

Auswirkungen der neuen europäischen Norm EN ISO 13788 "Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren" auf Konstruktion und Holzschutz von Außenbauteilen in Holzbauart

T 3019

T 3019

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

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

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2003, ISBN 3-8167-6523-8

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

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.IRBbuch.de

**Auswirkungen der neuen europäischen Norm
EN ISO 13788 „Raumseitige Oberflächentemperatur zur
Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und
Tauwasserbildung im Bauteilinneren“ auf Konstruktion
und Holzschutz von Außenbauteilen in Holzbauart**

Aktenz.: IBH 457/01

gefördert durch die

Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V.

Aktenzeichen F 2000/20

mit Mitteln des

Deutschen Instituts für Bautechnik

**Auswirkungen der neuen europäischen Norm EN ISO 13788 „Raumseitige
Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und
Tauwasserbildung im Bauteilinneren“ auf Konstruktion und Holzschutz von
Außenbauteilen in Holzbauart**

Auftraggeber: Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e. V.
Bayerstraße 57-59
80335 München

Baunatal, den 31. Januar 2003



(Dr.-Ing. Frank Otto)



(Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser)

Inhalt

1. Einleitung

2. Untersuchungsmethode

3. Bearbeitungsgrundlage

3.1 DIN 4108-3

3.1.1 Anwendungszweck, Voraussetzungen, Grenzen, Hinweise

3.1.2 Anforderungen in Bezug auf Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen

3.1.3 Eingabedaten

3.1.4 Berechnungsverfahren

3.2 DIN EN ISO 13788

3.2.1 Anwendungszweck, Voraussetzungen, Grenzen, Hinweise

3.2.2 Anforderungen in Bezug auf Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen

3.2.3 Eingabedaten

3.2.4 Berechnungsverfahren

3.3 Thermische und hygrische Simulation

3.3.1 Allgemeines zum Berechnungsmodell

3.3.2 Eingabedaten

3.4 Untersuchte Bauteile

3.5 Zugrunde gelegte Klimabedingungen

4. Bewertungskriterien

5. Berechnungsergebnisse

6. Bewertung des Nachweisverfahrens von DIN EN ISO 13788

7. Konstruktive Vorschläge für Holzbauteile auf der Grundlage von Simulationsrechnungen

8. Zusammenfassung

9. Literatur

1. Einleitung

Außenwände und Dächer müssen gegen einwirkendes Wasser einen ausreichenden Schutz bieten und dem Angriff von Schlagregen widerstehen. Raumseitig muß eine ausreichend hohe Oberflächentemperatur vorhanden sein, damit es nicht zu Schimmelpilzwachstum kommt. Darüber hinaus muss ein Bauteil so aufgebaut sein, dass es nicht zu einer schädigenden Anreicherung mit Tauwasser im Bauteilinneren kommt. Sind Schichtanordnung und Materialeigenschaften nicht auf die Feuchtebelastung abgestimmt, kommt es längerfristig zu Schäden. Deshalb bestehen in der Bundesrepublik Deutschland bauordnungsrechtliche Anforderungen an den Feuchteschutz. Diese sollen sicherstellen, dass die Funktion von Außenbauteilen nicht durch die Einwirkung von Regen und Wasserdampf beeinträchtigt wird. Seit 1981 kann der Nachweis der Eignung von Außenwänden und Dächern bei üblich genutzten Wohnräumen mit einem in DIN 4108-5 [1] beschriebenen Berechnungsverfahren geführt werden. Das Verfahren basiert auf einem von Glaser [2] 1959 für die Behandlung von Bauteilen im Kühlraumbau veröffentlichten Nachweisverfahren. Auch nach erfolgter Aktualisierung der Normreihe DIN 4108 findet sich das Berechnungsverfahren in unveränderter Form in der Neufassung von DIN 4108-3 [3] wieder und ist damit auch in Zukunft anzuwenden. Neben der Anwendung der nationalen Norm erzwingt die Harmonisierung der technischen Regeln innerhalb der Europäischen Union die Einführung eines weiteren, in DIN EN ISO 13788 [4] beschriebenen Nachweisverfahrens. Die Norm liegt seit November 2001 im Weißdruck vor und muss, obwohl zunächst vom nationalen technischen Komitee abgelehnt, in der Bundesrepublik Deutschland eingeführt werden. Die europäische Norm DIN EN ISO 13788 [4] und die nationale Norm DIN 4108-3 [3] unterscheiden sich in ihrem Nachweisverfahren. Deshalb sollen die Auswirkungen des europäischen Berechnungsverfahrens auf übliche Wände und Dächer bewertet werden. Ziel des Vorhabens ist die systematische Dokumentation der Auswirkungen auf den feuchteschutztechnischen Aufbau von Außenbauteilen, die sich infolge des in DIN EN ISO 13788 [4] enthaltenen, neuen europäischen Berechnungsverfahrens für die Bewertung von Tauwasserbildung im Bauteilinneren ergeben.

2. Untersuchungsmethode

Die Untersuchung gliedert sich in die Bewertung von Wänden und Dächern nach DIN 4108-3 [3], DIN EN ISO 13788 [4] sowie die Ermittlung der Feuchteverteilung in Bauteilen unter natürlichen Randbedingungen auf der Grundlage von thermischen und hygrischen Simulationsrechnungen. Aus der breiten Palette der heute in der Praxis gängigen Wand- und Dachkonstruktionen werden typische Aufbauten aus dem Massivbau und dem Holzbau für die Bewertung des Feuchteschutzes ausgewählt.

Neben einem rechnerischen Nachweisverfahren nennt DIN 4108-3 [3] eine Reihe von seit vielen Jahren gebräuchlichen Bauteilen, für die kein rechnerischer Nachweis erforderlich ist. Auch für diese Bauteile erfolgt die rechnerische Untersuchung auf Tauwasserbildung mit Angabe der jeweiligen Tauwassermengen.

Das Nachweisverfahren von DIN EN ISO 13788 [4] ist derzeit noch unvollständig. Wichtige nationale Festlegungen fehlen. Um dennoch Berechnungen durchführen zu können, werden die benötigten Randbedingungen ergänzt. Ob ein ausreichender Feuchteschutz gegeben ist, kann auf der Grundlage der in der Norm genannten Bewertungskriterien nicht abschließend beurteilt werden.

Die Berechnungsverfahren der Normen enthalten Vereinfachungen, die es nicht erlauben, eine realistische Einschätzung der Feuchtebilanz von Bauteilen vorzunehmen. Die Ergebnisse können nur mit modellkonformen Kriterien eingeschätzt werden. Durch eine hygri-sche und thermische Simulation kann über die Möglichkeiten der Normverfahren hinaus die sich unter natürlichen Randbedingungen einstellende Verteilung des Wassergehaltes bestimmt werden, wodurch eine realitätsnahe Beurteilung von Konstruktionen möglich ist. Mit der Simulationstechnik kann überprüft werden, ob materialabhängige maximal zulässige Wassergehalte eingehalten werden. Deshalb erfolgt die Bewertung des Nachweisverfahrens von DIN EN ISO 13788 [4] auf der Grundlage von Simulationsergebnissen.

3. Bearbeitungsgrundlage

3.1 DIN 4108-3

3.1.1 Anwendungszweck, Voraussetzungen, Grenzen, Hinweise

DIN 4108-3 [3] ist bei der Bewertung des Feuchteschutzes von Wohnräumen und Nebenräumen, die in einem Raumverbund zueinander stehen, anzuwenden. Neben der Formulierung von Anforderungen und der Vorgabe von Berechnungsverfahren werden auch Hinweise für die Planung und Ausführung gegeben.

Die an Bauteile gestellten Anforderungen sollen sicherstellen, dass die Tauwassermenge im Bauteilinneren begrenzt wird, kritische Oberflächenfeuchten vermieden werden, und das Eindringen von Schlagregen in Konstruktionen nur in geringem Maße möglich ist. Hierdurch sollen Schäden an Bauteilen, eine Beeinträchtigung des Wärmeschutzes sowie eine Gefährdung in Aufenthaltsräumen durch Schimmelpilzbildung ausgeschlossen werden. Es muß jedoch in jedem Einzelfall kritisch geprüft werden, ob ergänzende Untersuchungen beispielsweise aufgrund der Nutzung oder wegen der Einbausituation durchzuführen sind.

Anforderungen, Hinweise und Empfehlungen der Norm setzen voraus, dass die Einbaufeuchte bereits ausgetrocknet ist und dass die Feuchtebeanspruchung allein vom Außen- und Innenklima herrührt.

Der konvektive Tauwassereintrag bleibt beim Bauteilnachweis unberücksichtigt. Einem möglichen Eindringen feuchtebeladener, warmer Raumluft durch Fugen und Fehlstellen sollen Vorgaben für die Ausbildung von Bauteilanschlüssen in DIN 4108-7 [5] vorbeugen.

Der in Ansatz gebrachte Wassertransport in den Bauteilen berücksichtigt allein die Wasserbewegung infolge von Diffusion. Andere Transportphänomene, die wie die Kapillarleitung den Feuchtetransport dominieren können, bleiben unberücksichtigt. Auch die von den Ma-

terialeigenschaften abhängige Wasserspeicherfähigkeit bleibt unberücksichtigt. Deshalb ist es mit dem Nachweisverfahren nicht möglich, Rückschlüsse auf die sich in Bauteilen ansammelnde Wassermenge zu ziehen und realistische Wassergehalte zu ermitteln.

3.1.2 Anforderungen in Bezug auf Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen

DIN 4108-3 [3] fordert, dass sich in einer Konstruktion keine Anreicherung von Tauwasser einstellen darf, die zu einer die Konstruktion gefährdenden Stoff-Feuchte führt oder die eine Beeinträchtigung der Funktionssicherheit bedeutet. Der Ausfall von Wasser in einer Konstruktion ist jedoch nicht generell schädlich. Werden die Hauptanforderungen wie Wärmeschutz, Standsicherheit und Hygiene beachtet, so ist eine Tauwasserbildung zulässig. Die Norm nennt in Abschnitt 4.2.1 folgende Bedingungen, welche die Unschädlichkeit einer Tauwasserbildung gewährleisten soll:

- a) Die Baustoffe, die mit dem Tauwasser in Berührung kommen, dürfen nicht geschädigt werden (z.B. durch Korrosion, Pilzbefall).
- b) Das während der Tauperiode im Innern des Bauteils anfallende Wasser muß während der Verdunstungsperiode wieder an die Umgebung abgegeben werden können, d.h. $m_{w,T} \leq m_{w,v}$.
- c) Bei Dach- und Wandkonstruktionen darf eine flächenbezogene Tauwassermenge $m_{w,T}$ von insgesamt $1,0 \text{ kg/m}^2$ nicht überschritten werden. Dies gilt nicht für die Bedingungen nach d).
- d) Tritt Tauwasser an Berührungsflächen mit einer kapillar nicht wasseraufnahmefähigen Schicht auf, so darf eine flächenbezogene Tauwassermenge $m_{w,T}$ von $0,5 \text{ kg/m}^2$ nicht überschritten werden. Festlegungen für Holzbauteile siehe DIN 68 800-2:1996-05, 6.4.
- e) Bei Holz ist eine Erhöhung des massebezogenen Feuchtegehalts um mehr als 5 %, bei Holzwerkstoffen um mehr als 3 % unzulässig (Holzwolle-Leichtbauplatten und Mehrschicht-Leichtbauplatten nach DIN 1101 sind hiervon ausgenommen).

3.1.3 Eingabedaten

3.1.3.1 Material und Produkteigenschaften

Für die Berechnung sind Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit und Richtwerte der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl nach DIN V 4108-4 [6] und DIN EN 12524 [7] zu verwenden. Sind für einen Baustoff zwei Werte ausgewiesen, so ist der für die Tauperiode ungünstigere Wert sowohl zur Bestimmung der Tauwassermenge als auch zur Berechnung der verdunstenden Wassermenge einzusetzen.

Diffusionsoffene Folien, die auf der Außenseite von Bauteilen zum Einsatz kommen, dürfen mit keinem geringeren Wert als $s_d = 0,10$ m angesetzt werden, auch wenn Messungen nach E DIN EN ISO 12572 [8] kleinere Werte liefern.

3.1.3.2 Klimabedingungen

Ein Jahreszyklus wird formal in eine Tauperiode und eine Verdunstungsperiode unterteilt. Innerhalb der jeweiligen Periode liegen konstante Temperaturen und Luftfeuchten für das Innen- und Außenklima vor. Die Werte sind für nichtklimatisierte Wohn- und Bürogebäude und für Gebäude mit vergleichbarer Nutzung gültig. Handelt es sich um eine hiervon abweichende Nutzung, wie beispielsweise Schwimmbäder oder klimatisierte Gebäude, so ist ein Nachweis mit den tatsächlichen Klimabedingungen innerhalb des Gebäudes sowie dem Außenklima am Standort zu erbringen. Das vereinfachte Feuchtetransportmodell von DIN 4108-3 [3] reicht für derartige Fälle jedoch nicht mehr aus. Komplexere Verfahren, wie beispielsweise in [9 bis 11] beschrieben, sind für derartige Untersuchungen heranzuziehen. In Tabelle 1 sind die Klimabedingungen für die Tauperiode und die Verdunstungsperiode wiedergegeben.

Tabelle 1: Anzusetzende Klimabedingungen für die Berechnung der Tauwassermasse und der verdunstenden Wassermasse nach DIN 4108-3 [3].

Zeile	Klima	Temperatur	Relative Luftfeuchte	Dauer	
		θ [°C]	ϕ [%]	t [h]	[d]
1	Tauperiode				
1.1	Außenklima ^a	-10	80	1440	60
1.2	Innenklima	20	50		
2	Verdunstungsperiode				
2.1	Wandbauteile und Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen				
2.1.1	Außenklima	12	70	2160	90
2.1.2	Innenklima				
2.1.3	Klima im Tauwasserbereich		100		
2.2	Dächer, die Aufenthaltsräume gegen Außenluft abschließen ^b				
2.2.1	Außenklima	12	70	2160	90
2.2.2	Temperatur der Dachoberfläche	20	-		
2.2.3	Innenklima	12	70		
^a Gilt auch für nicht beheizte, belüftete Nebenräume, z.B. belüftete Dachräume, Garagen. ^b Vereinfachend können bei diesen Dächern auch die Klimabedingungen für Bauteile der Zeile 2.1 zugrunde gelegt werden.					

3.1.4 Berechnungsverfahren

Für einen rechnerischen Nachweis muss zunächst die Temperaturverteilung im Bauteil bestimmt werden. In Abhängigkeit von den Temperaturen ergibt sich der Verlauf des Wasserdampfsättigungsdrucks. Danach erfolgt die Bestimmung der Verteilung des Wasserdampfteildrucks. Wasserdampfsättigungsdruck und Wasserdampfteildruck bilden die Ausgangsgrößen zur Berechnung der Wasserdampfdiffusionsströme und die anschließende Ermittlung der Tauwasser- und der verdunstenden Wassermasse.

DIN EN ISO 6946 [12] enthält die Grundlagen und die Festlegungen für die Ermittlung der Temperaturverteilung. Der Anwendungsbereich der Norm erstreckt sich über ein- und mehrschichtige Bauteile mit planparallelen Oberflächen bzw. Trennflächen. Der Wärmestrom ist eindimensional und zeitlich konstant (stationäre Betrachtung). Wärmequellen infolge Phasenwechsel (Tauwasserbildung, Verdunstung) des Wassers und Speichervorgänge bleiben unberücksichtigt.

Die gemäß [12] in Ansatz zu bringenden Wärmeübergangswiderstände betragen:

raumseitig

- 0,13 m²K/W Wärmestromrichtung horizontal,
- 0,10 m²K/W aufwärts gerichteten Wärmestrom, Bauteilneigung 0° bis < 60°,
- 0,17 m²K/W abwärts gerichteten Wärmestrom, Bauteilneigung 0° bis < 60°,

außenseitig

- 0,04 m²K/W alle Wärmestromrichtungen, wenn die Oberfläche an Außenluft grenzt.

Die Abhängigkeit des Wärmeübergangswiderstands bei Dächern von der Richtung des Wärmestroms führt zu unterschiedlichen Werten für den Wärmeübergang an den Bauteiloberflächen in der Tauperiode und der Verdunstungsperiode. Werden von der Richtung unabhängige Wärmeübergangswiderstände benötigt, so dürfen die für eine horizontale Wärmestromrichtung gültigen Werte nach Norm verwendet werden. Von dieser Möglichkeit wird im Weiteren Gebrauch gemacht. Bei Verwendung der richtungsabhängigen Wärmeübergangswiderständen stellen sich gegenüber den Werten für horizontalgerichteten Wärmestrom geringfügig kleinere Tauwassermengen ein. Ursache hierfür sind die minimal höheren Bauteiltemperaturen in der Tauperiode aufgrund des höheren Wärmeübergangswiderstands an der Außenoberfläche.

Der Berechnungsablauf zur Bestimmung der Verteilung des Wasserdampfteildruckes kann Anhang A von DIN 4108-3 [3] entnommen werden. Für die Behandlung von stehenden Luftschichten fehlen jedoch Festlegungen. Bei Bauteilen mit geringem Wasserdampf-Diffu-

sionsdurchlasswiderstand können auch die in einem Bauteil enthaltenen Luftschichten von Bedeutung sein. Aufgrund der sich in abgeschlossenen Luftschichten durch Temperatur- und Feuchteunterschiede einstellenden Konvektionswalzen mindert sich der Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand erheblich. Da in DIN 4108-2 [3] Angaben über die Behandlung von Luftschichten fehlen, findet die Festlegung in DIN EN ISO 13788 [4] Berücksichtigung. Unabhängig von der Luftschichtdicke wird eine wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke von $s_d = 0,01$ m in Ansatz gebracht. Eine Zusammenstellung der für die Berechnung wesentlichen feuchtetechnischen Größen findet sich in Tabelle 2.

Tabelle 2: Berechnungsansätze der wesentlichen feuchtetechnischen Größen gemäß DIN 4108-3 [3].

Wasserdampfteildruck		$p = \phi \cdot p_s$	Pa
Wasserdampfsättigungsdruck	$0 \text{ °C} \leq \theta \leq 30 \text{ °C}$	$p_s = 288,68 \cdot \left(1,098 + \frac{\theta}{100}\right)^{8,02}$	Pa
	$-20 \text{ °C} \leq \theta < 0 \text{ °C}$	$p_s = 4,689 \cdot \left(1,486 + \frac{\theta}{100}\right)^{12,3}$	Pa
Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke		$s_d = d \cdot \mu$	m
Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand		$Z = 1,5 \cdot 10^6 \cdot (\mu_1 \cdot d_1 + \mu_2 \cdot d_2 + \dots)$	$\text{m}^2\text{hPa/kg}$
Wasserdampf-Diffusionsstromdichte		$g = \frac{p_1 - p_2}{Z}$	$\text{kg}/(\text{m}^2\text{h})$

Zur Überprüfung, ob es während der Tauperiode zur Bildung von Tauwasser kommt, wird der sich über den Bauteilquerschnitt unter den in Tabelle 1 beschriebenen Randbedingungen einstellende Wasserdampfteildruck mit dem Wasserdampfsättigungszustand verglichen. Eine Überschreitung des Sättigungsdampfdrucks durch den Partialdruck signalisiert, dass Tauwasserbildung auftritt. Zur Ermittlung der Tauwassermenge ist das in DIN 4108-3 [4] beschriebene Glaser-Verfahren [2] anzuwenden. Bei dem Verfahren wird der Wasserdampfpartialdruck und der Wasserdampfsättigungsdruck über der wasserdampfdiffusionsäquivalenten Luftschichtdicke aufgetragen. Da der Wasserdampfsättigungsdruck an keiner Stelle überschritten werden kann, wird der für die Bestimmung der Tauwassermenge maßgebende Wasserdampfteildruckverlauf durch Tangentenbildung an den Sättigungsdampfdruckverlauf ermittelt. Bild 1 verdeutlicht beispielhaft das Diffusionsdiagramm für eine Außenwand mit Tauwasserbildung in einem Bereich. Kommt es in mehreren Ebenen zur Tauwasserbildung, ist die Summe der flächenbezogenen Tauwassermassen maßgebend.

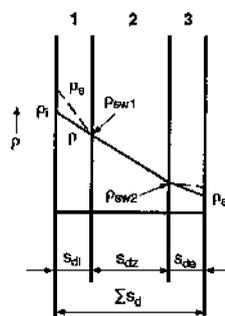


Bild 1: Diffusionsdiagramm für Tauwasserausfall im Bauteil aus [3].

In der Verdunstungsperiode wird an den Orten der Tauwasserbildung ein Sättigungsdampfdruck angenommen. Bild 2 zeigt beispielhaft den Wasserdampfteildruckverlauf in der Verdunstungsperiode in einer Außenwand.

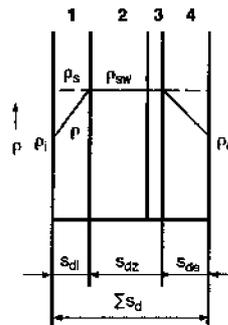


Bild 2: Diffusionsdiagramm für Verdunstung im Bauteil aus [3].

Dachkonstruktionen nehmen bei der Bestimmung der verdunstenden Wassermenge eine Sonderstellung ein. Aufgrund der Annahme einer Oberflächentemperatur von 20 °C auf der äußeren Bauteiloberfläche stellt sich eine zum Raum hin abnehmende Temperaturverteilung ein. Hieraus resultiert für Bauteile mit mehreren Tauwasserebenen ein Wasserdampfdruckgefälle zwischen diesen Ebenen und damit ein Wasserdampf-Diffusionsstrom. Dieser Feuchteaustausch zwischen den Tauwasserebenen darf nicht in Ansatz gebracht werden. Darüber hinaus kann es in Einzelfällen zwischen den Tauwasserebenen und den Bauteiloberflächen zu einer Tauwasserbildung kommen. Diese bleibt bei der Bestimmung der verdunstenden Wassermenge unberücksichtigt.

3.2 DIN EN ISO 13788

3.2.1 Anwendungszweck, Voraussetzungen, Grenzen, Hinweise

DIN EN ISO 13788 [4] beschreibt ein auf europäischer Ebene abgestimmtes vereinfachtes Verfahren zur Beurteilung des Feuchteschutzes von Außenbauteilen. Anwendungszweck der Norm ist die Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchten und die Bewertung von Tauwasserbildung innerhalb von Bauteilen. Auf die Anforderungen zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchten wird in der vorliegenden Untersuchung nicht eingegangen.

Gemäß Norm muss der Anwender darüber entscheiden, ob die im Weiteren genannten Einschränkungen vernachlässigbar sind und damit das vereinfachte Nachweisverfahren geeignet ist. Das Berechnungsverfahren berücksichtigt allein die Wasserbewegung infolge von Diffusion. Folgende Phänomene vernachlässigt das Berechnungsmodell:

- Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit vom Feuchtegehalt,
- Freisetzung und Verbrauch latenter Wärme,
- Veränderung der Stoffeigenschaften in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt,
- Saugwirkung von Kapillaren und Transport von Feuchte in der flüssigen Phase in Baustoffen,
- Luftbewegung durch Spalten oder in Luftschichten,
- Hygroskopisches Verhalten von Baustoffen.

Bei Auslegung von Bauteilen nach DIN EN ISO 13788 [4] ergeben sich gewöhnlich Konstruktionen mit einer großen Sicherheit gegenüber feuchtetechnischem Versagen. Durch die getroffenen Näherungen können die Ergebnisse eine Gefährdung durch Tauwasser aufzeigen, die jedoch tatsächlich nicht gegeben ist. Erfüllt ein Bauteil die festgelegten Bemessungskriterien nicht, so kann die Eignung möglicherweise dennoch bei Anwendung genauerer Verfahren nachgewiesen werden.

3.2.2 Anforderungen in Bezug auf Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen

DIN 13788 [4] nennt folgende Kriterien zur Bewertung der Berechnungsergebnisse:

- a) Tauwasserbildung wird für keine Grenzfläche und für keinen Monat vorhergesagt.

In diesem Fall darf angegeben werden, dass das Bauteil frei von Tauwasserbildung im Bauteilinneren ist.

- b) Eine Tauwasserbildung tritt an einer oder mehreren Grenzflächen auf; bei jeder betroffenen Grenzfläche wird jedoch die vollständige Verdunstung des Tauwassers in den Sommermonaten vorhergesagt.

In diesem Fall ist die maximale Tauwassermenge, die an jeder Grenzfläche auftritt, sowie der Monat, in dem der Höchstwert vorkam, anzugeben. Ferner sind gesetzliche Bestimmungen und weitere Hinweise in Produktnormen hinsichtlich der Gefahr der Verschlechterung des Zustands von Baustoffen sowie der Verminderung der Wärmedämmung als Folge der berechneten maximalen Tauwassermenge zu berücksichtigen.

- c) Das Tauwasser, das sich an einer oder mehreren Grenzflächen bildet, verdunstet unvollständig in den Sommermonaten.

In diesem Fall ist anzugeben, dass das Bauwerk die Beurteilung nicht bestanden hat. Die Höchstmenge der Feuchte, die sich an jeder Grenzfläche bildet, sowie die Feuchtemenge, die nach 12 Monaten an jeder Grenzfläche verbleibt, sind anzugeben.

3.2.3 Eingabedaten

3.2.3.1 Material und Produkteigenschaften

Für die Material- und Produkteigenschaften sind Bemessungswerte zu verwenden. Diese können aus Produktspezifikationen oder aus den in Tabelle 3 genannten Normen entnommen werden.

Tabelle 3: Material- und Produkteigenschaften für die Berechnung nach DIN 13788 [4].

Eigenschaft	Symbol	Bemessungswert
Wärmeleitfähigkeit	λ	aus EN 12524 [7] entnommen oder
Wärmedurchlasswiderstand	R	nach EN ISO 10456 [13] bestimmt
Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl	μ	aus EN 12524 [7] entnommen oder
Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke	s_d	nach prEN ISO 12572 [8] bestimmt

Für homogene Materialien gelten Wärmeleitfähigkeit λ und Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl μ . Für Verbundprodukte oder Produkte ohne gut definierbare Dicke kommen Wärmedurchlasswiderstand R und wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d zum Einsatz. Werte für den Wärmedurchlasswiderstand von Luftschichten sind DIN EN ISO 6946 [12] zu entnehmen. Der s_d -Wert von Luftschichten beträgt unabhängig von der Dicke 0,01 m.

3.2.3.2 Klimabedingungen

Bei den Berechnungen ist, sofern möglich, das Klima für den Standort zu verwenden. Bei den Klimadaten handelt es sich um monatliche Mittelwerte, die nach ISO 15 927-1 [14] zu bestimmen sind. Raumseitig sind Temperaturen zu verwenden, die der zu erwartenden Nutzung entsprechen. Diese Wert können national festgelegt werden. Der raumseitige Wasserdampfteildruck kann nach der Gleichung (1) bestimmt werden.

$$p_i = p_e + \Delta p \quad (1)$$

Δp ist entsprechend der zu erwartenden Nutzung festzulegen und mit dem Faktor 1,10 zu multiplizieren. Alternativ kann bei Bedarf eine volumenbezogene Luftfeuchte v kg/m³ verwendet werden. Abhängig von der Nutzung nennt DIN EN ISO 13 788 [4] fünf Luftfeuchteklassen zur Ermittlung der Feuchtelast. Anhaltswerte zur Einstufung der Nutzung in die entsprechende Luftfeuchteklasse bietet Tabelle 4. Danach kann der Zuschlag für den Wasserdampfpartialdruck Bild 3 entnommen werden.

Tabelle 4: Einstufung der Gebäudenutzung in Luftfeuchteklassen gemäß DIN EN ISO 13788 [4].

Luftfeuchteklasse	Gebäudenutzung
1	Lager
2	Büros, Geschäfte
3	Wohnhäuser mit geringer Belegung
4	Wohnhäuser mit hoher Belegung, Sporthallen, Küchen, Kantinen, Gebäude mit Gasöfen ohne Schornsteinanschluss
5	Besondere Gebäude, z. B. Wäschereien, Brauereien, Schwimmbäder

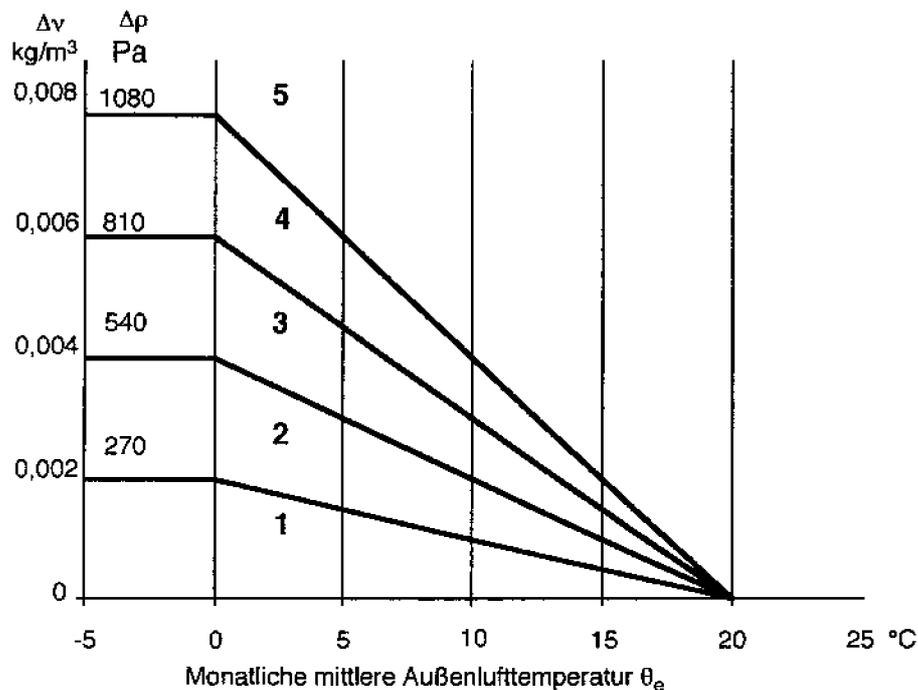


Bild 3: Zuschlag für den Wasserdampfpartialdruck in Abhängigkeit von der monatlichen mittleren Außenlufttemperatur und der Luftfeuchteklasse zur Ermittlung der Feuchtelast nach DIN EN ISO 13788 [4].

3.2.4 Berechnungsverfahren

Das Berechnungsverfahren basiert auf Monatsbilanzen. Angefangen mit dem Monat, in dem nach der sommerlichen Austrocknungsperiode die erste Tauwasserbildung auftritt, erfolgt die monatsweise Berechnung der Tauwassermenge. Die sich am Ende der Tauperiode akkumulierte Tauwassermasse wird der verdunstenden Wassermasse in den verbleibenden Monaten gegenübergestellt. Es wird von einer eindimensionalen stationären Betrachtung ausgegangen.

Der Berechnungsablauf und die zu verwendenden Wärmeübergangswiderstände zur Bestimmung der Temperaturverteilung im Bauteil sind in DIN EN ISO 13788 [4] ebenfalls festgelegt. Tabelle 5 können die maßgebenden Wärmeübergangswiderstände entnommen werden.

Tabelle 5: Maßgebende Wärmeübergangswiderstände an der inneren und äußeren Bauteiloberfläche nach [4].

	Wärmeübergangswiderstand [m ² ·K/W]
außenseitigen Oberflächen R _{se}	0,04
raumseitigen Oberflächen R _{si}	
an Verglasung und Rahmen	0,13
alle anderen raumseitigen Oberflächen	0,25

Eine Zusammenstellung der für die Berechnung wesentlichen feuchtetechnischen Größen findet sich in Tabelle 6.

Tabelle 6: Berechnungsansätze der wesentlichen feuchtetechnischen Größen nach [4].

Wasserdampfsättigungsdruck	$\theta \geq 0 \text{ °C}$	$p_{\text{sat}} = 610,5 e^{\frac{17,26 \cdot \theta}{237,3 + \theta}}$	Pa
	$\theta < 0 \text{ °C}$	$p_{\text{sat}} = 610,5 e^{\frac{21,87 \cdot \theta}{265,5 + \theta}}$	Pa
Wasserdampfdiffusionsstromdichte		$g = \delta_0 \cdot \frac{\Delta p}{s_d}$	kg/(m ² ·s)
Wasserdampfdiffusionsleitkoeffizient der Luft bezogen auf den Dampfteildruck		$\delta_0 = 2 \cdot 10^{-10} \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$	kg/(m·s·Pa)

Für die einzelnen Bauteilschichten werden zunächst die Wärmedurchlasswiderstände R und die wasserdampfdiffusionsäquivalenten Luftschichtdicken ermittelt. In Schichten mit einem hohen Wärmedurchlasswiderstand, beispielsweise bei Schichten mit Wärmedämmstoffen, werden Teilschichten mit einem maximalen Wärmedurchlasswiderstand von 0,25 m²K/W eingeführt. Wasserdampfundurchlässige Materialien, wie z. B. Blech, fließen mit einer Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl von 100.000 in die Berechnung mit ein.

Die monatlichen Tauwassermengen werden schichtweise aufsummiert. Die verdunstenden Wassermengen werden in Abzug gebracht. Kommt es in einer Schicht am Monatsende zu einer negativen Tauwassermenge, so ist sie als null anzugeben.

3.3 Thermische und hygrische Simulation

3.3.1 Allgemeines zum Rechenmodell

Durch den Einsatz von komplexen Simulationsprogrammen zur Untersuchung des feuchtetechnischen Verhaltens von Bauteilen, kann eine realitätsnahe Bewertung des sich unter natürlichen Randbedingungen einstellenden Wassergehalts erreicht werden. Soll die Gebrauchstauglichkeit von Bauteilen überprüft werden, reicht ein formaler Nachweis, wie ihn das Glaserverfahren gemäß DIN 4108-3 [3] darstellt, nicht aus. Unter praktischen Bedingungen zu erwartende Wassergehalte müssen ermittelt und kritisch beurteilt werden.

Für die Bestimmung der sich im Laufe eines Jahres in Außenwänden und Dächern einstellenden Materialfeuchten wird das Simulationsprogramm WUFI "Wärme- und Feuchte instationär" [15] eingesetzt. Die Berechnungsansätze berücksichtigen den gekoppelten Wärme- und Feuchtetransport in eindimensionalen mehrschichtigen Bauteilen. Dabei wird die beiderseitige Abhängigkeit von Wärmeleitung und Feuchtstrom auf iterativem Wege innerhalb des numerischen Verfahrens berücksichtigt. Das dem Programm zugrunde liegende Berechnungsmodell berücksichtigt den Wassertransport infolge Wasserdampfdiffusion und Kapillarleitung sowie die Feuchtespeicherung.

Bei den Berechnungen des Wärmetransports werden folgende Transportmechanismen und Einflußgrößen berücksichtigt:

- Wärmeleitung,
- Enthalpieströme durch Dampfdiffusion mit Phasenwechsel (z.B. Abkühlungseffekt durch Verdunstung des aufgenommenen Regenwassers),
- kurzwellige Sonnenstrahlung,
- langwellige nächtliche Abstrahlung (nur bei TRY- Wetterdaten).

Bei der Berechnung des Feuchtetransports finden folgende Transportmechanismen Berücksichtigung:

Dampftransport:

- Dampfdiffusion,
- Lösungsdiffusion.

Flüssigkeitstransport

- Kapillarleitung,
- Oberflächendiffusion.

Neben den verwendeten Transportmodellen gibt es noch weitere Transportmechanismen, die keine Berücksichtigung finden. Im Einzelnen handelt es sich um

- durch Schwerkraft bedingte Sickerströmungen,
- hydraulische Strömungen aufgrund von Gesamtdruckunterschieden,
- elektrokinetische und osmotische Effekte,
- gegenseitige Einflüsse von Salz- und Wassertransport,
- Enthalpieströme durch Transport flüssigen Wassers im Temperaturgefälle (Oberflächenabkühlung eines Bauteils durch kaltes Regenwasser),
- konvektiver Wärme- und Feuchtetransport,
- Eisbildung.

Die Anwendungsgrenzen sind durch fehlende Materialfunktionen und derzeit noch ausstehende allgemeingültige Randbedingungen für dynamische Untersuchungen gegeben.

3.3.2 Eingabedaten

3.3.2.1 Materialeigenschaften

Eine Reihe von Materialeigenschaften sind erforderlich, um den instationären Verlauf der Temperatur und des Wassergehalts in Bauteilen rechnerisch ermitteln zu können. Diese Materialfunktionen sind bisher lediglich für ausgewählte Baustoffe verfügbar. Folgende Basiswerte werden unbedingt für die instationäre Berechnung von Bauteilen benötigt:

- Rohdichte ρ ,
- Porosität Ψ ,
- Wärmekapazität c ,
- Wärmeleitfähigkeit trocken λ ,
- Diffusionswiderstandszahl μ .

Darüber hinaus werden für eine realitätsnahe Bewertung von Bauteilen folgende Materialeigenschaften benötigt:

- Feuchtespeicherfunktion,
- Flüssigtransportkoeffizient saugen,
- Flüssigtransportkoeffizient weiterverteilen,
- Feuchteabhängige Wärmeleitfähigkeit,
- Feuchteabhängige Diffusionswiderstandszahl.

Eine detaillierte Beschreibung der Materialfunktionen und ihre Bestimmung findet sich in [10, 11]. Fehlen die entsprechenden Materialeigenschaften, so ist es in Einzelfällen möglich, auf bekannte Materialfunktionen ähnlicher Stoffe zurückzugreifen.

3.3.2.2 Klimadaten

Bei der Ermittlung von Temperatur- und Feuchteprofilen in Bauteilen handelt es sich um Randwertprobleme. Die Zustandsänderungen resultieren aus dem zeitlichen Verlauf des Innen- und Außenklimas. Um das instationäre Verhalten von Bauteilen bewerten zu können, muß die zeitliche Entwicklung der klimarelevanten Daten bekannt sein. Für das Außenklima werden üblicherweise Stundenmittelwerte in Form von Testreferenzjahren [16 bis 18] bereitgestellt. Im Einzelnen werden für die Berechnung folgende Größen benötigt:

- die Außenlufttemperatur in $^{\circ}\text{C}$
- die relative Außenluftfeuchte (0..1)
- der Luftdruck hPa
- die Sonneneinstrahlung in W/m^2
- die Regenmenge in $\ell/(\text{m}^2\text{h})$

Das Raumklima wird durch Sinusfunktionen mit einer Periode von einem Jahr beschrieben. Der Mittelwert der Raumlufttemperatur und der Raumluftfeuchte sowie die jeweilige Amplitude können vom Nutzer vorgegeben werden. Der Funktionsverlauf ist so gewählt, dass sich für die Lufttemperatur und die Luftfeuchte im Winter das Minimum und im Sommer das Maximum einstellt.

3.3.2.3 Bauteilbeschreibung

Die numerische Berechnung der Temperatur- und Feuchteverteilung erfordert eine Überführung der realen Bauteilschichten in diskrete Teilschichten, in denen der Verlauf der Temperatur und der Feuchte durch einen linearen Ansatz approximiert wird. Es ist zu beachten, dass durch die Linearisierung der Differentialgleichung im Bereich großer Materialfeuchteänderungen eine angemessen kleine Elementaufteilung zur Abbildung der Feuchte- und Temperaturgradienten vorhanden ist. Das Programm WUFI bietet die Möglichkeit einer automatischen Generierung der Teilschichten mit den Stufen grob, mittel und fein. Alle im Rahmen dieses Projekts durchgeführten Berechnungen werden mit der Schichtunterteilung fein durchgeführt.

3.3.2.4 Berechnungsablauf

Bei instationären Betrachtungen werden die Feuchte- und Temperaturverteilung aufgrund der Speichereffekte aus der Vorgeschichte beeinflusst. Die zu Beginn einer Simulationsrechnung benötigten Startwerte wirken sich über mehrere Jahre aus. Bild 4 zeigt diesen Effekt anhand einer monolithischen Außenwand aus Porenbeton. Der willkürlich festgelegte Bauteilzustand beim Start der Berechnungen wirkt sich auf die jahreszeitlichen Feuchteänderungen noch über einen Zeitraum von 5 Jahren aus. Lediglich bei gemessenen Startwerten kann eine derartige Einschwingphase aussagefähige Daten liefern. Um von den gewählten Startbedingungen unabhängige Ergebnisse zu erhalten, werden die Berechnungen solange fortgeführt, bis der thermisch und hygrisch eingeschwungene Zustand erreicht ist und die Zustandsgrößen zu Beginn einer Jahresperiode den Werten am Ende entsprechen.

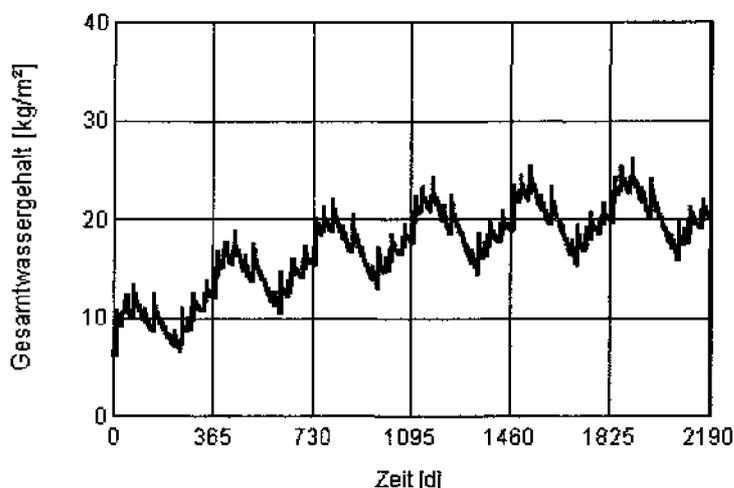


Bild 4: Entwicklung des Gesamtwassergehalts im Laufe von 6 Jahren. Einschwingvorgang einer monolithischen Außenwand mit Südorientierung für den Standort Würzburg, beginnend mit konstanten Startwerten.

Das verwendete Simulationsprogramm weist folgenden Ergebnisse aus:

- Jahresverläufe der Temperatur und der Feuchte für ausgewählte Bauteilschichten,
- Profile der Temperatur, der relativen Luftfeuchte und des Wassergehalts über den Bauteilquerschnitt für frei wählbare Zeitpunkte

3.4 Untersuchte Bauteile

3.4.1 Auswahl der Bauteile

Der Aufbau von Wänden und Dächern wird heute in starkem Maße von den bauordnungsrechtlichen Anforderungen an den energiesparenden Wärmeschutz bestimmt [19]. Die für die Untersuchung ausgewählten Bauteile sind so gewählt, dass sie den heutigen Anforderungen genügen. Die mittlerweile eingeführte integrale Berücksichtigung von Bausubstanz und Anlagentechnik bietet viele Freiheiten bei der Gestaltung der Gebäudehülle. Die Möglichkeiten für die Wahl der Materialien und der Schichtdicken hat deutlich zugenommen. Angaben zu EnEV-konformen Bauteilen der wärmetauschenden Hüllfläche finden sich in [20]. Die vorgenommene Auswertung der komplexen Möglichkeiten bei der Wahl des Wärmeschutzes der Gebäudehülle macht deutlich, dass keine der in den vergangenen Jahren gebräuchlichen Bauteile benachteiligt ist. Abhängig von der Effizienz der Anlagentechnik oder, noch vorgelagert, der Wahl des Energieträgers können Außenwände mit Wärmedurchgangskoeffizienten U von 0,17 bis 0,56 $W/(m^2K)$ bei Wohngebäuden eingesetzt werden. Die Bandbreite bei Dächern liegt zwischen 0,15 und 0,50 $W/(m^2K)$. Die für die Untersuchung ausgewählten Bauteile variieren in dem aufgezeigten Bereich.

In Zusammenarbeit mit einer begleitenden Arbeitsgruppe werden übliche Außenwand- und Dachbauteile festgelegt. Folgende Wandtypen werden behandelt:

- ein- und zweischaliges Mauerwerk,
- Wände mit Innendämmung,
- Wände in Holzbauart,
- nichtbelüftete Dächer.

Die aktuellen Anforderungen an den Wärmeschutz von Gebäuden ermöglichen es, einschalige Außenwände mit Mauersteinen geringer Wärmeleitfähigkeit auszuführen. Die Mauerwerksdicke aller monolithischen Wände beträgt 0,365 m. Die Wärmeleitfähigkeit variiert in den Schritten 0,09/0,14/0,18/0,21 $W/(mK)$. Es wird Mauerwerk aus Porenbeton und Leichthochlochziegel behandelt.

Bei zweischaligen Konstruktionen werden Lastabtragung und Wärmeschutz entkoppelt. Für die Tragschale finden Hochlochziegel, Kalksandstein und Beton Berücksichtigung. Es werden Dämmstoffe aus Mineralfaser, Polystyrol-Partikelschaum und Holzfasern betrachtet.

Die untersuchten Wärmedämmverbundsysteme basieren auf einer Dämmebene aus Mineralfaser, Polystyrol-Partikelschaum und Zellulose. Der mineralische Außenputz hat generell eine Schichtdicke von 20 mm.

Die im Falle von Sanierungsmaßnahmen teilweise unvermeidbaren Innendämmungen werden exemplarisch in Kombination mit Mauerwerk aus Hochlochziegel untersucht. Es werden Dämmstoffe aus Mineralfaser, Polystyrol-Partikelschaum und Zellulose betrachtet. Die Dämmschichtdicke beträgt generell 80 mm.

Für Außenbauteile in Holzbauart werden Konstruktionen aus dem Bereich Holztafelbauart festgelegt. Der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient der Bauteile variiert in den Schritten 0,15/0,20/0,25 W/(m²K). Die Tragkonstruktion besteht aus Konstruktionshölzern mit einer Dicke von 160 mm. Die Wärmedurchgangskoeffizienten ergeben sich durch Variation der Dicke der Dämmebene zwischen den Stützen und ergänzend einem Wärmedämmverbundsystem. Als mittlerer Holzanteil für die Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten gemäß DIN EN ISO 6946 [12] wird von 16 % ausgegangen. Der Dämmstoff besteht aus Mineralfaser, Polystyrol-Partikelschaum, Zellulose und Holzfasern. Bei der Bepunktung werden Flachpresspanplatten, OSB-Platten (Oriented Strand Board) und Gipsfaserplatten berücksichtigt. Raumseitig ist generell eine Gipskarton-Bauplatte vorgesehen.

Die Dachkonstruktionen umfassen Zwischensparrendämmungen sowie zusätzlich eine Über- und Untersparrendämmung und eine reine Übersparrendämmung. Für den Dämmstoff kommen Materialien aus Mineralfaser, Polystyrol-Partikelschaum, Zellulose und Holzfasern zum Einsatz. Die Dachneigung beträgt 45°.

Bei der Untersuchung finden 56 Bauteile Berücksichtigung. Auf eine separate Darstellung der Bauteile wird verzichtet. Eine detaillierte Beschreibung der Schichtaufbauten findet sich zusammen mit den Berechnungsergebnissen im Anhang A.

Auf die ursprünglich vorgesehene Untersuchung von Fachwerkwänden wird zugunsten einer erweiterten Berücksichtigung von Wänden aus Mauerwerk verzichtet, weil die für die Bewertung maßgebenden Wassergehalte in den Anschlussbereichen der Holzbauteile eine zweidimensionale Betrachtung erfordern. Bearbeitungsgrundlage ist jedoch ein Simulationsprogramm, das auf einem eindimensionalen Feuchtetransportmodell beruht.

3.4.2 Verwendete Materialeigenschaften

3.4.2.1 Berechnungen nach DIN 4108-3 und DIN EN ISO 13788

Die Materialeigenschaften werden gemäß den Vorgaben von DIN 4108-3 [3] und DIN EN ISO 13788 [4] den Normen DIN V 4108-4 [6] und DIN EN 12524 [7] entnommen. Eine Ausnahme bilden Gipsfaserplatten und harte Holzfasernplatten HFH, deren Materialkenngrößen fehlen. Die Eigenschaften der Gipsfaserplatten basieren auf Herstellerangaben. Genannt ist für die Wärmeleitfähigkeit der Rechenwert gemäß Wärmeschutzverordnung '95 [21]. Die Werte für die harte Holzfasernplatte werden DIN V 4108-4:1998-03 [22] entnommen. Eine Zusammenstellung der in Ansatz gebrachten Werte findet sich in Tabelle 7.

DIN EN ISO 13788 [4] verweist in Bezug auf die Wärmeleitfähigkeit und die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl auf DIN 12524 [7]. Werden in der Norm zwei Werte genannt, so ist die weitere Vorgehensweise nicht festgelegt. Bei der vorliegenden Untersuchung wird die Festlegung von DIN 4108-3 [3] angewendet, d.h. die Materialeigenschaften für die Tauperiode sind maßgebend.

Tabelle 7: Materialeigenschaften der betrachteten Baustoffe

Baustoff	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit	Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl
	λ [W/mK]	μ
Putzmörtel aus Kalkzement	1,00	15/35
Gipsputz ohne Zuschlag	0,51	10
Mauerwerk aus Porenbeton	0,09	5/10
	0,14	5/10
	0,18	5/10
	0,21	5/10
Mauerwerk aus Mauerziegel	0,09	5/10
	0,14	5/10
	0,18	5/10
	0,21	5/10
	0,58	5/10
Mauerwerk aus Kalksandstein	0,81	5/10
	1,10	15/25
Beton, hohe Rohdichte, armiert 2% Stahl	0,99	15/25
2,50	80/130	
Gipskarton-Bauplatte nach DIN 18180	0,25	4/10
Gipsfaserplatte	0,32	13
Spanplatte 600 kg/m ³	0,14	15/50
Holzwoolleleichtbauplatte	0,09	2
OSB-Platte 650 kg/m ³	0,13	30/50
Mineralfolle	0,035	1
	0,04	1
Polystyrol-Partikelschaum	0,04	30/70
Zellulosedämmstoff	0,04	2
Holzfaserdämmstoff	0,04	5
harte Holzfasерplatte HFH	0,17	70
Folie		$s_d = 0,2$ m
		$s_d = 2$ m
		$s_d = 5$ m
		$s_d = 30$ m

3.4.2.2 Thermische und hygrische Simulation

Für die ausgewählten Bauteile fehlen zum Teil die Materialfunktionen. Um dennoch eine Bewertung vornehmen zu können, wird auf Empfehlung des Programmanbieters auf die Stoff-Funktionen vergleichbarer Materialien zurückgegriffen und in Bezug auf den Wärme- und Feuchtetransport auf Richtwerte der Wärmeleitfähigkeit und Bemessungswerte der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl übergegangen.

Mit Ausnahme der Gipsfaserplatte und der harten Holzfasерplatte können so Materialeigenschaften anhand von vorliegenden Daten festgelegt werden. Für Gipsfaserplatten wird ersatzweise auf Gipskarton-Bauplatten zurückgegriffen. Hartfasерplatten werden durch Holzspanplatten nachgebildet.

Eine Zusammenstellung der verwendeten Materialeigenschaften findet sich im Anhang B.

3.5 Zugrunde gelegte Klimabedingungen

3.5.1 DIN 4108-3

Der Bilanzierungszeitraum wird in eine Tau- und eine Verdunstungsperiode unterteilt. Während der Tauperiode beträgt die Raumlufftemperatur 20 °C und die Raumlufffeuchte 50% r.F. sowie die Außenlufftemperatur -10°C und die Außenlufffeuchte 80% r.F. Es wird ein Zeitraum von 60 Tagen in Ansatz gebracht. Die Verdunstungsperiode dauert 90 Tage. Innen und außen beträgt die Lufftemperatur 12 °C und die Lufffeuchte 70 % r.F. Dem höheren Strahlungseinfall wird bei Dächern durch Anhebung der äußeren Oberflächentemperatur auf 20°C Rechnung getragen. Tabelle 4 enthält eine Zusammenstellung aller Werte.

3.5.2 DIN EN ISO 13788

DIN EN ISO 13788 [4] erlaubt die Festlegung repräsentativer Randbedingungen für das Außenklima auf nationaler Ebene. Dies ist jedoch im Rahmen der Überarbeitung von DIN 4108-3 [3] bisher nicht erfolgt. Alternativ sind die standortbezogenen Bedingungen heranzuziehen. Deshalb wird für die weitere Betrachtung zunächst von einem repräsentativen, durchschnittlichen Klima - Standort Würzburg [17] - und ein Klima mit niedrigen Außenlufftemperaturen in der Winterperiode - Standort Hof [17] - ausgegangen. Eine Zusammenstellung der jeweiligen Monatsmittelwerte findet sich für Würzburg in Tabelle 8 und für Hof in Tabelle 9. Der Einfluss der Raumlufftemperatur in den Sommermonaten auf die Feuchtebilanz wird für 20 °C, 22 °C und 24 °C aufgezeigt. Die sich für die Lufffeuchteklasse 3 in Abhängigkeit von den Raumlufftemperaturen ergebenden relativen Lufffeuchten können den Fällen 1 bis 3 in Tabelle 8 entnommen werden.

Tabelle 8: Innen- und Außenklima für die feuchtetechnische Bewertung gemäß DIN EN ISO 13788 [4], Standort Würzburg [17].

Monat	Fall 1		Fall 2		Fall 3		Außenklima	
	θ_i [°C]	ϕ_i [%]	θ_i [°C]	ϕ_i [%]	θ_i [°C]	ϕ_i [%]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]
Januar	20	0,58	20	0,58	20	0,58	-1,30	0,85
Februar	20	0,59	20	0,59	20	0,59	0,61	0,82
März	20	0,57	20	0,57	20	0,57	4,05	0,78
April	20	0,52	20	0,52	20	0,52	9,54	0,63
Mai	20	0,60	20	0,60	20	0,60	12,86	0,74
Juni	20	0,64	22	0,57	24	0,50	15,72	0,73
Juli	20	0,68	22	0,60	24	0,53	17,97	0,72
August	20	0,69	22	0,61	24	0,54	18,34	0,73
September	20	0,66	22	0,58	24	0,52	14,44	0,79
Oktober	20	0,63	20	0,63	20	0,63	9,09	0,86
November	20	0,61	20	0,61	20	0,61	4,67	0,86
Dezember	20	0,60	20	0,60	20	0,60	1,31	0,85

Tabelle 9: Innen- und Außenklima für die feuchtetechnische Bewertung gemäß DIN EN ISO 13788 [4], Standort Hof [17].

Monat	Fall 1		Fall 2		Fall 3		Außenklima	
	θ_i [°C]	ϕ_i [%]	θ_i [°C]	ϕ_i [%]	θ_i [°C]	ϕ_i [%]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]
Januar	20	0,54	20	0,54	20	0,54	-3,95	0,87
Februar	20	0,57	20	0,57	20	0,57	-2,26	0,86
März	20	0,59	20	0,59	20	0,59	0,79	0,83
April	20	0,57	20	0,57	20	0,57	6,30	0,75
Mai	20	0,59	20	0,59	20	0,59	9,95	0,77
Jun	20	0,62	22	0,55	24	0,49	13,25	0,76
Juli	20	0,64	22	0,57	24	0,50	14,81	0,76
August	20	0,66	22	0,58	24	0,52	14,98	0,77
September	20	0,62	22	0,55	24	0,49	11,71	0,78
Oktober	20	0,61	20	0,61	20	0,61	6,78	0,86
November	20	0,60	20	0,60	20	0,60	2,43	0,86
Dezember	20	0,59	20	0,59	20	0,59	-1,65	0,90

3.5.3 Thermische und hygrische Simulation

Bei der Untersuchung von Bauteilen mit dem Programm WUFI resultiert das Bauteilverhalten aus dem instationären Verlauf des Außen- und Innenklimas. Die Berechnungen bedingen Stundenmittelwerte für Außenlufttemperatur, Außenluftfeuchte, Sonneneinstrahlung, Niederschlag, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Raumlufttemperatur und Raumluftfeuchte. Alle Bauteile sind westorientiert. In Bezug auf das Außenklima liegen entsprechende Daten für die Bewertung des wärmetechnischen Verhaltens in sogenannten Testreferenzjahren vor. Ihre Gültigkeit für die feuchtetechnische Bewertung wird in [23, 24] diskutiert und in Zweifel gezogen, weil die Werte ursprünglich zur energetischen Bewertung von Gebäuden entwickelt wurden. Die Daten spiegeln durchschnittliche Klimabedingungen und keine kritischen Werte wieder. Um dennoch feuchtetechnische Untersuchungen durchführen zu können, werden in [24] auf der Grundlage von in Holzkirchen gewonnener Klimadaten zwei meteorologische Datensätze entwickelt, die statistisch jeweils das kälteste und das wärmste Jahr in zehn Jahren repräsentieren. Die Datensätze sind jedoch noch nicht fertiggestellt und können deshalb für die Untersuchung nicht herangezogen werden. Für ausgewählte Bauteile werden Vergleichsrechnungen für die Standorte Würzburg, Hof und Holzkirchen "warm" und "kalt" durchgeführt. Es handelt sich um die in Anhang A näher erläuterten Fälle 10 (zweischalige Wand mit Kerndämmung), 34 (Wand in Holztafelbauart) und 43 (Dachkonstruktion). Tabelle 10 können die Berechnungsergebnisse für den Fall 01, monolithische Außenwand aus Porenbeton entnommen werden. Die höchsten Wassergehalte stellen sich unter den Klimabedingungen für Holzkirchen ein.

Tabelle 10: Maximale Wassergehalte für die Standorte Würzburg, Hof, und Holzkirchen für die im Anhang A, Fall 10, beschriebene zweischalige Außenwand mit Kerndämmung.

Fall	Standort	Schicht	Wassergehalt w [kg/(m³)]							
			1		2				3	4
			1 ₁	1 ₂	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄		
10	Hof	W _{max}	167,69	154,93	9,96	5,88	4,36	3,05	5,98	4,82
		W _{max}	175,40	169,99	9,98	4,88	3,81	3,66	8,09	4,79
	Würzburg	W _{max}	190,02	190,71	24,26	10,42	7,16	4,60	7,13	4,79
		W _{max}	190,75	191,51	23,09	9,29	5,96	3,71	6,22	4,79
		W _{max}								

Bei Fall 34, einer Außenwand in Holztafelbauart, ergeben sich die maximalen Wassergehalte für das Klima Holzkirchen "kalt", wie aus Tabelle 11 zu erkennen.

Tabelle 11: Maximale Wassergehalte für die Standorte Würzburg, Hof, und Holzkirchen für die im Anhang A, Fall 34, beschriebene Außenwand in Holztafelbauart.

Fall	Standort	Schicht	Wassergehalt w [kg/(m³)]								
			1	2			3	4	5		
				2 ₁	2 ₂	2 ₃			5 ₁	5 ₂	5 ₃
34	Hof	W _{max}	103,23	28,99	22,08	18,91	65,48	1,37	4,75	4,51	4,34
		W _{max}	103,51	26,36	21,52	18,69	64,74	1,36	4,61	4,43	4,25
	Würzburg	W _{max}	120,15	32,46	24,57	20,37	85,05	2,00	5,54	5,44	5,36
		W _{max}	128,90	48,37	30,46	22,43	94,12	2,34	5,55	5,41	5,26
		W _{max}									

Fall	Standort	Schicht	Wassergehalt w [kg/(m³)]							
			5				6	7	8	
			5 ₄	5 ₅	5 ₆	5 ₇				
34	Hof	W _{max}	4,16	4,03	3,95	3,92	0,00	63,11	32,56	
		W _{max}	4,23	4,14	4,10	4,12	0,00	63,23	32,56	
	Würzburg	W _{max}	5,29	5,26	5,35	5,52	0,00	65,69	32,55	
		W _{max}	5,20	5,16	5,17	5,21	0,00	65,59	32,55	
		W _{max}								

Die Dachkonstruktion Fall 43 erreicht ebenfalls unter dem Klima Holzkirchen "kalt" den höchsten Wassergehalt. Tabelle 12 enthält eine Gegenüberstellung der Berechnungsergebnisse.

Tabelle 12: Maximale Wassergehalte für die Standorte Würzburg, Hof, und Holzkirchen für die im Anhang A, Fall 43, beschriebene Dachkonstruktion.

Fall	Standort	Schicht	Wassergehalt w [kg/(m³)]											
			1	2	3	4						5	6	7
						4 ₁	4 ₂	4 ₃	4 ₄	4 ₅	4 ₆			
43	Hof	W _{max}	370,00	18,12	0,04	23,65	4,20	2,69	1,99	1,60	0,82	49,79	0,00	32,58
		W _{max}	371,14	18,52	0,05	22,82	4,46	2,83	2,16	1,73	0,90	54,19	0,00	32,45
	Würzburg	W _{max}	370,00	23,44	0,07	44,60	6,58	4,40	3,27	2,58	1,47	73,69	0,00	32,54
		W _{max}	371,91	24,57	0,06	49,75	6,63	4,45	3,43	2,78	1,52	70,73	0,00	32,57
		W _{max}												

Für die Untersuchungen werden die Klimadaten von Würzburg - Basisfall zur Bewertung auf der Grundlage des durchschnittlichen Klimas in der Bundesrepublik Deutschland - und im Gegensatz hierzu als extremes Klima der Standort Hof mit den niedrigsten durchschnittlichen Temperaturen ausgewählt. Hierdurch können Tendenzen bei der Zunahme der Materialfeuchte bei weiterer Verschärfung der Randbedingungen abgeleitet werden. Darüber hinaus kann aus einer Zunahme des Feuchtegehalts bei einem durchschnittlichen Klima gegenüber extremer Witterung auf kritische Zustände unter sommerlichen Randbedingungen geschlossen werden.

Die Klimabedingungen innerhalb von Gebäuden unterliegen mannigfaltigen Einflußgrößen. Wegen der derzeit noch fehlenden Möglichkeit einer simultanen Berechnung des Raumklimas und des Wärme- und Feuchtetransports werden Raumlufttemperatur und Raumluftfeuchte mit einer Sinusfunktion angenähert. Die Amplitude der Raumlufttemperatur beträgt 1 K bei einem Mittelwert von 21 °C. Die Amplitude der Raumluftfeuchte beträgt 10 % r.F. bei einem Jahresmittelwert von 50 % r.F. Weitere Angaben können Tabelle 13 und in grafischer Form Bild 5 entnommen werden.

Tabelle 13: In Ansatz gebrachtes Innenklima für die feuchtetechnische Bewertung mit dem Programm WUFI [15].

	Raumlufttemperatur	Raumluftfeuchte
Mittelwert	21 °C	50 % r.F.
Amplitude	1 K	10 % r.F.
Höchstwert - Tag	03.06 2002	16.08 2002
Höchstwert - Uhrzeit	12:00:00	12:00:00

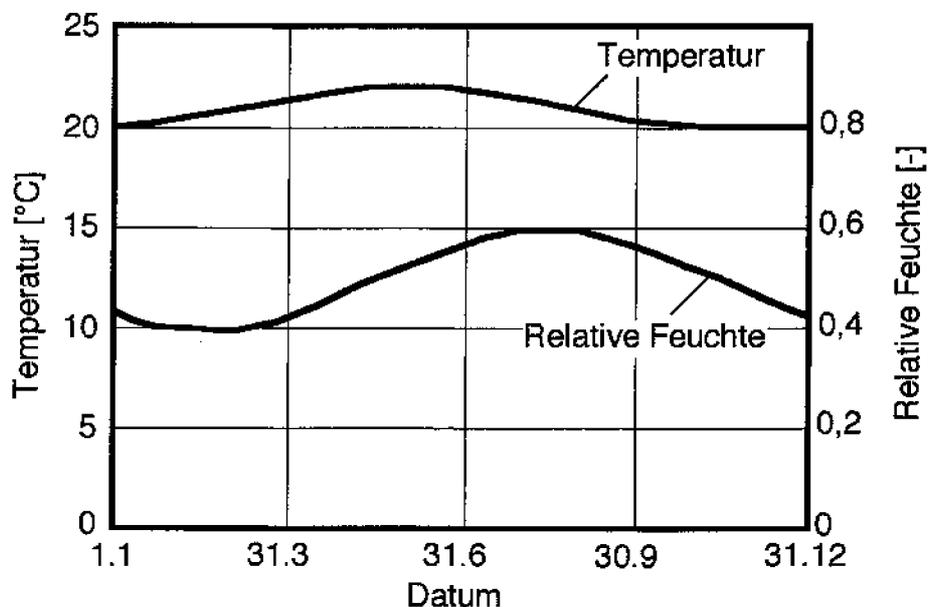


Bild 5: Jahreszeitlicher Verlauf der Raumlufttemperatur und der Raumluftfeuchte

4. Bewertungskriterien

Eine realitätsnahe Bewertung von Außenbauteilen ist mit den derzeit in DIN 4108-3 [3] und DIN EN ISO 13788 [4] vorgegebenen Nachweisverfahren nicht möglich. Die Näherungsverfahren sind nicht in der Lage Speichervorgänge sowie alle maßgebenden Transportvorgänge zu berücksichtigen und damit eine realistische Bewertung zu ermöglichen. Erst die Festlegung von modellkonformen Kriterien auf der Grundlage von langjährigen Beobachtungen ermöglichen die Schaffung eines formalen Nachweisverfahrens. Vollständige Kriterien für einen Bauteilnachweis finden sich lediglich für Wohngebäude in DIN 4108-3 [3]. Beim Verfahren von DIN EN ISO 13788 [4] fehlen Randbedingungen für die Berechnung und die Begrenzung der zulässigen Tauwassermenge.

Allgemeingültige Kriterien für die Beurteilung des Feuchteschutzes auf der Grundlage von Simulationsergebnissen stehen derzeit ebenfalls noch nicht zur Verfügung. Als Kriterium kann der maximal auftretende Wassergehalt in Konstruktionen herangezogen werden. Hauptforderung an den Feuchteschutz ist, dass die Tragfähigkeit einer Konstruktion durch die Einwirkung von Wasser nicht beeinträchtigt werden darf. Schäden können beispielsweise bei Mauerwerk durch Frost- Tauwechsel entstehen. Die Forderung nach einem Grenzwert für die zulässige Wassermenge zur Vermeidung von Frostschäden ist jedoch nicht hinreichend. Nach [25] ist dieser Wassergehalt beispielsweise bei 80% der freien Wassersättigung von Verblendmauerwerk aus Kalksandstein erreicht. Derartig hohe Wassergehalte sind jedoch ungeeignet, um den Feuchteschutz innerhalb von Bauteilen zu bewerten.

Bei Holzbauteilen ergibt sich konstruktionsbedingt eine Trennung von Wärmedämmung und Lastabtragung. Kriterien für Holzbauteile leiten sich aus den Anforderungen an den Holzschutz gemäß DIN 68800-2 [26] zur Aufrechterhaltung der Tragfähigkeit und zur Verhinderung von Fäulnis ab. Abhängig von der Holzwerkstoffklasse nennt die Norm die in Tabelle 14 zusammengestellten Werte.

Tabelle 14: Höchstwerte der Feuchte von Holzwerkstoffen max. u in %, bezogen auf das Darrgewicht, im Gebrauchszustand gemäß [26].

Holzwerkstoffklasse	Feuchte max. u [%]
20	15 ¹⁾
100	18
100G	21

¹⁾ Für Holzfaserverplatten beträgt der Höchstwert max. u = 12 %

Ein weiteres Kriterium leitet sich aus der Forderung von DIN 4108-3 [3] ab. Der Wärmeschutz von Außenbauteilen darf durch die Einwirkung von Feuchte nicht verschlechtert werden. Aus dieser Bedingung ergibt sich, dass die maximalen Wassergehalte in Bauteilschichten, die für die Wärmedämmung verantwortlich sind, weit unter der Sättigung bleiben müssen. Die bestimmende Größe für den Wärmestrom durch Außenbauteile ist die Wärmeleitfähigkeit, deren maßgebender Bemessungswert nach DIN 4108-4 [6] bei einer Temperatur von 23°C und einer Ausgleichsfeuchte von 80 % r.F. festgelegt wird. Verbleibt der maximale Wassergehalt innerhalb der für den Wärmeschutz maßgebenden Bauteilschichten unter der Ausgleichsfeuchte von 80 % r.F., liegt keine Verschlechterung des Wärmeschutzes vor.

5. Berechnungsergebnisse

5.1 Darstellung der Berechnungsergebnisse

Das feuchtetechnische Verhalten üblicher Außenwände und Dächer wird anhand von 56 Bauteilen untersucht. Nachfolgend ist die Kennzeichnung der Bauteiltypen zur besseren Orientierung aufgeführt:

- Fälle 1-8: monolithisches Mauerwerk
- Fälle 9-17: zweischaliges Mauerwerk
- Fälle 18-26: Mauerwerk mit Wärmedämmverbundsystem
- Fälle 27-29: Mauerwerk mit Innendämmung
- Fälle 30-35: Außenwand in Holzbauart
- Fälle 36-56: Dachkonstruktionen

Um eine Gegenüberstellung der Berechnungsergebnisse zu ermöglichen, werden alle Werte nicht einzeln, sondern auf zwei Seiten zusammengefasst dargestellt. Anhang A kann diese Zusammenstellung entnommen werden.

Das Ergebnisformular enthält zunächst die Beschreibung des betrachteten Bauteils mit den Schichtdicken und Materialkenngrößen und den behandelten Varianten, welche die Bauart und die Fallkennzeichnung beschreibt. Tabelle 15 zeigt die Beschreibung für den Fall 30.

Tabelle 15: Bauteilbeschreibung gemäß Ergebnisformular für den Fall 30.

U _n = 0,15 W/(m²K)/Mineralfaser							Fall: 30	
				Betrachtete Variante: Variante 1: mit Dampfbremse Variante 2: ohne Dampfbremse				
Nr.	Baustoff	d	λ	μ _{feucht}	μ _{trocken}	ρ	c _p	
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m³]	[J/(kgK)]	
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m³]	[Ws/(kgK)]	
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	1500	1000	
2	Wärmedämmstoff	0,14	0,04	1	1	15	1000	
3	Gipsfaserplatte	0,0125	0,32	13	13	1150	1100	
4	Luftzwischenraum	R = 0,175 m²K/W		s _d = 0,01 m				
5	Wärmedämmstoff	0,14	0,04	1	1	15	1000	
4+5	Rippe	0,16	0,13	20	50	500	1600	
6	Dampfbremse			s _d = 2,0 m		980	1800	
7	Holzwerkstoffplatte	0,016	0,14	15	50	600	1700	
8	Gipskarton-Bauplatte	0,0125	0,25	4	10	900	1000	

Nach der Bauteilbeschreibung folgen die Berechnungsergebnisse für die Auswertung nach DIN 4108-3 [3]. Alle Bauteile werden rechnerisch untersucht, auch wenn nach Norm ein Nachweis nicht erforderlich ist. Auf die Darstellung der Glaserdiagramme mit den Verläufen des Wasserdampfteildrucks und des Wasserdampfsättigungsdrucks für die Tauperiode und

die Verdunstungsperiode wird verzichtet. Die Ergebniszusammenstellung beinhaltet die sich in der Tauperiode bildende Wassermenge, die maximal verdunstende Wassermenge und das einzuhaltende Kriterium. Tabelle 16 zeigt einen Auszug aus dem Ergebnisformular.

Tabelle 16: Nachweis nach DIN 4108-3 [3] gemäß Ergebnisformular für den Fall 30.

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser- ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,v}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max.,zul.}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	1/2	0,237	1,087	0,50	nein	ja
2	1/2	1,09	1,683	0,50	ja	nein

DIN EN ISO 13788 [4] nennt Kriterien für die Bewertung der Berechnungsergebnisse. Um einen rechnerischen Nachweis führen zu können, müssen Annahmen zum Raumklima getroffen werden. Um die Bedeutung der Raumlufttemperatur für die Verdunstungsperiode aufzuzeigen, werden für die Sommermonate (Juni, Juli, August und September) Werte von konstant 20 °C, 22 °C und 24 °C betrachtet. Im Detail wird ausgewiesen, ob das Bauteil im Laufe von 12 Monaten tauwasserfrei bleibt. Ist dies nicht gegeben, wird die Schicht oder die Ebene mit der maximalen Tauwassermenge, die maximale Tauwassermenge und der Monat mit der maximalen Tauwassermenge angegeben. Reicht die verdunstende Wassermenge für eine vollständige Austrocknung der Konstruktion nicht aus und verbleibt nach 12 Monaten Wasser in der Konstruktion, so werden die maximal auftretende Wassermenge und die nach 12 Monaten noch im Bauteil vorhandene Wassermenge genannt. Die Aufbereitung der Berechnungsergebnisse erfolgt gemäß Tabelle 17.

Tabelle 17: Nachweis nach DIN EN ISO 13788 [4] gemäß Ergebnisformular für den Fall 30.

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September		Tauwassermenge verdunstet vollständig	Tauwassermenge	[kg/m ²]		unvollständig	Bauteil [kg/m ²]	Bauteil [kg/m ²]
1	Würzburg	20		x	1/2	0,21	2			
		22		x	1/2	0,21	2			
		24		x	1/2	0,21	2			
	Hof	20		x	1/2	0,43	3			
		22		x	1/2	0,43	3			
		24		x	1/2	0,43	3			
2	Würzburg	20		x	1/2	2,06	3			
		22		x	1/2	2,06	3			
		24		x	1/2	2,06	3			
	Hof	20						x	2,80	1,31
		22						x	2,80	1,30
		24						x	2,80	1,29

Bei der Bauteilsimulation werden die sich einstellenden Wassergehalte im thermisch und hygrysch eingeschwungenen Zustand ermittelt. Aus den für 8760 Stunden vorliegenden Daten für die Bauteilschichten, werden jeweils der maximale und minimale Wert dokumentiert.

Tabelle 18 zeigt beispielhaft die Darstellung der Berechnungsergebnisse für den Fall 30. Zunächst werden die einzelnen Bauteilschichten, korrespondierend zur Bauteilbeschreibung gemäß Tabelle 15, ausgewiesen. Diese Bauteilschichten werden nach Erfordernis in weitere Teilschichten, deren Anzahl Zeile 2 entnommen werden kann, unterteilt. Darunter finden sich die jeweilige Dicke der Schicht bzw. Teilschicht, die Rohdichte und der kritische Wassergehalt bei der Ausgleichsfeuchte von 80 % r.F. Die Ausgleichsfeuchte bei 80% r.F leitet sich aus der Materialfunktion für die Wasserspeicherfähigkeit (Sorptionsisotherme) ab. Bei der Beschreibung des Feuchtetransports ist der Volumenbezug üblich; der Wassergehalt w wird somit in kg/m^3 angegeben. Bei Holz hat sich historisch bedingt der massebezogene Wassergehalt etabliert, der mit einem u gekennzeichnet und in Prozent angegeben wird. Die errechneten Wassergehalte werden für die betrachteten Varianten, hier Variante 1 mit Dampfbremse und Variante 2 ohne Dampfbremse, ausgewiesen. Für den jeweiligen Fall wird der massebezogene Wassergehalt für die ermittelte maximale Wassermenge errechnet. Alle Berechnungsergebnisse sind im Anhang A zusammengestellt.

Tabelle 18: Darstellung der Ergebnisse für die thermische und hygrische Bauteilsimulation

Schicht		1		2					3	4	5		
Teilschicht		2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	2 ₅	2 ₆	2 ₇		5 ₁			
Schichtdicke [m]		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,0125	0,02	0,02		
Rohdichte [kg/m ³]		1.900	15	15	15	15	15	15	850	1	15		
u _{80%}		45	0	0	0	0	0	0	40	0	0		
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	29,74	0,58	0,63	0,66	0,65	0,60	0,48	0,38	29,41	0,39	0,33
		W _{max}	110,15	9,37	4,07	2,87	2,31	1,93	1,69	1,79	39,06	1,46	1,36
		U _{max} [%]	5,80	62,47	27,13	19,13	15,40	12,87	11,27	11,93	4,60	112,31	9,07
	Hof	W _{min}	33,75	0,84	0,91	0,91	0,79	0,57	0,43	0,34	28,88	0,35	0,29
		W _{max}	109,22	9,80	3,73	2,66	2,24	2,06	1,95	1,98	39,63	1,63	1,49
		U _{max} [%]	5,75	65,33	24,87	17,73	14,93	13,73	13,00	13,20	4,66	125,38	9,93
2	Würzburg	W _{min}	29,77	0,57	0,62	0,64	0,65	0,62	0,57	0,46	30,62	0,53	0,45
		W _{max}	111,57	10,48	4,39	3,02	2,38	1,99	1,74	1,69	38,56	1,38	1,22
		U _{max} [%]	5,87	69,87	29,27	20,13	15,87	13,27	11,60	11,27	4,54	106,15	8,13
	Hof	W _{min}	33,72	0,83	0,93	0,91	0,88	0,72	0,55	0,43	30,23	0,49	0,41
		W _{max}	110,75	11,75	4,22	2,84	2,24	2,05	1,94	1,97	39,38	1,51	1,36
		U _{max} [%]	5,83	78,33	28,13	18,93	14,93	13,67	12,93	13,13	4,63	116,15	9,07

Schicht		5					6	7	8		
Teilschicht		5 ₂	5 ₃	5 ₄	5 ₅	5 ₆	5 ₇				
Schichtdicke [m]		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,001	0,016	0,0125	
Rohdichte [kg/m ³]		15	15	15	15	15	15	130	600	850	
u _{80%}		0	0	0	0	0	0	0	90	40	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]									
1	Würzburg	W _{min}	0,27	0,22	0,18	0,15	0,13	0,11	0,00	39,60	28,59
		W _{max}	1,38	1,39	1,40	1,43	1,50	1,63	0,00	65,08	32,44
		U _{max} [%]	9,20	9,27	9,33	9,53	10,00	10,87	0,00	10,85	3,82
	Hof	W _{min}	0,24	0,20	0,17	0,14	0,12	0,10	0,00	39,02	28,60
		W _{max}	1,46	1,41	1,35	1,32	1,34	1,41	0,00	64,40	32,51
		U _{max} [%]	9,73	9,40	9,00	8,80	8,93	9,40	0,00	10,73	3,82
2	Würzburg	W _{min}	0,38	0,32	0,27	0,23	0,19	0,16		34,52	28,52
		W _{max}	1,20	1,18	1,16	1,14	1,15	1,18		69,38	32,52
		U _{max} [%]	8,00	7,87	7,73	7,60	7,67	7,87		11,56	3,83
	Hof	W _{min}	0,35	0,29	0,25	0,21	0,18	0,15		33,50	28,52
		W _{max}	1,30	1,24	1,17	1,11	1,08	1,07		67,23	32,55
		U _{max} [%]	8,67	8,27	7,80	7,40	7,20	7,13		11,21	3,83

5.2 Bewertung der Berechnungsergebnisse

Im Folgenden werden die Berechnungsergebnisse für die einzelnen Bauteilgruppen erläutert.

Fälle 1-8: monolithisches Mauerwerk

DIN 4108-3: Monolithisches Mauerwerk gehört zu den nicht nachweispflichtigen Bauteilen.

Die in Trennebene 1/2 entstehende Tauwassermenge trocknet in der Verdunstungsperiode in allen Fällen vollständig wieder aus. Die maximal auftretende Tauwassermenge bleibt unter der maximal zulässigen Menge von $1,0 \text{ kg/m}^2$. Die Bauteile sind auch rechnerisch zulässig.

DIN 13788: Bei durchschnittlichen und extremen meteorologischen Randbedingungen tritt in allen Bauteilen Tauwasser auf, welches wieder vollständig austrocknet.

Simulation: Maßgebend für den Wärmeschutz ist der Bereich der Mauersteine. In einem Bereich von über 12 cm liegt der Wassergehalt über der Ausgleichsfeuchte bei 80 %. Sowohl unter durchschnittlichen Randbedingungen als auch unter extremen Klimabedingungen stellt sich eine partielle Verschlechterung des Wärmeschutzes ein.

Fälle 9-17: zweischaliges Mauerwerk

DIN 4108-3: Zweischaliges Mauerwerk gehört zu den nicht nachweispflichtigen Bauteilen.

In der Trennebene zwischen Vormauerstein und Dämmstoff kommt es, mit Ausnahme von Innenschalen aus Beton, zur Tauwasserbildung. Die sich bildende Wassermenge trocknet wieder vollständig aus. Mauerwerk aus Hochlochziegel mit Mineralfaserdämmstoff als Außendämmung erfüllt den rechnerischen Nachweis nicht, ist aber, weil es sich um ein nicht nachweispflichtiges Bauteil handelt, dennoch zulässig.

DIN 13788: Unter durchschnittlichen Klimabedingungen kann bei allen Bauteilen eine entstehende Tauwassermenge wieder austrocknen. Tragschalen aus Beton haben einen derart hohen Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand, dass es zu keiner Tauwasserbildung kommt. Bauteile mit einer Kerndämmung aus Polystyrol-Partikelschaum weisen eine geringe Tauwassermenge auf, die wieder austrocknen kann. Dämmstoffe aus Mineralfaser mit einem geringen Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand (Mineral- und Holzfaser) trocknen bei Ziegel- und Kalksandsteinmauerwerk nicht wieder aus. Bei Verwendung von Holzfaserdämmstoff verdunstet das Tauwasser bei Ziegelmauerwerk vollständig und bei Kalksandsteinmauerwerk unvollständig.

Simulation: Maßgebend für den Wärmeschutz ist der Wassergehalt im Wärmedämmstoff. Aus numerischen Gründen muss Dämmstoffen eine Speicherfähigkeit zugewiesen werden, die erst bei hohen Wassergehalten eindeutige Aussagen über Tauwasserbildung erlauben. In der Kerndämmung treten bei Dämmstoff aus Mineralfaser und Polystyrol-Partikelschaum geringe Wassergehalte auf. Der Wassergehalt in der Holzfaserdämmung erreicht im Übergangsbereich zum Vormauerstein Maximalwerte zwischen 21,87 und 42,72 kg/m³. Der bei 80 % r.F. Ausgleichsfeuchte vorhandene Wert beträgt 19 kg/m³.

Fälle 18-26: Mauerwerk mit Wärmedämmverbundsystem

DIN 4108-3: Zugelassene Wärmeverbundsysteme, von denen bei der Untersuchung ausgegangen wird, sind nach Norm nicht nachweispflichtig. Beim Wärmedämmverbundsystem aus Mineralfaser erfüllen die Kalksandstein- und die Betonkonstruktionen den rechnerischen Nachweis. Die ermittelte Tauwassermenge bei Mauerwerk aus Hochlochziegel übersteigt den zulässigen Grenzwert. Das Mauerwerk aus Hochlochziegel mit Mineralfaserdämmstoff erfüllt den rechnerischen Nachweis nicht, ist aber, weil es sich um ein nicht nachweispflichtiges Bauteil handelt, dennoch zulässig.

DIN 13788: Unter durchschnittlichen und extremen klimatischen Randbedingungen kommt es bei den betrachteten Konstruktionen entweder zu keiner Tauwasserbildung oder die Bauteile trocknen wieder vollständig aus.

Simulation: Im Grenzbereich zum Außenputz werden geringfügige Wassergehalte in den Mineralfaser- und Polystyrol- und Polystyrol-Partikelschaum ausgewiesen. Aus numerischen Gründen muss Dämmstoffen eine Speicherfähigkeit zugewiesen werden, die erst bei hohen Wassergehalten eindeutige Aussagen über Tauwasserbildung erlauben. Die ausgewiesenen geringen Werte weisen lediglich darauf hin, dass relative Luftfeuchte nahe 100% auftreten. Der Wassergehalt im Zellulosedämmstoff überschreitet geringfügig die Ausgleichsfeuchte bei 80% r.F.

Fälle 27-29: Mauerwerk mit Innendämmung

DIN 4108-3: Alle Bauteile erfüllen den Nachweis bei Einbau einer wirksamen Dampfbremse ($s_d = 2$ m). Fehlt die Dampfbremse, so kann lediglich eine Dämmebene aus Polystyrol-Partikelschaum eingebaut werden. Bei Mineralfaser- und Zellulosedämmstoff kommt es zu unzulässig hohen Tauwassermengen, die in der Verdunstungsperiode nicht wieder abgegeben werden können.

DIN 13788: Bauteile mit Dampfbremse erfüllen mit einer Ausnahme die Bedingung einer vollständigen Austrocknung unter durchschnittlichen und extremen klimatischen Randbedingungen. Kommt Mineralfaserdämmstoff zum Einsatz, reicht die Phase der Verdunstung bei einer konstanten Raumlufttemperatur von

20 °C in den Sommermonaten nicht aus. Ohne Dampfbremse ist eine Austrocknung außer bei Dämmstoff aus Polystyrol-Partikelschaum und 24 °C Raumlufttemperatur im Sommer nicht möglich.

Simulation: Die Wassergehalte in der Dämmebene mit und ohne Dampfbremse unterscheiden sich praktisch nicht. Eine deutliche Tauwasserbildung zeichnet sich auch ohne Dampfbremse nicht ab. Anhand des Wassergehalts im Gipsputz werden jedoch die Auswirkungen einer fehlenden Dampfbremse sichtbar. Unter extremem Klima steigt der Wassergehalt bei dem besonders kritischen Fall mit Dämmstoff aus Mineralfaser von 11,9 auf 80,7 kg/m³, was einer Zunahme der Wassermenge um 1,03 kg/m² entspricht.

Fälle 30-35: Außenwand in Holzbauart

DIN 4108-3: Alle Bauteile erfüllen den Nachweis bei Einbau einer Dampfbremse mit einem s_d -Wert von 2 m. Ohne Dampfbremse wird die maximal erlaubte Tauwassermenge in der Trennebene zwischen Außenputz und Dämmstoff von 0,5 kg/m² bei Mineralfaserdämmstoff überschritten. Kommt Dämmstoff aus Zellulose und Holzfaser zum Einsatz, so treten lediglich bei Fall 34 ($U_m=0,25$ W/(m²K)) unerlaubt hohe Tauwassermengen auf.

DIN 13788: Unter durchschnittlichen und extremen klimatischen Randbedingungen erfüllen alle Konstruktionen mit Dampfsperre die Bedingung einer vollständigen Austrocknung im Laufe von 12 Monaten. Ohne Dampfbremse zeitigen die Bauteile mit Mineralfaserdämmstoff bei durchschnittlichem Klima eine ausreichende Verdunstungsmenge, unter extremem Klima ist eine Austrocknung jedoch nicht möglich.

Simulation: Die Wassergehalte der Wandkonstruktion ohne und mit Dampfbremse unterscheiden sich geringfügig. Der maximale Wassergehalt in der äußeren Beplankung erreicht bei der ersatzweise herangezogenen Gipskarton-Bauplatte das Niveau der Ausgleichsfeuchte bei 80 % r.F. Die Holzwerkstoffplatte nimmt einen massebezogenen Feuchtegehalt von im Maximum 11,4 % und bleibt damit unter dem Grenzwert von 18 % für die üblicherweise verwendete Holzwerkstoffklasse 100.

Fälle 36-56: Dachkonstruktionen

DIN 4108-3: Alle Bauteile erfüllen den Nachweis bei Einbau einer Dampfbremse gemäß den Vorgaben von DIN 4108-3 [3]. Es treten lediglich geringe Tauwassermengen in der Dämmebene auf. Bei fehlender Dampfbremse übersteigt die Tauwassermenge bei den Bauteilen mit Mineralfaserdämmstoff den zulässigen

Grenzwert von $0,5 \text{ kg/m}^2$ deutlich. Unabhängig vom s_d -Wert der Unterspannbahn wird der Grenzwert bei Verwendung von Polystyrol-Partikelschaum nicht überschritten. Für den Einsatz von Holzfaserdämmstoff gibt es lediglich bei einer Unterspannbahn mit einem s_d -Wert größer gleich 5 m und fehlender Dampfbremse Grenzen.

DIN 13788: Unter durchschnittlichen und extremen klimatischen Randbedingungen stellen sich bei Einhaltung der Bedingungen von DIN 4108-3 [3] an den s_d -Wert der raumseitigen Dampfbremse nur geringe Tauwassermengen ein. Für Bauteile ohne Dampfbremse ergibt sich nachfolgend erläutertes Bild.

Dach mit Zwischensparrendämmung

Bei Ausführungen mit Mineralfaserdämmstoff treten große Tauwassermengen auf, die teilweise bei diffusionsoffener Unterspannbahn vollständig wieder abgegeben werden können. Ist raumseitig eine Gipskarton-Bauplatte angeordnet variieren die Tauwassermengen zwischen $5,24 \text{ kg/m}^2$ und $9,75 \text{ kg/m}^2$. Bei einer Kombination aus Holzwerkstoffplatte und Gipskarton-Bauplatte werden Werte zwischen $1,68$ und $4,77 \text{ kg/m}^2$ erreicht.

Dach mit Zwischensparrendämmung und Auf- oder Untersparrendämmung

Die Tauwassermengen bei mit Mineralfaserdämmstoff ausgeführten Dächern schwanken zwischen $1,24 \text{ kg/m}^2$ und $4,0 \text{ kg/m}^2$. Bei einer Unterspannbahn mit einem s_d -Wert von 5 m findet keine Austrocknung der Konstruktion statt. Kommt Polystyrol-Partikelschaumdämmstoff zum Einsatz, stellt sich bei der Unterspannbahn mit einem s_d -Wert von größer gleich 5 m eine geringe Tauwassermenge ein. Dämmstoff aus Holzfaser führt bei diffusionsoffener Unterspannbahn zu geringen Tauwassermengen. Steigt der Wert auf s_d -Wert von 5 m an, so ist ein Austrocknen nicht mehr möglich.

Dach mit Übersparrendämmung

Eine Übersparrendämmung aus Holzfaserdämmstoff trocknet bei diffusionsoffenen Unterspannbahnen vollständig wieder aus. Die Tauwassermengen schwanken zwischen $0,07$ und $0,41 \text{ kg/m}^2$. Steigt der Wert auf $s_d \geq 5 \text{ m}$ an, so ist ein Trocknen nicht mehr möglich.

Bei Dämmstoff aus Polystyrol-Partikelschaum tritt Tauwasserbildung erst bei einem außenseitigen s_d -Wert von 5 m auf. Beim Standort Hof ist ein Austrocknen nicht möglich.

Simulation: Dach mit Zwischensparrendämmung

Fall 36-38, raumseitig Gipskarton-Bauplatte, Unterspannbahn $s_d=0,2/5,0$ m, Unterdach HFH $s_d=0,21$ m, Mineralfaserdämmstoff.

In der Dämmschicht stellen sich bei vorhandener Dampfbremse Werte von $0,15 \text{ kg/m}^3$ bis $23,98 \text{ kg/m}^3$ ein. Die Ergebnisse für den Standort Würzburg und Hof unterscheiden sich nur geringfügig. Fehlt die Dampfbremse so ergeben sich bei durchschnittlichem Klima Werte von $0,14 \text{ kg/m}^3$ bis $110,6 \text{ kg/m}^3$ und bei extremem Klima Werte von $0,18 \text{ kg/m}^3$ bis $169,4 \text{ kg/m}^3$. Das Unterdach aus harter Holzfaserplatte erreicht im Maximum einen Wert von $183,44 \text{ kg/m}^3$ mit Dampfbremse und $254,82 \text{ kg/m}^3$ ohne Dampfbremse, massebezogen betragen die Werte 22,9 % und 31,9 %.

Fall 39-41, raumseitig Gipskarton-Bauplatte und Holzwerkstoffplatte, Unterspannbahn $s_d=0,2/5,0$ m, Unterdach HFH $s_d=0,21$ m, Mineralfaserdämmstoff. In der Holzwerkstoffplatte schwanken die Maximalwerte massebezogen mit Dampfbremse zwischen 10,4 % und 10,7 % und ohne Dampfbremse zwischen 10,6 % und 11,7 %. In der Dämmschicht stellen sich bei vorhandener Dampfbremse Maximalwerte von $3,99 \text{ kg/m}^3$ bis $18,81 \text{ kg/m}^3$ ein. Fehlt die Dampfbremse so ergeben sich bei durchschnittlichem Klima Werte von $12,65 \text{ kg/m}^3$ bis $40,17 \text{ kg/m}^3$ und bei extremem Klima Werte von $15,47 \text{ kg/m}^3$ bis $53,66 \text{ kg/m}^3$. Das Unterdach aus der harten Holzfaserplatte erreicht im Maximum einen Wert von $174,75 \text{ kg/m}^3$ mit Dampfbremse und $222,5 \text{ kg/m}^3$ ohne Dampfbremse. Die massebezogenen Werte betragen 21,8 % und 27,8 %.

Dach mit Zwischensparrendämmung und Über- bzw. Untersparrendämmung

Fall 42-44, raumseitig Gipskarton-Bauplatte und Holzwerkstoffplatte, Unterspannbahn $s_d=0,2/5,0$ m, Unterdach HFH $s_d=0,21$ m, Mineralfaserdämmstoff. In der Holzwerkstoffplatte schwanken die Maximalwerte massebezogen mit Dampfbremse zwischen 8,03 % und 10,36 % und ohne Dampfbremse zwischen 10,51 % und 11,69 %. In der Dämmschicht stellen sich bei vorhandener Dampfbremse Werte von $12,47 \text{ kg/m}^3$ bis $23,65 \text{ kg/m}^3$ im Maximum ein. Fehlt die Dampfbremse, so ergeben sich bei durchschnittlichem Klima Werte von $14,54 \text{ kg/m}^3$ bis $35,35 \text{ kg/m}^3$ und bei extremem Klima Werte von $14,53 \text{ kg/m}^3$ bis $51,38 \text{ kg/m}^3$. Das Unterdach aus der harten Holzfaserplatte erreicht im Maximum Wassergehalte von $216,72 \text{ kg/m}^3$ mit Dampfbremse und $216,67 \text{ kg/m}^3$ ohne Dampfbremse. Die massebezogene Wert beträgt in beiden Fällen 27 %.

Fall 45-47, raumseitig Gipskarton-Bauplatte und Holzwerkstoffplatte, Unterspannbahn $s_d=0,2/5,0$ m, Unterdach HFH $s_d=0,21$ m, Polystyrol-Partikelschaum,

Die raumseitige Holzwerkstoffplatte erreicht unkritische maximale massebezogene Wassergehalte zwischen 9,09 % und 10,44 %. In der Dämmschicht stellen sich bei vorhandener Dampfbremse Maximalwerte von $3,53 \text{ kg/m}^3$ bis $5,24 \text{ kg/m}^3$ ein. Fehlt die Dampfbremse so ergeben sich bei durchschnittlichem Klima Werte von $4,54 \text{ kg/m}^3$ bis $5,28 \text{ kg/m}^3$ und bei extremem Klima Werte von $4,89 \text{ kg/m}^3$ bis $5,38 \text{ kg/m}^3$. Das Unterdach aus der harten Holzfaserverplatte erreicht im Maximum einen Wert von $163,91 \text{ kg/m}^3$ mit Dampfbremse und $164,09 \text{ kg/m}^3$ ohne Dampfbremse. Die massebezogenen Werte belaufen sich auf 20,49 % und 20,51 %.

Fall 48-50, raumseitig Gipskarton-Bauplatte und Holzwerkstoffplatte, Unterspannbahn $s_d=0,2/5,0$ m, Unterdach HFH $s_d=0,21$ m, Holzfaserdämmstoff. In der Holzwerkstoffplatte schwanken die maximalen massebezogenen Wassergehalte aller betrachteten Fälle zwischen 9,2 % und 11,44 %. In der Dämmschicht stellen sich bei vorhandener Dampfbremse Maximalwerte von $10,29 \text{ kg/m}^3$ bis $18,05 \text{ kg/m}^3$ ein. Fehlt die Dampfbremse so ergeben sich bei durchschnittlichem Klima Werte von $10,64 \text{ kg/m}^3$ bis $17,73 \text{ kg/m}^3$ und bei extremem Klima Werte von $11,79 \text{ kg/m}^3$ bis $20,92 \text{ kg/m}^3$. Das Unterdach aus der harten Holzfaserverplatte erreicht im Maximum einen Wert von $221,97 \text{ kg/m}^3$ mit Dampfbremse und $238,03 \text{ kg/m}^3$ ohne Dampfbremse. Auf das Darrgewicht bezogen betragen die Werte jeweils 27,75 % und 29,75 %.

Dach mit Übersparrendämmung

Fall 51-53, raumseitig Gipskarton-Bauplatte und Holzwerkstoffplatte, Unterspannbahn $s_d=0,2/5,0$ m, Unterdach HFH $s_d=0,21$ m, Holzfaserdämmstoff. In der raumseitigen Beplankung schwanken die maximale massebezogene Wassergehalt für alle Randbedingungen zwischen unkritischen 10,87 % und 12,42 %. In der Dämmschicht stellen sich im Maximum bei vorhandener Dampfbremse von $15,51 \text{ kg/m}^3$ bis $47,33 \text{ kg/m}^3$ ein. Fehlt die Dampfbremse so ergeben sich bei durchschnittlichem Klima Werte von $31,36 \text{ kg/m}^3$ bis $40,56 \text{ kg/m}^3$ und bei extremem Klima Werte von $28,43 \text{ kg/m}^3$ bis $52,29 \text{ kg/m}^3$. Das Unterdach aus der harten Holzfaserverplatte erreicht im Maximum einen Wert von $249,18 \text{ kg/m}^3$ mit Dampfbremse und $241,63 \text{ kg/m}^3$ ohne Dampfbremse. Massebezogenen betragen beide Werte 30,2 %.

Fall 54-56, raumseitig Gipskarton-Bauplatte und Holzwerkstoffplatte, Unterspannbahn $s_d=0,2/5,0$ m, Unterdach HFH $s_d=0,21$ m, Polystyrol-Partikel-

schaum.

In der raumseitigen Bepunktung schwanken die maximale massebezogene Wassergehalt für alle Randbedingungen zwischen unkritischen 11,44 % und 11,85 %. In der Dämmschicht stellen sich bei vorhandener Dampfbremse Wassergehalte von 3,59 kg/m³ bis 6,95 kg/m³ ein. Fehlt die Dampfbremse so ergeben sich Werte von 5,13 kg/m³ bis 7,7 kg/m³ bei durchschnittlichem und extremem Klima. Das Unterdach aus der harten Holzfaserplatte erreicht im Maximum einen Wert von 171,13 kg/m³ mit Dampfbremse und 171,45 kg/m³ ohne Dampfbremse. Massebezogenen beträgt der Werte 21,3 % in beiden Fällen.

6. Bewertung des Nachweisverfahrens von DIN EN ISO 13788

Eine Bewertung der gemäß DIN EN ISO 13788 [4] erzielten Berechnungsergebnisse ist aufgrund unvollständiger Kriterien und fehlender Grenzwerte nur bedingt möglich. Die in der Norm vorgenommene Fallunterscheidung ist differenziert zu betrachten.

Kommt es innerhalb einer Konstruktion zu keiner Tauwasserbildung (dies entspricht Fall a)), so kann davon ausgegangen werden, dass die Konstruktion als unkritisch einzustufen ist und die noch zu erwartenden nationalen Festlegungen dieser Einstufung nicht entgegenstehen werden. Nach DIN EN ISO 13788 [4] tauwasserfreie Konstruktionen sind bis auf einzelne Ausnahmen, in denen sehr geringe Tauwassermenge ausgewiesen werden, auch nach DIN 4108-3 [3] tauwasserfrei.

Um den Fall c) handelt es sich, wenn nach 12 Monaten noch Tauwasser innerhalb einer Konstruktion verbleibt. Eine Eignung kann mit dem vereinfachten Verfahren nicht nachgewiesen werden. Durch den erlaubten Einsatz weiter entwickelter Berechnungsmodelle kann im Einzelfall die Zulässigkeit einer Konstruktion dennoch festgestellt werden.

Fall b) beschreibt Tauwasserbildung innerhalb einer Konstruktion mit einer vollständigen Verdunstung der Wassermenge. Für die Bewertung der Tauwassermenge fehlen Grenzwerte, wie sie in DIN 4108-3 [3] genannt sind. Im Allgemeinen ist gemäß der nationalen Norm ein Maximalwert von 1,0 kg/m² einzuhalten. Einschränkend gilt bei kapillar nicht saugfähigen Baustoffen eine Begrenzung auf 0,5 kg/m² sowie zusätzlich eine Obergrenze des Anstiegs des massebezogenen Wassergehalts auf 5% bei Holz und 3 % bei Holzwerkstoffen. Eine Übertragung dieser Kriterien auf die Ergebnisse von DIN EN ISO 13788 [4] ist fragwürdig. Durch den Übergang auf Monatsbilanzen mit Monatsmittelwerten für das Außenklima ergeben sich deutlich abweichende Tauwassermengen. Die geringsten mittleren Außenlufttemperaturen für die betrachteten Standorte Würzburg und Hof, die jeweils im Januar auftreten, sind mit -1,30 °C und -3,95 °C höher als das nach DIN 4108-3 [3] anzusetzende Außenklima in der Tauperiode mit -10 °C. Die relativen Luftfeuchten unterschieden sich hingegen nur geringfügig. Die Januarwerte nehmen in Würzburg 0,85 und Hof in 0,87

an. DIN 4108-3 [3] nennt einen Wert von 0,8. Nicht direkt bewertet werden kann die Dauer der Tauperiode, die sich bei DIN EN ISO 13788 [4] erst aus der Anwendung des Glaser-schemas für die einzelnen Monate ergibt. Die bei allen Ergebnissen höheren Tauwassermengen zeigen, dass eine deutlich längere Tauperiode vorhanden ist, als bei DIN 4108-3 [3] angesetzt. Die Raumlufffeuchte ist höher als bei DIN 4108-3 [3], die von einer Raumlufftemperatur von 20 °C und der relativen Raumlufffeuchte von 50 % r.F. ausgeht. Die Standorte Würzburg und Hof weisen zwischen Oktober bis Mai bei Wohnungen geringer Belegungsdichte und einer Lufttemperatur von 20 °C Raumlufffeuchten von 54 % bis 63 % r.F. aus. Dies bedeutet eine Verschärfung gegenüber DIN 4108-3 [3].

Die Dauer der Verdunstungsperiode ist variabel. Abhängig vom Schichtaufbau, der Luftfeuchtekategorie und dem anzusetzenden Außenklima errechnet sich die Dauer der Verdunstungsphase aus den Monatsbilanzen getrennt für jeden Einzelfall. Ein Vergleich mit dem Bemessungsklima gemäß DIN 4108-3 [3] mit einer Lufttemperatur von 12 °C und einer Luftfeuchte von 70 % r.F. innen und außen über einen Zeitraum von 90 Tagen ist nicht möglich.

Eine realitätsnahe Einschätzung der ausgewiesenen Tauwassermengen ist aufgrund der Vereinfachungen des Nachweisverfahrens nicht möglich. Eine Verbindung zu dem zu erwartenden Bauteilverhalten sollen die Ergebnisse der thermischen und hygrischen Simulation herstellen. Ob eine auf der Grundlage von DIN EN ISO 13788 [4] bewertete Konstruktion in der Praxis Bestand hat, lässt sich teilweise anhand der Simulation aufzeigen.

Fall 01-08: Monolithisches Mauerwerk

In allen Fällen handelt es sich um Fall b) der Norm. Die nach DIN 4108-3 [3] errechnete Tauwassermenge übersteigt die Wassermenge nach DIN EN ISO 13788 [4] deutlich. Ein Nachweis der Eignung ist nicht möglich. Durch Festlegung geeigneter Kriterien für die zulässige Tauwassermenge kann das Nachweisverfahren jedoch komplettiert werden.

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass die standortabhängigen Unterschiede des Wassergehalts im Bauteil gering sind. Die Schwankung der gesamten Wassermenge in Mauerwerk und Innenputz beträgt beim besonders kritischen Fall 01 - Mauerstein aus Porenbeton mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,09 W/(mK) - beim Standort Würzburg 1,62 kg/m² und beim Standort Hof 1,69 kg/m². Der maximale Wassergehalt erreicht in keiner Teilschicht die freie Wassersättigung.

Eine Bewertung von monolithischen Außenwänden ist ohne Erweiterung des Berechnungsverfahrens zur Berücksichtigung der Kapillarleitung nicht sinnvoll.

Fall 09-17 zweischaliges Mauerwerk

Bei Mauerwerk aus Kalksandstein oder Ziegel und Dämmstoff mit geringem Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand reicht die verdunstende Wassermenge mit Ausnahme von Fall 16 (Ziegelmauerwerk und Holzfaserdämmstoff) beim Standort Hof nicht aus. Diese Konstruktion trocknet im Laufe eines Jahres nicht wieder aus. Eine Bewertung von zweischaliges Mauerwerk ist nicht - wie zu erwarten wäre - generell möglich. Die Simulationsrechnungen zeigen, dass die auftretende Wassermenge im Wärmedämmstoff im Grenzbereich der freien Wassersättigung liegt. Dies deutet auf eine beginnende Tauwasserbildung hin. Die Unterschiede zwischen dem durchschnittlichen und dem extremen Klima sind in dem für den Wärmeschutz wirksamen Bereich gering und damit von untergeordneter Bedeutung.

Das Berechnungsverfahren von DIN EN ISO 13788 [4] stößt an seine Grenzen. Eine Bewertung der Konstruktion ohne Berücksichtigung der Kapillarleitung ist nur bedingt möglich.

Fall 18-26 Mauerwerk mit Wärmedämmverbundsystem

Unter durchschnittlichen und extremen klimatischen Randbedingungen können die teilweise entstehenden Tauwassermengen wieder verdunsten. Die ermittelten Tauwassermengen sind mit Ausnahme der Konstruktion aus Hochlochziegeln gering. Einer Bewertung der Tauwassermengen ist nicht möglich. Die standortabhängigen hohen Unterschiede treten bei den Simulationsrechnungen nicht auf. Die sich bei den betrachteten Wandbildnern einstellenden Maximalwerte unterscheidet sich bei den Simulationsergebnissen praktisch nicht.

Eine Anwendung des Normverfahrens kann durch Komplettierung der Kriterien ermöglicht werden. Hierzu gehören insbesondere Grenzwerte für die erlaubte Tauwassermenge.

Fall 27-29 Mauerwerk mit Innendämmung

Bei einer Dampfbremse mit einer wasserdampfdiffusionsäquivalenten Luftschichtdicke von 2 m kommt es unter durchschnittlichen Randbedingungen zu einer vollständigen Austrocknung der Bauteile. Unter extremen Randbedingungen muss lediglich Fall 27, Raumlufttemperatur im Sommer 20 °C, Fall c) zugeordnet werden. Bauteile ohne Dampfsperre mit Dämmstoff, der einen geringen Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand aufweist, können im Laufe von 12 Monaten die großen Tauwassermengen nicht wieder abgeben. Die Bauteilsimulation ergibt ein mit den Normberechnungen vergleichbares Bild. Die sich einstellenden Wassergehalte sind deutlich vom Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand des Dämmstoffs abhängig. Die ausgewiesenen Werte erreichen ohne Dampfbremse nahezu die freie Wassersättigung.

Eine Bewertung von Außenwänden mit Innendämmung ist ohne Erweiterung des Berechnungsverfahrens zur Berücksichtigung der Kapillarleitung nicht sinnvoll.

Fall 30-35 Außenwände in Holzbauart

Neben einer möglichen Minderung des Wärmeschutzes durch Tauwasserbildung muss die maximale Wasseraufnahme der Holzelemente aus Gründen des Holzschutzes nach DIN 68800-2 [26] ebenfalls begrenzt werden. Alle Bauteile entsprechen mit und ohne Dampfbremse sowohl beim Standort Würzburg als auch beim Standort Hof Fall b). Die Simulationsrechnungen zeitigen geringe Unterschiede bei den Wassergehalten in der maßgebenden äußeren Beplankung für die betrachteten Standorte.

Die Verhältnisse werden durch das Nachweisverfahren von DIN EN ISO 13788 [4] nicht ausreichend beschrieben. Darüber hinaus fehlt die Möglichkeit einer Bewertung der Tauwassermenge, um zu entscheiden, ob die für den Holzschutz relevanten Grenzwerte eingehalten werden.

Fall 36-56 Dächer

Die Berechnungsergebnisse von DIN EN ISO 13788 [4] weisen für Bauteile mit Dampfbremse gemäß DIN 4108-3 [3] sowohl für das durchschnittliche als auch das extreme Klima keine oder sehr geringe Tauwassermengen aus.

Werden die Bauteile ohne Dampfbremse untersucht, ergeben sich in Abhängigkeit von der Durchlässigkeit der Dämmstoffe und der raumseitigen Beplankung die Fälle b) oder c). Tritt Fall b) auf, ist eine Bewertung erst nach Festlegung von Grenzwerte möglich.

Aus den Simulationsergebnissen ergeben sich mit Dampfbremse nahezu standortunabhängige Wassergehalte. Die Wassergehalte bewegen sich im Bereich beginnender Tauwasserbildung. Bei fehlender Dampfbremse können die ausgewiesenen Werte als Tauwasser interpretiert werden.

Eine Anwendung des Normverfahrens bedingt die Festlegung der maximal zulässigen Tauwassermenge.

7. Konstruktive Vorschläge für Holzbauteile auf der Grundlage von Simulationsrechnungen

Eine der wesentlichen Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit von Holzbauteilen leitet sich aus dem Holzschutz ab. Trägt ein Holzelement zur statischen Lastabtragung oder Aussteifung bei, ergeben sich hieraus Grenzwerte an den maximal erlaubten Wassergehalt, damit keine Festigkeitseinbuße eintritt. Anhand ausgewählter Bauteile werden im folgenden die sich in Abhängigkeit von der Wasserdampfdurchlässigkeit der raumseitigen Dampfbremse einstellenden Wassergehalte aufgezeigt. Der s_d -Wert der Dampfbremse wird in den Schritten 0 m, 1 m und 2 m variiert. Den Berechnungen liegen die klimatischen Daten für den Standort Hof zugrunde. Wie in den bisher durchgeführten Berechnungen sind die Bauteile westorientiert. Ausgewiesen wird der mit DIN 6800-2 [26] konforme massebezogene Wassergehalt. Grundlage der Berechnung sind die in den Fällen 30 bis 35 be-

schriebenen Bauteile. Die Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile - angegeben ist der nach DIN EN ISO 6946 [12] bestimmte mittlere U-Wert - werden in den Schritten 0,15 W/(m²K), 0,20 W/(m²K) und 0,25 W/(m²K) variiert. Maßgebend für die Bewertung ist der sich in der äußeren Beplankung einstellende maximale Wassergehalt. Eine Zusammenstellung der Berechnungsergebnisse kann Tabelle 19 entnommen werden. Die Höchstwerte der massebezogenen Feuchte in den Holzwerkstoffplatten für die Holzwerkstoffklasse 20 mit 15 % und 100 mit 18 % wird von keiner Konstruktion überschritten. Eine Dämmstoffdicke von 60 mm reicht in Kombination mit einem geeigneten mineralischen Außenputz - der Wasseraufnahmekoeffizient beträgt 0,10 kg/(m²h^{0,5}) und der s_d-Wert beträgt 0,40 m - aus, um auf eine zusätzliche Dampfbremse verzichten zu können. Der Nachweis nach DIN 4108-3 [3] und nach DIN EN ISO 13788 [4] gelingt jedoch nicht.

Tabelle 19: Wassergehalt in der äußeren Beplankung in Abhängigkeit von der Wasserdampfdurchlässigkeit der Dampfbremse.

Basisfall	Dämmstoff	U _m [W/(m ² K)]	Dampfbremse s _d [m]	Material	Wassergehalt			
					W _{min} [kg/m ³]	W _{max} [kg/m ³]	U _{min} [M.-%]	U _{max} [M.-%]
Fall 30	Mineralfaser	0,15	2	Gipskarton-Bauplatte	28,9	39,6	3,4	4,7
			1		29,3	39,6	3,4	4,7
			0		30,2	39,4	3,6	4,6
Fall 31	Mineralfaser	0,20	2		31,0	40,4	3,6	4,8
			1		31,4	40,4	3,7	4,8
			0		32,7	40,4	3,9	4,7
Fall 32	Mineralfaser	0,25	2		30,2	40,6	3,6	4,8
			1		30,6	40,5	3,6	4,8
			0		31,5	40,1	3,7	4,7
Fall 30	Mineralfaser	0,15	2	OSB-Platte	38,1	62,3	5,9	9,6
			1		31,1	61,3	4,8	9,4
			0		42,4	62,3	6,5	9,6
Fall 31	Mineralfaser	0,20	2		40,8	65,2	6,3	10,0
			1		47,4	66,9	7,3	10,3
			0		48,9	68,7	7,5	10,6
Fall 32	Mineralfaser	0,25	2		44,9	67,3	6,9	10,4
			1		46,1	67,6	7,1	10,4
			0		46,9	66,5	7,2	10,2
Fall 33	Zellulose Holzfaser	0,15	2	OSB-Platte	44,6	54,7	6,9	8,4
			1		46,0	56,3	7,1	8,7
			0		48,3	60,4	7,4	9,3
Fall 34	Zellulose Holzfaser	0,20	2		50,2	65,5	7,7	10,1
			1		51,7	67,9	7,9	10,4
			0		54,2	74,2	8,3	11,4
Fall 35	Zellulose Holzfaser	0,25	2		48,3	63,3	7,4	9,7
			1		49,2	65,3	7,6	10,0
			0		50,7	69,4	7,8	10,7

Die in die Untersuchung aufgenommene Gipskarton-Bauplatte stellt einen Sonderfall dar. Aufgrund fehlender Stofffunktionen für die üblicherweise außenseitig eingesetzte Gipsfaserplatte wird auf die vorhandenen Daten der Gipskarton-Bauplatte zurückgegriffen. Die ermittelten Wassergehalte nehmen Werte an, die der Ausgleichsfeuchte bei 80 % r.F - der exakte Wert gemäß Sorptionsisotherme beträgt 40 kg/m³ - entsprechen. Da sich die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahlen beider Gipsbauplatten mit 11 und 13 nur geringfügig unterscheiden, sind vergleichbare Berechnungsergebnisse für die Feuchteverteilung im Bauteil zu erwarten. Nach [27] erstreckt sich der Anwendungsbereich von Gipsfaserplatten

auch auf Einsatzgebiete, die der Holzwerkstoffklasse 100 entsprechen. Ausgehend vom zulässigen Höchstwert der massebezogenen Feuchte in Holzwerkstoffen der Werkstoffklasse 100 von 18 % ergibt sich aus der Sorptionsisotherme der betrachteten OSB-Platte eine erlaubte maximale relative Luftfeuchte von 90 % im Material. Indirekt ist somit nachgewiesen, dass Gipsfaserplatten als äußere Beplankung bei den Fälle 30 bis 32 ebenfalls verwendet werden dürfen.

Für die betrachteten Wandaufbauten kann, abgeleitet aus den Simulationsrechnungen, auf die raumseitige Dampfbremse verzichtet werden.

8 Zusammenfassung

Mit der Veröffentlichung von DIN EN ISO 13788 [4] im November 2001 liegt eine europäische Norm zur Bewertung des Feuchteschutzes von Außenbauteilen vor. Aufgrund eingegangener Verpflichtungen muss die Norm in nationales Recht übernommen werden. Des Weiteren ist bei der Aktualisierung von 4108-3 [3] das bereits in DIN 4108-5 [1] enthaltene - nach Glaser [2] benannte Nachweisverfahren aufgenommen worden, welches ebenfalls zur feuchtetechnischen Bewertung herangezogen wird. Auf der Grundlage von Simulationsrechnungen wird geklärt, ob aus der Anwendung von DIN EN ISO 13788 [4] Auswirkungen auf den Feuchteschutz von Außenbauteilen in Holzbauart zu erwarten sind. Für die Bewertung der Berechnungen nach Norm werden Simulationsrechnungen durchgeführt, die eine realitätsnahe Bewertung des Wassergehalts ermöglichen. Die Berechnungen werden mit dem Programm WUFI [15] durchgeführt.

In Zusammenarbeit mit einer begleitenden Arbeitsgruppe werden 56 Bauteile aus der Vielzahl der heute gebräuchlichen Außenwand- und Dachkonstruktionen festgelegt. Folgende Bauteile werden behandelt:

- ein- und zweischaliges Mauerwerk,
- Wände mit Innendämmung,
- Wände in Holzbauart,
- nichtbelüftete Dächer.

Eine detaillierte Beschreibung der Bauteile mit einer Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse findet sich im Anhang A.

Gemäß DIN EN ISO 13788 [4] sind die meteorologischen Randbedingungen und die Raumlufttemperatur in nationalen Normen festzulegen. Dies ist bisher noch nicht erfolgt. Deshalb bilden auf der Grundlage von Simulationsrechnungen ausgewählte meteorologische Randbedingungen die Berechnungsgrundlage. Für die Untersuchungen werden die Klimadaten von Würzburg als durchschnittliches Klima und Hof als extremes Klima herangezogen.

Der Feuchtegehalt der Raumluft bestimmt sich beim Berechnungsverfahren von DIN EN ISO 13788 [4] aus der Temperatur und dem Wassergehalt der Außenluft mit einem von der Nutzung abhängigen Zuschlag. Die Raumlufttemperatur ist entsprechend der vorgesehenen Nutzung anzusetzen. Ein konkreter Wert fehlt jedoch. Für die Monate Oktober bis Mai beträgt die festgelegte Raumlufttemperatur 20 °C. In den Monaten Juni bis September werden, über die Sommermonate konstant, Werte von 20 °C, 22 °C und 24 °C betrachtet, um den Einfluss des Temperaturniveaus auf die verdunstende Wassermenge aufzuzeigen.

Bei den Simulationsrechnungen wird für das Innenklima auf den im Programm WUFI [15] beschriebenen Lastfall Feuchtelast normal zurückgegriffen. Der angesetzte Verlauf des Wassergehalts der Raumluft ist vergleichbar mit den Vorgaben von DIN EN ISO 13788 [4] für die Feuchtekategorie 3 (Wohnung mit geringer Belegung).

Die Auswertung der Berechnungsergebnisse von DIN EN ISO 13788 [4] und den Simulationsrechnungen zeigen, dass

- bei monolithischen und zweischaligen Wänden eine Bewertung ohne Erweiterung des Berechnungsverfahrens zur Berücksichtigung der Kapillarleitung nicht sinnvoll ist.
- Mauerwerk mit einem Wärmedämmverbundsystem durch Festlegung von Grenzwerten für die zulässige Tauwassermenge bewertet werden kann.
- Außenwände in Holzbauart durch das Nachweisverfahren von DIN EN ISO 13788 [4] nicht ausreichend beschrieben werden. Darüber hinaus fehlt die Möglichkeit einer Bewertung der Tauwassermenge, um zu entscheiden, ob die für den Holzschutz relevanten Grenzwerte eingehalten werden.
- bei Dächern die maximal zulässigen Tauwassermengen festgelegt werden müssen, um eine Bewertung vornehmen zu können.

Durch den Einsatz der Simulationstechnik bei der Entwicklung von Bauteilen kann eine realitätsnahe Bewertung des feuchtetechnischen Verhaltens erreicht werden. Reserven gegenüber vereinfachten Berechnungsansätzen in Normverfahren können zur Reduzierung der Herstellungskosten genutzt werden. Die Untersuchung der Außenwände in Holzbauart (Fälle 30 bis 35, Anhang A) zeigen, dass die nach DIN 4108-3 [3] geforderte Ausführung mit einer Dampfbremse nicht notwendig ist. Der sich in der kritischen, äußeren Beplankung einstellende massebezogene Wassergehalt liegt deutlich unter den Forderungen von DIN 68800-2 [26]. Ohne Dampfbremse tritt in der außenseitigen Holzwerkstoffplatte ein maximaler massebezogener Wassergehalt von 11,4 % auf. Eine Ausführung mit Gipsfaserplatten kann aufgrund fehlender Materialfunktionen nicht unmittelbar bewertet werden. Ersatzweise werden die Eigenschaften von Gipskarton-Bauplatten herangezogen. Aufgrund eines vergleichbaren Wasserdampf-Diffusionswiderstands von Gipsfaserplatten und Gipskarton-Bauplatten kann über die sich im Material einstellende relative Luftfeuchte eine Be-

wertung vorgenommen werden. Für Gipsfaserplatten ist ein Wert von 90 % r.F. bei Einstufung in die Holzwerkstoffklasse 100 gemäß DIN 68800-2 [26] erlaubt. In der Ebene stellt sich aber nur eine relative Luftfeuchte von ca. 80 % im Maximum ein.

Die Simulationsergebnis zeigen, dass auch bei Bauteilen, bei denen die Kapillarleitung von untergeordneter Bedeutung ist, große Reserven gegenüber den Normverfahren vorhanden sind. Die für die Praxis bedeutsamen Berechnungsergebnisse sollten durch entsprechende messtechnische Untersuchungen verifiziert werden.

9. Literatur

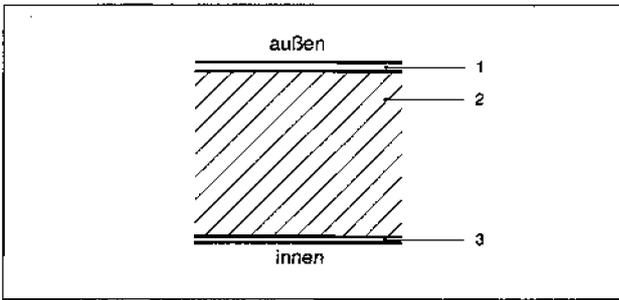
- [1] DIN 4108-5:1981-08, Wärmeschutz im Hochbau - Teil 5: Berechnungsverfahren
- [2] Glaser, H.: Graphisches Verfahren zur Untersuchung von Diffusionsvorgängen. Kältetechnik 11 (1959), S. 345-349, H. 10.
- [3] DIN 4108-3: 2001-07, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 3: Klimabedingter Wärmeschutz - Anforderungen und Hinweise für Planung und Ausführung
- [4] DIN 13788:2001-11, Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren
- [5] DIN 4108-7: 2001-08, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele.
- [6] DIN V 4108-4:2002-02, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 4: Wärme- und feuchtetechnische Kennwerte
- [7] DIN EN 12524:2000-07, Wärme- und feuchtetechnische Eigenschaften Tabellierte Bemessungswerte
- [8] DIN EN ISO 12572:2001-09, Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten - Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit
- [9] Grunewald, J.: Diffuser und konvektiver Stoff- und Energietransport in kapillar porösen Baustoffen. Dresdener Bauklima Hefte, Heft 3, Jahrgang 1997.
- [10] Künzel, H. M.: Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten. Dissertation Universität Stuttgart 1994.
- [11] Krus, M.; Künzel, H. M.; Kießl, K.: Feuchtetransportvorgänge in Stein und Mauerwerk - Messung und Berechnung. Bauforschung für die Praxis, Band 25, IRB-Verlag Stuttgart 1996.
- [12] DIN EN ISO 6946: 1996-11, Bauteile - Wärmedurchlaßwiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren
- [13] DIN EN ISO 10456:2000-08, Baustoffe und -produkte - Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte
- [14] E DIN EN ISO 15 927-1:1999-07, Klimadaten - Teil 1: Monatswerte einzelner meteorologischer Elemente

- [15] Künzel, H. M.; Schmidt, Th.; Holm, A.: WUFI-3.3: Programm zur instationären Berechnung des eindimensionalen Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen, Holzkirchen (2002).
- [16] Esdorn, H.; Fortak, H. und Jahn, A: Entwicklung von Testreferenzjahren (TRY) für Klimaregionen der Bundesrepublik Deutschland. Statusbericht 1985 "Rationelle Energieverwendung im Haushalt und Kleinverbrauch" des BMFT. Verlag TÜV Rheinland (1985), S. 424-437.
- [17] Testreferenzjahre - Meteorologische Grundlagen für technische Simulationen von Heiz- und raumluftechnischen Anlagen. BINE, Profi Info-Service (Okt. 1991).
- [18] Pottler, K.; Beck, A. und Benz, N.: Testreferenzjahr. Sonnenenergie 4/1996.
- [19] BMWi, BMVBW: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung-EnEV) vom 16.11.2001 Bundesgesetzblatt Jahrgang 2001, Teil I, Nr. 59, S. 3085-3102.
- [20] Maas, A.; Hauser, G. und Höttges, K.: Die Energieeinsparverordnung. Bauphysik 24 (2002), H. 1, S. 26-38
- [21] BMWi, BMVBW: Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (Wärmeschutzverordnung) vom 16. August 1994. Bundesgesetzblatt Teil 1, Bonn, 24. August 1994, S. 2121-2132.
- [22] DIN V 4108-4:1998-03, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 4: Wärme- und feuchtetechnische Kennwerte
- [23] Künzel, H.M. und Schmidt, Th.: Auswahl und Aufbereitung von meteorologischen Datensätzen für Feuchtetransportberechnungen. Vortrag 10. Bauklimatisches Symposium TU Dresden September 1999.
- [24] Künzel, H.M. und Holm, A.: Feuchtetransport durch Bauteile - Rechnerische Simulation. Bauphysik Kalender 2001, S. 379-399, Ernst & Sohn, Berlin.
- [25] Prepens, M.: Der Einfluss von Beschichtungen und Imprägnierungen auf die Frost- und Witterungsbeständigkeit von Verblendmauerwerk aus Kalksandstein. Dissertation Universität Hannover 1991.
- [26] DIN 68800-2:1996-05, Holzschutz - Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau
- [27] Schulze, H.: Holzbau - Wände, Decken, Dächer. B. G. Teubner Verlag Stuttgart (1996)

Anhang A

Beschreibung der untersuchten Bauteile und Zusammenstellung der
Berechnungsergebnisse

einschaliges Mauerwerk aus Porenbeton **Fall: 1**



keine Varianten

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{feucht}	$\mu_{trocken}$	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,00	15	35	(1800)	1000
2	Mauerwerk	0,365	0,09	5	10	350	1000
3	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max.,zul.}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	-	0,368	1,091	1,00	nein	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

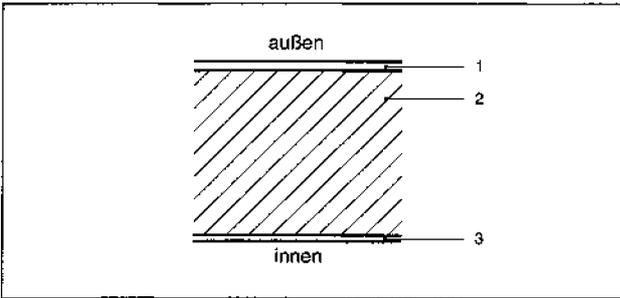
Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September [°C]	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20		x	1/2	0,41	2			
		22		x	1/2	0,41	2			
		24		x	1/2	0,41	2			
	Hof	20		x	1/2	0,71	3			
		22		x	1/2	0,71	3			
		24		x	1/2	0,71	3			

Ergebnis der thermischen und hygrischen Simulation

Schicht			1				2						
Teilschicht			1 ₁	1 ₂	1 ₃	1 ₄	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	2 ₅	2 ₆	2 ₇
Schichtdicke [m]			0,004	0,001	0,014	0,001	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Rohdichte [kg/m³]			1.310	1.310	1.219	1.219	350	350	350	350	350	350	350
u _{90%}			15	15	16	16	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m³]											
-	Würzburg	W _{min}	1,26	2,20	15,05	13,66	8,68	9,36	9,27	8,78	8,28	8,05	7,82
		W _{max}	192,00	131,22	53,60	47,60	33,57	23,53	17,14	14,74	12,35	9,96	8,22
		u _{max} [%]	14,66	10,02	4,40	3,90	9,59	6,72	4,90	4,21	3,53	2,85	2,35
	Hof	W _{min}	1,94	9,90	21,11	20,89	12,36	12,55	12,13	11,32	10,35	9,26	8,31
		W _{max}	192,00	130,53	53,44	48,25	38,42	28,57	20,90	16,60	14,17	11,73	9,36
		u _{max} [%]	14,66	9,96	4,38	3,96	10,98	8,16	5,97	4,74	4,05	3,35	2,67

Schicht			3	
Teilschicht			2 _a	
Schichtdicke [m]			0,225	0,01
Rohdichte [kg/m³]			350	850
u _{90%}			8,4	6,3
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m³]		
-	Würzburg	W _{min}	4,61	3,00
		W _{max}	6,46	4,76
		u _{max} [%]	1,85	0,56
	Hof	W _{min}	4,83	3,00
		W _{max}	6,63	4,78
		u _{max} [%]	1,89	0,56

einschaliges Mauerwerk aus Porenbeton Fall: 2



keine Varianten

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{feucht}	μ_{trocken}	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,00	15	35	(1800)	1000
2	Mauerwerk	0,365	0,14	5	10	500	1000
3	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,v}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max.,zul.}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	1/2	0,359	1,091	1,00	nein	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20		x	1/2	0,38	2			
		22		x	1/2	0,38	2			
		24		x	1/2	0,38	2			
	Hof	20		x	1/2	0,67	3			
		22		x	1/2	0,67	3			
		24		x	1/2	0,67	3			

einschaliges Mauerwerk aus Porenbeton

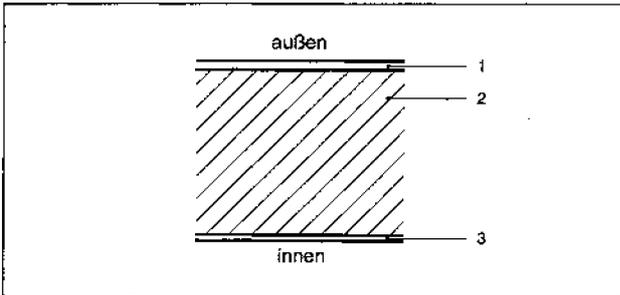
Fall: 2

Schicht		1				2							
Teilschicht		1 ₁	1 ₂	1 ₃	1 ₄	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	2 ₅	2 ₆	2 ₇	
Schichtdicke [m]		0,004	0,001	0,014	0,001	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Rohdichte [kg/m³]		1.310	1.310	1.219	1.219	500	500	500	500	500	500	500	
U _{80%}		15	15	16	16	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m³]											
-	Würzburg	W _{min}	1,34	2,40	15,77	15,52	9,30	9,69	9,57	9,04	8,39	8,12	7,87
		W _{max}	192,00	130,16	51,84	46,45	27,81	19,26	16,19	14,12	12,08	10,06	8,39
		U _{max} [%]	14,66	9,94	4,25	3,81	5,56	3,85	3,24	2,82	2,42	2,01	1,68
	Hof	W _{min}	1,98	9,83	20,70	20,87	12,17	12,39	11,99	11,20	10,28	9,21	8,30
		W _{max}	192,00	129,74	52,10	46,85	30,98	23,04	17,83	15,64	13,69	11,69	9,66
		U _{max} [%]	14,66	9,90	4,27	3,84	6,20	4,61	3,57	3,13	2,74	2,34	1,93

Schicht		3		
Teilschicht		2 ₈		
Schichtdicke [m]		0,225	0,01	
Rohdichte [kg/m³]		500	850	
U _{80%}		8,4	6,3	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m³]		
-	Würzburg	W _{min}	4,82	3,05
		W _{max}	6,40	4,81
		U _{max} [%]	1,28	0,57
	Hof	W _{min}	5,06	3,07
		W _{max}	6,59	4,86
		U _{max} [%]	1,32	0,57

einschaliges Mauerwerk aus Porenbeton

Fall: 3



keine Varianten

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{feucht}	$\mu_{trocken}$	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Mauerwerk	0,365	0,18	5	10	650	1000
3	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser- ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max,zul}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	1/2	0,352	1,091	1,00	nein	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwasser- menge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwasser- menge	maximale Tauwasser- menge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwasser- menge	c) Tauwasser- menge verdunstet unvollständig	maximale Tauwasser- menge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwasser- menge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20		x	1/2	0,37	2			
		22		x	1/2	0,37	2			
		24		x	1/2	0,37	2			
	Hof	20		x	1/2	0,65	3			
		22		x	1/2	0,65	3			
		24		x	1/2	0,65	3			

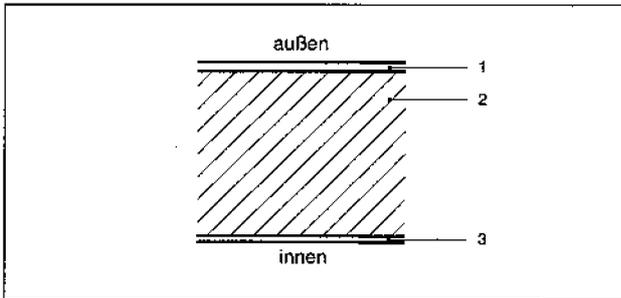
einschaliges Mauerwerk aus Porenbeton

Fall: 3

Schicht		1				2							
Teilschicht		1 ₁	1 ₂	1 ₃	1 ₄	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	2 ₅	2 ₆	2 ₇	
Schichtdicke [m]		0,004	0,001	0,014	0,001	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Rohdichte [kg/m ³]		1.310	1.310	1.219	1.219	650	650	650	650	650	650	650	
U _{60%}		15	15	16	16	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
-	Würzburg	W _{min}	1,35	2,41	15,57	15,32	9,10	9,44	9,28	8,72	8,26	8,03	7,79
		W _{max}	192,00	129,62	51,16	46,03	25,60	17,97	15,56	13,65	11,74	9,83	8,32
		U _{max} [%]	14,66	9,89	4,20	3,78	3,94	2,76	2,39	2,10	1,81	1,51	1,28
	Hof	W _{min}	2,01	9,60	20,26	20,47	11,89	12,08	11,68	10,90	9,99	8,94	8,21
		W _{max}	192,00	128,15	51,47	46,37	28,40	20,95	17,06	15,20	13,34	11,45	9,53
		U _{max} [%]	14,66	9,78	4,22	3,80	4,37	3,22	2,62	2,34	2,05	1,76	1,47

Schicht		3		
Teilschicht		2 ₈		
Schichtdicke [m]		0,225	0,01	
Rohdichte [kg/m ³]		650	850	
U _{60%}		8,4	6,3	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]		
-	Würzburg	W _{min}	4,88	3,09
		W _{max}	6,37	4,84
		U _{max} [%]	0,98	0,57
	Hof	W _{min}	5,13	3,12
		W _{max}	6,60	4,92
		U _{max} [%]	1,02	0,58

einschaliges Mauerwerk aus Porenbeton **Fall: 4**



keine Varianten

Nr.	Baustoff	d	λ	μ _{feucht}	μ _{trocken}	ρ	c _p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Mauerwerk	0,365	0,21	5	10	800	1000
3	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser- ebene	Tauperiode m _{w,T} [kg/m ²]	Verdunstungsperiode m _{w,V} [kg/m ²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max.,zul.} [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	1/2	0,346	1,091	1,00	nein	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) unvollständig Tauwassermenge verdunstet	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20		x	1/2	0,35	2			
		22		x	1/2	0,35	2			
		24		x	1/2	0,35	2			
	Hof	20		x	1/2	0,63	3			
		22		x	1/2	0,63	3			
		24		x	1/2	0,63	3			

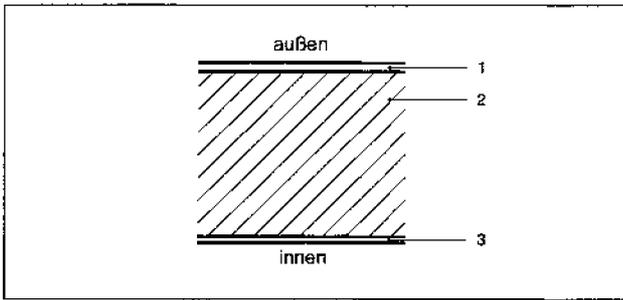
einschaliges Mauerwerk aus Porenbeton

Fall: 4

Schicht		1											
Teilschicht		1 ₁	1 ₂	1 ₃	1 ₄	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	2 ₅	2 ₆	2 ₇	
Schichtdicke [m]		0,004	0,001	0,014	0,001	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Rohdichte [kg/m ³]		1.310	1.310	1.219	1.219	800	800	800	800	800	800	800	
U _{80%}		15	15	16	16	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
-	Würzburg	W _{min}	1,36	2,42	15,43	15,14	8,96	9,27	9,09	8,53	8,20	7,97	7,74
		W _{max}	192,00	129,22	50,82	45,73	23,96	17,30	15,18	13,35	11,52	9,68	8,28
		U _{max} [%]	14,66	9,86	4,17	3,75	3,00	2,16	1,90	1,67	1,44	1,21	1,04
	Hof	W _{min}	2,02	9,46	19,97	20,18	11,69	11,88	11,47	10,70	9,80	8,78	8,17
		W _{max}	192,00	127,90	51,04	46,07	26,67	19,71	16,65	14,83	13,08	11,28	9,45
		U _{max} [%]	14,66	9,76	4,19	3,78	3,33	2,46	2,08	1,85	1,64	1,41	1,18

Schicht		3				
Teilschicht		2 ₈				
Schichtdicke [m]		0,225	0,01			
Rohdichte [kg/m ³]		800	850			
U _{80%}		8,4	6,3			
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]				
-	Würzburg	W _{min}	4,92	3,12		
		W _{max}	6,35	4,87		
		U _{max} [%]	0,79	0,57		
	Hof	W _{min}	5,18	3,16		
		W _{max}	6,61	4,95		
		U _{max} [%]	0,83	0,58		

einschaliges Mauerwerk aus Ziegel **Fall: 5**



keine Varianten

Nr.	Baustoff	d [m]	λ [W/(mK)]	μ_{feucht} [-]	μ_{trocken} [-]	ρ [kg/m ³]	c_p [J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Mauerwerk	0,365	0,09	5	10	500	1000
3	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser- ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max,zul}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	1/2	0,369	1,093	1,00	nein	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwasseremenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwasseremenge	maximale Tauwasseremenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwasseremenge	c) Tauwasseremenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwasseremenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwasseremenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20		x	1/2	0,41	2			
		22		x	1/2	0,41	2			
		24		x	1/2	0,41	2			
	Hof	20		x	1/2	0,71	3			
		22		x	1/2	0,71	3			
		24		x	1/2	0,71	3			

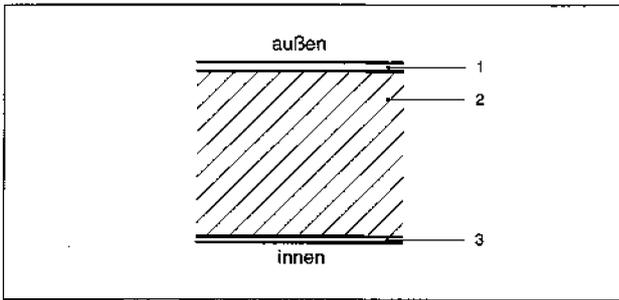
einschaliges Mauerwerk aus Ziegeln

Fall: 5

Schicht			1				2						
Teilschicht			1 ₁	1 ₂	1 ₃	1 ₄	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	2 ₅	2 ₆	2 ₇
Schichtdicke [m]			0,004	0,001	0,014	0,001	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Rohdichte [kg/m ³]			1.310	1.310	1.219	1.219	550	550	550	550	550	550	550
U _{80%}			15	15	16	16	11	11	11	11	11	11	11
Variante	Standort		Wassergehalt w [kg/m ³]										
-	Würzburg	W _{min}	1,46	3,16	18,03	18,64	14,65	16,08	16,44	15,94	15,01	14,11	13,11
		W _{max}	192,00	130,22	51,47	47,78	33,01	28,56	25,24	22,45	20,22	17,93	15,50
		U _{max} [%]	14,66	9,94	4,22	3,92	6,00	5,19	4,59	4,08	3,68	3,26	2,82
	Hof	W _{min}	1,97	10,27	23,56	24,17	18,68	20,18	20,36	19,76	18,60	17,24	15,58
		W _{max}	192,00	130,12	53,35	49,81	34,93	31,04	27,77	25,15	22,74	20,57	18,25
		U _{max} [%]	14,66	9,93	4,38	4,09	6,35	5,64	5,05	4,57	4,13	3,74	3,32

Schicht			2 ₈	3
Teilschicht			2 ₈	
Schichtdicke [m]			0,225	0,01
Rohdichte [kg/m ³]			550	850
U _{80%}			11	6,3
Variante	Standort		Wassergehalt w [kg/m ³]	
-	Würzburg	W _{min}	6,21	3,00
		W _{max}	7,58	4,75
		U _{max} [%]	1,38	0,56
	Hof	W _{min}	7,18	3,02
		W _{max}	8,37	4,79
		U _{max} [%]	1,52	0,56

einschaliges Mauerwerk aus Ziegel **Fall: 6**



keine Varianten

Nr.	Baustoff	d	λ	Feucht	Brücken	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Mauerwerk	0,365	0,14	5	10	500	1000
3	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-serebene	Tauperiode $m_{w,T}$	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max.,zul.}$	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
		[kg/m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ²]		
-	1/2	0,359	1,090	1,00	nein	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	Tauwasseremenge verdunstet a) unvollständig	b) Tauwasserbildung findet statt	Schicht mit maximaler Tauwasseremenge	maximale Tauwasseremenge w_{max}	Monat mit maximaler Tauwasseremenge	Tauwasseremenge verdunstet c) unvollständig	maximale Tauwasseremenge im Bauteil w_{max}	Tauwasseremenge nach 12 Monaten im Bauteil w
						[kg/m ²]			[kg/m ²]	[kg/m ²]
-	Würzburg	20		x	1/2	0,38	2			
		22		x	1/2	0,38	2			
		24		x	1/2	0,38	2			
	Hof	20		x	1/2	0,67	3			
		22		x	1/2	0,67	3			
		24		x	1/2	0,67	3			

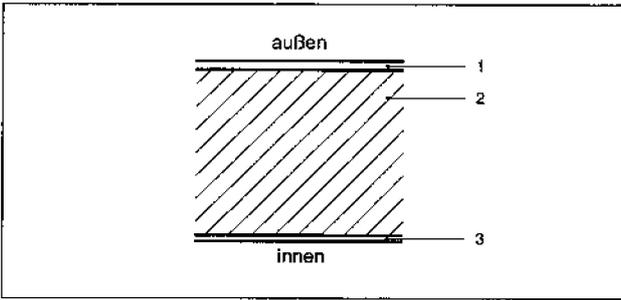
einschaliges Mauerwerk aus Ziegel

Fall: 6

Schicht		1											
Teilschicht		1 ₁	1 ₂	1 ₃	1 ₄	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	2 ₅	2 ₆	2 ₇	
Schichtdicke [m]		0,004	0,001	0,014	0,001	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Rohdichte [kg/m ³]		1.310	1.310	1.219	1.219	500	500	500	500	500	500	500	
U _{80%}		15	15	16	16	11	11	11	11	11	11	11	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
-	Würzburg	W _{min}	1,46	3,10	17,71	18,45	14,25	15,41	15,74	15,24	14,49	13,63	12,67
		W _{max}	192,00	129,19	49,94	46,27	31,69	27,27	24,06	21,47	19,35	17,12	14,86
		U _{max} [%]	14,66	9,86	4,10	3,80	6,34	5,45	4,81	4,29	3,87	3,42	2,97
	Hof	W _{min}	1,99	10,14	22,87	23,50	18,01	19,40	19,54	18,94	17,80	16,40	14,94
		W _{max}	192,00	128,78	51,38	47,89	33,11	29,42	26,34	23,84	21,66	19,60	17,41
		U _{max} [%]	14,66	9,83	4,21	3,93	6,62	5,88	5,27	4,77	4,33	3,92	3,48

Schicht		3		
Teilschicht		2 ₈		
Schichtdicke [m]		0,225	0,01	
Rohdichte [kg/m ³]		500	850	
U _{80%}		11	6,3	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]		
-	Würzburg	W _{min}	6,16	3,05
		W _{max}	7,44	4,80
		U _{max} [%]	1,49	0,56
	Hof	W _{min}	7,10	3,08
		W _{max}	8,22	4,87
		U _{max} [%]	1,64	0,57

einschaliges Mauerwerk aus Ziegel **Fall: 7**



keine Varianten

Nr.	Baustoff	d [m]	λ [W/(mK)]	μ _{feucht} [-]	μ _{trocken} [-]	ρ [kg/m ³]	c _p [J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Mauerwerk	0,365	0,18	5	10	650	1000
3	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser- ebene	Tauperiode m _{w,T} [kg/m ²]	Verdunstungsperiode m _{w,V} [kg/m ²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max, zul.} [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	1/2	0,352	1,087	1,00	nein	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwasseremenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwasseremenge	maximale Tauwasseremenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwasseremenge	c) Tauwasseremenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwasseremenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwasseremenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
1	Würzburg	20		x	1/2	0,37	2			
		22		x	1/2	0,37	2			
		24		x	1/2	0,37	2			
	Hof	20		x	1/2	0,65	3			
		22		x	1/2	0,65	3			
		24		x	1/2	0,65	3			

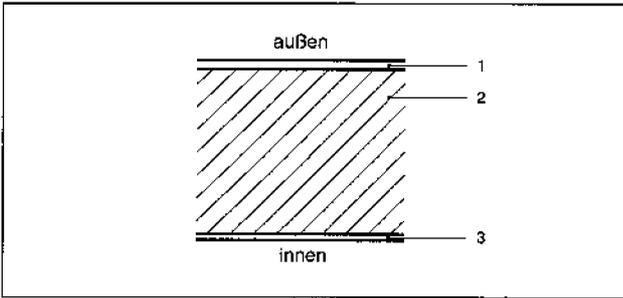
einschaliges Mauerwerk aus Ziegel

Fall: 7

Schicht		1											
Teilschicht		1 ₁	1 ₂	1 ₃	1 ₄	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	2 ₅	2 ₆	2 ₇	
Schichtdicke [m]		0,004	0,001	0,014	0,001	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Rohdichte [kg/m ³]		1.310	1.310	1.219	1.219	700	700	700	700	700	700	700	
U _{80%}		15	15	16	16	11	11	11	11	11	11	11	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
-	Würzburg	W _{min}	1,47	3,07	17,53	18,33	13,98	14,96	15,22	14,84	14,14	13,31	12,38
		W _{max}	192,00	128,51	48,84	45,19	30,74	26,40	23,27	20,79	18,73	16,57	41,48
		U _{max} [%]	14,66	9,81	4,01	3,71	4,39	3,77	3,32	2,97	2,68	2,37	5,93
	Hof	W _{min}	1,88	8,69	21,82	22,48	17,21	18,61	18,77	18,18	17,08	15,77	14,48
		W _{max}	192,00	127,50	49,94	46,51	31,90	28,27	25,34	22,95	20,89	18,92	16,82
		U _{max} [%]	14,66	9,73	4,10	3,82	4,56	4,04	3,62	3,28	2,98	2,70	2,40

Schicht		3		
Teilschicht		2 _B		
Schichtdicke [m]		0,225	0,01	
Rohdichte [kg/m ³]		700	850	
U _{80%}		11	6,3	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]		
-	Würzburg	W _{min}	6,15	3,09
		W _{max}	7,36	4,85
		U _{max} [%]	1,05	0,57
	Hof	W _{min}	7,05	3,12
		W _{max}	8,14	4,93
		U _{max} [%]	1,16	0,58

einschaliges Mauerwerk aus Ziegel **Fall: 8**



keine Varianten

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{feucht}	$\mu_{trocken}$	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Mauerwerk	0,365	0,21	5	10	700	1000
3	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max,zul}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	1/2	0,346	1,000	1,00	nein	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20		x	1/2	0,35	2			
		22		x	1/2	0,35	2			
		24		x	1/2	0,35	2			
	Hof	20		x	1/2	0,63	3			
		22		x	1/2	0,63	3			
		24		x	1/2	0,63	3			

einschaliges Mauerwerk aus Ziegel

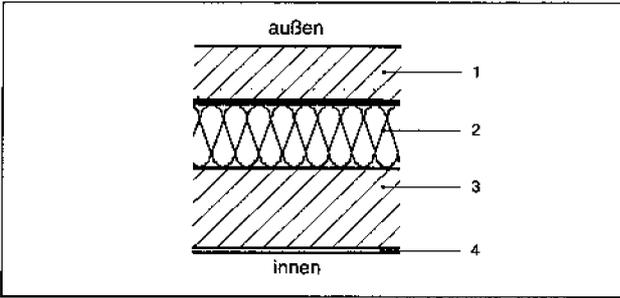
Fall: 8

Schicht		1											
Teilschicht		1 ₁	1 ₂	1 ₃	1 ₄	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	2 ₅	2 ₆	2 ₇	
Schichtdicke [m]		0,004	0,001	0,014	0,001	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Rohdichte [kg/m ³]		1.310	1.310	1.219	1.219	700	700	700	700	700	700	700	
U _{a0%}		15	15	16	16	11	11	11	11	11	11	11	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
-	Würzburg	W _{min}	1,47	3,05	17,38	18,20	13,79	14,71	14,94	14,60	13,91	13,10	12,20
		W _{max}	192,00	128,03	48,10	44,46	30,11	25,82	22,75	20,33	18,32	16,19	14,28
		U _{max} [%]	14,66	9,77	3,95	3,65	4,30	3,69	3,25	2,90	2,62	2,31	2,04
-	Hof	W _{min}	2,01	10,00	22,08	22,68	17,22	18,46	18,55	17,95	16,83	15,52	14,30
		W _{max}	192,00	126,98	48,99	45,58	31,05	27,50	24,66	22,36	20,36	18,45	16,41
		U _{max} [%]	14,66	9,69	4,02	3,74	4,44	3,93	3,52	3,19	2,91	2,64	2,34

Schicht		3		
Teilschicht		2 ₈		
Schichtdicke [m]		0,225	0,01	
Rohdichte [kg/m ³]		700	850	
U _{a0%}		11	6,3	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]		
-	Würzburg	W _{min}	6,14	3,12
		W _{max}	7,31	4,88
		U _{max} [%]	1,04	0,57
-	Hof	W _{min}	7,04	3,16
		W _{max}	8,10	4,97
		U _{max} [%]	1,16	0,58

zweischaliges Mauerwerk aus Kalksandstein/Mineralfaser

Fall: 9



keine Varianten

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{Feucht}	μ_{trocken}	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Vormauerstein	0,115	1,1	15	25	2000	1000
2	Dämmstoff	0,14	0,035	1	1	15	1000
3	Mauerwerk	0,175	0,99	15	25	1800	1000
4	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max.,zul.}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	Nachweis erfüllt
-	1/2	0,272	0,423	0,50	nein	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

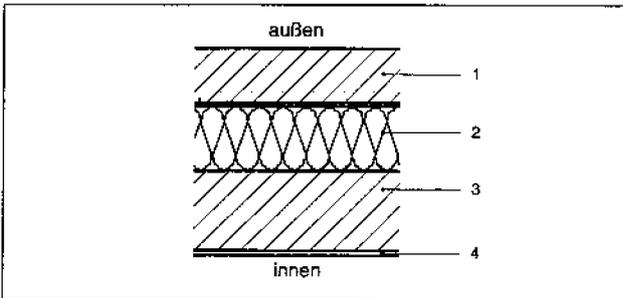
Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwasseremenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwasseremenge	maximale Tauwasseremenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwasseremenge	c) Tauwasseremenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwasseremenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwasseremenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20		x	1/2	0,47	3			
		22		x	1/2	0,47	3			
		24		x	1/2	0,47	3			
	Hof	20						x	0,65	0,26
		22						x	0,65	0,24
		24						x	0,65	0,24

zweischaliges Mauerwerk aus Kalksandstein/Mineralfaser

Fall: 9

Schicht		1		2				3	4	
Teilschicht		1 ₁	1 ₂	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄			
Schichtdicke [m]		0,05	0,065	0,02	0,02	0,02	0,08	0,175	0,01	
Rohdichte [kg/m ³]		1.830	1.830	15	15	15	15	1.730	850	
U _{80%}		25	25	0	0	0	0	25	6,3	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]								
-	Würzburg	w _{min}	23,73	30,68	1,54	0,95	0,49	0,19	13,59	2,99
		w _{max}	212,86	132,51	5,52	3,30	2,76	2,84	20,16	4,81
		U _{max} [%]	11,63	7,24	36,80	22,00	18,40	18,93	1,17	0,57
	Hof	w _{min}	26,01	35,57	1,92	0,86	0,44	0,17	12,85	3,00
		w _{max}	186,52	127,35	6,27	4,66	3,85	3,00	18,79	4,84
		U _{max} [%]	10,19	6,96	41,80	31,07	25,67	20,00	1,09	0,57

zweischaliges Mauerwerk aus Ziegel/Mineralfaser **Fall: 10**



keine Varianten

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{feucht}	$\mu_{trocken}$	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Vormauerstein	0,115	0,81	5	10	1800	1000
2	Dämmstoff	0,14	0,035	1	1	15	1000
3	Mauerwerk	0,24	0,58	5	10	1400	1000
4	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max,zul}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	1/2	0,521	0,948	0,50	nein	nein

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

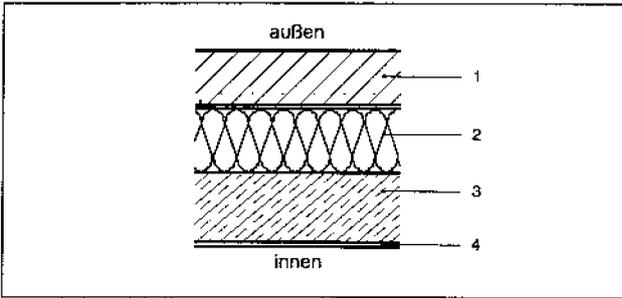
Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwasseremenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwasseremenge	maximale Tauwasseremenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwasseremenge	c) Tauwasseremenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwasseremenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwasseremenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20		x	1/2	0,82	3			
		22		x	1/2	0,82	3			
		24		x	1/2	0,82	3			
	Hof	20						x	1,17	0,19
		22						x	1,17	0,17
		24						x	1,17	0,14

zweischaliges Mauerwerk aus Ziegel/Mineralfaser

Fall: 10

Schicht		1		2				3	4	
Teilschicht		1 ₁	1 ₂	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄			
Schichtdicke [m]		0,05	0,065	0,02	0,02	0,02	0,08	0,24	0,01	
Rohdichte [kg/m ³]		1.900	1.900	15	15	15	15	1.400	850	
U _{80%}		9,2	9,2	0	0	0	0	11	6,3	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]								
-	Würzburg	W _{min}	14,56	32,61	2,31	1,07	0,52	0,20	1,79	2,98
		W _{max}	175,40	169,99	9,98	4,88	3,81	3,66	8,09	4,79
		U _{max} [%]	9,23	8,95	66,53	32,53	25,40	24,40	0,58	0,56
	Hof	W _{min}	20,55	46,36	3,76	0,95	0,46	0,18	1,59	2,98
		W _{max}	167,69	154,93	9,96	5,88	4,36	3,05	5,98	4,82
		U _{max} [%]	8,83	8,15	66,40	39,20	29,07	20,33	0,43	0,57

Tragschale Beton/Mineralfaser **Fall: 11**



keine Varianten

Nr.	Baustoff	d	λ	μ _{feucht}	μ _{trocken}	ρ	c _p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Vormauerstein	0,115	0,81	5	10	1800	1000
2	Dämmstoff	0,14	0,035	1	1	15	1000
3	Beton	0,15	2,5	80	130	2400	1000
4	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser- ebene	Tauperiode m _{w,T} [kg/m ²]	Verdunstungsperiode m _{w,V} [kg/m ²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max.zul.} [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	-	0	0,000	0,50	nein	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	Tauwassermenge verdunstet c) unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20	x							
		22	x							
		24	x							

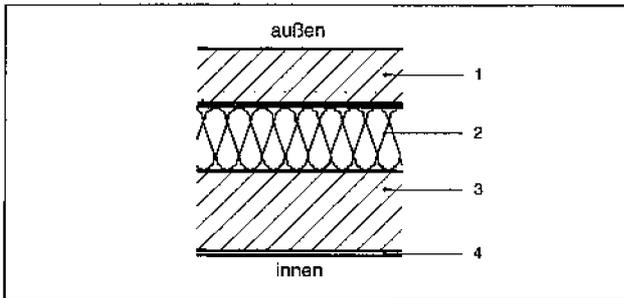
Tragschale Beton/Mineralfaser

Fall: 11

Schicht		1		2				3	4	
Teilschicht		1 ₁	1 ₂	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄			
Schichtdicke [m]		0,05	0,065	0,02	0,02	0,02	0,08	0,15	0,01	
Rohdichte [kg/m ³]		1.900	1.900	15	15	15	15	2.300	850	
U _{80%}		9,2	9,2	0	0	0	0	85	6,3	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]								
-	Würzburg	w _{min}	15,00	34,36	2,49	0,93	0,45	0,17	52,23	3,00
		w _{max}	175,14	169,96	9,38	5,02	4,29	4,64	60,42	4,79
		U _{max} [%]	9,22	8,95	62,53	33,47	28,60	30,93	2,63	0,56
	Hof	w _{min}	20,67	46,68	3,80	0,81	0,39	0,15	46,48	3,01
		w _{max}	166,70	153,32	9,85	5,99	4,55	3,47	52,34	4,82
		U _{max} [%]	8,77	8,07	65,67	39,93	30,33	23,13	2,28	0,57

zweischaliges Mauerwerk aus Kalksandstein/Polystyrol-Partikelschaum

Fall: 12



keine Varianten

Nr.	Baustoff	d [m]	λ [W/(mK)]	μ_{feucht} [-]	$\mu_{trocken}$ [-]	ρ [kg/m ³]	c_p [J/(kgK)]
1	Vormauerstein	0,115	1,1	15	25	2000	1000
2	Dämmstoff	0,14	0,04	30	70	20	1000
3	Mauerwerk	0,175	0,99	15	25	1800	1000
4	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-score	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max,zul}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	1/2	0,096	0,299	0,50	nein	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

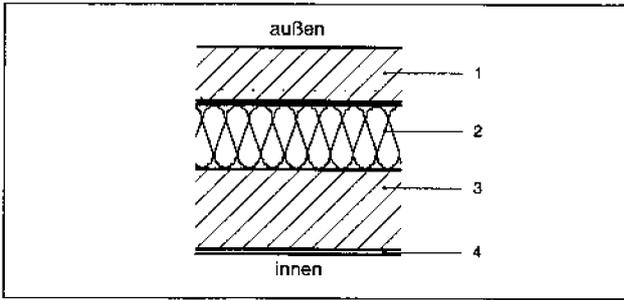
Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20		x	1/2	0,10	2			
		22		x	1/2	0,10	2			
		24		x	1/2	0,10	2			
	Hof	20		x	1/2	0,18	3			
		22		x	1/2	0,18	3			
		24		x	1/2	0,18	3			

zweischaliges Mauerwerk aus Kalksandstein/Polystyrol-Partikelschaum

Fall: 12

Schicht		1		2				3	4	
Teilschicht		1 ₁	1 ₂	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄			
Schichtdicke [m]		0,05	0,065	0,02	0,02	0,02	0,08	0,175	0,01	
Rohdichte [kg/m ³]		1.830	1.830	15	15	15	15	1.730	850	
U _{90%}		25	25	0	0	0	0	25	6,3	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]								
-	Würzburg	W _{min}	27,09	36,90	2,37	1,91	1,30	0,63	15,57	3,01
		W _{max}	213,66	136,11	6,51	2,61	1,93	1,24	17,92	4,77
		U _{max} [%]	11,68	7,44	43,40	17,40	12,87	8,27	1,04	0,56
	Hof	W _{min}	54,04	79,46	3,90	1,83	1,16	0,57	15,31	3,03
		W _{max}	209,68	119,64	4,93	2,50	1,87	1,05	17,66	4,81
		U _{max} [%]	11,46	6,54	32,87	16,67	12,47	7,00	1,02	0,57

zweischaliges Mauerwerk aus Ziegel/Polystyrol-Partikelschaum **Fall: 13**



keine Varianten

Nr.	Baustoff	d	λ	μ _{feucht}	μ _{trocken}	ρ	c _p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Vormauerstein	0,115	0,81	5	10	1800	1000
2	Dämmstoff	0,14	0,04	30	70	20	1000
3	Mauerwerk	0,24	0,58	5	10	1400	1000
4	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode m _{w,t} [kg/m ²]	Verdunstungsperiode m _{w,v} [kg/m ²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max, zul.} [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	1/2	0,084	0,612	0,50	nein	ja

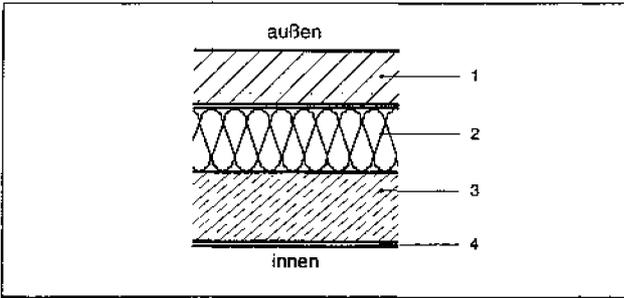
Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwasserermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwasserermenge	maximale Tauwasserermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwasserermenge	c) Tauwasserermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwasserermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwasserermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20		x	1/2	0,02	1			
		22		x	1/2	0,02	1			
		24		x	1/2	0,02	1			
	Hof	20		x	1/2	0,09	2			
		22		x	1/2	0,09	2			
		24		x	1/2	0,09	2			

zweischaliges Mauerwerk aus Ziegel/Polystyrol-Partikelschaum	Fall: 13
---	-----------------

Schicht	1			2			3			4				
	1 ₁	1 ₂	1 ₃	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	3 ₁	3 ₂	3 ₃	3 ₄	4 ₁	4 ₂	4 ₃
Teilschicht														
Schichtdicke [m]	0,05	0,065		0,02	0,02	0,02	0,08	0,24				0,01		
Rohdichte [kg/m³]	1.900	1.900		15	15	15	15	1.400				850		
U _{0,05} %	9,2	9,2		0	0	0	0	11				6,3		
Wassergehalt w [kg/m³]	Wassergehalt w [kg/m³]													
W _{min}	16,65	41,18		3,98	2,83	1,63	0,74	2,57				3,01		
W _{max}	172,62	167,60		11,54	3,43	2,34	1,42	4,69				4,73		
U _{max} [%]	9,09	8,83		76,93	22,87	15,60	9,47	0,34				0,56		
W _{min}	21,73	51,63		4,64	2,48	1,46	0,67	2,43				3,02		
W _{max}	164,84	149,93		10,69	3,51	2,23	1,19	4,34				4,78		
U _{max} [%]	8,68	7,89		71,27	23,40	14,87	7,93	0,31				0,56		
Variante	Würzburg													
Standort	Hof													

Tragschale Beton/Polystyrol-Partikelschaum **Fall: 14**



keine Varianten

Nr.	Baustoff	d	λ	μ _{feucht}	μ _{trocken}	ρ	c _p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Vormauerstein	0,115	0,81	5	10	1800	1000
2	Dämmstoff	0,14	0,04	30	70	20	1000
3	Beton	0,15	2,5	80	130	2400	1000
4	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode m _{w,T} [kg/m ²]	Verdunstungsperiode m _{w,V} [kg/m ²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max.,zul.} [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	-	0	0,000	0,50	nein	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

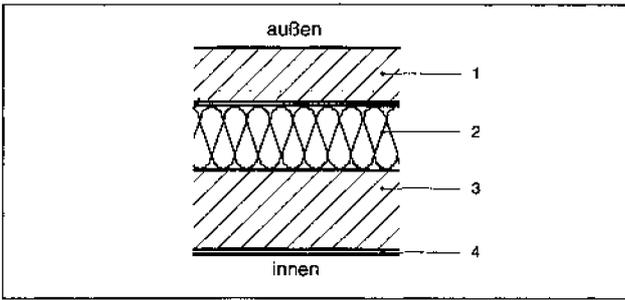
Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	Tauwassermenge verdunstet c) unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20	x							
		22	x							
		24	x							

Tragschale Beton/Polystyrol-Partikelschaum

Fall: 14

Schicht		1		2				3	4	
Teilschicht		1 ₁	1 ₂	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄			
Schichtdicke [m]		0,05	0,065	0,02	0,02	0,02	0,08	0,15	0,01	
Rohdichte [kg/m ³]		1.900	1.900	15	15	15	15	2.300	850	
u _{80%}		9,25	9,25	0	0	0	0	85	6,3	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]								
-	Würzburg	W _{min}	16,74	41,48	4,05	2,66	1,51	0,70	50,47	3,01
		W _{max}	172,62	167,86	10,79	3,27	2,46	1,50	53,60	4,75
		u _{max} [%]	9,09	8,83	71,93	21,80	16,40	10,00	2,33	0,56
	Hof	W _{min}	21,60	51,24	4,51	2,12	1,20	0,55	47,61	3,03
		W _{max}	164,49	149,43	9,35	3,26	2,06	1,10	50,32	4,80
		u _{max} [%]	8,66	7,86	62,33	21,73	13,73	7,33	2,19	0,56

zweischaliges Mauerwerk aus Kalksandstein/Holzfaser **Fall: 15**



keine Varianten

Nr.	Baustoff	d	λ	μ _{feucht}	μ _{trocken}	ρ	c _p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Vormauerstein	0,115	1,1	15	25	2000	1000
2	Dämmstoff	0,14	0,04	2	2	35/80	1940
3	Mauerwerk	0,175	0,99	15	25	1800	1000
4	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode m _{w,T} [kg/m ²]	Verdunstungsperiode m _{w,v} [kg/m ²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max.zul.} [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	1/2	0,211	0,388	0,50	nein	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

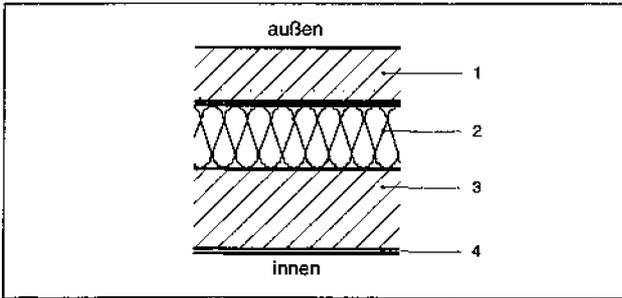
Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwasser- menge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwasser- menge	maximale Tauwasser- menge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwasser- menge	c) Tauwasser- menge verdunstet unvollständig	maximale Tauwasser- menge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwasser- menge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]	
-	Würzburg	20		x	1/2	0,36	3				
		22		x	1/2	0,36	3				
		24		x	1/2	0,36	3				
	Hof	20							x	0,51	0,12
		22							x	0,51	0,11
		24							x	0,51	0,10

zweischaliges Mauerwerk aus Kalksandstein/Holzfaser

Fall: 15

Schicht		1		3							4	5	
Teilschicht		1 ₁	1 ₂	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	2 ₅	2 ₆	2 ₇			
Schichtdicke [m]		0,05	0,065	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,175	0,01	
Rohdichte [kg/m ³]		1.830	1.830	155	155	155	155	155	155	155	1.730	850	
U _{60%}		25	25	19	19	19	19	19	19	19	25	6,3	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
-	Würzburg	W _{min}	25,59	32,78	19,47	18,97	15,40	11,65	8,29	6,65	5,41	14,44	3,02
		W _{max}	214,68	139,62	27,87	22,34	20,54	19,38	19,03	18,89	18,91	18,83	4,80
		U _{max} [%]	11,73	7,63	17,98	14,41	13,25	12,50	12,28	12,19	12,20	1,09	0,56
	Hof	W _{min}	27,97	36,11	19,85	18,43	13,76	10,14	7,49	6,11	4,94	13,79	3,04
		W _{max}	188,48	132,27	27,49	23,31	20,97	19,36	18,28	16,76	15,40	17,94	4,85
		U _{max} [%]	10,30	7,23	17,74	15,04	13,53	12,49	11,79	10,81	9,94	1,04	0,57

zweischaliges Mauerwerk aus Ziegel/Holzfaser **Fall: 16**



keine Varianten

Nr.	Baustoff	d [m]	λ [W/(mK)]	μ_{Rauch} [-]	μ_{Rocken} [-]	ρ [kg/m ³]	c_p [J/(kgK)]
1	Vormauerstein	0,115	0,81	5	10	1800	1000
2	Dämmstoff	0,14	0,04	5	5	35/80	1940
3	Mauerwerk	0,24	0,58	5	10	1400	1000
4	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser- ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,v}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max.,zul.}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	1/2	0,464	0,911	0,50	nein	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

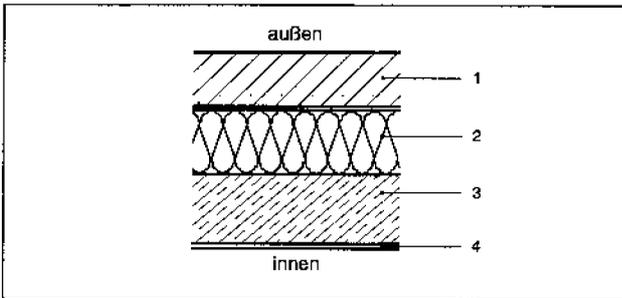
Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20		x	1/2	0,47	3			
		22		x	1/2	0,47	3			
		24		x	1/2	0,47	3			
	Hof	20		x	1/2	0,73	3			
		22		x	1/2	0,73	3			
		24		x	1/2	0,73	3			

zweischaliges Mauerwerk aus Ziegel/Holzfaser

Fall: 16

Schicht		1		2							3	4	
Teilschicht		1 ₁	1 ₂	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	2 ₅	2 ₆	2 ₇			
Schichtdicke [m]		0,05	0,065	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,24	0,01	
Rohdichte [kg/m ³]		1.900	1.900	155	155	155	155	155	155	155	1.400	850	
u _{90%}		9,2	9,2	19	19	19	19	19	19	19	11	6,3	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
-	Würzburg	w _{min}	14,29	32,87	21,70	21,66	18,46	14,20	10,80	7,76	6,30	2,19	3,01
		w _{max}	174,61	169,20	42,32	24,04	22,79	22,02	21,33	20,84	20,79	6,76	4,77
		u _{max} [%]	9,19	8,91	27,30	15,51	14,70	14,21	13,76	13,45	13,41	0,48	0,56
	Hof	w _{min}	19,62	43,35	23,33	20,45	16,49	12,47	9,03	7,01	5,69	1,95	3,02
		w _{max}	166,73	153,55	38,33	26,28	23,04	21,06	19,75	19,00	18,63	5,32	4,81
		u _{max} [%]	8,78	8,08	24,73	16,95	14,86	13,59	12,74	12,26	12,02	0,38	0,57

Tragschale Beton/Holzfaser **Fall: 17**



keine Varianten

Nr.	Baustoff	d	λ	μ _{feucht}	μ _{trocken}	ρ	c _p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Vormauerstein	0,115	0,81	5	10	1800	1000
2	Dämmstoff	0,14	0,04	5	5	35/80	1940
3	Beton	0,15	2,5	80	130	2400	1000
4	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode m _{w,T} [kg/m ²]	Verdunstungsperiode m _{w,V} [kg/m ²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max.,zul.} [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	-	0	0,000	0,50	nein	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

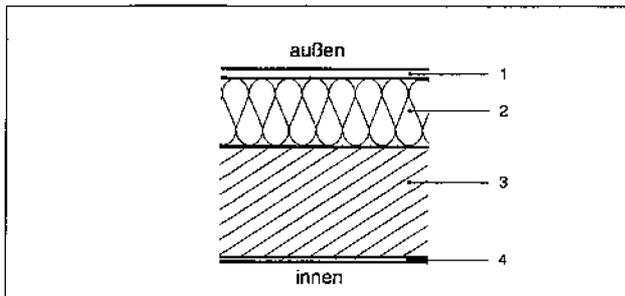
Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20	x							
		22	x							
		24	x							

Tragschale Beton/Holzfaser

Fall: 17

Schicht		1		2							3	4	
Teilschicht		1 ₁	1 ₂	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	2 ₅	2 ₆	2 ₇			
Schichtdicke [m]		0,05	0,065	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,15	0,01	
Rohdichte [kg/m ³]		1.900	1.900	155	155	155	155	155	155	155	2.300	850	
U _{80%}		9,2	9,2	19	19	19	19	19	19	19	85	6,3	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
-	Würzburg	W _{min}	14,64	33,96	21,95	21,93	17,65	13,05	9,21	6,95	5,58	52,77	3,03
		W _{max}	173,05	166,52	42,72	24,27	23,08	22,53	21,92	21,62	21,86	58,64	4,78
		U _{max} [%]	9,11	8,76	27,56	15,66	14,89	14,54	14,14	13,95	14,10	2,55	0,56
	Hof	W _{min}	19,56	43,31	23,23	20,24	15,45	11,26	7,70	6,12	4,84	47,93	3,04
		W _{max}	165,51	151,20	39,31	26,24	22,89	20,82	19,63	18,92	18,66	52,41	4,84
		U _{max} [%]	8,71	7,96	25,36	16,93	14,77	13,43	12,66	12,21	12,04	2,28	0,57

Wärmedämmverbundsystem Kalksandstein/Mineralfaser **Fall: 18**



keine Varianten
 Annahme: zugelassenes System

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{feucht}	μ_{trocken}	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Dämmung Mifa	0,14	0,04	1	1	15	1000
3	Mauerwerk	0,175	0,99	15	25	1800	1000
4	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

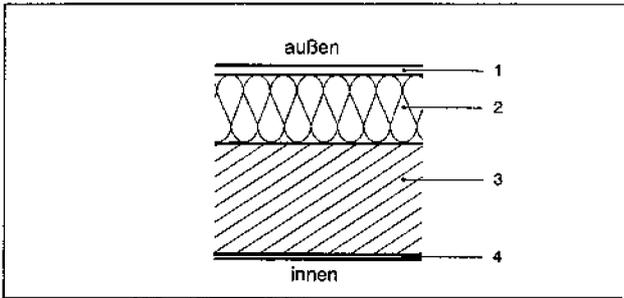
Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser- ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max,zul}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	1/2	0,215	1,078	0,50	nein	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge in Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20		x	1/2	0,16	2			
		22		x	1/2	0,16	2			
		24		x	1/2	0,16	2			
	Hof	20			x	1/2	0,36	3		
		22			x	1/2	0,36	3		
		24			x	1/2	0,36	3		

Wärmedämmverbundsystem Ziegel/Mineralfaser **Fall: 19**



Betrachtete Variante:
Annahme: zugelassenes System

Nr.	Baustoff	d [m]	λ [W/(mK)]	μ _{flucht} [-]	μ _{rocken} [-]	ρ [kg/m ³]	c _p [J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Dämmung Mifa	0,14	0,04	1	1	15	1000
3	Mauerwerk	0,24	0,58	5	10	1400	1000
4	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode m _{w,T} [kg/m ²]	Verdunstungsperiode m _{w,v} [kg/m ²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max, zul.} [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	1/2	0,514	1,287	0,50	nein	nein

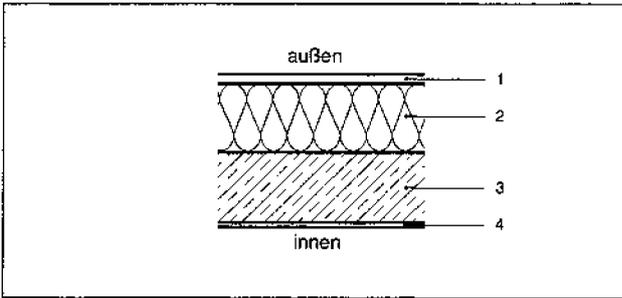
Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20		x	1/2	0,70	3			
		22		x	1/2	0,70	3			
		24		x	1/2	0,70	3			
	Hof	20		x	1/2	1,10	3			
		22		x	1/2	1,10	3			
		24		x	1/2	1,10	3			

Wärmedämmverbundsystem Ziegel/Mineralfaser	Fall: 19
---	-----------------

Schicht	1				2				3				4			
	Teilschicht		2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	Wassergehalt w [kg/m³]									
Schichtdicke [m]	0,02		0,02	0,02	0,02	0,08										
Folddichte [kg/m³]	1.900		15	15	15	15										
U _{0,05} [%]	45		0	0	0	0										
Variante																
Standort																
Würzburg	W _{min}	26,39		0,46	0,46	0,41	0,18									
	W _{max}	105,64		5,44	2,37	1,77	1,53									
	U _{max} [%]	5,56		36,27	15,80	11,80	10,20									
Hof	W _{min}	30,11		0,59	0,60	0,43	0,17									
	W _{max}	105,51		6,38	2,29	1,83	1,53									
	U _{max} [%]	5,55		42,53	15,27	12,20	10,20									

Wärmedämmverbundsystem Beton/Mineralfaser **Fall: 20**



keine Varianten
 Annahme: zugelassenes System

Nr.	Baustoff	d [m]	λ [W/(mK)]	μ_{feucht} [-]	$\mu_{trocken}$ [-]	ρ [kg/m ³]	c_p [J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Dämmung Mifa	0,14	0,04	1	1	15	1000
3	Beton	0,15	2,5	80	130	2400	1000
4	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max,zul}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	-	0	0	0,50	nein	ja

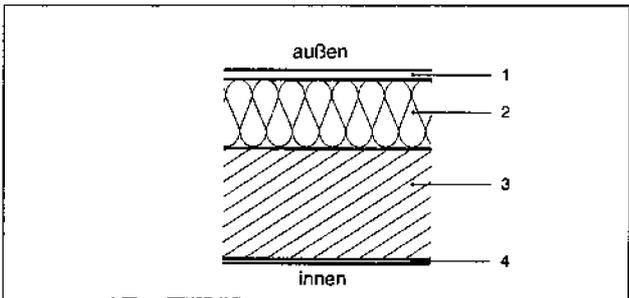
Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) unvollständig Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20	x							
		22	x							
		24	x							

Wärmedämmverbundsystem Beton/Mineralfaser **Fall: 20**

Schicht	1			2			3			4		
	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	2 ₅	2 ₆	2 ₇	2 ₈	2 ₉	2 ₁₀	2 ₁₁	2 ₁₂
Teilschicht												
Schichtdicke [m]	0,02	0,02	0,02	0,08	0,02	0,02	0,08	0,15	0,01			
Rohdichte [kg/m ³]	1.900	15	15	15	15	15	15	2.300	850			
U _{90%}	45	0	0	0	0	0	0	85	6,3			
Wassergehalt w [kg/m ³]												
Würzburg	26,30	0,46	0,44	0,37	0,14	0,14	0,14	44,91	3,01			
	102,99	4,41	2,18	1,64	1,59	1,59	1,59	48,95	4,77			
Hof	5,42	29,40	14,53	10,93	10,60	10,60	10,60	2,13	0,56			
	29,70	0,55	0,58	0,34	0,13	0,13	0,13	43,51	3,03			
	102,04	4,83	2,12	1,69	1,53	1,53	1,53	47,25	4,82			
	5,37	32,20	14,13	11,27	10,20	10,20	10,20	2,05	0,57			

Wärmedämmverbundsystem Kalksandstein/Polystyron-Partikelschaum **Fall: 21**



keine Varianten
 Annahme: zugelassenes System

Nr.	Baustoff	d [m]	λ [W/(mK)]	μ _{feucht} [-]	μ _{trocken} [-]	ρ [kg/m ³]	c _p [J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Dämmung PS	0,14	0,04	30	70	20	1000
3	Mauerwerk	0,175	0,99	15	25	1800	1000
4	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser- ebene	Tauperiode m _{w,t} [kg/m ²]	Verdunstungsperiode m _{w,v} [kg/m ²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max,zul} [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	-	0	0	0,50	nein	ja

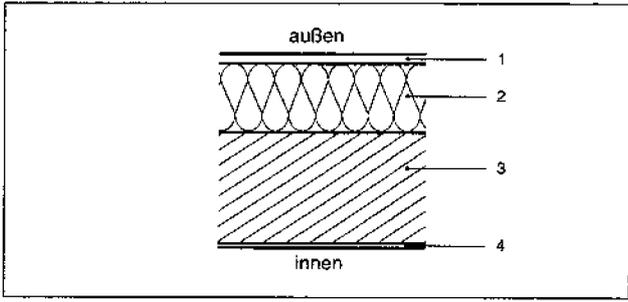
Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwasseremenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwasseremenge	maximale Tauwasseremenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwasseremenge	Tauwasseremenge verdunstet c) unvollständig	maximale Tauwasseremenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwasseremenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20		x	1/2	0,02255	1			
		22		x	1/2	0,02255	1			
		24		x	1/2	0,02255	1			

Wärmedämmverbundsystem Kalksandstein/Polystyren-Partikelschaum	Fall: 21
---	-----------------

Schicht	1			2			3	4
	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	2 ₅	2 ₆		
Teilschicht								
Schichtdicke [m]	0,02	0,02	0,02	0,08			0,175	0,01
Rohdichte [kg/m ³]	1.900	15	15	15	15		1.730	850
U _{app} [%]	45	0	0	0	0		25	6,3
Variante	-							
Standort	-							
Würzburg	W _{min}	0,55	0,58	0,56	0,45		15,48	3,01
	W _{max}	4,49	2,14	1,48	0,88		17,61	4,76
	U _{max} [%]	5,39	14,27	9,87	5,87		1,02	0,56
Hof	W _{min}	0,70	0,72	0,67	0,49		15,26	3,03
	W _{max}	5,02	2,20	1,38	0,85		17,50	4,80
	U _{max} [%]	5,35	14,67	9,20	5,67		1,01	0,56

Wärmedämmverbundsystem Ziegel/Polystyrol-Partikelschaum **Fail: 22**



keine Varianten
Annahme: zugelassenes System

Nr.	Baustoff	d [m]	λ [W/(mK)]	μ _{feucht} [-]	μ _{trocken} [-]	ρ [kg/m ³]	c _p [J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Dämmung PS	0,14	0,04	30	70	20	1000
3	Mauerwerk	0,24	0,58	5	10	1400	1000
4	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode m _{w,t} [kg/m ²]	Verdunstungsperiode m _{w,v} [kg/m ²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max,zul} [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	-	0	0	0,50	nein	ja

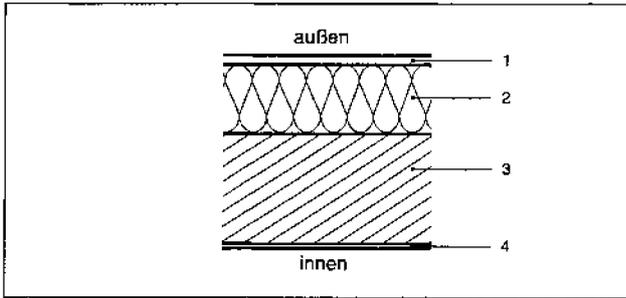
Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20		x	1/2	0,004	1			
		22		x	1/2	0,004	1			
		24		x	1/2	0,004	1			
	Hof	20		x	1/2	0,07	2			
		22		x	1/2	0,07	2			
		24		x	1/2	0,07	2			

Wärmedämmverbundsystem Ziegel/Polystyrol-Partikelschaum	Fall: 22
--	-----------------

Schicht	1				2				3				4				
	Teilschicht				2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	Wassergehalt w [kg/m ³]								
Schichtdicke [m]	0,02				0,02	0,02	0,02	0,08					0,24				
Rohdichte [kg/m ³]	1.900				15	15	15	15					1.400				
U _{90%}	45				0	0	0	0					11				
Standort	Würzburg				Hof												
W _{min}	26,91				0,56	0,59	0,57	0,46					2,40				
W _{max}	103,81				4,81	2,39	1,60	0,88					3,98				
U _{max} [%]	5,46				32,07	15,93	10,67	5,87					0,28				
W _{min}	30,54				0,73	0,76	0,70	0,52					2,32				
W _{max}	103,64				5,47	2,52	1,59	0,90					3,93				
U _{max} [%]	5,45				36,47	16,80	10,60	6,00					0,28				

Wärmedämmverbundsystem Beton/Polystyrol-Partikelschaum **Fall: 23**



keine Varianten

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{feucht}	μ_{rocken}	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Dämmung PS	0,14	0,04	30	70	20	1000
3	Beton	0,15	2,5	80	130	2400	1000
4	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max,zul}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	-	0	0,000	0,50	nein	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

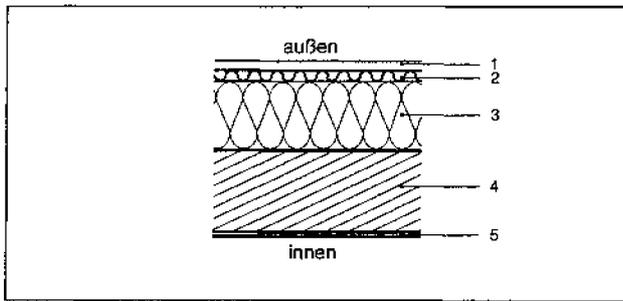
Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20	x							
		22	x							
		24	x							

Wärmedämmverbundsystem Beton/Polystyrol-Partikelschaum **Fall: 23**

Schicht	1				2				3		4	
	Teilschicht				2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄				
Schichtdicke [m]	0,02				0,02	0,02	0,02	0,08	0,15		0,01	
Rohdichte [kg/m³]	1.900				15	15	15	15	2.300		850	
U _{0,05%}	45				0	0	0	0	85		6,3	
Wassergehalt w [kg/m³]												
Würzburg	26,64	0,53	0,54	0,51	0,40	46,25	3,01					
	101,87	4,22	1,90	1,28	0,78	48,49	4,75					
Hof	5,36	28,13	12,67	8,53	5,20	2,11	0,56					
	30,26	0,68	0,67	0,60	0,41	44,70	3,03					
	100,83	4,52	1,72	1,18	0,74	46,96	4,80					
	5,31	30,13	11,47	7,87	4,93	2,04	0,56					

Wärmedämmverbundsystem Kalksandstein/Zellulose

Fall: 24



keine Varianten

Annahme: zugelassenes System

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{feucht}	$\mu_{trocken}$	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Holzwole-Leichtbauplatte	0,025	0,09	2	5	450	1500
3	Dämmung Zellulose	0,14	0,04	2	2	35/80	1940
4	Mauerwerk	0,24	0,58	5	10	1400	1000
5	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max,zul}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	1/2	0,445	1,238	0,50	nein	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

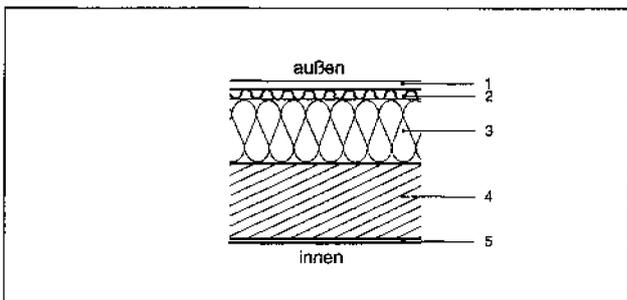
Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	Tauwassermenge verdunstet c) unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20		x	1/2	0,13	2			
		22		x	1/2	0,13	2			
		24		x	1/2	0,13	2			
	Hof	20		x	1/2	0,30	3			
		22		x	1/2	0,30	3			
		24		x	1/2	0,30	3			

Wärmedämmverbundsystem Kalksandstein/Zellulose

Schicht		1	2		3						4		
Teilschicht			2 ₁	2 ₂	3 ₁	3 ₂	3 ₃	3 ₄	3 ₅	3 ₆	3 ₇		
Schichtdicke [m]		0,02	0,0125	0,0125	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,175	
Rohdichte [kg/m ³]		1.900	450	450	50	50	50	50	50	50	50	1.730	
u _{80%}		45	68	68	6	6	6	6	6	6	6	25	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
-	Würzburg	W _{min}	30,11	50,36	51,21	3,99	4,05	3,57	2,63	2,12	1,72	1,38	13,80
		W _{max}	99,85	111,15	109,61	6,52	5,26	4,82	4,76	4,77	4,85	5,05	18,03
		u _{max} [%]	5,26	24,70	24,36	13,04	10,52	9,64	9,52	9,54	9,70	10,10	1,04
	Hof	W _{min}	32,96	57,14	58,48	4,50	4,34	3,35	2,47	1,99	1,59	1,28	13,22
		W _{max}	99,32	113,90	113,65	6,60	5,20	5,09	4,97	4,82	4,74	4,81	17,78
		u _{max} [%]	5,23	25,31	25,26	13,20	10,40	10,18	9,94	9,64	9,48	9,62	1,03

Schicht		5											
Teilschicht													
Schichtdicke [m]		0,01											
Rohdichte [kg/m ³]		850											
u _{80%}		6,3											
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
-	Würzburg	W _{min}	3,00										
		W _{max}	4,78										
		u _{max} [%]	0,56										
	Hof	W _{min}	3,01										
		W _{max}	4,82										
		u _{max} [%]	0,57										

Wärmedämmverbundsystem Ziegel/Zellulose **Fall: 25**



keine Varianten

Nr.	Baustoff	d [m]	λ [W/(mK)]	μ _{feucht} [-]	μ _{trocken} [-]	ρ [kg/m³]	c _p [J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Holzwohle-Leichtbauplatte	0,025	0,09	2	5	450	1600
3	Dämmung Zellulose	0,14	0,04	2	2	35/80	1940
4	Mauerwerk	0,24	0,58	5	10	1400	1000
5	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode m _{w,T} [kg/m²]	Verdunstungsperiode m _{w,v} [kg/m²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max.,zul.} [kg/m²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	1/2	0,445	1,238	0,50	nein	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m²]
-	Würzburg	20		x	1/2	0,52	3			
		22		x	1/2	0,52	3			
		24		x	1/2	0,52	3			
	Hof	20		x	1/2	0,88	3			
		22		x	1/2	0,88	3			
		24		x	1/2	0,88	3			

Wärmedämmverbundsystem Ziege/Zellulose

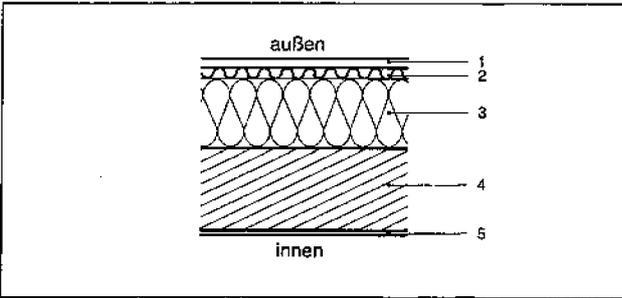
Fall: 25

Schicht		1	2		3							4	
Teilschicht			2 ₁	2 ₂	3 ₁	3 ₂	3 ₃	3 ₄	3 ₅	3 ₆	3 ₇		
Schichtdicke [m]		0,02	0,0125	0,0125	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,24	
Rohdichte [kg/m ³]		1.900	450	450	50	50	50	50	50	50	50	1.400	
U _{80%}		45	68	68	6	6	6	6	6	6	6	11	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
-	Würzburg	W _{min}	30,07	50,42	51,35	4,00	4,09	3,58	2,62	2,12	1,71	1,37	1,80
		W _{max}	100,54	111,24	108,87	6,43	5,36	4,95	4,72	4,72	4,77	4,94	4,60
		U _{max} [%]	5,29	24,72	24,19	12,86	10,72	9,90	9,44	9,44	9,54	9,88	0,33
-	Hof	W _{min}	33,15	58,53	60,13	4,65	4,54	3,34	2,46	1,98	1,59	1,27	1,66
		W _{max}	100,66	114,28	112,06	6,47	5,28	5,13	4,99	4,83	4,73	4,76	4,33
		U _{max} [%]	5,30	25,40	24,90	12,94	10,56	10,26	9,98	9,66	9,46	9,52	0,31

Schicht		5	
Teilschicht			
Schichtdicke [m]		0,01	
Rohdichte [kg/m ³]		850	
U _{80%}		6,3	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]	
-	Würzburg	W _{min}	2,98
		W _{max}	4,75
		U _{max} [%]	0,56
-	Hof	W _{min}	2,99
		W _{max}	4,79
		U _{max} [%]	0,56

Wärmedämmverbundsystem Beton/Zellulose

Fall: 26



keine Varianten

Nr.	Baustoff	d [m]	λ [W/(mK)]	μ_{feucht} [-]	μ_{trocken} [-]	ρ [kg/m ³] (1800)	c_p [J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Holzwolle-Leichtbauplatte	0,025	0,09	2	5	450	1600
3	Dämmung Zellulose	0,14	0,04	2	2	35/80	1940
4	Beton	0,15	2,5	80	130	2400	1000
5	Gipsputz	0,01	0,51	10	10	(1200)	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser- ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max,zul}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
-	-	0	0,000	0,50	nein	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwasseremenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwasseremenge	maximale Tauwasseremenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwasseremenge	c) Tauwasseremenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwasseremenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwasseremenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
-	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20	x							
		22	x							
		24	x							

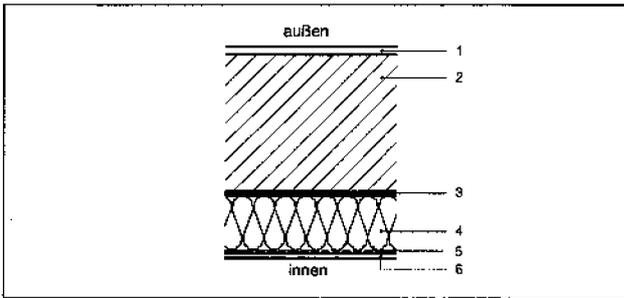
Wärmedämmverbundsystem Beton/Zellulose

Fall: 26

Schicht			1	2		3					4		
Teilschicht				2 ₁	2 ₂	3 ₁	3 ₂	3 ₃	3 ₄	3 ₅	3 ₆	3 ₇	
Schichtdicke [m]			0,02	0,0125	0,0125	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,15
Rohdichte [kg/m ³]			1.900	450	450	50	50	50	50	50	50	50	2.300
U _{80%}			45	68	68	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	85
Variante	Standort		Wassergehalt w [kg/m ³]										
-	Würzburg	W _{min}	30,05	50,01	50,79	3,94	4,02	3,09	2,32	1,83	1,44	1,12	45,45
		W _{max}	99,50	107,82	102,58	6,07	5,24	4,81	4,66	4,67	4,76	4,99	49,38
		U _{max} [%]	5,24	23,96	22,80	12,14	10,48	9,62	9,32	9,34	9,52	9,98	2,15
	Hof	W _{min}	32,86	57,01	58,30	4,48	4,05	2,78	2,12	1,66	1,30	1,01	43,79
		W _{max}	98,56	109,76	102,05	5,93	5,10	4,96	4,82	4,66	4,60	4,69	47,40
		U _{max} [%]	5,19	24,39	22,68	11,86	10,20	9,92	9,64	9,32	9,20	9,38	2,06

Schicht			5
Teilschicht			
Schichtdicke [m]			0,01
Rohdichte [kg/m ³]			850
U _{80%}			6,3
Variante	Standort		Wassergehalt w [kg/m ³]
-	Würzburg	W _{min}	3,00
		W _{max}	4,77
		U _{max} [%]	0,56
	Hof	W _{min}	3,02
		W _{max}	4,81
		U _{max} [%]	0,57

Ziegelmauerwerk innengedämmt / Mineralfaser **Fall: 27**



Betrachtete Variante:
 Variante 1: mit Dampfbremse
 Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d [m]	λ [W/(mK)]	μ_{feucht} [-]	μ_{trocken} [-]	ρ [kg/m ³]	c_p [J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,025	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Mauerwerk	0,24	0,81	5	10	1800	1000
3	Gipsputz	0,015	0,51	10	10	(1200)	1000
4	Wärmedämmstoff	0,08	0,04	1	1	15	1000
5	Dampfbremse			$s_d = 2,0 \text{ m}$		980	1800
6	Gipskarton-Bauplatte	0,0125	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max,zul}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	2-4	0,303	0,456	0,50	ja	ja
2	2-4	5,727	3,139	0,50	ja	nein

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]	
1	Würzburg	20		x	3	0,39	3				
		22		x	3	0,39	3				
		24		x	3	0,39	3				
	Hof	20							x	0,57	0,009
		22			x	3	0,57	4			
		24			x	3	0,57	4			
2	Würzburg	20						x	12,27	2,26	
		22						x	12,27	1,37	
		24							x	12,27	0,47
	Hof	20							x	16,24	12,04
		22							x	16,24	11,26
		24							x	16,24	10,46

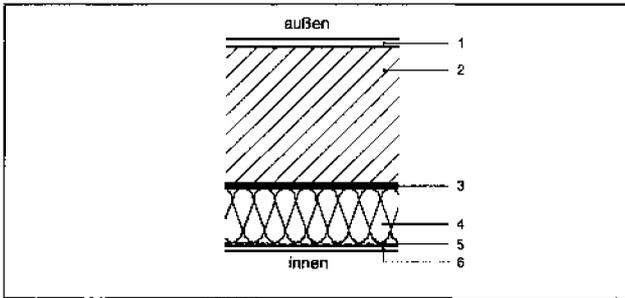
Ziegelmauerwerk Innengedämmt / Mineralfaser

Fall: 27

Schicht		1				2							
Teilschicht		1 ₁	1 ₂	1 ₃	1 ₄	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	2 ₅	2 ₆	2 ₇	
Schichtdicke [m]		0,004	0,001	0,019	0,001	0,02	0,02	0,02	0,08	0,02	0,02	0,02	
Rohdichte [kg/m ³]		1.310	1.310	1.219	1.219	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	
U _{80%}		15	15	16	16	11	11	11	11	11	11	11	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	1,68	4,36	18,65	19,98	14,85	16,61	17,77	18,49	18,12	17,87	17,33
		W _{max}	192,00	127,38	47,15	43,26	29,92	26,58	24,40	21,89	21,12	20,87	20,81
		U _{max} [%]	14,66	9,72	3,87	3,55	1,66	1,48	1,36	1,22	1,17	1,16	1,16
	Hof	W _{min}	2,13	9,90	22,23	23,44	17,88	19,77	20,79	21,56	21,48	21,36	21,18
		W _{max}	192,00	126,50	47,05	44,16	31,30	28,49	26,70	24,03	22,65	22,14	21,87
		U _{max} [%]	14,66	9,66	3,86	3,62	1,74	1,58	1,48	1,34	1,26	1,23	1,22
2	Würzburg	W _{min}	3,16	12,29	20,70	21,48	15,86	17,42	18,45	18,81	17,94	17,39	16,38
		W _{max}	192,00	110,05	36,05	34,17	23,48	22,17	21,33	21,39	22,93	23,71	24,81
		U _{max} [%]	14,66	8,40	2,96	2,80	1,30	1,23	1,19	1,19	1,27	1,32	1,38
	Hof	W _{min}	2,36	16,43	33,77	36,75	30,11	33,50	35,12	37,28	38,62	38,53	37,72
		W _{max}	192,00	128,49	53,77	50,31	37,79	38,76	42,99	50,90	57,62	60,07	62,61
		U _{max} [%]	14,66	9,81	4,41	4,13	2,10	2,15	2,39	2,83	3,20	3,34	3,48

Schicht				3	4			5	6		
Teilschicht		2 ₈	2 ₉		4 ₁	4 ₂	4 ₃				
Schichtdicke [m]		0,02	0,02	0,015	0,02	0,03	0,03	0,001	0,0125		
Rohdichte [kg/m ³]		1.800	1.800	850	15	15	15	130	850		
U _{80%}		11	11	6,3	0	0	0	0	40		
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]									
1	Würzburg	W _{min}	16,30	14,49	6,98	1,53	0,38	0,15	0,00	28,91	
		W _{max}	21,21	22,26	11,72	2,54	2,18	2,60	0,00	32,85	
		U _{max} [%]	1,18	1,24	1,38	16,93	14,53	17,33	0,00	3,86	
	Hof	W _{min}	20,62	19,49	8,77	1,09	0,30	0,13	0,67	28,99	
		W _{max}	21,94	22,51	11,88	3,11	2,20	2,04	0,67	33,14	
		U _{max} [%]	1,22	1,25	1,40	20,73	14,67	13,60	0,52	3,90	
2	Würzburg	W _{min}	14,89	12,61	6,15	1,44	0,47	0,19		28,92	
		W _{max}	26,38	28,73	21,54	3,04	1,69	1,37		32,81	
		U _{max} [%]	1,47	1,60	2,53	20,27	11,27	9,13		3,86	
	Hof	W _{min}	36,18	33,04	10,37	1,77	0,79	0,35		28,28	
		W _{max}	65,40	69,23	80,70	5,42	1,70	1,13		33,98	
		U _{max} [%]	3,63	3,85	9,49	36,13	11,33	7,53		4,00	

Ziegelmauerwerk innengedämmt / Polystyrol-Partikelschaum **Fall: 28**



Betrachtete Variante:
 Variante 1: mit Dampfbremse
 Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d	λ	μ _{feucht}	μ _{trocken}	ρ	c _p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,025	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Mauerwerk	0,24	0,81	5	10	1800	1000
3	Gipsputz	0,015	0,51	10	10	(1200)	1000
4	Wärmedämmstoff	0,08	0,04	30	70	20	1000
5	Dampfbremse			s _d = 2,0 m		980	1800
6	Gipskarton-Bauplatte	0,0125	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode m _{w,t} [kg/m ²]	Verdunstungsperiode m _{w,v} [kg/m ²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max, zul.} [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	1	0,12	0,315	0,50	ja	ja
2	1	0,257	0,421	0,50	ja	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwassermerge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermerge	maximale Tauwassermerge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermerge	c) Tauwassermerge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermerge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermerge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
1	Würzburg	20		x	3	0,12	2			
		22		x	3	0,12	2			
		24		x	3	0,12	2			
	Hof	20		x	3	0,21	3			
		22		x	3	0,21	3			
		24		x	3	0,21	3			
2	Würzburg	20		x	3	0,47	3			
		22		x	3	0,47	3			
		24		x	3	0,47	3			
	Hof	20						x	0,68	0,10
		22						x	0,68	0,03
		24		x	3	0,68	4			

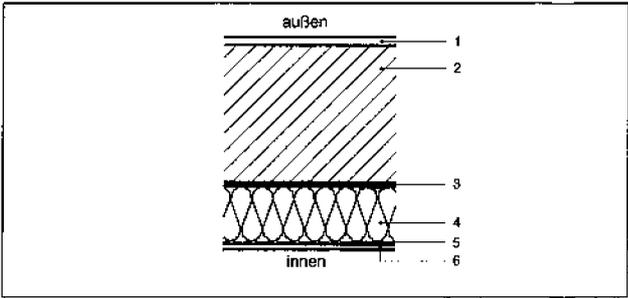
Ziegelmauerwerk Innendämmt / Polystyrol-Partikelschaum

Fall: 28

Schicht		1				2							
Teilschicht		1 ₁	1 ₂	1 ₃	1 ₄	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	2 ₅	2 ₆	2 ₇	
Schichtdicke [m]		0,004	0,001	0,019	0,001	0,02	0,02	0,02	0,08	0,02	0,02	0,02	
Rohdichte [kg/m³]		1.310	1.310	1.219	1.219	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	
U _{80%}		15	15	16	16	11	11	11	11	11	11	11	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m³]											
1	Würzburg	W _{min}	1,68	4,32	18,64	19,96	14,83	16,57	17,74	18,69	18,62	18,54	18,31
		W _{max}	192,00	127,41	47,24	43,36	30,02	26,74	24,59	21,88	20,75	20,36	20,02
		U _{max} [%]	14,66	9,73	3,88	3,56	1,67	1,49	1,37	1,22	1,15	1,13	1,11
	Hof	W _{min}	2,14	10,23	22,91	24,23	18,63	20,85	22,21	23,85	24,15	24,21	24,17
		W _{max}	192,00	126,68	47,62	44,80	31,99	29,49	27,97	26,16	26,00	25,98	25,98
		U _{max} [%]	14,66	9,67	3,91	3,68	1,78	1,64	1,55	1,45	1,44	1,44	1,44
2	Würzburg	W _{min}	3,14	11,93	20,26	20,95	15,28	16,55	17,38	17,96	17,62	17,42	17,08
		W _{max}	192,00	109,82	35,78	33,85	23,22	21,81	20,86	19,70	19,67	19,69	19,80
		U _{max} [%]	14,66	8,38		2,78	1,29	1,21	1,16	1,09	1,09	1,09	1,10
	Hof	W _{min}	2,15	10,41	23,27	24,65	19,03	21,42	22,96	24,95	25,38	25,50	25,52
		W _{max}	192,00	126,75	47,89	45,09	32,30	29,95	28,55	27,23	27,77	28,03	28,32
		U _{max} [%]	14,66	9,68	3,93	3,70	1,79	1,66	1,59	1,51	1,54	1,56	1,57

Schicht				3	4			5	6		
Teilschicht		2 ₈	2 ₉		4 ₁	4 ₂	4 ₃				
Schichtdicke [m]		0,02	0,02	0,015	0,02	0,03	0,03	0,001	0,0125		
Rohdichte [kg/m³]		1.800	1.800	850	15	15	15	130	850		
U _{80%}		11	11	6,3	0	0	0	0	40		
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m³]									
1	Würzburg	W _{min}	17,88	17,11	8,83	1,63	0,66	0,32	0,00	28,91	
		W _{max}	19,99	20,47	9,97	2,25	1,68	1,31	0,00	32,84	
		U _{max} [%]	1,11	1,14	1,17	15,00	11,20	8,73	0,00	3,86	
	Hof	W _{min}	24,03	23,59	10,74	1,89	0,69	0,32	0,00	28,97	
		W _{max}	26,21	26,75	12,37	2,77	1,70	1,16	0,00	33,11	
		U _{max} [%]	1,46	1,49	1,46	18,47	11,33	7,73	0,00	3,90	
2	Würzburg	W _{min}	16,49	15,60	8,25	1,82	0,84	0,45		28,92	
		W _{max}	20,17	20,92	10,44	2,10	1,29	0,87		32,79	
		U _{max} [%]	1,12	1,16	1,23	14,00	8,60	5,80		3,86	
	Hof	W _{min}	25,35	24,96	1,21	2,35	0,93	0,47		28,98	
		W _{max}	28,85	29,66	15,30	2,78	1,50	0,92		33,04	
		U _{max} [%]	1,60	1,65	1,80	18,53	10,00	6,13		3,89	

Ziegelmauerwerk innengedämmt / Zellulose **Fall: 29**



Betrachtete Variante:
 Variante 1: mit Dampfbremse
 Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d [m]	λ [W/(mK)]	μ _{Luft} [-]	μ _{Stein} [-]	ρ [kg/m ³]	c _p [J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,025	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Mauerwerk	0,24	0,81	5	10	1800	1000
3	Gipsputz	0,015	0,51	10	10	(1200)	1000
4	Wärmedämmstoff	0,08	0,04	2	2	35/80	1940
5	Dampfbremse			s _d = 2,0 m		980	1800
6	Gipskarton-Bauplatte	0,0125	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode m _{w,T} [kg/m ²]	Verdunstungsperiode m _{w,v} [kg/m ²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max.,zul.} [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	2-4	0,291	0,446	0,50	ja	ja
2	2-4	3,526	2,309	0,50	ja	nein

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwasseremenge verdunstet vollständig	c) Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwasseremenge	maximale Tauwasseremenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwasseremenge	c) Tauwasseremenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwasseremenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwasseremenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]	
1	Würzburg	20		x	3	0,37	3				
		22		x	3	0,37	3				
		24		x	3	0,37	3				
	Hof	20		x	3	0,55	3				
		22		x	3	0,55	3				
		24		x	3	0,55	3				
2	Würzburg	20						x	7,84	1,19	
		22						x	7,84	0,60	
		24							x	7,84	0,01
	Hof	20							x	10,40	7,56
		22							x	10,40	7,05
		24							x	10,40	6,52

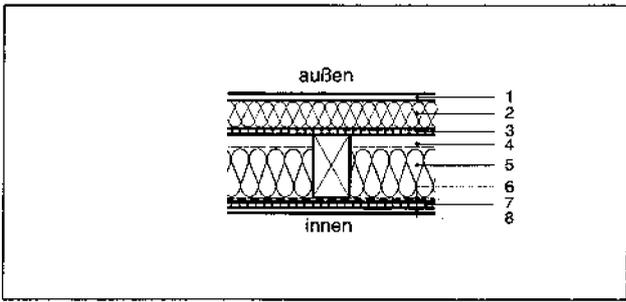
Ziegelmauerwerk Innengedämmt / Zellulose

Fall: 29

Schicht		1				2							
Teilschicht		1 ₁	1 ₂	1 ₃	1 ₄	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	2 ₅	2 ₆	2 ₇	
Schichtdicke [m]		0,004	0,001	0,014	0,001	0,02	0,02	0,02	0,08	0,02	0,02	0,02	
Rohdichte [kg/m³]		1.310	1.310	1.219	1.219	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	
U _{80%}		15	15	16	16	11	11	11	11	11	11	11	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m³]											
1	Würzburg	W _{min}	1,85	8,02	21,22	22,47	17,85	20,92	22,07	19,04	18,07	18,21	18,73
		W _{max}	192,00	127,27	48,80	45,01	30,75	26,90	24,47	21,68	20,65	20,42	20,42
		U _{max} [%]	14,66	9,72	4,00	3,69	1,71	1,49	1,36	1,20	1,15	1,13	1,13
	Hof	W _{min}	2,18	10,29	22,42	23,39	18,29	20,97	22,63	24,62	24,95	24,94	24,78
		W _{max}	192,00	126,74	49,36	46,11	32,88	30,25	28,63	27,31	27,96	28,23	28,70
		U _{max} [%]	14,66	9,67	4,05	3,78	1,83	1,68	1,59	1,52	1,55	1,57	1,59
2	Würzburg	W _{min}	1,72	5,46	18,82	20,10	15,40	17,86	19,27	19,16	17,43	16,18	14,34
		W _{max}	192,00	127,23	49,02	45,23	31,01	27,32	25,05	25,30	28,10	29,75	31,92
		U _{max} [%]	14,66	9,71	4,02	3,71	1,72	1,52	1,39	1,41	1,56	1,65	1,77
	Hof	W _{min}	2,29	13,10	28,43	30,08	24,55	29,64	31,27	32,95	33,73	33,45	32,48
		W _{max}	192,00	127,63	52,42	49,16	36,02	34,68	35,35	42,37	48,25	50,62	53,01
		U _{max} [%]	14,66	9,74	4,30	4,03	2,00	1,93	1,96	2,35	2,68	2,81	2,95

Schicht				3	4			5	6	
Teilschicht		2 ₈	2 ₉		4 ₁	4 ₂	4 ₃			
Schichtdicke [m]		0,02	0,02	0,015	0,02	0,03	0,03	0,001	0,0125	
Rohdichte [kg/m³]		1.800	1.800	850	50	50	50	130	850	
U _{80%}		11	11	6,3	6	6	6	0	40	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m³]								
1	Würzburg	W _{min}	19,69	18,58	8,20	5,17	2,85	1,57	0,00	28,90
		W _{max}	20,92	22,35	12,56	5,77	4,71	3,97	0,00	30,15
		U _{max} [%]	1,16	1,24	1,48	11,54	9,42	7,94	0,00	3,55
	Hof	W _{min}	24,30	22,96	9,76	5,52	2,84	1,53	0,00	28,96
		W _{max}	29,46	30,66	18,07	6,49	5,88	5,74	0,00	33,17
		U _{max} [%]	1,64	1,70	2,13	12,98	11,76	11,48	0,00	3,90
2	Würzburg	W _{min}	11,93	8,35	5,31	4,02	4,00	2,50		28,54
		W _{max}	34,54	38,29	52,07	7,34	5,05	4,27		33,22
		U _{max} [%]	1,92	2,13	6,13	14,68	10,10	8,54		3,91
	Hof	W _{min}	30,81	27,27	9,18	5,46	4,38	2,51		28,54
		W _{max}	55,88	59,12	66,89	7,77	5,46	4,57		33,67
		U _{max} [%]	3,10	3,28	7,87	15,54	10,92	9,14		3,96

U_m = 0,15 W/(m²K)/Mineralfaser	Fall: 30
--	-----------------



Betrachtete Variante:
 Variante 1: mit Dampfbremse
 Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d	λ	μ _{feucht}	μ _{trocken}	ρ	c _p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m³]	[J/(kgK)]
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m³]	[Ws/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Wärmedämmstoff	0,14	0,04	1	1	15	1000
3	Gipsfaserplatte	0,0125	0,32	13	13	1150	1100
4	Luftzwischenraum	R = 0,175 m²K/W		s _d = 0,01 m			
5	Wärmedämmstoff	0,14	0,04	1	1	15	1000
4+5	Rippe	0,16	0,13	20	50	500	1600
6	Dampfbremse			s _d = 2,0 m		980	1800
7	Holzwerkstoffplatte	0,016	0,14	15	50	600	1700
8	Gipskarton-Bauplatte	0,0125	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode m _{w,T} [kg/m²]	Verdunstungsperiode m _{w,V} [kg/m²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max, zul.} [kg/m²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	1/2	0,237	1,087	0,50	nein	ja
2	1/2	1,09	1,683	0,50	ja	nein

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m²]
1	Würzburg	20		x	1/2	0,21	2			
		22		x	1/2	0,21	2			
		24		x	1/2	0,21	2			
	Hof	20		x	1/2	0,43	3			
		22		x	1/2	0,43	3			
		24		x	1/2	0,43	3			
2	Würzburg	20		x	1/2	2,06	3			
		22		x	1/2	2,06	3			
		24		x	1/2	2,06	3			
	Hof	20						x	2,80	1,31
		22						x	2,80	1,30
		24						x	2,80	1,29

$U_m = 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)/Mineralfaser}$

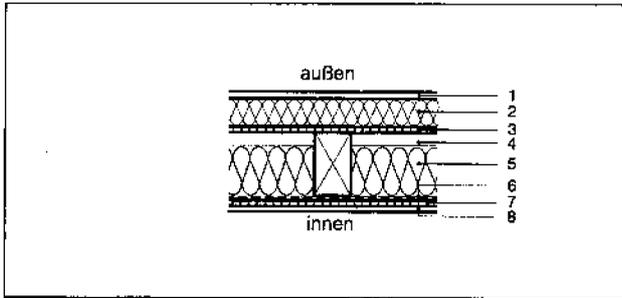
Fall: 30

Schicht		1		2							3	4	5
Teilschicht				2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	2 ₅	2 ₆	2 ₇		5 ₁	
Schichtdicke [m]		0,02		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,0125	0,02	0,02
Rohdichte [kg/m ³]		1.900		15	15	15	15	15	15	15	850	1	15
U _{80%}		45		0	0	0	0	0	0	0	40	0	0
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	29,74	0,58	0,63	0,65	0,65	0,60	0,48	0,38	29,41	0,39	0,33
		W _{max}	110,15	9,37	4,07	2,87	2,31	1,93	1,69	1,79	39,06	1,46	1,36
		U _{max} [%]	5,80	62,47	27,13	19,13	15,40	12,87	11,27	11,93	4,60	112,31	9,07
	Hof	W _{min}	33,75	0,84	0,91	0,91	0,79	0,57	0,43	0,34	28,88	0,35	0,29
		W _{max}	109,22	9,80	3,73	2,66	2,24	2,06	1,95	1,98	39,63	1,63	1,49
		U _{max} [%]	5,75	65,33	24,87	17,73	14,93	13,73	13,00	13,20	4,66	125,38	9,93
2	Würzburg	W _{min}	29,77	0,57	0,62	0,64	0,65	0,62	0,57	0,46	30,62	0,53	0,45
		W _{max}	111,57	10,48	4,39	3,02	2,38	1,99	1,74	1,69	38,56	1,38	1,22
		U _{max} [%]	5,87	69,87	29,27	20,13	15,87	13,27	11,60	11,27	4,54	106,15	8,13
	Hof	W _{min}	33,72	0,83	0,93	0,91	0,88	0,72	0,55	0,43	30,23	0,49	0,41
		W _{max}	110,75	11,75	4,22	2,84	2,24	2,05	1,94	1,97	39,38	1,51	1,36
		U _{max} [%]	5,83	78,33	28,13	18,93	14,93	13,67	12,93	13,13	4,63	116,15	9,07

Schicht		5		6	7	8					
Teilschicht		5 ₂	5 ₃	5 ₄	5 ₅	5 ₆	5 ₇				
Schichtdicke [m]		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,001	0,016	0,0125	
Rohdichte [kg/m ³]		15	15	15	15	15	15	130	600	850	
U _{80%}		0	0	0	0	0	0	0	90	40	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]									
1	Würzburg	W _{min}	0,27	0,22	0,18	0,15	0,13	0,11	0,00	39,60	28,59
		W _{max}	1,38	1,39	1,40	1,43	1,50	1,63	0,00	65,08	32,44
		U _{max} [%]	9,20	9,27	9,33	9,53	10,00	10,87	0,00	10,85	3,82
	Hof	W _{min}	0,24	0,20	0,17	0,14	0,12	0,10	0,00	39,02	28,60
		W _{max}	1,46	1,41	1,35	1,32	1,34	1,41	0,00	64,40	32,51
		U _{max} [%]	9,73	9,40	9,00	8,80	8,93	9,40	0,00	10,73	3,82
2	Würzburg	W _{min}	0,38	0,32	0,27	0,23	0,19	0,16		34,52	28,52
		W _{max}	1,20	1,18	1,16	1,14	1,15	1,18		69,38	32,52
		U _{max} [%]	8,00	7,87	7,73	7,60	7,67	7,87		11,56	3,83
	Hof	W _{min}	0,35	0,29	0,25	0,21	0,18	0,15		33,50	28,52
		W _{max}	1,30	1,24	1,17	1,11	1,08	1,07		67,23	32,55
		U _{max} [%]	8,67	8,27	7,80	7,40	7,20	7,13		11,21	3,83

$U_m = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})/\text{Mineralfaser}$

Fall: 31



Betrachtete Variante:

Variante 1: mit Dampfbremse

Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{feucht}	$\mu_{trocken}$	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Wärmedämmstoff	0,07	0,04	1	1	15	1000
3	Gipsfaserplatte	0,0125	0,32	13	13	1150	1100
4	Luftzwischenraum	$R = 0,175 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$		$s_d = 0,01 \text{ m}$			
5	Wärmedämmstoff	0,14	0,04	1	1	15	1000
4+5	Rippe	0,16	0,13	20	50	500	1600
6	Dampfbremse			$s_d = 2,0 \text{ m}$		980	1800
7	Holzwerkstoffplatte	0,016	0,14	15	50	600	1700
8	Gipskarton-Bauplatte	0,0125	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max,zul}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	1/2	0,243	1,093	0,50	nein	ja
2	1/2	1,206	1,768	0,50	ja	nein

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]	
1	Würzburg	20		x	1/2	0,22	2				
		22		x	1/2	0,22	2				
		24		x	1/2	0,22	2				
	Hof	20		x	1/2	0,44	3				
		22		x	1/2	0,44	3				
		24		x	1/2	0,44	3				
2	Würzburg	20		x	1/2	2,32	3				
		22		x	1/2	2,32	3				
		24		x	1/2	2,32	3				
	Hof	20							x	0,32	1,63
		22							x	0,32	1,61
		24							x	0,32	1,60

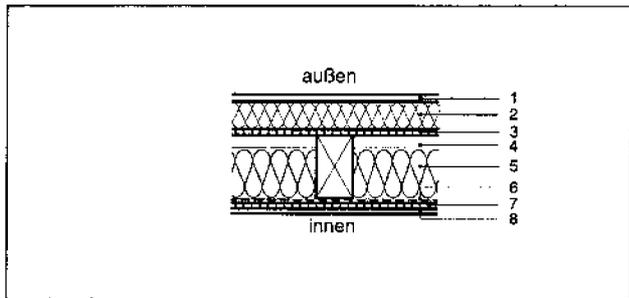
$U_m = 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)/Mineralfaser}$

Fall: 31

Schicht		1	2			3	4	5					
Teilschicht			2 ₁	2 ₂	2 ₃			5 ₁	5 ₂	5 ₃	5 ₄	5 ₅	
Schichtdicke [m]		0,02	0,02	0,02	0,03	0,0125	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Rohdichte [kg/m ³]		1.900	155	155	155	850	1	50	50	50	50	50	
u _{80%}		45	19	19	19	40	0	6	6	6	6	6	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	27,53	0,53	0,60	0,51	30,66	0,53	0,46	0,34	0,25	0,19	0,15
		W _{max}	104,94	5,87	2,68	2,18	39,67	1,65	1,40	1,30	1,33	1,34	1,39
		u _{max} [%]	5,52	3,79	1,73	1,41	4,67	126,92	2,80	2,60	2,66	2,68	2,78
	Hof	W _{min}	30,80	0,69	0,79	0,65	31,00	0,53	0,42	0,31	0,23	0,18	0,14
		W _{max}	104,01	7,29	2,56	2,23	40,40	1,64	1,48	1,45	1,42	1,36	1,34
		u _{max} [%]	5,47	4,70	1,65	1,44	4,75	126,15	2,96	2,90	2,84	2,72	2,68
2	Würzburg	W _{min}	27,55	0,52	0,58	0,52	31,14	0,62	0,55	0,49	0,37	0,29	0,23
		W _{max}	106,71	7,04	2,97	2,28	40,06	1,70	1,41	1,20	1,16	1,15	1,14
		u _{max} [%]	5,62	4,54	1,92	1,47	4,71	130,77	2,82	2,40	2,32	2,30	2,28
	Hof	W _{min}	30,88	0,70	0,78	0,69	32,74	0,75	0,59	0,45	0,35	0,27	0,22
		W _{max}	106,31	8,75	2,97	2,30	40,35	1,64	1,41	1,34	1,27	1,19	1,13
		u _{max} [%]	5,60	5,65	1,92	1,48	4,75	126,15	2,82	2,68	2,54	2,38	2,26

Schicht				6	7	8							
Teilschicht		5 ₆	5 ₇										
Schichtdicke [m]		0,02	0,02	0,001	0,016	0,0125							
Rohdichte [kg/m ³]		50	50	130	600	850							
u _{80%}		6	6		90	40							
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	0,12	0,10	0,00	39,94	28,64						
		W _{max}	1,52	1,77	0,00	64,77	32,49						
		u _{max} [%]	3,04	3,54	0,00	10,80	3,82						
	Hof	W _{min}	0,11	0,09	0,00	39,44	28,65						
		W _{max}	1,38	1,51	0,00	64,24	32,58						
		u _{max} [%]	2,76	3,02	0,00	10,71	3,83						
2	Würzburg	W _{min}	0,19	0,15		33,99	28,55						
		W _{max}	1,16	1,22		69,07	32,56						
		u _{max} [%]	2,32	2,44		11,51	3,83						
	Hof	W _{min}	0,17	0,14		33,08	28,56						
		W _{max}	1,10	1,10		66,91	32,61						
		u _{max} [%]	2,20	2,20		11,15	3,84						

U_m = 0,25 W/(m²K)/Mineralfaser **Fall: 32**



Betrachtete Variante:
 Variante 1: mit Dampfbremse
 Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d	λ	μ _{feucht}	μ _{trocken}	ρ	c _p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m³]	[J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Wärmedämmstoff	0,06	0,04	1	1	15	1000
3	Gipsfaserplatte	0,0125	0,32	13	13	1150	1100
4	Luftzwischenraum	R = 0,18 m²K/W		s _d = 0,01 m			
5	Wärmedämmstoff	0,1	0,04	1	1	15	1000
4+5	Rippe	0,16	0,13	20	50	500	1600
6	Dampfbremse			s _d = 0,2 m		980	1800
7	Holzwerkstoffplatte	0,016	0,14	15	50	600	1700
8	Gipskarton-Bauplatte	0,0125	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode m _{w,T} [kg/m²]	Verdunstungsperiode m _{w,V} [kg/m²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max, zul} [kg/m²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	1/2	0,241	1,106	0,50	nein	ja
2	1/2	1,509	2,005	0,50	ja	nein

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m²]	
1	Würzburg	20		x	1/2	0,22	2				
		22		x	1/2	0,22	2				
		24		x	1/2	0,22	2				
	Hof	20		x	1/2	0,61	3				
		22		x	1/2	0,61	3				
		24		x	1/2	0,61	3				
2	Würzburg	20		x	1/2	2,55	3				
		22		x	1/2	2,55	3				
		24		x	1/2	2,55	3				
	Hof	20							x	3,44	1,88
		22							x	3,44	1,87
		24							x	3,44	1,85

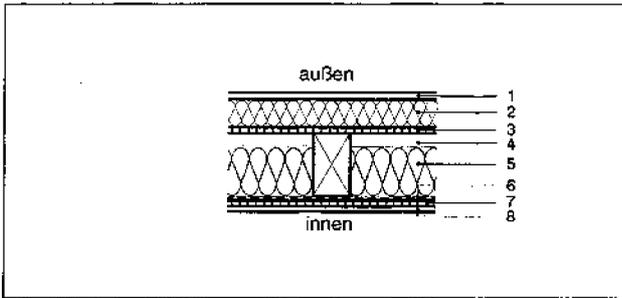
$U_m = 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)/Mineralfaser}$

Fall: 32

Schicht		1	2			3	4	5					
Teilschicht			2 ₁	2 ₂	2 ₃			5 ₁	5 ₂	5 ₃	5 ₄	5 ₅	
Schichtdicke [m]		0,02	0,02	0,02	0,02	0,0125	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Rohdichte [kg/m ³]		1.900	15	15	15	850	1	15	15	15	15	15	
u _{80%}		45	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	27,76	0,54	0,60	0,47	30,37	0,49	0,37	0,25	0,17	0,13	0,09
		W _{max}	106,06	5,59	2,49	2,19	39,56	1,59	1,53	1,40	1,46	1,66	2,08
		u _{max} [%]	5,58	37,27	16,60	14,60	4,65	122,31	10,20	9,33	9,73	11,07	13,87
	Hof	W _{min}	31,19	0,69	0,78	0,51	30,24	0,45	0,34	0,23	0,16	0,12	0,09
		W _{max}	104,65	6,40	2,43	2,31	40,55	1,65	1,54	1,49	1,47	1,55	1,80
		u _{max} [%]	5,51	42,67	16,20	15,40	4,77	126,92	10,27	9,93	9,80	10,33	12,00
2	Würzburg	W _{min}	27,35	0,51	0,57	0,48	30,84	0,57	0,50	0,36	0,26	0,20	0,15
		W _{max}	106,11	6,32	2,56	2,23	39,74	1,57	1,28	1,15	1,16	1,22	1,34
		u _{max} [%]	5,58	42,13	17,07	14,87	4,68	120,77	8,53	7,67	7,73	8,13	8,93
	Hof	W _{min}	30,81	0,68	0,75	0,61	31,49	0,62	0,48	0,34	0,24	0,18	0,14
		W _{max}	105,37	7,56	2,52	2,31	40,10	1,55	1,35	1,27	1,21	1,19	1,22
		u _{max} [%]	5,55	50,40	16,80	15,40	4,72	119,23	9,00	8,47	8,07	7,93	8,13

Schicht		6	7	8	
Teilschicht					
Schichtdicke [m]		0,001	0,016	0,0125	
Rohdichte [kg/m ³]		130	600	850	
u _{80%}		0	90	40	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]			
1	Würzburg	W _{min}	0,00	40,52	28,69
		W _{max}	0,00	65,08	32,57
		u _{max} [%]	0,00	10,85	3,83
	Hof	W _{min}	0,00	40,06	28,72
		W _{max}	0,00	64,70	32,70
		u _{max} [%]	0,00	10,78	3,85
2	Würzburg	W _{min}		34,14	28,60
		W _{max}		69,64	32,64
		u _{max} [%]		11,61	3,84
	Hof	W _{min}		33,20	28,62
		W _{max}		67,63	32,73
		u _{max} [%]		11,27	3,85

U_m = 0,15 W/(m²K)/Holzfaserdämmstoff **Fall: 33**



Betrachtete Variante:
 Variante 1: mit Dampfbremse
 Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d [m]	λ [W/(mK)]	μ _{feucht} [-]	μ _{trocken} [-]	ρ [kg/m³]	c _p [J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Holzfaserdämmstoff	0,14	0,04	5	5	160	2100
3	OSB	0,015	0,13	30	50	650	1700
4	Luftzwischenraum	R = 0,175 m²K/W		s _d = 0,01 m			
5	Zellulosedämmstoff	0,14	0,04	2	2	160	2100
4+5	Rippe	0,16	0,13	20	50	500	1600
6	Dampfbremse			s _d = 2,0 m		980	1800
7	Holzwerkstoffplatte	0,016	0,14	15	50	600	1700
8	Gipskarton-Bauplatte	0,0125	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwassererebene	Tauperiode m _{w,T} [kg/m²]	Verdunstungsperiode m _{w,v} [kg/m²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max.,zul.} [kg/m²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	1/2	0,152	1,028	0,50	nein	ja
2	1/2+3/4	0,178/0,289	1,912	0,50/0,292	ja	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, Tauwasseremenge verdunstet vollständig	Schicht mit maximaler Tauwasseremenge oder Trenneben	maximale Tauwasseremenge w _{max} [kg/m²]	Monat mit maximaler Tauwasseremenge	Tauwasseremenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwasseremenge im Bauteil w _{max} [kg/m²]	Tauwasseremenge nach 12 Monaten im Bauteil w [kg/m²]
1	Würzburg	20		x	1/2	0,05	2			
		22		x	1/2	0,05	2			
		24		x	1/2	0,05	2			
	Hof	20		x	1/2	0,18	3			
		22		x	1/2	0,18	3			
		24		x	1/2	0,18	3			
2	Würzburg	20		x	1/2	0,38	2			
		22		x	1/2	0,38	2			
		24		x	1/2	0,38	2			
	Hof	20		x	1/2	0,67	3			
		22		x	1/2	0,67	3			
		24		x	1/2	0,67	3			

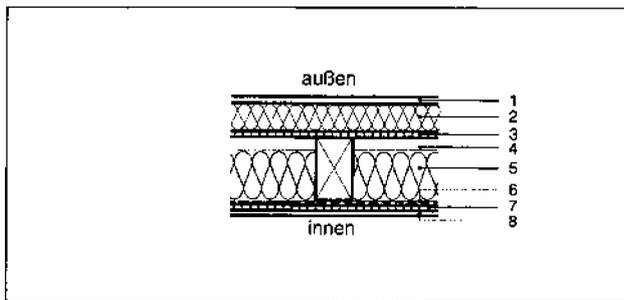
$U_m = 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)/Holzfaserdämmstoff}$

Fall: 33

Schicht		1	2							3	4	5	
Teilschicht			2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	2 ₅	2 ₆	2 ₇			5 ₁	
Schichtdicke [m]		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,015	0,02	0,02	
Rohdichte [kg/m ³]		1.900	155	155	155	155	155	155	155	650	1	50	
U _{80%}		45	19	19	19	19	19	19	19	0	0	6	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	31,33	13,83	14,85	15,13	15,26	14,69	13,97	12,86	45,60	0,67	3,42
		W _{max}	107,91	30,19	24,37	21,43	19,51	18,52	17,38	15,90	54,45	1,24	4,56
		U _{max} [%]	5,68	19,48	15,72	13,83	12,59	11,95	11,21	10,26	8,38	95,38	9,12
	Hof	W _{min}	33,90	16,20	17,11	17,01	16,59	15,58	14,19	12,44	44,60	0,67	3,37
		W _{max}	107,54	33,30	25,06	21,64	19,62	18,57	17,79	16,70	54,66	1,25	4,57
		U _{max} [%]	5,66	21,48	16,17	13,96	12,66	11,98	11,48	10,77	8,41	96,15	9,14
2	Würzburg	W _{min}	31,35	13,83	14,96	15,28	15,41	15,15	14,33	13,44	46,85	0,71	3,53
		W _{max}	108,70	30,66	25,15	22,15	20,00	18,71	17,21	15,98	58,57	1,31	4,61
		U _{max} [%]	5,72	19,78	16,23	14,29	12,90	12,07	11,10	10,31	9,01	100,77	9,22
	Hof	W _{min}	34,14	16,49	17,38	17,41	17,12	16,45	15,12	13,87	48,30	0,76	3,65
		W _{max}	107,88	34,38	26,55	22,89	20,48	18,95	18,15	17,17	60,44	1,32	4,69
		U _{max} [%]	5,68	22,18	17,13	14,77	13,21	12,23	11,71	11,08	9,30	101,54	9,38

Schicht		5					6	7	8		
Teilschicht		5 ₂	5 ₃	5 ₄	5 ₅	5 ₆	5 ₇				
Schichtdicke [m]		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,001	0,16	0,0125	
Rohdichte [kg/m ³]		50	50	50	50	50	50	130	600	850	
U _{80%}		6	6	6	6	6	6	0		40	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]									
1	Würzburg	W _{min}	3,25	2,85	2,46	2,18	1,92	1,69	0,00	40,91	28,63
		W _{max}	4,37	4,22	4,19	4,23	4,28	4,34	0,00	63,65	32,37
		U _{max} [%]	8,74	8,44	8,38	8,46	8,56	8,68	0,00	10,61	3,81
	Hof	W _{min}	3,16	2,76	2,40	2,11	1,85	1,63	0,00	40,61	28,65
		W _{max}	4,31	4,09	3,99	3,95	3,93	3,93	0,00	62,96	32,44
		U _{max} [%]	8,62	8,18	7,98	7,90	7,86	7,86	0,00	10,49	3,82
2	Würzburg	W _{min}	3,42	3,12	2,64	2,36	2,11	1,88		38,18	28,59
		W _{max}	4,38	4,18	4,06	4,04	4,05	4,08		65,40	32,41
		U _{max} [%]	8,76	8,36	8,12	8,08	8,10	8,16		10,90	3,81
	Hof	W _{min}	3,49	3,04	2,58	2,29	2,04	1,82		37,37	28,60
		W _{max}	4,42	4,22	4,05	3,98	3,93	3,90		63,72	32,45
		U _{max} [%]	8,84	8,44	8,10	7,96	7,86	7,80		10,62	3,82

U_m = 0,20 W/(m²K)/Holzfaserdämmstoff **Fall: 34**



Betrachtete Variante:

Variante 1: mit Dampfbremse

Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d	λ	μ _{feucht}	μ _{trocken}	ρ	c _p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Holzfaserdämmstoff	0,07	0,04	5	5	160	2100
3	OSB	0,015	0,13	30	50	650	1700
4	Luftzwischenraum	R = 0,175 m ² K/W		s _d = 0,01 m			
5	Zellulosedämmstoff	0,14	0,04	5	5	160	2100
4+5	Rippe	0,16	0,13	20	50	500	1600
6	Dampfbremse			s _d = 2,0 m		980	1800
7	Holzwerkstoffplatte	0,016	0,14	15	50	600	1700
8	Gipskarton-Bauplatte	0,0125	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode m _{w,T} [kg/m ²]	Verdunstungsperiode m _{w,V} [kg/m ²]	Grenzwert Δ m _{zul} Oder m _{max.,zul.} [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	1/2	0,147	1,026	0,50	nein	ja
2	1/2+3/4	0,255/0,210	1,473	0,50/0,292	ja	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, Tau- wassermenge verdunstet vollständig	Schicht mit maximaler Tauwassermenge oder Trenneben	maximale Tauwassermenge w _{max} [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil w _{max} [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil w [kg/m ²]
1	Würzburg	20		x	1/2	0,08	2			
		22		x	1/2	0,08	2			
		24		x	1/2	0,08	2			
	Hof	20		x	1/2	0,22	3			
		22		x	1/2	0,22	3			
		24		x	1/2	0,22	3			
2	Würzburg	20		x	1+3	0,99	3			
		22		x	1+3	0,99	3			
		24		x	1+3	0,99	3			
	Hof	20		x	1+3	1,63	3			
		22		x	1+3	1,63	3			
		24		x	1+3	1,63	3			

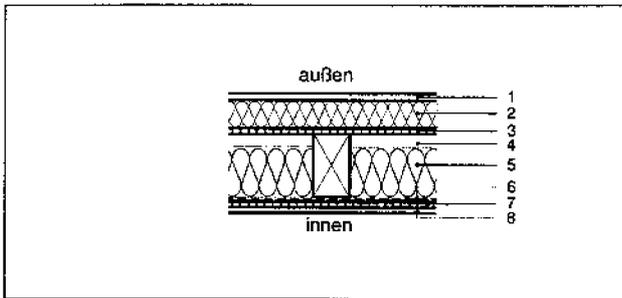
$U_m = 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)/Holzfaserdämmstoff}$

Fall: 34

Schicht		1	2			3	4	5					
Teilschicht			2 ₁	2 ₂	2 ₃			5 ₁	5 ₂	5 ₃	5 ₄	5 ₅	
Schichtdicke [m]		0,02	0,02	0,02	0,03	0,015	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Rohdichte [kg/m ³]		1.900	155	155	155	650	1	50	50	50	50	50	
U _{80%}		45	19	19	19	81,5	0	6	6	6	6	6	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	29,12	12,73	13,70	13,34	47,86	0,74	3,74	3,31	2,65	2,25	1,92
		W _{max}	103,51	26,36	21,52	18,69	64,74	1,36	4,61	4,43	4,25	4,22	4,25
		U _{max} [%]	5,45	17,01	13,88	12,06	9,96	104,62	9,22	8,86	8,50	8,44	8,50
	Hof	W _{min}	31,51	14,93	15,56	14,73	50,22	0,80	3,80	3,20	2,55	2,16	1,84
		W _{max}	103,23	28,99	22,08	18,91	65,48	1,37	4,75	4,51	4,34	4,23	4,14
		U _{max} [%]	5,43	18,70	14,25	12,20	10,07	105,38	9,50	9,02	8,68	8,46	8,28
2	Würzburg	W _{min}	29,10	12,76	13,72	13,59	48,03	0,74	3,77	3,65	3,97	2,50	2,17
		W _{max}	104,28	27,22	22,47	19,37	71,51	1,48	4,76	4,42	4,25	4,10	4,06
		U _{max} [%]	5,49	17,56	14,50	12,50	11,00	113,85	9,52	8,84	8,50	8,20	8,12
	Hof	W _{min}	31,64	15,15	16,07	15,43	54,18	0,96	4,22	3,59	2,89	2,43	2,11
		W _{max}	104,34	30,77	23,53	19,77	74,18	1,55	4,84	4,64	4,44	4,31	4,19
		U _{max} [%]	5,49	19,85	15,18	12,75	11,41	119,23	9,68	9,28	8,88	8,62	8,38

Schicht				6	7	8						
Teilschicht		5 ₆	5 ₇									
Schichtdicke [m]		0,02	0,02	0,001	0,016	0,0125						
Rohdichte [kg/m ³]		50	50	130	600	850						
U _{80%}		6	6	0	90	40						
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]										
1	Würzburg	W _{min}	1,63	1,38	0,00	40,60	28,66					
		W _{max}	4,32	4,43	0,00	63,65	32,45					
		U _{max} [%]	8,64	8,86	0,00	10,61	3,82					
	Hof	W _{min}	1,56	1,32	0,00	40,28	28,68					
		W _{max}	4,10	4,12	0,00	63,23	32,56					
		U _{max} [%]	8,20	8,24	0,00	10,54	3,83					
2	Würzburg	W _{min}	1,89	1,64		36,14	28,59					
		W _{max}	4,08	4,13		65,39	32,50					
		U _{max} [%]	8,16	8,26		10,90	3,82					
	Hof	W _{min}	1,82	1,57		35,33	28,60					
		W _{max}	4,09	4,02		64,19	32,57					
		U _{max} [%]	8,18	8,04		10,70	3,83					

U_m = 0,25 W/(m²K)/Holzfaserdämmstoff	Fall: 35
--	-----------------



Betrachtete Variante:

Variante 1: mit Dampfbremse

Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d	λ	μ _{feucht}	μ _{trocken}	ρ	c _p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m³]	[J/(kgK)]
1	Kalkzementputz	0,02	1,0	15	35	(1800)	1000
2	Holzfaserdämmstoff	0,06	0,04	5	5	160	2100
3	OSB	0,015	0,14	30	50	650	1700
4	Luftzwischenraum	R = 0,18 m²K/W		s _d = 0,01 m			
5	Zellulosedämmstoff	0,1	0,04	2	2	160	2100
4+5	Rippe	0,16	0,13	20	50	500	1600
6	Dampfbremse			s _d = 2,0 m		980	1800
7	Holzwerkstoffplatte	0,016	0,14	15	50	600	1700
8	Gipskarton-Bauplatte	0,0125	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode m _{w,T} [kg/m²]	Verdunstungsperiode m _{w,V} [kg/m²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max.zul.} [kg/m²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	1/2	0,176	1,048	0,50	nein	ja
2	1/2+3/4	0,652/0,263	2,079	0,50/0,292	ja	nein

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufitemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil
						[kg/m²]			[kg/m²]	[kg/m²]
1	Würzburg	20		x	1	0,08	2			
		22		x	1	0,08	2			
		24		x	1	0,08	2			
	Hof	20		x	1	0,22	3			
		22		x	1	0,22	3			
		24		x	1	0,22	3			
2	Würzburg	20		x	1+3	1,00	2			
		22		x	1+3	1,00	2			
		24		x	1+3	1,00	2			
	Hof	20		x	1+3	1,72	3			
		22		x	1+3	1,72	3			
		24		x	1+3	1,72	3			

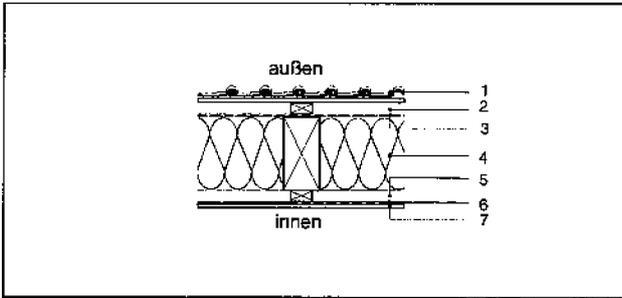
$U_m = 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)/Holzfaserdämmstoff}$

Fall: 35

Schicht		1	2			3	4	5					
Teilschicht			2 ₁	2 ₂	2 ₃			5 ₁	5 ₂	5 ₃	5 ₄	5 ₅	
Schichtdicke [m]		0,02	0,02	0,02	0,02	0,015	0,06	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Rohdichte [kg/m ³]		1.900	155	155	155	650	1	50	50	50	50	50	
U _{80%}		45	19	19	19	81,5	0	6	6	6	6	6	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	w _{min}	29,55	12,85	13,56	12,54	46,02	0,72	3,58	2,78	2,20	1,77	1,42
		w _{max}	105,09	26,51	20,56	18,52	63,56	1,31	4,56	4,35	4,35	4,45	4,62
		U _{max} [%]	5,53	17,10	13,26	11,95	9,78	100,77	9,12	8,70	8,70	8,90	9,24
	Hof	w _{min}	31,93	14,85	15,07	13,85	48,28	0,75	3,56	2,68	2,13	1,71	1,37
		w _{max}	104,81	29,11	20,82	18,61	63,29	1,33	4,69	4,50	4,38	4,33	4,38
		U _{max} [%]	5,52	18,78	13,43	12,01	9,74	102,31	9,38	9,00	8,76	8,66	8,76
2	Würzburg	w _{min}	29,07	12,61	13,53	12,61	46,62	0,70	3,60	3,07	2,42	2,01	1,66
		w _{max}	104,23	26,94	21,34	18,73	67,68	1,39	4,59	4,28	4,10	4,11	4,19
		U _{max} [%]	5,5	17,4	13,8	12,1	10,4	106,9	9,2	8,6	8,2	8,2	8,4
	Hof	w _{min}	31,48	14,89	15,29	14,32	50,66	0,85	3,84	2,98	2,36	1,94	1,60
		w _{max}	104,17	30,52	22,12	18,98	69,43	1,43	4,72	4,44	4,28	4,17	4,12
		U _{max} [%]	5,5	19,7	14,3	12,2	10,7	110,0	9,4	8,9	8,6	8,3	8,2

Schicht		6	7	8	
Teilschicht					
Schichtdicke [m]		0,001	0,016	0,0125	
Rohdichte [kg/m ³]		130	600	850	
U _{80%}		0	90	40	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]			
1	Würzburg	w _{min}	0,00	41,34	28,72
		w _{max}	0,00	63,89	32,53
		U _{max} [%]	0,00	10,65	3,83
	Hof	w _{min}	0,00	41,10	28,74
		w _{max}	0,00	63,70	32,67
		U _{max} [%]	0,00	10,62	3,84
2	Würzburg	w _{min}		36,58	28,65
		w _{max}		65,56	32,57
		U _{max} [%]		10,9	3,8
	Hof	w _{min}		35,77	28,67
		w _{max}		64,54	32,68
		U _{max} [%]		10,8	3,8

Dach -U₀ = 0,20 W/(m²K)/Mineralfaser **Fall: 36**



Betrachtete Variante:
 Variante 1: mit Dampfbremse
 Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d [m]	λ [W/(mK)]	μ _{flucht} [-]	μ _{rocken} [-]	ρ [kg/m³]	c _p [J/(kgK)]
1	Betonstein	0,015	1,15	60	100	1800	1000
2	Luftzwischenraum	0,048					
3	Unterspannbahn			s _d = 0,20 m			
4	Wärmedämmstoff	0,2	0,04	1	1	10	1000
4'	Rippe	0,2	0,13	20	50	500	1600
5	Luftschicht	0,01	0,0571428	s _d = 0,01 m			
6	Dampfbremse			s _d = 2,0 m		980	1800
7	Gipskarton-Bauplatte	0,0125	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode m _{w,T} [kg/m²]	Verdunstungsperiode m _{w,V} [kg/m²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max,zul.} [kg/m²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	3/4	0,106	10,615	0,50	nein	ja
2	3/4	3,06	17,214	0,50	ja	nein

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m²]
1	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20	x	1/2	0,07	1				
		22	x	1/2	0,07	1				
		24	x	1/2	0,07	1				
2	Würzburg	20	x	1/2	5,24	3				
		22	x	1/2	5,24	3				
		24	x	1/2	5,24	3				
	Hof	20						x	7,23	2,19
		22						x	7,23	2,16
		24						x	7,23	2,13

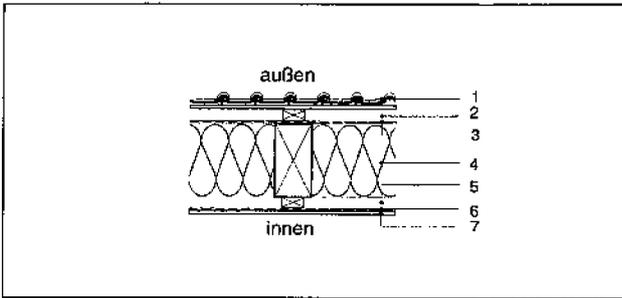
Dach - $U_0 = 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)/Mineralfaser}$

Fall: 36

Schicht		1	2	3	4						5	6	
Teilschicht					4 ₁	4 ₂	4 ₃	4 ₄	4 ₅	4 ₆			
Schichtdicke [m]		0,015	0,048	0,001	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,1	0,03	0,001	
Rohdichte [kg/m ³]		1.650	1	130	15	15	15	15	15	15	1	130	
U _{80%}		9,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	1,26	0,11	0,00	0,17	0,22	0,27	0,30	0,32	0,18	0,09	0,00
		W _{max}	371,22	17,41	0,05	17,90	4,69	3,26	2,64	2,47	2,24	3,19	0,00
		U _{max} [%]	22,50	1339,23	0,04	119,33	31,27	21,73	17,60	16,47	14,93	245,38	0,00
	Hof	W _{min}	1,23	0,11	0,00	0,16	0,20	0,24	0,27	0,31	0,17	0,09	0,00
		W _{max}	370,00	19,02	0,08	23,98	5,89	4,22	3,62	3,36	3,16	3,85	0,00
		U _{max} [%]	22,42	1463,08	0,06	159,87	39,27	28,13	24,13	22,40	21,07	296,15	0,00
2	Würzburg	W _{min}	1,23	0,11	0,00	0,15	0,19	0,23	0,27	0,31	0,38	0,27	
		W _{max}	371,13	17,00	0,07	89,31	7,37	4,13	2,87	2,15	1,36	1,24	
		U _{max} [%]	22,5	1.307,7	0,1	595,4	49,1	27,5	19,1	14,3	9,1	95,4	
	Hof	W _{min}	1,25	0,12	0,00	0,18	0,22	0,26	0,30	0,34	0,47	0,27	
		W _{max}	370,00	18,03	0,06	141,64	8,22	4,69	3,28	2,49	1,57	1,34	
		U _{max} [%]	22,4	1.386,9	0,0	944,3	54,8	31,3	21,9	16,6	10,5	103,1	

Schicht		7											
Teilschicht													
Schichtdicke [m]		0,0125											
Rohdichte [kg/m ³]		850											
U _{80%}		40											
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	28,60										
		W _{max}	32,73										
		U _{max} [%]	3,85										
	Hof	W _{min}	28,64										
		W _{max}	32,93										
		U _{max} [%]	3,87										
2	Würzburg	W _{min}	28,16										
		W _{max}	34,36										
		U _{max} [%]	4,0										
	Hof	W _{min}	28,15										
		W _{max}	34,58										
		U _{max} [%]	4,1										

Dach - Unterspannbahn: $s_d = 5,0m$ /Mineralfaser **Fall: 37**



Betrachtete Variante:

Variante 1: mit Dampfbremse

Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d [m]	λ [W/(mK)]	μ_{feucht} [-]	μ_{trocken} [-]	ρ [kg/m ³]	c_p [J/(kgK)]
1	Betonstein	0,015	1,15	60	100	1800	1000
2	Luftzwischenraum	0,048					
3	Unterspannbahn			$s_d = 5,0 \text{ m}$			
4	Wärmedämmstoff	0,2	0,04	1	1	10	1000
4'	Rippe	0,2	0,13	20	50	500	1600
5	Luftschicht		$R = 0,16 \text{ m}^2\text{K/W}$	$s_d = 0,01 \text{ m}$			
6	Dampfbremse			$s_d = 30 \text{ m}$		980	1800
7	Gipskarton-Bauplatte	0,0125	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,v}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max.,zul.}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	3/4	0,018	0,455	0,50	nein	ja
2	3/4	3,325	7,892	0,50	ja	nein

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwasser- menge verdunstet vollständig	Schicht mit maximaler Tauwasser- menge oder Trenneben	maximale Tauwasser- menge w_{max} [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwasser- menge	c) Tauwasser- menge verdunstet unvollständig	maximale Tauwasser- menge im Bauteil w_{max} [kg/m ²]	Tauwasser- menge nach 12 Monaten im Bauteil w [kg/m ²]	
1	Würzburg	20		x	1/2	0,006	2				
		22		x	1/2	0,006	2				
		24		x	1/2	0,006	2				
	Hof	20		x	1/2	0,02	3				
		22		x	1/2	0,02	3				
		24		x	1/2	0,02	3				
2	Würzburg	20						x	7,27	4,06	
		22						x	7,27	4,04	
		24							x	7,27	4,03
	Hof	20							x	9,75	8,75
		22							x	9,75	8,74
		24							x	9,75	8,72

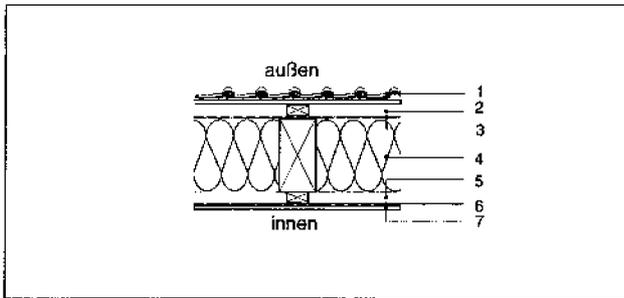
Dach - Unterspannbahn: $s_d = 5,0m$ /Mineralfaser

Fall: 37

Schicht		1	2	3	4						5	6	
Teilschicht					4 ₁	4 ₂	4 ₃	4 ₄	4 ₅	4 ₆			
Schichtdicke [m]		0,015	0,048	0,001	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,1	0,03	0,001	
Rohdichte [kg/m³]		1.650	1	130	15	15	15	15	15	15	1	130	
U _{80%}		9,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m³]											
1	Würzburg	W _{min}	0,75	0,05	0,00	0,15	0,20	0,24	0,29	0,32	0,14	0,07	0,00
		W _{max}	370,90	15,73	0,01	6,01	1,90	1,35	1,11	0,95	0,80	1,28	0,00
		U _{max} [%]	22,48	1210,00	0,01	40,07	12,67	9,00	7,40	6,33	5,33	98,46	0,00
	Hof	W _{min}	0,73	0,05	0,00	0,19	0,24	0,29	0,33	0,28	0,13	0,07	0,00
		W _{max}	370,00	15,39	0,01	6,12	1,85	1,27	1,02	0,85	0,80	1,18	0,00
		U _{max} [%]	22,42	1183,85	0,01	40,80	12,33	8,47	6,80	5,67	5,33	90,77	0,00
2	Würzburg	W _{min}	0,76	0,05	0,00	0,14	0,18	0,22	0,26	0,30	0,47	0,27	
		W _{max}	370,78	15,33	0,03	110,59	8,76	5,24	3,73	2,84	1,61	1,14	
		U _{max} [%]	22,5	1.179,2	0,0	737,3	58,4	34,9	24,9	18,9	10,7	87,7	
	Hof	W _{min}	0,76	0,05	0,00	0,28	0,36	0,43	0,48	0,52	0,47	0,27	
		W _{max}	370,00	15,23	0,03	169,44	10,26	6,20	4,38	3,32	1,95	1,53	
		U _{max} [%]	22,4	1.171,5	0,0	1.129,6	68,4	41,3	29,2	22,1	13,0	117,7	

Schicht		7											
Teilschicht													
Schichtdicke [m]		0,0125											
Rohdichte [kg/m³]		850											
U _{80%}		40											
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m³]											
1	Würzburg	W _{min}	28,64										
		W _{max}	32,55										
		U _{max} [%]	3,83										
	Hof	W _{min}	28,68										
		W _{max}	32,74										
		U _{max} [%]	3,85										
2	Würzburg	W _{min}	28,16										
		W _{max}	33,28										
		U _{max} [%]	3,9										
	Hof	W _{min}	28,15										
		W _{max}	34,97										
		U _{max} [%]	4,1										

Unterdach Hartfaserplatte / Mineralfaser **Fall: 38**



Betrachtete Variante:
 Variante 1: mit Dampfbremse
 Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d	λ	μ _{flucht}	μ _{rocken}	ρ	c _p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Betonstein	0,015	1,15	60	100	1800	1000
2	Luftzwischenraum	0,048					
3	Hartfaserplatte	0,003	0,17	70	70	1000	1700
4	Wärmedämmstoff	0,2	0,04	1	1	10	1000
4'	Rippe	0,2	0,13	20	50	500	1600
5	Luftschiicht	R = 0,16 m ² K/W		s _d = 0,01 m			
6	Dampfbremse			s _d = 2,0 m		980	1800
7	Gipskarton-Bauplatte	0,0125	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode m _{w,T} [kg/m ²]	Verdunstungsperiode m _{w,V} [kg/m ²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max.,zul.} [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	1	0,108	10,123	0,50	nein	ja
2	1	2,82	16,221	0,50	ja	nein

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
1	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20		x	1/2	0,06	1			
		22		x	1/2	0,06	1			
		24		x	1/2	0,06	1			
2	Würzburg	20		x	1/2	5,26	3			
		22		x	1/2	5,26	3			
		24		x	1/2	5,26	3			
	Hof	20						x	7,31	2,37
		22						x	7,31	2,33
		24						x	7,31	2,29

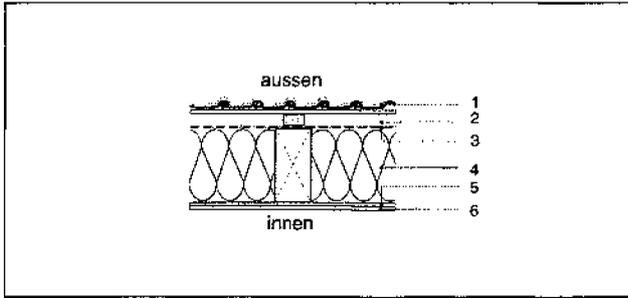
Unterdach Hartfaserplatte / Mineralfaser

Fall: 38

Schicht			1	2	3	4				5	6		
Teilschicht						4 ₁	4 ₂	4 ₃	4 ₄	4 ₅	4 ₆		
Schichtdicke [m]			0,015	0,048	0,003	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,1	0,03	0,001
Rohdichte [kg/m ³]			1.650	1	800	15	15	15	15	15	15	1	130
U _{80%}			9,2	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	0,91	0,08	22,28	0,16	0,17	0,17	0,18	0,18	0,13	0,07	0,67
		W _{max}	370,86	15,66	155,41	4,08	1,78	1,49	1,34	1,23	1,12	1,56	0,67
		U _{max} [%]	22,48	1204,62	19,43	27,20	11,87	9,93	8,93	8,20	7,47	120,00	0,52
	Hof	W _{min}	0,87	0,07	22,74	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,16	0,09	0,00
		W _{max}	370,00	15,59	183,44	7,64	2,14	1,59	1,38	1,24	1,06	1,42	0,00
		U _{max} [%]	22,42	1199,23	22,93	50,93	14,27	10,60	9,20	8,27	7,07	109,23	0,00
2	Würzburg	W _{min}	0,91	0,08	23,16	0,18	0,21	0,24	0,28	0,30	0,37	0,27	
		W _{max}	370,87	16,10	254,82	63,63	5,27	2,98	2,07	1,57	1,03	1,00	
		U _{max} [%]	22,5	1.238,5	31,9	424,2	35,1	19,9	13,8	10,5	6,9	76,9	
	Hof	W _{min}	0,89	0,08	25,05	0,21	0,24	0,27	0,30	0,34	0,46	0,27	
		W _{max}	370,00	15,19	234,69	105,75	6,10	3,49	2,54	1,98	1,16	1,01	
		U _{max} [%]	22,4	1.168,5	29,3	705,0	40,7	23,3	16,9	13,2	7,7	77,7	

Schicht			7
Teilschicht			
Schichtdicke [m]			0,0125
Rohdichte [kg/m ³]			850
U _{80%}			40
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]	
1	Würzburg	W _{min}	28,65
		W _{max}	32,57
		U _{max} [%]	3,83
	Hof	W _{min}	28,65
		W _{max}	32,67
		U _{max} [%]	3,84
2	Würzburg	W _{min}	28,16
		W _{max}	33,44
		U _{max} [%]	3,9
	Hof	W _{min}	28,15
		W _{max}	33,43
		U _{max} [%]	3,9

Dach - Unterspannbahn: $s_d = 0,20m$ /Mineralfaser **Fall: 39**



Betrachtete Variante:
 Variante 1: mit Dampfbremse
 Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{feucht}	$\mu_{trocken}$	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Betonstein	0,015	1,15	60	100	1800	1000
2	Luftzwischenraum	0,048					
3	Unterspannbahn			$s_d = 0,20 m$			
4	Wärmedämmstoff	0,2	0,04	1	1	10	1000
4'	Rippe	0,2	0,13	20	50	500	1600
5	Dampfbremse			$s_d = 2,0 m$		980	1800
6	Spanplatte	0,019	0,14	15	50	600	1700
7	Gipskarton-Bauplatte	0,0095	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max,zul}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	3/4	0,069	10,533	0,50	nein	ja
2	3/4	1,384	13,491	0,50	ja	nein

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	Tauwassermenge verdunstet c) unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
1	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20		x	1/2	0,02	1			
		22		x	1/2	0,02	1			
		24		x	1/2	0,02	1			
2	Würzburg	20		x	1/2	1,68	3			
		22		x	1/2	1,68	3			
		24		x	1/2	1,68	3			
	Hof	20		x	1/2	2,83	3			
		22		x	1/2	2,83	3			
		24		x	1/2	2,83	3			

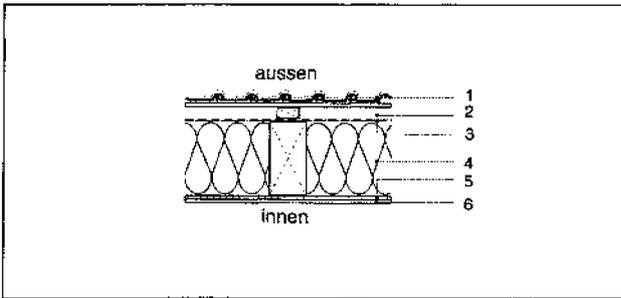
Dach - Unterspannbahn: $s_d = 0,20m$ /Mineralfaser

Fall: 39

Schicht			1	2	3	4					5	6	
Teilschicht						4 ₁	4 ₂	4 ₃	4 ₄	4 ₅	4 ₆		
Schichtdicke [m]			0,015	0,048	0,001	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,1	0,001	0,019
Rohdichte [kg/m ³]			1.650	1	130	15	15	15	15	15	15	130	600
u _{80%}			9,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	0,75	0,05	1,00	0,22	0,30	0,38	0,45	0,37	0,17	0,00	40,44
		W _{max}	370,89	15,72	1,00	18,81	4,72	3,32	2,73	2,48	2,35	0,00	64,23
		u _{max} [%]	22,48	1209,23	0,77	125,40	31,47	22,13	18,20	16,53	15,67	0,00	10,71
	Hof	W _{min}	0,75	0,05	0,00	0,11	0,13	0,16	0,19	0,22	0,15	0,00	39,78
		W _{max}	370,00	15,65	0,03	9,40	2,21	1,72	1,48	1,30	1,12	0,00	62,82
		u _{max} [%]	22,42	1203,85	0,02	62,67	14,73	11,47	9,87	8,67	7,47	0,00	10,47
2	Würzburg	W _{min}	0,75	0,05	1,00	0,18	0,23	0,29	0,34	0,40	0,24		34,28
		W _{max}	370,87	15,70	1,00	40,17	6,76	4,52	3,46	2,76	2,17		67,12
		u _{max} [%]	22,48	1207,69	0,77	267,80	45,07	30,13	23,07	18,40	14,47		11,19
	Hof	W _{min}	0,76	0,05	0,00	0,12	0,15	0,18	0,20	0,22	0,22		33,20
		W _{max}	370,00	16,01	0,05	24,73	2,89	1,80	1,54	1,33	0,99		63,57
		u _{max} [%]	22,42	1231,54	0,04	164,87	19,27	12,00	10,27	8,87	6,60		10,60

Schicht			7
Teilschicht			
Schichtdicke [m]			0,0095
Rohdichte [kg/m ³]			850
u _{80%}			40
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]	
1	Würzburg	W _{min}	28,64
		W _{max}	32,52
		u _{max} [%]	3,83
	Hof	W _{min}	28,66
		W _{max}	32,57
		u _{max} [%]	3,83
2	Würzburg	W _{min}	28,58
		W _{max}	32,55
		u _{max} [%]	3,83
	Hof	W _{min}	28,58
		W _{max}	32,60
		u _{max} [%]	3,84

Dach - Unterspannbahn: $s_d = 5,0m$ /Mineralfaser **Fall: 40**



Betrachtete Variante:

Variante 1: mit Dampfbremse

Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d [m]	λ [W/(mK)]	μ_{feucht} [-]	$\mu_{trocken}$ [-]	ρ [kg/m ³]	c_p [J/(kgK)]
1	Betonstein	0,015	1,15	60	100	1800	1000
2	Luftzwischenraum	0,048					
3	Unterspannbahn			$s_d = 5,0 m$			
4	Wärmedämmstoff	0,2	0,04	1	1	10	1000
4'	Rippe	0,2	0,13	20	50	500	1600
5	Dampfbremse			$s_d = 30 m$		980	1800
6	Spanplatte	0,019	0,14	15	50	600	1700
7	Gipskarton-Bauplatte	0,0095	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zu} oder $m_{max,zu}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	1	0,017	0,454	1,00	ja	-
2	1	1,648	4,122	1,00	ja	-

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	c) Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]	
1	Würzburg	20		x	1/2	0,006	2				
		22		x	1/2	0,006	2				
		24		x	1/2	0,006	2				
	Hof	20		x	1/2	0,02	3				
		22		x	1/2	0,02	3				
		24		x	1/2	0,02	3				
2	Würzburg	20						x	3,57	1,82	
		22						x	3,57	1,82	
		24							x	3,57	1,81
	Hof	20							x	4,77	4,21
		22							x	4,77	4,20
		24							x	4,77	4,20

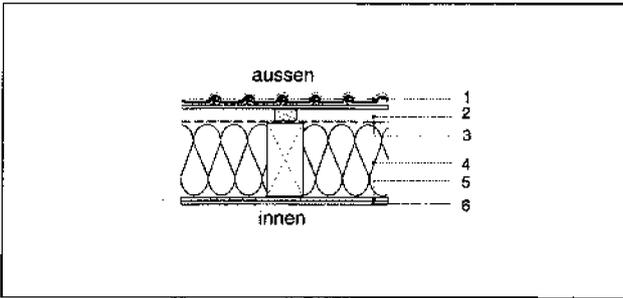
Dach - Unterspannbahn: $s_d = 5,0m$ /Mineralfaser

Fall: 40

Schicht		1	2	3	4						5	6	
Teilschicht					4 ₁	4 ₂	4 ₃	4 ₄	4 ₅	4 ₆			
Schichtdicke [m]		0,015	0,048	0,001	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,1	0,001	0,019	
Rohdichte [kg/m ³]		1.650	1	130	15	15	15	15	15	15	130	600	
U _{90%}		9,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	0,75	0,05	0,00	0,16	0,20	0,25	0,30	0,30	0,13	0,00	42,74
		W _{max}	370,90	15,60	0,01	5,66	1,86	1,33	1,11	0,96	0,93	0,00	62,37
		U _{max} [%]	22,48	1200,00	0,01	37,73	12,40	8,87	7,40	6,40	6,20	0,00	10,40
	Hof	W _{min}	0,73	0,05	0,00	0,20	0,25	0,30	0,35	0,27	0,12	0,00	42,97
		W _{max}	370,00	15,36	0,01	5,77	1,81	1,25	1,02	0,87	0,94	0,00	63,10
		U _{max} [%]	22,42	1181,54	0,01	38,47	12,07	8,33	6,80	5,80	6,27	0,00	10,52
2	Würzburg	W _{min}	0,75	0,05	0,00	0,15	0,19	0,24	0,29	0,34	0,24		34,28
		W _{max}	370,87	15,74	0,03	38,70	6,27	4,08	3,21	2,61	1,70		64,03
		U _{max} [%]	22,48	1210,77	0,02	258,00	41,80	27,20	21,40	17,40	11,33		10,67
	Hof	W _{min}	0,73	0,05	0,00	0,31	0,42	0,50	0,57	0,45	0,22		33,21
		W _{max}	370,00	15,33	0,02	53,86	7,25	4,88	3,75	3,08	2,13		70,11
		U _{max} [%]	22,42	1179,23	0,02	359,07	48,33	32,53	25,00	20,53	14,20		11,69

Schicht		7											
Teilschicht													
Schichtdicke [m]		0,0095											
Rohdichte [kg/m ³]		850											
U _{90%}		40											
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	28,69										
		W _{max}	32,44										
		U _{max} [%]	3,82										
	Hof	W _{min}	28,71										
		W _{max}	32,59										
		U _{max} [%]	3,83										
2	Würzburg	W _{min}	28,58										
		W _{max}	32,51										
		U _{max} [%]	3,82										
	Hof	W _{min}	28,58										
		W _{max}	32,79										
		U _{max} [%]	3,86										

Dach außen - Hartfaserplatte / Mineralfaser **Fall: 41**



Betrachtete Variante:
 Variante 1: mit Dampfbremse
 Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d [m]	λ [W/(mK)]	μ _{taucht} [-]	μ _{rocken} [-]	ρ [kg/m³]	c _p [J/(kgK)]
1	Betonstein	0,015	1,15	60	100	1800	1000
2	Luftzwischenraum	0,048					
3	Hartfaserplatte	0,003	0,17	70	70	1000	1700
4	Wärmedämmstoff	0,2	0,04	1	1	10	1000
4'	Rippe	0,2	0,13	20	50	500	1600
5	Dampfbremse			s _d = 2,0 m		980	1800
7	Spanplatte	0,019	0,14	15	50	600	1700
8	Gipskarton-Bauplatte	0,0095	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode m _{w,T} [kg/m²]	Verdunstungsperiode m _{w,V} [kg/m²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max.,zul.} [kg/m²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	3/4	0,071	10,040	0,50	nein	ja
2	3/4	1,383	12,990	0,50	ja	nein

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) unvollständig verdunstet	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m²]
1	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20		x	1/2	0,02	1			
		22		x	1/2	0,02	1			
		24		x	1/2	0,02	1			
2	Würzburg	20		x	1/2	1,71	3			
		22		x	1/2	1,71	3			
		24		x	1/2	1,71	3			
	Hof	20		x	1/2	2,84	3			
		22		x	1/2	2,84	3			
		24		x	1/2	2,84	3			

Dach außen - Hartfaserplatte / Mineralfaser

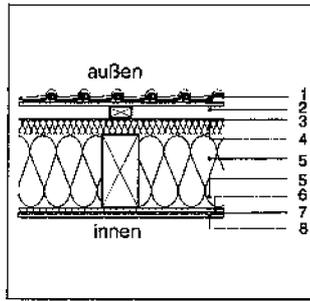
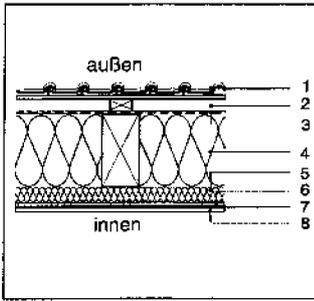
Fall: 41

Schicht		1	2	3	4						5	6	
Teilschicht					4 ₁	4 ₂	4 ₃	4 ₄	4 ₅	4 ₆			
Schichtdicke [m]		0,015	0,048	0,003	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,1	0,001	0,019	
Rohdichte [kg/m³]		1.650	1	800	15	15	15	15	15	15	130	600	
U _{80%}		9,2	0	90	0	0	0	0	0	0	0	90	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m³]											
1	Würzburg	W _{min}	0,91	0,08	22,18	0,16	0,17	0,18	0,18	0,17	0,12	1,00	43,02
		W _{max}	370,86	15,59	154,95	3,99	1,77	1,46	1,32	1,23	1,31	1,00	62,36
		U _{max} [%]	22,48	1199,23	19,37	26,60	11,80	9,73	8,80	8,20	8,73	0,77	10,39
	Hof	W _{min}	0,87	0,07	22,44	0,17	0,19	0,21	0,23	0,24	0,15	0,00	39,73
		W _{max}	370,00	15,54	174,75	6,80	1,96	1,55	1,34	1,22	1,18	0,00	62,83
		U _{max} [%]	22,42	1195,38	21,84	45,33	13,07	10,33	8,93	8,13	7,87	0,00	10,47
2	Würzburg	W _{min}	0,91	0,08	23,03	0,18	0,20	0,21	0,21	0,22	0,23		34,19
		W _{max}	370,92	16,31	218,50	12,65	2,83	1,74	1,33	1,23	1,10		65,18
		U _{max} [%]	22,48	1254,62	27,31	84,33	18,87	11,60	8,87	8,20	7,33		10,86
	Hof	W _{min}	0,87	0,07	23,31	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,22		33,19
		W _{max}	370,00	15,65	222,50	15,47	2,74	1,62	1,39	1,23	1,01		64,14
		U _{max} [%]	22,42	1203,85	27,81	103,13	18,27	10,80	9,27	8,20	6,73		10,69

Schicht		7	
Teilschicht			
Schichtdicke [m]		0,0095	
Rohdichte [kg/m³]		850	
U _{80%}		40	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m³]	
1	Würzburg	W _{min}	28,69
		W _{max}	32,45
		U _{max} [%]	3,82
	Hof	W _{min}	28,65
		W _{max}	32,58
		U _{max} [%]	3,83
2	Würzburg	W _{min}	28,58
		W _{max}	32,49
		U _{max} [%]	3,82
	Hof	W _{min}	28,58
		W _{max}	32,60
		U _{max} [%]	3,84

Dach - Unterspannbahn: $s_d = 0,20m$ / Mineralfaser

Fall: 42



Betrachtete Variante:

Variante 1: mit Dampfbremse

Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d [m]	λ [W/(mK)]	μ_{Luft} [-]	μ_{Rocken} [-]	ρ [kg/m ³]	c_p [J/(kgK)]
1	Betonstein	0,015	1,15	60	100	1800	1000
2	Luftzwischenraum	0,048					
3	Unterspannbahn			$s_d = 0,20 \text{ m}$			
4'	Rippe	0,2	0,13	20	50	500	1600
4+5	Wärmedämmstoff	0,3	0,04	1	1	10	1000
6	Spanplatte	0,019	0,14	15	50	600	1700
7	Dampfbremse			$s_d = 2,0 \text{ m}$			
8	Gipskarton-Bauplatte	0,0095	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser- evapor. Eureib	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{\text{max.,zul.}}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	3/4	0,065	10,503	0,50	nein	ja
2	3/4	1,129	12,892	0,50	ja	nein

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
1	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20		x	1/2	0,02	1			
		22		x	1/2	0,02	1			
		24		x	1/2	0,02	1			
2	Würzburg	20		x	1/2	1,24	2			
		22		x	1/2	1,24	2			
		24		x	1/2	1,24	2			
	Hof	20		x	1/2	2,18	3			
		22		x	1/2	2,18	3			
		24		x	1/2	2,18	3			

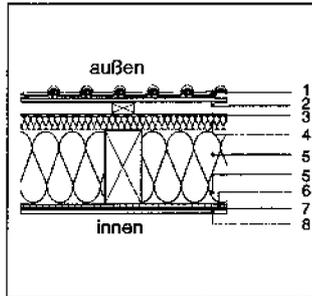
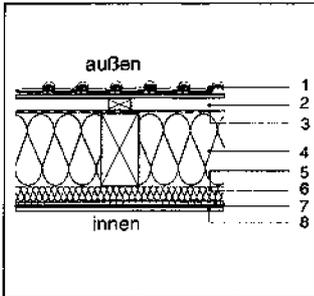
Dach - Unterspannbahn: $s_d = 0,20m$ / Mineralfaser

Fall: 42

Schicht			1	2	3	4				5	6		
Teilschicht						4 ₁	4 ₂	4 ₃	4 ₄	4 ₅	4 ₆		
Schichtdicke [m]			0,015	0,048	0,001	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,2	0,019	0,001
Rohdichte [kg/m ³]			1.650	1	130	15	15	15	15	15	15	600	130
U _{60%}			9,2	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	0,78	0,05	0,00	0,11	0,14	0,16	0,17	0,17	0,19	27,73	0,33
		W _{max}	371,18	19,26	0,11	17,06	3,58	2,25	1,80	1,49	0,95	59,12	0,33
		U _{max} [%]	22,50	1481,54	0,08	113,73	23,87	15,00	12,00	9,93	6,33	9,85	0,25
	Hof	W _{min}	0,75	0,05	0,00	0,12	0,15	0,18	0,19	0,21	0,24	27,45	0,00
		W _{max}	370,00	18,81	0,16	20,00	3,55	2,20	1,71	1,39	0,87	57,95	0,00
		U _{max} [%]	22,42	1446,92	0,12	133,33	23,67	14,67	11,40	9,27	5,80	9,66	0,00
2	Würzburg	W _{min}	0,78	0,06	0,00	0,12	0,15	0,18	0,20	0,21	0,24	34,35	
		W _{max}	371,17	19,11	0,20	21,70	4,49	2,67	1,88	1,55	1,02	64,49	
		U _{max} [%]	22,50	1470,00	0,15	144,67	29,93	17,80	12,53	10,33	6,80	10,75	
	Hof	W _{min}	0,76	0,05	0,00	0,13	0,16	0,19	0,22	0,23	0,29	33,28	
		W _{max}	370,00	18,81	0,20	27,10	4,27	2,46	1,82	1,48	0,95	63,04	
		U _{max} [%]	22,42	1446,92	0,15	180,67	28,47	16,40	12,13	9,87	6,33	10,51	

Schicht			7
Teilschicht			
Schichtdicke [m]			0,0095
Rohdichte [kg/m ³]			850
U _{60%}			40
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]	
1	Würzburg	W _{min}	28,59
		W _{max}	32,44
		U _{max} [%]	3,82
	Hof	W _{min}	28,56
		W _{max}	32,51
		U _{max} [%]	3,82
2	Würzburg	W _{min}	28,52
		W _{max}	32,38
		U _{max} [%]	3,81
	Hof	W _{min}	28,52
		W _{max}	32,44
		U _{max} [%]	3,82

Dach - Unterspannbahn: $s_d = 5,0m$ / Mineralfaser **Fall: 43**



Betrachtete Variante:
 Variante 1: mit Dampfbremse
 Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{feucht}	$\mu_{trocken}$	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Betonstein	0,015	1,15	60	100	1800	1000
2	Luftzwischenraum	0,048					
3	Unterspannbahn			$s_d = 5,0 \text{ m}$			
4'	Rippe	0,2	0,13	20	50	500	1600
4+5	Wärmedämmstoff	0,3	0,04	1	1	10	1000
6	Spanplatte	0,019	0,14	15	50	600	1700
7	Dampfbremse			$s_d=30m$			
8	Gipskarton-Bauplatte	0,0095	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser- ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max,zul}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	3/4	0,018	0,454	0,50	nein	ja
2	3/4	1,385	3,523	0,50	ja	nein

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Taufwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Taufwassermenge	maximale Taufwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Taufwassermenge	c) Taufwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Taufwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Taufwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]	
1	Würzburg	20		x	1/2	0,007	2				
		22		x	1/2	0,007	2				
		24		x	1/2	0,007	2				
	Hof	20		x	1/2	0,02	3				
		22		x	1/2	0,02	3				
		24		x	1/2	0,02	3				
2	Würzburg	20						x	3,00	1,49	
		22						x	3,00	1,48	
		24							x	3,00	1,48
	Hof	20							x	4,00	3,51
		22							x	4,00	3,51
		24							x	4,00	3,50

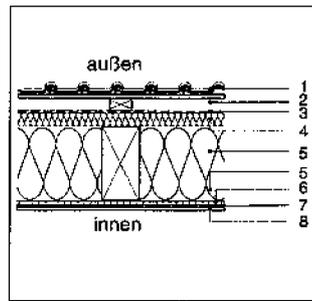
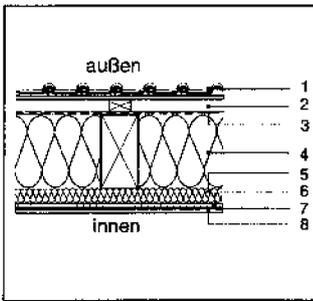
Dach - Unterspannbahn: $s_d = 5,0m$ / Mineralfaser

Fall: 43

Schicht			1	2	3	4				5	6		
Teilschicht						4 ₁	4 ₂	4 ₃	4 ₄	4 ₅	4 ₆		
Schichtdicke [m]			0,015	0,048	0,001	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,2	0,019	0,001
Rohdichte [kg/m³]			1.650	1	130	15	15	15	15	15	15	600	130
U _{80%}			9,2	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0
Variante	Standort		Wassergehalt w [kg/m³]										
1	Würzburg	W _{min}	0,75	0,05	0,00	0,14	0,17	0,20	0,23	0,26	0,31	27,74	0,00
		W _{max}	371,14	18,52	0,05	22,82	4,46	2,83	2,16	1,73	0,90	54,19	0,00
		U _{max} [%]	22,49	1424,62	0,04	152,13	29,73	18,87	14,40	11,53	6,00	9,03	0,00
	Hof	W _{min}	0,72	0,05	0,00	0,18	0,22	0,26	0,28	0,31	0,26	23,94	0,00
		W _{max}	370,00	18,12	0,04	23,65	4,20	2,69	1,99	1,60	0,82	49,79	0,00
		U _{max} [%]	22,42	1393,85	0,03	157,67	28,00	17,93	13,27	10,67	5,47	8,30	0,00
2	Würzburg	W _{min}	0,75	0,05	0,00	0,17	0,22	0,27	0,31	0,35	0,35	34,38	
		W _{max}	371,12	18,35	0,05	35,35	7,22	4,82	3,63	2,95	1,54	64,14	
		U _{max} [%]	22,49	1411,54	0,04	235,67	48,13	32,13	24,20	19,67	10,27	10,69	
	Hof	W _{min}	0,73	0,05	0,00	0,36	0,49	0,60	0,67	0,72	0,32	33,31	
		W _{max}	370,00	18,11	0,04	51,38	9,04	5,65	4,17	3,30	1,72	70,13	
		U _{max} [%]	22,42	1393,08	0,03	342,53	60,27	37,67	27,80	22,00	11,47	11,69	

Schicht			7
Teilschicht			
Schichtdicke [m]			0,0095
Rohdichte [kg/m³]			850
U _{80%}			40
Variante	Standort		Wassergehalt w [kg/m³]
1	Würzburg	W _{min}	28,58
		W _{max}	32,45
		U _{max} [%]	3,82
	Hof	W _{min}	28,59
		W _{max}	32,58
		U _{max} [%]	3,83
2	Würzburg	W _{min}	28,53
		W _{max}	32,40
		U _{max} [%]	3,81
	Hof	W _{min}	28,52
		W _{max}	32,65
		U _{max} [%]	3,84

Dach mit zus. Unter-, bzw. Aufsparrendämmung - Hartfaserplatte / Mineralfaser **Fall: 44**



Betrachtete Variante:

Variante 1: mit Dampfbremse

Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{feucht}	$\mu_{trocken}$	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Betonstein	0,015	1,15	60	100	1800	1000
2	Luftzwischenraum	0,048					
3	Hartfaserplatte	0,003	0,17	70	70	1000	1700
4'	Rippe	0,2	0,13	20	50	500	1600
4+5	Wärmedämmstoff	0,3	0,04	1	1	10	1000
6	Spanplatte	0,019	0,14	15	50	600	1700
7	Dampfbremse			$s_d=2,0m$		980	1800
8	Gipskarton-Bauplatte	0,0095	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,v}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max,zul}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	3/4	0,07	10,020	0,50	nein	ja
2	3/4	1,132	12,404	0,50	ja	nein

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwassermergen verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermergen	maximale Tauwassermergen [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermergen	Tauwassermergen verdunstet c) unvollständig	maximale Tauwassermergen im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermergen nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
1	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20		x	1/2	0,03	1			
		22		x	1/2	0,03	1			
		24		x	1/2	0,03	1			
2	Würzburg	20		x	1/2	1,26	2			
		22		x	1/2	1,26	2			
		24		x	1/2	1,26	2			
	Hof	20		x	1/2	2,21	3			
		22		x	1/2	2,21	3			
		24		x	1/2	2,21	3			

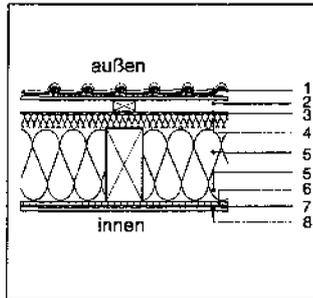
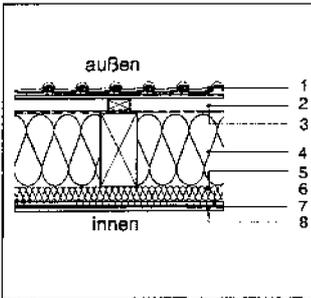
Dach mit zus. Unter-, bzw. Aufsparrendämmung - Hartfaserplatte / Mineralfaser

Fall: 44

Schicht		1	2	3	4						5	6	
Teilschicht					4 ₁	4 ₂	4 ₃	4 ₄	4 ₅	4 ₆			
Schichtdicke [m]		0,015	0,048	0,003	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,2	0,019	0,001	
Rohdichte [kg/m ³]		1.650	1	800	15	15	15	15	15	15	600	130	
U _{80%}		9,2	0	90	0	0	0	0	0	0	90	0	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	0,91	0,08	23,05	0,18	0,20	0,21	0,22	0,22	0,24	30,01	0,00
		W _{max}	371,13	18,95	216,67	12,47	3,56	2,26	1,68	1,41	0,49	62,17	0,00
		U _{max} [%]	22,49	1457,69	27,08	83,13	23,73	15,07	11,20	9,40	3,27	10,36	0,00
	Hof	W _{min}	0,91	0,08	23,05	0,18	0,20	0,21	0,22	0,22	0,24	30,01	0,00
		W _{max}	371,13	18,98	216,72	12,47	3,56	2,26	1,68	1,41	0,94	62,17	0,00
		U _{max} [%]	22,49	1460,00	27,09	83,13	23,73	15,07	11,20	9,40	6,27	10,36	0,00
2	Würzburg	W _{min}	0,91	0,08	23,33	0,19	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	34,28	
		W _{max}	371,17	18,60	230,65	14,54	4,02	2,48	1,77	1,42	0,96	64,67	
		U _{max} [%]	22,50	1430,77	28,83	96,93	26,80	16,53	11,80	9,47	6,40	10,78	
	Hof	W _{min}	0,91	0,08	23,33	0,19	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	34,28	
		W _{max}	371,18	18,61	230,76	14,53	4,03	2,48	1,77	1,42	0,96	64,67	
		U _{max} [%]	22,50	1431,54	28,85	96,87	26,87	16,53	11,80	9,47	6,40	10,78	

Schicht		7											
Teilschicht													
Schichtdicke [m]		0,0095											
Rohdichte [kg/m ³]		850											
U _{80%}		40											
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	28,56										
		W _{max}	32,41										
		U _{max} [%]	3,81										
	Hof	W _{min}	28,56										
		W _{max}	32,41										
		U _{max} [%]	3,81										
2	Würzburg	W _{min}	28,52										
		W _{max}	32,38										
		U _{max} [%]	3,81										
	Hof	W _{min}	28,52										
		W _{max}	32,38										
		U _{max} [%]	3,81										

Dach - Unterspannb.: $s_d = 0,20m$ / Polystyrol-Partikelschaum **Fall: 45**



Betrachtete Variante:
 Variante 1: mit Dampfbremse
 Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{feucht}	$\mu_{trocken}$	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Betonstein	0,015	1,15	60	100	1800	1000
2	Luftzwischenraum	0,048					
3	Unterspannbahn			$s_d = 0,20\ m$			
4'	Rippe	0,2	0,13	20	50	500	1600
4+5	Wärmedämmstoff	0,3	0,04	30	70	20	1000
6	Spanplatte	0,019	0,14	15	50	600	1700
7	Dampfbremse			$s_d = 2,0\ m$		980	1800
8	Gipskarton-Bauplatte	0,0095	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,v}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max.,zul}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	-	0	0,000	0,50	nein	ja
2	-	0	0,000	0,50	ja	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
1	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20	x							
		22	x							
		24	x							
2	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20	x							
		22	x							
		24	x							

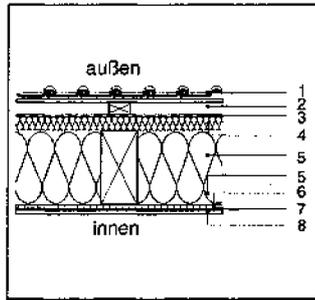
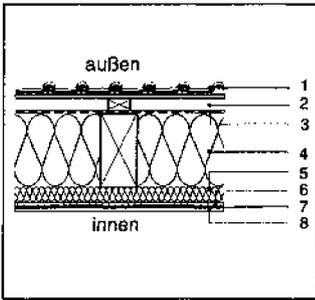
Dach - Unterspannb.: $s_d = 0,20m$ / Polystyrol-Partikelschaum

Fall: 45

Schicht		1	2	3	4						5	6	
Teilschicht					4 ₁	4 ₂	4 ₃	4 ₄	4 ₅	4 ₆			
Schichtdicke [m]		0,015	0,048	0,001	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,2	0,019	0,001	
Rohdichte [kg/m ³]		1.650	1	130	15	15	15	15	15	15	600	130	
U _{80%}		9,2	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	0,74	0,05	1,00	0,49	0,57	0,62	0,66	0,68	0,68	44,19	0,00
		W _{max}	371,16	17,87	1,00	4,45	2,94	2,30	1,86	1,59	0,85	60,11	0,00
		U _{max} [%]	22,49	1374,62	0,77	29,67	19,60	15,33	12,40	10,60	5,67	10,02	0,00
	Hof	W _{min}	0,74	0,05	0,00	0,12	0,21	0,28	0,34	0,39	0,46	42,65	0,00
		W _{max}	370,00	17,88	0,01	5,24	3,05	2,27	1,81	1,49	0,76	54,56	0,00
		U _{max} [%]	22,42	1375,38	0,01	34,93	20,33	15,13	12,07	9,93	5,07	9,09	0,00
2	Würzburg	W _{min}	0,76	0,05	0,00	0,12	0,22	0,29	0,34	0,38	0,44	41,61	
		W _{max}	370,80	17,39	0,01	5,28	3,00	2,21	1,74	1,44	0,79	61,98	
		U _{max} [%]	22,47	1337,69	0,01	35,20	20,00	14,73	11,60	9,60	5,27	10,33	
	Hof	W _{min}	0,74	0,05	0,00	0,12	0,21	0,29	0,36	0,42	0,49	41,50	
		W _{max}	370,00	17,87	0,01	5,38	3,14	2,32	1,82	1,49	0,80	62,13	
		U _{max} [%]	22,42	1374,62	0,01	35,87	20,93	15,47	12,13	9,93	5,33	10,36	

Schicht		7	
Teilschicht			
Schichtdicke [m]		0,0095	
Rohdichte [kg/m ³]		850	
U _{80%}		40	
Variante	Standort		
1	Würzburg	W _{min}	28,62
		W _{max}	32,39
		U _{max} [%]	3,81
	Hof	W _{min}	28,62
		W _{max}	32,47
		U _{max} [%]	3,82
2	Würzburg	W _{min}	28,62
		W _{max}	32,32
		U _{max} [%]	3,80
	Hof	W _{min}	28,63
		W _{max}	32,40
		U _{max} [%]	3,81

Dach - Unterspannbahn: $s_d = 5,0m$ / Polystyrol-Partikelschaum **Fall: 46**



Betrachtete Variante:

Variante 1: mit Dampfbremse

Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{feucht}	$\mu_{trocken}$	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Betonstein	0,015	1,15	60	100	1800	1000
2	Luftzwischenraum	0,048					
3	Unterspannbahn			$s_d = 5,0 m$			
4'	Rippe	0,2	0,13	20	50	500	1600
4+5	Wärmedämmstoff	0,3	0,04	30	70	20	1000
6	Spanplatte	0,019	0,14	15	50	600	1700
7	Dampfbremse			$s_d = 30 m$		980	1800
8	Gipskarton-Bauplatte	0,0095	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max,zul}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	1	0,011	0,440	0,50	nein	ja
2	1	0,084	0,547	0,50	ja	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwasseremenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwasseremenge	maximale Tauwasseremenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwasseremenge	Tauwasseremenge verdunstet c) unvollständig	maximale Tauwasseremenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwasseremenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
1	Würzburg	20		x	1/2	0,002	1			
		22		x	1/2	0,002	1			
		24		x	1/2	0,002	1			
	Hof	20		x	1/2	0,001	2			
		22		x	1/2	0,001	2			
		24		x	1/2	0,001	2			
2	Würzburg	20		x	1/2	0,12	3			
		22		x	1/2	0,12	3			
		24		x	1/2	0,12	3			
	Hof	20		x	1/2	0,19	3			
		22		x	1/2	0,19	3			
		24		x	1/2	0,19	3			

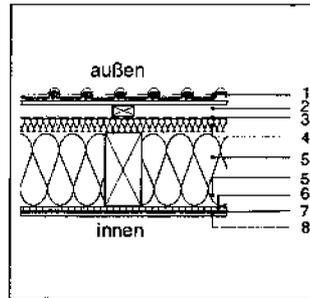
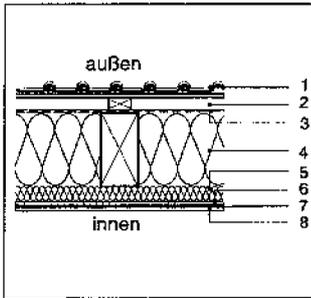
Dach - Unterspannbahn: $s_d = 5,0m$ / Polystyrol-Partikelschaum

Fall: 46

Schicht		1	2	3	4						5	6	
Teilschicht					4 ₁	4 ₂	4 ₃	4 ₄	4 ₅	4 ₆			
Schichtdicke [m]		0,015	0,048	0,001	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,2	0,019	0,001	
Rohdichte [kg/m ³]		1,650	1	130	15	15	15	15	15	15	600	130	
U _{80%}		9,2	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	0,74	0,05	0,00	0,25	0,30	0,34	0,37	0,39	0,41	40,85	0,00
		W _{max}	371,15	17,93	0,01	3,72	2,36	1,79	1,45	1,22	0,64	47,67	0,00
		U _{max} [%]	22,49	1379,23	0,01	24,80	15,73	11,93	9,67	8,13	4,27	7,95	0,00
	Hof	W _{min}	0,72	0,05	0,00	0,32	0,39	0,41	0,43	0,43	0,38	35,68	0,00
		W _{max}	370,00	17,99	0,01	3,53	2,17	1,60	1,27	1,06	0,53	42,55	0,00
		U _{max} [%]	22,42	1383,85	0,01	23,53	14,47	10,67	8,47	7,07	3,53	7,09	0,00
2	Würzburg	W _{min}	0,74	0,05	0,00	0,28	0,35	0,40	0,44	0,47	0,56	41,52	
		W _{max}	371,15	17,91	0,01	4,54	2,79	2,08	1,66	1,39	0,74	62,11	
		U _{max} [%]	22,49	1377,69	0,01	30,27	18,60	13,87	11,07	9,27	4,93	10,35	
	Hof	W _{min}	0,72	0,05	0,00	0,48	0,58	0,64	0,68	0,71	0,64	41,48	
		W _{max}	370,00	17,98	0,01	5,29	3,17	2,31	1,81	1,48	0,79	62,62	
		U _{max} [%]	22,42	1383,08	0,01	35,27	21,13	15,40	12,07	9,87	5,27	10,44	

Schicht		7	
Teilschicht			
Schichtdicke [m]		0,0095	
Rohdichte [kg/m ³]		850	
U _{80%}		40	
Variante	Standort		
1	Würzburg	W _{min}	28,60
		W _{max}	32,41
		U _{max} [%]	3,81
	Hof	W _{min}	28,61
		W _{max}	32,52
		U _{max} [%]	3,83
2	Würzburg	W _{min}	28,62
		W _{max}	32,34
		U _{max} [%]	3,80
	Hof	W _{min}	28,63
		W _{max}	32,42
		U _{max} [%]	3,81

Dach mit zus. Unter-, bzw. Aufsparrendämmung - Hartfaserplatte/Polystyrol-Partikelschaum Fall: 47



Betrachtete Variante:

Variante 1: mit Dampfbremse

Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d [m]	λ [W/(mK)]	μ _{flucht} [-]	μ _{rocken} [-]	ρ [kg/m ³]	c _p [J/(kgK)]
1	Betonstein	0,015	1,15	60	100	1800	1000
2	Luftzwischenraum	0,048					
3	Hartfaserplatte	0,003	0,17	70	70	1000	1700
4'	Rippe	0,2	0,13	20	50	500	1600
4+5	Wärmedämmstoff	0,3	0,04	30	70	20	1000
6	Spanplatte	0,019	0,14	15	50	600	1700
7	Dampfbremse			s _d = 2,0 m		980	1800
8	Gipskarton-Bauplatte	0,0095	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode m _{w,T} [kg/m ²]	Verdunstungsperiode m _{w,V} [kg/m ²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max.,zul.} [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	-	0	0	0,50	nein	ja
2	-	0	0	0,50	ja	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

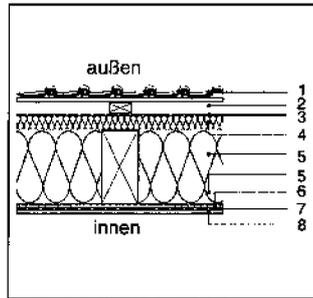
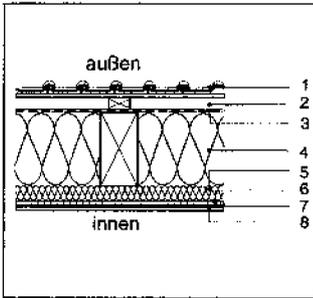
Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
1	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20	x							
		22	x							
		24	x							
2	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20	x							
		22	x							
		24	x							

Dach mit zus. Unter-, bzw. Aufsparendämmung - Hartfaserplatte/Polystyrol-Partikelschaum **Fall: 47**

Schicht			1	2	3	4+5					6	7	
Teilschicht						4+5 ₁	4+5 ₂	4+5 ₃	4+5 ₄	4+5 ₅	4+5 ₆		
Schichtdicke [m]			0,015	0,048	0,3	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,2	0,019	0,001
Rohdichte [kg/m ³]			1.650	1	800	15	15	15	15	15	15	600	130
U _{80%}			9,2	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0
Variante	Standort		Wassergehalt w [kg/m ³]										
1	Würzburg	W _{min}	0,91	0,08	23,08	0,21	0,27	0,32	0,35	0,38	0,44	43,58	0,00
		W _{max}	371,10	17,86	163,91	5,16	3,02	2,21	1,74	1,43	0,75	55,32	0,00
		U _{max} [%]	22,49	1373,85	20,49	34,40	20,13	14,73	11,60	9,53	5,00	9,22	0,00
	Hof	W _{min}	0,86	0,07	22,73	0,19	0,26	0,32	0,37	0,42	0,46	42,60	0,00
		W _{max}	370,00	17,34	158,77	4,80	2,94	2,19	1,75	1,44	0,75	54,56	0,00
		U _{max} [%]	22,42	1333,85	19,85	32,00	19,60	14,60	11,67	9,60	5,00	9,09	0,00
2	Würzburg	W _{min}	0,91	0,08	23,03	0,21	0,28	0,33	0,37	0,40	0,45	41,59	
		W _{max}	371,15	17,65	164,09	5,22	3,04	2,19	1,71	1,40	0,78	61,95	
		U _{max} [%]	22,49	1357,69	20,51	34,80	20,27	14,60	11,40	9,33	5,20	10,33	
	Hof	W _{min}	0,86	0,07	22,80	0,20	0,27	0,34	0,40	0,45	0,50	41,49	
		W _{max}	370,00	16,99	158,89	4,89	3,01	2,23	1,76	1,45	0,79	62,10	
		U _{max} [%]	22,42	1306,92	19,86	32,60	20,07	14,87	11,73	9,67	5,27	10,35	

Schicht			8
Teilschicht			
Schichtdicke [m]			0,0095
Rohdichte [kg/m ³]			850
U _{80%}			40
Variante	Standort		Wassergehalt w [kg/m ³]
1	Würzburg	W _{min}	28,62
		W _{max}	32,36
		U _{max} [%]	3,81
	Hof	W _{min}	28,62
		W _{max}	32,46
		U _{max} [%]	3,82
2	Würzburg	W _{min}	28,62
		W _{max}	32,32
		U _{max} [%]	3,80
	Hof	W _{min}	28,63
		W _{max}	32,40
		U _{max} [%]	3,81

Dach - Unterspannbahn: $s_d = 0,20m$ / Hartfaserplatte / Holzfaser **Fall: 48**



Betrachtete Variante:

Variante 1: mit Dampfbremse

Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{feucht}	μ_{trocken}	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Betonstein	0,015	1,15	60	100	1800	1000
2	Luftzwischenraum	0,048					
3	Unterspannbahn			$s_d = 0,20 m$			
4'	Rippe	0,2	0,13	20	50	500	1600
4+5	Wärmedämmstoff	0,3	0,04	5	5	160	2100
6	Spanplatte	0,019	0,14	15	50	600	1700
7	Dampfbremse			$s_d = 2,0 m$		980	1800
8	Gipskarton-Bauplatte	0,0095	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,v}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max,zul}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	-	0	0,000	0,50	nein	ja
2	-	0,211	9,104	0,50	ja	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
1	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20	x							
		22	x							
		24	x							
2	Würzburg	20		x	1/2	0,004	1			
		22		x	1/2	0,004	1			
		24		x	1/2	0,004	1			
	Hof	20		x	1/2	0,21	2			
		22		x	1/2	0,21	2			
		24		x	1/2	0,21	2			

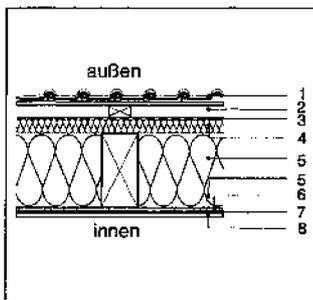
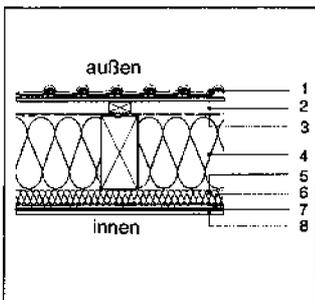
Dach - Unterspannbahn: $s_d = 0,20\text{m}$ / Hartfaserplatte / Holzfaser

Fall: 48

Schicht		1	2	3	4+5								
Teilschicht					4+5 ₁	4+5 ₂	4+5 ₃	4+5 ₄	4+5 ₅	4+5 ₆	4+5 ₇	4+5 ₈	
Schichtdicke [m]		0,015	0,048	0,001	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
Rohdichte [kg/m ³]		1.650	1	130	50	50	50	50	50	50	50	50	
U _{80%}		9,2	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	0,75	0,05	0,33	2,14	2,61	3,07	3,38	3,51	3,65	3,50	2,79
		W _{max}	371,14	18,33	0,36	18,05	13,65	9,30	6,91	5,98	5,46	4,98	4,59
		U _{max} [%]	22,49	1410,00	0,28	36,10	27,30	18,60	13,82	11,96	10,92	9,96	9,18
	Hof	W _{min}	0,78	0,06	0,00	1,53	1,89	2,16	2,28	2,32	2,32	2,27	2,19
		W _{max}	370,00	18,44	0,02	14,29	10,28	7,16	5,63	4,74	4,19	3,83	3,65
		U _{max} [%]	22,42	1418,46	0,02	28,58	20,56	14,32	11,26	9,48	8,38	7,66	7,30
2	Würzburg	W _{min}	0,75	0,05	0,33	2,11	2,57	3,02	3,30	3,45	3,58	3,50	2,80
		W _{max}	371,14	18,38	0,36	17,73	13,30	9,27	6,99	6,09	5,56	5,09	4,70
		U _{max} [%]	22,49	1413,85	0,28	35,46	26,60	18,54	13,98	12,18	11,12	10,18	9,40
	Hof	W _{min}	0,78	0,06	0,00	1,60	1,99	2,30	2,49	2,53	2,54	2,50	2,42
		W _{max}	370,00	18,40	0,02	16,00	11,79	7,94	6,07	5,14	4,41	4,08	3,92
		U _{max} [%]	22,42	1415,38	0,02	32,00	23,58	15,88	12,14	10,28	8,82	8,16	7,84

Schicht		4+5 ₉		6	7	8							
Teilschicht		4+5 ₉	4+5 ₁₀										
Schichtdicke [m]		0,04	0,04	0,019	0,001	0,0095							
Rohdichte [kg/m ³]		50	50	600	130	850							
U _{80%}		6	6	90	0	40							
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	2,29	1,86	35,72	0,00	28,59						
		W _{max}	4,36	4,41	68,61	0,00	32,48						
		U _{max} [%]	8,72	8,82	11,44	0,00	3,82						
	Hof	W _{min}	1,99	1,60	31,44	0,00	28,59						
		W _{max}	3,50	3,42	55,29	0,00	32,44						
		U _{max} [%]	7,00	6,84	9,22	0,00	3,82						
2	Würzburg	W _{min}	2,31	1,88	37,48		28,57						
		W _{max}	4,46	4,37	66,30		32,46						
		U _{max} [%]	8,92	8,74	11,05		3,82						
	Hof	W _{min}	2,14	1,74	36,03		28,56						
		W _{max}	3,78	3,73	61,62		32,38						
		U _{max} [%]	7,56	7,46	10,27		3,81						

Dach - Unterspannbahn: $s_d = 5,0\text{m}$ / Holzfaser **Fall: 49**



Betrachtete Variante:
 Variante 1: mit Dampfbremse
 Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{feucht}	μ_{trocken}	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Betonstein	0,015	1,15	60	100	1800	1000
2	Luftzwischenraum	0,048					
3	Unterspannbahn			$s_d = 5,0\text{ m}$			
4'	Rippe	0,2	0,13	20	50	500	1600
4+5	Wärmedämmstoff	0,3	0,04	5	5	160	2100
6	Spanplatte	0,019	0,14	15	50	600	1700
7	Dampfbremse			$s_d = 30\text{ m}$			
8	Gipskarton-Bauplatte	0,0095	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,v}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{\text{max.,zul.}}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	3/4	0,017	0,452	0,50	nein	ja
2	3/4	0,467	1,476	0,50	ja	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]	
1	Würzburg	20		x	1	0,005	1				
		22		x	1	0,005	1				
		24		x	1	0,005	1				
	Hof	20		x	1	0,02	3				
		22		x	1	0,02	3				
		24		x	1	0,02	3				
2	Würzburg	20						x	0,97	0,26	
		22						x	0,97	0,26	
		24							x	0,97	0,25
	Hof	20							x	1,28	1,02
		22							x	1,28	1,02
		24							x	1,28	1,02

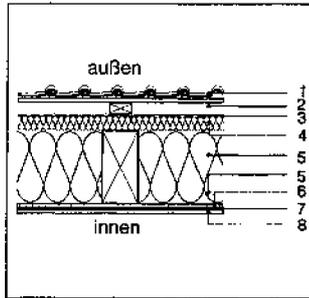
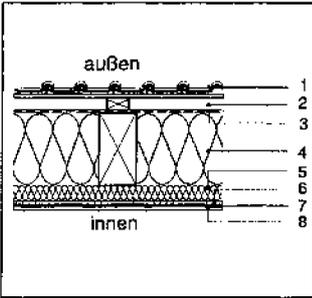
Dach - Unterspannbahn: $s_d = 5,0m$ / Holzfaser

Fall: 49

Schicht		1	2	3	4+5								
Teilschicht					4+5 ₁	4+5 ₂	4+5 ₃	4+5 ₄	4+5 ₅	4+5 ₆	4+5 ₇	4+5 ₈	
Schichtdicke [m]		0,015	0,048	0,001	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
Rohdichte [kg/m ³]		1.650	1	130	50	50	50	50	50	50	50	50	
u _{80%}		9,2	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	0,75	0,05	0,00	1,64	1,96	2,21	2,39	2,49	2,58	2,65	2,35
		W _{max}	371,16	18,41	0,02	12,25	8,79	6,63	5,59	4,73	4,02	3,50	3,22
		u _{max} [%]	22,49	1416,15	0,02	24,50	17,58	13,26	11,18	9,46	8,04	7,00	6,44
	Hof	W _{min}	0,73	0,05	0,00	2,05	2,40	2,65	2,77	2,87	2,88	2,65	2,25
		W _{max}	370,00	17,93	0,02	14,06	9,89	7,05	5,72	4,81	4,01	3,52	3,24
		u _{max} [%]	22,42	1379,23	0,02	28,12	19,78	14,10	11,44	9,62	8,02	7,04	6,48
2	Würzburg	W _{min}	0,76	0,05	0,00	1,97	2,39	7,74	3,05	3,18	3,32	3,41	2,78
		W _{max}	371,14	18,38	0,02	17,18	12,86	8,96	6,82	5,87	5,31	4,85	4,45
		u _{max} [%]	22,49	1413,85	0,02	34,36	25,72	17,92	13,64	11,74	10,62	9,70	8,90
	Hof	W _{min}	0,74	0,05	0,00	2,79	3,50	3,86	4,05	4,10	4,12	3,54	2,79
		W _{max}	370,00	17,63	0,02	20,92	16,35	11,45	7,59	6,39	5,83	5,36	4,96
		u _{max} [%]	22,42	1356,15	0,02	41,84	32,70	22,90	15,18	12,78	11,66	10,72	9,92

Schicht				6	7	8		
Teilschicht		4+5 ₉	4+5 ₁₀					
Schichtdicke [m]		0,04	0,04	0,019	0,001	0,0095		
Rohdichte [kg/m ³]		50	50	600	130	850		
u _{80%}		6	6	90	0	40		
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]						
1	Würzburg	W _{min}	1,97	1,59	30,03	0,33	28,60	
		W _{max}	3,03	3,15	52,72	0,33	32,44	
		u _{max} [%]	6,06	6,30	8,79	0,25	3,82	
	Hof	W _{min}	1,86	1,49	27,72	0,00	28,61	
		W _{max}	3,05	3,02	49,69	0,00	32,53	
		u _{max} [%]	6,10	6,04	8,28	0,00	3,83	
2	Würzburg	W _{min}	2,30	1,87	37,40		28,57	
		W _{max}	4,13	4,05	64,34		32,41	
		u _{max} [%]	8,26	8,10	10,72		3,81	
	Hof	W _{min}	2,28	1,84	36,87		28,57	
		W _{max}	4,55	4,31	65,06		32,51	
		u _{max} [%]	9,10	8,62	10,84		3,82	

Dach mit zus. Unter-, bzw. Aufsparrendämmung /Hartfaserplatte / Holzfaser **Fall: 50**



Betrachtete Variante:
 Variante 1: mit Dampfbremse
 Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d	λ	μ _{feucht}	μ _{trocken}	ρ	c _p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Betonstein	0,015	1,15	60	100	1800	1000
2	Luftzwischenraum	0,048					
3	Hartfaserplatte	0,003	0,17	70	70	1000	1700
4'	Rippe	0,2	0,13	20	50	500	1600
4+5	Wärmedämmstoff	0,3	0,04	5	5	160	2100
6	Spanplatte	0,019	0,14	15	50	600	1700
7	Dampfbremse			s _d = 2,0 m		980	1800
8	Gipskarton-Bauplatte	0,0095	0,25	4	10	900	1000

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode m _{w,T} [kg/m ²]	Verdunstungsperiode m _{w,V} [kg/m ²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max, zul.} [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	-	0	0,000	0,50	nein	ja
2	3/4	0,216	9,146	0,50	ja	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
1	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20	x							
		22	x							
		24	x							
2	Würzburg	20		x	1/2	0,009	1			
		22		x	1/2	0,009	1			
		24		x	1/2	0,009	1			
	Hof	20		x	1/2	0,21	2			
		22		x	1/2	0,21	2			
		24		x	1/2	0,21	2			

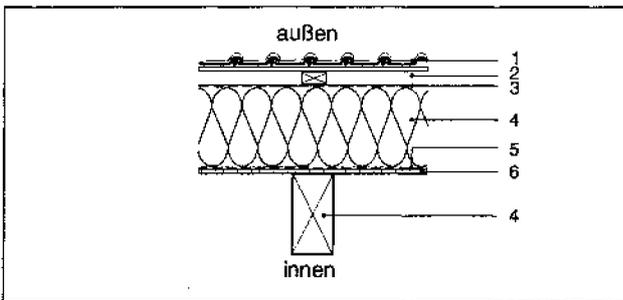
Dach mit zus. Unter-, bzw. Aufsparendämmung / Hartfaserplatte / Holzfaser

Fall: 50

Schicht		1	2	3	4+5								
Teilschicht					4+5 ₁	4+5 ₂	4+5 ₃	4+5 ₄	4+5 ₅	4+5 ₆	4+5 ₇	4+5 ₈	
Schichtdicke [m]		0,015	0,048	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
Rohdichte [kg/m ³]		1.650	1	800	50	50	50	50	50	50	50	50	
U _{80%}		9,2	0	90	6	6	6	6	6	6	6	6	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	0,91	0,08	24,79	1,77	2,01	2,20	2,29	2,34	2,35	2,34	2,28
		W _{max}	371,14	18,91	215,99	10,29	8,00	6,54	5,57	4,75	4,29	3,87	3,62
		U _{max} [%]	22,49	1454,62	27,00	20,58	16,00	13,08	11,14	9,50	8,58	7,74	7,24
	Hof	W _{min}	0,88	0,08	25,83	1,83	2,08	2,29	2,39	2,41	2,38	2,32	2,23
		W _{max}	370,00	18,14	221,97	10,45	7,89	6,37	5,36	4,52	4,05	3,83	3,65
		U _{max} [%]	22,42	1395,38	27,75	20,90	15,78	12,74	10,72	9,04	8,10	7,66	7,30
2	Würzburg	W _{min}	0,92	0,08	25,09	1,80	2,05	2,26	2,39	2,45	2,48	2,47	2,42
		W _{max}	371,24	18,42	225,55	10,64	8,26	6,76	5,74	4,90	4,38	3,99	3,76
		U _{max} [%]	22,50	1416,92	28,19	21,28	16,52	13,52	11,48	9,80	8,76	7,98	7,52
	Hof	W _{min}	0,89	0,08	26,57	1,90	2,18	2,44	2,62	2,66	2,63	2,55	2,43
		W _{max}	370,00	17,55	238,03	11,79	8,78	6,89	5,73	4,80	4,29	4,09	3,92
		U _{max} [%]	22,42	1350,00	29,75	23,58	17,56	13,78	11,46	9,60	8,58	8,18	7,84

Schicht				6	7	8		
Teilschicht		4+5 ₉	4+5 ₁₀					
Schichtdicke [m]		0,04	0,04	0,019	0,001	0,0095		
Rohdichte [kg/m ³]		50	50	600	130	850		
U _{80%}		6	6	90	0	40		
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]						
1	Würzburg	W _{min}	2,07	1,69	33,49	0,00	28,58	
		W _{max}	3,57	3,66	59,27	0,00	32,37	
		U _{max} [%]	7,14	7,32	9,88	0,00	3,81	
	Hof	W _{min}	1,90	1,54	30,65	0,00	28,59	
		W _{max}	3,52	3,43	55,18	0,00	32,45	
		U _{max} [%]	7,04	6,86	9,20	0,00	3,82	
2	Würzburg	W _{min}	2,15	1,76	36,58		28,55	
		W _{max}	3,76	3,87	63,09		32,33	
		U _{max} [%]	7,52	7,74	10,52		3,80	
	Hof	W _{min}	2,05	1,67	35,54		28,56	
		W _{max}	3,81	3,74	61,53		32,38	
		U _{max} [%]	7,62	7,48	10,26		3,81	

Dach - Unterspannbahn $s_d = 0,20m$ / Holzfaser **Fall: 51**



Betrachtete Variante:

Variante 1: mit Dampfbremse

Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{feucht}	μ_{rocken}	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Betonstein	0,015	1,5	60	100	2100	1000
2	Luftzwischenraum	0,048					
3	Unterspannbahn			$s_d = 0,20\text{ m}$			
4	Holzfaserdämmstoff	0,2	0,04	5	5	160	2100
4'	Rippe	0,2	0,13	20	50	500	1600
5	Dampfbremse			$s_d = 2,0\text{ m}$		980	1800
6	Holz	0,019	0,13	20	50	500	1600

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max,zul}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1		0	0,000	0,50	nein	ja
2	3/4	0,354	11,173	0,50	ja	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwasseremenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwasseremenge	maximale Tauwasseremenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwasseremenge	c) Tauwasseremenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwasseremenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwasseremenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
1	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20	x							
		22	x							
		24	x							
2	Würzburg	20		x	1/2	0,07	1			
		22		x	1/2	0,07	1			
		24		x	1/2	0,07	1			
	Hof	20		x	1/2	0,41	2			
		22		x	1/2	0,41	2			
		24		x	1/2	0,41	2			

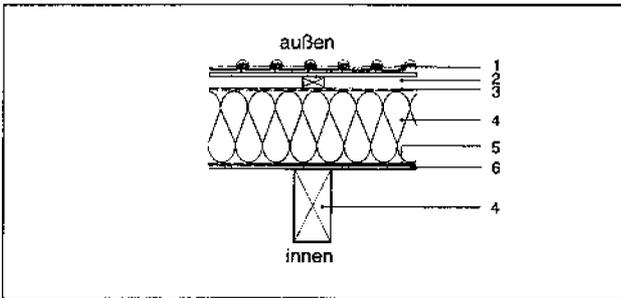
Dach - Unterspannbahn $s_d = 0,20m$ / Holzfaser

Fall: 51

Schicht		1	2	3	4								
Teilschicht					4 ₁	4 ₂	4 ₃	4 ₄	4 ₅	4 ₆	4 ₇	4 ₈	
Schichtdicke [m]		0,015	0,048	0,001	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Rohdichte [kg/m ³]		1.650	1	130	155	155	155	155	155	155	155	155	
u _{80%}		9,2	0	0	19	19	19	19	19	19	19	19	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	w _{min}	0,83	0,07	0,00	5,61	6,96	7,65	7,98	8,28	8,18	7,43	6,46
		w _{max}	370,85	16,02	0,01	29,83	21,78	18,43	14,76	12,98	11,64	10,71	10,70
		u _{max} [%]	22,48	1232,31	0,01	19,25	14,05	11,89	9,52	8,37	7,51	6,91	6,90
	Hof	w _{min}	1,51	0,12	0,00	7,84	9,59	9,81	9,55	8,86	7,87	6,79	5,86
		w _{max}	370,24	14,12	0,01	26,50	20,34	17,21	13,97	12,27	10,96	10,24	9,71
		u _{max} [%]	22,44	1086,15	0,01	17,10	13,12	11,10	9,01	7,92	7,07	6,61	6,26
2	Würzburg	w _{min}	0,84	0,07	0,00	5,63	7,01	7,70	8,05	8,40	8,51	7,78	6,79
		w _{max}	370,85	16,03	0,01	31,36	22,45	18,93	15,57	13,31	12,03	10,98	10,78
		u _{max} [%]	22,48	1233,08	0,01	20,23	14,48	12,21	10,05	8,59	7,76	7,08	6,95
	Hof	w _{min}	1,51	0,12	0,00	7,99	9,83	10,04	9,97	9,46	8,53	7,23	6,28
		w _{max}	370,24	14,12	0,01	28,43	21,25	18,05	14,63	12,81	11,40	10,60	10,06
		u _{max} [%]	22,44	1086,31	0,01	18,34	13,71	11,65	9,44	8,26	7,35	6,84	6,49

Schicht				5	6			
Teilschicht		4 ₉	4 ₁₀					
Schichtdicke [m]		0,02	0,02	0,001	0,009			
Rohdichte [kg/m ³]		155	155	130	455			
u _{80%}		19	19	0	80			
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]						
1	Würzburg	w _{min}	5,53	4,70	0,00	39,66		
		w _{max}	10,87	11,23	0,00	51,55		
		u _{max} [%]	7,01	7,25	0,00	11,33		
	Hof	w _{min}	4,99	4,22	0,00	39,22		
		w _{max}	9,24	8,92	0,00	50,72		
		u _{max} [%]	5,96	5,75	0,00	11,15		
2	Würzburg	w _{min}	5,87	5,03		38,22		
		w _{max}	10,93	11,22		51,28		
		u _{max} [%]	7,05	7,24		11,27		
	Hof	w _{min}	5,40	4,61		37,54		
		w _{max}	9,58	9,23		49,47		
		u _{max} [%]	6,18	5,95		10,87		

Dach - Unterspannbahn $s_d = 5,0m$ / Holzfaser **Fall: 52**



Betrachtete Variante::
 Variante 1: mit Dampfbremse
 Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{feucht}	μ_{rocken}	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Betonstein	0,015	1,5	60	100	2100	1000
2	Luftzwischenraum	0,048					
3	Unterspannbahn			$s_d = 5,0 \text{ m}$			
4	Holzfaserdämmstoff	0,2	0,04	5	5	160	2100
4'	Rippe	0,2	0,13	20	50	500	1600
5	Dampfbremse			$s_d = 30 \text{ m}$		980	1800
6	Holz	0,019	0,13	20	50	500	1600

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max,zul}$	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
		[kg/m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ²]		
1	3/4	0,017	0,453	0,50	nein	ja
2	3/4	0,618	1,805	0,50	ja	nein

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]	
1	Würzburg	20		x	1/2	0,005	1				
		22		x	1/2	0,005	1				
		24		x	1/2	0,005	1				
	Hof	20		x	1/2	0,02	2				
		22		x	1/2	0,02	2				
		24		x	1/2	0,02	2				
2	Würzburg	20						x	1,30	0,45	
		22						x	1,30	0,45	
		24							x	1,30	0,45
	Hof	20							kV	1,72	1,43
		22							kV	1,72	1,42
		24							kV	1,72	1,42

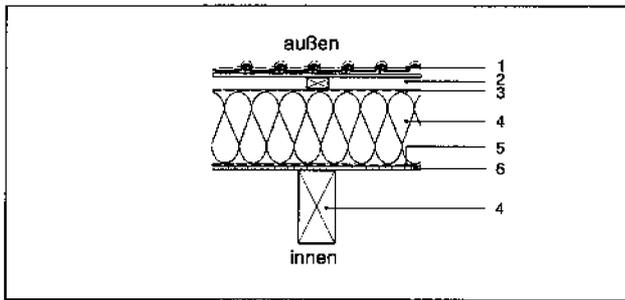
Dach - Unterspannbahn $s_d = 5,0m$ / Holzfaser

Fall: 52

Schicht			1	2	3	4							
Teilschicht						4 ₁	4 ₂	4 ₃	4 ₄	4 ₅	4 ₆	4 ₇	4 ₈
Schichtdicke [m]			0,015	0,048	0,001	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Rohdichte [kg/m ³]			1.650	1	130	155	155	155	155	155	155	155	155
U _{80%}			9,2	0	0	19	19	19	19	19	19	19	19
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	0,77	0,05	0,00	6,96	8,62	9,53	10,09	9,55	7,58	6,58	5,67
		W _{max}	370,84	15,72	0,01	15,51	19,77	16,08	13,38	12,01	11,26	11,39	11,59
		U _{max} [%]	22,48	1209,23	0,01	10,01	12,75	10,37	8,63	7,75	7,26	7,35	7,48
	Hof	W _{min}	1,43	0,10	0,00	10,70	11,50	11,58	11,36	9,10	7,32	6,27	5,35
		W _{max}	370,52	15,48	0,01	28,09	20,19	16,19	13,15	11,85	11,05	10,61	10,25
		U _{max} [%]	22,46	1190,77	0,01	18,12	13,03	10,45	8,48	7,65	7,13	6,85	6,61
2	Würzburg	W _{min}	0,77	0,05	0,00	0,08	10,51	11,36	11,87	12,20	10,25	7,95	6,90
		W _{max}	370,82	15,67	0,02	35,23	23,97	20,04	17,50	14,86	13,61	13,24	13,33
		U _{max} [%]	22,47	1205,38	0,02	22,73	15,46	12,93	11,29	9,59	8,78	8,54	8,60
	Hof	W _{min}	1,44	0,10	0,00	15,43	16,71	16,54	16,03	16,75	11,05	8,32	7,00
		W _{max}	370,25	15,50	0,02	52,29	29,13	22,06	19,48	17,75	15,65	14,80	14,42
		U _{max} [%]	22,44	1192,31	0,02	33,74	18,79	14,23	12,57	11,45	10,10	9,55	9,30

Schicht					5	6
Teilschicht			4 ₉	4 ₁₀		
Schichtdicke [m]			0,02	0,02	0,001	0,009
Rohdichte [kg/m ³]			155	155	130	455
U _{80%}			19	19	0	80
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]				
1	Würzburg	W _{min}	4,83	4,07	0,00	41,18
		W _{max}	11,86	12,32	0,00	52,16
		U _{max} [%]	7,65	7,95	0,00	11,46
	Hof	W _{min}	4,51	3,77	0,00	41,31
		W _{max}	9,96	9,92	0,00	52,51
		U _{max} [%]	6,43	6,40	0,00	11,54
2	Würzburg	W _{min}	5,96	5,10		38,32
		W _{max}	13,50	13,83		54,71
		U _{max} [%]	8,71	8,92		12,02
	Hof	W _{min}	5,99	5,09		38,23
		W _{max}	14,06	13,92		54,46
		U _{max} [%]	9,07	8,98		11,97

Dach mit Aufsparrendämmung - Hartfaserplatte aussen / Holzfaser **Fall: 53**



Betrachtete Variante::
 Variante 1: mit Dampfbremse
 Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d [m]	λ [W/(mK)]	μ _{leicht} [-]	μ _{rocken} [-]	ρ [kg/m³]	c _p [J/(kgK)]
1	Betonstein	0,015	1,5	60	100	2100	1000
2	Luftzwischenraum	0,048					
3	Hartfaserplatte	0,003	0,17	70	70	1000	1700
4	Holzfaserdämmstoff	0,2	0,04	5	5	160	2100
4'	Rippe	0,2	0,13	20	50	500	1600
5	Dampfbremse		0,5	s _d = 2,0 m		980	1800
6	Holz	0,019	0,13	20	50	500	1600

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode m _{w,T} [kg/m²]	Verdunstungsperiode m _{w,V} [kg/m²]	Grenzwert Δ m _{zul} oder m _{max, zul.} [kg/m²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	-	0	0,000	0,50	nein	ja
2	3/4	0,355	10,679	0,50	ja	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwasseremenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwasseremenge	maximale Tauwasseremenge [kg/m²]	Monat mit maximaler Tauwasseremenge	c) Tauwasseremenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwasseremenge im Bauteil [kg/m²]	Tauwasseremenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m²]
1	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20	x							
		22	x							
		24	x							
2	Würzburg	20		x	1/2	0,08	1			
		22		x	1/2	0,08	1			
		24		x	1/2	0,08	1			
	Hof	20		x	1/2	0,41	2			
		22		x	1/2	0,41	2			
		24		x	1/2	0,41	2			

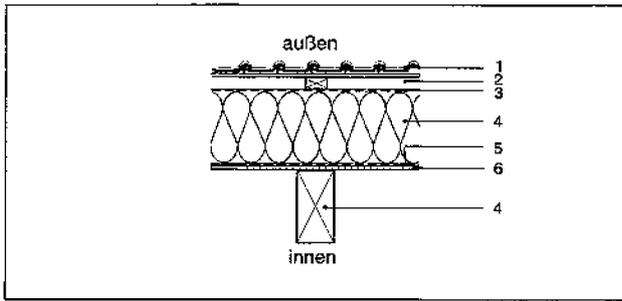
Dach mit Aufsparendämmung - Hartfaserplatte aussen / Holzfaser

Fall: 53

Schicht		1	2	3	4								
Teilschicht					4 ₁	4 ₂	4 ₃	4 ₄	4 ₅	4 ₆	4 ₇	4 ₈	
Schichtdicke [m]		0,015	0,048	0,003	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Rohdichte [kg/m³]		1.650	1	800	155	155	155	155	155	155	155	155	
U _{80%}		9,2	0	90	19	19	19	19	19	19	19	19	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m³]											
1	Würzburg	W _{min}	1,70	0,22	40,15	8,72	10,58	11,52	12,19	12,60	11,76	9,04	7,38
		W _{max}	371,11	17,34	237,91	39,70	26,17	21,58	19,46	18,35	16,62	15,54	15,47
		U _{max} [%]	22,49	1333,85	29,74	25,61	16,88	13,92	12,55	11,84	10,72	10,03	9,98
	Hof	W _{min}	1,78	0,24	44,69	11,63	12,86	13,40	13,67	13,68	11,02	8,37	7,00
		W _{max}	370,00	19,41	249,18	47,33	28,20	22,48	20,44	19,14	18,44	17,55	16,28
		U _{max} [%]	22,42	1493,08	31,15	30,54	18,19	14,50	13,19	12,35	11,90	11,32	10,50
2	Würzburg	W _{min}	1,71	0,22	40,12	8,69	10,49	11,41	12,07	12,45	12,11	9,53	7,61
		W _{max}	371,13	17,26	241,62	40,56	26,68	21,87	19,47	18,36	16,56	15,25	15,09
		U _{max} [%]	22,49	1327,69	30,20	26,17	17,21	14,11	12,56	11,85	10,68	9,84	9,74
	Hof	W _{min}	1,79	0,24	43,76	10,98	12,28	12,78	13,04	13,15	11,10	8,53	7,27
		W _{max}	370,00	18,05	241,63	38,21	26,69	23,21	21,26	19,78	18,80	18,20	16,89
		U _{max} [%]	22,42	1388,46	30,20	24,65	17,22	14,97	13,72	12,76	12,13	11,74	10,90

Schicht				5	6			
Teilschicht		4 ₉	4 ₁₀					
Schichtdicke [m]		0,02	0,02	0,001	0,019			
Rohdichte [kg/m³]		155	155	130	455			
U _{80%}		19	19	0	80			
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m³]						
1	Würzburg	W _{min}	6,32	5,35	0,00	40,21		
		W _{max}	15,54	16,03	0,00	54,45		
		U _{max} [%]	10,03	10,34	0,00	11,97		
	Hof	W _{min}	5,96	5,03	0,00	39,88		
		W _{max}	15,58	15,47	0,00	54,07		
		U _{max} [%]	10,05	9,98	0,00	11,88		
2	Würzburg	W _{min}	6,57	5,61		39,10		
		W _{max}	15,07	15,32		56,50		
		U _{max} [%]	9,72	9,88		12,42		
	Hof	W _{min}	6,24	5,32		38,59		
		W _{max}	15,74	15,28		55,97		
		U _{max} [%]	10,15	9,86		12,30		

Dach mit Aufsparrendämmung - Unterspannbahn $s_d = 0,20m$ / Polystyrol-Partikelschaum **Fall: 54**



Betrachtete Variante::

Variante 1: mit Dampfbremse

Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{feucht}	$\mu_{trocken}$	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Betonstein	0,015	1,5	60	100	2100	1000
2	Luftzwischenraum	0,048					
3	Unterspannbahn			$s_d = 0,20 \text{ m}$			
4	Wärmedämmstoff	0,2	0,04	30	70	20	1000
4'	Rippe	0,2	0,13	20	50	500	1600
5	Dampfbremse			$s_d = 2,0 \text{ m}$		980	1800
6	Holz	0,019	0,13	20	50	500	1600

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,v}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max,zul}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	-	0	0,000	0,50	nein	ja
2	-	0	0,000	0,50	ja	ja

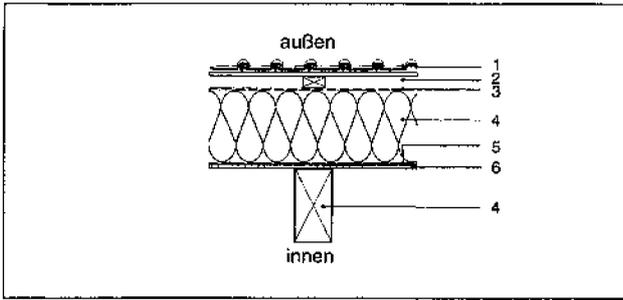
Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwasserermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwasserermenge	maximale Tauwasserermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwasserermenge	Tauwasserermenge verdunstet c) unvollständig	maximale Tauwasserermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwasserermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
1	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20	x							
		22	x							
		24	x							
2	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20	x							
		22	x							
		24	x							

Dach mit Aufsparrendämmung - Unterspannbahn $s_d = 0,20m$ / Polystyrol-Partikelschaum Fall: 54

Schicht		1	2	3	4						5	6	
Teilschicht					4 ₁	4 ₂	4 ₃	4 ₄	4 ₅	4 ₆			
Schichtdicke [m]		0,015	0,048	0,001	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,1	0,001	0,019	
Rohdichte [kg/m ³]		1.650	1	130	15	15	15	15	15	15	130	455	
u ₈₀ %		9,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m ³]											
1	Würzburg	W _{min}	0,76	0,05	0,00	0,12	0,19	0,26	0,31	0,34	0,33	0,00	40,53
		W _{max}	370,91	15,59	0,01	4,97	2,34	1,54	1,16	0,97	0,71	0,00	52,19
		U _{max} [%]	22,48	1199,23	0,01	33,13	15,60	10,27	7,73	6,47	4,73	0,00	11,47
	Hof	W _{min}	0,74	0,05	0,00	0,12	0,20	0,27	0,33	0,35	0,35	0,00	40,38
		W _{max}	370,00	15,28	0,01	4,80	2,29	1,50	1,13	0,93	0,75	0,00	52,12
		U _{max} [%]	22,42	1175,38	0,01	32,00	15,27	10,00	7,53	6,20	5,00	0,00	11,45
2	Würzburg	W _{min}	0,76	0,05	0,00	0,12	0,20	0,26	0,31	0,34	0,36		40,38
		W _{max}	370,91	15,59	0,01	5,29	2,54	1,69	1,27	1,05	0,73		52,25
		U _{max} [%]	22,48	1199,23	0,01	35,27	16,93	11,27	8,47	7,00	4,87		11,48
	Hof	W _{min}	0,74	0,05	0,00	0,12	0,20	0,27	0,34	0,36	0,38		40,15
		W _{max}	370,00	15,30	0,01	5,13	2,56	1,70	1,28	1,05	0,75		52,06
		U _{max} [%]	22,42	1176,92	0,01	34,20	17,07	11,33	8,53	7,00	5,00		11,44

Dach mit Aufsparrendämmung - Unterspannbahn $s_d = 5,0m$ / Polystyrol-Partikelschaum **Fall: 55**



Betrachtete Variante:

Variante 1: mit Dampfbremse

Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{feucht}	μ_{trocken}	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Betonstein	0,015	1,5	60	100	2100	1000
2	Luftzwischenraum	0,048					
3	Unterspannbahn			$s_d = 5,0 \text{ m}$			
4	Wärmedämmstoff	0,2	0,04	30	70	20	1000
4'	Rippe	0,2	0,13	20	50	500	1600
5	Dampfbremse			$s_d = 30 \text{ m}$		980	1800
6	Holz	0,019	0,13	20	50	500	1600

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{\text{max.,zul.}}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	3/4	0,013	0,444	0,50	nein	ja
2	3/4	0,127	0,659	0,50	ja	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

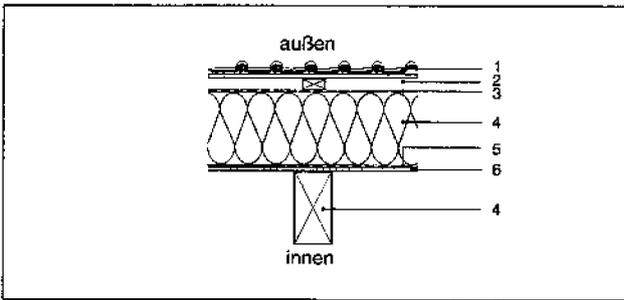
Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	b) Tauwasserbildung findet statt, Tauwassermenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwassermenge	maximale Tauwassermenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwassermenge	c) Tauwassermenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwassermenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwassermenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
1	Würzburg	20		x	1/2	0,002	1			
		22		x	1/2	0,002	1			
		24		x	1/2	0,002	1			
	Hof	20		x	1/2	0,01	2			
		22		x	1/2	0,01	2			
		24		x	1/2	0,01	2			
2	Würzburg	20		x	1/2	0,22	3			
		22		x	1/2	0,22	3			
		24		x	1/2	0,22	3			
	Hof	20						x	0,30	0,09
		22						x	0,30	0,09
		24						x	0,30	0,09

Dach mit Aufsparendämmung - Unterspannbahn $s_d = 5,0m$ / Polystyrol-Partikelschaum

Fall: 55

Schicht			1	2	3	4						5	6
Teilschicht						4 ₁	4 ₂	4 ₃	4 ₄	4 ₅	4 ₆		
Schichtdicke [m]			0,015	0,048	0,001	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,1	0,001	0,019
Rohdichte [kg/m ³]			1.650	1	130	15	15	15	15	15	15	130	455
U _{80%}			9,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
Variante	Standort		Wassergehalt w [kg/m ³]										
1	Würzburg	W _{min}	0,74	0,05	0,00	0,25	0,31	0,36	0,41	0,45	0,28	0,00	41,13
		W _{max}	370,91	15,46	0,01	3,59	1,67	1,13	0,89	0,75	0,66	0,00	52,12
		U _{max} [%]	22,48	1189,23	0,01	23,93	11,13	7,53	5,93	5,00	4,40	0,00	11,45
	Hof	W _{min}	0,72	0,05	0,00	0,32	0,40	0,45	0,48	0,48	0,25	0,00	41,20
		W _{max}	370,00	15,19	0,01	3,82	1,61	1,06	0,83	0,71	0,66	0,00	52,43
		U _{max} [%]	22,42	1168,46	0,01	25,47	10,73	7,07	5,53	4,73	4,40	0,00	11,52
2	Würzburg	W _{min}	0,74	0,05	0,00	0,25	0,32	0,37	0,42	0,45	0,48		40,35
		W _{max}	370,90	15,49	0,01	6,40	2,64	1,75	1,35	1,10	0,69		52,13
		U _{max} [%]	22,48	1191,54	0,01	42,67	17,60	11,67	9,00	7,33	4,60		11,46
	Hof	W _{min}	0,72	0,05	0,00	0,40	0,50	0,56	0,59	0,61	0,48		40,71
		W _{max}	370,00	15,23	0,01	7,70	2,87	1,88	1,42	1,17	0,74		52,31
		U _{max} [%]	22,42	1171,54	0,01	51,33	19,13	12,53	9,47	7,80	4,93		11,50

Dach mit Aufsparrendämmung - Hartfaserplatte aussen / Polystyrol-Partikelschaum **Fall: 56**



Betrachtete Variante:
 Variante 1: mit Dampfbremse
 Variante 2: ohne Dampfbremse

Nr.	Baustoff	d	λ	μ_{feucht}	$\mu_{trocken}$	ρ	c_p
		[m]	[W/(mK)]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[J/(kgK)]
1	Betonstein	0,015	1,15	60	100	1800	1000
2	Luftzwischenraum	0,048					
3	Hartfaserplatte	0,003	0,17	70	70	1000	1700
4	Wärmedämmstoff	0,2	0,04	30	70	20	1000
4'	Rippe	0,2	0,13	20	50	500	1600
5	Dampfbremse	$s_d = 2 \text{ m}$				980	1800
6	Holz	0,019	0,13	20	50	500	1600

Nachweis gemäß DIN 4108-3:2001-07

Variante	Tauwasser-ebene	Tauperiode $m_{w,T}$ [kg/m ²]	Verdunstungsperiode $m_{w,V}$ [kg/m ²]	Grenzwert Δm_{zul} oder $m_{max.,zul.}$ [kg/m ²]	Nachweis erforderlich	rechnerischer Nachweis erfüllt
1	-	0	0,000	0,50	nein	ja
2	-	0	0,000	0,50	ja	ja

Nachweis gemäß DIN 13788:2001-11

Variante	Standort	Raumlufttemperatur von Juni bis September	a) keine Tauwasserbildung	Tauwasserbildung findet statt, b) Tauwasseremenge verdunstet vollständig	Schicht oder Trennebene mit maximaler Tauwasseremenge	maximale Tauwasseremenge [kg/m ²]	Monat mit maximaler Tauwasseremenge	Tauwasseremenge verdunstet unvollständig	maximale Tauwasseremenge im Bauteil [kg/m ²]	Tauwasseremenge nach 12 Monaten im Bauteil [kg/m ²]
1	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20	x							
		22	x							
		24	x							
2	Würzburg	20	x							
		22	x							
		24	x							
	Hof	20	x							
		22	x							
		24	x							

Dach mit Aufsparendämmung - Hartfaserplatte aussen / Polystyrol-Partikelschaum

Fall: 56

Schicht		1	2	3	4						5	6	
Teilschicht					4 ₁	4 ₂	4 ₃	4 ₄	4 ₅	4 ₆			
Schichtdicke [m]		0,015	0,048	0,003	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,1	0,001	0,019	
Rohdichte [kg/m³]		1.650	1	800	15	15	15	15	15	15	130	455	
u _{80%}		9,2	0	90	0	0	0	0	0	0		80	
Variante	Standort	Wassergehalt w [kg/m³]											
1	Würzburg	w _{min}	1,56	0,18	33,04	0,31	0,39	0,45	0,49	0,53	0,48	0,00	40,70
		w _{max}	371,18	16,72	165,99	6,48	3,22	2,20	1,68	1,37	1,09	0,00	53,49
		u _{max} [%]	22,50	1286,15	20,75	43,20	21,47	14,67	11,20	9,13	7,27	0,00	11,76
	Hof	w _{min}	1,57	0,17	31,17	0,30	0,43	0,53	0,57	0,61	0,46	0,00	40,57
		w _{max}	370,00	80,45	171,13	6,95	3,47	2,47	1,97	1,65	1,12	0,00	53,36
		u _{max} [%]	22,42	6188,46	21,39	46,33	23,13	16,47	13,13	11,00	7,47	0,00	11,73
2	Würzburg	w _{min}	1,56	0,18	32,82	0,31	0,39	0,44	0,47	0,51	0,50		40,59
		w _{max}	371,21	16,58	166,36	6,65	3,34	2,29	1,73	1,39	1,00		53,90
		u _{max} [%]	22,50	1275,38	20,80	44,33	22,27	15,27	11,53	9,27	6,67		11,85
	Hof	w _{min}	1,58	0,17	31,20	0,30	0,43	0,52	0,56	0,59	0,51		40,38
		w _{max}	370,00	18,48	171,45	7,16	3,66	2,90	1,95	1,62	1,07		53,60
		u _{max} [%]	22,42	1421,54	21,43	47,73	24,40	19,33	13,00	10,80	7,13		11,78

Anhang B

Zusammenstellung der verwendeten Materialeigenschaften für die Berechnungen mit dem Programm WUFI

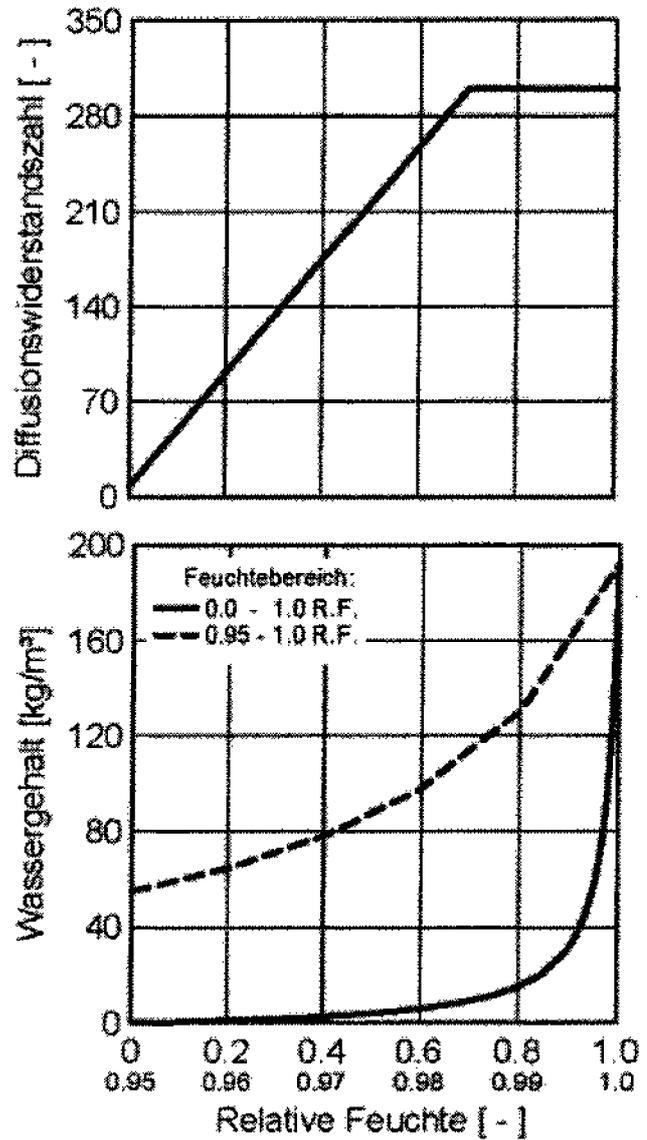
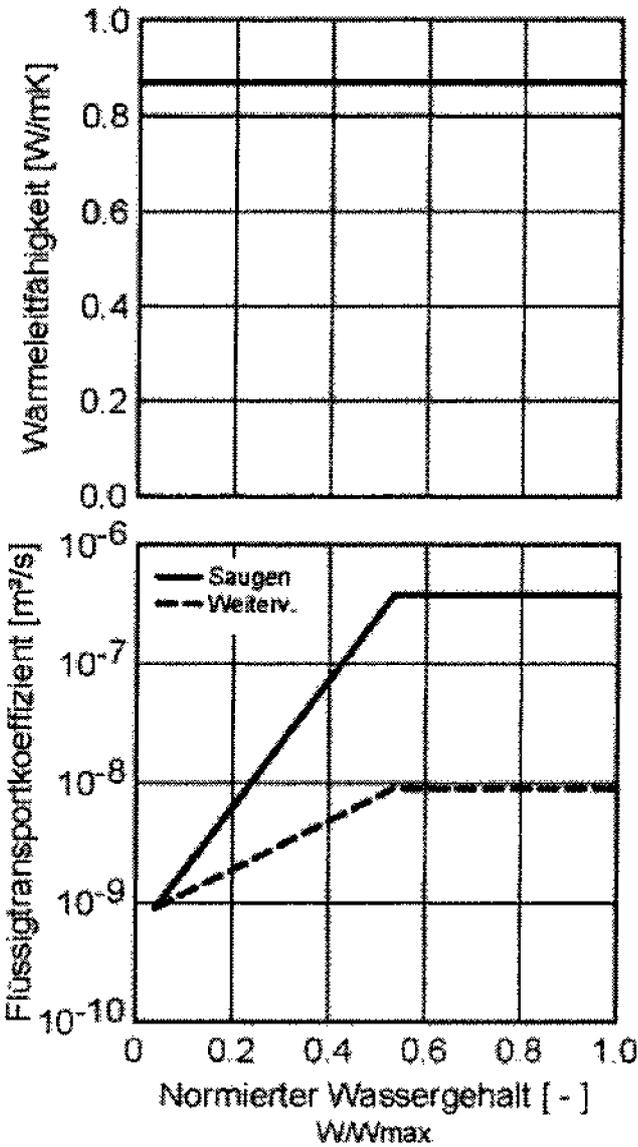
WUFI3.2



Baustoff : Kombination A-Schicht 1 von 4 (außen, Oberputz)

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	1310,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,36
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,87
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	8,0
Bezugsfeuchtegehalt	[kg/m ³]	15,0
Freie Wassersättigung	[kg/m ³]	192,0



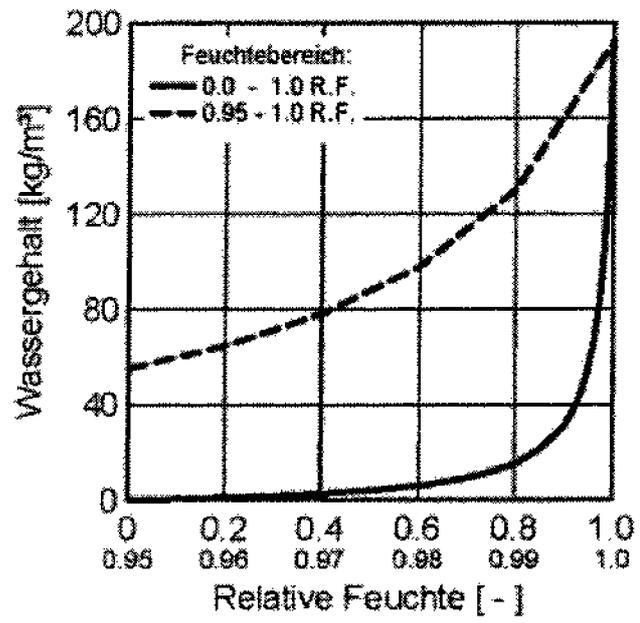
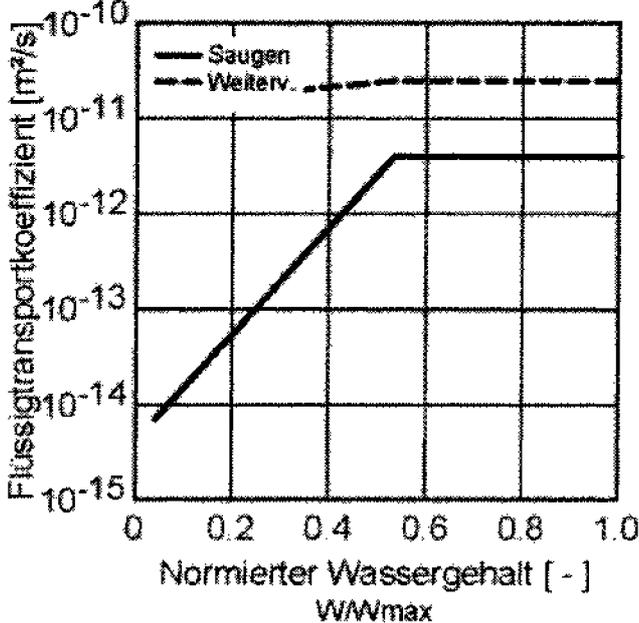
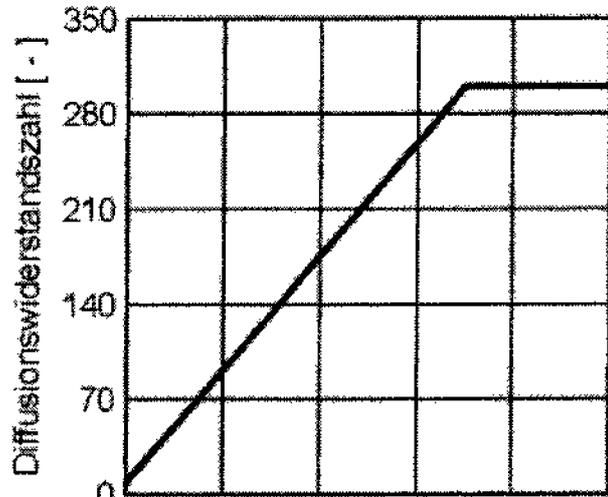
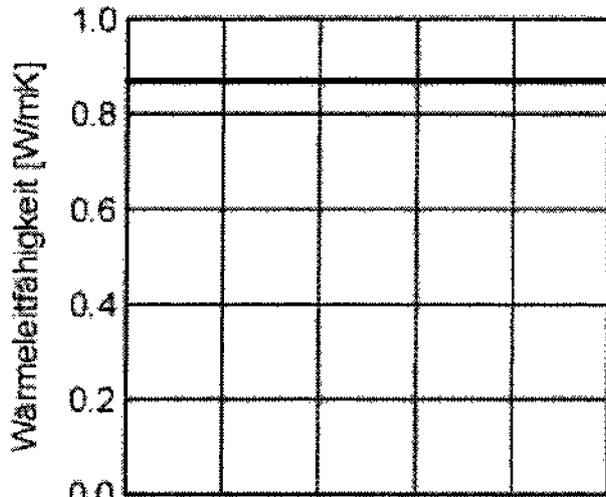
WUFI3.2



Baustoff : Kombination A-Schicht 2 von 4 (Widerstand Oberputz-Grundputz)

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	1310,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,38
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,87
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	8,0
Bezugsfeuchtegehalt	[kg/m ³]	15,0
Freie Wassersättigung	[kg/m ³]	192,0



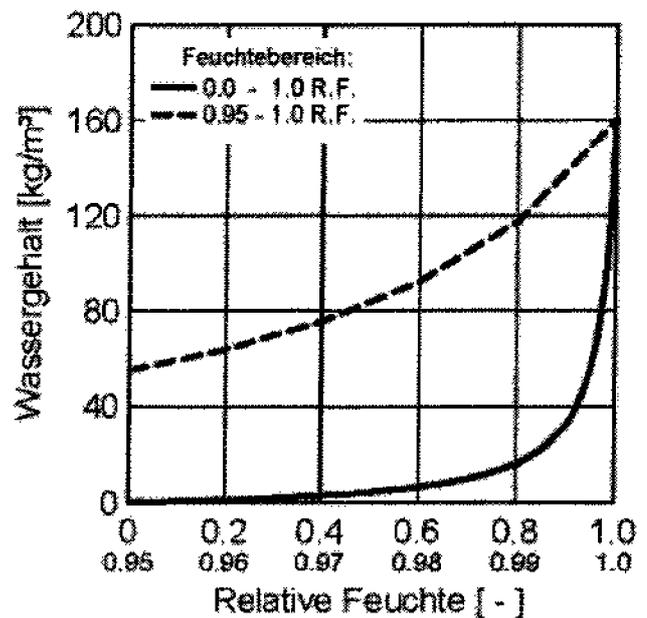
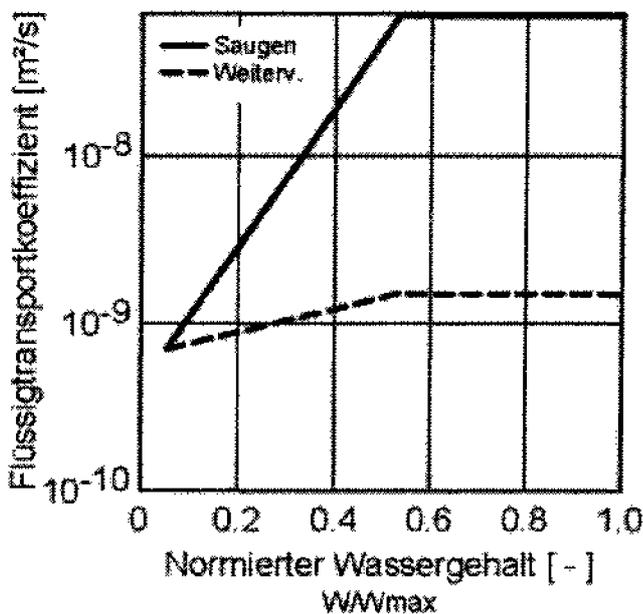
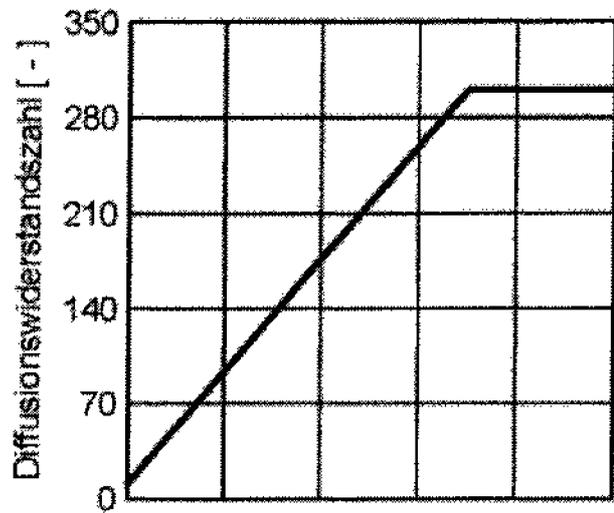
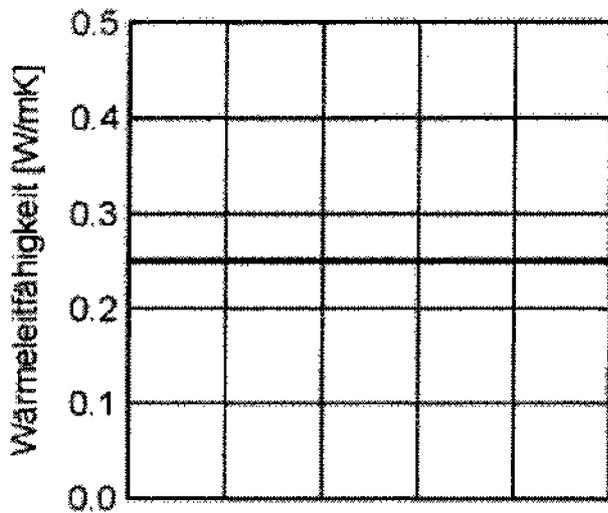
WUF13.2



Baustoff : Kombination A-Schicht 3 von 4 (Grundputz)

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	1219,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,3
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,25
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	10,8
Bezugsfeuchtegehalt	[kg/m ³]	16,0
Freie Wassersättigung	[kg/m ³]	160,0



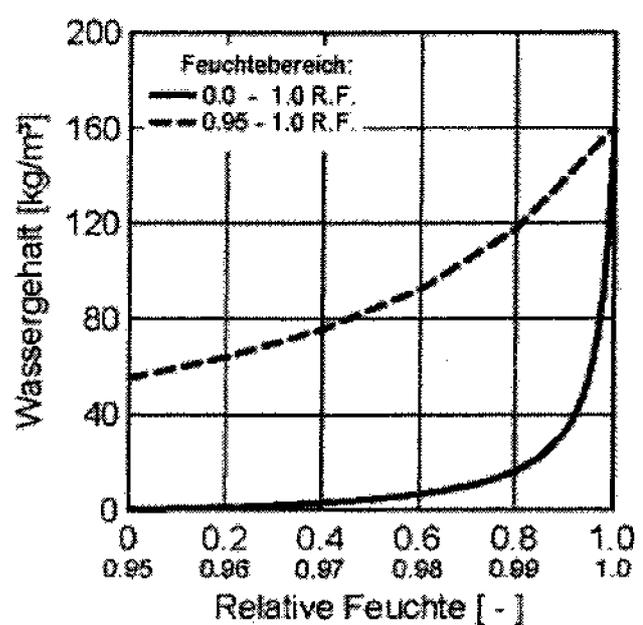
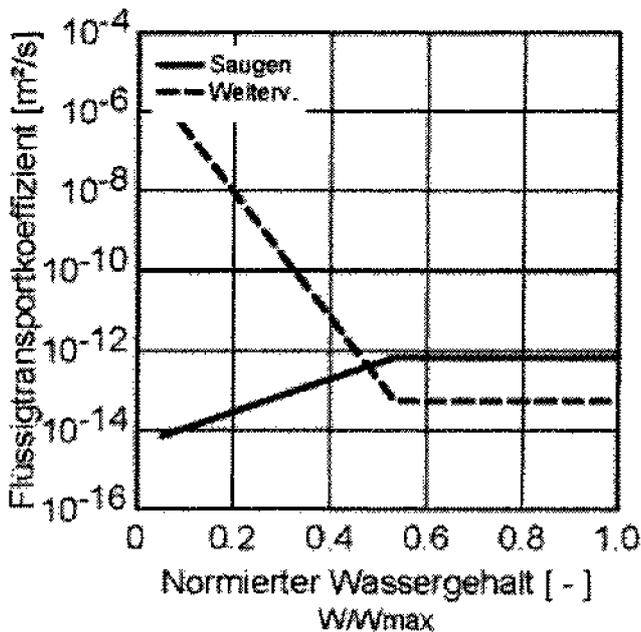
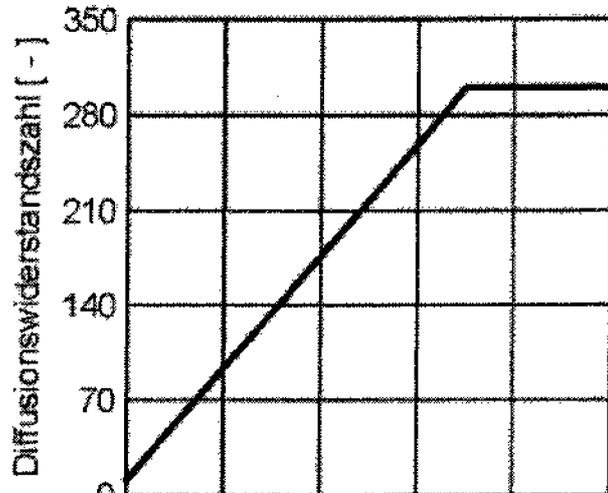
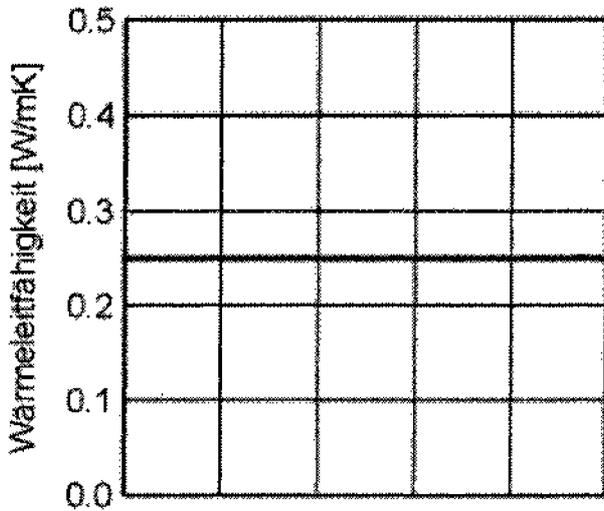
WUFI3.2



Baustoff : Kombination A-Schicht 4 von 4 (innen, Wid. Grundp-Mauerst.)

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	1219,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,3
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,25
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	10,8
Bezugsfeuchtegehalt	[kg/m ³]	16,0
Freie Wassersättigung	[kg/m ³]	160,0



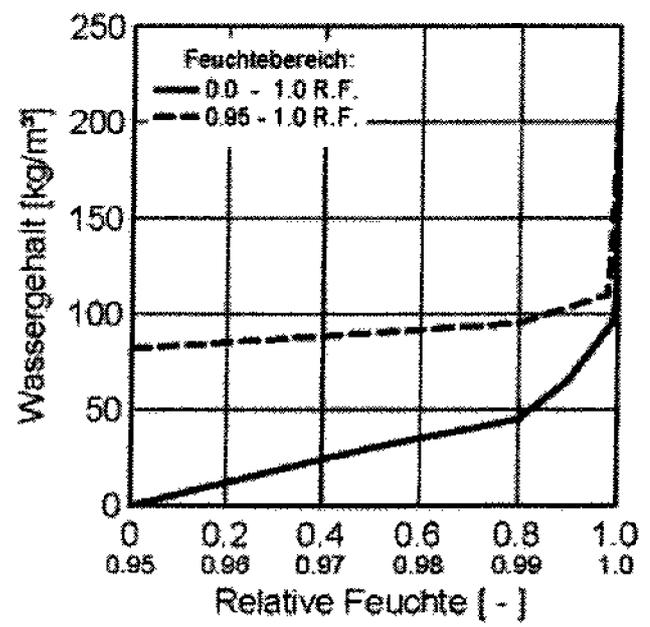
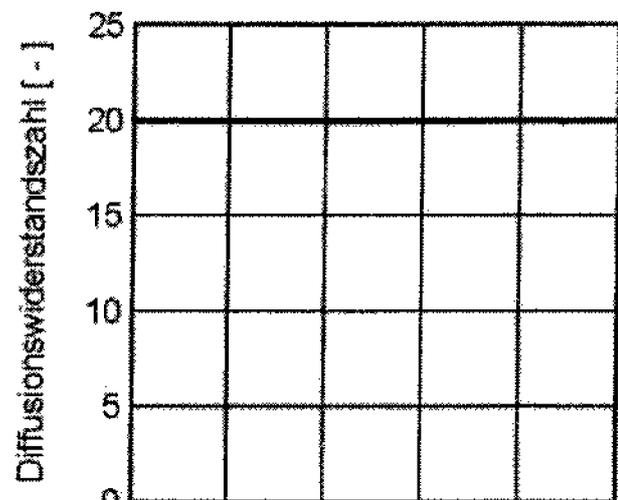
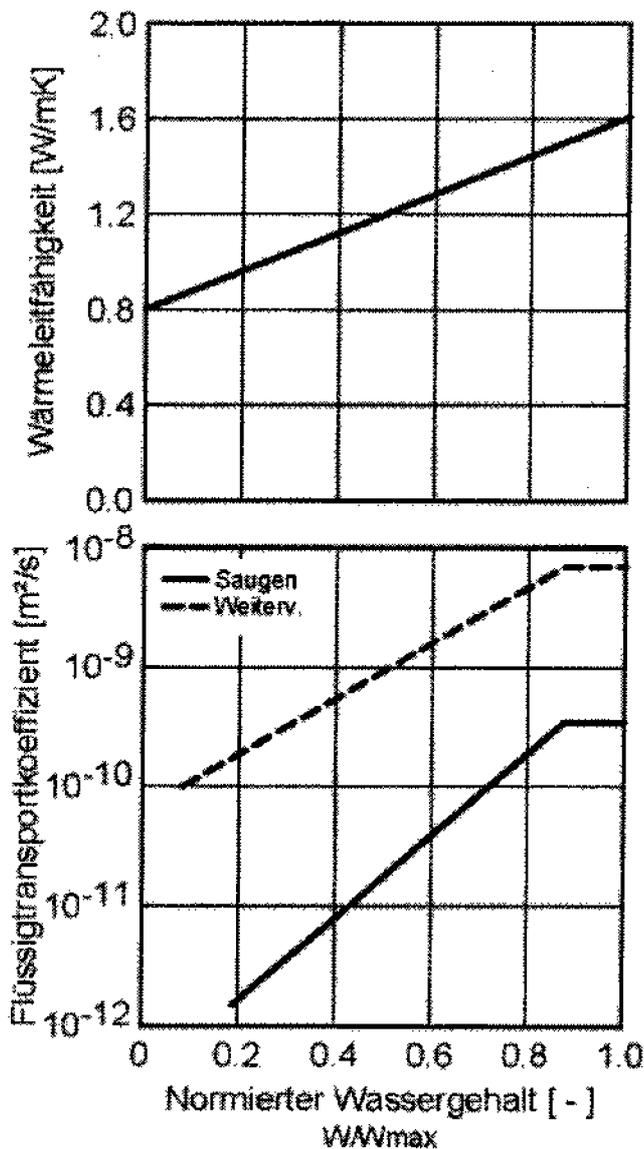
WUFI3.3



Baustoff : Mineralischer Außenputz w=0,10

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	1900,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,24
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,8
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	20,0
Bezugsfeuchtegehalt	[kg/m ³]	45,0
Freie Wassersättigung	[kg/m ³]	210,0
Wasseraufnahmekoeffizient	[kg/m ³ s ^{0.5}]	0,002
Wärmeleitfähigkeitszuschlag	[%M.-%]	8,0

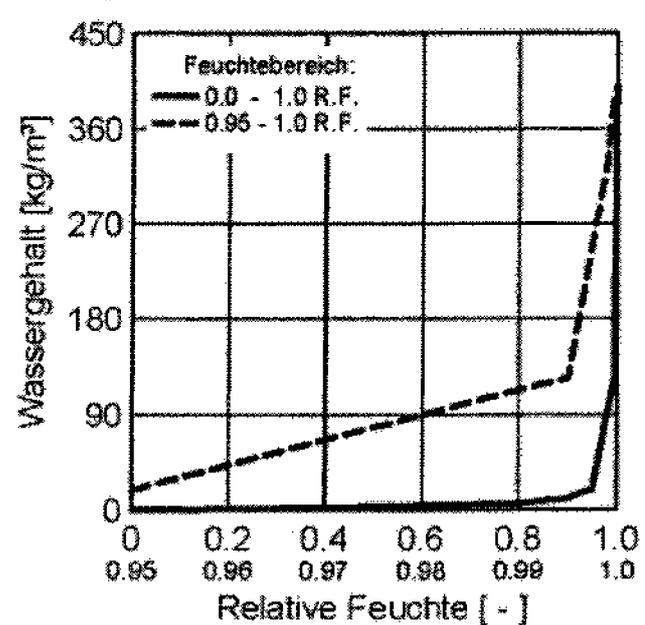
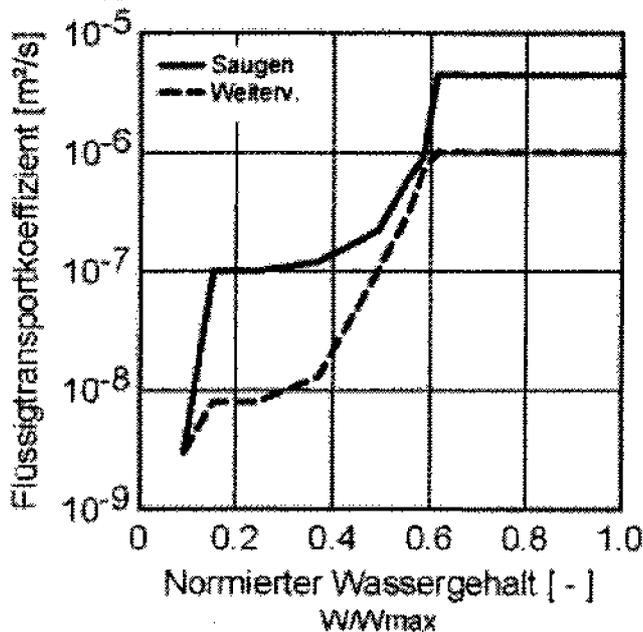
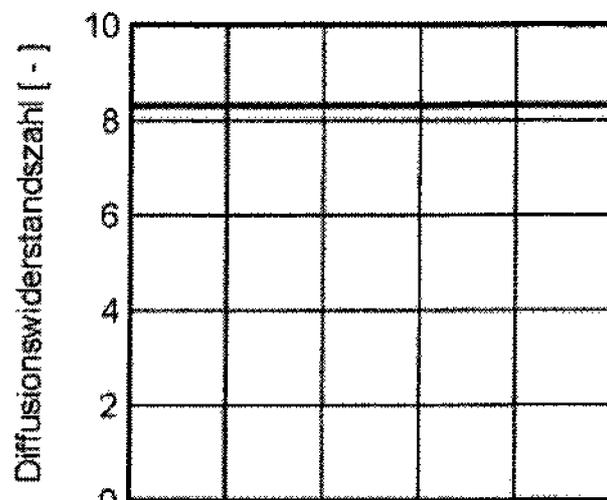
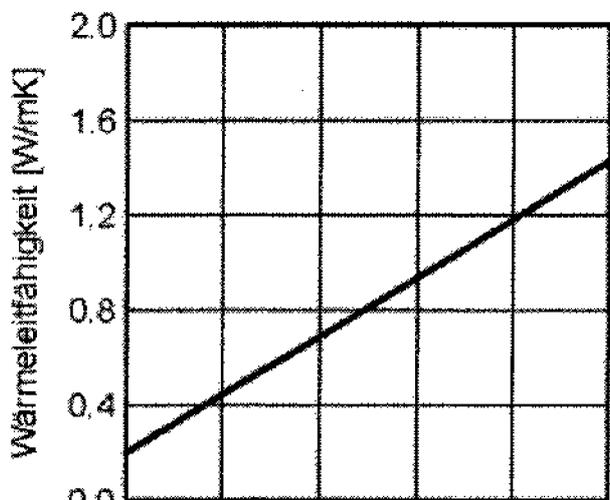


WUFI3.2

Baustoff : Innenputz (Gips)

Zusammenstellung der Rechengroßen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	850,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,65
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,2
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	8,3
Wärmeleitfähigkeitszuschlag	[%/M.-%]	8,0

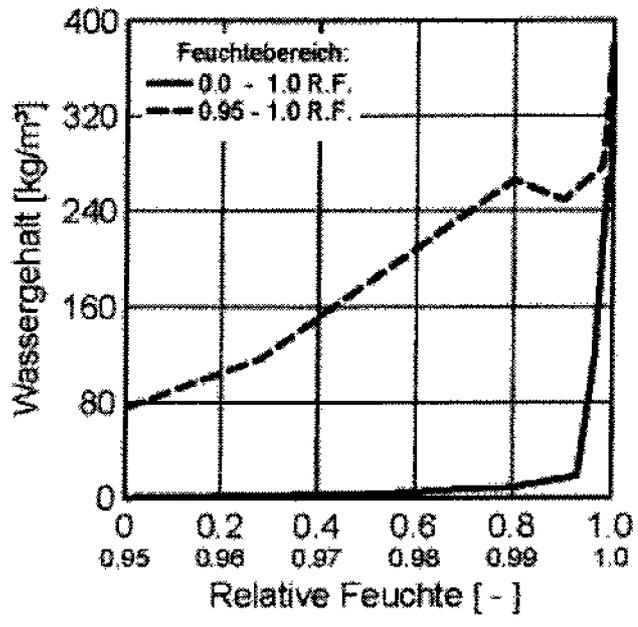
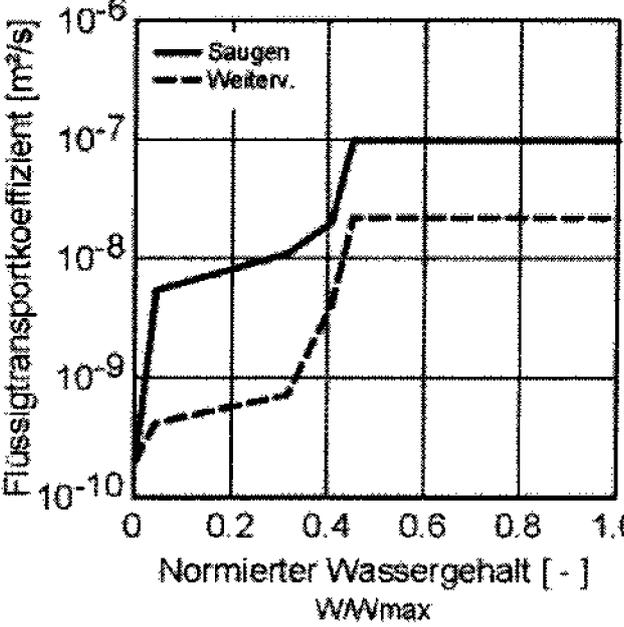
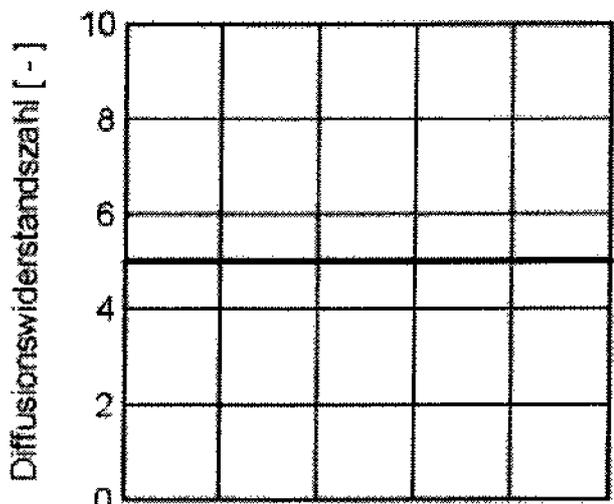
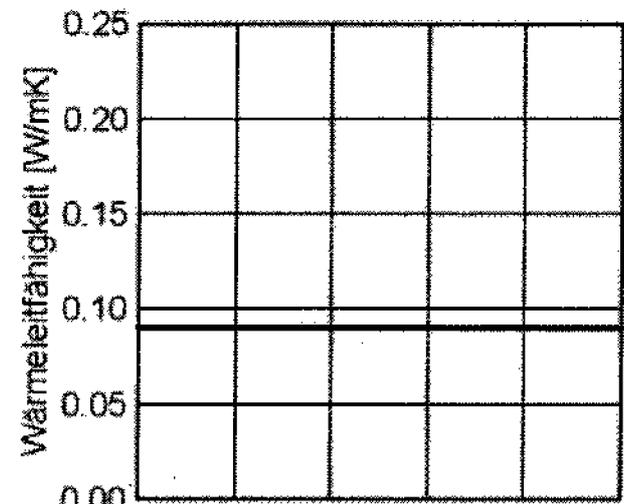


WUFI3.2

Baustoff : Porenbeton (Dichte: 350 kg/m³) 0,09

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m³]	350,0
Porosität	[m³/m³]	0,84
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,09
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	5,0



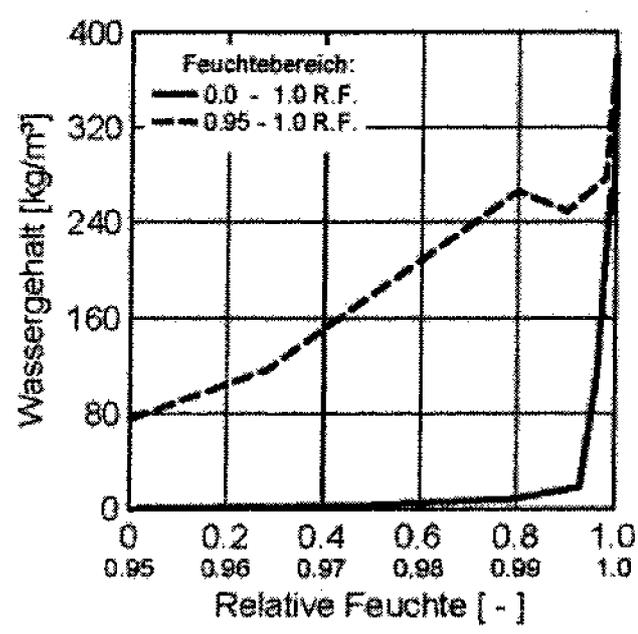
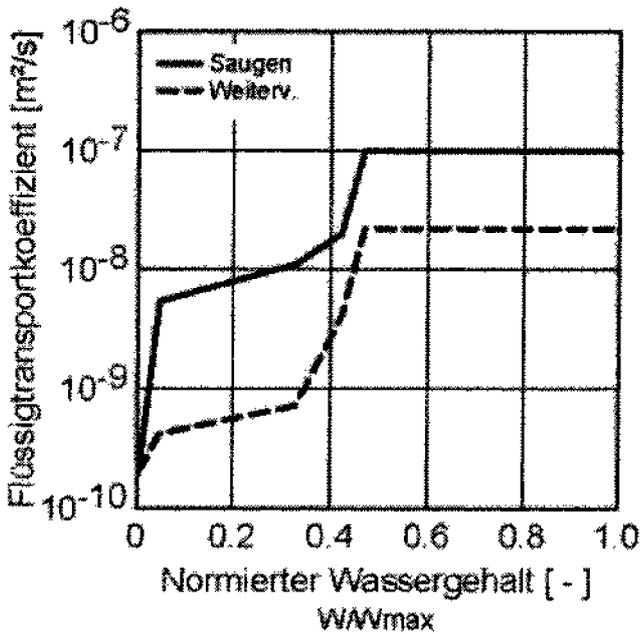
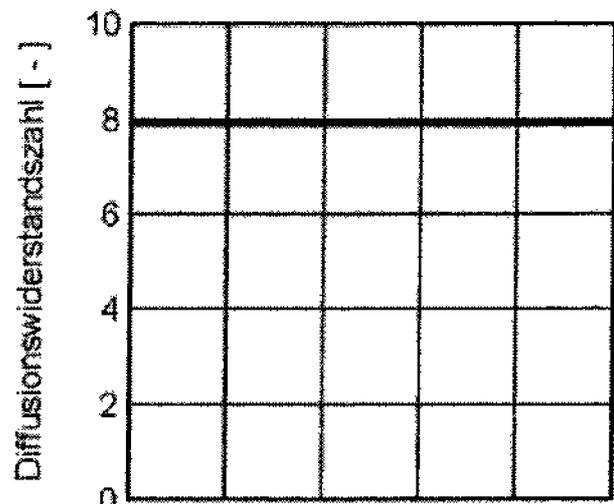
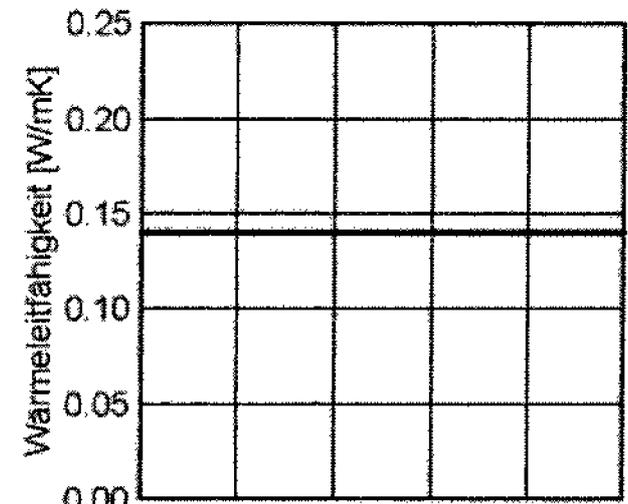
WUF13.3



Baustoff : Porenbeton (Dichte: 500 kg/m³) 0,14

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	500,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,81
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,14
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	7,9



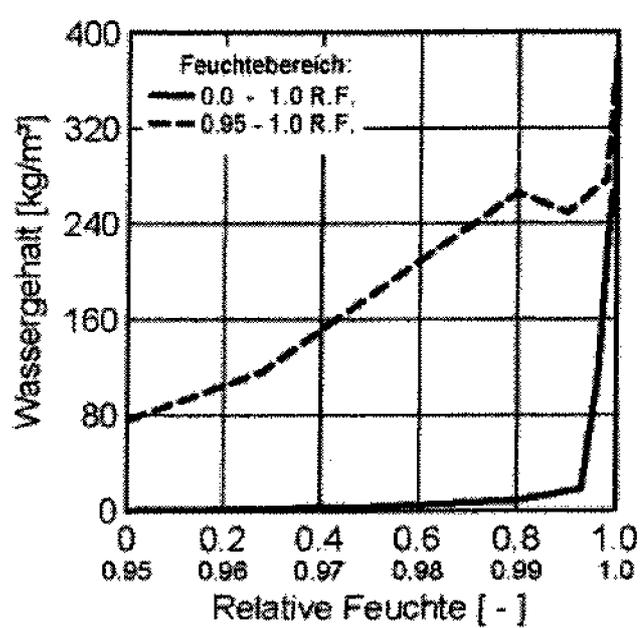
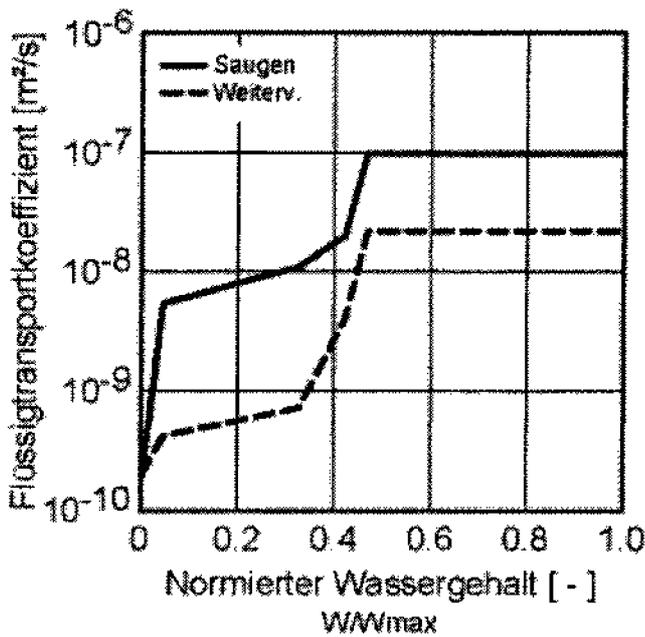
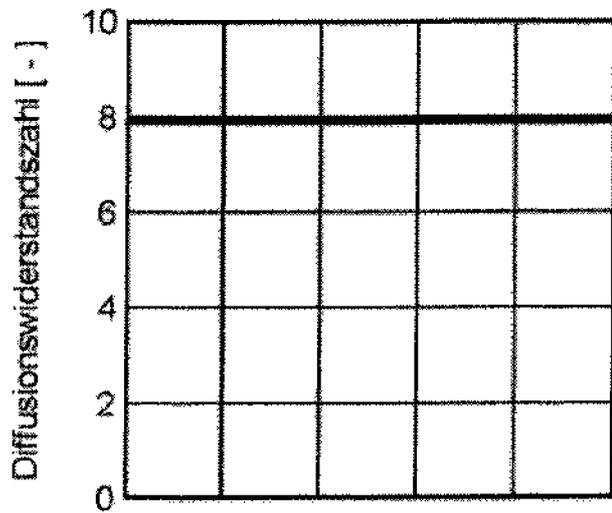
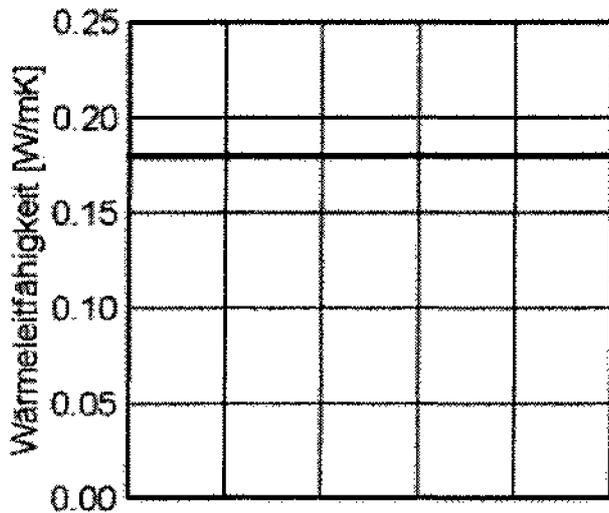
WUFI3.3



Baustoff : Porenbeton (Dichte: 650 kg/m³) 0,18

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	650,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,81
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,18
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	7,9



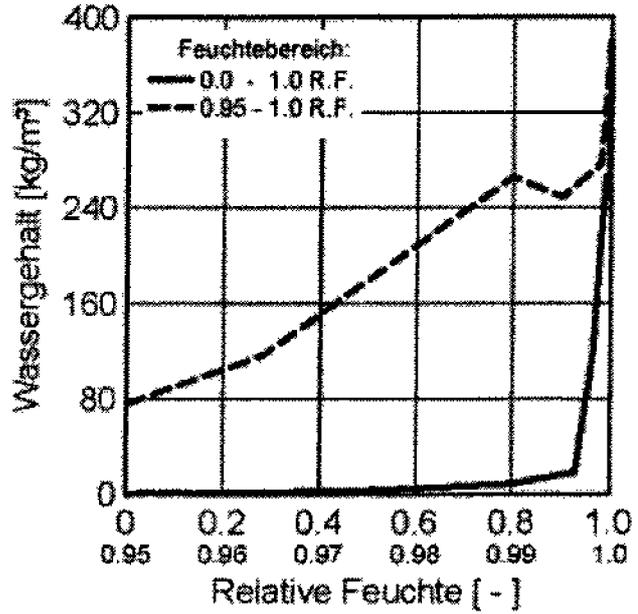
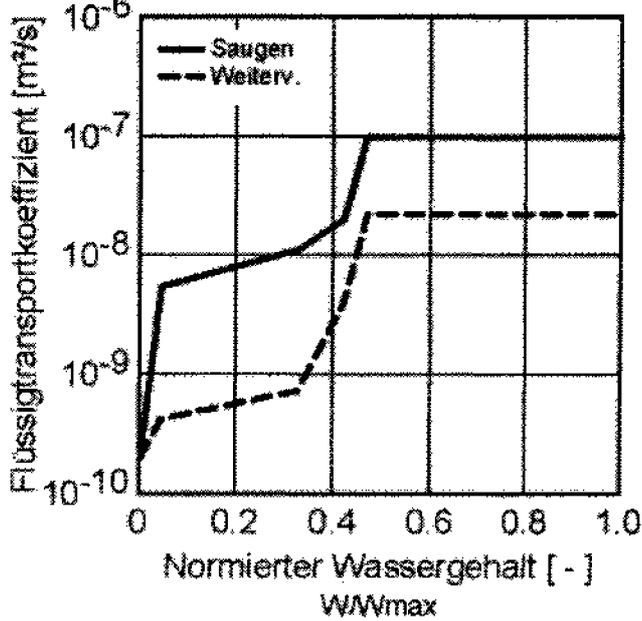
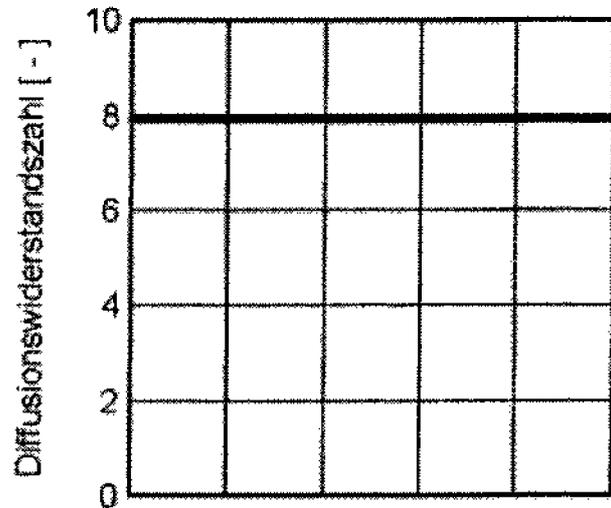
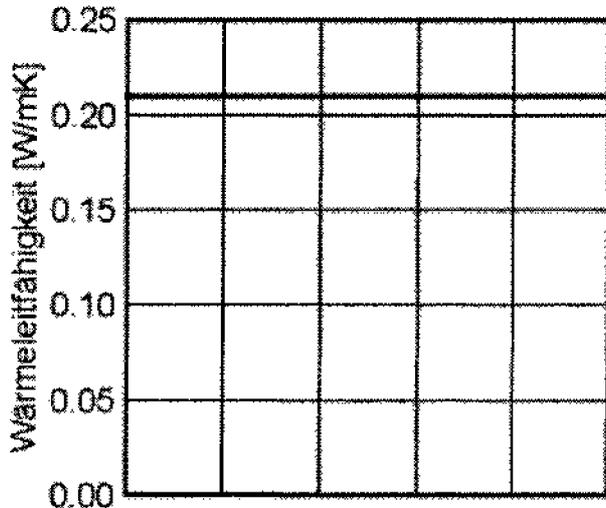
WUFI3.3



Baustoff : Porenbeton (Dichte: 800 kg/m³) 0,21

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	800,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,81
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,21
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	7,9

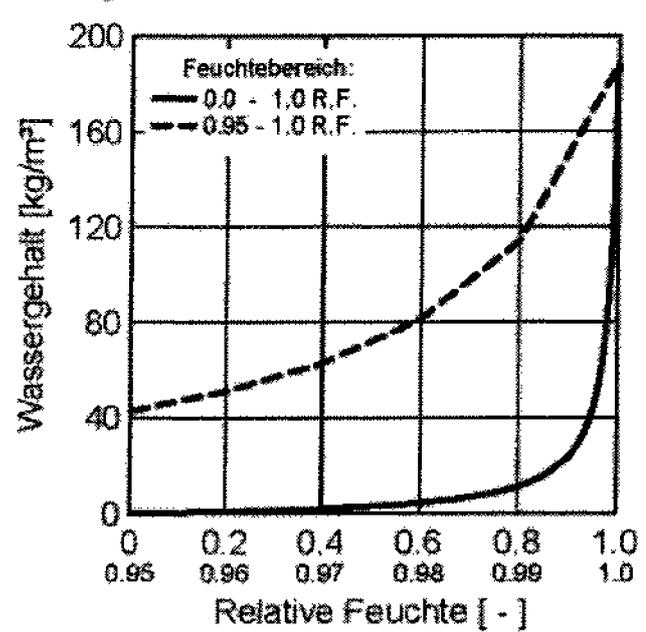
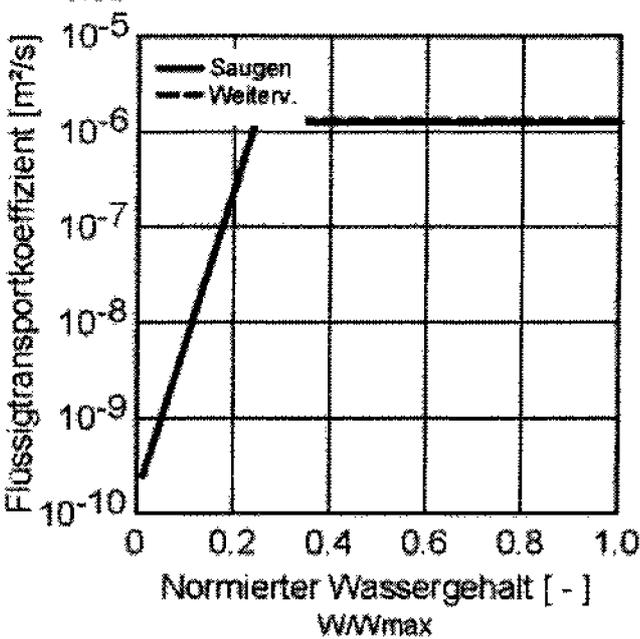
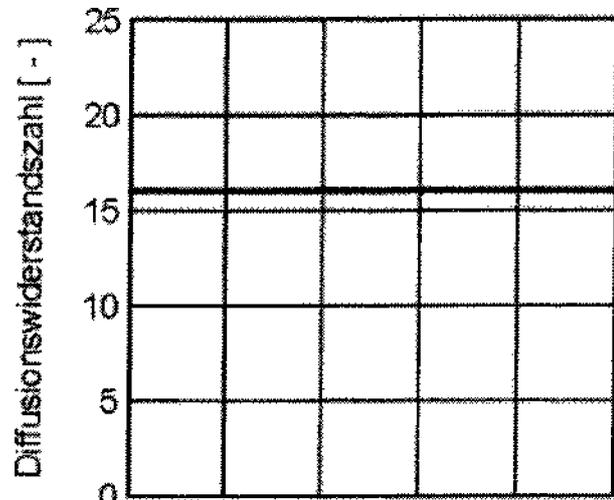
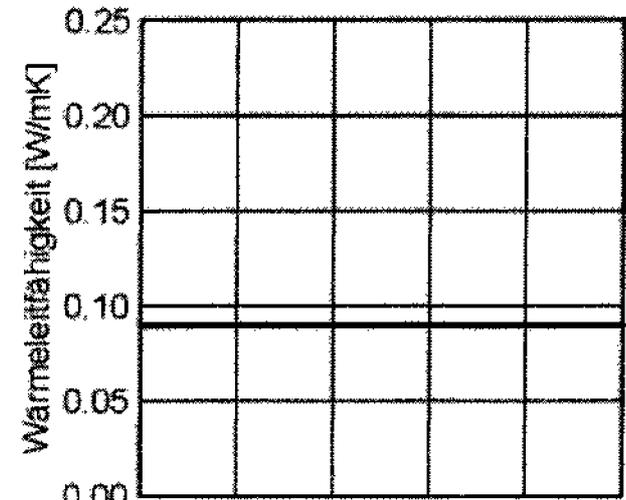


WUFI3.3

Baustoff : Hochdämmender Ziegel (Roh.=550) 0,09

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	550,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,77
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,09
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	16,0
Bezugsfeuchtegehalt	[kg/m ³]	11,0
Freie Wassersättigung	[kg/m ³]	188,0

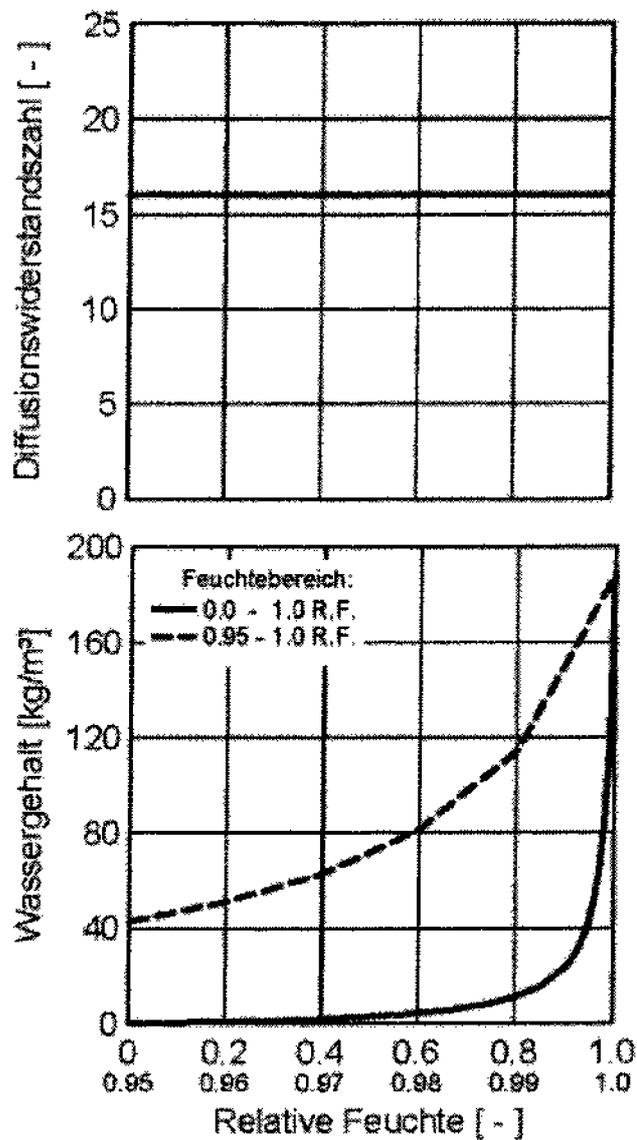
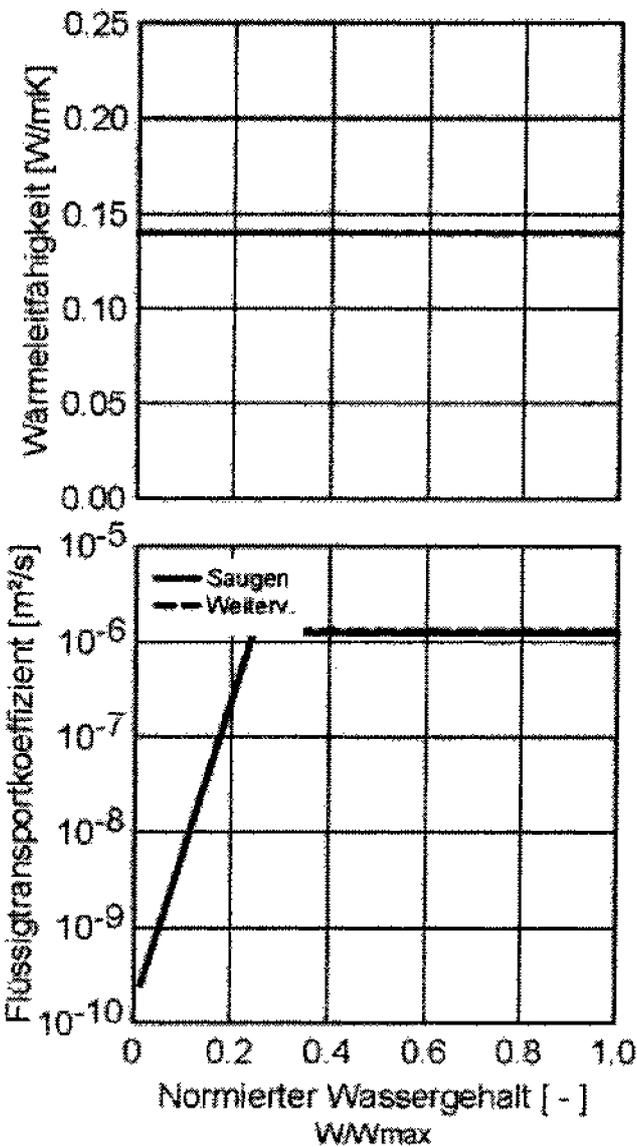


WUFI3.3

Baustoff : Hochdämmender Ziegel (Roh.=500) 0,14

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	500,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,77
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,14
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	16,0
Bezugsfeuchtegehalt	[kg/m ³]	11,0
Freie Wassersättigung	[kg/m ³]	188,0

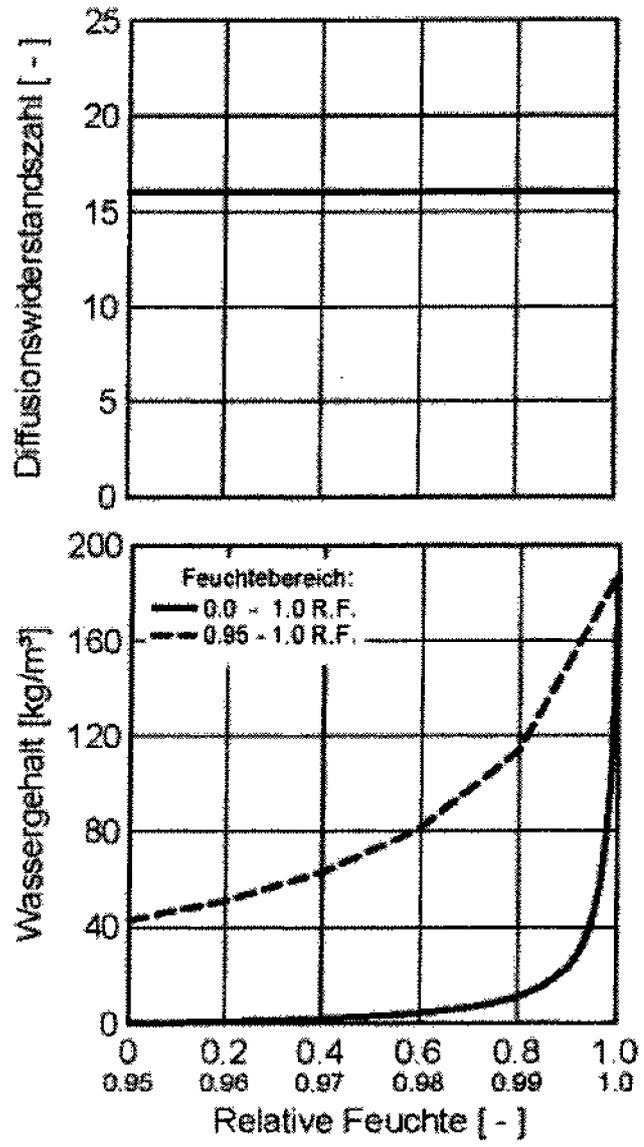
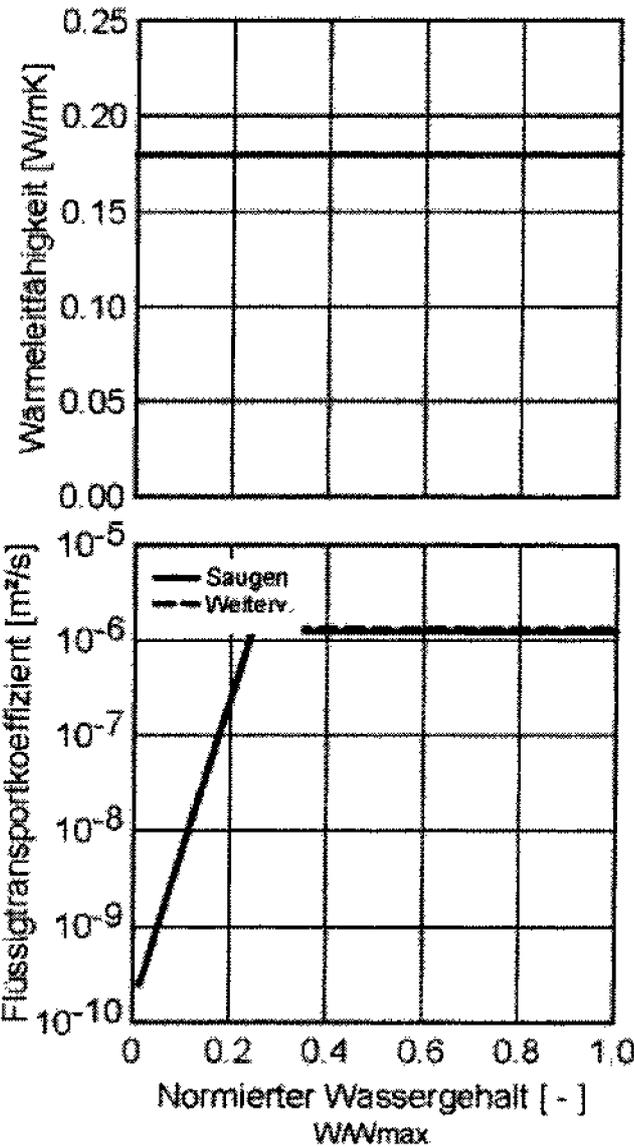


WUFI3.3

Baustoff : Hochdämmender Ziegel (Roh.=650) 0,18

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	650,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,77
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,18
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	16,0
Bezugsfeuchtegehalt	[kg/m ³]	11,0
Freie Wassersättigung	[kg/m ³]	188,0



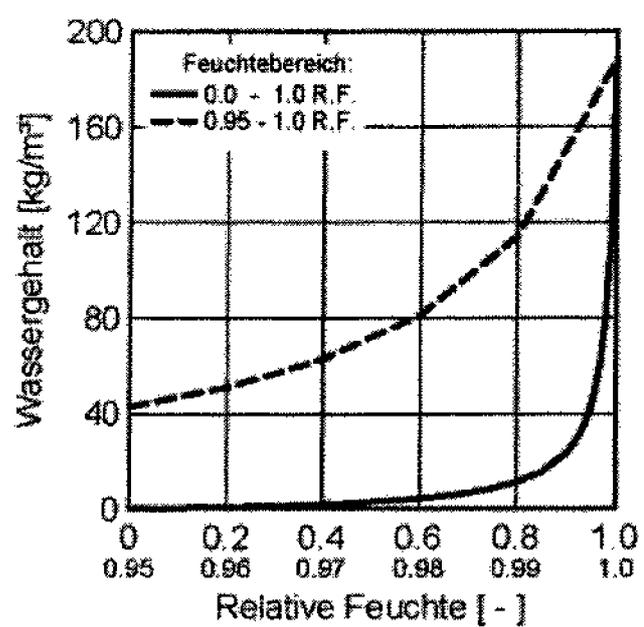
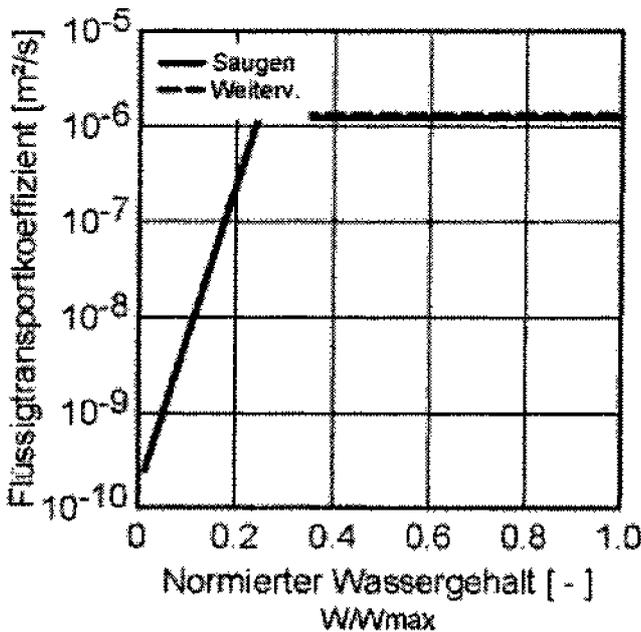
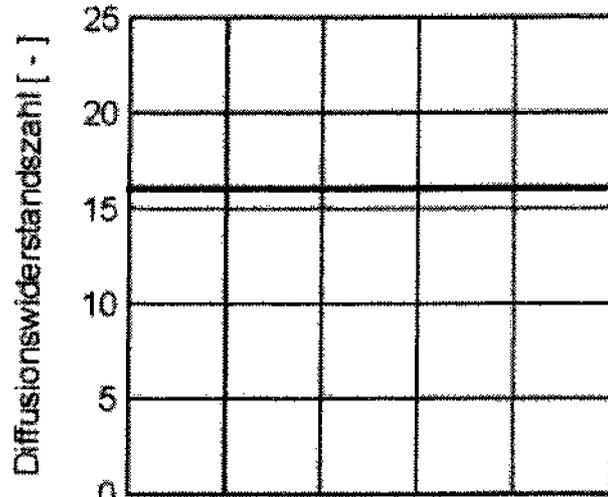
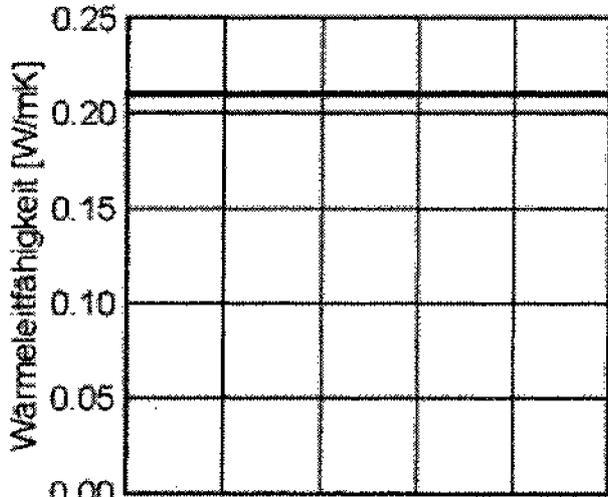
WUFI3.3



Baustoff : Hochdämmender Ziegel (Roh.=700) 0,21

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m³]	700,0
Porosität	[m³/m³]	0,77
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,21
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	16,0
Bezugsfeuchtegehalt	[kg/m³]	11,0
Freie Wassersättigung	[kg/m³]	188,0



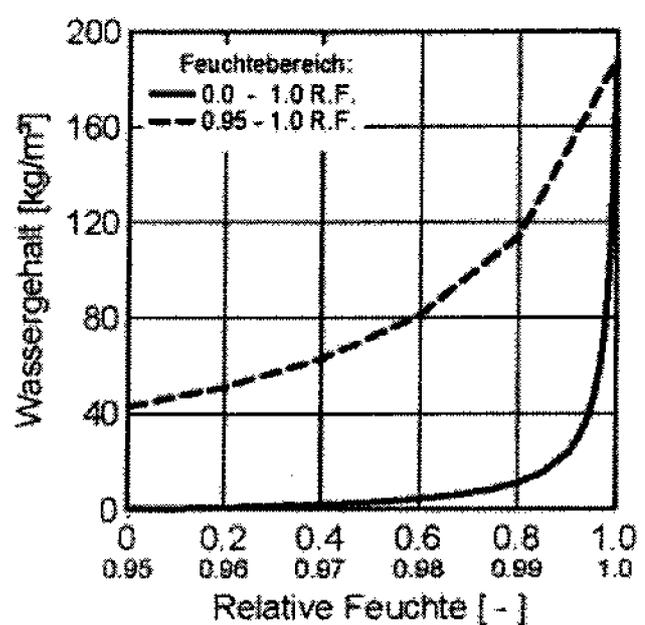
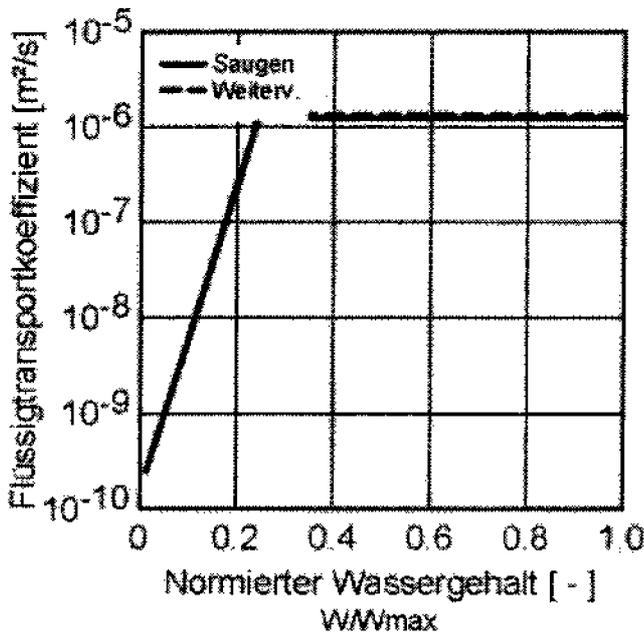
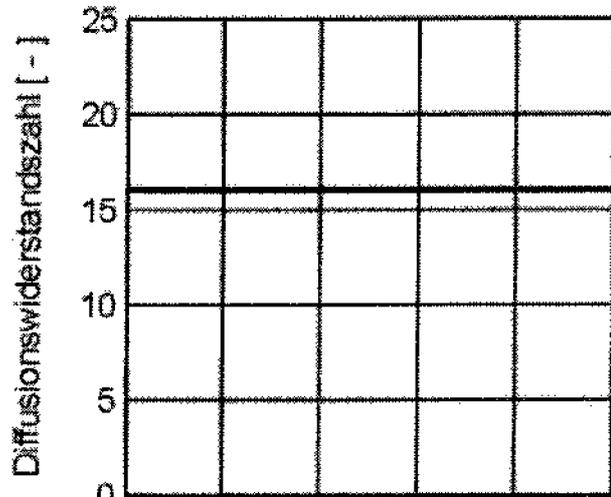
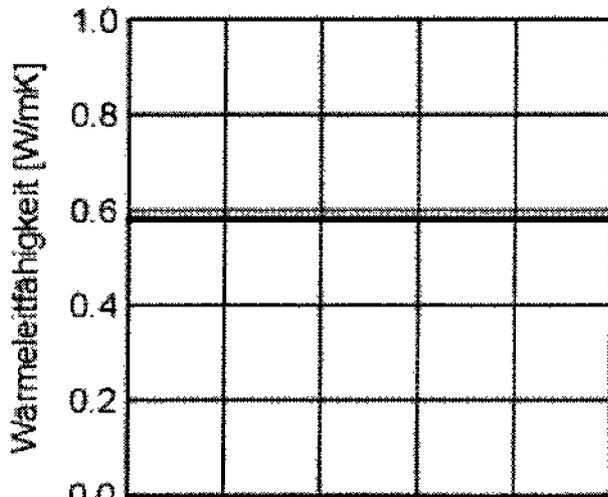
WUFI3.3



Baustoff : Ziegel (Roh.=1400) 0,58

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	1400,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,77
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,58
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	16,0
Bezugsfeuchtegehalt	[kg/m ³]	11,0
Freie Wassersättigung	[kg/m ³]	188,0

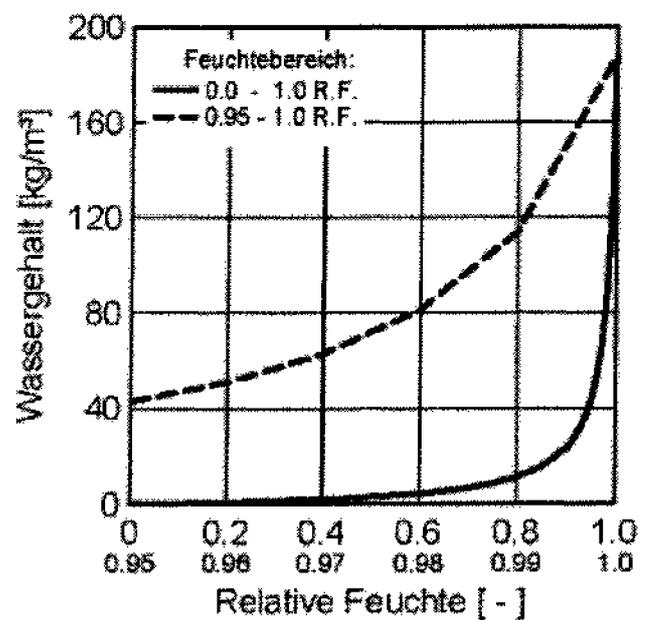
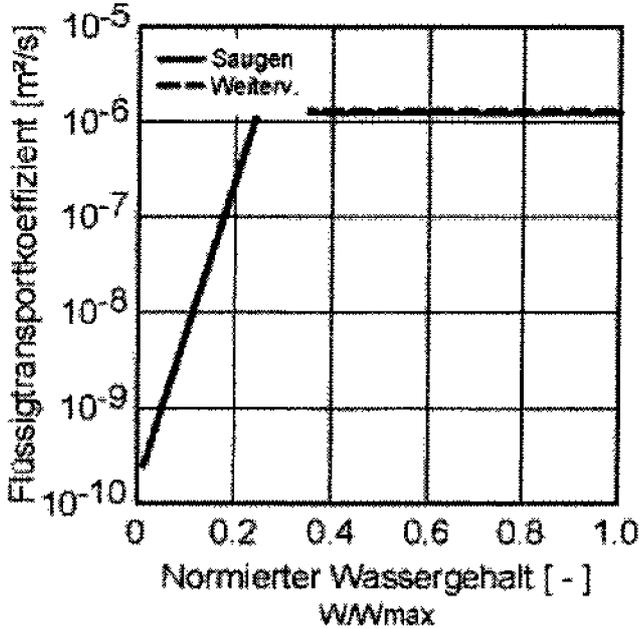
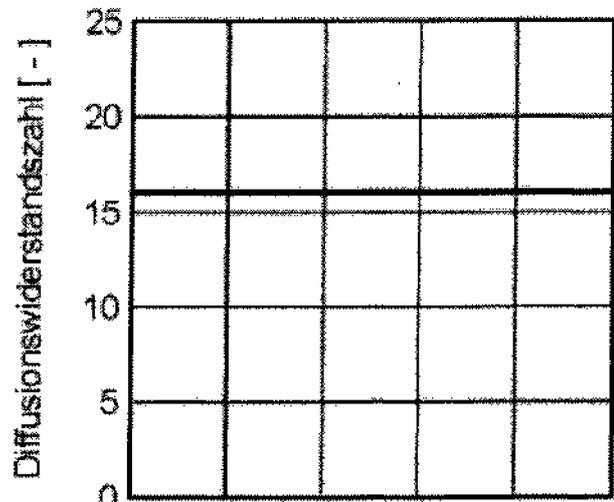
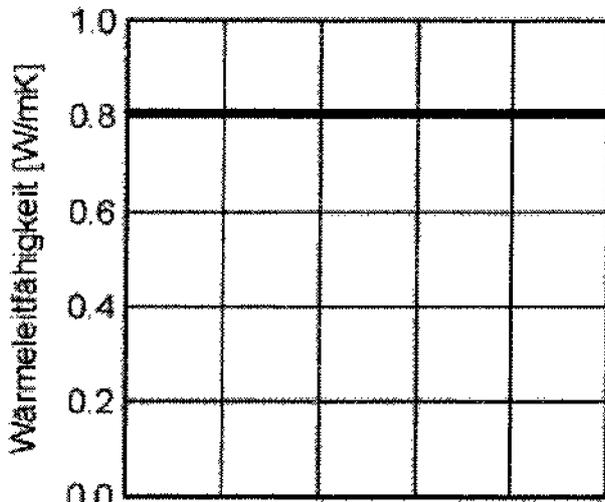


WUFI3.3

Baustoff **Ziegel (Roh.=1800) 0,81**

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	1800,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,77
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,81
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	16,0
Bezugsfeuchtegehalt	[kg/m ³]	11,0
Freie Wassersättigung	[kg/m ³]	188,0

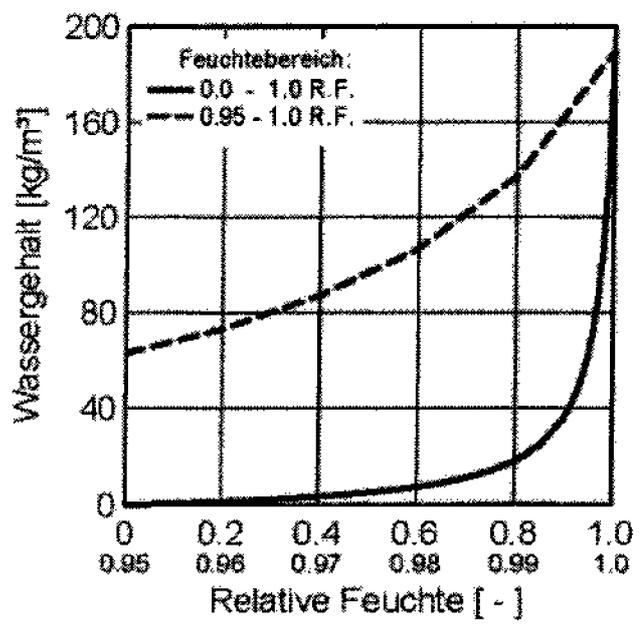
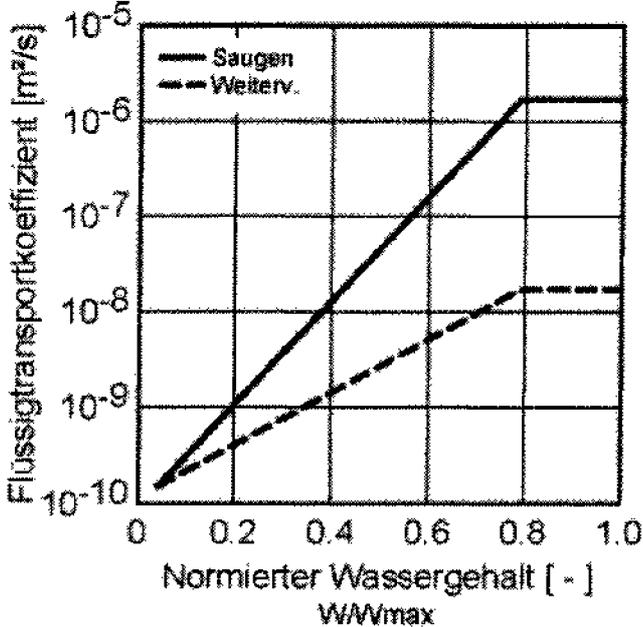
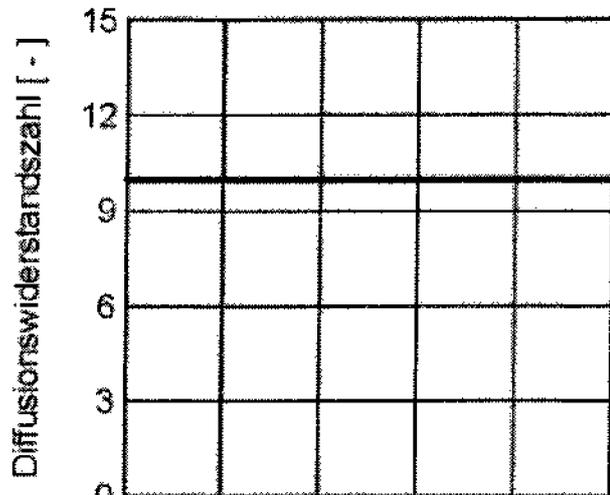
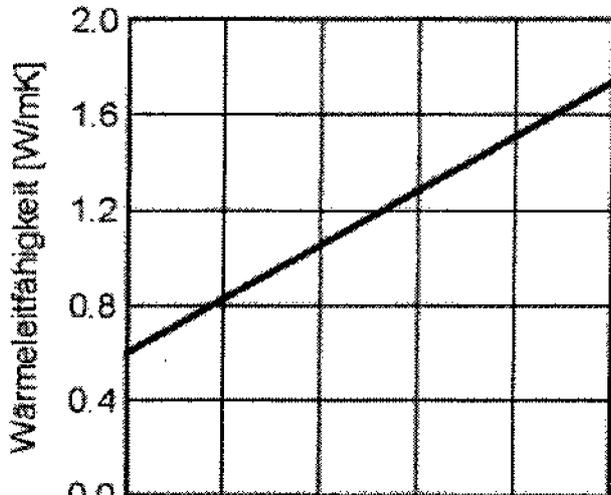


WUFI3.3

Baustoff : Vollziegelmauerwerk

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	1900,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,24
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,6
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	10,0
Bezugsfeuchtegehalt	[kg/m ³]	18,0
Freie Wassersättigung	[kg/m ³]	190,0
Wärmeleitfähigkeitszuschlag	[%/M.-%]	15,0



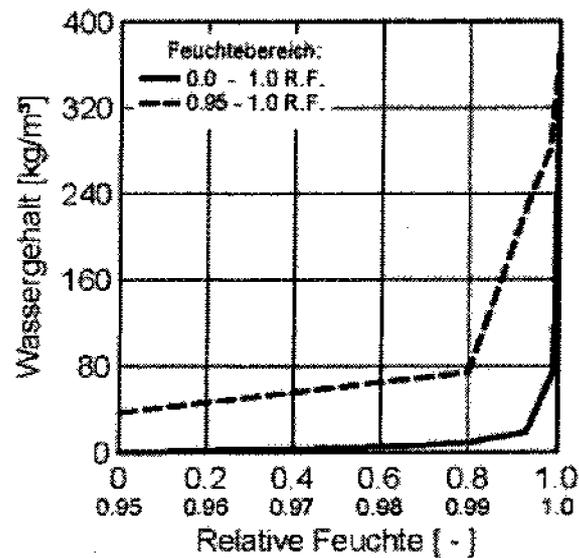
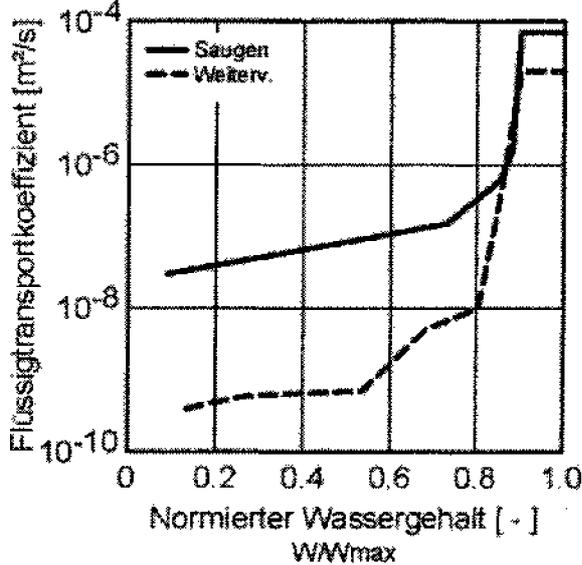
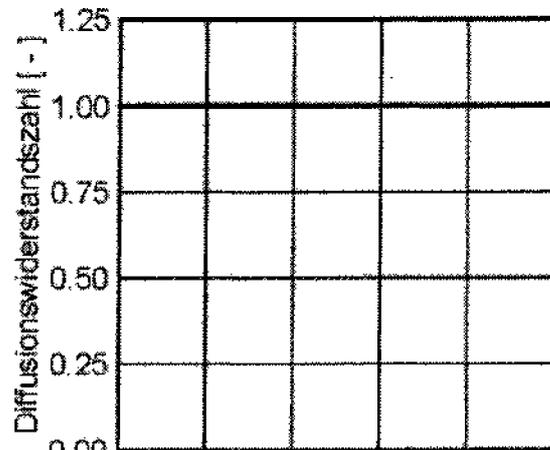
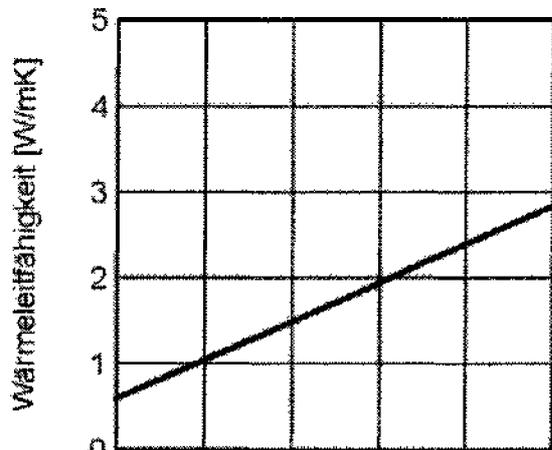
WUFI3.3



Baustoff : Dachziegel

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	1650,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,41
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,6
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	1,0
Wärmeleitfähigkeitszuschlag	[%/M.-%]	15,0



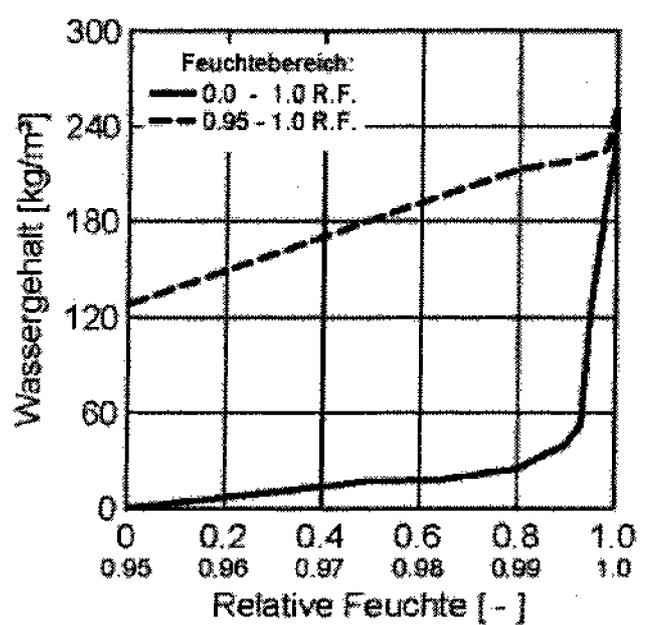
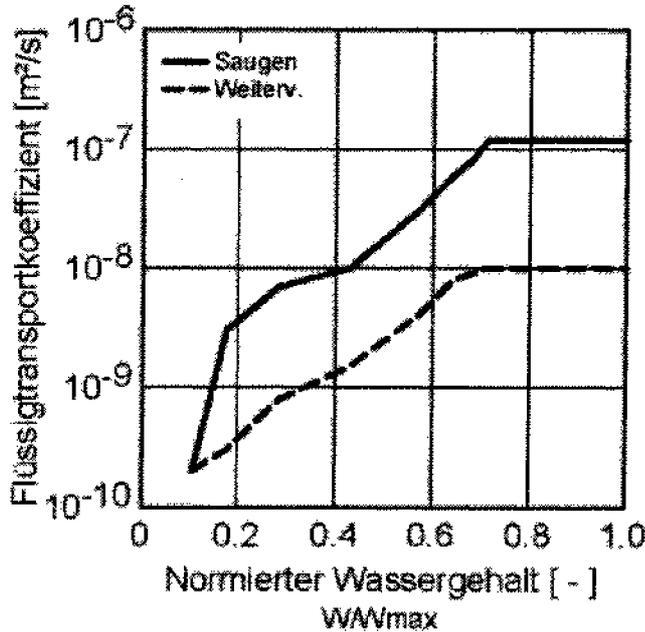
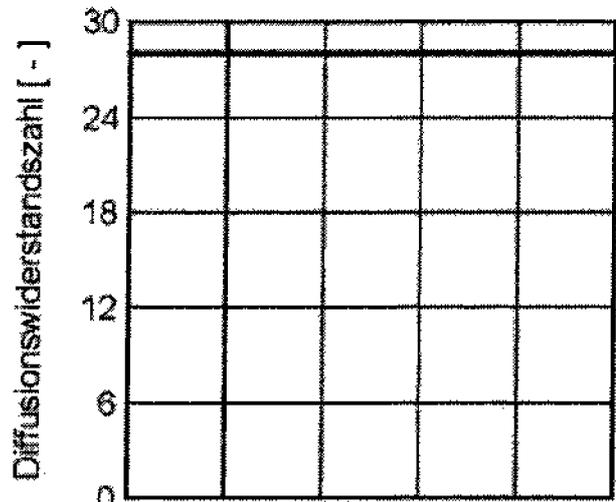
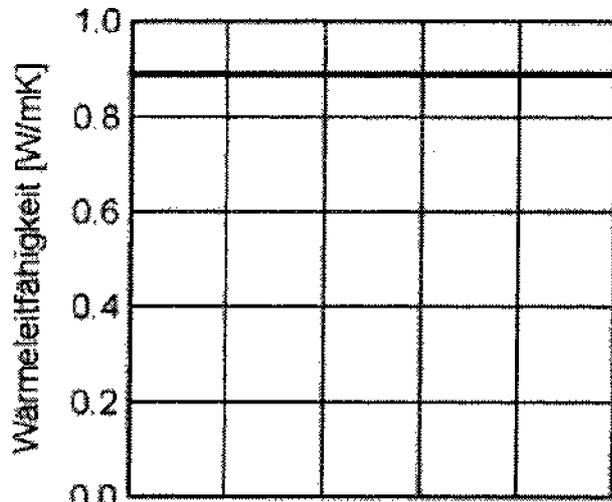
WUFI3.3



Baustoff: Kalksandstein

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	1730,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,35
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,89
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	28,0



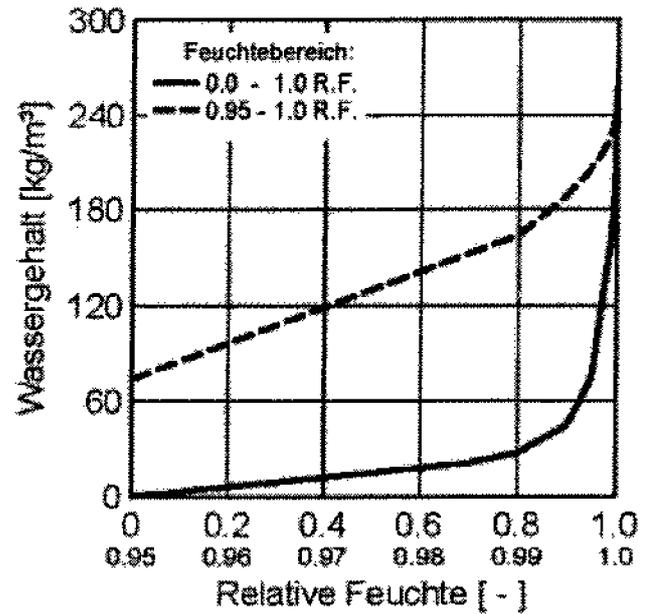
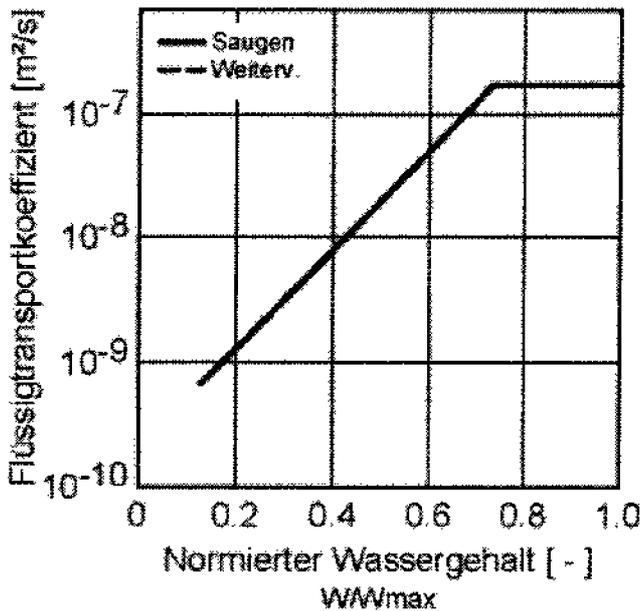
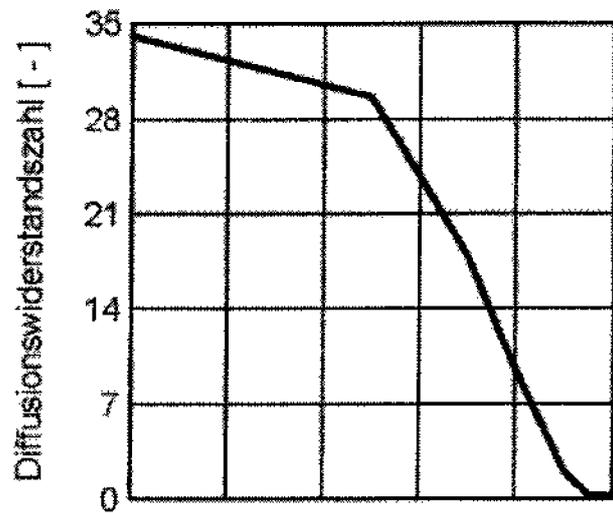
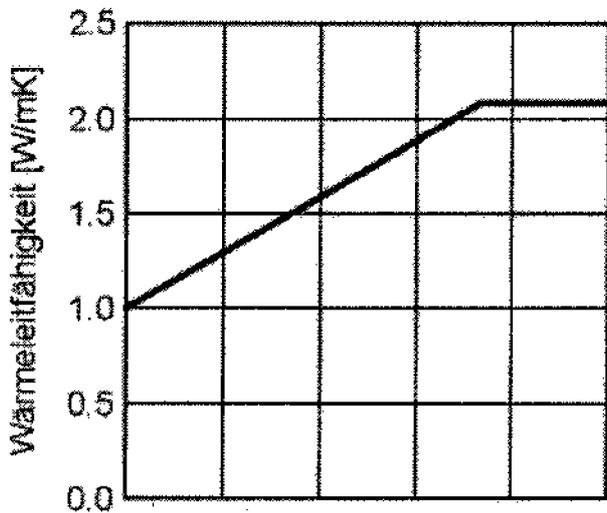
WUFI3.3



Baustoff : Kalksandstein

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	1830,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,35
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	1,0
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	34,1



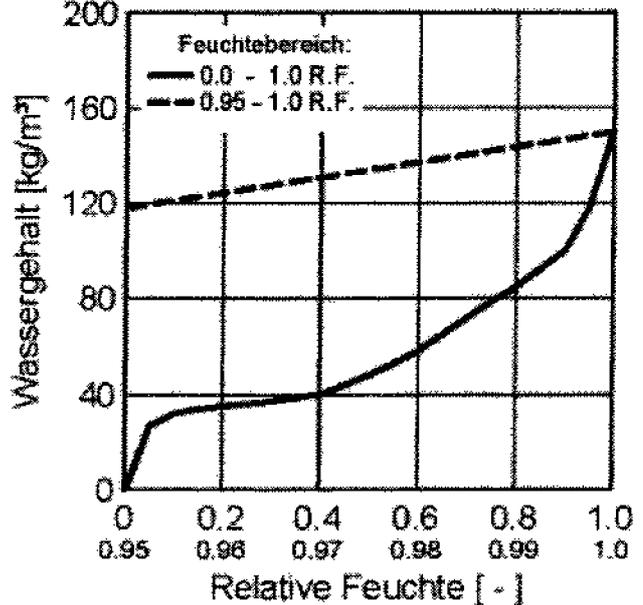
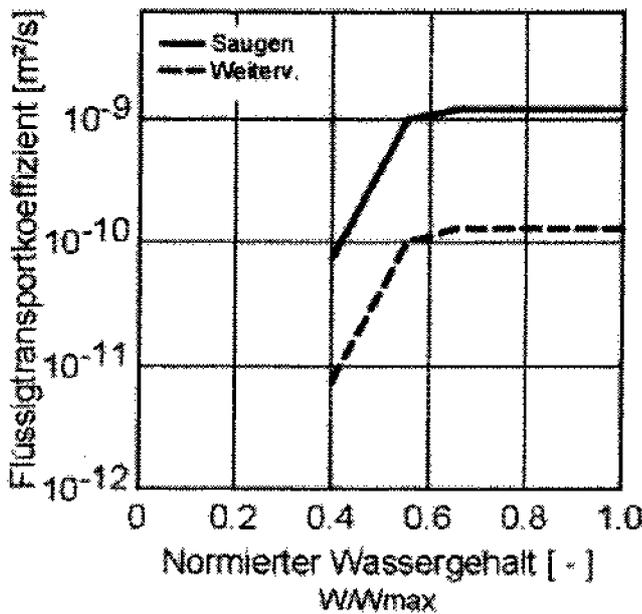
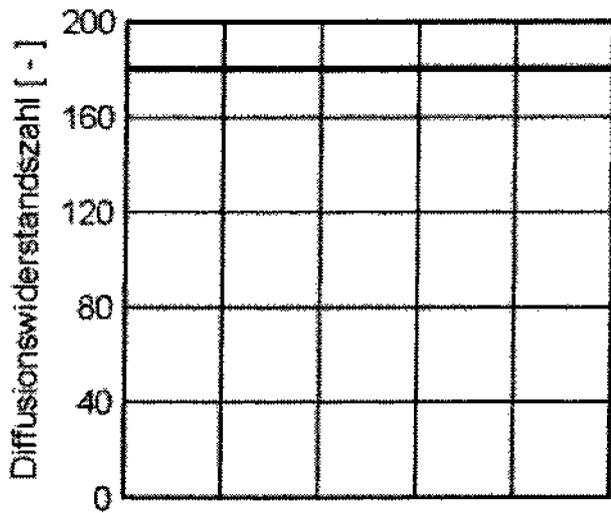
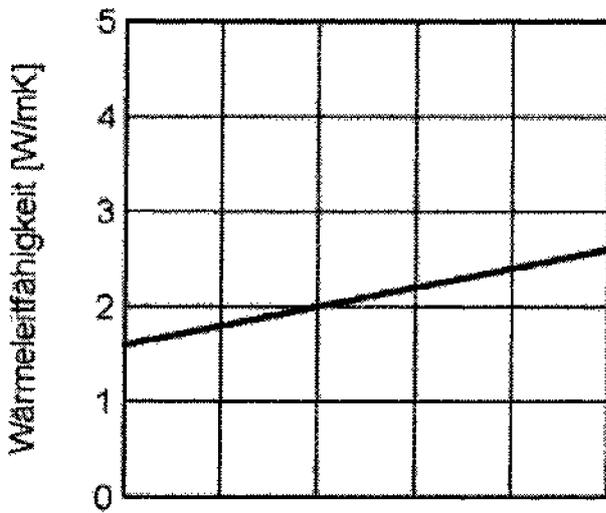
WUFI3.3



Baustoff : Beton W/Z=0.5

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	2300,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,18
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	1,6
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	180,0
Wärmeleitfähigkeitszuschlag	[%/M.-%]	8,0



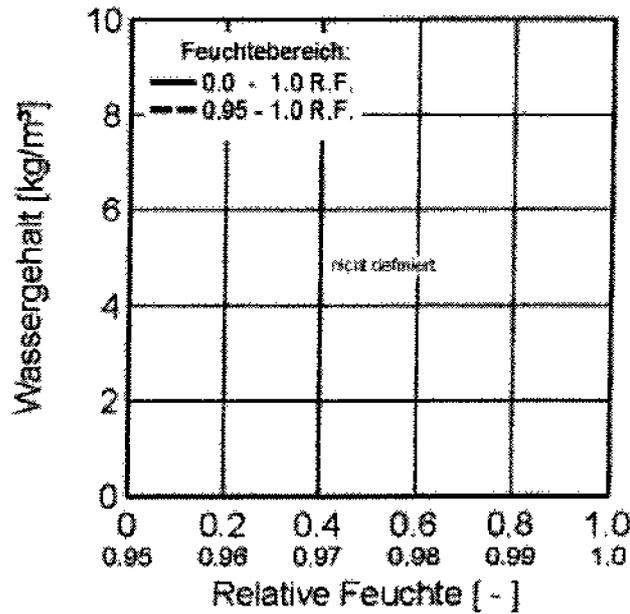
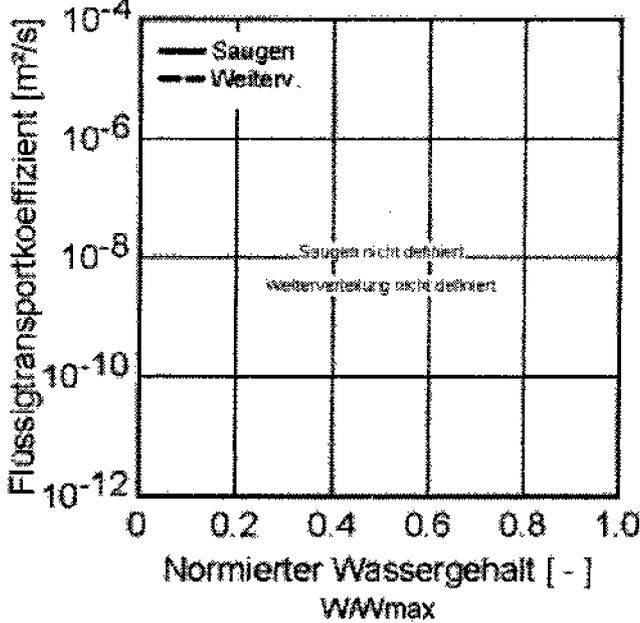
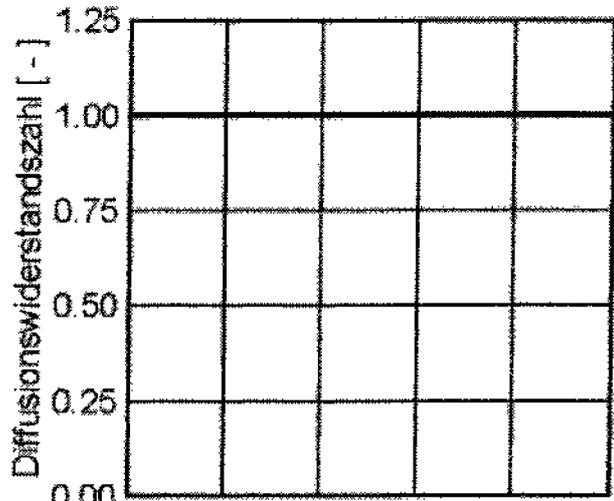
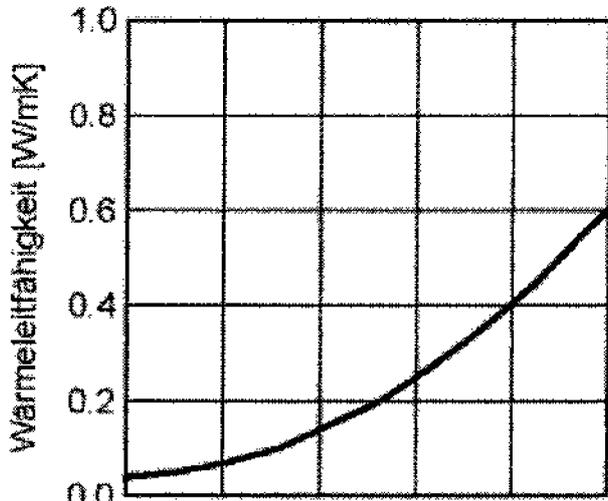
WUFI3.2



Baustoff : Mineralfaser (Wärmeleit : 0,035 W/mK) Euro

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	15,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,95
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,035
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	1,0



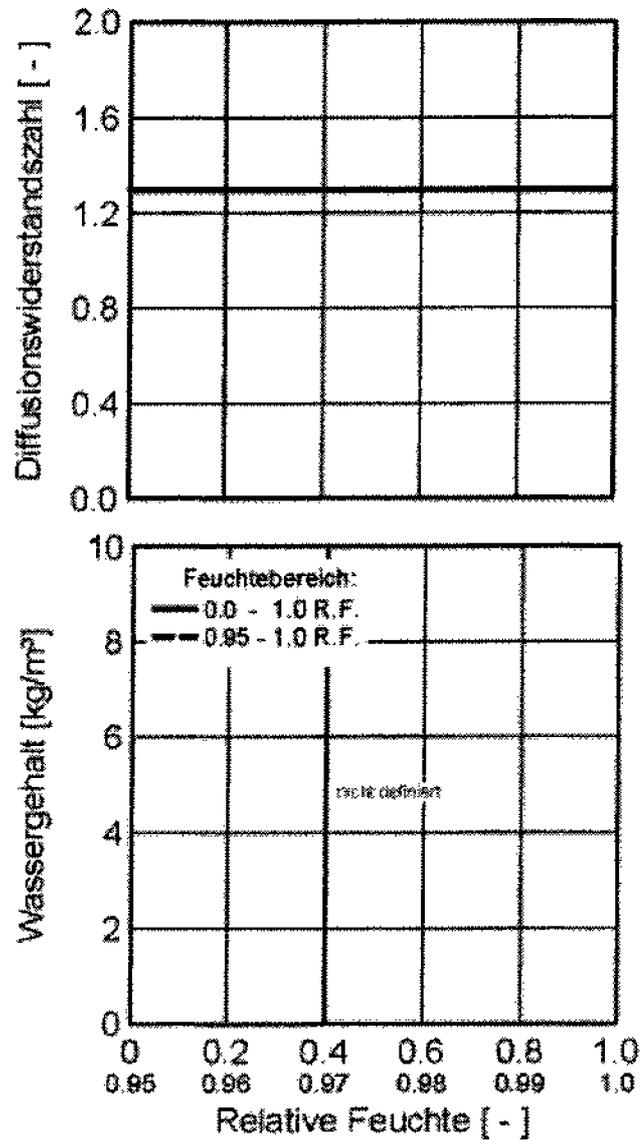
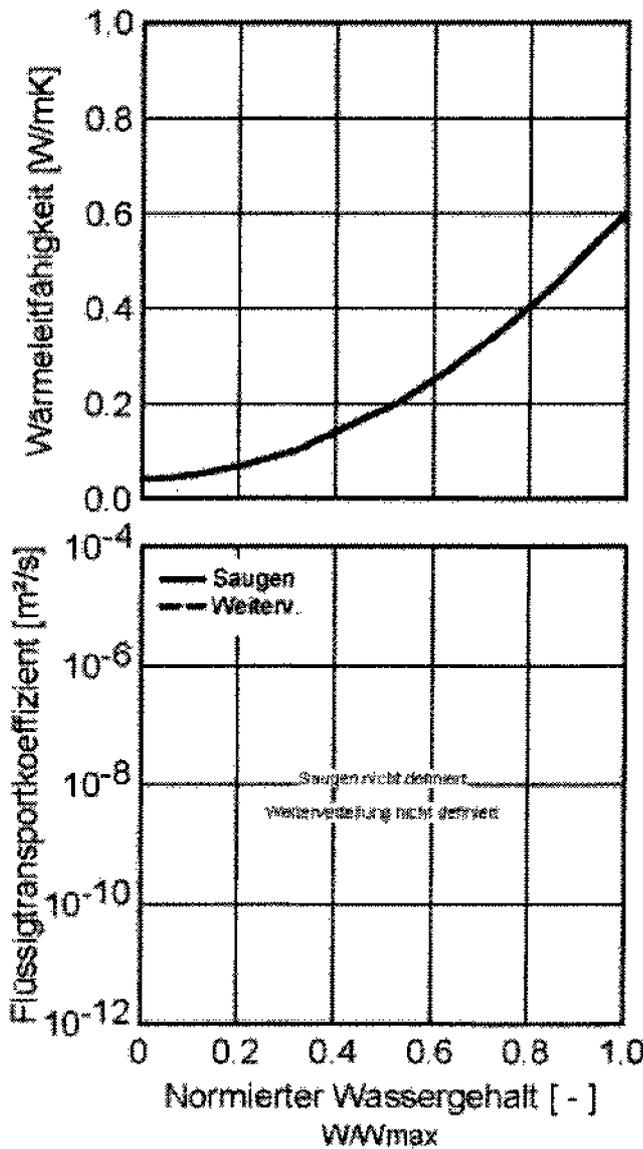
WUFI3.2



Baustoff : Mineralfaser (Wärmeleit : 0,04 W/mK) Euro

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	60,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,95
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	850,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,04
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	1,3



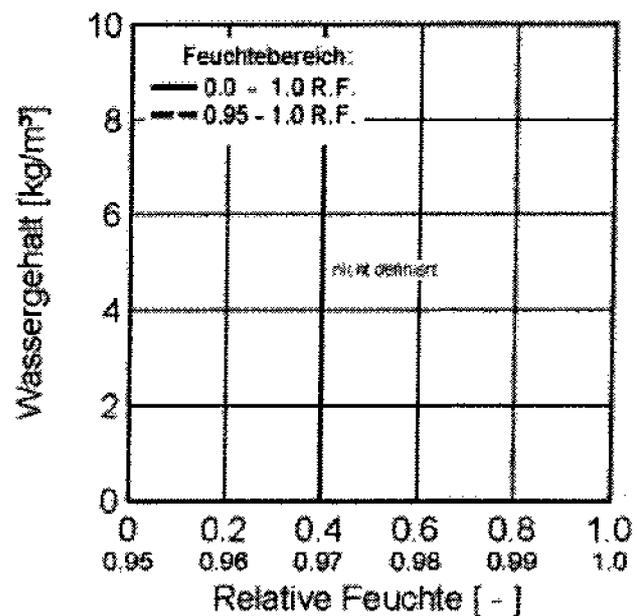
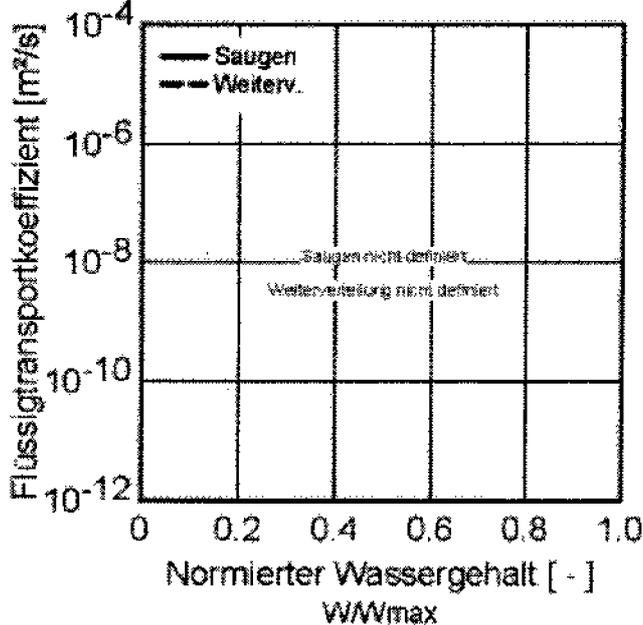
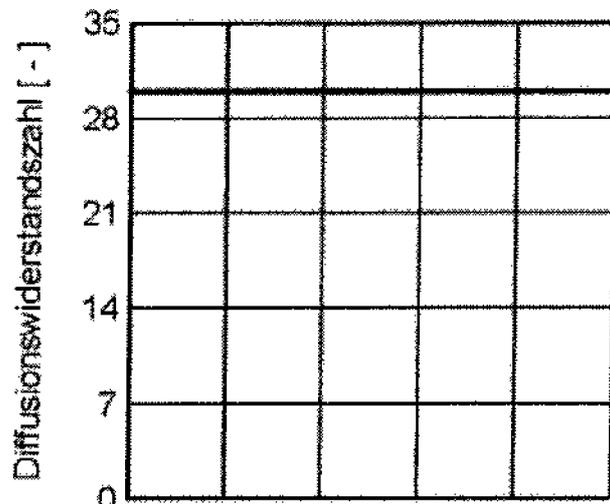
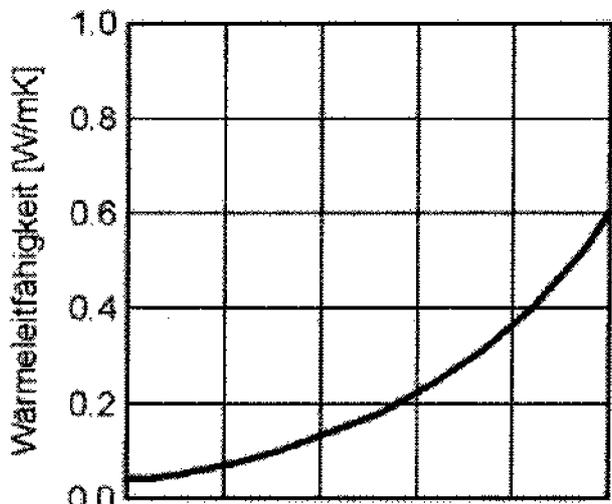
WUFI3.2



Baustoff : EPS (Wärmeleit.: 0,04 W/mK - Dichte: 15 kg/m³) Euro

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m³]	15,0
Porosität	[m³/m³]	0,95
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	1500,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,04
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	30,0



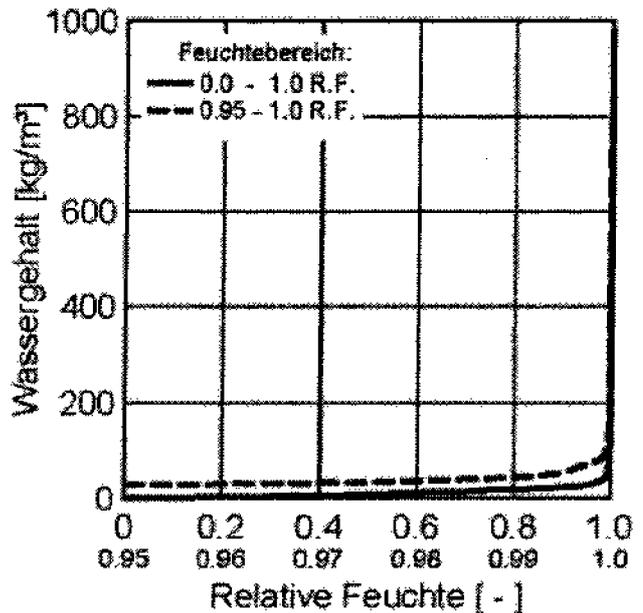
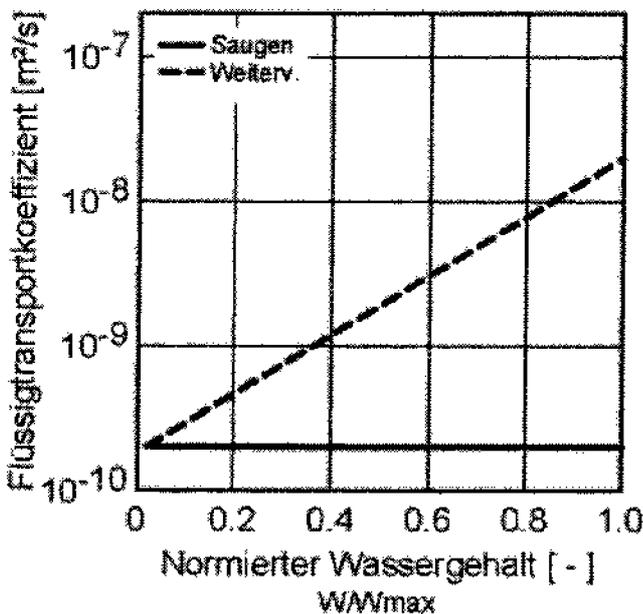
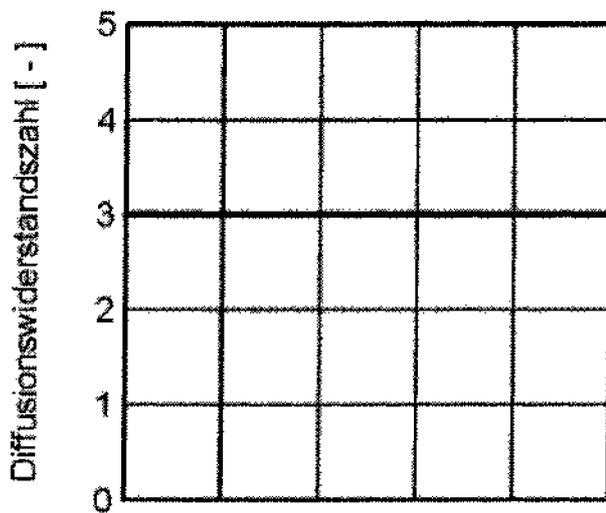
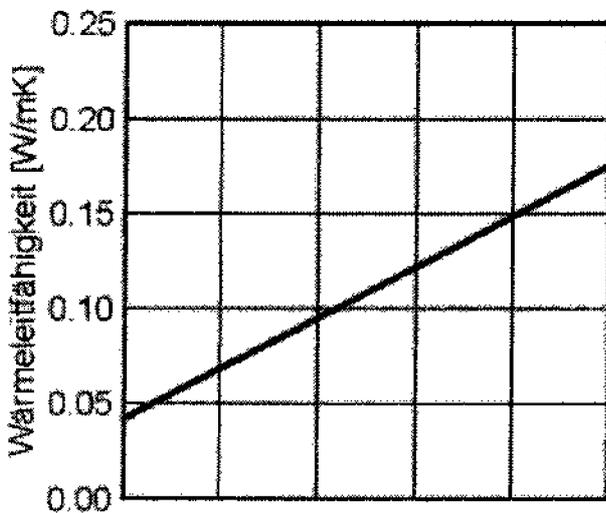
WUF13.3



Baustoff : Holzfaserdämmplatte EURO (WLG 040)

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	155,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,981
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	2000,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,042
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	3,0
Wärmeleitfähigkeitszuschlag	[%/M.-%]	0,5



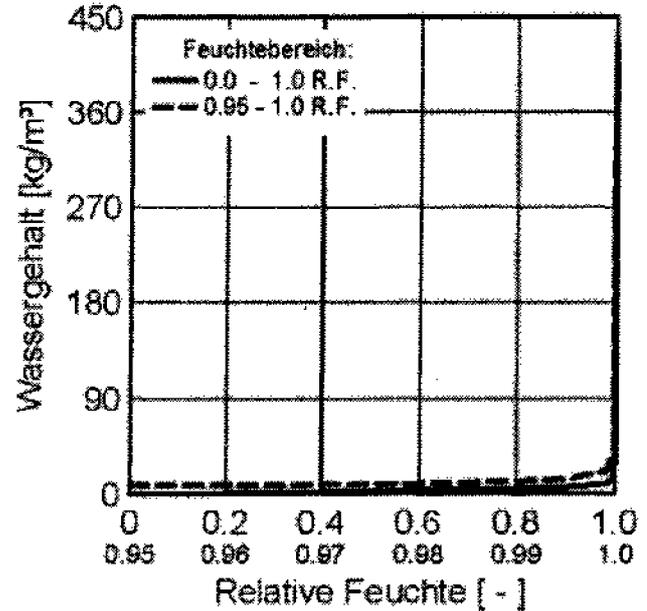
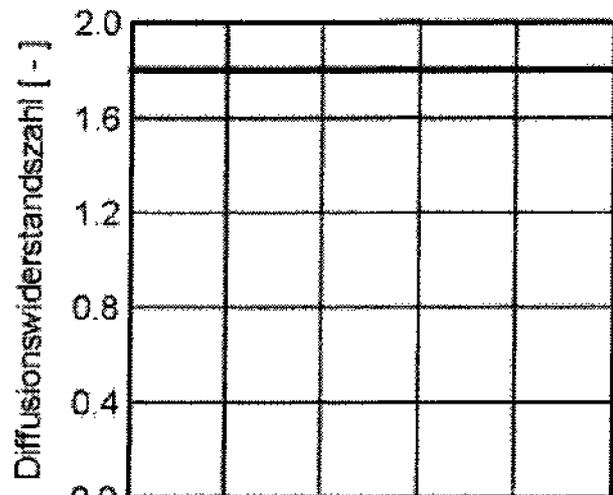
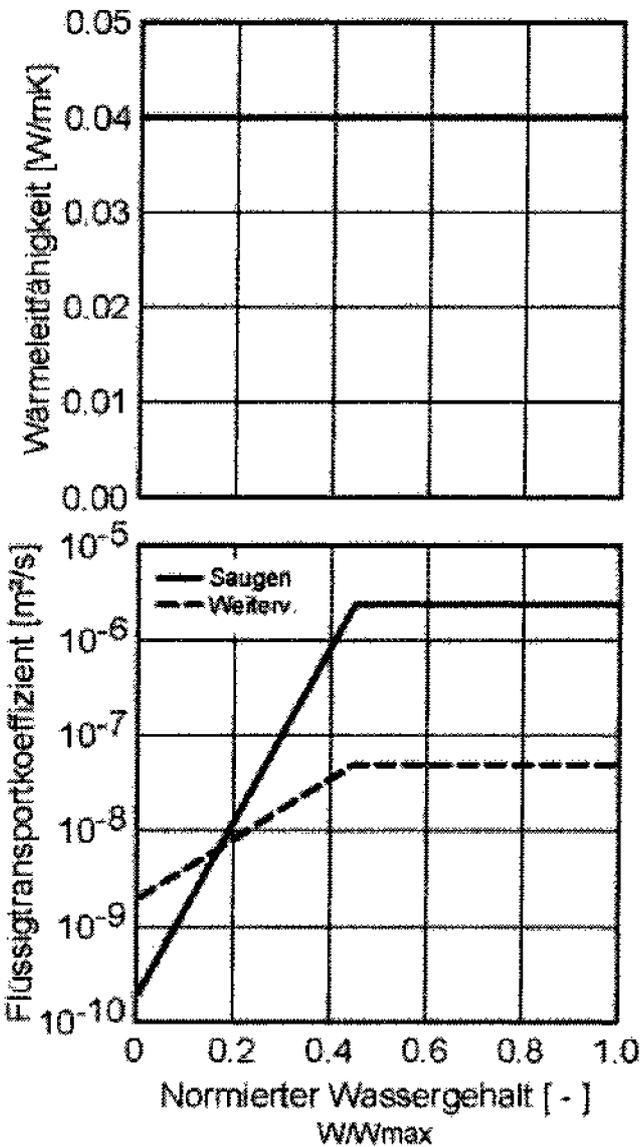
WUFI3.2



Baustoff : Zellulosefaser (Roh=50kg/m³) Euro

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m³]	50,0
Porosität	[m³/m³]	0,95
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	2000,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,04
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	1,8
Wärmeleitfähigkeitszuschlag	[%/M.-%]	0,0



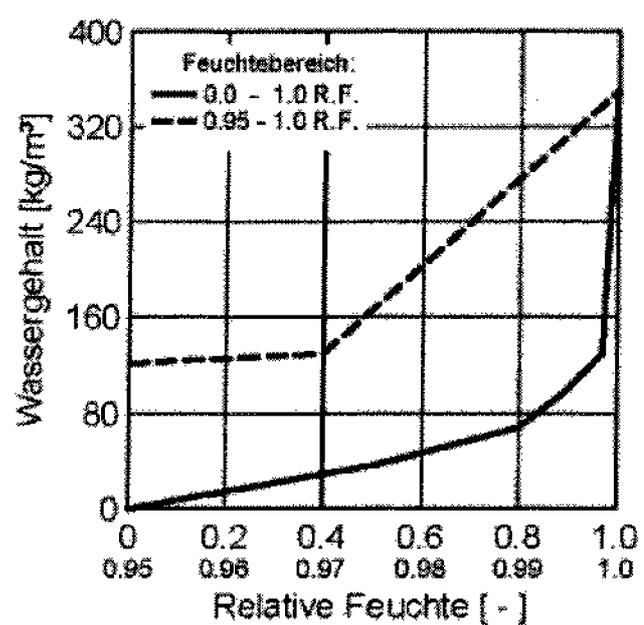
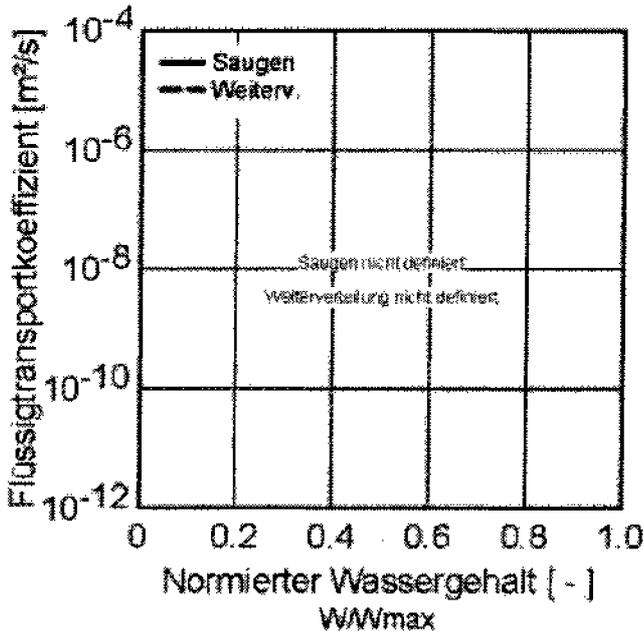
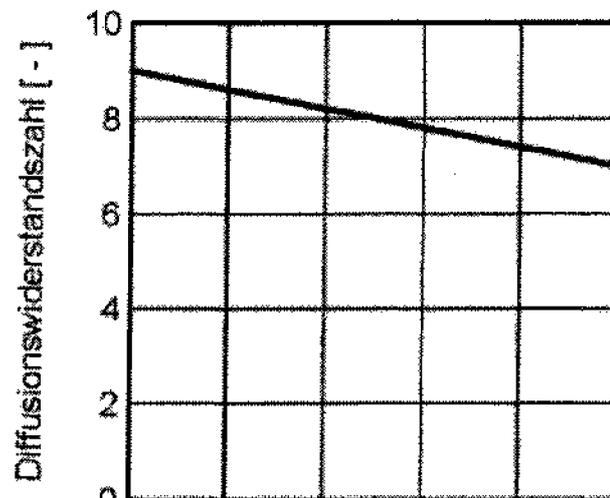
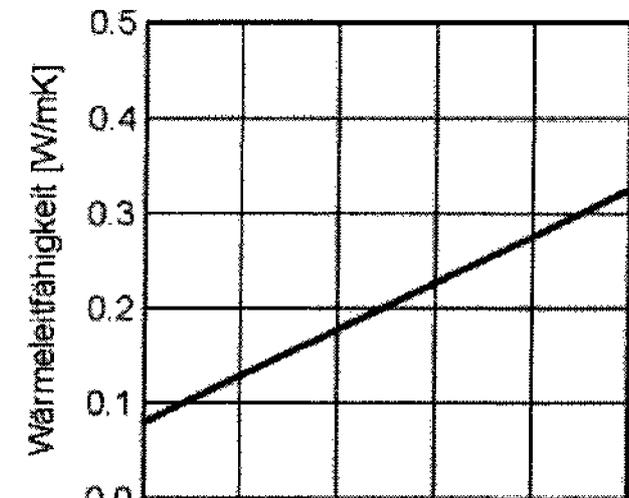
WUFI3.3



Baustoff : Holzwolleleichtbauplatte

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m³]	450,0
Porosität	[m³/m³]	0,55
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	1500,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,08
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	9,0
Wärmeleitfähigkeitszuschlag	[%/M.-%]	2,5



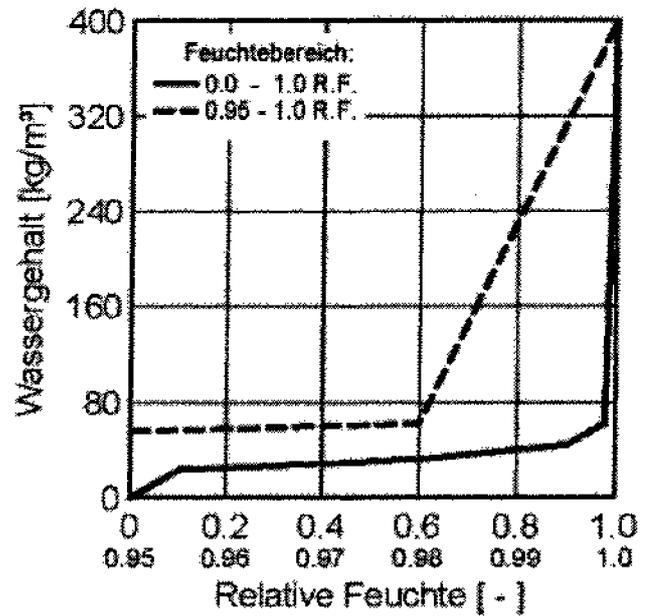
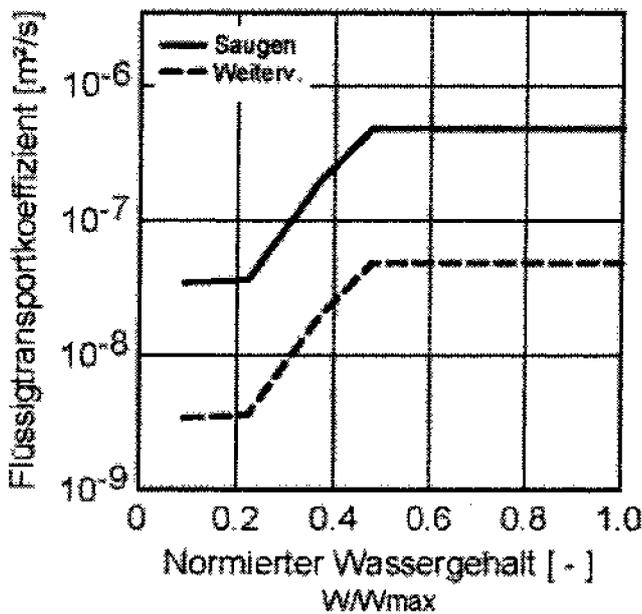
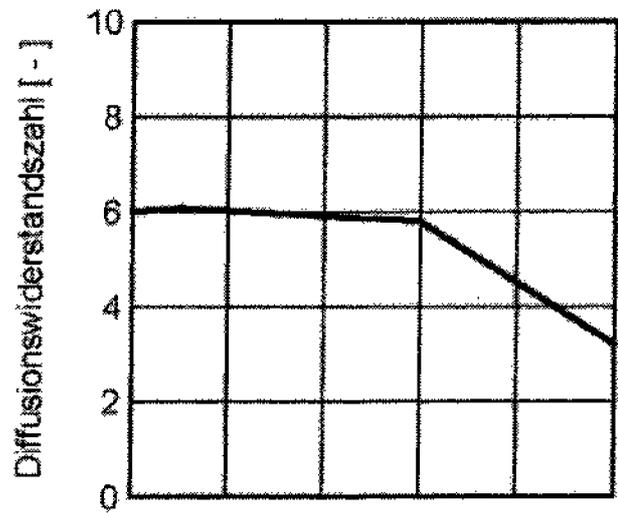
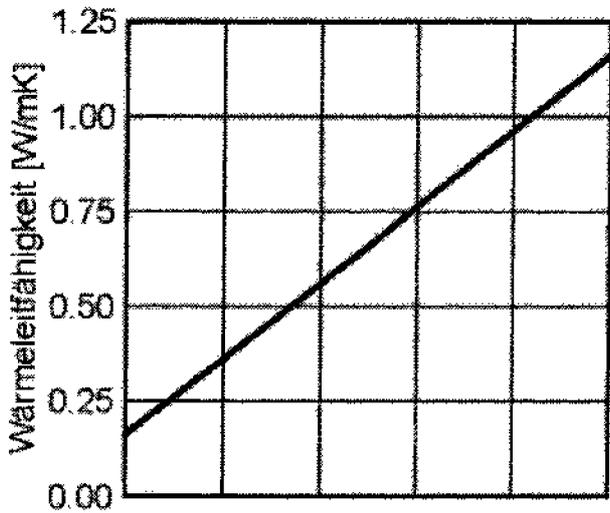
WUFI3.2



Baustoff : Gipskarton Platte Euro

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	850,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,65
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	870,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,163
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	6,0
Wärmeleitfähigkeitzuschlag	[%/M.-%]	8,0



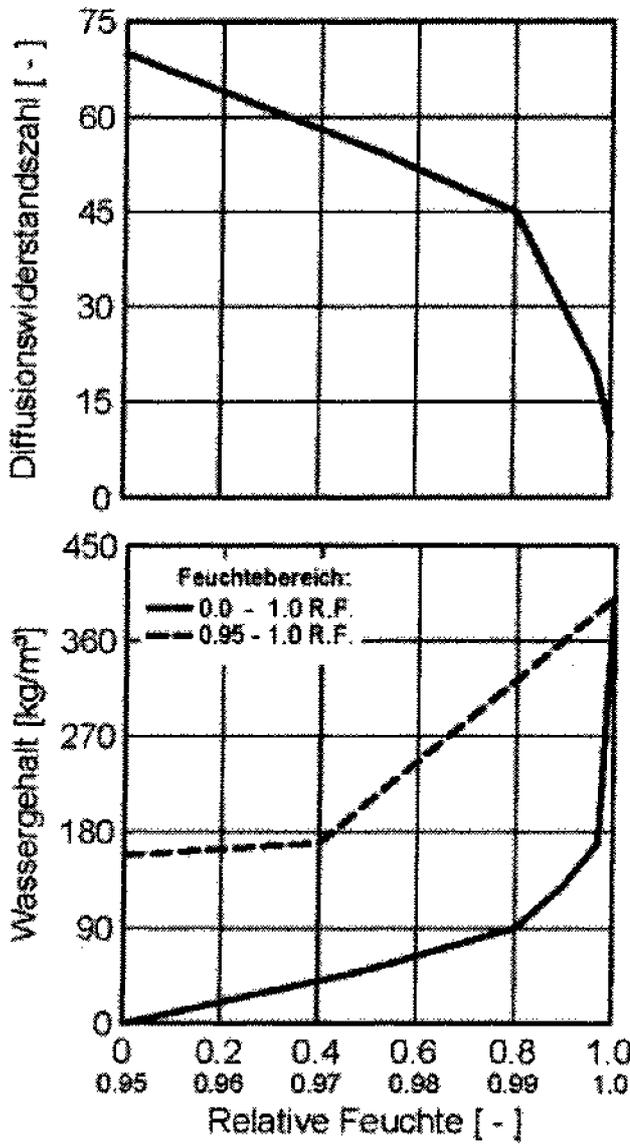
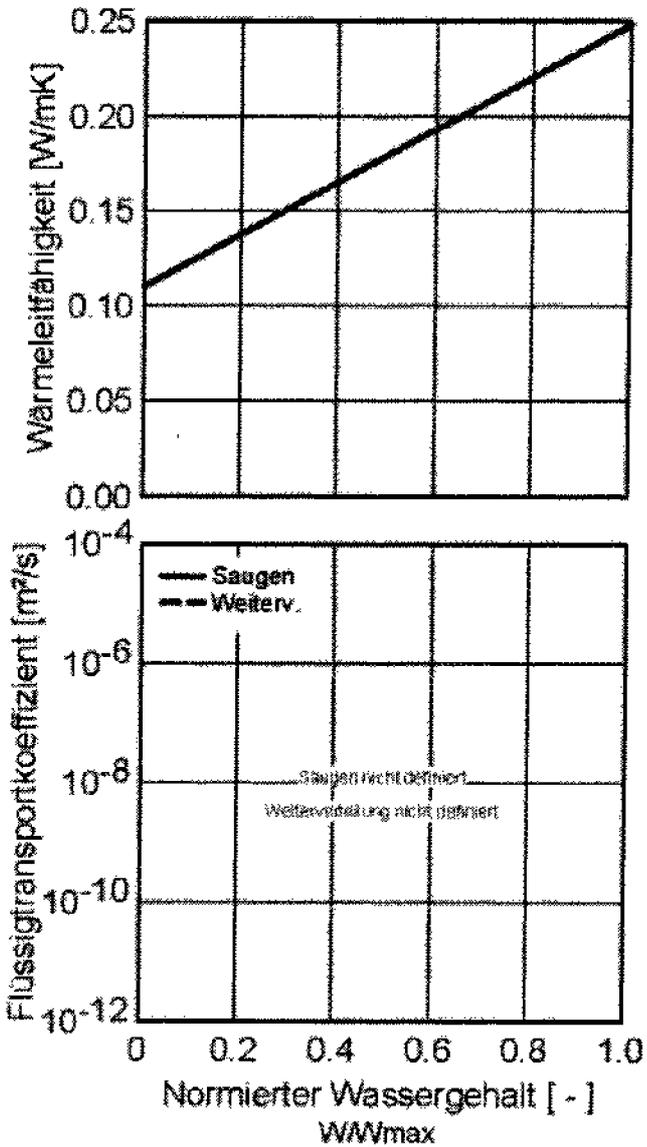
WUFI3.2



Baustoff : Preßspanplatte Euro

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	600,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,5
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	1500,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,11
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	70,0
Wärmeleitfähigkeitszuschlag	[%/M.-%]	1,5



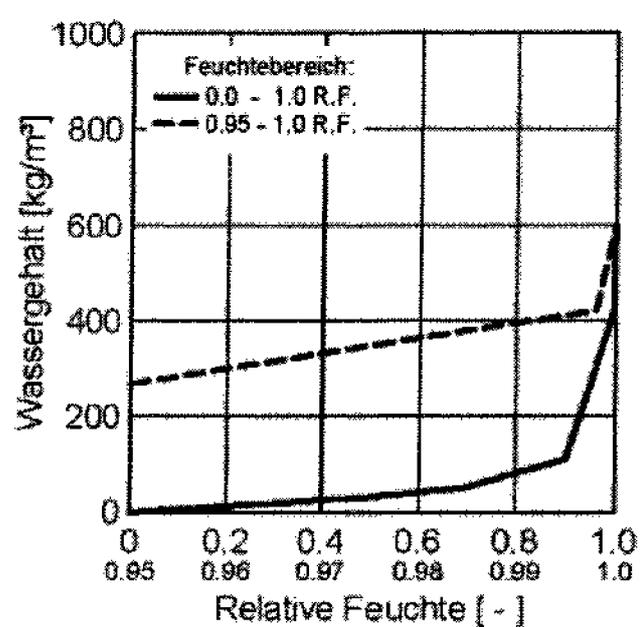
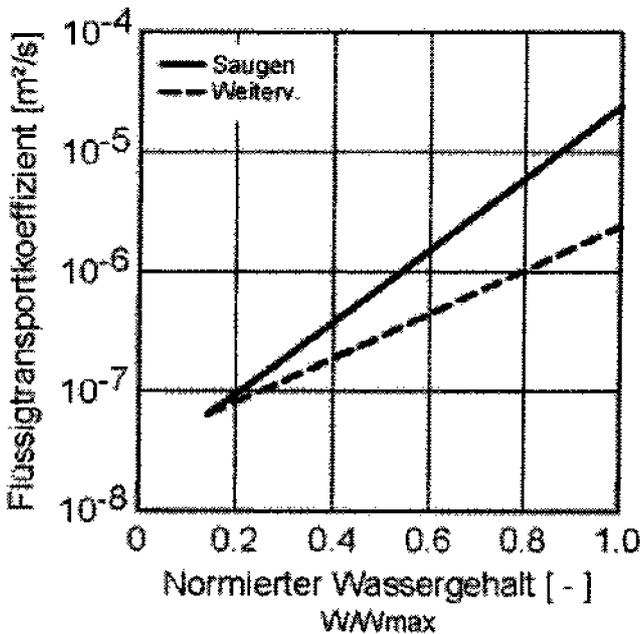
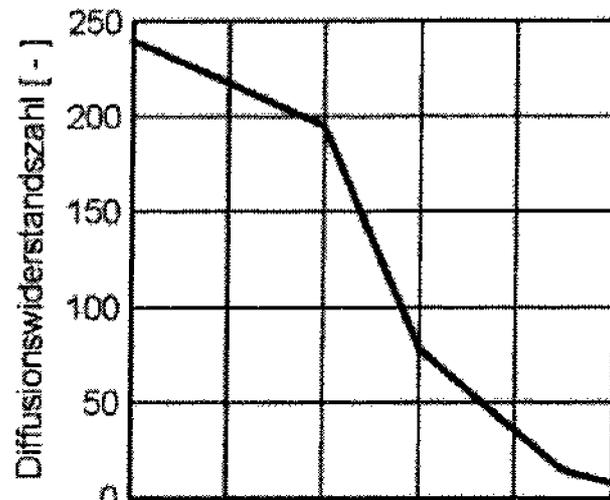
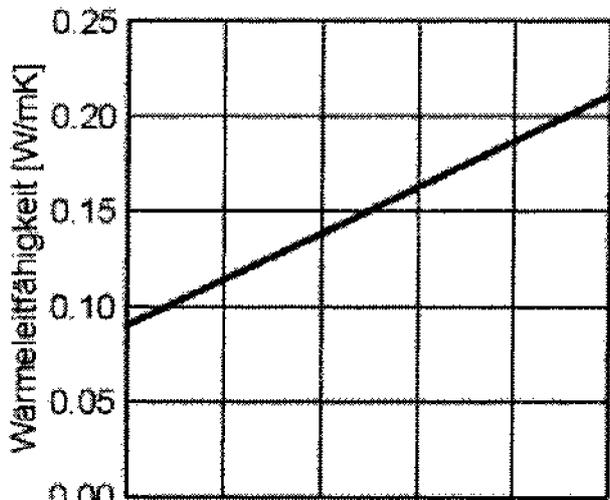
WUF13.2



Baustoff : OSB

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	670,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,6
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	1300,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,09
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	240,0
Bezugsfeuchtegehalt	[kg/m ³]	86,0
Freie Wassersättigung	[kg/m ³]	600,0
Wasseraufnahmekoeffizient	[kg/m ³ s ^{0.5}]	1,5
Wärmeleitfähigkeitszuschlag	[%/M.-%]	1,5



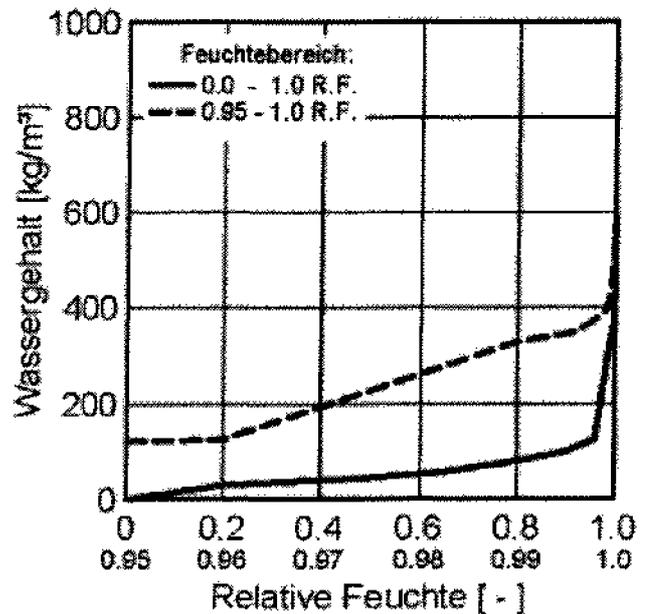
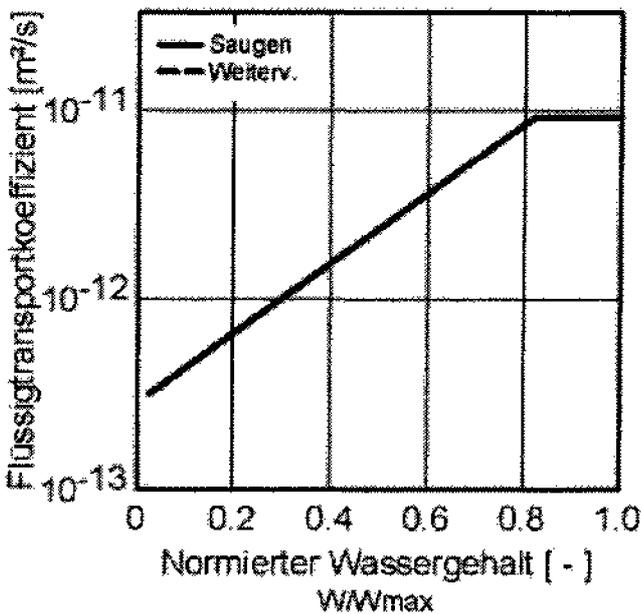
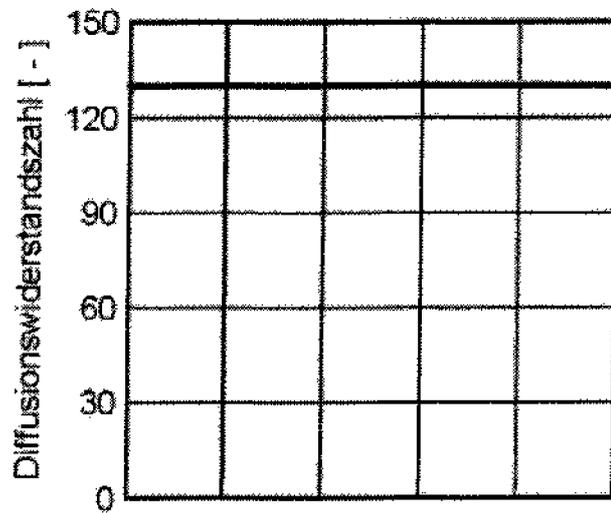
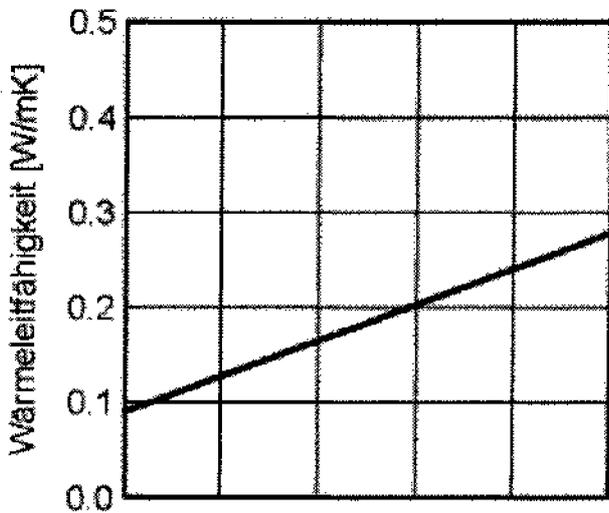
WUFI3.2



Baustoff : Fichte radial

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m ³]	485,0
Porosität	[m ³ /m ³]	0,73
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	1500,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,09
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	130,0
Wärmeleitfähigkeitszuschlag	[%/M.-%]	1,3

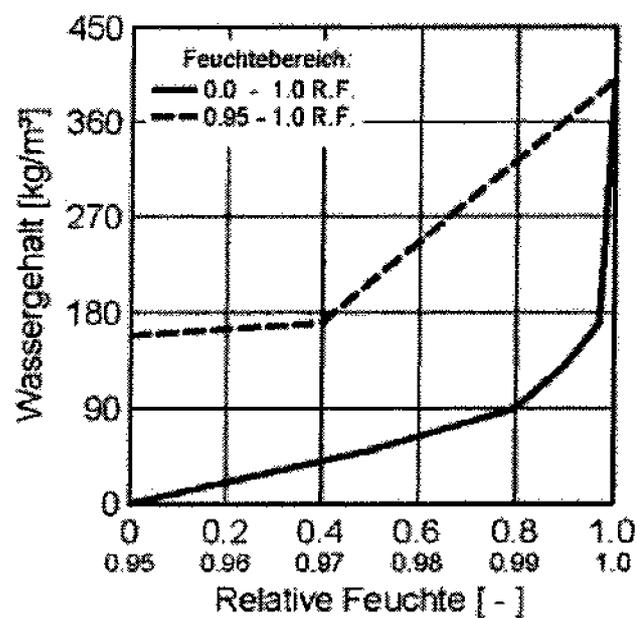
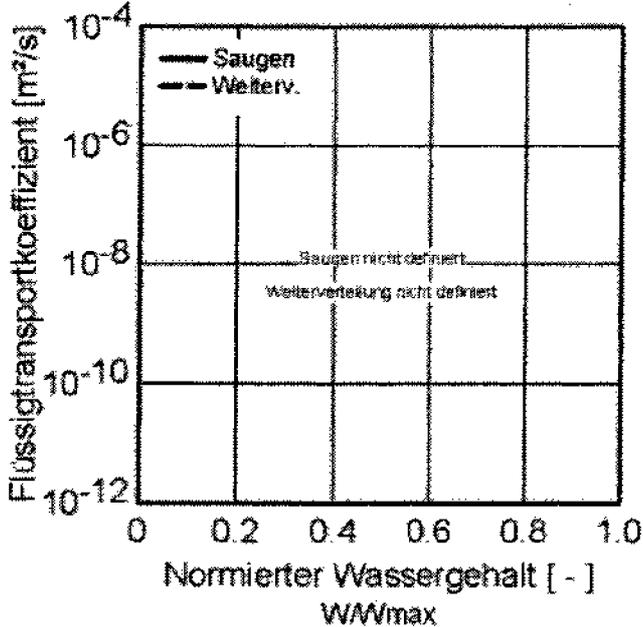
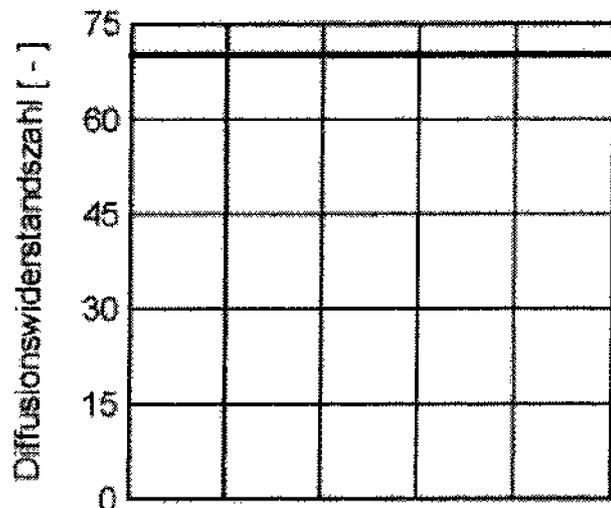
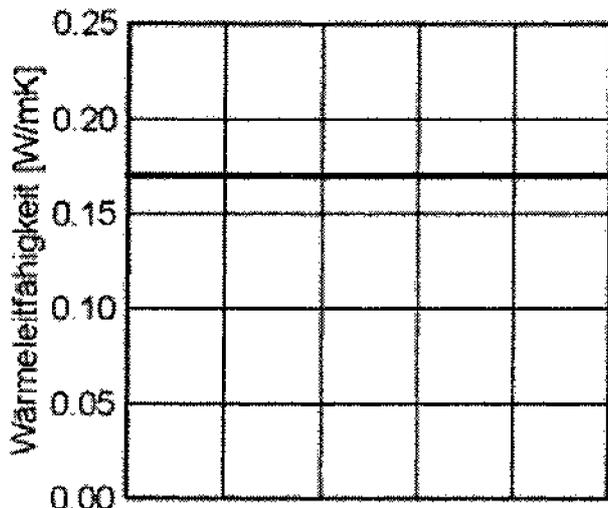


WUFI3.3

Baustoff : Hartfaser Euro

Zusammenstellung der Rechengrößen

Kennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	[kg/m³]	910,0
Porosität	[m³/m³]	0,5
Wärmekapazität trocken	[J/kgK]	1500,0
Wärmeleitfähigkeit trocken	[W/mK]	0,17
Diffusionswiderstandszahl trocken	[-]	70,0



Bauforschung für die Praxis

- Brandschutzkosten im Wohnungsbau**
Karl Deters
Band 59, 2001, 245 S., Abb., Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4258-0
€ 50,- | sFr 86,-
- Gemeinschaftliches Wohnen im Alter**
R. Weeber, G. Wölflle, V. Rösner
Band 58, 2001, 175 S., Abb., Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4257-2
€ 46,- | sFr 79,-
- Entwicklung eines Bewertungssystems für ökonomisches und ökologisches Bauen und gesundes Wohnen**
C.J. Diederichs, P. Getto, S. Streck
Band 57, 2002, 230 S., mit CD-ROM, Abb., Tab., kart., ISBN 3-8167-4256-4
€ 50,- | sFr 86,-
- Vergabeverfahren und Baukosten**
Hannes Weeber, Simone Bosch
Band 56, 2001, 192 S., Abb., Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4255-6
€ 50,- | sFr 86,-
- Konzepte für die praxisorientierte Instandhaltungsplanung im Wohnungsbau**
Ralf Spilker, Rainer Oswald
Band 55, 2000, 71 S., 5 Abb., zahlr. Tab., kart., ISBN 3-8167-4254-8
€ 22,- | sFr 39,50
- Bewährung innen wärmedämmter Fachwerkbauten**
Problemstellung und daraus abgeleitete Konstruktionsempfehlungen
Reinhard Lamers, Daniel Rosenzweig, Ruth Abel
Band 54, 2000, 173 S., 123 Abb., kart.,
ISBN 3-8167-4253-X
€ 25,- | sFr 44,-
- Überprüfbarkeit und Nachbesserbarkeit von Bauteilen - untersucht am Beispiel der genutzten Flachdächer**
Rainer Oswald, Ralf Spilker, Klaus Wilmes
Band 53, 1999, 133 S., 49 Abb., 4 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4252-1
€ 37,- | sFr 63,-
- Bauschadensfibel für den privaten Bauherrn und Hauskäufer**
Rainer Oswald, Ruth Abel, Volker Schnapauff
Band 52, 1999, 140 S., 19 Abb., 3 Tab., fester Einband, ISBN 3-8167-4251-3
€ 25,- | sFr 44,-
- Balkone, kostengünstig und funktionsgerecht**
Hannes Weeber, Margit Lindner
Band 51, 1999, 146 S., 102 Abb., 26 Tab., kart., ISBN 3-8167-4250-5
€ 38,- | sFr 65,-
- Kostenfaktor Erschließungsanlagen**
Hannes Weeber, Michael Rees
Band 50, 1999, 226 S., 107 Abb., 15 Tab., kart., ISBN 3-8167-4249-1
€ 50,- | sFr 86,-
- Eigenleistung beim Bauen**
Wie Eigentümer und Mieter sich am Bau ihrer Wohnung beteiligen können
R. Weeber, H. Weeber, S. Kleebaur, H. Gerth, W. Pohrt
Band 49, 1999, 154 S., 25 Abb., 12 Tab.,
ISBN 3-8167-4248-3
€ 22,- | sFr 39,50
- Kosteneinsparung durch Bauzeitverkürzung**
Barbara Bredenbals, Heinz Hullmann
Band 48, 1999, 174 S., 38 Abb., 36 Tab.,
ISBN 3-8167-4247-5
€ 37,- | sFr 64,-
- Das wärme- und feuchteschutztechnische Verhalten von stählernen Fassadendurchdringungen**
Lutz Franke, Gernod Deckelmann
Band 47, 1998, 74 S., 38 Abb., 13 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4246-7
€ 15,- | sFr 26,-
- Kostengünstige bauliche Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs im Wohnungsbestand**
R. Oswald, R. Lamers, V. Schnapauff, R. Spilker, K. Wilmes
Band 46, 1998, 100 S., 57 Abb., kart.,
ISBN 3-8167-4245-9
€ 17,- | sFr 30,50
- Sicherung des baulichen Holzschutzes**
Horst Schulze
Band 45, 1998, 168 S., 136 Abb., 10 Tab., kart., ISBN 3-8167-4244-0
€ 22,- | sFr 39,50
- Luftdichtigkeit von industriell errichteten Wohngebäuden in den neuen Bundesländern**
Wolfgang Richter, Dirk Reichel
Band 44, 1998, 88 S., 34 Abb., 15 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4243-2
€ 15,- | sFr 26,-
- Leitfaden Kostendämpfung im Geschoßwohnungsbau**
Karl Deters, Joachim Arlt
Band 43, 1998, 162 S., 135 Abb., 34 Tab., kart., ISBN 3-8167-4242-4
€ 22,- | sFr 39,50
- Langzeitbewährung und Entwicklungstendenzen von Kunststoff-Bauprodukten im Wohnungsbau**
Dieter Arlt, Rainer Weltring
Band 42, 1998, 137 S., 90 Abb., 7 Graph., kart., ISBN 3-8167-4241-6
€ 20,- | sFr 35,-
- Ausschreibungshilfen für recyclinggerechte Wohnbauten**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 41, 1998, 172 S., 28 Abb., kart.,
ISBN 3-8167-4240-8
€ 22,- | sFr 39,50
- Gebrauchsanweisung für Häuser**
Volker Schnapauff, Silke Richter-Engel
Band 40, 1997, 116 S., 4 Abb., 7 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4239-4
€ 19,- | sFr 34,-
- Ergänzender Neubau in bestehenden Wohnsiedlungen**
H. Weeber, R. Weeber, M. Lindner, u. a.
Band 39, 1997, 194 S., 230 Abb., kart.,
ISBN 3-8167-4238-6
€ 25,- | sFr 44,-
- Lüftung in industriell errichteten Wohnhäusern**
Wilfried Jank
Band 37, 1997, 66 S., 17 Abb., 12 Tab., 13 Tafeln, kart., ISBN 3-8167-4236-X
€ 15,- | sFr 26,-
- Auswirkungen der neuen Wärmeschutzverordnung auf den Schallschutz von Gebäuden**
Siegfried Koch, Werner Scholl
Band 36, 1997, 72 S., 33 Abb., 2 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4235-1
€ 15,- | sFr 26,-
- Baukostensenkung durch gesicherte Schadensbeurteilung an aufwerksporigen Leichtbetonelementen der industriell errichteten Wohnbauten der ehemaligen DDR**
Mirko Neumann, Mathias Reuschel
Band 35, 1997, 320 S., 227 Abb., 105 Tab., kart., ISBN 3-8167-4234-3
€ 41,- | sFr 70,-
- Verhinderung von Emissionen aus Baustoffen durch Beschichtungen**
Lutz Franke, Martin Wesselmann
Band 34, 1997, 68 S., 11 Abb., 9 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4233-5
€ 15,- | sFr 26,-
- Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) im Wohnungsbau**
Institut für Bauforschung e.V., Hannover
Band 32, 1997, 250 S., 128 Abb., 20 Tab., kart., ISBN 3-8167-4231-9
€ 30,- | sFr 51,50

BESTELLSCHEIN

* Titel ankreuzen und im Umschlag oder
* per Fax (07 11) 970 - 25 08 oder -25 07
* senden an:

Fraunhofer IRB Verlag

* Fraunhofer-Informationszentrum
* Raum und Bau IRB
* Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart
* Telefon (07 11) 970 - 25 00
* E-Mail: info@irb.fhg.de
* URL: <http://www.IRBbuch.de>

* Absender

* Straße/PF

* PLZ/Ort

* Datum

* Unterschrift

- Niedrigenergiehäuser unter Verwendung des Dämmstoffes Styropor**
Teil 1, Konstruktionsempfehlungen und optimierte Anschlußsituationen (Details)
W.-H. Pohl, S. Horschler, R. Pohl
Teil 2, Quantitative Darstellung der Wirkung von Wärmebrücken
Gerd Hauser, Horst Stiegel
Band 31, 1997, 294 S., 169 Abb., kart., ISBN 3-8167-4230-0
€ 14,- | sFr 25,-
- Fenster - Sanierung und Modernisierung**
Hans-Rudolf Neumann
Band 30, 1997, 134 S., 90 Abb., 11 Tab., kart., ISBN 3-8167-4229-7
€ 20,- | sFr 35,-
- Schäden an nicht industriell hergestellten Wohnbauten der neuen Bundesländer**
R. Oswald, R. Spilker, V. Schnapauff, u. a.
Band 29, 1996, 116 S., 66 Abb., 30 Tab., kart., ISBN 3-8167-4228-9
€ 17,- | sFr 30,50
- Parkierungsanlagen im verdichteten Wohnungsbau**
Hannes Weeber, Rotraut Weeber
Band 28, 1997, 156 S., 60 Abb., 28 Tab., kart., ISBN 3-8167-4227-0
€ 22,- | sFr 39,50
- Möglichkeiten der Einsparung von Wohnkosten durch Mieterbeteiligung**
M. Efff, K. Goldt, B. Harms, u. a.
Band 27, 1997, 157 S., 3 Abb., 8 Tab., kart., ISBN 3-8167-4226-2
€ 22,- | sFr 39,50
- Die Berechnung von Flachdecken über Zustands- und Einflußflächen**
Max Baerschneider
Band 26, 1996, 380 S., 196 Tab., kart., zweibändig, ISBN 3-8167-4225-4
€ 49,- | sFr 83,50
- Feuchttransportvorgänge in Stein und Mauerwerk - Messung und Berechnung**
M. Krus, H.-M. Künzel, K. Kießl
Band 25, 1996, 75 S., 31 Abb., 2 Tab., kart., ISBN 3-8167-4224-6
€ 15,- | sFr 26,-
- Wohngebäudesanierung und Privatisierung**
Hannes Weeber, Michael Rees
Band 24, 1996, 107 S., 51 Abb., 17 Tab., kart., ISBN 3-8167-4223-8
€ 20,- | sFr 35,-
- Der Feuchtehaushalt von Holz-Fachwerkwänden**
Helmut Künzel
Band 23, 1996, 85 S., 32 Abb., 10 Tab., kart., ISBN 3-8167-4222-X
€ 15,- | sFr 26,-
- Neue Konstruktionsalternativen für recyclingfähige Wohngebäude**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 22, 1996, 110 S., 26 Abb., 3 Tab., kart., ISBN 3-8167-4221-1
€ 17,- | sFr 30,50
- Standesicherheit der Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern**
E. Cziesielski, N. Fouad, F.-U. Vogdt
Band 21, 1996, 226 S., 71 Abb., kart., ISBN 3-8167-4220-3
€ 30,- | sFr 51,50
- Sicherheit von Glasfassaden**
X. Shen, H. Techen, J. D. Wörner
Band 20, 1996, 38 S., 26 Abb., 4 Tab., kart., ISBN 3-8167-4219-X
€ 12,- | sFr 21,50
- Kostengünstige Umnutzung aufgegebener militärischer Einrichtungen für Wohnzwecke, Wohnergängungseinrichtungen und andere Nutzungen**
B. Jacobs, J. Kirchhoff, J. Mezler
Band 19, 1996, 204 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4218-1
€ 28,- | sFr 47,50
- Holztafelbauweise im mehrgeschossigen Wohnungsbau**
Barbara Bredenbals, Heinz Hullmann
Band 18, 1996, 237 S., 116 Abb., 23 Tab., kart., ISBN 3-8167-4217-3
€ 30,- | sFr 51,50
- Gefährdungspotentiale asbesthaltiger Massenbaustoffe in den neuen Bundesländern**
Klaus Bergner, unter Mitarbeit von Franka Stodollik und Hans-Otto Eckler
Band 17, 1996, 75 S., 26 Abb., 9 Tab., kart., ISBN 3-8167-4216-5
€ 15,- | sFr 26,-
- Transparent gedämmte Altbauten**
G. H. Bondzio, K. Brandstetter, P. Sulzer, S. Al Bosta, u. a.
Band 15, 1996, 130 S., 44 Abb., 7 Tab., kart., ISBN 3-8167-4214-9
€ 22,- | sFr 39,50
- Kosten und Techniken für das "Überwintern" erhaltenswerter Bausubstanz**
Michael Rees, Hannes Weeber
Band 14, 1995, 190 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4213-0
€ 25,- | sFr 44,-
- Menschengerechte Raumklimatisierung durch Quelllüftung und Flächenkühlung**
Erhard Mayer (Hrsg.)
Band 13, 1995, 190 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4212-2
€ 25,- | sFr 44,-
- Zusätzliche Wärmedämmsysteme bei Fertigteilbauten**
Typenserie P2
P. Bauer, B. Loeser, H. Schwarzgig, T. Spengler
Band 12, 1995, 118 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4211-4
€ 20,- | sFr 35,-
- Körperschalldämmung von Sanitärräumen**
Karl Gösele, Volker Engel
Band 11, 1995, 76 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4210-6
€ 15,- | sFr 26,-
- Bauschäden an Holzbalkendecken in Feuchtraumbereichen**
Gertraud Hofmeister
Band 9, 1995, 210 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4208-4
€ 25,- | sFr 44,-
- Ökologische Auswirkungen von Hochhäusern**
Band 8, 1995, 418 S., 114 Abb., kart., ISBN 3-8167-4207-6
€ 50,- | sFr 86,-
- Wohnhochhäuser heute**
H. Weeber, R. Weeber, M. Hasenmaier, u. a.
Band 7, 1995, 165 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4206-8
€ 25,- | sFr 44,-
- Abfallvermeidung in der Bauproduktion**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 6, 1994, 198 S., 75 Abb., 16 Tab., kart., ISBN 3-8167-4205-X
€ 25,- | sFr 44,-
- Barrierefreie Erschließungssysteme von Wohngebäuden**
R. Weeber, M. Rees, H. Weeber
Band 5, 1994, 64 S., 52 Abb., 6 Tab., kart., ISBN 3-8167-4204-1
€ 12,- | sFr 21,50
- Die Ausführung des Umkehrdaches bei erhöhten Anforderungen an den Wärmeschutz**
Lutz Franke, Gernod Deckelmann
Band 4, 1994, 80 S., zahlreiche Abb. und Tab., kart., ISBN 3-8167-4203-3
€ 20,- | sFr 35,-
- Niveaugleiche Türschwellen bei Feuchträumen und Dachterrassen**
R. Oswald, A. Klein, K. Wilmes
Band 3, 1994, 56 S., 48 Abb., kart., ISBN 3-8167-4202-5
€ 12,- | sFr 21,50
- Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern**
R. Oswald, V. Schnapauff, R. Lamers, u. a.
Band 2, 1995, 333 S., 515 Abb., kart., ISBN 3-8167-4201-7
€ 40,- | sFr 69,50
- Heizung und Lüftung im Niedrigenergiehaus**
Gerhard Hausladen, Peter Springl
Band 1, 1994, 214 S., 74 Abb., 17 Tab., kart., ISBN 3-8167-4200-9
€ 25,- | sFr 44,-
- Informieren Sie mich bitte laufend über neue **Fachbücher**

BESTELLSCHEIN

* Titel ankreuzen und im Umschlag oder
* per Fax (07 11) 970 - 25 08 oder -25 07
* senden an:

* **Fraunhofer IRB Verlag**

* Fraunhofer-Informationszentrum
* Raum und Bau IRB

* Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart

* Telefon (07 11) 970 - 25 00

* E-Mail: info@irb.fhg.de

* URL: <http://www.IRBbuch.de>

* Absender

*

*

*

* Straße/PF

*

* PLZ/Ort

*

* Datum

*

* Unterschrift

Schadenfreies Bauen

Herausgegeben von Professor Günter Zimmermann

- Schadenfreies Bauen**
Gesamtausgabe Bände 1 – 26
2002, alle Bände mit festem Einband
ISBN 3-8167-5796-0
€ 1037,- | sFr 1744,-
Bei Abnahme der Gesamtausgabe
sparen Sie € 115,-
- Schäden an polymeren Beschichtungen**
Robert Engelfried
Band 26: 2001, 146 S., 94 Abb., 14 Tab.,
ISBN 3-8167-5795-2
€ 40,- | sFr 68,50
- Schäden an Belägen und Bekleidungen mit Keramik- und Werksteinplatten**
Günter Zimmermann
Band 25: 2001, 200 S., 175 Abb., 16 Tab.,
ISBN 3-8167-5791-X
€ 48,- | sFr 82,50
- Schäden an Installationsanlagen**
Heizungs- und Raumlufttechnische Anlagen,
Trinkwasser-, Abwasser- und Gasinstallations-
anlagen
Heinz Wirth, Stefan Wirth
Band 24: 2001, 270 S., 114 Abb., 33 Tab.,
ISBN 3-8167-5790-1
€ 57,- | sFr 96,-
- Schäden an Türen und Toren**
Ralf Schumacher
Band 23: 2001, 372 S., 291 Abb., 32 Tab.,
ISBN 3-8167-4169-X
€ 71,- | sFr 118,-
- Schäden an elastischen und textilen Bodenbelägen**
Hans-Joachim Scheewe
Band 22: 2001, 232 S., 80 überw. farb. Abb.,
50 Tab.,
ISBN 3-8167-4168-1
€ 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Glasfassaden und -dächern**
Peter Küffner, Oliver Lummertzheim
Band 21: 2000, 132 S., 106 z.T. farb. Abb.,
6 Tab.,
ISBN 3-8167-4165-7
€ 40,- | sFr 68,50
- Schäden an Wärmedämm-Verbundsystemen**
Erich Cziesielski, Frank Ulrich Vogdt
Band 20: 2000, 202 S., 75 Konstruktionsskiz-
zen, 28 Tab. u. Diagramme, 98 Fotos,
ISBN 3-8167-4164-9
€ 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Außenwänden aus Mehrschicht-Betonplatten**
Ralf Ruhnau, Nabil Fouad
Band 19: 1998, 104 S., 61 Abb.; 7 Tab.,
ISBN 3-8167-4160-6
€ 35,- | sFr 60,50
- Schäden an Deckenbekleidungen und abgehängten Decken**
Hubert Satzger
Band 18: 1998, 78 S., 59 Abb., 5 Tab.,
ISBN 3-8167-4159-2
€ 23,- | sFr 40,50
- Schäden an Dränanlagen**
Wilfried Muth
Band 17: 1997, 114 S., 128 Abb., 10 Tab.,
ISBN 3-8167-4154-1
€ 35,- | sFr 60,50
- Tauwasserschäden**
Richard Jenisch
Band 16: 2. überarb. Aufl., 2001, 129 S.,
66 Abb., 6 Tab., ISBN 3-8167-5792-8
€ 37,- | sFr 62,50
- Schäden an Estrichen**
Klaus G. Aurnhammer
Band 15: 2., erg. Aufl., 1999, 216 S., 44 Abb.;
17 Tab.,
ISBN 3-8167-4162-2
€ 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Tragwerken aus Stahlbeton**
Bernhard Brand, Gerhard Glatz
Band 14: 1996, 217 S., 129 Abb., 24 Tab.,
ISBN 3-8167-4153-3
€ 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Außenwänden aus Ziegel- und Kalksandstein-Verblendmauerwerk**
Helmut Klaas, Erich Schulz
Band 13: 1995, 224 S., 162 Abb., 13 Tab.,
ISBN 3-8167-4152-5
€ 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Metallfassaden und -dachdeckungen**
Franz Lubinski, Fritz Röbber, Uwe Nagel, u. a.
Band 12: 2. erw. Aufl., 2001, 415 S., 303
Abb., 22 Tab.,
ISBN 3-8167-4166-5
€ 76,- | sFr 127,-
- Schäden an Außenmauerwerk aus Naturstein**
Martin Sauder, Renate Schloenbach
Band 11: 1995, 274 S., 95 Abb., 31 Tab.,
ISBN 3-8167-4150-9
€ 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Außenwänden mit Asbestzement-, Faserzement- und Schieferplatten**
Klaus W. Liersch
Band 10: 1995, 146 S., 86 Abb., 20 Tab.,
ISBN 3-8167-4149-5
€ 38,- | sFr 65,-
- Schäden an Fassadenputzen**
Helmut Künzel
Band 9: 2. erw. Aufl., 2000, 142 S., mit zahlr.
Abb. und Tab.,
ISBN 3-8167-4167-3
€ 38,- | sFr 65,-
- Schäden an Abdichtungen in Innenräumen**
Erich Cziesielski, Michael Bonk
Band 8: 1994, 112 S., 55 Abb., 4 Tab.,
ISBN 3-8167-4147-9
€ 33,- | sFr 57,-
- Risschäden an Mauerwerk**
Ursachen erkennen - Risschäden vermeiden.
Werner Pfefferkorn
Band 7: 3. überarb. Aufl., 2002, 292 S.,
290 Abb., 18 Tab.,
ISBN 3-8167-5793-6
€ 53,- | sFr 89,-
- Schäden an Fenstern**
Wolfgang Klein
Band 6: 1994, 154 S., 92 Abb., 2 Tab.,
ISBN 3-8167-4145-2
€ 37,- | sFr 64,-
- Schäden an Wänden und Decken in Holzbauart**
Horst Schulze
Band 5: 1993, 158 S., 140 Abb.,
ISBN 3-8167-4144-4
€ 37,- | sFr 64,-
- Schäden an Industrieböden**
Erich Cziesielski, Thomas Schrepfer
Band 4: 2., erw. Aufl., 1999, 169 S., 69 Abb.,
33 Tab.,
ISBN 3-8167-4163-0
€ 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Sichtbetonflächen**
Heinz Klopfer
Band 3: 1993, 123 S., 77 Abb., 9 Tab.,
ISBN 3-8167-4142-8
€ 35,- | sFr 60,50
- Schäden an Flachdächern und Wannen aus wasserundurchlässigem Beton**
Gottfried C.O. Lohmeyer
Band 2: 3. neu bearb. Aufl., 2001, 272 S.,
171 Abb., 28 Tab.,
ISBN 3-8167-5794-4
€ 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Außenwandfugen im Beton- und Mauerwerksbau**
Ralf Ruhnau
Band 1: 1992, 132 S., 87 Abb.,
ISBN 3-8167-4140-1
€ 35,- | sFr 60,50

BESTELLSCHEIN

✱ Titel ankreuzen und im Umschlag oder
✱ per Fax (07 11) 970 - 25 08 oder -25 07
✱ senden an:

Fraunhofer IRB Verlag

✱ Fraunhofer-Informationszentrum
✱ Raum und Bau IRB

✱ Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart
✱ Telefon (07 11) 970 - 25 00
✱ E-Mail: info@irb.fhg.de
✱ URL: <http://www.IRBbuch.de>

✱ Absender

✱

✱

✱ Straße/PF

✱ PLZ/Ort

✱ Datum

✱ Unterschrift

Die »Bauschäden-Sammlung« in 13 Bänden

Herausgegeben von Professor Günter Zimmermann



In der Fachwelt hat diese Zusammenstellung von typischen Bauschadensfällen als wichtiger Beitrag zur Verbesserung der Bau- und Planungsleistungen großes Ansehen erlangt.

Die 13 Bände mit dem Untertitel »Sachverhalt - Ursachen - Sanierung« enthalten Schadensberichte aus allen baukonstruktiven Bereichen und sind durch Themen- und Sachregister erschlossen.

Der Nutzer kann so auf Anhieb feststellen,

- ob ein gleicher oder ähnlicher Schaden bereits dokumentiert ist,
- welche Schäden für ein bestimmtes Bauteil typisch sind,
- wie diese Schäden vermieden werden können oder welche Maßnahmen zu ihrer Behebung in Frage kommen.

Seit 3 Jahrzehnten ist die »Bauschäden-Sammlung« eine ständige Rubrik des »Deutschen Architektenblattes«.

Bauschäden-Sammlung, Band 13 Sachverhalt - Ursachen - Sanierung

2001, 184 Seiten,
zahlreiche, überwiegend farbige
Abbildungen, fester Einband,
ISBN 3-8167-4185-1
€ 27,- | sFr 44,-

Der Herausgeber

Professor Günter Zimmermann, ein bekannter Bausachverständiger mit langjähriger Erfahrung, betreut seit 3 Jahrzehnten die »Bauschäden-Sammlung« im »Deutschen Architektenblatt« und ist auch für die Herausgabe der Buchausgabe verantwortlich.

BESTELLSCHEIN

- Band 1: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 2: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 3: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 4: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 5: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 6: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 7: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 8: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 9: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 10: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 11: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 12: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 13: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-

Sie sparen € 36,- bei Abnahme der

- Bände 1-13 komplett:
€ 315,- | sFr 476,-

Alle Bände im Format A 5 quer, mit zahlreichen, zum Teil farbigen Abbildungen, festem Einband und Fadenheftung

Titel ankreuzen und im Umschlag oder per Fax (07 11) 970 - 25 08 oder -25 07 senden an:

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum
Raum und Bau IRB

Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart
Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
E-Mail: info@irb.fhg.de
URL: <http://www.IRBbuch.de>

Absender

Straße/PF

PLZ/Ort

Datum

Unterschrift

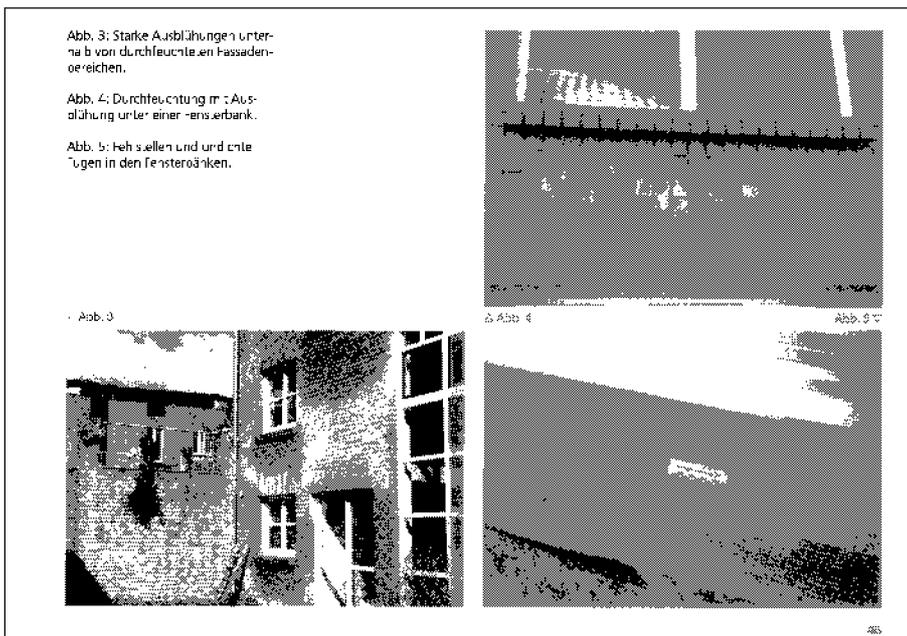


Abb. 3: Starke Ausblühungen unterhalb von durchleuchteten Fassadengebieten.

Abb. 4: Durchdringung mit Ausblühung unter einer Fensterbank.

Abb. 5: Fehlstellen und erste Risse in den Fensterböden.

Abb. 3

Abb. 4

Abb. 5