

Abs	Neue Energie (5 / 2014)	ee-news (10.6.2014)	Abs
	Solar Schwierige Aufholjagd (Sascha Rentzing)	Photovoltaik: <u>Neue Hoffnung für die Dünnschicht</u> (Sascha Rentzing)	
0	Dünnschichthersteller sind nach wie vor davon überzeugt, der dominierenden Siliziumtechnik Marktanteile streitig machen zu können. Ob sie den Effizienz- und Kostenrückstand zur kristallinen Konkurrenz aufholen können, ist jedoch fraglich.	(SR) Die Dünnschichthersteller starten einen neuen Anlauf, um den Produzenten kristalliner Siliziummodule mit konkurrenzlos günstigen Produkten Marktanteile streitig zu machen. Ein realistischer Plan? Ihr Anteil an den globalen Installationen schrumpfte zwischen 2009 und 2013 von 18 auf zehn Prozent, während der Marktanteil der multikristallinen Module auf mehr als 60 Prozent kletterte.	0
1	Die deutsche Photovoltaikindustrie sendet ein kleines Lebenszeichen: Die Dünnschichtfirma und ehemalige Q-Cells-Tochter Calyxo hat im ostdeutschen Bitterfeld-Wolfen eine neue 60-Megawatt-Linie für Module aus Cadmium-Tellurid (CdTe) in Betrieb genommen.	Die deutsche Photovoltaikindustrie sendet ein Lebenszeichen: Die Dünnschichtfirma Calyxo hat im ostdeutschen Bitterfeld-Wolfen eine neue 60-Megawatt-Linie für Module aus Cadmium-Tellurid (CdTe) in Betrieb genommen.	1
	54 Millionen Euro hat das Unternehmen investiert, um die Produktionskapazität am Standort auf insgesamt 85 Megawatt (MW) auszubauen.	54 Millionen Euro hat das Unternehmen investiert, um die Produktionskapazität am Standort auf insgesamt 85 Megawatt auszubauen.	
2	Im Vergleich zu den asiatischen Gigawattfabriken erscheint das Calyxo-Werk zwar unbedeutend.		
	Dennoch könnte die Investition eine Zäsur markieren . Die deutschen Zellen- und Modulhersteller sorgten in den vergangenen Monaten fast nur für negative Schlagzeilen. Viele mussten im Preiskampf mit China aufgeben: Seit Anfang 2012 fielen in der Photovoltaikproduktion in Deutschland mehr als die Hälfte von 10 200 Stellen weg.	Die Investition markiert eine Zäsur . Die deutschen Zellen- und Modulhersteller sorgten zuletzt für negative Schlagzeilen, denn viele mussten im Preiskampf mit China aufgeben.	
		Neues Selbstbewusstsein	
3	Calyxo steht aber auch für ein neues Selbstbewusstsein der Dünnschichthersteller. „Wir werden mittelfristig die Produktionskosten auf weniger als 0,50 US-Dollar pro Watt senken. Damit produzieren wir dann wohl weltweit zu den niedrigsten Kosten“, sagt Unternehmenschef Florian Holzapfel. Solche starken Ansagen hörte man in letzter Zeit selten.	Calyxo steht aber auch für ein neues Selbstbewusstsein der Dünnschichthersteller. „Wir werden mittelfristig die Produktionskosten auf weniger als 0.50 US-Dollar pro Watt senken. Damit produzieren wir dann wohl weltweit zu den niedrigsten Kosten“, sagt Unternehmenschef Florian Holzapfel. Solche starken Ansagen hörte man aus dem Lager der Dünnschichtproduzenten in letzter Zeit selten.	2
	Mit dem Preisverfall bei den Siliziummodulen ist das Ziel, die vergleichsweise massige kristalline Konkurrenz mir dünn und günstig beschichteten Modulen aus dem Markt zu drängen, außer Sichtweite geraten (siehe Kasten).	Denn mit dem Preisverfall bei den Siliziummodulen ist ihr Ziel, die vergleichsweise massige kristalline Konkurrenz mit dünn und günstig beschichteten Modulen aus dem Markt zu drängen, ausser Sichtweite geraten.	
4	Ausgelöst durch enorme Überkapazitäten am Weltmarkt und stark fallende Siliziumpreise sanken die Herstellungskosten kristalliner Silizium module aus China laut der US-Marktforschungsfirma GTM Research von 2009 bis 2013 um fast zwei Drittel auf 0,50 Dollar pro	Ausgelöst durch enorme Überkapazitäten am Weltmarkt und stark fallende Siliziumpreise sanken die Herstellungskosten kristalliner China module laut der US-Marktforschungsfirma GTM Research von 2009 bis 2013 um fast zwei Drittel auf 0.50 Dollar pro Watt.	3

Abs	Neue Energie (5 / 2014)	ee-news (10.6.2014)	Abs
	Watt.		
	Selbst der US-amerikanische Dünnschichtprimus First Solar, über Jahre hinweg günstigster Phorovoltaikproduzent, konnte diese starken Kostensenkungen nicht mitgehen. Er fertigte seine CdTe-Module im vorigen Jahr nach eigenen Angaben noch für 0,63 Dollar pro Watt.	Diese starken Kostensenkungen konnten die Dünnschichthersteller nicht mitgehen.	
		Marktanteil schrumpft	
5	Auch bei den Wirkungsgraden reicht die Dünnschicht trotz stetiger Verbesserungen bisher nicht an die Siliziummodule heran.	Auch bei den Wirkungsgraden reicht die Dünnschicht nicht an die Siliziummodule heran.	4
	Während selbst die einfachen multikristallinen Module derzeit im Durchschnitt 15,4 Prozent des Sonnenlichts in Strom umwandeln, erreichen industriell gefertigte Dünnschichtpaneele lediglich 13 bis 14 Prozent Effizienz.	Während selbst die einfachen multikristallinen Module derzeit im Durchschnitt 15.4 Prozent des Sonnenlichts in Strom umwandeln, erreichen industriell gefertigte Dünnschichtpaneele nur 13 bis 14 Prozent Effizienz.	
	Bei den Investoren blieb die Dünnschicht deshalb oft nur zweite Wahl: Ihr Anteil an den globalen Installationen schrumpfte zwischen 2009 und 2013 von 18 auf zehn Prozent, während der Marktanteil der multikristallinen Module auf mehr als 60 Prozent kletterte.	Bei den Investoren blieb die Dünnschicht deshalb oft nur zweite Wahl: Ihr Anteil an den globalen Installationen schrumpfte zwischen 2009 und 2013 von 18 auf zehn Prozent, während der Marktanteil der multikristallinen Module auf mehr als 60 Prozent kletterte.	
		0,35 Dollar pro Watt	
6	Mittlerweile rechnen sich die Dünnschichthersteller aber wieder bessere Chancen aus. Die Photovoltaik-Nachfrage zieht an, Überkapazitäten verschwinden, einige chinesische Hersteller haben ihre Preise zuletzt sogar wieder erhöht. GTM Research berichtet, seit Ende 2013 sei in die USA ausgelieferte Chinaware um bis zu 20 Prozent teurer geworden.	Mittlerweile rechnen sich die Dünnschichthersteller aber wieder bessere Chancen aus. Die Photovoltaik-Nachfrage zieht an, Überkapazitäten verschwinden, einige chinesische Hersteller haben ihre Preise zuletzt sogar wieder erhöht.	5
	„Preisreduktionen bei den Siliziummodulen haben aufgehört, weil ihre Herstellung sonst unprofitabel werden würde“, erklärt Holzapfel. Bei den CdTe-Modulen gebe es hingegen noch viel Luft für Innovationen. „Wir wollen den Wirkungsgrad bis 2017 von derzeit 12,2 auf 16 bis 17 Prozent steigern und halten Produktionskosten von 0,35 Dollar für realistisch“, kündigt der Calyxo-Chef an.	„Preisreduktionen bei den Siliziummodulen haben aufgehört, weil ihre Herstellung sonst unprofitabel werden würde“, erklärt Holzapfel. Bei den CdTe-Modulen gebe es hingegen noch viel Luft für Innovationen. „Wir wollen den Wirkungsgrad bis 2017 von derzeit 12.2 auf 16 bis 17 Prozent steigern und halten Produktionskosten von 0.35 Dollar pro Watt für realistisch“, kündigt der Calyxo-Chef an.	
	Vorbild First Solar	Ausbau Produktionskapazität	
7	Der Optimismus der Ostdeutschen gründet sich vor allem auf die ehrgeizigen Ankündigungen des CdTe-Vorreiters First Solar. Die Amerikaner stellten im März neue Ausbau- und Innovationspläne vor, die ihren Aktienkurs unmittelbar in die Höhe schnellen ließen. Bis 2018 will First Solar seine Produktionskapazität von aktuell 1,9 auf 3,5 Gigawatt fast verdoppeln. Skaleneffekte durch die größeren Produktionsmengen sowie die Erhöhung des Wirkungsgrads von 13,2 auf 17,2 Prozent bis 2017 sollen die Produktionskosten der CdTe-	Der Optimismus der Ostdeutschen gründet sich vor allem auf die ehrgeizigen Ankündigungen des CdTe-Vorreiters First Solar. Die Amerikaner stellten im März neue Ausbau- und Innovationspläne vor, die ihren Aktienkurs unmittelbar in die Höhe schnellen liessen. Bis 2018 will First Solar seine Produktionskapazität von aktuell 1.9 auf 3.5 Gigawatt fast verdoppeln. Skaleneffekte durch die grösseren Produktionsmengen sowie die Erhöhung des Wirkungsgrads von 13.2 auf 17.2 Prozent bis 2017 sollen die Produktionskosten der CdTe-	6

Abs	Neue Energie (5 / 2014)	ee-news (10.6.2014)	Abs
	Module „erheblich senken“, heißt es bei First Solar.	Module „erheblich senken“, heisst es bei First Solar.	
8	Seinen größten Absatzmarkt sieht das Unternehmen quasi vor der eigenen Haustür. Festgeschriebene Zielvorgaben der US-Bundesstaaten für erneuerbare Energien, die so genannten Renewable Portfolio Standards, zwingen die amerikanischen Energieversorger, ihren Grünstromanteil teils deutlich zu steigern. Dafür bieten sich im sonnenreichen Südwesten der USA vor allem große Solarkraftwerke an. Sie können die Kilowattstunde bereits für weniger als acht Cent produzieren — günstiger als konventionelle Kohle- und Gaskraftwerke.		
9	Auch die Hersteller von Dünnschichtmodulen auf Basis von Kupfer, Indium, Gallium und Selen (Cigs) erwarten deutlich steigende Absatzzahlen. Solar Frontier, Tochter des japanischen Showa Shell-Konzerns, erklärt, sie habe ihre Cigs-Fabrik im südjapanischen Kunitomi mit 900 MW Produktionsleistung dank der starken Nachfrage im Land das ganze vorige Jahr über voll auslasten können. Nun plant Solar Frontier eine weitere 150-MW-Fabrik in Nordjapan. In Taiwan wiederum will die Taiwan Semiconductor Company (TSMC) ein Gigawatt Cigs-Produktionskapazität aufbauen. Die koreanische Samsung kündigte für 2014 ein neues 200-MW-Werk an, das 2015 ebenfalls auf ein Gigawatt erweitert werden soll. Der chinesische Energiekonzern Hanergy will sogar 5,25 Gigawatt neue Cigs-Kapazitäten errichten.	Auch die Hersteller von Dünnschichtmodulen auf Basis von Kupfer, Indium, Gallium und Selen (CIGS) wollen ihre Kapazitäten ausbauen. Gleich vier asiatische Konzerne, Solar Frontier, die Taiwan Semiconductor Company, Samsung und Hanergy investieren in neue CIGS-Fabriken.	7
10	Bernhard Dimmler, Dünnschichtexperte beim schwäbischen Maschinenbauer Manz sieht für die Expansionspläne der Unternehmen gute Gründe: „Cigs hat großes Potenzial.“	Bernhard Dimmler, Dünnschichtexperte beim schwäbischen Maschinenbauer Manz, sieht für die Expansionspläne der Unternehmen gute Gründe: „Cigs hat grosses Potenzial.“	
		CIGSfab	
	Dimmler verweist auf die „CIGS fab“, eine schlüsselfertige Turnkey-Produktionslinie, die Manz seit 2010 anbietet. Die 150-MW-Standardfabrik ermögliche inzwischen Module mit einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von 14 Prozent und Produktionskosten von 0,41 Euro, also aktuell 0,57 Dollar pro Watt. Bis 2017 will Manz die CIGS fab so optimieren, dass sie Module mit bis zu 17 Prozent Effizienz hervorbringt und die Fertigungskosten um weitere fünf Prozent sinken.	Dimmler verweist auf die „CIGSfab“, eine schlüsselfertige Turnkey-Produktionslinie, die Manz seit 2010 anbietet. Die 150-Megawatt-Standardfabrik ermögliche inzwischen Module mit einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von 14 Prozent und Produktionskosten von 0.41 Euro, also aktuell 0.57 Dollar pro Watt. Bis 2017 will Manz die CIGSfab so optimieren, dass sie Module mit bis zu 17 Prozent Effizienz hervorbringt und die Fertigungskosten um mindestens weitere zehn Prozent sinken.	8
	„Damit wären wir mehr als auf Augenhöhe mit den kristallinen Herstellern“, sagt Dimmler.	„Damit wären wir mehr als auf Augenhöhe mit den kristallinen Herstellern“, sagt Dimmler.	
		Mit Vorsicht genießen	
11	Marktbeobachter glauben jedoch, dass die Aufholjagd der Dünnschicht schwieriger werden könnte, als ihre Protagonisten annehmen. „Man	Marktbeobachter glauben jedoch, dass die Aufholjagd der Dünnschicht schwierig werden könnte als ihre Protagonisten annehmen. „Man	9

Abs	Neue Energie (5 / 2014)	ee-news (10.6.2014)	Abs
	<p>muss ihre optimistische Einschätzung mit Vorsicht genießen. Das Rennen mit der Konkurrenz aus kristallinem Silizium ist noch lange nicht gelaufen", sagt der Analyst Johannes Bernreuter von Bernreuter Research. Solarexperte Stefan de Haan von der Marktforschungsfirma IHS teilt diese Einschätzung: „Mittelfristig hat Cigs schon das Potenzial, zur kristallinen Technologie aufzuschließen, aber ob es letztlich gelingen wird, ist nicht klar."</p>	<p>muss ihre optimistische Einschätzung mit Vorsicht genießen. Das Rennen mit der Konkurrenz aus kristallinem Silizium ist noch lange nicht gelaufen“, sagt der Analyst Johannes Bernreuter von Bernreuter Research. Solarexperte Stefan de Haan von der Marktforschungsfirma IHS teilt diese Einschätzung: „Mittelfristig hat CIGS schon das Potenzial, zur kristallinen Technologie aufzuschliessen, aber ob es letztlich gelingen wird, ist nicht klar.“</p>	
	Nachteile der Dünnschicht	Fehlende kritische Masse	
12	<p>Das größte Problem sieht de Haan in der fehlenden „kritischen Masse“ der Dünnschichthersteller. Derzeit gebe es weltweit über 60 Gigawatt Produktionskapazität für kristalline Siliziummodule. Die großen Hersteller könnten auf schlüsselfertiges Fertigungsequipment zurückgreifen und einen Teil ihrer Kosten für Forschung und Entwicklung auf die Anlagenbauer abwälzen, so de Haan. Die Dünnschichthersteller seien dazu nur bedingt in der Lage. Sie müssten ihre jeweilige Technologie komplett hausintern weiterentwickeln, dabei in einem stark wachsenden Markt ihre Anteile behaupten und gleichzeitig einen Kostenrückstand in einen Vorsprung verwandeln. „Dünnschicht muss besser sein als kristallin, sonst wird sich der Mainstream durchsetzen“, so de Haan.</p>	<p>Das grösste Problem sieht de Haan in der fehlenden „kritischen Masse“ der Dünnschichthersteller. Derzeit gebe es weltweit über 60 Gigawatt Produktionskapazität für kristalline Siliziummodule. Die grossen Hersteller könnten auf schlüsselfertiges Fertigungsequipment zurückgreifen und einen Teil ihrer Kosten für Forschung und Entwicklung auf die Anlagenbauer abwälzen, so de Haan. Die Dünnschichthersteller seien dazu nur bedingt in der Lage. Sie müssten ihre jeweilige Technologie komplett hausintern weiterentwickeln, dabei in einem stark wachsenden Markt ihre Anteile behaupten und gleichzeitig einen Kostenrückstand in einen -Vorsprung verwandeln. „Dünnschicht muss besser sein als kristallin, sonst wird sich der Mainstream durchsetzen“, so de Haan.</p>	10
13	<p>Dass auch die kristallinen Hersteller auf schnelle technische Fortschritte erpicht sind, macht die Sache für die Dünnschicht nicht leichter. So meldeten Kyocera aus Japan und Ja Solar aus China im Februar, multikristalline Rekordzellen mit 18,6 und 19 Prozent Wirkungsgrad produziert zu haben. Auf Modulebene ermöglichen die neuen Zellen jeweils mehr als 16 Prozent Effizienz. Im Sommer wollen beide Konzerne mit ihrer kommerziellen Fertigung beginnen.</p>	<p>Dass auch die kristallinen Hersteller auf schnelle technische Fortschritte erpicht sind, macht die Sache für die Dünnschicht nicht leichter. So meldeten Kyocera aus Japan und Ja Solar aus China im Februar, multikristalline Rekordzellen mit 18.6 und 19 Prozent Wirkungsgrad produziert zu haben. Auf Modulebene ermöglichen die neuen Zellen jeweils mehr als 16 Prozent Effizienz. Im Sommer wollen beide Konzerne mit ihrer kommerziellen Fertigung beginnen.</p>	11
	<p>In der im März vorgestellten Neuauflage der International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPV) skizzieren die Produzenten kristalliner Zellen und Module Ansätze für weitere Wirkungsgradsteigerungen. Demnach könnten etwa höhere Kristallqualitäten, optimierte Elektrodenprozesse sowie bessere ladungsträgerleitende Emitter- und Barrierschichten dafür sorgen, dass einfallendes Licht noch effizienter ausgenutzt wird.</p>		
14	<p>Gleichzeitig rechnen die kristallinen Hersteller mit weiter sinkenden Produktionskosten. Sie</p>		

Abs	Neue Energie (5 / 2014)	ee-news (10.6.2014)	Abs
	<p>ergeben sich einerseits aus Materialersparnissen, die aus den steigenden Effizienzen resultieren. Andererseits wird die Produktion günstiger, weil dank neuer Verfahren beispielsweise Schnittverluste bei der Herstellung der Siliziumscheiben (Wafer) reduziert werden oder sensiblere Prozesse die Verarbeitung immer dünnerer Wafer und Kontaktfinger erlauben.</p>		
		Rohstoff Indium und Tellur	
15	<p>Klaus Lips, Dünnschichtforscher am Helmholtz-Zentrum Berlin, sieht die unbegrenzte Verfügbarkeit des Rohstoffs Silizium als weiteren Vorteil der kristallinen Hersteller an.</p>	<p>Klaus Lips, Dünnschichtforscher am Helmholtz-Zentrum Berlin, sieht vor allem die unbegrenzte Verfügbarkeit des Rohstoffs Silizium Vorteil der kristallinen Hersteller an.</p>	12
	<p>Im Gegensatz dazu seien Indium und Tellur, wesentliche Bestandteile der Dünnschichtmodule, knapp. „Wenn die Dünnschicht einen hohen Marktanteil anstrebt, müssen diese Elemente durch besser verfügbare ersetzt werden“, sagt Lips. In Frage kämen etwa Kesterit, eine halbleitende Verbindung aus Kupfer, Zink, Zinn und Schwefel, oder Perowskit. Darunter verstehen die Forscher alle Materialien, die dieselbe Kristallstruktur aufweisen wie das Mineral Kalziumtitanat (neue energie 02/2014).</p>	<p>Im Gegensatz dazu seien Indium und Tellur, wesentliche Bestandteile der Dünnschichtmodule, knapp. „Wenn die Dünnschicht einen hohen Marktanteil anstrebt, müssen diese Elemente durch besser verfügbare ersetzt werden“, sagt Lips.</p>	
	<p>Bis zur Marktreife von Zellen aus diesen Materialien sei aber noch viel Forschung nötig, sagt Lips. „Wir stehen hier erst am Anfang.“ An den Kräfteverhältnissen im Photovoltaikmarkt dürfte sich vorerst wenig ändern.</p>	<p>Bis zur Marktreife von Zellen aus alternativen Materialien sei aber noch viel Forschung nötig, sagt Lips. „Wir stehen hier erst am Anfang.“ An den Kräfteverhältnissen im Photovoltaikmarkt dürfte sich vorerst wenig ändern.</p>	
	Der Reiz der Dünnschicht		
	<p>Seit den 70er Jahren entwickeln Forscher Dünnschichtsolarmodule, die mit nur wenigen Atomlagen Absorbermaterial wirkungsvoll saubere Elektrizität erzeugen können. Zwei Halbleiter haben sich bisher als marktfähig herausgestellt: Cadmium-Tellurid und Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid. Beide werden hauchdünn auf Glas oder Folie aufgetragen. Neben der thermischen Verdampfung ist die Sputterdeposition die verbreitetste Beschichtungsmethode. Hierbei wird das Ausgangsmaterial durch eine elektrische Heizung so lange erhitzt, bis ein Materialdampf entsteht, der auf dem Substrat zu einer Schicht kondensiert. Die Verdampfung läuft wie das Sputtern in geschützter Atmosphäre im Vakuum ab, um den Halbleiter nicht mit schädlichen Fremdkörpern zu verunreinigen. Ergebnis dieser Prozesse sind photoaktive Schichten, die dünner sind als ein menschliches Haar. Die Hersteller erhoffen sich davon niedrigste Produktionskosten.</p>		