

BAUWERKINTEGRIERTE PHOTOVOLTAIK

TEIL 4: KOSTEN & WIRTSCHAFTLICHKEIT DURCH MEHRFACHNUTZEN KÖNNEN PROJEKTE LANGFRISTIG RENTABLER SEIN ALS ALLGEMEIN ANGENOMMEN

Bauwerkintegrierte Photovoltaik (BIPV) erscheint auf den ersten Blick unverhältnismäßig teuer gegenüber herkömmlichen PV-Anlagen. Es bedarf jedoch einer detaillierten Betrachtung der Wirtschaftlichkeit. Über die Lebensdauer der Anlage kann sie von Fall zu Fall durchaus ihre Mehrkosten wieder einspielen.

Eigentlich sollte der Inhalt dieser Folge schnell erzählt sein: Einnahmen aus der BIPV-Fassade minus Kosten gleich Saldo, unterm Strich entweder positiv oder negativ. Doch halt, so leicht geht es dann doch nicht. Ausgerechnet bei der BIPV, die unter dem Generalverdacht steht, extrem teuer zu sein, gestaltet sich die Beweisführung für den finanziellen Nutzen als ein besonders schwieriges Unterfangen.

Kriterien zur Beurteilung

Um die Wirtschaftlichkeit eines BIPV-Projektes zu beurteilen, sind die Investition sowie und die laufenden Kosten der Summe der Einnahmen über die Zeit der Lebensdauer gegenüberzustellen. Am schwierigsten dabei ist, Annahmen

darüber zu treffen, wie der Wert der Mehrfachnutzen, etwa durch vermiedene Klimatisierung oder Tageslichtgewinne, zu beziffern ist. Hinzu kommt, dass die Preise für die Solarmodule zwar stetig fallen, dies bei der BIPV aber entweder abgeschwächt oder erst später zum Tragen kommt. Die Energiepreise hingegen dürften auch in den kommenden Jahrzehnten weiter anziehen – was zumindest den Einsatz der BIPV immer attraktiver macht.

Erwartungen der Kunden

Eine Untersuchung des Marktforschungsinstitutes EuPD Research aus dem Jahr 2009 zeigte, dass für den Kunden bei BIPV-Produkten neben den Garantiebedingungen vor allem wichtig ist, dass sie eine hohe Effizienz, aber auch einen günstigen Preis aufweisen (Bild 1). Die Befragten gingen mehrheitlich davon aus, dass Module, Montagesysteme und Montagekosten von BIPV-Systemen teurer seien als nicht-integrierte Systeme. Immerhin äußerten aber auch bereits acht bzw. 18 % die Erwartung, dass Montagesysteme und Montagekosten niedriger ausfallen könnten (Bild 2).

Modul- und Systemkosten

Solarmodule zur Gebäudeintegration sind in aller Regel teurer als herkömmliche Module: „Die Kosten liegen – je nachdem welcher Zelltyp verwendet wird – in der Regel zwischen 3 und 20 EUR/W_p, bei Isolierglas oder Sonderformaten noch höher“, sagt Dieter Moor, Geschäftsführer der Ertex Solartechnik GmbH. Dies bedeutet also mindestens das Dreifache von Standardmodulen, die teilweise für unter 1 EUR/W_p zu bekommen sind.

Auf den Quadratmeter bezogen nennt Jürgen Dreßler, Vertriebsingenieur der Solarwatt AG, Modulkosten „je nach Anforderungen am Gebäude von zwischen 300 und 1.200 EUR/m² und mehr“.

Bei der Roto Dach- und Solartechnologie GmbH betragen die Systemkosten für Photovoltaikmodule im Januar 2013 netto etwa 245 EUR/m², ein Quadratmeter bietet hier eine Leistung von ca. 136 W/m² und je kW_p fallen demnach Kosten von netto etwa 1.800 EUR an. Dazu zählten in Deutschland gefertigte PV-Module, Wechselrichter, Kabel, Steckverbinder und die Verblechung zur Ziegeldach-Anbindung. „Bei gleicher Herkunft und Qualität der Ware sind die Module ca. 10 %

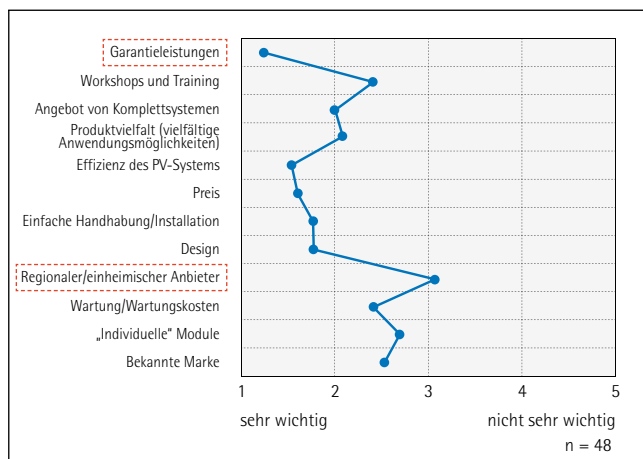


Bild 1: Eine Untersuchung des Marktforschungsinstitutes EuPD Research im Jahr 2009 zeigte, dass bei BIPV-Produkten neben den Garantiebedingungen vor allem wichtig ist, dass sie eine hohe Effizienz aufweisen – danach aber auch einen günstigen Preis.

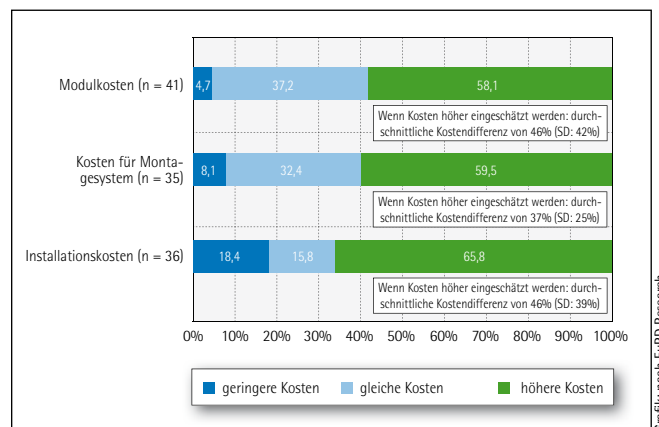


Bild 2: Die Befragten gingen zwar mehrheitlich davon aus, dass Module, Montagesysteme und Montagekosten von BIPV-Systemen teurer sind als bei nicht-integrierten Systemen. Bei Montagesystem und den Montagekosten erwarten aber auch 8 bzw. 18 % von ihnen, dass die Kosten niedriger liegen könnten.

teurer als Standardmodule“, so Sprecher Tilmann Fabig. Solarthermie-Kollektoren lägen mit ca. 212 EUR/m² etwa ähnlich im Preis wie Standard-Aufdachkollektoren. Fabig weiter: „Hier kommen jedoch noch weitere Anschlussmaterialien wie Rohrleitungen, Steuerungen, Speicher und Verblechung hinzu.“

Standardmodule senken Kosten

Fachleute sind sich darin einig, dass die hohen Kosten der BIPV oft auch an deren geringen Stückzahlen liegt: „Es ist wichtig, dass man Standardmodule einsetzen kann, damit BIPV-Projekte wettbewerbsfähig werden“, sagt Alessandra Scognamiglio, Projektleiterin der Italienischen Agentur für Neue Technologien. Im BIPV-Bereich erwartet man bei Roto für die Zukunft infolge Überkapazitäten in der Herstellung weiter sinkende Preise – die Preise der Solarthermie indes blieben wohl stabil.

Neben den Modul- bzw. Systemkosten entstehen weitere Kosten: Planungs- und Montagekosten, außerdem Mehrwertsteuer, Wartung und Reparatur, eventuelle Mindererträge infolge Degradation bzw. Betriebsausfällen sowie Versicherungen, Einkommensteuer und Kreditzinsen.

Thermische Systeme besonders effizient

Dass nicht nur im Dach sondern auch an der Fassade eine Kombination von Stromerzeugung und Wärmegewinnung sinnvoll erscheint, beweist die relativ hohe Wirtschaftlichkeit aktiver thermischer Systeme, wie Luft- und Warmwasserkollektoren. Deren Flächenkosten liegen schon längere Zeit zwischen denen passiver thermischer Systeme – wie Wintergärten oder Transparenter Wärmedämmung – sowie hybrider Systeme wie der Bauteilaktivierung. Dies ergab eine Auswertung verschiedener solarer Fassadensysteme in einem Forschungsprogramm des Bundeswirtschaftsministeriums aus dem Jahr 2005. Gerade solche Systeme ermöglichten die höchsten bauteilflächenspezifischen Energiegewinne ¹⁾.

Habenseite: Stromertrag und ersetzte Bauteile

Als Erträge, die den Kosten einer BIPV-Anlage gegenübergestellt werden können, zählen einerseits die Energieerträge aus der Einspeisevergütung über 20 Jahre bzw. der vermiedene Strombezug bei Eigenverbrauch. Der Stromertrag hängt dabei teils vom Standort ab, aber auch den Modulen und ihrer Neigung. Bei Südfassaden ist mit einem Minderertrag gegenüber der optimal geneigten Dachanlage von etwa 30 % zu rechnen (Bild 3).

Indem die BIPV-Module andere Gebäudeteile ersetzen, kann der Wert dieser

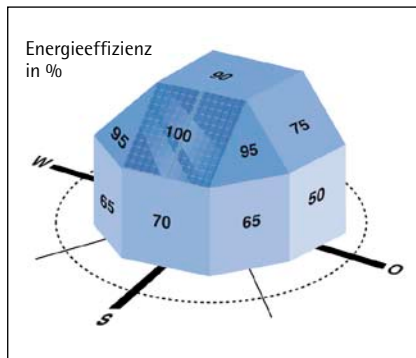


Bild 3: Die Stromerträge an einer nach Süden ausgerichteten Fassade erzielen etwa 30 % weniger Ertrag im Vergleich zum optimal geneigten Dach.

nicht benötigten Gebäudehüllen-Materialien von den Kosten abgezogen werden. Das gilt auch für jene Planungs- und Montagekosten, die bei einer Referenzfassade angefallen wären. Welche Ersparnisse daraus resultieren, hängt stark vom ersetzten Material ab: Ein Quadratmeter Dachziegel mit Unterbau hat oft nur einen Wert von 40 EUR. „Glasfassaden können aber durchaus 800 EUR/m² kosten“, erklärt Jürgen Dreßler von Solarwatt. Schütze und Hullmann gaben bereits 2009 für Marmorfassaden 560 EUR/m² und für Doppelfassaden 1.500 EUR/m² an (Bild 4). Seit damals ist der Baukostenindex um etwa fünf Prozent gestiegen, was für heutige Preise mit zu veranschlagene wäre.

Vermiedene Klimatisierungskosten

Fassadenintegrierte Photovoltaikanlagen können durch ihre Verschattungsleistung den Klimatisierungsbedarf im

Gebäude senken: Eine Diplomarbeit von Werner Krejci, der diese an der Fachhochschule Technikum in Wien im Auftrag von Ertex Solar erstellt hat, belegt dies mit Zahlen. Dabei verglich er die Gesamtkosten verschiedener Glasfassadensysteme für den Zeitraum von 20 Jahren.

Bei der alleinigen Betrachtung der Investkosten ist dabei die Isolierglassassade am günstigsten und die PV-Fassade die teuerste. „Sobald aber die Solarstromgewinne aber vor allem die vermiedenen Kosten der Klimatisierung aufgrund der Verschattung mit einbezogen werden, dreht sich der Spieß um“, erklärt Dieter Moor von Ertex Solar.

Bei Annahme entsprechender Quadratmeter-Glaskosten, Stromkosten, Einspeisetarifen usw. habe die Simulation ergeben, dass Investkosten plus Betriebskosten bei einer Isolierglassassade 5.700 EUR, bei einer PV-Fassade 3.400 EUR, einer Isolierglassassade mit PV-Verschattung 3.315 EUR und einer Fassade mit speziellen Sonnenschutzgläsern 2.550 EUR ausmachen. Moor folgert daraus: „Es wird ersichtlich, dass die Fassade mit dem Sonnenschutzglas noch die günstigste ist, aber die PV-Fassade deutlich preiswerter als die vermeintlich attraktive Isolierglassassade ist“ (Bild 5).

Tageslicht und andere Zusatznutzen

Weitere Erträge sind durch Tageslichtgewinne zu erwirtschaften. Wieder eine Diplomarbeit aus Wien, von Walter Laserer für Ertex Solar erstellt, berücksichtigte dazu das Freihalten bestimmter Bereiche in der Verglasung, um Semitransparenz

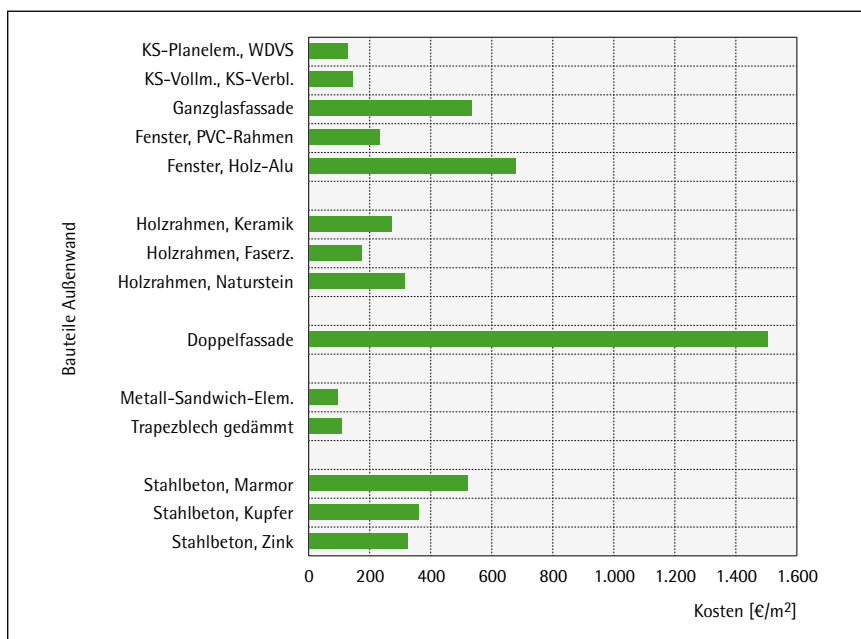


Bild 4: Mittelwerte für Bauteilkosten: Eine Natursteinfassade kostet 300 EUR/m², eine Marmorfassade 560 EUR/m² und eine Doppelfassade 1.500 EUR/m²

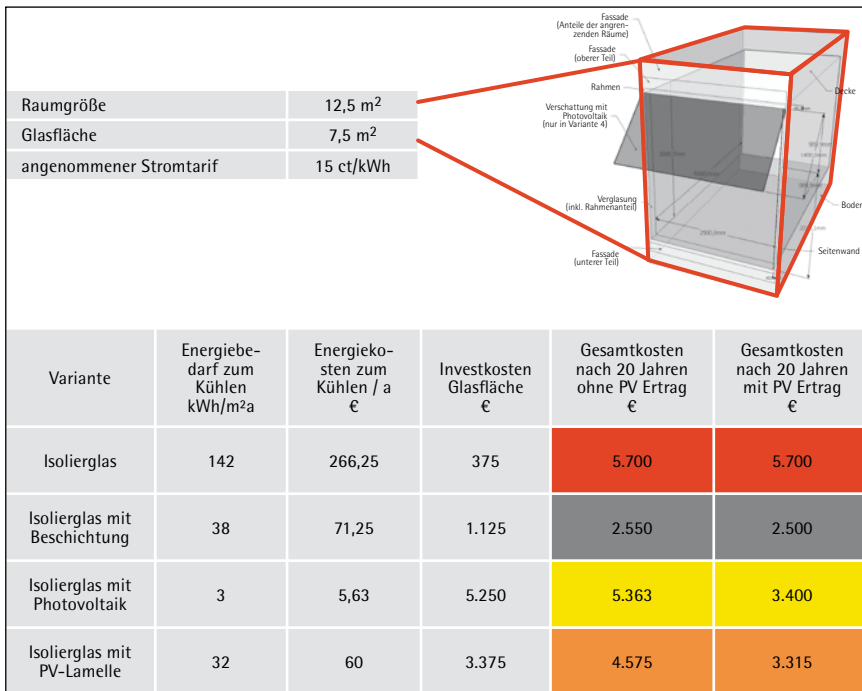


Bild 5: Fassadenintegrierte Photovoltaikanlagen können den Klimatisierungsbedarf von Gebäuden senken, indem sie zur Verschattung beitragen und zugleich Strom erzeugen.

zu erzielen. Dies genüge in der Regel, um ein Büro mit dem notwendigen Tageslicht zu versorgen, so das Ergebnis. Weitere Zusatznutzen ermittelten Hullmann und Schütze in ihrem Beitrag zum OTTI-PV-Symposium im Jahre 2011. So könnten Funktionen wie Wetterschutz, Schallschutz, Antennenfunktion oder gestalterische Aufgaben (siehe Folge 1 dieser Serie) mit ihrem jeweiligen Wert von den Gesamtkosten abgezogen werden.

Gesamtkostenrechnungen

Die oben genannten Arbeiten aus Österreich führen frühere Gesamtkostenbetrachtungen fort, wie sie bereits am ISET in Kassel, dem Vorläufer des heutigen IWES, angestellt worden waren: Das 2008 gestartete Projekt „PV-Multielement“ hatte damals schon gezeigt, dass BIPV-Anlagen durchaus nahe der Wirtschaftlichkeit sein können. Damals griff man auf eine Studienarbeit aus dem Jahr 1998 von Bendel, Menges und Weißner zurück, welche errechnet hatten, dass BIPV die geringsten Zusatzkosten erzeugt, wenn sie eine Fassade aus nahtlosen Glaselementen (Structural Glazing) ersetzt (Bild 6).

Neben dem Ersatz von Structural Glazing erwies sich BIPV als wirtschaftlichste Alternative zu Doppelglas- und Natursteinfassaden. In allen Fällen war sie zwar teurer als eine herkömmliche Fassade. Beim Ersatz von Structural Glazing waren es etwa 35%. Diese Mehrkosten seien jedoch bis 2007 auf 10–12% gesunken und seit 2008 nicht mehr existent, ergab anschließend die Multielement-Auswertung.

Lebenszykluskosten variieren

In einer Studie des vergangenen Jahres untersuchte nun das Fraunhofer ISE aus Freiburg in Zusammenarbeit mit dem Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) den Einfluss semitransparenter BIPV auf die Lebenszykluskosten eines Gebäudes. Als Simulationsobjekt wurde dazu ein virtueller Büroraum mit einer BIPV-Fassade ge-

wählt. Zum Einsatz kommen wahlweise je vier Varianten an Zelltechnologien sowie Transparenzgraden. Neben dem Stromertrag sowie den eingesparten Kosten gegenüber einer konventionellen Fassade wurden die Auswirkungen auf die Gesamtenergiebilanz untersucht – beeinflusst doch der Lichtdurchlass direkt den Heiz-, Kühl- sowie Kunstlichtbedarf im Raum.

Die Berechnungen zeigten deutliche Unterschiede auf: So erzeugten mono- und multikristalline Siliziummodule unter den gegebenen Preisannahmen geringere Mehrkosten gegenüber einer Referenzfassade als amorphe Siliziummodule und CIGS-Module, da sie auf der gleichen belegten Fläche mehr Stromertrag ermöglichen. Je höher indes der Transparenzgrad ist, desto geringer fällt in der Regel aufgrund geringerer aktiver Solarfläche der Stromertrag aus. Für alle Varianten galt, dass die BIPV ihre Mehrkosten über 20 Jahre nicht refinanzieren kann. Wohl aber können diese schon unter 300 €/m² liegen wenn kristalline Zellen zum Einsatz kommen (Bild 7).

„Aus meiner Sicht besteht der Zusatznutzen der BIPV im eingesparten Bauteil“, sagt Karoline Fath, welche die wirtschaftliche Berechnung dazu erstellte (Bild 8). Die wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) beschäftigt sich unter anderem mit Lebenszyklusbetrachtungen und Wirtschaftlichkeitsberechnungen mit Schwerpunkt Gebäudeintegrierte Photovoltaik. In der Studie verglich sie die einzelnen Varianten mit einer Referenzfassade aus Isolierglas. Ersetzt die BIPV hingegen teurere Steinfassaden, ist zu vermuten, dass die Bilanz durchaus auch positiv ausfallen kann.

Rendite nicht im Fokus

Bauwerkintegrierte Photovoltaik liefert gerade durch ihre Möglichkeit, Mehrfachnutzen zu realisieren, auch finanziell interessante Argumente für Planer und Architekten. Dennoch sollte die Wirtschaftlichkeit nicht das primäre Ziel solcher Projekte sein. Maria Roos vom Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES in Kassel, die bereits beim Multielement-Projekt mitgearbeitet hat, warnt daher davor, die BIPV auf den Renditegedanken zu reduzieren: „Wir vernachlässigen dann ganz wichtige Funktionen wie moderne Gestaltung, positives Image, bessere Vermietbarkeit, die zum Einsatz dieser Technologie motivieren“.

Auch Siegfried Baumgartner, Geschäftsführer der im Ortenaukreis ansässigen Baumgartner GmbH, die unter anderem die BIPV-Anlage des Gehry-Building in

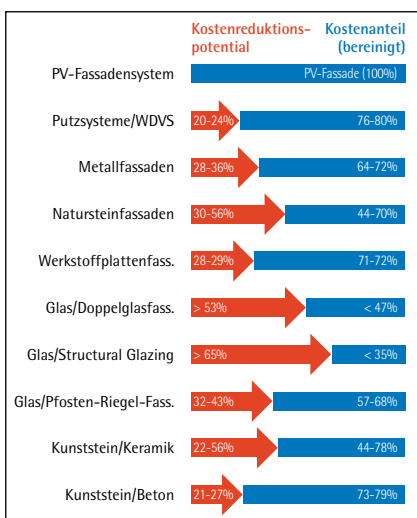


Bild 6: Bauwerkintegrierte PV hat die geringsten Zusatzkosten, wenn sie eine Fassade aus nahtlosen Glaselementen (Structural Glazing) ersetzt. Dies ergab eine Untersuchung am ISET in Kassel im Rahmen des 2008 gestarteten Projektes „PV-Multielement“, die auf Daten einer Studienarbeit aus dem Jahr 1998 von Bendel, Menges und Weißner zurückgriff.

Basel oder der BMW-Welt in München geplant hat, mahnt, die Technologie nicht aus rein ökonomischer Sichtweise zu sehen: „Es haben sich schon etliche Bauherren und Architekten zugunsten der BIPV entschieden. Gründe hierfür können der Wunsch nach Umsetzung des eigenen Umweltengagements sein, oder der Innovationskraft des Auftraggebers zum Ausdruck zu verhelfen.“ Oft werde die Photovoltaik auch als architektonisches Gestaltungsmittel eingesetzt. Kosten und Rendite sind nicht die einzigen Faktoren, die für ein Indachsystem sprechen. Häufig geht es den Kunden um Optik, Design und andere ‚weiche Faktoren‘. Auch Denkmalschutz und Vorgaben aus Bebauungsplänen können eine Rolle spielen“, ergänzt Florian Philippi von der FATH Solar GmbH aus Spalt bei Nürnberg

Energetische Funktionen immer wichtiger

Nicht zuletzt bieten die energiegewinnenden Dächer und Fassaden eine Antwort auf künftige Energiepreissteigerungen sowie wachsende energetische Anforderungen an die Gebäudehülle. Dies wird sicherlich durch die EU-Richtlinie befördert, wonach ab dem Jahr 2020 nur noch Neubauten zu errichten sind, die nahezu Nullenergiegebäude sind. Die energetischen Gewinne durch den Einsatz der BIPV lassen sich dann aufs trefflichste verrechnen. Vor allem aber sollte man sich stets vor Augen führen, dass BIPV-Fassaden die einzigen Fassaden sind, die überhaupt Einnahmen produzieren. Sobald zudem klassische Bauteile mit BIPV versehen werden können (siehe Interview mit Hermann Issa in SONNENENERGIE Ausgabe 2-2013) ergeben sich weitere interessante Geschäftsmodelle für die Gebäudeintegration. Manch ein Architekt dürfte daher froh sein, wenn er sich bis dahin einen Namen mit BIPV-Projekten machen konnte.

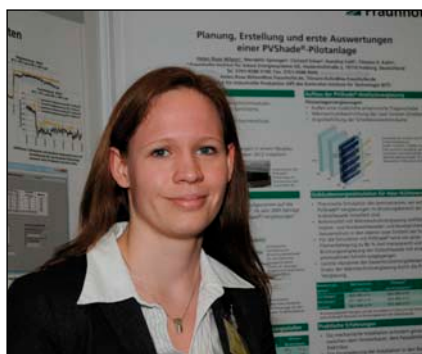
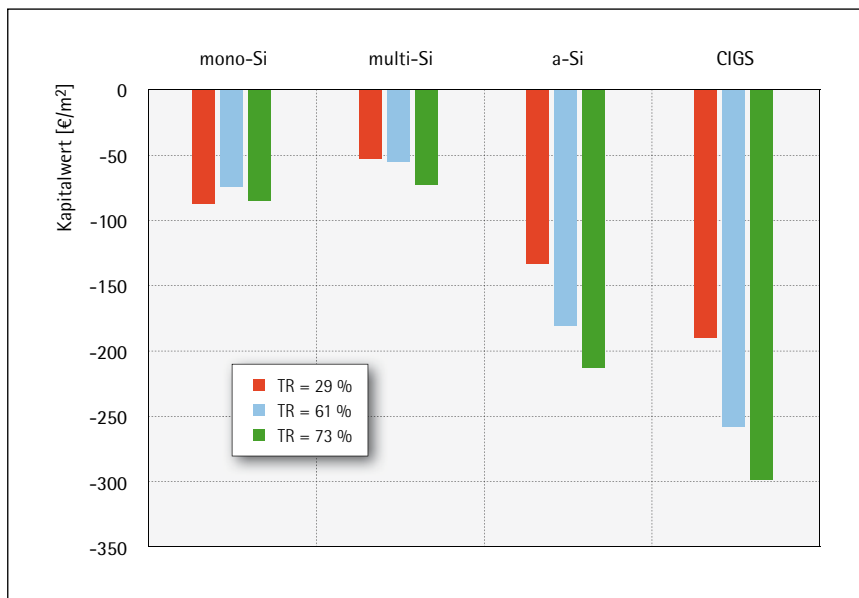


Foto: Martin Frey

Bild 8: Karoline Fath, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT): „Aus meiner Sicht besteht der Zusatznutzen der BIPV im eingesparten Bauteil“.



Grafik: Fath et al (2012); siehe Literatur

Bild 7: Eine Berechnung der Lebenszykluskosten verschiedener semitransparenter BIPV-Fassadensysteme zeigt, dass Module mit kristallinem Silizium unter bestimmten Preisannahmen die geringsten Zusatzkosten (Angabe mit negativem Vorzeichen) erzeugen. Bei amorphem Silizium sowie bei CIGS-Dünnschichtzellen nimmt die Wirtschaftlichkeit auf Grund des Fertigungsverfahrens mit steigendem Transparenzgrad ab. (TR = 29 % opaker / TR = 73 % transparenter)

Literatur

Fath, K; S. Mende; H. R. Wilson; J. Stengel; T.E. Kuhn; F. Schultmann (2012): Impact of semi-transparent building-integrated photovoltaics on building life-cycle cost. Life-Cycle and Sustainability of Civil Infrastructure Systems – Strauss, Frangopol & Bergmeister (Eds), 2013 Taylor & Francis Group, London.

Fußnoten

1) Reiß/Wenning/Erhorn/Rouvel 2005, Fraunhofer IRB-Verlag, S. 127, 131

ZUM AUTOR:

► *Dipl.-Geogr. Martin Frey*
Fachjournalist

mf@agenturfrey.de



Foto: Martin Frey

Bild 9: Maria Roos vom Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES in Kassel warnt, die BIPV nur vom Renditegedanken her zu sehen: „Wir vernachlässigen dann ganz wichtige, auch gestalterische Funktionen, die sich beim Einsatz dieser Technologie ergeben“.

weitere Informationen:

- Baumgartner GmbH: www.baumgartner-gmbh.de
- Bundesverband Bausysteme e.V.: www.bv-bausysteme.de
- Ertext Solartechnik GmbH: www.ertex-solar.at
- EuPD Research: www.eupd-research.com
- FATH Solar GmbH www.fath.de
- Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE: www.ise.fraunhofer.de
- Fraunhofer-Institut für Bauphysik: www.ibp.fraunhofer.de/wt/
- Fraunhofer IRB Verlag: www.irb.fraunhofer.de
- Fraunhofer IWES: www.iwes.fraunhofer.de
- Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development (ENEA): www.ene1.portici.enea.it
- Hullmann Willkomm & Partner: www.hwp-hullmann-willkomm.de
- Karlsruher Institut für Technologie: www.kit.edu
- Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut e.V. (OTTI): www.otti.de
- Roto Dach- und Solartechnologie GmbH: www.roto-frank.com
- SOLARWATT AG: www.solarwatt.de