



## CIS PowerModule von Solar Frontier

Höchste Erträge – auch unter schwierigsten Bedingungen

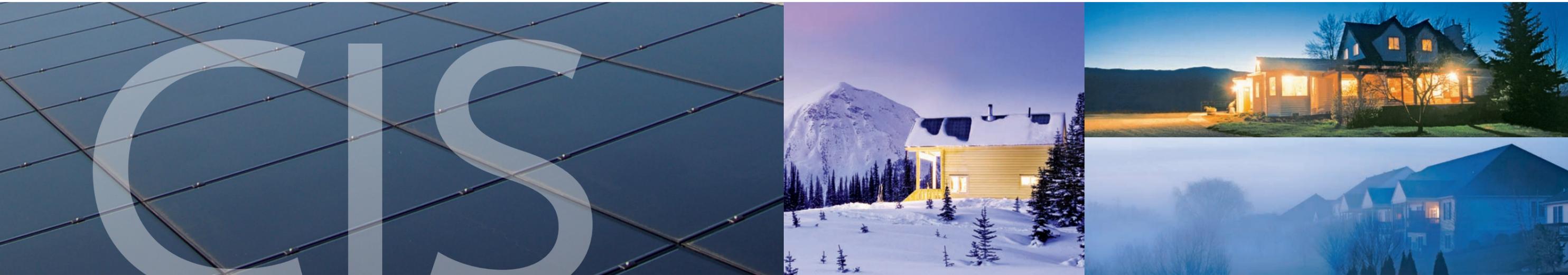


CIS-Technologie

Entwickelt für höchste Erträge.

Äußere Faktoren für PV-Erträge

Auf die Bedingungen kommt es an.



Der Photovoltaikmarkt bietet eine breite Vielfalt an Solarmodulen, die auf sehr unterschiedlichen Technologien basieren.

Die wichtigsten Modulgruppen sind:

- Dünnschichtmodule
- Kristalline Module, basierend auf Silizium
- Organische Module
- HIT- und Tandemsolarzellen

Die Dünnschichttechnologie ist dabei das innovativste Segment. Doch auch in diesem Bereich gibt es eine ganze Reihe unterschiedlicher Lösungen. Eine davon ist die CIS-Technologie. Ihr Name leitet sich ab aus den Elementen Kupfer (C), Indium (I) und Selen (S).

#### Überlegene Eigenschaften.

Ein entscheidender Vorteil von CIS gegenüber konventionellem kristallinem Silizium sind die höheren Erträge pro installiertem Watt Peak – und damit eine größere Ausbeute der Anlage. Ihr Vorteil gegenüber anderen Dünnschichtmodulen (etwa amorphen, mikromorphen oder Tandemmodulen) ist ihre höhere Effizienz. Organische Module bergen zwar, neben CIS, ebenfalls große Potenziale, doch ist diese Technologie aktuell noch Jahre von der Serienproduktion entfernt.

Ein wesentlicher Unterschied nicht nur gegenüber kristallinen Modulen, aber auch gegenüber anderen Dünnschichttechnologien wie z.B. Cadmium-Tellurit, ist ihre hohe Umweltverträglichkeit: Die CIS PowerModule von Solar Frontier sind frei von Cadmium und Blei, bedürfen keines besonderen Recycling-Verfahrens und erfüllen somit die strengen Vorgaben der RoHS-Richtlinie (Restriction of Hazardous Substances = Beschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe).

#### Mehrwert auf der ganzen Linie.

In Summe bieten die Eigenschaften der von Solar Frontier entwickelten CIS-Technologie eine einzigartige Kombination an Vorteilen – sowohl für Dach- als auch für Freiflächenanlagen:

- **Mehr Effizienz & höhere Erträge**
- **Mehr Sicherheit**
- **Mehr Umweltfreundlichkeit**
- **Mehr Ästhetik**

**Überzeugen Sie sich selbst vom Mehrwert der CIS PowerModule von Solar Frontier!**

#### Welche Voraussetzungen müsste eine ideale Photovoltaik-Anlage haben, um permanent höchste Erträge zu erwirtschaften?

Könnte man die Voraussetzungen der idealen Dachanlage aussuchen, so wäre diese nach Süden ausgerichtet und hätte einen Dachneigungswinkel, der zu jeder Jahreszeit optimale Sonneneinstrahlungswinkel ermöglicht. Die Umgebung dieser Anlage wäre absolut schattenfrei, die Luft stets klar, Verunreinigungen durch Schmutz, Staub, Nebel oder Smog würden nie auftreten.

Das Wetter schließlich wäre immer gleichzeitig sonnig und kalt. Denn neben den oben genannten Bedingungen bieten sowohl hohe Einstrahlwerte als auch niedrige Temperaturen die optimalen Voraussetzungen für höchste Erträge.

Insgesamt heißt das: Die ideale PV-Anlage wird es in den seltensten Fällen geben. Denn die Realität sieht meist ganz anders aus. Dächer sind oft nach Osten bzw. Westen ausgerichtet. Bäume, Schornsteine oder benachbarte Gebäude werfen ihre Schatten.

Schmutzpartikel liegen in der Luft. Das Wetter sorgt abwechselnd für hohe Temperaturen, Nebel oder Wolken und im Winter bedeckt Schnee zeitweise das Dach. Jeder einzelne dieser Faktoren verringert den Ertrag.

**Die Lösung:**  
**Höchste Erträge – selbst unter schwierigsten Bedingungen.**

**Mit den CIS PowerModulen von Solar Frontier.**

Genau hier setzen die Vorteile der CIS-Technologie an. Dank ihrer hohen Schattentoleranz und ihrem guten Schwachlichtverhalten liefern die CIS PowerModule von Solar Frontier höchste Erträge auch unter schwierigen Bedingungen: bei Verschattungen, bei hohen Temperaturen und bei Schwachlicht. Und darüber hinaus bieten sie durch den sogenannten Light Soaking Effect sogar zusätzliche Ertragseffekte.

Mehr Effizienz: exzellentes Schwachlichtverhalten



## Höchste Erträge – auch bei trüben Aussichten.

Morgens, abends, Nebel, Diffuslicht, bewölkter Himmel – selten sind die Einstrahlbedingungen der Sonne optimal. Doch gerade bei diesen täglichen Widrigkeiten erzeugen die Solar Frontier CIS PowerModule dank Ihres guten Schwachlichtverhaltens mehr Energie als andere Module.

Aufgrund ihrer breiten Spektralempfindlichkeit, die auf die Lichtenergiedichte der Sonne optimiert ist, holen Solar Frontier Module mehr Kilowattstunden auch aus schwächerem Lichtangebot. Dank der Rot- und Infrarotlicht-Empfindlichkeit erzeugen sie bereits in den ersten Morgenstunden und bis tief in den Abend hinein Energie, und auch das kurzwellige blaue Diffuslicht tagsüber können sie besser umsetzen als andere Technologien.

Das gute Schwachlichtverhalten der CIS PowerModule bedeutet in der Praxis, dass sie auch unter Bedingungen, die für kristalline Siliziummodule ungünstig sind, hohe Erträge generieren. So erzielen sie sogar auf Ost-West-Dächern, Flachdächern oder sogar Norddächern mehr Betriebsstunden und liefern daher mehr Solarenergie als andere Modultechnologien.

Abb u.: Montagemöglichkeiten für PV Anlagen mit CIS PowerModulen



mit freundlicher Genehmigung von SaveEnergy

**Referenz:** Blandford, Vereinigtes Königreich

**Herausforderung:** trübe Wetterverhältnisse, viel Regen

Installierte Leistung	41,4 kWp
Jährliche Globalstrahlung	1.091 kWh/m <sup>2</sup>
Jahresdurchschnittstemperatur	10,7 °C
Jahresniederschlag	786,6 mm

Mehr Effizienz: hohe Schattentoleranz



## Höchste Erträge – auch wenn es schattig wird.

Dank ihrer hohen Schattentoleranz verfügen die CIS-Dünnschichtmodule selbst dann über einen hohen Effizienzgrad, wenn Schatten auf die Module fällt oder die Oberfläche teilweise abgedeckt ist (etwa durch Laub). Der Grund dafür liegt in der unterschiedlichen Zellstruktur. Die quadratischen Siliziumzellen im Modul werden in Substrings geschaltet. Im Gegensatz dazu sind die langen und sehr schmalen Dünnschichtzellen in Reihe geschaltet. Wird bei herkömmlichen Siliziummodulen ein Teil der Oberfläche verdeckt, fällt nicht nur eine Zelle, sondern das

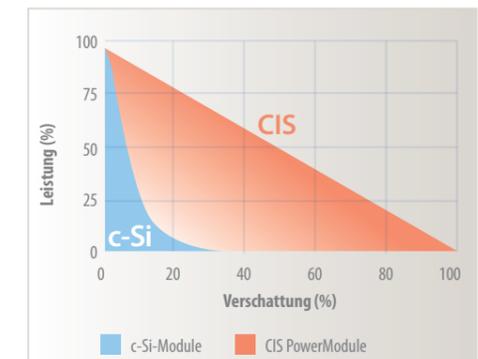
komplette Modul aus. Bei CIS PowerModulen dagegen ist nur der tatsächlich verdeckte Bereich betroffen. Das Resultat sind höhere Erträge selbst bei Schattenwurf.

Aus dieser hohen Schattentoleranz ergibt sich sogar ein weiterer Vorteil: Auf Freiflächenanlagen und industriellen Flachdächern können die Modulreihen in geringeren Abständen montiert werden. So lässt sich auch auf limitierten Flächen eine höhere Leistungsausbeute erzielen.



Konstante Energieproduktion trotz Verschattung

c-Si Module produzieren bei gleichen Bedingungen weitaus weniger



CIS PowerModule produzieren aufgrund der Schattentoleranz ihrer Zellanordnung konstant Energie, auch wenn ein Teil der Zellen durch Schatten verdeckt wird.

**Referenz:** Bottrop, Deutschland

**Herausforderung:** Teilverschattung ab dem Nachmittag

Installierte Leistung	42,75 kWp
Jährliche Globalstrahlung	950 – 1.000 kWh/m <sup>2</sup>
Jahresdurchschnittstemperatur	9,6 °C
Jahresniederschlag	930 mm



Mehr Effizienz: hohe Temperaturstabilität



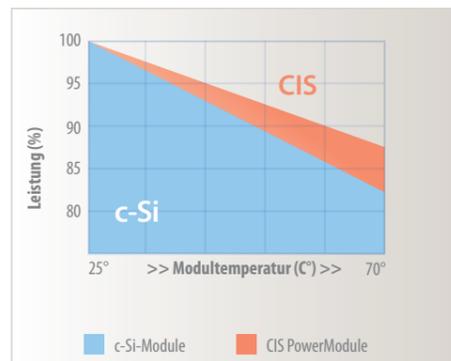
## Höchste Erträge – selbst bei großer Hitze.

Grundsätzlich nimmt die Leistung von Photovoltaikmodulen mit steigenden Temperaturen ab, was zu Ertragsverlusten führt. Daher verringert sich in den Sommermonaten oder in heißen Gegenden trotz hohen Einstrahlungswerten die Leistung konventioneller Technologien merklich.

CIS PowerModule sind weniger temperaturabhängig als kristalline Silizium-Module und weisen dementsprechend eine höhere Temperaturstabilität auf. Dies drückt sich in einem niedrigeren Temperaturkoeffizienten

der Leistung aus, der meist in Prozent pro Grad Kelvin (%/°K) auf dem Datenblatt angegeben wird. Bei einer Außentemperatur von über 30° Celsius können Solarmodule, die stundenlang der Hitze ausgesetzt sind, Temperaturen von bis zu 70° erreichen.

Vor allem im Sommer und in heißen Regionen ist daher die Temperaturstabilität der CIS PowerModule ein erheblicher Vorteil, der sich in Mehrproduktionen von über 10 Prozent im Vergleich zu kristallinen Modulen ausdrücken kann.



**Abb.:** Kleinerer Temperaturkoeffizient bedeutet: Fast ein Drittel weniger Energieproduktionsverluste bei höheren Temperaturen

z.B. bei 70 °C Modultemperatur:  
 CIS PowerModul: -13,9 %  
 c-Si-Modul (typ.): -20,3 %

**Referenz:** Windhoek, Namibia

**Herausforderung:** Hohe Tages- und niedrige Nachttemperaturen, konzentrierte Sonneneinstrahlung

Installierte Leistung	69,6 kWp
Jährliche Globalstrahlung	2.363 kWh/m <sup>2</sup>
Jahresdurchschnittstemperatur	19,9 °C
Jahresniederschlag	362 mm

Mehr Effizienz: „Light Soaking Effect“



## Höchste Erträge – und wie Sie zusätzlich davon profitieren.

Stellen Sie sich vor, Sie starten Ihr Auto an einem kalten Wintermorgen. Solange der Motor noch kalt ist, gibt er deutlich weniger Leistung ab. Sobald er sich aber warmgelaufen hat, steigt seine Leistung deutlich. Ganz ähnlich verhält es sich mit dem sogenannten „Light Soaking Effect“ (to soak: durchtränken, sich vollsaugen).

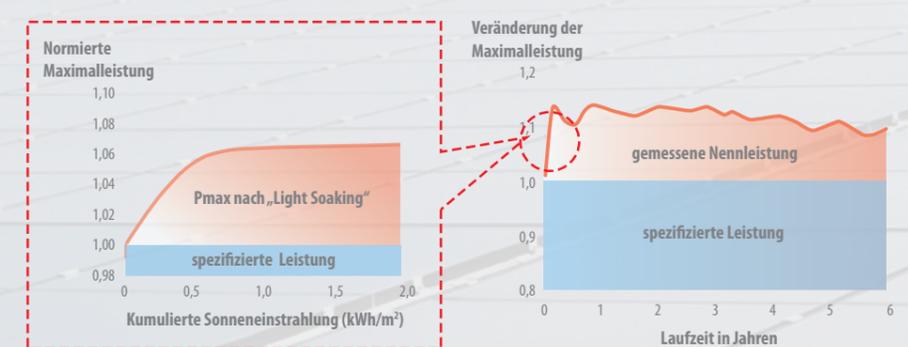
Der Light-Soaking-Effekt ist die Fähigkeit des Moduls, nach etwa 50 Sonnenstunden einige Prozente mehr Leistung zu erzeugen als zum Zeitpunkt seiner Produktion, der durch die Flashlisten-Werte fixiert ist (die elektrischen Kennwerte des PV-Moduls bei Standard-Testbedingungen - quasi dessen Geburtsurkunde).

Die in verschiedenen Arbeitsgängen auf das Substrat aufgebrauchte CIS-Schicht erhält eine nanometerdünne Pufferschicht. Diese Pufferschicht bildet anfangs eine Energiebarriere,

die den Elektronenfluß erschwert. Ausgelöst durch die Photonen des Sonnenlichts setzen sich die ersten Elektronen in Bewegung und neutralisieren im Grenzbereich der Schichten die anfangs noch existierenden Defektsstellen. Dadurch wird die Energiebarriere kleiner, der Fluß der nächsten Elektronen erleichtert und der Serienwiderstand wird geringer. Infolgedessen steigt der Energiefluss an und die Effizienz des Moduls wird erhöht.

Ist die Effizienz eines CIS PowerModuls durch das Light-Soaking auf einen höheren Wert angestiegen, so bleibt sie über den gesamten Einsatz-Zeitraum stabil – die über die Einsatzjahre auftretende Leistungsverringerung entspricht der natürlichen Degradation von weniger als 0,5 Prozent pro Jahr.

Bestätigt durch:



**Abb.:** Pmax sinkt um 0,5 %/Jahr (10% in 20 Jahren). In der Summe bleibt die Nennleistung erhalten. Der „Light Soaking“ Effekt der CIS PowerModule führt zu einer höheren Leistung als in unseren Spezifikationen angegeben.



Mehr Sicherheit

## Verlässliche Qualität – verlässlicher Partner.

Solar Frontier bietet Ihnen für Ihre Solaranlage doppelte Sicherheit – zum einen hinsichtlich des Produkts als auch hinsichtlich des Unternehmens.

Die Herstellung der Module erfolgt unter wesentlich strengeren Maßnahmen zur Qualitätssicherung als allgemein üblich und vorgeschrieben. Zusätzlich zu den standardmäßigen Qualitätskontrollen werden sie besonderen Belastungs- und Langzeittests unterworfen. Dazu gehört u.a. eine Prüfanlage zum Härte-test unter Temperaturschwankungen zwischen - 40 und + 80° C.

### Höchste Erträge – größtmögliche Sicherheit der Investition.

Höchste Erträge sind bei Solar Frontier ebenfalls gekoppelt an größtmögliche Sicherheit der Investition. Mit Shell und Saudi Aramco hat Solar Frontier zwei starke Finanz- und Know-how-Partner im Rücken, die über jahrzehntelange Expertise in der Energiebranche verfügen und ein langfristiges Engagement im Markt sicherstellen.

Solar Frontier verfügt zudem über einschlägige Erfahrung aus zahlreichen Großprojekten, resultierend aus der Zusammenarbeit mit den größten EPC's (Engineering, Procurement, Construction) weltweit. Japan, Deutschland, Frankreich, Mexico, Griechenland sind nur einige der Länder, in denen die Solar Frontier Großanlagen Erträge über den Erwartungen produzieren. Von der Expertise in diesem Bereich profitieren auch unsere Endkunden im Privatanlagenbereich.

Ein zusätzlicher Sicherheitsfaktor sind Ansprechpartner vor Ort: Mit Solar Frontier haben Kunden in Europa einen Partner, der sich lokal auskennt und sich vor Ort um deren Belange kümmert. Die europäische Zentrale ist nicht nur eine Verkaufsniederlassung, sondern vereint alle wichtigen Funktionen zur Unterstützung der Kunden wie beispielsweise Kundenservice, Technischer Support, Marketing und Training.

Mehr Umweltfreundlichkeit

## In jeder Hinsicht: nachhaltig.

Keine Frage: Die Stromerzeugung mit erneuerbarer Sonnenenergie ist grundsätzlich in hohem Maße umweltfreundlich und ressourcenschonend. Doch innerhalb der verschiedenen PV-Technologien gibt es erhebliche Unterschiede – besonders hinsichtlich der Produktionsweise, des Rohstoffbedarfs und der Verwendung umweltbelastender Stoffe.

**Solar Frontier setzt hier das Prinzip der Nachhaltigkeit konsequent und auf der ganzen Linie um – vom Rohstoffeinsatz über die Herstellung bis zur nahezu abfallfreien Lieferung.**

- **Verzicht auf Cadmium und Blei: keine Verarbeitung umweltbelastender Materialien**
- **Erfüllung als einer der wenigen Hersteller der strengen RoHS-Richtlinien (Restriction of Hazardous Substances; Einschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe)**
- **Extrem geringer Rohstoffaufwand – besonders im Vergleich zur Herstellung von Siliziummodulen \***
- **Eine der kürzesten Energierücklaufzeiten (EPT) im Markt: Die zur Produktion eines Moduls benötigte Energie wird durch den vom Modul generierten Strom in weniger als einem Jahr zurückgewonnen.**
- **Verzicht auf Kartonagen und Einsatz wiederverwendbarer Verpackungen (eigenes Rückabholssystem)**



### \* Umweltschonende Produktion durch minimalen Rohstoffbedarf



Um CIS PowerModule mit einer Gesamtleistung von 2,5 MW herzustellen, benötigt Solar Frontier gerade einmal 60 kg Rohstoffe.



Zur Produktion von kristallinen Siliziummodulen in gleicher Gesamtleistung fällt mit 7,5 t die über 120-fache Menge an.

Mehr Ästhetik

## Noch nie war umweltfreundliche Energie so schön.

Lange Zeit galten PV-Anlagen als vernünftig und clever – aber definitiv nicht als schön. Mit den CIS PowerModulen von Solar Frontier ändert sich das grundlegend. Die schwarze Oberfläche und der schwarze Rahmen sorgen für eine ästhetisch ansprechende Einbettung der Module in Architektur und Umgebung. Mehr noch: In vielen Fällen wertet ihr puristisch klares Design das Gesamtbild des Daches bzw. des gesamten Gebäudes sogar auf.

Die einzigartige Zusammensetzung unserer CIS PowerModule sorgt für ihr typisch schwarzes -in sehr wenigen Fällen leicht trübes- Aussehen. Dies ist der so genannten Aurora Effekt. Der Grund dafür liegt in der Verwendung nicht toxischer Materialien wie Zink anstelle des toxischen Cadmiums. Die Modulleistung wird dadurch nicht eingeschränkt.



Solar Frontier

## Höchste Erträge – auch unter schwierigsten Bedingungen.

### *Weltweit führend auf dem Gebiet der CIS-Technologie.*

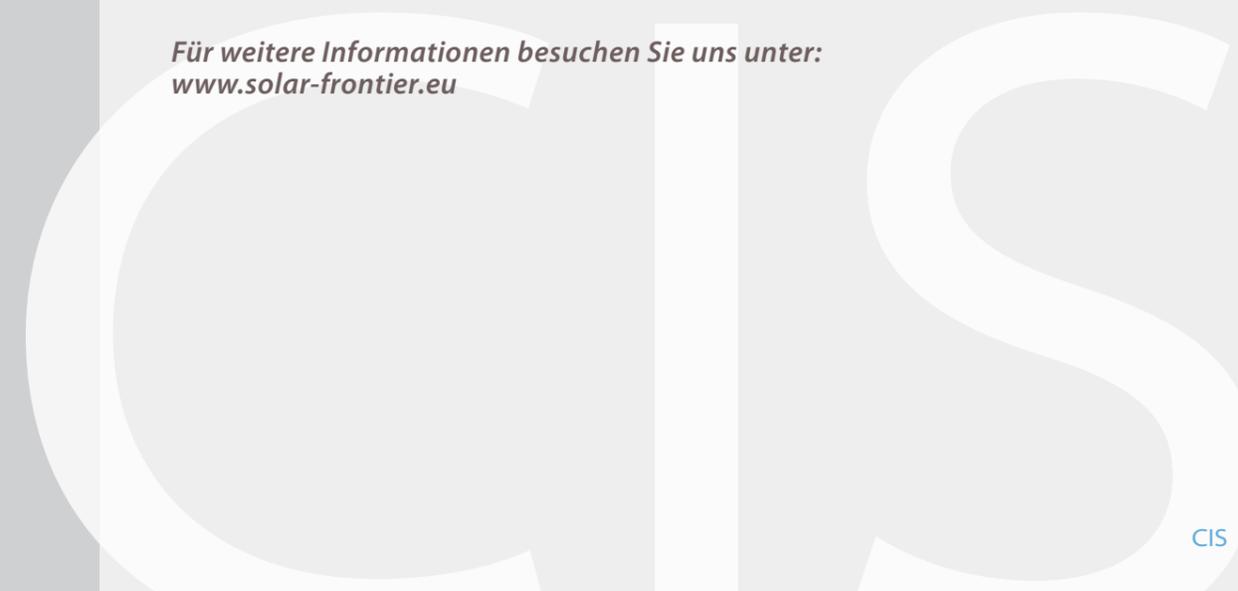
Solar Frontier ist der weltweit größte und wachstumsstärkste Hersteller von CIS-Dünnschichtmodulen, die sich durch ihre Effizienz, Ertragsstärke und Umweltfreundlichkeit auszeichnen. Als hundertprozentige Tochter der Showa Shell Sekiyu K.K. verfügt das Unternehmen über eine hohe Finanzkraft – und steht seinen Kunden damit als verlässlicher und langfristiger Partner zur Seite. Die Mission von Solar Frontier ist die Entwicklung der weltweit wirtschaftlichsten und umweltfreundlichsten Lösungen im Solarbereich.

Seit den 1970er Jahren ist Solar Frontier als Pionier auf dem Gebiet der Solarenergie tätig. Heute verfügt das Unternehmen über eine einzigartige Expertise in Forschung, Entwicklung und Herstellung. 2011 nahm Solar Frontier die weltweit größte Fertigungsanlage für CIS PowerModule in Betrieb. Mit einer Gesamtkapazität im Gigawatt-Bereich der insgesamt drei Werke in Miyazaki ist Solar Frontier der weltweit führende Anbieter im Bereich der CIS-Dünnschichttechnologie – und bestens gerüstet für die internationale Nachfrage nach Solarmodulen mit überragender Effizienz und hoher Ertragsfähigkeit. Neben unserem Hauptsitz in Tokio verfügen wir über regionale Niederlassungen in Deutschland und in den USA. Insgesamt beschäftigen wir mehr als 1.500 Mitarbeiter.

### *Verlässlicher Partner vor Ort: Solar Frontier Europe.*

Solar Frontier Europe wurde 2010 in München gegründet, um optimal auf die Bedürfnisse der Kunden in Europa eingehen zu können. Das Unternehmen ist dabei wesentlich mehr als eine Vertriebsniederlassung: Solar Frontier vereint alle Leistungen, um Kunden vor Ort perfekt zu unterstützen. Dazu gehören technischer Support, Projektentwicklung, Kundenservice und vieles mehr.

**Für weitere Informationen besuchen Sie uns unter:  
[www.solar-frontier.eu](http://www.solar-frontier.eu)**





## Solar Frontier – ein kurzer Überblick

### Unternehmen

- Solar Frontier ist weltweit tätig im Bereich von Solarstromlösungen
- Unsere Herkunft liegt in Japan – unser Business ist weltweit

### Erfahrung

- Wir verfügen über mehr als 35 Jahre Erfahrung im Bereich Photovoltaik
- Entwicklung von Solartechnologien gemeinsam mit der japanischen Regierung und Wissenschaftlern

### Forschung & Entwicklung

- Wir verfügen über eine eigene F&E-Abteilung mit mehr als 200 Mitarbeitern im Atsugi Research Center (Japan)
- Unsere CIS-Module haben bereits mehrere Weltrekorde im Bereich des Modulwirkungsgrades aufgestellt

### CIS-Technologie

- Marktführer im Bereich der CIS-Technologie (Kupfer (C), Indium (I) und Selen (S))
- Weltweit größter Hersteller im Gigawattbereich

### Finanzkraft

- Anteilseigner: Shell und Saudi Aramco
- Umfangreicher Track Record von fremdfinanzierten Großprojekten

### Kontakt

Solar Frontier Europe GmbH  
Bavariafilmplatz 8  
82031 Grünwald  
Deutschland  
info@solar-frontier.eu  
www.solar-frontier.eu  
Tel. 089 92 86 142 0

Informieren Sie sich ausführlich auf unserer Website:

[www.solar-frontier.eu](http://www.solar-frontier.eu)