

Aufbau von fassadenintegrierten PV-Anlagen mit Praxis-Beispielen

Photovoltaik-Planungsleitfaden

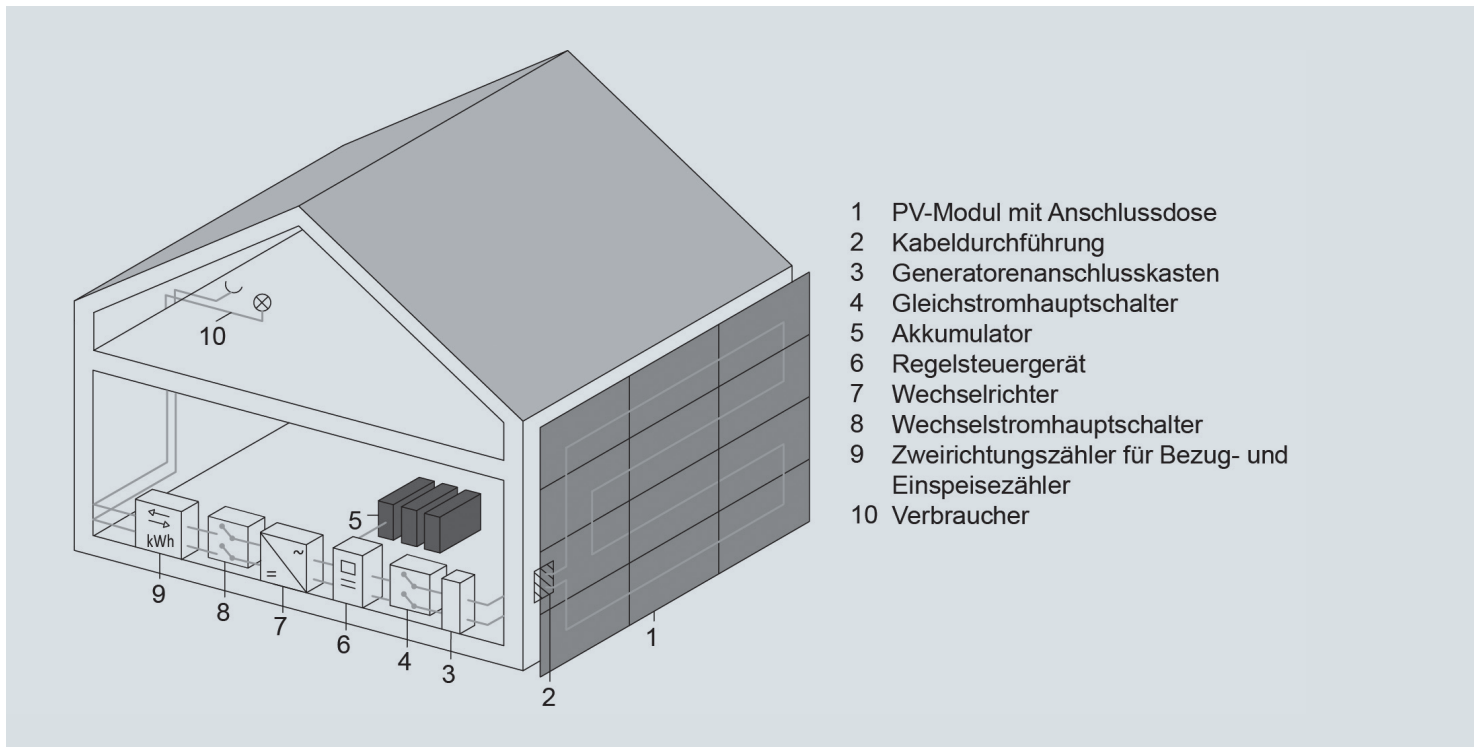


Bild 1: Aufbau einer BIPV-Anlage

Aufbau einer fassadenintegrierten PV-Anlage

In diesem Abschnitt geht es um fassadenintegrierte PV-Anlagen, eine besondere Form der Gebäudeintegration (Building Integrated Photovoltaic = BIPV). Die oft für Solarstromanlagen genutzten Dachflächen sind begrenzt. Deshalb werden zunehmend auch Fassadenflächen für Photovoltaik-Anlagen vorgesehen. Bei der Integration von PV-Modulen in eine Fassade ersetzen diese teilweise die Gebäudehülle und müssen je nach Konstruktionsart deren Funktionen, wie Witterungsschutz, Wärmeschutz oder Schallschutz übernehmen. PV-Anlagen können als Inselssysteme oder netzgekoppelte Anlagen betrieben werden. Inselssysteme finden vorrangig Verwendung in Umgebungen ohne öffentliche Stromversorgung. Netzgekoppelte Anlagen hingegen werden an das öffentliche Netz gekoppelt und können dort überschüssigen Strom aus PV-Anlagen einspeisen. PV-Anlagen an sich bestehen neben den miteinander verschalteten PV-Modulen aus weiteren Komponenten (Bild 1).

Bei einer BIPV-Anlage werden alle PV-Module miteinander verschaltet und zu einem PV-String gruppiert. Anschließend werden sie im Generatoranschlusskasten zusammengeführt. Über eine Sammelleitung wird vom Generatoranschlusskasten der Gleichstrom aus den PV-Modulen zum Wechselrichter geführt und dort in Wechselstrom umgewandelt. Das ist notwendig, da das öffentliche Netz mit Wechselstrom betrieben wird. Dieser Teil der Anlage hat einen maßgeblichen Einfluss auf den Ertrag. Zum weiteren Aufbau einer PV-Anlage zählen Bypassdioden. Sie sind ein Teil der Anschlussdose eines PV-Moduls und verhindern aufgrund ihrer Wirkungsweise eine Überhitzung der Module. Werden PV-Zellen eines PV-Moduls verschattet oder auch teilverschattet, kann der Gleichstrom nicht weitergeführt werden. Aufgrund des Stroms in den PV-Zellen kommt es zur Überhitzung und somit zu dauerhaften Schäden im PV-Modul. In so einem Fall öffnet sich die Bypassdiode und der Strom fließt an dem verschatteten Modul vorbei. Bei netzgekoppelten Anlagen ist weiterhin darauf zu achten, dass neben dem Bezugszähler des Hausanschlusses ein Einspeisezähler zu installieren ist.

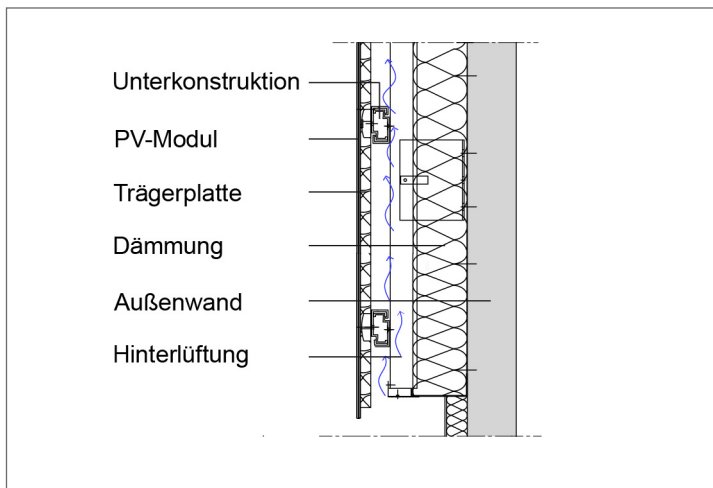


Bild 2: PV-Integration in eine vorgehängte hinterlüftete Fassade als Kaltfassade

Kaltfassade und Warmfassade?

Grundsätzlich können PV-Module in Kaltfassaden und Warmfassaden integriert werden. Bei Kaltfassaden ist die äußere Bekleidung hinterlüftet und somit von der tragenden Wand thermisch entkoppelt. Bekleidung und tragende Außenwand haben jeweils unterschiedliche Anforderungen zu erfüllen. Die tragende Außenwand zählt zur Rohbaukonstruktion und muss alle Lasten abtragen, auch die der äußeren Bekleidung wie etwa Wind- und Eigenlast. Die äußere Bekleidung liegt im kalten Außenbereich. Die vorgehängte hinterlüftete Fassade ist eine typische Kaltfassade. Werden PV-Module in eine vorgehängte hinterlüftete Fassade integriert, so ersetzen sie die äußere Bekleidung und übernehmen deren Aufgaben. Da sich zwischen den PV-Modulen und der tragenden Wandkonstruktion ein Luftspalt befindet, werden die PV-Module hinterlüftet, sodass aufgestaute Wärme abgeführt werden kann (Bild 2).

Bei der Konstruktion von Warmfassaden sind die Bauteilschichten miteinander verbunden und thermisch nicht getrennt. Bei einer Integration von PV-Modulen in eine Warmfassade kann die aufgestaute Wärme nicht durch die Konstruktion abgeführt werden, sodass es zur Erwärmung und damit auch zu einer Ertragsminderung der PV-Module kommen kann (Bild 3).

Der Aufbau eines gängigen PV-Moduls ist ein Modul mit Front- und Rückglas. Prinzipiell können PV-Module als gerahmte Standardmodule oder als rahmenlose Module in die Fassade integriert werden. Gerahmte Module erhalten eine linienförmige Befestigung und können so unproblematisch an der Unterkonstruktion befestigt werden. Zur Befestigung der PV-Module kann hierbei auf übliche Befestigungsmöglichkeiten aus dem Glasbau zurückgegriffen werden. Typischerweise werden zur linienförmigen Befestigung zwei- oder vierseitig Anpressleisten oder linienförmige Klebungen

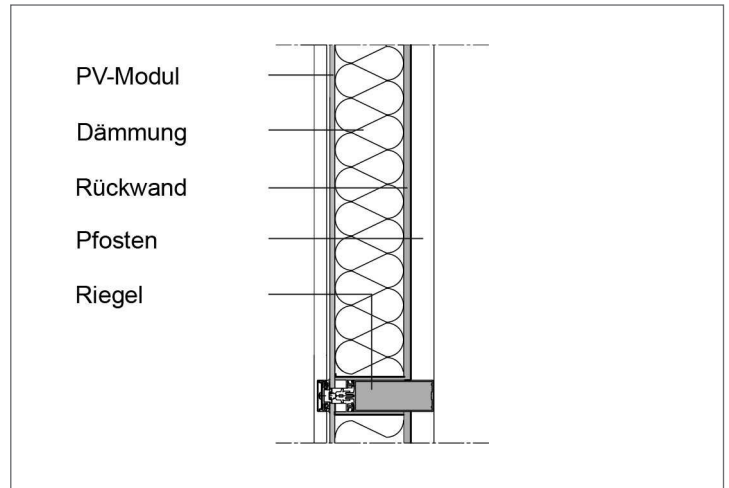


Bild 3: PV-Integration in eine Pfosten-Riegelfassade als Warmfassade

verwendet. Punktförmige Befestigungen werden dagegen über Klammerungen realisiert. Darüber hinaus gibt es auch die Möglichkeit, das PV-Modul auf der Rückseite vollflächig mittels einer Trägerplatte zu verkleben. Die Trägerplatte wird dann mit der Unterkonstruktion konstruktiv verbunden. Eine weitere Möglichkeit ist die Verwendung von Hinterschnittankern. Ein solcher Anker ist eine versteckte Befestigung durch ein zylindrisch-konisches Bohrloch auf der Rückseite der Glasscheibe. Dieses System, wie auch gebohrte BIPV-Verbundverglasungen, finden aufgrund des höheren Produktions- und Kostenaufwands eher selten Anwendung.

BIPV-Module haben ein CE-Kennzeichen, das die Erfüllung elektrotechnischer Anforderungen deklariert. Als zusätzliche Anforderung für die Verwendung im Bauwerk muss das BIPV-Modul als Verbundsicherheitsglas im Sinne der Normenreihe DIN 18008 zugelassen sein.

Drei Praxis-Beispiele

Wohnhochhaus in Bremen

Das Hochhaus in Bremen wurde im Jahr 1972 erbaut und seither als Wohngebäude genutzt (Bild 4). Sowohl die Fassade als auch die Wohnungen des 9-geschossigen Gebäudes entsprachen nicht den Standards und Anforderungen der EnEV 2016. Vor diesem Hintergrund ist das Hochhaus 2014/15 saniert worden und als KfW-Effizienzhaus 55 ausgebildet. Im Zuge der Sanierung wurden die Elemente der Bestandsfassade, bestehend aus Asbestschindeln inklusive der Holzlattung und der Dämmung, entsprechend den Gefahrenstoffklassen rückgebaut. Auf der Ost-, Süd- und Westseite des Hochhauses wurden auf Teilflächen PV-Module als vorgehängte hinterlüftete Fassade realisiert. Dabei kamen Dünnschichtmodule mit einer reflektierenden graphitgrauen Oberfläche zur Anwendung.



Bild 4: Wohnhochhaus in Bremen, Ansicht

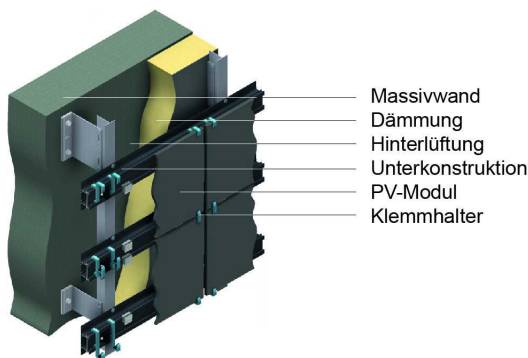


Bild 5: Wohnhochhaus in Bremen, Detail Fassade

Diese wurden in die Fassade und die Balkonbrüstungen integriert. Die PV-Module werden mittels Klammerungen punktförmig gelagert. Die Klemmhalter sind in die Fuge zwischen den PV-Modulen eingesetzt und über metallische Schraubverbindungen mit der tragenden Unterkonstruktion verbunden (Bild 5). Für Wartungszwecke sind Reparatur-Mittelklammern verwendet worden, die einen Austausch problemlos ermöglichen. Die verbleibenden Fassadenflächen wurden durch ein mineralisches Wärmedämmverbundsystem mit nichtbrennbarer Mineralwolle der Klasse A2 nach DIN 4102 gedämmt. Zusätzlich wurden die Bestandsbalkone zur Vermeidung von konstruktiven Wärmebrücken durch größere Vorstellbalkone ersetzt.

Laborgebäude in Dresden

Der Walter-Hempel-Bau wurde 1962 in Stahlbeton-Fertigteilbauweise errichtet und dient seither als Laborgebäude der chemischen Institute auf dem Campus der Technischen Universität Dresden (Bild 6). Von 2009 bis 2013 wurde das Gebäude saniert. Aufgrund der Forderungen der zum Zeitpunkt der Sanierung gültigen EnEV 2009 und dem baulichen Zustand der Elementplatten konnte die Bestandsfassade nicht erhalten bleiben. Es wurde eine solaraktive vorgehängte hinterlüftete Fassade mit gebäudeintegrierter PV gewählt, welche den Anforderungen an den Wärmeschutz gerecht wird und gleichzeitig die Nutzung erneuerbarer Energien ermöglicht. Im Zuge der Sanierung wurden die CIS-Dünnschichtmodule (mit Zellen aus Kupfer, Indium und Selen) in die vorgehängte hinterlüftete Fassade integriert. An der Südseite des Gebäudes sind rahmenlose PV-Paneele angeordnet. Die PV-Paneele bestehen aus PV-Modul und Leichtbetonträgerplatte, die miteinander vollflächig verklebt sind. Sie werden über eine Unterkonstruktion in der tragenden Außenwand verankert (Bild 7). Die wärmedämmenden Eigenschaften der Trägerplatte führen zu höheren Modultemperaturen in den Paneelen. Die Hinterlüftung der Fassade dient hier nicht nur der Abtrocknung von Feuchte, sondern auch zur Kühlung der PV-Paneele. An der Ost-, Nord- und Westseite des Gebäudes wurden aufgrund einer Kosten-Nutzen-Analyse im Erscheinungsbild identische Paneele ohne PV-Ausstattung (sogenannte Dummies) eingebaut.



Bild 6: Laborgebäude in Dresden, Ansicht

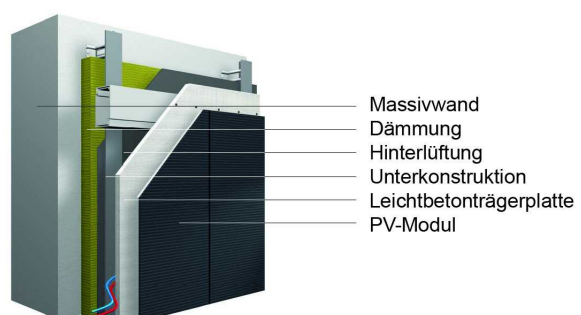


Bild 7: Laborgebäude in Dresden, Detail Fassade



Bild 8: Turnhalle in Regensburg, Ansicht

Turnhalle in Regensburg

Die Sporthalle zeigt die fassadenintegrierte Photovoltaik im Bereich eines Oberlichtbandes, das im oberen Teil der Fassade ab einer Höhe von 3,80 m am gesamten Gebäude verläuft (Bild 8). Um einen optimalen Sportbetrieb zu garantieren, wurden Simulationen zur Ausleuchtung, zur Wärmeentwicklung, zur Lüftung und zum Sonnenschutz durchgeführt. Unter Berücksichtigung der Dimensionierung von Fensterflächen und Lüftungsquerschnitten sind die Ergebnisse dann optimal, wenn die Fassadenverglasung je nach Himmelsrichtung angepasst wird. Im Norden der Turnhalle wurde eine Wärmeschutzverglasung als Standard-Isolierverglasung ausgeführt, an der West- und Ostseite als lichtstreuende Isolierverglasung und in der Südfassade als lichtstreuende Isolierverglasung mit integrierten PV-Modulen. Die polykristallinen Zellen sind hier mit einem Abstand von jeweils 2 cm in der Gießharzschicht einer Verbundglasscheibe angeordnet. Die Zellbelegung bietet mit 75 % für die Nutzung optimales Tageslicht (Bild 9).



Bild 9: Turnhalle in Regensburg, Innenansicht

Zusätzlich zur Photovoltaik-Integration wird durch Verwendung einer sandgestrahlten Glasscheibe im inneren Verbund eine optimale Lichtstreuung erreicht. Die Isolierverglasung wird mit Klemmleisten aus Aluminium an den Pfosten und Riegeln befestigt und gleichzeitig als Ausfachung verwendet. Der Abstand der horizontalen Riegel zueinander wurde dabei auf die Modulgröße angepasst.

Bildverzeichnis:

Bild 1: Institut für Baukonstruktion, Technische Universität Dresden

Bild 2: Institut für Baukonstruktion, Technische Universität Dresden

Bild 3: Institut für Baukonstruktion, Technische Universität Dresden

Bild 4: DAW SE, GB LITHODECOR

Bild 5: DAW SE, GB LITHODECOR

Bild 6: Institut für Baukonstruktion, Technische Universität Dresden

Bild 7: StoVentec, Sto SE & Co. KGaA

Bild 8: DBU, Osnabrück

Bild 9: Peter Ferstl, Regensburg aus Weller/ Hemmerle/ Jakubetz/ Unnewehr: DETAIL Praxis Photovoltaik, München: Institut für internationale Architektur-Dokumentation, 2009

Autoren:

Bernhard Weller und Franziska Rehde

Herausgeberin:

Landeshauptstadt München
Referat für Gesundheit und Umwelt
Bayerstraße 28a
80335 München
muenchen.de/rgu
Foto Referentin: Gerd Krautbauer
Stand: Juli 2020