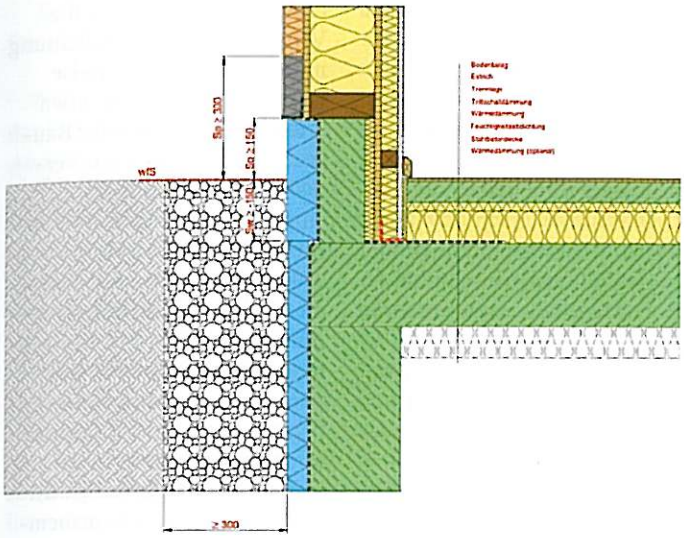


Abb. 5:
Leitdetail 5 der Holzforschung Austria „Betonsockel" [2]

keine eindeutige Einstufung in die GK 0 ermöglicht. Bei Einhalten der beschriebenen Randbedingungen und einer Höhenbegrenzung der Abdichtung auf 300 mm über Oberkante Rohfußboden hält der Autor diese Lösung hinsichtlich der hygrothermischen Funktionstüchtigkeit für machbar, sie sollte aber durch hygrothermische Simulation (2-dimensional) geprüft werden. Diese hygrothermische Prüfung wird von Daniel Zirkelbach (IBP) im Folgeartikel beschrieben. Grundvoraussetzung für die aufgezeigte Lösung ist, dass keine anstauende Feuchtigkeit vorliegt, d. h. dass der Randbereich durch gut wasserdurchlässiges Erdreich angefüllt wird und anfallendes Wasser (auch Oberflächenwasser) zügig versickern kann. Vorzuziehen ist jedoch die wandseitige Anordnung einer Kiesschicht, die weitergehende Maßnahmen wie Wurzelschutz etc. entbehrlich macht. Im Neubau sollten solche Lösungen jedoch nicht zum Regelfall werden. Durch baulich konstruktive Maßnahmen ist zu verhindern, dass eine Holzkonstruktion „eingegraben" wird.

## Die solide Lösung: Der Betonsockel (Abb. 5)

Abschließend soll eine regelkonforme Variante einer erdangeschütteten Bauweise aufgezeigt werden, die für den Neubau machbar ist. Durch eine einfache biegesteif aufgebrachte Betonaufkantung im höher erdangeschütteten Bereich kann eine fachgerechte Ausführung ohne „schlechtes Gewissen" für den Holzschutz zur Ausführung kommen, siehe Abb. 5. Untersucht und zusammengefasst wurde diese sowie viele weitere Varianten der Sockelausbildung von der Holzforschung Austria in dem Forschungsprojekt „Architektur versus Technik" [2]. Über die Ergebnisse des Forschungsvorhabens wurde ausführlich in *HOLZBAU – die neue quadriga, Heft 1/2010* berichtet.

Die Holzforschung Austria sieht im Leitdetail 5 eine gute Lösung in Bezug auf die Dauerhaftigkeit und den konstruktiven Holzschutz. Kritisch wird erwähnt, dass die Ausführung nicht sehr wirtschaftlich sei und keine hohe Vorfertigung zulasse. Nach Auffassung des Unterzeichners ist hier die Kreativität des Massivbauers gefragt. Es ist durchaus denkbar, hier mit Fertigteilen zu operieren, die gleichzeitig als Randabschalung der Bodenplatte dienen, so dass kein zusätzlicher Betoniervorgang erforderlich wird. Baukonstruktiv ist die Wärmebrückenwirkung zu beachten, die durch eine ausreichend dicke Außendämmung in Kombination mit der Installationsebene in Griff zu bekommen ist. ■

## Literatur

[1] Schulze, H.: Informationsdienst HOLZ – Baulicher Holzschutz, holzbau handbuch Reihe 3, Teil 5, Folge 2, Entwicklungsgemeinschaft Holzbau in der DGfH e.V., München, 1997

[2] Forschungsprojekt „Architektur versus Technik" www.holzforschung.at

# Teil 2: Beurteilung eines Holzbausockels mit Hilfe hygrothermischer Simulation

Im obigen Beitrag beschäftigte sich Daniel Schmidt mit einem Schaden an einem ohne zusätzliche Abdichtung ausgeführten Holzbausockel mit WDVS aus Holzfaserdämmung, der von außen mit Erdreich angeschüttet wurde. Dabei kam es zu einer Durchfeuchtung und Schädigung der empfindlichen Materialien im unteren Bereich der Wand. Der vorliegende Beitrag führt eine Analyse des aufgetretenen Schadens mit Hilfe einer zweidimensionalen hygrothermischen Simulation mit WUFI® 2D durch und überprüft die damals vorgeschlagene Sonderlösung mit Vertikalabdichtung und Perimeterdämmung bei Erdanschüttung sowie weitere Ausführungsmöglichkeiten mit unterschiedlich diffusionshemmender Abdichtung.

Autoren:
Daniel Zirkelbach,
Beate Schafaczek,
Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP), Holzkirchen

## Simulation des Schadensfalls

Die dauerhafte außenseitige Abdichtung einer Holzbauwand ist insbesondere im Sockelbereich aufgrund der unvermeidlichen Versprünge zu den Fundamenten handwerklich nicht einfach auszuführen. Wie auch im Beitrag von Sylvia Polleres in diesem Heft (S. 21 ff) beschrieben, treten in der Praxis häufig kleinere oder größere Undichtheiten auf. Zudem ent-

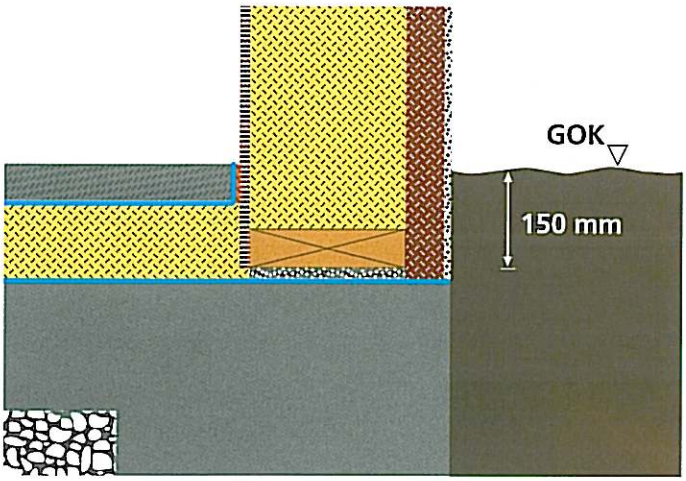



Abb. 1:
Schadensfall: durchfeuchteter Sockelpunkt

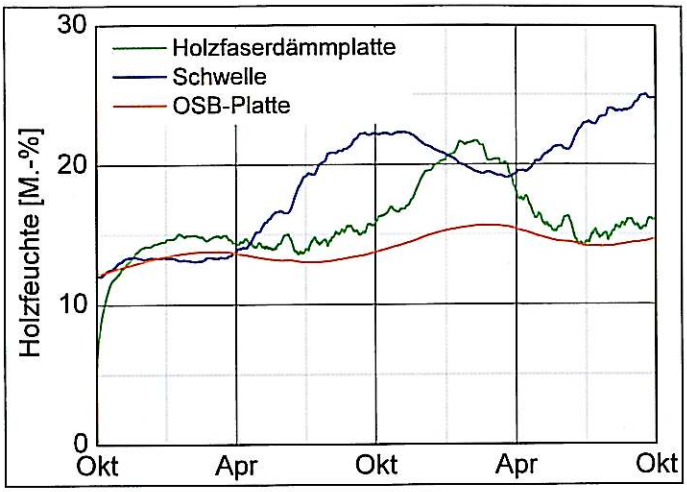



Abb. 2:
Berechneter Verlauf des Wassergehalts in der Außendämmung, der Holzschwelle und der inneren Beplankung im geschädigten Sockel

steht durch die Abdichtung in der Regel eine außenseitig diffusionshemmende Schicht, die das Austrocknungsvermögen des Holzbauteils behindert.

Eine Simulation des geschädigten Sockels (siehe Abb. 1) soll überprüfen, ob bei idealer (Wasser)Dichtheit des Sockels – also rein über Diffusion – ebenfalls ein Schaden zu erwarten ist, und welche Bereiche des Sockels davon betroffen sind.

Dazu wird der Sockel entsprechend Abb. 1 in WUFI® 2D und unter den Klimarandbedingungen von Holzkirchen und Innenraumklima mit normaler Feuchtelast über einen Zeitraum von zwei Jahren simuliert. Die Klimarandbedingungen im Erdreich unter dem Betonfundament werden dabei vereinfachend mit einem sinusförmigen Verlauf der Temperatur zwischen 8° C im Winter und 12° C im Sommer angenommen. Angrenzend an das teilweise mitberechnete Erdreich vor dem Sockel wird oben das normale Außenklima und unten das in 50 cm Tiefe im Erdreich gemessene Klima verwendet.

Die Ergebnisse in Abb. 2 zeigen, dass auch ohne eindringenden Niederschlag kritisch erhöhte Feuchten allein durch Diffusionsvorgänge im Sockelbereich auftreten. In der Holzfaserdämmung werden im zweiten Winter für gut vier Wochen Werte über 20 M.-% erreicht. Die Schwelle weist bei ebenfalls weiter steigender Tendenz im ersten Jahr Feuchtegehalte zwischen 13 und 22 M.-% und im zweiten Jahr bereits zwischen 19 und 25 M.-% auf.

Die Höchstwerte werden hier jedoch nicht im Winter sondern im Sommer erreicht, wenn das Erdreich außen feucht ist und der Dampftransport analog zum Temperaturgefälle in Richtung der kühleren Schwelle stattfindet. Die dabei entstehende Kombination aus hoher Feuchte und hohen Temperaturen ergibt für die Entstehung von Holzfäule innerhalb kurzer Zeit äußerst günstige Verhältnisse.

Auch die innenseitige OSB-Beplankung verzeichnet eine Feuchtezunahme – während des berechneten Zeitraums von zwei Jahren werden jedoch mit max. 16 M.-% (noch) keine kritischen Werte erreicht.

Diese Art der Ausführung provoziert also insbesondere im Bereich der Schwelle allein aufgrund von Dampfdiffusion innerhalb von wenigen Jahren unzuträgliche Feuchteerhöhungen und sollte daher nicht zur Anwendung kommen.

## Sockel mit XPS Perimeterdämmung

Entsprechend einem der Lösungsvorschläge wird der Sockel nun im unteren Bereich anstelle der Holzfaserdämmung mit einer Perimeterdämmung auf einer feuchteunempfindlichen Faserzementplatte und zusätzlicher Abdichtung untersucht (Abb. 3). Der Beitrag von Polleres in diesem Heft zeigt, dass die Verwendung einer Abdichtung mit einem vergleichsweise niedrigen $s_d$-Wert von etwa 2 m bei austrocknender Baufeuchte zu günstigeren Verhältnissen führen kann als eine diffusionsdichte Ausführung mit 400 m $s_d$-Wert.

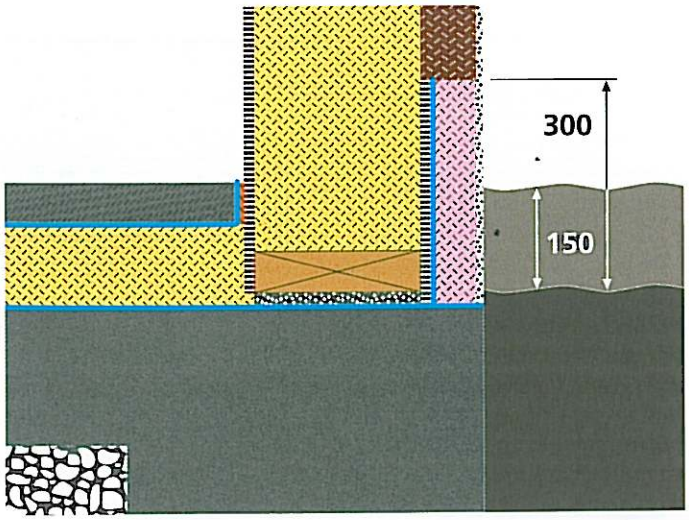
Aus diesem Grund werden diese beiden Abdichtungsvarianten hier ebenfalls betrachtet – allerdings ausgehend von trockenen Materialien beim Einbau. Bei der Perimeterdämmung werden zwei verschiedene Materialien untersucht: eine diffusionshemmende XPS-Perimeterdämmung und eine früher bereits manchmal eingesetzte diffusionsoffene Mineralwolle-Perimeterdämmung.

Der Sockel wird einmal 15 cm ins Erdreich einbindend und einmal gerade bis oberhalb des Geländes – also im Spritzwasserbereich – ausgeführt. Die übrigen Randbedingungen sind identisch wie zuvor beschrieben.

Der Wassergehalt der feuchteunempfindlichen Faserzementplatte hinter der Perimeterdämmung erweist sich als nur schwach abhängig von den gewählten Dämm- und Abdichtungsmaterialien und wird nicht näher betrachtet. Zur Bewertung der Konstruktionen wird der Feuchtegehalt in der Holzschwelle herangezogen.

In Abb. 4 wird deutlich, dass die Konstruktionen mit XPS-Perimeterdämmung weder bei Ausführung über noch bei Einbinden ins Erdreich größere Unterschiede des Feuchtegehalts aufweist. Die Holzfeuchten im Außenbereich der Schwelle zeigen nach zwei Jahren nur einen leichtem Anstieg auf etwa 14 M.-%. Da der $s_d$-Wert des Dämmmaterials selbst etwa 10 m beträgt, ist der Einfluss der Abdichtungsbahn zwar nicht vernachlässigbar, aber doch nur gering. Auch eine Ausführung mit Einbinden in das Erdreich führt nur zu einem minimalen Anstieg des Feuchteniveaus und wäre daher bei Sicherstellung der Dichtheit gegen Niederschlagswasser machbar.

Abb. 3:
Sockel mit Perimeterdämmung mit/ohne Erdanschüttung



### Sockel mit Mineralfaser Perimeterdämmung

Deutlicher fällt der Einfluss des Diffusionswiderstands der Abdichtung ins Gewicht, wenn nicht XPS sondern eine diffusionsoffene Perimeterdämmung aus Mineralwolle zum Einsatz kommt (ein Produkt, welches in früheren Jahren häufiger Anwendung fand).

In Kombination mit einer Dampfbremse mit einem $s_d$-Wert von 2 m ergibt sich bei dem in das Erdreich einbindenden Bauteil ein kontinuierlicher Anstieg der Holzfeuchte in der Schwelle von anfänglich 13 auf knapp 16 M.-% nach zwei Jahren. Der Anstieg fällt damit zwar weitaus geringer aus als in dem zunächst betrachteten Schadensfall ohne Abdichtung, trotzdem ist hier mittelfristig mit Werten über 20 M.-% und damit mit einen erhöhten Risiko für Holzfäule zu rechnen.

Bei einer Abdichtung mit einem $s_d$-Wert von 400 m dagegen verlangsamt sich der Anstieg der Holzfeuchte im zweiten Jahr bereits deutlich und liegt auf einem ähnlichen Level wie mit der XPS-Perimeterdämmung.

Wird der Sockel vollständig über dem Gelände ausgeführt, so dass die Außenoberfläche nur in Kontakt mit der Außenluft ist, drehen sich die Feuchteverhältnisse in der Konstruktion um. Die diffusionsoffene Variante zeigt einen langsameren Anstieg der Feuchte in der Schwelle auf 13,3 M.-%, die diffusionsdichtere Abdichtung liegt dagegen wie zuvor bei knapp 14 M.-%.

### Sonderlösung funktionstüchtig

Die Berechnungen haben gezeigt, dass der beschriebene Schaden unabhängig von ggf. eingedrungenem flüssigem Wasser auch bei ideal wasserdichter Ausführung des Sockelbereichs infolge von Diffusionstransport in den Bereich der Schwelle aufgetreten wäre. Die im Artikel von Daniel Schmidt beschriebene Sonderlösung zur Ausführung des erdangeschütteten Sockels mit einer annähernd diffusionsdichten Vertikalabdichtung bzw. mit diffusionshemmender XPS-Dämmung verhält sich dagegen sowohl über als auch im Erdreich diffusionstechnisch weitgehend unproblematisch. Eine sorgfältige Abdichtung gegen eindringendes Niederschlagswasser ist bei einer solchen Ausführung allerdings unbedingt zu gewährleisten, da das Trocknungspotential aus dem Schwellenbereich heraus nur minimal ist.

Die Vergleichsrechnungen mit einer nur moderat diffusionshemmenden Abdichtung mit einem $s_d$-Wert von 2 m in Kombination mit einer diffusionsoffenen Perimeterdämmung zeigen gegenüber der diffusionsdichteren Ausführung dann Vorteile, wenn das Bauteil ausschließlich an die Außenluft grenzt, was baukonstruktiv aufgrund der geringeren Schadensanfälligkeit der Regelfall sein sollte. Der Unterschied zur beschriebenen Sonderlösung ist hinsichtlich des Feuchteverlaufs rechnerisch allerdings so gering, dass beide Lösungen in der Theorie als weitgehend gleichwertig zu betrachten sind. Sobald das Bauteil ins Erdreich einbindet kann jedoch keine Trocknung unmittelbar nach außen mehr stattfinden. Die hohe Feuchte im Erdreich führt bei außen diffusionsoffener Bauweise dann zu einem permanenten Diffusionsstrom in das Bauteil hinein, der zu einem langsamen aber kontinuierlichen Anstieg der Holzfeuchte in der Schwelle führt. Eine diffusionsoffene Lösung sollte also nur dann in Betracht kommen, wenn dauerhaft feuchte Verhältnisse an der Außenoberfläche sicher ausgeschlossen werden können. Dies ist z.B. bei einem frei liegenden und belüfteten Sockel gewährleistet, der seit vielen Jahren für diesen Bereich die Regel der Technik darstellt.

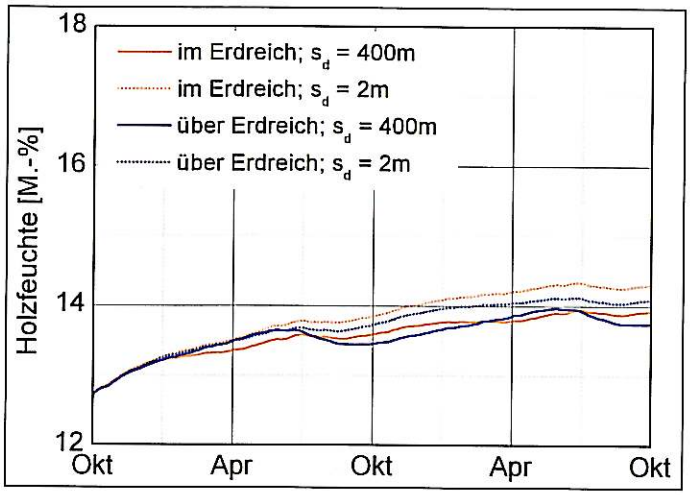



Abb. 4:
Verlauf der Holzfeuchte in der Holzschwelle mit XPS-Perimeterdämmung

### Nachweise und Regeln

Die vorgenommenen Berechnungen zeigen die Möglichkeit auf, im Einzelfall vorliegende, von den anerkannten Regeln der Technik abweichende Konstruktionen rechnerisch nachzuweisen, wenngleich für die hier erforderliche zweidimensionale Untersuchung mit WUFI-2D ein erheblicher Rechenaufwand erforderlich ist.

Das planmäßige „Eingraben" von Holzkonstruktion ist aufgrund des großen Schadenspotentials bei Ausführungsmängeln dennoch nicht zu empfehlen. Weitere Varianten der Sockelausführung für den Sonderfall mit erhöhtem Geländeniveau wurden von der Holzforschung Austria erarbeitet (*siehe Seite 14ff.*). ■

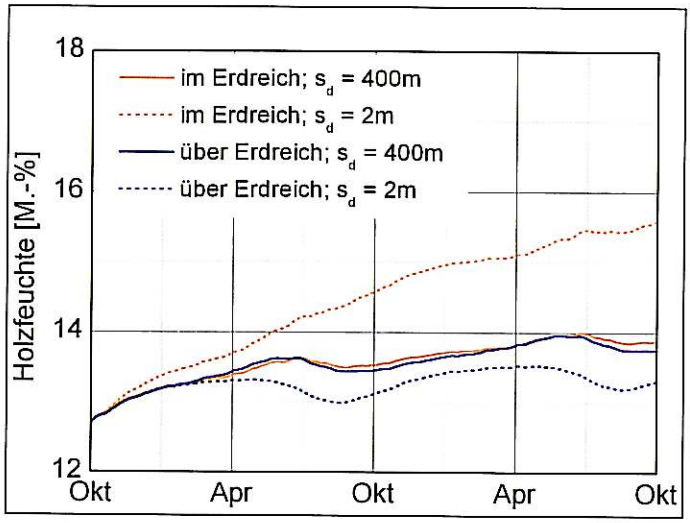



Abb. 5:
Verlauf der Holzfeuchte in der Holzschwelle mit Mineralwolle-Perimeterdämmung