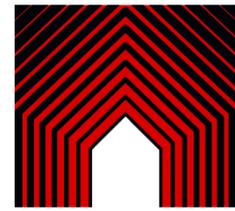


Dipl.-Ing. Werner Eicke-Hennig  
Energieinstitut-Hessen  
Heinrich-Berbalk-Strasse 30  
60437 Frankfurt

Frankfurt 2013



energieinstitut-hessen

## Der Taupunkt ist kein Wandersmann -Wasserdampfdiffusion richtig verstanden

### Geschichte der Wasserdampfdiffusionsberechnung

Geht es um Wärmedämmung und Feuchteschäden am Bau, stehen immer schnell die „Diffusion“ und der „Taupunkt“ im Mittelpunkt. Letzterer häufig als etwas, dessen „Verschiebung“ problematisch sei. Hier liegt häufig ein falsches Verständnis des seit 1981 in die DIN 4108-3 eingeführten Wasserdampfdiffusions-Berechnungsverfahrens (Glaser-Verfahren) zu Grunde. Die kleine Geschichte dieses Verfahrens ist erhellend und klärt, wie gerechnet wird, wenn es in Deutschland um den Durchgang von Wasser(dampf)molekülen durch Bauteile geht.

Der Göttinger Professor für Thermodynamik, Glaser, stellte sein Verfahren bereits 1958 in einem Aufsatz vor. Anlass der Publikation waren nicht etwa Feuchteprobleme im Hochbau. Die Entwicklung war durch den Kühlhausbau motiviert. Hier war Glaser beruflich engagiert und er suchte nach einem Verfahren, mit dem er feuchteunempfindliche Materialien für die Außenbauteile von Kühlhäusern dimensionieren konnte. Kühlhäuser hatten damals ganzjährig eine Innentemperatur von  $-18^{\circ}\text{C}$ , es liegt also ein kräftiges und konstantes Temperatur- und Feuchtegefälle von außen nach innen vor. Durch Nichtbeachtung der Wasserdampfdiffusion war es nach 1945 zu starken Schäden in Korkdämmungen, Bimssteinwänden oder Holzwoleleichtbauplattendämmungen von Kühlhäusern gekommen. Hier schaffte Glaser eine Lösung: Man konnte fortan genau dimensionieren, wo und in welcher Stärke dampfbremsende Materialien außen an den Außenbauteilen von Kühlhäusern angebracht werden mussten. Die Randbedingungen beim Kühlhaus waren weitgehend statisch: Eine absolut konstante und sehr tiefe Innentemperatur von  $-18^{\circ}\text{C}$  und das bekannte Außenklima. Es kam einzig darauf an, den Diffusionsstrom von Wasserdampf in die Konstruktion zu unterbinden. Kapillare Wassertransportvorgänge wurden nicht erfasst, wie sie für diesen Fall uninteressant waren.

Die „technische Physik“ (später: Bauphysik) entdeckte dieses Verfahren in den sechziger Jahren für den Hochbau, als ein Problemdruck durch die wachsende Zahl von Fertighäusern entstand. Im Massivbau waren

auf innere Durchfeuchtung beruhende Feuchteschäden kaum bekannt geworden, allenfalls in geschichteten Massivwänden aus Beton. Die Literatur seit 1900 kennt nur 2-3 Fallbeschreibungen, bei denen jeweils Luftschichten in der Konstruktion zum Durchfeuchtungsbild auf der Innenseite des Bauteils führten (Feuchtekonvektion, Kondensat Ablauf an kalten inneren Flächen von Bauteilen mit Luftschichten und Rücksaugung an die Innenoberfläche). Auch das neu ins Bauen eingeführte Flachdach mit seiner äußeren dichten Bitumendachbahn zeigte Durchfeuchtungen durch innere Kondensation des vom Innenraum her zutretenden Wasserdampfes.

Mit der Zunahme von Fertighäusern und sonstigen neuen Bauweisen wurde eine größere Anzahl von Feuchteschäden bekannt, die (nicht immer zutreffend) auf die Wasserdampfdiffusion durch Bauteile zurückgeführt wurden. Prof. Cammerer schrieb hierzu 1968 ganz vorsichtig: „Mit fortschreitender Entwicklung von Fertigteil- und Fertighausbauarten stellte sich heraus, dass die Erweiterung der auf diese Weise gebotenen Unterrichtung auf das Gebiet des Feuchtigkeitsschutzes, das heißt auf die richtige wärmeschutztechnische Bemessung von Bauteilen im Hinblick auf die Vermeidung von Tauwasserbildung zweckmäßig sein würde.“ Hier musste also eine Lösung geschaffen werden, an denen man aber auch schon seit den zwanziger Jahren diskutierte, sie aber nicht auf den Punkt brachte. Die Normkommission der DIN 4108-3 übernahm mangels eigener Entwicklung das für den Kühlhausbau entwickelte Diffusionsberechnungsverfahren für den allgemeinen Hochbau. Es wurde erstmalig 1981 in die DIN 4108-3 integriert. Die Neuartigkeit bestand nun darin, dass man Tauwassermengen ausrechnen konnte, während man die Jahrzehnte vorher nur bestimmen konnte, wo eine mögliche Durchfeuchtungsebene lag, nicht jedoch die Größenordnung des Problems berechnete.

Aber Wohnbauten sind keine Kühlhäuser. Wie sollte man rechnen? Für den allgemeinen Hochbau mussten rechnerische Randbedingungen geschaffen werden, die vom Rechenaufwand überschaubar waren. Es gab als Hilfsmittel den Rechenschieber und das Lineal. Das

Ergebnis bestand in einfachen statischen Randbedingungen: Bei einer einzigen Außen- und einer einzigen Innentemperatur, bei einer gesetzten Außenfeuchte und ebenso eine einzigen Innenluftfeuchte wurden die möglichen Tauwassermengen berechnet. Die Klimabedingungen für das „Glaserverfahren“ bildeten nicht das reale deutsche mittlere Außenklima ab und auch nicht die Temperatur- und Feuchteschwankungen der Jahreszeiten und Tage. Um Rechenaufwand zu begrenzen wurden sie besonders „hart“ gesetzt (zur

sicheren Seite berechnet). Bei zwei Monaten – 10 °C Außentemperatur am Stück, müssen seitdem unsere Außenbauteile beweisen, dass sie eine gewisse Tauwassermenge nicht überschreiten. Diese einzuhaltenen Grenzwerte für die rechnerischen Tauwassermengen legte die Norm fest. Grundlage dieser Festsetzungen war im Übrigen wenig Wissenschaft und viel gefühlsmäßige Einschätzung, zusammen mit dem Dezimalsystem (500 Gramm/1000 Gramm). Tabelle 1 zeigt die Randbedingungen der DIN 4108-3 von 2001.

Tabelle 1: Rechnerische Randbedingungen der DIN 4108-3 von 2001

**Tabelle B.1 — Randbedingungen**

Periode/Klima-Merkmal	Kennwert für	
	Innenklima	Außenklima
Tauperiode (1 440 h)		
Lufttemperatur	20 °C	–10 °C
Relative Luftfeuchte	50 %	80 %
Wasserdampfsättigungsdruck	2 340 Pa	260 Pa
Wasserdampfteildruck	1 170 Pa	208 Pa
Verdunstungsperiode (2 160 h)		
Lufttemperatur	12 °C	12 °C
Relative Luftfeuchte	70 %	70 %
Wasserdampfsättigungsdruck	1 403 Pa	1 403 Pa
Wasserdampfteildruck	982 Pa	982 Pa

In 2014 wurde die DIN 4108 erneut novelliert. Die rechnerischen Randbedingungen wurden verändert, indem die Außentemperatur von -10 °C auf -5 °C, allerdings für einen Berechnungszeitraum von 3 statt 2 Monaten gesetzt wurde. Die Verdunstung wird nicht mehr in Gramm/m<sup>2</sup> sondern als Zeitraum dargestellt (Verdunstung der Tauwassermenge innerhalb der dreimonatigen Verdunstungsperiode erforderlich). An der Berechnungsweise und den qualitativen Aussagen ändert das nichts, diese Änderungen wären völlig verzichtbar gewesen. Deshalb wird im weiteren die „alte“ DIN von 2001 angewendet.

- Die Baustoffe, die mit dem Tauwasser in Berührung kommen dürfen keine Schädigung erfahren.
- Das während der Tauperiode im Innern der Bauteile anfallende Tauwassermuss in der Verdunstungsperiode wieder an die Umgebung abgegeben werden.
- Bei Dach und Wandkonstruktionen darf eine flächenbezogene Tauwassermenge von 1 kg/m<sup>2</sup> nicht überschritten werden. Dies gilt nicht für die Bedingung nach d).
- Tritt Tauwasser an Berührungsflächen mit einer kapillar nicht wasseraufnahmefähigen Schicht auf, darf eine flächenbezogene Tauwassermenge von 0,5 kg/m<sup>2</sup> nicht überschritten werden.
- Bei Holz ist eine Erhöhung des massebezogenen Feuchtegehaltes  $U_m$  um mehr als 5 %, bei Holzwerkstoffen um mehr als 3 % unzulässig (Holzwerkstoffbauplatten und Mehrschichtleichtbauplatten nach DIN 1101 sind hiervon ausgenommen).

Im Rechenergebnis lag der „Taupunkt“ überwiegend an der gleichen Stelle, weil stets mit den gleichen Randbedingungen (s.o.) ähnliche Bauteiltypen berechnet wurden, z.B. häufig die monolithische (einschichtige) Wand. Daraus entwickelte sich die Anschauung, der Taupunkt habe einen festen Ort, der möglichst nicht verschoben werden dürfe. Die DIN spricht übrigens zur Vermeidung dieser falschen Vorstellung vom Taupunkt als geometrischen Ort von einer „Taupunkttemperatur“. Wo diese „Taupunkttemperatur“ liegt ist unerheblich, entscheidend ist die Einhaltung der in der DIN 4108-3 benannten folgenden Bedingungen:

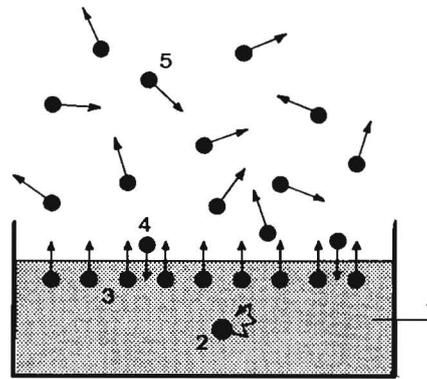
**Es empfiehlt sich, angesichts dieser statischen Randbedingungen für die Berechnung, im Zusammenhang mit den Ergebnissen der Tauwasserberechnung von einer „rechnerischen Tauwassermenge“ respektive Verdunstungsmenge zu sprechen, um damit offenzulegen, dass es sich hier nicht um reale Feuchtemen-**

gen handelt. Denn das „Glaserverfahren“ ist ein **Nachweisverfahren**, mit dem nachzuweisen ist, dass die oben genannten Bedingungen eingehalten werden. Ein massives Bauteil mit einer Tauwassermenge von  $999,5 \text{ g/m}^2$  und einer Verdunstungsmenge von  $1000 \text{ g/m}^2$  ist also im Sinne der DIN 4108-3 völlig in Ordnung, weil die Tauwasser-Höchstgrenze von  $1000 \text{ g/m}^2$  unterschritten wird und die berechnete Menge wieder austrocknen kann..

### Was ist Wasserdampfdiffusion? Antrieb der Wassermoleküle

„Der Wasserdampfdruck sei es, dem nach außen offene Bahn geschaffen werden müsse. Sonst würde die Feuchte im Bauteil stauen, der Dampfdruck könne sich nicht abbauen und Tauwasserausfall sei die Folge.“ Solche und ähnliche Erklärungen hört man zu den Ursachen der Wasserdampfdiffusion und zu möglichen Tauwasserschäden.

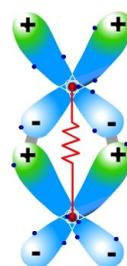
Der Wasserdampfdruck ist jedoch nur eine „Hilfsgröße“, die wir zum Rechnen der Wasserdampf-Transportmengen heranziehen. Die Antriebskraft der Wassermoleküle ist nicht der Druck, sondern die Bewegungsenergie der Moleküle, die als Druck beschrieben wird. Wärme ist die kinetische Energie der Moleküle (Brownsche Bewegung). Je wärmer die Moleküle eines Stoffes sind, desto stärker sind sie in Bewegung. Im Feststoff schwingen die Moleküle in ihrem festgelegten Kristallgitter. Im Gas können sie sich frei und ungeordnet bewegen und schießen durch den Raum, „nehmen jeden Raum ein“ sagte der Chemieunterricht. Das Wasserdampf-Luftgemisch im Haus ist ein Gas. Dabei gilt es zu erkennen, das Wasser ein besonderer Stoff ist, der flüssig, gasförmig und fest vorkommen kann. Gasförmig wird er durch die durch Erwärmung bedingte stärkere Molekülbewegung, die ein Herausschießen von Molekülen aus dem flüssigen Wasser erzeugt. Dies geschieht im Haus z.B. auf der menschlichen Hautoberfläche (Schweiß), den vielfältigen Wasseroberflächen im Haushalt (Bad, Küche, Pflanzenblätter) oder beim Kochen. Damit wir eine Vorstellung von den Vorgängen bekommen: **In einem Fingerhut passen 600 Trilliarden Wassermoleküle, der Moleküldurchmesser beträgt etwa 0,3 Millionstel mm. Die Geschwindigkeit eines gasförmigen Wassermoleküls bei 20 °C liegt bei 1800 km/h.** Prof. Lothar Grün hat den Übergang von Flüssigwasser in die Dampfphase am Beispiel des „offenen Systems“ unserer Häuser so dargestellt: Jeder Punkt in der Skizze ist ein Wassermolekül, die Pfeile deuten die ungeordnete Bewegung der Moleküle im Raum an.



1 = Wasser, 2 = Bewegung der Wassermoleküle in ihrer Flüssigphase, 3/4 = Austausch von Molekülen an der Grenzschicht Luft/Wasseroberfläche, kondensieren einer gewissen Zahl herausstießender Moleküle in der kälteren Luft, zurücksinken in das Wasser, z.B. in der Natur als Nebel über Wasser bekannt. 5 = Stärker erwärmte Moleküle verlassen das Wasser und die Grenzschicht, sind dann kein Nebel mehr, sondern dampfförmig und damit unsichtbar.

Verständnisschwierigkeiten: Die frei beweglichen aus Flüssigwasser verdunsteten Wassermoleküle bezeichnen Physiker als Dampf (unsichtbar), im Volksmund wird kondensierender Dampf = Nebel als Wasserdampf bezeichnet. Die Wassermoleküle bleiben so lange dampfförmig, wie ihre Bewegungsenergie dazu ausreicht. Auf ihrem ungeordneten Weg durch den freien Raum eines Zimmers stoßen sie auch an dessen Begrenzungsflächen. Diese sind, ganz anders als Luft, viel undurchlässiger für die Wassermoleküle, die nur in die Poren und Kapillaren der Baustoffe eindringen können. Baustoffe bestehen nur zu einem geringen Teil aus Poren, Beton z.B. nur zu 26 %, Ziegel zu 40 %. Ihr Feststoffanteil macht sie dampfbremsend. Diese Eigenschaft messen und bezeichnen wir als den  $\mu$ -Wert oder Wasserdampfdiffusionswiderstand. Bereits ab Wandinnenfarbe oder Tapete bleibt der Großteil der Wasserdampfmoleküle im Raum zurück, prallt von den Wänden ab, geht durch Fenster- und Fugenlüftung nach außen ab oder prägt die Luftfeuchte.

Diejenigen Moleküle, die in die Poren und Kapillaren eindringen, wandern durch ihre Eigenbewegung (Wärmeenergie) weiter durch das Bauteil. Dabei stoßen sie gegeneinander, gegen die Wänden der Kapillaren, fangen sich in Sackporen, prallen zurück in Gänge, kondensieren an Porenwänden, durchnässen diese, trocknen auf der gegenüberliegenden Porenwandungsseite als Dampf wieder in die



Nachbarnpore hinein usw. Bei diesen Prozessen reduziert sich die Zahl der vordringenden Moleküle weiter, durch den Masseanteil des Stoffes, den sie durchdringen ( $\mu$ -Wert). Da die Bauteile im Winter nach außen kälter sind werden die Moleküle auf ihrem Weg zur Außenseite immer kälter und dadurch immer langsamer (kinetische Energie wird aufgezehrt). Und hier

wirkt nun eine besondere Eigenschaft des Wassermoleküls. Wassermoleküle haben eine Dipolwirkung, ihre Plus- und ihre Minuspole (elektrische Ladung) ziehen sich an, wenn durch die Wärmeenergie (Geschwindigkeit) diese Bindungswirkung nicht aufgebrochen ist. Bei geringer Wärmeenergie prallen die zusammenstoßenden Wasserdampfmoleküle nicht mehr voneinander ab, sondern ziehen sich elektrisch an, bilden wieder Flüssigwasser. Diese „Wasserstoffbrückenbindung“ ist durch die Dipoleigenschaft des Wassers bedingt (siehe Abbildung). Das entstehende Flüssigwasser bildet zunächst einen Wasserfilm an den Kapillar- und Porenwandungen, zum guten Schluss sind die Kapillaren ganz ausgefüllt, das Bauteil ist von kondensierendem Wasser durchfeuchtet.

In diesem Vorgang gibt es also keine durch Druck vorangetriebenen Moleküle, sondern je nach Erwärmungsgrad des Wasserdampf-/Luftgemisches eine molekulare Eigenbewegung der Wasserdampfmoleküle. Den „Partialdruck“ des Wasserdampfes innerhalb des Luftdrucks, benutzen wir hingegen nur als „Hilfsgröße“ für die Berechnung der Tauwassermengen.

**Für die Anhänger der „Druckvorstellung“ als Transportmechanismus:**

Der vom Wasserdampf-/Luftgemisch ausgeübte Druck ist kein anderer, als der Luftdruck. Der Wasserdampfteildruck ist ein Teil des Luftdrucks. Der Luftdruck auf die Wand erhöht sich also nicht durch einen erhöhten Wasserdampfanteil in der Luft.

Luftdruck	100.000 Pascal
- darin Wasserdampfteildruck bei 20 °C und 50 % rel. Luftfeuchte:	1.170 Pascal

Bei der hier angenommenen üblichen Innenluftfeuchte und Temperatur beträgt der Wasserdampfteildruck im Luftdruck also nur 1,1 % des gesamten Luftdrucks. Oder in alten Einheiten ausgedrückt: Auf den cm<sup>2</sup>

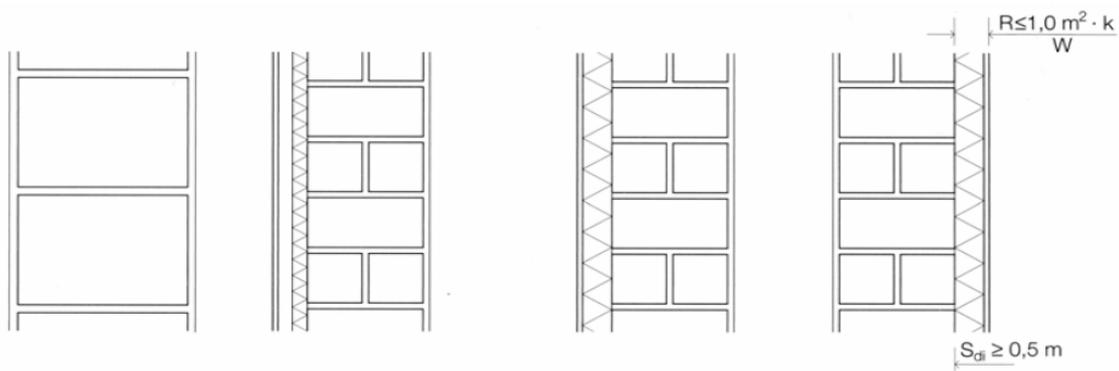
Bauteil wirkt ein Wasserdampfteildruck innerhalb des Luftdrucks von 13 Gramm, aber ein Luftdruck von 1 kg/cm<sup>2</sup>.

**Ausnahmen über Ausnahmen: Das Kapitel 4.3 der DIN 4108-3**

Das Kapitel 4.3 der DIN 4108-4 von 2001 ist überschrieben mit: „Bauteile, für die kein rechnerischer Tauwasser-Nachweis erforderlich ist“ (in der neuen DIN-4108 ist es das Kapitel 5.3). Eine Vielzahl von Bauteilkonstruktionen ist mit dem „Glaser-Verfahren“ und den Randbedingungen der DIN 4108 nicht sinnvoll zu berechnen. Die DIN 4108 von 2014 erklärt das Glaser-Verfahren als „nicht anwendbar“ für verschiedenste Bauteile und Fälle. Für die in Kapitel 4.3 bzw. neu 5.3 benannten Bauteile ergeben sich nach der DIN 4108 Tauwassermengen, die nicht den Praxiserfahrungen mit vielen Bauteilen entsprachen. Zu nennen sind die Kerndämmung oder die Innendämmung mit Holzwoleleichtbauplatten. Bei wieder anderen Konstruktionen bleiben die berechneten Tauwassermengen stets mit Sicherheit unter den formulierten Grenzwerten, dies gilt z.B. für die Außendämmung mit WDVS, eine Berechnung ist in diesen Fällen also verzichtbar. Und zum Dritten war die Berechnung in der Vor-Computerzeit recht aufwendig, so dass noch technische Bedingungen formuliert wurden, unter denen man auf eine Tauwasserberechnung verzichten konnte. Hierzu gehört z.B. die zum dogmatischen Gebot missverständene Ausnahmeregel: Dächer, die innen sechsmal dampfdichter als außen sind, oder einen inneren S<sub>d</sub>-Wert von über 100 m aufweisen, können ohne Tauwasserberechnung gebaut werden. Das war als Hilfe gedacht, um Rechenaufwand zu vermeiden und wurde zum „Gebot“ umgedeutet.

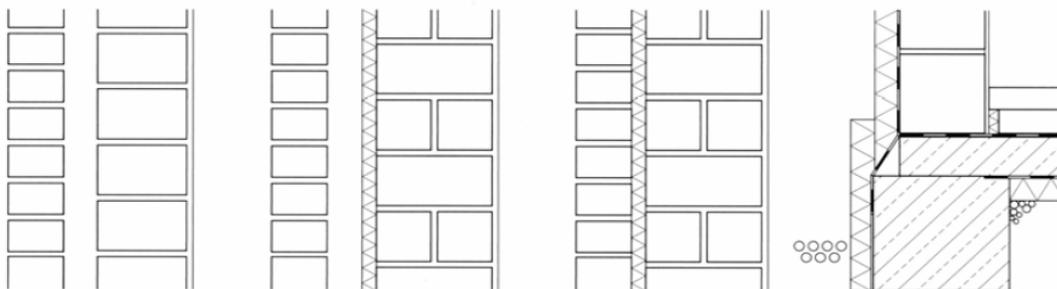
Die Grafik der TU Darmstadt gibt einen Überblick über die Wände. Solche Ausnahmeregelungen gibt es auch für Dächer und Fußböden.

## Außenwände, für die kein rechnerischer Tauwassernachweis erforderlich ist



Zweischalige Wände; mit Luftschicht, mit Kerndämmung

Kellerwand mit Perimeterdämmung



Im Ergebnis sind 95 % aller Wandbauarten von einem Tauwassernachweis freigestellt. Nur für Sonderkonstruktionen, etwa mit starker äußerer Feuchteabdichtung oder für die Innendämmung, ist nach wie vor eine Berechnung erforderlich. Für andere Bauteile sind die mengenmäßigen Ausnahmeregelungen ähnlich. Man kann heute sagen, das Kapitel 4.3 befreit rund 95 % aller Außenbauteile von einer Tauwasserberechnung nach DIN 4108-3.

### Neuere dynamische Berechnungsverfahren

Im wissenschaftlichen Bereich haben sich zwei dynamisch rechnende Nachweisverfahren entwickelt: DELPHIN und WUFI. Diese Verfahren rechnen mit flexiblen Außen – und Innenklima und bilden auch den kapillaren Wassertransport in Bauteilen ab. Sie schließen damit die beim Glaser-Verfahren bestehende Lücke und sind für den Wissenschaftsbetrieb geeignete Verfahren.

Es zeigte sich bald, dass gemessene Stoffwerte über die kapillare Leistungsfähigkeit von Baustoffen fehlen. Prof. Dr. Hartmut Künzel, der Urheber des WUFI-Programms stellt selbst 2009 dazu in Bezug auf laufende Laboruntersuchungen von Baustoffen nur für die Dämmstoffe fest: „Die ersten Ergebnisse zeigen, dass es in Bezug auf die Kapillaraktivität im Sorptionsfeuchtebereich (kleiner 95 % r.F.) größere Unterschiede zwischen den einzelnen Dämmstoffen gibt.“ Bei realen historischen Bauteilen sind überdies noch sehr

genaue Informationen über den wirklichen Aufbau des Bauteils und die Stofflichkeit der Baustoffe erforderlich (Fugenanteil und Fugenmaterial, das ja früher an der Baustelle gemischt wurde, Brenngrad des Ziegels, Hinterkofferung von Natursteinwänden usw.).

Das wichtigste ungelöste Problem beim Einsatz solcher neuer Verfahren ist jedoch ein haftungsrechtliches. Sie ersetzen bis zur Novelle der DIN 4108-3 von 2014 nicht das Normrechenverfahren. Erst ab 2014 wurde dies als alternative Möglichkeit in die Din 4108 integriert. Nun ist auch eine hygrothermische Simulation nach DIN EN 15026 zulässig (COND, DELPHIN, WUFI), wer bürgt jedoch für die jeweiligen Stoffwerte historischer Materialien (kapillare Saugfähigkeit)?

Diese neueren Verfahren werden sich möglicherweise für komplexe Entscheidungssituationen als Verfahren zur Risikoabschätzung etablieren, indem z.B. eine untere und eine obere Variante gerechnet wird und die Ergebnisse auf Basis der Berufserfahrung interpretiert werden.

**Parametervariation: Vollziegelwand 38 cm beidseitig verputzt bei unterschiedlichen Außentemperaturen, Tauwasserberechnung nach DIN 4108-3**

Bei den harten Normbedingungen der Tauwasserberechnung der DIN 4108 errechnen sich auch in ungedämmten Wänden Tauwassermengen von über 200 g/m<sup>2</sup>. Ungedämmte, auch als „atmend“ bezeichnende Wände, wie die hier betrachtete, zwischen 1850 und 1950 übliche Vollziegelwand mit Mindestwärmeschutz (1,5 W/(m<sup>2</sup>K)), sind rechnerisch nicht tauwasserfrei. Daraus kann für Beurteilungen von Altbaukonstruktionen schon ein erster Schluss gezogen werden: Es ist immer erst die Ursprungsstruktur und ihre Berechnungsergebnisse anzuschauen, bevor eine nachträglich gedämmte Konstruktion beurteilt wird. Wird die rechnerische Tauwassermenge durch die Dämmmaßnahmen größer oder kleiner ist die Frage, denn tauwasserfrei müssen die Bauteile ja nicht sein (s.o.).

Die Taupunkttemperatur liegt bei ungedämmten monolithischen Wänden meist im äußeren Wanddrittel vor dem Außenputz. Es ist kein „Punkt“, sondern ein Bereich, in dem Tauwasserausfall rechnerisch stattfindet.

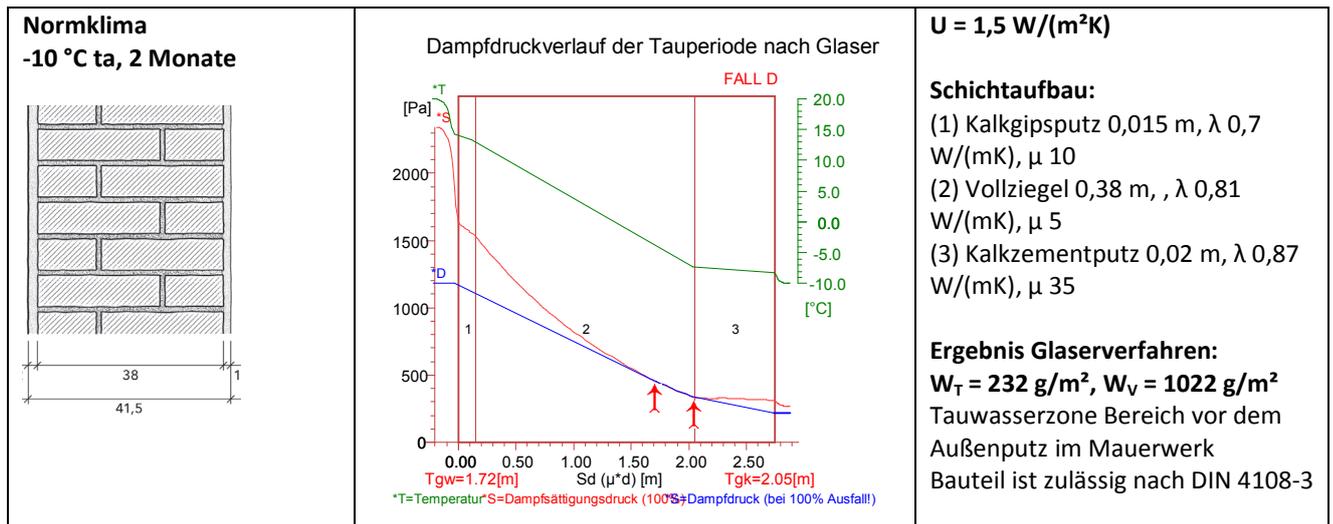
det. Dieser Bereich liegt bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt bei -5 °C bis -8 °C im Innern, es taut in der Konstruktion also bei Minusgraden. **Dieser „Ort“ oder „Bereich“ erscheint nur deshalb als fester Ort, weil immer unter den gleichen Normbedingungen gerechnet wird und der Diffusionswiderstand mineralischer Wandbaustoffe ähnlich ist.**

Ändert man die Außentemperatur von -10 °C auf -5 % °C, so geht die Tauwassermenge zurück, der „Bereich“ beschränkt sich jetzt direkt auf die Grenzschicht zwischen Außenputz und Vollziegel.

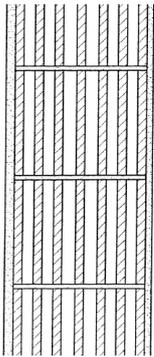
Bei 0 °C Außentemperatur gibt es keinen rechnerischen Tauwasserausfall mehr in der ungedämmten Vollziegelwand.

Fazit: Der Bereich der „Taupunkttemperatur“ richtet sich also nach den jeweiligen Außen- und Innentemperaturen. Da diese sich in der Realität ständig ändern, ist auch die Taupunkttemperatur ständig eine verschiedene bzw. ändert sich die Lage dieses Bereiches ständig.

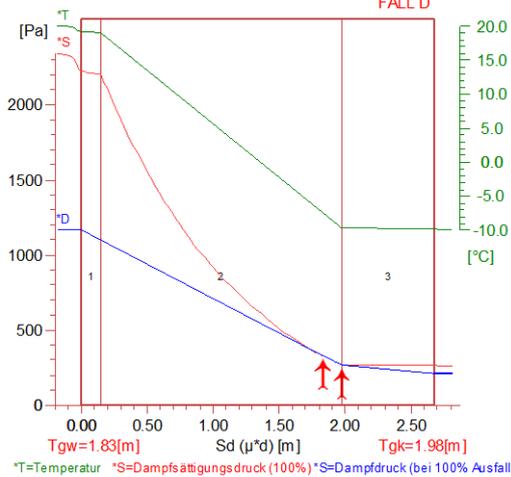
**Für den Betrachter: Auf allen Skizzen ist „innen“ rechts“, auf allen Grafiken ist „innen“ dann linker links, was bei den Grafiken mit Dämmschichtdarstellung ein wenig irritiert.**



**Variante: 36,5 cm poros.**  
**Leichtlochziegel 08**  
 - 10 °C ta, 2 Monate



Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser  
 AW 365Proton-LM008 FALL D



**U = 0,21 W/(m²K)**

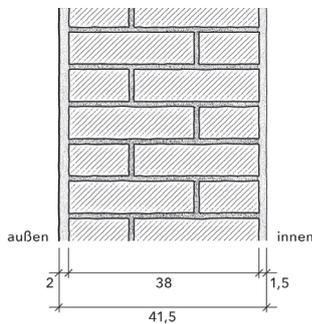
**Schichtaufbau:**

- (1) Kalkgipsputz 0,015 m,  $\lambda$  0,7 W/(mK),  $\mu$  10
- (2) Leichtlochziegel porosiert 0,365 m,  $\lambda$  0,08 W/(mK),  $\mu$  5
- (3) Kalkzementputz 0,02 m,  $\lambda$  0,87 W/(mK),  $\mu$  35

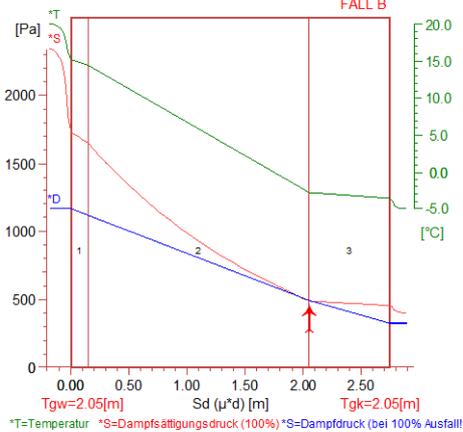
**Ergebnis Glaserverfahren:**

**$W_T = 357 \text{ g/m}^2$ ,  $W_V = 1102 \text{ g/m}^2$**   
 Tauwasserzone Bereich vor dem Außenputz im Mauerwerk.  
 Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3

**Variante**  
 - 5 °C ta, 2 Monate



Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser  
 FALL B



**U = 1,5 W/(m²K)**

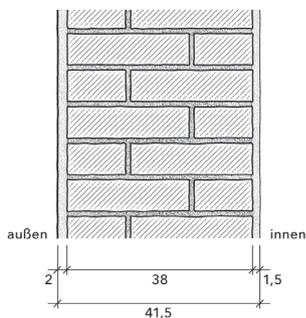
**Schichtaufbau:**

- (1) Kalkgipsputz 0,015 m,  $\lambda$  0,7 W/(mK),  $\mu$  10
- (2) Vollziegel 0,38 m,  $\lambda$  0,81 W/(mK),  $\mu$  5
- (3) Kalkzementputz 0,02 m,  $\lambda$  0,87 W/(mK),  $\mu$  35

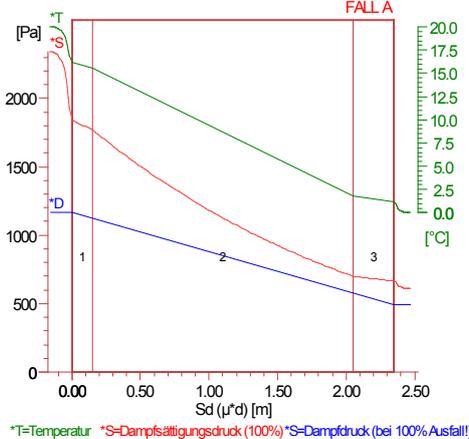
**Ergebnis Glaserverfahren:**

**$W_T = 89 \text{ g/m}^2$ ,  $W_V = 1162 \text{ g/m}^2$**   
 Tauwasserzone direkt Grenzfläche vor dem Außenputz im Mauerwerk  
 Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3

**Variante**  
 0 °C ta, 2 Monate



Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser  
 FALL A



**U = 1,5 W/(m²K)**

**Schichtaufbau:**

- (1) Kalkgipsputz 0,015 m,  $\lambda$  0,7 W/(mK),  $\mu$  10
- (2) Vollziegel 0,38 m,  $\lambda$  0,81 W/(mK),  $\mu$  5
- (3) Kalkzementputz 0,02 m,  $\lambda$  0,87 W/(mK),  $\mu$  35

**Ergebnis Glaserverfahren:**

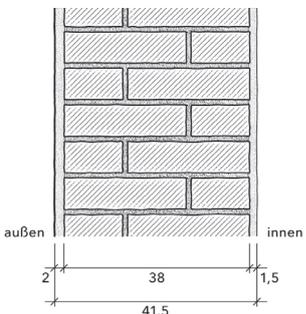
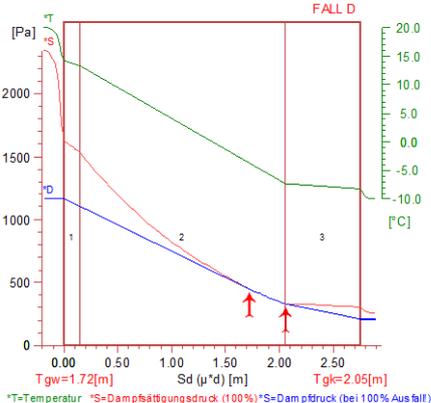
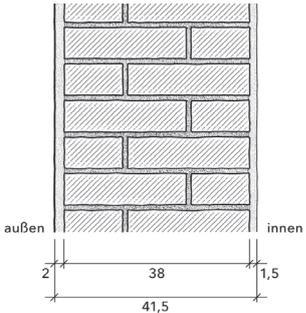
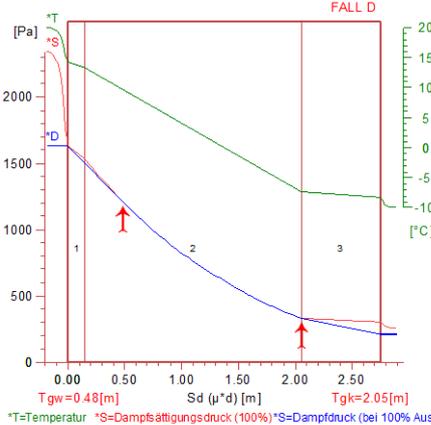
**$W_T = 0 \text{ g/m}^2$ ,  $W_V = 0 \text{ g/m}^2$**   
 Kein Tauwasserausfall  
 Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3

**Parametervariation: Vollziegelwand 38 cm beidseitig verputzt bei -10 °C Außentemperatur und unterschiedlicher Innenluftfeuchte, Tauwasserberechnung nach DIN 4108-3**

Bei diesen Berechnungen für eine 38 cm dicke Vollziegelwand wurde die Außentemperatur bei -10 °C belassen. Stattdessen wurde die Innenluftfeuchte variiert. Steigert sich die Innenluftfeuchte von 50 % r. F. auf 60 % und 80 % r. F., dehnt sich der Taupunkttemperaturbereich im Ziegel deutlich aus. Er erstreckt sich bei 80 % rel. Innenluftfeuchte fast auf den gesamten Querschnitt der Ziegelwand. Der rechnerische Tauwasser ausfall ist jedoch nicht problematisch. Mit 669 g/m<sup>2</sup> und Tauperiode liegt er unter den zulässigen 1000 g/m<sup>2</sup> und mit 888 g pro Verdunstungsperiode kann das berechnete Tauwasser auch rechnerisch wieder verdunsten. Beide Bedingungen der DIN 4108-3 sind also erfüllt. Das Bauteil ist diffusionstechnisch in Ordnung.

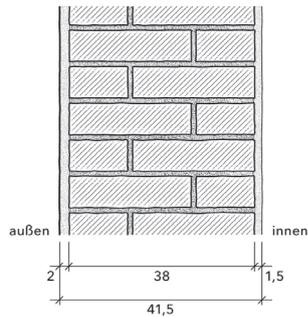
Bei nur 30 % r. F. der Innenluft (starker Heizer und Lüfter) gibt es rechnerisch nur noch 4 g Tauwasser pro m<sup>2</sup> Wand. Hier wird erkennbar, wie sinnvoll Wohnungs-lüftungsanlagen sind, die die Raumluftfeuchte auf 40-50 % dauerhaft begrenzen können.

**Fazit: Der Taupunkt (besser: die Taupunkttemperatur) ist kein fester geometrischer Ort. Der mögliche Bereich des Tauwasserausfalls in einer Konstruktion verlagert sich ständig, da sich Außen- und Innentemperatur, sowie Außen- und Innenluftfeuchte in ständigem Wechsel befinden.**

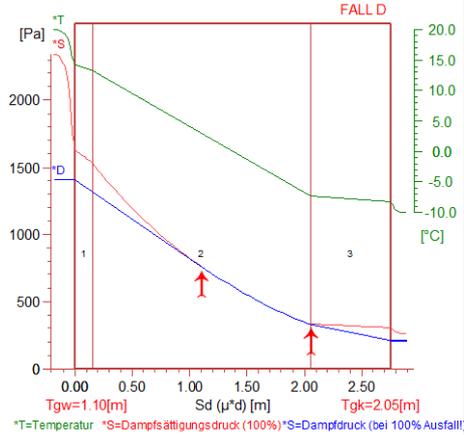
<p><b>Normklima</b> - 10 °C ta, 2 Monate 50 % r.F. innen</p> 	<p>Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser</p>  <p><b>U = 1,5 W/(m<sup>2</sup>K)</b></p> <p><b>Schichtaufbau:</b>          (1) Kalkgipsputz 0,015 m, λ 0,7 W/(mK), μ 10          (2) Vollziegel 0,38 m, λ 0,81 W/(mK), μ 5          (3) Kalkzementputz 0,02 m, λ 0,87 W/(mK), μ 35</p> <p><b>Ergebnis Glaserverfahren:</b>  <b>W<sub>T</sub> = 232 g/m<sup>2</sup>, W<sub>V</sub> = 1022 g/m<sup>2</sup></b>          Tauwasserzone Bereich vor dem Außenputz im Mauerwerk          Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3</p>
<p><b>Variante</b> - 10 °C, 2 Monate 80 % r.F. innen</p> 	<p>Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser</p>  <p><b>U = 1,5 W/(m<sup>2</sup>K)</b></p> <p><b>Schichtaufbau:</b>          (1) Kalkgipsputz 0,015 m, λ 0,7 W/(mK), μ 10          (2) Vollziegel 0,38 m, λ 0,81 W/(mK), μ 5          (3) Kalkzementputz 0,02 m, λ 0,87 W/(mK), μ 35</p> <p><b>Ergebnis Glaserverfahren:</b>  <b>W<sub>T</sub> = 669 g/m<sup>2</sup>, W<sub>V</sub> = 888 g/m<sup>2</sup></b>          Tauwasserzone fast über die gesamte Mauerwerkstiefe bis vor den Außenputz.          Bauteil zulässig nach DIN 4108-3</p>

**Variante**

- 10 °C, 2 Monate  
60 % r.F. innen



Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser



**U = 1,5 W/(m²K)**

**Schichtaufbau:**

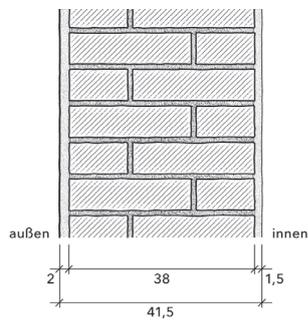
- (1) Kalkgipsputz 0,015 m,  $\lambda$  0,7 W/(mK),  $\mu$  10
- (2) Vollziegel 0,38 m,  $\lambda$  0,81 W/(mK),  $\mu$  5
- (3) Kalkzementputz 0,02 m,  $\lambda$  0,87 W/(mK),  $\mu$  35

**Ergebnis Glaserverfahren:**  
 **$W_T = 390 \text{ g/m}^2$ ,  $W_V = 901 \text{ g/m}^2$**

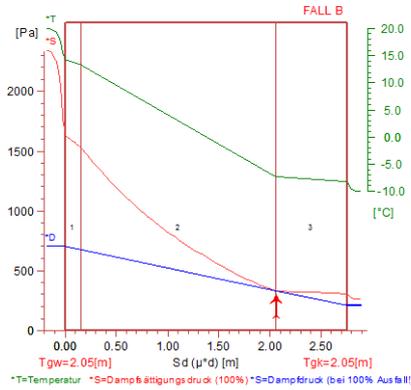
Tauwasserzone ab Mitte  
Wand bis zum Außenputz  
Bauteil ist zulässig nach DIN  
4108-3

**Variante**

- 10 °C, 2 Monate  
30 % r.F. innen



Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser



**U = 1,5 W/(m²K)**

**Schichtaufbau:**

- (1) Kalkgipsputz 0,015 m,  $\lambda$  0,7 W/(mK),  $\mu$  10
- (2) Vollziegel 0,38 m,  $\lambda$  0,81 W/(mK),  $\mu$  5
- (3) Kalkzementputz 0,02 m,  $\lambda$  0,87 W/(mK),  $\mu$  35

**Ergebnis Glaserverfahren:**  
 **$W_T = 4 \text{ g/m}^2$ ,  $W_V = 1162 \text{ g/m}^2$**

Tauwasserzone direkt an der  
Rückseite Außenputz  
Bauteil ist zulässig nach DIN  
4108-3

## Vollziegelwand bei unterschiedlichen Dämmstandard und Dämmarten, Tauwasserberechnung nach DIN 4108

Die Berechnung beginnt wieder mit dem IST-Zustand. Im ungedämmten, historischen Zustand weist die Vollziegelwand einen Tauwasserausfall von  $232 \text{ g/m}^2$  auf, der jedoch unter den zulässigen  $1000 \text{ g/m}^2$  liegt und wieder austrocknen kann.

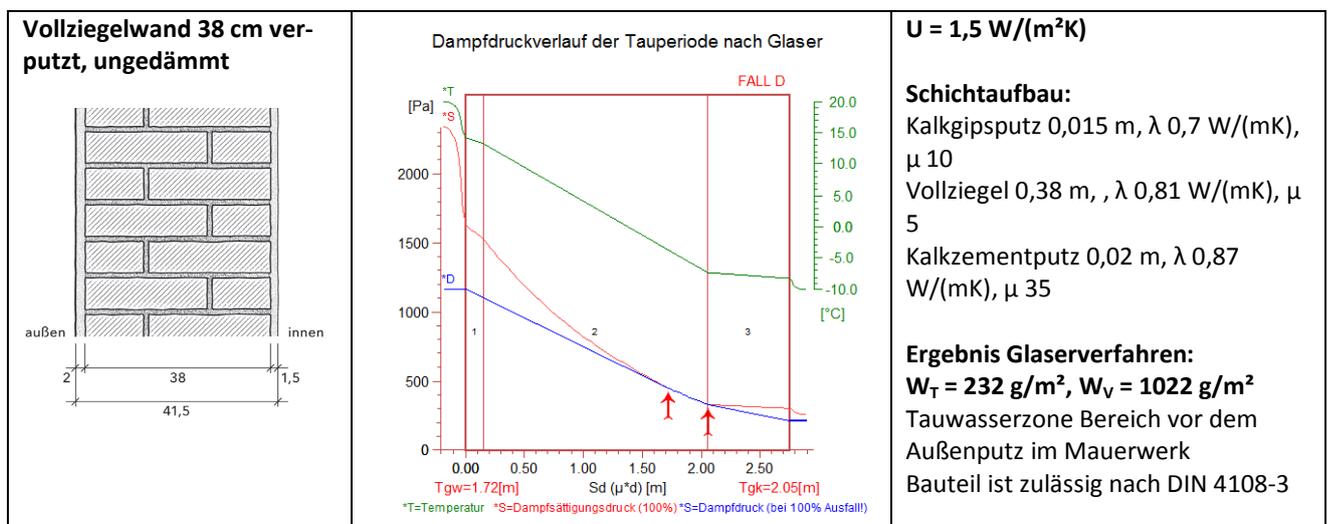
Mit 12 cm Polystyrol-WDVS als Außendämmung geht die rechnerische Tauwassermenge auf  $19 \text{ g/m}^2$  um 92 % zurück. Auch diese Menge kann wieder austrocknen. Dies widerspricht oftmals den Erwartungen, die einen Wasserdampfstau hinter der diffusionsdichteren Polystyrolplatte vermuten. Hier ist zu lernen, dass EPS nicht dampfdichter als Holz ist ( $\mu$  35) und dass diese dampfbremsende Wirkung nicht schädlich sondern nützlich ist. Die Dämmplatte bremst den Wasserdampf 35-mal stärker als Luft und reduziert damit die Tauwassermenge. Dort wo der Temperaturverlauf im Dämmstoff absinkt, sind nur noch wenige Wasserdampfmoleküle im Dämmmaterial vorhanden. Unterstellt man einen diffusionsoffeneren Außenputz (statt  $\mu$  35 nur  $\mu$  10), wäre die Tauwassermenge Null, was aber nicht erforderlich ist, da ja nur gezeigt werden muss, dass die rechnerische Menge unter  $1000 \text{ g/m}^2$  liegt.

Bei 15 cm EPS-WDVS als Außendämmung geht die rechnerische Tauwassermenge auf null zurück, auch mit dampfbremsendem Kalkzementputz als Außenputz. Hier wirkt sich die dampfbremsende Wirkung des Polystyrols in der beschriebenen Weise günstig aus.

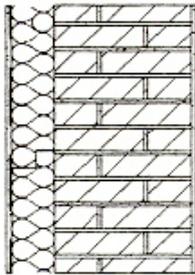
Bei einem WDVS aus 12 cm Mineralfaser liegt ein diffusionsoffener Dämmstoff vor (Glas- oder Steinwolle). Die berechneten Tauwassermengen bleiben gegenüber der ungedämmten Wand etwa gleich, die Verdunstung kann stattfinden. Hier kann eine größere Wassermolekülmenge in den Kaltbereich im Dämmstoff vordringen, da der Dämmstoff nicht dampfbremsend wirkt. Das ist kein Problem, da wir sich die Tauwassermenge der ungedämmten Wand nur um wenige Gramm erhöht und weit unter der Höchstgrenze von  $1000 \text{ g/m}^2$  bleibt.

Mit einem diffusionsoffenen Außenputz ( $\mu$  10), würde die rechnerische Tauwassermenge auf null sinken, da dann der Wasserdampf fast ungebremst an die Außenluft übergehen kann. Aber auch dies ist nicht nötig, da das MF-WDVS unter Normanforderungen in Ordnung ist. Nachzuweisen sind ja nicht Null Gramm, sondern eine Menge unter 1000 Gramm Tauwasser pro  $\text{m}^2$ .

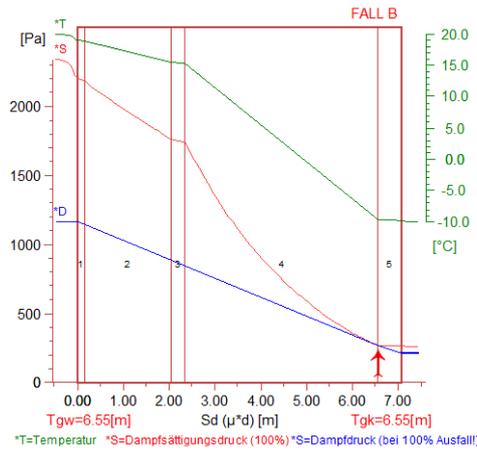
Nur der Freude am Rechnen wegen, wurde berechnet, ab welcher Dämmschichtdicke bei Mineralfaser-Außendämmungen die rechnerische Tauwassermenge gegen Null geht. Es wären 7 m Mineralwolle als WDVS erforderlich. Doch würde man den Anhängern der rechnerischen Null eher einen offenporigen Außenputz nahelegen, das kollidierte weniger mit Grenzabständen und Kosten, wäre aber auch nur Produkt falschen Denkens.



**Gleiche Wand mit 12 cm EPS WDV**



Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser



**U = 0,24 W/(m²K)**

**Schichtaufbau:**

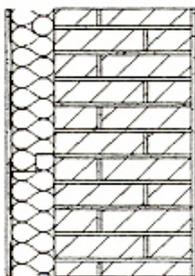
- Kalkgipsputz 0,015 m,  $\lambda$  0,7 W/(mK),  $\mu$  10
- Vollziegel 0,38 m,  $\lambda$  0,81 W/(mK),  $\mu$  5
- Kalkzementputz 0,02 m,  $\lambda$  0,87 W/(mK),  $\mu$  35
- EPS 0,12 m,  $\lambda$  0,035 W/(mK),  $\mu$  35
- KZ-Putz, 0,015 m,  $\lambda$  0,87 W/(mK),  $\mu$  35

**Ergebnis Glaserverfahren:**

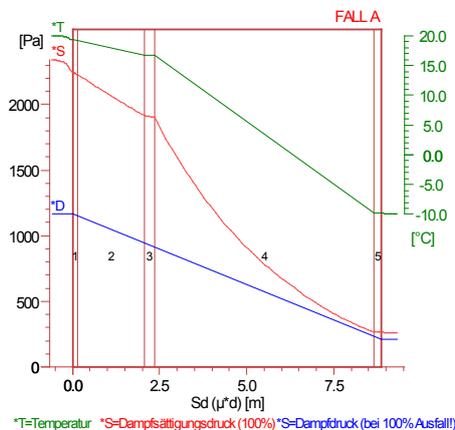
**$W_T = 19 \text{ g/m}^2$ ,  $W_V = 1148 \text{ g/m}^2$**

Tauwasserzone im EPS vor dem neuen Außenputz.  
Nach Kapitel 4.3 keine Berechnung erforderlich.

**Gleiche Wand mit 15 cm EPS WDV**



Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser



**U = 0,21 W/(m²K)**

**Schichtaufbau:**

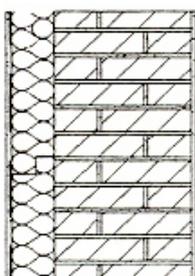
- Kalkgipsputz 0,015 m,  $\lambda$  0,7 W/(mK),  $\mu$  10
- Vollziegel 0,38 m,  $\lambda$  0,81 W/(mK),  $\mu$  5
- Kalkzementputz 0,02 m,  $\lambda$  0,87 W/(mK),  $\mu$  35
- EPS 0,18 m,  $\lambda$  0,035 W/(mK),  $\mu$  35
- KZ-Putz, 0,015 m,  $\lambda$  0,87 W/(mK),  $\mu$  35

**Ergebnis Glaserverfahren:**

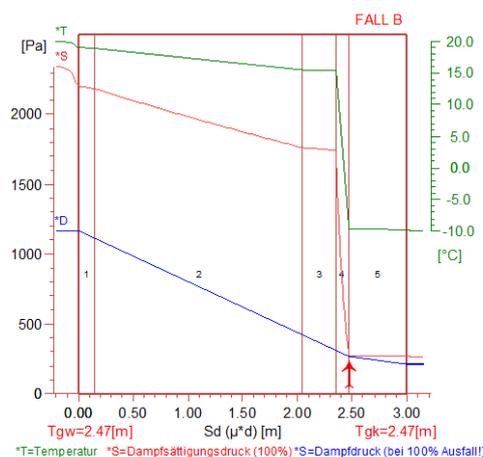
**$W_T = 0 \text{ g/m}^2$ ,  $W_V = 0 \text{ g/m}^2$**

Kein Tauwasserausfall  
Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3.  
Nach Kapitel 4.3 keine Tauwasserberechnung erforderlich.

**Gleiche Wand mit 12 cm Mineralfaser-WDV**



Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser



**U = 0,24 W/(m²K)**

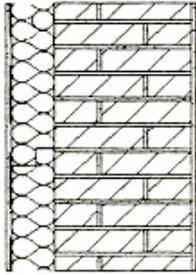
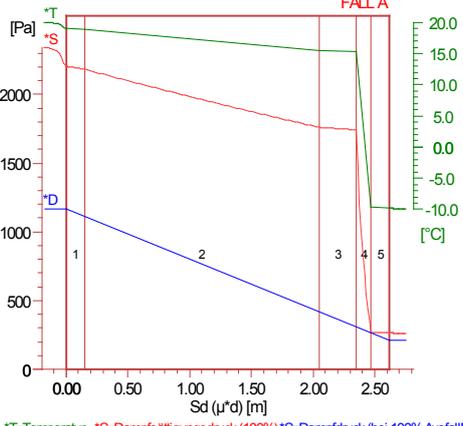
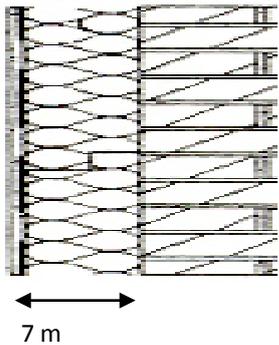
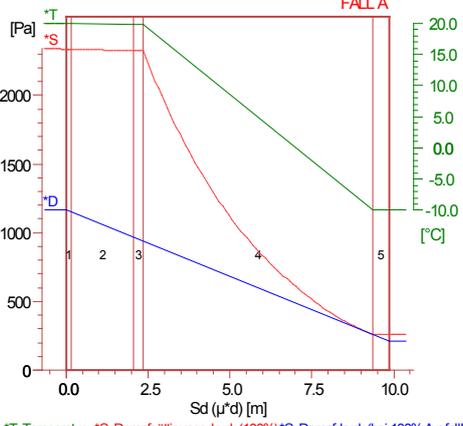
**Schichtaufbau:**

- Kalkgipsputz 0,015 m,  $\lambda$  0,7 W/(mK),  $\mu$  10
- Vollziegel 0,38 m,  $\lambda$  0,81 W/(mK),  $\mu$  5
- Kalkzementputz 0,02 m,  $\lambda$  0,87 W/(mK),  $\mu$  35
- MinFaser 0,12 m,  $\lambda$  0,035 W/(mK),  $\mu$  1
- KZ-Putz, 0,015 m,  $\lambda$  0,87 W/(mK),  $\mu$  35

**Ergebnis Glaserverfahren:**

**$W_T = 237 \text{ g/m}^2$ ,  $W_V = 1401 \text{ g/m}^2$**

Tauwasserausfall in der Mineralfaser vor dem Außenputz  
Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3.

<p><b>Gleiche Wand mit 12 cm MF-WDVS, aber mit off-porigem Außenputz <math>\mu=10</math></b></p> 	<p>Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser</p>  <p>*T=Temperatur *S=Dampf-sättigungsdruck (100%) *D=Dampfdruck (bei 100% Ausfall!)</p>	<p>Nach Kapitel 4.3 keine Tauwasserbe-rechnung erforderlich.</p> <p><b><math>U = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})</math></b></p> <p><b>Schichtaufbau:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Kalkgipsputz 0,015 m, <math>\lambda</math> 0,7 W/(mK), <math>\mu</math> 10</li> <li>(2) Vollziegel 0,38 m, <math>\lambda</math> 0,81 W/(mK), <math>\mu</math> 5</li> <li>(3) Kalkzementputz 0,02 m, <math>\lambda</math> 0,87 W/(mK), <math>\mu</math> 35</li> <li>(4) MinFaser 0,12 m, <math>\lambda</math> 0,035 W/(mK), <math>\mu</math> 1</li> <li>(5) Außen-Putz, 0,015 m, <math>\lambda</math> 0,87 W/(mK), <math>\mu</math> 10</li> </ol> <p><b>Ergebnis Glaserverfahren:</b>  <b><math>W_T = 0 \text{ g}/\text{m}^2</math>, <math>W_V = 0 \text{ g}/\text{m}^2</math></b>  Kein Tauwasserausfall  Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3.  Nach Kapitel 4.3 keine Tauwasserbe-rechnung erforderlich.</p>
<p><b>Ab wann geht die Tauwas-sermenge bei diffusionsof-fener MF auf null?  38 cm VZ-Wand mit 7,0 m (!! ) MF-WDVS,  KZ-Außenputz</b></p>  <p>7 m</p>	<p>Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser</p>  <p>*T=Temperatur *S=Dampf-sättigungsdruck (100%) *D=Dampfdruck (bei 100% Ausfall!)</p>	<p><b><math>U = 0,00001 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})</math></b></p> <p><b>Schichtaufbau:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Kalkgipsputz 0,015 m, <math>\lambda</math> 0,7 W/(mK), <math>\mu</math> 10</li> <li>(2) Vollziegel 0,38 m, <math>\lambda</math> 0,81 W/(mK), <math>\mu</math> 5</li> <li>(3) Kalkzementputz 0,02 m, <math>\lambda</math> 0,87 W/(mK), <math>\mu</math> 35</li> <li>(4) MinFaser <b>7,0 m</b>, <math>\lambda</math> 0,035 W/(mK), <math>\mu</math> 1</li> <li>(5) Außen-Putz, 0,015 m, <math>\lambda</math> 0,87 W/(mK), <math>\mu</math> 35</li> </ol> <p><b>Ergebnis Glaserverfahren:</b>  <b><math>W_T = 0 \text{ g}/\text{m}^2</math>, <math>W_V = 0 \text{ g}/\text{m}^2</math></b>  Kein Tauwasserausfall ab 7 m Mine-ralwolle !!  Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3.  Nach Kapitel 4.3 keine Tauwasserbe-rechnung erforderlich.</p>

## Innendämmung auf Außenwänden, bekannte und neue Materialien

Der Tauwassernachweis für die Innendämmung ist auf drei Arten in der DIN 4108-3 geregelt. Es gibt Systeme, die keinen Tauwassernachweis benötigen (Heraklithplatte auf Fachwerk oder anderen monolithischen Wänden, gemäß Kapitel 4.3), Systeme, für die kein Tauwassernachweis gerechnet werden muss, wenn die Randbedingungen eines in DIN 4108 Kapitel 4.3 festgelegten maximalen R-Wertes raumseitig des alten Innenputzes und eines maximalen  $S_{di}$ -Wertes eingehalten werden (ebenfalls Kapitel 4.3) und zum Dritten kann jedes System durch einen Tauwassernachweis abgesichert werden und muss dann die Anforderungen der DIN 4108 einhalten.

Die Inndämmsysteme sind heute vielfältig, jedoch nicht alle sind nach DIN 4108-3 tauwasserfrei. Der Hinweis darauf soll nicht als „abraten“ missverstanden werden. Es muss nur geklärt sein, wer das haftungsrechtliche Risiko trägt.

Die Innendämmung war bis 1975 die klassische Lösung, wenn für die Außenwand ein besserer Wärmeschutz gesucht wurde. Wenn Wände gedämmt wurden, wurden sie innen gedämmt.

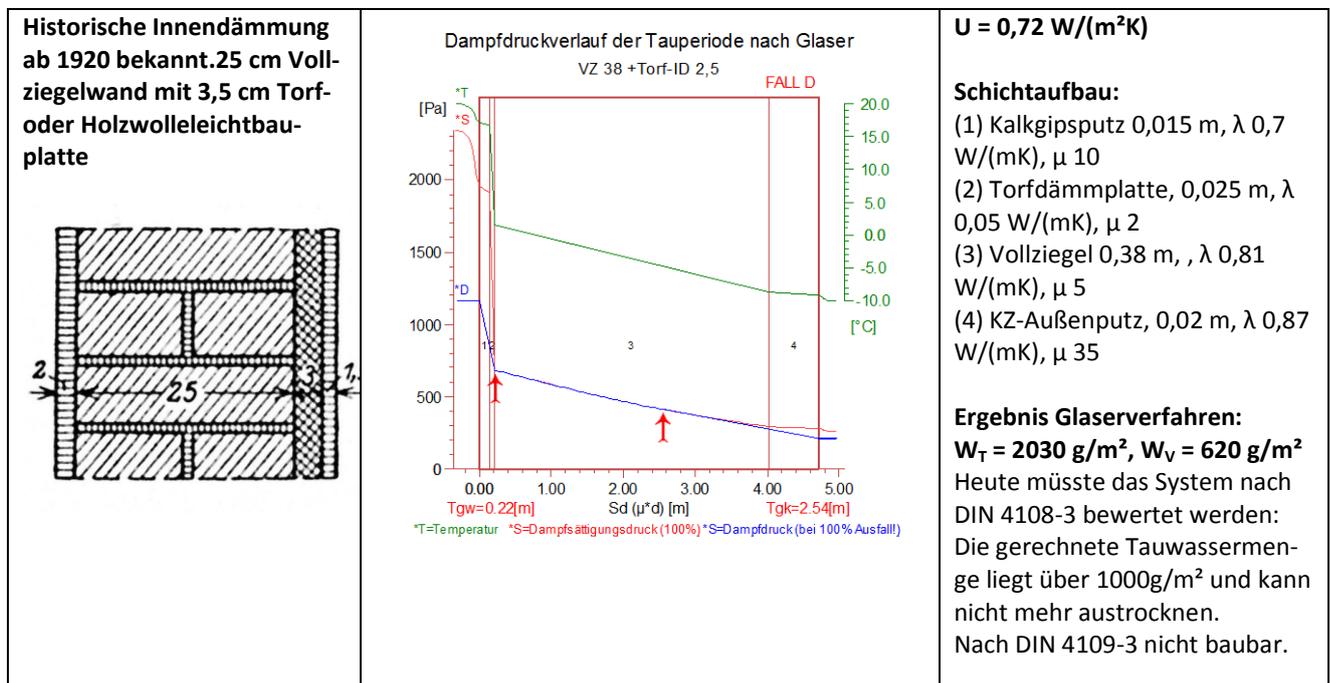
Als Dämmstoffe kamen Backkork, Torf, Gipsbauplatten, Holzwolleleichtbauplatten zum Einsatz. Ab 1950 dominierten die Holzwolleleichtbauplatte, die Glaswolleplatte und die Hartschaumplatte (expandiert). Schichtdicken lagen bei 2-3 cm. Eine diffusionshemmende Schicht wurde nicht angebracht. Diese Funktion lag entweder im Dämmstoff( Hartschaum, Kork)

oder der innere Wandverputz machte die Systeme fugenlos und damit luftdicht. Schäden sind bei den diffusionsoffenen Dämmstoffen nicht bekannt geworden, möglicherweise, weil die Dämmschichtdicken bei nur 2-3 cm lagen.

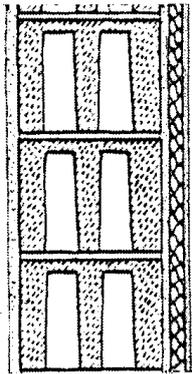
Die Inndämmsysteme können in zeitlicher Hinsicht in 3 Phasen eingeteilt werden:

1. Die historischen Systeme vor Verankerung des „Glaser-Verfahrens“ in die DIN 4108-3 (1850-1981). Sie sind in der Regel diffusionsoffen oder durch Materialeigenschaft ist der Dämmstoff (ungeplant) dampfbremsend.
2. Die Systeme nach 1981 oder in der unmittelbaren Vorzeit. Sie halten sich an die Tauwasserberechnung und haben entweder eine separate diffusionshemmende Schicht oder sind im Material diffusionshemmend oder sind von einer Tauwasserberechnung nach DIN 4108-3 freigestellt (Holzwolleleichtbauplatten).
3. Die Systeme ab 2005: Zu den Systemen unter 2 treten nun bewusst diffusionsoffene und kapillar leitende Dämmsysteme, meist verputzbar.

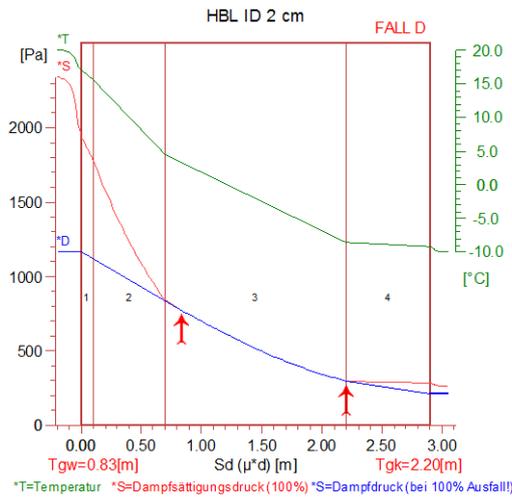
Bei der Betrachtung der folgenden Varianten bitte beachten. Die ungedämmte Ausgangswand hat einen rechnerischen Tauwasserausfall von 232 gm<sup>2</sup> und Tauperiode (2 Monate), die wieder austrocknet. Hieran sind die Varianten zu messen.



Ab 1965 gebaut: Hohlblocksteinwand 30 cm, Innendämmung, 2 cm Polystyrol



Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser



$U = 0,75 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

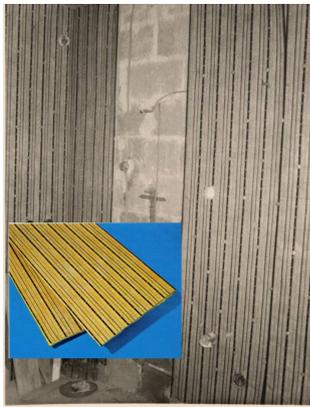
**Schichtaufbau:**

- (1) Gipskarton 0,0125 m,  $\lambda$  0,21 W/(mK),  $\mu$  8
- (2) EPS-Dämmplatte, 0,02 m,  $\lambda$  0,04 W/(mK),  $\mu$  30
- (3) Hohlblockstein 0,30 m,  $\lambda$  0,52 W/(mK),  $\mu$  5
- (4) KZ-Außenputz, 0,02 m,  $\lambda$  0,87 W/(mK),  $\mu$  35

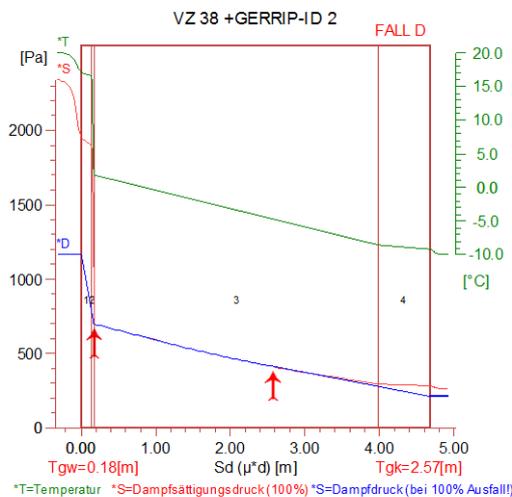
**Ergebnis Glaserverfahren:**

$W_T = 336 \text{ g}/\text{m}^2$ ,  $W_V = 838 \text{ g}/\text{m}^2$   
 Tauwassermenge 10 % kleiner als im ungedämmten Zustand.  
 Bauteil ist auch heute zulässig nach DIN 4108-3

Klassiker der sechziger Jahre: 3 cm Glaswolle auf Streckmetall, verputzt



Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser



$U = 0,74 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

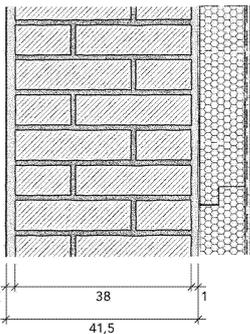
**Schichtaufbau:**

- (1) Kalkgipsputz 0,015 m,  $\lambda$  0,7 W/(mK),  $\mu$  10
- (2) Mineralwolle, 0,03 m,  $\lambda$  0,045 W/(mK),  $\mu$  1
- (3) Vollziegel 0,38 m,  $\lambda$  0,81 W/(mK),  $\mu$  5
- (4) KZ-Außenputz, 0,02 m,  $\lambda$  0,87 W/(mK),  $\mu$  35

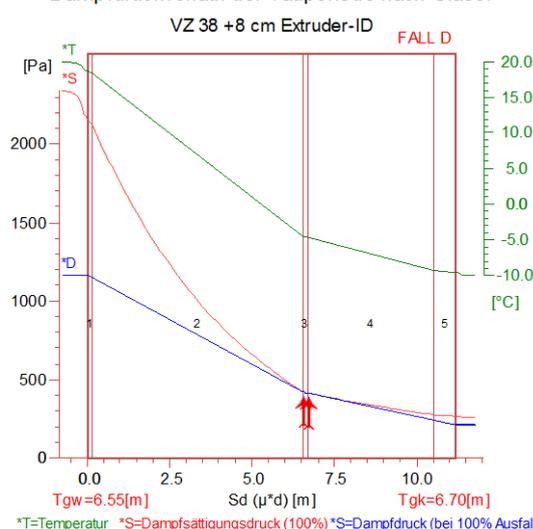
**Ergebnis Glaserverfahren:**

$W_T = 2424 \text{ g}/\text{m}^2$ ,  $W_V = 625 \text{ g}/\text{m}^2$   
 Zulässige rechnerische Tauwassermenge von 1 kg/m<sup>2</sup> ist überschritten. Tauwasser trocknet nicht wieder aus. Produkte waren bis 1970 am Markt. Schäden sind nicht bekannt. Heute nach DIN 4108-3 nicht mehr baubar.

Innendämmung 38 cm Vollziegelwand mit 8 cm extrudiertem Polystyrol, verputzt



Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser



$U = 0,34 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

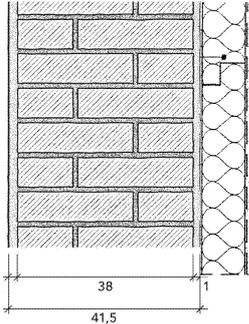
**Schichtaufbau:**

- (1) Kalkgipsputz 0,015 m,  $\lambda$  0,7 W/(mK),  $\mu$  10
- (2) PS extrudiert, 0,08 m,  $\lambda$  0,035 W/(mK),  $\mu$  80/300
- (3) Kalkgipsputz 0,015m,  $\lambda$  0,7 W/(mK),  $\mu$  10
- (4) Vollziegel 0,38 m,  $\lambda$  0,81 W/(mK),  $\mu$  5
- (5) KZ-Außenputz, 0,02 m,  $\lambda$  0,87 W/(mK),  $\mu$  35

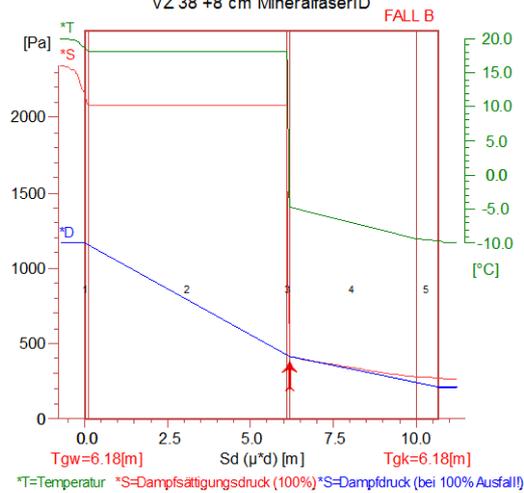
**Ergebnis Glaserverfahren:**

$W_T = 66 \text{ g}/\text{m}^2$ ,  $W_V = 224 \text{ g}/\text{m}^2$   
 Rechnerische Tauwassermenge gegenüber ungedämmter Wand deutlich reduziert. Menge liegt unter 1000 g / m<sup>2</sup> und trocknet wieder aus. Bauteil ist zulässig nach DIN 4108.

**Innendämmung: 38 cm Vollziegelwand mit 8 cm Mineralwolle und diffusionshemmender Schicht**



Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser  
VZ 38 + 8 cm MineralfaserID



**U = 0,34 W/(m<sup>2</sup>K)**

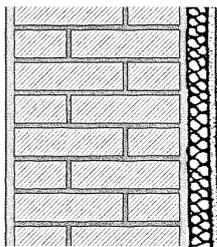
**Schichtaufbau:**

- (1) Gipskartonplatte 0,0125 m,  $\lambda$  0,7 W/(mK),  $\mu$  8
- (2) feuchteadaptive Dampfbremse 0,0001 m,  $\lambda$  0,7 W/(mK),  $\mu$  60000
- (2) Mineralwolle, 0,08 m,  $\lambda$  0,035 W/(mK),  $\mu$  1
- (3) Kalkgipsputz 0,015m,  $\lambda$  0,7 W/(mK),  $\mu$  10
- (4) Vollziegel 0,38 m,  $\lambda$  0,81 W/(mK),  $\mu$  5
- (5) KZ-Außenputz, 0,02 m,  $\lambda$  0,87 W/(mK),  $\mu$  35

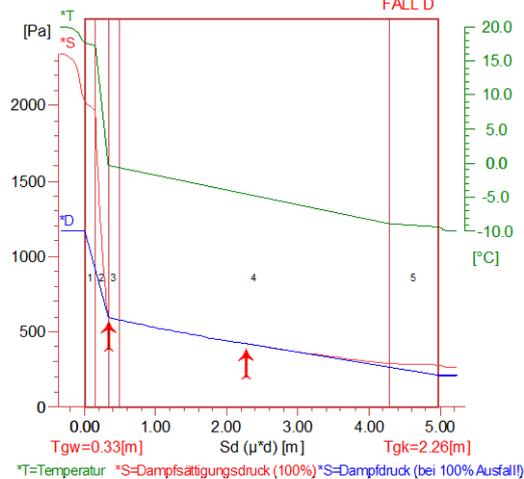
**Ergebnis Glaserverfahren:**

**$W_T = 74 \text{ g/m}^2$ ,  $W_V = 233 \text{ g/m}^2$**   
Rechnerische Tauwassermenge gegenüber ungedämmter Wand deutlich reduziert. Menge liegt unter  $1000 \text{ g/m}^2$  und trocknet wieder aus. Bauteil ist zulässig nach DIN 4108.

**Innendämmung: 38 cm Vollziegelwand mit 6 cm diffusionsoffenem Dämmstoff**



Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser  
38 VZ ID 6 cm calsiatherm



**U = 0,59 W/(m<sup>2</sup>K); EnEV 2009 nicht erfüllt**

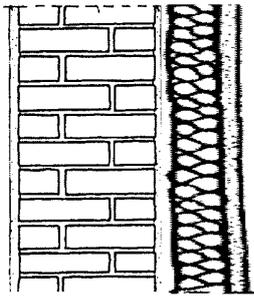
**Schichtaufbau:**

- (1) Kalkgipsputz 0,015 m,  $\lambda$  0,7 W/(mK),  $\mu$  10
- (2) Calsiatherm, 6 cm,  $\lambda$  0,06 W/(mK),  $\mu$  3/6
- (3) Kalkgipsputz 0,015m,  $\lambda$  0,7 W/(mK),  $\mu$  10
- (4) Vollziegel 0,38 m,  $\lambda$  0,81 W/(mK),  $\mu$  5
- (5) KZ-Außenputz, 0,02 m,  $\lambda$  0,87 W/(mK),  $\mu$  35

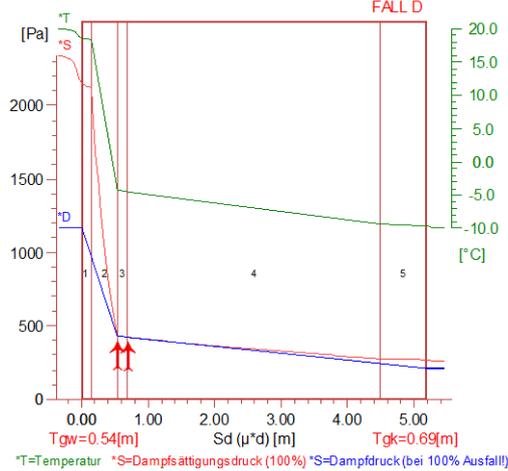
**Ergebnis Glaserverfahren:**

**$W_T = 1588 \text{ g/m}^2$ ,  $W_V = 632 \text{ g/m}^2$**   
Zulässige rechnerische Tauwassermenge von  $1 \text{ kg/m}^2$  ist überschritten. Tauwasserebene hinter Dämmplatte bis Wandmitte. Produkte sind am Markt, Haftungsrisko ungeklärt.

**Innendämmung: 38 cm Vollziegelwand mit 13 cm diffusionsoffenem Dämmstoff (EnEV)**



Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser  
VZ 38 +14 cm CalsiID



**U = 0,35 W/(m²K)**

**Schichtaufbau:**

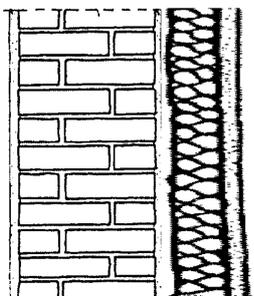
- (1) Kalkgipsputz 0,015 m, λ 0,7 W/(mK), μ 10
- (2) Calsitherm, 0,13 m, λ 0,06 W/(mK), μ 3/6
- (3) Kalkgipsputz 0,015m, λ 0,7 W/(mK), μ 10
- (4) Vollziegel 0,38 m, λ 0,81 W/(mK), μ 5
- (5) KZ-Außenputz, 0,02 m, λ 0,87 W/(mK), μ 35

**Ergebnis Glaserverfahren:**

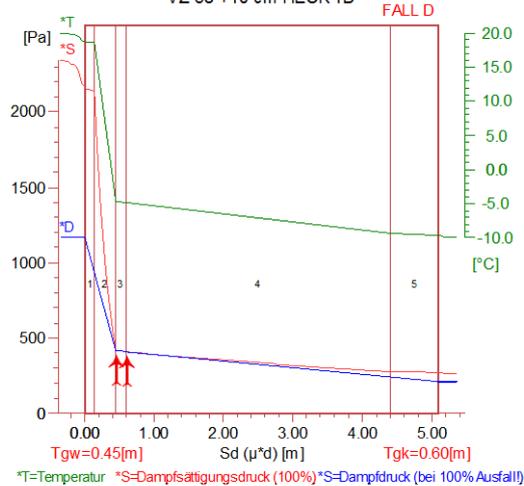
**$W_T = 1269 \text{ g/m}^2$ ,  $W_V = 1119 \text{ g/m}^2$**

Zulässige rechnerische Tauwassermenge von 1 kg/m² ist überschritten. Produkte sind am Markt.

**Innendämmung 38 cm Vollziegelwand mit 10 cm diffusionsoffener Dämmplatte 0,042 W/(mK)**



Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser  
VZ 38 +10 cm HECK-ID



**U = 0,33 W/(m²K)**

**Schichtaufbau:**

- (1) Kalkgipsputz 0,015 m, λ 0,7 W/(mK), μ 10
- (2) HECK-Inndämmplatte, 0,10 m, λ 0,042 W/(mK), μ 3/7
- (3) Kalkgipsputz 0,015m, λ 0,7 W/(mK), μ 10
- (4) Vollziegel 0,38 m, λ 0,81 W/(mK), μ 5
- (5) KZ-Außenputz, 0,02 m, λ 0,87 W/(mK), μ 35

**Ergebnis Glaserverfahren:**

**$W_T = 1566 \text{ g/m}^2$ ,  $W_V = 1288 \text{ g/m}^2$**

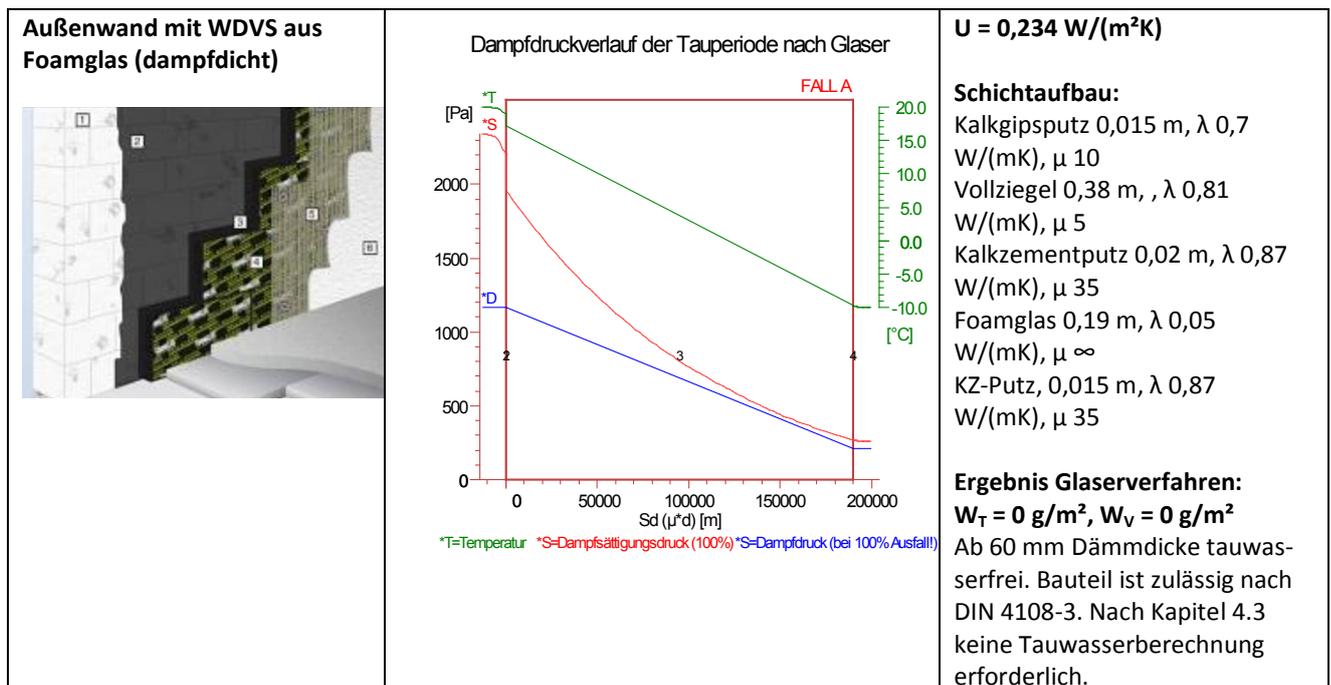
Zulässige rechnerische Tauwassermenge von 1 kg/m² ist überschritten. Tauwasser trocknet nicht wieder aus. Produkte sind am Markt.

## Dampfdichte Außendämmung als WDVS: Außen dampfdicht – funktioniert denn das?

Abschließend ein scheinbares Mysterium für alle, die daran glauben, der Wasserdampf aus dem Rauminern müsse nach außen durch die Wand „geatmet“ werden: Schaumglas ist ein Dämmmaterial, das absolut dampfdicht ist. Wie verhält sich ein absolut dampfdichtes WDVS von 19 cm dicke auf einer 38 cm dicken Vollziegelwand? 19 cm dicke sind erforderlich, um mit diesem Dämmstoff bei  $\lambda$  0,05 W/(mK) die Sanierungsanforderung der EnEV 2009 einzuhalten (0,24 W/(m<sup>2</sup>K)).

**Das Ergebnis ist verblüffend und zeigt, wie uns das Bild vom Wasserdampfdruck als Antriebsmotor der Diffusion in die Irre führt: Bereits ab 6 cm Schaumglas-Außendämmung ist die Tauwassermenge Null!!!**

Lerneffekt: Bleiben die Wasser(dampf)Moleküle warm, hier hinter dem WDVS in der alten Wandkonstruktion, in die sie nach wie vor durch die Poren eindringen können, dann wird ihre Bewegungsenergie nicht geringer, d.h. die Bewegungsenergie ist stärker als die Anziehungswirkung der Plus- und Minuspole (Dipole) der Wassermoleküle. Es dringen so viele Moleküle durch die Baustoffporen zur Kaltseite vor, wie in das Porenvolumen hineinpassen. Der Rest bleibt schadlos im Raum und trägt dort zur Raumluftfeuchte bei. Denn die Freisetzung von Wasserdampf im Innern durch menschliche Tätigkeit liegt pro Tag bei 5.000 -10.000 Gramm, während die Diffusionsmengen durch Bauteile, z.B. bei einer 38 cm dicken Vollziegelwand pro Tag und m<sup>2</sup> nur 7 Gramm beträgt und letzteres auch nur, wenn man Fliesen und Anstriche unberücksichtigt läßt.



## **Hohlblockstein-Außenwände um 1970, mit Innendämmung; Kombination mit Außendämmung, Tauwasserberechnung nach DIN 4108-3**

Ab 1969 wurden Außenwände durchaus schon besser gedämmt, als es die DIN 4108 mit ihrem Mindestwärmeschutz vorschrieb. Ein Klassiker war die Bims-Hohlblocksteinwand (2-Kammer-Stein) mit einer Innendämmung von 2-4 cm Hartschaum (Poresta, Styropor) mit Rigipsbekleidung.

Die ungedämmte Ausgangswand hat einen rechnerischen Tauwasserausfall von  $364 \text{ g/m}^2$  (bei zwei Monaten  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$  Außentemperatur am Stück), die wieder austrocknen können. Sie ist also nach DIN 4108-3 in Ordnung.

Mit einer 2 cm dicken Hartschaum-Innendämmung geht dieser rechnerische Tauwasserausfall um rund 10 % auf  $336 \text{ g/m}^2$  zurück. Die Innendämmung hat die Situation also verbessert, da der Hartschaum mit einem Wasserdampfdiffusionswiderstandsfaktor von 30 eine dampfbremsende Wirkung hat. Der Taupunkttemperaturbereich erstreckt sich mit Innendämmung fast auf den gesamten Hohlblockstein, da über die gesamte Steinbreite durch die Innendämmung die Temperatur abgesenkt ist. Die Situation wird ja bei  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$  Außentemperatur gerechnet. Die Tauwassermenge liegt jedoch in beiden Fällen (gedämmt/ungedämmt) weit unter den zulässigen  $1000 \text{ g/m}^2$  und die Austrocknung ist ebenfalls gewährleistet. Die Innendämmung hat eine feuchtetechnische Verbesserung gebracht.

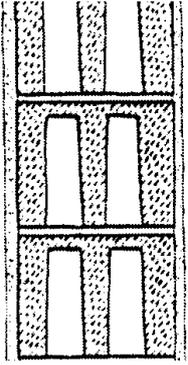
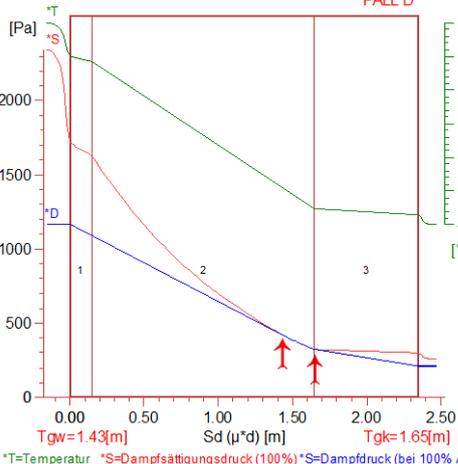
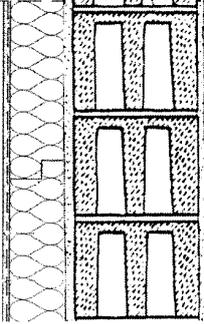
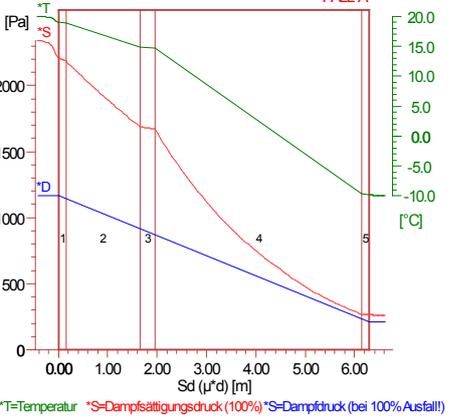
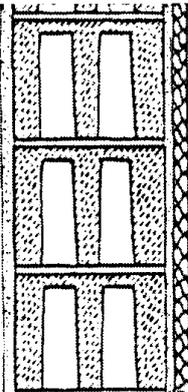
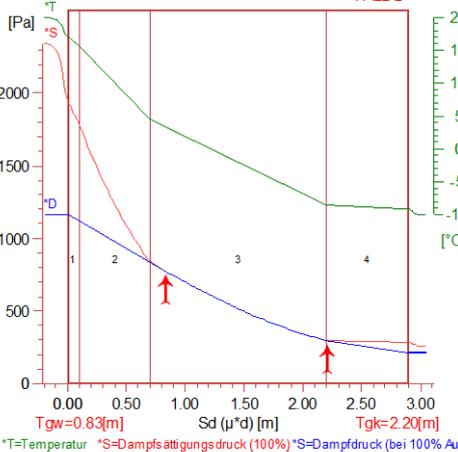
Wird der Wärmeschutz der alten Innendämmung nun durch eine Außendämmung verbessert, muss die Innendämmung nicht entfernt werden. Die äußere Dämmung, hier von 12 cm Dicke, schützt den gesamten dahinter liegenden Wand/Innendämmbereich indem sie die Querschnittstemperatur bis zum Innenputz erhöht. In der Folge bleiben die nach außen wandernden Wassermoleküle warm, behalten ihre kinetische Energie und kondensieren nur noch zu einem geringen Teil in der neu aufgebrachten Außenwanddämmplatte. Der Tauwasserausfall ist nun gegenüber dem Ausgangszustand um 90 % reduziert. Die schon im Ausgangszustand feuchtetechnisch sichere Situation ist noch sicherer geworden. Eine veränderte Lage des „Taupunktes“ (besser: Taupunkttemperatur) hat

keine sachliche Bedeutung, entscheidend ist, ob die zulässige Tauwassermenge von  $1000 \text{ g/m}^2$  (bei rechnerisch 1440 Stunden  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$  Außentemperatur nachzuweisen) überschritten wird. Das ist nicht der Fall.

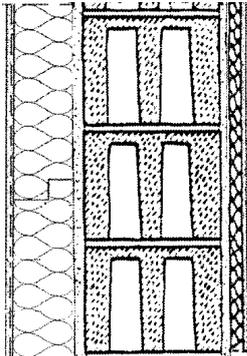
Will man die innere Wärmedämmung durch eine zusätzliche Innendämmschicht verbessern, dann bieten sich z.B. 4 cm Polystyrol mit Gipskartonplatte an. Auch hier sinkt der vorhandene Tauwasserausfall ab und zwar auf  $249 \text{ g/m}^2$ , die wieder austrocknen können. Die Lösung kann gebaut werden. Allerdings sollte auf evtl. vorhandene starke Wärmebrücken geachtet werden (z.B. durchlaufende Betonbalkonplatte). Hier kann sich am raumseitigen Abschluss der Innendämmung Schimmel bilden. Das kommt jedoch auch auf die Feuchtebelastung im Raum an. Entschärft werden solche Situationen durch einen Hartschaumdämmkeil unter der Betondecke oder auf dem jeweiligen Betonbauteil, der 30 cm in den Raum hinein auf Deckenuntersichten und Innenwände geklebt werden kann, wenn erforderlich.

Die gemachten Aussagen treffen auch für den 3-Kammer-Hohlblockstein zu. Dargestellt ist ein Fall mit 4 cm Hartschaum-Innendämmung mit Rigipsbekleidung. Auch hier tritt gegenüber der ungedämmten Wand weniger Tauwasser auf. Eine Zusatzdämmung innen oder eine Zusatzdämmung außen können vorgenommen werden. In beiden Fällen wird durch die dampfbremsende Wirkung des Hartschaums die rechnerische Tauwassermenge in der Wand reduziert. Auf Wärmebrücken muss auch hier gesondert geachtet werden, wegen der Gefahr von Oberflächenkondensat. Natürlich kann für die Außendämmung auch ein anderer Dämmstoff gewählt werden, die feuchtetechnische Situation im Wandquerschnitt verbessert sich auch bei diffusionsoffeneren oder dampfdichteren Dämmstoffen.

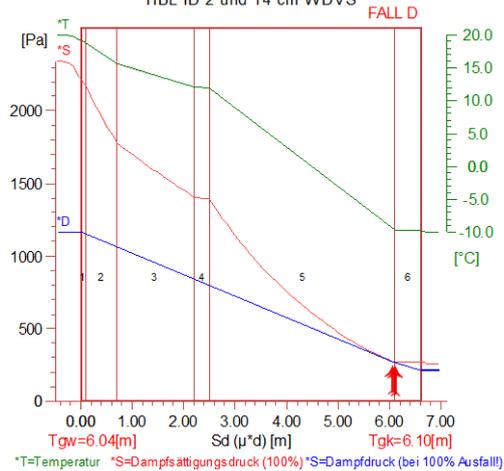
**Durch eine Außendämmung mit 12 cm WDVS aus Polystyrol wird die rechnerische Tauwassermenge der ungedämmten Hohlblocksteinwand auf null zurückgeführt.**

<p><b>Hohlblocksteinwand 30 cm, beidseitig verputzt</b></p> 	<p>Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser HBL FALL D</p>  <p>*T=Temperatur *S=Dampf-sättigungsdruck (100%) *D=Dampfdruck (bei 100% Ausfall!)</p>	<p><math>U = 1,39 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})</math></p> <p><b>Schichtaufbau:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Kalkgipsputz 0,015 m, <math>\lambda</math> 0,7 W/(mK), <math>\mu</math> 10</li> <li>(2) Hohlblockstein 0,30 m, <math>\lambda</math> 0,52 W/(mK), <math>\mu</math> 5</li> <li>(3) KZ-Außenputz 0,02 m, <math>\lambda</math> 0,87 W/(mK), <math>\mu</math> 35</li> </ol> <p><b>Ergebnis Glaserverfahren:</b>  <math>W_T = 364 \text{ g}/\text{m}^2</math>, <math>W_V = 1142 \text{ g}/\text{m}^2</math>  Tauwasserzone Bereich von 5-10 cm Tiefe vor dem Außenputz im Mauerwerk  Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3</p>
<p><b>Hohlblocksteinwand 30 cm, 12 cm Außendämmung WDVS</b></p> 	<p>Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser HBL 12 EPS-WDVS FALL A</p>  <p>*T=Temperatur *S=Dampf-sättigungsdruck (100%) *D=Dampfdruck (bei 100% Ausfall!)</p>	<p><math>U = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})</math></p> <p><b>Schichtaufbau:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Kalkgipsputz 0,015 m, <math>\lambda</math> 0,7 W/(mK), <math>\mu</math> 10</li> <li>(2) Hohlblockstein 0,30 m, <math>\lambda</math> 0,52 W/(mK), <math>\mu</math> 5</li> <li>(3) KZ-Außenputz 0,02 m, <math>\lambda</math> 0,87 W/(mK), <math>\mu</math> 35</li> <li>(4) EPS-Dämmplatte 0,12 m, <math>\lambda</math> 0,035 W/(mK), <math>\mu</math> 35</li> <li>(5) KZ-Putz 0,01 m, <math>\lambda</math> 0,87 W/(mK), <math>\mu</math> 35</li> </ol> <p><b>Ergebnis Glaserverfahren:</b>  <math>W_T = 0 \text{ g}/\text{m}^2</math>, <math>W_V = 0 \text{ g}/\m^2</math>  Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3</p>
<p><b>Hohlblocksteinwand 30 cm, Innendämmung, 2 cm Polystyrol</b></p> 	<p>Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser HBL ID 2 cm FALL D</p>  <p>*T=Temperatur *S=Dampf-sättigungsdruck (100%) *D=Dampfdruck (bei 100% Ausfall!)</p>	<p><math>U = 0,75 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})</math></p> <p><b>Schichtaufbau:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Gipskarton 0,0125 m, <math>\lambda</math> 0,21 W/(mK), <math>\mu</math> 8</li> <li>(2) EPS-Dämmplatte 0,02 m, <math>\lambda</math> 0,04 W/(mK), <math>\mu</math> 30</li> <li>(3) Hohlblockstein 0,30 m, <math>\lambda</math> 0,52 W/(mK), <math>\mu</math> 5</li> <li>(4) KZ-Außenputz 0,02 m, <math>\lambda</math> 0,87 W/(mK), <math>\mu</math> 35</li> </ol> <p><b>Ergebnis Glaserverfahren:</b>  <math>W_T = 336 \text{ g}/\text{m}^2</math>, <math>W_V = 838 \text{ g}/\text{m}^2</math>  Tauwasserzone fast über die gesamte Steinbreite, aber 10 % kleinere Menge als im ungedämmten Zustand.  Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3</p>

Hohlblocksteinwand 30 cm  
2 cm Innendämmung + 12 cm  
Außenwanddämmung aus  
Polystyrol



Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser  
HBL ID 2 und 14 cm WDVS



$U = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

**Schichtaufbau:**

- (1) Gipskarton 0,0125 m,  $\lambda$  0,21 W/(mK),  $\mu$  8
- (2) EPS-Dämmplatte, 0,02 m,  $\lambda$  0,04 W/(mK),  $\mu$  30
- (3) Hohlblockstein 0,30 m,  $\lambda$  0,52 W/(mK),  $\mu$  5
- (4) KZ-Außenputz, 0,02 m,  $\lambda$  0,87 W/(mK),  $\mu$  35
- (5) EPS-Dämmplatte, 0,12 m,  $\lambda$  0,035 W/(mK),  $\mu$  35
- (6) KZ-Putz, 0,01 m,  $\lambda$  0,87 W/(mK),  $\mu$  35

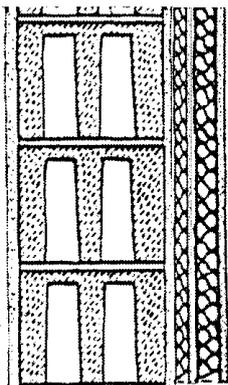
**Ergebnis Glaserverfahren:**

$W_T = 31 \text{ g}/\text{m}^2$ ,  $W_V = 1.192 \text{ g}/\text{m}^2$

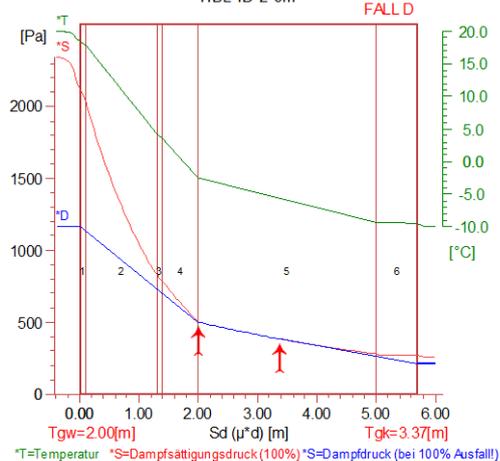
Geringe Tauwasserzone direkt vor dem neuen Außenputz im Polystyrol des WDVS. 90 % kleinere Menge als im ungedämmten Zustand

Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3

Hohlblocksteinwand 30 cm  
2 cm Innendämmung + 4 cm  
Zusatz-Innendämmung aus EPS



Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser  
HBL ID 2 cm



$U = 0,395 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

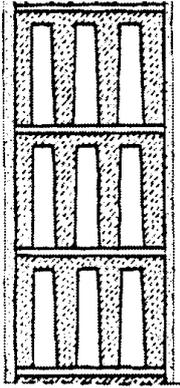
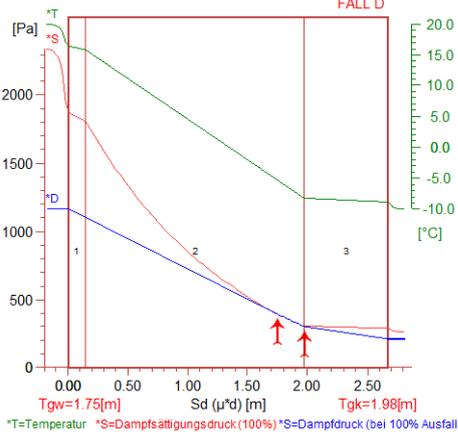
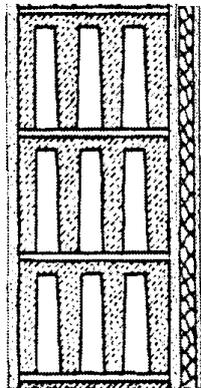
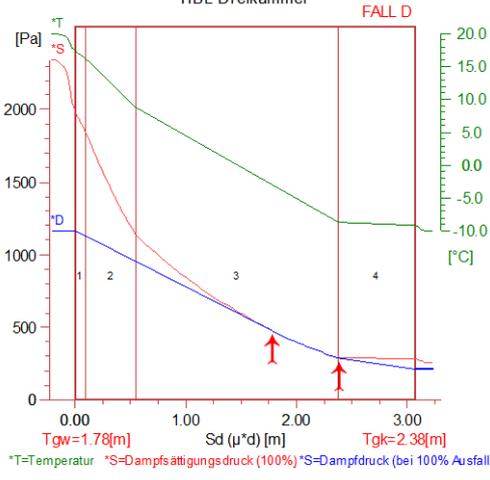
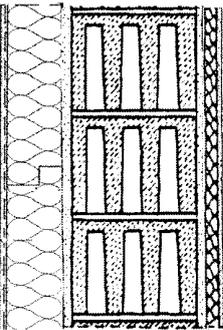
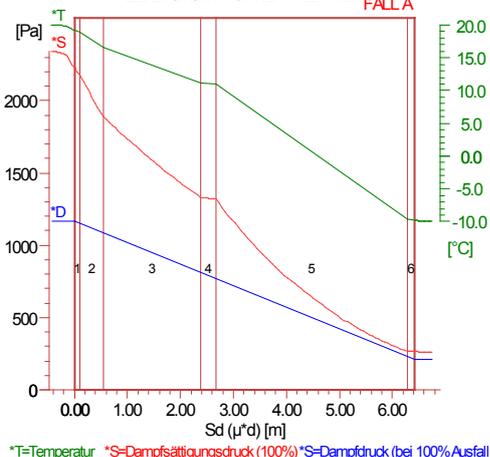
- (1) Gipskarton 0,0125 m,  $\lambda$  0,21 W/(mK),  $\mu$  8
- (2) EPS-Dämmplatte, 0,04 m,  $\lambda$  0,04 W/(mK),  $\mu$  30
- (3) Gipskarton 0,0125m,  $\lambda$  0,21 W/(mK),  $\mu$  8
- (4) EPS-Dämmplatte, 0,02 m,  $\lambda$  0,04 W/(mK),  $\mu$  30
- (5) Hohlblockstein 0,30 m,  $\lambda$  0,52 W/(mK),  $\mu$  5
- (6) KZ-Außenputz, 0,02 m,  $\lambda$  0,87 W/(mK),  $\mu$  35

**Ergebnis Glaserverfahren:**

$W_T = 249 \text{ g}/\text{m}^2$ ,  $W_V = 427 \text{ g}/\text{m}^2$

Tauwasserzone von der Innenseite her im HBL bis Wandmitte.

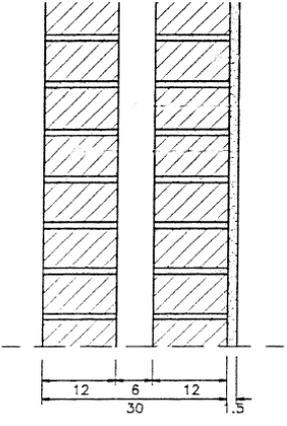
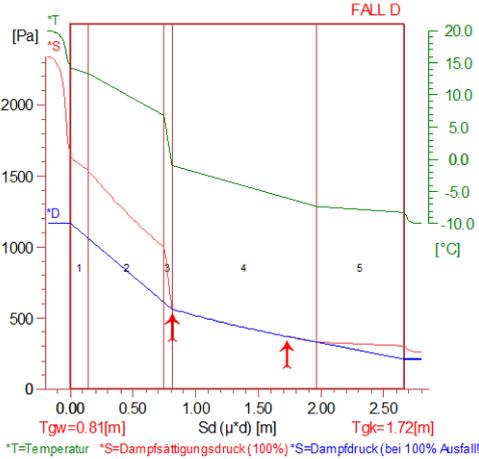
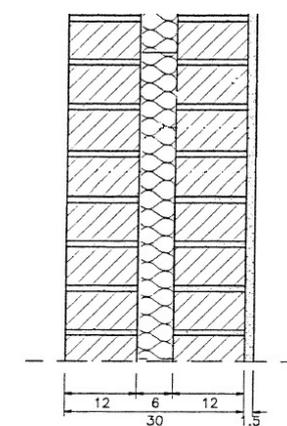
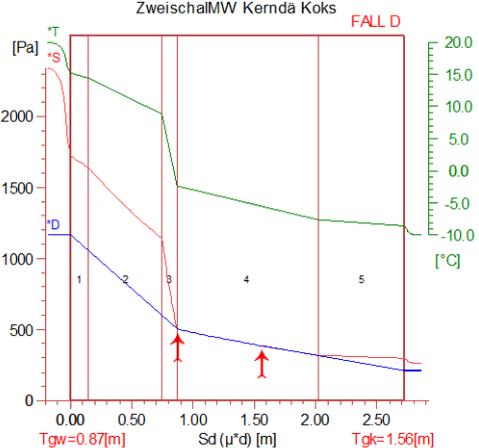
Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3

<p><b>Hohlblocksteinwand 36,5 cm Dreikammerstein</b></p> 	<p>Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser</p>  <p>Tgw=1.75[m] Tgk=1.98[m]</p> <p>*T=Temperatur *S=Dampfsättigungsdruck (100%) *S=Dampfdruck (bei 100% Ausfall)</p>	<p><math>U = 0,91 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})</math></p> <p><b>Schichtaufbau:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Kalkgipsputz 0,015 m, <math>\lambda</math> 0,7 W/(mK), <math>\mu</math> 10</li> <li>(2) Hohlblockstein 0,365 m, <math>\lambda</math> 0,52 W/(mK), <math>\mu</math> 5</li> <li>(3) KZ-Außenputz 0,02 m, <math>\lambda</math> 0,87 W/(mK), <math>\mu</math> 35</li> </ol> <p><b>Ergebnis Glaserverfahren:</b>  <math>W_T = 297 \text{ g}/\text{m}^2</math>, <math>W_V = 1.072 \text{ g}/\text{m}^2</math>      Geringe Tauwasserzone direkt vor dem alten Außenputz im Mauerwerk.</p> <p>Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3</p>
<p><b>Hohlblocksteinwand 36,5 cm, Dreikammerstein mit 4 cm Innendämmung, Rigips</b></p> 	<p>Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser</p> <p>HBL Dreikammer</p>  <p>Tgw=1.78[m] Tgk=2.38[m]</p> <p>*T=Temperatur *S=Dampfsättigungsdruck (100%) *S=Dampfdruck (bei 100% Ausfall)</p>	<p><math>U = 0,66 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})</math></p> <p><b>Schichtaufbau:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Gipskarton 0,0125 m, <math>\lambda</math> 0,21 W/(mK), <math>\mu</math> 8</li> <li>(2) EPS-Dämmplatte 0,04 m, <math>\lambda</math> 0,04 W/(mK), <math>\mu</math> 30</li> <li>(3) Hohlblockstein 0,365 m, <math>\lambda</math> 0,41 W/(mK), <math>\mu</math> 5/10</li> <li>(4) KZ-Außenputz 0,02 m, <math>\lambda</math> 0,87 W/(mK), <math>\mu</math> 35</li> </ol> <p><b>Ergebnis Glaserverfahren:</b>  <math>W_T = 261 \text{ g}/\text{m}^2</math>, <math>W_V = 899 \text{ g}/\text{m}^2</math>      Tauwasserzone 10 cm tiefe im Mauerwerk vor dem Außenputz.</p> <p>Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3</p>
<p><b>Hohlblocksteinwand 36,5 cm, Dreikammerstein mit 4 cm Innendämmung, Rigips und 12 cm EPS-WDVS</b></p> 	<p>Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser</p> <p>HBL Dreikam 4 cm ID + 12 WDVS</p>  <p>*T=Temperatur *S=Dampfsättigungsdruck (100%) *S=Dampfdruck (bei 100% Ausfall)</p>	<p><math>U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})</math></p> <p><b>Schichtaufbau:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Gipskarton 0,0125 m, <math>\lambda</math> 0,21 W/(mK), <math>\mu</math> 8</li> <li>(2) EPS-Dämmplatte 0,02 m, <math>\lambda</math> 0,04 W/(mK), <math>\mu</math> 30</li> <li>(3) Hohlblockstein 0,30 m, <math>\lambda</math> 0,52 W/(mK), <math>\mu</math> 5</li> <li>(4) KZ-Außenputz 0,02 m, <math>\lambda</math> 0,87 W/(mK), <math>\mu</math> 35</li> <li>(5) EPS-Dämmplatte 0,12 m, <math>\lambda</math> 0,035 W/(mK), <math>\mu</math> 35</li> <li>(6) KZ-Putz 0,01 m, <math>\lambda</math> 0,87 W/(mK), <math>\mu</math> 35</li> </ol> <p><b>Ergebnis Glaserverfahren:</b>  <math>W_T = 0 \text{ g}/\text{m}^2</math>, <math>W_V = 0 \text{ g}/\text{m}^2</math>      Kein Tauwasserausfall.</p> <p>Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3</p>

## Zweischaliges Mauerwerk mit Luftschicht und mit Kerndämmung

Das zweischalige Mauerwerk wurde in der dargestellten Art bis ca. 1955 gebaut. Die Taupunkttemperatur wird in der Luftschicht unterschritten. Der Tauwasseranfall ist mit  $553 \text{ g/m}^2$  zulässig und trocknet wieder aus. Allerdings kann es in solchen Wänden zu einem starken Feuchtetransport durch Luftströmung kommen, die rechnerisch nicht erfasst sind.

Wird diese Luftströmung durch eine Kerndämmung unterbrochen, wird die äußere Wandschicht trockener. Dies bildet die Berechnung mit dem Glaserverfahren nicht ab. Hier findet hingegen eine rechnerische Aufwechslung von  $553 \text{ g/m}^2$  auf  $751 \text{ g/m}^2$  statt, die jedoch auch kein Problem darstellt, da sie unterhalb der zulässigen  $1000 \text{ g/m}^2$  liegt und wieder austrocknet. Diese Konstruktion ist ohnedies nach Kapitel 4.3 der DIN 4108-3 ohne Tauwassernachweis baubar.

<p><b>Zweischaliges Mauerwerk bis 1950</b></p> 	<p>Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser</p>  <p><b>U = 1,46 W/(m²K)</b></p> <p><b>Schichtaufbau:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Kalkgipsputz 0,015 m, <math>\lambda</math> 0,7 W/(mK), <math>\mu</math> 10</li> <li>(2) Vollziegel 0,12 m, <math>\lambda</math> 0,81 W/(mK), <math>\mu</math> 5</li> <li>(3) Luftschicht, <math>\lambda</math> 0,333 W/(mK), <math>\mu</math> 1</li> <li>(4) Vollziegel 0,12 m, <math>\lambda</math> 0,81 W/(mK), <math>\mu</math> 10</li> <li>(5) KZ-Putz, 0,015 m, <math>\lambda</math> 0,87 W/(mK), <math>\mu</math> 35</li> </ol> <p><b>Ergebnis Glaserverfahren:</b>  <b><math>W_T = 553 \text{ g/m}^2</math>, <math>W_V = 914 \text{ g/m}^2</math></b>          Tauwasseranfall in Luftschicht auf kalter Innenoberfläche der Außenschale Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3. Nach Kapitel 4.3 keine Tauwasserberechnung erforderlich.</p>
<p><b>Zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung Koksasche</b></p> 	<p>Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser</p> <p>ZweischalMW Kerndä Koks</p>  <p><b>U = 1,24 W/(m²K)</b></p> <p><b>Schichtaufbau:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Kalkgipsputz 0,015 m, <math>\lambda</math> 0,7 W/(mK), <math>\mu</math> 10</li> <li>(2) Vollziegel 0,12 m, <math>\lambda</math> 0,81 W/(mK), <math>\mu</math> 5</li> <li>(3) Koksasche, <math>\lambda</math> 0,2 W/(mK), <math>\mu</math> 2</li> <li>(4) Vollziegel 0,12 m, <math>\lambda</math> 0,81 W/(mK), <math>\mu</math> 10</li> <li>(5) KZ-Putz, 0,015 m, <math>\lambda</math> 0,87 W/(mK), <math>\mu</math> 35</li> </ol> <p><b>Ergebnis Glaserverfahren:</b>  <b><math>W_T = 589 \text{ g/m}^2</math>, <math>W_V = 902 \text{ g/m}^2</math></b>          Tauwasseranfall in Dämmschicht auf kalter Innenoberfläche der Außenschale. Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3. Nach Kapitel 4.3 keine Tauwasserberechnung erforderlich.</p>

## Porenbetonwand mit Innendämmung, sowie ergänzender Außendämmung

Porenbetonwände wurden u.a. in 20 cm Stärke als geschoßhohe Platten hergestellt. Bei dieser schlanken Konstruktion wird trotzdem ein U-Wert von 0,9-1,2 erzielt.

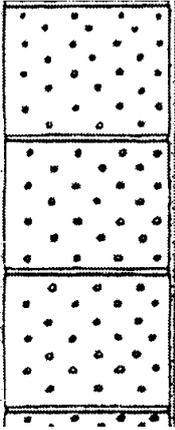
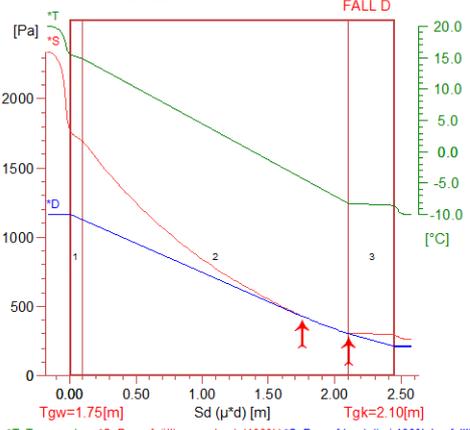
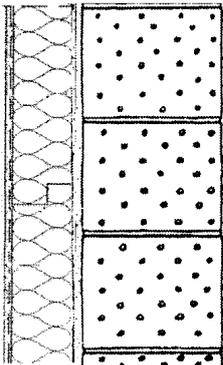
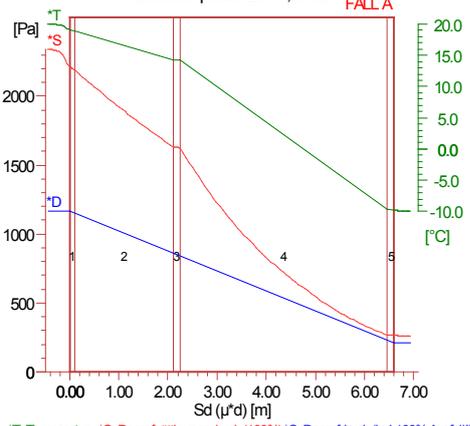
Die ungedämmte Platte weist einen geringen rechnerischen Tauwasserausfall von 141 g/m<sup>2</sup> auf, der wieder austrocknet und unter den zulässigen 1000 g/m<sup>2</sup> liegt.

Mit 12 cm Außenwanddämmung als Polystyrol-WDVS geht die Tauwassermenge auf null zurück.

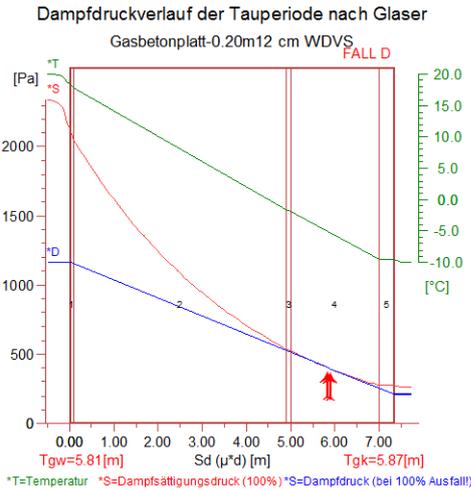
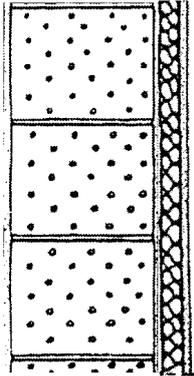
Bei Anrechnung von 2 cm Hartschaum-Innendämmung mit Gipsputz ergibt sich ebenfalls eine Absenkung des vorhandenen rechnerischen Tauwasserausfalls auf nur noch 3 g/m<sup>2</sup>, die wieder austrocknen. Die Reduktion geht auf die dampfbremsende Wirkung des Hartschaums zurück, der hier intelligent eingesetzt wird.

Eine diffusionsoffene Innendämmung aus Porenbeton erzeugt ein zumindest haftungsrechtliches Problem:

Bei einem Innendämmstoff mit einem  $\mu$ -Wert von 3 entstehen rechnerisch 1613 g/m<sup>2</sup> Tauwasser. Diese Menge liegt über der zulässigen Menge von 1000 g/m<sup>2</sup>. Sie trocknet zwar wieder aus, eine der Bedingungen der DIN 4108-3 ist jedoch nicht erfüllt. Der Hersteller weist auf die kapillaren Eigenschaften des Dämmstoffs hin, die eine Rücktrocknung von Tauwasser bereits in der Tauperiode in den Innenraum ermöglichen. So argumentieren auch alle anderen Hersteller diffusionsoffener und kapillar saugender Innendämmstoffe, die neu am Markt vertreten sind. Allerdings ist auf zweierlei zu verweisen: Hier ist die wissenschaftliche Diskussion noch nicht abgeschlossen, die Kapillareigenschaften der einzelnen Stoffe sind noch sehr unzureichend baupraktisch erforscht. Und es gibt unabhängig davon ein juristisches Problem, indem gegen die DIN 4108-3 verstoßen wird. Dies kann im Schadensfall haftungsrechtliche Konsequenzen haben.

<p><b>Porenbetonwand 20 cm</b></p> 	<p>Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser 24-Gasbeton-0.7 LM AußWa. FALL D</p>  <p>*T=Temperatur *S=Dampf-sättigungsdruck (100%) *S=Dampfdruck (bei 100% Ausfall!)</p>	<p><b>U = 1,15 W/(m²K)</b></p> <p><b>Schichtaufbau:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Kalkgipsputz 0,015 m, <math>\lambda</math> 0,7 W/(mK), <math>\mu</math> 10</li> <li>(2) Porenbeton 0,20 m, <math>\lambda</math> 0,30 W/(mK), <math>\mu</math> 10</li> <li>(3) KZ-Putz, 0,015 m, <math>\lambda</math> 0,87 W/(mK), <math>\mu</math> 35</li> </ol> <p><b>Ergebnis Glaserverfahren:</b>  <b><math>W_T = 141 \text{ g/m}^2</math>, <math>W_V = 1471 \text{ g/m}^2</math></b>  Rechnerischer Tauwasserausfall im Porenbeton vor dem Außenputz. Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3. Keine Tauwasserberechnung erforderlich.</p>
<p><b>Porenbetonwand 20 cm mit 12 cm WDVS EPS</b></p> 	<p>Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser Gasbetonplatt-0.20m0,30 La FALL A</p>  <p>*T=Temperatur *S=Dampf-sättigungsdruck (100%) *S=Dampfdruck (bei 100% Ausfall!)</p>	<p><b>U = 0,23 W/(m²K)</b></p> <p><b>Schichtaufbau:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Kalkgipsputz 0,015 m, <math>\lambda</math> 0,7 W/(mK), <math>\mu</math> 10</li> <li>(2) Porenbeton 0,20 m, <math>\lambda</math> 0,30 W/(mK), <math>\mu</math> 10</li> <li>(3) KZ-Putz, 0,015 m, <math>\lambda</math> 0,87 W/(mK), <math>\mu</math> 35</li> <li>(4) EPS-Dämmplatte, 0,12 m, <math>\lambda</math> 0,035 W/(mK), <math>\mu</math> 35</li> <li>(5) KZ-Putz, 0,01 m, <math>\lambda</math> 0,87 W/(mK), <math>\mu</math> 35</li> </ol> <p><b>Ergebnis Glaserverfahren:</b>  <b><math>W_T = 0 \text{ g/m}^2</math>, <math>W_V = 0 \text{ g/m}^2</math></b>  Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3. Nach Kapitel 4.3 keine Tauwasserberechnung nötig.</p>

**Porenbetonwand 20 cm  
Mit 6 cm Innendämmung extr.  
Polystyrol**



**U = 0,38 W/(m²K)**  
EnEV nicht erfüllt (8 cm erf.)

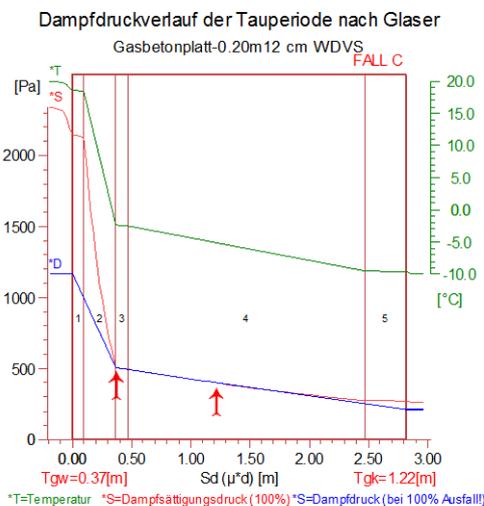
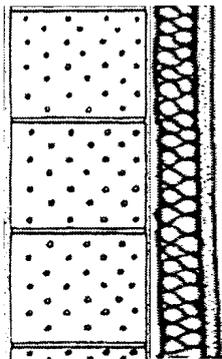
**Schichtaufbau:**

- (1) Gipskartonplatte 0,0125 m,  $\lambda$  0,21 W/(mK),  $\mu$  8
- (2) EPS-Dämmung extrudiert 0,06 m,  $\lambda$  0,035 W/(mK),  $\mu$  80
- (3) Gipsputz, 0,01 m,  $\lambda$  0,55 W/(mK),  $\mu$  10
- (4) Porenbeton 0,20 m,  $\lambda$  0,30 W/(mK),  $\mu$  10
- (3) KZ-Putz, 0,01 m,  $\lambda$  0,87 W/(mK),  $\mu$  35

**Ergebnis Glaserverfahren:**

**$W_T = 3 \text{ g/m}^2$ ,  $W_V = 506 \text{ g/m}^2$**   
Tauwasserausfall etwa Mitte Porenbeton-Außenwand. Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3. Nach Kapitel 4.3 keine Tauwasserberechnung erforderlich.

**Porenbetonwand 20 cm  
Mit 9 cm Innendämmung,  
MULTIPOR**



**U = 0,35 W/(m²K)**

**Schichtaufbau:**

- (1) Gipsputz 0,01m,  $\lambda$  0,55 W/(mK),  $\mu$  10
- (2) Multipor-Dämmung 0,09 m,  $\lambda$  0,045 W/(mK),  $\mu$  3
- (3) Gipsputz, 0,01 m,  $\lambda$  0,55 W/(mK),  $\mu$  10
- (4) Porenbeton 0,20 m,  $\lambda$  0,30 W/(mK),  $\mu$  10
- (3) KZ-Putz, 0,01 m,  $\lambda$  0,87 W/(mK),  $\mu$  35

**Ergebnis Glaserverfahren:**

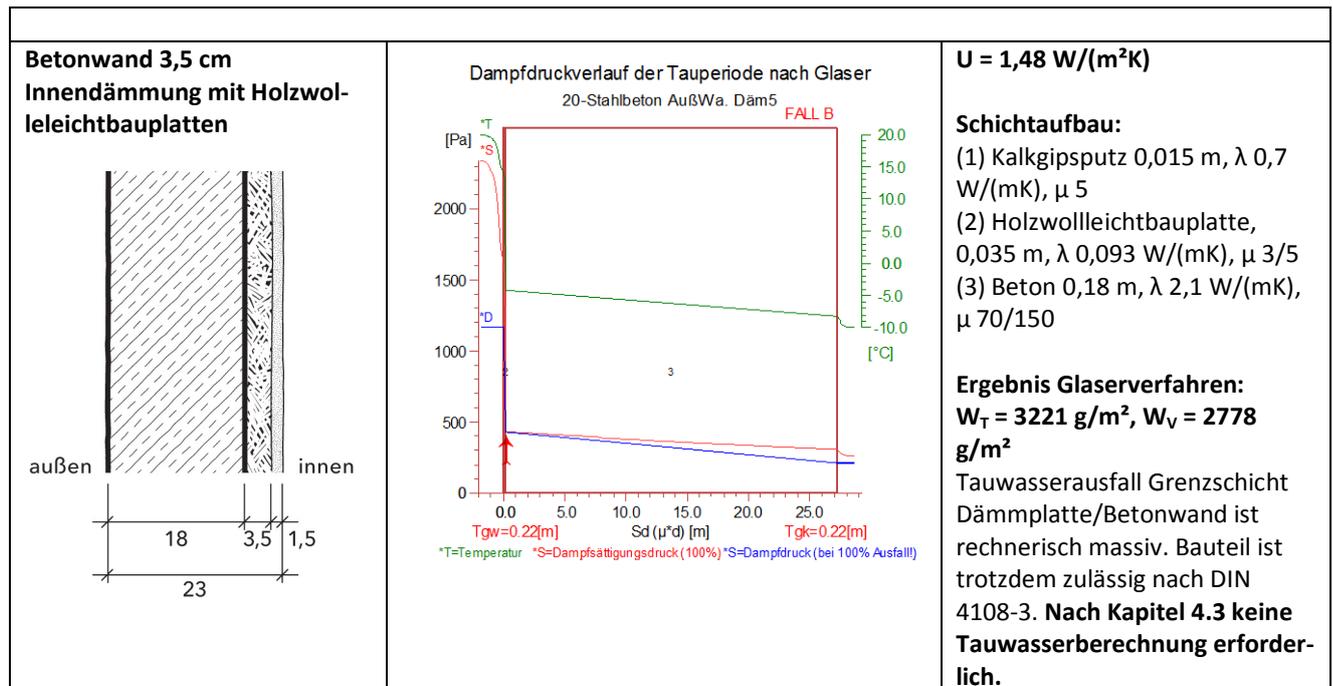
**$W_T = 1613 \text{ g/m}^2$ ,  $W_V = 2017 \text{ g/m}^2$**   
Tauwasserausfall ab altem Innenputz bis Mitte Porenbeton. Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3. Nach Kapitel 4.3 keine Tauwasserberechnung erforderlich.

## Ortbetonwand mit historischer Innendämmung

Mit der Ortbetonwand wurde die Betonbauweise in den zwanziger Jahren des letzten Jahrhunderts eingeführt. Die Zementhersteller hatten und haben Dämmstofftöchter, da Gebäude aus Betonwänden und Betondecken ohne Dämmung sommers wie winters nicht bewohnbar wären. Die hier gezeigte Konstruktion ist ein Klassiker. Sie erfüllt gerade den Mindestwärmeschutz und darf gebaut werden, obgleich die rechnerische Tauwassermenge  $3221 \text{ g/m}^2$  beträgt und diese Menge nicht mehr austrocknet. Die Konstruktion ist zulässig gemäß Kapitel 4.3 der DIN 4108-3. Diese Freischaltung hat die Konstruktion dem „Neuen Bauen“

der Weimarer Zeit zu verdanken. Sie wurde damals mutig in den Markt eingeführt und funktionierte in der Praxis. Ein Rechenverfahren für den Tauwassernachweis gab es 1920 ff. noch nicht. Sie ist ein Beispiel dafür, dass das Glaserverfahren die komplexen feuchtetechnischen Prozesse in Bauteilen nur ungenügend abbildet.

Eine solche Bewertung über den Praxisnachweis kann es durchaus zukünftig einmal bei den neueren kapillaraktiven Innendämmsystemen geben.



## Fachwerkwände mit historischer und neuer Innendämmung

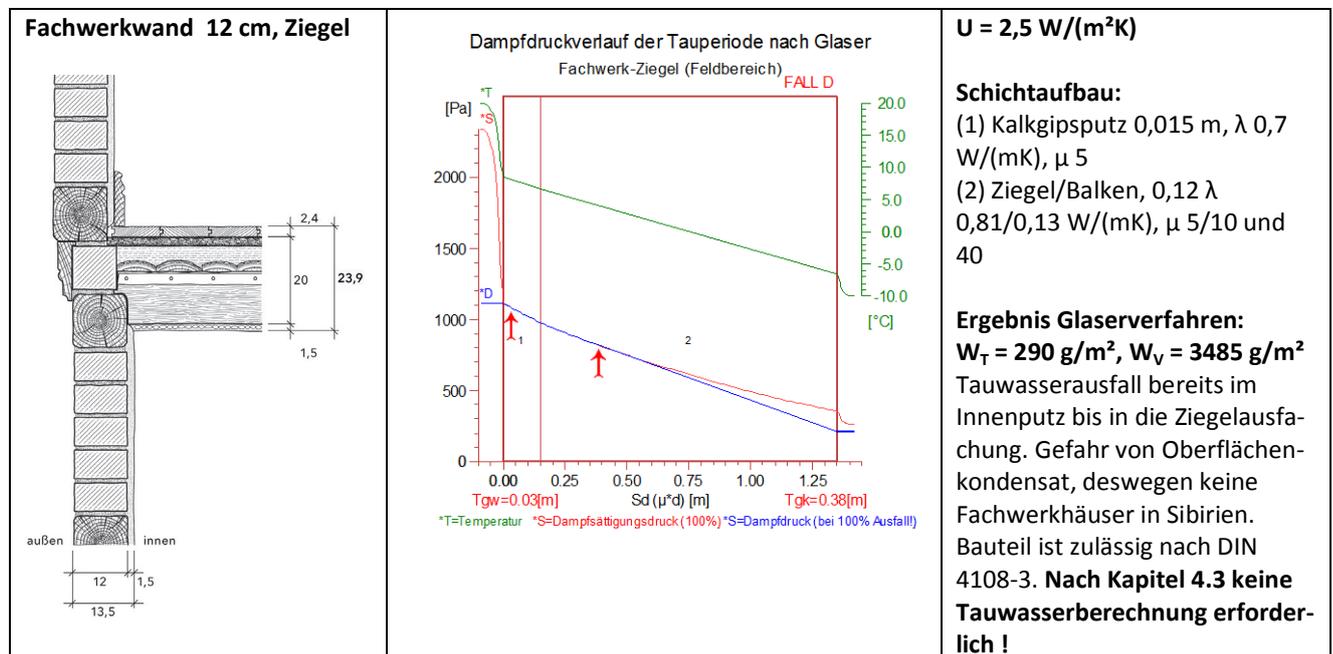
Die dargestellte Fachwerkwand von 12 cm Stärke mit Ziegelausmauerung ist in vielen Kleinstädten heute noch vorhanden. In ihrem Ursprungszustand liegt ihr U-Wert mit  $2,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  weit über dem Mindestwärmeschutz der DIN 4108, der zur Bauzeit dieser Gebäude noch nicht existierte.

Die Wand neigt zu Oberflächenkondensat auf der Innenoberfläche, das zeigt auch die Lage des Taupunkttemperaturbereichs, der bis in den Innenputz hineingeht. Die Tauwassermenge ist mit  $290 \text{ g}/\text{m}^2$  im zulässigen Bereich und trocknet wieder aus.

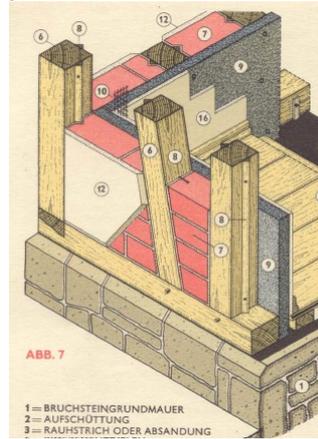
Die ausgemauerte Fachwerkwand gab und gibt es auch mit einer Innendämmung aus Holzwoleleichtbauplatten. Eine Entwicklung aus den zwanziger Jahren des letzten Jahrhunderts. Hier liegt die rechneri-

sche Tauwassermenge weit über  $1000 \text{ g}/\text{m}^2$ . Allerdings ist die Wand nach DIN 4108-3 zulässig und als solche im dortigen Kapitel 4.3 ausdrücklich erwähnt. Auch diese Konstruktion hatte ihr Funktionieren bereits in der Weimarer Zeit hinreichend bewiesen.

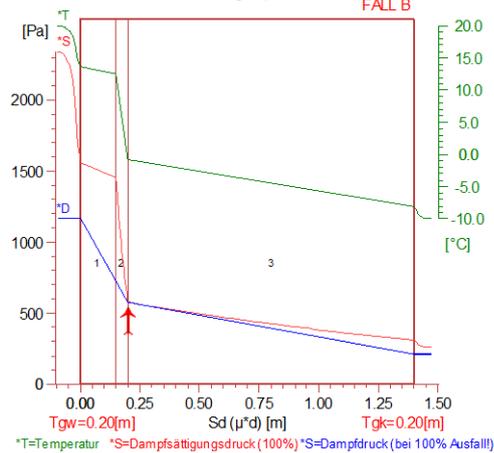
Als dritte Variante ist eine Innendämmung mit einem dampfbremsenden Dämmstoff dargestellt. Eine extrudierte Polystyrol-Dämmplatte mit  $\mu 80$  wird durch eine luftdichtende Schicht aus Innenputz ergänzt. Die Tauwassermenge wird gegenüber dem ungedämmten Ausgangszustand auf  $74 \text{ g}/\text{m}^2$  deutlich reduziert. Das Tauwasser kann auch wieder austrocknen. Die Lösung ist nach DIN 4108-3 zulässig. Ein luftdichter Einbau garantiert den Erfolg.



**Fachwerkwand 12 cm, Ziegel-  
gefach, Holzwolleleichtbau-  
platte Innendämmung, ver-  
putzt**



Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser  
Fachwerk-Ziegel (Feldbereich)



**U = 1,5 W/(m²K)**

**Schichtaufbau:**

- (1) Kalkgipsputz 0,015 m,  $\lambda$  0,7 W/(mK),  $\mu$  5
- (2) Holzwolleleichtbauplatte 0,025 m,  $\lambda$  0,093 W/(mK),  $\mu$  3/5
- (3) Ziegel/Balken, 0,12  $\lambda$  0,81/0,13 W/(mK),  $\mu$  5/10 und 40

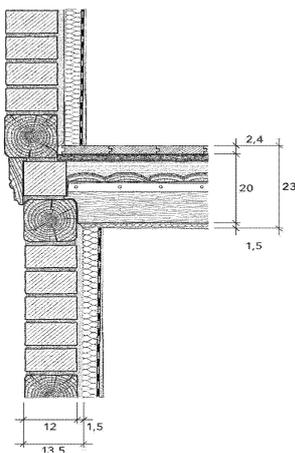
**Ergebnis Glaserverfahren:**

**$W_T = 2549 \text{ g/m}^2$ ,  $W_V = 3538 \text{ g/m}^2$**

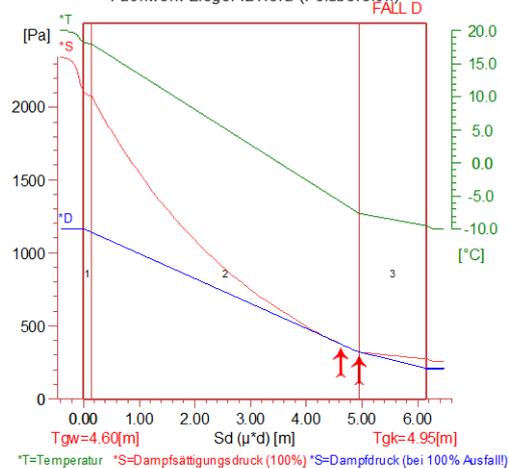
Tauwasserausfall in Dämmplatte in Feldbereich. Im Balkenbereich verbleibt kein Tauwasser im Bauteil.

Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3. **Nach Kapitel 4.3 keine Tauwasserberechnung erforderlich !!**

**Fachwerkwand 12 cm, Ziegel-  
gefach, Extrud. PS, verputzt o.  
GKP**



Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser  
Fachwerk-Ziegel-IDHera (Feldbereich)



**U = 0,41 W/(m²K)**

**Schichtaufbau:**

- (1) Kalkgipsputz 0,015 m,  $\lambda$  0,7 W/(mK),  $\mu$  5
- (2) Extrudierter Polystyrolschaum 0,06 m,  $\lambda$  0,03 W/(mK),  $\mu$  80/250
- (3) Ziegel/Balken, 0,12  $\lambda$  0,81/0,13 W/(mK),  $\mu$  5/10 und 40

**Ergebnis Glaserverfahren:**

**$W_T = 74 \text{ g/m}^2$ ,  $W_V = 568 \text{ g/m}^2$**

Tauwasserausfall in Dämmplatte vor dem Ziegel und im Balkenbereich.

Es verbleibt kein Tauwasser im Bauteil.

Bauteil ist zulässig nach DIN 4108-3.