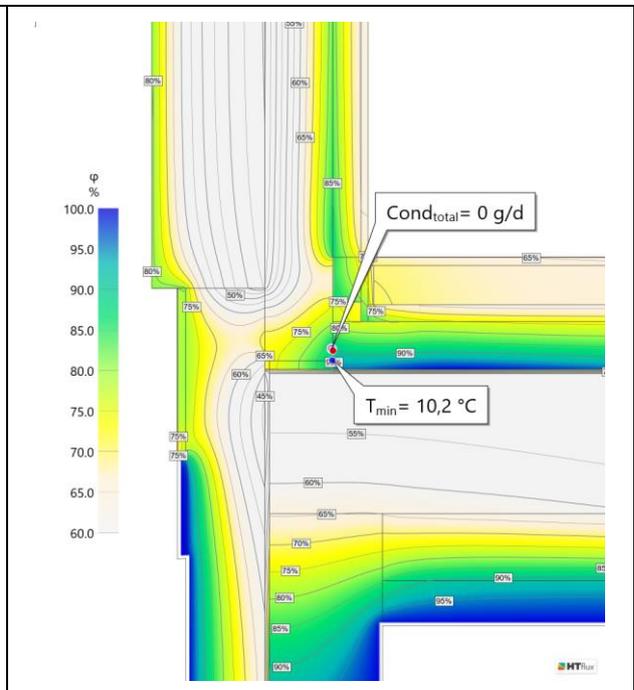
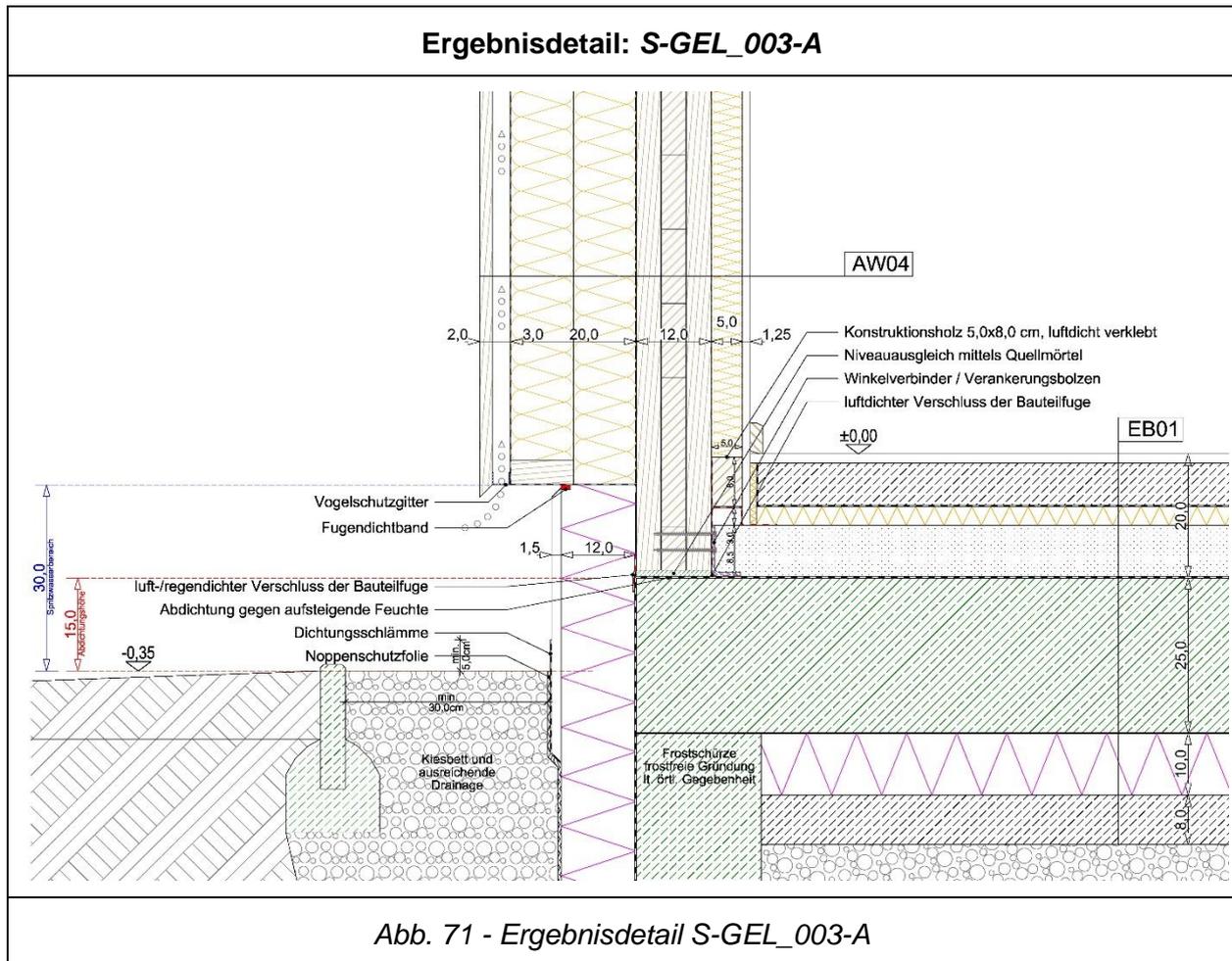


Abb. 70 - Feuchteverteilung S-GEL_003-A

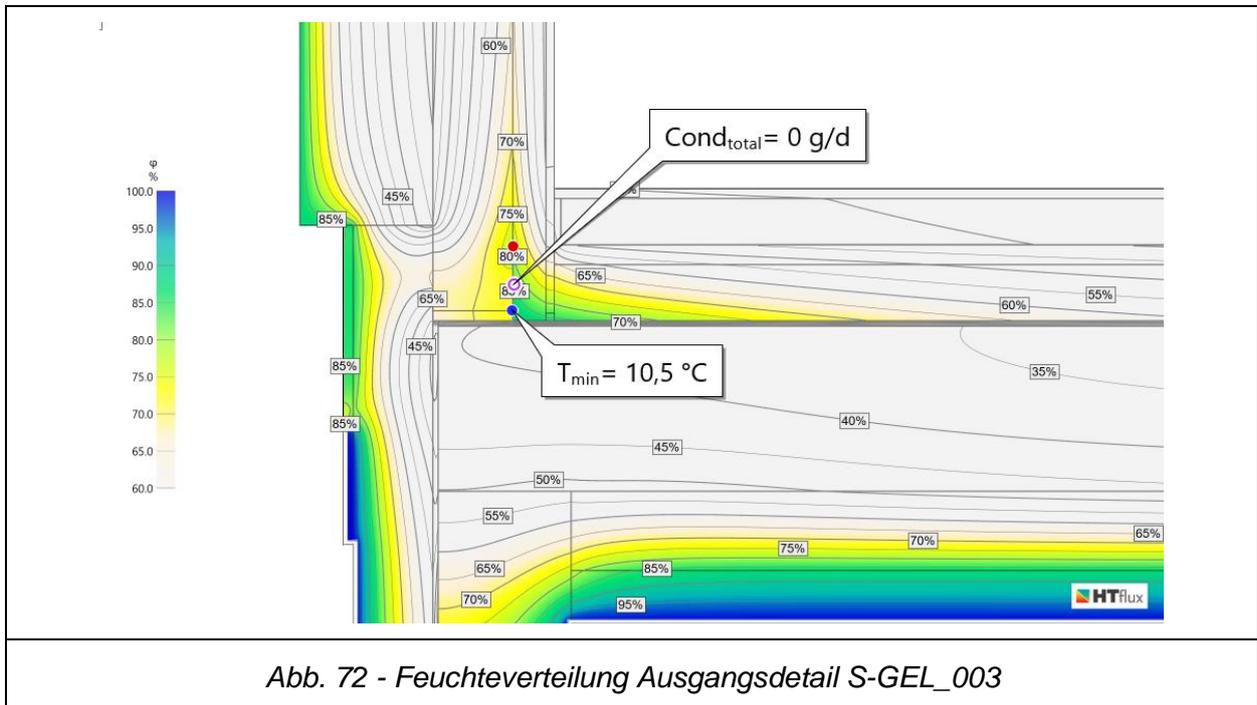
Es tritt kein schädliches Kondensat im Bauteilinneren auf.



Eine maßstäbliche Darstellung des Ergebnisdetails ist dem Anhang zu entnehmen.

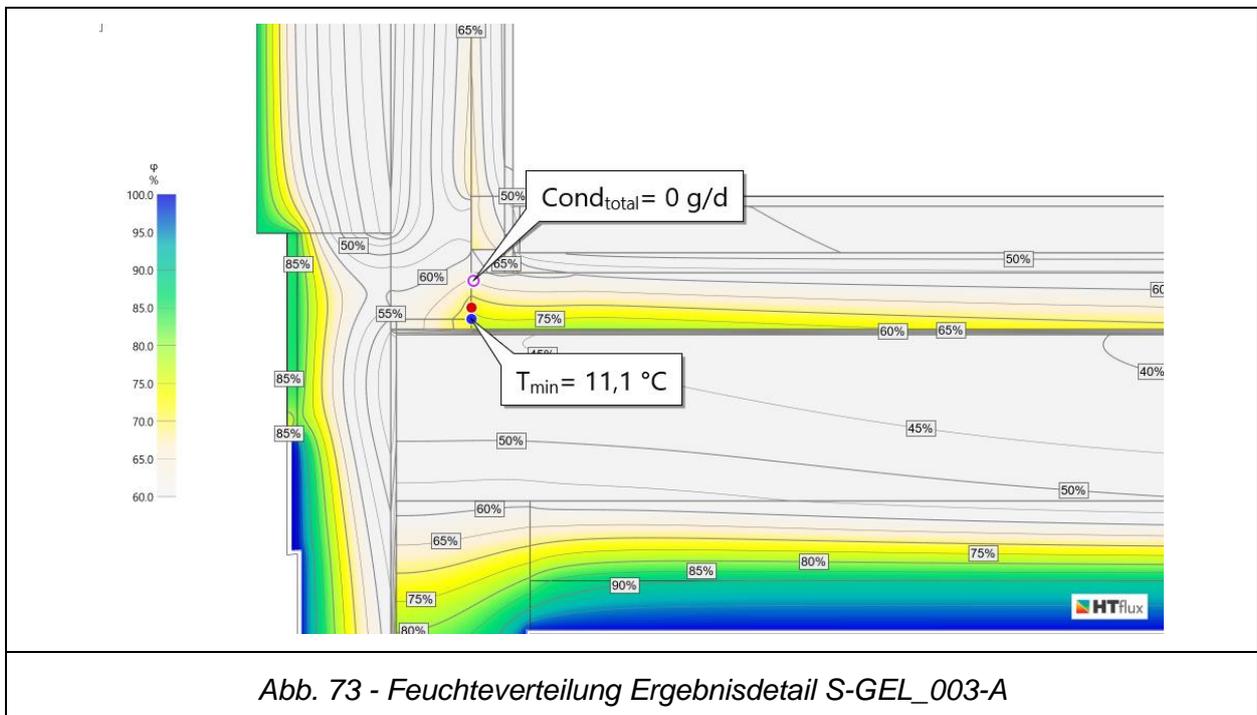
Randbedingungen nach ÖNORM B 8110-2 (2020) [43]

Beim Bauteilanschluss S-GEL_003 wird eine Vergleichssimulation mit den in Kapitel 3.2 definierten Klimabedingungen nach ÖNORM B 8110-2 (2020) durchgeführt.

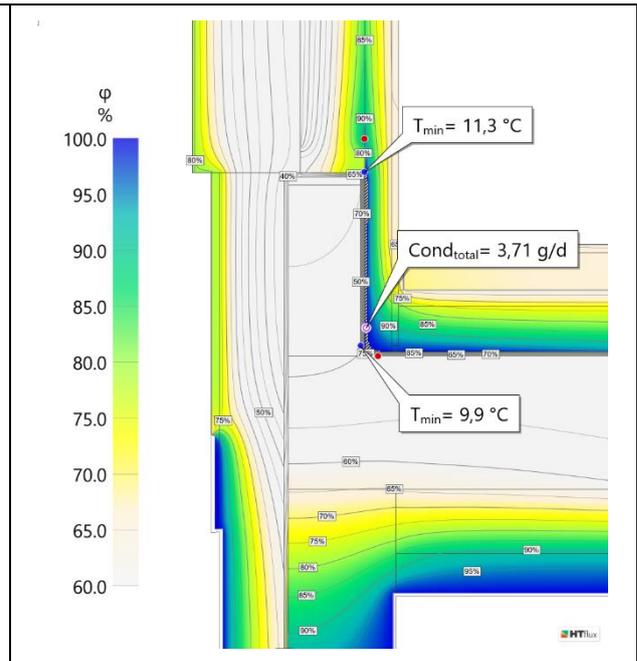
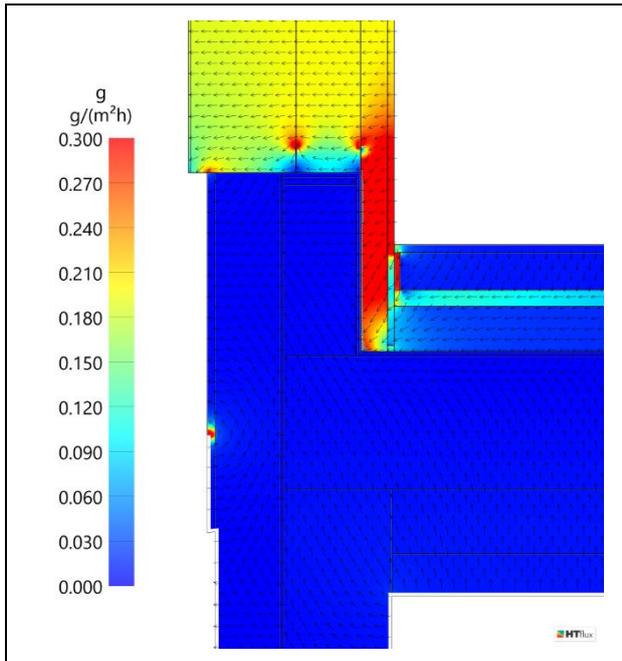


Die hygrothermische Untersuchung zeigt keinen Kondensatausfall im Bauteilinneren.

Die relative Luftfeuchtigkeit liegt an der raumseitigen Anschlussfuge zwischen Brettsperrholz und Bodenplatte im Bereich von 90%, sodass hier ein feuchtekritischer Bereich vorliegt und es bei abweichenden Klimabedingungen durchaus zu einem Kondensatausfall führen kann.



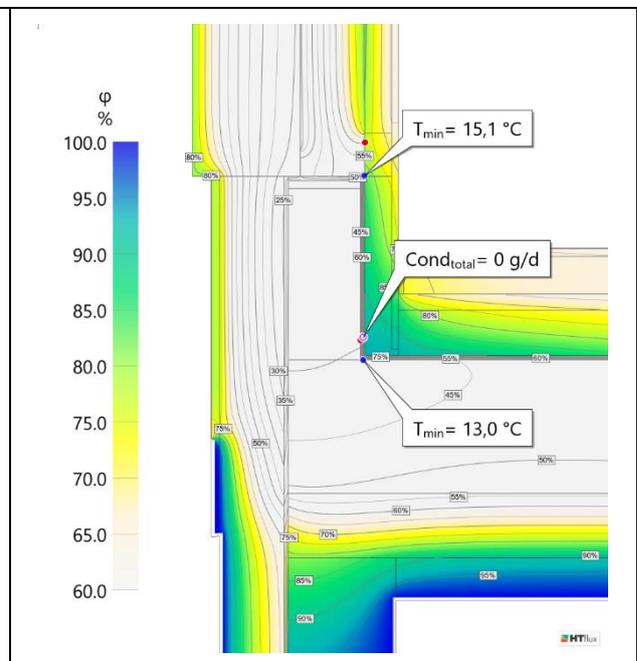
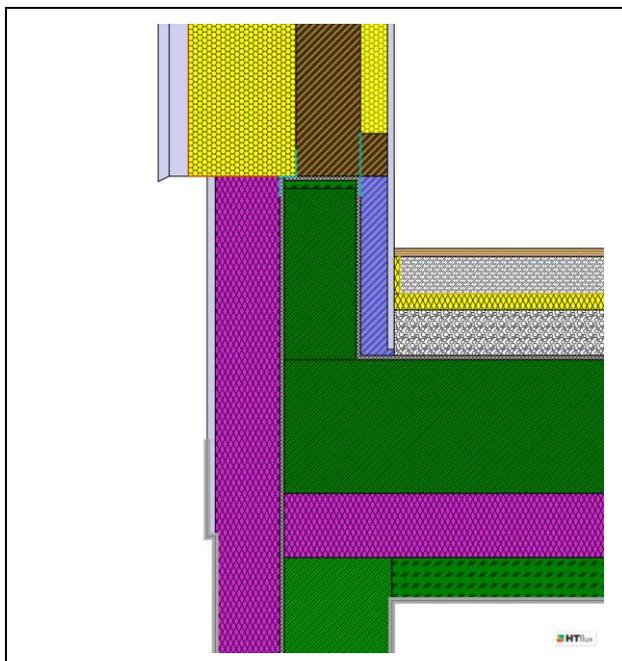
Die Maßnahmen zur Optimierung des Bauteilanschlusses zeigen ein verbessertes feuchtetechnisches Verhalten im Vergleich zum Ausgangsdetail.



Es tritt schädliches Kondensat im Bauteilinneren auf ($Cond_{total}=3,71\text{g/d}$).

Optimierung des Bauteilanschlusses

Der Anschluss wurde durch die gleichen Maßnahmen wie im Ausgangsdetail S-GEL_002 optimiert.



Es tritt kein schädliches Kondensat im Bauteilinneren auf.

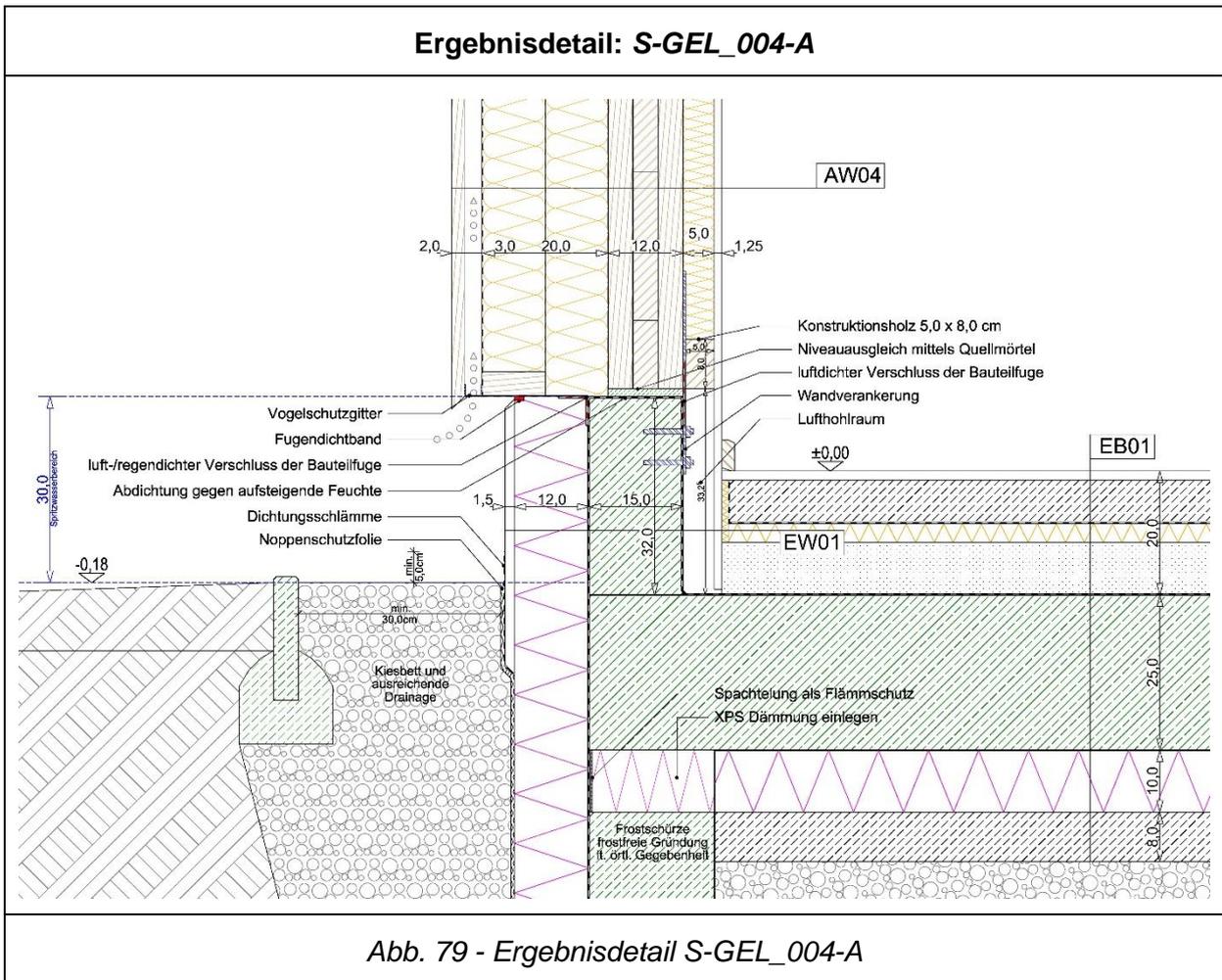


Abb. 79 - Ergebnisdetail S-GEL_004-A

Eine maßstäbliche Darstellung des Ergebnisdetails ist dem Anhang zu entnehmen.

Randbedingungen nach ÖNORM B 8110-2 (2020) [43]

Beim Bauteilanschluss S-GEL_004 wird eine Vergleichssimulation mit den in Kapitel 3.2 definierten Klimabedingungen nach ÖNORM B 8110-2 (2020) durchgeführt.

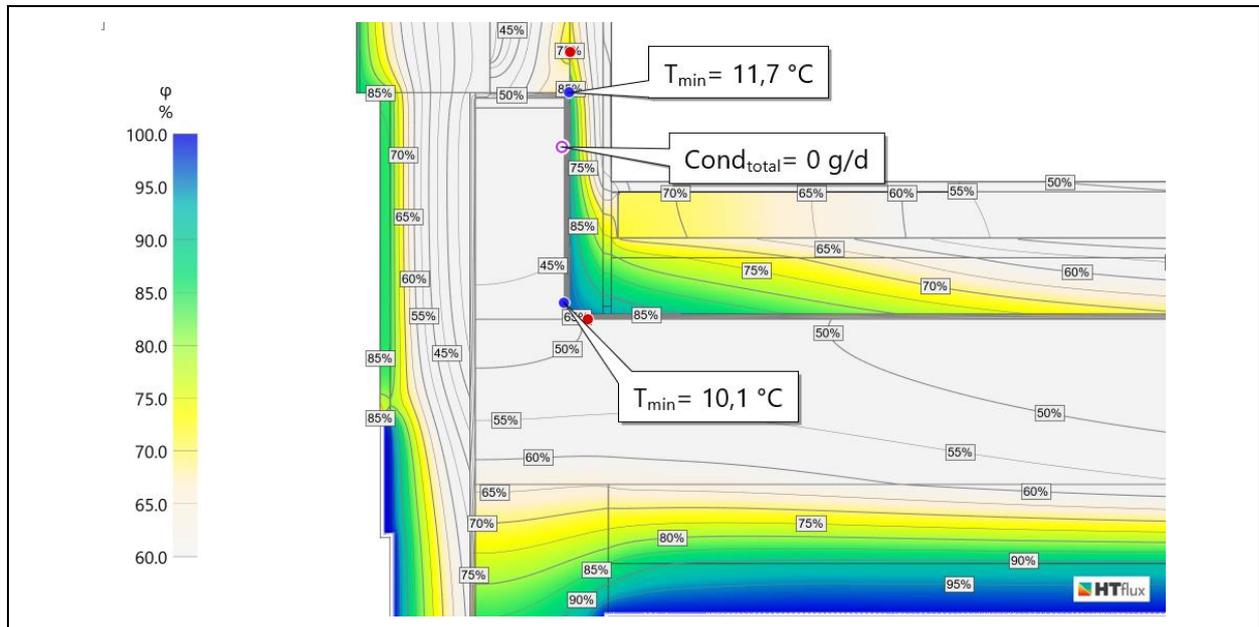


Abb. 80 - Feuchteverteilung Ausgangsdetail S-GEL_004

Die hygrothermische Untersuchung zeigt keinen Kondensatausfall im Bauteilinneren.

Die relative Luftfeuchtigkeit liegt an der raumseitigen Stahlbetonoberfläche im Bereich von 95%, sodass hier ein feuchtekritischer Bereich vorliegt und es bei abweichenden Klimabedingungen oder einer geringeren Ausführung der äußeren Wärmedämmschicht durchaus zu einem Kondensatausfall führen kann.

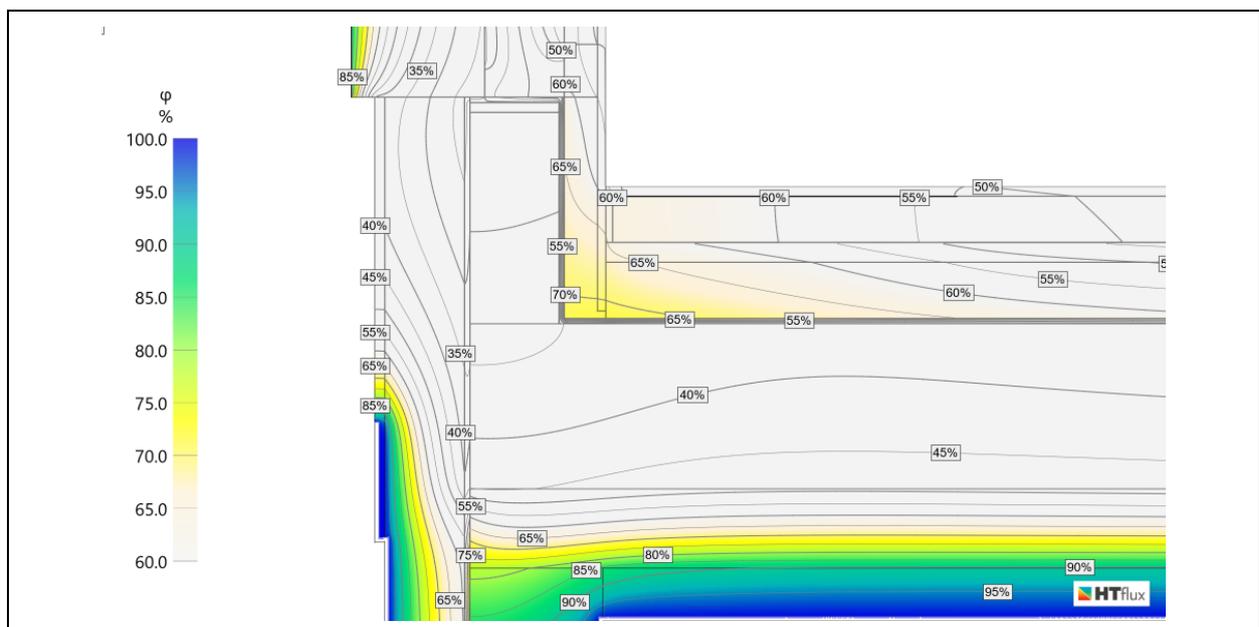


Abb. 81 - Feuchteverteilung Ergebnisdetail S-GEL_004-A

Die Maßnahmen zur Optimierung des Bauteilanschlusses zeigen ein verbessertes feuchtetechnisches Verhalten im Vergleich zum Ausgangsdetail.

4.2 Flachdachdetails

Bei der Planung von Flachdachkonstruktionen in Holz bedarf es einer umfassenden Kenntnis der äußeren Einflussparametern (wie z.B. Regen, Schnee, Sonneneinstrahlung und Beschattung), dem konstruktionsbedingten Durchbiegungsverhalten sowie dem Feuchteverhalten der Bauteilkonstruktion. Diese Einflüssen können unter anderem zu einer Beschädigung der äußeren Abdichtungsschicht und in weiterer Folge zu einer Durchfeuchtung des Bauteils führen. Die Sanierung von Bauschäden an Flachdachkonstruktionen ist meist mit hohem Aufwand und damit hohen Kosten verbunden. Ein entsprechender Wartungsplan ist zu empfehlen. Bei größeren Dachflächen empfiehlt sich auch der Einbau von Feuchtesensoren, um bei entsprechenden Leckagen eine Ortung der durchfeuchten Stellen zu ermöglichen. [60]

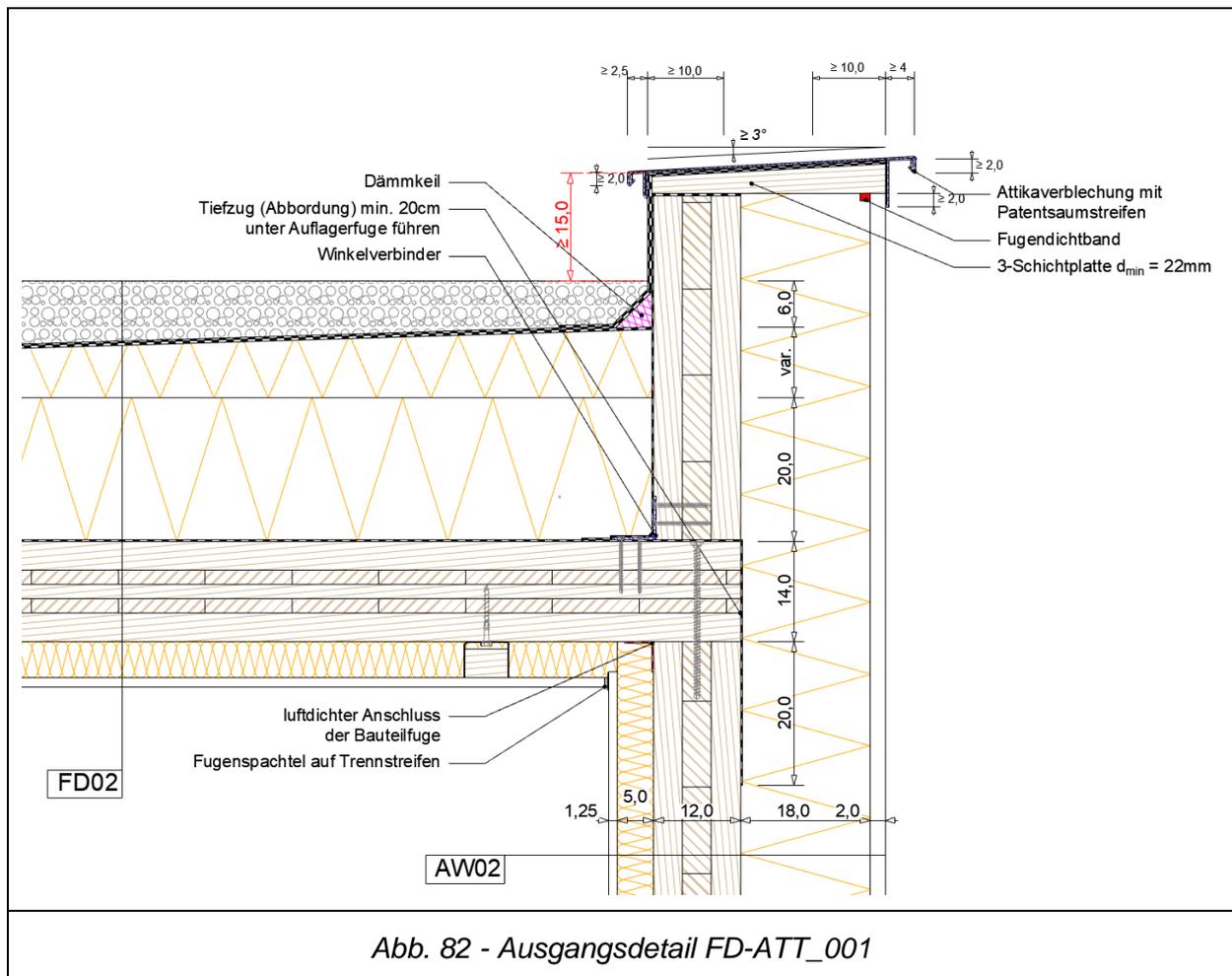
Flachdächer und flachgeneigte Dachkonstruktionen werden hauptsächlich ohne äußere Hinterlüftungsebene geplant, da sich die Ausführung, vor allem im Bereich von Durchdringungen, einfacher gestaltet und die Kosten niedriger sind. Durch eine nicht-belüftete Ausführung wird eine luft- sowie winddichtere Ausführung erreicht, materialbedingte Wärmebrücken werden vermieden und ein Holzschutz der Unterkonstruktion in der Hinterlüftungsebene entfällt. Bei den nicht-belüfteten Konstruktionen wird grundsätzlich eine Unterscheidung bei der Lage sowie Anzahl der wärmedämmenden Schichten getroffen. Gängige Flachdachkonstruktionen sind das Warmdach, Umkehrdach, Duodach und Plusdach. Die Anwendung des Duo- und Plusdachs findet sich hauptsächlich bei Flachdachsanierungen wieder.

Die nachfolgenden Konstruktionsdetails wurden alle als Warmdach konzipiert und überprüft. Warmdächer stellen eine sehr sichere Konstruktionsmöglichkeit dar, da die Tragkonstruktion von der wärmedämmenden Schicht getrennt ist. Die Tragkonstruktion liegt damit auf der warmen Seite und der Taupunkt des Bauteils verschiebt sich nach außen. Eine mögliche Kondensat- und Schimmelbildung an der Bauteiloberfläche sowie das Feuchteverhalten werden überprüft.

Als maßgebende Konstruktionsdetails wurden die geometriebedingten Wärmebrücken im Bereich der Attika sowie der Sockelanschluss einer aufgehenden Außenwand festgelegt. In Abhängigkeit der Gefälleausbildung sowie der Flachdachentwässerung ergibt sich in den Randbereichen im Normalfall eine Überdämmung durch die erhöhte Ausführung der Dämmschicht. Dies kann zu Anschlussproblemen im Bereich von Balkontüren führen, sodass ein ebener Übergang zum Außenbereich nicht möglich ist. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, den Fußbodenaufbau im Innenraum zu erhöhen bzw. einen Deckensprung auszubilden. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verbesserung der Dämmschicht durch den Einsatz einer Vakuumdämmung, Diese zeichnet sich durch eine sehr geringe Wärmeleitfähigkeit aus und ermöglicht einen geringeren Konstruktionsaufbau bei gleichbleibendem U-Wert.

Sämtliche Flachdachaufbauten wurden gemäß ÖNORM B 3691 als nicht genutzte Dachflächen definiert und der Kategorie K3 zugeordnet. Bei einer Nutzung als Terrasse oder Loggia sind die einzelnen Bauteilschichten entsprechend der ÖNORM B 3691 auszubilden. [34]

4.2.1 Attikaanschluss FD-ATT_001



Das Ausgangsdetail zeigt den Dachrandabschluss eines Flachdach. Die Attika wird in Brettsperrholz ausgeführt, um einen normgerechten Abdichtungshochzug zu gewährleisten. Der Hochzug ist gemäß ÖNORM B 3691 [34] für den Regelfall mit einer Mindesthöhe von 15cm herzustellen und hinterlaufsicher auszuführen. Die diffusionshemmende Schicht des Warmdachaufbaus wird vor der Montage des aufgehenden Attikaelements aufgebracht und bildet während der Bauphase die temporäre Bauschutzabdichtung. Die Auflagerfuge ist gemäß ÖNORM B 3691 [34] mit einem Tiefzug um mindestens 20cm zu überdecken.

Zum Schutz der Attikakrone sowie der Fassade ist eine Attikaabdeckung mit einem Mindestgefälle, in der Regel zur Dachfläche, von 3° vorzusehen. Die Mindestüberdeckungen der Attikaverblechung sind gemäß der Fachregeln für Bauspenglerarbeiten [4] sicherzustellen. Beim vorliegenden Ausgangsdetail ist zur Überdeckung der Fassadenfläche die Attikaverblechung mit Patentsaumstreifen ausgebildet. Alternative Ausführungsmöglichkeiten sind den einschlägigen Normen und Herstellerrichtlinien zu entnehmen.

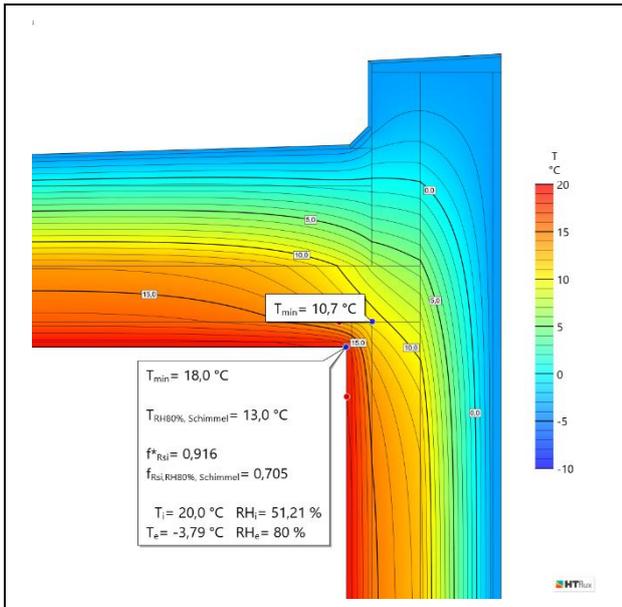


Abb. 83 - Temperaturverteilung
Schimmelkriterium FD-ATT_001

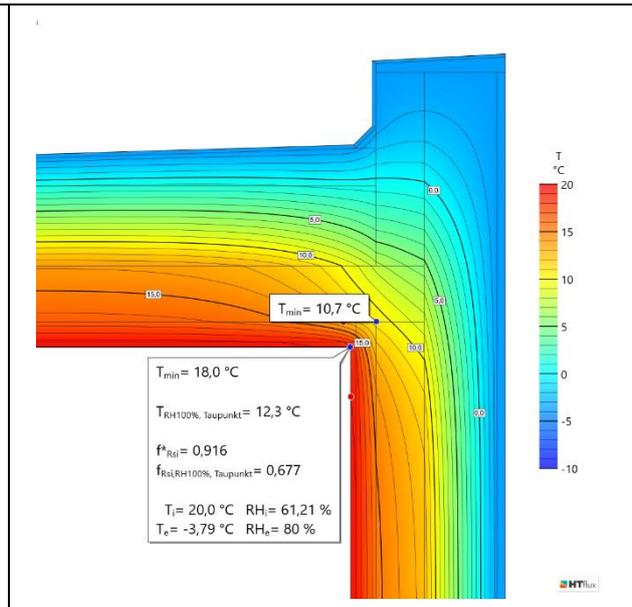


Abb. 84 - Temperaturverteilung
Kondensatkriterium FD-ATT_001

Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt 18,0°C.

Der Nachweis über den Temperaturfaktor f_{Rsi} ist erfüllt. Es tritt keine schadensverursachende Kondensation und Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche auf.

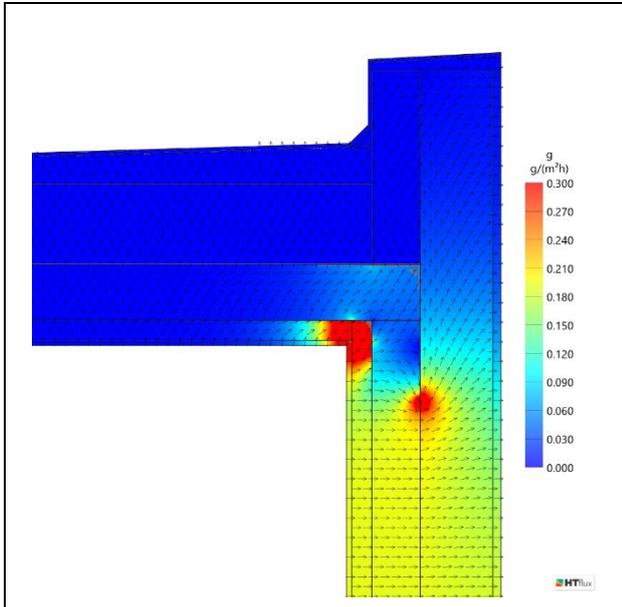


Abb. 85 - Diffusionsstrom FD-ATT_001

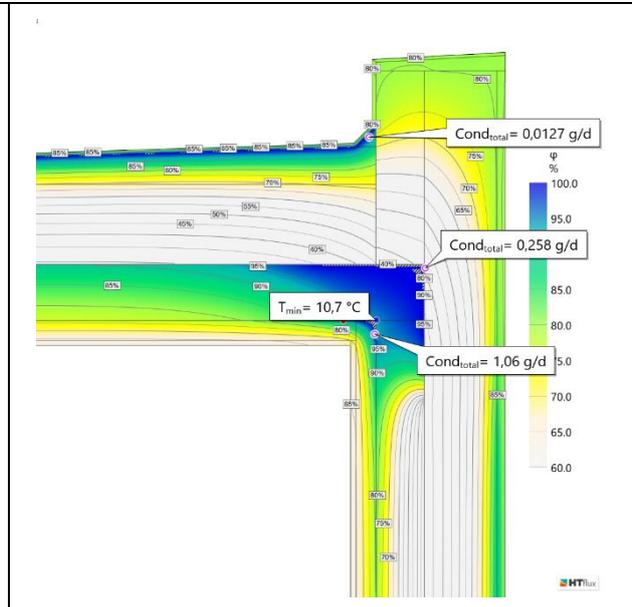


Abb. 86 - Feuchteverteilung FD-ATT_001

Es tritt an der raumseitigen Innenkante sowie an der außenseitigen Außenkante des Brettsperrholzelements schädliches Kondensat auf ($Cond_{total}=1,06\text{g/d}$ bzw. $0,258\text{g/d}$).

Interpretation der Berechnungsergebnisse

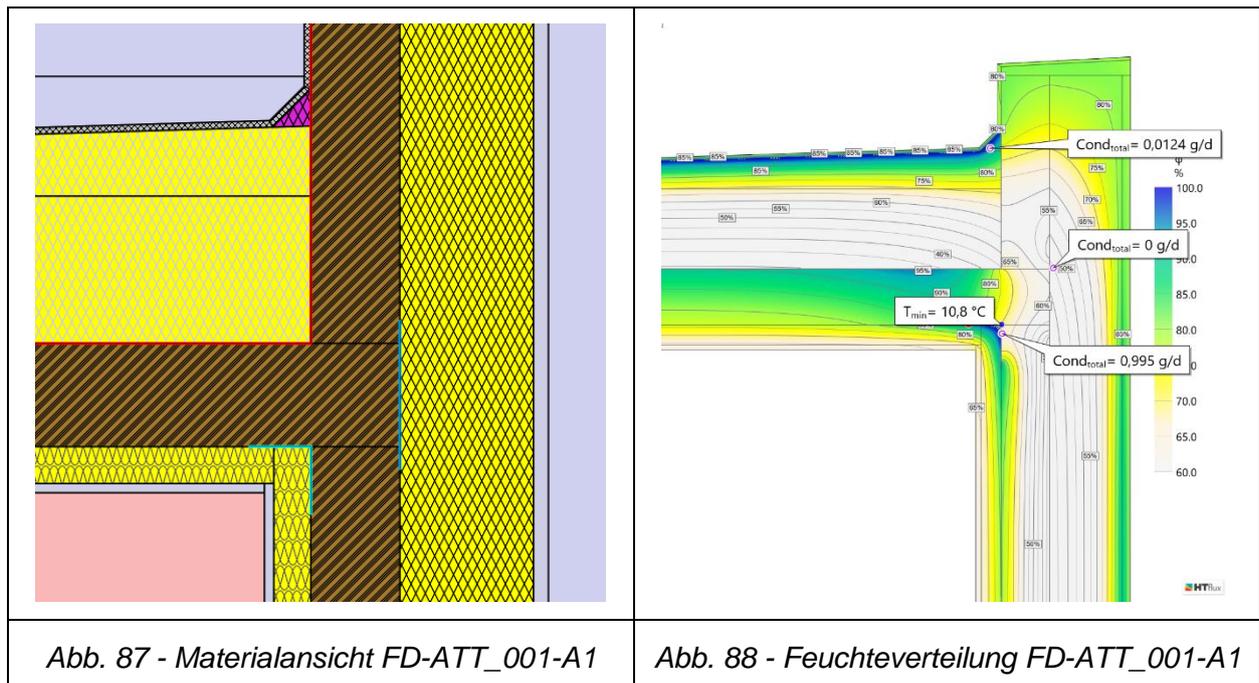
Die hygrothermische Untersuchung zeigt den negativen Einfluss der gedämmten Installationsebene und bewirkt eine Reduzierung der raumseitigen Oberflächentemperatur des tragenden Brettsperrholzelements. Die Taupunkttemperatur des Außenwandbauteils verschiebt sich nach innen und ist somit anfälliger für Kondensatbildung, vor allem im Bereich der geometrischen Wärmebrücke.

Ein weiterer kritisch zu beurteilender Punkt ist die Ausführung des Abdichtungstiefzugs im Dachrandbereich. Grundsätzlich sind im Holzbau die Außenbauteile nach außen diffusionsoffen auszubilden. Diese Regel wird im Bereich der Anschlussfuge durch die diffusionsdichte Ausführung verletzt. Im Allgemeinen sind Bauteilfugen luftdicht auszubilden, die Abdichtungsbahn mit einem sehr hohen s_d -Wert ($s_d=1500m$) ist dafür aber ungeeignet.

Optimierung des Bauteilanschlusses

- 1) Anordnung einer dampfbremsenden Folie an der außenseitigen Bauteilfuge

Es wird auf den Tiefzug der Dampfsperre im Deckenrandbereich verzichtet. Der Luft- bzw. Regendichte Anschluss der Bauteilfuge wird mit einer dampfbremsenden Folie ($s_d=5m$) sichergestellt.



Die Optimierung zeigt ein verbessertes hygrisches Verhalten im Randbereich der Brettsperrholzdecke. Es tritt kein schädliches Kondensat an der Brettsperrholzaußenseite auf.

- 2) Anpassung der Installationsebene an der raumseitigen Innenkante

Im ersten Optimierungsschritt konnte die Kondensatbildung an der Außenseite verhindert werden. An der raumseitigen Innenkante konnte die Kondensatmenge jedoch nur geringfügig um $\sim 0,07\text{g/d}$ verringert werden (vgl. Abb. 86 und Abb. 88).

Im weiteren Optimierungsprozess wird auf eine Dämmung im kritischen Bereich verzichtet, um durch die Ausbildung eines Lufthohlraums die Oberflächentemperatur am Auflagerpunkt des Brettsperrholzelement zu erhöhen. Der Abschluss der Installationsebene wird durch Konstruktionshölzer sichergestellt, jeweils an der Deckenunterseite und Wandinnenseite. Aus schallschutztechnischen Gründen empfiehlt es sich hier, die Konstruktionshölzer mittels Schwingbügel zu befestigen.

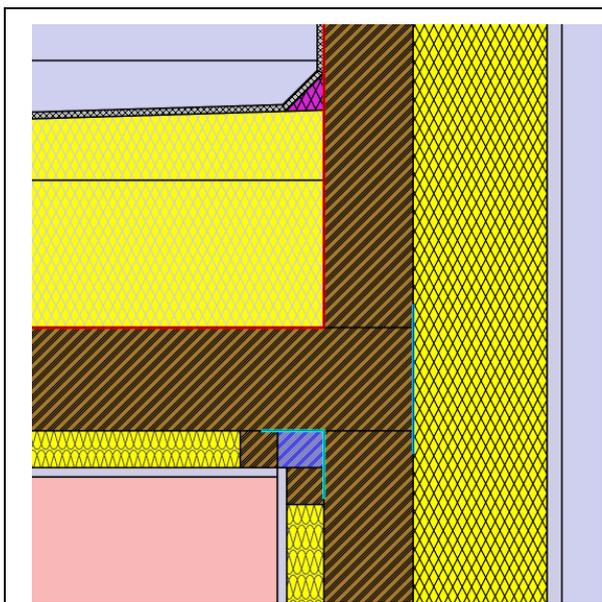


Abb. 89 - Materialansicht FD-ATT_001-A2

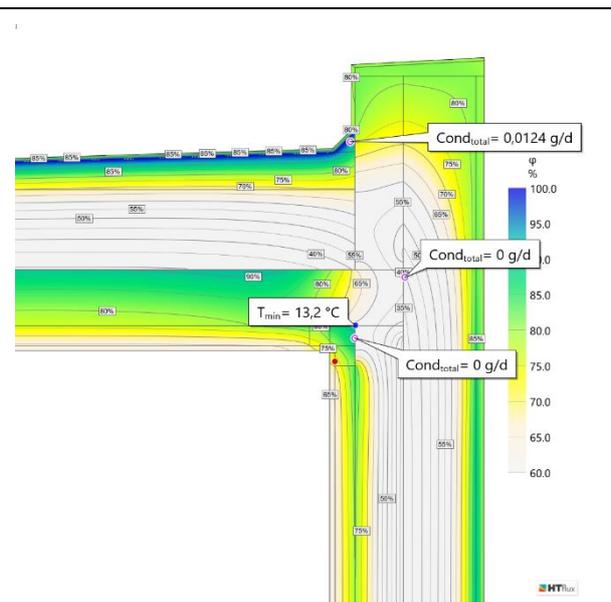


Abb. 90 - Feuchteverteilung FD-ATT_001-A2

Die Oberflächentemperatur der raumseitigen Brettsperrholzinnekkante konnte durch die Maßnahme um $2,5\text{ °C}$ erhöht werden (vgl. Abb. 86 und Abb. 90).

Es tritt kein schädliches Kondensat im Bauteilinneren auf.

Schlussfolgerung

Die Ausführung der Dampfsperre im Dachrandbereich als Tiefzug ist in Bezug auf das Diffusionsverhalten des Bauteilanschlusses kritisch zu beurteilen. Dies steht im Widerspruch zu einer diffusionsoffenen Bauweise. Im Fertigungsprozess ist diese Ausführung vorteilhaft, da die Dampfsperre somit gleich als temporäre Bauschutzabdichtung genutzt werden kann und das Flachdach in der Bauphase dicht ist. Im Normalfall ist zum Zeitpunkt des Aufbringens der Dampfsperrbahn noch keine Attikakonstruktion vorhanden, um einen Hochzug herzustellen. In Absprache mit der Statik sollte daher über alternative Auflagerkonstruktionen diskutiert werden, sodass z.B. Außenwandelement und Attika als ein durchgehendes Bauteil ausgebildet werden und die Deckenkonstruktion daran angehängt wird.

Die Ausführung einer gedämmten Installationsebene verbessert zwar die schallschutz-, brandschutz- und wärmetechnischen Kennwerte eines Außenbauteils, jedoch sollte vor allem im Bereich der geometrischen Wärmebrücken auf die Dämmung verzichtet werden. Durch eine geringfügige Anpassung der Unterkonstruktion sowie dem Entfall der Dämmung im Bereich der raumseitigen Innenkante konnte das Risiko einer Kondensatbildung deutlich reduziert werden.

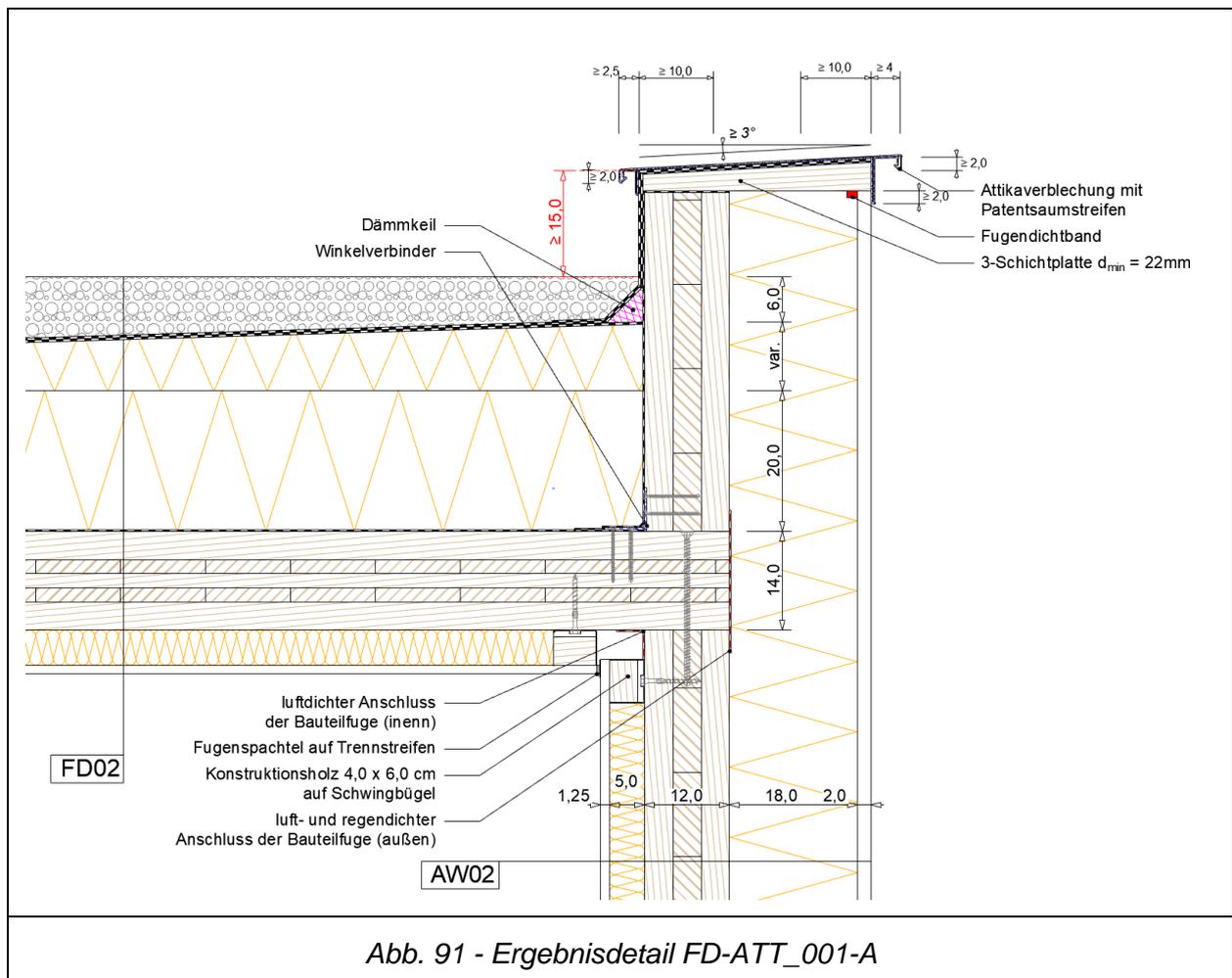


Abb. 91 - Ergebnisdetail FD-ATT_001-A

Eine maßstäbliche Darstellung des Ergebnisdetails ist dem Anhang zu entnehmen.

Randbedingungen nach ÖNORM B 8110-2 (2020) [43]

Beim Bauteilanschluss FD-ATT_001 wird eine Vergleichssimulation mit den in Kapitel 3.2 definierten Klimabedingungen nach ÖNORM B 8110-2 (2020) durchgeführt.

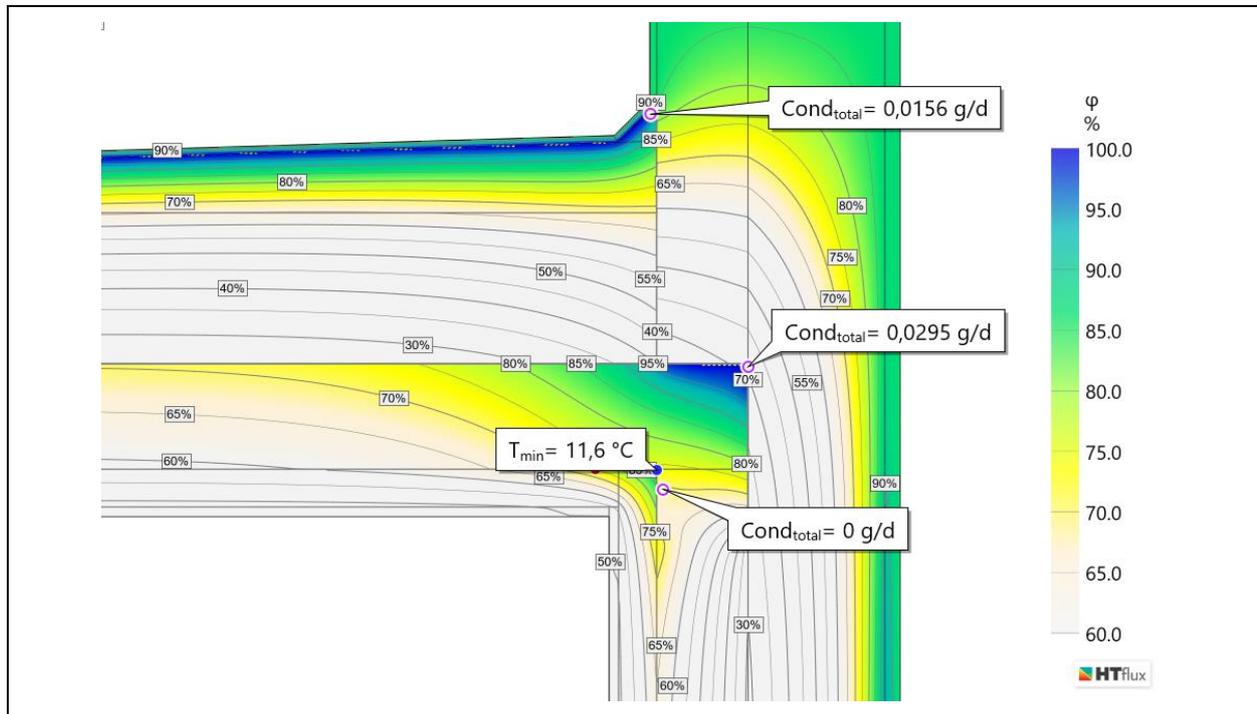


Abb. 92 - Feuchteverteilung Ausgangsdetail FD-ATT_001

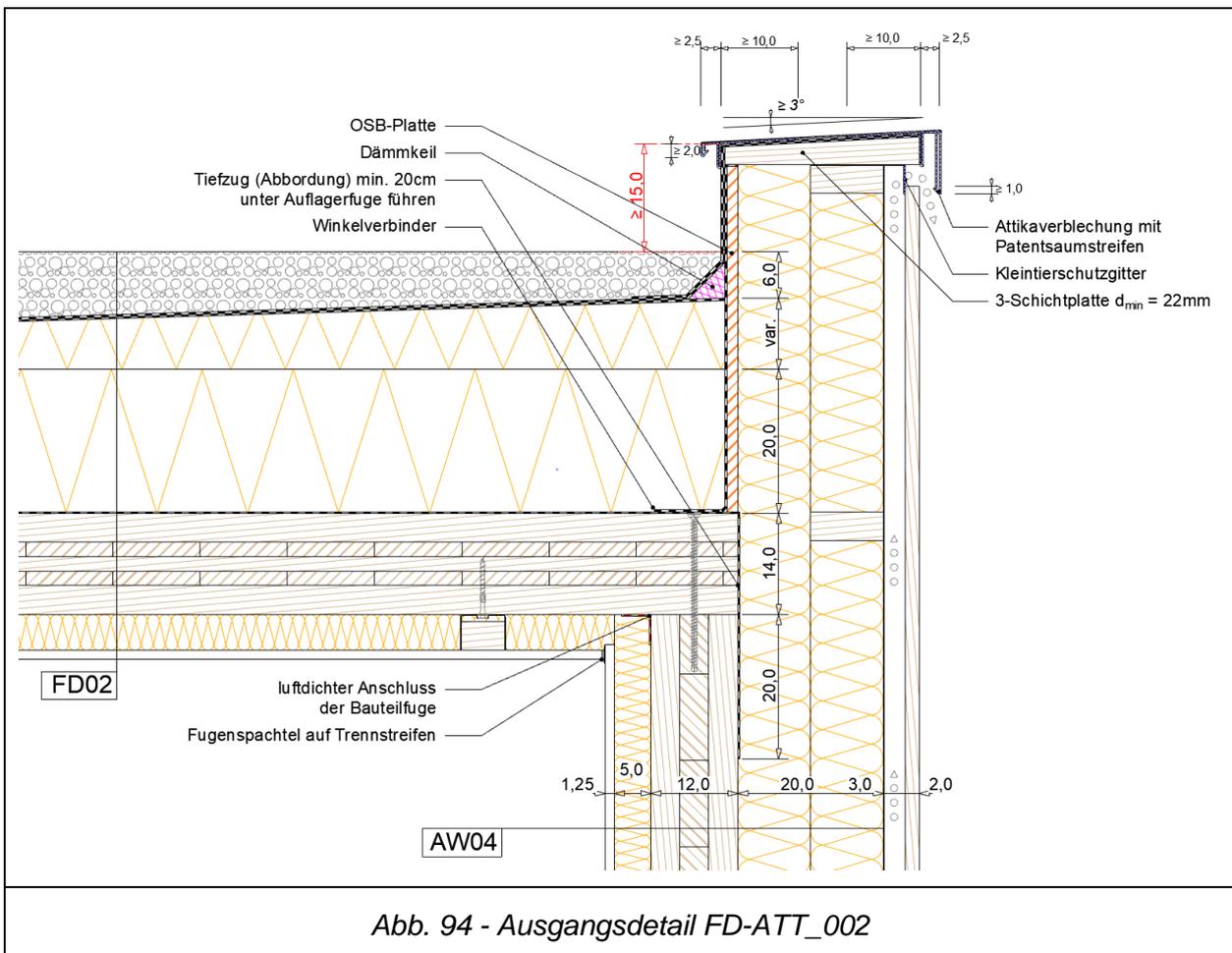
Die hygrothermische Untersuchung zeigt einen ähnlichen Kondensatausfall, jedoch in geringerer Menge. Als Vergleich werden die Ergebnisse beider Berechnungen mit den jeweiligen Klimata-Randbedingungen zusammengefasst:

Kondensationsebene	RB gemäß ÖN B 8110-2 (2003) Kondensatmenge [g/m ² d]	RB gemäß ÖN B 8110-2 (2020) Kondensatmenge [g/m ² d]
Raumseitige Installationsebene	1,060	-
Außenseitige BSP-Anschlussfuge	0,258	0,030
Außenseitige Abdichtungsbahn	0,013	0,016

Das Glaser 2D-Verfahren weist bei starker Kondensatbildung Ungenauigkeiten auf. Kapillare Effekte sowie eine mögliche Feuchtespeicherung bleiben unberücksichtigt, sodass die berechneten Kondensatmengen etwas zu hoch ausfallen. Eine genaue Berechnung erfordert präzise Klimadaten sowie feuchteabhängige Materialparameter.

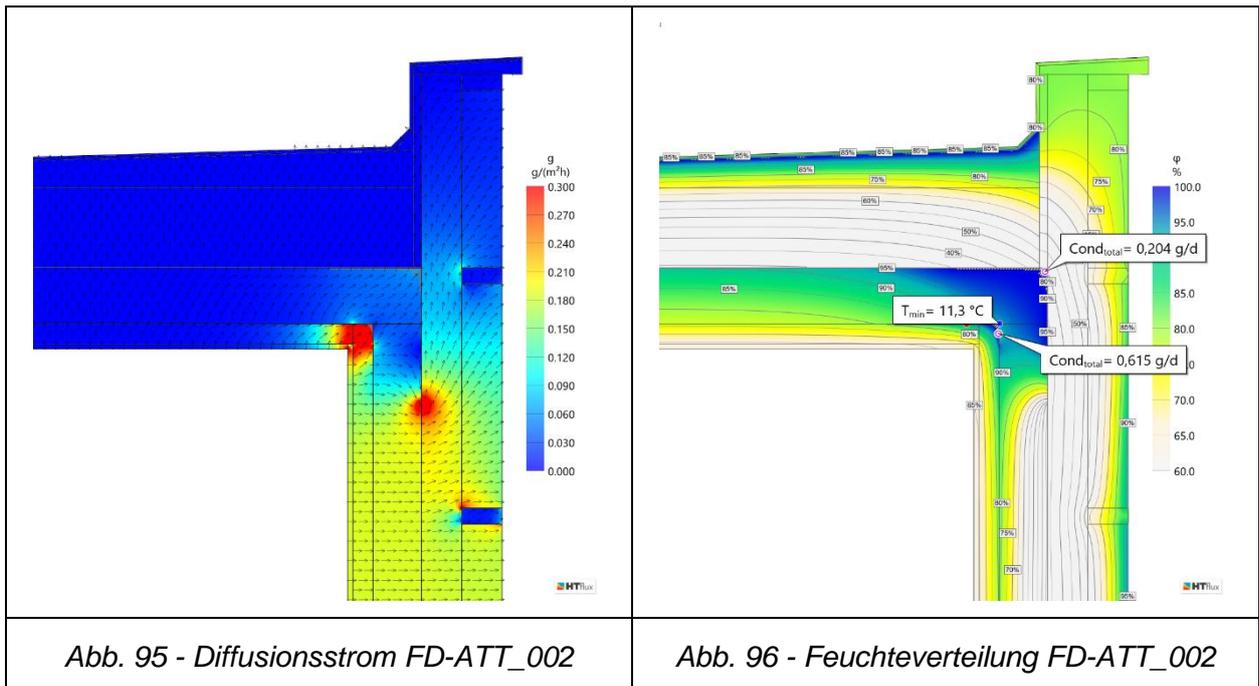
Die vorliegenden Simulationen sollen jedoch auf kritische Bereiche der Konstruktion aufmerksam machen, um auf die Notwendigkeit von weiteren, detaillierteren Simulationen hinzuweisen.

4.2.2 Attikaanschluss FD-ATT_002



Das Ausgangsdetail wurde analog zum Ausgangsdetail FD-ATT_001 ausgearbeitet.

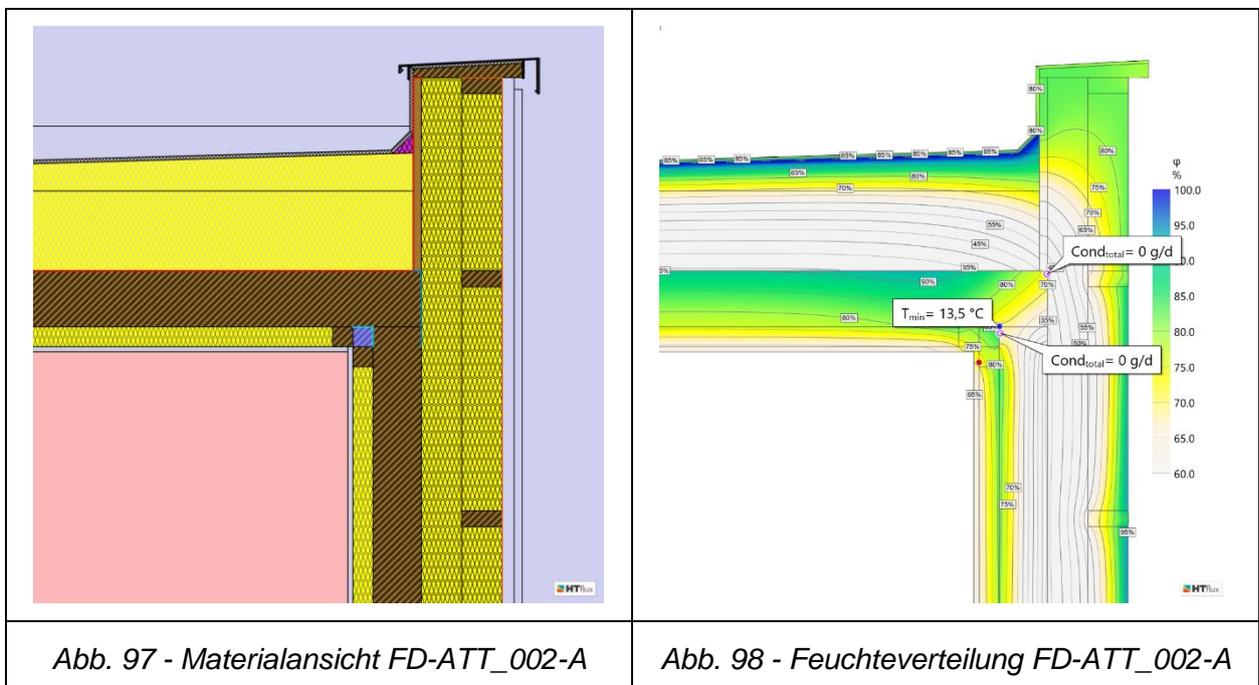
Die Fassade wird im Gegensatz dazu als hinterlüftete Fassade ausgebildet. Im Bereich der Attika kann anstelle des Brettsperrholzelements eine OSB-Platte als Unterkonstruktion für die Herstellung des Abdichtungshochzugs angeordnet werden.



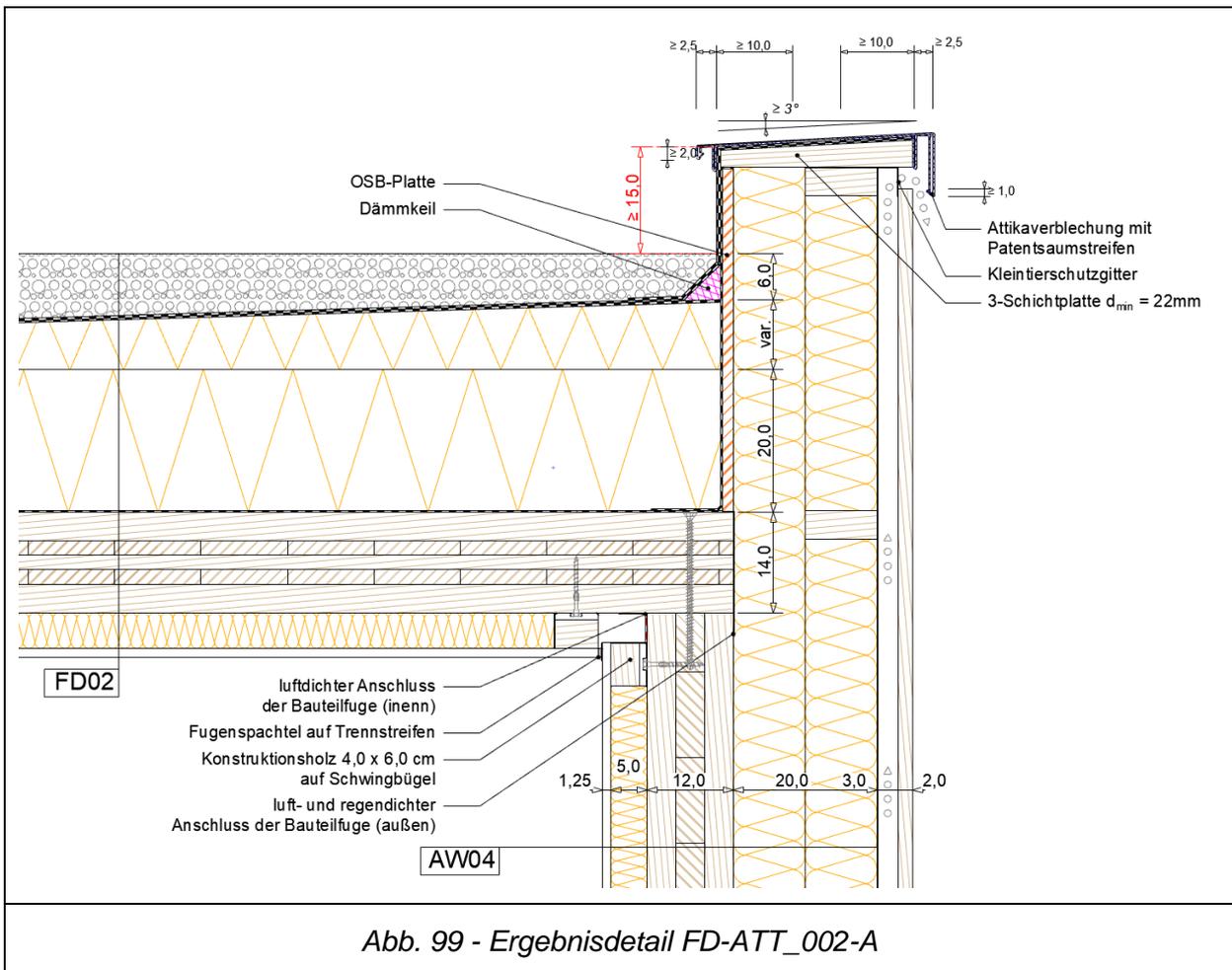
Es tritt an der raumseitigen Innenkante sowie an der außenseitigen Außenkante des Brettsperrholzelements schädliches Kondensat auf ($Cond_{total}=0,615\text{g/d}$ bzw. $0,204\text{g/d}$).

Optimierung des Bauteilanschlusses

Der Anschluss wurde durch die gleichen Maßnahmen wie im Ausgangsdetail FD-ATT_001 optimiert.



Es tritt kein schädliches Kondensat im Bauteilinneren auf.



Eine maßstäbliche Darstellung des Ergebnisdetails ist dem Anhang zu entnehmen.

4.2.3 Sockelanschluss FD-SOC_001

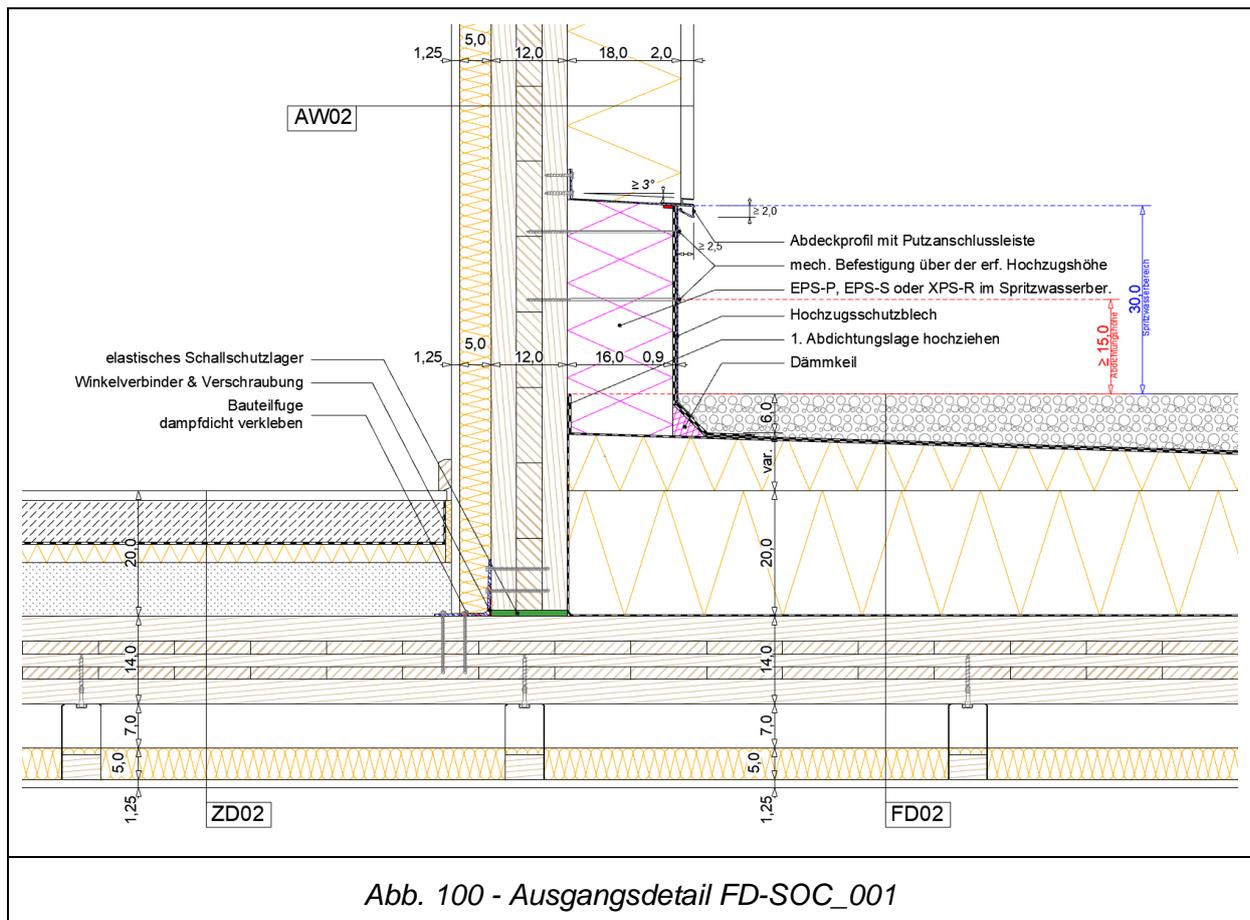


Abb. 100 - Ausgangsdetail FD-SOC_001

Das Ausgangsdetail zeigt den unteren Anschlusspunkt zu einer aufgehenden Außenwand. Im Sockelbereich ist gemäß ÖNORM B 3691 [34] für den Regelfall ein Abdichtungshochzug von min. 15cm vorzusehen. In Abb. 101 ist ein Beispiel aus der ÖNORM B 3691 für die Ausführung eines Wandanschlusses ohne Entwässerungsrinne dargestellt.

Der gesamte Spritzwasserbereich ist analog zum Gebäudesockel (vgl. Kapitel 4.1) mit XPS zu überdämmen. Es können auch wahlweise Dämmplatten aus EPS-P oder EPS-S gemäß ÖNORM B 6400-1 [41] verwendet werden. Zur baulichen Trennung zwischen Sockel und aufgehender WDVS-Fassade ist ein Abschlussprofil vorzusehen.

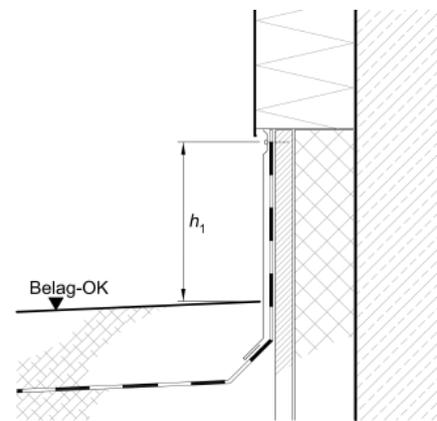


Abb. 101 - Auszug ÖNORM B 3691

Um eine entsprechende Hinterlauf-Sicherheit während der Bauphase, vor allem bei Flachdächern mit größerer Dachfläche, zu gewährleisten, empfiehlt es sich, nach dem Verlegen der horizontalen Dämmplatten bereits mit der 1. Abdichtungsschicht zu beginnen und diese im Randbereich hochzuziehen und zu verkleben. Danach kann mit dem Anbringen der Sockeldämmplatten und den abschließenden Abdichtungsarbeiten begonnen werden.

Die Außenwand ist im unteren Auflagerpunkt schalltechnisch zu trennen sowie luftdicht zu verkleben. Die Ausführung der abgehängten Decke erfolgt aus Schwingbügeln und mit einem entsprechenden Luftraum zwischen Dämmung und Tragschicht. Diese Ausführungsvariante ist bei der Trennung von zwei Betriebseinheiten zu empfehlen.

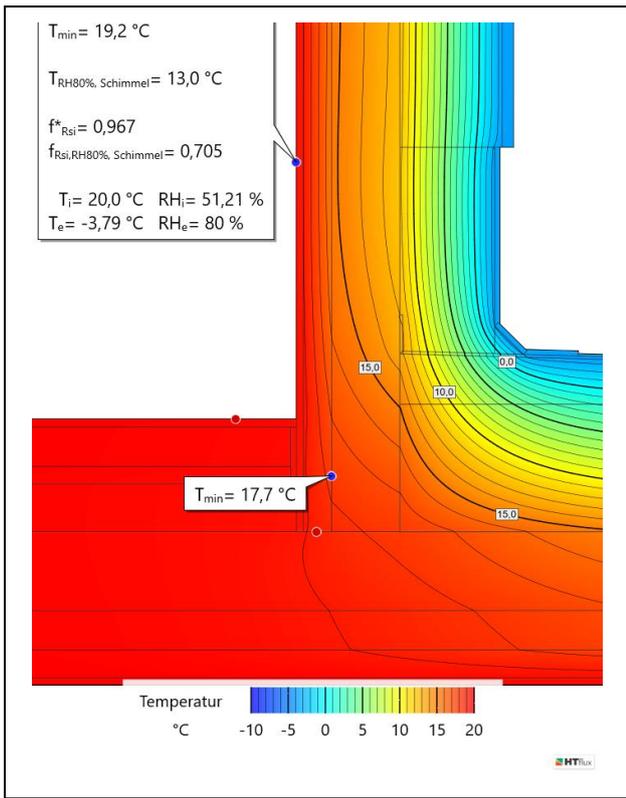


Abb. 102 - Temperaturverteilung Schimmekriterium FD-SOC_001

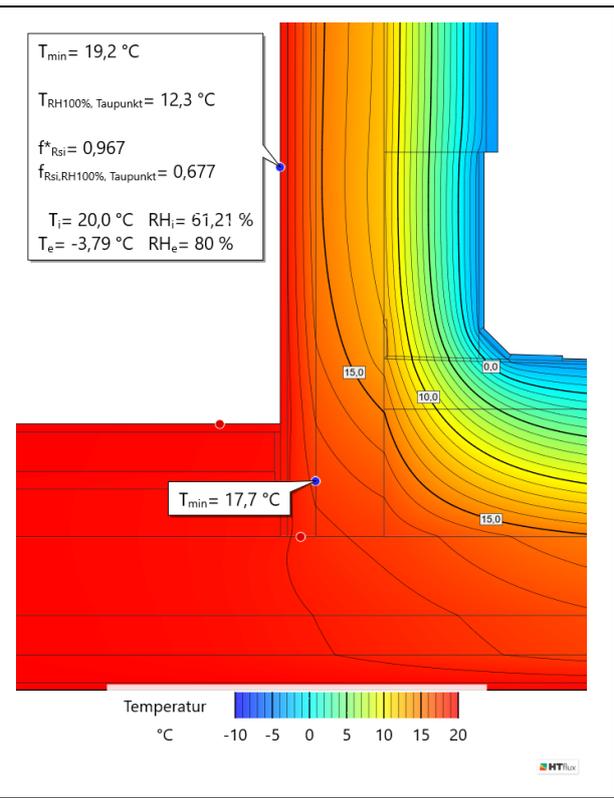


Abb. 103 - Temperaturverteilung Kondensatkriterium FD-SOC_001

Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt 19,2°C.

Der Nachweis über den Temperaturfaktor f_{Rsi} ist erfüllt. Es tritt keine schadensverursachende Kondensation und Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche auf.

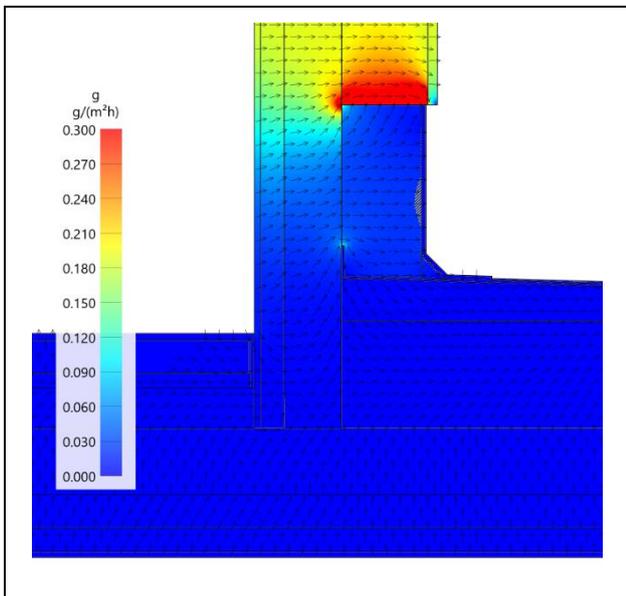


Abb. 104 - Diffusionsstrom FD-SOC_001

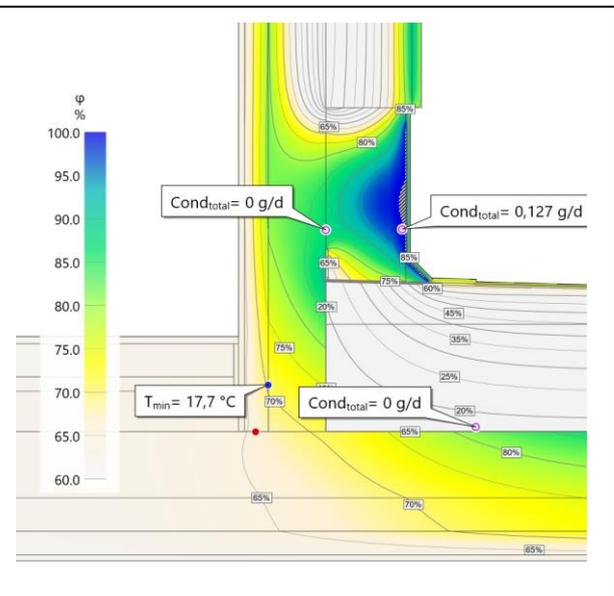


Abb. 105 - Feuchteverteilung FD-SOC_001

Es tritt schädliches Kondensat auf ($Cond_{total}=0,127g/d$).

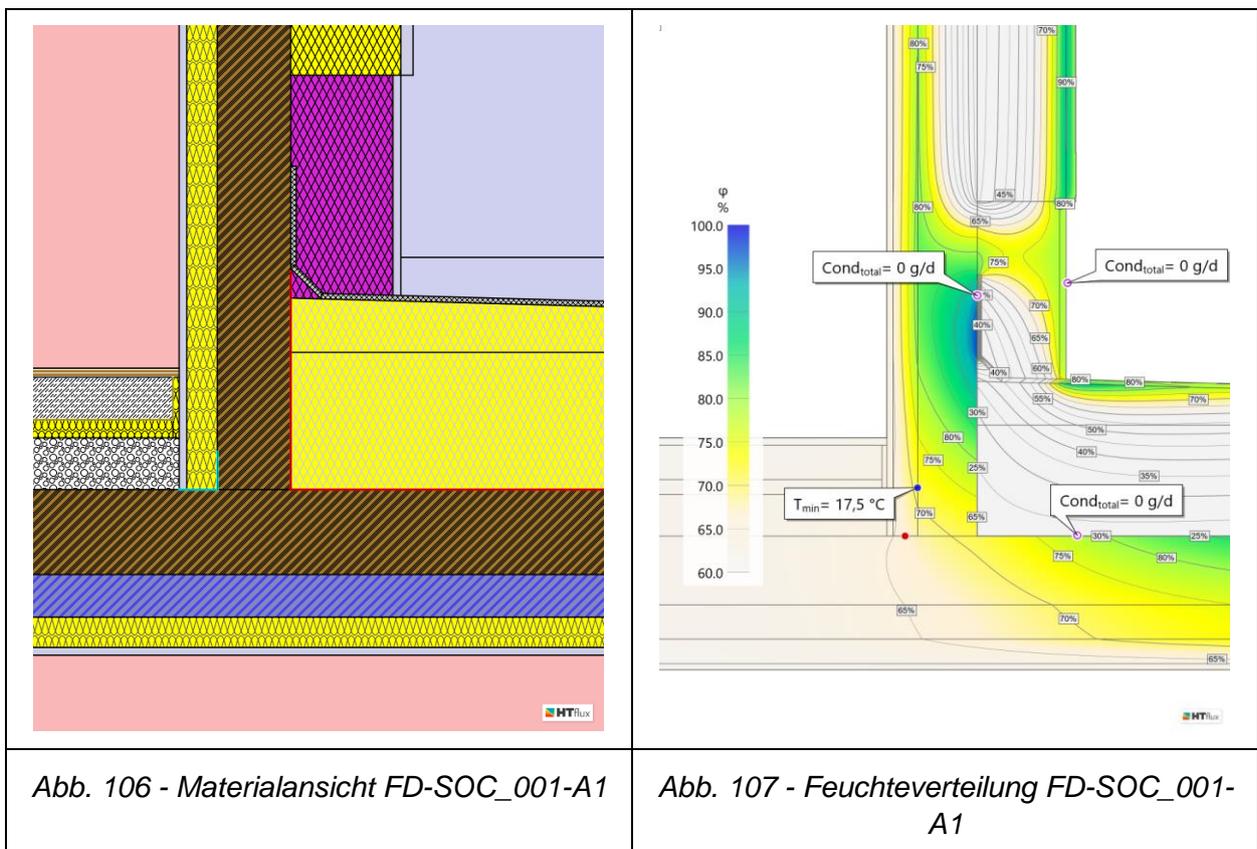
Interpretation der Berechnungsergebnisse

Die hygrothermische Untersuchung zeigt einen Kondensatausfall an dem außenliegenden Abdichtungshochzug. Die Dampfdiffusion aus dem konditionierten Innenraum trifft im Sockelbereich auf die Abdichtungsbahn und kann aufgrund der hohen Dichtigkeit ($\mu \sim 50.000$, $d=0,9\text{cm}$, $S_{d,\text{Bitumenbahn}} \sim 450\text{m}$) nicht an die Außenluft ausdiffundieren. Die Grundregel der diffusionsoffenen Bauweise wird im Sockelbereich der Außenwand durch das Anbringen des Abdichtungshochzugs verletzt.

Die Anordnung der Abdichtungsbahn sowie die Ausbildung des Hochzuges entsprechen den Vorgaben der ÖNORM B 3691 [34], sind jedoch feuchtetechnisch kritisch zu beurteilen.

Optimierung des Bauteilanschlusses

- 1) Anordnung des Abdichtungshochzugs hinter der Sockeldämmung



Durch die Anordnung des Hochzuges auf die „warme“ Seite der Sockeldämmplatte konnte eine Kondensatbildung verhindert werden, jedoch wird die maximal zulässige relative Luftfeuchtigkeit von 89% für Vollholz und Massivholzprodukte (vgl. Kapitel 3.6) nicht eingehalten.

- 2) Anpassung der Installationsebene im unteren Wandbereich

Die Installationsebene wird zur Reduzierung der relativen Luftfeuchte bzw. dazu in direktem Zusammenhang stehend die Holzfeuchte des Massivholzwand im Sockelbereich als Lufthohlraum ausgebildet.

Durch das direkte Aufbringen des Abdichtungshochzugs an die Massivholzwand entfällt das Hochzugschutzblech, da die Funktion des Abdichtungsschutzes durch die davorgesetzte Sockeldämmplatte gegeben ist. Der Sockelbereich wäre im Zuge der Herstellung der WDVS-Fassade zu verputzen. Es ist analog wie bei den erdberührten Sockelanschlüssen eine Dichtungsschlämme bis mindestens 5cm über Belagsoberkante auf den Sockelputz anzubringen.

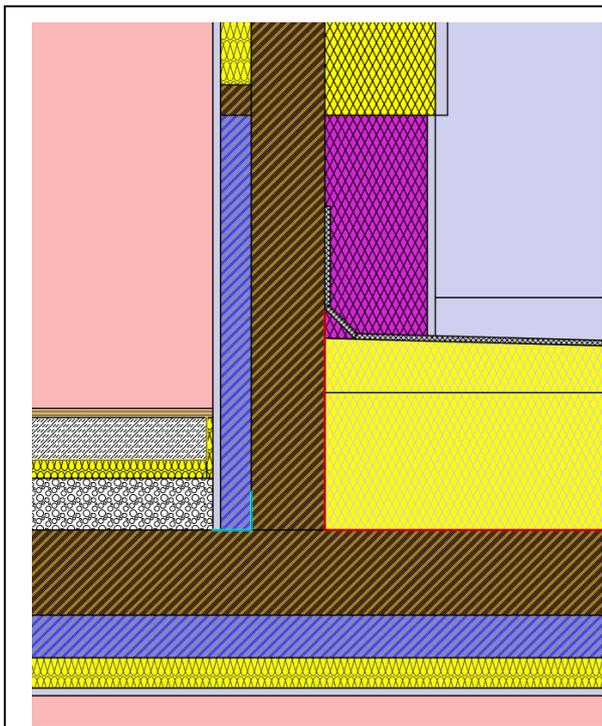


Abb. 108 - Materialansicht FD-SOC_001-A2

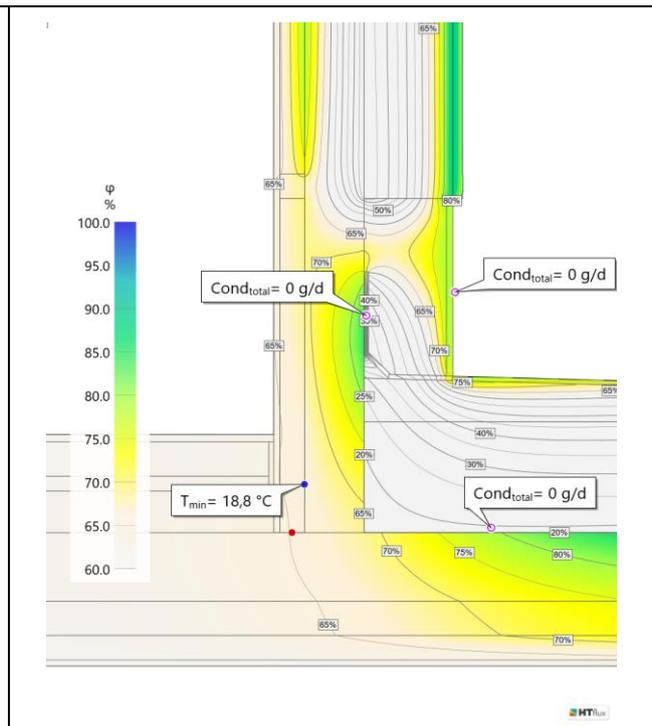


Abb. 109 - Feuchteverteilung FD-SOC_001-A2

Schlussfolgerung

Die Ausführung des Abdichtungshochzuges bei Wandanschlüssen ist gemäß ÖNORM 3691 [34] an der kalten Seite der Dämmung auszuführen, ist jedoch aus bauphysikalischer Sicht kritisch zu beurteilen. Das Diffusionsverhalten im Sockelbereich wird durch das Anbringen des Hochzuges an der Außenfläche behindert, wodurch es zur Kondensatbildung zwischen Dämmung und Abdichtung kommt. Die Anordnung des Hochzuges hinter der Sockeldämmung verbessert das Diffusionsverhalten des Bauteils im Sockelbereich, eine mögliche Überschreitung der zulässigen Holzfeuchte, vor allem bei Bauteilen mit gedämmter Installationsebene, sollte jedoch überprüft werden.

Grundsätzlich ist der Kondensatausfall für die Wärmeleitfähigkeit der Sockeldämmung unproblematisch, da im Sockelbereich nur feuchteunempfindliche Dämmstoffe zu verwenden sind. Es besteht aber die Gefahr einer Beschädigung des Abdichtungshochzuges durch Gefrieren des Kondensatausfall in den Wintermonaten, sodass hier jedenfalls eine kondensatfreie Ausbildung anzustreben ist.

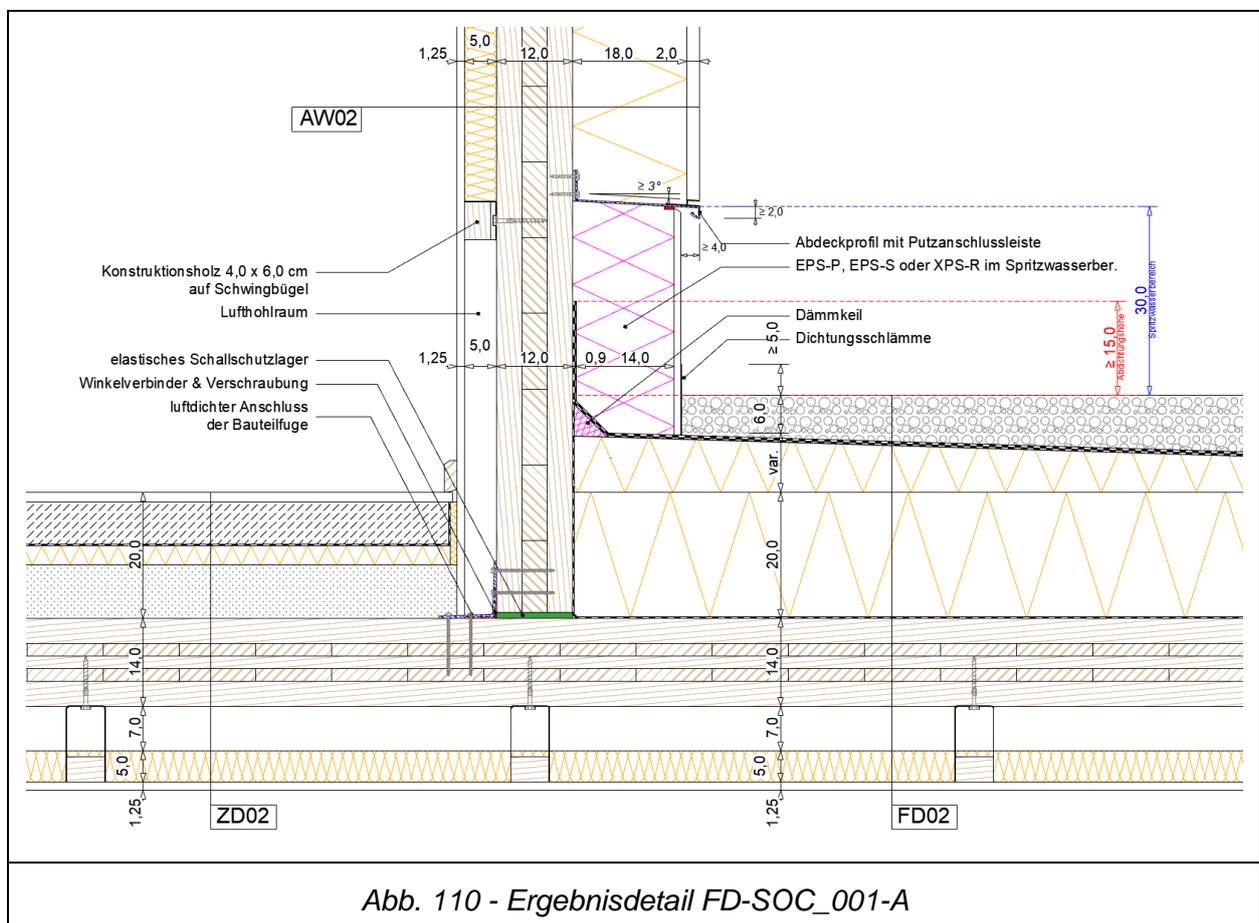


Abb. 110 - Ergebnisdetail FD-SOC_001-A

Eine maßstäbliche Darstellung des Ergebnisdetails ist dem Anhang zu entnehmen.

sind z.B. EPS- , XPS oder Gummigranulatmatten sowie Polymerbitumenbahnen. Die erforderliche Mindestdicken der Schutzschicht ist zu beachten.

Vor der Verlegung der Paneele ist eine Flächenermittlung durchzuführen und ein Verlegeplan, unter Berücksichtigung der Standard- und Sonderformate, zu erstellen.

Der Nachweis auf schadensverursachende Kondensation und Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche gilt wie im Ausgangsdetail FD-SOC_001 als erfüllt.

Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt 19,2°C.

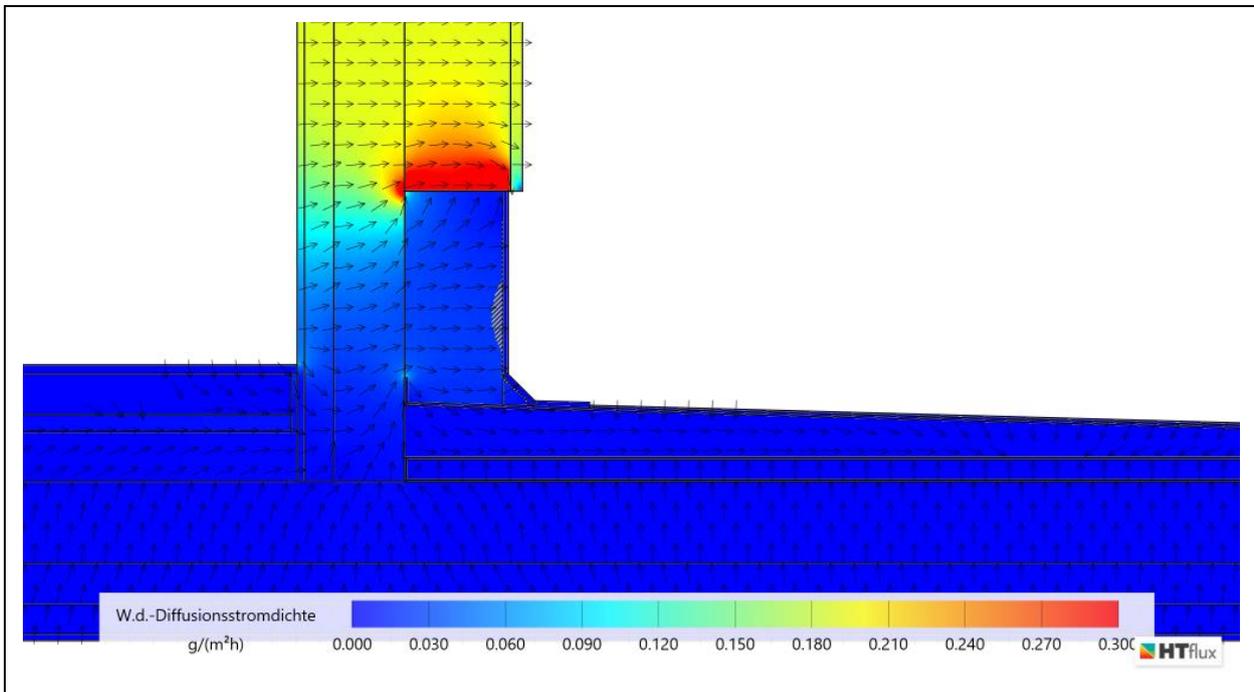


Abb. 112 - Diffusionsstrom FD-SOC_002

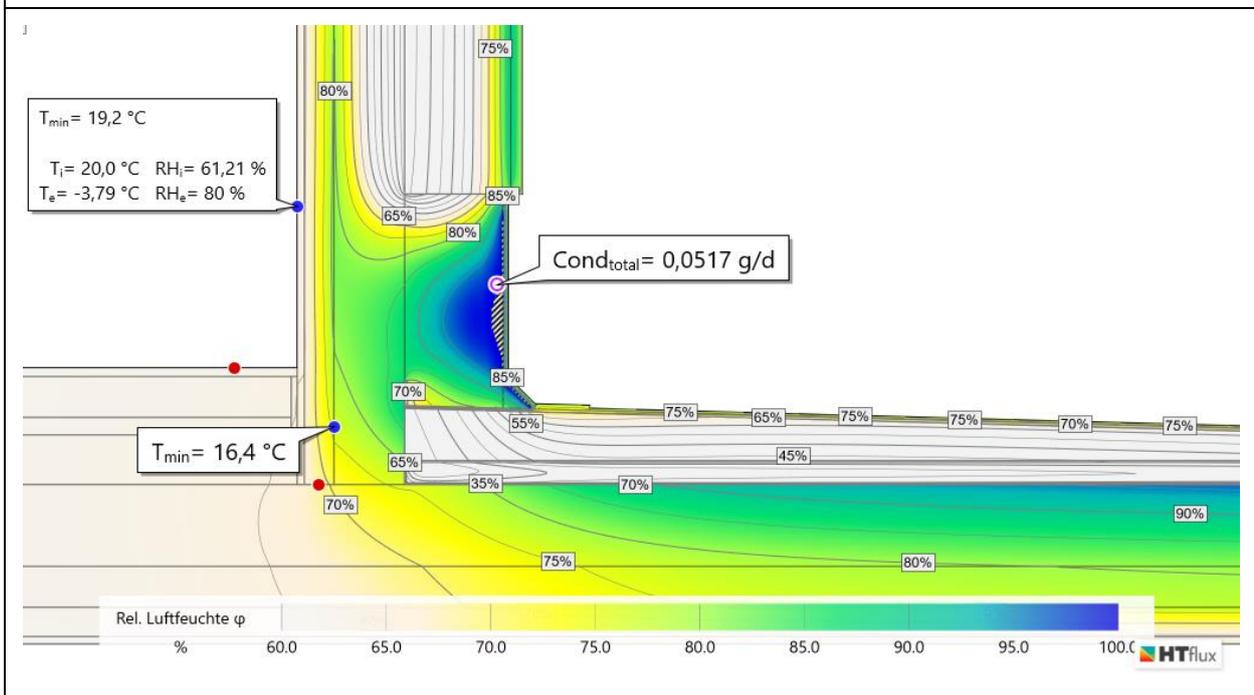


Abb. 113 - Feuchteverteilung FD-SOC_002

Es tritt schädliches Kondensat auf ($Cond_{total} = 0,0517\text{ g/d}$).

Optimierung des Bauteilanschlusses

Der Anschluss wurde durch die gleichen Maßnahmen wie im Ausgangsdetail FD-SOC_001 optimiert. Der Abdichtungshochzug wird hinter der Sockeldämmung angeordnet und die dahinterliegende Installationsebene wird im unteren Wandbereich nicht gedämmt.

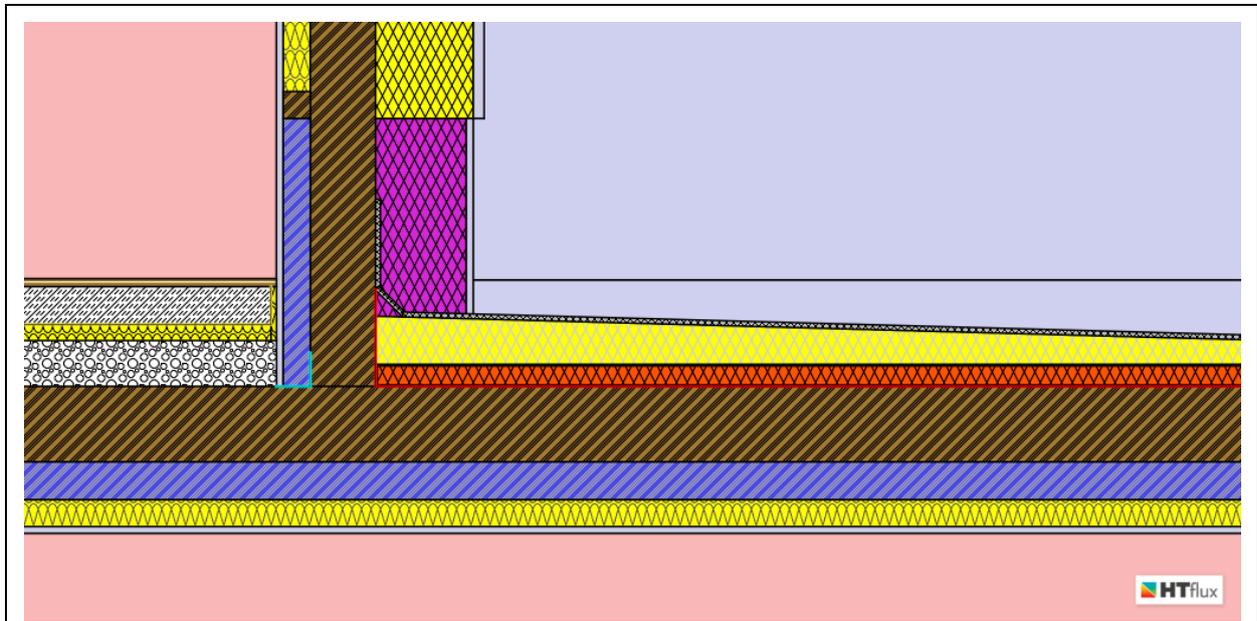


Abb. 114 - Materialansicht FD-SOC_002-A

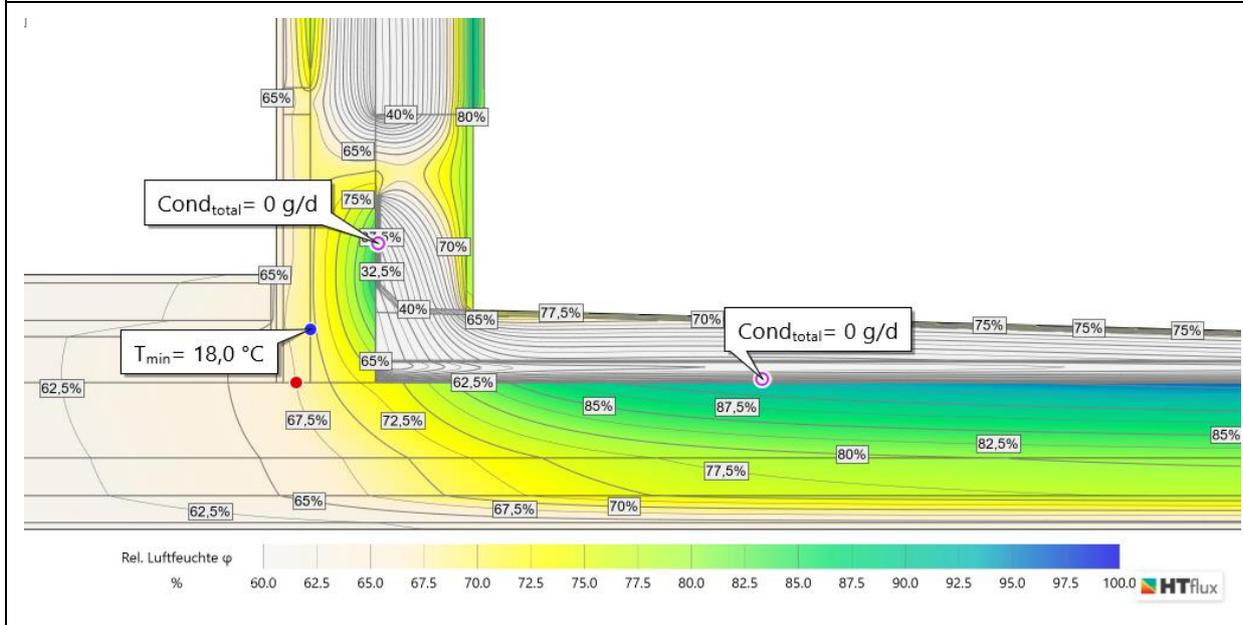
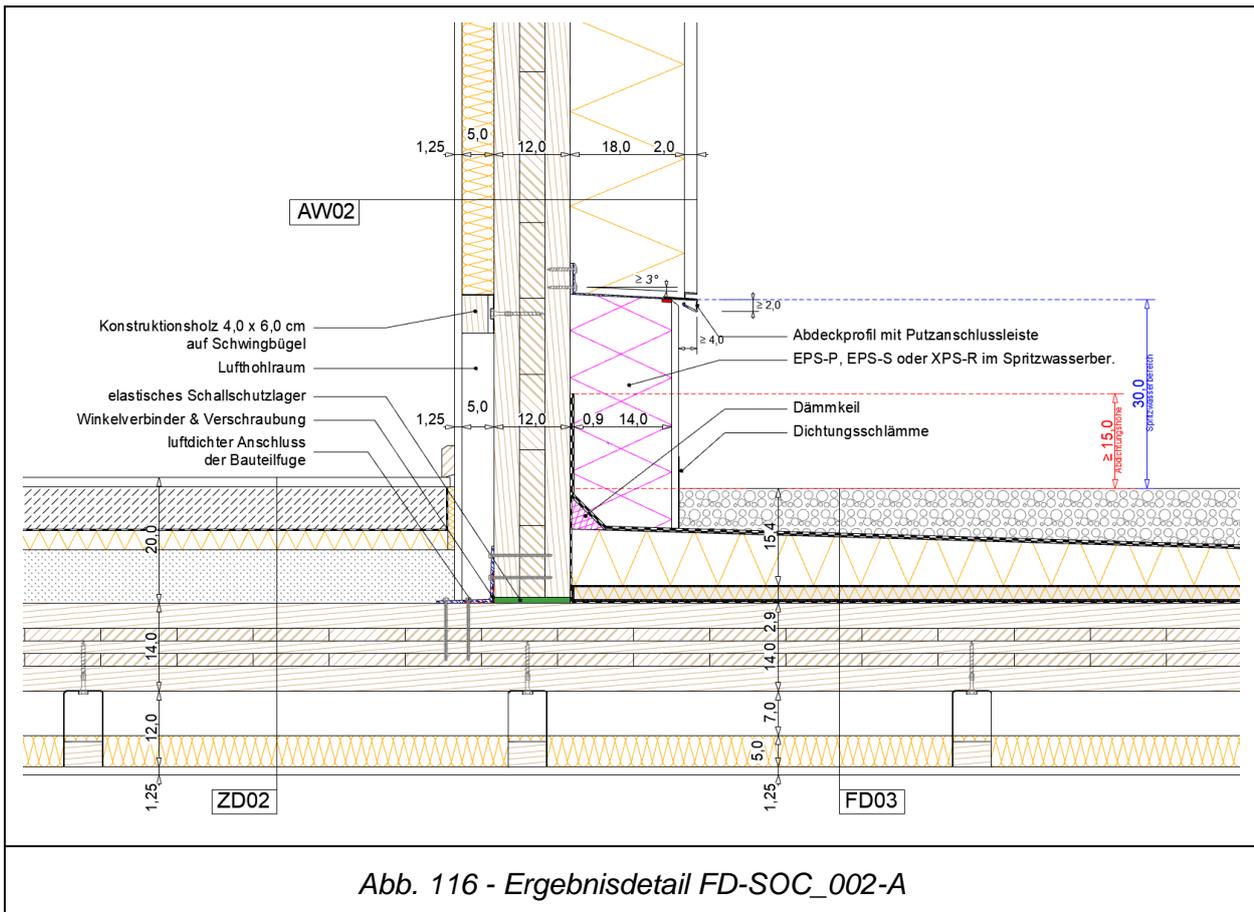


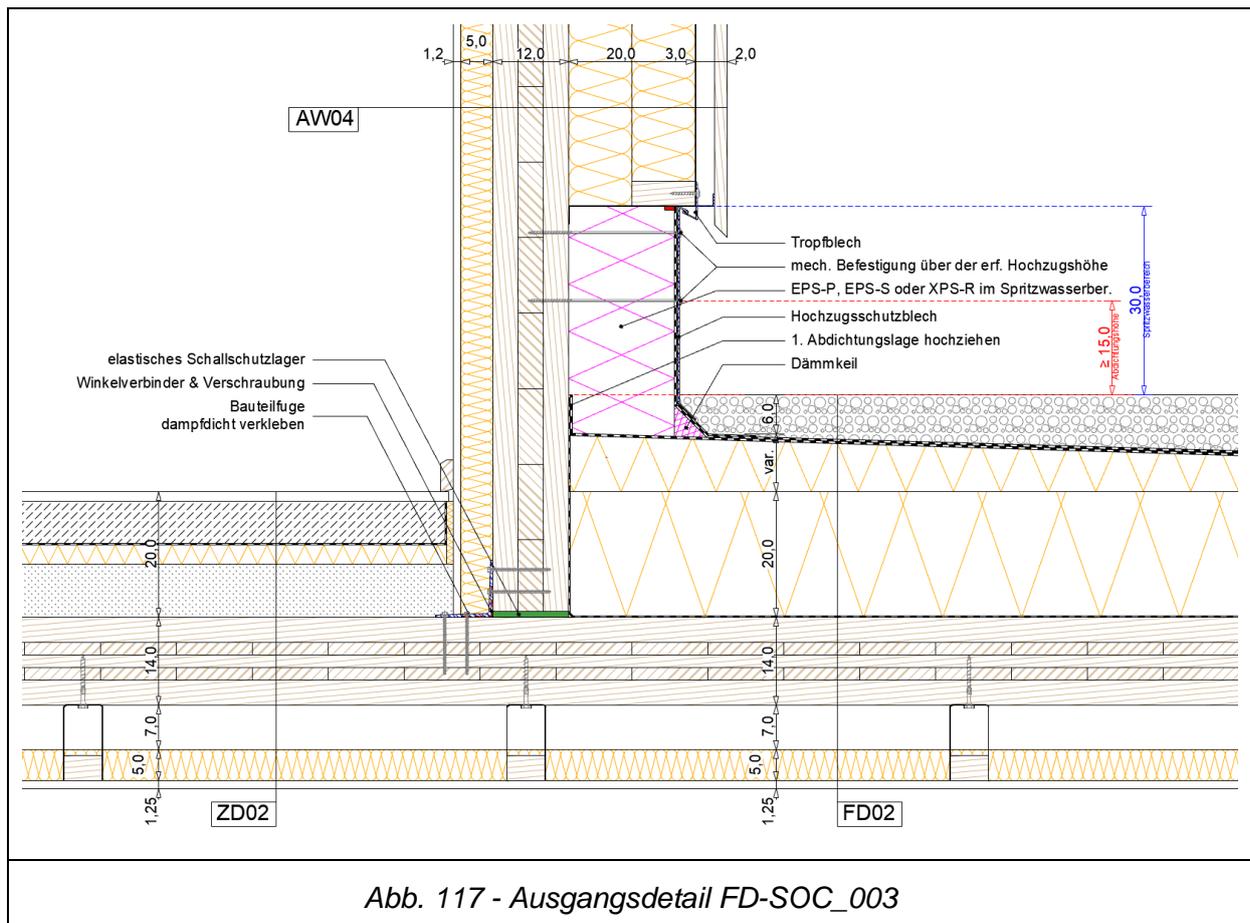
Abb. 115 - Feuchteverteilung FD-SOC_002-A

Es tritt kein schädliches Kondensat im Bauteilinneren auf.



Eine maßstäbliche Darstellung des Ergebnisdetails ist dem Anhang zu entnehmen.

4.2.5 Sockelanschluss FD-SOC_003



Das Ausgangsdetail wurde analog zum Ausgangsdetail FD-SOC_001 ausgearbeitet. Die Fassade wird im Gegensatz dazu als hinterlüftete Fassade ausgebildet. Die Anforderungen für den Spritzwasserbereich sowie für die erforderliche Abdichtungshöhe werden eingehalten.

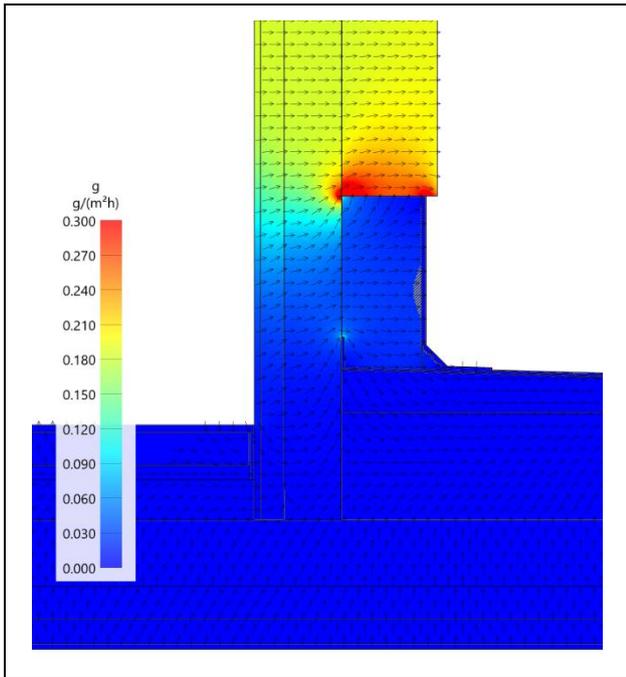


Abb. 118 - Diffusionsstrom FD-SOC_003

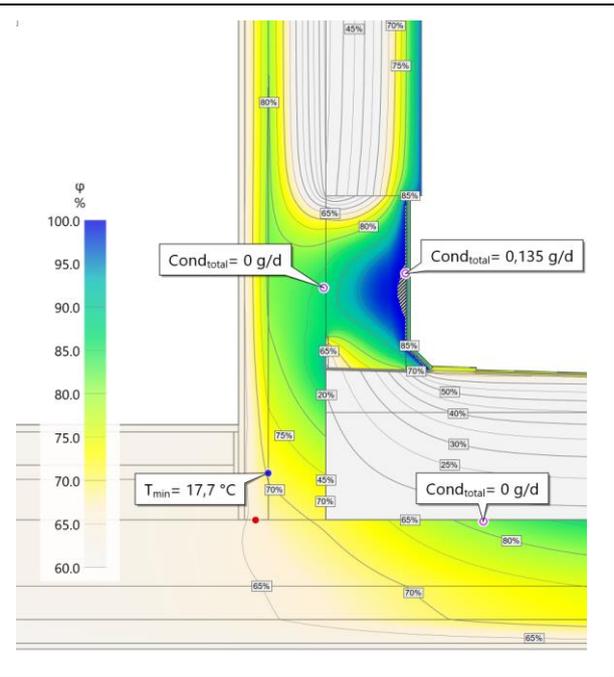


Abb. 119 - Feuchteverteilung FD-SOC_003

Es tritt schädliches Kondensat im Bauteilinneren auf (Cond_{total}=0,135g/d).

Optimierung des Bauteilanschlusses

Der Anschluss wurde durch die gleichen Maßnahmen wie im Ausgangsdetail S-GEL_001 optimiert.

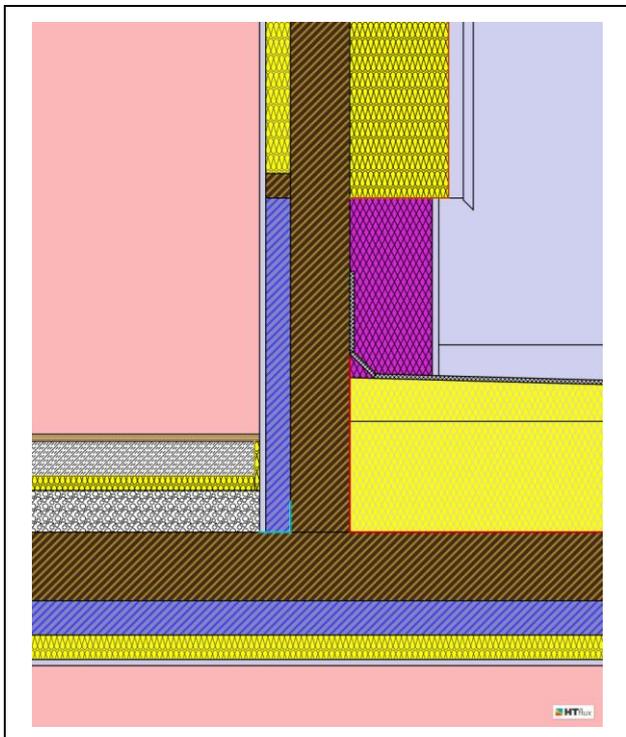


Abb. 120 - Materialansicht FD-SOC_003-A

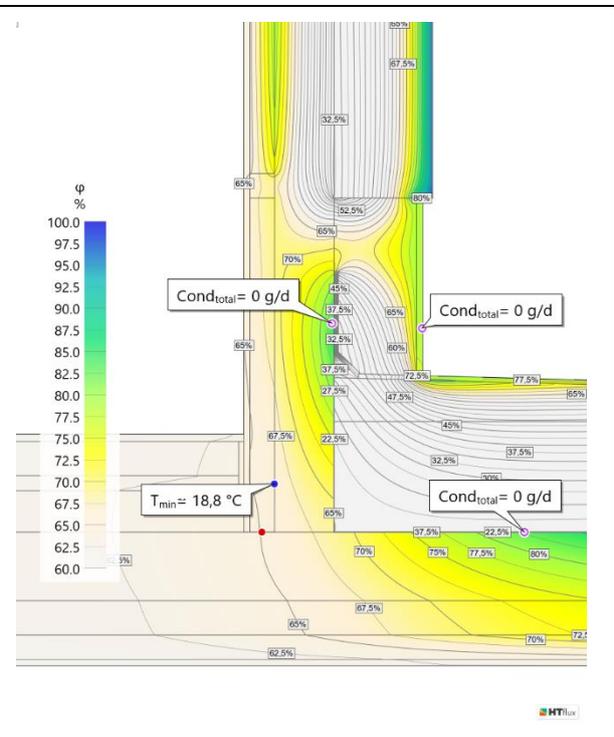
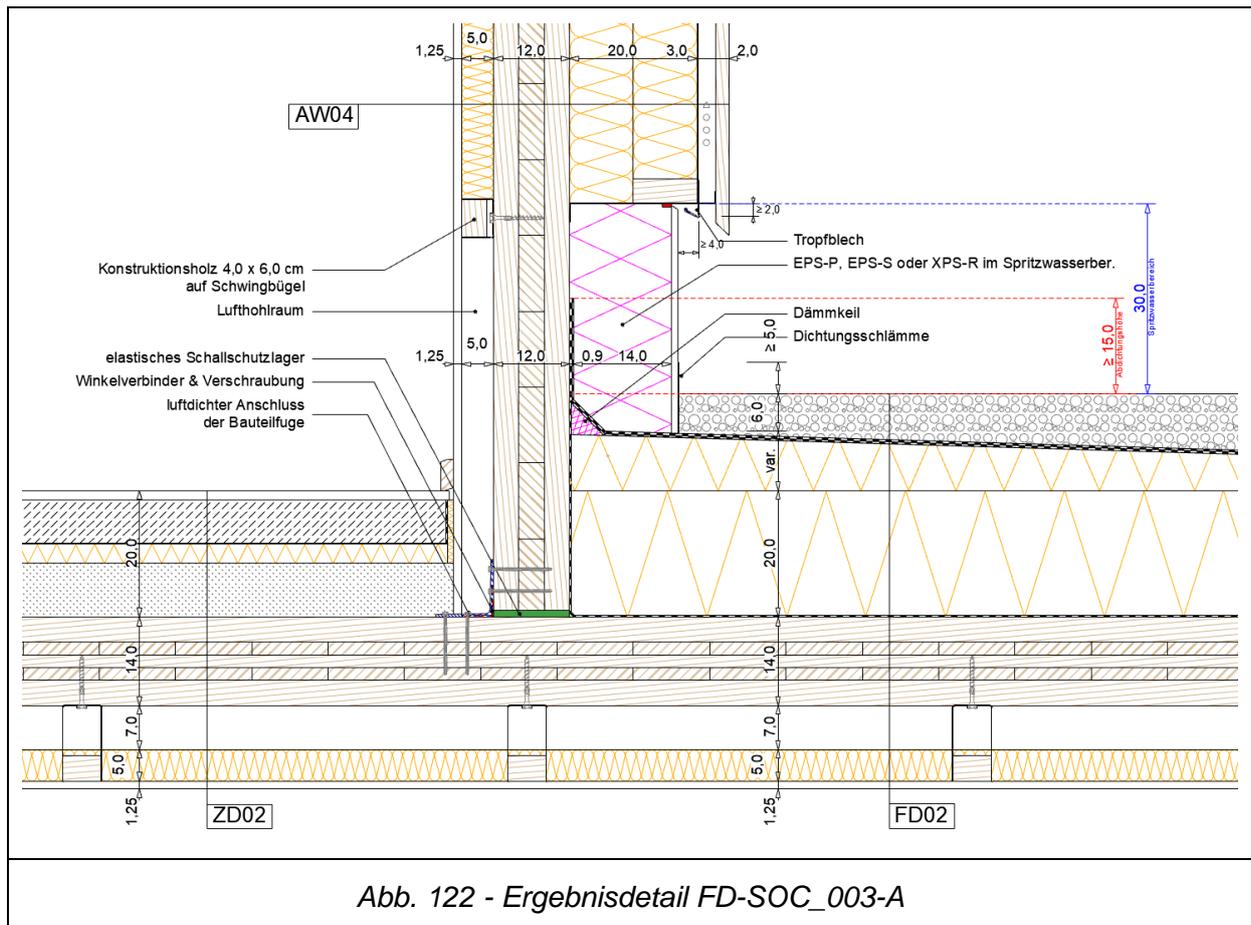


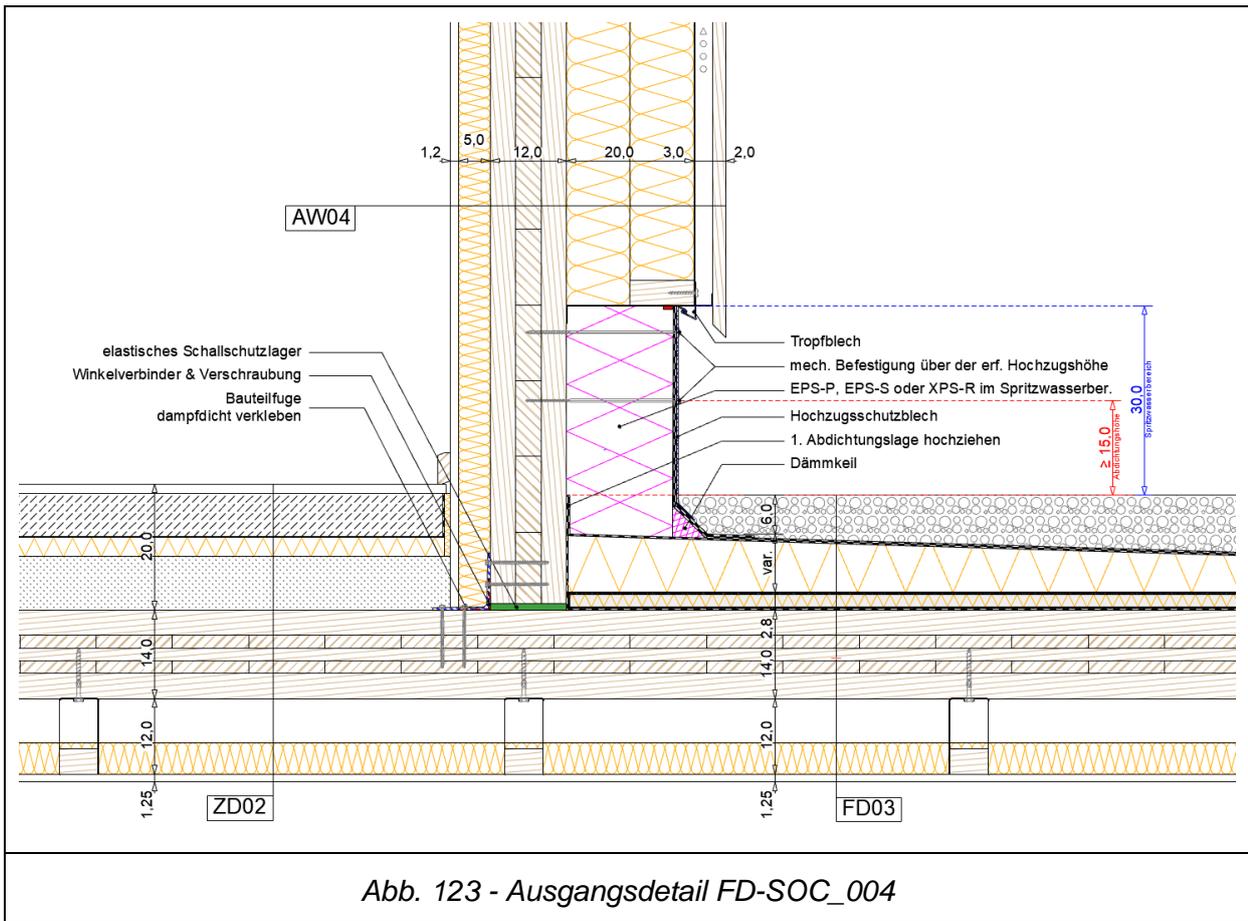
Abb. 121 - Feuchteverteilung FD-SOC_003-A

Es tritt kein schädliches Kondensat im Bauteilinneren auf.



Eine maßstäbliche Darstellung des Ergebnisdetails ist dem Anhang zu entnehmen.

4.2.6 Sockelanschluss FD-SOC_004



Das Ausgangsdetail wurde analog zum Ausgangsdetail FD-SOC_002 ausgearbeitet. Die Fassade wird im Gegensatz dazu als hinterlüftete Fassade ausgebildet. Die Anforderungen für den Spritzwasserbereich sowie für die erforderliche Abdichtungshöhe werden eingehalten.

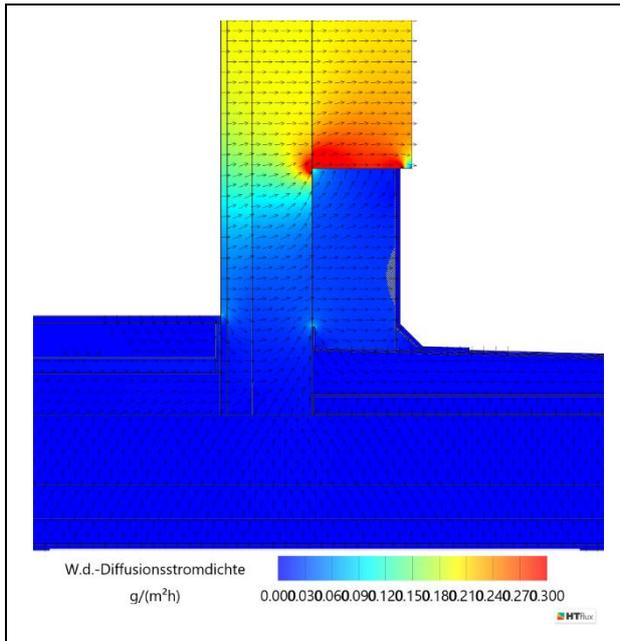


Abb. 124 - Diffusionsstrom FD-SOC_004

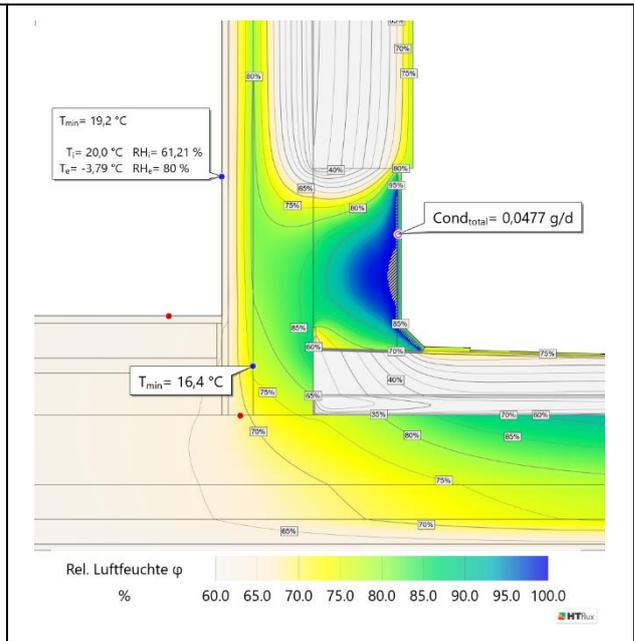


Abb. 125 - Feuchteverteilung FD-SOC_004

Es tritt schädliches Kondensat im Bauteilinneren auf ($Cond_{total}=0,048\text{g/d}$).

Optimierung des Bauteilanschlusses

Der Anschluss wurde durch die gleichen Maßnahmen wie im Ausgangsdetail S-GEL_001 optimiert.

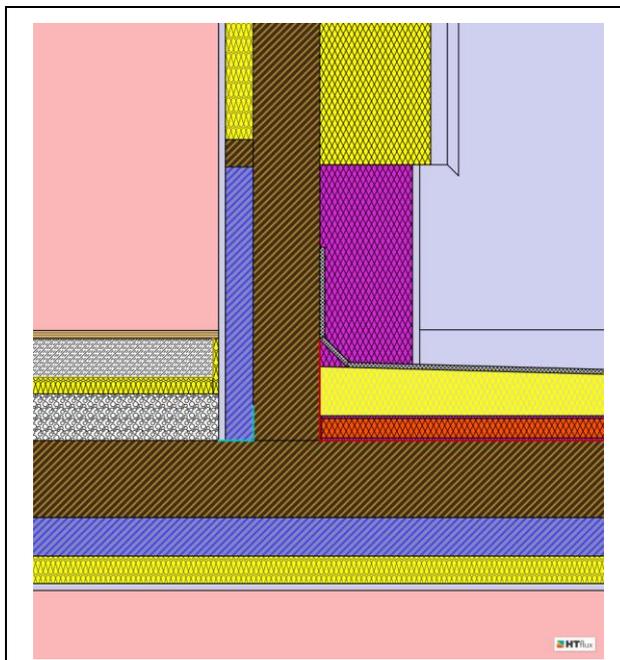


Abb. 126 - Materialansicht FD-SOC_004-A

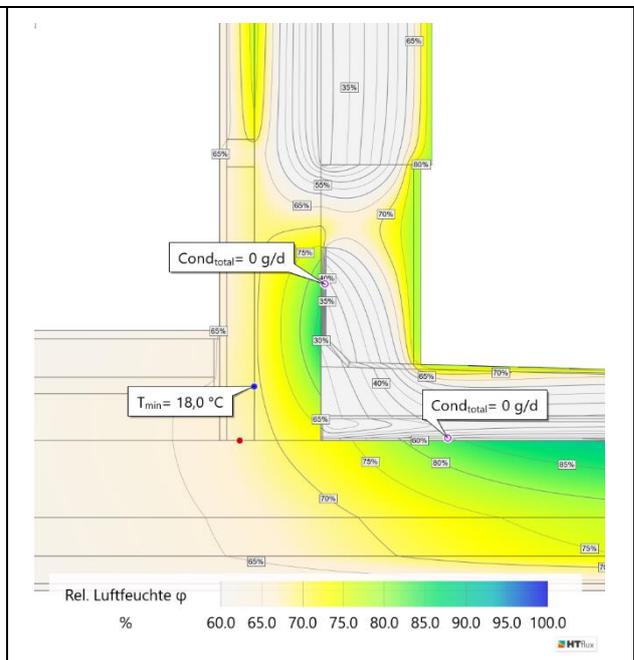
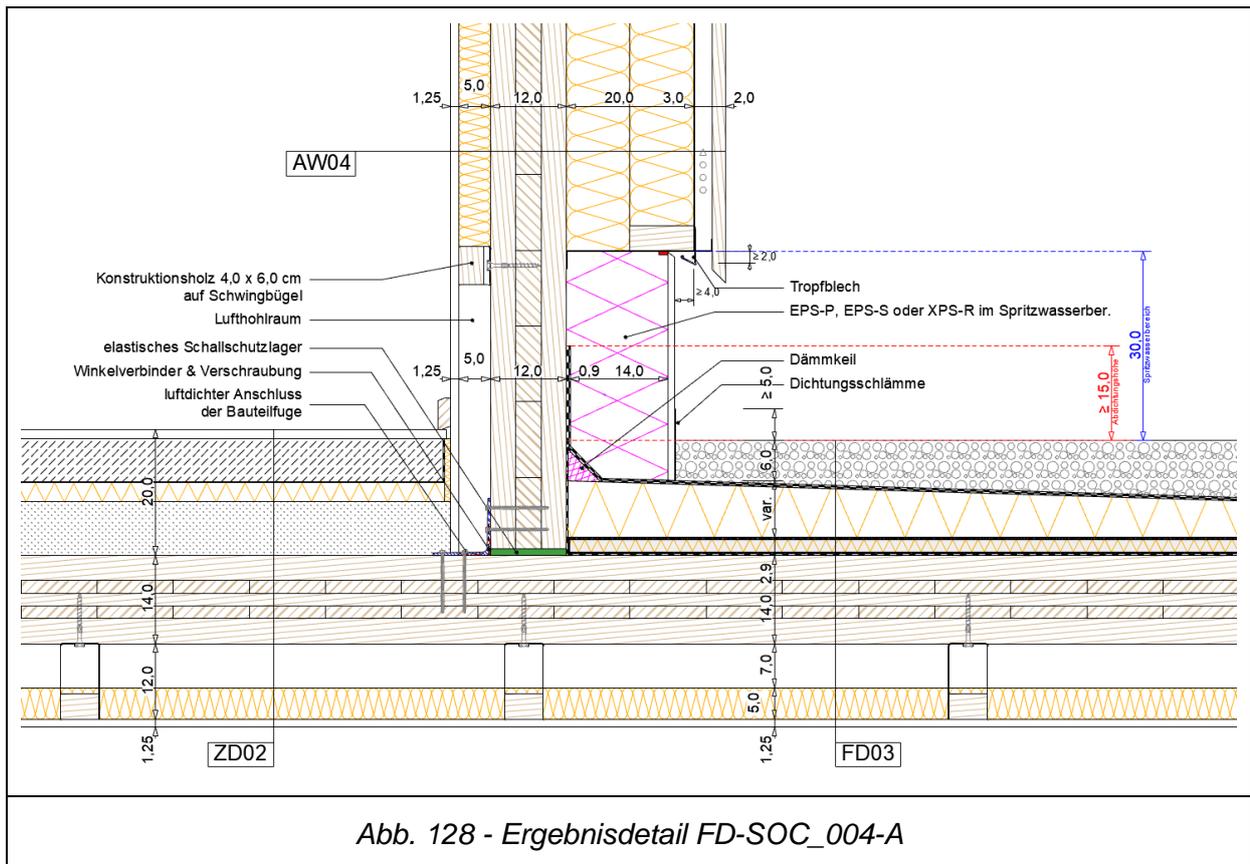


Abb. 127 - Feuchteverteilung FD-SOC_004-A

Es tritt kein schädliches Kondensat im Bauteilinneren auf.



Eine maßstäbliche Darstellung des Ergebnisdetails ist dem Anhang zu entnehmen.

4.3 Schrägdachdetails

4.3.1 Traufanschluss SD-TRA_001

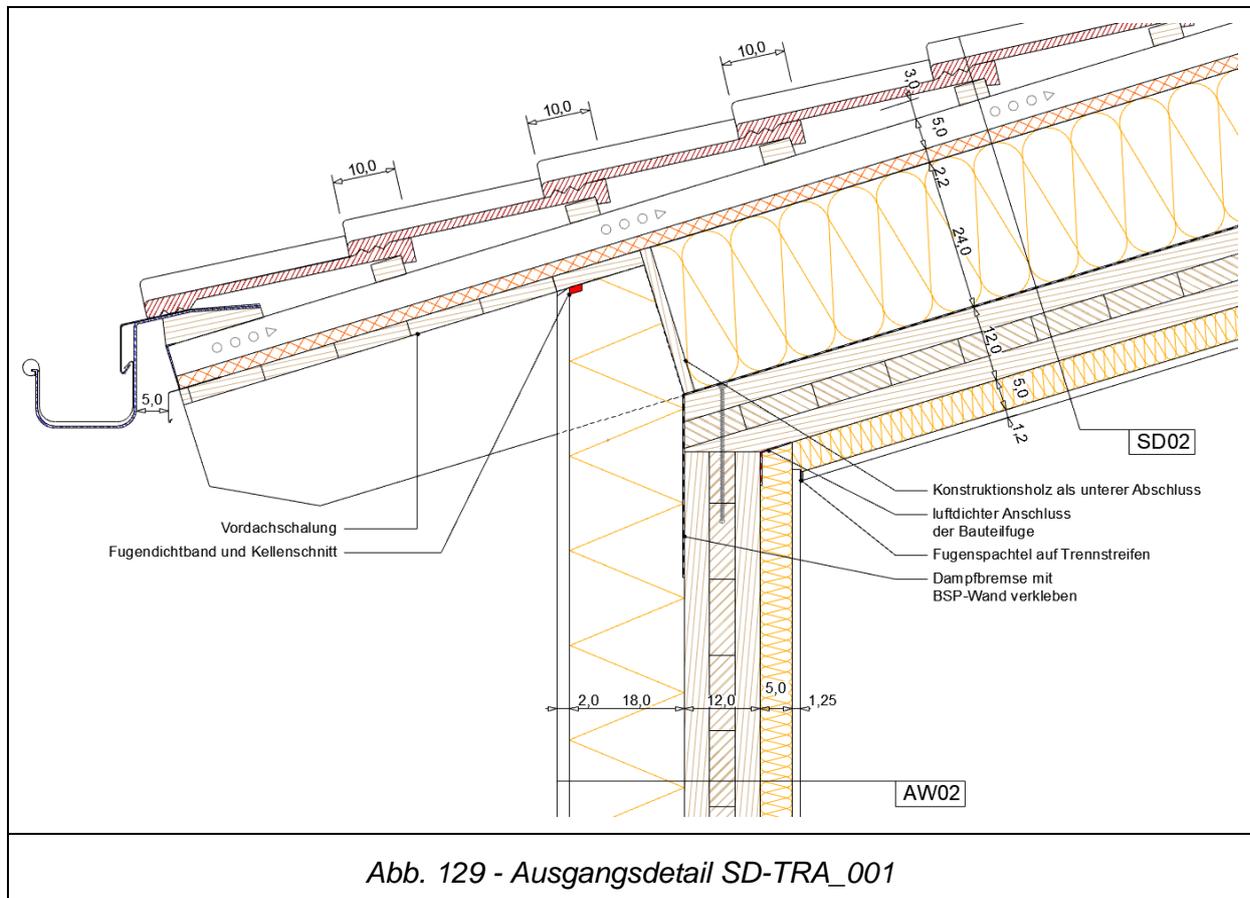


Abb. 129 - Ausgangsdetail SD-TRA_001

Das Ausgangsdetail zeigt den Dachanschluss im Bereich der Traufe. Der Dachaufbau wird hinterlüftet ausgeführt. Voraussetzung für eine funktionierende Hinterlüftungsebene ist die Einhaltung der erforderlichen Zu- sowie Abluftöffnung im Trauf- bzw. Firstbereich (Kamineffekt). Die lastabtragende Funktion der Dachkonstruktion wird von der Massivholzplatte erfüllt. Die darüberliegende Sparrenkonstruktion wird zur Herstellung eines ausreichenden Vordachs sowie als Unterkonstruktion für die Dachhaut herangezogen. Die Zwischenräume sind mit einem geeigneten Dämmstoff zu füllen. Das Unterdach wird mit profilierten Unterdeckplatte aus Holzwerkstoffplatten hergestellt. Der maximal zulässige Achsabstand der Unterkonstruktion ist zu berücksichtigen. Die äußere Dachhaut besteht im vorliegenden Detail aus einer Falzziegeldeckung. Es sind unterschiedliche Dacheindeckung möglich, wobei die zulässige Dachneigung sowie die Mindestüberdeckung gemäß ÖNORM B 3419 [26] einzuhalten ist. Vor allem bei belüfteten Dachkonstruktionen gilt es diese Anforderungen zu erfüllen, um das für den Kamineffekt notwendige Druckgefälle zu gewährleisten und eine Schädigung der Holzkonstruktion zu vermeiden.

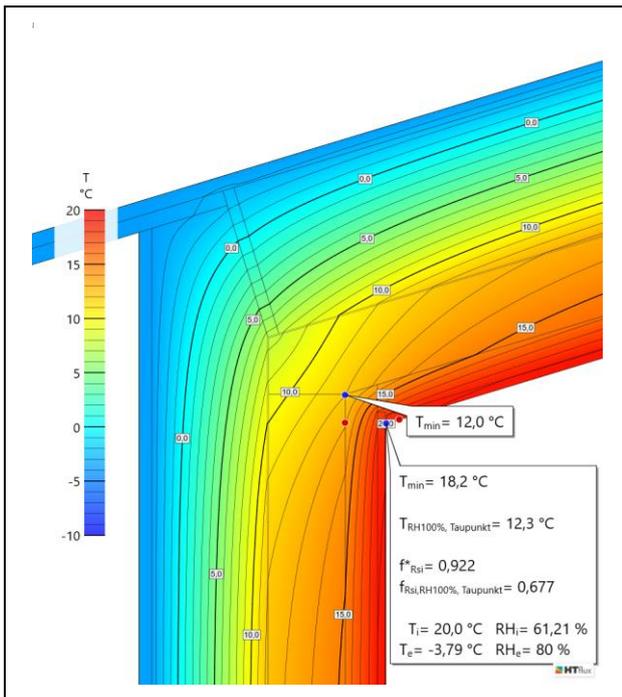


Abb. 130 - Temperaturverteilung
Schimmelkriterium SD-TRA_001

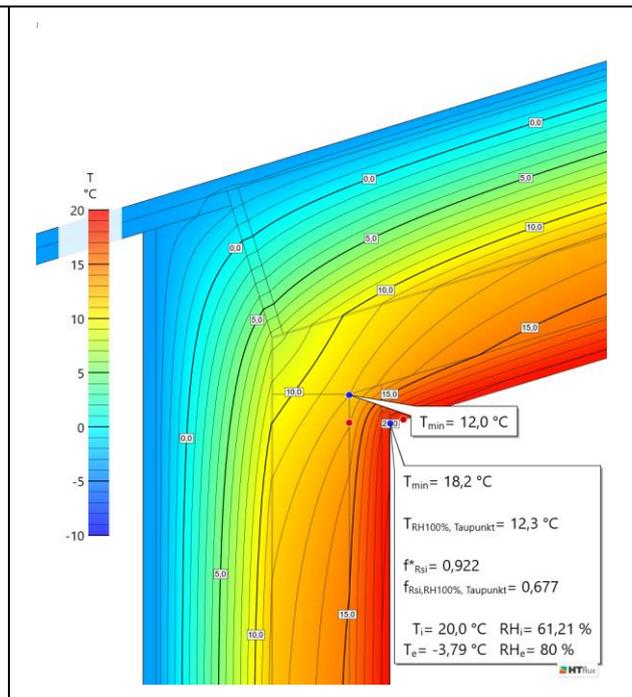


Abb. 131 - Temperaturverteilung
Kondensatkriterium SD-TRA_001

Die Oberflächentemperatur für den kritischen Monat Jänner beträgt 18,2°C.

Der Nachweis über den Temperaturfaktor f_{Rsi} ist erfüllt. Es tritt keine schadensverursachende Kondensation und Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche auf.

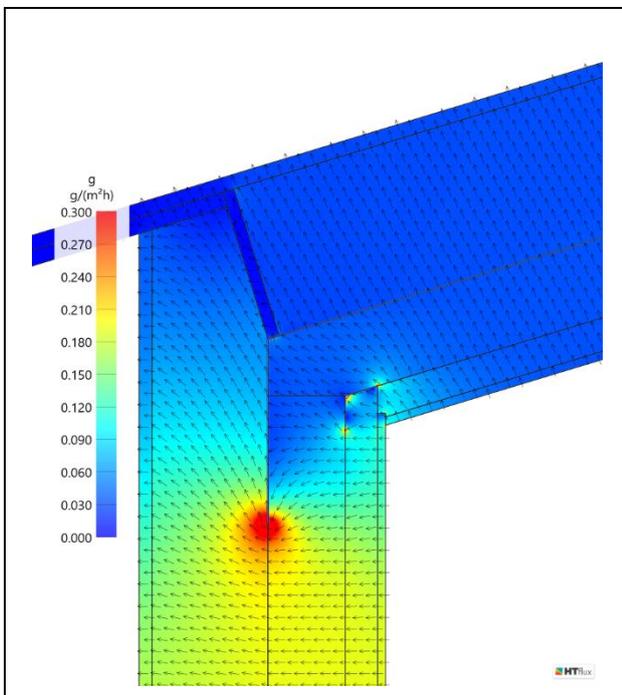


Abb. 132 - Diffusionsstrom SD-TRA_001

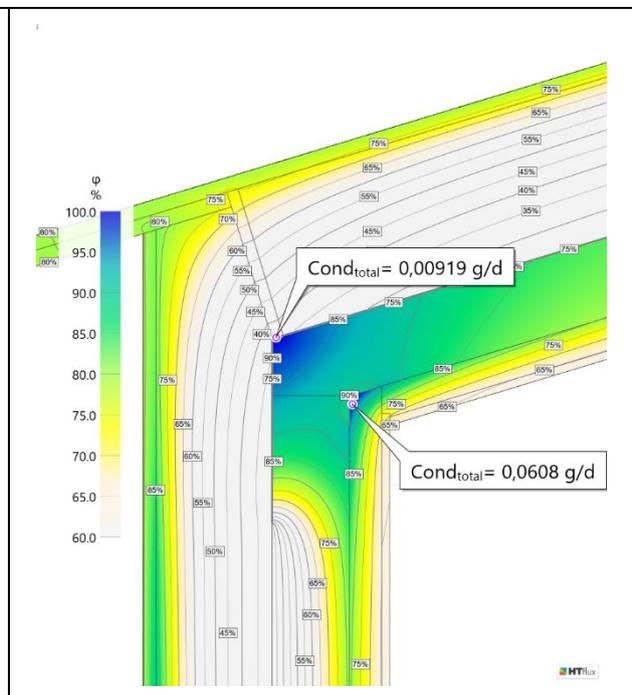


Abb. 133 - Feuchteverteilung SD-TRA_001

Es tritt an der raumseitigen Innenkante sowie an der außenseitigen Außenkante des Brettsperrholzelements schädliches Kondensat auf ($Cond_{total}=0,06g/d$ bzw. $0,009g/d$).

Interpretation der Berechnungsergebnisse

Die hygrothermische Untersuchung zeigt den negativen Einfluss der gedämmten Installationsebene und bewirkt durch die reduzierte Oberflächentemperatur an der raumseitigen Brettsperrholzkante eine Kondensatausfall im Auflagerpunkt. Die Ansammlung von Kondenswasser wird auch durch die dampfbremkende Schicht an der Außenseite des Brettsperrholzes begünstigt.

Optimierung des Bauteilanschlusses

- 1) Anpassung der Installationsebene an der raumseitigen Innenkante

Die Dämmebene wird im Bereich der raumseitigen Innenkante unterbrochen und als Lufthohlraum ausgebildet. Als Abschluss wird jeweils ein Konstruktionsholz (5x5cm) an das Wand- sowie Dachelement montiert.

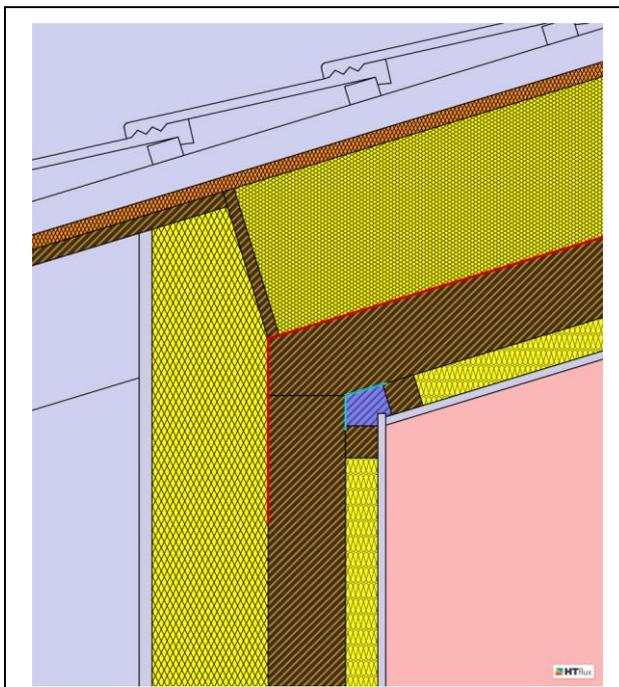


Abb. 134 - Materialansicht SD-TRA_001-A

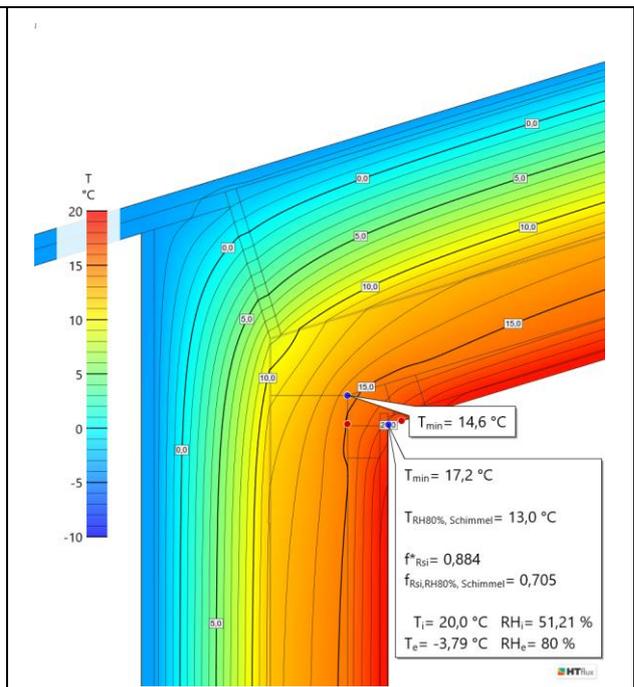


Abb. 135 - Temp.-verteilung SD-TRA_001-A

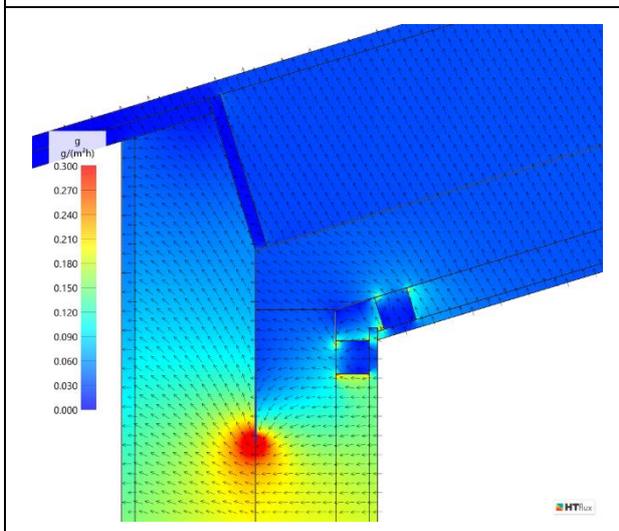


Abb. 136 - Diffusionsstrom SD-TRA_001-A

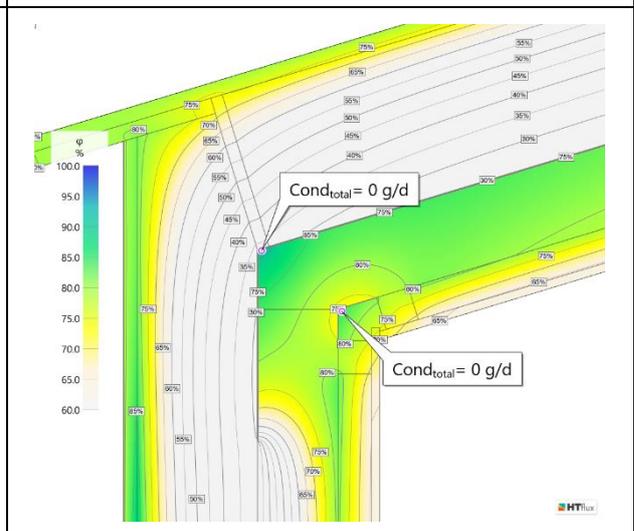


Abb. 137 - Feuchteverteilung SD-TRA_001-A

Schlussfolgerung

Die durchgehend gedämmte Ausführung der Installationsebene begünstigt einen Kondensatbildung im Bereich der geometrischen Wärmebrücke. Durch einen Verzicht der Innendämmung im feuchtekritischen Bereich kann die Oberflächentemperatur an der Brettsperrholzinnenkante um 2,6°C erhöht (vgl. Abb. 131 und Abb. 135) und damit eine Kondensatbildung verhindert werden (Abb. 137). Der Einbau der Konstruktionshölzer bewirkt jedoch materialbedingt eine Reduktion der raumseitigen Oberflächentemperatur um 1°C (vgl. Abb. 135 und Abb. 131), wodurch das Risiko einer Schimmel- bzw. Kondensatbildung an der Oberfläche erhöht wird. Die Temperatur liegt jedoch mit 17,2°C noch über der Taupunkttemperatur, sodass eine Schimmelbildung ausgeschlossen werden kann.

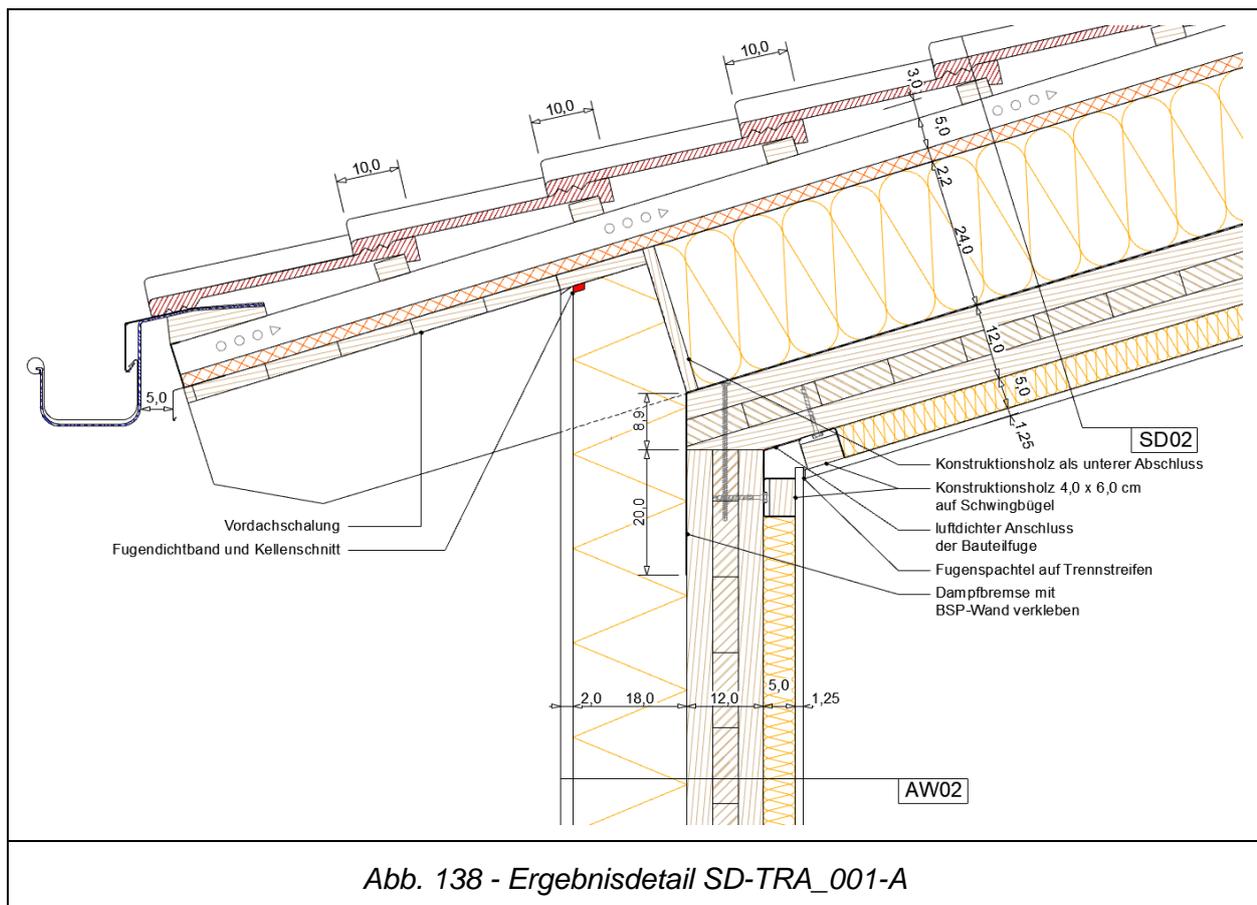


Abb. 138 - Ergebnisdetail SD-TRA_001-A

Eine maßstäbliche Darstellung des Ergebnisdetails ist dem Anhang zu entnehmen.

4.3.2 Traufanschluss SD-TRA_002

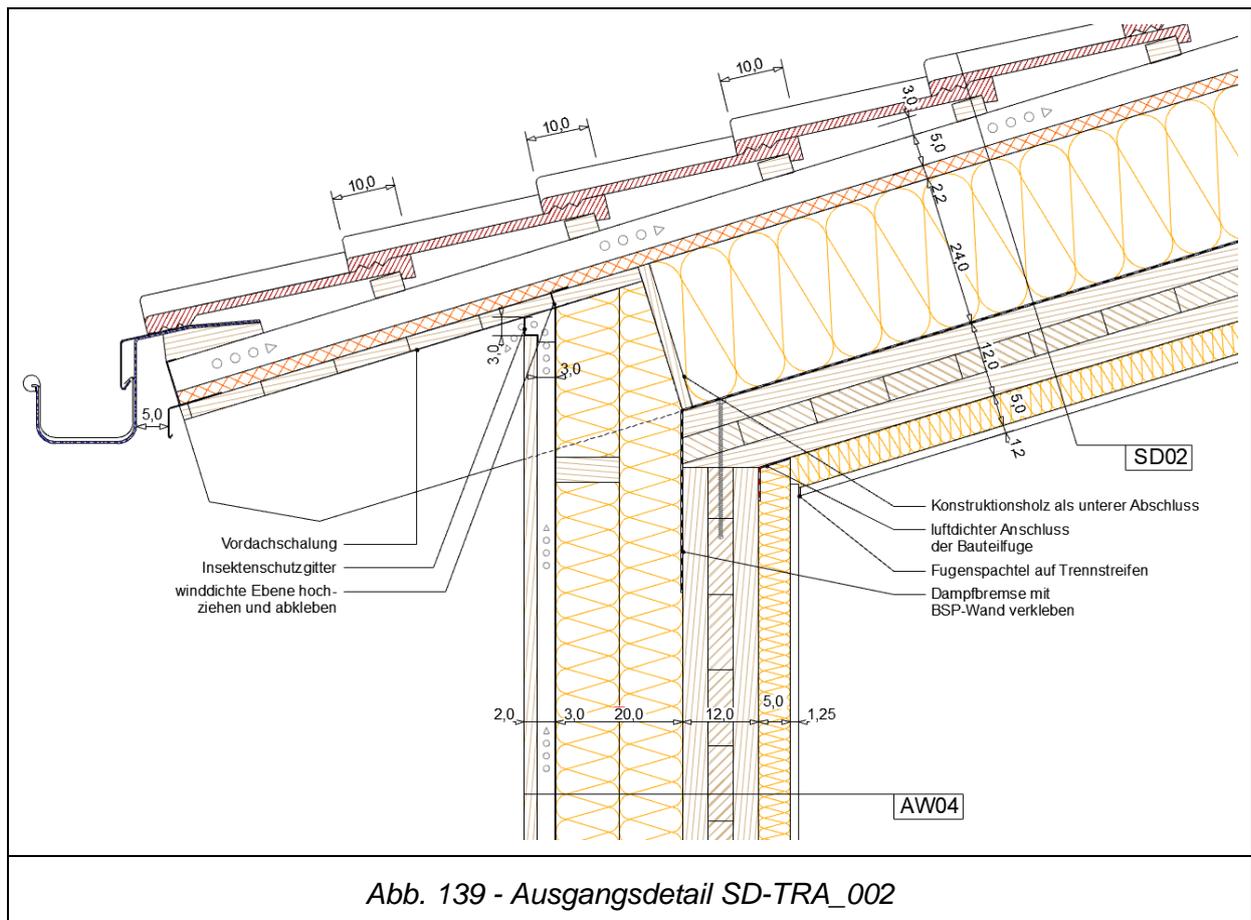


Abb. 139 - Ausgangsdetail SD-TRA_002

Das Ausgangsdetail wurde analog zum Ausgangsdetail SD-TRA_001 ausgearbeitet. Die Fassade wird im Gegensatz dazu als hinterlüftete Fassade ausgebildet.

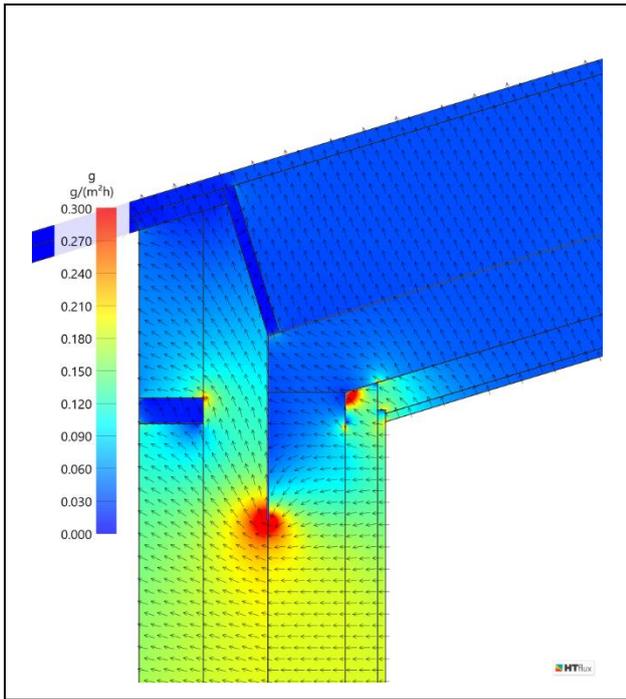


Abb. 140 - Diffusionsstrom SD-TRA_002

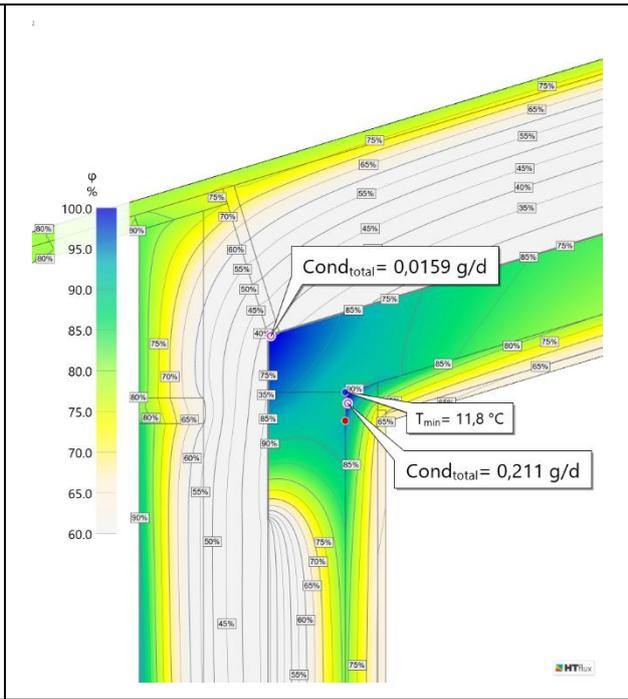


Abb. 141 - Feuchteverteilung SD-TRA_002

Es tritt an der raumseitigen Innenkante sowie an der außenseitigen Außenkante des Brettsperrholzelements schädliches Kondensat auf (Cond_{total}=0,211g/d bzw. 0,0159g/d).

Optimierung des Bauteilanschlusses

Der Anschluss wurde durch die gleichen Maßnahmen wie im Ausgangsdetail SD-TRA_001 optimiert.

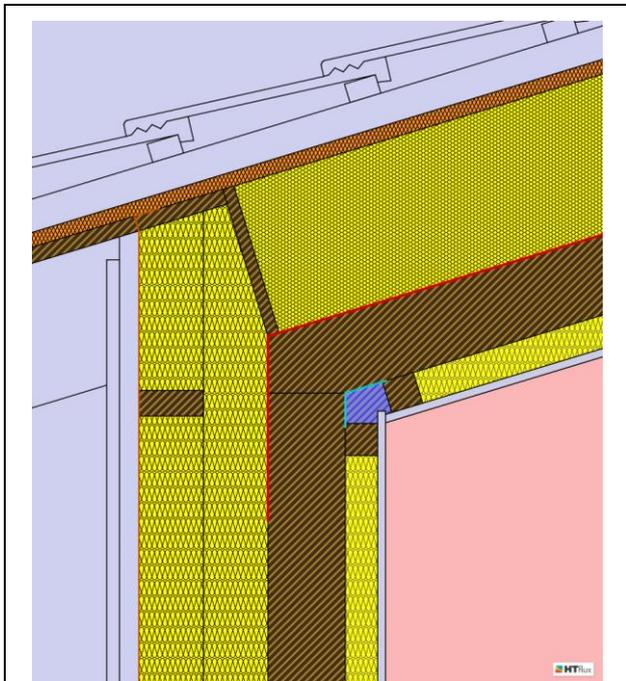


Abb. 142 - Materialansicht SD-TRA_002-A

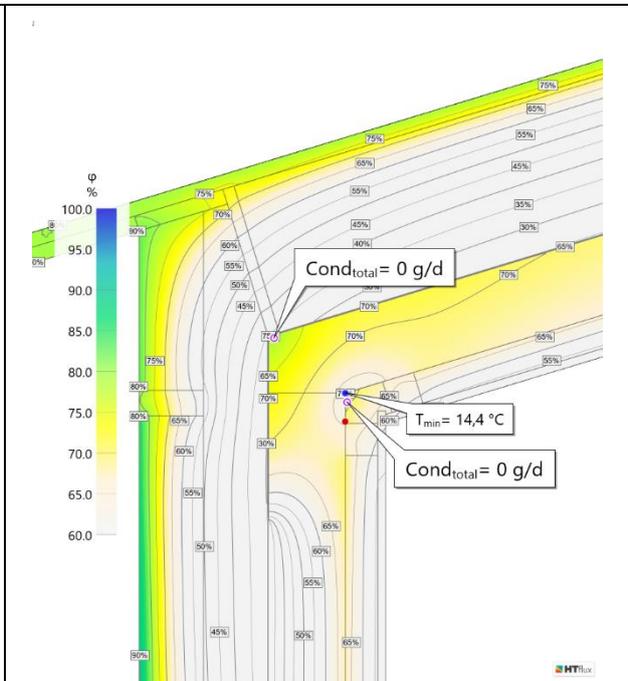


Abb. 143 - Feuchteverteilung SD-TRA_002-A

Es tritt kein schädliches Kondensat im Bauteilinneren auf.

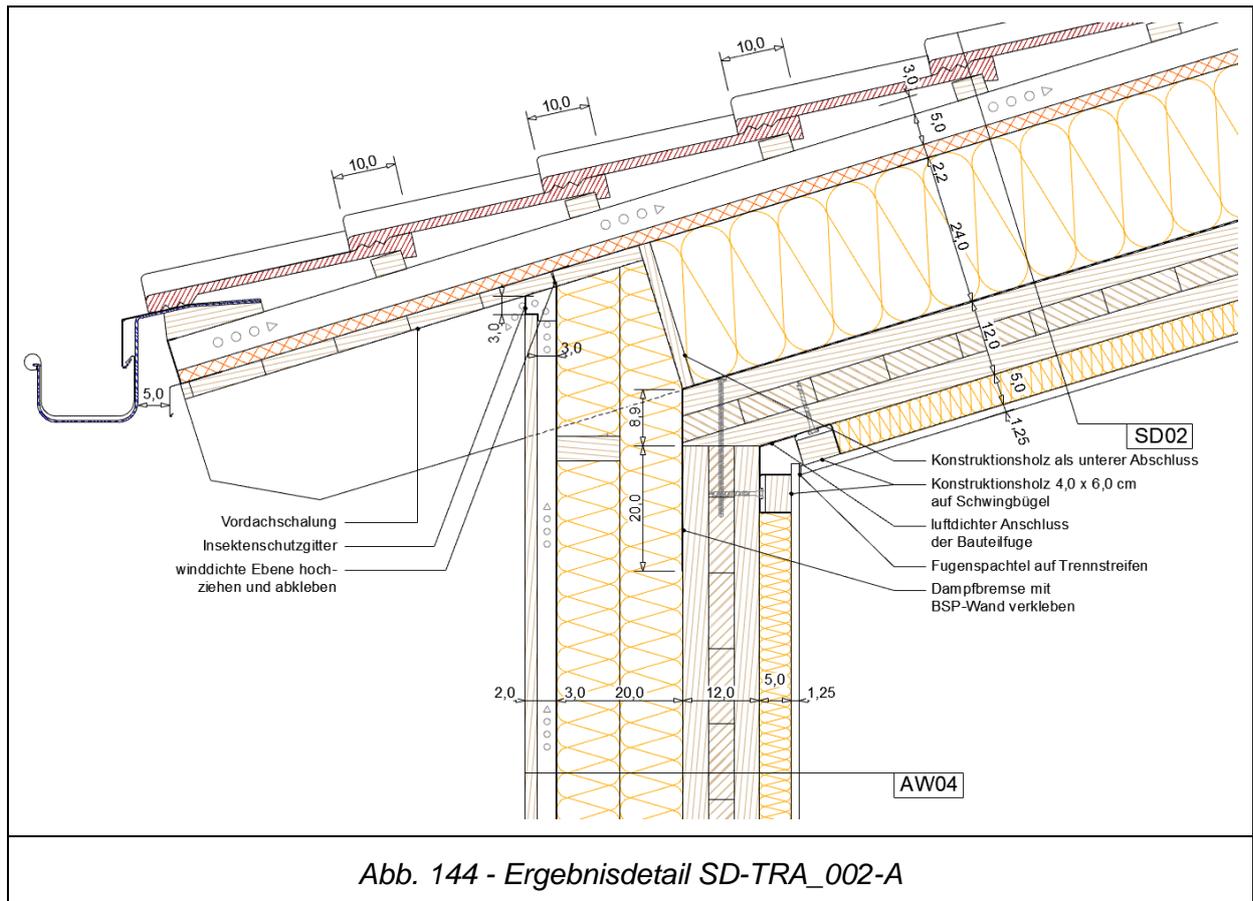


Abb. 144 - Ergebnisdetail SD-TRA_002-A

Eine maßstäbliche Darstellung des Ergebnisdetails ist dem Anhang zu entnehmen.

5 Normenleitfaden

Der Normenleitfaden gibt die relevanten Auszüge aus den zu berücksichtigenden Normen und Richtlinien wieder, die zur Planung der einzelnen Bauteilschichten und Bauteilfügungen herangezogen wurden. Der Leitfaden umfasst eine Zusammenfassung aus 35 ÖNORMEN sowie den bauteilspezifischen Hersteller- und Verarbeitungsrichtlinien.

Eine Garantie auf Vollständigkeit ist nicht gegeben, da der Leitfaden lediglich eine Hilfestellung zur Auffindbarkeit und Nachvollziehbarkeit der wesentlichen Auszüge ist und ersetzt nicht die Studie der aktuell geltenden Normen und Richtlinien.

Das Normenverzeichnis gliedert sich nach den untersuchten Bauteilschichten wie folgt auf:

- EB - Erdberührte Bauteile
- AW - Außenwand
- FD - Flachdach
- SD - Schrägdach
- BS - Bauspengler

Zur besseren Übersichtlichkeit sind den ausgearbeiteten Bauteilfügungen (Abb. 145 bis Abb. 148) die entsprechenden Verweise grafisch zugeordnet.

5.1 Gebäudesockel

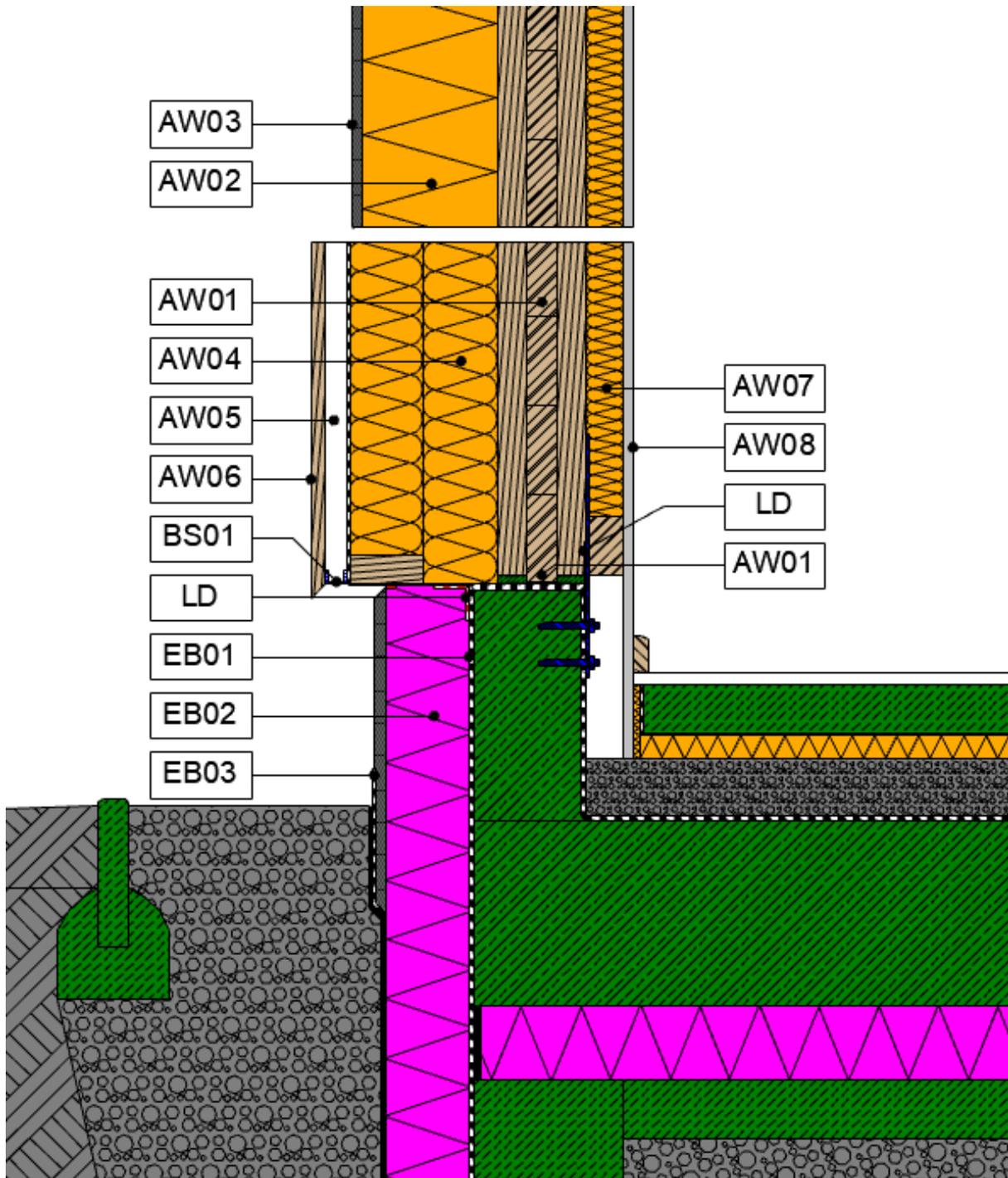


Abb. 145 - Normenleitfaden Gebäudesockel

5.2 Flachdach - Attika

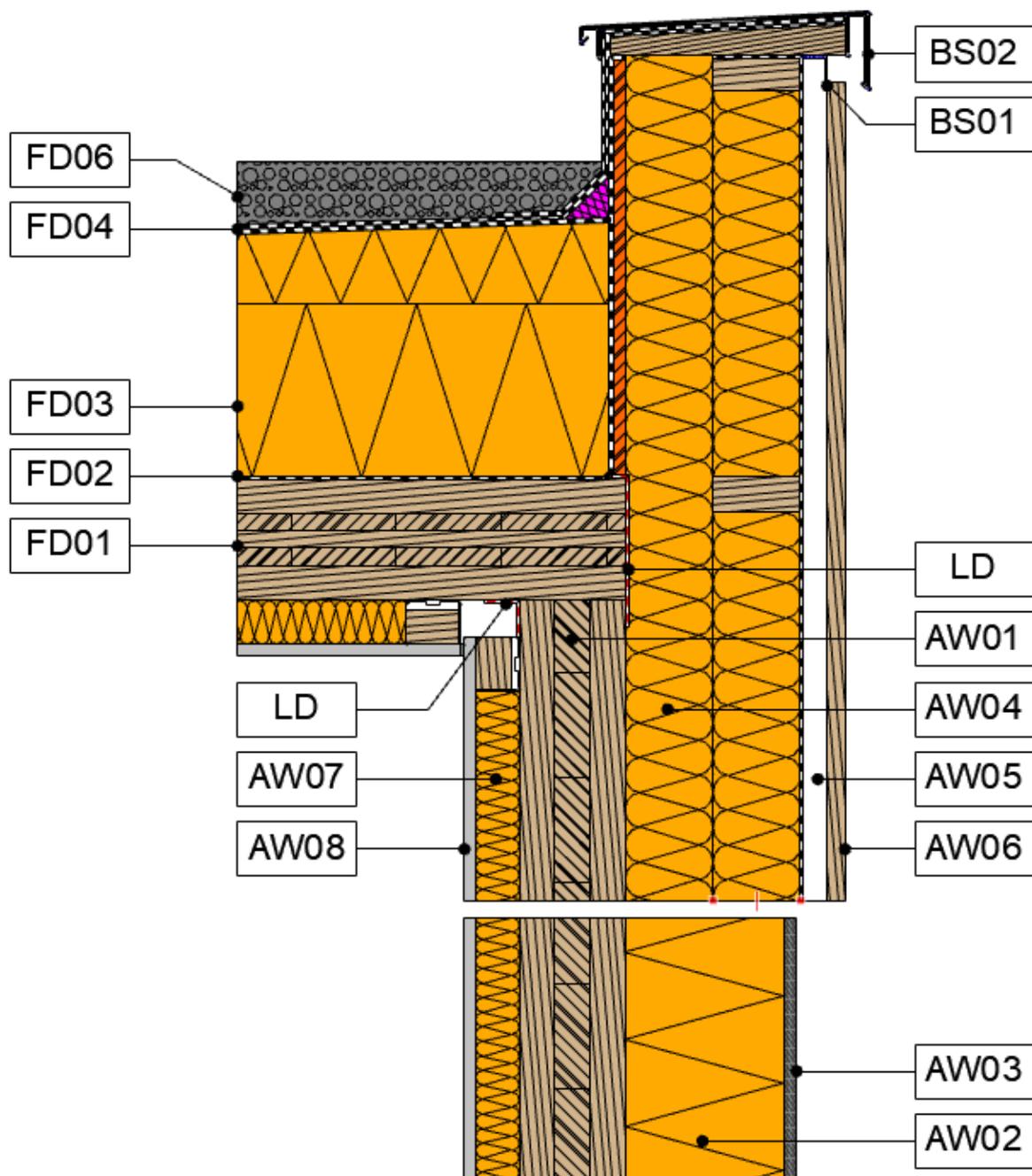


Abb. 146 - Normenleitfaden Flachdach-Attika

5.3 Flachdach - Sockel

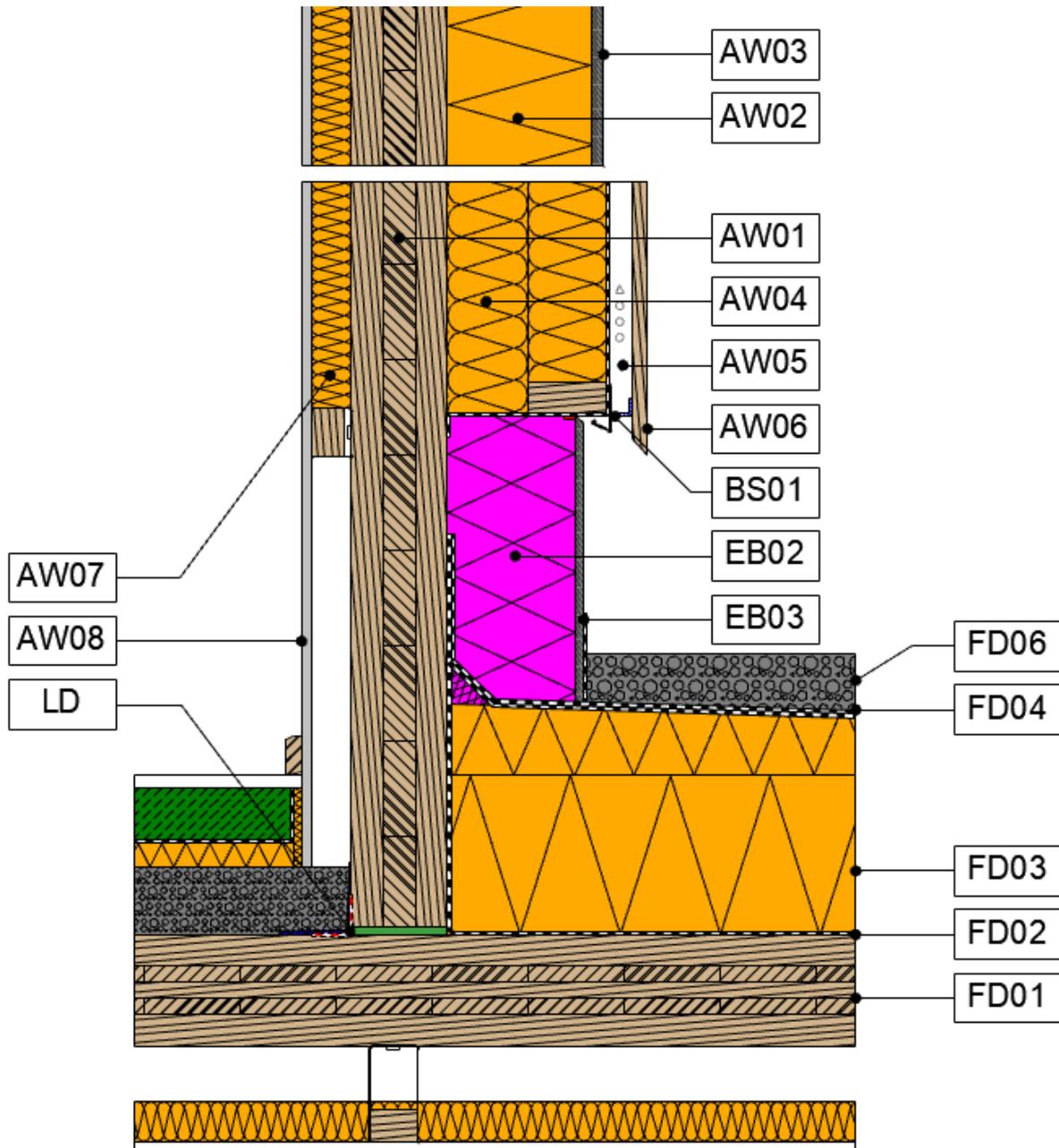


Abb. 147 - Normenleitfaden Flachdach-Sockel

5.4 Schrägdach - Traufe

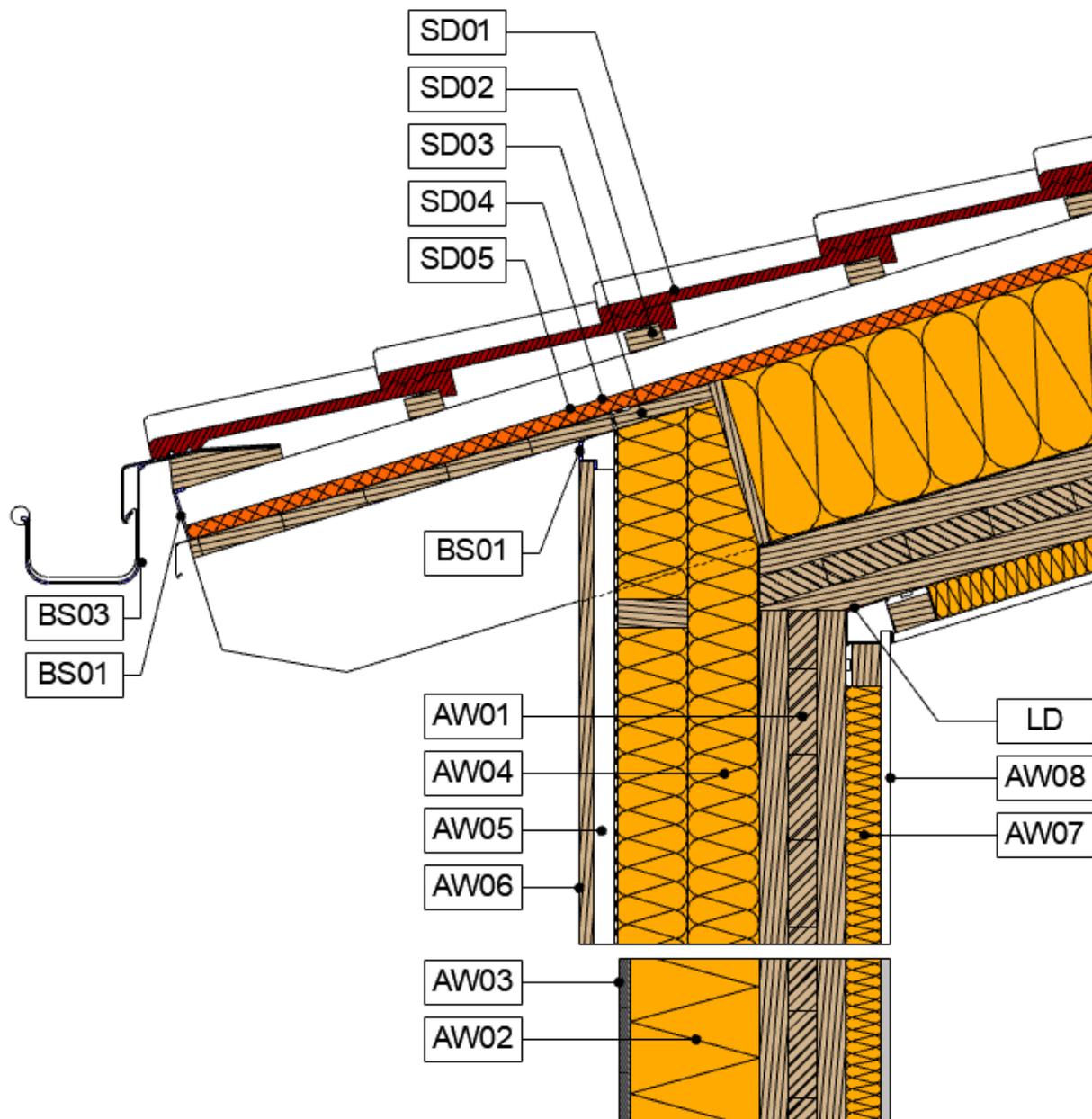


Abb. 148 - Normenleitfaden Schrägdach-Traufe

5.5 Normenverzeichnis

5.5.1 EB - Erdberührte Bauteile

EB01 - Bauwerksabdichtung

ÖNORM B 3692 (2014): Planung und Ausführung von Bauwerksabdichtungen [35]

5.1 Allgemeines

Die Abdichtung ist vor mechanischen Beschädigungen und Witterung zu schützen.

5.2 Lastfälle und Bemessung

Bodenfeuchte / nicht-drückendes Wasser / drückendes Wasser bis 4m bzw. 4-8m

5.3 Geeignete Untergründe, Arbeitsraum

5.3.1 Tabelle 1: Anforderungen an den Untergrund

5.3.2 Arbeitsraum: mindestens 1m, bei einem Böschungswinkel $<60^\circ$ darf die Sohlenbreite des Arbeitsraumes auf 75cm reduziert werden.

5.4 An- und Abschlüsse

5.4.1 Tabelle 3: Lastfallabhängige Maßnahmen bei An- und Abschlüssen

5.4.2 Übergang der Horizontalabdichtung zur Wandabdichtung: Der Übergang zwischen horizontaler und vertikaler Abdichtung ist so zu planen, dass eine min. 25cm breite Anschlussfläche vorhanden ist.

5.4.3 Oberer Abschluss von Wandabdichtungen: Abdichtungshöhe mindestens 15cm über dem angrenzenden fertigen Außenniveau – bei Hanglage beträgt die Abdichtungshöhe mindestens 30cm

5.7 Abdichtung

5.7.2 Tabelle 7: Lastfallabhängige Abdichtungsmaßnahmen

Anhang C: Zusammenstellung der wesentlichen Inhalte in Bezug auf Planung und Ausführung von Bauwerksabdichtungen

ÖNORM B 3665 (2015): Abdichtungsbahnen – Bitumenbahnen für die Bauwerksabdichtung gegen Bodenfeuchte und Wasser [31]

5 Mindestanforderungen

Die für Österreich geltenden Mindestanforderungen für Bitumenbahnen werden in Tabelle 1 und Tabelle 2 zusammengefasst.

6 Bitumenbahnen-Sorten

6.2 Bitumenbahnen gegen Bodenfeuchte:

(Abkürzungen: E=Elastomerbitumen; P=Plastomerbitumen; KV=Kunststoffvlies; n=Nennstärke in mm; sk=selbstklebend)

Anforderungen sind in Tabelle 3 zusammengefasst

- Elastomerbitumenbahnen mit Glasgewebe- oder Kombinationseinlage:

E-3 sk und E-4 sk

- Polymerbitumenbahnen mit Kunststoffvlieseinlage:

E-KV-4, E-KV-5, P-KV-4, P-KV-5

6.3 Bitumenbahnen für Bauwerksabdichtungen gegen Wasser:

Anforderungen sind in Tabelle 4 zusammengefasst

- Elastomerbitumenbahnen mit Glasgewebe- oder Kombinationseinlage:

E-3 sk und E-4 sk

- Polymerbitumenbahnen mit Kunststoffvlieseinlage:

E-KV-4, E-KV-5, P-KV-4, P-KV-5

Holzforschung Austria (2015): Richtlinie Sockelanschluss [13]

4.2 Abdichtung Bodenplatte/Kellerdecke

Ausführung mittels Dichtbeton oder Abdichtung (Verweis auf die ÖNORM B 3692)

Grundsätzlich ist auf erdberührten Bodenplatten eine Abdichtung erforderlich.

6 Sockeldetails

Die Details sind unter der Annahme der Lastfälle Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser konzipiert und bieten weiters eine Bewertung in Bezug auf technische Ausführung und Kosten

OIB-Richtlinie 3 (2019): Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz [54]

6 Schutz vor Feuchtigkeit

6.1 Schutz vor Feuchtigkeit aus dem Boden:

„Bauwerke mit Aufenthaltsräumen sowie sonstige Bauwerke [...] müssen in all ihren Teilen gegen das Eindringen und Aufsteigen von Wasser und Feuchtigkeit aus dem Boden geschützt werden.“

IFB (2007): IBF - Richtlinie, Abdichtung erdberührter Bauteile im Hochbau [14]

EB02 - Perimeterdämmung

ÖNORM B 3692 (2014): Planung und Ausführung von Bauwerksabdichtungen [35]

5.6 Planung - Perimeterdämmung

5.6.1 Allgemeines: Mindestanforderungen gemäß ÖNORM B 6000!

5.6.2 Tabelle 6 - geeignete Wärmedämmstoffe für erdberührte Gebäudeflächen:
EPS-P und XPS-G 30, XPS-G 50, XPS-G 70

Mindestdicke der Wärmedämmstoffe: 50mm

Es sind Dämmplatten mit umlaufender Kantenprofilierung (Stufenfalz) zu verwenden.

Schutz vor mechanischen Beschädigungen sowie dem Eindringen von Fremdmaterial zwischen Dämmung und Abdichtung mittels Noppenbahn / Geotextil

6.5 Ausführung – Perimeterdämmung

Die Dämmplatten sind auf einem festen Vorsprung aufzusetzen, im Verband zu verarbeiten und vollflächige mittels Zahnpachtel mit dem Untergrund zu verkleben.

Anhang C: Zusammenstellung der wesentlichen Inhalte in Bezug auf Planung und Ausführung von Bauwerksabdichtungen

ÖNORM B 6400-1 (2017): Außenwand-Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) - Teil 1 Planung und Verarbeitung [41]

4 Planungs- und Verarbeitungsgrundsätze

4.3.1 Untergründe für die Aufbringung eines WDVS - Tabelle 1

5 Planung

5.4.2.1 Spritzwasserbereich:

Dämmplatten der Produktarten EPS-P, EPS-S oder XPS-R gemäß ÖNORM B 6000 mechanische Befestigungen der Dämmplatten über der Abdichtung anordnen

5.4.2.2 Abschluss unter Terrain:

Konstruktive Trennung zwischen Hinterfüllung und WDVS vorsehen (Noppenfolie)

VAR2019 - Verarbeitungsrichtlinie für Wärmedämmverbundsystem [1]

7 Anschlüsse, Abschlüsse und Durchdringungen

7.5 Unterer Abschluss des WDVS:

Spritzwasserbereich und Perimeterbereich:

Verdübelung über der Abdichtung (mindestens ab 30cm)

7.5.1 Sockelausbildung:

Die Ausführung erfolgt rückspringend, vorspringend oder flächengleich.

7.5.2 Spritzwasserbereich:

Der Spritzwasserbereich beginnt mit der Gelände- bzw. Belagsoberkante und hat eine Höhe von mind. 30 cm.

In diesem Bereich ist zu planen:

- Dämmplatten EPS-P, EPS-S oder XPS-R lt. ÖNORM B 6000
- Feuchtigkeitsschutz des Putzsystems bis ca. 5 cm über Niveau

Holzforschung Austria (2015): Richtlinie Sockelanschluss [13]

EB03 - Sockelputz

ÖNORM B 3346 (2019): Putzmörtel - Regeln für die Verwendung und Verarbeitung [22]

4 Materialien für die Putzherstellung

4.9 Anforderungen an den Sockelbereich:

geeignete Putze im Sockelbereich gemäß Tabelle 4, Tabelle 5 und Tabelle 6
(Festigkeitsklasse CS II und Druckfestigkeit > 2,5 N/mm²)

5 Putzgrund – Anforderungen, Prüfungen und Maßnahmen

5.2.4 Andere Putzgründe

Naturstein- und Mischmauerwerk sowie sonstige Putzgründe, wie z. B. Putzträger aus Ziegeldrahtgewebe oder Schilf, expandierte oder extrudierte Polystyrolplatten, Polyurethanplatten wie auch Riegelbauten und vorgefertigte Bauelemente, erfordern eine gesonderte Planung

5.3 Spezifische Anforderungen an den Putzgrund im Sockelbereich

Festlegung der exakten Sockellinie und des Geländeverlaufs vor Baubeginn durch den Planenden

Vorzugsweise eine Trennung zwischen Fassade und Sockel herstellen

Anhang A - Tabelle A.8 bis A.13

ÖNORM B 6400-1 (2017): Außenwand-Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) - Teil 1 Planung und Verarbeitung [41]

VAR2019 - Verarbeitungsrichtlinie für Wärmedämmverbundsystem [1]

Holzforschung Austria (2015): Richtlinie Sockelanschluss [13]

5.5.2 AW - Außenwand

AW01 - Holzmassivwand

ÖNORM B 2320 (2017): Wohnhäuser aus Holz – Technische Anforderungen [19]

5.2 Mechanische Festigkeit und Standsicherheit

- 5.2.2 Lastableitung: vollflächige Untermörtelung oder entsprechend druckfeste und feuchteunempfindliche Unterlagen
- 5.2.3 Mindestverschraubung Holzmassivwände- und decken: Mindestanzahl der Verbindungsmittel gemäß ÖNORM B 1995-1-1:2015, Anhang K.10

5.4 Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz

- 5.4.3 Holzschutz: Bauliche Maßnahmen sind vorrangig zu berücksichtigen. Chemische Holzschutzmaßnahmen sind auf das erforderliche Maß zu reduzieren.

6 Baustoffe

6.2 Holz und Holzwerkstoffe für tragende Bauteile

Folgende Sortierklassen sind zu verwenden, ausgenommen es liegt ein Nachweis gemäß ÖNORM EN 1995-1-1 für andere Festigkeitsklassen vor:

- Festigkeitsklasse C24 für festigkeitssortiertes Bauholz, keilgezinktes Vollholz und Balkenschichtholz
- Festigkeitsklasse GL24c für Brettschichtholz

Die Oberflächenqualität 1 muss eingehalten werden gemäß ÖNORM B 2215 (2009) Tabelle A.3

Holzfeuchtigkeit für Konstruktionshölzer (verbaut/verkleidet): maximal 18%

Holzfeuchtigkeit für Konstruktionshölzer (einseitig verbaut/verkleidet): maximal 20%

7 Anforderungen an Bauteile

7.4 Verleimte Massivholzbauteile: Verweis auf Abschnitt 6

8 Anforderungen an den Feuchtigkeitsschutz

8.2 Feuchtigkeit aus dem Baugrund und Niederschlagswasser

Holz und Holzwerkstoffe dürfen niemals mit dem Erdreich in Berührung kommen.

Aufstellung auf geeignete (z.B. gemauerte oder betonierte) Unterbauten.

Mindesthöhe Sockel 30cm, unter Berücksichtigung der Geländeform. Diese Mindesthöhe darf durch technische Vorkehrungen unterschritten werden. Trotzdem ist ein Mindestmaß von 10 cm zum fertigen Außenniveau und 5 cm zur wasserführenden Ebenen (Oberkante der fertigen Oberfläche) einzuhalten.

Feuchteschutzmaßnahmen im Sockelbereich bezogen auf das Schwellenniveau (Sw) siehe Tabelle 1

ÖNORM B 3802-1 (2015): Holzschutz im Bauwesen - Teil 1: Allgemeines [36]

5 Gebrauchsklassen

Einteilung von Holzbauteilen nach den unterschiedlichen Einbausituationen

Tabelle 1 - Gebrauchsklassen (GK) und die entsprechende Gefährdung durch Insekten, Pilze und Moderfäule

6 Maßnahmen zum Schutz des Holzes gegen Organismen

6.2.1 Bauliche Maßnahmen: gemäß ÖNORM B 3802-2

6.2.2 Auswahl der Holzart nach der natürlichen Dauerhaftigkeit: siehe Anhang D

6.2.3 Chemische Maßnahmen: gemäß ÖNORM B 3802-3

ÖNORM B 3802-2 (2015): Holzschutz im Bauwesen - Teil 2: Baulicher Schutz des Holzes [37]

5 Generelle bauliche Maßnahmen

5.1 Holzauswahl

5.2 Begrenzung der Holzfeuchtigkeit

Verhindern von Pilzbefall: Die Holzfeuchtigkeit von Vollholz und Massivholzprodukten darf maximal 20%, von Holzwerkstoffen maximal 18% betragen!

Vermeidung von unzuträglichem Quellen und Schwinden: Herstellerangaben, sonst gilt eine zulässige Holzfeuchtigkeit bei Vollholz und Massivholzprodukten von maximal 20%, bei Holzwerkstoffen maximal 15%.

Vollholz mit Abmessungen von maximal 50/80mm darf mit einer Holzfeuchtigkeit bis zur Fasersättigung (Nadelhölzer 30%) eingebaut werden.

5.2.4 Holzfeuchtigkeit im Gebrauchszustand:

Schutz vor Feuchtigkeit aus dem Baugrund / aus angrenzenden Stoffen / Niederschlagswasser / Nutzungsfeuchte / Kondenswasser

5.2.5 Unzuträgliche Veränderung der Holzfeuchte:

Bei einer Holzfeuchte auf über 20% bzw. 18% vor oder nach dem Einbau muss für eine Abtrocknung binnen maximal 3 Monate gesorgt werden

6 Besondere bauliche Maßnahmen

Maßnahmen zur Erreichung einer niedrigeren Gebrauchsklasse

ÖNORM B 3802-2 (2015): Holzschutz im Bauwesen - Teil 3: Chemischer Schutz des Holzes [38]

4 Allgemeines

„Chemische Holzschutzmaßnahmen können bauliche Maßnahmen [...] nur ergänzen, diese jedoch niemals vollständig ersetzen.“

OIB-Richtlinie 2 (2019): Brandschutz [54]

OIB-Richtlinie 4 (2019): Schallschutz [55]

ÖNORM B 1995-1-1 (2019): Eurocode 5 - Bemessung und Konstruktion von Holzbauten

ÖNORM B 1995-1-2 (2019): Eurocode 5 - Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauten

AW02 - WDVS (Wärmedämmung)

ÖNORM B 6000 (2018): Dämmstoffe für den Wärme- und Schallschutz [40]

5 Prinzipielle Anwendungen der Dämmstoffe

Tabelle 1 - Übersichtsbeschreibung

Tabelle 2 - Prinzipielle Anwendung von Dämmstoffen im Hochbau

Anhang A - Tabelle A.1 bis A.3: Anwendung und Anforderungen an Mineralwolle

Anhang B - Tabelle B.1 bis B.3: Anwendung und Anforderungen an Polystyrol-Hartschaumstoff

Anhang C - Tabelle C.1 bis C.3: Anwendung und Anforderungen an Polystyrol-Extruderschaumstoff

ÖNORM B 6400-1 (2017): Außenwand-Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) - Teil 1 Planung und Verarbeitung [41]

4 Planungs- und Verarbeitungsgrundsätze

4.3.1 Untergründe für die Aufbringung eines WDVS - Tabelle 1

5 Planung

5.4.2.3 Sockel- oder Fassadenabschlüsse

5.4.2.17 WDVS-Abschlüsse:

Abschlüsse des WDVS sind mittels Gewebevorlage oder spezieller Profile (z.B. Sockelprofil) zu planen

5.4.4 Übergang zweier direkt aneinanderstoßender WDVS mit unterschiedlichen Dämmstoffen:

Trennung durch geeignete Maßnahmen

VAR2019 - Verarbeitungsrichtlinie für Wärmedämmverbundsystem [1]

4 Vorbemerkungen für Planer und Verarbeiter

5 Untergrund

5.5 Holzuntergründe und Leichtbauplatten

6 Befestigung von WDVS

Tabelle 6.1 - Anforderungen der Befestigung in Abhängigkeit vom Dämmstoff

6.3 Mechanische Befestigung der Dämmplatten:

Auf Untergründe aus Holz und Leichtbauplatten wird ein WDVS geklebt und zusätzlich mechanisch befestigt

Anhang VI - Detailzeichnungen

AW03 - WDVS (Außenputz)**ÖNORM B 6400-1 (2017): Außenwand-Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) - Teil 1 Planung und Verarbeitung [41]****5 Planung**

5.4.6 Unterputz:

Minstdicke 3 mm, 5 mm oder 8 mm gemäß Tabelle 11

5.4.7 Oberputz und Fassadenfarben:

Oberputz: Größtkorn und Struktur (Reibbild) laut 6.2.7.7

Fassadenfarben: Hellbezugswert (HBW) ≥ 25

ÖNORM B 3346 (2019): Putzmörtel - Regeln für die Verwendung und Verarbeitung [22]**4 Materialien für die Putzherstellung****5 Putzgrund – Anforderungen, Prüfungen und Maßnahmen**

Putzgrund gemäß ÖNORM EN 13914-1 und ÖNORM EN 13914-2

Putzgrundprüfung gemäß Tabelle A.1

Maß-, Form- und Lagetoleranzen gemäß ÖNORM DIN 18202

6 Ausführung

Bei der Vorbehandlung des Putzgrundes sind die in Anhang A (Tabelle A.4 bis Tabelle A.13) angeführten konkreten Maßnahmen durchzuführen.

Für die bauseitigen Voraussetzungen bzw. Maßnahmen hinsichtlich des Putzgrundes siehe Anhang C.

6.2.4.1 Putzdicken:

Nennputz- und Mindestputzdicke für Außenputze: Anhang A - Tabelle A.3

ÖNORM B 3521 (2012): Planung und Ausführung von Dacheindeckungen und Wandverkleidungen aus Metall [27]**5 Planung****5.8 Abdeckprofile, Hochzugsschutzbleche, Fassadenanschlüsse:**

geeignete Anschlussmöglichkeit im Fassadensystem vorsehen (z.B. Sockelprofile, Nutprofile)

VAR2019 - Verarbeitungsrichtlinie für Wärmedämmverbundsystem [1]

AW04 - Holzfassade (Wärmedämmung)

ÖNORM B 6000 (2018): Dämmstoffe für den Wärme- und Schallschutz [40]

5 Prinzipielle Anwendungen der Dämmstoffe

Tabelle 1 - Übersichtsbeschreibung

Tabelle 2 - Prinzipielle Anwendung von Dämmstoffen im Hochbau

ÖFHF (2018): Richtlinie für die Planung und Ausführung von vorgehängten hinterlüfteten Fassaden [17]

3.7 Wärmedämmung

Wärmedämmung muss aus geeignete Dämmstoff bestehen (Verwendungszweck: Außendämmung der Wand hinter Bekleidung)

Folgende Fassadendämmstoffe können z. B. verwendet werden:

- Mineralwolle
- Schaumglas
- Hartschaumplatten
- Holzfaser

AW05 - Holzfassade (Unterkonstruktion)

ÖNORM B 3419 (2018): Planung und Ausführung von Dacheindeckungen und Wandverkleidungen [26]

4 Materialien

4.4 Materialien für Befestigungen

Verklammerungen, Verschraubungen oder Nagelungen aus:

- nichtrostendem Stahl mit der Werkstoffnummer 1.4301 gem. ÖNORM EN 10027-2
- Kupfer
- Aluminium
- feuerverzinktem Stahl
- oder Gleichwertigem

und müssen mit dem Eindeckmaterial korrosionsverträglich sein

5 Planung

5.1.2 Besondere Bestimmungen für Wandverkleidungen:

Regelquerschnitt vertikaler Belüftungsspalt mindestens 200 cm²/m

lokale Reduktion des Belüftungsspalt durch Unterkonstruktionsteile u. dgl. auf bis zu 5 mm zulässig

Zu- und Abluftöffnungen bei allen Außenwandöffnungen ab einer Breite von 1,20m

Unterkonstruktionen aus Holz:

- Mindestdicke Vertikallattung 30mm
- Belüftungsspalt mindestens 200 cm²/m
- Zu- und Abluftöffnungen mindestens 150cm²/m nach Abzug Traglattung
- Traglatten mit einer Breite ≥ 120mm sind zu trennen (Abstand min. 10mm)

ÖFHF (2018): Richtlinie für die Planung und Ausführung von vorgehängten hinterlüfteten Fassaden [16, 17]

Tabelle B - Bekleidungstiefe und Fugenanteil in Abhängigkeit der Öffnungsart

Verweis: „Merkblatt für vorgehängte, hinterlüftete Fassaden auf Holz-Unterkonstruktion“ [16]

Sockelausbildung

- Sockelhöhe ≥ 30cm (Normalfall)
 ≥ 15 - 30cm (unter günstigen Bedingungen möglich)
 < 15cm bei Holz-Unterkonstruktionen nicht zulässig!

Belüftungsebene

- Traglatten: ausschließlich vertikal, Mindestdicke 30mm, ab Traglattenbreite ≥ 120mm ist diese durch eine 10mm Fuge zu trennen
 Belüftungsquerschnitt: mindestens 150cm²/m nach Abzug der Lattung

Holzgüte

Sortierklasse min. S10 gemäß DIN 4074-1, Holzfeuchte maximal 18% beim Einbau

AW06 - Holzfassade (Bepankung außen)
ÖNORM B 2320 (2017): Wohnhäuser aus Holz – Technische Anforderungen [19]
9.6 Fassaden
ÖNORM B 3419 (2018): Planung und Ausführung von Dacheindeckungen und Wandverkleidungen [26]
4 Materialien
4.2 Materialien für Dacheindeckungen und Wandverkleidungen

Faserzement-Tafeln für Wandverkleidungen gemäß ÖNORM EN 12467

Holzschindeln gemäß DIN 68119

ÖFHF (2018): Richtlinie für die Planung und Ausführung von vorgehängten hinterlüfteten Fassaden [17]

Tabelle B - Bekleidungstiefe und Fugenanteil in Abhängigkeit der Öffnungsart

Verweis: „Merkblatt für vorgehängte, hinterlüftete Fassaden auf Holz-Unterkonstruktion“ [16]

Sockelausbildung

- Sockelhöhe ≥ 30cm (Normalfall)
 ≥ 15 - 30cm (unter günstigen Bedingungen möglich)
 < 15cm bei Holz-Unterkonstruktionen nicht zulässig!

Holzgüte

Sortierklasse min. S10 gemäß DIN 4074-1, Holzfeuchte maximal 18% beim Einbau

AW07 - Installationsebene

ÖNORM B 2320 (2017): Wohnhäuser aus Holz – Technische Anforderungen [19]

9 Anforderungen an die Planung und Ausführung

9.3 Dämmschichten:

Raumseitige Dämmschichten dürfen maximal 25% des Wärmedurchlasswiderstandes R der gesamten Wand betragen

9.9 Installationen, Haustechnik

Planungsgrundsätze gemäß ÖNORM B 8115-2 und ÖNORM B 8115-4

Revisionsöffnungen vorsehen

Bauteile, in denen Installationen geführt werden, sollten eine Installationsebene aufweisen

Die Position aller Installationen ist vor Beginn der Holzbauarbeiten festzulegen

ÖNORM B 3802-2 (2015): Holzschutz im Bauwesen - Teil 2: Baulicher Schutz des Holzes [37]

5 Generelle bauliche Maßnahmen

5.2.4.5 Schutz vor Kondenswasser

Holzbauteile sind durch wirksame bauliche Maßnahmen vor schädlicher Einwirkung von Kondenswasser zu schützen.

Wasserführende Leitungen in Außenbauteilen sind in ausreichendem Maß zu überdämmen

ÖNORM H 5155 (2013): Wärmedämmung von Rohrleitungen und Komponenten in haustechnischen Anlagen [52]

AW08 - Beplankung innen**ÖNORM B 2320 (2017): Wohnhäuser aus Holz – Technische Anforderungen [19]****9 Anforderungen an die Planung und Ausführung****9.5 Beplankung:**

Art und Dicke müssen den statischen bzw. bauphysikalischen Vorgaben entsprechen

9.5.2 Gips- und Gipsfaserplatten

Gipsplatten gemäß ÖNORM EN 520, müssen der ÖNORM B 3410 entsprechen

Gipsfaserplatten gemäß ÖNORM EN 15283-2

Feuchtigkeit und Luftfeuchtigkeit gemäß ÖNORM B 3415 [23], Tabelle 2

Verarbeitung gemäß ÖNORM B 3415 [23], Abschnitt 5.1

Oberflächenbehandlung gemäß ÖNORM B 3415 [23], Abschnitt 4.4.10, 10.1 und 10.3

Befestigung gemäß ÖNORM B 3415 [23], Abschnitt 5.3.2

Anschlussfugen (Hohlkehle) aus Silikon- und Acryl sind unzulässig!

Es sind dauerelastische Fugenausbildungen zu planen

Bei Holz-UK Quell- und Schwindmaße berücksichtigen

Bild 4 - Anschlussbeispiele von Gips- und Gipsfaserplatten

ÖNORM B 3415 (2019): Planung und Ausführung von Trockenbauarbeiten [23]

LD - Luft- und Winddichtheit

ÖNORM B 2340 (2020): Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen an die Luft- und Winddichtheit von Holzhäusern und Holzfertighäusern - ENTWURF [20]

4 Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen an die Luftdichtheit

4.6 Bauteilanschlüsse:

Bauteile sind durch Klebebänder oder Klebstoffe zu verbinden bzw. mit Folienüberlappungen und Folienverklebungen herzustellen (Kompriband) nach DIN 18542 oder durch EPDM-Dichtungen.

4.6.1 Anschluss zu mineralischen Bauteilen:

Anschlüsse zu z.B. Kellerdecke/Fundamentplatte sind entweder durch Folienüberstände oder durch geeignete Klebebänder, Klebmassen oder Fugendichtungsmaterialien herzustellen.

Anhang A - Ausführungsbeispiele

5 Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen an die Winddichtheit der Gebäudehülle

5.1 Allgemeines

Anforderungen an die Winddichtheit gemäß OIB-Richtlinie 6 [56]

5.3 Materialien: Folien, Plattenwerkstoffe, Dicht- und Klebematerialien

- Folien
- Plattenwerkstoffe
- Dicht- und Klebematerialien

ÖNORM B 2320 (2017): Wohnhäuser aus Holz – Technische Anforderungen [19]

9 Anforderungen an die Planung und Ausführung

9.4 Dampf- und Windbremsen

Dampfbremsen sind auf der warmen Seite anzuordnen, Windbremsen dienen der Sicherstellung der Winddichtheit des Gebäudes

Holzforschung Austria (2015): Richtlinie Sockelanschluss [13]

4.2 Abdichtung Bodenplatte/Kellerdecke

Die Luftdichtheit an der Wandinnenseite muss gegeben sein.

4.3 Sockel- und Spritzwasserbereich

Die Fuge zwischen Außenwand und Unterbau ist gemäß ÖNORM B 2320 [19] außenseitig gegen Niederschlags- und Spritzwasser abzudichten.

Fugenausführung abhängig vom Schwellenniveau (Sw):

Sw ≥ 150mm: Klebeband (Außenbereich)

Sw < 150mm: Abdichtungshochzug gemäß Lastfall ÖNORM B 3692 [35]

DE01 - Allgemeines**ÖNORM B 2320 (2017): Wohnhäuser aus Holz – Technische Anforderungen [19]****9.7 Dächer**

Steildach- und Flachdachkonstruktionen sind je nach Dacheindeckung zB gemäß ÖNORM B 3419, ÖNORM B 3521-1, ÖNORM B 3691 und ÖNORM B 4119 auszuführen.

ÖNORM B 3691 (2019): Planung und Ausführung von Dachabdichtungen [34]**4 Materialien****4.8 Materialien für Befestigungen**

Nieten, Schrauben, Nägel: nichtrostender Stahl, Werkstoffnummer 1.4301 gemäß ÖNORM EN 10027-2, Kupfer, Aluminium oder feuerverzinktem Stahl oder gleichwertig

4.9 Zubehör und Einbauteile

Ausstattung von Dächern für spätere Arbeiten gemäß ÖNORM B 3417

Schneeschutzsysteme gemäß ÖNORM B 3418

Fest installierte Dachleitern gemäß ÖNORM EN 12951

Lichtkuppeln aus Kunststoff gemäß ÖNORM EN 1873

Dachlichtbänder aus Kunststoff gemäß ÖNORM EN 14963

5 Allgemeine Planungsgrundsätze für Dachaufbauten**5.1 Einwirkungen und Anforderungen**

Nutzungsdauer und Schadensfolgeklassen gemäß Tabelle 1 und Tabelle 2

ausreichende Schutzmaßnahmen während der Bauzeit planen

Horizontale Rohrleitungsführungen innerhalb von Warmdachaufbauten sind unzulässig (Ausgenommen Leitungsverzüge bis zu 100 cm für die Dachentwässerung)

Sicherheitsausstattungen gemäß ÖNORM B 3417

Schneeschutzsysteme gemäß ÖNORM B 3418

Begrünungen von Dächern ÖNORM L 1131

5.3 Dachaufbauten**5.4 Nutzungskategorien (K1, K2, K3)**

Planung des Dachaufbaus in Abhängigkeit von Schadenfolgeklasse und Nutzungsdauer gemäß Tabelle 1

Wesentlichen Merkmale der Nutzungskategorien gemäß Tabelle 2

5.5.1 Regelgefälle

Regelgefälle für Dachabdichtung:

- mindestens 2% (Endverformung berücksichtigt)
- mindestens 3% (Endverformung unberücksichtigt)

In kleinflächigen Quergefällebereichen darf das Regelgefälle um 1% reduziert werden

5.5.2 Unterschreitung des Regelgefälles

5.5.3 Gefälle größer 10%

5.5.4 Gefälledämmung

- Das Gefälle ist grundsätzlich im tragenden Untergrund herzustellen.
- Dachaufbauten (Kategorie K2 und K3) mit Gefälledämmung sind zulässig, jedoch besondere Bestimmungen bei der Planung der diffusionshemmenden Schicht (6.3)

5.6 Zusatzmaßnahmen

Maßnahmen zur Erhöhung der Funktionssicherheit von Dachabdichtungen

5.7 Geeignete Untergründe

- Tabelle 3: Anforderungen an den Untergrund

Holzforschung Austria (2018): Bauen mit Brettsperrholz im Geschoßbau [63]

6.7 Flachdach

- Dampfbremse kann als temporärer Witterungsschutz verwendet werden (Eignungsnachweis erforderlich)
- nicht brennbare Dämmstoffe verwenden (bei GK4)
- Gefälledämmung der Klasse E ist zulässig (hauptsächlich Steinwolle zu verwenden)
- Dämmung der Klasse E zulässig (bei GK4), wenn auf der Holzrohdecke:
min. 5 cm Aufbeton oder
brandschutztechnisch gleichwertige Baustoffschichten aufgebracht werden
- Brettsperrholzdecken mit Holzuntersicht: die Luftdichtheit der Elektroinstallation und der Verlegung zu berücksichtigen

Holzforschung Austria (2015): Flachgeneigte Dächer aus Holz [62]

Holzforschung Austria (2018): Planungshilfe Flachdach [2]

5.5.3 FD - Flachdach

FD01 - Holzmassivdecke	
OIB-Richtlinie 2 (2019): Brandschutz [54]	
2	Allgemeine Anforderungen und Tragfähigkeit im Brandfall
2.1	Brandverhalten von Bauprodukten (Baustoffen) Anforderungen gemäß Tabelle 1a: Allgemeine Anforderungen an das Brandverhalten (Anhang)
2.2	Feuerwiderstand von Bauteilen Anforderungen gemäß Tabelle 1b: Allgemeine Anforderungen an den Feuerwiderstand von Bauteilen (Anhang)
OIB-Richtlinie 4 (2019): Schallschutz [55]	
2	Baulicher Schallschutz
2.2	Anforderungen an den Schallschutz von Außenbauteilen
ÖNORM B 2320 (2017): Wohnhäuser aus Holz – Technische Anforderungen [19]	
5	Wesentliche Anforderungen
5.2.3	Mindestverschraubung Holzmassivwände- und decken: Mindestanzahl der Verbindungsmittel gemäß ÖNORM B 1995-1-1:2015, Anhang K.10
5.4.3	Holzschutz Anforderungen gemäß ÖNORM B 3802-1, ÖNORM B 3802-2 bzw. ÖNORM B 3802-3 Bauliche Maßnahmen sind vorrangig zu berücksichtigen. Chemische Holzschutzmaßnahmen sind auf das erforderliche Maß zu reduzieren.
6	Baustoffe
6.2	Holz und Holzwerkstoffe für tragende Bauteile Folgende Sortierklassen sind zu verwenden, ausgenommen es liegt ein Nachweis gemäß ÖNORM EN 1995-1-1 für andere Festigkeitsklassen vor: - Festigkeitsklasse C24 für festigkeitssortiertes Bauholz, keilgezinktes Vollholz und Balkenschichtholz - Festigkeitsklasse GL24c für Brettschichtholz Die Oberflächenqualität 1 muss eingehalten werden gemäß ÖNORM B 2215 (2009) Tabelle A.3 Holzfeuchtigkeit für Konstruktionshölzer (verbaut/verkleidet): maximal 18% Holzfeuchtigkeit für Konstruktionshölzer (einseitig verbaut/verkleidet): maximal 20%
7	Anforderungen an Bauteile
7.4	Verleimte Massivholzbauteile Verweis auf Abschnitt 6

8 Anforderungen an den Feuchtigkeitsschutz

8.3 Nutzwasser

Wasserführende Leitungen:

- auf der Innerseite der Dämmebene liegend und luftdichte Ausführung oder
- in raumseitigen Installationswänden führen

Feuchträume:

- Inspektionsöffnungen und Feuchteindikatoren oder
- Abdichtungsmaßnahmen gemäß ÖNORM B 3407 und ÖNORM B 3692

8.4 Kondenswasser

gemäß ÖNORM B 8110-2

ÖNORM B 3802-1 (2015): Holzschutz im Bauwesen - Teil 1: Allgemeines [36]

5 Gebrauchsklassen

Einteilung von Holzbauteilen nach den unterschiedlichen Einbausituationen

Tabelle 1 - Gebrauchsklassen (GK) und die entsprechende Gefährdung durch Insekten, Pilze und Moderfäule

6 Maßnahmen zum Schutz des Holzes gegen Organismen

6.2.1 Bauliche Maßnahmen: gemäß ÖNORM B 3802-2

6.2.2 Auswahl der Holzart nach der natürlichen Dauerhaftigkeit: siehe Anhang D

6.2.3 Chemische Maßnahmen: gemäß ÖNORM B 3802-3

ÖNORM B 3802-2 (2015): Holzschutz im Bauwesen - Teil 2: Baulicher Schutz des Holzes [37]

5 Generelle bauliche Maßnahmen

5.1 Holzauswahl

5.2 Begrenzung der Holzfeuchtigkeit:

Verhindern von Pilzbefall: Die Holzfeuchtigkeit von Vollholz und Massivholzprodukten darf maximal 20%, von Holzwerkstoffen maximal 18% betragen!

Vermeidung von unzuträglichem Quellen und Schwinden: Herstellerangaben, sonst gilt eine zulässige Holzfeuchtigkeit bei Vollholz und Massivholzprodukten von maximal 20%, bei Holzwerkstoffen maximal 15%.

Vollholz mit Abmessungen von maximal 50/80mm darf mit einer Holzfeuchtigkeit bis zur Fasersättigung (Nadelhölzer 30%) eingebaut werden.

5.2.4 Holzfeuchtigkeit im Gebrauchszustand:

Schutz vor Feuchtigkeit aus angrenzenden Stoffen / Niederschlagswasser / Nutzungsfeuchte / Kondenswasser

5.2.5 Unzuträgliche Veränderung der Holzfeuchte:

Bei einer Holzfeuchte auf über 20% bzw. 18% vor oder nach dem Einbau muss für eine Abtrocknung binnen maximal 3 Monate gesorgt werden

6 Besondere bauliche Maßnahmen:

Maßnahmen zur Erreichung einer niedrigeren Gebrauchsklasse

ÖNORM B 3802-2 (2015): Holzschutz im Bauwesen - Teil 3: Chemischer Schutz des Holzes [38]**4 Allgemeines**

Die Verwendung von dauerhaften Holzarten sowie die Festlegung von baulichen Maßnahmen ist vorrangig zu berücksichtigen. Chemische Holzschutzmaßnahmen können bauliche Maßnahmen nur ergänzen und sind auf das erforderliche Maß zu reduzieren.

In bewohnten Innenräumen ist auf eine Anwendung von chemischen Holzschutzmitteln grundsätzlich zu verzichten.

ÖNORM B 2340 (2020): Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen an die Luft- und Winddichtheit von Holzhäusern und Holzferthäusern (ENTWURF) [20]**4 Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen an die Luftdichtheit****4.6 Bauteilanschlüsse:**

Bauteile sind durch Klebebänder oder Klebstoffe zu verbinden bzw. mit Folienüberlappungen und Folienverklebungen herzustellen (Kompriband) nach DIN 18542 oder durch EPDM-Dichtungen.

Anhang A - Ausführungsbeispiele

5 Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen an die Winddichtheit der Gebäudehülle**5.3 Materialien**

Folien, Plattenwerkstoffe, Dicht- und Klebematerialien

ÖNORM B 1995-1-1 (2019): Eurocode 5 - Bemessung und Konstruktion von Holzbauten [46]

FD02 - Diffusionshemmende Schicht

ÖNORM B 3691 (2019): Planung und Ausführung von Dachabdichtungen [34]

4 Allgemeine Planungsgrundsätze

4.3 Diffusionshemmende Schichten:

- Bahnen aus Bitumen gemäß ÖNORM B 3666 (2009) - Tabelle 2
- Bahnen aus Kunststoff gemäß ÖNORM B 3667 (2018) - Tabelle 2
- Flüssigkunststoffe mit Einlage gemäß ETAG 005

6 Planung und Ausführung

6.3 Diffusionshemmende Schicht:

6.3.1 Planung:

- mit Bahnen gemäß ÖNORM B 3666 und ÖNORM B 3667
- Bemessung der Schichten gemäß ÖNORM B 8110-2
- Bei Warmdachaufbauten unter Auflast ist die diffusionshemmende Schicht mit einem s_d -Wert von min. 1000m zu bemessen, wenn kein bauphysikalischer Nachweis erfolgt
- Wärmedämmschichten aus Schaumglas können die Funktion der diffusionshemmenden Schicht übernehmen
- Dächern mit Gefälledämmung der Kategorien K2 und K3:
Bitumenbahnen E-ALGV-4, E-KV-4, E-KV-5 gemäß ÖNORM B 3666

„Bauschutzabdichtungen sind in der IFB-Richtlinie „Bauschutzabdichtungen“ geregelt.“

6.3.2 Ausführung:

- diffusionshemmende Schicht ist bis Oberkante Wärmedämmung bzw. Dreikantkeil zu führen
- bei wärmegeprägten Attikakronen bis zur Außenkante führen

6.5.3 An- und Abschlüsse

- Tiefzüge (Abbordungen) mind. 30cm nach unten führen
- Auflagerfugen und Decken sind mit Tiefzügen um min. 20cm zu überdecken

ÖNORM B 3666 (2009): Abdichtungsbahnen - Bitumen-Dampfsperrbahnen [32]

5 Mindestanforderungen

In Tabelle 2 sind die Anforderungen an folgende Sorten festgelegt:

Bitumenbahnen mit Glasvlieseinlage

- GV 45

Bitumen-Dampfsperrbahnen mit Aluminiueinlage

- ALGV-4, E-ALGV-4, E-ALGV-1,5 sk

Polymerbitumenbahnen mit Kunststoffvlieseinlage

- E-KV-4, E-KV-5

ÖNORM B 3667 (2009): Abdichtungsbahnen - Kunststoff-Dampfsperrbahnen [33]**6 Sorten von Kunststoff-Dampfsperrbahnen**

In Tabelle 2 sind die Anforderungen an folgende Sorten festgelegt:

- DB, DS, DS dd

(DB: Dampfbremse; DS: Dampfsperre; DS dd: Dampfsperre dampfdicht)

FD03 - Wärmedämmung**ÖNORM B 3691 (2019): Planung und Ausführung von Dachabdichtungen [34]****4 Allgemeine Planungsgrundsätze****4.5 Dämmstoffe:**

Bestimmungen gemäß ÖNORM B 6000

- Vakuumdämmpaneele:

müssen beidseitig mit einer geeigneten Schutzschicht versehen werden, z.B.:

- EPS, XPS oder PU (Mindestdicke 5mm)
- Gummigranulatmatten (Mindestdicke 3mm)
- glasfaserverstärkte Kunststoffplatten (Mindestdicke 1,5mm)
- Polymerbitumenbahnen (Mindestdicke 2mm)

5 Allgemeine Planungsgrundsätze für Dachaufbauten**5.5.4 Gefälledämmung**

- Das Gefälle ist grundsätzlich im tragenden Untergrund herzustellen.
- Dachaufbauten (Kategorie K2 und K3) mit Gefälledämmung sind zulässig, jedoch besondere Bestimmungen bei der Planung der diffusionshemmenden Schicht (6.3)

6 Planung und Ausführung**6.4 Wärmedämmung:**

- Dimensionierung gemäß den geltenden behördlichen Vorschriften für den Wärmeschutz und gemäß ÖNORM B 8110 (alle Teile)
- Tabelle 5 - Wärmedämmstoffe für die Anwendung im Flachdach
- Mindestanforderungen gemäß ÖNORM B 6000
- Vakuumdämmpaneele dürfen nur unter der Dachabdichtung und nur bei Dachaufbauten unter Kies oder Belägen geplant werden
- Bei begrünten Flachdachaufbauten, ausgenommen Extensivbegrünungen bis 10 cm Aufbauhöhe, ist der Einsatz von MW-WD nicht zulässig

ÖNORM B 6000 (2018): Dämmstoffe für den Wärme- und Schallschutz [40]**5 Prinzipielle Anwendungen der Dämmstoffe**

Tabelle 1: Übersichtsbeschreibung

Tabelle 2: Prinzipielle Anwendung von Dämmstoffen im Hochbau

FD04 - Dachabdichtung**ÖNORM B 3691 (2019): Planung und Ausführung von Dachabdichtungen [34]****4 Allgemeine Planungsgrundsätze****4.4 Dachabdichtungen:**

- Polymerbitumenbahnen gemäß ÖNORM B 3660 (2018) - Tabelle 5 bis 9
- Kunststoffbahnen gemäß ÖNORM B 3663 (2018) - Tabelle 5 bis 8
- flüssig aufzubringende Dachabdichtungen mit Einlage gemäß ETAG 005

6 Planung und Ausführung**6.5 Dachabdichtung:**

- mechanisch befestigten Abdichtungssystemen gemäß ÖNORM EN 1991-1-4 und ÖNORM B 1991-1-4
- Spenglermäßige Tropfnasen und Abschlüsse gemäß ÖNORM B 3521-1
- Tabelle 7: Bemessung von Bitumen- und Kunststoffbahnen
- Tabelle 8: Bemessung von Flüssigabdichtungen

6.5.2.1 Ausführung von Abdichtungen mit Bitumenbahnen

- Polymerbitumenbahnen sind mehrlagig auszuführen
- Abdichtungen mit Bitumenbahnen sind untereinander, Hoch- und Tiefzüge auch zum Untergrund hin, grundsätzlich vollflächig zu verkleben.
- Bei Polymerbitumenbahnen mit Schieferabstreuerung darf eine Kiesschüttung ohne Trenn- bzw. Schutzschicht verlegt werden.

6.5.2.2 Ausführung von Abdichtungen mit EPDM

- EPDM-Abdichtungsplanen und -bahnen sind spannungsfrei zu verlegen.
- Hoch- und Tiefzüge sind mechanisch zu befestigten oder zu verkleben.
- Die mechanische Befestigung von EPDM-Abdichtungsplanen muss durchdringungsfrei (z. B. mit Klemmhalter oder Laschen) durchgeführt werden.

6.5.3 An- und Abschlüsse:

- Regelfall: Wände ≥ 15 cm, Türelement ≥ 10 cm
Verringerung durch bauliche Maßnahmen möglich (Anhang B)
- An- und Abschlüsse aus Metall gemäß ÖNORM B 3521-1
- Hochzugshöhen gemäß Tabelle 9 bis Tabelle 11
- Bestimmungen für Terrassen mit Holzlattenrost
- Beurteilung der Lage des Anschlusses (ungeschützt, teilgeschützt, geschützt)
- Entwässerungsrinnen vor Anschlüssen gemäß 5.9.2
- Hochzugshöhen und Mindestbreiten der Entwässerungsrinnen gemäß Tabelle 9 und 10 bei ungeschützten Lagen bis zu einer Höhe der dem Regen ausgesetzten Wandfläche von 6m

- Pult- und Ortgangabschlüsse, bei denen die Abdichtung bis zur Außenkante der Fassade geführt wird, sind mindestens 5 cm über der Oberkante der fertigen Oberfläche zu führen
- Bei Hochzugssicherung mittels Befestigungsprofil ist die Mindesthochzugshöhe an der Befestigungsschraube zu messen
- Für Attiken sind geeignete Abdeckungen vorzusehen oder eine Abdichtung entsprechend den Bestimmungen der vorliegenden ÖNORM zu planen.

Details zu Anschlüssen und Abschlüssen: Anhang B

Tabelle 9: Mindesthöhen für Tür- und Fensterelemente

Tabelle 10: Mindesthöhen bei Wandanschlüssen, Attiken und Durchführungen über 200 cm² Querschnittsfläche

Tabelle 11: Mindestanschlusshöhen bei Durchführungen mit einer Querschnittsfläche bis 200 cm²

ÖNORM B 3660 (2018): Abdichtungsbahnen - Bitumenbahnen mit Trägereinlage für Dachabdichtungen [28]

6.2 Bitumenbahnen für Unter- und Zwischenlagen von mehrlagigen Systemen

In Tabelle 5 sind die Anforderungen an folgende Sorten festgelegt:

Polymerbitumenbahnen mit Glasgewebe- oder Kombinationseinlage

- E-GG-4, P-GG-4, E-3 sk, E-4 sk

Polymerbitumenbahnen mit Kunststoffvlieseinlage

- E-KV-4, E-KV-5, P-KV-4, P-KV-5

6.3 Bitumenbahnen für Oberlagen von mehrlagigen Systemen

In Tabelle 6 sind die Anforderungen an folgende Sorten festgelegt:

Polymerbitumenbahnen mit Glasgewebe- oder Kombinationseinlage

- E-4 sk S

Polymerbitumenbahnen mit Kunststoffvlieseinlage

- E-KV-4 S, E-KV-5 S, P-KV-4 S, P-KV-5 S

ÖNORM B 3663 (2018): Abdichtungsbahnen - Bitumenbahnen mit Trägereinlage für Dachabdichtungen [30]

6.2 Freiliegende, geklebte Kunststoffbahnen

In Tabelle 5 sind die Anforderungen an folgende Sorten festgelegt:

Kunststoffbahnen aus weich gemachtem Polyvinylchlorid (PVC-P), nicht bitumenbeständig

- PVC-P–NB–GE

Kunststoffbahnen aus Ethylencopolymerisat-Bitumen (ECB)

- ECB–GE

Kunststoffbahnen aus flexiblen Polyolefinen (FPO)

- FPO–GE

Kunststoffbahnen aus weich gemachtem Polyvinylchlorid (PVC-P), bitumenverträglich

- BV-GG, BV-SG, BV-GV, BV-H

Kunststoffbahnen aus vollvernetztem Ethylen-Propylen-Dien-Terpolymer

- EPDM–GE

6.3 Freiliegende, mechanisch befestigte Kunststoffbahnen

In Tabelle 6 sind die Anforderungen an folgende Sorten festgelegt:

Kunststoffbahnen aus weich gemachtem Polyvinylchlorid (PVC-P), nicht bitumenbeständig

- PVC-P–NB–ME

Kunststoffbahnen aus Ethylencopolymerisat-Bitumen (ECB)

- ECB–ME

Kunststoffbahnen aus flexiblen Polyolefinen (FPO)

- FPO–ME

Kunststoffbahnen aus weich gemachtem Polyvinylchlorid (PVC-P), bitumenverträglich

- BV-GG, BV-SG, BV-GV

Kunststoffbahnen aus vollvernetztem Ethylen-Propylen-Dien-Terpolymer

- EPDM–ME

6.4 Kunststoffbahnen unter Kiesauflast

In Tabelle 7 sind die Anforderungen an folgende Sorten festgelegt:

Kunststoffbahnen aus weich gemachtem Polyvinylchlorid (PVC-P), nicht bitumenbeständig

- PVC-P–NB–KI

Kunststoffbahnen aus Ethylencopolymerisat-Bitumen (ECB)

- ECB–KI

Kunststoffbahnen aus flexiblen Polyolefinen (FPO)

- FPO–KI

Kunststoffbahnen aus weichgemachtem Polyvinylchlorid (PVC-P), bitumenverträglich

- BV-GG, BV-SG, BV-GV, BV-H

Kunststoffbahnen aus vollvernetztem Ethylen-Propylen-Dien-Terpolymer

- EPDM–KI

6.5 Kunststoffbahnen unter Auflast wie Begrünung, Verkehrsflächen oder Ähnliches

In Tabelle 8 sind die Anforderungen an folgende Sorten festgelegt:

Kunststoffbahnen aus weichgemachtem Polyvinylchlorid (PVC-P), nicht bitumenbeständig

- PVC-P–NB–DG

Kunststoffbahnen aus Ethylencopolymerisat-Bitumen (ECB)

- ECB–DG

Kunststoffbahnen aus flexiblen Polyolefinen (FPO)

- FPO–DG

Kunststoffbahnen aus weich gemachtem Polyvinylchlorid (PVC-P), bitumenverträglich

- BV-GG, BV-SG, BV-GV, BV-H

Kunststoffbahnen aus vollvernetztem Ethylen-Propylen-Dien-Terpolymer

- EPDM–DG

FD05 - Ausgleichs-, Schutz-, Gleit- und Trennschichten

ÖNORM B 3691 (2019): Planung und Ausführung von Dachabdichtungen [34]

4.6 Ausgleichs-, Schutz-, Gleit- und Trennschichten:

Für Ausgleichs- und Schutzschichten sind geeignet:

- Geotextilien
- Gummigranulatmatten (Mindestdicke 6 mm)
- Polyethylenschaum (Mindestdicke 3 mm)
- diffusionsoffene Vliese
- diffusionsoffene, wasserableitende, systemgerechte Bahnen
- Wärmedämmstoffe gemäß 4.5 (Mindestdicke 30 mm)

Für Trennschichten sind geeignet:

- Glasvliese oder Glasgitter
- Geotextilien
- Drainagebahnen aus Kunststoff oder aus einer Kunststoffvlieskombination

FD06 - Beschüttungen und schwerer Oberflächenschutz

ÖNORM B 3691 (2019): Planung und Ausführung von Dachabdichtungen [34]

4.7 Kiesschüttungen:

Mindestanforderungen gemäß ÖNORM B 3132: Korngruppe 16/32, GC 80-20, Feinanteile Kategorie f2

5.11 Windsogsicherung:

5.11.1 Kiesschüttung mit Korngröße 16/32 und Mindestdicke 6cm bei Gebäuden

- mit Attika: Gebäudehöhe von max. 25m mit einer Attikahöhe von min. 2,5% der Gebäudehöhe
- ohne Attika: Gebäudehöhe von max. 10m und einer Windsogbelastung von bis zu 1kN/m²

5.11.2 Leichte Beläge:

Bei Gebäudehöhen und Windlasten gemäß 5.11.1 mit umlaufender Attika oder Geländer mit einer Höhe von min. 1m

6.7 Beschüttungen und schwerer Oberflächenschutz

- Trockenrohddichte mindestens 1500 kg/m³ und Mindestschütthöhe 6 cm

5.5.4 SD - Schrägdach

Allgemein - Holzschutz

ÖNORM B 2320 (2017): Wohnhäuser aus Holz – Technische Anforderungen [19]

9 Anforderungen an die Planung

9.7 Dächer

Steildach- und Flachdachkonstruktionen gemäß ÖNORM B 3419, ÖNORM B 3521-1, ÖNORM B 3691, ÖNORM B 4119

ÖNORM B 3802-1 (2015): Holzschutz im Bauwesen - Teil 1: Allgemeines [36]

5 Gebrauchsklassen

Einteilung von Holzbauteilen nach den unterschiedlichen Einbausituationen

Tabelle 1 - Gebrauchsklassen (GK)

6 Maßnahmen zum Schutz des Holzes gegen Organismen

6.2.1 Bauliche Maßnahmen: gemäß ÖNORM B 3802-2

6.2.2 Auswahl der Holzart nach der natürlichen Dauerhaftigkeit: siehe Anhang D

6.2.3 Chemische Maßnahmen: gemäß ÖNORM B 3802-3

ÖNORM B 3802-2 (2015): Holzschutz im Bauwesen - Teil 2: Baulicher Schutz des Holzes [37]

5 Generelle bauliche Maßnahmen

5.1 Holzauswahl

5.2 Begrenzung der Holzfeuchtigkeit:

Verhindern von Pilzbefall: Die Holzfeuchtigkeit von Vollholz und Massivholzprodukten darf maximal 20%, von Holzwerkstoffen maximal 18% betragen!

Vermeidung von unzuträglichem Quellen und Schwinden: Herstellerangaben, sonst gilt eine zulässige Holzfeuchtigkeit bei Vollholz und Massivholzprodukten von maximal 20%, bei Holzwerkstoffen maximal 15%.

Vollholz mit Abmessungen von maximal 50/80mm darf mit einer Holzfeuchtigkeit bis zur Fasersättigung (Nadelhölzer 30%) eingebaut werden.

5.2.4 Holzfeuchtigkeit im Gebrauchszustand:

Schutz vor Feuchtigkeit aus dem Baugrund / aus angrenzenden Stoffen / Niederschlagswasser / Nutzungsfeuchte / Kondenswasser

5.2.5 Unzuträgliche Veränderung der Holzfeuchte:

Bei einer Holzfeuchte auf über 20% bzw. 18% vor oder nach dem Einbau muss für eine Abtrocknung binnen maximal 3 Monate gesorgt werden

6 Besondere bauliche Maßnahmen:

Maßnahmen zur Erreichung einer niedrigeren Gebrauchsklasse

SD01 - Dacheindeckung**ÖNORM B 3419 (2018): Planung und Ausführung von Dacheindeckungen und Wandverkleidungen [26]****4 Materialien****4.2 Materialien für Dacheindeckungen und Wandverkleidungen**

Dachsteine gemäß ÖNORM EN 490

Dachziegel gemäß ÖNORM EN 1304

Faserzement-Dachplatten gemäß ÖNORM EN 492

Faserzement-Wellplatten gemäß ÖNORM EN 494

Faserzement-Tafeln für Wandverkleidungen gemäß ÖNORM EN 12467

lichtdurchlässige, einschalige, profilierte Platten aus Kunststoff gemäß ÖNORM EN 1013

lichtdurchlässige, flache Stegmehrfachplatten aus Polycarbonat (PC) gemäß ÖNORM EN 16153

Dachschiefer gemäß ÖNORM EN 12326-1

Polymerbitumen-Dachschindeln gemäß ÖNORM EN 544

Polymerbitumen-Deckmasse gemäß ÖNORM B 3660

Holzschindeln gemäß DIN 68119

4.3 Zubehör

Dachsicherheitseinrichtungen gemäß ÖNORM B 3417

Schneeschutzsysteme gemäß ÖNORM B 3418

Fassadenunterkonstruktionen aus Aluminium gemäß ÖNORM EN 755-2

Lichtkuppeln aus Kunststoff gemäß ÖNORM EN 1873

4.4 Materialien für Befestigungen

Art und Form des Befestigungsmaterials gemäß Materialhersteller

Verklammerungen, Verschraubungen oder Nagelungen aus nichtrostendem Stahl, Werkstoffnummer 1.4301 gemäß ÖNORM EN 10027-2, Kupfer, Aluminium, feuerverzinktem Stahl oder Gleichwertigem
Korrosionsverträglichkeit mit dem Eindeckmaterial!

Bindedraht aus nichtrostendem Stahl, Durchmesser min. 1 mm, oder aus Kupfer, Durchmesser min. 1,5 mm

5.1 Planung

„Dacheindeckungen und Wandverkleidungen sind als belüftete Konstruktionen zu planen.“

5.2 Dachneigungen und Mindestüberdeckungen

Tabelle 1: Dacheindeckung mit Dachsteinen

Tabelle 2: Dacheindeckung mit Dachziegeln

Tabelle 3: Dacheindeckung mit Faserzement-Dachplatten

Tabelle 4: Dacheindeckung mit Faserzement-Wellplatten

Tabelle 6: Dacheindeckung mit Polymerbitumen-Dachschindeln

Tabelle 7: Dacheindeckung mit Schiefer

Tabelle 9: Dacheindeckung mit Holzschindeln

5.4 Bemessungsgrundlage auf Windsogbelastung für Dacheindeckungen

Windsogbelastung gemäß ÖNORM EN 1991-1-4 und ÖNORM B 1991-1-4

6 Ausführung

6.2 Dacheindeckung mit Dachsteinen

6.3 Dacheindeckung mit Dachziegeln

6.4 Dacheindeckung mit Faserzement-Dachplatten

6.5 Dacheindeckung mit Faserzement-Wellplatten

6.8 Dacheindeckung mit Polymerbitumen-Dachschindeln

6.9 Dacheindeckung mit Schiefer

6.11 Dacheindeckung mit Holzschindeln

6.13 Dacheindeckung mit Reet und Stroh

6.14 Dacheindeckung mit lichtdurchlässigen Platten aus Kunststoff

ÖNORM B 4119 (2018): Planung und Ausführung von Unterdächern und Unterspannungen [39]

4.1 Randbedingungen bei der Planung

Die Dacheindeckung über Unterdächern ist innerhalb von 4 Wochen aufzubringen!

ÖNORM B 3417 (2016): Planung und Ausführung von Sicherheitsausstattungen auf Dächern [18]

ÖNORM B 3418 (2012): Planung und Ausführung von Schneeschutzsystemen auf Dächern [25]

SD02 - Dachlattung

ÖNORM B 3419 (2018): Planung und Ausführung von Dacheindeckungen und Wandverkleidungen [26]

5.3 Geeigneter Untergrund

Untergründe für Dacheindeckung sind in der Regel aus Holz herzustellen.

Anforderungen gemäß ÖNORM B 2215 und ÖNORM B 2320

Dächer ohne Unterdach: Mindestlattendimension 38x48 mm

ÖNORM B 2215 (2017): Holzbauarbeiten - Werkvertragsnorm [18]

5.2 Materialien

Sofern die Holzart nicht vorgegeben ist, ist Fichte oder Tanne zu verwenden.

5.2.1 Vollholz

- Vollholz gemäß ÖNORM EN 14081

- sägeraues Nadelholz, Oberflächenqualität 1 gemäß Tabelle 1 und Festigkeitsklasse C24 nach ÖNORM EN 338:2016

5.3 Ausführung

Für die Unterkonstruktion von Dacheindeckungen gilt:

- Grenzabmaße für die Lattenabstände und die Firstlänge gemäß Tabelle 4

- Winkeltoleranzen gemäß ÖNORM DIN 18202

- Ebenheitstoleranzen gemäß ÖNORM DIN 18202:2013, Tabelle 3, Zeile 2

ÖNORM B 2320 (2017): Wohnhäuser aus Holz – Technische Anforderungen [19]

9 Anforderungen an die Planung

9.7 Dächer

Die Dachlattung ist auf das Deckungsmaterial abzustimmen.

Lattenquerschnitt richtet sich nach Belastung und Sparrenabstand, min. 28x48 mm

ÖNORM B 3417 (2016): Planung und Ausführung von Sicherheitsausstattungen auf Dächern [24]

5.2 Ausstattung von Dachflächen

Durchsturzsicherheit bei Dachflächen:

- Ausführung mit Unterdach

- lichte Lattenabstand <0,40m und Mindestlattendimensionen gemäß Tabelle 1:

Sparrenabstand < 0,80m: 38x48 mm

Sparrenabstand < 1,00m: 38x58 mm

SD03 - Konterlattung / Hinterlüftung

ÖNORM B 2215 (2017): Holzbauarbeiten - Werkvertragsnorm [18]

5.2 Materialien

Sofern die Holzart nicht vorgegeben ist, ist Fichte oder Tanne zu verwenden.

5.2.1 Vollholz

- Vollholz gemäß ÖNORM EN 14081
- sägeraues Nadelholz, Oberflächenqualität 1 gemäß Tabelle 1 und Festigkeitsklasse C24 nach ÖNORM EN 338:2016

5.3 Ausführung

Für die Unterkonstruktion von Dacheindeckungen gilt:

- Grenzabmaße für die Lattenabstände und die Firstlänge gemäß Tabelle 4
- Winkeltoleranzen gemäß ÖNORM DIN 18202
- Ebenheitstoleranzen gemäß ÖNORM DIN 18202:2013, Tabelle 3, Zeile 2

ÖNORM B 4119 (2019): Planung und Ausführung von Unterdächern und Unterspannungen [39]

4 Planung und Bemessung

4.8.4 Konterlattung

Mindesthöhe der Konterlattung gemäß Tabelle 2

Belüftungsquerschnitt darf gemäß 4.8.4.2 und 4.8.4.3 reduziert werden

4.8.4.2 Querschnittsverminderungen der Durchlüftungsräume

4.8.4.3 Zu- und Abluftöffnungen

5 Ausführung

5.2 Regensichere Unterdächer

Unterhalb der Konterlatten sind Nageldichtungen anzuordnen. Ausnahmen:

- bei Verwendung von Polymerbitumenbahnen mindestens E-KV-20 mit Mindestdicken von 2,0 mm
- soweit ein positiver Nachweis der Nageldichtheit gemäß ÖNORM B 3647 vorliegt

5.3 Unterdächer mit erhöhter Regensicherheit

Bei Kunststoffbahnen sind unter den Konterlatten Nageldichtungen vorzusehen.

Dichtbänder und Dichtmittel sind grundsätzlich durchgehend anzuordnen.

Einzelnageldichtungen sind nur zulässig, wenn sichergestellt ist, dass Konterlatten nicht mit Lattungs- und Schalungsnägeln durchgenagelt werden.

5.4 Unterdächer in Verbindung mit Aufsparren-Wärmedämmungen

Die Konterlatten sind mit zugelassenen Schrauben oder Nägeln zu befestigen.

Um die Dichtheit der Konterlattenbefestigung sicherzustellen, sind Unterdeckbahnen aus Bitumen gemäß 6.1.2 auszuführen.

Auf eine Nageldichtung unter den Konterlatten darf, soweit vom Hersteller nicht anders vorgeschrieben, verzichtet werden.

5.5 Besondere Bestimmungen für Unterdächer aus Plattenwerkstoffen

Auf eine Nageldichtung unter den Konterlatten darf, soweit vom Hersteller nicht anders vorgeschrieben, verzichtet werden.

5.7 Unterspannungen

Über der Unterspannung ist eine Konterlattung gemäß Tabelle 2 anzuordnen.

6 Material

6.3 Konterlatten

Mindestlattenbreite 45 mm, unterhalb von Dachlattungsstößen mindestens 75 mm

Die Konterlattenhöhen und die Zu- und Abluftöffnung gemäß 4.8.4

6.4 Dichtungsbänder bzw. Dichtmittel für Konterlattenbefestigungen

Die Breite von Dichtungsbändern muss jener der Konterlatten entsprechen.

Nachweis der Dichtheit gemäß ÖNORM B 3647

Anhang A - Detailvorschläge

SD04 - Unterdach / Unterdeckung / Unterspannung

ÖNORM B 4119 (2019): Planung und Ausführung von Unterdächern und Unterspannungen [39]

3 Begriffe

3.22 Unterdach

„begehbare, regensichere Dachelemente auf der Sparrenoberseite vor Anbringen einer Konterlattung“

3.23 Unterdeckbahn

„Bahn, die auf einer festen und begehbaren Unterlage verlegt wird“

3.24 Unterspannung

„nicht begehbare, regensichere Eindeckung auf der Sparrenoberseite vor Anbringen einer Konterlattung“

4 Planung und Bemessung

4.1 Randbedingungen bei der Planung

Die Dacheindeckung über Unterdächern ist innerhalb von 4 Wochen aufzubringen

4.2 Anordnung von Unterdächern

Unterdächer sind jedenfalls anzuordnen:

- bei ausgebauten Dachgeschoß (belüftete Konstruktion)
- bei nicht ausgebauten Dachgeschoß über der obersten Geschoßdecke
- bei Unterschreitung der Regeldachneigung gemäß ÖNORM B 3419

- bei Erfordernis gemäß ÖNORM B 3521-1
- bei belüfteten Dächern mit Dachabdichtungen gemäß ÖNORM B 3691

4.3 Konstruktive Grundsätze

„Die Neigung des Unterdaches darf die zulässige Mindestdachneigung der darüberliegenden Dacheindeckung bzw. Dachabdichtung nicht unterschreiten.“

4.5 Anforderungen an Unterdächer

- ausreichende Sicherheit gegen frei abfließendes Wasser am Unterdach
- Dichtheit gegen Eintrieb von Flugschnee durch das Unterdach
- Schutz der Wärmedämmung vor Wärmeverlust durch Luftströmungen;
- ausreichende Steifigkeit (Durchsturzicherheit, Anschlüsse)
- provisorische, kurzzeitige Sicherung während der Bauphase
- ausreichende Diffusionsfähigkeit unter Berücksichtigung des Gesamtaufbaus bei Anordnung des Unterdaches über Vollsparrendämmungen.
- Widerstand gegen rückstauendes Wasser

4.6 Winddichtheit von Unterdächern

4.6.2 Ausbildung von Anschlussfugen

Bei geschützten Anschlussfugen ausreichend winddicht:

- Anschlüsse, die durch formschlüssige Bauteile geschlossen sind

Bei ungeschützten Anschlüssen ausreichend winddicht:

- Anschlüsse mit durchgehender Verklebung
- Anschlüsse, die durch formschlüssige Bauteile geschlossen sind in Verbindung mit schweren Dämmstoffen (Rohdichte $\geq 25\text{kg/m}^3$)

4.8 Bemessung

4.8.1 Regensichere Unterdächer

Anforderungen gemäß 4.5

4.8.2 Unterdächer mit erhöhter Regensicherheit

- bei Unterschreitung der Mindestdachneigung der Dacheindeckung mit regensicheren Unterdächern gemäß ÖNORM B 3419 und ÖNORM B 3521-1;
- in Abhängigkeit der Dachhaut gemäß Tabelle 1.

Anforderungen gemäß 5.3

4.8.3 Unterspannungen

- Unterspannungen sind nur bei nicht ausgebautem Dachgeschoß zulässig.
- Mindestdachneigung 20° ; Regeldachneigung gemäß ÖNORM B 3419 darf nicht unterschritten werden.
- Anordnung bei feuchtigkeitsempfindliche Dämmmaterialien

5 Ausführung

5.1 Generelle Festlegungen

Festlegungen für die Ausführung von Unterdächern:

- a) Die Unterlage für Unterdeckbahnen muss begehbar und ausreichend steif sein
- b) Bauspenglerarbeiten sind gemäß ÖNORM B 3521-1 auszuführen
- c) Unterdächer sind entsprechend 4.6 winddicht auszuführen und an die umgebenden Bauteile durchgehend anzuschließen
- d) Schutz bei Arbeiten mit Löt- oder Schweißgeräten
- e) nachfolgende Arbeiten dürfen die Funktion nicht beeinträchtigt
- f) Verklebung von Bahnenstößen hat verdeckt in der Überlappung zu erfolgen
- g) Anschlüsse und Einbindungen sind min. 2 cm über die Oberkante der Konterlattung regensicher bzw. erhöht regensicher und sicher gegen den Eintrieb von Flugschnee herzustellen
- h) Oberhalb von Durchdringungen und Einbauten (Breite > 50 cm) sind Querrinnen oder Ableitwinkel im Gefälle und mit ausreichendem seitlichen Überstand bzw. Hilfsdachflächen (Quersattel) anzuordnen

5.2 Regensichere Unterdächer

5.3 Unterdächer mit erhöhter Regensicherheit

5.4 Unterdächer in Verbindung mit Aufsparren-Wärmedämmungen

5.5 Besondere Bestimmungen für Unterdächer aus Plattenwerkstoffen

5.6 Unterdächer bei Doppelstehfalz-Dächern und bei Eindeckungen mit Profilblechen

5.7 Unterspannungen

6 Material

Zulässige Materialien für Unterdeck- und Unterspannbahnen (für regensichere Unterdächer bzw. Unterdächer mit erhöhter Regensicherheit)

ÖNORM B 3419 (2018): Planung und Ausführung von Dacheindeckungen und Wandverkleidungen [26]

4 Materialien

4.1 Materialien für Trennlagen

Für Dach- und Abdichtungsbahnen aus Polymerbitumen gelten die Bestimmungen gemäß ÖNORM B 3660 und ÖNORM B 3661.

5.2 Dachneigungen und Mindestüberdeckungen

Tabelle 1: Dacheindeckung mit Dachsteinen

Tabelle 2: Dacheindeckung mit Dachziegeln

Tabelle 3: Dacheindeckung mit Faserzement-Dachplatten

Tabelle 4: Dacheindeckung mit Faserzement-Wellplatten

Tabelle 6: Dacheindeckung mit Polymerbitumen-Dachschindeln

Tabelle 7: Dacheindeckung mit Schiefer

Tabelle 9: Dacheindeckung mit Holzschindeln

ÖNORM B 3660 (2018): Abdichtungsbahnen - Bitumenbahnen mit Trägereinlage für Dachabdichtungen [28]

ÖNORM B 3661 (2018): Abdichtungsbahnen - Abdichtungsbahnen - Unterdeck- und Unterspannbahnen für Dachdeckungen [29]

SD05 - Dachschalung

ÖNORM B 2215 (2017): Holzbauarbeiten - Werkvertragsnorm [18]

5.2 Materialien

Sofern die Holzart nicht vorgegeben ist, ist Fichte oder Tanne zu verwenden.

5.2.2 Vollholz

- Vollholz gemäß ÖNORM EN 14081

- sägeraues Nadelholz, Oberflächenqualität 1 gemäß Tabelle 1 und Festigkeitsklasse C24 nach ÖNORM EN 338:2016

5.2.2.3 Schnittholz

sägeraue Bretter und Pfosten müssen parallel besäumt und Baumkanten entrindet sein

Oberflächenqualität Sortierklasse S 10 gemäß ÖNORM DIN 4074-1:2012

Profilbretter gemäß Bestimmungen ÖNORM B 3020 entsprechen (im Außenbereich Profildicke mindestens 19 mm)

ÖNORM B 4119 (2019): Planung und Ausführung von Unterdächern und Unterspannungen [39]

5 Ausführung

5.1 Generelle Festlegungen

Die Unterlage für Unterdeckbahnen muss begebar und ausreichend steif sein (vergleichbar mit einer Vollschalung oder Holzwerkstoffplatten gemäß 6.2).

5.2 Regensichere Unterdächer

Auf Schalung oder gleichwertigem Untergrund bzw. mit Holzwerkstoffplatten gemäß 6.2

5.3 Unterdächer mit erhöhter Regensicherheit

Auf Schalung oder auf Holzwerkstoffplatten auszuführen

6.2 Holzwerkstoffplatten

Anforderungen gemäß ÖNORM EN 14964

Fachregeln für Bauspenglerarbeiten (2014) [4]

5.2 Holzwerkstoffe

Schalungsbretter Mindestdicke 22mm, maximale Brettbreite 160mm

Holzwerkstoffplatten aus Leimholz- oder 3-Schichtplatten, Mindestdicke 22mm

ÖNORM B 2320 (2017): Wohnhäuser aus Holz – Technische Anforderungen [19]

9 Anforderungen an die Planung

9.7 Dächer

Brettbreite min. 8 cm, jedoch max. 16 cm und Schalungsdicke min. 22 mm

5.5.5 BS - Bauspengler

BS01 - Belüftungsgitter

ÖNORM B 3521 (2012): Planung und Ausführung von Dacheindeckungen und Wandverkleidungen aus Metall [27]

5.6.8 Belüftungsgitter

Maschenweiten bzw. Lochdurchmessern unter 5 mm sind zu vermeiden (Gefahr der Verlegung/Verschließung/Verschmutzung)

Bei der Planung der Zuluftgitter ist der freie Querschnitt in Abhängigkeit des Zuschnittes und des Lochanteils zu bestimmen.

Fachregeln für Bauspenglerarbeiten (2014) [4]

6.2.2 Zuluft

- Lochbleche mit einem Lochdurchmesser von mindestens 5mm
 - Lochdurchmesser unter 3mm sind aufgrund der Verschmutzungsgefahr nicht zulässig
- Das Lochblech ist an der Unterkonstruktion zu befestigen und - falls erforderlich - durch entsprechende Kantungen auszusteißen

BS02 - Attikaverblechung

ÖNORM B 3521 (2012): Planung und Ausführung von Dacheindeckungen und Wandverkleidungen aus Metall [27]

4 Material

4.2 Bleche

- Stahlblech gemäß ÖNORM EN 505
- Zinkbleche gemäß ÖNORM EN 988
- Kupferbleche gemäß ÖNORM EN 1172 bzw. ÖNORM EN 1652
- Bleibleche gemäß ÖNORM EN 12588
- Aluminiumbleche gemäß ÖNORM EN 507
- nichtrostende Stahlbleche gemäß ÖNORMEN EN 10088-1

5 Planung

5.6.5 Ortgang- und Pultfirsteinfassungen

Vorsprung von Tropfnase von Giebel- und Pultfirsteinfassungen:

- mindestens 25 mm
 - bei verputzten Fassaden 40 mm
- vertikale Überdeckung mindestens 20 mm

Fachregeln für Bauspengerarbeiten (2014) [4]

5 Unterkonstruktion

5.2.1 Schalungsbretter

- Mindestdicke 22mm & maximale Brettbreite 160mm

5.2.2 Holzwerkstoffplatten

Zu verwenden sind Leimholz- oder 3- Schichtplatten

- Mindestdicke 22mm

OSB-Platten sind als Unterkonstruktion für Verblechungen ungeeignet

19 Mauer-, Attikaabdeckungen

- Attikaabdeckungen: Gefälle min. 3° zur Dachfläche
- Fassadenbleche mit einer Tropfnase: Wandfläche um 40 mm überragen, bei feuchteunempfindlichen Wandoberflächen 25 mm
- das untere Ende der Tropfnase hat das obere Ende der Fassadenfläche um 30 mm zu überragen (ausgenommen Ausführung mit Patentsaumstreifen)
- Anliegende Verblechungen (z.B. Patentsaumstreifen) haben die Anschlussfuge zur Fassade um mindestens 20 mm zu überdecken

Bild A11: Mauerabdeckung, Attikaabdeckung

BS03 - Dachentwässerung

ÖNORM B 3691 (2019): Planung und Ausführung von Dachabdichtungen [34]

5 Allgemeine Planungsgrundsätze für Dachaufbauten

5.1 Einwirkungen und Anforderungen

Horizontale Rohrleitungsführungen innerhalb von Warmdachaufbauten unzulässig!

Ausgenommen Leitungsverzüge für die Dachentwässerung bis zu 100 cm

5.8 Einbauteile, Dachabläufe und Durchführungen:

- Mindestabstand 50 cm zueinander und zu anderen Bauteilen
- Anschlusshöhen gemäß Tabelle 9 und 10 sind einzuhalten

5.9 Dachentwässerung:

- Planung und Bemessung gemäß ÖNORM B 2501 und ÖNORM EN 12056-3

5.10 Entwässerungsrinnen:

- Entwässerungsrinnen vor Hochzügen zur Reduktion von Hochzughöhen gemäß Tabelle 9 und Tabelle 10

ÖNORM B 2501 (2016): Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke [21]**5.10 Entwässerung von Dächern und Grundstücksflächen**

5.10.1 Bemessungsregenspende

5-minütige Regenereignis mit einer 5-jährlichen Wiederkehrhäufigkeit

Mindestbemessungsregenspende für Dachflächen 300 l/(s · ha)

Bemessung der Dachentwässerung gemäß ÖNORM EN 12056-3:2000, Abschnitt 4.1

5.10.5 Notüberläufe, Notabläufe

Dimensionierung von min. einem Notüberlauf oder Notablauf auf die gesamte Teilflächen für die Regenmenge gemäß 5.10.1

Notüberläufe getrennt von Dachentwässerungen ableiten

Anschluss Höhen und erf. Anstauhöhen bei der Positionierung berücksichtigen

Fachregeln für Bauspenglerarbeiten (2014) [4]**10 Rinnen**

6 Schlussfolgerung

Im Rahmen dieser Arbeit konnten Bauteilaufbauten und Anschlussdetails der Gebäudehülle hygrothermisch näher untersucht und Schwachstellen aufgezeigt werden. Bei der Ausführung von gedämmten Installationsebenen zeigte sich ein kritisches Diffusionsverhalten im Bauteilinneren, vor allem im Bereich von geometriebedingten Wärmebrücken, obwohl die entsprechenden Nachweise zur Vermeidung von Kondensat- und Schimmelpilzbildung an der Bauteiloberfläche erfüllt wurden. Die Dämmung in der Installationsebene bewirkt eine Reduktion der Oberflächentemperatur an den tragenden Massivholzelementen bei gleichzeitig diffusionsoffenem Materialverhalten, sodass der Diffusionsstrom ungehindert über die Installationsebene in die Konstruktion eindringen kann. Mit abnehmender Lufttemperatur nimmt die Fähigkeit der Luft, Wasserdampf aufzunehmen, ab, sodass es in weiterer Folge zu einer Erhöhung der relativen Luftfeuchtigkeit und Kondensatbildung im Bauteilinneren kommt. Durch gezielte bauliche Maßnahmen konnte dieser bauphysikalische Effekt abgeschwächt werden und eine Kondensatbildung verhindert werden. Folgende Maßnahmen wurden dabei angewandt:

- Entfernung der Dämmung und Ausbildung eines Lufthohlraums
- Anordnung zusätzlicher Konstruktionshölzer

Durch den Entfall der Dämmung sowie den Einsatz zusätzlicher Konstruktionshölzer, die weiterführend als materialbedingte Wärmebrücke fungieren, konnte die Oberflächentemperatur in den kritischen Bereichen erhöht werden, sodass sich eine für den Holzbau unbedenkliche relative Luftfeuchtigkeit einstellt und eine Kondensatbildung verhindert wird.

Weiters konnte festgestellt werden, dass durch die Ausführung der Abdichtungsbahn bei Flachdächern im Bereich von aufgehenden Wandanschlüssen gemäß den Vorgaben der einschlägigen Normen sich kein optimales Diffusionsverhalten im Bauteil einstellt und somit die Gefahr einer Kondensatbildung besteht. Durch die Anordnung des Abdichtungshochzuges hinter der Sockeldämmung und gleichzeitiger Anwendung der zuvor beschriebenen Maßnahmen wird das Diffusionsverhalten des Bauteils im Sockelbereich wesentlich verbessert und eine Kondensatbildung verhindert.

Zusammenfassend lässt sich behaupten, dass Anschlussdetails im Holzmassivbau vor allem in Wärmebrückenbereichen ein feuchtekritisches Verhalten aufweisen und dahingehend näher untersucht werden müssen.

Die Erkenntnisse dieser Arbeit beschränken sich jedoch auf die ausgewählten Detaillösungen mit den zuvor definierten Bauteilaufbauten. Bei der Gebäudehülle gibt es noch weitere kritische Anschlusspunkte, die einer genaueren hygrothermischen Untersuchung unterzogen werden können. Des Weiteren wurden bei den Berechnungen die Klimarandbedingungen als Mittelwerte herangezogen und stellen damit eine Vereinfachung des realen Klimas dar. Standortbezogene Einflüsse (wie z.B. solare Einstrahlung, Schlagregen, Beschattung) wurden vernachlässigt. Bei der Festlegung der Materialparameter galt die Annahme konstanter Kenngrößen, sodass z.B. eine Änderung der Wärmeleitfähigkeit durch Feuchtigkeitsaufnahme unberücksichtigt blieb.

Die Ausarbeitung der Detaillösungen sowie die Ermittlung und Zusammenfassung der aktuell geltenden Normen und Hersteller- bzw. Verarbeitungsrichtlinien nahm einen hohen Zeitaufwand in Anspruch. Diese Arbeit wäre ohne die gewonnenen Erkenntnisse der bereits abgeschlossenen Masterarbeiten für den Holzriegelbau sowie Massivbau nicht in diesem Umfang möglich gewesen und soll weiterführend Planenden sowie Ausführenden die Phase der Grundlagenermittlung vereinfachen.

7 Ausblick

Neben den bereits abgeschlossenen Arbeiten „*Hygrothermische Untersuchung von Detaillösungen und Entwicklung eines Normenleitfadens für den Holzrahmenbau*“ [58] und „*Hygrothermische Untersuchung von Detaillösungen im Massivbau und Entwicklung eines Normenleitfadens*“ [64] bildet diese Arbeit die Grundlage im Bereich des Holzmassivbaus und soll für weiterführende Detailuntersuchungen herangezogen werden.

Eine weitere Betrachtung von verschiedenen Ausführungsvarianten hinsichtlich der Sockelausbildung sowie der Ausführung unterschiedlicher Flachdach- und Schrägdachkonstruktionen wäre anzudenken.

Die Methode der Modellbildung zur stationären Simulation von erdanliegenden Sockelanschlüssen wurde in dieser Arbeit für einen speziellen Fall ermittelt und könnte für unterschiedliche Ausführungsvarianten weitergeführt werden.

Die Untersuchung der Detaillösungen wurde zweidimensional, stationär durchgeführt unter der Annahme konstanter Materialparameter. Eine mögliche Feuchteleitung sowie Feuchtespeicherung der Bauteilkonstruktion blieben unberücksichtigt. Detaillierte 3D Simulationen sowie instationäre Berechnungen wären für Vergleichszwecke vom Vorteil, um die Plausibilität der stationären Untersuchungen zu überprüfen und etwaige Abweichungen in den Berechnungsergebnissen aufzuzeigen.

8 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 - zulässiger $HWB_{REF,RK,zul}$ [15]	8
Abb. 2 - Anforderung $HWB_{REF,RK,zul}$ [15]	8
Abb. 3 - Referenzgebäude	10
Abb. 4 - Transmissionswärmeverluste des Referenzgebäudes	11
Abb. 5 - Temperaturverlauf EB01	14
Abb. 6 - Dampfdiffusion EB01	14
Abb. 7 - HTflux Temperaturverlauf EB01	15
Abb. 8 - HTflux Rel. Luftfeuchte EB01	15
Abb. 9 - GEQ Temperaturverlauf EB01	16
Abb. 10 - GEQ Dampfdiffusion EB01.....	16
Abb. 11 - HTflux Temperaturverlauf EB01	17
Abb. 12 - Temperaturverlauf AW04	23
Abb. 13 - Dampfdiffusion AW04	23
Abb. 14 - HTflux Temperaturverlauf AW04.....	24
Abb. 15 - HTflux Rel. Luftfeuchte AW04	24
Abb. 16 - GEQ Temperaturverlauf AW04	25
Abb. 17 - GEQ Dampfdiffusion AW04.....	25
Abb. 18 - HTflux Temperaturverlauf AW04.....	26
Abb. 19 - Temperaturverlauf FD02	33
Abb. 20 - Dampfdiffusion FD02	33
Abb. 21 - HTflux Temperaturverlauf FD02.....	34
Abb. 22 - HTflux Rel. Luftfeuchte FD02	34
Abb. 23 - GEQ Temperaturverlauf FD02	35
Abb. 24 - GEQ Dampfdiffusion FD02.....	35
Abb. 25 - HTflux Temperaturverlauf FD02.....	36
Abb. 26 - HTflux Rel. Luftfeuchte FD02	36
Abb. 27 - Temperaturverlauf SD02.....	39
Abb. 28 - Dampfdiffusion SD02	39
Abb. 29 - HTflux Temperaturverlauf SD02.....	40
Abb. 30 - HTflux Rel. Luftfeuchte SD02.....	40
Abb. 31 - GEQ Temperaturverlauf SD02	41
Abb. 32 - GEQ Dampfdiffusion SD02	41
Abb. 33 - HTflux Temperaturverlauf SD02.....	42
Abb. 34 - HTflux Rel. Luftfeuchte SD02.....	42
Abb. 35 - Monatsmitteltemperatur der Innenluft nach ÖNORM B 8110-2 (2020) [43]	45
Abb. 36 - ganzjährige Außentemperaturschwankung	48
Abb. 37 - Materialansicht 0	49
Abb. 38 - Temperaturansicht 0	50
Abb. 39 - Temperaturansicht 0 vergrößert.....	51
Abb. 40 - Materialansicht 1	52
Abb. 41 - Temperaturansicht 1	52
Abb. 42 - Materialansicht 2.....	53
Abb. 43 - Temperaturansicht 2	53
Abb. 44 - Materialansicht 3.....	54
Abb. 45 - Temperaturansicht 3	54
Abb. 46 - Holzfeuchtegleichgewichtslinie bei $T_i = 20^\circ\text{C}$ (68°F)	57
Abb. 47 - Ausgangsdetail S-GEL_001	62

Abb. 48 - Temperaturverteilung Schimmelkriterium S-GEL_001	63
Abb. 49 - Temperaturverteilung Kondensatkriterium S-GEL_001	63
Abb. 50 - Diffusionsstrom S-GEL_001	63
Abb. 51 - Feuchteverteilung S-GEL_001	63
Abb. 52 - Ausschnitt Ergebnisdetail S-GEL_001-A.....	64
Abb. 53 - Diffusionsstrom S-GEL_001-A.....	65
Abb. 54 - Feuchteverteilung S-GEL_001-A	65
Abb. 55 - Ergebnisdetail S-GEL_001-A.....	66
Abb. 56 - Ausgangsdetail S-GEL_002.....	67
Abb. 57 - Temperaturverteilung Schimmelkriterium S-GEL_002	68
Abb. 58 - Temperaturverteilung Kondensatkriterium S-GEL_002.....	68
Abb. 59 - Diffusionsstrom S-GEL_002	68
Abb. 60 - Feuchteverteilung S-GEL_002.....	68
Abb. 61 - Materialansicht Var.1 S-GEL_002-A1	69
Abb. 62 - Feuchteverteilung Var.1 S-GEL_002-A1	69
Abb. 63 - Materialansicht Var.2 S-GEL_002-A2	70
Abb. 64 - Feuchteverteilung Var.2 S-GEL_002-A2.....	70
Abb. 65 - Ergebnisdetail S-GEL_002-A.....	71
Abb. 66 - Ausgangsdetail S-GEL_003.....	72
Abb. 67 - Diffusionsstrom S-GEL_003	73
Abb. 68 - Feuchteverteilung S-GEL_003.....	73
Abb. 69 - Materialansicht S-GEL_003-A	73
Abb. 70 - Feuchteverteilung S-GEL_003-A	73
Abb. 71 - Ergebnisdetail S-GEL_003-A.....	74
Abb. 72 - Feuchteverteilung Ausgangsdetail S-GEL_003.....	75
Abb. 73 - Feuchteverteilung Ergebnisdetail S-GEL_003-A.....	75
Abb. 74 - Ausgangsdetail S-GEL_004.....	76
Abb. 75 - Diffusionsstrom S-GEL_004	77
Abb. 76 - Feuchteverteilung S-GEL_004.....	77
Abb. 77 - Materialansicht S-GEL_004-A	77
Abb. 78 - Feuchteverteilung S-GEL_004-A	77
Abb. 79 - Ergebnisdetail S-GEL_004-A.....	78
Abb. 80 - Feuchteverteilung Ausgangsdetail S-GEL_004.....	79
Abb. 81 - Feuchteverteilung Ergebnisdetail S-GEL_004-A.....	79
Abb. 82 - Ausgangsdetail FD-ATT_001.....	81
Abb. 83 - Temperaturverteilung Schimmelkriterium FD-ATT_001	82
Abb. 84 - Temperaturverteilung Kondensatkriterium FD-ATT_001	82
Abb. 85 - Diffusionsstrom FD-ATT_001	82
Abb. 86 - Feuchteverteilung FD-ATT_001.....	82
Abb. 87 - Materialansicht FD-ATT_001-A1.....	83
Abb. 88 - Feuchteverteilung FD-ATT_001-A1	83
Abb. 89 - Materialansicht FD-ATT_001-A2.....	84
Abb. 90 - Feuchteverteilung FD-ATT_001-A2	84
Abb. 91 - Ergebnisdetail FD-ATT_001-A.....	85
Abb. 92 - Feuchteverteilung Ausgangsdetail FD-ATT_001.....	86
Abb. 93 - Feuchteverteilung Ergebnisdetail FD-ATT_001-A.....	87
Abb. 94 - Ausgangsdetail FD-ATT_002.....	88
Abb. 95 - Diffusionsstrom FD-ATT_002	89
Abb. 96 - Feuchteverteilung FD-ATT_002.....	89
Abb. 97 - Materialansicht FD-ATT_002-A	89
Abb. 98 - Feuchteverteilung FD-ATT_002-A	89

Abb. 99 - Ergebnisdetail FD-ATT_002-A	90
Abb. 100 - Ausgangsdetail FD-SOC_001	91
Abb. 101 - Auszug ÖNORM B 3691	91
Abb. 102 - Temperaturverteilung Schimmelkriterium FD-SOC_001	92
Abb. 103 - Temperaturverteilung Kondensatkriterium FD-SOC_001	92
Abb. 104 - Diffusionsstrom FD-SOC_001	92
Abb. 105 - Feuchteverteilung FD-SOC_001	92
Abb. 106 - Materialansicht FD-SOC_001-A1	93
Abb. 107 - Feuchteverteilung FD-SOC_001-A1	93
Abb. 108 - Materialansicht FD-SOC_001-A2	94
Abb. 109 - Feuchteverteilung FD-SOC_001-A2	94
Abb. 110 - Ergebnisdetail FD-SOC_001-A	95
Abb. 111 - Ausgangsdetail FD-SOC_002	96
Abb. 112 - Diffusionsstrom FD-SOC_002	98
Abb. 113 - Feuchteverteilung FD-SOC_002	98
Abb. 114 - Materialansicht FD-SOC_002-A	99
Abb. 115 - Feuchteverteilung FD-SOC_002-A	99
Abb. 116 - Ergebnisdetail FD-SOC_002-A	100
Abb. 117 - Ausgangsdetail FD-SOC_003	101
Abb. 118 - Diffusionsstrom FD-SOC_003	102
Abb. 119 - Feuchteverteilung FD-SOC_003	102
Abb. 120 - Materialansicht FD-SOC_003-A	102
Abb. 121 - Feuchteverteilung FD-SOC_003-A	102
Abb. 122 - Ergebnisdetail FD-SOC_003-A	103
Abb. 123 - Ausgangsdetail FD-SOC_004	104
Abb. 124 - Diffusionsstrom FD-SOC_004	105
Abb. 125 - Feuchteverteilung FD-SOC_004	105
Abb. 126 - Materialansicht FD-SOC_004-A	105
Abb. 127 - Feuchteverteilung FD-SOC_004-A	105
Abb. 128 - Ergebnisdetail FD-SOC_004-A	106
Abb. 129 - Ausgangsdetail SD-TRA_001	107
Abb. 130 - Temperaturverteilung Schimmelkriterium SD-TRA_001	108
Abb. 131 - Temperaturverteilung Kondensatkriterium SD-TRA_001	108
Abb. 132 - Diffusionsstrom SD-TRA_001	108
Abb. 133 - Feuchteverteilung SD-TRA_001	108
Abb. 134 - Materialansicht SD-TRA_001-A	109
Abb. 135 - Temp.-verteilung SD-TRA_001-A	109
Abb. 136 - Diffusionsstrom SD-TRA_001-A	109
Abb. 137 - Feuchteverteilung SD-TRA_001-A	109
Abb. 138 - Ergebnisdetail SD-TRA_001-A	110
Abb. 139 - Ausgangsdetail SD-TRA_002	111
Abb. 140 - Diffusionsstrom SD-TRA_002	112
Abb. 141 - Feuchteverteilung SD-TRA_002	112
Abb. 142 - Materialansicht SD-TRA_002-A	112
Abb. 143 - Feuchteverteilung SD-TRA_002-A	112
Abb. 144 - Ergebnisdetail SD-TRA_002-A	113
Abb. 145 - Normenleitfaden Gebäudesockel	116
Abb. 146 - Normenleitfaden Flachdach-Attika	117
Abb. 147 - Normenleitfaden Flachdach-Sockel	118
Abb. 148 - Normenleitfaden Schrägdach-Traufe	119

9 Tabellenverzeichnis

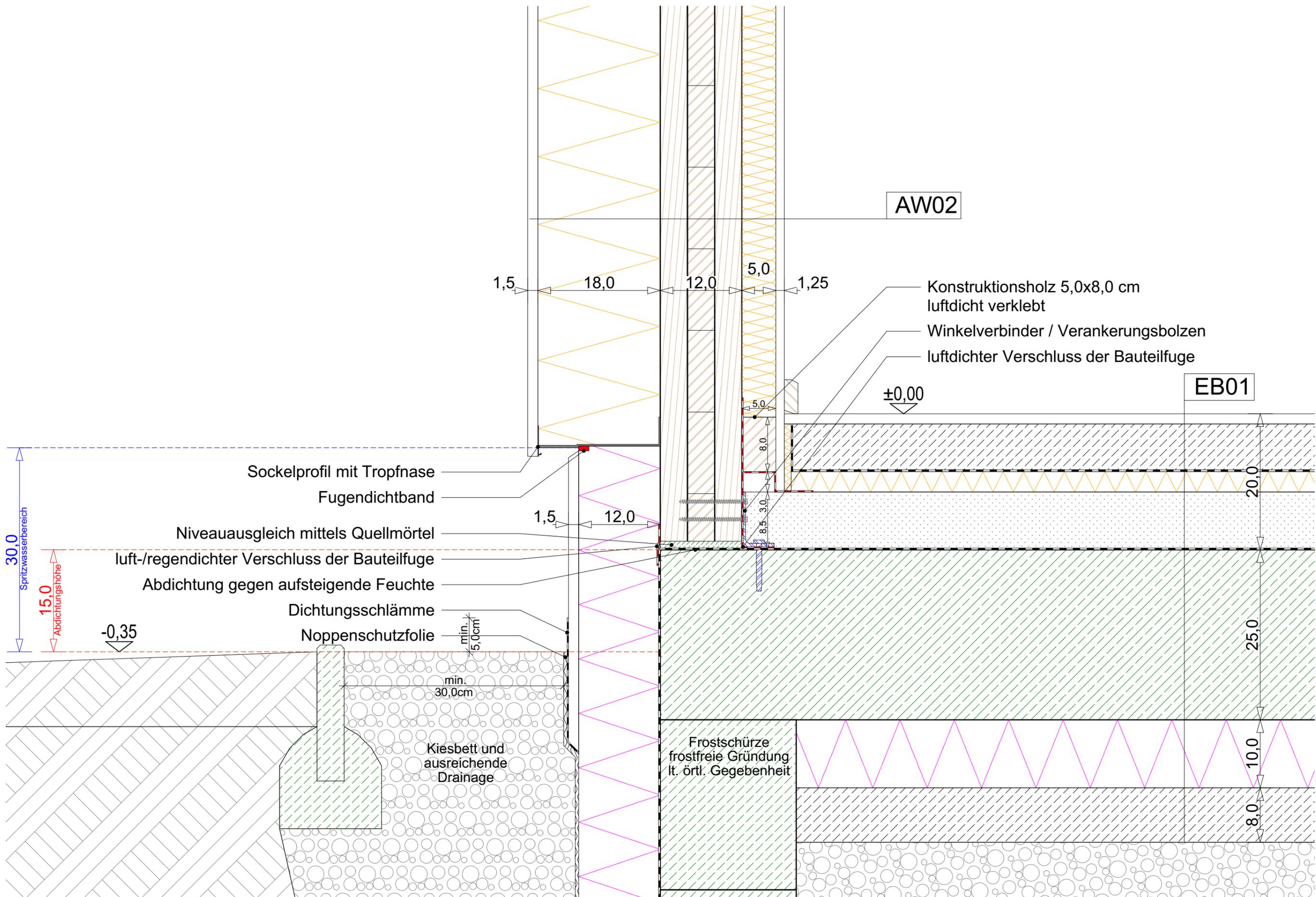
Tab. 1:	Anforderungen an den Referenz-Heizwärmebedarf gemäß OIB-Richtlinie 6 [56]	7
Tab. 2:	Auszug Statistik Austria - 2010 bis 2019 bewilligte Wohnungen und bewilligte neue Gebäude [61].....	9
Tab. 3:	Auszug Statistik Austria - Gebäudegröße nach wohnspezifischen Merkmalen [61]	9
Tab. 4:	Anforderungen an den Referenz-Heizwärmebedarf bei einer charakteristischen Länge $l_c=1,50$ [56]	10
Tab. 5:	Richtwerte für Bauteile der Gebäudehülle [53].....	11
Tab. 6:	Klimarandbedingungen (Standort: Klagenfurt) nach ÖNORM B 8110-2 (2003)	44
Tab. 7:	Klimarandbedingungen nach ÖNORM B 8110-2 (2020) - vereinfachter Nachweis auf Schimmelbildung an der Bauteiloberfläche	46
Tab. 8:	Klimarandbedingungen nach ÖNORM B 8110-2 (2020) - vereinfachter Nachweis auf Kondensat an der Bauteiloberfläche	46
Tab. 9:	Klimarandbedingungen nach ÖNORM B 8110-2 (2020) - vereinfachter Nachweis auf Kondensat im Bauteilinneren	46
Tab. 10:	Innerer Wärmeübergangswiderstand gemäß ÖNORM EN ISO 6946 [51].....	47
Tab. 11:	Äußerer Wärmeübergangswiderstand gemäß ÖNORM EN ISO 6946 [51]	47
Tab. 12:	Temperaturkorrekturfaktor für bodenberührte Bauteile gemäß ÖNORM B 8110-6-1	53
Tab. 13:	Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse:	55
Tab. 14:	Materialkennwerte gemäß ÖNORM EN ISO 10456	56

10 Literaturverzeichnis

- [1] ARGE Qualitätsgruppe Wärmedämmsysteme (2019): VAR2019 - Verarbeitungsrichtlinie für Wärmedämmverbundsysteme.
- [2] Bachinger, Julia und Nusser, Bernd (2018): Planungshilfe Flachdach - Leitfaden.
- [3] Bogenstätter, Ulrich (2007): Flächen- und Raumkennzahlen.
- [4] Bundesinnung der Dachdecker, Glaser und Spengler (2014): Fachregel für Bauspenglerarbeiten.
- [5] Daniel Rüdiger (2020): HTflux (1.10), <https://www.htflux.com/de/>.
- [6] DIN 4108-2 (2013): Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz.
- [7] Hailwood, A. J. und Horrobin, S. (1946): Absorption of water by polymers: analysis in terms of a simple model.
- [8] Holzforschung Austria: Bauteil Außenwand, <https://www.dataholz.eu/bauteile/aussenwand.htm>, Zugriff am: 10.04.2020.
- [9] Holzforschung Austria: Bauteil Flachdach / flachgeneigtes Dach, <https://www.dataholz.eu/bauteile/flachdach-flachgeneigtes-dach.htm>, Zugriff am: 10.04.2020.
- [10] Holzforschung Austria: Bauteil geneigtes Dach, <https://www.dataholz.eu/bauteile/daecher.htm>, Zugriff am: 10.04.2020.
- [11] Holzforschung Austria: Bauteil Geschossdecke, <https://www.dataholz.eu/bauteile/geschossdecke.htm>, Zugriff am: 10.04.2020.
- [12] Holzforschung Austria: dataholz.eu, <https://www.dataholz.eu/bauteile/aussenwand.htm>, Zugriff am: 20.05.2020.
- [13] Holzforschung Austria (2015): Richtlinie Sockelanschluss im Holzhausbau.
- [14] Institut für Flachdachbau und Bauwerksabdichtung (2007): IBF - Richtlinie, Abdichtung erdberührter Bauteile im Hochbau.
- [15] Land Niederösterreich - NÖ Baudirektion: benutzerhandbuch, http://www.noel.gv.at/noe/Gemeindeservice/2009-04_OIB6-Benutzerleitfaden_Version_1.3.pdf, Zugriff am: 20.05.2020.
- [16] ÖFHF-Österreichischer Fachverband für hinterlüftete Fassaden (2014): Merkblatt für vorgehängte, hinterlüftete Fassaden auf Holz-Unterkonstruktion.
- [17] ÖFHF-Österreichischer Fachverband für hinterlüftete Fassaden (2018): Richtlinie für die Planung und Ausführung von vorgehängten hinterlüfteten Fassaden.
- [18] ÖNORM B 2215 (2017): Holzbauarbeiten - Werkvertragsnorm.
- [19] ÖNORM B 2320 (2017): Wohnhäuser aus Holz - Technische Anforderungen.
- [20] ÖNORM B 2340 (2020): Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen an die Luft- und Winddichtheit von Holzhäusern und Holzfertighäusern.
- [21] ÖNORM B 2501 (2016): Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke.
- [22] ÖNORM B 3346 (2019): Putzmörtel — Regeln für die Verwendung und Verarbeitung.

- [23] ÖNORM B 3415 (2019): Planung und Ausführung von Trockenbauarbeiten.
- [24] ÖNORM B 3417 (2016): Planung und Ausführung von Sicherheitsausstattungen auf Dächern.
- [25] ÖNORM B 3418 (2012): Planung und Ausführung von Schneeschutzsystemen auf Dächern.
- [26] ÖNORM B 3419 (2018): Planung und Ausführung von Dacheindeckungen und Wandverkleidungen.
- [27] ÖNORM B 3521-1 (2012): Planung und Ausführung von Dacheindeckungen und Wandverkleidungen aus Metall - Teil 1.
- [28] ÖNORM B 3660 (2018): Abdichtungsbahnen - Bitumenbahnen mit Trägereinlage für Dachabdichtungen.
- [29] ÖNORM B 3661 (2018): Abdichtungsbahnen - Unterdeck- und Unterspannbahnen für Dachdeckungen.
- [30] ÖNORM B 3663 (2018): Abdichtungsbahnen - Kunststoffbahnen für Dachabdichtungen.
- [31] ÖNORM B 3665 (2015): Abdichtungsbahnen - Bitumenbahnen für die Bauwerksabdichtung gegen Bodenfeuchte und Wasser.
- [32] ÖNORM B 3666 (2009): Abdichtungsbahnen - Bitumen-Dampfsperrbahnen.
- [33] ÖNORM B 3667 (2018): Abdichtungsbahnen - Kunststoff-Dampfsperrbahnen.
- [34] ÖNORM B 3691 (2019): Planung und Ausführung von Dachabdichtungen.
- [35] ÖNORM B 3692 (2014): Planung und Ausführung von Bauwerksabdichtungen.
- [36] ÖNORM B 3802-1 (2015): Holzschutz im Bauwesen - Teil 1: Allgemeines.
- [37] ÖNORM B 3802-2 (2015): Holzschutz im Bauwesen - Teil 2: Baulicher Schutz des Holzes.
- [38] ÖNORM B 3802-3 (2015): Holzschutz im Bauwesen - Teil 3 Chemischer Schutz des Holzes.
- [39] ÖNORM B 4119 (2018): Planung und Ausführung von Unterdächern und Unterspannungen.
- [40] ÖNORM B 6000 (2018): Werkmäßig hergestellte Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz im Hochbau Produktarten, Leistungsanforderungen und Verwendungsbestimmungen.
- [41] ÖNORM B 6400-1 (2017): Außenwand-Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) - Teil 1: Planung und Verarbeitung.
- [42] ÖNORM B 8110-2 (2003): Wärmeschutz im Hochbau - Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz.
- [43] ÖNORM B 8110-2 (2020): Wärmeschutz im Hochbau - Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz.
- [44] ÖNORM B 8110-5 (2019): Wärmeschutz im Hochbau - Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile.
- [45] ÖNORM B 8110-6-1 (2019): Wärmeschutz im Hochbau - Teil 6-1: Grundlagen und Nachweisverfahren.
- [46] ÖNORM EN 1995-1-1 (2019): Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten.

-
- [47] ÖNORM EN ISO 10211 (2018): Wärmebrücken im Hochbau Wärmeströme und Oberflächentemperaturen - Detaillierte Berechnung.
- [48] ÖNORM EN ISO 10456 (2010): Baustoffe und Bauprodukte - Wärme- und feuchtetechnische Eigenschaften.
- [49] ÖNORM EN ISO 13370 (2018): Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Wärmeübertragung über das Erdreich - Berechnungsverfahren.
- [50] ÖNORM EN ISO 13788 (2013): Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen — Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren — Berechnungsverfahren.
- [51] ÖNORM EN ISO 6946 (2018): Bauteile und Bauelemente - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren.
- [52] ÖNORM H 5155 (2013): Wärmedämmung von Rohrleitungen und Komponenten von haustechnischen Anlagen.
- [53] OÖ Energiesparverband (2020): Der effiziente Neubau 2020.
- [54] Österreichisches Institut für Bautechnik (2019): Richtlinie 2 - Brandschutz.
- [55] Österreichisches Institut für Bautechnik (2019): Richtlinie 5 - Schallschutz.
- [56] Österreichisches Institut für Bautechnik (2019): Richtlinie 6 - Energieeinsparung und Wärmeschutz.
- [57] Pöhn, Christian und Pech, Anton (2018): Bauphysik: - Wärme, Feuchte, Schall, Brand. 2., aktualisierte Auflage.
- [58] Pöll, Wolfgang L. (2017): Masterarbeit - Hygrothermische Detailuntersuchung von Detaillösungen und Entwicklung eines Normenleitfadens für den Holzrahmenbau.
- [59] Rooftrade: vakuVIP Standard B2, <https://vakuumdaemmung.at/portfolio/vakuvip-standard/>, Zugriff am: 28.09.2020.
- [60] Schmidt, Daniel und Winter, Stefan (2019): Flachdächer in Holzbauweise.
- [61] Statistik Austria (2020): Wohnen 2019 - Mikrozensus - Wohnungserhebung und EU-SILC.
- [62] Teibinger, Martin und Bachinger, Julia (2015): Flachgeneigte Dächer aus Holz.
- [63] Teibinger, Martin; Matzinger, Irmgard; Dolezal, Franz (2018): Bauen mit Brettsperholz im Geschoßbau - Fokus Bauphysik.
- [64] Tesch, Susanne (2018): Masterarbeit - Hygrothermische Detailuntersuchung von Detaillösungen und Entwicklung eines Normenleitfadens für den Massivbau.
- [65] WTA 6-5-14-D (2014): Innendämmung nach WTA II - Nachweis von Innendämmsystemen mittels numerischer Berechnungsverfahren.



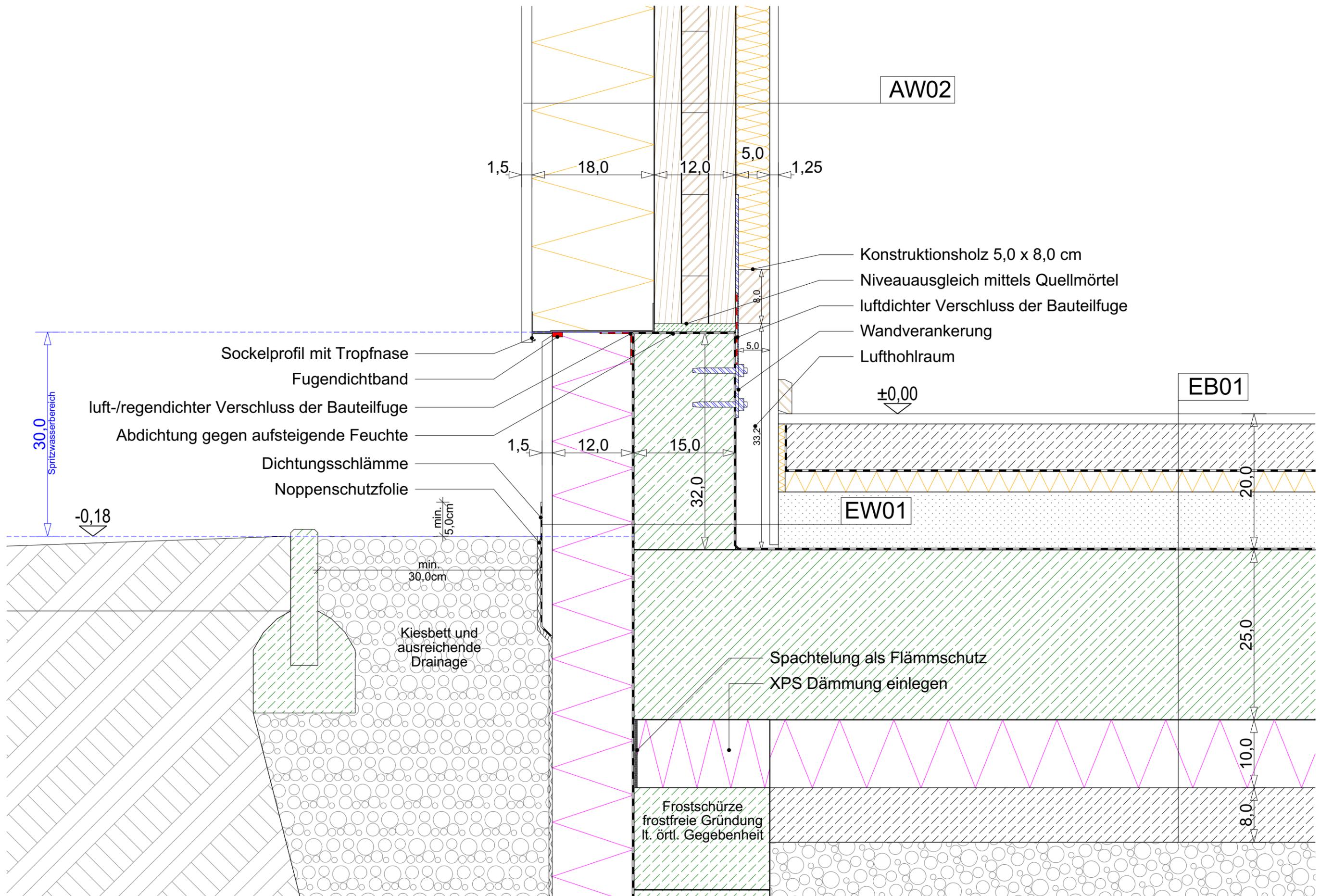
30,0
Spritzwasserbereich

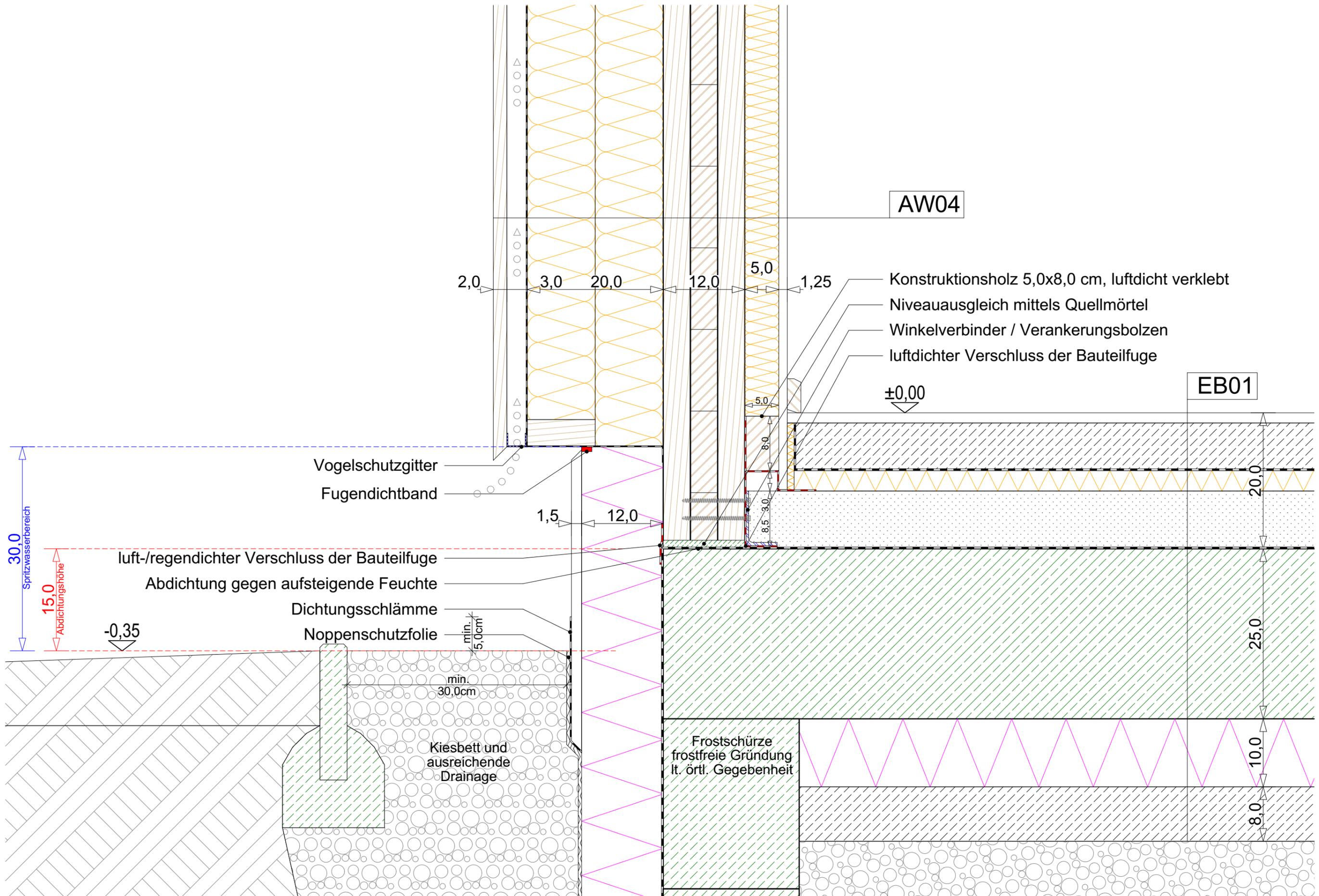
15,0
Abdichtungshöhe

-0,35

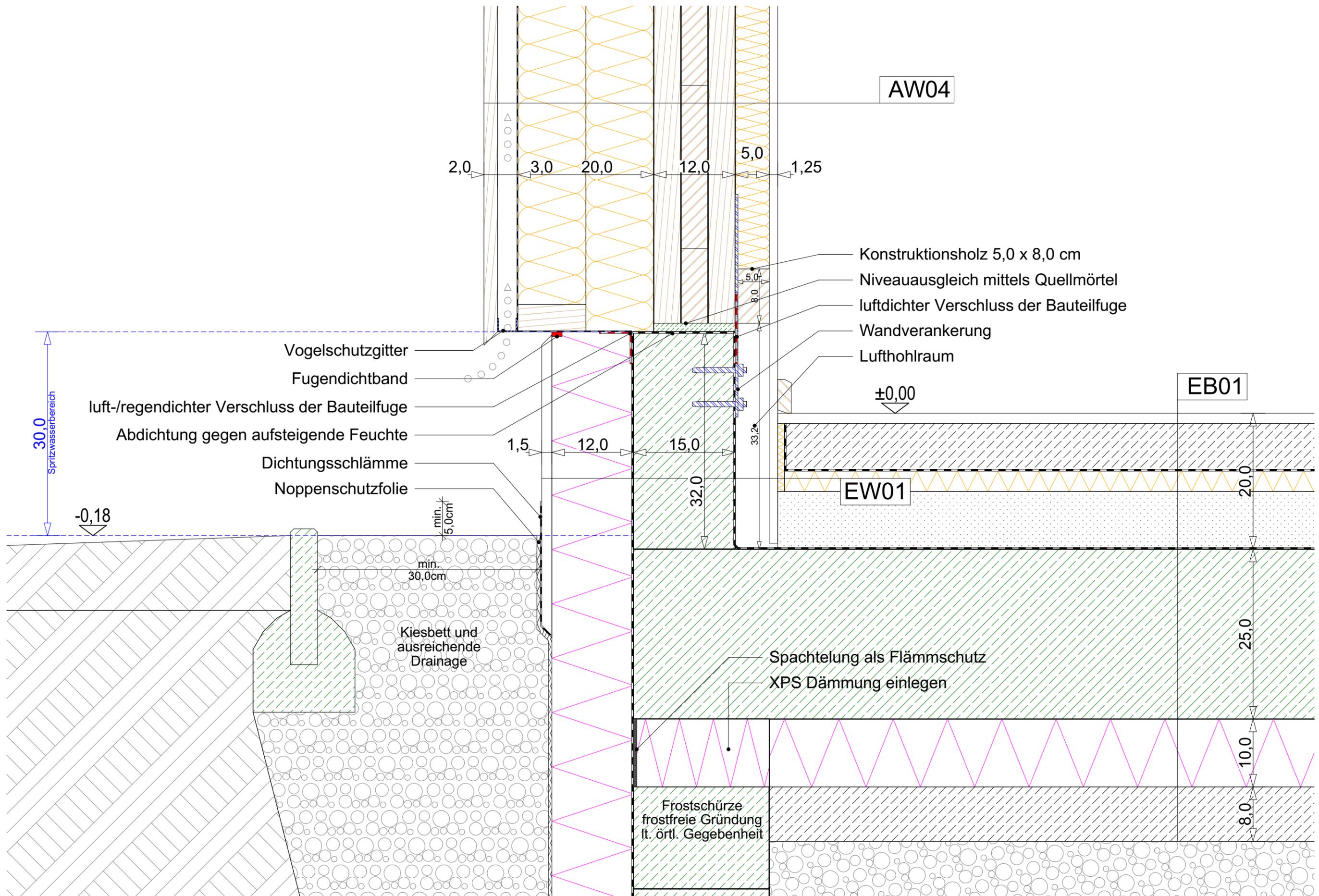


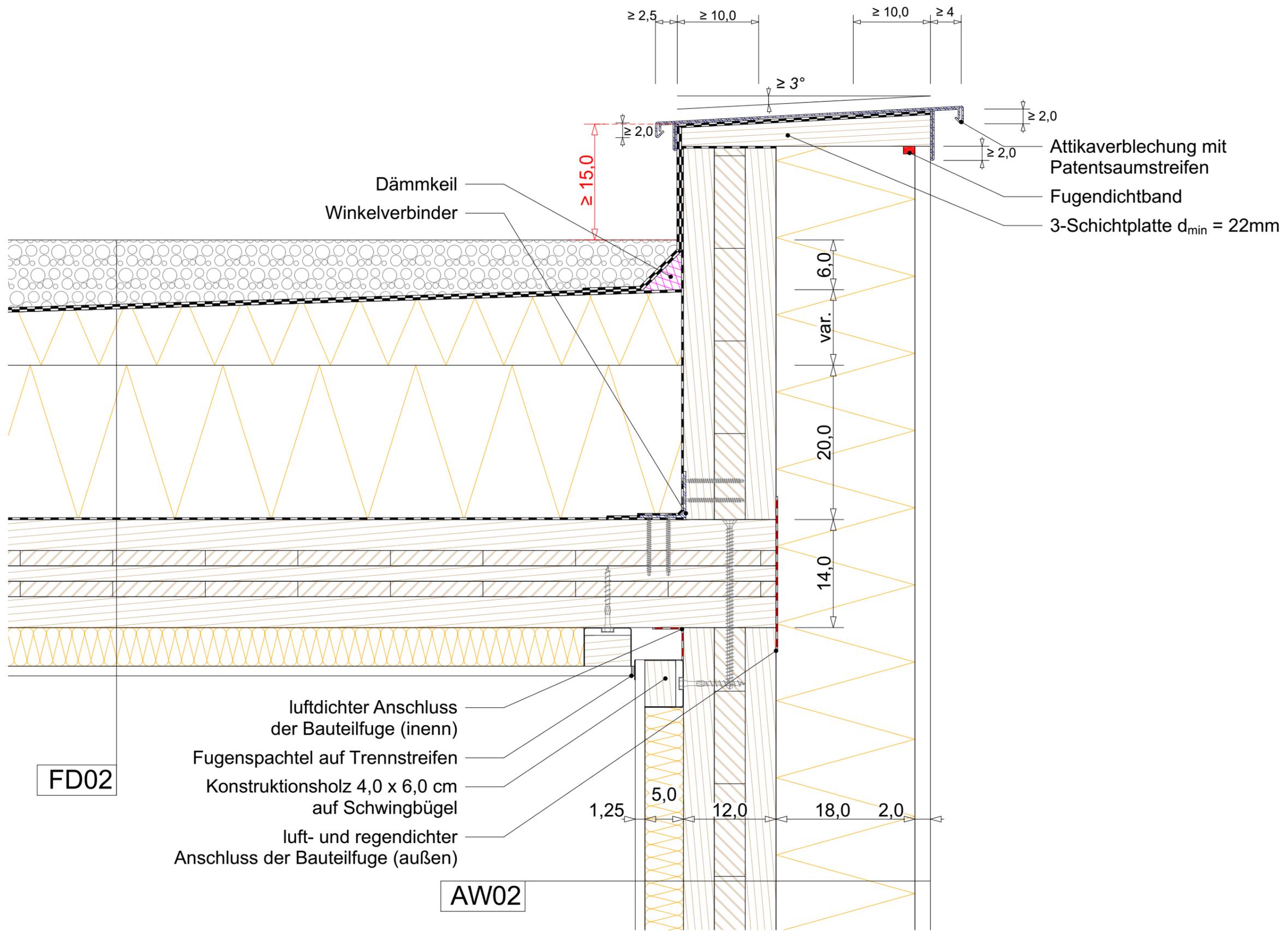
WISSEN TECHNIK LEIDENSCHAFT		MASTERARBEIT Hygrothermische Untersuchung von Detaillösungen und Entwicklung eines Normenleitfadens für den Holzmassivbau	VERFASSER Andreas Galusic	PLAN-NR. S-GEL_001 A	MASSSTAB 1:5
			INHALT Sockeldetail Putzfassade		DATUM 31.12.2020

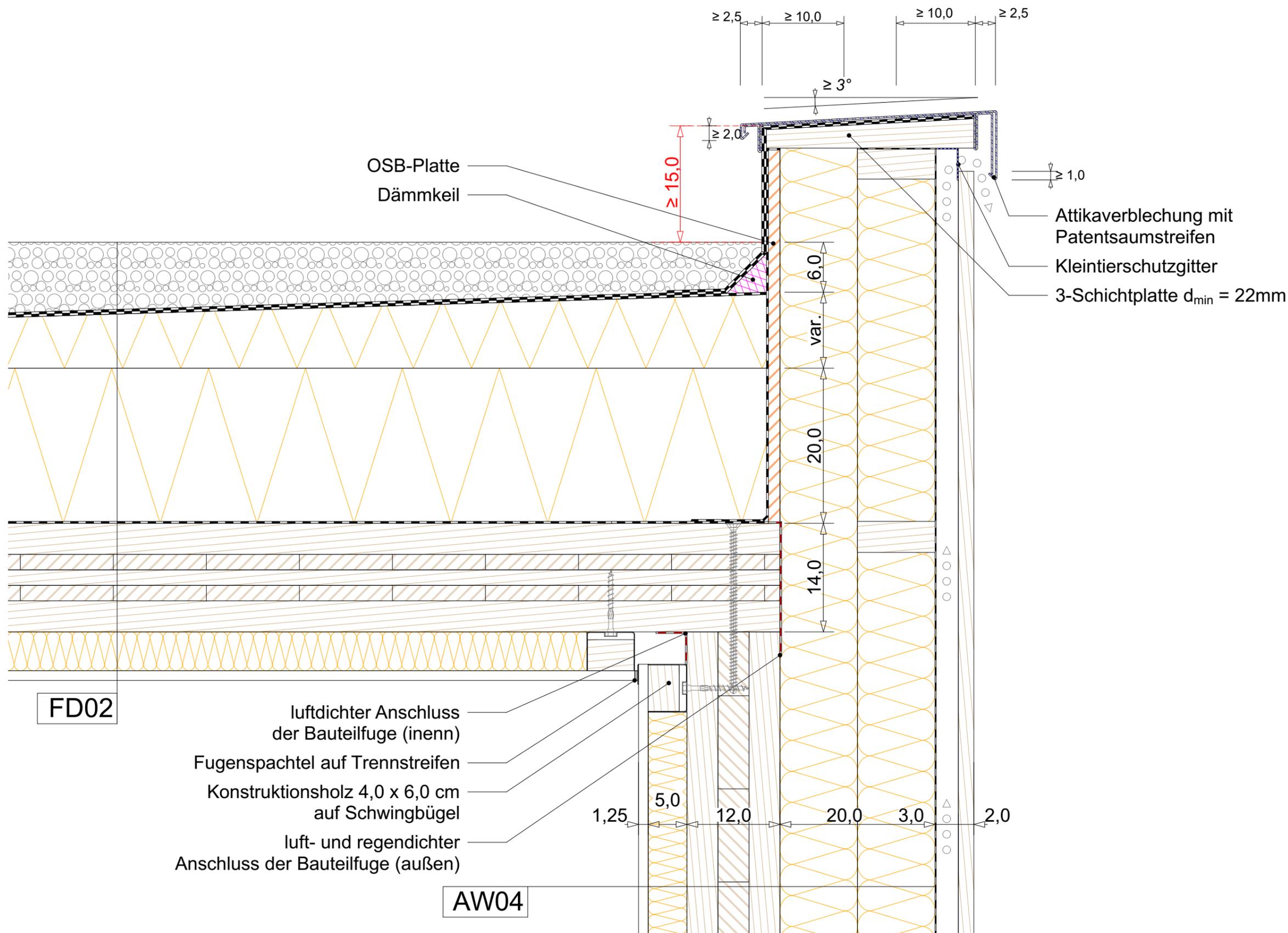


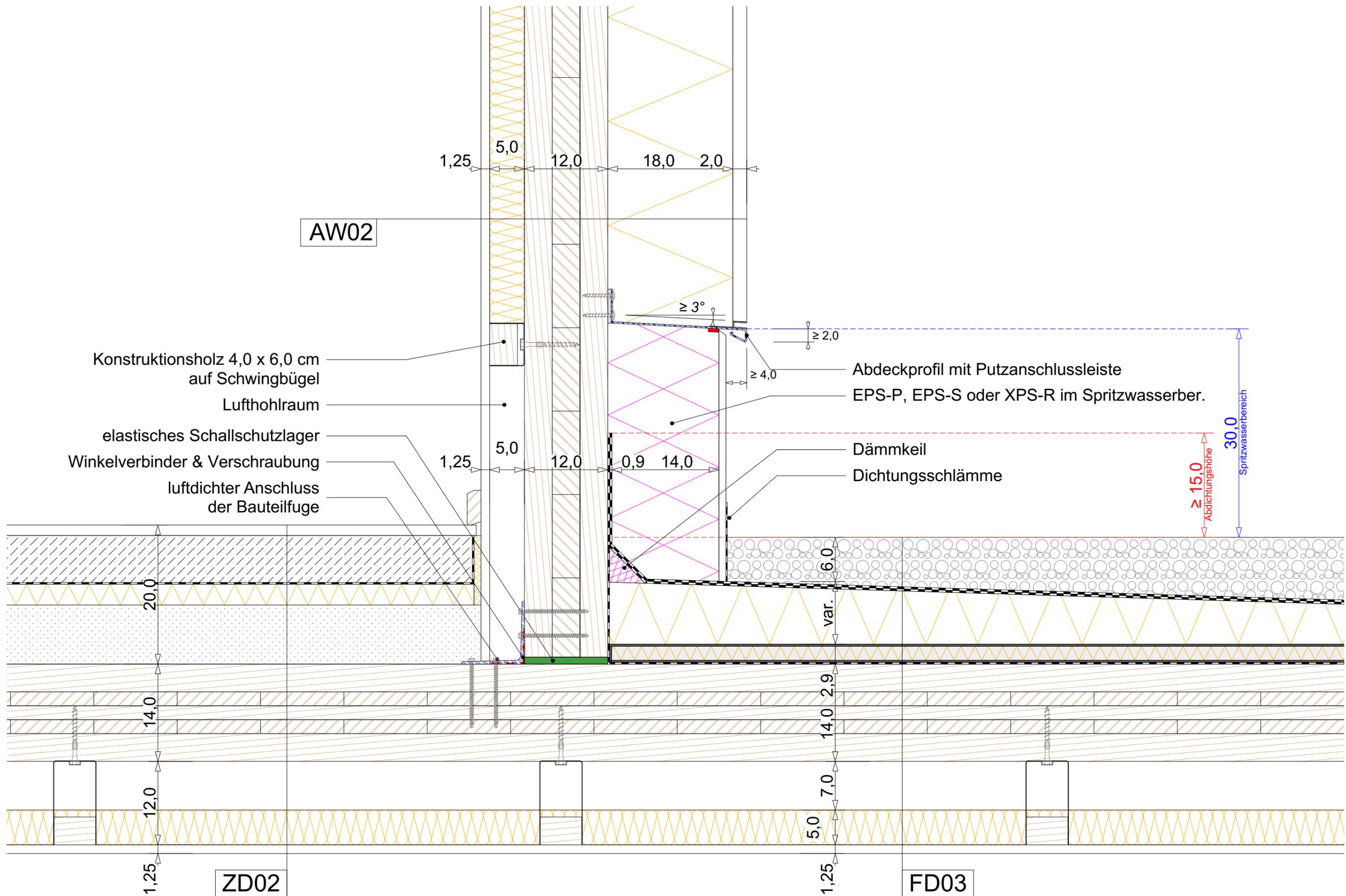


WISSEN TECHNIK LEIDENSCHAFT		MASTERARBEIT Hygrothermische Untersuchung von Detaillösungen und Entwicklung eines Normenleitfadens für den Holzmassivbau	VERFASSER Andreas Galusic	PLAN-NR. S-GEL_003 A	MASSSTAB 1:5
			INHALT Sockeldetail - hinterl. Fassade		DATUM 31.12.2020









Konstruktionsholz 4,0 x 6,0 cm
auf Schwingbügel

Luft-hohlraum

elastisches Schallschutzlager

Winkelverbinder & Verschraubung

luftdichter Anschluss
der Bauteilfuge

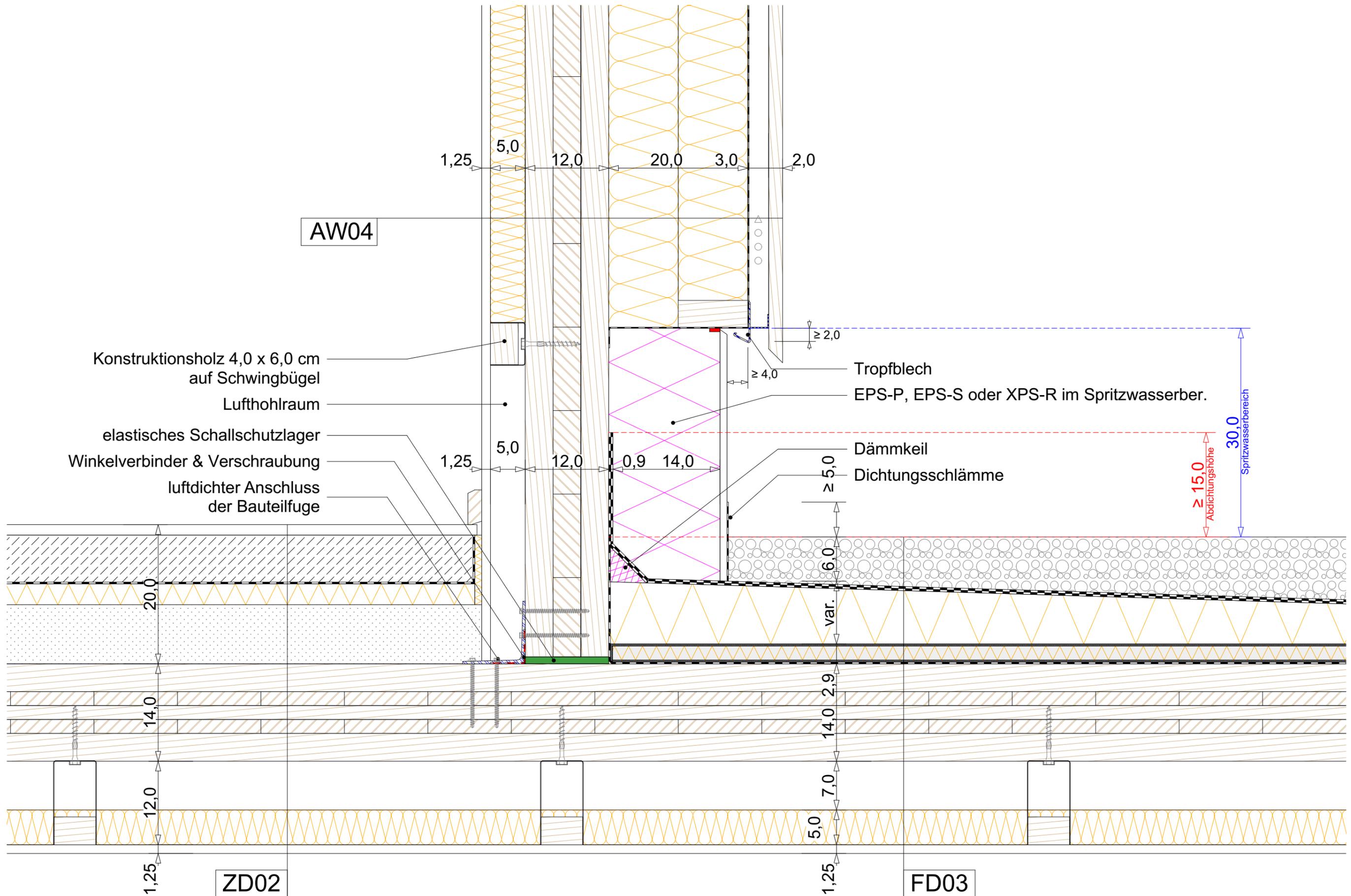
Abdeckprofil mit Putzanschlussleiste

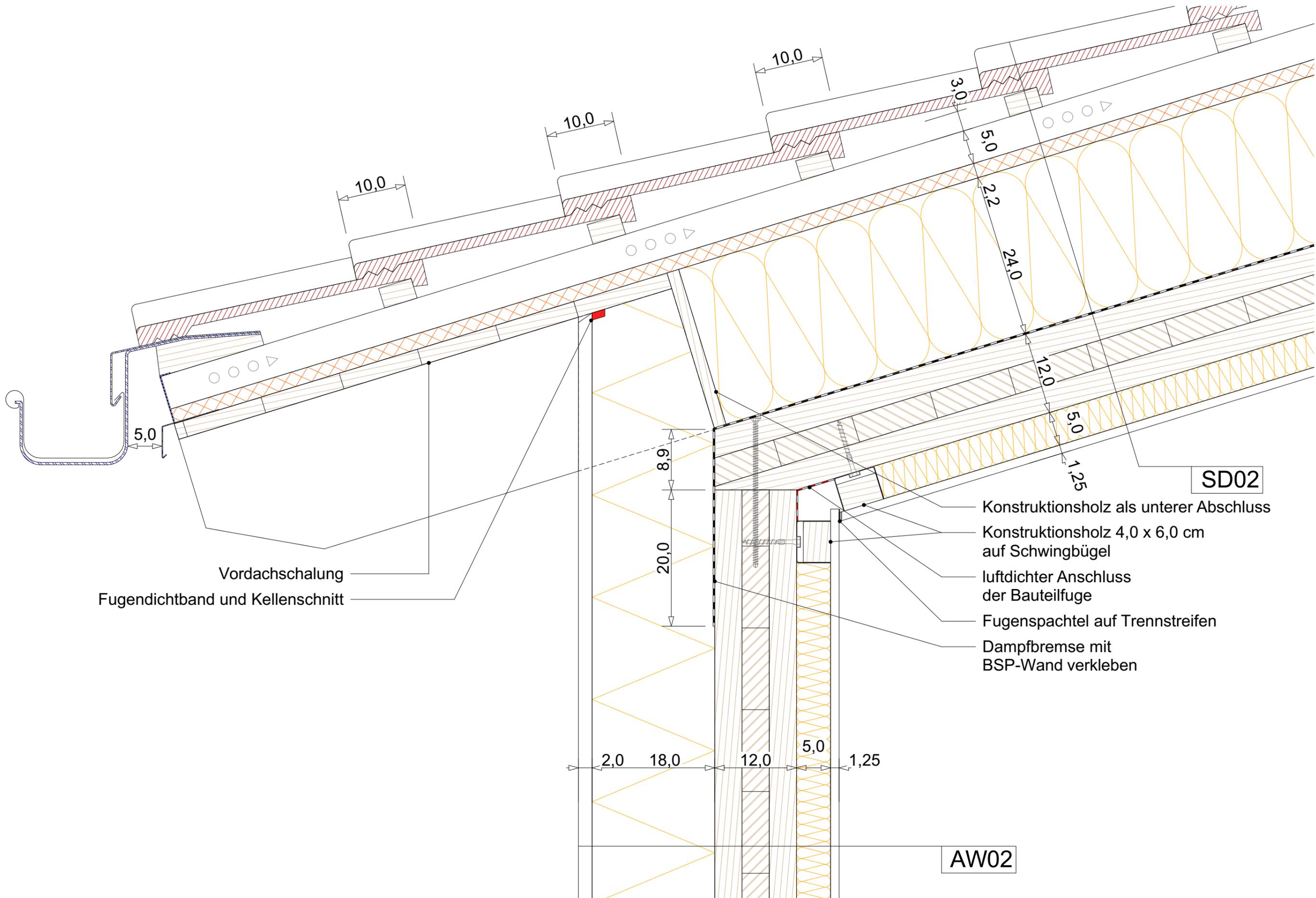
EPS-P, EPS-S oder XPS-R im Spritzwasserber.

Dämmkeil

Dichtungsschlämme







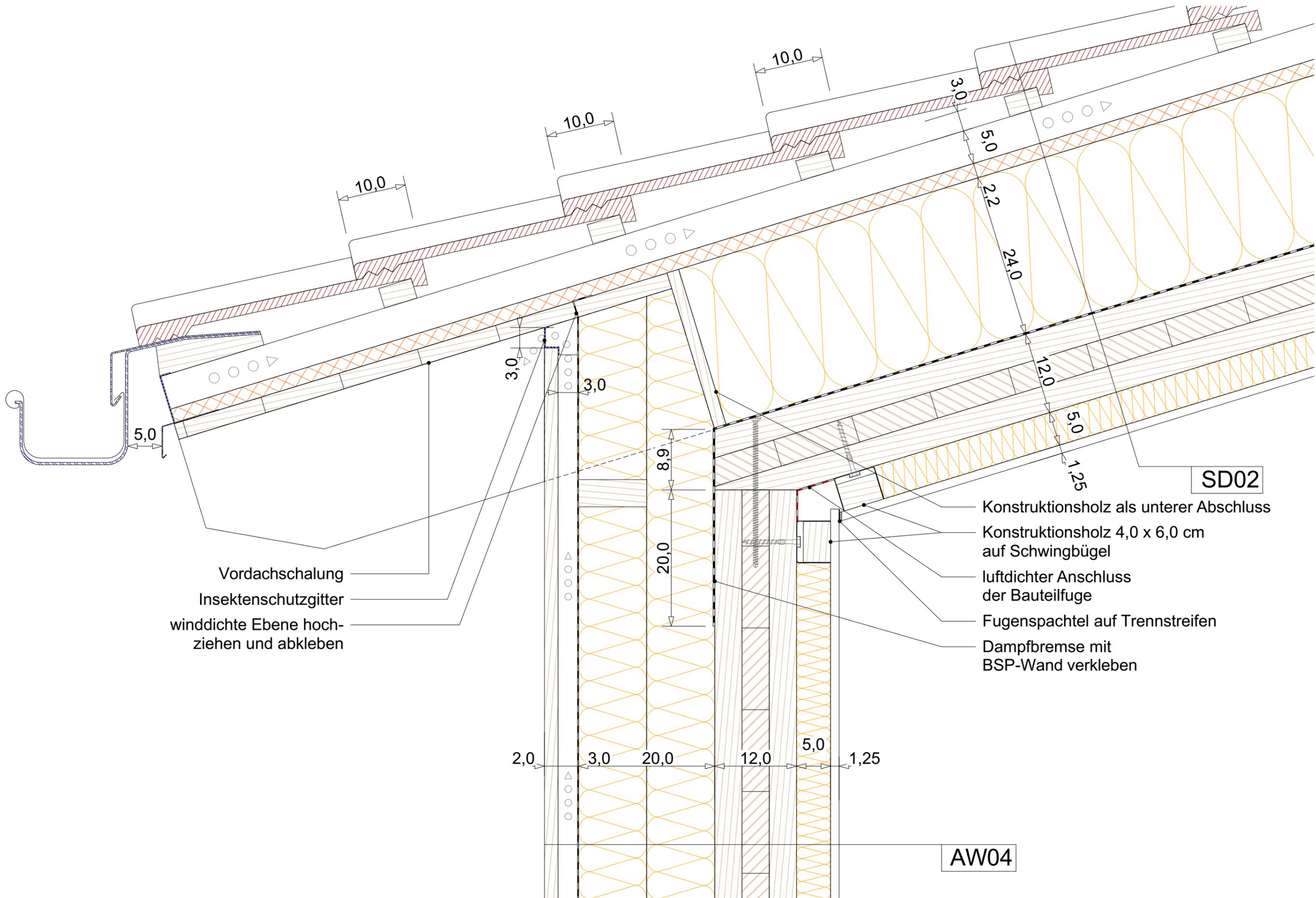
Vordachschalung
Fugendichtband und Kellenschnitt

SD02

- Konstruktionsholz als unterer Abschluss
- Konstruktionsholz 4,0 x 6,0 cm auf Schwingbügel
- luftdichter Anschluss der Bauteilfuge
- Fugenspachtel auf Trennstreifen
- Dampfbremse mit BSP-Wand verkleben

AW02





Vordachschalung
 Insektenschutzgitter
 winddichte Ebene hochziehen und abkleben

Konstruktionsholz als unterer Abschluss
 Konstruktionsholz 4,0 x 6,0 cm auf Schwingbügel
 luftdichter Anschluss der Bauteilfuge
 Fugenspachtel auf Trennstreifen
 Dampfbremse mit BSP-Wand verkleben

SD02

AW04

