

Abs	Elektropraktiker (5 / 2011)	Joule (16.6.2011)	Abs
	Photovoltaik-Module – Dick oder dünn? (Sascha Rentzing)	Wettstreit der Technologien (Sascha Rentzing)	
0	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 Dünnschichtmodule fordern die klassischen kristallinen Siliziummodule heraus. Beide arbeiten ertragreich und werden dank besserer Produktionen immer günstiger. Das Rennen um das erfolgversprechendste Konzept ist in vollem Gange.	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 Dünnschicht- fordern die klassischen kristallinen Siliziummodule heraus. Beide arbeiten ertragreich und werden dank besserer Produktionen immer günstiger. Das Rennen um das erfolgversprechendste Konzept ist in vollem Gange.	0
	Große Fortschritte		
1	Die Dünnschichtforschung macht große Fortschritte:	Noch vor wenigen Jahren war der Modulkauf leicht. Die Auswahl beschränkte sich auf wenige Formate und zwei Techniken: einfache multikristalline und die effizienteren monokristallinen Siliziumplatten. Der Installateur setzte sie um 30° gen Süden — fertig war das Solarkraftwerk auf dem heimischen Dach. Inzwischen ist es komplizierter, denn die Auswahl ist dank der aufkommenden Dünnschichttechnik größer geworden. Die Idee ist, Solarstrom anstelle des massiven Halbleiters Silizium mit einem hauchfeinen Absorber zu fangen, um Kosten zu senken. Forscher und Ingenieure treiben die Entwicklung mit hohem Einsatz voran.	1
	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 .	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. Das übertrifft nicht nur die Werte anderer Institute deutlich , sondern minimiert auch den Effizienzvorsprung der dominierenden multikristallinen Solarzellen auf nur noch 0,1 % .	
2	Zwischen Labor und Praxis	Zwischen Labor und Praxis	
	klafft 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 Siliziummodule durchschnittlich 14 Prozent des einfallenden Lichts in Strom umwandeln. Diesen Rückstand kann CIS bisher nicht durch geringere Fertigungskosten ausgleichen. Im Gegenteil:	klafft bei den kupferbasierten Zellen, vereinfacht mit CIS abgekürzt, jedoch eine große Lücke. Industriell hergestellte Module erreichen Effizienzen von maximal 12 % , während die klassischen Siliziummodule durchschnittlich 14 % des einfallenden Lichts in Strom umwandeln. Diesen Rückstand kann CIS bisher nicht durch geringere Fertigungskosten ausgleichen. Im Gegenteil:	2
	„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 .	„CIS sind in der Produktion mit rund 2 €/W fast noch doppelt so teuer wie Siliziummodule“, sagt Bernd Schüßler, Sprecher der Fachzeitschrift Photon .	
3	Die anderen Dünnschichttechniken stehen kaum	Die anderen Dünnschichttechniken stehen kaum	3

Abs	Elektropraktiker (5 / 2011)	Joule (16.6.2011)	Abs
	besser da. Module aus Dünnschichtsilizium etwa erreichen bei Herstellungskosten von rund 1,50 Euro pro Watt selten mehr als zehn Prozent Effizienz.	besser da. Module aus Dünnschichtsilizium etwa erreichen bei Herstellungskosten von rund 1,50 €/W nicht mal mehr als 10 % Effizienz.	
4	Dabei hatte die Dünnschicht die massiven Siliziumzellen längst als führende Photovoltaik (PV)-Technik ablösen sollen. 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.	Dabei hätte die Dünnschicht die massiven Siliziumzellen längst als führende Technik ablösen sollen. Diese nutzen schließlich bei 180 bis 250 Mikrometern Dicke nur 20 davon für die Lichtumwandlung, der Rest dient nur der Stabilität der Zelle.	4
	Warum also nicht für den gleichen Effekt auf das teure Silizium verzichten? 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. „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 Siliziumfabriken hat sich die Lage auf dem Halbleitermarkt wieder entspannt.	Warum also nicht für den gleichen Effekt auf das teure Silizium verzichten? 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. „Der geringe Wirkungsgrad ist oft das Knockout-Kriterium für die Technik“, erklärt Philipp Vanicek, Projektingenieur bei der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie.	
	Dünnschicht vor dem Durchbruch?	Doch CIS und Co.	
5	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.	stehen vor einem großen Entwicklungsschritt. Nach Angaben von Arnulf Jäger-Waldau von der Gemeinsamen Forschungsstelle der EU-Kommission wurden 2010 noch 2.000 MW Dünnschichtmodule produziert, 2012 sollen schon 22.000 MW von den Bändern laufen. „Die Vorhaben sind gewaltig“, sagt Jäger-Waldau.	5
	Massenherstellung und bessere Produktion lassen Kostenersparnisse und sinkende Preise erwarten. Dadurch, hoffen die Firmen, wird der Effizienznachteil mehr als ausgeglichen.	Massenherstellung und bessere Produktion lassen Kostenersparnisse und sinkende Preise erwarten. Dadurch, hoffen die Firmen, wird der Effizienznachteil mehr als ausgeglichen.	
6	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.	First Solar, Hersteller von Dünnschichtmodulen aus Cadmium-Tellurid (CaTe), gilt als Primus der jungen Branche. Die US-Firma hat ihre Produktionskosten auf rund 0,5 €/kW gedrückt.	6
	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.	Daher sind ihre Anlagen bis zu 10 % billiger als Standardsolarsysteme. Bei einem so günstigen Preis nehmen Investoren in Kauf dass CdTe-Paneele wegen ihres geringeren Wirkungsgrads bei gleicher Leistung mehr Fläche benötigen.	

Abs	Elektropraktiker (5 / 2011)	Joule (16.6.2011)	Abs
	<p>Was der Technik weiteren Auftrieb verleihen dürfte: In den Betreiberforen im Internet erhalten First Solar-Anlagen Bestnoten. 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.</p>	<p>Was der Technik weiteren Auftrieb verleihen dürfte: In den Betreiberforen im Internet erhalten First-Solar-Anlagen Bestnoten. 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“, erklärt ZSW-Forscher Hans-Dieter Mohring.</p>	7
	<p>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 Entwicklung investieren. „Die Kosten kriegen wir nur mit hohen Forschungsinvestitionen runter“, erklärt Technikchef Dave Eaglesham.</p>	<p>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 1.000 auf 2.500 MW steigern.</p>	
7	<p>Die Amerikaner</p>	<p>Die Amerikaner</p>	
	<p>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.</p>	<p>haben bei Preisen und Erträgen ihrer Anlagen Maßstäbe gesetzt - andere Dünnschichtfirmen wollen nachziehen. Die japanische Firma Solar Frontier zum Beispiel hat Anfang dieses Jahres in ihrer neuen Fabrik in Miyazaki, Japan, mit 1.000 MW Kapazität die Produktion von CIS-Modulen aufgenommen.</p>	8
	<p>Die Technik soll Wirkungsgrade von bis zu 13 Prozent erreichen und dank moderner Produktion kosteneffizienter gefertigt werden als bisher gängige Module aus diesem Material.</p>	<p>Die sollen Wirkungsgrade bis 13 % erreichen und kosteneffizienter gefertigt werden als vergleichbare Module aus diesem Material.</p>	
	<p>Das könnte der lang erwartete Durchbruch des CIS sein. Sharp pusht wiederum das Dünnschichtsilizium.</p>	<p>Das könnte der lang erwartete Durchbruch des CIS sein. Sharp pusht wiederum das Dünnschichtsilizium.</p>	
	<p>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>	<p>Sie haben eine so genannte 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 im langwelligeren rötlichen Bereich nach Photonen. So soll die Effizienz über 10 % gesteigert werden. 2015 will Sharp bereits 1.500 MW Modulleistung herstellen.</p>	
8	<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 Photonen ausbeute sind die insgesamt drei Absorberschichten, die dafür sorgen, dass das gesamte Lichtspektrum optimal ausgenutzt</p>		

Abs	Elektropraktiker (5 / 2011)	Joule (16.6.2011)	Abs
	wird.		
	Starke kristalline Konkurrenz		
9	Doch so einfach wird die Dünnschicht der kristallinen Technik die marktbeherrschende Stellung nicht streitig machen. Erstens haben Siliziummodule ihre Langzeitstabilität bereits unter Beweis gestellt – 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.	Doch so einfach wird die Dünnschicht der kristallinen Technik die marktbeherrschende Stellung nicht streitig machen. Erstens haben Siliziummodule ihre Langzeitstabilität bereits unter Beweis gestellt - viele Anlagen laufen seit mehr als 20 Jahren störungsfrei.	9
	Zweitens haben auch die Siliziummodule noch großes Entwicklungspotential. Die Annahme, die 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.	Zweitens haben auch die Siliziummodule noch großes Entwicklungspotenzial. Die Annahme, die Technik könne wegen des teuren Halbleiters nicht wesentlich billiger werden, hat sich als Trugschluss erwiesen. Innerhalb der vergangenen zwei Jahre wurde der durchschnittliche Preis kristalliner Solarsysteme von rund 4 auf 2 €/W Leistung halbiert. Hauptgrund dafür ist 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.	Modulhersteller Trina Solar zum Beispiel fertigt das Watt nach eigenen Angaben bereits für weniger als 1 € - kein europäischer Hersteller und schon gar kein Newcomer aus dem Dünnschichtsektor kann da mithalten.	
10	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.	Aber Trina liefert keineswegs minderwertige Ware. „Chinesische Hersteller legen großen Wert auf aktuellste Technologien und produzieren auf moderneren Maschinen als mancher europäische Hersteller“, sagt 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. 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.	So will Trina dieses Jahr die Produktion hocheffizienter Zellen aus monokristallinem Silizium starten, aus denen Module mit 16 % Effizienz werden sollen. „Wir erwarten eine Leistungssteigerung bis 8 Prozent, verglichen mit konventionellen monokristallinen Modulen“, sagt Trina-Produktmanager Tim Heltner. Suntech Power und Yingli Solar, die beiden anderen großen chinesischen Hersteller, bieten bereits kristalline Hocheffizienzmodule an.	10
	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	Wegen des guten Preis-Leistungs-Verhältnisses nehmen hierzulande immer mehr PV-Händler Module „made in China“ in ihr Portfolio auf. „Die Wirtschaftlichkeit einer Solaranlage ist für Kunden entscheidend. In diesem Punkt bieten Module	11

Abs	Elektropraktiker (5 / 2011)	Joule (16.6.2011)	Abs
	von chinesischen Qualitätsanbietern derzeit klare Vorteile“, sagt der Elektromeister und Solarteur Özcan Pakdemir aus dem westfälischen Bergkamen.	von chinesischen Qualitätsanbietern derzeit klare Vorteile“, sagt der Elektromeister und Solarteur Özcan Pakdemir aus dem westfälischen Bergkamen.	
11	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.	Die deutschen Hersteller 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 Ausgaben für Forschung und Entwicklung auf fünf Prozent ihrer Umsätze zu verdreifachen. Es gibt Chancen für eine erfolgreiche Aufholjagd.	Dafür verpflichten sich die Solarfirmen in der Studie „Wegweiser Solarwirtschaft: PV-Roadmap 2020“, ihre Ausgaben für Forschung und Entwicklung auf 5 Prozent ihrer Umsätze zu verdreifachen.	
	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.	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.	
12	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.	Die Bundesregierung will den Innovationsmotor von Wissenschaft und Wirtschaft befeuern und bis 2013 insgesamt 100 Mio. € auszahlen. Eine Hälfte soll aus dem Forschungsministerium kommen, die andere steuert das Umweltministerium bei.	12
	Bedingung für die „Innovationsallianz Photovoltaik“ ist allerdings, dass die Industrie bis 2013 500 Millionen Euro selbst investiert. Dieses Angebot können die Firmen nicht ausschlagen.	Bedingung für die „Innovationsallianz Photovoltaik“ ist, dass die Industrie 500 Mio. € selbst investiert.	
	„Wir konzentrieren uns wieder stärker auf wesentliche Dinge wie Innovationen“, verspricht Dr. Martin Heming, Chef des Mainzer Herstellers Schott Solar. Gemeinsam mit dem deutsch-niederländischen Zellenproduzenten Solland Solar entwickelt seine Firma derzeit ein Produktionsverfahren für Rückkontaktmodule 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.	„Wir konzentrieren uns wieder stärker auf wesentliche Dinge wie Innovationen“, verspricht also Martin Heming, Chef des Mainzer Herstellers Schott Solar. Gemeinsam mit dem deutsch-niederländischen Zellenproduzenten Solland Solar entwickelt seine Firma derzeit ein Produktionsverfahren für Rückkontaktmodule mit 16 % Wirkungsgrad. Sie bestehen aus Zellen, deren Stromsammelschienen auf die Rückseite verbannt wurden. So wird ihre lichtzugewandte Front weniger verschattet.	13
	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.	Die Serienfertigung soll 2011 starten. Auch Q-Cells aus Bitterfeld will 2011 ein Siliziummodul mit mehr als 16 % 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	„Der Schlüssel zu hoher Effizienz ist die neuartige Rückseitenstruktur der Zellen“, sagt Cheftechnologie Peter Wawer. Antireflex- und Passivierschichten erhöhten ihre Lichtausbeute und verringerten Ladungsträgerverluste an der	

Abs	Elektropraktiker (5 / 2011)	Joule (16.6.2011)	Abs
	Ladungsträgerverluste an der Oberfläche des Siliziumkristalls.	Oberfläche.	
13	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 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.	Experten glauben, dass die Firmen weiter um jeden Prozentpunkt Effizienz ringen werden, da sie sonst im immer härter werdenden Wettbewerb nicht konkurrieren können. 25 % halten Wissenschaftler bei kristallinen Siliziumzellen noch für möglich, derzeit liegen die „besten“ bei etwa 20 % Effizienz. Demnach gibt es bei der Silizium-Wafer-Technik noch viel Spielraum für Optimierungen.	14
	Die Dünnschichthersteller werden technisch also massiv zulegen müssen, wenn sie mithalten wollen. First Solar hat gezeigt, worauf es ankommt: Das Unternehmen hat seine Kosten so radikal gesenkt, dass kein anderes Unternehmen mithalten kann.	Die Dünnschichthersteller werden technisch also zulegen müssen. First Solar hat gezeigt, das man seine Kosten radikal senken kann.	15
	„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.	„Viele Firmen werden daran scheitern“, sagt EU-Forscher Jäger-Waldau. Dem Kunden soll es recht sein, so erhält er die leistungsstärksten Module.	