

Emanzipation von Förderprogrammen

Centrotherm baut erste Grid-Parity-Fabrik – und begründet, warum eine Förderung dennoch weiter notwendig ist

Wer heute eine neue Modulfabrik baut, wird seine Produkte kaum mehr ausschließlich in geförderten Märkten absetzen können. Und das ist auch gar nicht nötig, denn neue Dünnschichtfabriken produzieren zu rund einem Euro pro Watt, Fabriken für kristalline Module zu etwas mehr als ein Euro pro Watt. Solarstrom lässt sich mit diesen Modulen in zahlreichen Ländern bereits konkurrenzfähig zu Netzstrom erzeugen. Wir stellen eine solche »Grid Parity«-Fabrik im Detail vor.

Die Sache ist heikel. Und so musste erst ein Vorstandsbeschluss darüber her, ob PHOTON die in diesem Artikel zu findenden Zahlen drucken darf. Unter der Überschrift: »Centrotherm baut erste Grid-Parity-Fabrik.« Nicht, weil die einzelnen Zahlen ein großes Betriebsgeheimnis wären – eine allzu detaillierte Aufschlüsselung der Kosten wurde wohlweislich vermieden –, sondern weil die am Ende stehende Aussage politischen Sprengstoff birgt. »Grid Parity« bedeutet wörtlich übersetzt »Netz-Parität« und meint die Wettbewerbsfähigkeit von Solarstrom zu Strom aus dem Netz – und damit das Ende der Abhängigkeit der Photovoltaik von Fördergeldern. Und so gab es zu Beginn der Recherchen ein klares Statement von Centrotherm: »Da sollte dann aber am Ende nicht stehen: Jetzt brauchen wir keine Förderung mehr«, so Peter Fath, Technologievorstand des börsennotierten Unternehmens. Wird es am Ende auch nicht.

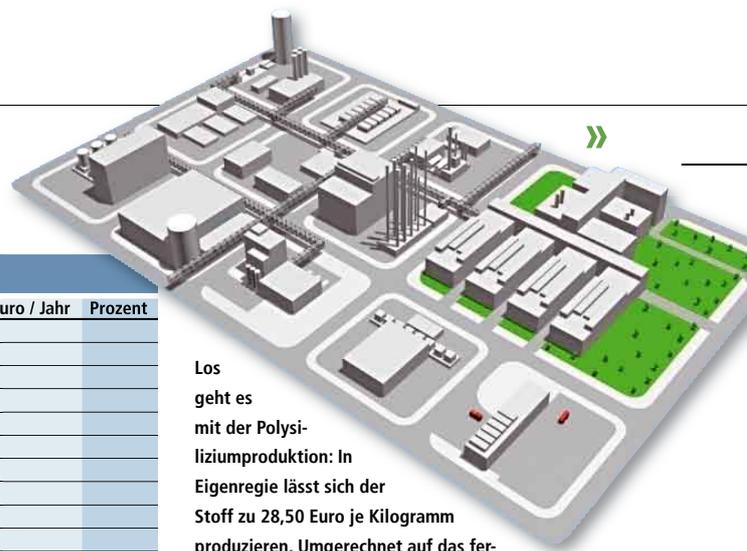
Die in diesem Beitrag beschriebene Centrotherm-Fabrik, mit der man Module produzieren kann, die auf dem Weltmarkt auch ohne Förderprogramme ihre Käufer finden werden, ist kein Papiertiger, son-



Die Firma Centrotherm baut Fabriken, in denen sich Solarmodule so günstig produzieren lassen, dass die damit installierten Solarstromanlagen keiner zusätzlichen Förderung mehr bedürfen, um rentabel zu sein. Die Dokumentation der Produktionskosten in einem 14-seitigen Papier für die PHOTON-Redaktion wurde im Konzern dennoch heiß diskutiert – schließlich soll kein Politiker auf die Idee kommen, den Geldhahn zuzudrehen.

dern soll wirklich gebaut werden. Am weitesten gediehen sind die Verhandlungen mit einem norwegischen Investor, aber auch Interesse aus Indien und der Ukraine wird vermeldet. Für den Preis von 718,1 Millionen Euro erhält der Kunde eine vollintegrierte Solarfabrik mit einem jährlichen Output von 347 Megawatt Solarmodulen. Wobei es sich genau genommen um fünf separate Teilfabriken handelt, welche die Produktion vom Polysilizium bis zum fertigen Solarmodul ermöglichen. Diese müssen auch nicht unbedingt alle an einem Standort gebaut werden. So ist die Siliziumproduktion sehr energieintensiv, ein

Standort mit möglichst niedrigen Stromkosten wäre also vorteilhaft. Die Module selbst sollten dagegen lieber in der Nähe des Zielmarktes gefertigt werden, um Transportkosten zu minimieren. Norwegen wäre also unter diesen Rahmenbedingungen eine gute Wahl: billiger Strom dank Wasserkraft, und bis zu den attraktiven Märkten Südeuropas ist es auch nicht allzu weit. Für die konkrete Berechnung in diesem Artikel hat sich Centrotherm allerdings für die Kombination Kanada/Deutschland entschieden: Die Fabriken zur Produktion von Polysilizium und multikristallinen Ingots werden in Kanada in



Los geht es mit der Polysiliziumproduktion: In Eigenregie lässt sich der Stoff zu 28,50 Euro je Kilogramm produzieren. Umgerechnet auf das fertige Modul sind das 0,21 Euro je Watt. Wer Silizium zukaufen muss, zahlt heute auf dem Spotmarkt das Zehnfache, bei Langfristverträgen das Doppelte.

der Nähe eines großen Wasserkraftwerks gebaut, das Sägen der Wafer, die Prozessierung der Solarzellen und die Fertigung der Module wurden für einen Standort in Deutschland berechnet. Diese Aufteilung macht Sinn, da sich die »Bricks« – also die in Säulen geschnittenen Silizium-Ingots – gut transportieren lassen.

Kanada: Polysilizium- und Ingot-Produktion

Eine Warnung vorab: Für Photovoltaikexperten werden die nächsten Absätze wenig Neues enthalten. Denn in der Grid-Parity-Fabrik kommt ausschließlich bewährte Technik zum Einsatz: Das Equipment ist erprobter Standard, die Wirkungsgrade sind mäßig ambitioniert, und der Durchsatz ist auch nicht gerade rekordverdächtig. Die einzelnen Teilfabriken stehen stumpf nebeneinander, eine besondere Verflechtung der Produktionsprozesse wurden nicht umgesetzt. Centrotherm arbeitet zwar schon am Konzept der »Smart Integrated Factory«, bei der die Prozesse so zusammengeführt werden, dass am Ende eine wirklich vollintegrierte Produktionsstätte steht. »Neben Investitionskosten können dadurch auch



In direkter Nachbarschaft zur Siliziumfabrik steht die Ingot-Fertigung. Hier wird das Polysilizium geschmolzen, kristallisiert und die dann entstandenen Ingots in Säulen gesägt. Die Herstellungskosten für diese Siliziumsäulen betragen (ohne den Rohstoff Silizium) 20,71 Euro je Kilogramm, das sind 0,14 Euro je Watt im Modul.

Trichlorsilan- und Polysiliziumproduktion

Maschinen (Abschreibung über 10 Jahre)	Menge	Preis (Mio. Euro)	Mio. Euro / Jahr	Prozent
Zerkleinerungsanlagen für metallurgisches Silizium	2			
Reaktor zur Synthese von Trichlorsilan	2			
Destillation und Reinigung	1			
Tank zur Lagerung	1			
Siemens-Reaktoren zur Abscheidung	18			
Konversionsreaktor für Siliziumtetrachlorid	9			
Zerkleinerungsanlagen für Siliziumstäbe	1			
Ätzanlage	2			
Produktion für Saatkristalle	6			
Aufbereitung der Abgase	1			
Abfallbehandlung	2			
Laboreinrichtung	1			
sonstiges Equipment	1			
Projektmanagement und Prozess-Know-how				
Summe		209,2	20,9	29 %
Gebäude und Facility (Abschreibung über 15 Jahre)				
Gebäude	80.000 m ²			
Facility und Infrastruktur				
Projektmanagement				
Summe		102,8	6,9	10 %
Rohstoffe				
metallurgisches Silizium	1,6 t / t Polysilizium			
Salzsäure	0,48 t / t Polysilizium			
Wasserstoff	0,08 t / t Polysilizium			
Summe			8,6	12 %
Laufende Kosten				
Strom	165 kWh / kg			
Hilfsstoffe	1,61 Euro / kg			
Wartungskosten Equipment	3 % der Investition			
Wartungskosten Gebäude	3 % der Investition			
Summe			22,9	32 %
Personal				
Management	15			
Ingenieure und Techniker	60			
Betriebsmannschaft	164			
Summe			12,0	17 %
Summe der jährlichen Kosten			71,3	
anteilige Kosten je Watt Modulleistung (Euro)			0,21	

Ingot-Produktion

Maschinen (Abschreibung über 7 Jahre)	Menge	Preis (Mio. Euro)	Mio. Euro / Jahr	Prozent
Tiegelpräparation	6			
Trockenöfen	6			
Kristallisationseinheit	53			
Säge zum Zerteilen in Säulen (Bricks)	10			
Säge zum Entfernen der Ränder	10			
Schleifmaschine	16			
Laboreinrichtung	1			
sonstiges Equipment	1			
Projektmanagement und Prozess-Know-how				
Summe		80,5	11,5	24 %
Gebäude und Facility (Abschreibung über 15 Jahre)				
Gebäude	28.000 m ²			
Facility und Infrastruktur				
Projektmanagement				
Summe		16	1,1	2 %
Rohstoffe				
Quarztiegel	2,2 Stk. / t			
Summe			8,1	17 %
Laufende Kosten				
Strom	25,9 kWh / kg			
Hilfsstoffe	1,10 Euro / kg			
Wartungskosten Equipment	5 % der Investition			
Wartungskosten Gebäude	3 % der Investition			
Summe			9,8	21 %
Personal				
Management	14			
Ingenieure und Techniker	64			
Betriebsmannschaft	280			
Summe			16,6	35 %
Summe der jährlichen Kosten			47,1	
anteilige Kosten je Watt Modulleistung (Euro)			0,14	

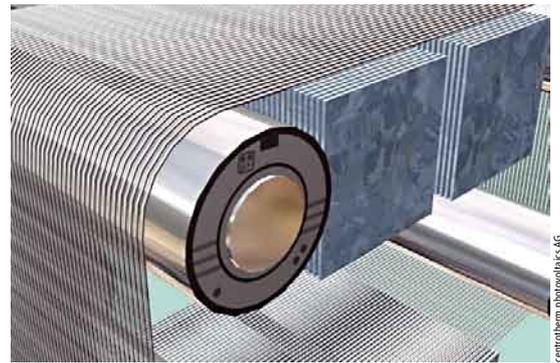
Mitarbeiter eingespart sowie Bruch verringert und der Wirkungsgrad erhöht werden«, erklärt Franz-Josef Feilmeier, Projektmanager Modultechnologie bei der Centrotherm-Tochter GP Solar GmbH. Doch zum Erreichen der Grid Parity reicht bereits der bewährte Standard, der deshalb hier als Grundlage dient.

Unabdingbar ist jedoch eine eigene Siliziumproduktion, schließlich soll der künftige Fabrikbetreiber nicht von Preisschwankungen am Siliziummarkt abhängen. Eine sinnvolle Größe stellt eine Produktionskapazität von 2.500 Tonnen Polysilizium pro Jahr dar – kleinere Einheiten werden überproportional teuer. Damit erklärt sich auch die ungerade Zahl bei der Modulkapazität von 347 Megawatt, die durch die Menge des zur Verfügung stehenden Siliziums definiert wird.

Die Herstellung des Polysiliziums beginnt mit metallurgischem Silizium, das auf dem Weltmarkt beschafft werden muss. Durch Zugabe von Salzsäure entsteht Trichlorsilan, das sich destillieren und auf diese Weise reinigen lässt. In insgesamt 18 Siemens-Reaktoren wird dann das hochreine Silizium abgeschieden, das Abfallprodukt Siliziumtetrachlorid wird in insgesamt 9 Konversionsreaktoren wieder in Trichlorsilan verwandelt und vorn wieder in den Prozess eingespeist. Die Konversionsreaktoren sind zwar teuer, reduzieren jedoch den Bedarf an metallurgischem Silizium pro Kilogramm Polysilizium ganz erheblich und

sollten deshalb in keiner neuen Siliziumproduktion mehr fehlen. Dasselbe gilt für die aufwendige Anlage zur Aufbereitung der verbrauchten Gase, die dafür sorgt, dass keine schädlichen Abgase in die Umwelt gelangen. Am Ende des Produktionsprozesses werden die in den Siemens-Reaktoren gewonnenen Siliziumstäbe gebrochen und geätzt. Die Gesamtfläche von 80.000 Quadratmetern ist bereits für eine spätere Kapazitätsverdopplung ausgelegt.

Mit insgesamt 209,2 Millionen Euro ist der Maschinenpark für die Polysiliziumproduktion der größte Kostenblock der Grid-Parity-Fabrik. »Wenn die Fabrik nach ihrer wirtschaftlichen Abschreibung nach zehn Jahren weiterhin produziert, sinken auch die Herstellungskosten dementsprechend«, ergänzt Feilmeier. Die Rohstoffe – neben metallurgischem Silizium vor allem Chlorwasserstoff und Wasserstoff – tragen zu 12 Prozent zu den Kosten bei, sind also vergleichsweise unbedeutend. Dagegen spielen die Strompreise eine sehr wichtige Rolle. Hier wurde ein Industriestrompreis von 2,8 Eurocent je Kilowattstunde angenommen, ein für Kanada durchaus realistischer Wert. Dennoch liegen die laufenden Kosten bei 32 Prozent. Billige Solarmodule brauchen eben billigen



In der Wafer-Fertigung werden die Siliziumsäulen mit Drahtsägen in Wafer gesägt. Inklusive Reinigung entstehen hier Kosten von 0,15 Euro je Watt Modulleistung.

Strom in der Produktion; wobei auch mit deutschen Strompreisen eine Grid-Parity-Fabrik zu betreiben wäre, wie Centrotherm auf Wunsch von PHOTON kalkuliert hat.

Insgesamt entstehen Produktionskosten von 28,50 Euro je Kilogramm hochreinen Siliziums. Das entspricht, bezogen auf das fertige Modul, 21 Cent je Watt.

Ebenfalls in Kanada befindet sich die Ingot-Fabrik. Dort werden die Polysiliziumstücke zusammen mit einem Dotierungselement in Kristallisationsöfen eingeschmolzen. In diesen Öfen, 53 an der Zahl, kristallisiert das Silizium dann zu Blöcken, den Ingots. Diese werden zu Säulen geschnitten, die bereits Länge und Breite der späteren Wafer haben. Der ganze Prozess läuft nicht verlustfrei ab, sodass für eine Tonne Ingots 1,1 Tonnen Silizium benötigt werden. Oder andersherum: Aus den 2.500 Tonnen Silizium können 2.273 Tonnen multikristalline Siliziumsäulen gefertigt werden, die nach einem Zuschliff verpackt und nach Deutschland geschickt werden, wo die Weiterverarbeitung zu Modulen erfolgt.

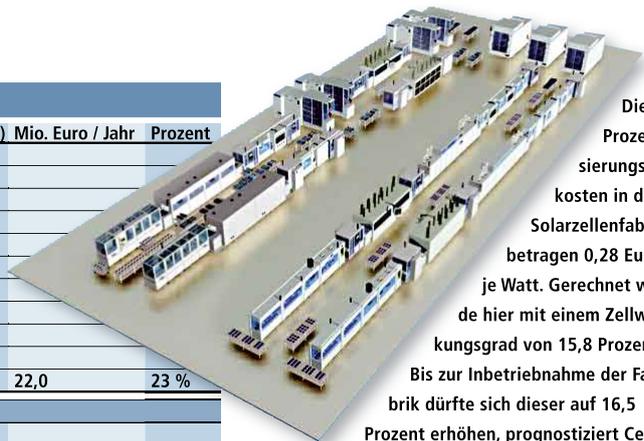
Die Öfen haben ein Fassungsvermögen von je 450 Kilogramm, und damit zeigt sich auch hier, dass Centrotherm zwar modernes Equipment einsetzt, am Markt aber durchaus noch effizientere Öfen zu haben sind. So bietet die chinesische JYT Corporation bereits Kristallisationsöfen mit einem Fassungsvermögen von 800 Kilogramm an (PHOTON 9-2008).

Neben dem Hauptrohstoff der Ingot-Fabrik, dem Polysilizium aus der benachbarten Fabrik, deren Kosten erst in der Schlussrechnung wieder auftauchen, stellt die Anlagenabschreibung auch hier einen beträchtlichen Teil der Produktionskosten dar. Die wirtschaftliche Abschreibung wurde hier von Centrotherm auf sieben Jahre festgelegt, ähnliche Anlagen sind jedoch laut Feilmeier in Osteuropa und Asien bereits seit mehreren Jahrzehnten im Einsatz, sodass auch hier die Nutzung der abgeschriebe-

Wafer-Produktion

Maschinen (Abschreibung über 7 Jahre)	Menge	Preis (Mio. Euro)	Mio. Euro / Jahr	Prozent
Drahtsägen	55			
Slurry-Aufbereitung	5			
Kleben der Ingots	5			
Wafer-Reinigung und -trocknung	6			
Qualitätskontrolle	1			
sonstiges Equipment	1			
Projektmanagement und Prozess-Know-how				
Summe		76,8	15,4	25 %
Gebäude und Facility (Abschreibung über 15 Jahre)				
Gebäude	18.500 m ²			
Facility und Infrastruktur				
Projektmanagement				
Summe		13,0	0,9	1 %
Rohstoffe				
Schleifschlamm (Slurry)				
Draht				
Summe			16,8	27 %
laufende Kosten				
Transport und Versicherung der Ingots	0,005 Euro / Wp			
Strom	0,20 kWh / kg			
Hilfsstoffe	0,023 Euro / Wp			
Wartungskosten Equipment	5 % der Investition			
Wartungskosten Gebäude	3 % der Investition			
Summe			18,9	31 %
Personal				
Management	10			
Ingenieure und Techniker	32			
Betriebsmannschaft	156			
Summe			9,3	15 %
Summe der jährlichen Kosten			61,3	
anteilige Kosten je Watt Modulleistung (Euro)			0,18	

Zellproduktion				
Maschinen (Abschreibung über 5 Jahre)	Menge	Preis (Mio. Euro)	Mio. Euro / Jahr	Prozent
Nassbank zur Texturierung	7			
Diffusionsöfen für PoCl ₃	14			
Nassbank zur Entfernung von Phosphorglas	7			
Siliziumnitrid-Abscheidung	7			
Metallisierung	14			
Sinteröfen	7			
Komplett-Set Charakterisierungssysteme	7			
Laboreinrichtung	1			
sonstiges Equipment	1			
Projektmanagement und Prozess-Know-how				
Summe		110,0	22,0	23 %
Gebäude und Facility (Abschreibung über 15 Jahre)				
Gebäude	18.000 m ²			
Facility und Infrastruktur				
Projektmanagement				
Summe		16,3	1,1	1 %
Rohstoffe				
Paste für Frontkontakt	0,047 g / Wp			
Paste für Rückkontakt	0,042 g / Wp			
Paste Rückseite	0,416 g / Wp			
Chemikalien und Gase				
Summe			39,3	41 %
laufende Kosten				
Strom	0,34 kWh / Wp			
Hilfsstoffe	0,024 Euro / Wp			
Wartungskosten Equipment	5 % der Investition			
Wartungskosten Gebäude	3 % der Investition			
Summe			17,5	18 %
Personal				
Management	11			
Ingenieure und Techniker	64			
Betriebsmannschaft	248			
Summe			16,2	17 %
Summe der jährlichen Kosten			96,1	
anteilige Kosten je Watt Modulleistung (Euro)			0,28	



Die Prozesskosten in der Solarzellenfabrik betragen 0,28 Euro je Watt. Gerechnet wurde hier mit einem Zellwirkungsgrad von 15,8 Prozent. Bis zur Inbetriebnahme der Fabrik dürfte sich dieser auf 16,5 Prozent erhöhen, prognostiziert Centrotherm – was die Kosten noch senken wird.

sehr hohen Temperaturen sehr viel Energie benötigt wird, betragen die laufenden Kosten knapp ein Fünftel der Gesamtkosten der Ingot-Fertigung. Den größten Block in diesem Bereich der Fertigung bilden mit einem Anteil von 31 Prozent die Personalkosten, weshalb Feilmeier betont, dass ein Standort in Asien die Möglichkeit zu weiteren Kosteneinsparungen bieten würde. Für die Personalkosten hat Centrotherm bei der deutsch-kanadischen Grid-Parity-Fabrik mit durchschnittlich 50.000 Euro pro Mitarbeiter und Jahr kalkuliert.

Die Herstellungskosten der multikristallinen Ingots betragen insgesamt 20,71 Euro je Kilogramm; das entspricht 0,14 Euro pro Watt im fertigen Modul.

Deutschland: Wafer-, Zell- und Modulfertigung

Die Wafer-, Zell- und Modulfertigung findet in Deutschland statt. In der Wafer-Fabrik werden aus der Jahresproduktion von 2.273 Tonnen multikristallinen Ingots 97,2 Millionen Wafer geschnitten, die dann zu

nen Anlagen wirtschaftlich erscheint. Ein weiterer bedeutender Kostenblock sind die Schmelztiegel, in denen die Ingots kristallisiert werden. Sie müssen aus hochreinem Quarz sein, um das Silizium nicht zu verunreinigen, und können zudem nur einmal verwendet werden. Zwar arbeiten die ersten Firmen bereits an wiederverwend-

baren Tiegeln, wie beispielsweise die französische Apollon Solar SAS, doch für die Grid-Parity-Fabrik von Centrotherm werden diese nicht einmal benötigt, es funktioniert auch mit Einmaltiegeln.

Wie auch bei der Siliziumproduktion haben die Strompreise einen großen Einfluss: Da für die Schmelze des Siliziums bei

Die Zukunft liegt in Dünnschicht, investieren Sie mit...

Der Zeitpunkt um in Solar und gleichzeitig in die Zukunft zu investieren ist gekommen. Greifen auch Sie zu, bei den neuen a-Si Dünnschicht Modulen PF 40 von PFIXX Solar Systems und fordern Sie noch heute Ihr unverbindliches Angebot mit unseren Lieferkonditionen an.



Sonderangebot für Dünnschicht Solar Modulen:

ab 50 kW € 2,15/ Wp*
 ab 200 kW € 2,05/ Wp*
 ab 500 kW € 1,95/ Wp*

Daten:
Abmessung: 1245 x 635 x 7,6 mm
Gewicht: 14,4 kg
Garantie: 5 Jahre
Leistung: 40 Wp
Ertrag: 80% nach 20 Jahren

Information:
 PFIXX Solar Systems B.V.
 Weteringstraat 25
 7041 GW 's-Heerenberg
www.pfixx.nl
r.linsen@pfixx.nl

* alle Preise sind gültig bis 31 Dezember 2008, exkl. MwSt und ab Werk NL. Gültig solange der Vorrat reicht.



Modulproduktion				
Maschinen (Abschreibung über 5 Jahre)	Menge	Preis (Mio. Euro)	Mio. Euro / Jahr	Prozent
Glaswaschanlage und 1. EVA-Station	5			
Doppel-Stringer und Lay-up-Einheit	10			
Verschaltung u. 2. EVA-Station + Rückseitenfolie	5			
Laminator	20			
Back-End Linien (Rahmung, Anschlussdosen etc.)	4			
Modultester	4			
Sortier- und Verpackungsstation	1			
sonstiges Equipment	1			
Projektmanagement und Prozess-Know-how				
Summe		73,5	14,7	9 %
Gebäude und Facility (Abschreibung über 15 Jahre)				
Gebäude	20.000 m ²			
Facility und Infrastruktur				
Projektmanagement				
Summe		20,0	1,3	1 %
Rohstoffe				
Glas	1,6 m ² / Modul			
EVA	3,2 m ² / Modul			
Rückseitenfolie	1,6 m ² / Modul			
Rahmen	5,2 m / Modul			
Anschlussdose	1 Stk. / Modul			
Summe			112,4	72 %
laufende Kosten				
Strom	0,05 kWh / Wp			
Hilfsstoffe	0,025 Euro / Wp			
Wartungskosten Equipment	5 % der Investition			
Wartungskosten Gebäude	3 % der Investition			
Summe			13,8	9 %
Personal				
Management	11			
Ingenieure und Techniker	64			
Betriebsmannschaft	248			
Summe			14,6	9 %
Summe der jährlichen Kosten			156,8	
anteilige Kosten je Watt Modulleistung (Euro)			0,45	

Den größten Anteil an den Produktionskosten hat aber die Solarmodulfertigung. 0,45 Euro je Watt werden hier benötigt, um die Solarzellen zu Modulen zu verarbeiten.

mittel) für die Sägen. (Die Kosten für das selbst hergestellte Vorprodukt, die Ingots, sind auch hier wieder der vorgelagerten Fabrik zugerechnet.) Die laufenden Kosten schließen hier auch den Transport der aus den Ingots geschnittenen Blöcke sowie die Transportversicherung mit ein.

In der Zellfabrik werden die Wafer durch verschiedene Prozessstufen geführt. Sie besteht aus sieben Standardlinien mit einer Produktionskapazität von jeweils 50 Megawatt. Bei einem Investitionsvolumen von 110 Millionen Euro nimmt die Maschinenabschreibung einen Anteil von 23 Prozent an den Prozessierungskosten ein. Einen besonders großen Batzen bei der Zellfertigung machen die Pasten aus, die zur Kontaktierung auf Vorder- und Rückseite der Solarzellen aufgebracht werden. Zusammen mit den nasschemischen Stoffen und den verschiedenen Prozessgasen tragen sie zu 41 Prozent der Produktionskosten in der Zellfabrik bei. Die 323 Mitarbeiter in der Fabrik schlagen mit 17 Prozent der Herstellungskosten zu Buche. Auch an dieser Stelle sei noch einmal erwähnt, dass die Kosten der selbst produzierten

93,8 Millionen Solarzellen werden (ein bisschen Schwund ist immer) und schlussendlich in 1,6 Millionen Solarmodulen enden. So verlassen jedes Jahr Module mit einer Gesamtleistung von 347 Megawatt die Fabrik.

Bei der Wafer-Fabrik beträgt die Abschreibung auf die Investitionskosten ein Viertel der Produktionskosten. Die

wirtschaftliche Abschreibungsdauer ist – ebenso wie bei der Zell- und Modulfabrik – mit fünf Jahren recht kurz bemessen. »Weniger konservative Annahmen würden zu einer weiteren deutlichen Kostenreduktion führen«, betont Feilmeier. Noch ein bedeutender Kostenfaktor sind die Drähte und Slurry (Schleif-

Als Partner für die Planung, Realisierung und den technischen und kaufmännischen Betrieb Ihrer Photovoltaik-Projekte finden Sie uns ab sofort auch hier.*

EQ-Mover: 2-achsiges Nachführsystem für PV-Anlagen
www.eq-sys.de

energiequelle gmbh

Hauptstraße 44 | D-15806 Zossen/OT Kallinchen | fon +49-(0)33769 871-0 | www.energiequelle.de



Die zur Zeit sicherste Geldanlage:

StecaGrid 2000+

Ihre Solaranlage mit StecaGrid-Wechselrichtern zur Netzeinspeisung*

= sichere Rendite für 20 Jahre!



* StecaGrid 2000+ DualString-Netzwechselrichter konzipiert für Solarstrom-Anlagen ab 2.000 W, der Spezialist für „schwierige Dächer“.

Für Sie heißt das:

Maximaler Ertrag in jeder Situation!

Investitionskosten für eine »Grid Parity«-Fabrik (Mio. Euro)

Produktionsschritt	Maschinen	Gebäude und Infrastruktur	Einzelsumme
Polysilizium	209,2	102,8	312,0
Ingot	80,5	16,0	96,5
Wafer	76,8	13,0	89,8
Zellen	110,0	16,3	126,3
Module	73,5	20,0	93,5
Summe			718,1

Eine Solarfabrik bitte! Macht 718,1 Millionen Euro zuzüglich Mehrwertsteuer – vielleicht auch etwas weniger, denn bei den von Centrotherm genannten Preisen handelt es sich um unverhandelte Listenpreise.

Vorprodukte (in diesem Fall die der Wafer) nicht mit in die Rechnung einfließen, sodass diese Rechnung nicht für eine Stand-alone-Zellfabrik gilt.

In der Solarmodulfabrik werden die Solarzellen in einen Glas-Kunststoff-Verbund gebettet, um sie vor Wettereinflüssen zu schützen und eine möglichst lange Lebensdauer zu gewährleisten. In der Grid-Parity-Fabrik von Centrotherm hat jedes Modul 60 Zellen und somit 217 Watt. Die Investitionskosten für diesen letzten Teil der Produktionskette sind mit 73,5 Millionen Euro verhältnismäßig gering. Den eindeutig größten Anteil an den Produktionskosten machen die Verbrauchsmaterialien aus: Glas, Folien, Rahmen und Anschlussdosen. Mit Listenpreisen gerechnet ergeben sich Kosten von 112 Millionen im Jahr, wobei Centrotherm hier auf vorliegende Einkaufspreise für »deutlich kleinere Fabriken« zurückgegriffen hat, wie Feilmeier betont.

Noch ein paar Eckdaten: Die Dicke der Wafer beträgt 180 Mikrometer, für heutige Drahtsägen ein leicht zu erreichender Wert. Der Zellwirkungsgrad soll im Durchschnitt 15,8 Prozent betragen und ist damit gut, nicht aber als wirklich besonders ambitioniert zu betrachten. »Alle Annahmen wurden durchgehend konservativ dargestellt und sind im Praxiseinsatz bereits erreicht«, betont Feilmeier den Ansatz. Außerdem wird dieser Wirkungsgrad von Centrotherm für seine schlüsselfertigen Zellfabriken als Mindestwirkungsgrad garantiert.

Produktionskosten insg. (€ / W)

Polysilizium	0,21
Ingot	0,14
Wafer	0,18
Zelle	0,28
Modul	0,45
Summe	1,26

Mit einer solchen Solarfabrik lassen sich bei einer Aufteilung der Teilfabriken auf die Länder Kanada und Deutschland Module zu Produktionskosten von 1,26 Euro je Watt fertigen. Je nach Standort variieren die Kosten zwischen 1,12 Euro und 1,36 Euro je Watt, hat Centrotherm berechnet.

Die anteiligen Wafer-Kosten betragen 0,18 Euro, die anteiligen Zellkosten 0,28 Euro und die anteiligen Modulkosten 0,45 Euro pro Watt Moduleistung.

Module für 1,26 Euro je Watt

Zusammengerechnet betragen die Produktionskosten der Grid-Parity-Fabrik von Centrotherm rund 1,26 Euro je Watt. Nicht eingerechnet in die reinen Herstellungskosten sind die indirekten Kosten des Unternehmens, etwa für Einkauf, Vertrieb und Finanzen. Pauschal kann man für Fabriken dieser Größenordnung zehn Prozent auf die Produktionskosten aufschlagen, was die Gesamtkosten auf 1,37 Euro je Watt anhebt. Bei einer Umsatzrendite von 25 Prozent ergeben sich dann 1,71 Euro je Watt. Mit polykristallinen Solarmodulen zu 1,71 Euro je Watt lassen sich Anlagen zu 2.500 Euro pro Kilowatt bauen. Und damit lässt sich in Deutschland Solarstrom zu 30 Cent die Kilowattstunde produzieren. In südeuropäischen Ländern wie Italien, Griechenland oder Spanien sinken die Solarstromgestehungskosten dank der höheren Einstrahlung auf 20 Cent – und damit in den Bereich der Haushaltsstrompreise. Grid Parity ist erreicht. Werden ein paar Einsparmaßnahmen berücksichtigt und Standorte gewählt, die bei Strom-, Mitarbeiter- und Gebäudekosten zu Einsparungen führen, sind auch Herstellungskosten von einem Euro je Watt denkbar, so Feilmeier. Wobei das kein neuer Rekord wäre: Der Dünnschichthersteller First Solar Inc. produziert bereits heute zu unter einem Euro je Watt. Auch Anbieter schlüsselfertiger Produktionslinien für Dünnschichtmodule werben mit Produktionskosten von einem Euro je Watt. Damit sind dann Anlagenpreise um 2.000 Euro realisierbar – was Grid Parity in Deutschland bedeutet.

Und die Förderprogramme? »Auch nach Fertigstellung dieser integrierten Fabrik würde sie nur einen kleinen Teil des Produktionsvolumens der weltweit verteilten bereits bestehenden Produktionsstätten ausmachen«, teilt Centrotherm mit. Die Bauzeit beträgt drei Jahre. Anne Kreuzmann