

Vorgefertigte Sanierfenster mit integrierter Technik „Fenstermaschine“

Kurzbericht zum Förderprojekt SWD – 10.08.18.7- 13.22
April 2016

Autoren:

Christian Bodensteiner, Dipl.-Ing. (FH) Architekt, TUM (Projektleitung)
Prof. Dipl.-Ing. Florian Musso, TUM
Arnulf Dinkel, Dipl.-Ing. Architekt, ISE
Fabien Coydon, Dipl.-Ing., ISE
Atilla Akarcay, Dipl.-Ing., B+H
Frank Liedloff, M.Sc. Dipl.-Ing. (FH), B+H

Technische Universität München
Fakultät für Architektur
Institut für Entwerfen und Bautechnik
Lehrstuhl für Baukonstruktion und Baustoffkunde
Arcisstraße 21
80333 München
+49. (0)89. 289-22353
christian.bodensteiner@tum.de
www.ebb.ar.tum.de

Projektpartner:

Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE
Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg

Beck+Heun GmbH
Stotternheimer Straße 10, 99086 Erfurt

Heroal GmbH & Co. KG
Österwieher Straße 80, 33415 Verl



Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.

(Aktenzeichen: II 3-F20-12-1-096 / SWD – 10.08.18.7- 13.22)

Projektlaufzeit: Oktober 2013 bis April 2016

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.

Das Forschungsprojekt wurde unterstützt durch:

Fa. Achenbach
Balanstraße 97, 81539 München
Zusammenbau der Komponenten Variante 1 für Baumesse

Fa. Ehret
Bahnhofstraße 14–18, 77972 Mahlberg
Unterstützung bei der Untersuchung von Schiebeläden-integrierter Fotovoltaik

Fa. Fenestra
Kneippstraße 5a, 69429 Waldbrunn
Planung und Zurverfügungstellung des Fensterelements Variante 1

STO SE&Co
Ehrenbachstraße 1, 79780 Stühlingen
Unterstützung bei der Untersuchung von Schiebeläden-integrierter Fotovoltaik

Ausgangslage

Außenwandkonstruktionen und Wärmeschutzverglasungen sind heute energetisch hochwertig und ausgereift. Schwachpunkt des Systems Lochfassade ist der Anschluss des Fensterrahmens zu Wand und Dämmung, hier treten gestalterische, konstruktive, bauphysikalische, funktionale und organisatorische Probleme konzentriert auf. Beanstandungen in diesem Bereich sind einer der häufigsten Gründe für juristische Auseinandersetzungen am Bau.

Überblick und Ziele

Mit dem Forschungsprojekt „Vorgefertigte Sanierfenster mit integrierter Technik“ am Lehrstuhl für Baukonstruktion und Baustoffkunde der TU München sollte geklärt werden, wie bei der energetischen Sanierung möglichst viele Anforderungen in ein funktional erweitertes, vorgefertigtes Fensterelement eingebunden werden können. Gebäude aus den 1950er bis 1970er Jahren stellen den Schwerpunkt des energetischen Sanierungsbedarfs in Deutschland dar. Die schmucklosen, seriellen Fassaden aus dieser Zeit sind für die Anwendbarkeit der industriellen Vorfertigung prädestiniert. Das Forschungsprojekt ging daher von typischen Bestandsgebäuden aus dieser Zeit aus, an denen bisher noch keine energetischen Verbesserungsmaßnahmen durchgeführt wurden.

Gegenstand des Forschungsprojekts

Der Bauablauf wird beim konventionellen Fenstertausch durch die vielen beteiligten Gewerke und eine Vielzahl von Schnittstellen an geometrisch und bauphysikalisch anspruchsvollen Stellen erschwert. Durch die Integration von Sonnen-, Blend-, Insekten- und Intrusionsschutz zu einem vorgefertigten Bauteil mit hoher ästhetischer Qualität, der „Fenstermaschine“, werden ein schnellerer, für die Nutzer störungsminimierter Bauablauf, niedrigere Kosten sowie eine höhere Bauqualität erreicht. Neben fenstertypischer Technik wurde außerdem die Einbindung von Gebäudetechnik, wie Lüftung/Wärmetauscher, Elektrifizierung/Gebäudeautomatisierung als zusätzliche Komponenten in das Fensterelement untersucht. Im Zuge des Fenstertausches können so zusätzliche, sonst aufwendige Sanierungsmaßnahmen unter geringstmöglichem Eingriff in die Bausubstanz durchgeführt werden.



Abb. 1 Die untersuchten Varianten als 3D-Druck, Foto: EBB



Abb. 2 Prototypenerstellung im Werk B+H, Foto: EBB

Die zu Beginn des Projektes vorhandenen vielfältigen Lösungsansätze wurden anhand folgender Parameter einer näheren Untersuchung unterzogen: Gestaltqualität, modularer Aufbau, vereinfachte Bauabwicklung, Wartung und Rückbau, Reduzierung der Schnittstellen und der beteiligten Gewerke, Integration der Funktionen, Toleranzaufnahme, Anschluss an umgebende Bauteile, Tageslicht, Sonnenschutz, Insektenschutz, Wärmeschutz, Isothermenverlauf. Die Vor- und Nachteile der jeweiligen Konstruktionsprinzipien wurden gegenübergestellt und analysiert. Über mehrere Auswahlrunden wurden Lösungen entwickelt und drei Prototyp-Varianten ausgearbeitet. Gleichzeitig wurden drei Lösungen für die integrierte Lüftung ausgewählt und den drei Prototypen zugewiesen.

Dem Gedanken der Vorfertigung folgend, ist das Fenster als integraler Bestandteil des Elements geplant. Ähnlich dem Prinzip einer Modellreihe im Automobilbau gibt die Maximalausstattung die Form vor, die Einzelkomponenten werden je nach gewünschter Ausstattung eingebaut.

Variante 1

Das putzbündige Ganzglasfenster (Senk-Klapp) öffnet nach außen, wodurch der Fensterrahmen größer als die Maueröffnung des Bestandes sein kann. Das Tageslicht fällt annähernd über die gesamte Rohbauöffnung ein, so dass von innen nur Glas zu sehen ist. Bei einem Fenstermaß von $B \times H = 1,25 \times 1,50$ m wird so ein Tageslichtzugewinn von ca. 30 % erzielt. Zu- bzw. Abluftanschlüsse werden für eine Versorgung der Räume über Lüftungskanäle in der Dämmebene vorgesehen. Eine zentrale Lüftungsanlage versorgt mehrere Räume beziehungsweise mehrere Wohnungen. Die vorab montierte Montagezarge erlaubt es, das Fenster als letzten Arbeitsschritt einzusetzen und ohne Konflikt mit den umgebenden Bauteilen zu revidieren.

Variante 2

Eine aufgesetzte Metallfasche erhöht das verfügbare Volumen für integrierte Technik und Montage und Wartung. Die sichtbare Einfassung des Fensters integriert unter anderem ein neu entwickeltes dezentrales Lüftungsgerät auf der Basis bestehender Produkte eines der Industriepartner. Durch Führung der Lüftung im Bereich des Rahmens kann auf die bisher erforderlichen Eingriffe in die Rohbausubstanz verzichtet werden. Wartungsarbeiten erfolgen von außen.

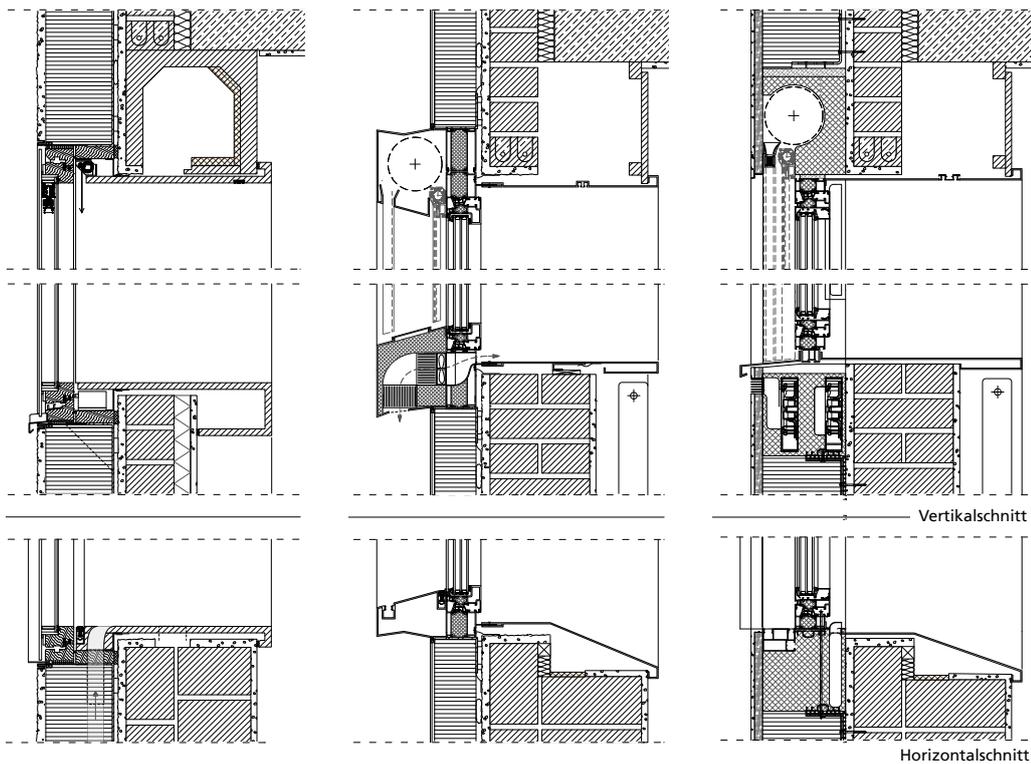


Abb.3 Schnittzeichnungen: links Variante 1, Mitte Variante 2, rechts Variante 3, Quelle: EBB

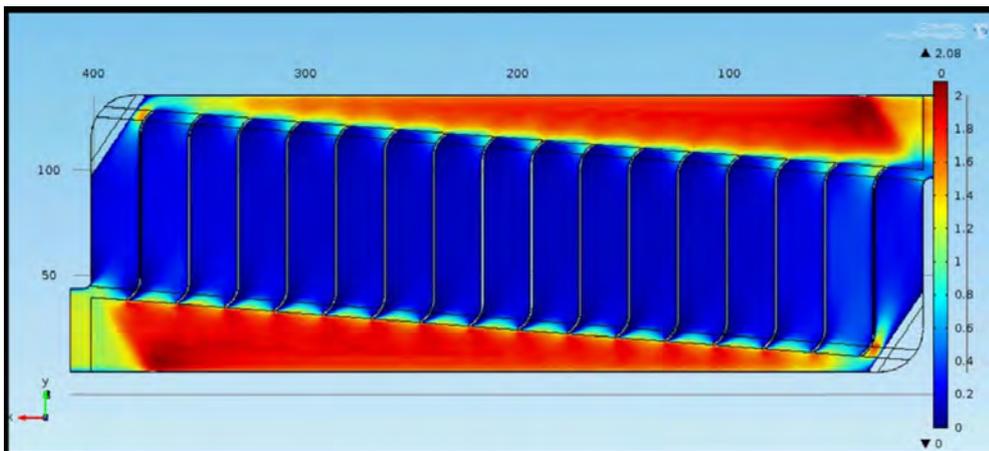


Abb.4 Ergebnisse der CFD-Simulation des Enthalpiewärmetauschers der Variante 3, Quelle: ISE

Variante 3

Die Weiterentwicklung des Sanierelements eines der Industriepartner integriert das neue Fenster mit allen technischen Komponenten in der Dämmebene. Die Lüftung erfolgt über ein neu entwickeltes dezentrales Lüftungsgerät, das auf einem regenerativen, aus ca. 90 voneinander getrennten Strömungsebenen bestehenden Enthalpiewärmetauscher mit Wärme- und Feuchterückgewinnung basiert und mehrere Vorteile in sich vereint: Im Winter entsteht ein hoher Komfort dadurch, dass die Luft nicht zu trocken werden kann und dass kein Kondensatablauf nötig ist. Das Element wird als Einbauelement komplett vorgefertigt auf die Baustelle geliefert.

Die Präsentationen des Forschungsprojekts auf der Baumesse 2015 in München (Detail research lab, Fraunhofer Institut, Zukunft Bau) und auf der bautec 2016 in Berlin (Zukunft Bau) stießen auf reges Interesse. In der nächsten Projektphase ist beabsichtigt, eine der Varianten an einem Demonstrationsgebäude zu erproben.



Abb.5 Vorstellung des Funktionsmodells beim Messerundgang der Bundesministerin Dr. Barbara Hendricks auf der bautec 2016 in Berlin, Foto: BBSR

Fazit

Ein großer Zeitverlust auf der Baustelle entsteht durch die Abhängigkeiten der beteiligten Firmen untereinander. Die Fenstermaschine wird von einer einzigen Firma eingebaut und spart im Bereich des Fensters die Putzarbeiten, Malerarbeiten, Sonnenschutzarbeiten und deren Koordination ein. Die technischen Gewerke stellen nur noch die Anschlussarbeiten fertig.

Die Wirtschaftlichkeit der Fenstermodule ist an die Komplexität der integrierten Technik gekoppelt. Je mehr integrierbare Komponenten projektspezifisch in Anspruch genommen werden, desto mehr lohnen sich Mehraufwendungen gegenüber einem konventionellen Fenstertausch finanziell. Einsparungen bei der Wartung fließen in eine Langzeitbetrachtung der Kosten mit ein.

Wo neben der fenstertypischen Technik zusätzlich Gebäudetechnik in das Fensterelement eingebunden wird, können Eingriffe in die Bausubstanz ebenso wie die damit verbundene Störung der Bewohner weiter reduziert werden.

Die Vereinfachung und Beschleunigung im Bauablauf erfordert eine präzise Bauaufnahme und eine größere Planungstiefe. Im Bauprozess verschiebt sich damit der Aufwandsschwerpunkt von der Realisierung hin zur Planung und Fertigung.

Die Vorfertigung eröffnet neue Möglichkeiten hinsichtlich der Reduktion der verschiedenen Materialien und der sortenreinen Trennung (Rezyklierbarkeit).

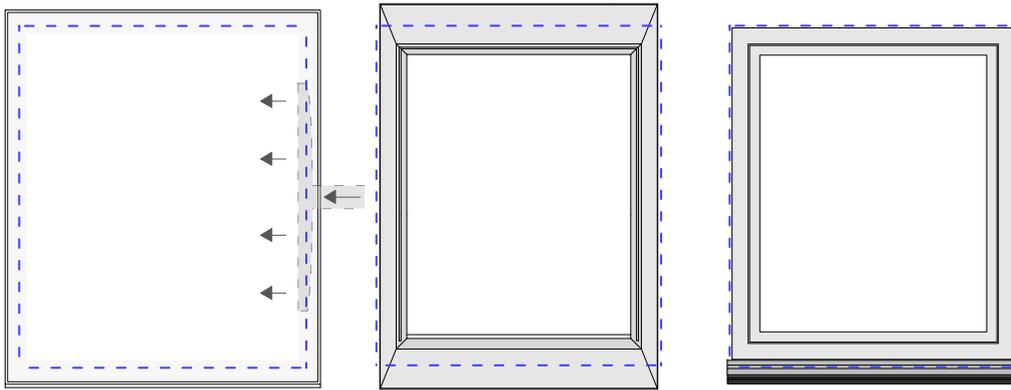


Abb. 6 Ansichten der Varianten 1,2,3 (v.l.n.r), gestrichelte blaue Linie: Rohbauöffnung; Quelle: EBB

Tiefe Laibungen nachträglich aufgebrachter Fassadendämmungen schränken das einfallende Tageslicht erheblich ein. Die einseitige Betrachtung der Transmissionswärmeverluste vernachlässigt dabei die energetischen Aspekte der Sonneneinstrahlungstransmission und die psychologische Bedeutung des Sonnenlichts. Das nach außen öffnende Fenster der Variante 1 ermöglicht einen großen Zugewinn an Tageslicht. Während der Rahmen von innen unsichtbar ist, sind die der Witterung ausgesetzten Bauteile fast komplett auf das Glas reduziert (Reduktion der Bauteile).

Für nach außen öffnende Fenster (Variante 1) besteht Entwicklungsbedarf für Beschlagssysteme wie sie z. B. im skandinavischen Ausland verbreitet sind hinsichtlich großformatiger Lösungen und neuer Öffnungskombinationen.

Hinsichtlich der Tageslichtautonomie der Räume ist die Fenstergröße zu vernachlässigen.

Die umlaufende Fasche der Variante 2 bietet viel Spielraum bei der Integration zusätzlicher Komponenten, auch hinsichtlich zukünftiger Anpassbarkeit. Durch Aktivierung der statischen Kapazitäten der Einzelteile kann der zusätzlich Materialeinsatz minimiert werden. Gestalterisch ist einerseits die umlaufende Fasche vorgegeben, diese bietet aber auch viele Variationsmöglichkeiten.

Die Variante 3 profitiert im Handling vom geringen Gewicht des Dämmmoduls. Die integrierte Lüftungstechnik konnte im Projekt noch nicht endgültig gelöst werden.

Insbesondere die Vorteile der Beschleunigung der Baustellenprozesse und der Mängelvermeidung machen die Fenstermaschine auch für den Neubau interessant.

Eckdaten

Kurztitel: Fenstermaschine
 Forscher/Projektleitung:
 Dipl.-Ing. Architekt (FH) Christian Bodensteiner

Gesamtkosten: 250 000 €
 Anteil Bundeszuschuss: 150 000 €

Projektlaufzeit: Oktober 2013 bis April 2016