

Entwicklung eines Fassadensystems aus Holzverbundplatten

Hans-Peter Leimer (Projektleiter), Karsten Tanz, Peter Steben, Annika Röhrs

Es wurde ein komplettes Fassadensystem auf Basis von Holzfassadenplatten sowie einer Sandwichunterkonstruktion entwickelt, das bei Flexibilität der Einsatzspezifikation aktuelle Anforderungen in Bezug auf technische und gestalterische Zielstellungen gewährleistet.

Durch die Konzeption eines fertigungsgerechten Komplettsystems wurde ein materialtechnisches und architektonisch-konstruktives Konzept umgesetzt, das einen dauerhaften Außeneinsatz im Fassadenbereich erlaubt.

Für den Fertighausbau sind dabei Fassadenlösungen von Interesse, die zur Ergänzung der Basiskonstruktion eine Erhöhung des wärmetechnischen Standards ermöglichen.

Durch die separate Ausbildung der Dämmebene auf Basis von Sandwichelementen können weitestgehend flexible Gestaltungsoptionen in Bezug auf die möglichen Plattendimensionen für die Wetterschale sowie die konstruktive Ausführung von Details und Anschlüssen gesichert werden. Zudem ist die Einsetzbarkeit für Neubauten sowie die Sanierung im Altbaubereich möglich.

Insbesondere die Verwendung von lastabtragenden Sandwichkonstruktionen als wärmebrückenfreie Unterkonstruktion wird nach vorliegendem Kenntnisstand bisher nicht angewendet. Direkter Verbund der Funktionsschichten, angepasste statische, bauphysikalische und konstruktive Eigenschaften sowie flexible Montage waren dabei wesentliche Entwicklungsanforderungen.

Die Fassadenplatten können nahezu frei gestaltet und weitestgehend vorgefertigt werden, während die Sandwichunterkonstruktion auf der Baustelle problemlos angepasst werden kann. Die technischen und technologischen Vorteile der Lösung sichern neben einer wärmebrückenfreien Ausbildung die Verbesserung der Dauerhaftigkeit der Fassadenelemente durch Optimierung von Befestigung und Plattengestaltung bei offener Fugenausführung und hinterlüfteter Konstruktion.

Die Optimierung der Eigenschaftsprofile für ausgewählte Holzwerkstoffplatten und Beschichtungssysteme, die Entwicklung einer Sandwichunterkonstruktion mit direktem Verbund der Funktionsschichten sowie die Weiterentwicklung von konstruktiven Details und Befestigungsoptionen waren Elemente zur Erzielung innovativer Produkteigenschaften.

Durch neue methodische Ansätze bei der Anwendung hygrothermischer Simulationsrechnungen wurden neue Wege im Bereich der Anwendung derartiger Simulationstechniken für die Bewertung von Holzwerkstoffen erprobt und Möglichkeiten und Grenzen derartiger Simulationstechniken für die Vorhersage des zeitabhängigen Feuchteverhaltens von Holzfassadensystemen analysiert und bewertet.

Gemeinsam mit den Industriepartnern sowie unter Einbeziehung von zwei Forschungsinstituten wurde ein anwendungsnahes Forschungsthema bearbeitet, wissenschaftliche Aufgabenstellungen integriert und eine innovative Produktentwicklung umgesetzt.

Ausgehend von den Anforderungen an die Systementwicklung wurde ein wissenschaftliches Untersuchungs- und Entwicklungsprogramm erstellt und projektbegleitend fortgeschrieben. Die abgeleiteten Leistungsschwerpunkte können Abschnitt 2.1 entnommen werden.

Zur Ermittlung der notwendigen Produkteigenschaften wurden aktuelle Einsatzanforderungen analysiert und Anforderungen für die konstruktiven Elemente sowie die Beschichtung abgeleitet. Fassadengestaltung und konstruktive Detailausbildung, verarbeitungstechnologische Fragestellungen und bauphysikalische Wirkungspotentiale waren dabei maßgebende Schwerpunkte der durchgeführten Betrachtungen, wobei relevante Ansätze für mögliche Eigenschaftsverbesserungen aus stofflich-konstruktiver Sicht, Detailgestaltung und Beschichtung analysiert sowie hinsichtlich des jeweiligen Wirkungspotentials bewertet wurden.

Die Dauerhaftigkeit der Konstruktion wird maßgeblich durch den Feuchtehaushalt in seiner zeitlichen Entwicklung bestimmt. Formänderungen durch Quell- und Schwindbewegungen, Schädigung bzw. optische Beeinträchtigungen durch Pilze bis hin zur Holzerstörung werden maßgeblich durch die hygrischen Bedingungen und die resultierenden Stoffzustandswerte bestimmt.

Über hygrothermische Simulationsrechnungen wurden nahezu beliebige Klimazustände nachgebildet und der Einfluss auf den Feuchtehaushalt in Abhängigkeit von Konstruktion und Randbedingungen zeitnah bewertet. So war es möglich, das Potential aufbauspezifischer Einflüsse auf die Feuchteverteilung im Plattenquerschnitt nachzubilden und deren Auswirkungen zu analysieren.

Die beschriebenen Untersuchungsmethoden ermöglichten die Bewertung und Optimierung der Platten- und Beschichtungseigenschaften für alternative Applikationsanforderungen. Im Rahmen der Projektbearbeitung konnte die Wissensbasis für den Einsatz großformatiger Holzwerkstoffplatten erweitert und die notwendigen Voraussetzungen für den projektspezifischen Einsatz geschaffen werden.

Auf Grundlage einer projektbegleitenden Auswertung der Simulationsergebnisse wurde die weiterführende Präzisierung von Anforderungs- und Eigenschaftsprofilen für Fassadenplatten und Beschichtungssysteme durchgeführt. Ausgewählte Ergebnisse und Schlussfolgerungen sind:

- o Hygrothermische Simulationsrechnungen ermöglichen die Abbildung der zeitabhängigen Erfassung der Feuchteentwicklung für variable Randbedingungen und alternative Simulationszielstellungen.
- o Die Modellierungsoptionen erlauben die Vorherbestimmung der feuchtetechnischen Wirkungspotentiale auf Systemkomponenten.
- o Die Modellierung des Gesamtsystems -hinterlüftete Fassade- ist bei Berücksichtigung üblicher Strömungsgeschwindigkeiten über den Ansatz von Außenkonditionen im Hinterlüftungsspalt möglich.
- o Klimarandbedingungen bestimmen Feuchteverlauf im Jahresgang, wobei durch den Ansatz von Außenluft im Hinterlüftungsspalt der "worst case" berücksichtigt wird.
- o Maßgebend für die Feuchteverteilung im Plattenquerschnitt sind sowohl Stoffeigenschaften (qualitativ) wie auch Klimarandbedingungen (quantitativ).
- o Die Sorptionseigenschaften erweisen sich als bestimmende Größe für die Feuchteverteilung über den Plattenquerschnitt sowie den sich zeitabhängig einstellenden Feuchtegehalt (Feuchtespeicherfunktion).
- o Ein Einfluss des sd-Wertes von Beschichtungssystemen in Bezug auf die maximale

Feuchtebelastung der Fassadenplatten ist vorhanden, erweist sich in Bezug auf das Wirkungspotential jedoch als unterproportional.

- o Hohe sd-Werte behindern Austrocknung, was insbesondere im Fall von Belastungen durch flüssige Wasseraufnahme (z.B. im Bereich von Schadstellen) zu erhöhten Feuchteakkumulationsrisiken führt.
- o Mit steigenden sd-Werten der Beschichtungssysteme ist insbesondere eine Minderung der Amplituden kurzfristiger Feuchteschwankungen zu verzeichnen.
- o Die Beschränkung der flüssigen Wasseraufnahme über die Beschichtung ermöglicht die Reduzierung von feuchtebedingten Risiken.
- o Notwendige Voraussetzung für gute Dauerhaftigkeitseigenschaften ist eine optimale Abstimmung von Diffusions- und Flüssigwassertransporteigenschaften der Beschichtungen und ein optimierter Regenschutz.
- o Die Kiebstoffugen haben auf Feuchteverteilung und Feuchtegehalt nur eine untergeordnete Bedeutung. Maßgebend sind die sorptiven Eigenschaften der Holzwerkstoffe.
- o Die Bewertung für Dreischichtplatten in Bezug auf den Einfluss der Kiebstoffugen trifft dem Grunde nach auch für die Mittellagen von Sperrholz zu. Wegen der geringen Lagenstärke werden jedoch die äußeren Lagen stärker durch die Sperrwirkung der Klebstoffschicht beeinflusst.
- o Die Simulationsrechnungen belegen einen im Vergleich zu Dreischichtenplatten ungünstigeren Feuchteverlauf, wobei sowohl die ermittelten Amplituden wie auch deren Änderungsgeschwindigkeit betroffen sind.
- o Im Vergleich zu Dreischichtenplatten resultiert für Sperrholz ein insgesamt höheres Risikopotential in Bezug auf feuchtebedingte Belastungen und mögliche Schadensrisiken. Die Anforderungen an die Schutzwirkung der Beschichtung und deren Dauerhaftigkeit sind entsprechend höher.
- o Sowohl schichtbezogen höhere Feuchtegehalte wie auch eine intensivere Beanspruchung der Beschichtung erklären die beschriebenen Risiken und die resultierend höheren Anforderungen an Beschichtungssysteme.

Auf Grundlage der projektspezifischen Erfahrungen wurden die Möglichkeiten und Grenzen hygrothermischer Simulationsrechnungen sachbezogen beurteilt und Anforderungen an die Bereitstellung notwendiger Materialkennwerte sowie deren Aufbereitung zur Abbildung komplexer Feuchtetransportvorgänge für Sperrholz und Mehrschichtplatten abgeleitet.

Durch den Betrieb von drei Freibewitterungsständen konnte eine differenzierte Beurteilung des Wirkungspotentials alternativer Klimarandbedingungen in Bezug auf die Dauerhaftigkeit alternativer Holz- und Beschichtungssysteme durchgeführt werden.

Die Begutachtung erfolgte auf Grundlage der DIN EN 927. Danach werden u.a. Farbänderungen, Ablättern, Riss- und Blasenbildung sowie Vergrauung, Bläue und evtl. auftretender Pilzbefall bewertet. Ergänzend wurde die Reklamationsanfälligkeit als Bewertungskriterium herangezogen. Nach einer Bewitterungszeit von zwei Jahren lassen sich folgende allgemeinen Trends

zusammenfassen:

- o Deutliche Differenzierung des Probenzustandes mit noch schadensfreien bis hin zu stark geschädigten Proben.
- o Eine signifikante Abhängigkeit von Alterung und Schadensausprägung von der Art des Beschichtungssystems ist erkennbar.
- o Schadenshäufigkeit und Grad der Schädigung ist bei untersuchten Dreischichtplatten im Vergleich zu Sperrholzplatten etwas geringer, wobei in Bezug auf die Beschichtungssysteme grundsätzlich ein analoger Trend bestätigt wird. Im Vergleich zur Auswertung nach einem Jahr haben sich die Unterschiede verringert.
- o Im Schadensfall ist die Schadensintensität bei den Sperrholzproben in Abhängigkeit von der Holzart unterschiedlich stark ausgeprägt, wobei ein Trend zur stärkeren Schädigung bei Fichtenholz im Vergleich zu Birkenholz erkennbar ist.
- o Grundsätzlich ist ein deutlicher Einfluss der Sperrholzqualität erkennbar. Für den Einsatz im Fassadenbereich sind grundsätzlich deutlich bessere Deckschichtqualitäten ohne Störstellen erforderlich.
- o Die signifikanten Unterschiede der Bewitterungsergebnisse in Abhängigkeit von der Art des Beschichtungssystems wurden bestätigt. Grundsätzlich schneiden die besten deckenden Lasuren besser als die besten lasierenden Systeme ab.
- o Mit einem Renovierungssystem (Handwerk) wurden annähernd analoge Ergebnisse im Vergleich zu Industriesystemen (Industrie) erzielt. Damit wurde bestätigt, dass auch für die Renovierung geeignete Systeme verfügbar sind.

Zusätzlich wurde ein physikalischer Prüfstand betrieben, über den ausgewählte thermische und hygrische Kenngrößen an einer Musterfassade ermittelt worden sind. Schwerpunkte der der Untersuchungen waren:

- o Kontinuierliche Messwerterfassung für ausgewählte Kenngrößen zur Abbildung der regionalen Klimarand- und Systembetriebsbedingungen
- o In situ Erfassung und Bewertung des klimaabhängigen Feuchte- und Temperaturverhaltens für ausgewählte Beschichtungssysteme und Holzwerkstoffarten
- o In situ Erfassung und Bewertung des klimaabhängigen Feuchte- und Temperaturverhaltens für alternative Applikationsarten
- o Erfassung und Bewertung der Feuchte-, Temperatur- und Strömungsverhältnisse im Hinterlüftungsspalt sowie Analyse von Applikations- und Windeinfluss

Auf Grundlage der abgeleiteten konstruktiven Anforderungsprofile wurde eine mehrschalige Konstruktionen mit separater Wetterschale als Vorzugslösung ermittelt und als Entwicklungsziel für die Unterkonstruktion Fassadenelemente auf Basis von Sandwichelementen festgelegt.

Die Sandwichelemente bilden die Befestigungsebene für die Holzfassadenplatten der Wetterschale und erlauben so eine weitestgehende Flexibilität in Bezug auf die Systembefestigung und mögliche Plattendimensionen. Direkter Verbund der Funktionsschichten, angepasste statische, bauphysikalische und konstruktive Eigenschaften sowie flexible Montage waren dabei wesentliche Entwicklungsoptionen.

Auf Grundlage der abgestimmten Entwicklungsziele wurde die Systementwicklung durchgeführt. Schwerpunkte der Entwicklungsarbeiten waren u.a.:

- o Spezifikation von konstruktivem und architektonischen Konzept
- o Konstruktive Ausbildung von Fassadenelementen und Systemdetails für die Elemente
- o Konstruktive Ausbildung der Sandwichunterkonstruktion und Systemdetails
- o Spezifikation geeigneter Beschichtungstechnologien sowie resultierender Wartungsintervalle
- o Spezifikation fertigungstechnischer und technologischer Randbedingungen zur industriellen Systemherstellung
- o Spezifikation der Montagetechnologie sowie resultierender Anforderungen

Die Entwicklungskonzepte für Sandwichunterkonstruktion und die vorgehängte Wetterschutzschale aus Holzwerkstoffplatten wurden projektbegleitend auf Grundlage des fortgeschriebenen Erkenntnis- und Entwicklungsstandes umgesetzt. Wesentliche Lösungsansätze und Resultate sind:

- o Projektbegleitende Umsetzung des Systementwicklungskonzeptes auf Grundlage des laufenden Erkenntnisgewinns
- o Weiterführende Entwicklung der Sandwichunterkonstruktion als flexibel einsetzbares Element, wobei u.a. die folgenden Entwicklungsschwerpunkte im Mittelpunkt standen:
 - Projektbegleitende Entwicklung des statischen Systemkonzeptes sowie Optimierung der konstruktiven Lösung durch funktionale Trennung
 - Umsetzung einer wärmebrückenfreien Befestigung über die hintere Sperrholzlage bei Abtragung der Systemlasten durch den Materialverbund
 - Vollflächige Verfügbarkeit der vorderen Sperrholzlage zur Befestigung der Wetterschale
 - Optimierung von Dämmstoffeigenschaften und Verklebungsqualität
 - Sicherung der Baustellentauglichkeit durch eine hohe Verarbeitungsflexibilität der vorgefertigten Systemelemente
 - Nachweis der Tragfähigkeit der Sandwichelemente für alternative Dämmstoffarten
- o Leistungen zur allgemeinen Systementwicklung und Durchführung der Systemdimensionierung, wobei u.a. folgende Schwerpunkte im Mittelpunkt standen:
 - Festlegung der notwendigen Systemparameter sowie von Vorzugsmaßen und Grenzabmaßen für Sandwichelemente und Holzfassadenplatten bei grundsätzlich freier Planbarkeit innerhalb der Systemgrenzen
 - Entwicklung von Vorzugslösungen zur Befestigung der Holzwerkstoffplatten, die Abnahme und dezentrale Wartung der Wetterschale bzw. problemlosen Systemtausch ermöglichen
 - Nachweis der Tragfähigkeit für ausgewählte Befestigungssysteme
 - Zusammenfassung und Darstellung des statischen Entwicklungskonzeptes sowie der resultierenden Randbedingungen für die Detailausbildung

- o Entwicklung von ausgewählten System- und Konstruktionsdetails als Leitdetails am Beispiel eines Musterhauses, wobei u.a. folgende Schwerpunkte im Mittelpunkt standen:
 - Entwicklung von Leitdetails zur Ausbildung der Systemstöße unter Berücksichtigung der Anforderungen an Luftdichtigkeit und Witterungsschutz
 - Entwicklung von Leitdetails für offene Systemfuge der Wetterschale unter besonderer Berücksichtigung des Witterungsschutzes
 - Entwicklung von Leitdetails für Regelanschlüsse und Eckausbildung
 - Entwicklung von Leitdetails für Sockelausbildung, Trauf- und Ortganganschluss

- o Vorbereitung eines abschließenden Systemtests durch Herstellung und Applikation einer Testfassade

Ergänzend zur Entwicklungsdokumentation wurden im Rahmen einer übergreifenden Ergebnisanalyse die wesentlichen Resultate der Untersuchungen verdichtet sowie verallgemeinerungsfähige Schlussfolgerungen abgeleitet. Dabei wurden auch die entwicklungs- und untersuchungsmethodischen Ansätze einer Wertung unterzogen und mögliche Anforderungen an deren Qualifikation beschrieben.

Die ausführliche Dokumentation der durchgeführten Arbeiten sowie von wesentlichen Resultate kann den entsprechenden Abschnitten des vorliegenden Sachberichtes entnommen werden.