

Ausbau mit Fragezeichen

Die Siliziumproduktion soll sich bis 2010 auf über 200.000 Jahrestonnen vervierfachen. Branchenneulinge wollen davon über die Hälfte bereitstellen. Setzen sie ihre Pläne um, kann die Photovoltaikindustrie künftig aus dem Vollen schöpfen. Sicher ist das keineswegs.

Text: Sascha Rentzing

Die Flughäfen dieser Welt sind zu Thomas Zarellas zweiter Heimat geworden: Der Vorstandsvorsitzende der US-amerikanischen GT Solar reist nahezu im Wochentakt nach Asien und Europa, um auf den vielen Baustellen seiner Firma nach dem Rechten zu sehen oder mit neuen Kunden zu sprechen. GT Solar bietet neben Maschinen für die Herstellung von Solarzellen Anlagen für die Siliziumproduktion an und ist derzeit gefragter denn je. „Wir haben mehr Anfragen als wir bewältigen können“, sagt Zarella. In diesem Jahr brachte das Unternehmen aus dem US-Bundesstaat New Hampshire bereits drei Projekte mit einem Gesamtwert von 340 Millionen US-Dollar unter Dach und Fach. Im April unterzeichnete es mit der niederländischen The Silicon Mine einen Vertrag über die Lieferung von Reaktoren und Konversionsaggregaten zur Herstellung der für die Siliziumproduktion

notwendigen Chemikalie Trichlorsilan. Die neue Fabrik wird im niederländischen Sittard gebaut und soll Ende 2009 in Betrieb gehen.

Einen Monat zuvor erklärte GT Solar, es werde dem koreanischen Chemiekonzern DC Chemical Reaktoren für 200 Millionen Dollar liefern. Die Asiaten wollen ihre Produktionskapazitäten bis zum nächsten Jahr auf 10.000 Jahrestonnen verdoppeln. Bereits im Januar einigten sich die Amerikaner mit dem russischen Chemieunternehmen Nitol auf die Lieferung von Produktionsausrüstung für ein Werk mit 3.700 Jahrestonnen Kapazität, das in der Nähe von Irkutsk in Sibirien gebaut werden soll.

Goldene Zeiten für Fabrikbauer

GT Solar profitiert vom derzeitigen Bauboom in der Siliziumindustrie. Bestimmen bisher einige wenige Chemiekonzerne

den Siliziummarkt (neue energie 11/2005), wollen künftig weit über 100 Firmen den Zellengrundstoff herstellen. Über 200.000 Jahrestonnen Produktionskapazität sind für 2010 angekündigt, das entspricht dem Vierfachen der Weltproduktion im vergangenen Jahr. Über die Hälfte der Gesamtproduktion soll aus den Werken von Branchenneulingen stammen (siehe Tabelle).

Wird sich der seit nunmehr drei Jahren andauernde Siliziumengpass bald auflösen? Die Beantwortung dieser Frage hängt im Wesentlichen von zwei Entwicklungen ab, die momentan keiner abschätzen kann. Erstens: Wie groß wird der Rohstoffbedarf der Solarindustrie in zwei Jahren sein? Die Prognosen reichen von 80.000 Jahrestonnen für rund zehn Gigawatt (GW) Zellen bis 200.000 Jahrestonnen für über 20 GW Zellen. Zweitens: Können die Neueinsteiger ihre ehrgeizigen Produktionspläne wirklich ►



Rohzelle: Eine Mitarbeiterin von PV Crystalox sortiert die fertigen Wafer ein.



Sägestraße: Gleich mehrere Maschinen sägen in Erfurt aus den Siliziumblöcken dünne Scheiben.

umsetzen? Experten sind skeptisch, dass alle Ankündigungen realisiert werden: „Eine Siliziumproduktion ist sehr teuer und erfordert viel Know-how. Daran mangelt es oft“, gibt Hubert Aulich, Vorstand des Herstellers von Siliziumblöcken und Wafern PV Crystalox Solar, zu bedenken.

Einen ersten großen Rückzug gibt es bereits: Der chinesische Zellenhersteller Trina Solar stoppte jüngst die Entwicklung einer Siliziumproduktionsstätte mit veranschlagten Kosten von rund einer Milliarde Dollar. Das Unternehmen wollte 2010 bereits 10.000 Jahrestonnen Sonnenstoff herstellen. „Wir haben diese strategische Entscheidung nach sorgfältiger Bewertung des Bedarfs an Rohmaterial in Verbindung mit der aktuellen und langfristigen Entwicklung des Marktes für Polysilizium getroffen“, liefert Trina Solar-Chef Jifan Gao eine eher wolkige Begründung.

Von Finanzierung und Marktbedarf einmal abgesehen, ist fraglich, ob die Fabrikbauer und Ausrüster überhaupt in der Lage sind, in kurzer Zeit so viele Projekte zu stemmen. Die Siliziumherstellung gilt nach wie vor als schwierige Disziplin, weshalb es weltweit nicht mehr als ein Dutzend Firmen gibt, die die Anlagen und die dazugehörige Prozesstechnologie anbieten. Und deren Auftragsbücher sind voll.

Über den künftigen Siliziummarkt kann also nur spekuliert werden: Wenn die Photo-

voltaik-Industrie (PV) ihre Zellen- und Modulproduktion in den nächsten zwei Jahren tatsächlich auf über 20 Gigawatt verüpfacht, wie zum Beispiel Photon Consulting prognostiziert (neue energie 4/2008), wird Silizium wohl knapp und teuer bleiben. 8,2 Tonnen des Rohstoffs sind nötig, um ein Megawatt (MW) Zellen herzustellen. Bei 20 GW wären demnach 164.000 Tonnen erforderlich. Diese Menge wird nur dann zur Verfügung stehen, wenn das Gros der Newcomer seine Werke rechtzeitig zum Laufen bringt und Stoff liefert, der den Reinheitsanforderungen der PV-Hersteller entspricht.

Genug Stoff für zehn GW

Ausreichend Silizium dürfte vorhanden sein, wenn die weltweite Nachfrage nach Solaranlagen nur moderat steigt und Zellen- und Modulproduktion diesem Wachstum angepasst werden. Der europäische Solarindustrieverband Epia rechnet für 2010 mit einer maximalen Jahresproduktion von kristallinen Siliziummodulen von zehn GW. Hierfür wären 82.000 Tonnen Silizium nötig. Diese Menge wird wahrscheinlich verfügbar sein: Allein die sieben etablierten Hersteller wollen ihren Ausstoß in den kommenden zwei Jahren auf über 90.000 Tonnen verdoppeln (siehe Seite 59).

Zwar verläuft der Ausbau auch bei ihnen nicht immer reibungslos – der norwegische Solarkonzern REC zum Beispiel wird seine

neue Siliziumproduktion in Moses Lake im US-Bundesstaat Washington wegen Liefer-schwierigkeiten der Baufirma Fluor Corporation erst gegen Ende des vierten Quartals in Betrieb nehmen können (neue energie 04/2008). Doch die Experten sehen die angekündigten Mengen der Konzerne wegen solcher Verzögerungen nicht in Gefahr. „Für sie ist der Ausbau eine relativ klare Übung“, sagt Aulich.

So trifft die US-Firma Hemlock, weltweit größter Siliziumproduzent, derzeit Vorbereitungen für den Kapazitätsausbau von 15.000 auf über 30.000 Jahrestonnen bis 2010. Das deutsche Chemieunternehmen Wacker, die Nummer Zwei in der Welt, will seine Produktion ebenfalls deutlich erhöhen: Am Standort Burghausen sollen in zwei Jahren Siemens-Reaktoren mit über 22.000 Jahrestonnen Kapazität laufen. Wacker trifft bereits Vorbereitungen für die Expansion. Was nicht wundert: Die PV-Industrie zahlt verlässlich und beschert den Bayern hervorragende Geschäfte. So steigerte die Division Wacker Polysilicon ihren Umsatz im letzten Jahr um 40 Prozent auf 457 Millionen Euro, der Jahresüberschuss vor Steuern, Zinsergebnis und Abschreibungen (Ebitda) stieg sogar um 54 Prozent auf 182 Millionen Euro.

Zudem bieten einige neue Firmen bereits Silizium an. Der japanische Solarhersteller M.Setec zum Beispiel hat die Pilotphase zur industriellen Siliziumherstellung soeben ab-

Schmutzige Konkurrenz

Eine neue Siliziumart steht kurz vor dem Durchbruch: Viele der neuen Rohstoffproduzenten wollen sogenanntes **direkt gereinigtes metallurgisches Silizium** anbieten. Experten glauben, dass das Material neben dem klassischen Halbleitersilizium gute Marktchancen hat. Es ist zwar nicht so rein wie herkömmlicher Sonnenstoff, doch die norwegische Firma Elkem erreicht schon gute Effizienzen zwischen 14 und 16 Prozent – genauso viel wie multikristalline Zellen aus Standardsilizium. Außerdem lässt sich der neue Zellengrundstoff deutlich kostengünstiger herstellen: Der teure Siemens-Prozess entfällt. Dabei wird Rohsilizium in die Gasphase überführt zu Siliziumtetra- und -trichlorid. Dadurch kann es so rein werden, wie es die Halbleiterindustrie braucht. Die Photovoltaik benötigt diese hohen Reinheiten nur für Hochleistungszellen und kann sich die energieintensive Produktion für Standardzellen sparen. Hierfür reicht es, wenn Rohsilizium durch einfachere und weniger energieaufwändige Reinigungsschritte von schädlichen Schwermetallen, Phosphor und Bor befreit wird.

Erste Firmen wie Q-Cells haben den neuen Stoff bereits geordert. Allerdings wollen sie ihn dem Halbleitersilizium zunächst noch beimischen. Um ihn zu 100 Prozent zu nutzen, ist ein intelligentes Defect-Engineering nötig. Das heißt: Bei der Zellenherstellung müssen die im aufbereiteten metallurgischen Silizium enthaltenen Verunreinigungen so behandelt werden, dass sie nicht schädlich sind. Experten gehen davon aus, dass bereits in zwei Jahren erste 100-Prozent-Zellen auf dem Markt kommen.

geschlossen und plant nun die sukzessive Kapazitätserweiterung: 2010 wollen die Japaner 10.000 Jahrestonnen herstellen. DC Chemical aus Korea hat ähnliche Wachstumsziele: Momentan läuft in der Ende 2007 fertiggestellten 5.000-Jahrestonnen-Fabrik des Unternehmens die Serienproduktion an. Parallel errichten die Asiaten ein weiteres Werk derselben Größe, das im zweiten Quartal 2009 in Betrieb gehen soll. Über weitere Expansionsschritte denkt die Firma nach Aussage von DC Chemical-Chef Sooyoung Lee bereits nach.

„Schmutziges“ Silizium drängt auf den Markt

Während M.Setec und DC Chemical Silizium klassisch per Destillation in Siemens-Reaktoren herstellen wollen, produziert die norwegische Firma Elkem Solar sogenanntes direkt gereinigtes metallurgisches Silizium. Die Tochter des Orkla-Konzerns wird den Bau ihrer Fabrik mit 5.000 Jahrestonnen Kapazität im dritten Quartal 2008 abschließen und mit der Industriefertigung starten. Nicht wenige Experten sehen in der neuen Siliziumart den Sonnenstoff der Zukunft. „Zwar ist ‚upgraded metallurgical silicon‘ nicht so rein wie Halbleitersilizium, aber man kann daraus durchaus Zellen mit Effizienzen von 14 bis 16 Prozent machen und es kostet viel weniger“, sagt Eike Weber, Leiter des Fraunhofer-Instituts für solare En-

ergiesysteme (siehe Seite 62). Würden für klassisches Silizium am Spotmarkt heute 400 Dollar verlangt, so Weber, verkaufe Elkem sein Material für 50 Dollar.

Zellenhersteller Q-Cells hat das Potenzial erkannt und mit Elkem und dem kanadischen Produzenten Bécancour Silicon Verträge über umfassende Lieferungen abgeschlossen. Mit den Norwegern ist abgemacht, dass Q-Cells 2008 bereits 800 Tonnen, 2009 dann 2.800 Tonnen und jeweils 2.400 Tonnen in den Jahren 2010 bis 2018 erhält. Darüber hinaus besteht die Option, in den Folgejahren noch größere Mengen geliefert zu bekommen, sofern Elkem weiter ausbaut. Von Bécancour Silicon, das bis Ende 2009 eine Kapazität von 14.400 Jahrestonnen aufbauen will, erhält der Thalheimer Zellengigant 410 Tonnen in diesem Jahr, 3.000 Tonnen 2009 und 2010 bis 2013 jeweils 6.000 Tonnen. Allein von dem aufbereiteten metallurgischen Silizium werden Q-Cells 2010 also insgesamt 8.400 Tonnen zur Verfügung stehen. Das würde für mehr als ein Gigawatt Zellen ausreichen.

Je nachdem, wie gut die Branchen-Neulinge aus den Startlöchern kommen, könnte das Siliziumangebot die Nachfrage bald auch übersteigen. Vor allem chinesische Unternehmen haben ambitionierte Pläne. Nach Angaben von Sichuan Xiguang Silicon-Tech belaufen sich deren Ankündigungen für 2010 bereits etwa 50.000 Jahres-

tonnen Silizium; umgerechnet rund dreieinhalb Milliarden Euro wollen die Chinesen in den Aufbau dieser Kapazitäten investieren. Dabei ist Trina Solar schon nicht mehr berücksichtigt. Sichuan Xinguang selbst will 2010 6.000 Jahrestonnen Siemens-Silizium herstellen – jeweils 3.000 an den südchinesischen Standorten Xinjin und Leshan.

Zum größten Rohstoffproduzenten in China dürfte sich Waferhersteller LDK Solar entwickeln. Die Firma errichtet derzeit in Xingu im Südosten des Landes einen aus drei Linien bestehenden Produktionskomplex mit insgesamt 15.000 Jahrestonnen Kapazität, der Mitte 2009 in Betrieb gehen soll. LDK Solar wird vor allem für den Eigenbedarf produzieren: Die Firma will die Kapazität für Siliziumscheiben bis Ende 2008 auf 800 MW verdoppeln und hat umfassende Liefervereinbarungen getroffen. So wurde mit Q-Cells abgemacht, bis 2019 Wafer für Zellen mit einer Gesamtleistung von sechs GW zu liefern. Das entspricht einer benötigten Siliziummenge von rund 43.000 Tonnen.

15 statt 400 Dollar

Sollte das Rohstoffangebot in zwei Jahren tatsächlich größer sein als die Nachfrage, was bei einer Menge von bis zu 200.000

Tonnen gut vorstellbar ist, wäre mit großen Veränderungen auf dem Silizium- und dem Solarmarkt insgesamt zu rechnen. Preise von 400 Dollar, wie sie heute zum Teil auf dem Spotmarkt verlangt werden, wären dann passé. Zumal bei einem Erfolg des aufbereiteten metallurgischen Siliziums. Dieses ließe sich wegen der geringen Herstellungskosten Rohstoffexperte Weber zufolge selbst für 15 Dollar pro Kilogramm noch gewinnbringend verkaufen.

Verlierer einer solchen Entwicklung wären neben den etablierten Siliziumanbietern wie Hemlock und Wacker, die ihren Sonnenstoff auf dem Spotmarkt dann viel günstiger abgeben müssten, auch all jene PV-Hersteller, die sich in langfristigen Lieferverträgen mit den Chemiekonzernen verpflichtet haben, Silizium zu heutigen Marktpreisen abzunehmen. Diese bewegen sich in der Regel zwischen 50 und 70 Dollar pro Kilogramm. Bei einem Überangebot an Silizium, würde man dieses am Spotmarkt wahrscheinlich deutlich günstiger einkaufen können.

Hiervon würden in erster Linie die PV-Hersteller profitieren, die bei der Versorgung bisher zu kurz gekommen sind und keine Langfristverträge abgeschlossen haben. Dazu zählen vor allem junge ostasiatische Unter-

nehmen wie der chinesische Zellenhersteller China Sunergy. Weil die Firma aus Nanjing Silizium teuer einkaufen muss, sind dort die Waferkosten bis zu 20 Prozent höher als bei der Konkurrenz. Dennoch liegt sie wegen ihres effizienten Produktionsverfahrens bei den Zellenfertigungskosten mit ihren Wettbewerbern auf Augenhöhe. Sie gibt an, das Watt für 29 US-Cent herzustellen. Q-Cells rangiert nach Berechnungen von Jesse Pichel, Analyst der US-Investmentbank Piper Jaffray, bei rund 36 Cent, der größte chinesische Hersteller Suntech sogar bei 60 Cent. Sollte China Sunergy Silizium künftig günstiger beschaffen können, würden ihre Produktionskosten und mithin ihre Zellenpreise deutlich sinken. Im Wettbewerb um die kostengünstigste Solartechnologie hätte die mit Langfristverträgen ausgestattete Konkurrenz dann kaum noch eine Chance.

Die meisten Experten glauben aber nicht an ein solches Szenario. Und so sehen die etablierten PV-Hersteller auch keine Notwendigkeit, ihre Strategie zu ändern: „Wir denken, dass der Rohstoff Silizium auf absehbare Zeit ein Engpassfaktor für die gesamte Branche bleibt und deswegen die Spotmarktpreise weiterhin deutlich über Langfristvertragspreisen liegen werden“,

Die Top 7 der Siliziumproduktion: Kapazitätsverdoppelung in drei Jahren geplant

Hemlock (USA)	Siemens	14.500	19.000	27.500	31.750
Wacker (D)	Siemens, Wirbelschicht	10.000	10.000	15.000	22.000
REC (N)	Siemens, Wirbelschicht	5.850	7.000	13.500	20.000
Tokuyama (J)	Siemens, Vapour-to-Liquid	5.400	5.400	8.000	8.000
MEMC (USA)	Siemens	4.000	4.500	6.700	6.700
Mitsubishi (USA)	Siemens	2.750	2.750	4.000	4.000
Sumitomo (J)	Siemens	1.300	1.400	1.400	1.400
Summe		43.800	50.050	76.100	93.850

Quellen: eigene Recherchen

Die Tabelle zeigt aktuelle und geplante Fertigungskapazität für Polysilizium. Die angekündigten Produktionsmengen der sieben etablierten Hersteller gelten als sicher. Der Ausbau ist bereits so gut wie finanziert. Denn die Siliziumindustrie bittet die PV-Hersteller um Vorkasse und bindet sie mit langfristigen Lieferverträgen an sich.

Die Neueinsteiger: Über 100.000 Tonnen zusätzliches Silizium 2010

Bécancour (CAN)	metallurg. Reinigung	-	-	14.400	> 14.400
DC Chemical (ROK)	Siemens	-	5.000	10.000	> 10.000
M. Setec (J)	Siemens	500	4.000	6.000	10.000
Dow Corning (USA)	metallurg. Reinigung	3.000	3.000	k.A.	10.000
Sifab (I)	Siemens	-	-	5.000	10.000
E.kem Solar (N)	metallurg. Reinigung	-	5.000	5.000	5.000
Solarvalue (D)	metallurg. Reinigung	-	-	4.400	4.400
Silicon Mine (NL)	Siemens	-	-	4.000	4.000
Nitol (RUS)	Siemens	-	-	3.900	3.900
Hoku (USA)	Siemens	-	2.000	> 2.000	> 2.000
Solizium (D/NL)	Siemens	-	-	-	1.000
chinesische Firmen	Siemens, metallurg. Reinigung	4.260	5.000	40.000	50.000
Summe		7.760	24.000	94.700	124.700

Quellen: eigene Recherchen, Sichuan Xinguang

Die Tabelle zeigt die am weitesten entwickelten neuen Siliziumproduzenten. Sie wollen 2010 mehr Silizium produzieren als die etablierten Hersteller. Vor allem direkt gereinigtes metallurgisches Silizium soll verstärkt angeboten werden.

sagt Claus Beneking, Vorstandsvorsitzender des Erfurter PV-Herstellers Ersol. Aus diesem Grund hat Ersol 2007 weitere umfangreiche und langfristige Lieferverträge abgeschlossen, zwei davon mit Wacker, einen mit Hemlock. Die bisher vertraglich gesicherten Lieferungen umfassen über einen Zeitraum von zehn Jahren ein Volumen von 2,9 GW.

Auch der Hamburger PV-Konzern Conergy hat sich langfristig Silizium für sein Werk in Frankfurt an der Oder mit 250 MW Produktionskapazität gesichert. Von Juli 2008 an bis 2018 erhält die Firma vom US-Silizium- und Waferhersteller MEMC Electronic-Materials Siliziumscheiben im Wert von sieben Milliarden Dollar. Die ursprüngliche Strategie von Conergy, Silizium kurzfristig

zu ordern, ging nicht auf. Weil sich die Hanseaten nicht genug Rohstoff gesichert haben, steht die Fabrik immer wieder still (neue energie 4/2008).

Nur Selbstversorger auf der sicheren Seite

Ingot- und Waferhersteller PV Crystalox sowie Solarworld und Scheuten verfolgen eine andere Beschaffungsstrategie: Sie wollen ihr Silizium künftig selbst produzieren. PV Crystalox baut derzeit in Bitterfeld, Sachsen-Anhalt, eine Fabrik, in der 2009 zunächst 900 Tonnen und später 1.800 Tonnen des Rohstoffs hergestellt werden sollen. Und zwar ausschließlich für den Eigenbedarf. Solarworld ist in Sachen Selbstversor-



Grauer Block: In der Erfurter Fertigung von PV Crystalox wandert das zu Blöcken gesägte Material weiter in die Waferfertigung.

gung gleich doppelt aktiv. Das Bonner Unternehmen hat mit der Chemiefirma Degussa, dem heutigen Geschäftsfeld Chemie des Evonik-Konzerns, die Joint Solar Silicon (JSSI) gegründet. In diesem Jahr soll die Produktion mit 850 Tonnen starten. Im nächsten Jahr soll ein weiteres Joint Venture von Solarworld mit der niederländischen Firma Scheuten, Scheuten Solarworld Solizium, zusätzliche 1.000 Tonnen direkt gereinigtes metallurgisches Silizium bereitstellen.

Wahrscheinlich ist der Aufbau einer eigenen Siliziumproduktion der beste Lösungsansatz. Zwar sind damit hohe Investitionen verbunden – PV Crystalox muss für sein Bitterfelder Werk 80 Millionen Euro aufbringen –, dafür sind die Firmen, die eine Eigenversorgung anstreben, unabhängig von den Launen des Rohstoffmarkts und dem Preisdiktat der Siliziumindustrie. Bei erfolgreichem Kapazitätsaufbau der Neueinsteiger und einem Durchbruch des aufbereiteten metallurgischen Siliziums besteht die Chance, dass der Stoff schnell billiger wird. Fällt sein Preis extrem, werden sich die Firmen, die eine Eigenversorgung aufgebaut haben, vielleicht eingestehen müssen, die falsche Entscheidung getroffen zu haben. Aber auch weitere Preissteigerungen sind denkbar. Zum Beispiel, wenn der Rohstoffbedarf der PV-Hersteller in den kommenden Jahren stark steigen sollte und die Newcomer am Kapazitätsaufbau und deren Finanzierung scheitern. Dann werden die großen Spieler ihre Marktmacht behalten und alles daran setzen, Überschüsse zu vermeiden und die Preise hochzuhalten.

Hemlock hat seine Linien bisher mit Vorauszahlungen seiner Kunden finanziert: Wer gut zahlt und sich zehn Jahre bindet, kriegt auch Stoff, wer die Bedingungen nicht akzeptiert, geht leer aus. An diesen Spielregeln wird sich nichts ändern, wenn keine neuen Siliziumquellen sprudeln. Wacker hat in seinem Geschäftsfeld Polysilicon im letzten Jahr nicht zuletzt deshalb so gut abgeschnitten, weil es die Preise für den Rohstoff aufgrund der immensen Nachfrage erhöht hat. Mangelt es an Konkurrenz, wird es weitere Preisrunden geben. Auch der REC-Fluorfall nährt nicht gerade die Hoffnung auf sinkende Siliziumpreise: Wie die Norweger jüngst mitteilten, belaufen sich die Kosten der neuen Moses-Lake-Linie statt auf 600 auf 800 Millionen Dollar. Ganz gleich, ob sich das Unternehmen schlicht verkalkuliert hat oder die plötzliche Hiobsbotschaft preisstrategische Gründe hat – REC-Kunden werden die höheren Aufbaukosten tragen müssen. Zumindest dann, wenn nicht neue Anbieter REC zu Preissenkungen zwingen.

Unsicher ist schließlich auch, welche Preise die Zulieferer der Siliziumhersteller verlangen. Bisher waren sie kaum gefragt oder genauer gesagt: Es gab sie gar nicht. Die Chemiekonzerne verfügen über eigenes Know-how, und den Bau von Siemens-Reaktoren können sie selbst bewerkstelligen. Die neuen Firmen müssen sich Wissen und Ausrüstung jedoch einkaufen. Je mehr sie nachfragen, desto teurer wird es. Künftig könnten also Firmen wie GT Solar bestimmen, welchen Siliziumpreis die PV-Branche zahlen muss. ◀