



Fixiert: Der zuvor an einer Halterung befestigte Siliziumblock wird zur Säge transportiert.

»Prinzip Eierschneider«

Weltweit werden rund drei Viertel aller Siliziumwafer auf Maschinen von Meyer und Burger oder HCT gesägt

Die weltweite Photovoltaikindustrie ist wesentlich auf die Sorgfalt und das Fachwissen zweier mittelständischer Schweizer Unternehmen angewiesen. Denn rund drei Viertel der Drahtsägen, mit denen aus Siliziumblöcken hauchdünne Scheiben als Vorprodukt zur Solarzelle herausgesägt werden, stammen entweder von Meyer und Burger oder von HCT Shaping Systems. Das Prinzip ist simpel, seine Beherrschung hingegen eine Angelegenheit für Spezialisten.

Die Arbeit entspricht den Schweizer Klischees: Präzision ist gefragt, und es geht um wertvolle Werkstoffe. »Wir sägen alles, was teuer, hart und spröde ist«, sagt Peter Pauli, Geschäftsführer der Firma Meyer und Burger in Steffisburg bei Thun. Das waren früher die Rubine und Saphire für die heimische Uhrenindustrie. Heute sind es vor allem die Siliziumblöcke der Solarwirtschaft.

Präzision ist in dieser Branche genau so wichtig wie seit eh und je im Uhrenbau. Und teuer ist der Werkstoff der Photovoltaik auch, wenngleich die Preise für Silizium trotz der exorbitanten Steigerungen der letzten Jahre noch nicht ganz das Niveau von Edelmetallen erreicht haben. Trotzdem darf beim Sägen von mono- oder polykristallinem Silizium kein Fehler passieren, weil sonst meist der ganze Block – in der Branche als Ingot bezeichnet – schrottreif ist. Man muss also wissen, was man tut, wenn man sich an die Halbmateriale Klötze heranmacht, um daraus hauchdünne Scheiben, die so genannten Wafer, zu fertigen.



Haarfein und fast unendlich lang: Hunderte Kilometer Draht sind für das Sägen eines Ingots nötig.

Die Firma Meyer und Burger gibt es seit 1953. Die Drahtsägen, für die sie in der Photovoltaikindustrie weltweit bekannt ist, sind allerdings erst Entwicklungen der vergangenen Jahre. Lange Zeit wurden vor allem in der Halbleitertechnik Innenlochsägen (also mit klassischem Sägeblatt, dessen Schnittkante an einem Loch in der Mitte verläuft) eingesetzt. Die heutzutage geforderten immer geringeren Materialstärken und vor allem die benötigten Stückzahlen aber haben diese Technik in den Hintergrund gedrängt.

Inzwischen entfallen 60 Prozent des Umsatzes von Meyer und Burger auf die Solarwirtschaft. 220 Mitarbeiter beschäftigt das Unternehmen heute. »Wir haben binnen zwei Jahren um 100 Mitarbeiter aufgestockt«, sagt Firmenchef Pauli, »vor allem natürlich wegen des deutschen Solarmarkts.«

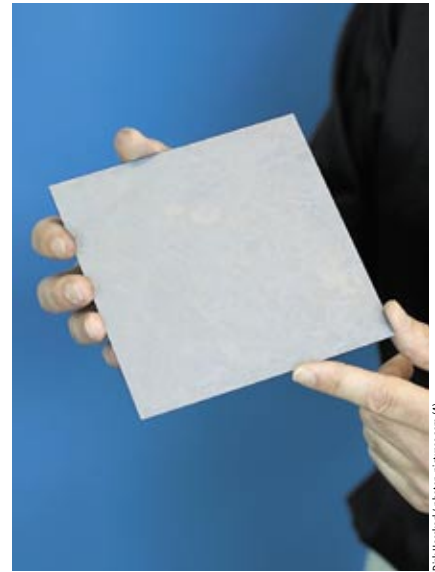
Vom rapide steigenden Bedarf an Solarzellen und damit an Geräten zu deren Herstellung profitiert auch ein weiteres Schweizer Unternehmen. Nahe des Genfer Sees, in Cheseaux-sur-Lausanne, sitzt Mitbewerber HCT Shaping Systems. Auch hier werden Drahtsägen für die Photovoltaikbranche gebaut. Von weltweit fünf Unternehmen, die sich mit der Fertigung der hoch sensiblen Spezialgeräte für die Solarzellenproduktion befassen, kommen damit zwei aus der Schweiz

(sowie zwei aus Japan und einer aus Tschechien). Zusammen liefern sie nach eigenen Angaben etwa 75 Prozent aller Drahtsägen für die internationale Solarwirtschaft.

Teurer Verschnitt

HCT ist der jüngere der beiden Schweizer Produzenten. Im Unterschied zur Firma Meyer und Burger, die auch Bandsägen und die genannte Innenlochsäge herstellt, ist HCT allein auf Drahtsägen konzentriert. »Unsere erste Drahtsäge haben wir 1984 an Photowatt geliefert«, sagt Verkaufsleiter Pierre Marechal. 2005 erzielten 120 Mitarbeiter bereits rund 67 Millionen Schweizer Franken Umsatz, 100 bis 120 Millionen Franken (rund 75 Millionen Euro) peilt man für das Jahr 2006 an.

Die Technik der beiden Hersteller ist jeweils ähnlich. »Prinzip Eierschneider«,



Endprodukt: Einer von rund 4.400 aus dem Block gesägten multikristallinen Silizium-Wafern.



Einschnitt: Millimeterweise arbeitet sich der Draht in den Siliziumblock.

sagt Meyer und Burger-Chef Pauli. Allerdings geht das Schneiden von Silizium deutlich langsamer vonstatten: Es dauert einige Stunden, bis eine Sägeladung von vier jeweils rund 50 Zentimeter langen Blöcken in zirca 4.400 hauchdünne Scheiben zerlegt ist. Außerdem – ein weiterer Unterschied zum Eierschneider – erledigt dies ein einziger durchgehender Draht, der von einer großen Rolle kommt, dann über Walzen umgelenkt und somit für jeden Schnitt einmal über den Ingot geführt wird. Mit einer Geschwindigkeit von rund zwölf Metern pro Sekunde läuft der Draht dann über das Silizium. Weil ein Rollenwechsel während des Sägens nicht möglich ist, befinden sich auf einer Rolle bis zu 1.100 Kilometer Draht, die ohne Lötstellen gefertigt sein müssen.

Aktuell sei der Draht typischerweise 160 Mikrometer dick, sagt Pauli. Doch korrekt betrachtet ist es gar nicht der Stahl, der am Silizium sägt. Es sind vielmehr winzige Siliziumcarbid-Partikel von acht bis zwölf Mikrometern Durchmesser, die im Verhältnis von eins zu eins mit Glykol oder Öl vermengt als so genanntes Slurry die Arbeit übernehmen. Mit dieser Brühe nämlich wird der Draht während des Sägevorgangs gespült. Durch die Bewegung des Drahtes entfalten die harten Partikel ihre abrasive, also abtragende Wirkung. So werden bei jedem Einschnitt mit einem 160-Mikrometer-Draht rund 210 Mikrometer Silizium zerrieben. Kerf wird dieser Verschnitt auch genannt – ein teurer, aber unvermeidbarer Verlust.

Im ersten Moment mag es nicht allzu tragisch erscheinen, dass pro Schnitt eine 210 Mikrometer dicke Siliziumschicht zerspannt wird. Doch man muss sich vor Augen halten, dass die produzierten Scheiben mit derzeit üblicherweise 270 Mikrometern kaum dicker sind. Somit ergibt sich ein relativer Verlust von 44 Prozent des Ausgangsmaterials, das als mikrometerdicke Partikel im Slurry davongeschwemmt wird. Und wenn mit dünner werdenden Wafern – derzeit sind bereits Scheiben mit nur noch rund 180 Mikrometern für die Serienfertigung vorgesehen – nicht auch die Schnittdicke proportional abnimmt, dann wird der Verlust logischerweise immer größer.

Also arbeiten die Firmen an immer dünneren Schneidgeräten. Bis Ende des Jahres wolle man die Versuche mit 140-Mikrometer-Draht erfolgreich abgeschlossen haben. Draht mit 120 Mikrometer sei bereits nutzbar, heißt es bei Meyer und Burger, beim Sägen von 180-Mikrometer-Wafern wurde er schon eingesetzt. Im Labor, heißt es bei HCT, könne man sogar bereits mit 80-Mikrometer-Draht sägen.

Komplexes System

Das Problem: Je dünner der Draht, desto leichter reißt er. Und ein Drahttriss ist das größte Missgeschick, das einer solchen Maschine passieren kann – dann nämlich ist der Siliziumblock möglicherweise schrottreif. Ein neuer Draht lässt sich nicht einfädeln, zumal auch die Schnittkante dann nicht einwandfrei eben würde. Mittlerweile gibt es jedoch Equipment, um den gerissenen Draht in



»Wir sägen alles, was teuer, hart und spröde ist.«

Peter Pauli,
Meyer und Burger

DPA/Thinkart / Photon-Pictures.com (2)

der Maschine zu flicken und so einen Totalverlust des kostbaren Siliziumblocks zu vermeiden.

So schabt nun der Draht über das Silizium, und schneidet sich pro Minute rund einen halben Millimeter in das Werkstück. Der Laie würde vermuten, ein Laser sei die bessere Variante, doch Firmenchef Pauli klärt auf: »Der bleibt nicht gerade und diffundiert weg.« Die Drahtsäge ist daher derzeit das Nonplusultra. Ob bei der Drahtqualität noch Fortschritte zu erwarten sind? »Bisher nutzen wir harten Carbonstahl, das ist die gleiche Stahlqualität, wie man sie auch in Stahlgürtelreifen hat«, sagt Pauli. Komplette neue Wege mit Kunststoffen habe man zwar bereits getestet, doch sei eine nutzbare Alternative noch nicht gefunden worden. Ähn-

lich heißt es auch bei HCT: »Wir arbeiten an neuen Drähten, da ist noch einiges an Forschung nötig.«

HCT, das junge Unternehmen aus der französischen Schweiz nimmt unterdessen für sich in Anspruch, die Vorgänge in einer Drahtsäge erstmals in einem physikalischen Modell beschrieben zu haben. »Vorher war das alles Alchemie«, sagt Verkaufsleiter Marechal, »da wurde halt probiert.« Auch bei der Flüssigkeit sei man aktiv, um möglicherweise noch bessere Slurry-Substanzen zu entwickeln.

Die Herausforderung liegt darin, dass die Zusammenhänge in dem System sehr komplex sind. Zum Beispiel könnte man auch die abrasiven Partikel im Slurry verkleinern und damit die Schnittdicke reduzieren. Damit aber, erklärt Marechal, entstehe mehr Abwärme. Und wenn die Schleifbrühe sich erwärmt, verändert sich deren Viskosität, also das Fließverhalten. Das wiederum beeinflusst den Schnitt – jede Veränderung an einem Parameter hat vielfältige Konsequenzen. So einfach das Prinzip der Drahtsäge sei, sagt der Verkaufsleiter, so sehr sei die Umsetzung eben »wahre Hochtechnologie«.

Ungelöst ist nach wie vor die Wiederverwertung des zerriebenen Siliziums. Ein europäisches Forschungsprojekt namens »RE-Si-CLE« (Recycling of Silicon Rejects from PV production cycle), an dem neben HCT unter anderem auch die Firma Photowatt, die Universität Zypern und das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg teilnahmen, brachte zwar einige Fortschritte, aber noch keinen für die Praxis nutzbaren Weg. Der Slurry immerhin kann nach Abtrennung des Si-



»Da ist noch einiges an Forschung nötig.«

Pierre Marechal,
HCT Shaping Systems



Expertenwissen: Qualitätskontrolle nach genau definierten Vorgaben bei HCT.

liziumabriebs in einer Zentrifuge wieder genutzt werden.

Doch die gestiegenen Siliziumpreise werden den Druck zur Rückgewinnung des Materials verstärken. Auch in anderen Situationen erfordert der Rohstoffmangel Kreativität – etwa dann, wenn keine Ingots zur Verfügung stehen, um neu produzierte Drahtsägen zu testen. Bislang lief das bei den Firmen so: Die Käufer der Anlagen stellten den Anlagenbauern einige ihrer Siliziumblöcke zur Verfügung, um die Maschinen vor der Auslieferung zu testen. Die gesägten Wafer bekamen sie dann zurück. Nachdem das Silizium jedoch rar und teuer geworden ist, können die Maschinenbauer darauf oft nicht mehr zählen; den Waferproduzenten ist inzwischen jeder einzelne Ingot wichtig. Daher hat HCT bereits eine Alternative erdacht: »Wenn das Silizium für einen Testlauf fehlt, nehmen wir inzwischen Glasblöcke – die lassen sich genauso gut zersägen.«

Bernward Janzing

Solarindustrie in der Schweiz: Schlüsselpositionen

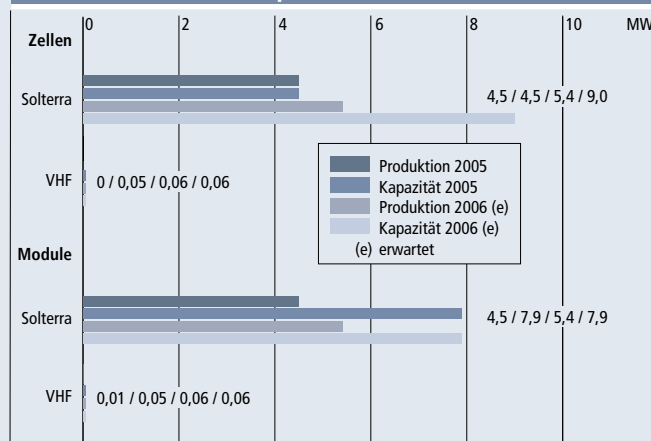
Es gibt keine Statistik zur Zahl der Arbeitsplätze, die in der Schweiz mit der Photovoltaik verbunden sind. Vorsichtig geschätzt dürften es etwa 1.000 sein, denn neben Installateuren und Planungsbüros sowie den direkt mit Produktion oder Vertrieb von Zellen, Modulen und Wechselrichtern befassten Unternehmen gibt es noch einige bedeutende Zulieferer mit weltweiten Marktaktivitäten. Ebenso schwierig ist deshalb eine Abschätzung des Umsatzes. Stefan Nowak, Chef des Beratungsunternehmens NET Nowak Energie & Technologie AG, gibt in einem Bericht vom

April 2005 die äußerst konservative Schätzung von 70 Millionen Franken (rund 45 Millionen Euro) für den privatwirtschaftlichen Bereich ab.

Die Schweiz besetzt nicht nur bei Drahtsägen für die Zellproduktion mit den Firmen **Meyer und Burger** sowie **HCT** eine Schlüsselposition. Es gibt auch zumindest in Europa keinen Solarinstallateur, der nicht schon einmal mit Verbindungssteckern der **Multi-Contact AG** aus Allschwil zu tun hatte. Die große Mehrheit aller Solarmodule ist serienmäßig mit MC-Steckern ausgerüstet.

Ebenfalls ein Begriff in der Solarbranche ist inzwischen die **Unaxis AG** mit Sitz in Pfäffikon: Nicht nur für Flachbildschirme oder Mobiltelefone liefert sie das passende Produktionsgerät, sondern auch für Dünnschichtsolarmodule. »Unaxis Solar« –

Solarzellen- und Modulproduktion



Quelle: IEA Photovoltaic Power Systems Programme / eigene Erhebungen

streng genommen mit Hauptsitz in Liechtenstein – ist seit Sommer 2004 ein auf die Photovoltaikindustrie spezialisierter Unternehmensbereich.

Die beiden Zell- und Modulhersteller der Schweiz gehören hingegen zu den kleineren ihrer Zunft. **Solterra Fotovoltaico SA** in Chiasso fertigt monokristalline Solarzellen und setzt sie auch gleich in den eigenen Modulen ein. Die Firma verfügt mit einer Jahresproduktion von derzeit rund zwölf Megawatt aber über nicht allzu viel Gewicht im internationalen Geschäft. **VHF Technologies SA** in Yverdon-les-Bains bringt sogar nur 60 Kilowatt auf die Waage, dafür aber mit einem spektakulären Produkt: Das kleine Unternehmen fertigt die an der Universität Neuchâtel entwickelten »Flexcell«-Module mit Dünnschichtzellen auf Kunststoffsubstraten.

Eine unkonventionelle Strategie – die Planung und Montage gebäude-integrierter Solarstromsysteme einerseits und die Entwicklung von Produktionsanlagen für Module andererseits – verfolgt die **3S Swiss Solar Systems AG** in Bern. 3S ist spezialisiert auf Laminatoren, kooperiert aber mit der deutschen Gebr. Schmid GmbH und bietet Komplettlösungen zur Modulfertigung an. Seit September 2005 ist das Unternehmen an der Börse notiert.

Ein Begriff ist auch Systemtechnik aus der Schweiz: **Die Sputnik Engineering AG** ist inzwischen der drittgrößte Akteur auf dem Weltmarkt

für Solarinverter, doch auch die Wechselrichter und Laderegler der auf Inselsysteme spezialisierten **Studer Innotec** aus Sion haben einen guten Namen, ebenso die Geräte der zur Berliner Solon AG gehörenden **ASP AG** in Laupen. Überwachungssysteme, Sensortechnik und Kennlinienmessgeräte bietet die **Tritec AG** aus Allschwil an. Im Bereich der Montagesysteme gehört vor allem die **Ernst Schweizer AG** aus Hedingen zu den bekannten Größen. *js*

Kennzahlen

Arbeitsplätze Ende 2005:
etwa 1.000 (Schätzung)

Umsatz 2004:
etwa 45 Millionen Euro (Schätzung)