

Abs	Neue Energie (4 / 2011)	Elektropraktiker (5 / 2011)	Abs
	<p align="center"><b>Module für trübe Tage</b> (Sascha Rentzing, Fotos: Georg Schreiber)</p>	<p align="center">Photovoltaik-Module – <b>Dick oder dünn?</b> (Sascha Rentzing)</p>	
0	<p><b>Dünnschicht</b> bringt wegen ihres geringen Wirkungsgrads zu wenig Erträge, heißt es landläufig. <b>Betreiber kommen zu anderen Ergebnissen.</b> Dank des besseren Schwachlicht- und Temperaturverhaltens könnte die <b>Technologie gegenüber der Dickschicht in unseren Breiten sogar im Vorteil sein.</b></p>	<p>Welches Solarpaneel ist das richtige für mein Dach? Diese Frage stellt sich jeder angehende Betreiber einer Photovoltaikanlage. Die Antwort ist schwierig, denn um den Platz an der Sonne streiten zwei starke Technologien: Neuartige <b>Dünnschicht</b>module fordern die klassischen kristallinen Siliziummodule heraus. <b>Beide arbeiten ertragreich und werden dank besserer Produktionen immer günstiger.</b> Das Rennen um das erfolversprechendste Konzept ist in vollem Gange.</p>	0
1	<p><b>Max Meier</b> ist froh, dass er sich für die Dünnschicht entschieden hat. Im September 2006 installierte der Landwirt aus dem oberpfälzischen Cham Cadmium-Tellurid(CdTe)-Paneele mit 30 Kilowatt (kW) Gesamtleistung auf dem Dach seiner Scheune. Anfangs konnte er kaum glauben, wie gut die 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 multikristallinen Siliziummodulen. „<b>Bei diffusem Licht habe ich meist wesentlich mehr Ertrag, aber auch bei richtig gutem Sonnenschein hat meine Anlage oft ein paar Prozent mehr</b>“, teilte Meier seinen Betreiberkollegen im Februar 2007 im Internet auf dem <b>Photovoltaikforum</b> mit. Dennoch blieb er zunächst skeptisch. „Am Ende wird abgerechnet. Mir fehlt noch die Ganzjahreserfahrung.“</p>		
		<b>Große Fortschritte</b>	
2	<p>Nach vier Jahren intensivem Vergleich hat Meier Gewissheit: Seine Dünnschichtanlage kann locker mit den kristallinen Kraftprotzen in der Region mithalten. 2009 habe er eine Jahresernte von 1093 kWh pro Kilowatt installierter Leistung eingefahren, im vorigen Jahr 976 kWh/kW. „<b>Die besten kristallinen Anlagen in der Umgebung laufen mit rund 1000 kWh/kW nicht besser</b>“, resümiert Meier.</p>	<p><b>Die Dünnschichtforschung macht große Fortschritte:</b> Das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Stuttgart erreichte mit einem Dünnschichtmodul aus Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (CIGS) einen Laborwirkungsgrad von 20,3 Prozent. Damit übertrifft das ZSW nicht nur deutlich die Werte anderer Institute, sondern minimiert auch den Effizienzvorsprung der auf dem Markt dominierenden multikristallinen Solarzellen auf nur noch 0,1 Prozent.</p>	1
3	<p><b>Erfahrungsberichte wie dieser finden sich in den Betreiberforen im Internet immer häufiger.</b> Nicht nur CdTe schneidet gut ab. Auch die anderen beiden Dünnschichttechniken CIS, ein Absorber auf Basis von Kupfer, Indium und Selen, und amorphes Silizium (a-Si) erzielen den</p>	<p>Zwischen Labor und Praxis klappt bei den kupferbasierten Zellen, vereinfacht mit CIS abgekürzt, jedoch eine große Lücke. Industriell hergestellte Module aus diesem Verbindungshalbleiter erreichen Effizienzen von maximal zwölf Prozent, während die klassischen</p>	2

Abs	Neue Energie (4 / 2011)	Elektropraktiker (5 / 2011)	Abs
	<p>Betreiberangaben zufolge pro kW installierter Leistung oft höhere Erträge als ihre kristallinen Konkurrenten. Viele Experten hatten die a-Si-Zellen wegen ihres geringen Wirkungsgrads schon abgeschrieben. In Kombination mit mikrokristallinem Silizium oder als Triplezelle mit drei übereinander liegenden Zellschichten erweist sich das Material aber als überaus guter Photonenabsorber. Mikromorphe Anlagen des taiwanesischen Modulherstellers Nexpower zum Beispiel werden in den Foren dank guter Erträge sehr gelobt.</p>	<p>Siliziummodule durchschnittlich 14 Prozent des einfallenden Lichts in Strom umwandeln. Diesen Rückstand kann CIS bisher nicht durch geringere Fertigungskosten ausgleichen. Im Gegenteil: „CIS ist in der Produktion mit rund zwei Euro pro Watt fast noch doppelt so teuer wie Siliziummodule“, sagt Bernd Schüßler, Sprecher des Solarstrommagazins Photon.</p>	
4	<p>Damit ist die Dünnschnitt offenbar besser als ihr Ruf.</p>	<p>Die anderen Dünnschichttechniken stehen kaum besser da. Module aus Dünnschichtsilizium etwa erreichen bei Herstellungskosten von rund 1,50 Euro pro Watt selten mehr als zehn Prozent Effizienz.</p>	3
	<p>Aufgekommen zu Zeiten des Siliziumengpasses im Jahr 2007, sollte sie die teuren kristallinen Module als führende Photovoltaik(PV)-Technik ablösen.</p>	<p>Dabei hatte die Dünnschicht die massiven Siliziumzellen längst als führende Photovoltaik (PV)-Technik ablösen sollen.</p>	4
	<p>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. Warum also nicht für den gleichen Effekt auf das teure Silizium verzichten?</p>	<p>Siliziumzellen, so das Argument, nutzten bei 180 bis 250 µm Dicke nur 20 µm für die Lichtumwandlung, das restliche Material diene nur der Stabilität der Zelle. Warum also nicht für den gleichen Effekt auf das teure Silizium verzichten?</p>	
	<p>Immer mehr Firmen ersetzen die dicken Wafer durch billige Glasscheiben, die sie mit hauchdünnen halbleitenden Schichten überzogen. Der große Durchbruch der Dünnschicht blieb bisher dennoch aus (neue energie 7/2010). Zum einen war Silizium dank rascher Produktionserweiterungen der Chemiekonzerne bald wieder reichlich und billiger verfügbar, zum anderen kann die Technik nur mit relativ geringen Effizienzen aufwarten. Noch immer dümpeln einfache a-Si-Module bei einstelligen Wirkungsgraden, während die kristallinen Absorber im Durchschnitt schon 14 Prozent erreichen. Das schmälert die Attraktivität der Dünnschicht erheblich.</p>	<p>Immer mehr Firmen ersetzen deshalb die dicken Wafer durch billige Glasscheiben, die sie mit hauchdünnen halbleitenden Schichten überzogen. Dennoch ist der große Durchbruch der Dünnschicht bisher ausgeblieben.</p>	
	<p>„Der geringere Wirkungsgrad ist oft das Knock-Out-Kriterium“, erklärt Philipp Vanicek, Projektingenieur bei der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS).</p>	<p>„Der geringe Wirkungsgrad ist oft das Knock-Out-Kriterien für die Technik“, erklärt Dipl.-Ing. (FH) Philipp Vanicek, Projektingenieur bei der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS). Hinzu kommt, dass Silizium inzwischen wieder reichlich und billiger vorhanden ist – das schwächt das Dünnschichtargument ab. In den Jahren 2007 und 2008 war Silizium wegen der rasanten Produktionserweiterungen der PV-Industrie knapp geworden. Der Preis pro Tonne war deshalb vorübergehend von 50 auf mehr als 400 Dollar gestiegen. Doch dank neuer</p>	

Abs	Neue Energie (4 / 2011)	Elektropraktiker (5 / 2011)	Abs
		Siliziumfabriken hat sich die Lage auf dem Halbleitermarkt wieder entspannt.	
5	<p>Dabei sagt der Wirkungsgrad nichts über den tatsächlichen Ertrag einer Solaranlage aus. Er gibt an, wie viel Prozent des Lichts auf einer bestimmten Fläche in Strom umgewandelt wird. Das heißt: Ein Dünnschichtmodul mit zehn Prozent Wirkungsgrad ist verglichen mit einer kristallinen Kachel mit 14 Prozent Effizienz bei gleicher Leistung schlicht größer und braucht mehr Platz. Je geringer also der Wirkungsgrad ist, desto größer sind in der Regel Flächenbedarf und Installationsaufwand.</p>	<p><b>Dünnschicht vor dem Durchbruch?</b></p> <p>Doch CIS und Co. stehen vor einem großen Entwicklungsschritt. Nach Angaben von Dr. Arnulf Jäger-Waldau von der Gemeinsamen Forschungsstelle der EU-Kommission (GFS) wurden im vorigen Jahr 2000 MW Dünnschichtmodule produziert, 2012 sollen bereits 22000 MW von den Bändern der Dünnschichtfabriken laufen. „Die Vorhaben sind gewaltig“, sagt Jäger-Waldau.</p> <p>Massenherstellung und bessere Produktion lassen Kostenersparnisse und sinkende Preise erwarten. Dadurch, hoffen die Firmen, wird der Effizienznachteil mehr als ausgeglichen.</p>	5
6	<p>Nicht viel schlauer werden Betreiber aus den technischen Angaben auf dem Moduldatenblatt. Die hier angegebenen Werte wie Füllfaktor, Nennleistung oder Wirkungsgrad werden im Labor unter genormten Standardtestbedingungen gemessen: bei 1000 Watt Einstrahlung pro Quadratmeter, einem bestimmten Strahlungsspektrum und 25 Grad Celsius Zelltemperatur. Experten sind sich einig, dass die realen Betriebsbedingungen erheblich von denen im Standardtest abweichen und einen viel größeren Einfluss auf den Ertrag haben. „Die Aussagekraft von Effizienz und maximaler Leistungskraft ist 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.“</p> <p>Außerdem senke eine steigende Zelltemperatur, beeinflusst durch Außentemperatur, Einstrahlung und Wind, die gewonnene Energiemenge, so Krauter.</p>	<p>First Solar, Hersteller von Dünnschichtmodulen aus Cadmium-Tellurid, gilt als Primus der jungen Branche. Die US-Firma hat ihre Produktionskosten auf rund 0,50 Euro gedrückt. Daher sind ihre Anlagen in der Anschaffung pro Kilowatt um bis zu zehn Prozent billiger als Standardsolarsysteme. Bei einem so günstigen Preis billigen Investoren, dass die CdTe-Paneele wegen ihres geringeren Wirkungsgrads bei gleicher Leistung mehr Fläche benötigen. Was der Technik weiteren Auftrieb verleihen durfte: In den Betreiberforen im Internet erhalten First Solar-Anlagen Bestnoten.</p>	6
7	<p>Gerade bei Hitze sowie geringer Einstrahlung hat die Dünnschicht Vorteile (siehe Grafiken). „In der Tendenz zeigen a-Si- und CdTe-Module ein besseres Schwachlichtverhalten als die kristalline PV“, weiß der Dünnschichtforscher Hans-Dieter Mohring vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Stuttgart. Während Siliziummodule mit sinkendem Lichtangebot deutlich an Effizienz einbüßen, zeige CdTe seine Stärken besonders bei mittlerer Einstrahlung von 500 Watt pro Quadratmeter. Dünnschichtsilizium wiederum nutze das gesamte Einstrahlungsangebot</p>	<p>Bei gleicher Ausrichtung, Einstrahlung und Wechselrichtermarken erzielen sie oft höhere Erträge als kristalline Kraftwerke. „Tendenziell nutzen Dünnschichtmodule Schwachlicht besser aus und verlieren bei steigenden Temperaturen nicht so schnell an Leistung wie Siliziummodule“, erklärt ZSW-Forscher Dipl.-Phys. Hans-Dieter Mohring. Damit sind sie für Standorte wie Deutschland, wo oft wechselhaftes Wetter herrscht, bestens geeignet. Um Kosten weiter zu senken, will First Solar seine Kapazitäten bis 2012 um 1000 MW auf 2500 MW steigern. Zudem will die Firma viel Geld in Forschung und</p>	

Abs	Neue Energie (4 / 2011)	Elektropraktiker (5 / 2011)	Abs
	konstant gut aus, erklärt Mohring. „Im Vergleich zum kristallinen Silizium sind die Materialien empfindlicher gegenüber Diffuslicht mit hohem Blauanteil, wie es vor allem bei bedecktem Himmel vorkommt.“	Entwicklung investieren. „Die Kosten kriegen wir nur mit hohen Forschungsinvestitionen runter“, erklärt Technikchef Dave Eaglesham.	
8	<p><b>Damit ist die Dünnschicht für das oft wolkenverhangene Deutschland ideal geeignet.</b></p> <p>Auf dem Modultestfeld des ZSW in Widderstall in Baden-Württemberg zum Beispiel kommen im Jahr nach Angaben des Instituts in über der Hälfte der Zeit weniger als 650 Watt Einstrahlung pro Quadratmeter an. Über 650 Watt sind es nur in 45 Prozent der Zeit. Der niedere und mittlere Einstrahlungsbereich ist also hierzulande wichtig.</p>	<p>Die Amerikaner haben bei Preisen und Erträgen ihrer Anlagen Maßstäbe gesetzt – andere Dünnschichtfirmen wollen nun nachziehen. Die Firma Solar Frontier zum Beispiel, Tochter des japanischen Konzerns Showa Shell Sekiyu, hat Anfang dieses Jahres in ihrer neuen Fabrik mit 1000 MW Kapazität in Miyazaki, Japan, die Produktion von CIS-Modulen aufgenommen. Die Technik soll Wirkungsgrade von bis zu 13 Prozent erreichen und dank moderner Produktion kosteneffizienter gefertigt werden als bisher gängige Module aus diesem Material. Das konnte der lang erwartete Durchbruch des CIS sein. Sharp pusht wiederum das Dünnschichtsilizium. Die Japaner haben eine sogenannte Tandemzelle entwickelt, bei der zwei übereinander gestapelte Halbleiterschichten aus amorphem und mikrokristallinem Silizium verschiedene Bereiche des Lichtspektrums ausnutzen – der eine Absorber hat seine maximale Empfindlichkeit bei kurzwelligem Blaulicht, der andere fischt lieber in langwelligem rötlichen Bereich nach Photonen. So soll die Effizienz über die „magische“ Grenze von zehn Prozent gesteigert werden. 2015 will Sharp bereits 1500 MW Modulleistung herstellen.</p>	7
9	<p>Verfechter der kristallinen Systeme halten dagegen, die Technik liefere dafür bei hohem Strahlungsangebot bessere Erträge als die Dünnschicht. Aber das ist nur die halbe Wahrheit: Unbestritten ist, dass Siliziummodule ihre maximale Empfindlichkeit bei rötlichem Licht bei hoher Direktstrahlung aufweisen. Das Problem: Wenn die Sonne kräftig scheint, herrschen oft auch hohe Temperaturen.</p>	<p>Die US-Firma Uni-Solar treibt den Wirkungsgrad des Dünnschichtsiliziums noch höher. Sie hat ein Modul entwickelt, das Licht mit zwölf Prozent Effizienz in Strom umwandelt. Schlüssel zu einer solch guten Photonenabgabe sind die insgesamt drei Absorberschichten, die dafür sorgen, dass das gesamte Lichtspektrum optimal ausgenutzt wird.</p>	8
		<b>Starke kristalline Konkurrenz</b>	
10	<p>Wärme mindert aber die Leistung der kristallinen Module – anders als bei ihren schlanken Schwestern. Der Temperaturkoeffizient drückt aus, um wie viel Prozent die Leistung eines Moduls mit jedem Grad Zelltemperatur über 25 Grad Celsius abnimmt. „Er ist bei allen Dünnschicht-Techniken geringer“, erklärt ZSW-Forscher Mohring. CdTe, die temperaturbeständigste Variante, liegt bei einem Wert von minus 0,25 Prozent – damit verliert der Halbleiter pro Grad Celsius nur halb so viel Leistung wie Silizium mit</p>	<p>Doch so einfach wird die Dünnschicht der kristallinen Technik die marktbeherrschende Stellung nicht streitig machen. <b>Erstens haben Siliziummodule ihre Langzeitstabilität bereits unter Beweis gestellt</b> – viele Anlagen laufen in Deutschland bereits seit mehr als 20 Jahren störungsfrei. Das ist ein wichtiges Argument, denn mit jedem Stillstand entgeht einem Anlagenbetreiber Einspeisevergütung und sinkt die Rentabilität einer Solaranlage. <b>Zweitens haben auch die Siliziummodule noch großes Entwicklungspotential.</b> Die Annahme, die</p>	9

Abs	Neue Energie (4 / 2011)	Elektropraktiker (5 / 2011)	Abs
	<p>einem Wert zwischen minus 0,45 und 0,50 Prozent. Der Irrglaube: Die Siliziumanlage powert, wenn die Sonne heiß vom Himmel strahlt. Wirklich stark ist sie nur an klaren und kühlen Frühjahrs- oder Herbsttagen.</p>	<p>Technik könne wegen des teuren Halbleiters nicht mehr wesentlich billiger werden, hat sich als Trugschluss erwiesen. Innerhalb der vergangenen zwei Jahre wurde der durchschnittliche Preis kristalliner Solarsysteme von rund vier auf zwei Euro pro Watt Leistung halbiert. Hauptgrund dafür ist neben der Auflösung des Siliziumengpasses das preisaggressive Auftreten der chinesischen Produzenten. Modulhersteller Trina Solar zum Beispiel fertigt das Watt nach eigenen Angaben bereits für weniger als einen Euro – kein europäischer Hersteller und schon gar kein Newcomer aus dem Dünnschichtsektor kann da mithalten.</p>	
11	<p>Wie sich die verschiedenen Faktoren konkret auf die Erträge der beiden Techniken auswirken, testet aktuell der TÜV Rheinland. Seit dem vorigen Jahr sind 30 verschiedene Modultypen auf seinem Testgelände in Köln installiert, erste Betriebsergebnisse werden für diesen Sommer erwartet.</p>	<p>Trina liefert keineswegs minderwertige Ware. „Chinesische Hersteller legen großen Wert auf aktuellste Technologien und produzieren auf moderneren Maschinen als mancher europäischer Hersteller“, sagt Dr. Wolfgang Seeliger, Leiter Konzernentwicklung des schwäbischen PV-Anlagenbauers Centrotherm. So will Trina dieses Jahr die Produktion hocheffizienter Zellen aus monokristallinem Silizium starten, aus denen sich Module mit 16 Prozent Effizienz fertigen lassen sollen. „Wir erwarten eine Leistungssteigerung von bis zu acht Prozent, verglichen mit konventionellen monokristallinen Modulen“, sagt Trina-Produktmanager Tim Heltner.</p>	10
12	<p>Die TÜV-Ingenieure glauben allerdings nicht an Dünnschicht-Vorteile gegenüber dem Silizium. „Der Low Irradiance-Effekt dürfte sich kaum bemerkbar machen, denn der Anteil der bei Schwachlicht generierten Leistung ist nur gering“, sagt der Testingenieur Jan Girndt. Für den Ertrag entscheidend sei vielmehr die Qualität eines Moduls. „Die saubere Produktion ist das A und O.“</p>	<p>Suntech Power und Yingli Solar, die beiden anderen großen chinesischen Hersteller, bieten bereits kristalline Hocheffizienzmodule an. Suntech verkauft sie seit Herbst 2010 unter dem Namen Pluto, Yingli vertreibt seine „Panda“-Module ebenfalls seit Ende vorigen Jahres. Wegen des guten Preis-Leistungs-Verhältnisses nehmen hierzulande immer mehr PV-Handler Module „made in China“ in ihr Portfolio auf. „Die Wirtschaftlichkeit einer Solaranlage ist für Kunden entscheidend. In diesem Punkt bieten Module von chinesischen Qualitätsanbietern derzeit klare Vorteile“, sagt der Elektromeister und Solarteur Özcan Pakdemir aus dem westfälischen Bergkamen.</p>	
13	<p><b>Girndt ist nur einer von vielen Dünnschichtskeptikern.</b> Tina Ternus vom Rüsselsheimer Solarberater und -planer Photovoltaikbüro hält das gute Schwachlicht- und Hitzeverhalten der Dünnschicht gar für ein „Märchen für Photovoltaik-Betreiber“: „Dahinter steckt viel Marketingprosa der Hersteller.“</p>	<p>Die deutschen Hersteller, viele Jahre markt- und technologieführend, wollen sich von den chinesischen Anbietern nicht abhängen lassen und stellen sich dem Wettbewerb auf der oberen Wirkungsgradskala. Dafür verpflichten sich die Solarfirmen in der vom Bundesverband Solarwirtschaft (BSW) im vergangenen Spätherbst vorgestellten Studie „Wegweiser Solarwirtschaft: PV-Roadmap 2020“, ihre</p>	11

Abs	Neue Energie (4 / 2011)	Elektropraktiker (5 / 2011)	Abs
		Ausgaben für Forschung und Entwicklung auf fünf Prozent ihrer Umsätze zu verdreifachen. Es gibt Chancen für eine erfolgreiche Aufholjagd. Mit dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg oder dem Institut für Solarenergieforschung in Hameln finden die Hersteller geballtes PV-Know-how quasi direkt vor ihren Werkstoren.	
14	<p><b>Fakt ist aber auch: Dünnschichtkacheln tauchen immer öfter in den vorderen Rängen der Ertragsportale auf.</b> Auf dem Testfeld der Fachzeitschrift <b>Photon</b> in Aachen, wo seit 2005 Module verschiedener Hersteller unter gleichen Bedingungen ihre Ertragsstärke beweisen müssen, zählen CdTe- und CIS-Lichtsammler zu den Top-Performern. Das CdTe-Paneel wurde schon 2007 aufgestellt, sein Ertrag war mit 1013 kWh pro kW im vorigen Jahr genauso hoch wie der von manch neuem kristallinem Modul. Der Spitzenreiter 2010, ein 2009 installiertes multikristallines Modul des spanischen Herstellers Siliken, erzeugte im vergangenen Jahr pro installiertem kW nur 31 kWh mehr Strom. Trotz guter Erträge werden sich die schlanken Absorber gegen die kristallinen Klassiker nur schwer behaupten können. Langzeiterfahrungen mit der Technik fehlen.</p>	Die Bundesregierung will den Innovationsmotor von Wissenschaft und Wirtschaft befeuern und bis 2013 insgesamt 100 Millionen Euro für Forschungsaktivitäten auszahlen. 50 Millionen Euro sollen aus dem Forschungsministerium kommen, die andere Hälfte steuert das Umweltministerium bei. Bedingung für die „Innovationsallianz Photovoltaik“ ist allerdings, dass die Industrie bis 2013 500 Millionen Euro selbst investiert. Dieses Angebot können die Firmen nicht ausschlagen. „Wir konzentrieren uns wieder starker auf wesentliche Dinge wie Innovationen“, verspricht Dr. Martin Heming,	12
15	<p><b>Siliziumanlagen haben ihre Verlässlichkeit bereits bewiesen</b> – einige von ihnen laufen hierzulande schon seit fast zwei Jahrzehnten störungsfrei. Schafft das auch die Dünnschicht? <b>Der Marktführer des Segments, First Solar, verkauft seine CdTe-Module erst seit sieben Jahren.</b> Bisher zeigen sie keine <b>unvorhergesehenen Alterungserscheinungen.</b> <b>Ob sie aber weitere zwei Jahrzehnte halten, weiß niemand.</b> Zudem gibt es Vorbehalte gegen das giftige Cadmium in den CdTe-Modulen. In Verbindung mit Tellur gilt es zwar als ungefährlich, doch lehnen es viele Betreiber ab, mit einem bedenklichen Absorber Grünstrom zu erzeugen.</p>	Chef des Mainzer Herstellers Schott Solar. Gemeinsam mit dem deutsch-niederländischen Zellenproduzenten Solland Solar entwickelt seine Firma derzeit ein Produktionsverfahren für Ruckkontaktmodule mit 16 Prozent Wirkungsgrad. Die Module bestehen aus Zellen, deren Stromsammelschienen auf die Rückseite verbannt wurden. Auf diese Weise wird ihre lichtzugewandte Front weniger verschattet, sodass mehr Licht eindringen kann. Die Serienfertigung der neuen Module soll dieses Jahr starten. Auch PV-Hersteller Q-Cells aus Bitterfeld will noch 2011 ein neues Siliziummodul mit mehr als 16 Prozent Wirkungsgrad auf den Markt bringen. „Schlüssel zu hoher Effizienz ist die neuartige Rückseitenstruktur der Zellen“, sagt Q-Cells-Cheftechnologie Dr. Peter Wawer. Spezielle Antireflex- und Passivierschichten erhöhten ihre Lichtausbeute und verringerten Ladungsträgerverluste an der Oberfläche des Siliziumkristalls.	
16	Während das CdTe wegen seiner Ökotoxizität kritisch gesehen wird, entwickeln sich beim a-Si und CIS Innovationen zu langsam. Das ZSW erzielt mit CIS-Zellen im Labor bereits 20,3 Prozent Effizienz, industriell gefertigte Module	Experten glauben, dass die Firmen weiter um jeden Prozentpunkt Effizienz ringen werden, da sie sonst im immer härter werdenden Wettbewerb nicht konkurrieren können. 25 Prozent Wirkungsgrad können, so glauben	13



Abs	Neue Energie (4 / 2011)	Elektropraktiker (5 / 2011)	Abs
	<p>aus diesem Halbleiter erreichen jedoch maximal zwölf Prozent. „Das Hochskalieren der Technik ist eine schwierige Aufgabe“, sagt ZSW-Vorstand Michael Powalla. Da der technische Fortschritt beim CIS stockt und bisher keine Massenfertigung etabliert wurde, bleiben auch die Produktionskosten hoch. Konsequenz: CIS ist bei geringerer Effizienz teurer als kristalline Module.</p>	<p>Wissenschaftler, bei kristallinen Siliziumzellen noch erreicht werden, derzeit liegen die „besten“ unter ihnen bei etwa 20 Prozent Effizienz. Spielraum für Optimierungen gibt es bei der Silizium-Wafer-Technik auch noch in der Produktion. So wollen die Firmen Silizium sparen, indem sie die Dicke der Wafer durch „sensiblere“ Prozesse weiter reduzieren. Zudem soll der Durchsatz, also die pro Zeiteinheit hergestellte Menge an Zellen und Modulen, erhöht und auf diese Weise Kosten weiter gesenkt werden.</p>	
17	<p>Erschwerend kommt für die Dünnschicht hinzu, dass der Preis der Siliziumpaneele dank Kostenreduktionen rasch fällt. Damit sinken auch die realen Produktionskosten je Kilowattstunde deutlich – was die Anlagen ökonomisch attraktiver macht. Dass der kristalline Klassiker noch mal einen solchen Entwicklungssprung vollbringt, hätte zu Zeiten des Siliziumengpasses vor vier Jahre niemand für möglich gehalten. <b>Alle drei Dünnschichttechniken sind aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften bestens für Standorte mit wechselhaftem Wetter geeignet und können hier höhere Erträge erzielen als ihre kristallinen Kontrahenten.</b> Werden sie aber nicht rasch billiger und effizienter, wird das Interesse an ihnen trotz ihres großen Sonnenhungers gering bleiben. Denn auf Preis und Effizienz schauen potenzielle Kunden als erstes.</p>	<p><b>Die Dünnschichthersteller werden technisch also massiv zulegen müssen, wenn sie mithalten wollen.</b> First Solar hat gezeigt, worauf es ankommt: Das Unternehmen hat seine Kosten so radikal gesenkt, dass kein anderes Unternehmen mithalten kann. „Viele Firmen werden an der Kosten-Aufgabe scheitern“, prophezeit EU-Forscher Jäger-Waldau. Dem Kunden soll es recht sein, denn so können nur die leistungsstärksten Module den Weg auf sein Dach finden.</p>	