

OUTDOORERPROBTE BEKLEIDUNG

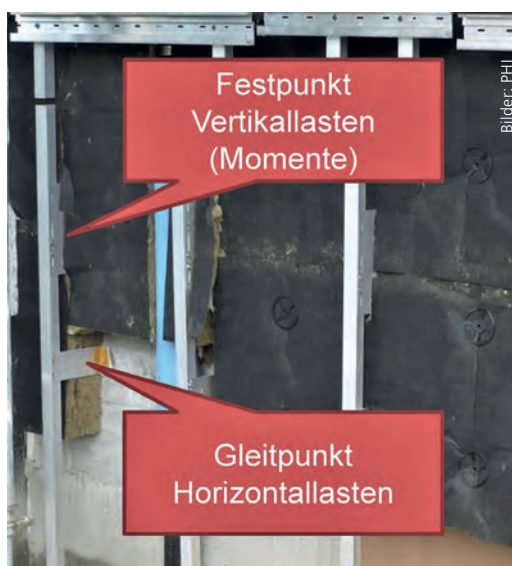
Energieeffiziente Vorhangfassaden von Adrian Muskatewitz und Benjamin Krick

Passivhäuser werden heute längst nicht mehr nur mit Wärmedämmverbundsystem oder als Holzhaus gebaut. Wer ein Passivhaus mit einer hochwertigen Optik bauen möchte, greift häufig auf Vorhangfassaden als Bekleidung zurück.

Bei Vorhangfassaden wird die äußere Bekleidung als Wetterschutz und Stilelement vor die eigentlich tragende Wand gehängt. In dem entstehenden Zwischenraum ist die Dämmung angebracht und in einem verbleibenden Spalt kann Luft zirkulieren, der die Konstruktion in Verbindung mit der Wetterschutzschale trocken hält. Aus bauphysikalischer Sicht ist diese Konstruktion sehr langlebig, sicher und daher empfehlenswert.

Jedoch: Wetterschutzschale und tragende Konstruktion müssen mittels einer Unterkonstruktion verbunden werden. Die Verbindungselemente durchdringen die Dämmebene. An diesen Stellen wird die Dämmung durch ein anderes Material unterbrochen und damit geschwächt. Es kommt zwangsläufig zu einer Wärmebrücke.

In die tragende Wand müssen über die Fassadenanker das Eigengewicht der Fassade und außerdem Windlasten eingeleitet werden. Hierzu werden in der Regel zwei Ankertypen eingesetzt: Der Gleitpunkt nimmt horizontale Windlasten auf. Er verhindert, dass sich der Abstand zwischen Fassade und tragender Wand verändert. Der Fixpunkt kann zusätzlich vertikale Lasten aus dem Eigengewicht der Fassade aufnehmen. Er ist darum stabiler und meist größer ausgebildet. Die Abbildung zeigt Fest- und Gleitpunkt am Beispiel einer Aluminium-Unterkonstruktion auf einer Betonwand.



Aluminium-Unterkonstruktion auf Betonwand. Fest- und Gleitpunkt.

Vorsicht bei Aluminium-Konstruktionen!

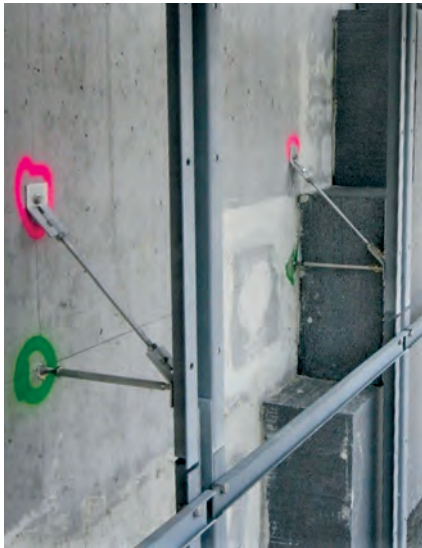
Herkömmliche Fassadenanker bestehen aus Aluminium. Aluminium ist preiswert, lässt sich gut verarbeiten und ist witterungsbeständig. Der entscheidende Nachteil: Die Wärmeleitfähigkeit ist mit 160 W/(mK) sehr hoch. Zum Vergleich: Der Dämmstoff, welcher durch das Aluminium durchdrungen wird, hat eine Wärmeleitfähigkeit zwischen 0,032 und 0,045 W/(mK). Ein erster Hinweis auf eine hohe Wärmebrücke. Aber wie groß ist diese?

Die Wärmebrücke lässt sich über eine dreidimensionale Wärmestromsimulation ermitteln. Die Wand wird mit der Dämmung, dem Fassadenanker und der Unterkonstruktion dreidimensional modelliert. Anschließend wird mit einer speziellen Software der Wärmestrom ermittelt. Diese Berechnung wird ohne den Fassadenanker wiederholt. Aus der Differenz ergibt sich die Wärmebrücke.

In der Abbildung auf der Folgeseite ist beispielhaft das 3-D-Modell eines Aluminium-Festpunktes mit Unterkonstruktion auf einer Betonwand mit Wärmedämmung dargestellt. Im ungestörten Zustand hat diese Wand einen U-Wert von 0,15 W/(m²K) und ist damit passivhaustauglich.

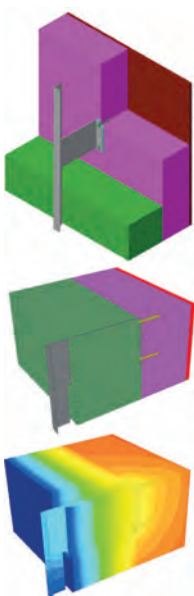
Aus den Wärmestromsimulationen ergibt sich ein punktförmiger Wärmebrückenverlustkoeffizient von $\chi = 0,18$ W/K. Um diesen zunächst schwer zu fassenden Wert anschaulicher zu machen, kann ausgerechnet werden, über wie viel Fläche ungestörter Wand die gleiche Wärmemenge verloren geht. Bei der hier gewählten Wand mit einem U-Wert von 0,15 W/(m²K) sind es 1,2 m² zusätzliche Wandfläche. Das ist sehr viel!

Die Wärmebrücke kann reduziert werden, indem zwischen das hoch wärmeleitende Aluminium und die Betonwand ein Isolator, z. B. aus Kunststoff, eingefügt wird. Da der Isolator jedoch nicht beliebig dick werden kann und Ankerbolzen aus Stahl oder Edelstahl dennoch eine gute Wärmeleitung aufweisen, bewirkt diese Maßnahme keine entscheidende Verbesserung. Die punktförmige Wärmebrücke sinkt in unserem Beispiel auf 0,11 W/K, entsprechend einer Fläche von 0,7 m² ungestörter Wand.



Festpunkt eines Edelstahl-Stabtragwerkes aus Horizontal- und Diagonalstab (links). Gleitpunkt: nur Horizontalstab. Anwendung bei einem Schulgebäude mit Gabionenfassade im Erdgeschoss (oben, Architekten: Baufrösche Kassel).

In der Literatur sind häufig deutlich geringere Werte zu finden. Meist ist es bei diesen Werten so, dass nur der Anker, nicht aber die Unterkonstruktion modelliert wurde. Die Unterkonstruktion wirkt wie eine Kühlrippe, über die zusätzlich Wärme an die kalte Außenluft abgegeben wird. Wird die Unterkonstruktion nicht mit modelliert, führt dies zu unpräzisen Ergebnissen. Ein weiterer entscheidender Faktor für die zusätzlichen Energieverluste über die Unterkonstruktion der Fassade ist die benötigte Anzahl der Fassadenanker. Je nach Gewicht der Fassade, Anforderungen an den Widerstand gegen Wind und z. B. die Anordnung von Öffnungen sind ca. zwei bis fünf Anker pro Quadratmeter Wand üblich. In unserem Beispiel sind es 3,9 Anker/m², je etwa zur Hälfte Gleit- und Fixpunkte. Hierdurch erhöht sich der U-Wert der ungestörten Wand von 0,15 W/(m²K) um 0,55 W/(m²K) auf 0,70 W/(m²K). Der U-Wert und damit die Energieverluste haben sich durch die Wärmebrücken der Fassadenunterkonstruktion nahezu verfünffacht. Selbst die Energieeinsparverordnung kann auf diese Weise nicht mehr eingehalten werden.



3-D-Modell eines Aluminium-Fassadenankers (Festpunkt, grau) mit tragender Wand aus Beton (pink), Dämmung (grün) und Unterkonstruktion. Unten: Temperaturverläufe. Dargestellt sind jeweils Modellausschnitte.

Problematisch sind nicht nur die zusätzlichen Energieverluste und die damit verbundenen höheren Energiekosten, der höhere CO₂-Ausstoß und die Klimabelastungen. Vielfach werden diese extremen Wärmebrücken nicht korrekt bilanziert, das Gebäude braucht in der Realität mehr Energie als vorher prognostiziert. Das Vertrauen in hoch energieeffizientes Bauen wird beschädigt und damit ein entscheidender Pfeiler der Energiewende.

Apropos Energiekosten: Am Standort München fallen durch die zusätzlichen Wärmeverluste über die Fassadenanker pro Jahr zusätzliche Energiekosten von ca. 5 €/m² Fassade an. Mit der angesprochenen thermischen Trennung sind es immerhin noch 3 €/m².

Besser Edelstahl oder Kunststoff

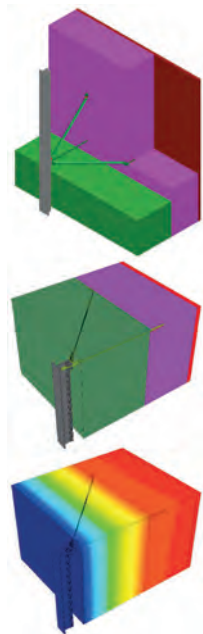
Die gute Nachricht: Es geht auch besser – viel besser!

Um die Wärmeverluste zu verringern, gibt es prinzipiell drei Möglichkeiten: 1. Ein anderes, weniger wärmeleitfähiges Material für die Fassadenanker verwenden. 2. Die statischen Möglichkeiten des Materials besser ausnutzen. 3. Die Anzahl der Anker reduzieren.

Anstelle des Aluminiums können Edelstahl oder Kunststoffe eingesetzt werden. Die Wärmeleitfähigkeit ist wesentlich geringer. Allerdings sind diese Materialien teurer, Edelstahl lässt sich schwerer verarbeiten und Kunststoff ist brennbar. Durch einen geringeren Materialverbrauch, eine beschleunigte Montage und eine geringere Anzahl von Ankern können die höheren Materialkosten zumindest teilweise ausgeglichen werden. Wird Kunststoff geschützt durch Dämmung eingesetzt, erhöht sich die Feuerwiderstandsdauer der Konstruktion.

Als eine besonders vielversprechende Möglichkeit haben sich in den vergangenen Jahren sogenannte Stabtragwerke herauskristallisiert. Hier wird der Anker materialsparend entsprechend der auftretenden Lasten Zug und Druck aufgegliedert. Gleichzeitig wird die Tragfähigkeit erhöht, die Anzahl der benötigten Anker verringert sich. In den folgenden Bildern sind Stabtragwerke jeweils beispielhaft dargestellt. Am gleichmäßigen Temperaturverlauf ist bereits erkennbar, dass hier keine signifikante Wärmebrücke vorliegen kann.

Tatsächlich berechnet sich der punktförmige Wärmebrückenverlustkoeffizient des Festpunktes zu nur $\chi = 0,005 \text{ W/K}$, entsprechend einer zusätzlichen Wandfläche von $0,03 \text{ m}^2$. Gleichzeitig kann die Zahl der Anker in unserem Beispiel auf 1,5 pro Quadratmeter reduziert werden. Der U-Wert der ungestörten Wand erhöht sich von $0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ um $0,004 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ auf $0,154 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, die entscheidende Verbesserung wurde erzielt, die Konstruktion ist nahezu wärmebrückenfrei. Am Standort München fallen durch die zusätzlichen Wärmeverluste über die Fassadenanker pro Jahr zusätzliche Energiekosten von ca. 4 Cent/m² Fassade an.



3-D-Modell eines Fassadenankers als Edelstahl-Stabtragwerk (Festpunkt, hellgrün) mit tragender Wand aus Beton (pink), Dämmung (grün) und Unterkonstruktion.
Unten: Temperaturverläufe. Dargestellt sind jeweils Modellausschnitte.

Suchst du was?
database.passivehouse.com/

Die Datenbank für effizientes Bauen und Sanieren.



DR.-ING. BENJAMIN KRICK
ist Mitglied der Geschäftsleitung der Passivhaus Institut GmbH, Darmstadt, wo er die Arbeitsgruppe Komponentenzertifizierung leitet und sich mit der nachhaltigen Bewertung der Energieversorgung von Gebäuden beschäftigt.
www.passiv.de



M. ENG. ADRIAN MUSKATEWITZ
arbeitet seit 2012 am Passivhaus Institut. Als Bauingenieur entwickelt und zertifiziert er Passivhauskomponenten und berät hinsichtlich der Verbesserung der thermischen Gebäudehülle.
www.passiv.de

Produkte

Um auch bei Fassadenankern einen zuverlässigen Standard der thermischen Qualität zu setzen, zertifiziert das Passivhaus Institut herausragende Produkte, die in der Komponentendatenbank unter database.passivehouse.com/de/components/list/facade_anchor abrufbar sind. Nachfolgend sind einige zertifizierte Fassadenanker beispielhaft dargestellt.



Foto: Schöck

Der Isolink von Schöck besteht aus einem Faserkunststoff-Komposit-Material. Der Anker wird in die Wand einzementiert und durch die Fassade auf Biegung belastet. Die Wärmebrücke beträgt pro Anker weniger als $0,001 \text{ W/K}$.



Grafik: SYSTEA Pohl

Die Tekofix Wandkonsole von SYSTEA Pohl besteht vollständig aus faserverstärktem Kunststoff. Die Wärmebrücke beträgt pro Konsole weniger als $0,003 \text{ W/K}$.



Grafik: Hilti

Der FOX HAT von Hilti hat im Bereich der tragenden Wand und hin zur Unterkonstruktion Elemente aus Aluminium. In der Dämmebene sind diese Elemente aber durch einen Faserverbundkunststoff thermisch getrennt. Die Wärmebrücke beträgt so pro Anker weniger als $0,004 \text{ W/K}$.

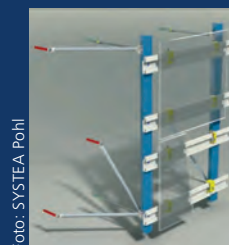


Foto: SYSTEA Pohl

Das System Beta Universal II von SYSTEA Pohl entspricht dem oben gezeigten Stabtragwerk. Dargestellt sind Gleitpunkt, Festpunkt und Doppelfestpunkt, der das System zusätzlich in der Z-Achse stabilisiert. Die Wärmebrücke beträgt pro Anker weniger als $0,005 \text{ W/K}$.



Foto: StoVerotech

Der Fassadenanker StoP der Firma StoVerotech besteht aus Edelstahl mit einer thermischen Trennung zur Wand. Um Material zu sparen und den Wärmewiderstand zu erhöhen, ist die Konsole in Bereichen geringer mechanischer Beanspruchung gelocht. Die Wärmebrücke beträgt pro Anker weniger als $0,007 \text{ W/K}$.



Grafik: EJOT

Auch die Wandwinkelstütze von EJOT ist ein Stabtragwerk. Das Zugelement besteht hier aus einem Edelstahlband, das über das Verdrehen eines mittigen Spannschlusses verkürzt werden kann. So wird der Abstand zwischen der Winkelstütze und der darüber liegenden Verankerung der diagonalen Verspannung effizient eingestellt. Die Wärmebrücke beträgt pro Anker weniger als $0,01 \text{ W/K}$.