

Zu wenig Stoff für die Sonne

Silizium bleibt vorerst Mangelware. Zwar bauen die Hersteller des begehrten Quarzes ihre Fertigungsstätten aus. Doch mit nennenswerten Produktionssteigerungen ist nicht vor Ende 2006 zu rechnen.

Text: Sascha Rentzing

Die Sonne schickt keine Rechnung, heißt es. Doch die Sonnenfänger scheinen ihre Rechnung ohne den irdischen Wirt gemacht zu haben. Rund 90 Prozent der Solarmodule basieren auf Silizium. Weltweit produziert aber nicht einmal ein Dutzend Hersteller das graue Metall.

Weil deren Kapazitäten begrenzt sind, erwartet Peter Woditsch, Vorstandssprecher der Solarworld-Tochter Deutsche Solar AG, ein Jahr des Atemholens für die Photovoltaik (PV): „Die PV-Industrie muss in 2005 mit den gleichen Mengen Si-

lizium auskommen wie in 2004.“ Nur wenn die Branche sparsamer mit dem Rohstoff umgehe, etwa, indem sie dünnere Wafer verarbeite, sei ein weltweites Marktwachstum von zehn Prozent möglich.

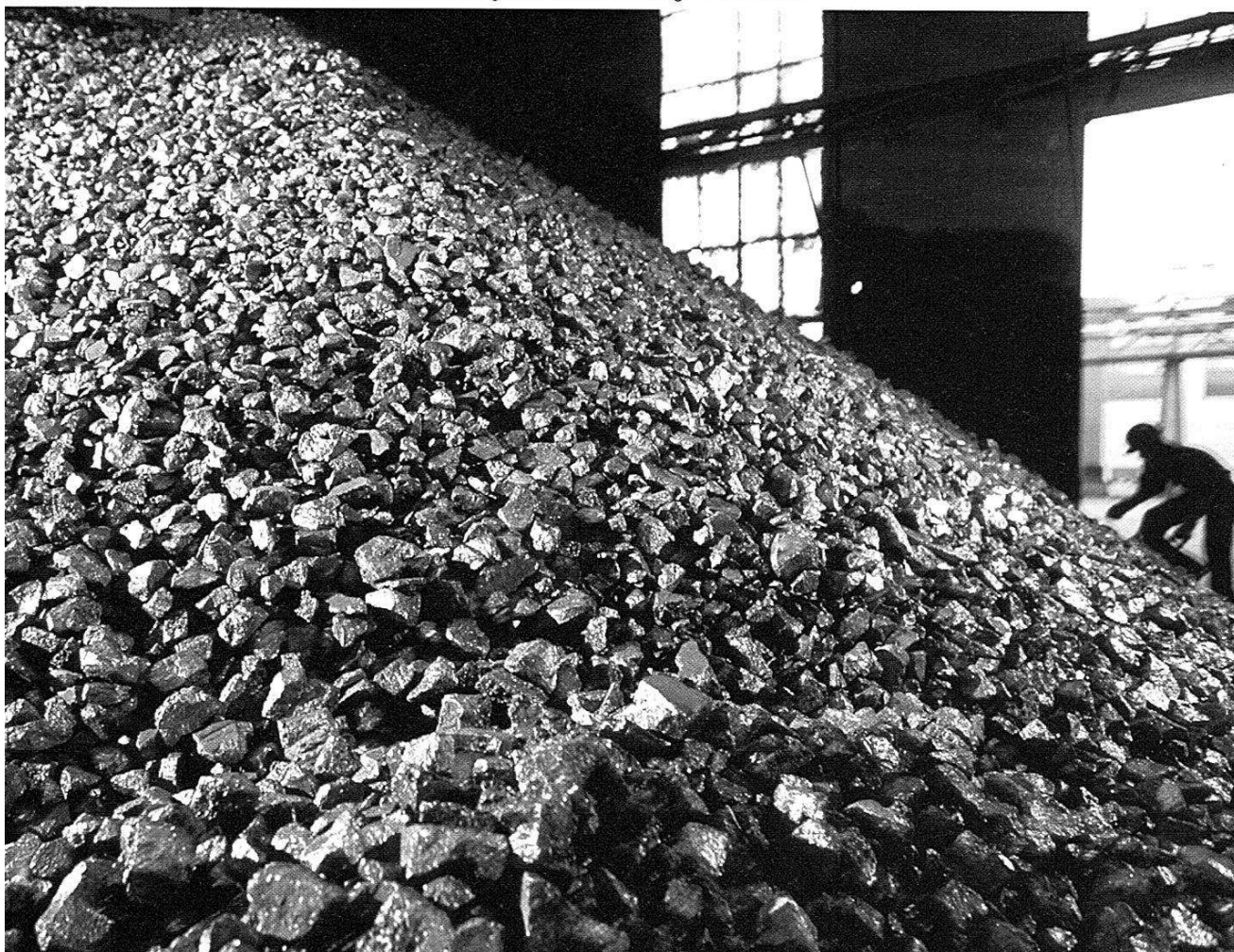
Rund 28.000 Tonnen des grauen Metalls werden nach Woditschs Schätzungen dieses Jahr produziert werden. Davon erhalte die Halbleiterindustrie etwa 20.000 Tonnen, die verbleibenden 8.000 Tonnen gingen als Solar Grade-Silizium an die Solarbranche. Hinzu kämen etwa 2.000 bis 3.000 Tonnen so genanntes Off-Spec-Ma-

terial, also Silizium, das den erforderlichen Spezifikationen der Chiphersteller nicht entspricht. Macht in der Summe gerade mal 10.000 bis 11.000 Tonnen.

Geht man davon aus, dass für die Fertigung von einem Megawatt (MW) Zellen ungefähr zehn Tonnen Silizium nötig sind, werden in 2005 weltweit also maximal 1.100 MW produziert werden können. Das wäre nicht viel mehr als 2004.

Bitter für die erfolgsverwöhnte deutsche Solarbranche. In der Hoffnung, in 2005 ebenso durchstarten zu können wie im

IM ROHSTOFFLAGER: Silizium vor der Verarbeitung zu solarzellenfähigem Material.



Boomjahr 2004, haben fast alle Firmen ihre Kapazitäten kräftig ausgebaut: Gut 600 MW Zellen und an die 500 MW Module werden Ende 2005 hier zu Lande gefertigt werden können (siehe Seite 39). Doch bei der momentanen Verknappungssituation wäre es utopisch zu glauben, diese Kapazität könne annähernd ausgelastet werden. Denn deutsche Firmen müssen das Silizium teilen: Vor allem mit japanischen Unternehmen, die ebenfalls weiter expandieren wollen.

Hersteller lassen Solarenergie links liegen

Wie es zu dem Engpass kommen konnte, ist leicht erklärt: Die Nachfrage nach solarzellenfähigem Silizium ist zuletzt so stark gestiegen, dass sie die Hersteller nun nicht mehr bedienen können. Diese Situation war vorauszusehen: Nach der aktuellen Solarenergie-Studie der Schweizer Bank Sarasin hat sich der Bedarf von Solar Grade-Silizium von Anfang 1998 bis Ende 2003 etwa verdreifacht, die Kapazitäten haben sich im gleichen Zeitraum dagegen nicht mal verdoppelt (1998: 15.000 Tonnen).

Grund für diese Entwicklung: Investitionsentscheidungen der Siliziumproduzenten waren in erster Linie abhängig vom Konjunkturverlauf der Halbleiterbranche, nicht aber vom Wachstum der Photovoltaik. Boomten die Chips, wurde in neue Schmelzöfen investiert, lief es dort schlecht, war man gerne bereit, freie Kapazitäten für die Produktion von Solarsilizium bereitzustellen.

Dass die Photovoltaik für die Siliziumhersteller bisher nur ein Nebenschauplatz war, ist nachvollziehbar. Bei ähnlichem Produktionsaufwand erzielt Solarsilizium am Markt deutlich geringere Preise als das hundertmal reinere Electronic Grade-Silizium.

Mittlerweile haben die sieben großen Siliziumproduzenten, darunter Wacker, Hemlock und Tokuyama, ihre Haltung gegenüber der Sonnenenergie jedoch geändert. Nach Informationen von Woditsch ist der Preis für Solar Grade-Silizium wegen der großen Nachfrage zuletzt deutlich gestiegen. Außerdem hat sich der Photovoltaik-Markt stabilisiert. Die Siliziumhersteller können also damit rechnen, dass die Waferfabriken den Rohstoff auch in Zukunft abnehmen werden. Investitionen zahlen sich deshalb aus.

So planen derzeit einige Siliziumfabriken, zusätzliche Reaktoren zu bauen beziehungsweise Anlagen für die Produktion von Solarsilizium umzurüsten. Und mehr

noch: Manche tüfteln bereits an neuen, einfacheren Prozessmöglichkeiten zur Herstellung von PV-Silizium.

Vor Ende 2006 rechnen die Experten aber nicht mit einer Entspannung. „Es dauert einige Zeit, bis die Siliziumhersteller ihre Investitionsentscheidungen umgesetzt haben und größere Mengen auf den Markt kommen“, sagt Frank Asbeck, Vorstand des Solarworld-Konzerns.

Joint Solar Silicon baut Versuchsreaktor

Der Bonner Unternehmer hat das Silizium-Problem bereits vor einigen Jahren auf die Branche zukommen sehen – und gehandelt. Seit 2003 betreibt Solarworld in Freiberg eine eigene Solarrecyclingfabrik. Dort wird das begehrte Metall aus ausgedienten Modulen und Resten aus der Chipindustrie zurückgewonnen (neue energie 69). Was die Solar Materials recycelt, reicht aus, um 20 Prozent des Rohstoffbedarfs der Deutsche Solar zu decken, die das Silizium am gleichen Standort zu Wafern weiterverarbeitet.

Doch Solarworld will in Zukunft auch frisches Silizium produzieren. Bereits Mitte 2002 haben die Rheinländer mit dem Chemiekonzern Degussa AG das Joint-Venture Joint Solar Silicon (JSSI) gegründet. Ursprünglich wollte die Gemeinschaft bereits 2005 rund 800 Tonnen Solar Grade-Silizium aus dem Gas Monosilan herstellen. Doch weil laut JSSI-Geschäftsführer Raymund Sonnenschein noch am Prozess gefeilt werden musste, wurde der Start der großen Produktion auf Anfang 2007 verschoben.

Stattdessen wurde im Dezember in Rheinfelden ein Versuchsreaktor mit einer Jahreskapazität von 100 Tonnen fertiggestellt, der im 2. Quartal dieses Jahres in Betrieb genommen werden soll. „Erst wenn der Prozess in diesem Prototypen rund läuft, werden wir eine Pilotanlage mit einem Volumen von 800 Tonnen pro Jahr installieren“, erläutert Sonnenschein das geplante Vorgehen. Dieser Reaktor könne dann weiter ausgebaut werden. Über die Höhe der Investition ließe sich gegenwärtig noch nichts sagen. Klar sei jedoch, dass das in Rheinfelden produzierte Silizium zunächst allein Solarworld zur Verfügung steht.

Die Bonner sind und bleiben das einzige deutsche Solarunternehmen, das seinen Fuß in die unbekannte Welt der Chemie setzt. Andere führende PV-Firmen haben nicht vor, in eigene Siliziumproduktionen zu investieren. „Ein weiterer Integrations-

IN DER HAND DER CHEMIEKONZERNE

Die Siliziumproduktion für die Photovoltaik und die Chipindustrie ist das klassische Feld großer Chemiekonzerne. Weltweit gibt es derzeit nicht mehr als ein Dutzend Produzenten des begehrten Rohstoffs. Dass sich bisher nicht mehr Unternehmen auf dieses Geschäft eingelassen haben, hat seinen Grund: Die Herstellung des unscheinbaren grauen Metalls setzt viel Know-how voraus, ist technisch aufwändig und erfordert hohe Investitionen. Das einzige Solarunternehmen, das bisher in eine eigene Siliziumumfertigung investiert hat, ist die norwegische Renewable Energy Corporation (REC). REC hat 2002 ein Joint-Venture mit der US-amerikanischen Chemiefirma Advanced Silicon Materials gegründet und stellt seitdem Silizium für den Eigenbedarf her. Von den deutschen Firmen hat nur der Solarworld-Konzern Pläne, in die Siliziumproduktion einzusteigen. Das Bonner Unternehmen hat mit der Frankfurter Degussa zu diesem Zweck bereits 2002 das Joint-Venture Joint Solar Silicon (JSSI) gegründet. Noch in diesem Jahr will JSSI in einem Versuchsreaktor an die 100 Tonnen Silizium produzieren. Im Vergleich zum Ausstoß der Hemlock Semiconductor Corporation, mit einer Jahresproduktion von 7.000 Tonnen derzeit weltweit größter Hersteller von Reinstsilizium, sind das jedoch nur Peanuts. In Michigan in den USA produziert Hemlock seit fast 50 Jahren neben dem polykristallinem Silizium für die Chip- und Solarindustrie auch Silizium-Chemikalien für die Kabel-Herstellung. Mit gut 5.000 Tonnen Ausstoß pro Jahr teilen sich die Tokyoter Tokuyama Corporation und die deutsche Wacker-Chemie GmbH den zweiten Platz unter den größten Herstellern. Im Vergleich zu Hemlock haben sich die beiden Unternehmen jedoch breiter aufgestellt; die Siliziumproduktion ist jeweils nur ein Standbein. Tokuyama, das weltweit etwa 4.500 Mitarbeiter beschäftigt, produziert auch Chemikalien und Baustoffe wie Zement. Die Wacker-Gruppe besteht aus vier Töchtern und stellt in 22 Produktionsstätten weltweit außer Silizium Silikone für Werkstoffe vieler Industrien sowie Farben und Lacke her.



DIE SCHMELZÖFEN: In den Reaktoren wird aus dem Gas Trichlorsilan Silizium gewonnen.

Vom Quarz zum Reinstsilizium

Mit einem Anteil von 27,7 Prozent ist Silizium nach Sauerstoff das zweithäufigste Element der Erdkruste. Als Quarzsand ist es quasi allgegenwärtig. Was dieses Material für die Chipindustrie und die Photovoltaik so interessant macht, sind seine guten Eigenschaften als Halbleiter. Bis aus dem unscheinbaren grauen Metall jedoch hochreines solar- oder electronic-Grade Silizium hergestellt ist, das hochtechnologischen Anforderungen genügt, sind viele Prozessschritte notwendig. Zunächst muss dem Quarzsand der Sauerstoff entzogen werden. Das geschieht in einem Verfahren, bei dem das Quarz mit Kohle oder Holz auf 1.800 Grad Celsius erhitzt wird. Bei dieser Temperatur verbindet sich der Kohlenstoff mit dem Sauerstoff des Quarzes zu Kohlendioxid. Übrig bleibt Rohsilizium mit einer Reinheit von 98 bis 99 Prozent. Ab da kommen dann Chemie-Unternehmen wie Wacker, Hemlock oder Tokuyama ins Spiel. Im so genannten Siemens-Verfahren bereiten sie den Stoff so weit auf, dass er nahezu 100-prozentig frei von Verunreinigungen ist. Dafür wird das Rohsilizium zuerst gemahlen und reagiert dann in einem Reaktor mit gasförmigem Chlorwasserstoff zu einer Flüssigkeit, dem Trichlorsilan. Diese Flüssigkeit wird destilliert und so von Verunreinigungen befreit. Aus diesem Destillat werden Stäbe aus reinstem, kristallinem Silizium gewonnen – so sauber, dass auf eine Milliarde Siliziumatome nur noch ein Fremdatom kommt. Dazu wird die Flüssigkeit bei rund 1.000 Grad Celsius in die Bestandteile Silizium, Siliziumtetrachlorid und Chlorwasserstoff zersetzt, indem verdampftes Trichlorsilan in so genannten Abscheidereaktoren über erhitzte Siliziumstäbe geleitet wird. Wie Zuckerwatte am Stiel „wächst“ das polykristalline Silizium auf diesen Stäben bis zu einem bestimmten Gewicht. Dieser Prozess dauert etwa eine Woche. Die faustgroßen Brocken werden von den Waferherstellern schließlich weiterverarbeitet.

schritt ist nicht geplant“, sagt etwa RWE Schott Solar-Sprecher Lars Waldmann. Von den Kosten, aber auch wegen des fehlenden Know-hows mache eine eigene Fertigung keinen Sinn. Auch die Q-Cells AG hat keine Siliziumpläne: „Weltweit bauen die Produzenten ihre Kapazitäten aus. Unsere Versorgung wird sichergestellt sein“, sagt Vorstand Reiner Lemoine.

Wacker investiert für die PV

In der Tat wird es in zwei, drei Jahren einige Tausend Tonnen mehr Solar Grade-Silizium am Markt geben. Doch die Mengen werden langsam steigen. Die Wacker Polysilicon beispielsweise, eine Tochter der Wacker-Chemie GmbH, will seine Produktion in Burghausen bis 2007 von derzeit 5.000 auf 6.500 Tonnen erhöhen: im kommenden Jahr um 500 Tonnen, dann noch mal um weitere 1.000 Tonnen. Kosten für diese Maßnahmen: 75 Millionen Euro. „Von den 1.500 Tonnen, die wir bis 2007 zusätzlich produzieren, ist der größte Teil für die PV-Industrie gedacht“, verspricht Polysilicon-Leiter Ewald Schindlbeck. Mittelfristig, so der Physiker, werde Wacker der Solarindustrie 2.500 Tonnen bieten. Im Augenblick seien es rund 1.400 Tonnen.

In zwei Pilotreaktoren probieren die Burghausener derzeit außerdem ein neuartiges Verfahren für granulares Silizium aus. Diese Silizium-Variante lässt sich billiger herstellen und kann von den Waferherstellern leichter verarbeitet werden. Momentan müssen die Solarfirmen noch mit schwer handhabbaren, faustgroßen Siliziumbrocken umgehen. Läuft es, wie sich Wacker das vorstellt, werden in den beiden Versuchsreaktoren bereits in diesem Jahr insgesamt 100 Tonnen des Granulats produziert. Wo das Silizium schließlich hingehet, verrät das Unternehmen nicht. „Weltweit beliefern wir alle namhaften Waferhersteller“, so Schindlbeck.

Wen die Solar Grade Silicon (SGS) in erster Linie beliefert, dürfte dagegen klar sein: SGS ist ein Joint-Venture des norwegischen Solarkonzerns Renewable Energy Corporation (REC) und der US-amerika-

nischen Advanced Silicon Materials (ASiMI). REC ist mit weiteren Beteiligungen an Wafer-, Zellen- und Modulherstellern in nahezu allen Bereichen der Sonnenenergie aktiv (siehe Seite 65); ASiMI stellt Silizium und Silangas her. Dieses Jahr wird das Joint-Venture, das in Moses Lake, Washington, seit August 2002 ausschließlich Solarsilizium herstellt, rund 2.300 Tonnen produzieren, 2006 werden nur an die 100 Tonnen obenauf kommen. 2007/2008 soll es in Moses Lake dann aber richtig rund gehen: „Wir denken über eine Produktionserweiterung auf 5.000 Tonnen nach“, sagt SGS-Geschäftsführer Reidar Langmo. Darüber hinaus will er wie Wacker noch in diesem Jahr in die Produktion von Granulat-Silizium einsteigen.

Hemlock geht auf 10.000 Tonnen

Und wie sehen die Pläne bei Hemlock und Tokuyama aus? Auch sie haben ihre Kapazitäten erweitert beziehungsweise haben das vor. Die japanische Siliziumschmiede hat umgerechnet rund 7,4 Millionen Euro in den Ausbau seines Reaktors in Higashi gesteckt. Dort sollen in diesem Jahr 5.200 Tonnen, also 400 Tonnen Silizium mehr als im Vorjahr, gewonnen werden. Außerdem baut Tokuyama derzeit am gleichen Standort eine Anlage speziell für die Fertigung für PV-Material. Der Reaktor mit einer anfänglichen Jahreskapazität von 200 Tonnen soll Ende 2005 anlaufen.

Nicht sofort, aber dafür massiv will schließlich das US-amerikanische Chemieunternehmen Hemlock seine Kapazitäten ausbauen. „2005 halten wir uns noch zurück, aber in 2006 werden wir von derzeit 7.000 auf 10.000 Tonnen hochgehen“, kündigt Verkaufsleiter Tak Takahashi an. Die Hälfte des geplanten Ausstoßes, also 5.000 Tonnen Silizium, sei für die Solarenergie gedacht. Damit wird Hemlock der PV-Branche deutlich größere Bedeutung beimessen als bisher: Derzeit beträgt der Produktionsanteil des Solar Grade-Silizium gerade mal 30 Prozent. Das sind bei einer augenblicklichen Produktionsleistung von insgesamt 7.000 Tonnen nur 2.100 Tonnen.

Wie viele Tonnen zusätzlicher Kapazität bei den Siliziumproduzenten insgesamt in der Pipeline sind, kann selbst Deutsche Solar-Chef Woditsch nur schwer abschätzen. Die Mengen werden aus seiner Sicht jedoch ausreichen, um von 2007 an wieder ein größeres Wachstum der PV-Industrie zu ermöglichen. ◀