

Energetische Sanierung von Fassaden mit großformatigen, vorgefertigten Dämmelementen

Marc Großklos, Institut Wohnen und Umwelt (IWU)

1 Projektbeschreibung

Die Hofheimer Wohnungsbau GmbH modernisiert drei baugleiche Zweifamilienhäuser mit hohem Energieverbrauch ($290 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$) auf unterschiedliche energetische Standards. Ein Gebäude wird nach der Modernisierung die Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) für Neubauten erreichen. Die beiden anderen Häuser erfüllen die sehr weitreichenden Anforderungen der KfW an Energiesparhäuser (ESH60 bzw. ESH40). Das Energiesparhaus 60 wird weniger als $60 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ Primärenergie für Beheizung und Warmwasserbereitung benötigen, das ESH40 weniger als $40 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Dadurch wird der Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasser um mindestens 50 % (EnEV-Neubau) und bis zu 78 % (ESH40) reduziert werden.



Bild 1: Straßenansicht eines der Modernisierungsobjekte

Um diese ehrgeizigen Zielwerte zu erreichen, werden die Gebäude einer umfangreichen energetischen Sanierung unterzogen. Dazu werden Außenwände, Kellerdecke sowie Dachstuhl gedämmt und die isolierverglasten Fenster ausgetauscht. Die alte Heiztechnik der einzelnen Häuser wird durch einen einzigen Holzpellet-Kessel ersetzt, der über eine Nahwärmeleitung alle drei Gebäude mit Wärme für Heizung und Warmwasser versorgen wird. Zusätzlich wird im ESH60-Haus eine mechanische Abluftanlage und im ESH40-Haus wohnungsweise eine Lüftungsanlage mit mechanischer Zu- und Abluft und Wärmerückgewinnung installiert.

Straßenfassaden mit Vakuumdämmung

Bei den Planungen ergab sich die Anforderung, bei den Häusern im KfW-Standard trotz niedrigster Wand-U-Werte möglichst wenig von der Konstruktion in den angrenzenden öffentlichen Gehweg hinein-

ragen zu lassen. Die Gesamtdämmstoffdicke beträgt bei den von der Straße abgewandten Fassaden 24 cm (ESH40) bzw. 20 cm (ESH60). Diese Dämmstärke hätte am Gehweg zu Problemen bei der Baugenehmigung führen können.

Aus diesem Grund bietet sich an der Straßenseite der Einsatz von Vakuumdämmung an, um einen schlanken Wandaufbau zu erreichen. Eine Besonderheit des Bauvorhabens besteht darin, dass diese Vakuumdämmung erstmals in Verbindung mit der Großelement-Dämmtechnik (GEDT) realisiert werden soll. Die Verwendung vorgefertigter, großformatiger Fassadenelemente im Gebäudebestand wird auch unabhängig von der Vakuumdämmung diskutiert und untersucht. Hier kann insbesondere auf Untersuchungen der Universität Bochum [Reyer et al.] aufgebaut werden. Speziell im Zusammenhang mit der Vakuumdämmung ergibt sich der besondere Vorteil, dass die empfindlichen Vakuum-Isolationspaneele (VIP) durch die Einbettung in ein vorgefertigtes Fassadenelement sehr gut gegen Beschädigungen auf der Baustelle geschützt sind. Weiterhin sollen die Fenster bereits in die Vorfertigung integriert sein, damit eine schnelle Montage der Fassade bei minimaler Beeinträchtigung der Mieter möglich ist.

Aus diesen Anforderungen wurde das Konzept der vorgefertigten, vakuumgedämmten, großformatigen Fassade (Großelement-Dämmtechnik GEDT) entwickelt. Die Elemente sollen nicht nur für die Dämmung der Straßenfassaden an den drei Gebäuden des Modellprojektes geeignet sind, sondern durch ihre Konzeption auch auf andere Gebäuden übertragbar sein. Dies betrifft besonders die große Anzahl der Mehrfamilienhäuser der 50er und 60er Jahre mit einfacher Kubatur und wenigen Versprünge in der Fassade.

Projektteam

Für die Entwicklung dieser GEDTs wurde ein Projektteam gebildet, das im Folgenden dargestellt ist.

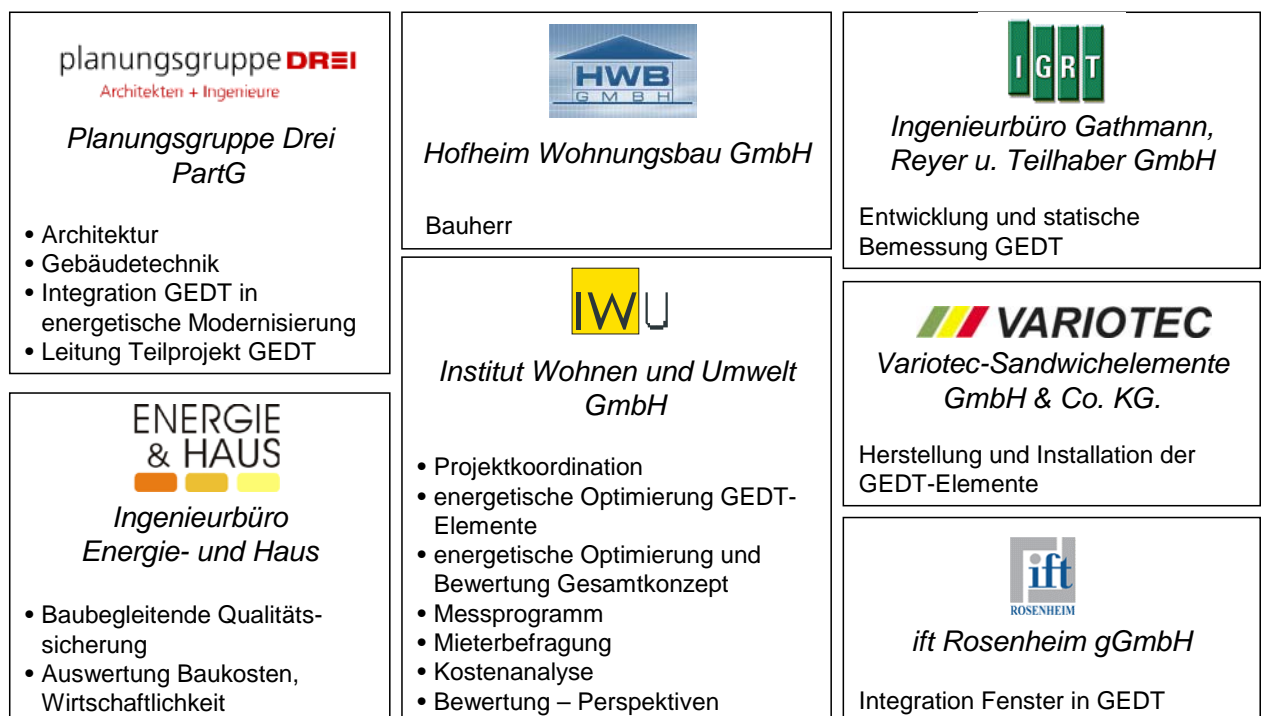


Bild 2: Übersicht der Projektbeteiligten

Das Projekt, das die gesamte energetische Sanierung mit umfangreicher wissenschaftlicher Begleitung und die Entwicklung der GEDT-Elemente umfasst, wird vom Bundeswirtschaftsministerium über den Projektträger Jülich (PTJ) (FKZ 0329750V) und vom Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung finanziell gefördert.

2 Aufbau und Montage des Dämmelements mit Vakuumdämmung

Aufbau

Das Dämmelement (Bild 3) besteht auf der Innenseite (Seite der alten Außenwand) aus einer 27 mm starken Baufurnierschichtholzplatte (Kerto), die alle Befestigungselemente und Lasten aufnimmt. Auf dieser Platte ist eine 0,8 mm dicke Aluminiumplatte aufgeklebt, die den mechanischen Schutz der Vakuumdämmung gegen die dahinter liegenden Bauteile übernimmt und gleichzeitig als Dampfsperre zur warmen Seite des Wandaufbaus dient. Darauf wird die 40 mm dicke Vakuumdämmplatte geklebt. Auf der Vakuumdämmung wird als weitere Schutzschicht eine 18 mm dicke Baufurniersperrholzplatte (BFU) befestigt. Diese dient gleichzeitig als Träger für die Unterkonstruktion der äußeren, hinterlüfteten Bekleidung. Die Bekleidung wird in einem vertikalen Raster von ca. 50 cm auf der äußeren Holzfaserplatte angebracht (eingehängt) und ermöglicht neben dem Schlagregenschutz der Elementfugen (horizontal und vertikal) auch eine variable Gestaltung des äußeren Erscheinungsbildes der Dämmelemente.

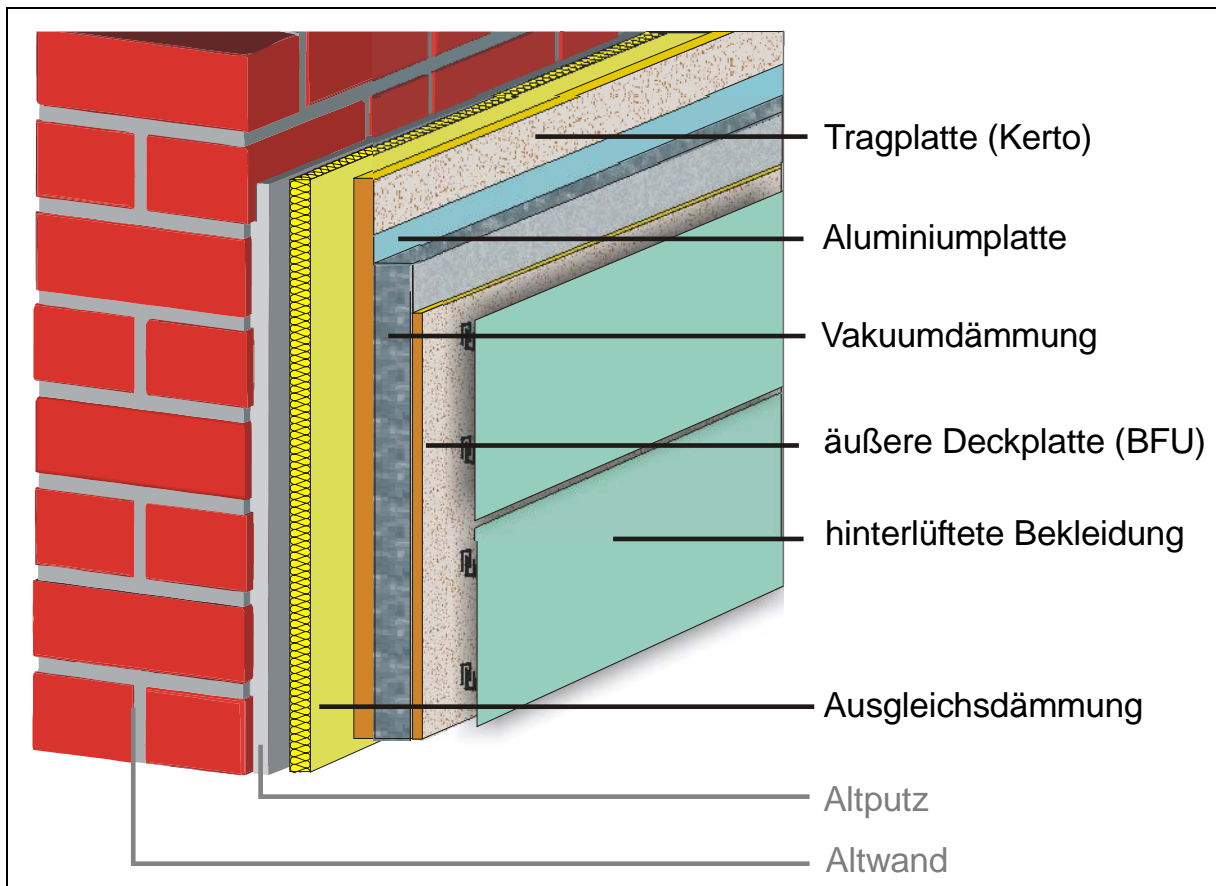


Bild 3: Aufbau des Dämmelements

Die Vakuumdämmplatten mit der Dicke von 4 cm werden während der Vorfertigung einlagig in GEDT-Elemente eingelegt. Die Ränder der VIP-Platten sind dabei mit Schaumstoff-Dichtbändern abgeklebt. Die maximal zur Verfügung stehende Größe der Vakuumdämmplatten beträgt 1,20 m x 2,00 m. Dies bedeutet bei einer Elementhöhe von mindestens 2,50 m, dass in der Vertikalen immer zwei VIP-Platten übereinander verlegt werden müssen.

Die Lasten von VIP und äußerer Bekleidung sowie Wind- und Erdbebenlasten werden durch Edelstahlanker in die hintere Kertoplatte eingeleitet. Deren Fläche beträgt jeweils nur wenige Quadratmillimeter. Die Anker sind an den Stößen der Vakuumdämmplatten sowie am Plattenrand angeordnet. Sie geben das horizontale Raster der VIP-Platten vor. Die Breite beträgt minimal 55 cm und reicht bis zu 1 m an den Fenstern. Durch ein symmetrisches Raster wird erreicht, dass möglichst viele Platten mit identi-

schen Abmaßen und Aussparungen an den gleichen Positionen für die Befestigungsanker hergestellt werden können.

Zwischen Altwand und Kerto-Platte befindet sich eine ca. 20 mm dicke Ausgleichsdämmung, die die Unebenheiten im Raum zwischen Wand und GEDT-Element ausfüllt. Diese Ausgleichsdämmung aus weichem Dämmstoff wird im Werk auf die Innenseite der Kerto-Platte aufgebracht.

An den Rändern der GEDT-Elemente werden die VIP-Platten mit Kompribändern und einem zusätzlichen Butylband beim Transport zur Baustelle und bei der Montage geschützt. Die Bänder haben weiterhin die Aufgabe, die unvermeidliche Fuge zwischen zwei GEDT-Elementen auszufüllen.

Integration Fenster

Ziel der Entwicklung im Forschungsprojekt ist es unter anderem, in die GEDT-Elemente bereits in der Vorfertigung die Fenster zu integrieren, damit die gesamte Fassade in einem Arbeitsschritt montiert werden kann und die Belästigungen der Mieter minimiert werden. Zusätzlich wird dadurch die Gefahr der nachträglichen Beschädigung der VIPs durch den Fenstereinbau nahezu ausgeschlossen.

Bei den Gebäude mit ESH40- und ESH60-Standard werden in der Nordfassade Passivhaus-geeignete Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung eingesetzt. Diese Fenster besitzen eine Ansichtsbreite von ca. 110 mm. Das gesamte GEDT-Element misst ohne Berücksichtigung der Ausgleichsdämmung und der äußeren Bekleidung aber nur 90 mm. Somit müssen Lösungen gefunden werden, das breitere Fenster zu integrieren. Dies hat Konsequenzen für das optische Erscheinungsbild der Fassaden, da die Fenster außenbündig in der Fassade liegen.

Die Analyse der Wärmebrückensituation hat gezeigt, dass die energetisch optimale Einbaulage der Fenster genau über der Ebene der Vakuumdämmplatten liegt. Die ausgewählten Holzfenster mit PU-Dämmkern der Firma Variotec erlauben eine nahezu wärmebrückenfreie Einbindung in das GEDT-Element, da die Hauptdämmebene des Fensters an die Vakuumdämmung anschließt. Die Fensterrahmen können in dem inneren Falz an der Kerto-Platte festgeschraubt werden, die dazu eine Randverstärkung aus einem Metallwinkel erhält.

Das Konzept zur Integration der Fenster wird jedoch so gestaltet, dass bei zukünftigen Projekten auch Fenster aus anderen Materialien und mit anderem Aufbau eingesetzt werden können.

Montage

Die GEDT-Elemente werden an ihrer Oberseite jeweils durch drei Befestigungspunkte gehalten. Die zugehörigen Konsolen werden vor der Montage auf der Altwand befestigt. Zusätzlich sind noch weitere Befestigungen gegen Windsog und Winddruck erforderlich. Diese massiven Halteelemente reichen nur bis zur inneren tragenden Holzplatte – durchstoßen somit an keiner Stelle die Dämmschicht. Für alle Halteelemente gilt, dass sie vor der Montage sehr genau ausgerichtet werden müssen. Ein detailliertes Aufmaß der Fassade ist somit unumgänglich.

Die Fassade der Gebäude ist symmetrisch in vier Elemente unterteilt (Bild 4). Alle weisen die gleiche Breite von 5,13 m auf. Das normale GEDT-Element besitzt eine Höhe von 2,50 m, es kann aber auch bis maximal ca. 3,2 m vergrößert werden. Bei noch höheren Elementen würde ein Straßentransport schwierig.

Zur Montage wird im Erdgeschoss links (GEDT 1 in Bild 4) begonnen. Danach folgt das darüber liegende Element GEDT 2, dann wird das zweite Element des Erdgeschosses montiert (GEDT 3) und zuletzt GEDT 4. Dieses Raster kann auch bei größeren Gebäuden entsprechend fortgesetzt werden. Nach der Montage der Hauptelemente wird der Traufanschluss durch kleinere Füllelemente geschlossen und im Perimeterbereich eine konventionelle Dämmung angefügt.

In den inneren Fensterleibungen müssen vor Ort nach dem Einhängen der GEDT-Elemente zusätzliche Haltewinkel befestigt werden, um die Windlasten sowie die dynamischen Kräfte beim Betätigen der

Fenster aufzunehmen. Danach werden die Anschlüsse mit vorbereiteten Folien abgedichtet und die Leibungen verkleidet.

Die Fassadenbekleidung aus Resoplan-Platten wird im letzten Arbeitsschritt auf der Wand befestigt. Dadurch ist die innere Unterteilung in einzelne GEDT-Elemente von außen nicht zu erkennen. Die Platten ermöglichen zahlreiche optische Varianten bei der Gestaltung der Fassadenoberfläche.

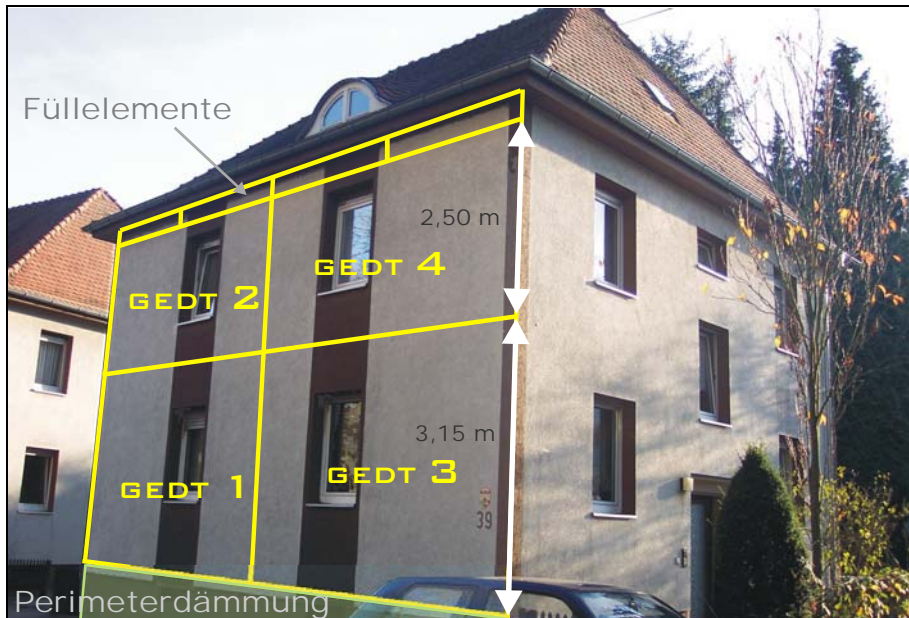


Bild 4: Aufteilung der Dämmelemente auf die Fassade

3 Effektiver U-Wert

Die eindimensionale Berechnung des U-Wertes des GEDT-Elements zusammen mit der 30 cm starken ungedämmten Außenwand ergibt einen U-Wert von $0,092 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Um die tatsächliche energetische Qualität der vorgefertigten Dämmfassade bewerten zu können, müssen die Wärmebrückeneinflüsse an den Befestigungselementen, den durchstoßenden Halterungen sowie an den Dämmelement- und VIP-Plattenstößen berücksichtigt werden. Folgende Wärmebrücken sind zu untersuchen:

- Stoß zwischen zwei VIP-Platten im GEDT-Element (linienförmige Wärmebrücke),
- Stoß zwischen zwei GEDT-Elementen (linienförmige Wärmebrücke),
- GEDT-Rand am Übergang zum Wärmedämmverbundsystem (linienförmige Wärmebrücke); das GEDT-Element überlappt das sich seitlich anschließende Wärmedämmverbundsystem. Bei der Anpassung beider Systeme und dem Verschluss der Fuge kann eine Wärmebrücke entstehen. Durch die Überlagerung mit der geometrischen Wärmebrücke an der Hauskante (bei Außenmaßbezug negativ) kann der Einfluss dieses Details meist minimiert werden.
- Halteanker, die die Dämmebene durchdringen (an den vertikalen und horizontalen Plattenrändern sowie in der Fläche (punktförmige Wärmebrücken)). Für diese Halterungen wird aus statischen und energetischen Gründen grundsätzlich Edelstahl eingesetzt.

Zusätzlich ist die Einbausituation der Fenster in das GEDT zu berücksichtigen. Diese Wärmebrücke wird üblicherweise nicht der Außenwand, sondern dem Fenster zugeordnet, so dass sie in diesem Zusammenhang nicht in die Berechnung des Gesamt-U-Wertes der Dämmelemente einbezogen wurde.

Welcher Gesamt-U-Wert für das GEDT-Element zu erreichen ist, hängt auch von der Ausführungsqualität der Vorfertigung und der Montage vor Ort ab. Zur Quantifizierung der Einflüsse wurden drei ver-

schiedene Modelle untersucht. Die Ausführung „wie geplant“ mit minimalen Fugen zwischen den VIPs (2 mm), die in der Vorfertigung erreicht werden müssen und maximal 15 mm Fugenbreite zwischen zwei GEDT-Elementen, die sowohl eine genau Vorfertigung als auch eine gute Montage vor Ort voraussetzen. Weiterhin die Variante „optimale Ausführung“ ohne Fugen zwischen den VIPs und mit nur 10 mm Zwischenraum zwischen den Großelementen sowie die Variante „ungünstige Ausführung“ mit 6 mm VIP-Fugen und 20 mm GEDT-Fugen.

Bild 5 zeigt den Vergleich der verschiedenen Varianten. Die Ausführung „wie geplant“ erreicht einem U-Wert von 0,155 W/(m²K). Bei optimaler Ausführung könnte der Gesamt-U-Wert um 5 % auf 0,148 W/(m²K) verbessert werden. Würden Vorfertigung und Montage ungünstig ausgeführt, so würde sich der Gesamt-U-Wert um 8 % gegenüber der geplanten Ausführung auf 0,167 W/(m²K) verschlechtern. Diese Schwankungen aufgrund der Ausführungsqualität liegen im gleichen Bereich, der auch bei Konstruktionen mit konventioneller Dämmung und Fugen dieser Breite im Dämmstoff auftritt. Die GEDT-Elemente verhalten sich diesbezüglich nicht anders als erprobte Dämmstoffe.

Die Berechnungen zeigen, dass eine hohe Ausführungsqualität bei der Herstellung und Montage der GEDT-Elemente erreicht werden muss. Berücksichtigt man die Unsicherheiten, die z. B. die exakte Wärmeleitfähigkeit der Vakuumdämmung betreffen (hier wurde mit $\lambda = 0,0042$ W/(mK) gerechnet) sowie die unvermeidlichen Alterungsprozesse der VIPs, so lässt sich die Empfehlung ableiten, die Dämmelemente energetisch nicht zu knapp zu bemessen, wenn ein bestimmter Energiekennwert für das Gebäude angestrebt wird und z. B. die Anlagenauslegung entscheidend durch diesen beeinflusst wird, wie dies bei Passivhäusern der Fall ist. Bei energetisch modernisierten Altbauten, in denen üblicherweise noch Heizkörper eingesetzt werden, sind hier jedoch weniger Probleme zu erwarten.

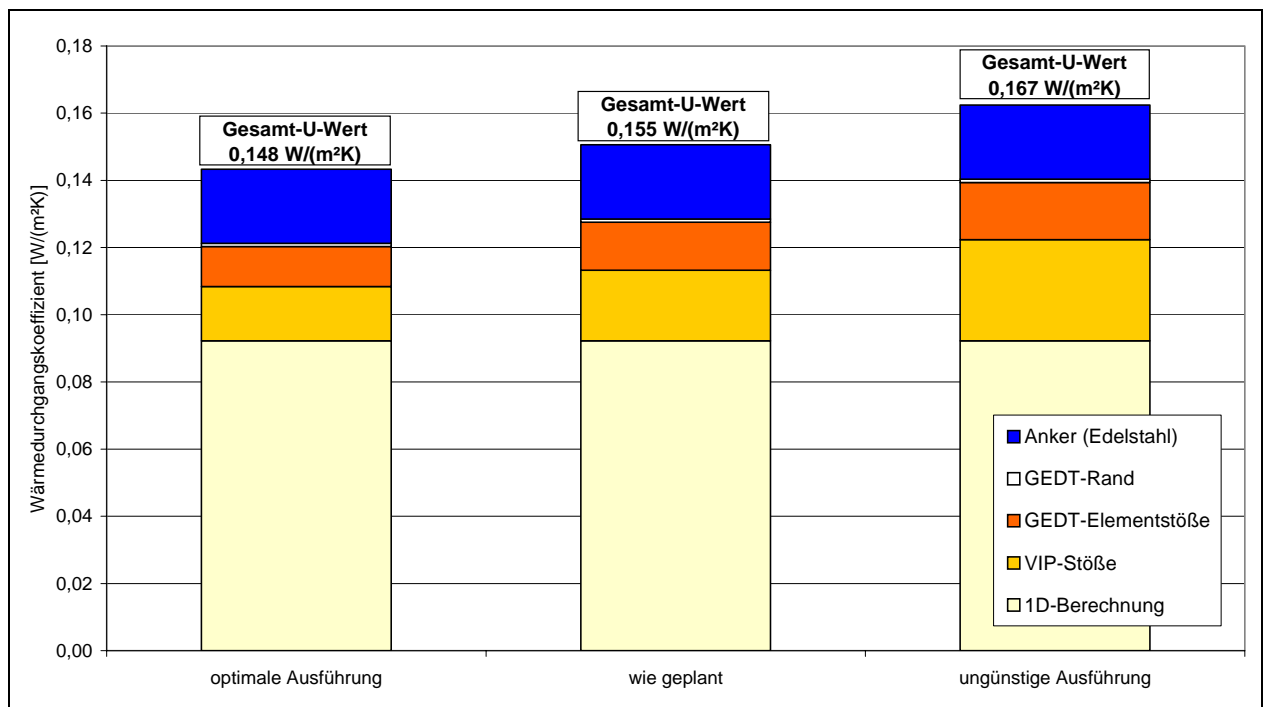


Bild 5: Abhängigkeit des Gesamt-U-Werts von der Ausführungsqualität (siehe Text)

Der Ziel-U-Wert der GEDT-Elemente für die Häuser in Hofheim von 0,16 W/(m²K) kann unter Berücksichtigung der Wärmebrücken und der Ausführung auf der Baustelle erreicht werden.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Für die Straßenfassaden von drei Gebäuden in Hofheim werden vorgefertigte, vakuumgedämmte Fassadenelemente entwickelt und erprobt. Diese Technik zeichnet sich durch folgende Besonderheiten aus:

- Bei nur 90 mm Dicke der Elemente (zuzüglich max. 30 mm für die Befestigung und ca. 25 mm bei einer hinterlüfteten Bekleidung) wird ein U-Wert von 0,155 W/(m²K) und somit annähernd Passivhausstandard erreicht.
- Die Elemente können industriell vorgefertigt werden. Dadurch muss auf der Baustelle nicht mit den empfindlichen Vakuumdämmpaneelen hantiert werden. Da die Fenster ebenfalls integriert sind, wird auch eine nachträgliche Beschädigung durch den Fenstereinbau ausgeschlossen.
- Durch die industrielle Vorfertigung sind höhere Genauigkeit und Maßhaltigkeit möglich als bei einer Fertigung auf der Baustelle.
- Durch das Befestigungssystem ist eine schnelle Montage durch Einhängen möglich. Mieter der Wohnungen werden so nur wenig durch die Fassadendämmung beeinträchtigt.

Gegenwärtig befindet sich die Entwicklung der GEDT-Elemente in der letzten Detaillierungsphase. Die Montage ist für Ende Oktober geplant. Danach werden die Ergebnisse ausgewertet, Stärken und Schwächen des Konzepts untersucht und die Verallgemeinerbarkeit der Lösung vorangetrieben. Zusätzlich ist insbesondere die Analyse der Kosten, das Bestimmen von Einsparpotenzialen bei der GEDT-Technik sowie das Anwendungspotenzial im Gebäudebestand von Interesse. Die Erfahrungen werden auch in einem Planungshandbuch dokumentiert.

Literatur

Reyer et al.: Reyer, E. ; Scherer, M. ; Bamberger, C. ; Juretzko, M. ; Schild, K.; Sieder, M.; Völkner, S.: *Energiegerechte Außenwandsanierung mit industriellen Vorfertigungstechniken. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben*. Ruhr-Universität Bochum, Institut für Konstruktiven Ingenieurbau. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2003.

Dipl.-Ing. (FH) Marc Großklos

Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU)
Annastraße 15, D-64285 Darmstadt
www.iwu.de
m.grossklos@iwu.de