

Einfluss von Undichtheiten bei der Sanierung von Plattenbauten mit Wärmedämm-Verbundsystemen

Daniel Zirkelbach, Hartwig M. Künzel, Petr Slanina

Fraunhofer-Institut für Bauphysik Holzkirchen, Postfach 1152, 83601 Holzkirchen, Deutschland



Daniel Zirkelbach

Jahrgang 1974. Abitur 1994. Studium des Bauingenieurwesens an der TU München, Abschluss 2001. Von März 2001 bis Februar 2004 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP) in Holzkirchen. Seit März 2004 Gruppenleiter und seit 2007 stellvertretender Abteilungsleiter in der Abteilung Hygrothermik. Lehraufträge für Bauphysik an der TU München und der FH Augsburg. Berufliche Schwerpunkte: Hygrothermische Simulation, Feuchteschutz und Bauen in anderen Klimazonen.



Hartwig M. Künzel

Jahrgang 1959. 1978 Abitur danach Studium des Chemieingenieurwesens an der Universität Erlangen-Nürnberg. 1987 wiss. Mitarbeiter, am Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) in Holzkirchen. Seit 1994 Leiter der Abteilung Hygrothermik am IBP. 1994 Promotion an der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität Stuttgart. Mitglied bzw. Obmann in internationalen Normungsausschüssen und Fachgremien (z.B. WTA, CEN, ASH-

RAE). Autor von mehr als 200 Veröffentlichungen in nationalen und internationalen Fachzeitschriften und Kongressbänden.



Petr Slanina

Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University Prague. Czech Republic

Jahrgang 1977. Studium des Bauingenieurwesens an der CTU Prag. Seit 2004 Doktorand am Lehrstuhl für Baukonstruktion der Fakultät Bauingenieurwesen an der CTU Prag. September bis Dezember 2007 im Rahmen eines Austauschprogramms am Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Holzkirchen. Seit Januar 2008 im Rahmen eines Austauschprogramms an der Concordia University in Montreal.

Kurzfassung

Ein weit verbreitetes Verfahren zur energetischen Sanierung von korrosionsgefährdeten Betonplattenbauten ist das Aufbringen von Wärmedämm-Verbundsystemen. Voraussetzung ist dabei allerdings, dass neben einer Verbesserung des Wärmeschutzes auch ein angemessener Schlagregenschutz erreicht wird. Da Undichtheiten, z.B. an Fensteranschlüssen, in der Praxis nie ganz auszuschließen sind, wird mit Hilfe hygrothermischer Simulationen untersucht, welchen Einfluss kleine Leckagen auf die Feuchteverhältnisse im Bereich der Bewehrung der Wetterschale von Betonsandwichelementen haben. Es zeigt sich, dass WDVS auf der Basis von Mineralwolle ein ausreichendes Trocknungspotential bieten, sodass geringere Mengen eindringenden Schlagregens den geplanten Korrosionsschutz nicht gefährden. Im Gegensatz kann das Aufbringen eines WDVS mit Polystyrol-Hartschaumdämmung, je nach Schlagregenbeanspruchung, zu Feuchteverhältnissen führen, die aus der Sicht des Korrosionsschutzes als kritisch zu bezeichnen sind.

Stichwörter: Wärmedämm-Verbundsystem (WDVS), Betonsandwichelemente, Schlagregenschutz, Bewehrungskorrosion

Effects of rain water leakage on concrete sandwich panels retrofitted with exterior insulation systems

Abstract

External thermal insulation composite systems (ETICS) are a common measure to retrofit concrete heritage buildings. ETICS improve the thermal performance of the wall and are intended to provide good rain protection for the load bearing substructure. The second point is of special interest in case of incipient corrosion of the reinforcing steel in the rain screen. However, leakages especially at window joints can cause rain water penetration to the material layers beneath the ETICS. The influence of such leakages is evaluated in this paper, using hygrothermal simulations. The results show that ETIC systems with vapour permeable insulation materials like mineral wool provide a good drying potential towards the exterior and thus allow good corrosion protection even in case of smaller leakages. The use of vapour retarding insulation materials like expanded polystyrene prevents additional moisture contents from drying out and leads to less favourable hygrothermal conditions at the reinforcement of the rain screen.

key words: *external thermal insulation composite systems (ETICS), concrete sandwich panels, driving rain protection, corrosion of reinforcing steel*

1. Problemstellung

Wärmedämmverbundsysteme haben sich in den letzten Jahren unter anderem auch bei der Renovierung von Plattenbauten bewährt, bei denen etwa dreißig Jahre nach Erstellung erste Anzeichen von Bewehrungskorrosion in der Wetterschale aufgetreten sind. Nach Aufbringen eines WDVS sinkt durch den verbesserten Schlagregenschutz und das höhere Temperaturniveau die Feuchte im Bereich der Bewehrung innerhalb einer gewissen Zeit unter 80 % r.F. womit ein Fortschreiten der Bewehrungskorrosion unterbunden wird.

Neuere Erkenntnisse und Untersuchungen zeigen, dass insbesondere im Bereich von Fenstern oder Anschlüssen ein Teil der an der Fassade auftreffenden Schlagregenmenge in die Konstruktion eindringen und in den Bereich hinter das WDVS laufen kann. Im Falle von Unterkonstruktionen in Holzbauweise hat dies in einigen Küstenregionen der USA zu z.T. massiven Schäden geführt. Dass vergleichbare Schäden auch in Europa nicht ausgeschlossen werden können zeigt [1]. Während massive Unterkonstruktionen normalerweise aufgrund der eingesetzten feuchteunempfindlichen Materialien von Schädigungen nicht betroffen sind, könnte der unplanmäßig über Undichtheiten eindringende Schlagregen bei den beschriebenen Plattenbausanierungen über zu hohe Feuchten im Bereich der Bewehrung jedoch ebenfalls zu Problemen führen. Um diese Frage zu überprüfen, werden WDVS mit diffusionshemmender und diffusionsoffener Dämmung an zwei Standorten in Deutschland mit unterschiedlichen Schlagregenbelastungen untersucht und die sich bei Undichtheiten ergebenden Feuchtegehalte der Wetterschale bezüglich des Korrosionsrisikos bewertet.

2. Untersuchungen

In [2] und [3] wurde die Eignung von WDVS für die Sanierung von Plattenbauten untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass eine diffusionshemmende Außendämmung aus expandierten Polystyrolhartschaumplatten zwar zu längeren Trocknungszeiten der Wetterschale führt als ein diffusionsoffenes System mit Mineralwolle, dieser Unterschied jedoch nur von nachrangiger Bedeutung ist, da beide Systeme innerhalb von etwa zwei Jahren hygrothermische Verhältnisse aufweisen, bei denen ein Fortschreiten der Bewehrungskorrosion in der Wetterschale ausgeschlossen werden kann. Bei den Untersuchungen wurde eine schlagregendichte Verarbeitung des WDVS zugrunde gelegt. Dies ist in der Realität nicht immer gegeben, wie die oben genannten Schadenfälle dokumentieren.

Der Entwurf der neuen ASHRAE-Norm 160P [4] zur feuchtesicheren Planung von Gebäuden fordert, bei der Planung Undichtheiten der Konstruktion zu berücksichtigen, indem (bei fehlenden genaueren Werten aus Bewitterungstests) 1 % des außen auf der Fassade auftreffenden Schlagregens hinter der Dämmung auf der Witterungsschutzbahn der Unterkonstruktion zugeführt wird. Nur wenn diese zusätzliche Feuchtemenge schadenfrei aus der Konstruktion austrocknen kann, ist die Feuchtesicherheit der Konstruktion gewährleistet. Daher werden die in [2] mit Hilfe des vielfach validierten Verfahrens zur Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen WUFI® [5] durchgeführten Berechnungen im folgenden für die Varianten mit 10 cm Dämmung wiederholt. Diesmal werden neben den schlagregendichten Varianten auch Undichtheiten berücksichtigt, bei denen Anteile des auf die Fassade auftreffenden Schlagregens von 1.0, 0.5 und 0.25 % der Wetterschale hinter dem WDVS zugeführt werden.

Die Konstruktionen bestehen von innen nach außen aus:

- 15 mm Gipsputz
- 150 mm Tragschale aus Beton
- 50 mm EPS Kerndämmung
- 60 mm Wetterschale aus Beton
- WDVS mit 100 mm Mineralwolle (MW) und mineralischem Außenputz oder mit 100 mm Polystyrolämmung (EPS) und Kunstharz-Außenputz

Beide Dämmstoffe gehören bei sehr unterschiedlichen Wasserdampfdiffusionswiderständen zur Wärmeleitfähigkeitsklasse 040. Die Diffusionswiderstandszahl (μ -Wert) liegt für die Mineralwolle-dämmung bei 1.3 und für die Polystyrolplatten bei 30. Die Betonüberdeckung der Bewehrung in der Wetterschale sollte in der Regel 25 mm betragen – die Abweichungen in der Realität sind jedoch groß. Die Anfangsfeuchte in der Wetterschale wird mit der Gleichgewichtsfeuchte bei 95 % relativer Luftfeuchte (r.F.) angenommen; dies entspricht einem Wassergehalt von 118 kg/m³. Für den Wassergehalt in den übrigen Materialschichten wird die Gleichgewichtsfeuchte bei 80 % r.F. (in etwa der Jahresmittelwert der Außenluftfeuchte in Mitteleuropa) zugrunde gelegt. Als Klimarandbedingung wird zum einen wie bereits zuvor ein für den Standort Holzkirchen im bayerischen Alpenvorland typischer Klimadatensatz mit stündlichen Werten für Lufttemperatur, relative Feuchte, Solarstrahlung, Niederschlag, Windrichtung und –geschwindigkeit verwendet. Holzkirchen ist nach DIN 4108 Teil 3 der Schlagregengruppe III zuzuordnen. Tatsächlich liegt die Niederschlagsbelastung in Holzkirchen am oberen Rand der für die Schlagregengruppe III typischen Bandbreite. Um auch die Verhältnisse bei etwas geringeren Schlagregenbeanspruchungen zu erfassen, wird auch der Standort Hannover, nach DIN in der Schlagregengruppe II, untersucht. Im Innenraum werden jeweils Wohnraumverhältnisse mit normaler Feuchtelast nach WTA-Merkblatt 6-2-01/D [] verwendet. Dies entspricht einem über das Jahr sinusförmigen Verlauf von Temperatur und Feuchte zwischen 22 °C und 60 % r.F. im Sommer und 20 °C und 40 % r.F. im Winter. Die Berechnungen beginnen jeweils vor der Tauperiode Anfang Oktober und werden über einen Zeitraum von fünf Jahren durchgeführt.

3. Ergebnisse

Zur Bewertung der verschiedenen Konstruktionen wird die relative Feuchte im Bereich der Bewehrung der Wetterschale herangezogen. Nur wenn die Feuchte an dieser Position unterhalb von 80 % r.F. bleibt, kann nach [6] ein Fortschreiten der Korrosion verhindert werden.

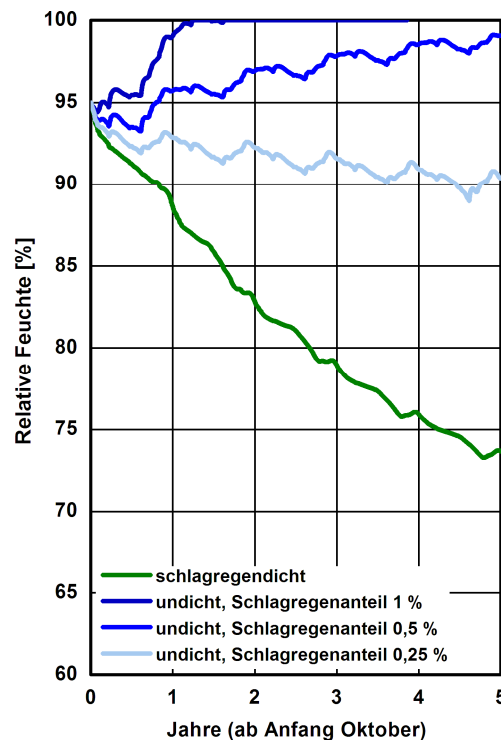


Abb. 1: Zeitlicher Verlauf der relativen Feuchte an der Position der Betonbewehrung in der Wetterschale der Plattenbaukonstruktion in Abhängigkeit von der Schlagregendichtheit der Konstruktion.

Standort Holzkirchen, WDVS mit EPS-Dämmung.

Abb. 1 zeigt den zeitlichen Verlauf der relativen Feuchte im Bereich der Bewehrung für die dichte, sowie die drei schlagregenundichten Konstruktionen über die berechneten fünf Jahre. Im Falle der schlagregendichten Konstruktion sinkt die Feuchte von den anfänglich angenommenen 95 % r.F. kontinuierlich auf einen Wert von unter 75 % r.F. nach fünf Jahren. Bei einer durch Undichtheiten in Anschlussbereichen der Konstruktion eindringenden Wassermenge entsprechend 0.25 % des außen auftreffenden Schlagregens verläuft die Trocknung der Wetterschale deutlich langsamer und nach fünf Jahren wird lediglich ein Wert von etwa 90 % r.F. erreicht. Wenn noch größere Schlagregenmengen in die Konstruktion hinter dem WDVS eindringen, ist sogar ein weiterer Anstieg des Feuchtegehalts der Wetterstation über den Anfangswert von 95 % r.F. zu beobachten. Im Falle eines Schlagregenanteils von 0.5 % werden nach fünf Jahren bei noch nicht beendetem Anstieg 98 % r.F. bei einem Anteil von 1.0 % bereits nach einem Jahr 100 % r.F. und somit flüssiges Wasser in der Wetterschale erreicht.

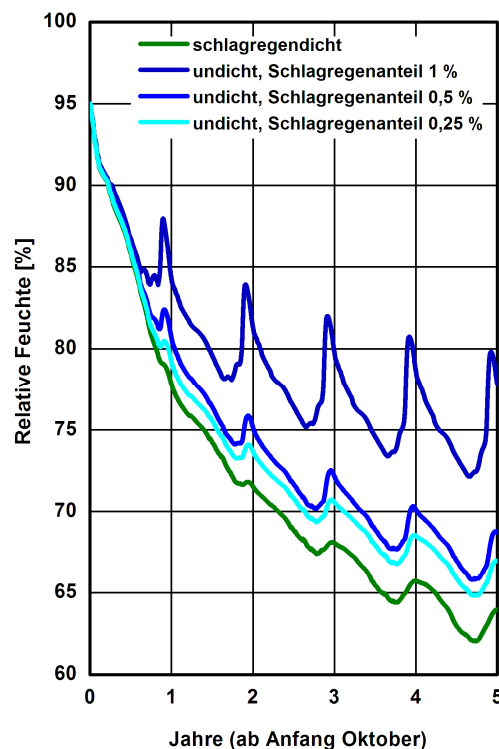


Abb. 2: Zeitlicher Verlauf der relativen Feuchte an der Position der Betonbewehrung in der Wetterschale der Plattenbaukonstruktion in Abhängigkeit von der Schlagregendichtheit der Konstruktion.

Standort Holzkirchen, WDVS mit MW-Dämmung.

Ersetzt man die diffusionshemmende EPS-Dämmung durch die diffusionsoffenere Mineralwollendämmung ergeben sich die in Abb. 2 dargestellten Feuchteverläufe. Die schlagregendichte Variante trocknet vergleichsweise rasch von 95 % r.F. zu Beginn auf unter 65 % r.F. gegen Ende der Berechnung. Die beiden Varianten mit einem eindringenden Schlagregenanteil von 0.25 bzw. 0.5 % liegen gegen Ende der Berechnung mit Werten zwischen 66 und 68 % r.F. nur geringfügig schlechter als die die dichte Konstruktion. Und auch bei einem Schlagregenanteil von 1.0 % unterschreitet die relative Feuchte im Bewehrungsbereich im fünften Winter den Wert von 80 % r.F. Tendenziell ist bei allen

vier Varianten ein Anstieg der Feuchte während des Sommers aufgrund der zahlreicheren Schlagregenereignissen zu verzeichnen, während im Winter eine deutliche Trocknung der Konstruktionen stattfindet.

Abb. 3 zeigt den zeitlichen Verlauf der relativen Feuchte in den mit Polystyrolplatten gedämmten Konstruktionen am Standort Hannover. Ebenso wie in Holzkirchen ergibt sich für die schlagregendichte Variante eine schnelle Trocknung der Wetterschale im Bereich der Bewehrung von anfänglich 95 % r.F. auf gut 70 % r.F. nach fünf Jahren. Auch die Variante mit einem Schlagregenanteil von 0,25 % unterschreitet während des berechneten 5-Jahres-Zeitraums noch den Wert von 80 % r.F. Bei einem Schlagregenanteil von 0,5 % liegt der Endwert nach einer geringeren Austrocknung bei immer noch etwa 84 % und bei einem Anteil von 1,0 % ist wiederum ein wenn auch nur geringfügiger Anstieg der Feuchte im Bewehrungsbereich mit einem Endwert von etwa 96 % r.F. zu verzeichnen. Aufgrund der geringeren Schlagregenbelastung in Hannover ergeben sich insgesamt in der Wetterschale deutlich niedrigere Feuchten als am Standort Holzkirchen.

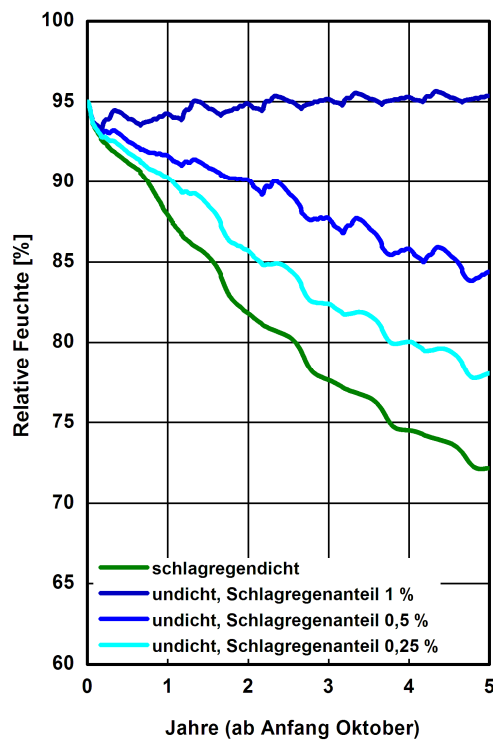


Abb. 3: Zeitlicher Verlauf der relativen Feuchte an der Position der Betonbewehrung in der Wetterschale der Plattenbaukonstruktion in Abhängigkeit von der Schlagregendichtheit der Konstruktion.

Standort Hannover, WDVS mit EPS-Dämmung.

Auch im Falle des mit Mineralwolle gedämmten WDVS ergeben sich in der Unterkonstruktion in Hannover niedrigere Feuchteverhältnisse als in Holzkirchen. Dabei verringern sich die Feuchtegehaltsunterschiede bei den vier verschiedenen Varianten auf nur noch wenige Prozent. Erwartungsgemäß stellen sich die niedrigsten Feuchtegehalte bei der schlagregendichten Variante ein. Bei relativ zügiger Austrocknung werden bei jahreszeitlich bedingten Schwankungen von etwa 5 % r.F. nach fünf Jahren Werte von etwa 70 % r.F. erreicht (Abb. 4)). Die fast parallel verlaufenden Kurven der schlagregenundichten Konstruktionen erreichen im Fall eines Schlagregenanteils von 0,25 % etwa 71 % r.F. bei 0,5 % etwa 72 % r.F. und bei 1,0 % 74 % r.F. gegen Ende der berechneten fünf Jahre. Die Kurvenverläufe lassen dabei auf ein weiteres Austrocknen der Wetterschale schließen.

4. Bewertung der Ergebnisse

Die extrem hohe Schlagregenbelastung in Holzkirchen führt im Falle von Undichtheiten des WDVS in Anschlussbereichen zu einem starken Feuchteintrag hinter die Dämmebene. Treten diese Undichtheiten bei einem WDVS mit diffusionshemmender EPS-Dämmung auf, so bleibt die relative Feuchte in Bereich der Bewehrung über den berechneten Zeitraum von fünf Jahren immer über Werten von 90 % r.F. Bei einer Undichtheit mit einem eindringenden Schlagregenanteil von 1.0 werden sogar dauerhaft 100 % Feuchte und somit annähernd Wassersättigung erreicht. Die im Bereich der Wetterschale eingedrungene Feuchte kann aufgrund der beidseitig relativ diffusionsdichten Materialien weder nach innen noch nach außen aus der Konstruktion austrocknen. Mit Werten von deutlich über 80 % herrschen weiterhin Bedingungen, bei denen eine Korrosion des Bewehrungsstahls fortschreiten kann.

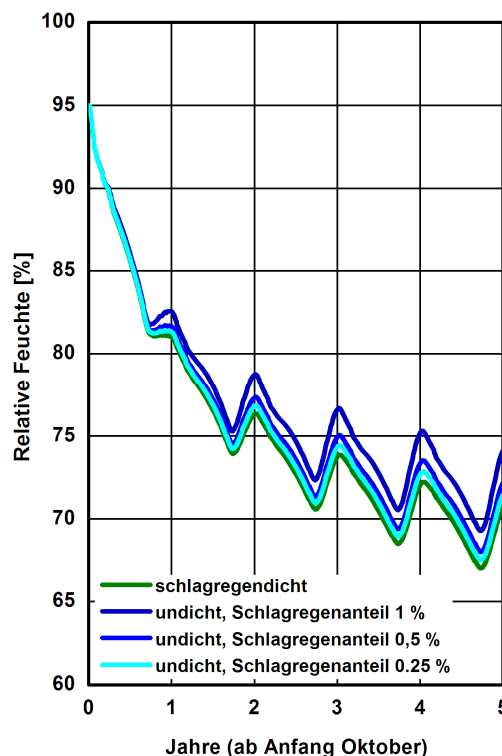


Abb. 4: Zeitlicher Verlauf der relativen Feuchte an der Position der Betonbewehrung in der Wetterschale der Plattenbaukonstruktion in Abhängigkeit von der Schlagregendichtheit der Konstruktion.

Standort Hannover, WDVS mit MW-Dämmung.

Die Verwendung einer diffusionsoffenen Mineralwolledämmung ermöglicht dagegen eine Austrocknung der unplanmäßig eingedrungenen Feuchte nach außen. Bleiben die über Undichtheiten eindringende Schlagregenmenge im Bereich unter 0.5 % so wird auch bei der extremen Schlagregenbelastung in Holzkirchen ein Unterschreiten der kritischen 80 % r.F. an der Bewehrung innerhalb von gut einem Jahr erreicht. Bei einem eindringenden Schlagregenanteil von 1.0 % dagegen wird der Wert von 80 % r.F. ab dem zweiten Jahr temporär und ab dem fünften Jahr dann ebenfalls dauerhaft unterschritten.

Die geringere Schlagregenbelastung in Hannover resultiert in günstigeren hygrothermischen Bedingungen bei den untersuchten Varianten. Ein WDVS mit EPS-Dämmung bietet ausreichend Trocknungspotential, wenn die eindringenden Schlagregenmengen bei maximal 0.25 % liegen. Bei höheren Werten ist eine Trocknung nur über längere Zeiträume (bis etwa 0.5 %) oder gar nicht mehr gewährleistet (bei 1.0 %). Das nach außen durch eine diffusionsoffene Mineralfaserdämmung erzielte Trocknungspotential ist dagegen auch bei der mit einem Schlagregeneintrag von 1.0 % undichtesten Vari-

te noch ausreichend. Die kritischen 80 % r.F. werden bei dieser Dämmung bei allen Varianten nach etwa 1.5 Jahren unterschritten.

4. Schlussfolgerungen

Die zuvor beschriebenen Untersuchungen und Ergebnisse zeigen, dass ein WDVS eine geeignete Sanierungsmaßnahme im Falle einer Bewehrungskorrosion in der Wetterschale von Betonplattenbauten darstellt. Die wegen der Nähe zu den Alpen hohen Niederschlagsmengen in Holzkirchen erfordern allerdings insbesondere bei Verwendung eines diffusionshemmenden Dämmstoffs wie EPS eine äußerst sorgfältige Ausführung der Anschlussdetails z.B. im Bereich von Fenstern, um das unplanmäßige Eindringen von Niederschlagswasser zu verhindern. Bei einer geringeren Schlagregenbelastung wie in Hannover sind die Verhältnisse zwar günstiger, aber auch hier führen größere Undichtheiten zu Feuchtegehalten in der Wetterschale, die eine weitere Korrosion begünstigen können. Wenn die Dichtheit der Anschlussdetails nicht mit ausreichender Sicherheit zu gewährleisten ist, sind diffusionsoffene Dämmstoffe, wie z.B. Mineralwolle, zu bevorzugen. Durch das deutlich höhere Austrocknungspotential nach außen werden günstigere hygrothermische Verhältnissen in der Wetterschale und damit auch ein dauerhaft besserer Korrosionsschutz der Bewehrung erreicht, als beim Einsatz einer diffusionshemmende EPS-Dämmung.

5. Literatur

- [1] Künzel H.M., Zirkelbach D.: *Feuchteverhalten von Holzständerkonstruktionen mit WDVS – Sind die Erfahrungen aus amerikanischen Schadensfällen auf Europa übertragbar?* wksb Jg.: 52, Nr.58, S. 50-57, 2007
- [2] Künzel H.M., Gertis K.: *Plattenbausanierung durch Außendämmung*. IBP-Mitteilung Nr. 305, Jg. 23, 1996
- [3] Zirkelbach, D., Gawin, D.: *Renovation of Concrete Facades by Means of Exterior Thermal Insulation Composite Systems (ETICS)*. Building Physics in Theory and Practice 2005, vol. 1, TU-Lodz, pp. 230-238
- [4] BSR/ASHRAE Standard 160P: *Design Criteria for Moisture Control in Buildings*. Public review draft Sept. 2006.
- [5] Künzel, H.M.: *Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten*. Dissertation Universität Stuttgart 1994.
- [6] Marquardt, H.: *Korrosionshemmung in Betonsandwichwänden durch nachträgliche Wärmedämmung*. Dissertation an der Technischen Universität Berlin 1990.