

3.3 Gebäudeintegrierte PV-Anlagen – Was steckt dahinter?



Carsten Grobe

Photovoltaikanlagen können als Aufdach-System oder auch als Indach-System, also ohne zusätzliche Dacheindeckung montiert werden. Als Weiterentwicklung von Photovoltaikanlagen gelten sogenannte PVT-Anlagen (Photovoltaisch-Thermische Anlagen). Hier werden Photovoltaik und Solarthermie miteinander kombiniert, sodass die Anlage gleichzeitig elektrische und thermische Energie, also Strom und Wärme, erzeugt. Auch für PVT-Anlagen besteht die Möglichkeit der Indach-Montage als sogenannte gebäudeintegrierte PVT-Anlage.

Gebäudeintegrierte Photovoltaikanlagen



Abb. 01: Fertiggestellte Indach-PV-Anlage auf der Grundschule Gronau (Plusenergie-Neubau, Fertigstellung 04/2012) [Foto: Marvin Rust, rust media solutions]

Der Einsatz von gebäudeintegrierten Photovoltaikanlagen bietet sich insbesondere bei Neubauten, Dachsanierungen und Nutzgebäuden an. Diese vollintegrierte Dacheindeckung kann mit Photovoltaikmodulen, Dachfenstern, Solarthermie und Blindplatten für sonstige Dacheinbauten architektonisch gestaltet werden und verleiht dem Gebäude ein ästhetisch hochwertiges Erscheinungsbild. Gebäudeintegrierte Photovoltaikanlagen gelten noch als Nischenprodukt. Dabei haben sie viele Vorteile gegenüber einer Aufdachmontage. Sie ersetzen die übliche Dacheindeckung, sind regendicht, bieten durch den Einsatz von Blindmodulen an Dachrandbereichen oder Dacheinbauten (zum Beispiel

Fenster oder Schornsteine) ein einheitliches Erscheinungsbild und erfüllen somit den Anspruch an ein optisch hochwertiges, ökologisches Gebäude. Durch den Wegfall der Dacheindeckung beispielsweise mit Ziegeln können rund 40 Prozent der Kosten für eine Indach-Photovoltaikanlage gegengerechnet werden, wodurch sie bei Neueindeckung oder Sanierung letztlich wirtschaftlicher als Aufdach-Anlagen sind.

Ein weiterer Vorteil dieses Systems, insbesondere für Dachsanierungen mit bestimmten Lastvorgaben, ist die geringe Eigenlast. PV-Indach-Systeme sind weniger als halb so schwer wie marktübliche Dachziegel. Die rahmenlosen Module werden nach dem Überschuppungsprinzip verlegt. Dadurch werden keine (UV-anfälligen) Gummidichtungen benötigt. Da diese Art der Verlegung regendicht ist, kann das Unterdach, je nach Dachneigung, diffusionsoffen mit ökologischen Baustoffen (Holzfaserplatten ohne Folie) ausgeführt werden. Die Module können einzeln entnommen werden. Aufgrund der Hinterlüftung jedes einzelnen Moduls ist von einer Ertragssteigerung gegenüber anderen Indach-Systemen auszugehen. Weitere Vorteile sind Langlebigkeit, verbesserter UV-Schutz bei Flachdächern gegenüber aufgeständerten PV-Anlagen sowie die Möglichkeit der Zulassung als harte Bedachung, was insbesondere für Brandschutzanforderungen von Bedeutung ist. Bei geringen Dachneigungen ist die Befestigung auch durch Auflast, also ohne Verschraubung und Durchdringung der Folie oder nur mittels punktuell verschraubter Windsogsicherungen möglich. Das System ist zudem auch für die Montage an Fassaden geeignet.

Gebäudeintegrierte Photovoltaisch-Thermische Anlagen

Die gebäudeintegrierten Montagesysteme werden stetig weiterentwickelt, auch im Hinblick auf die Kombination mit Solarthermie. Wird eine Indach-Photovoltaikanlage mit Solarthermie ohne zusätzlichen Flächenbedarf kombiniert, spricht man von einer gebäudeintegrierten photovoltaisch-thermischen Anlage, die gleichzeitig Strom und Wärme auf einer Fläche produziert. Die Unterkonstruktion dient konstruktiv beiden Teilen der PVT-Anlage. Dabei handelt es sich um einen ungedämmten (unabgedeckten) PVT-Kollektor, bei dem der Wärmeübertrager nicht sichtbar unter dem PV-Modul angeordnet ist. Die durch die Energie der Solarstrahlung und aus der Umgebungsluft gewonnene Wärme kann als Wärmequelle für eine Wärmepumpe sowie zur Regeneration von Erdwärmekollektoren oder Erdwärmesonden und zur Warmwasserbereitung genutzt werden. Überschüssige Abwärme aus Kühlprozessen kann über die Kollektorflächen abgeleitet werden. Da das Montagesystem universell für PV und PVT eingesetzt werden kann, ist optisch kein Unterschied erkennbar.

Ein zusätzlicher Benefit solcher Anlagen ist ein höherer Stromertrag der PV-Module durch die kontinuierliche Wärmeabfuhr über die darunter angeordneten thermischen Kollektoren. Werden gebäudeintegrierte PVT-Anlagen mit einer Wärmepumpe gekoppelt,

können die PV-Module im Winter mithilfe der Wärmepumpe von Schnee befreit werden. Sommerlicher Solarüberschuss der anfallenden Kollektorwärme kann zur Regeneration der Geothermie, von Eisspeichern sowie zur Schwimmbaderwärmung eingesetzt werden.

Insbesondere bei größeren Erdwärmesonden sollte die Regeneration in der Planungsphase mitbedacht werden, um die Effizienz der Anlage langfristig zu erhalten und Bau-schäden zu verhindern. Ohne Regeneration kühlt das Erdreich um die Sonde im Laufe der Jahre stark ab, was zu einer verminderten Leistungsfähigkeit der Wärmepumpe führt. Besonders in dicht bebauten Gebieten kann die fehlende Wärmezufuhr von der Seite dazu führen, dass die Bodentemperatur so weit sinkt, dass die Funktion der Anlage beeinträchtigt wird. Eine Regeneration durch gezielte Erwärmung des Erdreichs im Sommer stellt sicher, dass die Bodentemperatur stabil bleibt, die Jahresarbeitszahl der Anlage steigt und Schäden wie Vereisung und Frostschäden in und um die Sonden herum vermieden werden.

Praktische Umsetzung

Das Architektur- und TGA-Planungsbüro Carsten Grobe Passivhaus plant bereits seit 14 Jahren gebäudeintegrierte Photovoltaikanlagen und seit rund 5 Jahren gebäudeintegrierte PVT-Anlagen. Wichtig ist in diesem Zusammenhang die stärkere Einbindung von Dachdeckern bei Indach-Anlagen. Durch Vorträge bei Kommunen, Architekten, in Instituten und Firmen wird versucht, diesbezüglich Aufklärungsarbeit zu leisten. Trotz der Solarpflicht, die in einigen Bundesländern bereits auch für Wohngebäude gilt, gibt es noch viele Dachdecker, Planer usw., die bislang wenig Berührungspunkte mit Indach-Photovoltaik haben.

Aus Gründen der Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit wird bei der Planung von Indach-Photovoltaikanlagen auf ein Montagesystem mit einer möglichst hohen Lebensdauer der eingesetzten Materialien wie Aluminium und Glas-Glas-Module gesetzt. Klebstoffe und Kunststoffdichtungen werden vermieden. Modulverlängerungsprofile, die auf die Oberkante der Module gesteckt werden, sorgen ebenfalls für die Dichtigkeit, insbesondere bei flach geneigten Dächern. Außerdem werden diese eingesetzt, wenn eine harte Bedachung erforderlich ist. Aufgrund des geringen Gewichts von 16 Kilogramm pro Quadratmeter ist das Montagesystem auch auf Dächern einsetzbar, wo Aufdach-Anlagen aus statischen Gründen nicht umsetzbar sind. Dies spielt insbesondere bei denkmalgeschützten Gebäuden eine wichtige Rolle, da durch den Verzicht einer statischen Ertüchtigung der Eingriff in die historische Substanz gering ausfällt und das Indach-System somit statisch und optisch eher genehmigt wird.

Beispiel: Die Sanierung des Dänischen Pavillons auf dem EXPO-Gelände in Hannover

Die Sanierung des Dänischen Pavillons zum Plusenergiegebäude wurde mit einer gebäudeintegrierten Photovoltaisch-Thermischen Anlage realisiert. Dafür wurde PVT-

Technologie mit Wärmepumpentechnik und verschiedenen Erdreichwärmequellen als Teil eines innovativen Gebäudegesamtkonzeptes miteinander kombiniert.

Das Architektur- und TGA-Planungsbüro Grobe sanierte den Dänischen EXPO-Pavillon in Hannover zu einem hochenergieeffizienten Büro- und Veranstaltungsgebäude als Plusenergiegebäude. Im Hauptgebäude sind bis zu 35 Arbeitsplätze untergebracht. Die Besprechungsräume und die drei zum Gebäudekomplex gehörenden Nebengebäude mit einer Großküche können für vielfältige Veranstaltungen wie Tagungen, Seminare und sonstige Firmenveranstaltungen oder auch für Hochzeiten gemietet werden. Die Einbindung von (öffentlicher und firmeneigener) E-Mobilität ist ein Pluspunkt für Gäste und Mitarbeiter.

Ziel der Sanierung war es, ein öffentlichkeitswirksames Gebäude mit herausragender Gestaltung und ökologischer Innovationskraft zu erstellen. Grundlage war der Energiestandard für die Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten (Energy Retrofit with Passive House Components – EnerPHit) und eine möglichst hohe Deckung durch erneuerbare Energien, also ein möglichst hoher Autarkiegrad. Dafür wurde im ersten Schritt der Energiebedarf (zum Beispiel für Heizen, Kühlen, Lüftung, Beleuchtung) des Gebäudekomplexes ohne Komfortverzicht mit passiven Maßnahmen um ca. 75 Prozent gegenüber dem Bestand reduziert. Die Außenwände und Dächer wurden hierfür nachträglich gedämmt und die energetische Ertüchtigung der vorhandenen Pfosten-Riegel-Fassade wurde projektspezifisch entwickelt und umgesetzt. Zusätzlich wurden Lüftungsgeräte mit einem Wärmebereitstellungsgrad von 75 bis 95 Prozent eingebaut.



Abb. 02: Luftbild Dänischer Pavillon mit PVT-Anlage [Foto: Architektur- und TGA-Planungsbüro Grobe]

Das Herzstück der Gebäudetechnik für Heizen und Kühlen und zur Stromerzeugung ist die Kombination aus einer gebäudeintegrierten, regendichten photovoltaisch-thermischen Anlage und einer Wärmepumpe mit Erdsonden und -kollektoren. So konnten die Gasheizung und die ineffiziente Ammoniak-Kälteanlage komplett ersetzt werden. Die Heiz- und Kühlleistung vor der Sanierung lag bei rund 500 Kilowatt. Nun erfolgt eine passive Kühlung über die PVT-Kollektoren und das Erdreich, das im Sommer über die PVT-Kollektoren und die Gebäudeabwärme regeneriert wird. Der sehr geringe Restenergiebedarf kann bilanziell vollständig über Erneuerbare Energien gedeckt werden (375 Quadratmeter PV-gekoppelt mit 230 Quadratmetern PVT-Anlage, 600 Meter Erdsonden, 360 Quadratmeter doppellagige Erdkollektoren).

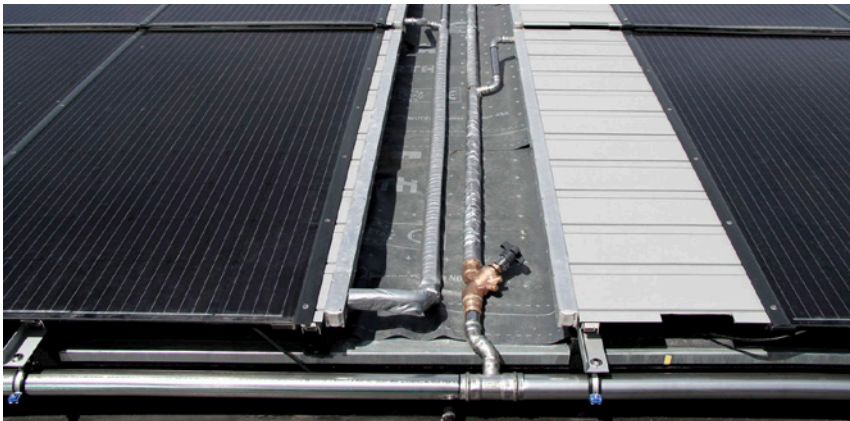


Abb. 03: Hydraulische Anbindung der Wärmeübertragungsfelder (Wartungsgang wird durch PV-Modul verdeckt) [Foto: nD-System GmbH]

Monitoring

Über ein Betriebsmonitoring können sowohl die Energieverbräuche als auch die Energieerzeugung kontinuierlich überwacht und das Gesamtkonzept somit in der Praxis überprüft und optimiert werden.

Die Auswertungen zeigen, dass das PVT-System ca. 30 Prozent der Quellenenergie zum Heizen bereitstellt. Zusätzlich werden rund 38 Prozent der Abwärme aus dem Gebäude über die PVT-Kollektoren abgeführt. Durch den Kühlbedarf des Gebäudes kann die solare Regeneration lediglich außerhalb der Kühlperiode genutzt werden. Dennoch erfolgen ca. 47 Prozent der Erdwärmeregeneration durch solare Wärme aus den Kollektoren. Der jährliche Energieeintrag in und der jährliche Energieentzug aus dem Erdreich sind damit gleich groß (Abweichung ± 2 Prozent). Die Temperatursensoren im Erdreich zeigen, dass – obwohl die Erdwärmequellen unterdimensioniert wurden – auch langfristig mit einem effizienten Betrieb zu rechnen ist.

Projektförderung

Für die Sanierung des Dänischen Pavillons konnten verschiedene Fördermittel in Anspruch genommen werden:

- proKlima – Der enercity-Fonds Hannover: Förderung der Komplettmodernisierung mit Passivhauskomponenten inklusive Bonus für die Verbrauchsdatenauswertung und die Einzelförderung für Energiekonzept und Monitoring,
- Landeshauptstadt Hannover: Hannover stromert – E-Tankstelle mit Batteriespeicher,
- Region Hannover: Leuchtturmförderung 2018: innovative PVT-/Wärmepumpenanlage im Rahmen der Sanierung des Dänischen EXPO-Pavillons,
- DBU – Deutsche Bundesstiftung Umwelt: Ökologische Sanierung zum Plusenergiegebäude mit innovativer PVT-Wärmepumpenanlage,
- KfW – Kreditanstalt für Wiederaufbau: Programm 277 »Energieeffizient Bauen und Sanieren«, EH 70.

Serielles Bauen: PVT-Module vorab montieren, dann aufs Dach setzen und anschließen

Auch PVT-Anlagen werden kontinuierlich weiterentwickelt. Zum einen werden diese Anlagen immer effizienter, zum anderen können auch bis zu fünf vorgefertigte Solarmodule inklusive thermischer Absorber mit dem Kran auf das Dach gehoben werden. Gerade im städtischen Bereich ist die Vorfertigung in der Fabrikhalle hilfreich, um schnellere Bauzeiten und kürzere Gerüststandzeiten zu erreichen. Der Einsatz von PVT-Anlagen als alleinige Wärmequelle in der Stadt wird sich zukünftig vermehrt durchsetzen, da die Wärmequelle unter der PVT-Anlage im Gegensatz zu Luft-Wasser-Wärmepumpen unsichtbar ist und geräuschlos arbeitet.

Carsten Grobe gründete im Jahr 2000 das Architektur- und TGA-Planungsbüro Carsten Grobe Passivhaus. Ziel des Büros ist es, ökologisch vernünftige und energetisch optimierte Bauprojekte unter wirtschaftlichen Aspekten in die Realität umzusetzen. Aus dieser Philosophie heraus hat sich das Büro auf den Bau und die Konzeption von qualitativ hochwertigen Gebäuden im Passivhausstandard und darüber hinaus auf Plusenergiegebäude spezialisiert.