

**Zeitschrift:** Tec21  
**Herausgeber:** Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
**Band:** 142 (2016)  
**Heft:** 16: Auf Reinigungsstufe 4  
  
**Rubrik:** Panorama

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

AUS DER FORSCHUNG

## Faserverbundkunststoffe im Holzbau

Die Fachgruppe Faserverbundkunststoff (FVK) der ZHAW beweist die Tragfähigkeit von Passbolzenverbindungen mit FVK-Laschen. Ein erster Schritt zum Holz-Composite-Tragwerk? Die Forschungsleiterin berichtet.

Text: Antje Sydow

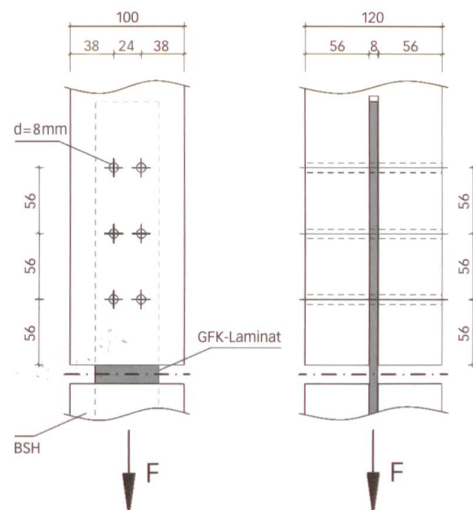
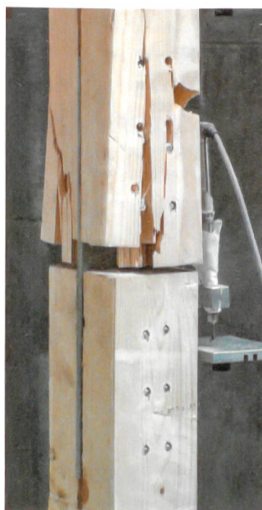
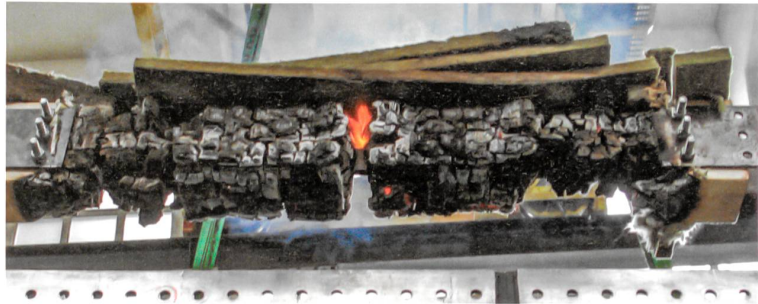
**F**ür ein Entwicklungsprojekt im konstruktiven Holzbau prüfte die Zürcher Hochschule der angewandten Wissenschaften (ZHAW) die Tragfähigkeit von Passbolzenverbindungen mit Faserverbundkunststoff-Laschen als Alternative zu den konventionellen Stahllaschen.

Viele Argumente sprechen für diese neuartige Knotenausbildung: Die Composites lassen sich einfach mittels Handmaschinen auf der Baustelle bearbeiten und weisen gleiche Tragfähigkeiten wie Stahl auf. Ihre bauphysikalischen Kennwerte ermöglichen eine bessere Materialpaarung mit Holz: Beispielsweise ist die Wärmeleitfähigkeit von Holz, bis 0.4 W/mK, und glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK), bis 0.55 W/mK, relativ ähnlich, während sie bei Stahl deutlich höher liegt (mindestens 25 W/mK). Ebenfalls sehr gut ist die Beständigkeit gegenüber Chemikalien.

### Erster Schritt zum Composite-Tragwerk

An Belastungsversuchen im Massstab 1:1 wurde die Tragfähigkeit von Stabdübelverbindungen mit Composite-Laschen geprüft.

Dabei versagte in allen untersuchten Konstellationen und unter verschiedensten Umwelteinflüssen der Holzquerschnitt, jedoch nicht das Composite. Darunter waren Brandversuche, Zugversuche unter Temperaturen von -28°C oder +60°C, mit wassergesättigten Hölzern oder künstlich beschädigten Platten. Auch Zeitstandversuche und Ermüdungsversuche mit 30% der Bruchlast und 2 Mio. Lastwechsel kamen zum selben Schluss. Die verwendeten



Ganz oben: **Brandeinwirkung** nach ISO-Norm bei gleichzeitiger **Zugbeanspruchung** auf eine Passbolzenverbindung mit GFK-Stegblech. Der experimentelle Brandwiderstand lag mit 55 min über dem rechnerischen Widerstand von 30 min.

Oben: **Bruchbild und Versuchsanordnung** eines dreireihigen Zugversuchs. Wie bei allen Versuchen versagte der Holzquerschnitt, jedoch nicht das Composite.

Laschen hatten eine mittlere Zugfestigkeit von 273 N/mm<sup>2</sup> und Lochleibungsfestigkeiten im Fall eines Einzeldübelns von 436 N/mm<sup>2</sup>.

Noch stehen Planern keine Richtlinien für den Einsatz von FVK zur Verfügung. Die Versuche zeigen aber, dass die Nachweise der Holzbaunorm SIA 265 für Passbolzenverbindungen erfüllt werden. Längerfristig können Elemente aus GFK im Holzbau eine clevere Ergänzung

zu Stahlverbindungen sein. Mit den gewonnenen Erkenntnissen wurden auch Schraub- und Nagelverbindungen für die Konstruktion ganzer hybrider Holz-Composite-Tragwerke entwickelt, in denen Composites als Konstruktions- und als Gestaltungsmittel dienen. •

Antje Sydow, Forschungsleiterin der Fachgruppe FVK der ZHAW, antje.sydow@zhaw.ch



DEZENTRALE STROMPRODUKTION

## Das abgenabelte Haus

Null- und Plusenergiehäuser sind wichtige Einheiten im Konzept einer dezentralen Stromversorgung. Wie gross darf ein Wohngebäude aber sein, damit die Rechnung am Jahresende wirklich aufgeht?

Text: Benedikt Vogel

**B**isher wurde das Null- und Plusenergiekonzept vorwiegend an Einfamilienhäusern und kleineren Wohnungsbauten erprobt. «Bei sehr guter Dämmung und vollflächiger Belegung von Dach und Fassade mit Photovoltaikmodulen sind aber auch sich selbst versorgende Hochhäuser und grosse Verwaltungsbauten möglich», erklärt Monika Hall, Wissenschaftlerin am Institut Energie am Bau der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW). Ihre Erkenntnis bezieht sich auf das kürzlich abgeschlossene Forschungsprojekt «Grenznull»:

Gebäude mit bis zu 40 Stockwerken können so viel Solarstrom selber erzeugen, dass sie ihren eigenen Energiebedarf vollständig abdecken (vgl. Kasten S. 13). Simulationen anhand von vier Modellgebäuden zeigen jedoch: Eine ausgeglichene Bilanz ist mit zunehmender Höhe immer schwieriger zu erreichen, da die Module an der Fassade einen geringeren spezifischen Solarertrag beisteuern als auf dem Dach. «Gebäude mit fünf bis sechs Stockwerken und sechs Wohnungen pro Etag erlauben den Nullenergiestandard aber in vielen Fällen», lautet eine

Hauptaussage der Grenznull-Studie. Die Berechnungen berücksichtigen verschiedene Parameter wie die Art der Wärmeerzeugung (Gas, Fernwärme, Wärmepumpe), die Sonnenscheindauer, die Beschattung durch Nachbargebäude und die eigenen Balkone sowie den Systemwirkungsgrad der Photovoltaik-(PV-)Anlage.

FHNW-Forscherin Hall hat die Simulationsergebnisse an drei grösseren Wohngebäuden validiert: Der «Palazzo Positivo» in Chiasso (vgl. TEC21 41/2014) nutzt die achtsstöckige Fassade und das Dach zur Solarenergieproduktion; in Romanshorn steht ein Mehrfamilienhaus mit sechs Geschossen und Plusenergiebilanz; und das dritte Beispiel sind mit Solarpaneelen eingehüllte Zwillingshochhäuser in Zürich Leimbach.



FHNW-Forscherin Dr. Monika Hall hat ihre Simulation unter anderem an diesen Wohnhochhäusern an der Sihlweidstrasse in Zürich validiert, das von Harder Haas Architekten saniert wurde.

### Heizbetrieb maximieren

Folgende Hauptfaktoren begünstigen laut Hall die Erreichung des Nullenergie-Ziels: ein sehr hoher Dämmstandard, energieeffiziente Haushaltsgeräte, Fernwärme oder Wärmepumpe zur Erzeugung von Heizwärme und Warmwasser, grosse PV-Flächen mit hohem Systemwirkungsgrad (14 bis 20%) sowie geringe Verluste bei der Wärmeverteilung und -speicherung. Kaum beeinflussbar ist dagegen die Verschattung durch Nachbargebäude. Ebenfalls gering ist der Einfluss vorgelagerter Balkone oder die Ausrichtung des Gebäudes.

In zwei vom Bundesamt für Energie (BFE) geförderten Forschungsprojekten hat Monika Hall zusätzlich untersucht, wie Betreiber von PV-Anlagen ihre Eigenverbrauchsquote maximieren können. Am deutlichsten wird der Anteil erhöht, wenn die Betriebszeit der



Wärmepumpe in die Tagesstunden verlegt wird. Ein Plusenergiegebäude in Rapperswil diente als Fallbeispiel: 16% des Stromverbrauchs entfallen auf die Wärmepumpe. Da sie grundsätzlich nur zwischen 10 und 19 Uhr läuft, wurden im Winter 1000 kWh PV-Strom am Tag, anstatt in den Abend- und Nachtstunden, konsumiert. Der Eigenversorgungsgrad stieg dadurch von 21% auf 34%, ohne dass ein grösserer Energiespeicher eingebaut werden muss. Andere Forschungsprojekte zeigen, dass die Quote auf deutlich über 50% erhöht werden kann (vgl. Artikel unter [bit.ly/1TDMkru](http://bit.ly/1TDMkru)).

### Komfort immer ein Muss?

Im Anschlussprojekt untersuchte Hall, wie eng sich die Betriebszeit der Wärmepumpe maximal begrenzen lässt. Wurde das Zeitfenster für den Betrieb auf weniger als sieben Stunden verkürzt, war das Haus nicht mehr ausreichend beheizt. Für Holzbauten sind kurze Betriebszeiten ungeeignet, weil die Leichtbauweise zu wenig Wärmespeicher-

fähigkeit besitzt. Eine interessante Beobachtung machte die FHNW-Forscherin am Rand. Die Komfortbedingungen für die Raumwärme sind nicht unbedingt ein Muss: Obwohl das Komfortminimum von 20°C (gemäss SIA-Norm 180 «Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden») bisweilen um 1K unterschritten wurde, beschwerten sich die Mieter nicht.

«Die festgeschriebenen Mindesttemperaturen sollten zumindest punktuell unterschritten werden können, um einen flexibleren Betrieb der Wärmepumpen zu ermöglichen. Sie würde dann vermehrt laufen, wenn eigener PV-Strom direkt genutzt werden kann», lautet die Schlussfolgerung von Monika Hall. •

Benedikt Vogel, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE); [vogel@vogel-komm.ch](mailto:vogel@vogel-komm.ch)



Schlussbericht zum Forschungsprojekt «Grenznull», Bundesamt für Energie 2016; Bezug unter: [www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)  
> Dokumentation > Publikation

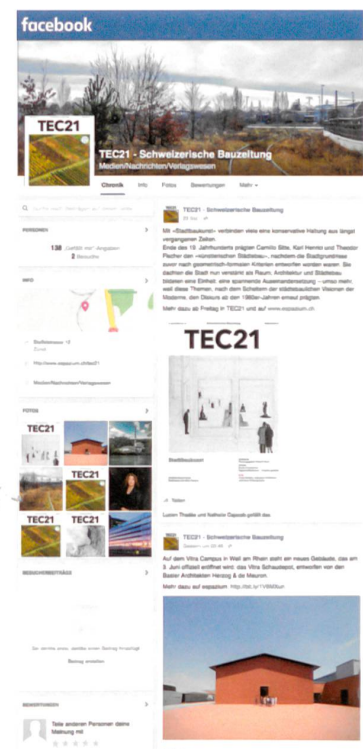
### Definierte Energiebilanz

Null- respektive Plusenergiegebäude produzieren dank einer eigenen PV-Anlage übers Jahr mindestens so viel Strom, wie die Bewohner mit haustechnischen Anlagen für Heizung, Kühlung, Warmwasser, Lüftung sowie den Privatgebrauch verbrauchen. In der erwähnten FHNW-Studie ist der Haushaltsstrom für Elektro- und Haushaltsgeräte und Beleuchtung, unabhängig von der Bewohnerzahl, mit spezifischem Jahresbedarf von 20 bis 30 kWh/m<sup>2</sup> deklariert.

Davon sind Bilanzierungskonzepte wie zum Beispiel der *Gebäudestandard Minergie-A* abzugrenzen, die sich auf die Versorgung des Raumklimas beschränken. Folglich decken solche Objekte nur den Jahresverbrauch an Wärme und Kälte für Heizung, Kühlung, Warmwasser, Lüftung und haustechnische Hilfsbetriebe mit hauseigenem Solarstrom.

## TEC21 auch auf Facebook

Auch via Facebook bleiben Sie als Leser von TEC21 auf dem Laufenden: Unter [www.facebook.com/tec21Heft](http://www.facebook.com/tec21Heft) bieten wir Ihnen regelmässig aktuelle (Mehr-)Informationen aus den Themenbereichen Architektur, Ingenieurwesen und Umwelt/Energie. Der Facebook-Auftritt von TEC21 bietet sich zudem als unkomplizierte Diskussionsplattform an. Schauen Sie einfach mal vorbei, liken Sie uns – und bleiben Sie aktuell informiert! (cr)



## GASSER CERAMIC REVOLUTIONNIERT DIE GEBÄUDEHÜLLE. MIT DEM NEUEN BACKSTEIN CAPO 365

Capo ist das erste Schweizer Einsteinmauerwerk, das perfekt dämmt und gleichzeitig stabil ist. Das sind neue Dimensionen, die Sie begeistern werden.

Jetzt bestellen: +41 31 879 65 00  
[www.gasserceramic.ch/capo](http://www.gasserceramic.ch/capo)

