

Abs	ÖKO-Test (8 / 2011)	ÖKO-Test Spezial Energie (2.9.2011)	Abs
	Photovoltaikmodule <b>Mit der Sonne durch dick oder dünn?</b> (Sascha Rentzing)	Photovoltaikmodule <b>Mit der Sonne durch dick oder dünn?</b> (kein Autor / Sascha Rentzing)	
0	Um den Platz an der Sonne streiten zwei Technologien: Die klassischen Siliciumpaneele gelten als effizient und verlässlich, dafür bringen neuartige Dünnschichtplatten auch bei Schwachlicht und Hitze maximale Leistung. Wer hat die Nase vorn? Wir beleuchten die Vor- und Nachteile.	Um den Platz an der Sonne streiten zwei Technologien: Die klassischen Siliziumpaneele gelten als effizient und verlässlich, dafür bringen neuartige Dünnschichtplatten auch bei Schwachlicht und Hitze maximale Leistung. Wer hat die Nase vorn? Wir beleuchten die Vor- und Nachteile.	0
1	Raus aus der Atomkraft, rein in die Sonnenenergie, das wünschen sich viele. Nur der Weg ist noch umstritten, selbst bei der technischen Ausrüstung wie den Solarpaneelen, die das Licht direkt in elektrische Energie umwandeln. Befürworter und Skeptiker liefern sich dazu <b>in Betreiberforen des Internets sogar heiße Debatten</b> . Zum Beispiel Max Meier. Der Landwirt aus dem oberpfälzischen Cham berichtet froh, dass er sich für die Dünnschicht entschieden hat. Im September 2006 installierte er Module aus Cadmium-Tellurid (CdTe) mit 30 Kilowatt (kW) Gesamtleistung auf dem Dach seiner Scheune. Schon von Beginn an war er überrascht, wie gut seine Anlage lief: Bei gleicher Ausrichtung, Einstrahlung und Wechselrichtermarkte erntete sie in den Herbstmonaten Oktober bis Dezember 2006 rund sechs Kilowattstunden (kWh) mehr Strom als das benachbarte 30-kW-Sonnenkraftwerk aus herkömmlichen multikristallinen Siliciummodulen. „Bei diffusem Licht habe ich meist wesentlich mehr Ertrag, aber auch bei richtig gutem Sonnenschein hat meine Anlage meist ein paar Prozent mehr“, teilte Meier seinen Betreiberkollegen im Februar 2007 im Photovoltaikforum mit.	Raus aus der Atomkraft, rein in die Sonnenenergie - das wünschen sich viele. Nur der Weg ist noch umstritten, selbst bei der technischen Ausrüstung wie den Solarpaneelen, die das Licht direkt in elektrische Energie umwandeln. Befürworter und Skeptiker liefern sich dazu <b>sogar heiße Debatten in Betreiberforen des Internets</b> . Zum Beispiel Max Meier. Der Landwirt aus dem oberpfälzischen Cham berichtet froh, dass er sich für die Dünnschicht entschieden hat. Im September 2006 installierte er Module aus Cadmiumtellurid (CdTe) mit 30 Kilowatt (kW) Gesamtleistung auf dem Dach seiner Scheune. Schon von Beginn an war er überrascht, wie gut seine Anlage lief: Bei gleicher Ausrichtung, Einstrahlung und Wechselrichtermarkte erntete sie in den Herbstmonaten Oktober bis Dezember 2006 rund sechs Kilowattstunden (kWh) mehr Strom als das benachbarte 30-kW-Sonnenkraftwerk aus herkömmlichen multikristallinen Siliziummodulen. „Bei diffusem Licht habe ich meist wesentlich mehr Ertrag, aber auch bei richtig gutem Sonnenschein hat meine Anlage meist ein paar Prozent mehr“, teilte Meier seinen Betreiberkollegen im Februar 2007 im Photovoltaikforum mit.	1
2	Nach vier Jahren intensivem Vergleich ist der Landwirt überzeugt: Seine Dünnschichtanlage kann locker mit den kristallinen Kraftprotzen in der Region mithalten. 2009 habe er 1.093 kWh/kW, im vorigen Jahr 976 kWh/kW Jahresernte eingefahren. „Die besten kristallinen Anlagen in der Umgebung laufen mit rund 1.000 kWh/kW nicht besser“, resümiert der Landwirt. Erfahrungsberichte wie dieser finden sich im Internet immer häufiger. Nicht nur Cadmium-Tellurid schneidet darin gut ab, sondern auch die anderen beiden Dünnschichttechniken CIS auf Basis von Kupfer, Indium und Selen, <b>und</b> amorphes Silicium erzielen laut ihren Betreibern pro Kilowatt installierter Leistung oft höhere Erträge als ihre kristallinen Konkurrenten. Dabei hatten viele Experten das amorphe Silicium	Nach vier Jahren intensiven Vergleichs ist der Landwirt überzeugt: Seine Dünnschichtanlage kann locker mit den kristallinen Kraftprotzen in der Region mithalten. 2009 habe er 1.093 kWh/kW, im vorigen Jahr 976 kWh/kW Jahresernte eingefahren. „Die besten kristallinen Anlagen in der Umgebung laufen mit rund 1.000 kWh/kW nicht besser“, resümiert der Landwirt. Erfahrungsberichte wie dieser finden sich im Internet immer häufiger. Nicht nur Cadmiumtellurid schneidet darin gut ab, sondern auch die anderen beiden Dünnschichttechniken CIS auf Basis von Kupfer, Indium und Selen <b>sowie</b> amorphes Silizium erzielen laut ihren Betreibern pro Kilowatt installierter Leistung oft höhere Erträge als ihre kristallinen Konkurrenten. Dabei hatten viele Experten das amorphe Silizium	2

Abs	ÖKO-Test (8 / 2011)	ÖKO-Test Spezial Energie (2.9.2011)	Abs
	wegen seines geringen Wirkungsgrads fast schon abgeschrieben.	wegen seines geringen Wirkungsgrads fast schon abgeschrieben.	
	<b>Dünnschichtmodule besser als ihr Ruf</b>	<b>Dünnschichtmodule besser als ihr Ruf</b>	
3	Aufgekommen zu Zeiten des Siliciumengpasses im Jahr 2007, sollte Dünnschicht die teuren kristallinen Module als führende Solartechnik ablösen. Siliciumzellen, so das Argument, nutzten bei 180 bis 250 Mikrometern Dicke nur 20 Mikrometer für die Lichtumwandlung, das restliche Material diene der Stabilität der Zelle. Der große Durchbruch der Dünnschicht blieb aber bisher aus. Das Hauptproblem: Die Technik kann nach wie vor nur mit relativ geringer Effizienz aufwarten. Noch immer dümpeln einfache amorphe Siliciummodule bei einstelligen Wirkungsgraden, während die kristallinen Absorber mindestens 14 Prozent Effizienz erreichen. Das schmälert die Attraktivität der Dünnschicht erheblich. „Der geringere Wirkungsgrad ist oft das Knock-out-Kriterium für die Technik“, bestätigt Philipp Vanicek, Projektingenieur bei der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS) viele Dünnschichtskeptiker.	Aufgekommen zu Zeiten des Siliziumengpasses im Jahr 2007, sollte Dünnschicht die teuren kristallinen Module als führende Solartechnik ablösen. Siliziumzellen, so das Argument, nutzten bei 180 bis 250 Mikrometern Dicke nur 20 Mikrometer für die Lichtumwandlung; das restliche Material diene der Stabilität der Zelle. Der große Durchbruch der Dünnschicht blieb aber bisher aus. Das Hauptproblem: Die Technik kann nach wie vor nur mit relativ geringer Effizienz aufwarten. Noch immer dümpeln einfache amorphe Siliziummodule bei einstelligen Wirkungsgraden, während die kristallinen Absorber mindestens 14 Prozent Effizienz erreichen. Das schmälert die Attraktivität der Dünnschicht erheblich. „Der geringere Wirkungsgrad ist oft das Knock-out-Kriterium für die Technik“, bestätigt Philipp Vanicek, Projektingenieur bei der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS) viele Dünnschichtskeptiker.	3
4	Dabei sagt der Wirkungsgrad nichts über den Ertrag einer Solaranlage aus. Er gibt lediglich an, wie viel Prozent des Lichts auf einer bestimmten Fläche in Strom umgewandelt wird. Das heißt: Ein Dünnschichtmodul braucht mehr Platz. Der Flächenbedarf spielt jedoch eine untergeordnete Rolle, wenn etwa auf einem landwirtschaftlichen oder Industriegebäude genug bebaubares Solarareal zur Verfügung steht.	Dabei sagt der Wirkungsgrad nichts über den Ertrag einer Solaranlage aus. Er gibt lediglich an, wie viel Prozent des Lichts auf einer bestimmten Fläche in Strom umgewandelt wird. Das heißt: Ein Dünnschichtmodul braucht mehr Platz. Der Flächenbedarf spielt jedoch eine untergeordnete Rolle, wenn etwa auf einem landwirtschaftlichen oder Industriegebäude genug bebaubares Solarareal zur Verfügung steht.	4
5	Bei der Entscheidung helfen auch die übrigen technischen Daten auf dem Moduldatenblatt kaum. Experten sind sich einig, dass die realen Betriebsbedingungen erheblich von den Standards abweichen und einen viel größeren Einfluss auf den Ertrag haben. „Die Aussagekraft von Wirkungsgrad und maximaler Leistungskraft sind bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit einer Solaranlage irreführend“, erklärt der Elektroingenieur Stefan Krauter vom Photovoltaik-Institut in Berlin, das Module prüft und zertifiziert. „Für den Ertrag maßgeblich sind Faktoren wie Einstrahlung, Breitengrad, Jahreszeit, Tageszeit, Luftmasse, Wolkendecke und Luftverschmutzung.“	Bei der Entscheidung helfen auch die übrigen technischen Daten auf dem Moduldatenblatt kaum. Experten sind sich einig, dass die realen Betriebsbedingungen erheblich von den Standards abweichen und einen viel größeren Einfluss auf den Ertrag haben. „Die Aussagekraft von Wirkungsgrad und maximaler Leistungskraft sind bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit einer Solaranlage „Irreführend“, erklärt der Elektroingenieur Stefan Krauter vom Photovoltaik-Institut in Berlin, das Module prüft und zertifiziert. „Maßgeblich für den Ertrag sind Faktoren wie Einstrahlung, Breitengrad, Jahreszeit, Tageszeit, Luftmasse, Wolkendecke und Luftverschmutzung.“	5
	<b>Vorteile bei bedecktem Himmel</b>	<b>Vorteile bei bedecktem Himmel</b>	
6	Gerade bei Hitze sowie geringer Einstrahlung hat die Dünnschicht Vorteile, sagt Hans-Dieter Mohring vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Stuttgart. Demnach scheint sie für das oft	Gerade bei Hitze und geringer Einstrahlung hat die Dünnschicht Vorteile, sagt Hans-Dieter Mohring vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Stuttgart. Demnach scheint sie für das oft	6

Abs	ÖKO-Test (8 / 2011)	ÖKO-Test Spezial Energie (2.9.2011)	Abs
	<p>wolkenverhangene Deutschland bestens geeignet zu sein. Nun wird häufig argumentiert, die kristalline Technik liefere dafür bei hohem Strahlungsangebot bessere Erträge als die Dünnschicht. Das ist aber nur die halbe Wahrheit: Unbestritten ist, dass Siliciummodule ihre maximale Empfindlichkeit bei rötlichem Licht bei hoher Direktstrahlung haben. Nur herrschen bei kräftigem Sonnenschein oft auch hohe Temperaturen. Und Wärme können die kristallinen nur schwer ertragen.</p>	<p>wolkenverhangene Deutschland bestens geeignet zu sein. Nun wird häufig argumentiert, die kristalline Technik liefere dafür bei hohem Strahlungsangebot bessere Erträge als die Dünnschicht. Das ist aber nur die halbe Wahrheit: Unbestritten ist, dass Siliziummodule ihre maximale Empfindlichkeit bei rötlichem Licht und hoher Direktstrahlung haben. Nur herrschen bei kräftigem Sonnenschein oft auch hohe Temperaturen. Und Wärme können die kristallinen nur schwer ertragen.</p>	
7	<p>Wie sich die verschiedenen Faktoren konkret auf die Erträge der beiden Techniken auswirken, testete jüngst der TÜV Rheinland. Er hat über ein Jahr hinweg Betriebsergebnisse von einem Dutzend verschiedener Module auf seinem Testgelände in Köln gesammelt. Das überraschende Resultat: Anders als es die physikalischen Eigenschaften der Dünnschichtmodule erwarten lassen, schnitten die schlanken Stromgeneratoren bei durchwachsenem westdeutschen Wetter nicht besser ab als ihre dicken Konkurrenten. „Wir können Mehrerträge nicht pauschal bestätigen“, sagt Testingenieurin Ulrike Jahn. Skeptiker sehen sich durch die Ergebnisse des TÜV bestätigt: Das gute Schwachlicht- und Hitzeverhalten der Dünnschicht sei ein „Märchen für PV-Betreiber“, sagt zum Beispiel Tina Ternus vom Rüsselsheimer Solarberater und -planer Photovoltaikbüro. „Dahinter steckt viel Marketingprosa der Hersteller.“</p>	<p>Wie sich die verschiedenen Faktoren konkret auf die Erträge der beiden Techniken auswirken, testete jüngst der TÜV Rheinland. Er hat über ein Jahr hinweg Betriebsergebnisse von einem Dutzend verschiedenen Module auf seinem Testgelände in Köln gesammelt. Das überraschende Resultat: Anders als es die physikalischen Eigenschaften der Dünnschichtmodule erwarten lassen, schnitten die schlanken Stromgeneratoren bei durchwachsenem westdeutschem Wetter nicht besser als ihre dicken Konkurrenten ab. „Wir können Mehrerträge nicht pauschal bestätigen“, sagt Testingenieurin Ulrike Jahn. Skeptiker sehen sich durch die Ergebnisse des TÜV bestätigt: Das gute Schwachlicht- und Hitzeverhalten der Dünnschicht sei ein „Märchen für PV-Betreiber“, sagt zum Beispiel Tina Ternus vom Rüsselsheimer Solarberater und -planer Photovoltaikbüro. „Dahinter steckt viel Marketingprosa der Hersteller.“</p>	7
8	<p>Fakt ist aber auch: Dünnschichtkacheln tauchen immer öfter auf den vorderen Rängen der Ertragsportale auf. Auch auf dem Testfeld der Fachzeitschrift Photon in Aachen, wo seit 2005 Module verschiedener Hersteller unter gleichen Bedingungen ihre Ertragsstärke beweisen müssen, zählen sie zu den Topperformern.</p>	<p>Fakt ist aber auch: Dünnschichtkacheln tauchen immer öfter auf den vorderen Rängen der Ertragsportale auf. Auch auf dem Testfeld der Fachzeitschrift Photon in Aachen, wo seit 2005 Module verschiedener Hersteller unter gleichen Bedingungen ihre Ertragsstärke beweisen müssen, zählen sie zu den Top-Performern.</p>	8
		<b>Nachteile bei Platzbedarf und Effizienz</b>	
	<p>Trotz guter Erträge werden sich die schlanken Absorber gegen die kristallinen Klassiker aber wohl nur schwer behaupten können. „Die Dünnschicht hat keine Lobby“, sagt DGS-Ingenieur Vanicek. Das liegt vor allem daran, dass Langzeiterfahrungen mit der Technik fehlen. Der Marktführer des Segments, die US-Firma First Solar, verkauft seine Module erst seit sieben Jahren. Bisher zeigen sie keine unvorhergesehenen Alterserscheinungen. Aber ob sie, wie First Solar verspricht, weitere zwei Jahrzehnte halten, weiß niemand. Zudem gibt es Vorbehalte gegen das giftige Cadmium in den CdTe-Modulen. In Verbindung mit Tellur gilt es</p>	<p>Trotz guter Erträge werden sich die schlanken Absorber gegen die kristallinen Klassiker aber wohl nur schwer behaupten können. „Die Dünnschicht hat keine Lobby“, sagt DGS-Ingenieur Vanicek. Das liegt vor allem daran, dass Langzeiterfahrungen mit der Technik fehlen. Der Marktführer des Segments, die US-Firma First Solar, verkauft seine Module erst seit sieben Jahren. Bisher zeigen sie keine unvorhergesehenen Alterserscheinungen. Aber ob sie, wie First Solar verspricht, weitere zwei Jahrzehnte halten, weiß niemand. Zudem gibt es Vorbehalte gegen das giftige Cadmium in den CdTe-Modulen. In Verbindung mit Tellur gilt es</p>	9

Abs	ÖKO-Test (8 / 2011)	ÖKO-Test Spezial Energie (2.9.2011)	Abs
	zwar als ungefährlich, doch lehnen es viele Betreiber ab, mit einem bedenklichen Absorber Grünstrom zu erzeugen. Siliciumanlagen <b>hingegen haben</b> ein besseres Öko-Image und ihre Verlässlichkeit bereits bewiesen.	zwar als ungefährlich, doch lehnen es viele Betreiber ab, mit einem bedenklichen Absorber Grünstrom zu erzeugen. Siliziumanlagen <b>haben</b> <b>hingegen</b> ein besseres Öko-Image und <b>auch</b> ihre Verlässlichkeit bewiesen.	
	Einige von ihnen laufen schon seit fast zwei Jahrzehnten störungsfrei.	Einige von ihnen laufen schon seit fast zwei Jahrzehnten störungsfrei.	
9	Ein weiteres Argument gegen die Dünnschicht ist der relativ hohe Platzbedarf. Daher ist die kristalline Technik bei Einfamilienhausbesitzern Meist erste Wahl. Sie müssen aus einer begrenzten Fläche das Maximum an Solarstrom herausholen, um eine möglichst hohe staatliche Förderung zu erhalten. Effizienzsteigerungen könnten der Dünnschicht helfen, die flächenbezogenen Kosten zu senken und in der Gunst der Anwender zu steigen, doch entwickeln sich Innovationen zu langsam.	Ein weiteres Argument gegen die Dünnschicht ist der relativ hohe Platzbedarf. Daher ist die kristalline Technik bei Einfamilienhausbesitzern meist erste Wahl. Sie müssen aus einer begrenzten Fläche das Maximum an Solarstrom herausholen, um eine möglichst hohe staatliche Förderung zu erhalten. Effizienzsteigerungen könnten der Dünnschicht helfen, die flächenbezogenen Kosten zu senken und in der Gunst der Anwender zu steigen, doch entwickeln sich Innovationen zu langsam.	10
10	Da der technische Fortschritt stockt und bisher keine Massenfertigung etabliert wurde,	Da der technische Fortschritt stockt und sich bisher keine Massenfertigung etabliert hat,	11
	bleiben auch die Produktionskosten hoch.	bleiben auch die Produktionskosten hoch.	
	Der Preis der Siliciumpaneele <b>hingegen</b> hat sich dank Kosten <b>reduktionen</b> durch bessere Produktion <b>en</b> und Massenfertigung in den vergangenen fünf Jahren halbiert.	Der Preis für Siliziumpaneele hat sich <b>hingegen</b> dank Kosten <b>ersparnis</b> durch bessere Produktion <b>sverfahren</b> und Massenfertigung in den vergangenen fünf Jahren halbiert.	
	Dass die „alte“ Technik noch einmal einen solchen Entwicklungssprung <b>vollbringt</b> ,	Dass die „alte“ Technik noch einmal einen solchen Entwicklungssprung <b>vollbringen würde</b> ,	
	hätte zu Zeiten des Siliciumengpasses vor vier Jahren niemand für möglich gehalten.	hätte <b>wohl</b> zu Zeiten des Siliziumengpasses vor vier Jahren niemand <b>mehr</b> für möglich gehalten.	
11	Fazit: Alle Dünnschichttechniken sind aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften bestens für Standorte mit wechselhaftem Wetter geeignet und können hier höhere Erträge <b>erzielen</b> als ihre kristallinen Kontrahenten. <b>Werden</b> sie aber nicht rasch billiger und effizienter,	Fazit: Alle Dünnschichttechniken sind aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften bestens für Standorte mit wechselhaftem Wetter geeignet und können hier höhere Erträge als ihre kristallinen Kontrahenten <b>erzielen</b> . <b>Sollten sie</b> aber nicht rasch billiger und effizienter <b>werden</b> ,	12
	<b>wird</b> das Interesse an ihnen trotz ihres großen Sonnenhungers gering bleiben.	<b>so dürfte</b> das Interesse an ihnen trotz ihres großen Sonnenhungers gering bleiben.	
	Denn auf Preis und Effizienz schauen potenzielle Kunden als Erstes.	Denn auf Preis und Effizienz schauen potenzielle Kunden als Erstes.	