

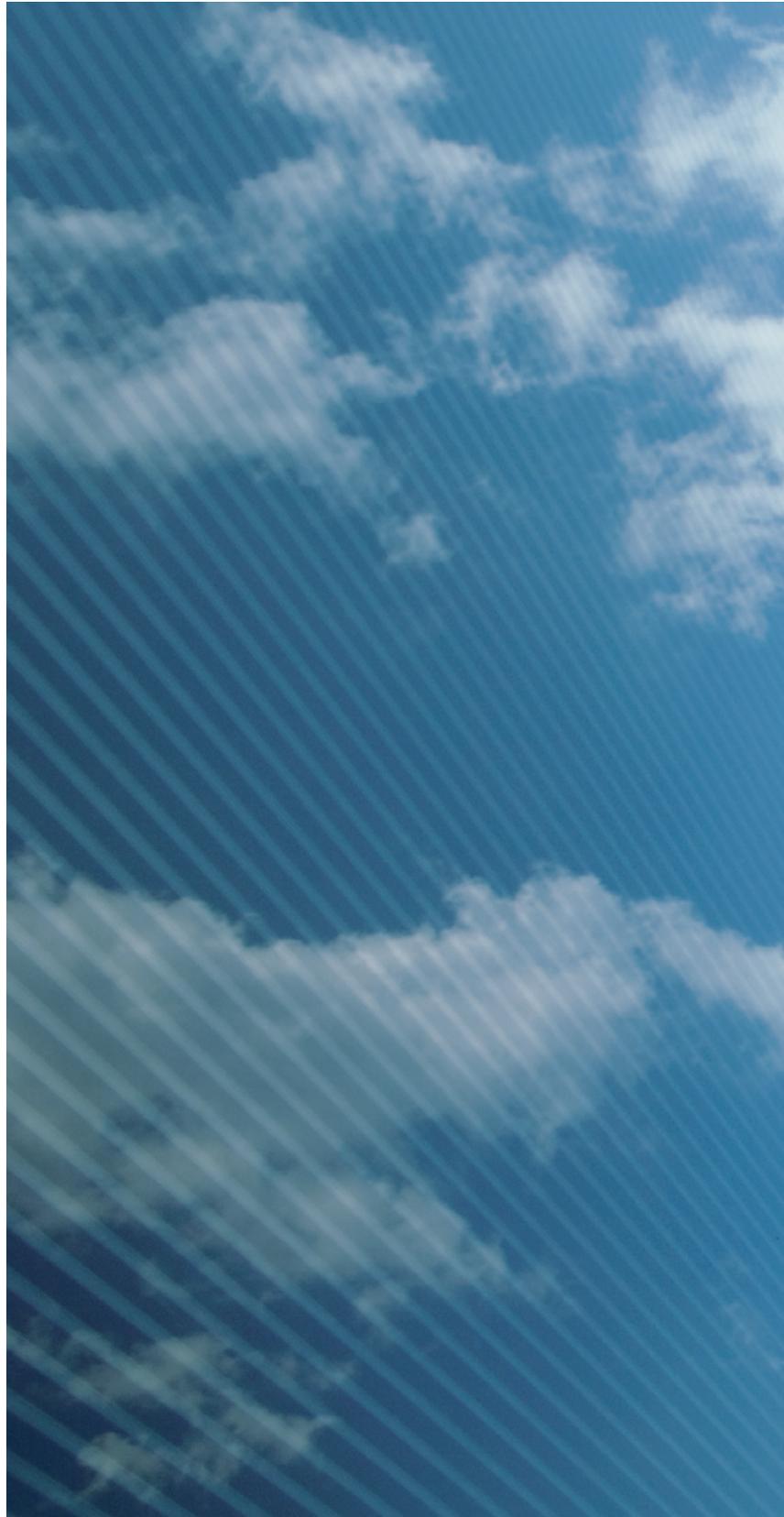


KONTAKT

SULFURCELL Solartechnik GmbH
Groß-Berliner Damm 149
D-12487 Berlin
Tel.: +49 (0)30 46 77 77 – 0
Fax: +49 (0)30 46 77 77 – 400

E-Mail: info@sulfurcell.de
www.sulfurcell.de

IMAGE_DE_REV20



A low-angle photograph of solar panels on a roof, with the panels receding into the distance against a bright blue sky with scattered white clouds. A teal horizontal band is overlaid across the middle of the image.

SOLARES BAUEN MIT SULFURCELL: NEUE LÖSUNGEN MIT STIL

Dünnschicht-Solarmodule aus CIS-Halbleitern

A vertical legend on the left side of the page, consisting of three colored bars: yellow, light green, and teal.

SOLARES BAUEN
NACHHALTIGKEIT
TECHNOLOGIE





Sehr geehrte Damen und Herren,

wir leben in einer wahrhaft spannenden Zeit. Der Energiemarkt ist in Bewegung. Extreme Preisschwankungen auf den Rohstoffmärkten und der Klimawandel stellen uns vor ganz neue Herausforderungen. Und Alternativen zu den fossilen Energieträgern sind wichtiger denn je. Photovoltaik – Stromgewinnung aus Sonnenlicht – ist die Energiequelle der Zukunft. Denn Photovoltaik liefert Antworten auf drängende Fragen, die Industrie und Gesellschaft bewegen: Wie kann eine umweltschonende Energiegewinnung mit dem Trend zu ökologischem Bauen verknüpft werden? Wie lassen sich beim Einsatz erneuerbarer Energien die scheinbaren Gegensätze von Funktionalität, Ästhetik und Wirtschaftlichkeit überwinden?

Und wie findet man in einem derart dynamischen Markt bewährte Produkte, die Innovation und Qualität bei einem tragbaren Preis verbinden? Genau hier hält Sulfurcell überzeugende Lösungen parat. Als einer der führenden Produzenten von Dünnschicht-Solarmodulen aus CIS-Halbleitern repräsentiert Sulfurcell den neuesten Stand der Solartechnologie. Ich lade Sie ein, sich auf den folgenden Seiten selbst ein Bild zu machen, wie die Zukunft der Photovoltaik aussieht.

Sulfurcell hat bereits im Jahr 2005 seine Solarmodule auf den Markt gebracht und konnte seitdem zahlreiche Nutzer gewinnen. Die guten Namen unserer Fachhändler – IBC SOLAR, Krannich und Energiebau – spiegeln die ausgereifte, über Jahre bewährte Qualität wider. Doch wir bleiben nicht stehen, sondern entwickeln unsere Produkte Tag für Tag weiter. So werden unsere Visionen von einer Zukunft auf Basis der Sonnenenergie Wirklichkeit. Unsere solaren Lösungen auf der Basis von CIS-Halbleitern stecken dabei nicht nur beim Wirkungsgrad noch voller Entwicklungspotenzial.

Unsere Fortschritte sorgen auch auf internationaler Ebene für Aufsehen. Namhafte Technologieinvestoren, wie Intel Capital und der von Gaz de France Suez und Vattenfall Europe getragene BEU-Fonds, haben uns 2008 eine Wachstumsfinanzierung in Höhe von 85 Millionen Euro zur Verfügung gestellt. Dieses Kapital nutzten wir, um die Produktionskapazitäten deutlich auszubauen und in die Massenproduktion einzusteigen. Vor allem aber treiben wir den Brückenschlag zwischen nachhaltiger Energieerzeugung und attraktiver Solararchitektur voran. Beim Neubau unserer Fertigungshalle und des energieautarken Verwaltungsgebäudes in Berlin gehen wir mit gutem Beispiel voran. Aber sehen Sie am besten einfach selbst.

Herzlich

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "N. Meyer".

Ihr Dr. Nikolaus Meyer,
Geschäftsführer und Gründer
der SULFURCELL Solartechnik GmbH



Sulfurcells Führungsteam: Dr. Axel Neisser, Martin Beck, Henrik Krüpper (CSO), Dr. Nikolaus Meyer (CEO),
Dr. Rüdiger Stroh (COO), Birgit Grüner, Ulfert Rühle

WACHSTUM DURCH INNOVATION

Die SULFURCELL Solartechnik GmbH

Sulfurcell entwickelt und fertigt hochwertige Dünnschicht-Solarmodule zur photovoltaischen Energiegewinnung. Dabei hat sich das Berliner Unternehmen auf die Materialfamilie der Chalkopyrithalbleiter spezialisiert, zu der Kupfer-Indium-Sulfid und Kupfer-Indium-Gallium-Selenid gehören – beide kurz CIS-Halbleiter genannt. Chalkopyrite sind Mineralien, wie sie in der Natur vorkommen, und zählen zur Mineralklasse der Sulfide. Sulfurcells Innovationskraft beruht auf Lösungen auf Basis dieser Halbleiter – der Name der Mineralklasse ist daher in den Firmennamen eingegangen.

Sulfurcell ist eine Ausgründung des renommierten Berliner Hahn-Meitner-Instituts (heute Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie), Europas größter Forschungseinrichtung für Dünnschichtphotovoltaik. Dem Unternehmen gelang der Transfer von wegweisender Forschungsarbeit in die industrielle Anwendung. Seit dem Jahr 2005 werden kommerzielle Module produziert und verkauft. Sulfurcells Kunden haben das neue Produkt und seine Vorzüge rasch schätzen gelernt. Über die Jahre ist Vertrauen entstanden und so werden Sulfurcell-Module in immer mehr Anlagen und Anwendungen eingesetzt. Im Oktober 2009 wurde der neue Hauptsitz (3000 m²) und die Produktionshalle (17 000 m²) fertiggestellt, in der jährlich Solarmodule mit einer Gesamtleistung von bis zu 35 Megawatt produziert werden sollen.

Solarmodule aus CIS-Halbleitern bieten großen Entwicklungsspielraum. Sulfurcell hat das Material in der Vergan-

genheit kontinuierlich verbessert und seine Innovationen patentrechtlich schützen lassen. Lagen die ersten Solarmodule 2005 noch bei einem Wirkungsgrad von unter 5 %, erzielten sie 2008 bereits Wirkungsgrade von bis zu 8 %. Laborergebnisse belegen, dass damit das Potenzial bei weitem noch nicht ausgeschöpft ist. Bereits heute erreichen Solarzellen aus CIS-Halbleiter im Labor Wirkungsgrade von 20 % und damit mehr als alle übrigen Stoffe, die für Dünnschicht-Solarmodule eingesetzt werden. Sulfurcell investiert daher im erheblichen Umfang in Entwicklungen auf dem Gebiet der CIS-Halbleiter.

Sulfurcells Team verfolgt seine Technologieziele mit Expertise und Leidenschaft. Zu den über fünfzig Technologen bei Sulfurcell zählen Naturwissenschaftler mit langjähriger CIS-Erfahrung, Ingenieure aus der Halbleiter- und Elektronikindustrie sowie Spezialisten für solares Bauen. Es ist unsere Passion, Solarenergie durch Innovation immer attraktiver zu machen.

Mit zukunftsweisenden, ausgereiften Produkten setzt Sulfurcell den traditionellen Qualitätsanspruch »Made in Germany« in die Praxis um: Das Unternehmen bietet Produkte, die sich durch Langzeitstabilität, ein attraktives Preis-Leistungs-Verhältnis und hochwertige Optik auszeichnen. Die Solarmodule eignen sich zur Verwendung als sichtbare Gebäudeteile und werden bereits heute wie herkömmliches Baumaterial eingesetzt. So ermöglicht Sulfurcell eine neue Dimension des Bauens: wirtschaftlich, nachhaltig und ästhetisch herausragend.



Die Natur als Vorbild

Sulfurcell nutzt CIS-Halbleiter, die dem natürlichen Mineral Chalkopyrit gleichen (Foto: Lapis/Christian Weise Verlag, München).

WACHSTUM DURCH INNOVATION

Der Anfang der Erfolgsgeschichte

Gegründet wurde Sulfurcell im Juli 2001 von Nikolaus Meyer – dem heutigen Geschäftsführer des Unternehmens – und Kollegen des Hahn-Meitner-Instituts. Die Unternehmensgründer ergriffen die Chance, eine neu erforschte Dünnschichttechnologie für Solarmodule erstmals industriell anzuwenden. Damit starteten sie eine bis heute andauernde Erfolgsgeschichte.

2004 wurde die Fertigungsanlage in Betrieb genommen. Ein Jahr später stellte Sulfurcell einen ersten Prototypen vor und bereits Ende 2005 konnten die Produktion und der

kommerzielle Vertrieb von Modulen aufgenommen werden. Seit dem Markteintritt hat das Berliner Unternehmen seine Produktionskapazitäten deutlich ausgebaut. Anfang 2010 waren bereits 75 000 Solarmodule verkauft und installiert. Sulfurcell gehört damit weltweit zu den drei bedeutendsten Herstellern von CIS-Solarmodulen. Für seine wegweisende Forschung und Produktentwicklung wurde das Unternehmen wiederholt ausgezeichnet – unter anderem mit dem Innovationspreis Berlin-Brandenburg 2006.



Sulfurcell ist ein junges, vielversprechendes Unternehmen mit einer sehr innovativen Technologie. Das umfangreiche technologische Know-How seiner Mitarbeiter gepaart mit einem zielstrebigem Ausbauplan lässt erwarten, dass Sulfurcell in den kommenden Jahren zu einem wichtigen deutschen Photovoltaik-Hersteller wird. Damit trägt Sulfurcell dazu bei, dass Deutschland auch künftig in der Photovoltaik-Weltspitze mitspielen wird.



**Gerhard Stryi-Hipp, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE,
Leiter Energiepolitik, Mitglied des Aufsichtsrats der Sulfurcell Solartechnik GmbH**



Aufsichtsrat der Sulfurcell Solartechnik GmbH (v. l. n. r.)

Raoul Arvengas, **Gaz de France Suez, Paris**

Gerhard Stryi-Hipp, **Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg**

Kalman Kaufman (Vorsitzender), **Unternehmer, Tel Aviv**

Dr. Stefan Beyer, **Ventegis Capital, Berlin**

Alex Betts, **Climate Change Capital, London**

Heiko von Dewitz (Observer), **Intel Capital, München**

Christof Sagasser (ohne Bild), **Vattenfall Europe, Berlin**

Vom Pilotprojekt zur Massenproduktion

Die technische Kompetenz und solide Unternehmensentwicklung wie auch die wachsende globale Nachfrage nach Solarmodulen haben renommierte Finanzinvestoren überzeugt: Sie stellten Sulfurcell im Juli 2008 eine Wachstumsfinanzierung in Höhe von 85 Millionen Euro zur Verfügung. Die Gruppe der Investoren und Partner umfasst hochkarätige Akteure der Branche: Der kalifornische Chiphersteller Intel beteiligte sich über Intel Capital (Santa Clara); Climate Change Capital (London) ist eine der führenden Investment-Banking-Gruppen, die in saubere Energien und CO₂-arme Wirtschaft investiert; der Berliner Energie Umweltfonds wird getragen von Deutschlands drittgrößtem Energie-Unternehmen, Vattenfall Europe, und dem deutschen Zweig von Frankreichs führendem Energie-Konzern Gaz de France Suez; beteiligt sind darüber hinaus Ventegis Capital (Berlin), Demeter (Paris), Zouk (London), AIG (Zürich), Bankinvest (Kopenhagen), Engelbert Giesen (Berlin) und Masdar Clean Tech Fund (Abu Dhabi).

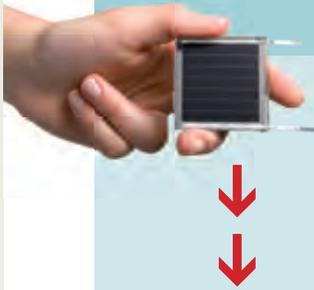
Das frische Kapital floss in den Bau eines neuen Fertigungswerks in Berlin-Adlershof sowie in die Forschung. Mit der neuen Fabrik steigert Sulfurcell seine Produktionskapazität zunächst auf 35 Megawatt (MW) und in einem zweiten Schritt auf 75 MW. Der Einstieg in die Massenproduktion ist geschafft.

Die Mitarbeiter – das wichtigste Kapital

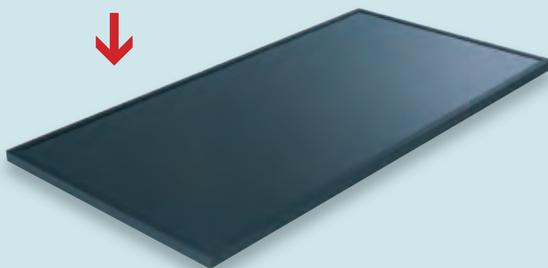
Den Erfolg unseres Unternehmens verdanken wir in erster Linie unseren 200 Mitarbeitern (Stand Mai 2010). Hochqualifizierte Technologen, Techniker und Produktionsmitarbeiter sorgen dafür, dass sich Sulfurcell und seine Produkte ständig weiterentwickeln. Ein schlankes Verwaltungs- und Vertriebsteam garantiert einen reibungslosen Betrieb und steht unseren Partnern und Kunden als kompetenter Ansprechpartner zur Verfügung. Ihr gemeinsamer Antrieb ist die Passion für zukunftsweisende solare Lösungen. Technikbegeisterung und ein kollegiales Miteinander verbinden sie zu dem Erfolgsteam, das Sulfurcell prägt. Das ist eine solide Basis für das Wachstum der kommenden Jahre. So plant Sulfurcell die Verdopplung der Mitarbeiterzahl, vor allem durch zusätzliche Ingenieure und Naturwissenschaftler. Denn nur mit hochqualifizierten Kolleginnen und Kollegen wird Sulfurcell auch zukünftig seine Innovationskraft bewahren und weiter wachsen.

HERAUSFORDERUNGEN UND ZIELE

PHASE 1: 2003-2005 HOCHSKALIERUNG

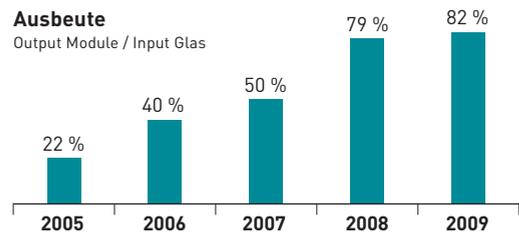
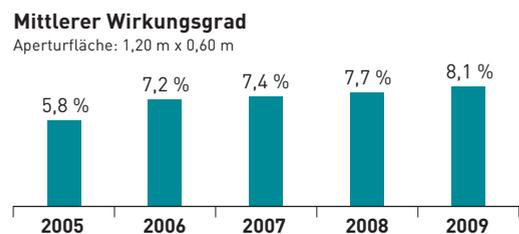
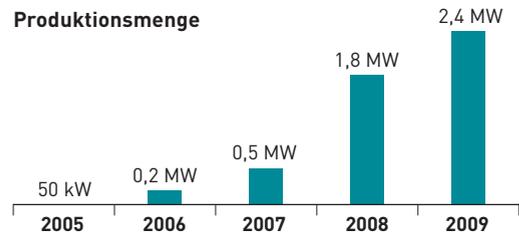


2003
Labormodul des Hahn-Meitner-Instituts (5 cm x 5 cm)



2005
Erste Solarmodule von Sulfurcell (125 cm x 65 cm)

PHASE 2: 2005-2009 INDUSTRIALISIERUNG



GELEBTE NACHHALTIGKEIT

Sulfurcells neues Produktionszentrum

Auch in den eigenen Unternehmensentscheidungen orientiert sich Sulfurcell an den Werten der Nachhaltigkeit. Das Unternehmen war Ende 2008 einer der Erstunterzeichner des »Berliner Klimabündnisses«. Gemeinsam mit der Stadt und zwölf weiteren namhaften Firmen engagiert sich Sulfurcell für die Reduktion der CO₂-Emissionen in Berlin: Sie sollen von 1990 bis 2020 um mehr als 40 % gesenkt werden. Denn für die Mitarbeiter und das Management ist Klimaschutz Teil der unternehmerischen Verantwortung. Ihr Beitrag: Der Ausbau der Produktionskapazitäten von Sulfurcell

in Berlin-Adlershof. Die jährliche Produktionsrate wird auf 35 Megawatt gesteigert. Denn jede Kilowattstunde Strom, die in einer Photovoltaikanlage entsteht, ist ein Schritt in die richtige Richtung. Deswegen kamen auch beim Neubau des Verwaltungsgebäudes und der neuen Fertigungshalle Solarmodule zum Einsatz. Großflächige Solaranlagen versorgen den Neubau mit Energie. 700 Module an der Fassade und eine 300 kW-Dachanlage stellen erneuerbare Energie für den Produktionsbetrieb zur Verfügung. Das Verwaltungsgebäude ist zu 100 % energieautark.

PHASE 3: AB 2008

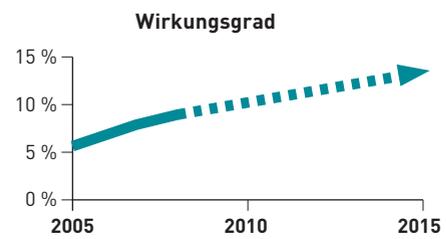
KOSTENREDUKTION UND NETZPARITÄT

Massenproduktion



✓ 75 MW Ausbau gestartet

Kontinuierliche Verbesserung der Technologie



✓ 2008 Entwicklungsprojekte definiert, finanziert und gestartet

Hauptsitz von Sulfurcell



SOLARES BAUEN: DACHINTEGRATION

Sulfurcell setzt Trends für das Bauen der Zukunft

Egal ob im privaten Wohnhaus, in öffentlichen Gebäuden oder bei gewerblichen Bauten: Die Verbindung von erneuerbarer Energieerzeugung, energieeffizientem Bauen und ansprechender Architektur wird immer wichtiger. Sulfurcell gelingt es auf einzigartige Weise, diese Ziele miteinander zu verbinden: durch Solarmodule, die als Fassaden- oder Dachelemente eingesetzt werden. Das ist Bauen der Zukunft. Das ist solares Bauen.

Installateure, Gewerbetreibende und Architekten schätzen die anthrazitfarbenen Sulfurcell-Module mit den feinen Nadelstreifen. Durch ihr kompaktes Format können unterschiedlichste Gebäudeflächen passgenau abgedeckt werden, und die Solarmodule strukturieren das Dach

ebenso harmonisch wie herkömmliche Dachziegel. Damit heben sich Sulfurcell-Module ab – nicht nur von Modulen aus kristallinem Silizium, deren unruhige Schachbrettoptik im solaren Bauen unerwünscht ist, sondern auch von anderen Dünnschichtmodulen, die meist ungleichmäßig, bräunlich oder violett sind. Sulfurcell gewährleistet höchste Qualität und bietet Solarmodule mit gleichmäßig dunkler Oberfläche. Viele unserer Partner beschreiben unsere Module als die attraktivsten Solarmodule am Markt.

Große landwirtschaftliche oder industrielle Gebäude sind prädestiniert für Sulfurcells Solarmodule. Sie integrieren sich unaufdringlich in das Landschaftsbild und werten

Sulfurcell-Module passen sich in das Landschaftsbild ein – auch auf landwirtschaftlichen Gebäuden



das Dach auf – nicht nur optisch, auch wirtschaftlich: Denn mit einer Solaranlage auf dem Dach werden Flächen bewirtschaftet, die sonst brachliegen würden. Werden sie mit Modulen bestückt, lässt sich Geld verdienen – umso mehr, je besser das Dach zur Sonne ausgerichtet ist, je einfacher die Montage ist und je günstiger die Solarmodule sind. Sulfurcells Module bringen hier ihre Vorteile besonders zur Geltung, da sie montagefreundlich sind und ein hervorragendes Preis-Leistungs-Verhältnis erreichen. Hierzu tragen die speziellen Systemlösungen der Sulfurcell Fachhändler bei. Der Anwender profitiert so von einer außerordentlich hohen Wirtschaftlichkeit der Solaranlage und nutzt eine Modultechnologie, die umweltfreundlich, innovativ und qualitativ hochwertig ist.



Dachintegrationsmodule von Sulfurcell ersetzen Dachziegel und schützen das Haus vor der Witterung. Gleichzeitig decken sie den Energiebedarf des Wohnhauses und geben dem Gebäude ein ansprechendes, modernes Aussehen.





Solarfassade am Gebäude der Firma Rückgrat
in Donaueschingen (Architekt: Günter Limberger)

SOLARES BAUEN: FASSADENINTEGRATION

Solares Bauen bedeutet, Solarmodule wie herkömmliche Baustoffe einzusetzen und passive Baumaterialien zu ersetzen. Die Module erfüllen damit eine Doppelfunktion – Gebäudehülle und Energiegenerator – und die Solaranlage ist noch wirtschaftlicher, da sie Ausgaben für Ziegel oder Fassadenplatten erspart. Das Produktsortiment von Sulfurcell bietet optimale Bauelemente für jedes Gebäudeteil. Beispielhaft für die fassadenintegrierte Photovoltaik ist die Produktionshalle der Firma Heuchemer in Miehlen (Taunus). Hier verkleiden Sulfurcell-Module die Fassade und ersetzen passive Baustoffe. Eine ähnliche Lösung realisiert Sulfurcell in seinem neuen Firmengebäude (vgl. Bild Seite 9). Hier werden Kassetten

eingesetzt, deren Oberfläche aus rahmenlosen Modulen von Sulfurcell bestehen. Aber auch herkömmliche Montagesysteme können genutzt werden und erzielen mit Sulfurcell-Modulen eine ansprechendere Optik. In dem auf dieser Seite abgebildeten Gebäude sind rahmenlose Module von Sulfurcell mit dem Einlegesystem AluTec der Firma CreoTecc montiert. Auch hier wird das Solarmodul zum architektonischen Highlight und wertet das Gebäude auf, wie es sonst nur mit teuren Spezialgläsern oder Natursteinplatten möglich wäre.



Fassadenintegrierte Module an der Industriehalle der Firma Heuchemer in Miehlen (Planung: Goldbeck Bau)



Fassadenverkleidung mit Solarmodulen als Sonnenschutz am Gebäude der Firma Max Fuss in Berlin

Die Solarfassade des Ferdinand-Braun-Instituts für Höchsthfrequenztechnik in Berlin

Mit der Solarfassade am Ferdinand-Braun-Institut für Höchsthfrequenztechnik (FBH) in Berlin setzt Sulfurcell Maßstäbe in Sachen Solararchitektur. Von der Planung bis zur Installation begleitete Sulfurcell das FBH als kompetenter Partner.

Die schwarz glänzende Wand ist rund 640 Quadratmeter groß (8 mal 80 Meter) und bringt eine Spitzenleistung von etwa 39 Kilowatt. Der Dresdner Architekt Christian Matzke hat die elegant geschwungene Solarwand im Rahmen umfangreicher Neu- und Umbaumaßnahmen am FBH entworfen. Installateur war die Dachland GmbH. Mit dieser eindrucksvollen Solarfassade zeigt Sulfurcell was in der Solararchitektur möglich ist.



PHOTOVOLTAIK DER ZUKUNFT

Sulfurcell produziert Dünnschicht-Solarmodule auf Basis von Halbleitern der CIS-Familie

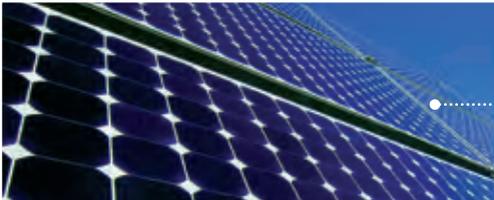
In den vergangenen Jahren ist die Zahl der Photovoltaik-Absorbermaterialien immer größer geworden. Die bisher üblichen kristallinen Silizium-Module werden durch Dünnschicht-Solarmodule ergänzt, die bei vielen Anwendungen Vorteile bieten. Zu den Dünnschichttechnologien zählen auch Solarmodule aus CIS-Halbleitern, wie sie Sulfurcell seit Jahren produziert. Diese zukunftsweisende Photovoltaiktechnologie hat das Berliner Unternehmen miterforscht und durch Patente geschützt.

Dünnschichttechnologie auf Basis von CIS-Halbleitern zeichnet sich gegenüber anderen Varianten durch Umweltverträglichkeit von Anfang an aus: In der Produktion müssen keine Hochtemperaturprozesse eingesetzt werden, so dass der Energieaufwand niedrig liegt und innerhalb des ersten Betriebsjahrs über das genutzte Sonnenlicht zurückgewonnen wird. Toxische Prozessgase

und Chlorchemie werden vermieden. Vor allem aber ist die Herstellung ressourcenschonend: Lediglich eine hauchdünne Halbleiterschicht, die auf Glas aufgetragen wird, wandelt Sonnenlicht in Strom um. Sie ist dünner als ein Haar und hundertmal dünner als Silizium-Scheiben, die für herkömmliche Module verwendet werden. Wissenschaftlich widerlegt wurden vereinzelt vorgebrachte Bedenken, Indium als ein Bestandteil des CIS-Halbleiters sei zu knapp, um es für ein Massenprodukt einzusetzen.¹⁾ Indium ist ein in der Erdkruste in ausreichenden Mengen vorhandenes Element, das häufiger vorkommt als Silber.

Sulfurcell wird seinen technologischen Vorteil mit Nachdruck ausbauen und arbeitet dabei mit führenden Forschungseinrichtungen wie dem Helmholtz-Zentrum Berlin oder der Universität Oldenburg zusammen. Bereits heute erreichen CIS-Halbleiter im Labor die höchsten

CIS-Technologie im Wettbewerbsvergleich

		Halbleitermaterial
Polykristalline Silizium-Module	 Scheiben (Wafer)	Polykristallines Silizium
CIS-Module von Sulfurcell	 Dünnschicht	<p>CIS CuInS_2, Cu(In,Ga)Se_2, Cu(In,Ga)(S,Se)_2</p> <p>Kadmium-Tellurid CdTe</p> <p>Amorphes/ mikrokristallines Silizium $\text{a-Si}/\mu\text{-Si}$</p>

¹⁾ Vergleiche die Publikation »Indium: Geology, Mineralogy, and Economics« von Ulrich Schwarz-Schampera und Peter M. Herzig, Springer, Berlin (2002).

²⁾ Solar efficiency tables, Progress in Photovoltaics, Vol. 15, 425-430 (2007)



Sulfurcell ist für das Helmholtz-Zentrum Berlin der wichtigste industrielle Partner im Bereich der CIS-Solarzellen. Dem Team ist es gelungen, durch unternehmerische Weitsicht und wissenschaftliche Expertise ein zuverlässiges und ansprechendes Photovoltaikprodukt zu entwickeln. Seine Technologie-Roadmap ist überzeugend und wird es dem Unternehmen ermöglichen, den Wirkungsgrad seiner Dünnschicht-Solarmodule kontinuierlich zu steigern.



Prof. Hans-Werner Schock, Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie

Wirkungsgrade aller Materialien, die im Bereich der Dünnschicht-Solarmodule eingesetzt werden. Ziel ist es, dieses Potenzial industriell nutzbar zu machen. Die kontinuierliche Verbesserung der Modulleistung wird durch die Modifikationsmöglichkeiten des Materials ermöglicht: Seine Bestandteile Indium und Gallium sowie Schwefel und Selen können variabel miteinander kombiniert werden. Darüber hinaus erweitern alternative Herstellverfahren die Klaviatur, auf der unsere Technologen innovativ arbeiten können. Diese Optimierungs-

möglichkeiten schaffen die Voraussetzung dafür, dass CIS-Halbleiter langfristig den gleichen Wirkungsgrad wie heutige Solarmodule aus polykristallinem Silizium erreichen werden. Im Vergleich zu diesen haben sie jedoch entscheidende Kostenvorteile: In der Fertigung sinkt der Bedarf an teurem Halbleitermaterial drastisch – statt 500 Gramm Silizium pro Quadratmeter werden fünf Gramm CIS eingesetzt. Der vielstufige Herstellungsprozess eines herkömmlichen Moduls wird vermieden und zwei Drittel der Herstellungsschritte eingespart.

Maximaler Wirkungsgrad (Laborrekorde ²)	Vorteile	Nachteile
20,3 %	<ul style="list-style-type: none"> – Lösung bei begrenztem Flächenangebot und hohem Leistungsbedarf 	<ul style="list-style-type: none"> – Hoher Kosten- und Energieaufwand in der Produktion – Unattraktiv für solares Bauen – Leistungsverlust bei hoher Betriebstemperatur
19,5 %	<ul style="list-style-type: none"> – Hohes Wirkungsgrad- und Kostenreduktionspotenzial – Umweltfreundliche Technologie – Attraktivstes Aussehen, hervorragend einsetzbar im solaren Bauen 	<ul style="list-style-type: none"> – Produktionsmenge noch gering
16,5 %	<ul style="list-style-type: none"> – Niedrige Herstellungskosten 	<ul style="list-style-type: none"> – Geringe Akzeptanz bei Anwendungen an oder auf Gebäuden
11,7 %	<ul style="list-style-type: none"> – Gute Verfügbarkeit wegen großer Produktionsmenge – Anwendbar auch in Uhren und Taschenrechnern 	<ul style="list-style-type: none"> – Niedriges Wirkungsgradpotenzial – Energieertrag sinkt in ersten Betriebsjahren – Modulformat und elektrische Auslegung oft ungünstig

AUS GLAS WIRD STROM

Die Produktion der Sulfurcell-Module

Die Produktion von CIS-Solarmodulen ist vordergründig simpel, aber technologisch dennoch komplex. Das Ausgangsprodukt der Sulfurcell-Solarmodule ist einfaches Fensterglas. Die Glasscheibe trägt die dünnen Schichten aus Metallen und Halbleitern, die die CIS-Solarzelle bilden.

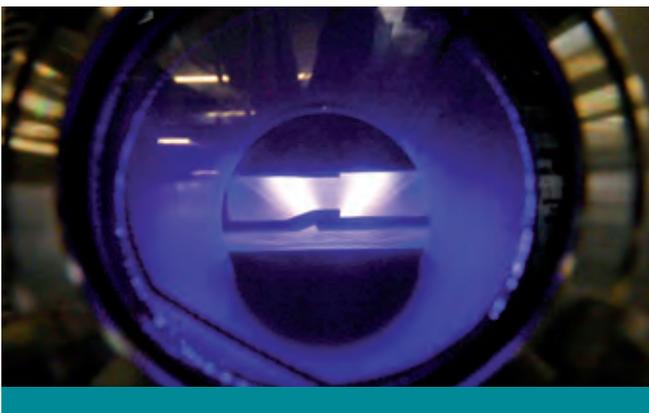
Um die Schichten auf das Glas zu bringen, wird das sogenannte Sputterverfahren eingesetzt – ein Vorgang, der für die großflächige Beschichtung von Architekturglas seit Jahrzehnten erfolgreich eingesetzt wird und der sich durch hohe Energieeffizienz auszeichnet. Nahezu keine Glasscheibe im gewerblichen Bau ist heute nicht mindestens einmal durch eine Sputteranlage gegangen, um mit Sonnen- oder Wärmeschutzschichten ausgestattet zu werden. Die Erfahrungen der Glasindustrie hat sich Sulfurcell zunutze gemacht: Mit dem Sputterverfahren beschichtet Sulfurcell Glas und erreicht damit eine außerordentliche Gleichmäßigkeit. Darin liegt der Ursprung des homogenen Designs, das dem späteren Produkt seine Attraktivität verleiht.

Um das Herzstück des Solarmoduls, den CIS-Halbleiter, herzustellen, müssen mehrere Elemente miteinander verbunden werden. Sulfurcell gelingt das, indem gesputterte Schichten aus Kupfer, Indium und Gallium Schwefeldampf ausgesetzt und auf 500 Grad Celsius aufgeheizt werden. Großen Wert haben die Ingenieure Sulfurcells darauf gelegt, hierfür einen schnellen und damit produktiven und energiesparenden Prozess zu entwickeln. Mussten die Scheiben 2006 noch über

15 Minuten lang geheizt werden, liegt diese Zeit heute bei unter zwei Minuten – einzigartig kurz im Vergleich zu Wettbewerbern.

Für ein Solarmodul reicht es nicht aus, lediglich die Oberfläche einer Glasscheibe mittels dünner Schichten »einzufärben« – die Schichten sollen eine elektrische Funktion erfüllen. Darin liegt die eigentliche Herausforderung in der Produktion eines CIS-Solarmoduls. Die eingesetzten Schichten dürfen nicht verunreinigt sein. Sie müssen aufeinander haften und elektrisch miteinander verbunden sein – und ihre Eigenschaften sollen von Scheibe zu Scheibe, Produktionswoche für Produktionswoche konstant gehalten werden. Vor dem 2008 gestarteten Einstieg in die Massenfertigung hat das Unternehmen daher mehr als drei Jahre eine Pilotproduktion durchgeführt und sämtliche Prozesse und Abläufe optimiert. Bei der Technologieauswahl wurde zunächst ein einfacher CIS-Prozess gewählt und lediglich Kupfer, Indium und Schwefel eingesetzt. Mit diesem Basisprozess gelang es zügig, gute Wirkungsgrade zu erreichen und eine stabile Produktion einzurichten. Als einer der ersten Anbieter konnte Sulfurcell daher Ende 2005 CIS-Solarmodule auf den Markt bringen. Ausgehend von der produktionsbewährten Basistechnologie wird Sulfurcell nun seine Technologie weiterentwickeln und noch komplexere Verfahren verwirklichen. Die wissenschaftlich verifizierten Rezepte für hohe Wirkungsgrade liegen vor – dank seiner Produktionserfahrung wird Sulfurcell diese in der künftigen Produktion erfolgreich anwenden können.

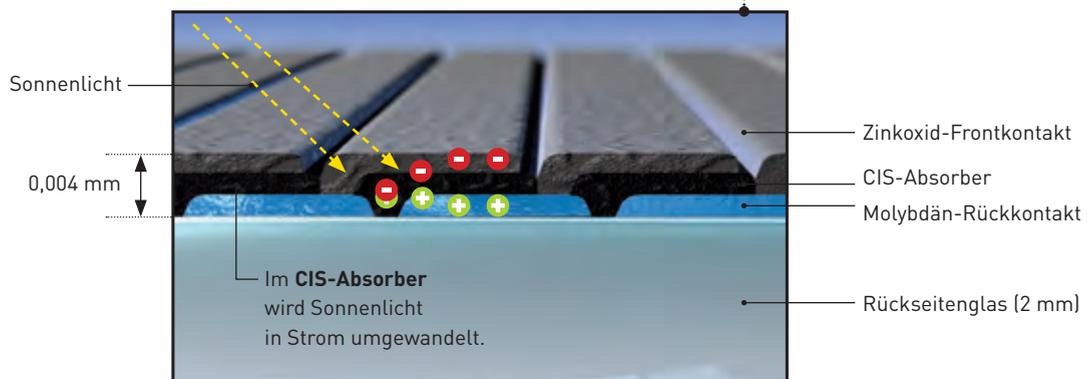
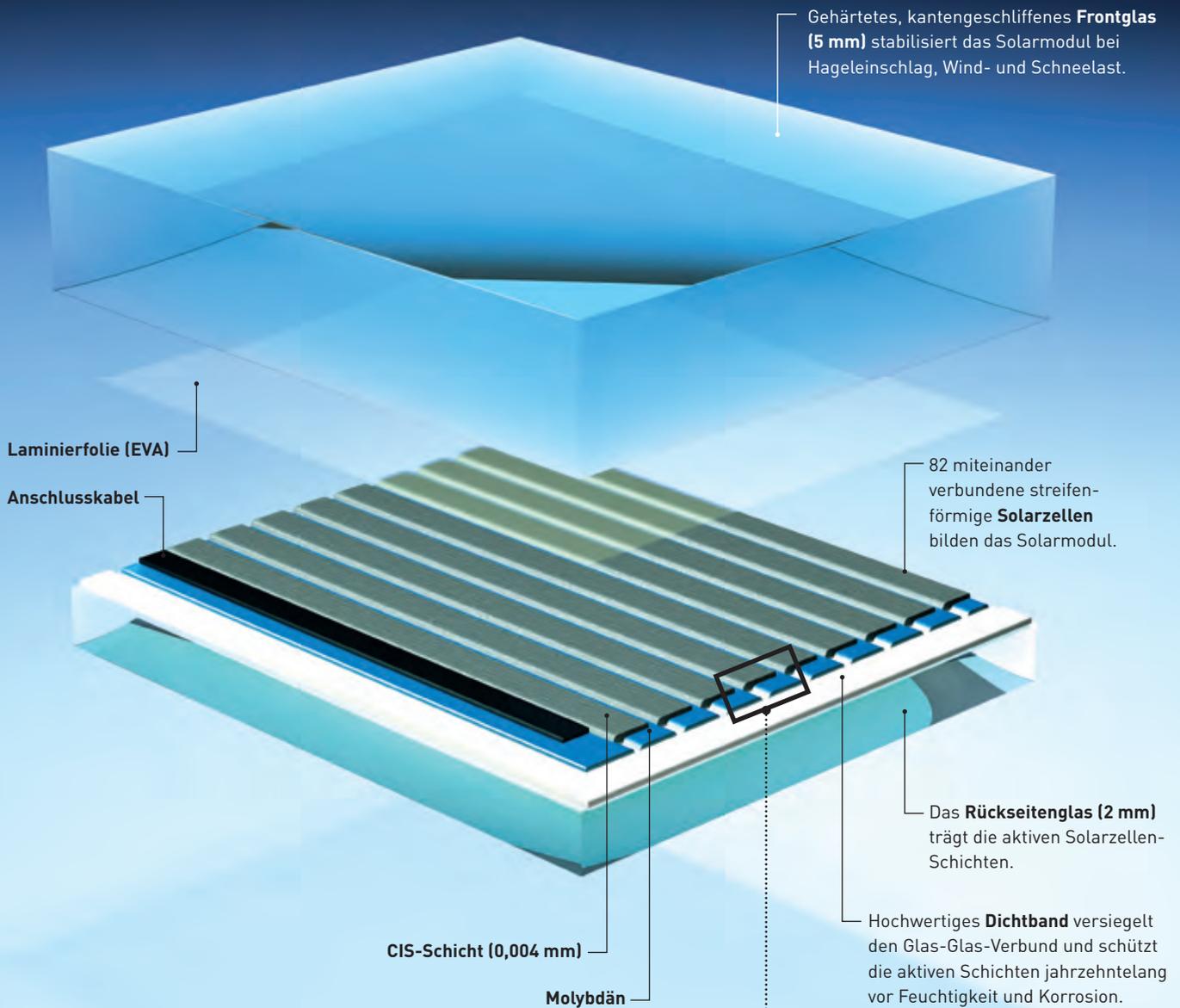
Plasma bei der Sputterbeschichtung von Glas



Blick in Sulfurcells Großserienfertigung



Solarmodule von Sulfurcell: Funktionsweise und Qualitätsmerkmale



WIRTSCHAFTLICH, NACHHALTIG, ÄSTHETISCH



- Qualified, IEC EN 61646
- Safety tested, IEC EN 61730
- Periodic Inspection

Qualität: Garantiert höchste Standards

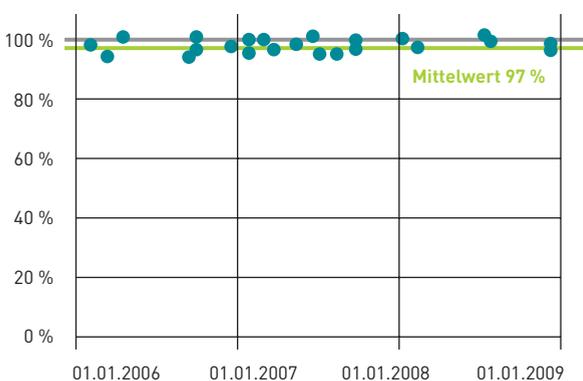
Sulfurcell setzt sich selbst hohe Maßstäbe. Qualität beginnt in der Produktion, die wir in Anlehnung an den ISO-Standard 9000/9001 organisieren, und geht weiter bis zum Produkt. Wer ein Sulfurcell-Produkt kauft, erhält ein langlebiges Produkt. Um dies zu garantieren, werden die Solarmodule regelmäßig extern und intern getestet. Und das erfolgreich: Der renommierte TÜV Rheinland hat alle drei Sulfurcell-Solarmodule nach dem Qualitätsstandard IEC EN 61646 und IEC EN 61730 zertifiziert.

Auch im eigenen Labor werden unsere Produkte kontinuierlich geprüft – unter anderem in beschleunigten Alterungstests. Dabei werden die Module hoher Luftfeuchtigkeit und extremen Temperaturschwankungen ausgesetzt. Unsere Tests simulieren darüber hinaus

die Belastung bei starken Winden, großen Schneemengen oder Hagelstürmen. Zudem kontrollieren wir die Langzeitstabilität unserer Module gegenüber UV-Strahlung und testen jedes Modul auf Hochspannungsfestigkeit. Die Leistung jedes einzelnen Moduls wird mit exakt arbeitenden Class-A-Sonnensimulatoren gemessen und die Messergebnisse den Kunden zur Verfügung gestellt.

Die Solarmodule von Sulfurcell bestehen jedoch nicht nur unter Laborbedingungen, sondern bewähren sich auch im Langzeittest unter Realbedingungen. Die Daten der Testanlagen geben wichtige Aufschlüsse darüber, wie sich die Energieerträge während des Dauerbetriebs optimieren lassen, und ermöglichen die Messung der tatsächlichen Energieerträge einer Solaranlage. Die Dauertests haben

Modulleistung nach beschleunigter Alterung
(1 000 Std., 85°C, 85 % rel. Feuchte)



In beschleunigten Alterungstests wird das Verhalten der Module nach zwanzig Einsatzjahren simuliert. Sulfurcells Module erreichen nach dem Feuchte-Hitze-Test immer noch 97 % ihrer ursprünglichen Leistung, mehr als die vom TÜV geforderten 95 %. Die Grafik zeigt Testergebnisse von Modulen aus drei Produktionsjahren.

Sulfurcells Klimakammer zur beschleunigten Modulalterung



bewiesen, was physikalisch erwartet wurde: Solarmodule aus CIS-Halbleitern verlieren im ersten Betriebsjahr nicht 10 bis 20 % ihrer Leistungsfähigkeit, wie es von Dünnschicht-Solarmodulen aus amorphem Silizium bekannt ist. Das Ertragsverhalten der Sulfurcell-Solarmodule gleicht vielmehr dem herkömmlicher Module aus polykristallinem Silizium – jedoch mit deutlichen Vorteilen in warmen, sonnenreichen Ländern.

Sulfurcell konnte außerdem zeigen, wie die Leistungsfähigkeit einer Photovoltaikanlage über die Wahl der richtigen Systemkomponenten optimiert werden kann. In seiner Installationsanleitung gibt Sulfurcell daher Vorgaben, wie eine Solaranlage elektrisch installiert werden sollte. So wird sichergestellt, dass Wechselrichter und Montagesystem auf unsere Module abgestimmt sind.

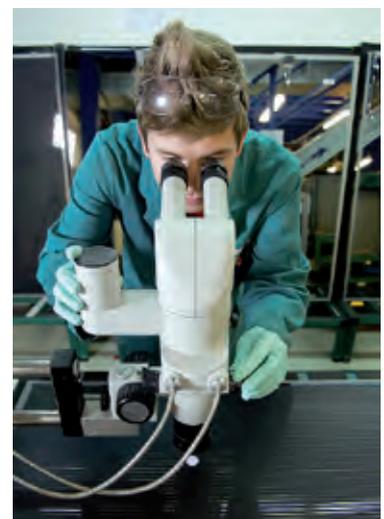
Montage: Einfach und unaufwändig

Sulfurcell Module sind nur 0,8 Quadratmeter groß, so dass eine gute Dachabdeckung erreicht werden kann und die Abstände zu Erkern und Dachkanten gering gehalten werden können. Der Installateur profitiert vom geringen Gewicht und vom Format der Module und kann sie ohne aufwändige Hilfsmittel transportieren und montieren. Die Module sind zur horizontalen und vertikalen Montage freigegeben, verfügen über lange Anschlusskabel sowie Stecker nach international gängigem Standard. Ihre niedrige Voc-Spannung sowie die hohe zulässige Systemspannung ermöglichen lange Strings und reduzieren den Verschaltungsaufwand. Kurz: Sie geben dem Installateur die Flexibilität, die er braucht, um die spezifischen Ansprüche eines jeden Projekts zu erfüllen.

Sulfurcells Verbiegetest für rahmenlose Module



Mikroskopische Qualitätsprüfung in der Produktion



TECHNISCHER HINTERGRUND

Wirkungsgrad, Energieertrag und Wirtschaftlichkeit

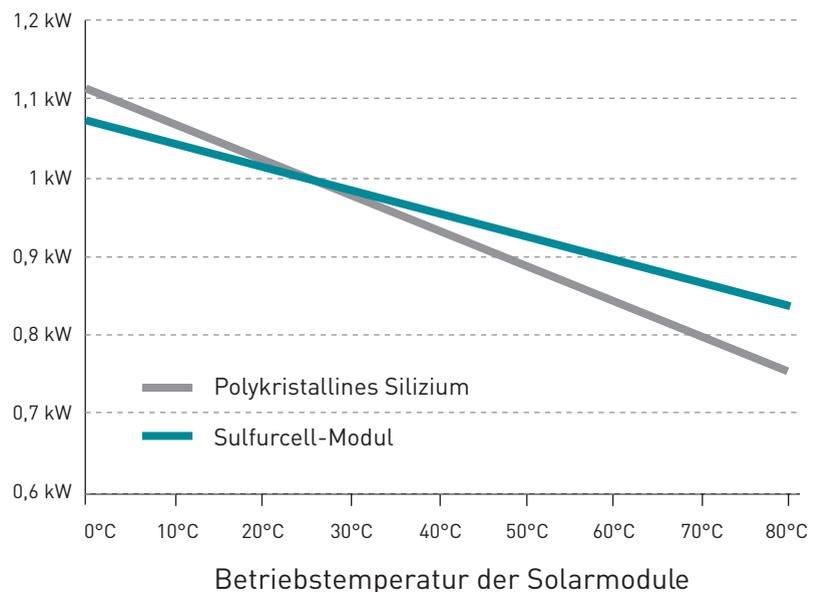
Der **Wirkungsgrad** eines Solarmoduls beschreibt, welcher Anteil des Sonnenlichts in elektrischen Strom umgewandelt wird und welche elektrische Leistung auf einer bestimmten Fläche erreicht werden kann. Bezahlt werden Solarmodule nach ihrer Leistung (gemessen in **Watt [W]**), so dass unterschiedlichen Wirkungsgraden stets Rechnung getragen wird. Solaranlagen unterscheiden sich wegen des Wirkungsgrads lediglich in der Fläche, die eine Anlage bestimmter Leistung bedeckt. Module mit geringem Wirkungsgrad sind meist günstiger pro Watt als solche mit hohen Wirkungsgraden, obgleich die Leistung die gleiche ist. Ist genügend Platz vorhanden oder soll das Investitionsvolumen niedrig gehalten werden, sollten daher kostengünstige Solarmodule mit niedrigem Wirkungsgrad eingesetzt werden. Ist der Platz begrenzt und soll die Leistung maximiert werden, ist ein höherer Wirkungsgrad notwendig und ein höherer Preis pro Watt muss in Kauf genommen werden. Ein hoher Wirkungsgrad geht daher oft einher mit geringerer Wirtschaftlichkeit und höherem Finanzierungsaufwand, aber

kompakterem Aufbau. Der Wirkungsgrad ist daher nur ein Qualitätskriterium von vielen, gibt jedoch nicht das **Preis-Leistungs-Verhältnis** wieder.

Sulfurcell hat im Jahr 2008 Solarmodule mit einem Wirkungsgrad von bis zu 7,5 % verkauft, 2009 und 2010 wird mit steigenden Wirkungsgraden gerechnet. Der Platzbedarf einer Sulfurcell-Anlage liegt etwa zwei Drittel höher als der für ein gängiges Solarmodul aus polykristallinem Silizium. Sulfurcells Kunden schätzen es aber, dass Sulfurcell Modultypen anbietet, die pro Watt elektrischer Leistung deutlich günstiger sind als qualitativ vergleichbare Produkte aus kristallinem Silizium. Auf die Fläche eines Dachs bezogen ist der Einspareffekt sogar noch größer als auf die Leistung bezogen: Hier ist die Sulfurcell-Anlage bis zu 50 % günstiger als eine Anlage mit Modulen aus Silizium-Modulen. Soll ein Dach vollständig mit Solarmodulen gedeckt werden, reduzieren Sulfurcell-Module daher den Finanzierungsaufwand und die Höhe notwendiger Kredite beträchtlich.

- 1 Sulfurcells Solarmodule verhalten sich »toleranter« gegenüber Hitze als Module aus kristallinem Silizium und eignen sich daher besonders in südlichen Breitengraden.
- 2 Die Monatsauswertung der Energieerträge belegt die gleichbleibende Leistung der Sulfurcell-Module und ihre Stärken in den warmen Sommermonaten.
- 3 Der Energieertrag von Sulfurcell-Modulen ist ebenso stabil und hoch wie der polykristalliner Silizium-Module. Anders als bei amorphem Silizium lässt die Leistungsfähigkeit bei Sulfurcell-Modulen im zweiten Betriebsjahr nicht nach.
- 4 Je wärmer der Standort, umso vorteilhafter ist der Einsatz von Sulfurcell-Modulen. In Griechenland wurden 5 % Mehr-ertrag gegenüber kristallinen Silizium-Modulen gemessen.

1 Reale Leistung 1 kWp Solaranlagen (bei senkrechtem Lichteinfall, AM 1.5, 1 000 W/m²)

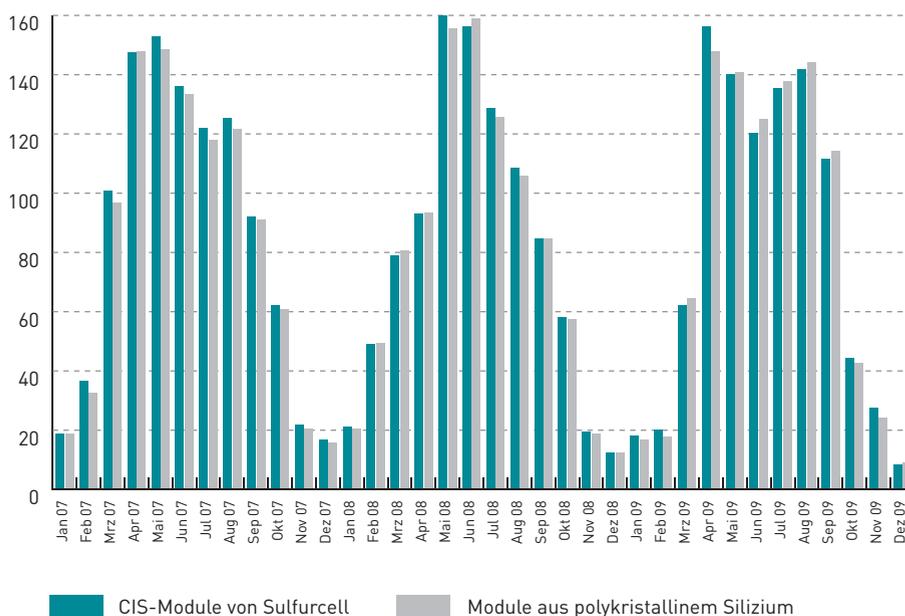


Der jährliche **Energieertrag** – gemessen in Kilowattstunden pro Jahr (kWh/a) – wird nicht allein vom Wirkungsgrad bestimmt, denn dieser hängt von den Beleuchtungsbedingungen und der Betriebstemperatur der Solarmodule ab. Die Solarbranche hat daher **Standardtestbedingungen** definiert, unter denen der Wirkungsgrad bestimmt wird. Auch die auf dem Datenblatt angegebene **Nennleistung** eines Solarmoduls (gemessen in **Wattpeak** [Wp]) leiten die Hersteller von dieser Labormessung ab und bemessen den Modulpreis danach. Standardtestbedingungen – so zum Beispiel 25°C Betriebstemperatur und senkrechter Einfall des Sonnenlichts mit hochsommerlicher Intensität (1 000 W/m²) – kommen beim tatsächlichen Betrieb einer Solaranlage nur selten vor und sind allenfalls an kalten Sommertagen denkbar. Im Sommer arbeiten Solarmodule jedoch typischerweise bei Temperaturen von 50 bis 80°C und der Wirkungsgrad sinkt. Der Leistungsrückgang pro Grad Celsius wird mit dem Temperaturkoeffizienten beschrieben.

Hier zeigt sich eine weitere Stärke der Sulfurcell-Solarmodule: Ihr günstiger **Temperaturkoeffizient** prädestiniert sie für wärmere Gebiete (z. B. in Südeuropa) und schlägt sich in einem höheren Energieertrag pro Wattpeak nieder. Je nach Einsatzort lassen sich im Vergleich zu kristallinen Silizium-Modulen um 4 bis 8 % höhere Jahreserträge erzielen.

Nicht zuletzt hängen die jährlichen Energieerträge pro Wattpeak von der Systemtechnik und der Sonneneinstrahlung ab. Maximale Erträge können erreicht werden, wenn der Aufstellungsort und -winkel optimal ausgewählt werden, die Wechselrichter zum Modul passen und die Anlage fachgerecht verschaltet und montiert wurde. Sulfurcell arbeitet mit renommierten Fachhändlern zusammen, die diese Expertise mitbringen und Zehntausende von Anlagen installiert haben. Sie beraten vor Ort und unterstützen den Anwender dabei, aus Sulfurcells Modulen das Maximale herauszuholen.

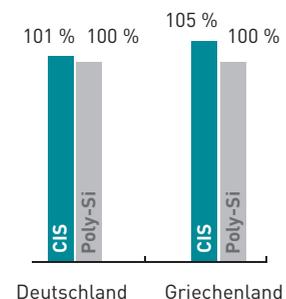
2 Jahresenergieertrag 1 kW-Solaranlagen Berlin (Aufdach)



3 Jahresenergieertrag 1 kW-Solaranlagen Berlin (Aufdach)

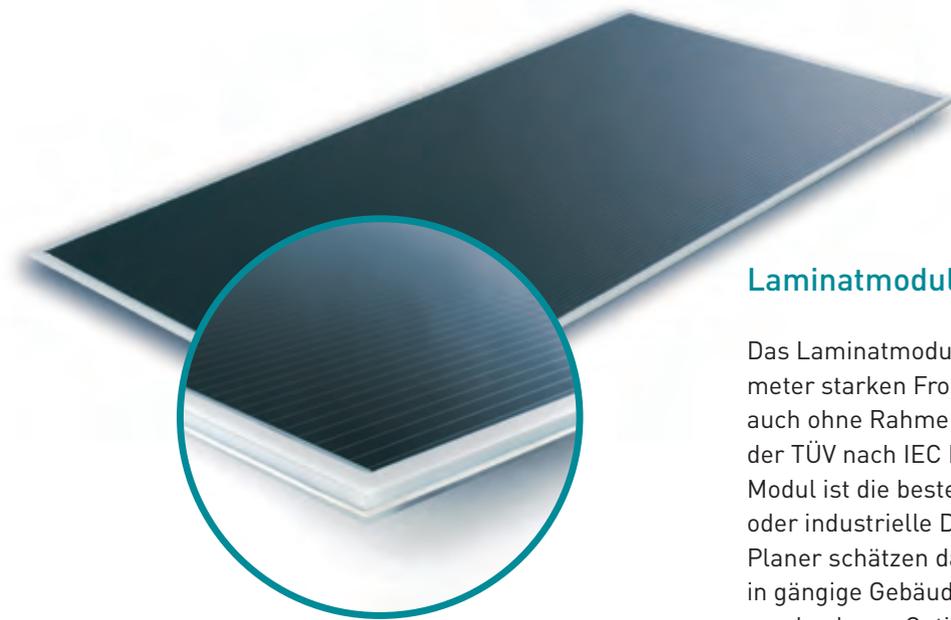


4 Jahresenergieertrag 2008 1 kW-Solaranlagen Berlin/Trikala



MODELLE UND EINSATZMÖGLICHKEITEN

Durch ihre beinahe schwarze Grundfläche und die hellen Leitungsbahnen lassen sich Sulfurcell-Module als »Anthrazit mit Nadelstreifen« beschreiben und zählen zu den optisch attraktivsten am Markt. Dies qualifiziert sie besonders für die Anwendung an Gebäuden. Sulfurcell stattet seine Solarmodule so aus, dass sie problemlos als Baumaterial im Gebäude eingesetzt werden können. Zahlreiche Projekte zeugen davon, dass Sulfurcell ein kompetenter Partner von Architekten und Bauherren ist und höchste gestalterische und bautechnische Bedürfnisse erfüllen kann.



Laminatmodul Typ SCG-HV-L

Das Laminatmodul ist mit einer gehärteten, fünf Millimeter starken Frontscheibe ausgestattet und bietet daher auch ohne Rahmen die hohe mechanische Stabilität, die der TÜV nach IEC EN 61646 für Solarmodule fordert. Das Modul ist die beste Wahl für große landwirtschaftliche oder industrielle Dächer. Aber auch Bauingenieure und Planer schätzen das Laminatmodul, da es unkompliziert in gängige Gebäude- und Glaskonstruktionen eingebettet werden kann. Optimal ist der Einsatz auch auf schwach geneigten Dächern (bis zu zwei Grad), da Wasser und Schmutz hier ungehindert ablaufen können.

Sulfurcell hat bei diesem Modell die Kosten optimiert. Der teure Aluminium-Rahmen konnte überflüssig gemacht werden, da Sulfurcells Module kleiner sind als herkömmliche Silizium-Module. Sie erreichen daher eine weit höhere Eigenstabilität und halten den Belastungen ihres Einsatzes dauerhaft stand. Aluminium muss nur noch bei der Unterkonstruktion der Solaranlage eingesetzt werden, der Verbrauch dieses energieintensiven Materials ist damit um 30 % reduziert. Das Laminatmodul verbindet besonders eindrucksvoll maximale Rentabilität mit der Schonung von Ressourcen.

Sulfurcells Laminatmodule bieten auch in einer weiteren Hinsicht Vorteile: Sulfurcell liefert seine Laminatmodule mit Manschetten aus Pappkarton aus. Die Manschetten schützen das Modul bei der Montage und puffern ab, sollte das Modul einmal angeschlagen werden. Erst nach der Montage müssen die Manschetten abgezogen werden – so verbinden sich die Stärken des rahmenlosen Moduls mit einer einfachen und sicheren Montage.

Pappmanschetten schützen Sulfurcells Laminatmodule bei Transport und Montage





Rahmenmodul Typ SCG-HV-F

Ob als Fassadenelement oder auf dem Dach – unser Rahmenmodul ist immer geeignet. Durch seinen Aluminiumrahmen und die gehärtete Frontscheibe ist es so robust, dass es selbst bei starker Schneelast eingesetzt werden kann (Schneelastzone 3). Die Montage des Moduls ist besonders einfach, da der Rahmen das Glas vor Beschädigung schützt. So kann es auch an schwer zugänglichen Orten montiert und mit Halterungen eingesetzt werden, die für rahmenlose Module nicht geeignet wären.

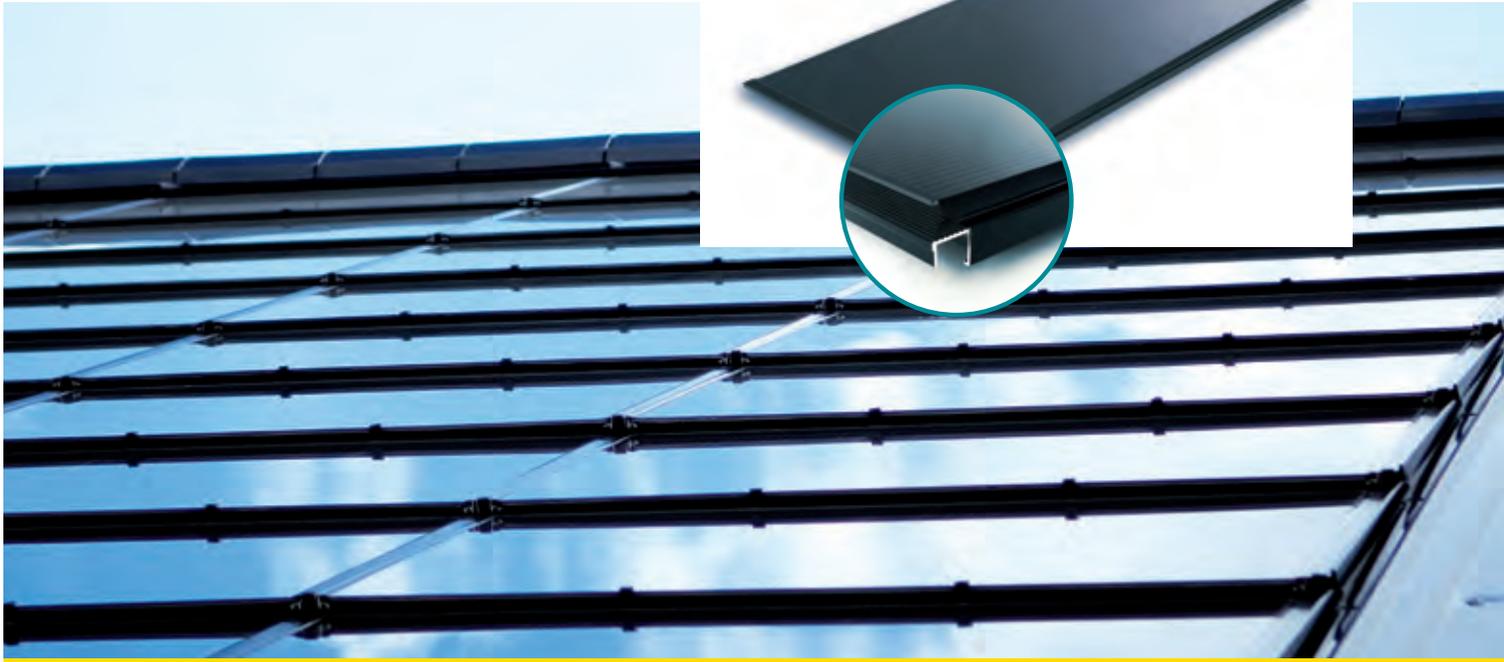


ÖKOLOGIE: GRÜNE TECHNOLOGIE

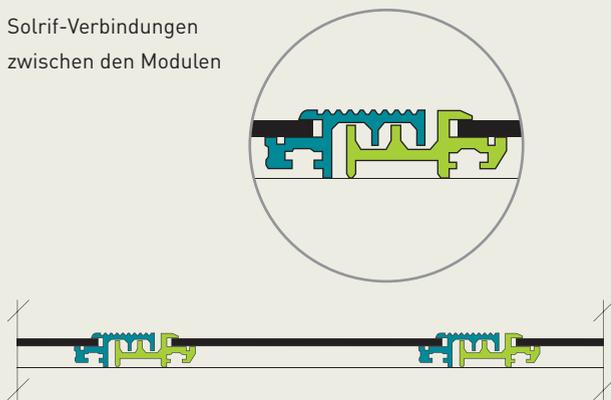
Sulfurcell sieht sich als Vorreiter im Kampf gegen den Klimawandel. Darum müssen unsere Herstellungsprozesse hohen ökologischen Standards gerecht werden. Und das tun sie nachweislich: Dank der Dünnschichttechnologie wird bei der Produktion nur eine vergleichsweise geringe Materialmenge verwendet und wenig Energie verbraucht. In Verbindung mit den hohen Erträgen der CIS-Technologie ergibt sich eine energetische Amortisationszeit von einem Jahr – das ist die Hälfte der Zeit, die für kristalline Silizium-Module gilt.

Sulfurcell-Solarmodule sind umweltfreundlich und können nach den heutigen gesetzlichen Bedingungen am Ende ihres Lebenszyklus als Hausmüll entsorgt werden. Dennoch kümmert sich Sulfurcell um ein Rücknahmesystem für Solarmodule, damit die Wertstoffe des Moduls – vor allem Glas und Aluminium – in den Stoffkreislauf zurückgeführt werden. Sulfurcell ist daher Gründungsmitglied der Gesellschaft PV Cycle, die für die Solarindustrie ein Rücknahme- und Recycling-Programm entwickelt. www.pvcycle.org

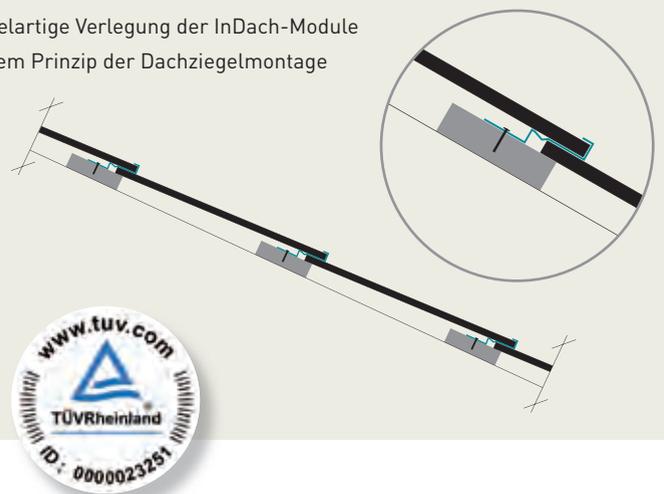
SOLARE DACHZIEGEL



Solrif-Verbindungen
zwischen den Modulen



Schindelartige Verlegung der InDach-Module
nach dem Prinzip der Dachziegelmontage



InDach-Modul Typ SCG-HV-RI

Das InDach-Modul bietet neue Möglichkeiten im solaren Bauen. Wie Ziegel werden die Module schindelartig auf den Dachlatten des Hauses montiert. Die Kosten für die Dachziegel entfallen – dadurch senkt der Einsatz dieses Moduls die Baukosten um etwa 20 bis 30 €/m². Die Verwendung schwarzer Rahmen des branchenbewährten Typs Solrif (Fa. Schweizer Metallbau) erleichtert die Montage, gibt der Dachfläche ein homogen-ästhetisches Aussehen und bietet hervorragende gestalterische Möglichkeiten. Vor allem aber ist die Montage einfacher als für andere Lösungen der Dachintegration: Französische

Spezialisten der Beratungsgesellschaft Cythelia haben im Jahr 2008 im Rahmen einer umfangreichen Marktrecherche verschiedene Solarsysteme zur Dachintegration verglichen. Aus dieser Studie gingen Solrif-basierte Lösungen als Testsieger hervor.

Bei der Auslegung der Solaranlage oder beim Dachabschluss unterstützen Sulfurcells Systempartner den Anwender. Passgenaue Bleche ermöglichen einen optisch perfekten Dachabschluss, so dass Patchworklösungen vermieden werden können.

SOLARE FASSADENKASSETTEN

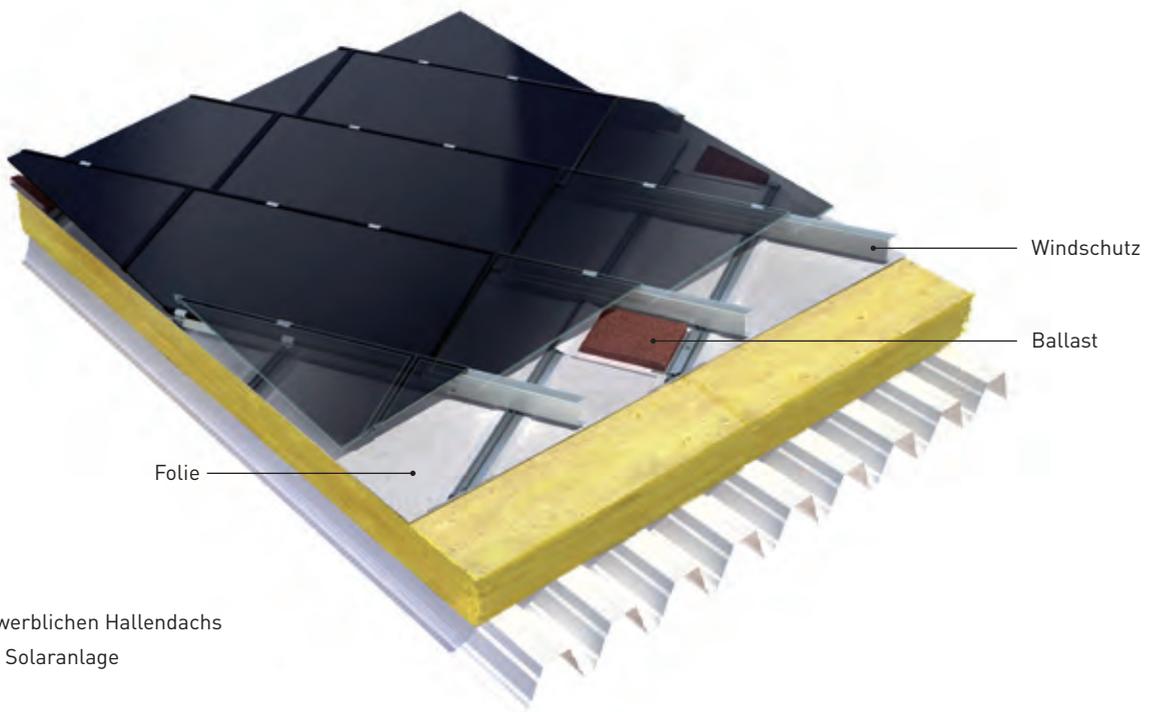


Aufhängung der Fassadenkassetten

Im gewerblichen Bau werden Fassadenkassetten gerne verwendet, da sie die Isolation witterungsbeständig abdecken und Regenwasser kontrolliert abführen. Hergestellt werden sie aus Blech und sind in die Fassadenkonstruktion eingehängt. Sulfurcell hat eine Technologie entwickelt, solche Fassadenkassetten mit einem weiteren Nutzen auszustatten und sie zudem optisch aufzuwerten. Sulfurcell bietet Kassetten an, die auf ihrer Oberfläche

ein Laminatmodul tragen. Anders als bei anderen fassadenintegrierten Solaranlagen können so rahmenlose Module in der Fassade eingesetzt werden. Die Blechfassade wird auf diese Weise in eine edle Glasfassade umgewandelt und erzeugt gleichzeitig den Strom für die dahinterliegenden Büros. An Sulfurcells neuem Firmengebäude in Berlin wird die neue Technologie erstmals eingesetzt und kann dort besichtigt werden.

GEWICHTSOPTIMIERTE SOLARANLAGEN FÜR GEWERBLICHE FLACHDÄCHER



Aufbau eines gewerblichen Hallendachs mit aufliegender Solaranlage

Auf großen Flachdächern können herkömmliche Solaranlagen häufig nicht aufgestellt werden, da ihr Gewicht zu groß ist oder Befestigungsmöglichkeiten fehlen. Sulfurcells Flachdachlösung findet hier eine intelligente Antwort: Das System ist gewichts- und windlastoptimiert und verfügt über ein Auflagegewicht von nur 19 kg pro m² (zuzüglich Ballast). Durch die besonders flache Montage

ist die Windangriffsfläche gering und zusätzlich reduzieren Windschutzbleche den Sog, so dass die Anlage ohne dachdurchdringende Befestigung aufgestellt werden kann. Die flache Montage minimiert außerdem den Schattenschwurf der Module, so dass die Modulreihen eng aneinander geschoben werden können. Pro 1000 m² Fläche kann so eine Leistung von mindestens 55 kW installiert werden.

