



*Severin Hauswirth  
dipl. Holzinger, FH  
Zeugin Bauberatungen AG  
Münsingen, Schweiz*

## Hinterlüftung bei Holzfassaden



*Daniel Kehl  
Dipl.-Ing. (FH),  
wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Berner Fachhochschule  
Architektur, Holz und Bau  
Biel, Schweiz*



# Hinterlüftung bei Holzfassaden

## Einleitung

Nach Durchführung einer grossen Schweizer Forschungsinitiative zum Thema „Brandschutz im Holzbau“ sind seit 2005 Aussenwandbekleidungen aus Holz unter Zuhilfenahme von bestimmten Brandschutzmassnahmen bis zur Hochhausgrenze (22 m) möglich [1]. Dazu zählen unter anderem auch Aussenwandbekleidungen, deren Hinterlüftungsraum geschossweise unterbrochen und oben verschlossen wird. Solche Fassaden weisen brandschutz-technische Vorteile auf, da sie die Brandweiterleitung hinter der Bekleidung reduzieren bzw. verhindern. In diesem Zusammenhang stellte sich die Frage, ob eine Hinterlüftung von Holzfassaden aus bauphysikalischer Sicht überhaupt notwendig ist. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens an der Berner Fachhochschule – Architektur, Holz und Bau in Biel/Bienne wurde dieser Frage nachgegangen [2].

Bei der Betrachtung von Fassadenbekleidungen müssen zunächst vier verschiedene Arten der Hinterlüftung unterschieden werden (Abb. 1). Dabei kann der Luftaustausch zwischen der Aussenluft und dem Hinterlüftungsraum über drei Wege erfolgen: über die untere Öffnung, über die obere Öffnung und bei kleinteiligen Fassaden (Nut- und Feder-, Stülpchalung oder Schindeln) sowie über die Fugen der Bekleidung. Dabei wird der Luftwechsel durch die solare Einstrahlung und dem damit verbundenen thermischen Auftrieb wie auch durch die Windwirkung verursacht.

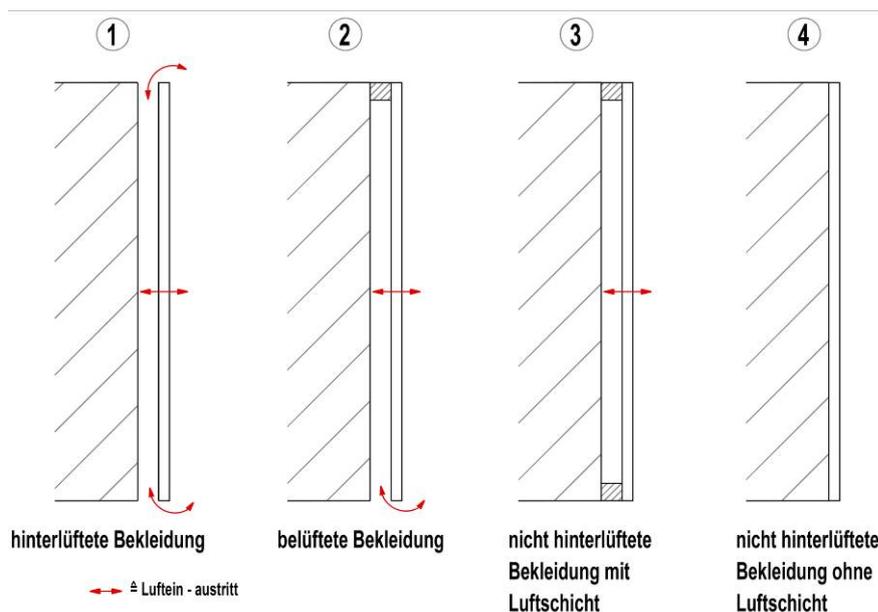


Abb. 1: Vier verschiedene Arten der Hinterlüftung von Bekleidungen

- 1) hinterlüftete Fassade - Luftwechsel über oben- und untenliegende Öffnungen sowie durch die Fugen der Fassadenbekleidung
- 2) belüftete Fassade - Luftwechsel über untenliegende Öffnung sowie durch die Fugen der Fassadenbekleidung
- 3) nicht hinterlüftete Fassade mit Luftschicht und hohem Fugenanteil (Nut und Feder; Stülpchalung) - Luftwechsel nur über Fugen der Fassadenbekleidung
- 4) nicht hinterlüftete Fassade ohne Luftschicht – kein Luftwechsel

## Kurzer Rückblick

In den letzten 50 bis 60 Jahren haben sich verschiedene Forscher in unterschiedlichster Weise mit der Hinterlüftung von Aussenwandbekleidungen beschäftigt (u.a. [3]-[6]). Eine gute Übersicht über den aktuellen internationalen Stand gibt [6]. Dabei wurde auch immer wieder die Notwendigkeit der Hinterlüftung von Fassaden untersucht und hinterfragt. Bereits seit der Untersuchung von Mayer, Künzel 1980 [5] liegen Erkenntnisse vor, dass auf eine Hinterlüftung bei kleinteiligen Fassaden, wie sie bei Holzbekleidungen aus Brettern oder Schindeln vorliegen, verzichtet werden kann, - darauf wird nachfolgend noch weiter eingegangen. Auch neuere Untersuchungen aus Österreich [7] resultieren im selben Fazit.

## Regelwerke

Dies widerspricht allerdings der aktuellen Normung SIA 233 [8], die Be- und Entlüftungsöffnungen sowie einen ausreichenden Hinterlüftungsquerschnitt vorschreiben. Es wird zudem gefordert, dass das in den Hinterlüftungsraum eingedrungene Wasser keine unzulässige Feuchtebelastung in den dahinterliegenden Schichten bewirken darf und abgeführt werden muss. In deutschen Regelwerken [9], [10] finden sich aber auch Hinweise, dass nicht hinterlüftete Fassaden mit einer ausreichenden Luftschicht durchaus zulässig sind. In [10] wird erläutert, dass bei einer Bretterfassade der Fugenanteil so gross ist, dass die Feuchte aus Niederschlag und Diffusion ausreichend entweichen kann.

## Forschung von 1980

In der bereits erwähnten Untersuchung von Mayer, Künzel [3] trockneten nasse Porenbetonwände mit einer vertikalen Nut- und Federschalung auf einer horizontalen Lattung gut und schnell aus (Abb. 2: Punkte, Konstruktion b). Die Fassade war somit „nicht hinterlüftet mit Luftschicht und mit hohem Fugenanteil“. Auch die Holzfeuchte der Lattung blieb im unkritischen Bereich (nicht abgebildet).

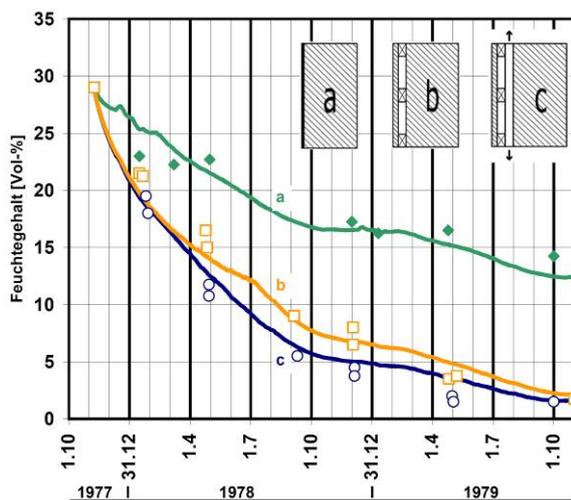


Abb. 2: Austrocknungsverhalten dreier Porenbetonwände (Messung: Punkte [5] / Simulation: Linien [2]) mit

- einer außen dampfdichten Abdeckung (damalige Bezeichnung: Wand 1),
- einer nicht hinterlüfteten Fassade mit Nut und Kamm auf horizontaler Lattung (damalige Bezeichnung: Wand 9) und
- einer hinterlüfteten Fassade mit Nut und Kamm (damalige Bezeichnung: Wand 10).

Simulation (Linien) und Messungen (Punkte) stimmen gut überein. Trotz fehlender Hinterlüftung trocknet die Wand b) schnell aus.

## Validierung des hygro-thermischen Modells

Um die damaligen Erkenntnisse auf heutige Konstruktionen übertragen zu können, wurden zunächst die Freilandmessungen [3] mit dem hygro-thermischen Simulationsmodell WUFI® des Fraunhofer Instituts für Bauphysik (IBP) nachsimuliert [2]. Dabei galt das Hauptaugenmerk der Luftwechselrate hinter der Bekleidung. Zudem mussten die Klimarandbedingungen (innen und aussen) entsprechend angepasst werden. Die Aussentemperatur während dem Untersuchungszeitraum (1977-1978) entsprach etwa dem Referenzjahr (1991), welches vom IBP Holzkirchen für hygrothermische Simulationen verwendet wird [11].

Im Belüftungsmodell von WUFI® wird ein konstanter Luftwechsel hinter einer Fassade angenommen. Dieser hängt in der Regel von den Öffnungen, der Windanströmung und der Solarinstrahlung ab und ist daher unregelmässig. Wie [12] allerdings zeigt, reicht für langfristige Betrachtungen ein mittlerer Luftwechsel aus und ergibt gute Übereinstimmungen mit Freilandversuchen [12], [13]. Dies bestätigen auch die Simulationen in Abb. 2 (Linien). Für die Luftwechselzahlen ergeben sich danach Werte  $> 50 \text{ h}^{-1}$  für „hinterlüftete Fassaden“ und  $20 \text{ h}^{-1}$  für „nicht hinterlüftete Fassaden mit Luftschicht und hohem Fugenanteil“ sowie „belüftete Fassaden“. Im Vergleich zu anderen Untersuchungen [6], [13] liegen diese Werte in ähnlicher Größenordnung.

## Eingeplante Sicherheiten

Die ermittelten Luftwechselzahlen und die oben erzielten Ergebnisse der Validierung gelten zunächst nur für die vorhandene Lage des Gebäudes (Freilandversuchsstelle IBP Holzkirchen). Hingegen können sich die Lage (windgeschützt / nicht windgeschützt) und Ausrichtung der Fassade auf den Luftwechsel auswirken. Um dies zu berücksichtigen, wurden die Luftwechsel in den weiteren Berechnungen je nach Umgebung um 35 % (normale Abschirmung, z.B. städtische Bebauung) und 70 % (stark windgeschützte Lage, z.B. Wald) in Anlehnung an EN 832 [14] reduziert. Daraus ergeben sich die Luftwechselraten in Tabelle 1.

| Art der Hinterlüftung   | Luftwechsel [ $\text{h}^{-1}$ ] |      |                               |      |                    |      |
|---|---------------------------------|------|-------------------------------|------|--------------------|------|
|   | Keine Abschirmung               |      | durchschnittliche Abschirmung |      | Starke Abschirmung |      |
|   | z.B. freies Gelände             |      | z.B. Stadt                    |      | z.B. Wald          |      |
|   | Luftschichtdicke [mm]           |      |                               |      |                    |      |
|   | 30                              | 50   | 30                            | 50   | 30                 | 50   |
| Hinterlüftete Fassade   | 50,0                            | 30,0 | 32,0                          | 20,0 | 17,0               | 11,0 |
| "Belüftet" und "nicht hinterlüftet mit Luftschicht und Fugen" | 20,0                            | 12,0 | 13,0                          | 7,0  | 7,0                | 3,0  |

Tab. 1: Für die Simulation: ansetzbare, konstante Luftwechselzahlen (30 und 50 mm Luftschichtdicke) nach Art der Hinterlüftung und Abschirmung (in Anlehnung an EN 832 [14]). Bei grossformatigen Plattenwerkstoffen wird bei nicht hinterlüfteten Fassaden mit Luftschicht der Luftwechsel auf  $0 \text{ h}^{-1}$  gesetzt.

Neben dem Luftwechsel wurden folgende Sicherheiten im Berechnungsmodell berücksichtigt (die Herleitung der einzelnen Faktoren sind dem Forschungsbericht [2] zu entnehmen):

- Luftundichtheiten der Konstruktion und den damit verbundenen Feuchteintritt von innen durch Konvektion [15]
- Nordausrichtung
- reduzierte Strahlungsabsorptionszahlen
- hohe Materialfeuchten (z.B. Baufeuchte bei massiven Wänden)
- Schlagregeneintritt hinter die Fassade nach ASHRAE 160 [16]

## Einflüsse auf heutige Konstruktionen

Nach den umfangreichen Sicherheits- und Grenzwertbetrachtungen wurden unterschiedliche Konstruktionen mit den oben erwähnten Rahmenbedingungen simuliert. So wurden Holzbau- (siehe Abb. 3) und Massivbaukonstruktionen (trocken und baufeucht) mit unterschiedlichen Holzfassaden analysiert. Anhand der Holzbaukonstruktion werden nachfolgend die Effekte der Hinterlüftung dargestellt.

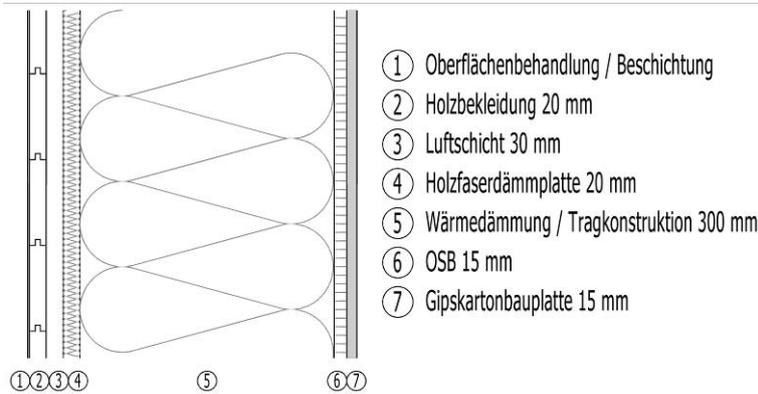


Abb. 3: Holzbaukonstruktion, die mit unterschiedlichen hinterlüfteten bzw. belüfteten Bekleidungen berechnet wurde

## Abschirmung der Fassade

Bei einer städtischen Bebauung (normale Abschirmung) ergibt sich aus Tabelle 1 ein Luftwechsel von  $13 \text{ h}^{-1}$  für „belüftete Konstruktionen“ oder „nicht hinterlüftete und kleinteiligen Fassaden“. Die höchste Holzfeuchte ergibt sich bei der Variante mit Nordausrichtung und ohne Beschichtung. Der maximale Feuchtegehalt steigt im Winter auf knapp über 20 M-% (Abb. 4). Dieser Feuchtegehalt wird auch bei einer vollständig hinterlüfteten Fassade erreicht.

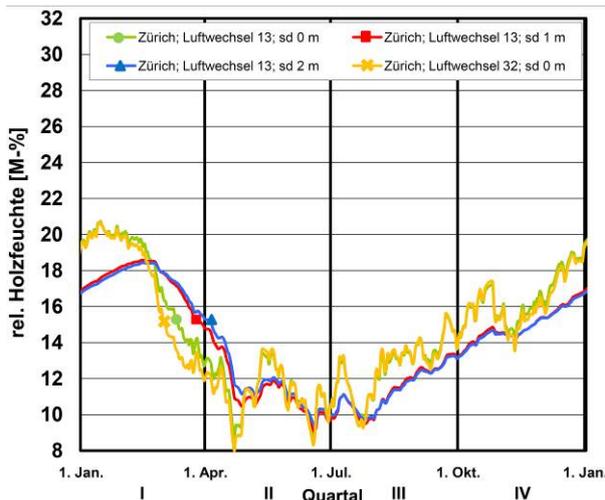


Abb. 4: Zürich (Schweizer Mittelland: 556 m ü.NN): Holzfeuchte [M-%] einer „belüfteten“ oder „nicht hinterlüfteten Holzfassade mit Luftschicht und hohem Fugenanteil“ bei normaler Abschirmung (Luftwechsel  $13 \text{ h}^{-1}$ ); mit und ohne Beschichtungen (verschiedene sd-Werte); eingeschwungener Zustand“

Selbst wenn man den Luftwechsel auf  $7 \text{ h}^{-1}$  senkt und damit fast halbiert, ergibt sich am Standort Zürich keine Erhöhung der Materialfeuchte. Auch die hinter der Fassade liegende Holzfaserdämmplatte bleibt unkritisch (nicht abgebildet). Der Luftwechsel reicht folglich aus, um mögliche Feuchte durch Schlagregen und Diffusion von innen abzutransportieren.

## Diffusion von innen

Am Standort Davos wären die Materialfeuchten im Winterhalbjahr auf Grund des trockeneren Klimas prinzipiell geringer (Abb. 5: Luftwechsel  $13 \text{ h}^{-1}$ ). Jedoch erzeugt das kältere Aussenklima eine verstärkte Diffusion von innen nach aussen, wodurch die Holzfeuchte der Fassade bei geringen Luftwechseln ansteigt (Abb. 5: Luftwechsel  $7 \text{ h}^{-1}$ ), jedoch im unkritischen Bereich bleibt. Somit funktionieren „belüftete Fassaden“ und „nicht hinterlüftete, kleinteilige Fassaden“ auch ohne die nach SIA 233 [8] definierten Lüftungsöffnungen.

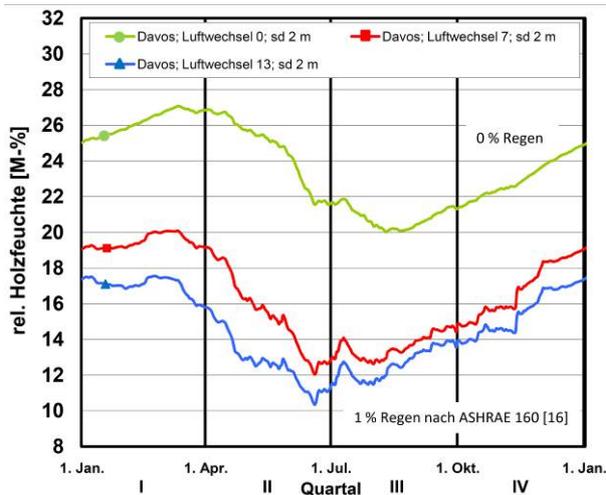


Abb. 5: Davos (Alpen Lage: 1590 m ü.NN): Holzfeuchte [M-%] einer Fassade mit unterschiedlichen Luftwechseln im eingeschwungenen Zustand bei konstantem sd-Wert der Beschichtung von 2,0 m.

Im Extremfall, z.B. bei Plattenfassaden ohne Fugenanteil, wo kaum ein Luftwechsel aber auch kein Regeneintritt hinter die Fassade zu erwarten ist, wird die Diffusion von innen nach aussen die massgebende Grösse. Zusätzlich wirkt sich die Beschichtung auf der Fassade mit höheren äquivalenten Luftschichtdicken (sd-Wert) negativ aus. Infolge dessen sind zu hohe Materialfeuchten in der Bekleidung (Abb. 5: Luftwechsel  $0 \text{ h}^{-1}$ ) und der aussenliegenden Beplankung (Holzfaserdämmplatte) vorhanden. Folglich funktioniert eine „nicht hinterlüftete Bekleidung mit Luftschicht“ ohne Luftaustausch unter diesen Klimabedingungen je nach Beschichtung und Orientierung nicht.

## Praxisbeispiel

Dass „nicht hinterlüftete Bekleidung mit Luftschicht und hohem Fugenanteil“ auch in der Praxis funktionieren, zeigen Messungen an einem Projekt in Rain (CH) [17]. Hier wurden zum Vergleich Messungen hinter zwei unterschiedlichen Nut- und Kammschalungen durchgeführt. Eine Fassade ist „hinterlüftet“ und eine weitere geschossweise unterbrochen; sprich „nicht hinterlüftet mit Luftschicht und hohem Fugenanteil“. Es wurden Langzeitmessungen der relativen Luftfeuchtigkeit und der Temperatur durchgeführt (Abbildung 5). In beiden Bereichen ergeben sich nur geringfügige Unterschiede bei Luftfeuchte und Temperatur. Bei den vorherrschenden Klimaverhältnissen ergeben sich Holzfeuchten zwischen 10 und 18 M-%.

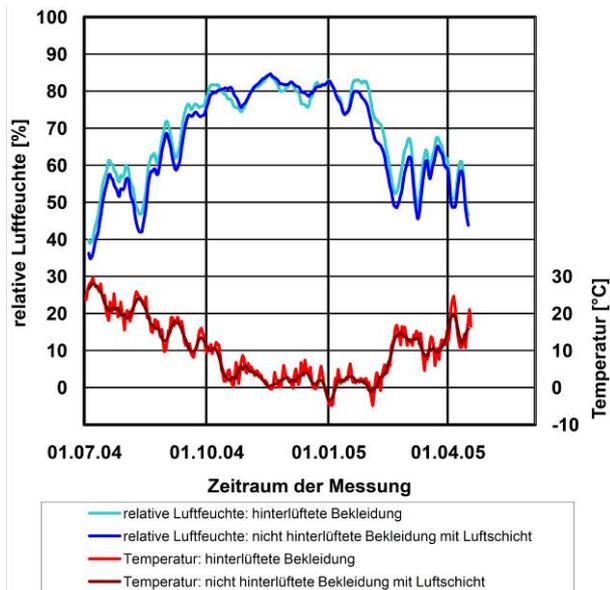


Abb. 6: Gemessene Klimaverhältnisse (Wochenmittelwert) hinter einer „hinterlüfteten“ und einer „nicht hinterlüfteten Bekleidung mit Luftschicht und hohem Fugenanteil“ [17].

## Zusammenfassung

„Belüftete Konstruktionen“ und „nicht hinterlüftete Bekleidungen mit Luftschicht“ funktionieren bei kleinteiligen Fassaden, wie sie bei Brett- und Profilholzfassaden vorkommen, auch ohne Lüftungsöffnungen. Dies zeigen nicht nur die dargestellten Simulationen und das Praxisbeispiel sondern auch langjährige Freilandversuche der Holzforschung Austria [7]. Sind die Luftwechsel gering, verstärkt sich der Einfluss der Diffusion von innen nach aussen. Daher muss bei Plattenfassaden zumindest eine untere Öffnung (Belüftung) vorhanden sein. Diese kann gleichzeitig auch anfallende Feuchtigkeit abtransportieren und ist daher stets zu bevorzugen.

| Bauweise   | Lüftungsart der Bekleidung          | Bekleidungsart                   |                            |  |                    |                            |  |
|--|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|--|--------------------|----------------------------|--|
|  |                                     | Brett- und Profilholz-Bekleidung |                            |  | Platten-Bekleidung |                            |  |
|  |                                     | Beschichtung                     |                            |  |                    |                            |  |
|  |                                     | ohne                             | $s_{d,i} \leq 1 \text{ m}$ | $1 \text{ m} > s_{d,i} \leq 2 \text{ m}$ | ohne               | $s_{d,i} \leq 1 \text{ m}$ | $1 \text{ m} > s_{d,i} \leq 2 \text{ m}$ |
| Holztafelbau<br>mit $s_{d,i} \geq 2,4 \text{ m}$ | hinterlüftet                        | +                                | +                          | +  | +                  | +                          | +  |
|  | belüftet                            | +                                | +                          | +  | +                  | +                          | +  |
|  | nicht hinterlüftet mit Luftschicht  | +                                | +                          | +  | O                  | O                          | -  |
|  | nicht hinterlüftet ohne Luftschicht | -                                | -                          | -  | -                  | -                          | -  |
| Ziegel<br>ohne Baufeuchte<br>(z.B. Sanierung)    | hinterlüftet                        | +                                | +                          | +  | +                  | +                          | +  |
|  | belüftet                            | +                                | +                          | +  | +                  | +                          | +  |
|  | nicht hinterlüftet mit Luftschicht  | +                                | +                          | +  | -                  | O                          | O  |
|  | nicht hinterlüftet ohne Luftschicht | -                                | -                          | -  | -                  | -                          | -  |
| Ziegel<br>mit Baufeuchte<br>(z.B. Neubau)        | hinterlüftet                        | +                                | +                          | +  | +                  | +                          | +  |
|  | belüftet                            | +                                | +                          | +  | O                  | O                          | O  |
|  | nicht hinterlüftet mit Luftschicht  | O                                | O                          | O  | -                  | -                          | -  |
|  | nicht hinterlüftet ohne Luftschicht | -                                | -                          | -  | -                  | -                          | -  |

- + empfohlen
- O möglich, jedoch im Einzelfall zu bewerten (stark von Standort und  $s_{d,i}$ -Werten abhängig)
- kritisch

Tab. 2: Auszug der Entscheidungsmatrix [2] (in Anlehnung an [7])

## Literatur

- [1] Hrsg. Lignum: Lignum Dokumentation Brandschutz: Aussenwände – Konstruktion und Bekleidungen, Eigenverlag Zürich 2009
- [2] Kehl D.; Hauswirth S.; Weber H.: Kompaktfassade – Holzfassaden ohne Hinterlüftung, Forschungsbericht Nr. 2683-SB-01, Berner Fachhochschule - Architektur, Holz und Bau, Eigenverlag, Biel 2009
- [3] Mayer, E.; Künzel H.: Untersuchung über die Belüftung des Luftraumes hinter vorge-setzten Fassadenbekleidungen aus kleinformatigen Elementen, Forschungsbericht Nr. B Ho 22/80, Holzkirchen, 1980
- [4] Mayer E., Künzel H.: Notwendige Hinterlüftung an Aussenwandbekleidungen aus gross-formatigen Bauteilen. IBP-Mitteilung 11 (1984), Nr. 92
- [5] Gertis 1972: Belüftete Wandkonstruktionen – Thermodynamische, feuchtigkeitstechni-sche und strömungsmechanische Vorgänge in Kanälen und Spalten von Aussenwänden, Ernst und Sohn Verlag, Berlin 1972
- [6] Salonvarra M.; Karagiozis A.N. Pazera M.; Miller W.: Air Cavities Behind Claddings - What Have We Learned? Buildings X International Conference, 2007 Florida
- [7] Hrsg. proHolz Austria: Bauphysikalische Ausführung von Holzfassaden für den Bereich des Wärmeschutzes und des Feuchtehaushaltes, Arbeitsheft 9/07 Eigenverlag, Wien 2007
- [8] SIA 233: 2000: Bekleidete Aussenwände, Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-verein, Eigenverlag, Zürich 2000
- [9] DIN 68800-2: 1996-05: Holzschutz - Vorbeugende bauliche Massnahmen im Hochbau, Beuth Verlag, Berlin 1996
- [10] Hrsg. Bund Deutscher Zimmermeister: Fachregeln des Zimmererhandwerks – Aussen-wandbekleidungen aus Holz- und Holzwerkstoffen, Eigenverlag, Berlin 2006
- [11] Künzel H.; Schmidt Th.: Wetterdaten für rechnerische Feuchteschutzbeurteilung, IBP Mitteilung 364, Eigenverlag, Holzkirchen 2000
- [12] Künzel H.M.; Kehrer M.: Einfluss der Hinterlüftung auf das Feuchteverhalten von Holz-bauwänden, Beitrag in Umweltbewusstes Bauen, IRB Verlag, Stuttgart 2008
- [13] Finch G.; Straube J.: Ventilated Wall Claddings: Review, Field Performance, and Hygro-thermal Modeling, Buildings X International Conference, 2007 Florida
- [14] DIN EN 832: 2003-07: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Berechnung des Heizenergiebedarfs – Wohngebäude, Beuth-Verlag,
- [15] Künzel H.M.: Dampfdiffusionsberechnung nach Glaser – quo vadis? IBP-Mitteilung, Fraunhofer Institut für Bauphysik, Eigenverlag, Holzkirchen 1999
- [16] ASHRAE Standard 160-2009: „Criteria for Moisture Control Design Analysis in Build-ings“, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, At-lanta 2009
- [17] Jung P.: Mehrgeschossige Gebäude mit Holzbekleidungen an den Aussenwänden, Bei-trag in der Zeitschrift „Schweizer Holzbau“, Verlag Hoch- und Tiefbau, Zürich 2009