

# VOM SONNENHAUS ZUM AKTIV-STADTHAUS

## HISTORISCHE SKIZZE ZUR GEBÄUDEINTEGRIERTEN SOLARTECHNIK



Bild 1: Tübingen, Paul-Horn-Arena (2004)

Wenn es um das Bauen der Zukunft geht, stellt die Solarenergienutzung in und an Gebäuden ein zentrales Thema dar. Thermische Solarkollektoren (STH) und Photovoltaik-Module (PV) sind wichtige Elemente des solaren Bauens und avancieren mittlerweile zu selbstverständlichen Bestandteilen energieeffizienter Gebäude und avancierten Hüllkonstruktionen. Die am Markt erhältlichen Systeme stehen längst gleichermaßen für Effizienz wie für Eleganz. Auch sehen Bauherren und Architekten in der aktiven Solartechnik mittlerweile innovative Produkte und ihnen wird partiell der Rang eines Symbols für technologischen Fortschritt beigemessen.

### Noch steht man am Anfang

Trotz vielfach vorbildlicher Beispiele fristet die gebäudeintegrierte Solartechnik<sup>1)</sup>, d.h. Lösungen, bei denen die Systeme der solaren Aktivtechnik einen wesentlichen Bestandteil des Gebäudes bilden, im Bereich des energieeffizienten wie solaren Bauens weiterhin eher ein Nischendasein. Gründe sind u.a. weiterhin bestehende Barrieren zwischen den handelnden Akteuren und in einem aktuell schwierigen Markt von den Herstellern

nicht ausreichend genutzte Innovationspotentiale im Fertigungsprozess. Ferner ist seit Jahren eine Fokussierung auf die PV zu konstatieren, mit der Folge, dass die gleichermaßen energetisch und wirtschaftlich leistungsfähigen STH-Anlagensysteme gerade in anspruchsvollen architektonischen Konzepten zu wenig genutzt werden.

Gleichwohl lässt sich auf über 30 Jahre währende Erfahrungen bei der gebäudeintegrierten Solartechnik zurückblicken, die teils für ihre Entstehungszeit singuläre Lösungen darstellen und/oder teils bis heute nichts von ihrer Aktualität eingebüßt haben.

### Erste Schritte

In Deutschland wird das Thema im Zuge einer verstärkten Beschäftigung mit Alternativen zu den fossilen Energieträgern ab Mitte der 70er Jahre auf unterschiedlichen Ebenen behandelt. Als „Geburtsstunde“ gilt das Jahr 1974, in dem erste Solaranlagen installiert werden. Diese ersten Gebäude mit Solarkollektoren, ein Mix aus privaten Initiativen, öffentlich geförderten Projekten oder Entwicklungen von Unternehmen, spiegeln instruktiv die frühen Experimente.

Dabei wird bereits ein formales Repertoire deutlich, welches die nachfolgenden Anlagenkonfigurationen prägt, auf das bisweilen bis heute zurückgegriffen wird. Allerdings fällt die häufig fehlende architektonische Qualität auf, denn eine Sammlung der „schönsten deutschen Sonnenhäuser“<sup>2)</sup> ist nicht erkennbar.

Anfang der 1980er Jahre wird erstmals neueste Solartechnik in innovativer Architektur eingesetzt. 1982 realisiert Thomas Herzog mit Bernhard Schilling bei einer Wohnanlage in München ein Projekt, bei dem in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer ISE Röhrenkollektoren und PV-Module als schlüssiger Teil des architektonischen Konzepts in die Gebäudehülle integriert werden. Das Projekt erlangt große fachöffentliche Aufmerksamkeit durch die Fortsetzung und Weiterentwicklung einer neuartigen Solarhaus-Typologie, mit den Wohnbereichen vorgestellten Glashäusern in einer dreiecksförmigen Querschnittsgeometrie, bei denen in die Ebene der Glasabdeckung des Wintergartens zusätzlich solare Aktivtechnik integriert ist.

In den folgenden Jahren findet sich das Thema kaum in architektonischen Konzepten, gilt doch das Hauptaugenmerk zunächst der passiven Solararchitektur bzw. dem ökologischen Bauen. In einer Reihe von ehrgeizigen Planungen war die aktive Solartechnik konzeptionell zwar berücksichtigt, sollte indessen erst dann eingebaut werden, wenn die Systeme auch wirtschaftlich „erschwinglich“<sup>3)</sup> sind.

### Öffentlichkeitswirksame Projekte

Erst mit Beginn der 1990er Jahre setzt eine Phase ein, die kontinuierlich bis heute andauert, mit Projekten, bei denen die Solartechnik selbstbewusst und selbstverständlich eingesetzt wird. Das mag im Einzelnen auch durch Förderinitiativen wie dem 1990 in Deutschland gestarteten „Bund-Länder-1000-Dächer-Programm“ angeregt sein, war aber in den meisten Fällen Ergebnis der Ambition von Architekten und/oder Bauherren.

Ein erstes Projekt ist der Kindergarten in Frankfurt-Greisheim (1990), bei dem

ein Glasatrium mit dreieckförmiger Querschnittsfigur die beiden Gebäudeteile verbindet. Unterhalb der Lüftungsflügel im Firstbereich haben die Architekten Funk und Schröder eine bandartige PV-Anlage über der Glasebene angeordnet. Ein frühes Beispiel bei dem in einer Bildungsstätte auch das Thema „Strom aus Licht“ pädagogisch in der Gebäudenutzung eingesetzt wurde.

Der Architekt Georg Feinhals setzt bei der Sanierung der Treppenhausfassade des Verwaltungsgebäudes der Stadtwerke Aachen 1991 (poly-)kristalline Zellen in einer Isolierverglasung ein. In der Pfosten-Riegelkonstruktion, in der Vertikalen wie auch der Horizontalen gegliedert durch einen regelmäßigen Wechsel von schmalen und breiten Feldern, sind insgesamt über 100 maßgefertigte Module großflächig eingesetzt. Die PV-Anlage fungiert als Sonnenschutz, und neben den Verglasungsbändern ermöglicht der Zellenabstand zusätzlich Tageslichteintrag und Sichtbezug zwischen Innen und Außen. Ein nahezu selbstverständlicher Ansatz einer Fassadenlösung, „weltweit die erste ihrer Art“<sup>4)</sup>, die der Architekt einige Jahre später bei dem Geschäftshaus ZARA in Köln (2003) noch einmal variiert.

Dem Thema verschafft der Freiburger Architekt Rolf Disch mit seinem Wohn- und Bürohaus Heliotrop 1994 allergrößte Aufmerksamkeit. Ein drehbares Plusenergiehaus, dessen zweischsig der Sonne nachführbare PV-Anlage auf dem Dach mehr elektrische Energie generiert, als das Gebäude verbraucht. In den umlaufenden Balkonbrüstungen sind zusätzlich horizontal Vakuumröhrenkollektoren eingesetzt, deren vertikale Sammlerkästen auf das Fassadenraster bezogen sind. Nicht nur im Kontext der

ummittelbar umgebenden Bebauung ein starkes Zeichen für den Aufbruch in das „solare“ Zeitalter.

Eine ebenfalls „additive“ Lösung zeigt das Betriebsgebäude der Entsorgungsbetriebe in Konstanz (1996) von Schaudt Architekten. Dem fünfgeschossigen Baukörper mit einem 45 Grad geneigten Dach, das bis zum EG geführt ist, sind geschossweise in klar gegliederten Feldern, PV-Paneele als Verschattungselemente vorgesetzt. Eine großflächige, technisch und gestalterisch elegante Lösung. Beim Technologie- und Zukunftszentrum in Herten (1995), der Architekten Kramm+Strigl ist die PV-Anlage vor der um fünf Grad geneigten Metallfassade des Verwaltungsbaus angeordnet. Die quadratischen polykristallinen Module bilden einen stimmigen Akzent zwischen den weißen Metallpaneelen im Sockelbereich und dem aufgesetzten, verglasten Gewächshaus.

Die Integration von PV in die Warmfassade wird bei der Fortbildungsakademie Mont-Cenis (1999) in Herne-Sodingen von Jourda + Perraudin und Hegger, Hegger, Schleiff in neuer Größenordnung demonstriert. Für das Konzept einer Klimahülle aus Glas werden großflächig PV-Module als Verschattungssysteme verbaut. Während in der Westfassade in drei Reihen zu einander versetzt die monokristallinen PV-Module angeordnet sind, verteilen sich auf den Dach die jeweils leicht geneigten Module je nach Verschattungswirkung. Es wurden unterschiedliche Modultypen mit verschiedenen Transparenzgraden eingesetzt, im Bereich der beiden Gebäudezeilen dichter, über den Aufenthaltszonen lichter belegt, um im „gläsernen Himmel“ eine mehr aufgelockerte Struktur zu erzielen.

## Verschattung als Zusatznutzen

Als Vorteil der PV gilt gerade die „Mehrfachnutzung von physikalischen Eigenschaften“<sup>5)</sup>. Eine besonders schlüssige Überlagerung von Funktionen stellt dabei der Sonnenschutz dar, der eine Aufheizung von Räumen und Gebäuden vermeiden soll, während die PV eine gute Exposition zur Sonne einfordert. Das vorgenannte Projekt zeigt in Glasdach und -fassaden integrierte Module, die einen „einfachen“ Sonnenschutz leisten. Dieser lässt sich wirksam steigern, wenn die PV vorgesetzt als „Brise Soleil“ oder, um die Effizienz bei verbesserter Tageslichtnutzung zu erhöhen, nachführbar ausgeführt wird.

Ein frühes Beispiel ist das Nikolaus-Fiebiger-Zentrum des Klinisch-Molekularbiologischen Forschungszentrum der Friedrich-Alexander-Universität (2000) in Erlangen. In der Südfassade ist zum einen im Bereich des obersten Geschosses eine leichte gekrümmte „Solarmarkise“ angeordnet, während im Bereich des niedrigeren Baukörpers die Fassade großflächig mit horizontalen, einachsigen nachführbaren PV-Glaslammellen bestückt ist. Hier ist die PV als gestaltprägendes Element in der technikbasierten Ästhetik des Forschungsbaus mustergültig integriert.

## Wo bleibt die Solarthermie?

Es sind in der Regel PV-Anlagen, die in Verbindung mit avancierten architektonischen Projekten, in den 1990er Jahren für eine gewisse Aufmerksamkeit sorgen. Gleichwohl gelten STH-Anlagen als ausgereift und sind für Warmwassererwärmung und Heizungsunterstützung „Stand der Technik“. Das Jahrzehnt brachte mit durchschnittlichen jährlichen Steigerungsraten beim Zubau zwischen 20 und 40 % es zu einer installierten Kollektorfläche von deutlich über 2 Mio. m<sup>2</sup>.

Beispiele im Wohnungsbau, bei denen STH additiv oder integriert z.B. im Dach angeordnet ist, sind unter anderen die Reihenhausanlage in Altötting (1994) von den Architekten Demmel + Mühlbauer mit Lengdobler. Auf dem flachgeneigten Pultdach werden Flachkollektoren nach Süden bzw. Südwesten im Rhythmus der Wohneinheiten in Nähe der Dachkante deutlich sichtbar mit steiler Neigung aufgestellt. Demgegenüber sind beim Fertighaus „Övolution“ (1996), dass Rolf Disch für die Weber-Haus GmbH entwickelt, die Flachkollektoren integriert in das Steildach über dem mittleren Gebäudeteil angeordnet, flankiert von separaten PV-Teilflächen. Allerdings überzeugt das Konzept stärker als spätere Realisierungen, bei denen die Solartechnikflächen, besonders bei der STH, deutlich reduziert wurden.



Bild 2: München, Überdachung des Carports des Abfallwirtschaftsamts (2011)

Bildquelle: Jens Weber, München

Komplette Energiedächer finden sich auch bei einer Reihe von Bestandsprojekten. So realisieren Lichtblau Architekten bei der Sanierung einer historischen Brauerei in Bad Tölz (2009) ein vollflächiges Glasdach, in das STH-Anlage und PV-Generator integriert sind. Bei dem Siedlungshaus in Leverkusen (2013) nutzt die Architektin Caroline Wachsmann ein marktgängiges Herstellersystem, in dem Kollektoren mit monokristallinen PV-Modulen und Dachflächenfenstern maßlich und bautechnisch aufeinander abgestimmt sind.

Opus Architekten gelingt mit dem „opusHouse“ in Darmstadt (2006) beim Dachneubau auf vorbildliche Weise die sichtbare Einbindung von STH und PV an der straßenseitigen Bauflucht. Dabei werden konzeptionell keineswegs neuartige Ansätze gesucht. Die Umsetzung besticht durch eine äußerst sorgfältige und der Aufgabe angemessene Handhabung bis zur Detaillierung der Dachränder, dies auch unter Berücksichtigung erhöhter Anforderungen durch Belange des Ensemble- bzw. Baudenkmalschutzes.

Die vertikale Anordnung von STH in der Fassade führt zu Vorteilen bei der Heizungsunterstützung im Winterhalbjahr und reduziert durch erhöhte Reflektion eine sommerlicher Überhitzung. Bei der Gesamterneuerung (2002) eines Reihennittelhauses von 1956 durch Lichtblau Architekten wird zur nach Süden orientierten Seite der vorhandenen Fassade ein komplett neue „Vorsatzschale“ mit neuen Fenstern mit Dreifachverglasung und Kollektor vorgesetzt, in die noch ein überdachter Freibereich integriert ist. Der Architekt Hinrich Reyelts bestückt bei der energetischen Modernisierung eines Zweifamilienhauses mit internem Schwimmbad zu einem „klimaneutralen Haus“ (2007) die Fassaden geschoßhoch mit maßgefertigten Kollektoren, die gleichermaßen wärmedämmende und solaraktive Funktionen übernehmen.

Den großflächigen Einsatz von Luftkollektoren in der Fassade zeigen zwei Projekte. Beim Naturerlebniszentrum Gaytal Park (1996) in Körperich-Obersgegen teilt Eckard Wolf die Kollektorfassade in vier unterschiedliche große Teilflächen, die leicht aus der Vertikalen zur Sonne geneigt, dem Geländeverlauf angepasst, jeweils von den Verglasungsfugen etwas abgesetzt sind. Beim Gründerzentrum (1998) in Hamm von HHS Planer + Architekten wurde die Südostfassade des viergeschossigen Bürobaukörper gebäudehoch als Kollektor ausgebildet. Entstanden ist eine gut proportionierte Glasfassade in querformatigem Raster, deren oberer Abschluß die Lüftungsgitter bilden.



Bildquelle: Staatliches Bauamt Erlangen-Nürnberg

**Bild 3:** Erlangen, Nikolaus-Fiebiger-Zentrum der FAU Erlangen (2000)

2001 transformieren die Architekten Rolf+Hotz die geschlossene Südfassade von zwei neugeschossigen Mehrfamilienhäusern in Freiburg aus der zweiten Hälfte der 1960er Jahre in eine gebäudehohe, zusammenhängende PV-Anlage. Die Glas-Glas-Module sind im Querformat als vorgehängte hinterlüftete Fassade angeordnet und sichtbar jeweils an der Längsseite mit schwarzen Klemmprofilen an der Aluminiumunterkonstruktion befestigt; die Rückseite ist mit einer schwarzen Folie versehen, wodurch ein umlaufender Rand entsteht, der jedes rahmenlose Element in der Fernsicht leicht akzentuiert. Demgegenüber gestalten Allman Sattler Wappner die gesamte Südfassade der Paul-Horn-Arena in Tübingen (2004) mit hochformatigen Modulen. Den Elementesatz bilden vier verschiedene Größen. Die Architekten entschieden sich für grüne polykristalline PV-Zellen in einem Glas-Folien-Aufbau, eine Referenz an Standort und Gesamtkonzept. Ein durch das rückseitige Folienlaminat ausgeprägter weißer Rand strukturiert Modul und Gesamtbild der Fassade. Die rahmenlosen PV-Paneele werden jeweils mit vier mehrteiligen Leichtmetall-Punkthaltern gehalten, die zusätzlich auch den Einzel-Austausch ermöglichen.

### Alltagsarchitektur

Häufig wird jedoch bemängelt, dass prämierte oder in Architekturmagazinen veröffentlichte Beispielprojekte für viele an dem Thema interessierte Eigentümer von Ein- und Zweifamilienhäusern weit von ihrer (finanziellen) Alltagswirklichkeit entfernt sind. Prinzipielle architektonische Aspekte sind bei der Gebäudeintegration von solarer Aktivtechnik unabhängig von Gebäudegröße und Nutzungstyp zu betrachten<sup>6)</sup>. Die beklagte Diskrepanz

hat indes andere Ursachen. Allen voran ist festzustellen, dass im Bereich des Kleinwohnungsbaus kaum mehr Architekten mit Planungs- und Ausführungsaufgaben betraut sind. Ein wesentlicher Grund, warum die Solartechnik häufig in einem äußerst schlichten baulichen Gewand auftritt.

Ganz anders das Einfamilienhaus (2005) in Hegenlohe von Tina Volz und Michael Resch, das auf der flachgeneigten, südwestorientierten Satteldachfläche eine aufgeständerte PV-Anlage zeigt. Die polykristallinen querformatigen Module sind in sechs Reihen angeordnet, wobei die Gebäudezonierung durch einen Abstand die Anlage in zwei Bereiche teilt. Die Modulreihen sind leicht über Traufe und Frist geführt, die punktuelle Befestigung ist ablesbar. Ein herausragendes Beispiel für den Wohnungsbau, mit einer schlüssigen Symbiose von Solartechnik und Architektur.

V. Busse, Klapp, Brüning dagegen erweitern bei der PV-Anlage des Westfälischen Museums für Archäologie in Herne (2003) die Brutto-Bezugsfläche deutlich über die Dachränder. Über den seitlich verglasten Sheddächern der nach Südwesten und Südosten orientierten längsrechteckigen Baukörper sind oberhalb der 30° geneigten Metallbekleidung PV-Paneele hinterlüftet angeordnet. Eine Besonderheit ist, dass die hochformatigen polykristallinen Module über Ortsgang und First um etwa halbe Elementbreite hinaus geführt sind.

Verschiedene Gewerkebauten zeigen ebenfalls ein breites Spektrum an Lösungen. So findet sich eine schirmartige Anordnung der Solarsysteme in dem außenliegende Stahltragwerk der Solvis Null-emissionsfabrik in Braunschweig (2002) von Banz+Riecks Architekten und bei der Warmbandspaltanlage in Duisburg wählt der Farbgestalter Friedrich Ernst von Garnier eine formal freiere Bespielung der opaken Metallfassaden mit mäandernden PV-Dünnschichtbändern.

Beim Neubau der Werkhalle design.s (2010) in Freising-Pulling entwarfen Deppisch Architekten einen formal reduzierten, elegant gestalteten Baukörper, dessen Aufbau einer schlüssigen Raumzonierung entspricht, mit einem nach Süden und Norden orientierten, flach geneigten Satteldach, das vollflächig mit Photovoltaik belegt ist. Die PV-Anlage schließt bündig mit den Dachrändern ab, weist keine Durchdringungen auf, was zu einem flächigen Erscheinungsbild führt. In der Farbgebung dem Baukörper angepasst, entsteht eine stimmige Gesamtkonzeption bei einem Gebäudetyp, bei dem meist ein gestalterischer Anspruch im Konzept fehlt.

## Immer wieder Innovationen

Ackermann und Partner beschränken bei der Überdachung des Carports des Abfallwirtschaftsbetriebs (2011) in München Neuland mit der Kombination von pneumatisch vorgespannten mehrlagigen ETFE-Kissen mit flexiblen Dünnschicht-PV-Modulen. Das Ergebnis ist ein liches, semitransparentes Dach, dessen PV-Belegung mit etwa 40 % der Fläche die Carportebene verschattet und zusätzlich ausreichend mit Tageslicht versorgt. In Verbindung mit der äußerst filigranen Tragstruktur ist ein bedeutsames Pilotprojekt gerade für den Gewerbebereich und die bauwerksintegrierte Solartechnik entstanden.

Bei der SMA Solar Academy in Nietetal (2010) planen HHS Planer + Architekten einen aufgeständerten Baukörper, der eine langgestreckte, leicht geknickte Südfassade aufweist, mit glasintegrierten PV-Zellen. Diese Fassade, in der die semitransparente Belegungsfläche je nach Sichtbezug und Verschattungsbedarf differenziert ist, fungiert als weithin sichtbares Gestaltungselement. Besonders ambitioniert ist der Anspruch einer netzunabhängigen und zu 100 % regenerativen Stromversorgung bei dem energetisch autark betriebenen Neubau.

Ein innovativer Ansatz zeichnet die horizontale Auffaltung der Fassadenebene beim Ernstlings family Hochregallager in Coesfeld (2012) durch Nabo Gaß aus, bei der kluge Zonierung und räumliche Differenzierung ein plastisches Erscheinungsbild erzeugt. In der Fassade des Energiewürfels der Stadtwerke in Konstanz (2011) hat Architekt Arnold Wild PV-Module in Dreifachverglasung mit semitransparenten kristallinen Zellen erstmals in einer Elementgröße von 3 x 4 Meter verbaut. Neben „Superlativen“ finden sich auch PV-Fassaden mit stärkerer Auflösung in einzelne kleinteiligere Module. An der Südostecke des Oskar von Miller Forums in München (2009) von Herzog + Partner sind vor dem verglasten Erschließungsbereich schmale rahmenlose PV-Lamellen angeordnet. Eine elegante „additive“ Lösung, die im hohen Maß die Fassade um eine funktionale wie ästhetische Teilfläche bereichert.

Zukunftsweisend, weil konzeptionell vielfältige Anforderungen folgerichtig verknüpft werden, ist das Aktiv-Stadthaus in Frankfurt/Main (2015) von HHS Planer + Architekten. Ein mehrgeschossiges Plusenergiegebäude, das die benötigte Energie u.a. über die PV-Anlage in Dach und Fassade selbst erzeugt und nutzt. Der langgestreckte, schmale Baukörper zeigt in der geschossweisen Gliederung der leicht geknickten, etwa 150 langen Straßenfassade im Wechsel mit den Öffnungen geschoß-

hohe, maßkonfektionierte PV-Module mit schwarzen, monokristallinen Zellen.

## Ausblick

Bei der Gebäudeintegrierten Solartechnik müssen neben quantitativen Zielsetzungen vor allem qualitative Ansprüche erfüllt werden. In den vergangenen Jahrzehnten sind eine Vielzahl an Realisierungen entstanden, von relativ einfachen Einfamilienhäusern und Gewerbebauten bis zu komplexen Institutsgebäuden und Maßnahmen im Gebäudebestand. Erfreulicherweise ist auch im (Klein-)Wohnungsbau – einschließlich einer Reihe von Musterhäusern – eine Qualitätssteigerung bei der Gestaltung und technischen Integration zu verzeichnen, wenn gleich im Bereich der Bestandssanierung immer noch Nachholbedarf besteht.

Mitte der 1990er Jahre bilanziert der Architekt Manfred Hegger: „Wir stehen noch am Anfang des Einsatzes von PV in der Architektur ... [Diese] hat gerade begonnen, die Herausforderungen einer neuen Technologie aufzugreifen und sie auf interessante Weise mit einer neuen Architektur zu verbinden, die Sonne und Licht auf neue Weise nutzt.“<sup>7)</sup> Mittlerweile ist ein großes Spektrum an Einsatzmöglichkeiten hinzugekommen und die Solartechnik erfolgreich in der Praxis erprobt, auch wenn die Projekte in der (Fach-)Öffentlichkeit nicht immer hinlänglich bekannt sind. In diesem Zusammenhang leisten Aktivitäten wie der SeV-Wettbewerb „Gebäudeintegrierte Solartechnik“<sup>8)</sup> oder der internationale Hochschulwettbewerb „Solar Decathlon (Europe)“<sup>9)</sup> einen wichtigen Beitrag und stellen gerade die – meist im mehrfachen Sinn des Wortes – ausgezeichneten Bauten einen wichtigen Multiplikator dar.

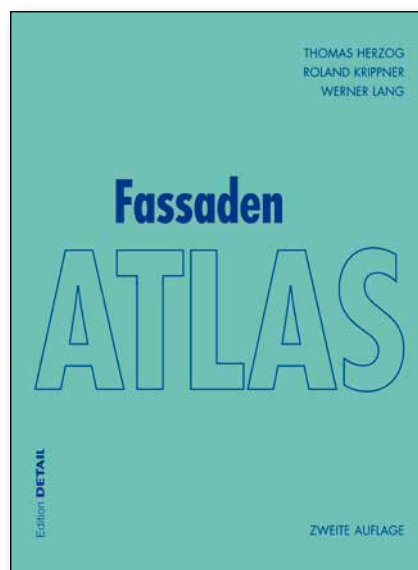
Der sehr kursorische Blick auf die vergangenen 30 Jahre zeigt das enorme Potential stimmig integrierter Solartechnik als Teil avancierter architektonischer und energietechnischer Gesamtkonzepte. Neben bekannten Ansätzen werden vielfach auch neuartige Lösungen sichtbar, bei denen es den Architekten gelingt, die strukturellen und formalen Möglichkeiten der solaraktiven Systeme mit ökologischen und ästhetischen Zielsetzungen zu verbinden.

## Fußnoten

- 1) Krippner: Ästhetik – Ökologie – Technik. SONNENENERGIE, 4|1999, S. 26–27
- 2) Urbanek: Fünfzig deutsche Sonnenhäuser. Gräfelfing 1979, S. 5
- 3) Herzog (Hrsg.), Solar Energy in Architecture and Urban Planning, München 1996, S. 74
- 4) Behling, Behling: Sol Power. München u.a. 1996, S. 220
- 5) Multifunktionale Photovoltaik – Photovoltaik in der Gebäudehülle. Hamburg u.a. 2006, S. 23–27
- 6) Krippner (Hrsg.): Gebäudeintegrierte Solartechnik. München 2016, S. 64–71 und 108–133
- 7) Hegger: Photovoltaik und Architektur – integrative Lösungen. Glasforum, 6/1996, S. 43
- 8) www.sev-bayern.de
- 9) www.solardecathlon.gov

## ZUM AUTOR:

► Prof. Dr.-Ing. Roland Krippner  
Dipl.-Ing. Architekt BDA, Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm  
roland.krippner@th-nuernberg.de



Beide Bücher sind aktuell erschienen, in der nächsten Ausgabe der SONNENENERGIE werden sie im Rahmen der Buchvorstellung besprochen.