

Holzbaukonstruktionen

Dach-, Balkon- und Sockelanschlüsse

Dipl.-Ing. Dr. techn. Martin Teibinger, Wien

Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger; Lehrer am Camillo Sitte Bautechnikum, Wien; Lektor an diversen Fachhochschulen und Universitäten

Vortragsunterlagen anlässlich des 42. Internationalen Fachseminars „Bauwesen für Sachverständige und Juristen“ in Bad Hofgastein am 16.01.2020;

Der Beitrag wurde auch in Sachverständige Heft 1 2020. Seite 25 – 32 publiziert.

1. Einführung

Die Holzbauweise stellt mittlerweile sowohl bei Planenden als auch bei Behörden eine zu den mineralischen Bauweisen gleichberechtigte Alternative dar. Der sogenannte „Sonderkonstruktionsstatus“ liegt nicht mehr vor. Zahlreiche nationale und internationale Pilotprojekte, die bis in den Hochhausbau in Holz-Hybridbauweise reichen, unterstreichen die Leistungsfähigkeit. Die Vorteile in Bezug auf den Wärmeschutz (3 cm Holz entsprechen 1 cm Dämmstoff) mit den daraus resultierenden geringen Wandstärken und Zugewinnen an Nett Nutzfläche der nachhaltigen ökologischen Bauweise, sind mittlerweile hinlänglich bekannt. Das geringe Gewicht bei hohen Festigkeiten bringt gerade bei Aufstockungen auf Bestandsgebäuden weitere Vorteile. Zusätzlich belegen umfangreiche Untersuchungen von Prof. Moser, dass Massivholzbekleidungen die Herzfrequenz signifikant verringern können [1]. Diese Vorteile sprechen natürlich für einen vermehrten Einsatz des behaglichen, ökologischen, nachwachsenden Baustoffes im Hochbau.

Doch wie sieht es mit der Langlebigkeit der Bauweise aus? Holzbauten können, wie zahlreiche Beispiele aus dem Alpenraum und aus Skandinavien zeigen, eine lange Lebenszeit aufweisen. Wichtig ist in dieser Hinsicht der konstruktive Holzschutz, welcher eine langanhaltende Durchfeuchtung des Baustoffes verhindern muss. Robuste, fehlertolerante Konstruktionen stellen somit die Basis für den Holzbau dar.

Im folgenden Beitrag werden technische Lösungen von den neuralgischen Bereichen Sockel-, Dach- und Balkonanschluss aufgezeigt. Im Vortrag werden zusätzlich Schadensfälle analysiert und diskutiert.

2. Einteilung der Pilze

Da es selbst bei Sachverständigen immer wieder zu Missverständnissen zwischen holzverfärbenden und holzerstörenden Pilzen kommt, werden im Folgenden kurz die Unterschiede und die entsprechenden Wachstumsbedingungen angeführt.

2.1. Holzverfärbende Pilze

Zu den holzverfärbenden Pilzen werden die Bläue- und die Schimmelpilze gezählt. Bei beiden kommt es zu keiner Abminderung der Festigkeitseigenschaften und auch nicht zu Fäulnis und zu keinem Abbau der Holzstruktur. Da die Bläue innerhalb des Holzes wächst, kann sie nicht oberflächlich entfernt werden. Sie tritt nur an nassem oder sehr feuchtem Holz auf und stirbt bei Trocknung ab. Man unterscheidet Stamm-, Schnittholz- sowie Anstrichbläue.

Schimmelpilze können bei hoher Luftfeuchtigkeit und entsprechenden Temperaturen an der Oberfläche wachsen. Das Wachstum hängt neben dem Substrat auch von der Dauer der Beanspruchung (rel. Luftfeuchte / Temperatur) ab [2]. Im Vergleich zur Bläue können Schimmelpilze relativ einfach entfernt werden - fleckige Verfärbungen können jedoch bestehen bleiben.

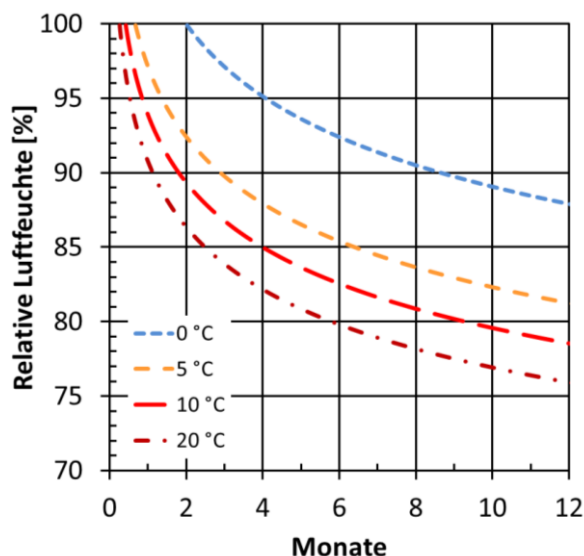


Abbildung 1: Bedingungen für Schimmelpilzwachstum auf Fichtenholz in Abhängigkeit der Temperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit und der Zeit [2], grafisch aufbereitet von Kehl, Daniel für [3]

2.2. Holzerstörende Pilze

Im Gegensatz dazu führen holzerstörende Pilze zu einer Fäulnis und somit zu einem Abbau des Holzes. Entsprechend dem Zerstörungsbild können die Pilze in Braunftäule erzeugende und Weißfäule erzeugende Pilze sowie in die Moderfäule unterteilt werden.

Für das verbaute Holz sind die Braunftäuleerreger von großer Bedeutung. Die Pilze bauen vorwiegend die Zellulose ab. Zurück bleibt das Lignin, wodurch sich die braune Verfärbung einstellt und es bildet sich ein charakteristischer Würfelbruch. Zur Braunftäule wird auch der gefürchtete Echte Hausschwamm gezählt. Dieser kommt allerdings aufgrund der hohen Temperaturen in Dachkonstruktionen in der Regel nicht vor.

Bei den holzerstörenden Pilzen wird als Wachstumsbedingung in der Literatur der Fasersättigungsbereich angeführt. Darunter wird der Bereich verstanden ab dem die Holzfasersstruktur vollständig mit Wasser gesättigt ist. Unterhalb der Holzfasersättigung führt eine Holzfeuchteänderung zu Dimensionsänderungen (Quellen + Schwinden), da sich das Wasser in den Zellwänden anlagert. Oberhalb des Fasersättigungsbereichs kann sich Wasser nur noch als freies Wasser in den Zellhohlräumen (Lumina) einlagern. Der Bereich wird in der Literatur je nach Holzart zwischen 26 M-% und 32 M-% angegeben.

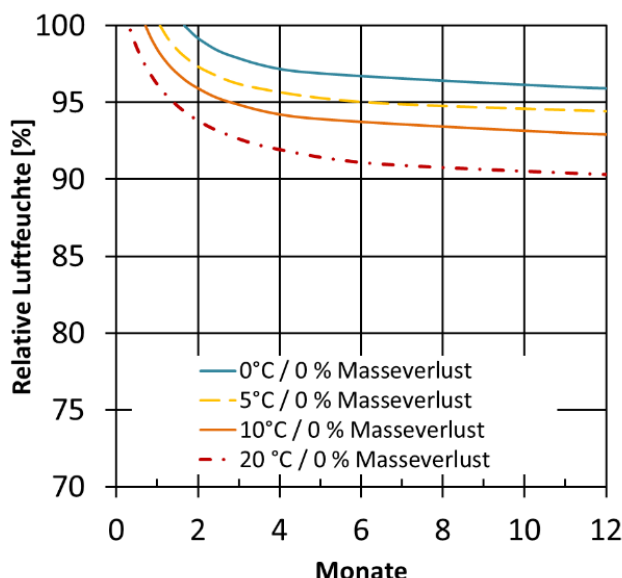


Abbildung 2: Bedingungen für Braunaufäulewachstum auf Fichtenholz in Abhängigkeit der Temperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit und der Zeit [2], grafisch aufbereitet von Kehl, Daniel für [3]

3. Sockelanschluss

3.1. Regelwerke und Detaillösungen

Der Sockel stellt eine der sensibelsten Bereiche des Holzhauses dar. Nicht umsonst weisen historische Gebäude, welche man in diversen Freilichtmuseen besichtigen kann, mineralische Sockeln beispielsweise in Form von Steinmauern auf. Die Holzkonstruktion wurde mit einem entsprechendem Abstand von mindestens 30 cm errichtet. Dieses Maß wird auch in ÖNORM B 2320:2017-08 [4] als Sockelhöhe gefordert. Diese Höhe darf laut der Norm nur dann unterschritten werden, wenn besondere technische Vorkehrungen, wie beispielsweise wirksame Drainagen, Abdichtungen, Verblechungen, Dachvorsprünge zum Schutz des Holzes - im speziellen der tragenden Schwellenkonstruktion getroffen werden. Als Mindestmaß ist auch bei Einsatz der Vorkehrungen eine Höhe von 10 cm zum fertigen Außenniveau bzw. 5 cm zur wasserführenden Ebene bei Anbauteilen, wie Terrassen einzuhalten. Die wasserführende Schicht muss nicht mit dem Beginn des Spritzwasserbereiches zusammenfallen. Bei Gitter- und Holzrosten (bzw. Terrassenbelägen) mit Fugenbreiten ≥ 7 mm oder ≥ 6 % Fugenanteil und ≥ 4 cm Luftspalt zur Fassade kann die wasserführende Schicht unter der Oberkante der fertigen Oberfläche angesetzt werden. Detailinformationen zur Ausführung können auch der umfangreichen Richtlinie Sockelanschluss [5] entnommen werden.

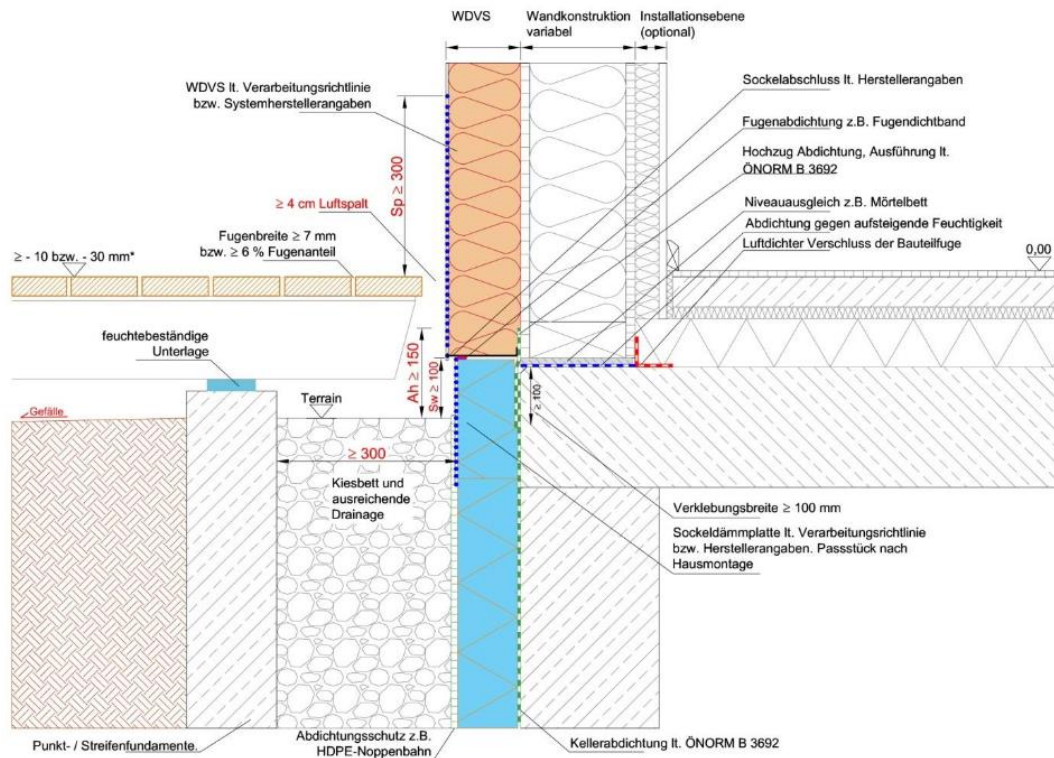


Abbildung 3: Beispielhafte Sockeldetaillösung für Holzkonstruktionen nach [5]

In [5] ist auch angeführt, dass wenn die Sockelabdichtung höher als das fertige Fußbodenniveau geführt wird, aus bauphysikalischer Sicht außerhalb der Abdichtung eine Dämmung, welche mindestens $\frac{1}{3}$ des Wärmedurchlasswiderstandes der gesamten Wand betragen muss, auszuführen ist. Alternativ dazu kann eine Abdichtung mit einem s_d -Wert ≤ 2 m ausgeführt werden, um ebenfalls als nachweisfreie Konstruktion eingestuft zu werden. Andernfalls ist ein projektbezogener hygrothermischer Nachweis zu führen. Da gerade bei gedämmten Holzrahmenkonstruktionen die außenliegende Überdämmung in der Praxis mit üblichen Dämmstoffen schwer umsetzbar ist und aufgrund der üblichen Abdichtungen mit hohen s_d -Werten es zu einer Auffeuchtung in der Holzkonstruktion kommen kann, wurde von der Universität Innsbruck eine Kombination mit einer eingebundenen dünnen Brettsperrholzplatte im Sockelbereich von Holzrahmenwänden entwickelt [6]. An dieser kann eine bituminöse Abdichtung angebracht und hochgezogen werden, welche mit XPS-Dämmplatten überdämmt wird. Der Taupunkt liegt in diesem Fall immer im Bereich der Dämmung und nicht in der Holzkonstruktion. Die Lösung stellt aus wärmeschutztechnischer Sicht auch einen Vorteil gegenüber einer mineralischen Sockelausführung mit aufgesetztem Holzbau dar.

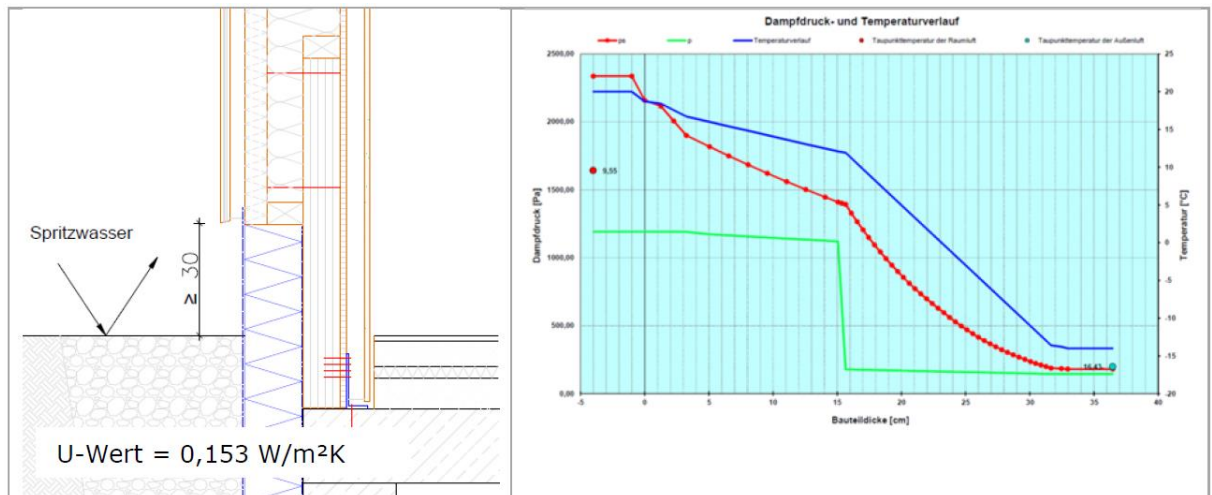


Abbildung 4: Sockeldetail mit integrierter Brettsperrholzplatte in einer Holzrahmenwand und Verlauf des Dampfdruckes und der Temperatur [6]

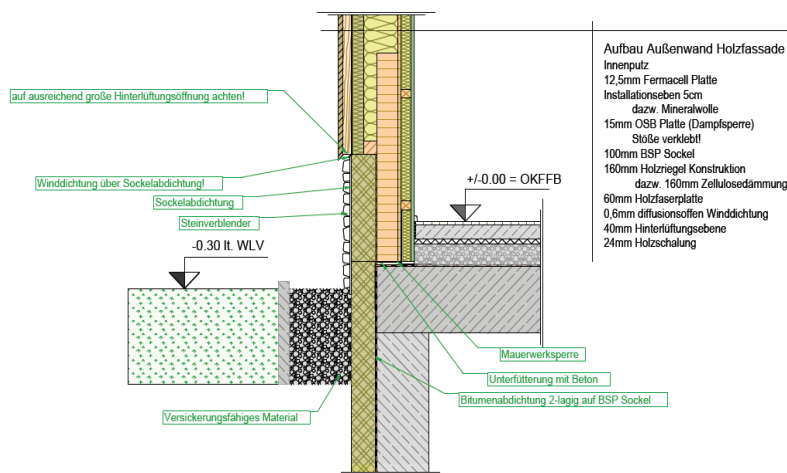


Abbildung 5: Sockeldetail mit integrierter Brettsperrholzplatte für die Abdichtung in Anlehnung an [6], Holzkonstruktion ist aber über dem Außenniveau

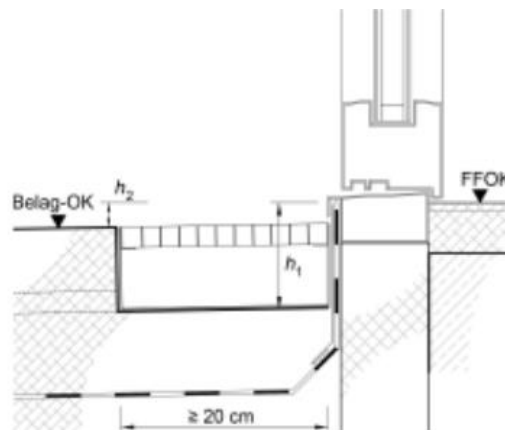
Diese Variante bietet aus bauphysikalischer Sicht wie angeführt wesentliche Vorteile. Allerdings wird seitens des Autors von einer Ausführung mit dem Holz unter Außenniveau (wie in Abbildung 4 dargestellt) abgeraten. Auch bei der bauphysikalisch optimierten Detaillösung sollten die in der Norm [4] geforderten Mindestmaße eingehalten werden (siehe Abbildung 5). In keinem Fall dürfen Holzkonstruktionen unter dem Außenniveau liegen.

Die Sockelanschlüsse stellen vor allem aufgrund der Erwartungshaltung der Auftraggeber von barrierefreien Türen und Ausgängen auf Terrassen eine Herausforderung dar. ÖNORM B 3691:2019-05 [7] regelt in Abhängigkeit der Lage des Anschlusses (geschützt, teilgeschützt und ungeschützt) für den Regelfall und den Fall mit erhöhten Anforderungen, die Mindesthöhen der Abdichtungen auch im Bereich von Türanschlüssen. Als teilgeschützt wird beispielsweise eine Ausführung mit einer vorderseitigen Auskragung des Daches von $\geq 50\%$ und gleichzeitig einer seitlichen Auskragung von $\geq 25\%$ der Vordachhöhe definiert, siehe Tabelle 1.

Tabelle 1: Einteilung der Anschlüsse in Abhängigkeit der Auskragungslänge in Prozent der Vordachhöhe nach [7]

Lage der Auskragung	geschützt	teilgeschützt	ungeschützt
vorderseitig	$\geq 100 \%$	$\geq 50 \%$	$< 50 \%$
seitlich	$\geq 50 \%$	$\geq 25 \%$	$< 25 \%$

Erhöhte Anforderungen liegen entsprechend der Norm vor, wenn eine Regenspende $r_{(5/5)}^1 > 500 \text{ l/(s*ha)}$ oder eine Regelschneelast s_k von $> 3,25 \text{ kN/m}^2$ vorliegen.



Legende:

- h_1 Mindestanschlusshöhe
- h_2 Mindesthöhe über Belag
- t Tiefe der Entwässerungsrinne
- b Breite der Entwässerungsrinne
- FFOK fertige Fußbodenoberkante

Bild B.6 — Türanschluss mit Entwässerungsrinne ($b \geq 20 \text{ cm}$)

Tabelle B.6 — Mindesthöhen gemäß Tabelle 9

		Lage des Anschlusses		
		Ungeschützt	Teilgeschützt	Geschützt
Mindestanschlusshöhe h_1	Regelfall	10 cm	5 cm	1 cm
	Erhöhte Anforderung	15 cm	7 cm	1 cm
Mindesthöhe h_2 über Belag	Regelfall	$(h_1 - \text{Rinntiefe}),$ mindestens 1 cm	$(h_1 - \text{Rinntiefe}),$ mindestens 1 cm	1 cm
	Erhöhte Anforderung	$(h_1 - \text{Rinntiefe}),$ mindestens 3 cm	$(h_1 - \text{Rinntiefe}),$ mindestens 3 cm	$(h_1 - \text{Rinntiefe}),$ mindestens 1 cm

Abbildung 6: Mindesthöhen bei einem Türanschluss mit einer Entwässerungsrinne ($\geq 20 \text{ cm}$), Auszug aus: [7]

¹ $r_{(5/5)}$ steht für das 5-jährige, 5-Minuten-Regenereignis des Standortes. Die Werte können unter www.ehyd.gv.at [8] ermittelt werden.

Bei Verwendung einer Entwässerungsrinne mit einer Breite ≥ 20 cm kann die gesamte Tiefe der Rinne für die Anschlusshöhe (h_1) mitgerechnet werden. Die Mindesthöhe über Belag h_2 beträgt im Regelfall 1 cm; bei erhöhten Anforderungen 3 cm, siehe Abbildung 6.

Die aktuelle Ausgabe der Norm regelt auch Anschlüsse an tiefliegende Tür- und Fenserelemente. In diesen Sonderkonstruktionen werden geeignete Rahmenkonstruktionen der Türen wasserdicht mit der Abdichtung verbunden und gelten als Teil der Abdichtung. Sie dürfen bis zur geprüften und von den Herstellern freigegebenen maximalen Wasseranstauhöhe in die Anschlusshöhe eingerechnet werden. Als Ergänzung zur Norm und als Hilfestellung für Planer und Ausführende wurde von dem „Institut für Flachdachabdichtung“ gemeinsam mit der „Plattform Fenster Österreich“ die Richtlinie „Bauwerksabdichtung – Anschluss an bodentiefe Fenster und Türen“ [9] und [10] erarbeitet.

Insbesondere ein vertiefter Einbau fordert eine gewerkeübergreifende und objektbezogene Planung sowie eine präzise Umsetzung der Abdichtung vor Ort. Werner Linhart führt in seinem Beitrag folgende Rahmenbedingungen als Voraussetzungen für einen vertieften Einbau an [11]:

- Ausführung eines wasserdichten Anschlusses der Abdichtung an das untere Stockprofil (insbesondere im seitlichen Bereich muss eine Anschlussmöglichkeit vorhanden sein), welcher nur mit Flüssigkunststoff oder speziellen Anschlussbändern möglich ist.
- Das Fußprofil muss wasserdicht sein und ausreichend breite Anschlusshöhe für Abdichtung bieten (Angabe der max. Wasseranstauhöhe der Hersteller beachten.)
- Keine Klebebänder gem. ÖNORM B 5320 [12] im Bereich der Abdichtung verwenden.
- Die Anstauhöhe der regulären Entwässerung darf nicht über der Höhe des Abdichtungshochzuges liegen.
- Die Anstauhöhe der Notentwässerung (100-jähriges Regenereignis) muss um mindestens 25 mm unter der max. Wasseranstauhöhe liegen (Freibord).

Im Sinne einer robusten, fehlertoleranten Konstruktion ratet der Autor, trotz Vorliegen sehr guter Richtlinien und auch geprüfter Konstruktionen von einem vertieften Einbau der Türen im Holzbau ab.

3.2. Und wie sieht die Praxis aus?

Im Zuge diverser Privat- und Gerichtsgutachten zeigt sich leider ein von den angeführten Regelwerken abweichendes Bild. Teilweise liegen in Bezug auf den Sockelanschluss und die geforderten Mindesthöhen Planungs- und Ausführungsfehler vor. Teilweise wurden aber auch richtige Detaillösungen aufgrund von Unwissenheit der Bewohner nachträglich zugeschüttet (beispielsweise für Blumenbeete). In einem Extremfall wurde sogar ein Teich für einen Goldfisch neben der Holzrahmenwand angelegt.



Abbildung 7: Sockeldetail einer Holzriegelwand während der Bauphase. Bild: Autor



Abbildung 8: nachträglich errichtetes Blumenbeet an der Holzwand. Bild: Autor

4. Dachanschlüsse

4.1. Regeln für Aufbauten

Grundsätzlich sollten Holzkonstruktionen nach außen diffusionsoffen ausgeführt werden. Außenliegende Dämmungen verschieben den Taupunkt nach außen und verringern somit die Kondensatmenge im Bereich der Holzkonstruktion. Aus diesem Grund gelten bekanntlich folgende zwei Möglichkeiten für Holzaufbauten als nachweisfrei:

- nach außen konsequent diffusionsoffen (s_d -Wert $\leq 0,5$ m) und innen mindestens eine moderate Dampfbremse (s_d -Wert ≥ 2 m) oder eine feuchtevariable Dampfbremse
- eine außenseitige Überdämmung der Konstruktion, wobei 2/3 des Wärmedurchlasswiderstandes außerhalb der Tragebene anzuordnen sind.

Die außenseitige Überdämmung bietet sich gerade bei der Massivholzbauweise an. So reichen bei Massivholzelementen bis zu einer Dicke von 14 cm ohne gedämmter Installationsebene hierzu schon 10 cm Dämmung (WLG 040) aus. Aus wärmetechnischer Sicht werden natürlich höhere Dämmstoffdicken aufgebracht. Bei einer Massivholzwand mit einer 5 cm dicken gedämmten Installationsebene werden allerdings schon 22 bis 24 cm außenliegende Dämmung (WLG 040) benötigt, um diese Anforderung zu erfüllen.

Bei flachgeneigten Dächern kann die nach außen hin diffusionsoffene Konstruktion bei Aufbauten mit hinterlüfteter Deckung umgesetzt werden. Dabei ist bei der Dimensionierung der Lüftungsquerschnitte die Verringerung des thermischen Auftriebes in Abhängigkeit der Dachneigung zu berücksichtigen. Aus diesem Grund werden in [13] sich sogenannte „sehende“ Öffnungen empfohlen, welche einen zusätzlichen Feuchtetransport aufgrund des Winddruckes ermöglichen.

Die zweite Variante mit einer außenliegenden Dämmung stellt aus bauphysikalischer Sicht ebenfalls eine sehr sichere Konstruktion für flachgeneigte Dächer dar. Gerade bei Brettspertholzkonstruktionen ist während der Bauphase mit Hilfe der dampfbremsenden Schicht ein Witterungsschutz sicherzustellen. In die Holzelemente während der Bauphase eingebrachte Feuchtigkeit kann nach innen aufgrund des geringen Partialdampfdruckgefälles (infolge der außenliegenden Dämmung) zwischen Holz und Innenraum und nach außen aufgrund der hohen s_d -Werte der dampfbremsenden Schicht und der Dachbahn nur sehr langsam abtrocknen.

Nicht belüftete flachgeneigte Dachkonstruktionen stellen sowohl für Bauphysiker als auch für die Holzbaubetriebe eine Königsdisziplin dar. Für die Tauglichkeit ist eine funktionierende Rücktrocknung während der Sommermonate unter Verwendung einer feuchtevariablen Dampfbremse und Sicherstellung der Randbedingungen erforderlich [14]. In der aktuellen Informationsbroschüre „Flachdächer in Holzbauweise“ [15] werden Konstruktionen ohne außenliegender Zusatzdämmung aus diesem Grund als Sonderkonstruktionen definiert.

Neben diesen bauphysikalischen und holzbautechnischen Grundsätzen zu den Aufbauten sind mögliche Feuchtebelastungen über mineralische Baustoffe, über Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) oder unmittelbar über Räume mit planmäßig dauernder hoher Luftfeuchtigkeit zu berücksichtigen.

4.2. Schadensursachen bei Vordächern

Bei diversen Schadensfällen kam es zu Durchfeuchtungen der Holzkonstruktion im Bereich des Vordaches infolge von mangelhaften Ausführungen der Befestigung der Wärmedämmplatten des WDVS. Die warme Luft kann zwischen dem Wandbildner und der Dämmung nach oben in das Vordach steigen und zu einer erhöhten Feuchtigkeit führen. Ursache von Verfärbungen der Dachuntersicht bzw. Schäden im Vordachbereich kann neben Verarbeitungsfehlern im Bereich des WDVS bei schlanken Vordachkonstruktionen auch eine Unterkühlung infolge der nächtlichen Abstrahlung sein. Im Vortrag werden anhand von Beispielen mögliche einzelne Ursachen aufgezeigt.

5. Balkonanschlüsse

Durchgehende Balkonplatten aus Massivholz sind aus bauphysikalischer Sicht zu vermeiden, da es im Bereich der Elementstöße bzw. im Bereich von Fugen zwischen einzelnen nicht verleimten Brettern bzw. bei Rissen zu unkontrollierten Luftströmungen kommen kann [17].

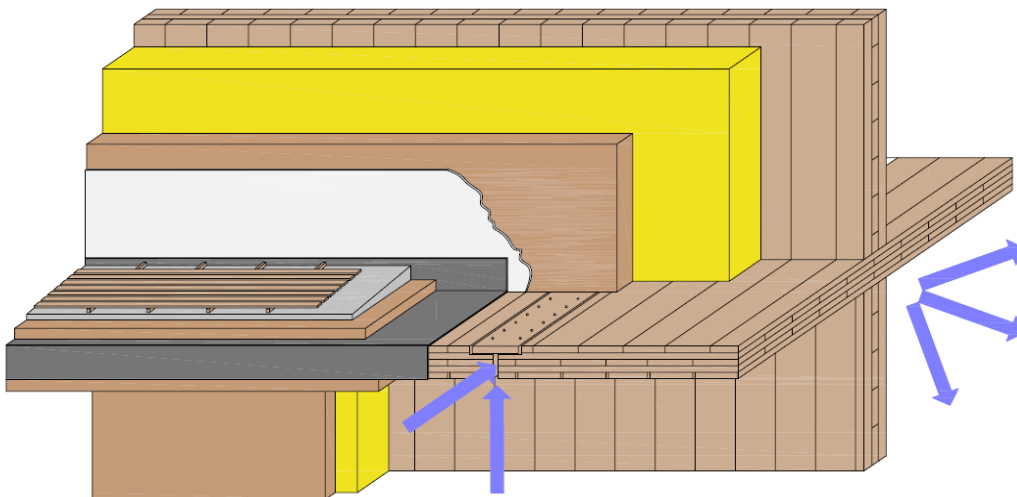


Abbildung 9: schematische Darstellung von durchgehenden Brettsper Holzplatten in diesem Fall als Balkonplatte Quelle: [17]

Aufgrund der jahreszeitlich bedingten Änderung der Feuchtigkeit der Holzelemente können Risse in den durchgehenden Platten auch bei Schmalkantenverleimung nicht ausgeschlossen werden. Abbildung 10 zeigt die Holzfeuchtigkeit, welche sich aus der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit für mittlere Klimabedingungen im Sommer bzw. im Winter einstellt. Es zeigt sich eine Schwankung der Holzfeuchtigkeit von über 10 M-%.

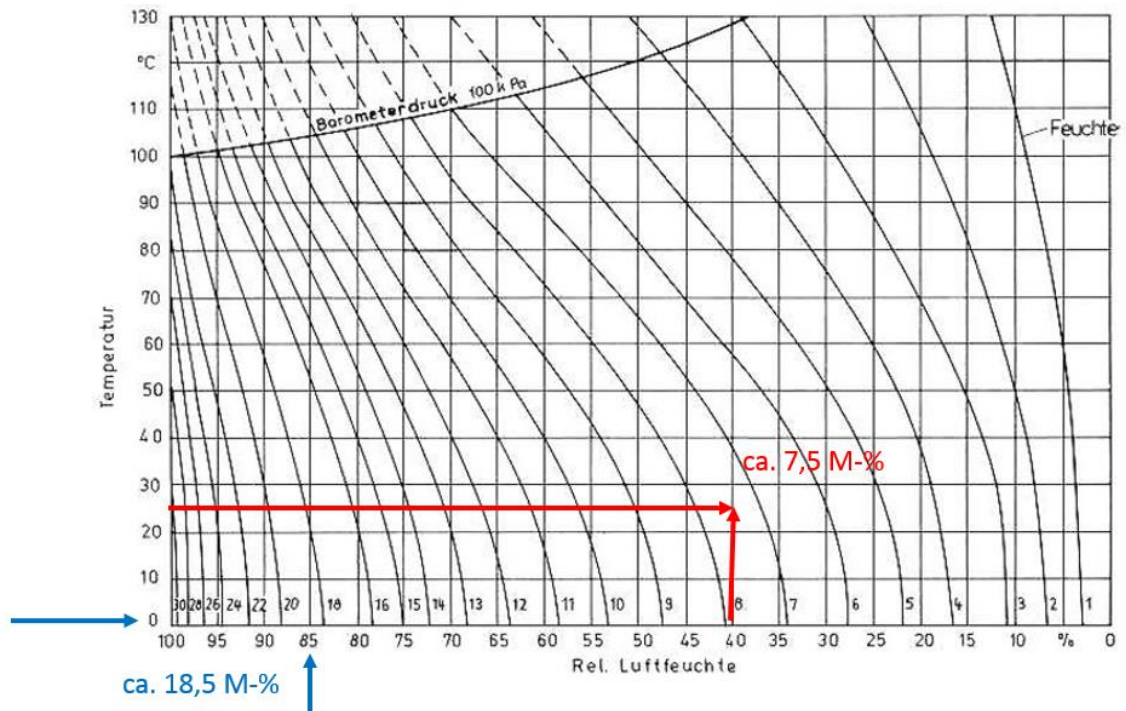


Abbildung 10: Holzfeuchtigkeit in [M-%] für 0°C und 85 % relative Luftfeuchtigkeit (Winterfall) und 25°C und 40 % relative Luftfeuchtigkeit (Sommerfall), Diagramm von [18]

Zur Herstellung der wind- bzw. luftdichten Gebäudehülle könnten die auskragenden Platten außenseitig mit strömungsdichten diffusionsoffenen Bahnen umspannt und innenseitig verklebt werden. Abbildung 11 zeigt ein Detailbeispiel einer aufgelegten Balkonplatte. Aufgrund der verringerten Schüttungshöhe im Auflagerbereich kommt es an dieser Stelle zu einem verschlechterten Trittschallschutz. Bei Wohnungstrenndecken mit Schallschutzanforderungen wird deshalb von dieser Lösung abgeraten.

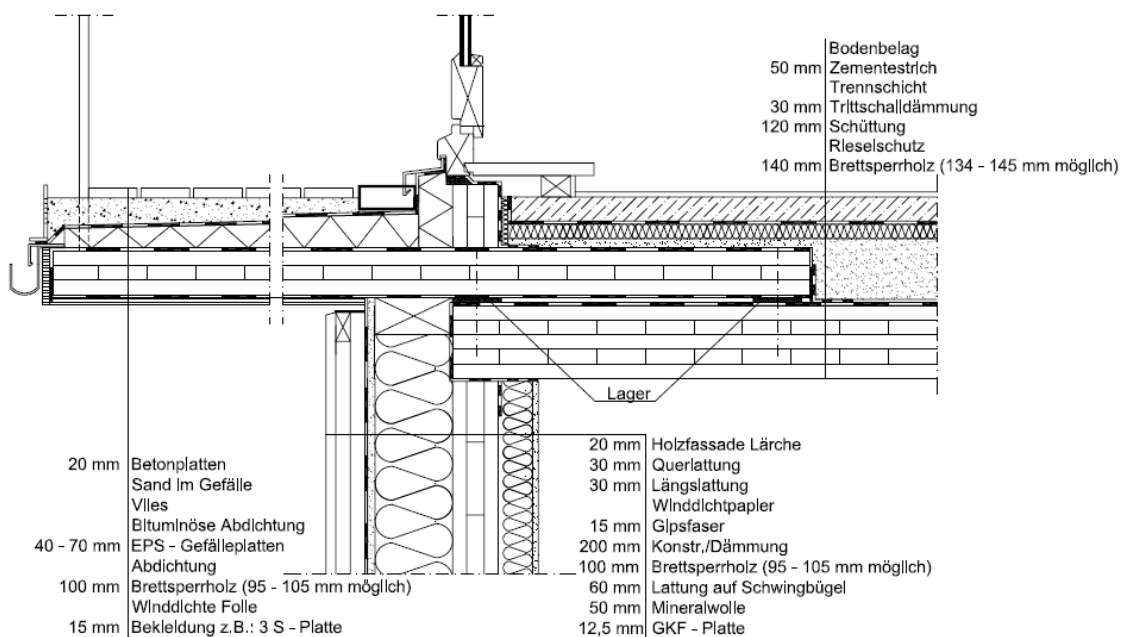


Abbildung 11: Beispiel einer aufgelegten Brettsper Holzbalkonplatte, welche mit strömungsdichten Bahnen umschlossen ist. Achtung verminderter Schallschutz im Bereich des Auflagers. [17]

Im Rahmen des Vortrages wird anhand eines Schadens aufgrund einer unzureichenden Abdichtung im Bereich der Balkonabdichtung und des erforderlichen Sanierungsaufwandes aufgezeigt, warum der Verfasser vorgestellte Balkone als robuste Lösung empfiehlt, siehe auch Abbildung 12.



Abbildung 12: Beispiel einer vorgestellten Balkonkonstruktion, welche aus konstruktiv Gründen vorzuziehen ist [17]

6. Conclusio

Der Holzbau stellt auch für den urbanen Bereich eine interessante zukunftsweisende ökologische Bauweise dar. Vorteile liegen in den Bereichen der kurzen Bauzeit, des geringen Gewichtes und der sehr guten wärmedämmenden Eigenschaften sowie der nachgewiesenen Behaglichkeit für die Nutzer. Detaillösungen, Hilfestellungen und langjährige Erfahrungen namhafter Holzbauplaner und ausführender Unternehmen liegen auch für Sockel-, Dach- und Balkonanschlüsse vor. Im Bereich der „Nahtstellen“ zwischen den einzelnen Gewerken sind gewerkeübergreifende auch in der Praxis realisierbare Lösungen frühzeitig objekt- und projektbezogen zu planen. Nicht jede theoretische Lösung bewährt sich in der praktischen Umsetzung. In jedem Fall sind robuste - vor allem in Bezug auf den konstruktiven Holzschutz - und erprobte Lösungen umzusetzen.

7. Literatur

- [1] Moser, Maximilian (2010): SOS-Schule ohne Stress. Gesundheitliche Auswirkungen einer Massivholzausstattung in der Hauptschule Haus im Ennstal. Online verfügbar: <http://www.ecswe.eu/wren/documents/2010-Nov-Artikel-Holzwirkung-Schule-Haus.pdf>. abgerufen am 20.10.2019
- [2] Ojanen, T., Peuhkuri, R., Viitanen, H., Lähdesmäki, K., Vinha, J., & Salminen, K. 2011. Classification of material sensitivity – New approach for mould growth modeling. Proceedings of the 9th Nordic Symposium on Building Physics, NSB 2011, Tampere, Finland, May 29–June 2, Vol. 2, pp. 867-874.
- [3] Teibinger, Martin; Kehl, Daniel; Mohrmann, Martin (2019): Feuchtigkeit- und Schimmelpilzbildung an Dächern, Beitrag in Aachener Bausachverständigentage 2019. S. 169 – 183. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- [4] ÖNORM B 2320: 2017-08-01: Wohnhäuser aus Holz. Technische Anforderungen.
- [5] Österreichische Arbeitsgemeinschaft Sockelanschluss im Holzhausbau (Hrsg.): Richtlinie Sockelanschluss im Holzhausbau als Leitfaden für die Planung und Ausführung von Holzhäusern. 1. Ausgabe: 10.04.2015. Online verfügbar unter: https://www.dataholz.eu/fileadmin//dataholz/media/HFA_richtlinie_sockel_20150410.pdf. abgerufen am 20.10.2019.
- [6] Kraler, Anton; Stöffler, Christian (2017): Sockelanschluss in Holzrahmenbauweise mit Brettsperreholzelementen. Tagungsbeitrag in: 8. HolzBauSpezial /Bauphysik. S. 221-227.
- [7] ÖNORM B 3691: 2019-05-01: Planung und Ausführung von Dachabdichtungen.
- [8] Zugang zu hydrographischen Daten Österreichs. Online: <https://www.ehyd.gv.at>. abgerufen am 20.10.2019
- [9] Plattform Fenster Österreich, IFB (Institut für Flachdach und Bauwerksabdichtung) (Hrsg.): Richtlinie Bauwerksabdichtung – Anschluss an bodentiefe Fenster und Türen. Teil 1 Planung. Ausgabe: V1. Online verfügbar: https://ifb.co.at/files/Richtlinien/28022019_Entwurf_Endversion_Teil1.pdf. Abgerufen am 20.10.2019
- [10] Plattform Fenster Österreich, IFB (Institut für Flachdach und Bauwerksabdichtung) (Hrsg.): Richtlinie Bauwerksabdichtung – Anschluss an bodentiefe Fenster und Türen. Teil 2 Ausführung. Ausgabe: V1. Online verfügbar: https://ifb.co.at/files/Richtlinien/28022019_Entwurf_Endversion_Teil2.pdf. abgerufen am 20.10.2019
- [11] Linhart, Werner (2019): Abdichtung von Terrassentüren Planung oder Abenteuer? Tagungsbeitrag in: Holzhaustage 2019 S. 86-103.
- [12] ÖNORM B 5320: 2017-08-15: Einbau von Fenstern und Türen in Wände – Planung und Ausführung des Bau- und des Fenster-/Türanschlusses.
- [13] Teibinger, Martin; Nusser, Bernd (2010): Planungsbroschüre. Flachgeneigte Dächer aus Holz. HFA-Schriftenreihe 29. Holzforschung Austria Wien.
- [14] Teibinger, Martin (2019): Alles trocken halten. Schädenvermeidung bei Flachdächern. In: Holzbau die neue Quadriga. 1/2019. S. 43- 46. Online verfügbar: www.derteibinger.at abgerufen am 20.10.2019
- [15] Schmidt, Daniel; Kehl, Daniel (2019): Flachdächer in Holzbauweise. Holzbauhandbuch Reihe 3, Teil 2, Folge 1. Berlin: Holzbau Deutschland-Institut e.V. online verfügbar: <https://informationsdienst-holz.de/publikationen/2-informationsdienst-holz-holzbau-handbuch/reihe-3-bauphysik/flachdaecher-in-holzbauweise/> abgerufen am 20.10.2019
- [16] Hrsg. Wissenschaftlich Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege: Merkblatt 6-8: Feuchtetechnische Bewertung von Holzbauteilen – Vereinfachte Nachweise und Simulation.
- [17] Teibinger, Martin; Matzinger, Irmgard (2013): Bauen mit Brettsperreholz im Geschoßbau – Fokus Bauphysik, Planungsbroschüre. Band 40 der HFA Schriftenreihe. Holzforschung Austria. Wien.
- [18] Kollmann, Franz (1951): Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. 2. Auflage. Springer Verlag.