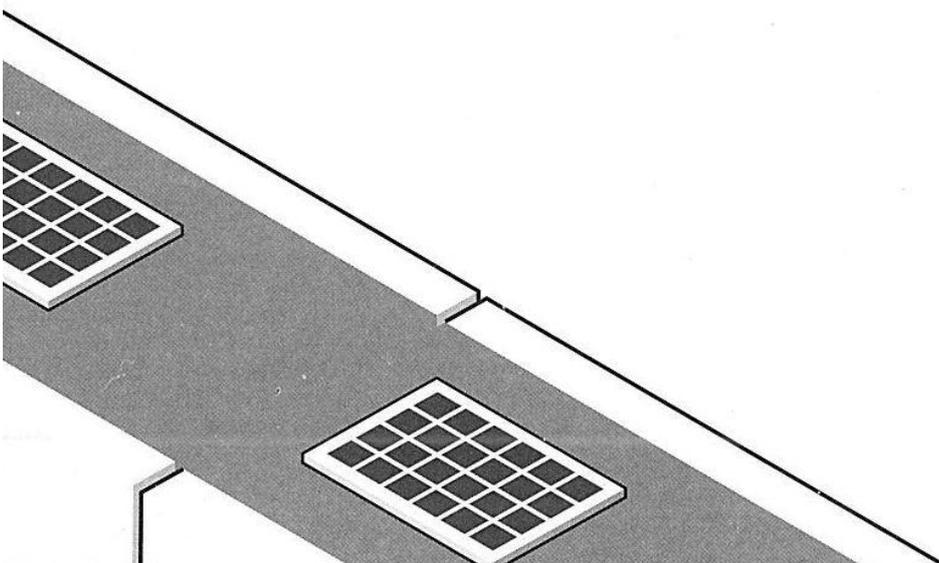


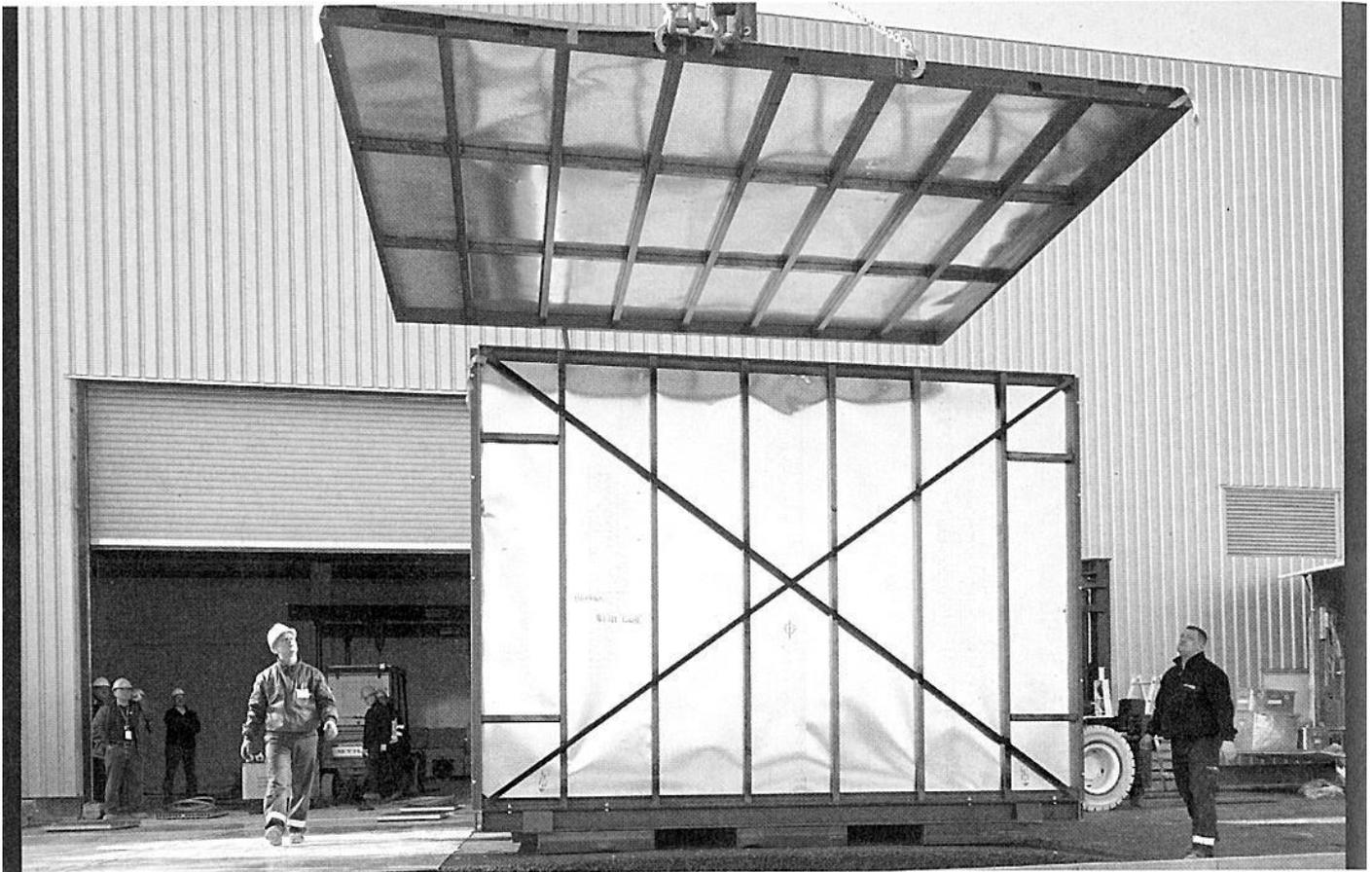


Der Schlüssel zur Solarfabrik

Photovoltaik ist ein Betätigungsfeld für Unternehmen unterschiedlichster Herkunft – Konzerne der Halbleiterbranche, mittelständische Autozulieferer oder Spezialisten aus der Nasschemie tummeln sich dort. Vielen gemein ist aber ein Angebot: Turnkey, Photovoltaiklinien von der Stange.

Text: Jürgen Heup und Sascha Rentzing, Illustrationen: andesee





Zulieferer: Die Produktionsanlagen für Masdar PV in Ictershausen stammen von Applied Materials (li). Beim Siliziumproduzenten Crystalox in Bitterfeld heißt es selbst Hand anlegen (re).

Wer sich ein schlüsselfertiges Haus bestellt, kann zu einem Fertighausbauer gehen, durch die Ausstellungsgebäude wandeln und sich dann sein Wunschobjekt liefern lassen. Tür auf und wohnen. Doch wie sieht es bei einer schlüsselfertigen Solarfabrik aus? Stellen einem Fabrikfertigbauer ein Werk hin, bei dem man nur noch die Hallentore beiseite rollen muss und dann losproduzieren kann? Zumindest suggerieren das die sogenannten Turnkey-Lösungen, die viele Zulieferer mittlerweile offerieren. Firmen, die ursprünglich nur einen Teilprozess einer Solarfabrik bereitstellten: Anlagen- und Maschinenbauer. Unternehmen, die dem industriellen Mittelstand entstammen, die weniger im Rampenlicht stehen als die großen Photovoltaik-Produzenten. Doch mit ihren Maschinen waren sie maßgeblich an der Erfolgsgeschichte der Solartechnik beteiligt. Hunderte dieser Ausrüster sind mittlerweile auf dem Markt.

Viele Prozesse, reichlich Betätigungsfeld

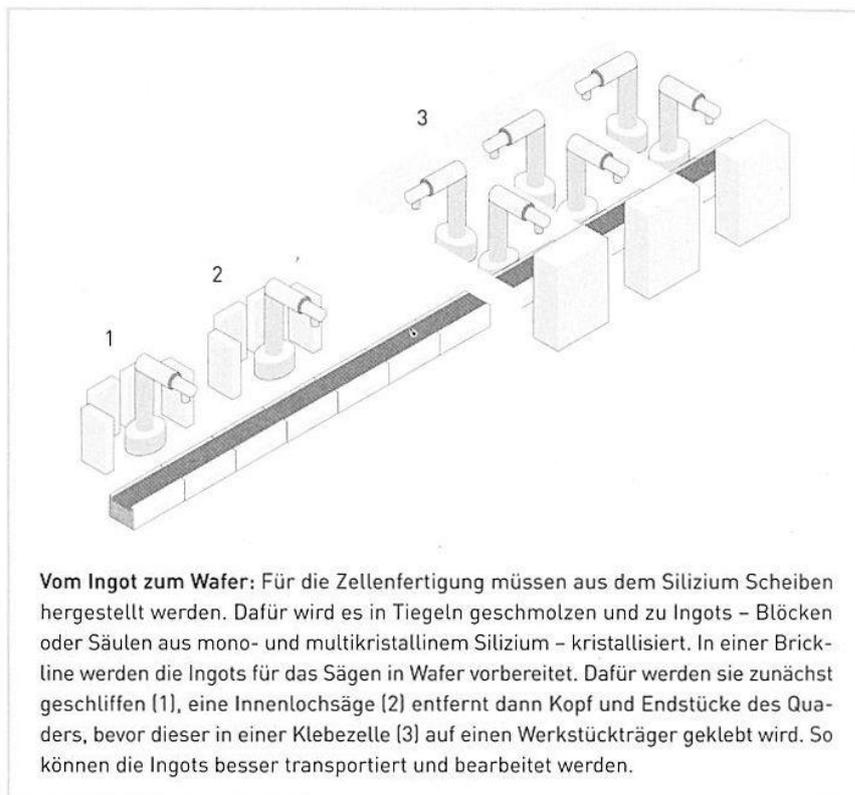
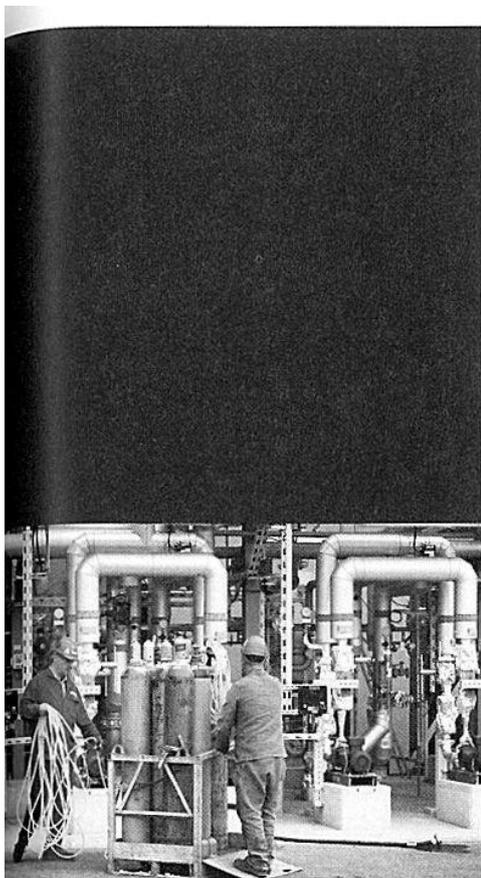
Eine Photovoltaik-Fabrik ist die Aneinanderreihung von zahlreichem Equipment, das sich je nach Technologie und Produktionsschritt unterscheidet (siehe Illustrationen). Bei der kristallinen Siliziumtechnik sind es die vier Fabrikationsabschnitte Silizium, Wafer, Zelle und Modul, die in der Regel in gesonderten Werkshal-

len ablaufen. Sie umfassen zahlreiche Einzelschritte: von der Siliziumaufbereitung, über Kristallisierungs-, Säge- und Ätzprozesse, Reinigung, Schichtabscheidung, Diffusion und Metallisierung der Solarzellen bis hin zur Verschaltung und Laminierung der Zellen zu Modulen, Rahmung und schließlich dem Anschluss einer Elektrobox. Bei der Dünnschichttechnologie laufen die Fertigungsschritte komprimiert ab, die gesamte Produktion erfolgt in einer Halle.

Die Ausrüster sorgen für stetige Innovationen: Sägespezialisten entwickeln Drahtsägen für immer dünnere Wafer, Nasschemiker bauen Anlagen, welche die Oberflächen von Zellen schneller bearbeiten, Hersteller von Lasern und Druckmaschinen sorgen mit ihrem Equipment für die präzise Strukturierung und die punktgenaue Kontaktverknüpfung der Zellen, Ofenbauer liefern Diffusionsöfen, die zügig Fremdstoffe in den Halbleiter einbringen und damit dessen elektrische Leitfähigkeit sicherstellen. Auch die Glashersteller sind am technischen Fortschritt beteiligt. Ihre reflexionsfreien Solargläser lassen immer mehr Licht in die Zelle eindringen.

König Kunde

Die Kunden der Maschinenbauer sind die Fabrikanten in spe: Ein häufiger Ausspruch in der Photovoltaik (PV) lautete in der Ver-

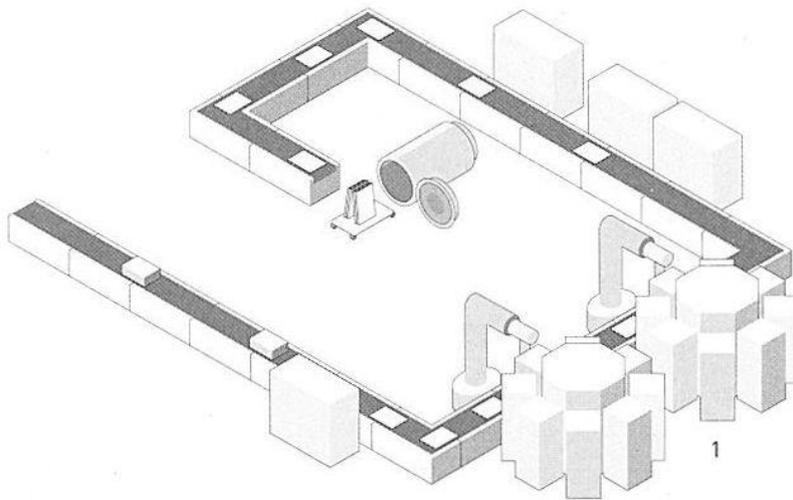


gangenheit: „Fabriken kauft man nicht von der Stange.“ Demnach führt der Weg zur Solarfabrik über eine individuelle Auswahl des Equipments verschiedener Ausrüster: „Klassischerweise startet ein Unternehmensgründer – etwa ein Wissenschaftler oder Solartüftler – mit einer technologischen Idee im Gepäck und sammelt Wagniskapital ein.“ Chris Buckland, Leiter Projektmanagement für die Siliziumtechnologie bei IB Vogt, einem Serviceunternehmen für die Fabrikplanung, zählt diesen Unternehmensgründer an Nummer zwei seiner Kundenliste auf, neben den bereits etablierten Solarherstellern und den reinen Neueinsteigern. „Der Unternehmensgründer versteht den Produktionsprozess genau und hat schon eine recht klare Vorstellung von den Maschinen, die er zur Verwirklichung seiner Idee benötigt“, erklärt Buckland. Für ihn müsse die Produktionslinie individuell zusammengestellt werden. „Wir kennen die Equipmenthersteller, arbeiten mit ihnen zusammen und können diesem Kunden so schnell eine Übersicht vorlegen, welche Maschinenkombination seinen Vorstellungen entspricht.“ Allerdings finde die Auswahl nicht unbedingt nach dem Aspekt „nur das Beste“ statt. „Bei einem Start-up ist die Kapitaldecke oftmals eher dünn. Erfahrungsgemäß müssen wir ihn auch noch bei der weiteren Suche zur Finanzierung seines Projekts unterstützen“, sagt der Planer.

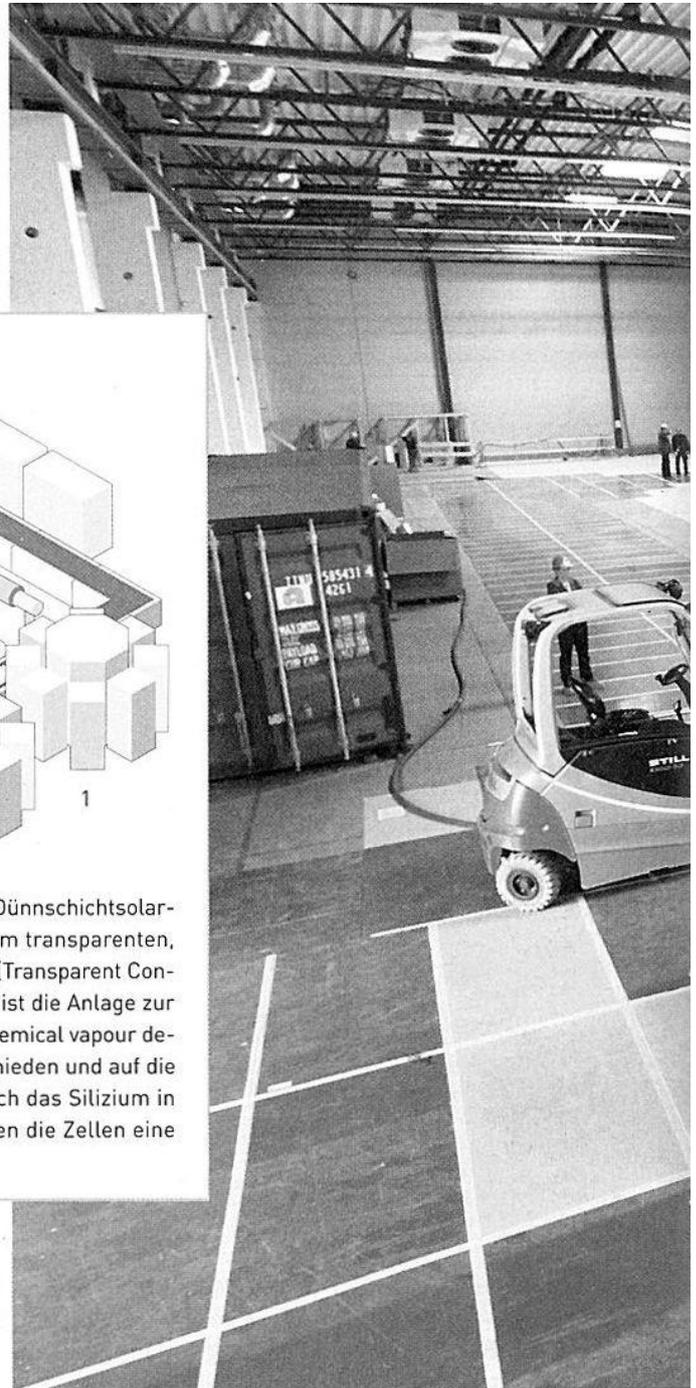
Entsprechend sei bei einem Unternehmensgründer der Faktor Preis häufig ausschlaggebend.

Ebenfalls individuell fielen die Wünsche von Kunde Eins aus, dem etablierten Solar-Akteur, einem Zellenhersteller etwa, der seine Kapazität erweitern möchte. Bei ihm sei die Vorstellung seiner neuen Fabrik weit klarer als beim Unternehmensgründer mit der technologischen Idee im Kopf, fasst Buckland zusammen. IB Vogt leihe in diesen Fällen die Fabrikplaner fest an den Kunden aus. Erfahrene Akteure stellten ihre Anlagen gezielt nach ihren Produktionserfahrungen mit Maschinen zusammen, die sich als die am besten geeigneten für den Prozess herauskristallisiert hätten. Die Planer würden in diesem Fall vor allem in der Umsetzung tätig.

Bleibt Kunde Drei: der Finanzinvestor. Der sei in der Betreuung der kompliziertesten, merkt Buckland an: Er brauche Unterstützung bei der Standortsuche, der Infrastruktur, bei der Planung und dem Bau des Gebäudes sowie der Einrichtung der Linie. Außerdem fehle ihm oftmals das leitende Personal mit dem Prozesswissen: „Da sind tatsächlich Kunden dabei mit null Ahnung“, sagt Buckland. Sie hätten die 50 Millionen Euro für eine Zellfabrik parat und seien überzeugt von einer Investition in die PV. Solche Einsteiger wählten bevorzugt die Turnkey-Fabrik, die genau so bereits



Das Siliziumdünnschichtmodul: Im ersten Produktionsschritt der Dünnschichtsolarzellen wird das Substrat (Glas, Metall oder Kunststoffe) mit einem transparenten, leitfähigen Zinkoxidfilm versehen, dem sogenannten TCO-System (Transparent Conductive Oxide). Schlüsselemente für die Herstellung der Zellen ist die Anlage zur Beschichtung (1), in diesem PECVD-Reaktor (plasma enhanced chemical vapour deposition) wird im Vakuum das Silizium aus der Gasphase abgeschieden und auf die TCO-Systeme aufgetragen. Je nach Prozessparameter bildet sich das Silizium in amorpher oder mikrokristalliner Struktur. Abschließend erhalten die Zellen eine zweite leitende Schicht sowie ein Schutzglas.



Handarbeit: Bis der Reaktor vollautomatisch Siliziumdünnschichten abscheidet, bedarf es einiger Handgriffe.

an anderer Stelle aufgebaut wurde und praxiserprobt ist. „Leider“, so Buckland, „glauben diese Kunden, dass Turnkey-Anlagen von selber laufen.“ Die Fabrikhallen hinzustellen und mit Maschinen zu bestücken, funktioniere meist noch. „Das ist in zwölf Monaten zu realisieren.“ Der Aufbau gehe mitunter sogar schneller vonstatten als beim Unternehmensgründer, bei dem die Einrichtung mit den speziellen Maschinen entsprechend seiner technologischen Idee längere Zeit in Anspruch nehme. Aber die Anlaufphase bis zu den ersten marktfähigen Produkten, ziehe sich bei den Neufabrikanten rekordverdächtig lange hin. „Das kann locker sechs Monate und länger dauern“, sagt Buckland. Fehlende Experten seien der limitierende Faktor. Nach seiner Erfahrung benötige man auch für eine schlüsselfertige Fabrik mindestens fünf Personen mit mindes-

tens fünf Jahren PV-Erfahrung in den Kernpositionen. Sonst werde lange nur Ausschuss produziert. Womöglich zu lange.

Trend: Fabrik von der Stange

Vorreiter bei schlüsselfertigen Fabriken sind Centrotherm und die Gebrüder Schmid aus dem süddeutschen Raum. Die ersten Linien aus einem Guss zur Herstellung kristalliner Siliziumzellen entstanden bereits kurz nach der Jahrtausendwende (siehe Interview). Doch mit der deutlichen Zunahme an Neueinsteigern in den letzten Jahren stieg auch die Nachfrage nach Schnellbaufabriken für die grüne Wiese. Planer wie IB Vogt, M+W Zander konnten mit ihrer Erfahrung im Fabriklayout punkten, hatten passende Konzepte parat. Maschinen- und Anlagenbauer zogen nach, breiteten ihr Pro-

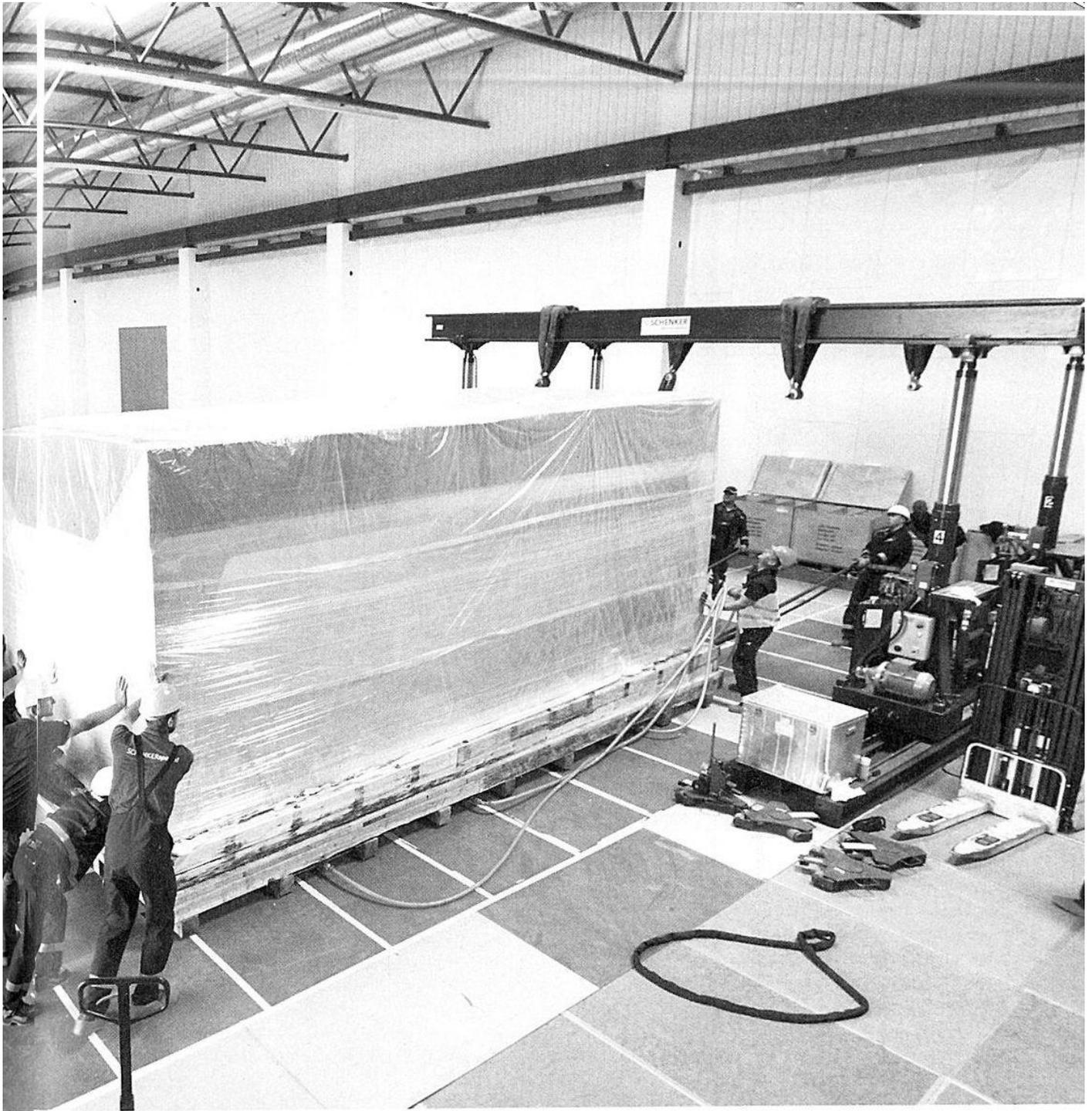


Foto: Paul-Langrock.de

duktfolio aus. Dieser Trend zur Integration möglichst vieler Techniken und Prozessschritte hält unvermindert an. Die einen setzen auf die Entwicklung neuer Produkte und Prozesse, kaufen fehlende Expertise und Maschinen zu. Vor allem Branchenschwergewichte wie der US-Konzern Applied Materials oder Centrotherm verfahren so. Um die vertikale Integration über die gesamte solare Wertschöpfungskette voranzutreiben, übernahm zum Beispiel Centrotherm 2008 diverse Spezialanbieter: Michael Glatt Maschinenbau, Hersteller von Druckbehältern für Siliziumreaktoren, den Know-how-Träger für die Siliziumproduktion Solmic und den Modulnien-Konstrukteur GP Solar.

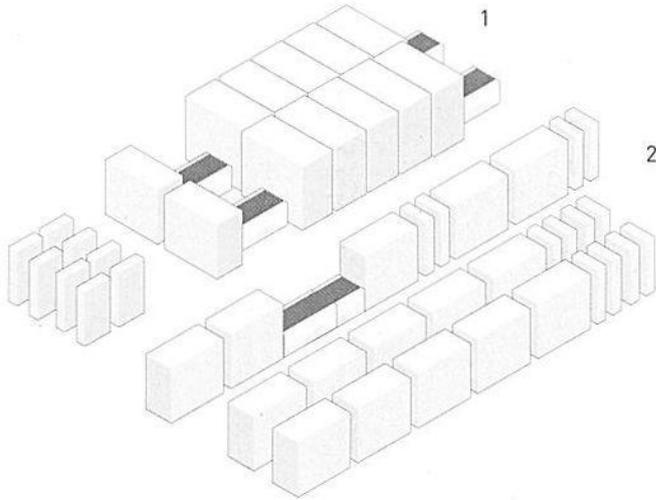
Andere Firmen gehen dagegen strategische Kooperationen ein, um Turnkey-Linien offerieren zu können. Ein wahrer Profi im

Spinnen solcher Netzwerke ist die Schmid Gruppe (neue energie 11/2007). Das Unternehmen führt ein Konsortium an, dem inzwischen zahlreiche Firmen angehören. Die Zulieferer ergänzen sich in ihrem Angebot komplementär. Gemeinsam sind sie imstande, schlüsselfertige Wafer-, Zellen und Modulnien zu errichten.

Richtig in Fahrt kamen schlüsselfertige Lösungen als die Dünnschichttechnologie in die Massenproduktion startete. Konzerne wie die Schweizer Oerlikon, Applied Materials oder Ulvac aus Japan wurden hellhörig. Mit ihrer Expertise als Anlagenbauer im Halbleiterwesen und der Flachbildschirmproduktion, fassten sie um 2003 bis 2006 Fuß in der PV. Und etablierten sich schnell als weltweite Anbieter von Turnkey-Anlagen. Arnulf Jäger-Waldau vom Forschungsinstitut der Europäischen Kommission hat die Entwicklung

Wie ein Modul entsteht

Um aus Silizium ein Modul herzustellen, sind zahlreiche Prozessschritte nötig. Silizium wird überwiegend per chemischer Destillation in Siemens-Reaktoren hergestellt. Anschließend wird es in Tiegeln geschmolzen, zu sogenannten Ingots kristallisiert und diese anschließend in Scheiben gesägt. In chemischen Bädern in Nassprozess-Anlagen werden die Wafer zunächst gereinigt, anschließend durch Ätzung eine Oberfläche produziert, die geeignet ist, Licht einzufangen. Nach dieser sogenannten Texturierung werden die elektrischen Eigenschaften des Siliziums eingestellt. Dazu wandern in einem Diffusionsofen Phosphor-Atome in das Kristall, um an dessen Oberfläche einen Elektronenüberschuss zu erreichen – die entscheidende Voraussetzung für die Gewinnung elektrischer Energie. Auf den „halbfertigen“ Zellen wird dann eine Antireflexions- und Passivierungsschicht aufgebracht. Diese gewährleisten, dass mehr Licht in die Zelle eindringt und absorbiert werden kann. Häufigstes Beschichtungsverfahren ist die chemische Gasphasenabscheidung (CVD). Dabei wird Siliziumnitrid oder Titanoxid auf der Oberfläche abgeschieden. In der Modulfabrik werden die einzelnen Zellen zu Strängen verschaltet und diese dann verlötet. Ein Laminator schweißt den Zellenverbund bei Unterdruck thermisch zwischen einer Glasscheibe und mehreren Kunststofffolien witterungsfest ein. Abschließend wird das Modul in einem Rahmen und einer Anschlussbox versehen und ist dann fertig für die Montage auf Hausdächern oder in Solarkraftwerken.



Vom Wafer zur Zelle: Drahtsägen zersägen die Ingots zu Wafer. Auf einer Nassbank werden durch chemisches Ätzen Sägeschäden an den Wafern entfernt und dessen Front-Oberflächen aufgeraut, damit später mehr Licht in die Zelle gelangen kann. Bei der Phosphor-Diffusion bildet sich in einem Horizontalofen (1) in einer fast 1.000 Grad Celsius heißen Atmosphäre aus Phosphor und Sauerstoff auf dem Wafer ein phosphorhaltiges Oxid. Daraus wandern Phosphor-Atome in das Silizium, die elektronenleitende Schicht, der Emitter, entsteht. Über ihn gelangen die in der Zelle generierten Elektronen später zu den Kontakten; wo sie als Solarstrom abgegriffen werden. Danach wird der Wafer mit einer Siliziumnitrid-Schicht antireflexbeschichtet, um mehr Strahlung nutzbar zu machen. Eine Siebdruck-Station drückt die Kontakte auf, bevor diese in einem Durchlaufofen (2) getrocknet und in den Wafer gebrannt werden.

der Turnkey-Anbietern in der Dünnschicht beobachtet: „2007 kündigten sieben Firmen an, sie würden in Kürze eine schlüsselfertige Anlage anbieten. 2009 waren es bereits 20 Firmen, die Turnkey-Lösungen offerierten.“ Ein Boommarkt, der aber ziemlich unübersichtlich sei, merkt der Forscher an. Speziell bei chinesischen und koreanischen Firmen stoße man auf dürre Informationen. Außerdem sei es schwierig nachzuprüfen, welche Komponenten tatsächlich von den genannten Herstellern stammten und welche zugekauft würden, so Jäger-Waldau. Aber Fakt sei, dass solche Anlagenbauer maßgeblich am rasanten Kapazitätsausbau beteiligt sind. 2009 stehen laut dem europäischen PV-Industrieverband Epia welt-

weit Produktionskapazitäten an kristallinen und Dünnschichtmodulen von 15 Gigawatt (GW) zur Verfügung, davon allein neun GW in Europa. 2010 könnten nach Epia-Schätzung global bereits Produktionsstätten mit 20 GW Kapazität aufgebaut sein. Zur Jahrtausendwende schafften die Fabriken weltweit gerade mal 250 MW, übersprangen erst 2002 die GW-Marke.

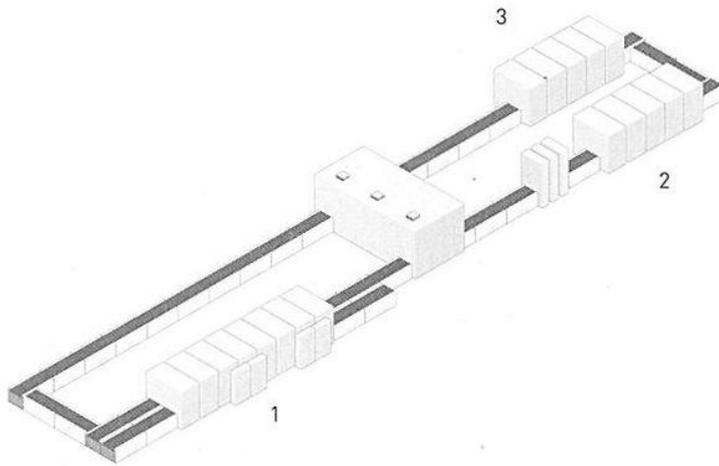
Das rasante Wachstum der Photovoltaikbranche in den letzten Jahren sorgt für Furore. Vor allem in Deutschland, wo auch das Epizentrum des Anlagenbaus liegt. Der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) erhebt seit 2005 Auftragseingangs- und Umsatzzahlen für die Branche „Photovoltaik-Produktionsmit-



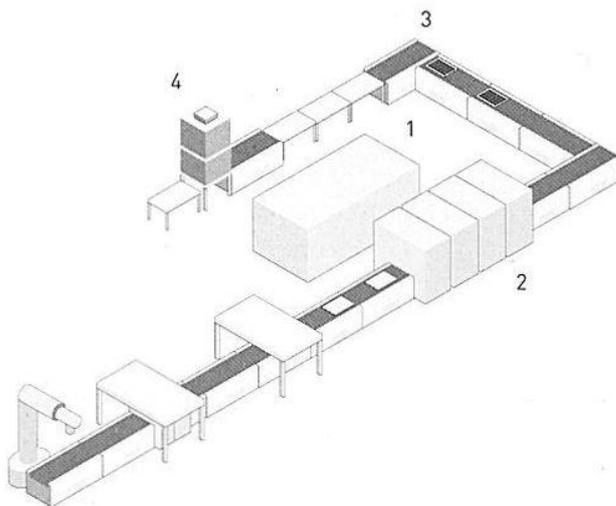
Vorher, nachher:
Bitterfeld Anfang der 90er und 2009. Die
Chemieindustrie ist aber geblieben.

tel". 2008 betrug deren Umsatz 2,3 Milliarden Euro. Die deutschen PV-Maschinenbauer erwirtschaften als Technologieführer nach Angaben des VDMA allein die Hälfte des weltweiten Umsatzes. Und glänzten mit Steigerung: Von 2007 auf 2008 mit 94 Prozent. Da ist kaum verwunderlich, dass sich immer neue Player der PV zuwenden. Vor allem Zulieferer der Autoindustrie schwenken ihre Roboter hin zu einem neuen Betätigungsfeld, suchen Abnehmer für ihre Fließbandexpertise und in Zeiten der Wirtschaftskrise nach dem Markt der Zukunft. Sie entdecken die PV als ideales Betätigungsfeld, auch wenn man dort von der Krise nicht verschont bleibt, es weltweit Überkapazitäten gibt. Schließlich, so die Einschätzung der

Zulieferer, sei der Automatisierungsgrad in der PV noch dürftig. Als Ausrüster der Autohersteller, der Industriebranche mit dem höchsten Industrialisierungsgrad, habe man in punkto Taktzeiten bei der Produktion einen Wissensvorsprung, stellte sich der Marketingleiter von Kuka Systems, Markus Meier, selbstbewusst auf der Photon Technology Show in München auf. Danach dürfte die PV. Kuka, das seit 2005 im Solargeschäft mitmisch, hat sich nicht versuchsweise mit einer Maschine auf den Markt vorgetastet (siehe Seite 68). Die Firma bietet bereits schlüsselfertige Modullinien an, wenn auch für einen vergleichsweise simplen Produktionsabschnitt, wie Chris Buckland es ausdrückt.



Das CIGS-Dünnschichtmodul: Eine Sputteranlage (1) bringt den Vorder- und Rückkontakt sowie die Absorberschicht (Kupfer-Indium-Gallium) auf Glassubstrat auf. Das Sputtern, zu deutsch: Zerstäuben, ist ein physikalischer Vorgang, bei dem Atome aus einem Festkörper durch Beschuss mit energiereichen Ionen herausgelöst werden. Diese kondensieren und schlagen sich dem Glas nieder. In einer Selenierungsanlage (2) scheidet sich Selen ab. In einem Durchlauf-ofen (3) wird die komplette CIGS-Absorberschicht aktiviert.



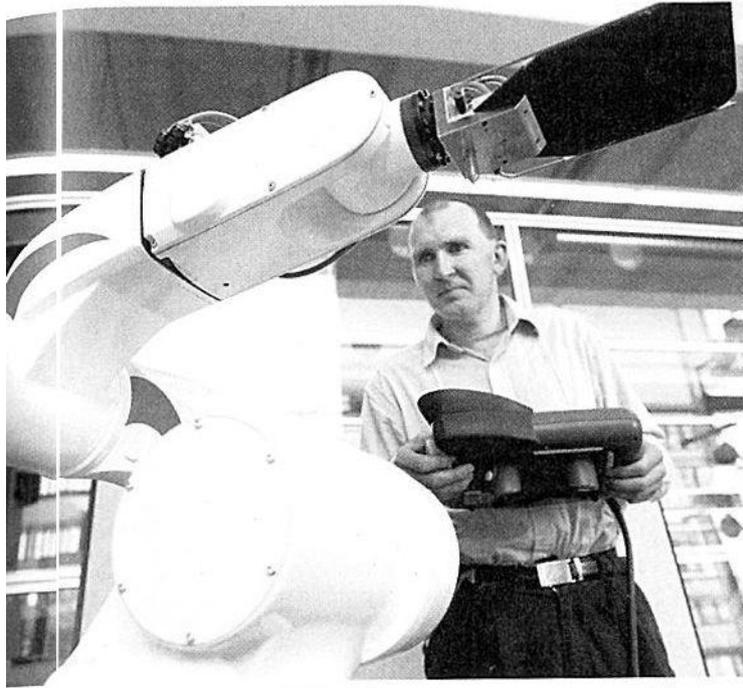
Von der Zelle zum Modul: Ein Stringer (1) verschaltet Zellen über Kontaktbändchen untereinander. Ein Laminator (2) schweißt den Zellenverbund dann bei Unterdruck thermisch zwischen einer Glasscheibe und mehreren Kunststofffolien witterungsfest ein. Abschließend wird das Modul in einem Rahmen und einer Anschlussbox versehen (3) unter einem Sonnensimulator (4) getestet und ist dann fertig für die Montage auf Hausdächern oder in Solarkraftwerken.

Wegen der unterschiedlichen Komplexität der einzelnen Herstellstufen sind Turnkey-Lösungen nicht gleichmäßig verteilt. Während das Angebot für kristalline wie Dünnschichtmodule recht groß ist, werden schlüsselfertige Lösungen rarer, je näher man dem Anfang der Wertschöpfungskette kommt. Zwar sind Komplettangebote bei der Zellen- und Waferfertigung noch üblich. Zur Aufbereitung von Solarsilizium suchte man bis vor Kurzen aber vergeblich nach Lösungen von der Stange. Der britische Siliziumhersteller PV Crystalox baute sein neues Werk in Bitterfeld-Wolfen in Eigenregie und mit eigenen Planern, investierte 80 Millionen Euro in die Fabrik mit einer Kapazität von 1.800 Tonnen Solarsilizium. Fabrikleiter Hanno Wilhelm weiß, warum es lange keine Turnkey-Reaktoren gab: „Das hängt damit zusammen, dass in diesem Segment viel Geheimniskrämerei betrieben wird.“ Wer

bietet dem Konkurrenten schon einen Plan vom Innenleben seiner Fabrik an? 2007 begannen die Briten mit dem Bau ihrer Produktionsanlage, das erste Silizium soll im Juni dieses Jahres aufgereinigt werden – im Vergleich zu einer Zellfabrik eine lange Bauzeit. Doch mittlerweile gibt es selbst für diesen aufwändigen Produktionsschritt Fabriken off-the-shelf, wie es im Fachjargon heißt. Centrotherm stellte die voll integrierte Solarfabrik im Frühjahr vor: Die komplette Fertigung vom Silizium bis zum fertigen Modul ist für rund eine Milliarde Euro zu haben.

Pro und Contra Turnkey

Doch wo liegen die Vorteile der schlüsselfertigen Fabriken? „Ganz klar im schnellen Aufbau von Kapazitäten“, sagt Jäger-Waldau. Das sehen auch etablierte Hersteller so und bauen mittlerweile ihre Ka-



Neues Betätigungsfeld: Die Automatisierungsbranche sieht in der Photovoltaik Bedarf für ihre Expertise.

pazitäten per Turnkey-Fabrik aus. Allerdings verwenden sie ihre eigenen Werke als Vorlage, spiegeln sie quasi auf die angrenzende Wiese – ein Plätzchen, das sich Fabrikbauer frühzeitig pachten.

Für die Anlagenbauer ist Turnkey interessant, weil sie sich Nachfrage erhoffen, wenn in immer mehr Ländern PV als zukunftssträchtige Form der Energiegewinnung erkannt wird. Und für Neueinsteiger, weil Turnkey weniger Fachwissen erfordert. Zudem gewähren die Ausrüster ihren Kunden meist Produktionsgarantien, die in der Anlaufphase Luft verschaffen. Als Alternative stünde ihnen der Aufbau einer Produktion über eigene Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zur Wahl. Ein gutes Beispiel für diesen Weg ist der Branchenriese First Solar. Anhand des Herstellers von Dünnschichtmodulen aus Cadmiumtellurid wird aber auch die Schwierigkeit dieser Strategie deutlich. Acht Jahre und 140 Millionen Dollar benötigten die Amerikaner bis zur Ramp-Up-Phase: So lange kann heute kein Einsteiger warten.

Gegen Turnkey sprechen die fehlenden Alleinstellungsmerkmale, die Möglichkeiten, sich von der Konkurrenz abzusetzen, die ebenfalls eine Fabrik von der Stange geordert hat. „Das geht dann nur noch über Skaleneffekte, durch eine schnelle Massenproduktion“, sagt Jäger-Waldau. Beim Bau der ersten Linie muss bereits die nächste geplant sein. Für einen späteren Zeitpunkt ist es also für diese Hersteller unabdingbar, dass sie ihr Geschäftsmodell ändern, wenn das Know-how des Ausrüsters versiegt ist. Hat er dann keine eigene Entwicklungsabteilung aufgebaut, muss er zumindest eng ►

Die zehn größten PV-Zulieferer und ihr Angebot

Firma	Umsatz PV/Jahr	Produkte für PV	Basistechnik	bisherige Branchen	Alleinstellungsmerkmal (laut Firma)
Applied Materials, USA	600,0 Mio. €	Turnkey TFSI	PECVD-Anlagen (zur TFSI-Beschichtung)	Halbleiter	setzt Standards: fertigt 5,7 Quadratmeter große Module, Kostenführer bei TFSI
Oerlikon Solar, CH	412,0 Mio. €	Turnkey TFSI	PECVD-Anlagen (zur TFSI-Beschichtung)	Halbleiter	niedrigste TFSI-Herstellkosten
Centrotherm, D	374,4 Mio. €	Turnkey vollintegrierte Solarfabrik (Silizium, Wafer, Zelle, Modul), Turnkey CIGS	Diffusions-, PECVD- sowie Sinter und Trockenöfen (zur Antireflexbeschichtung von Zellen)	PV	einzigster Anbieter einer vollintegrierten Solarfabrik, Kostenführer bei Siliziummodulen
Schmid, D	300,0 Mio. €	Turnkey Wafer, -zelle, -modul	nasschemische Anlagen, (Zellenprozess-technik)	Leiterplatten, Bildschirme	„Könnenskultur“ im Unternehmen: eigenes Technology Center Schmid (TCS) für Grundlagenforschung sichert Technologieführerschaft
Ulvac, J	Reiner Solarumsatz nicht benannt	Turnkey TFSI	PECVD- und PVD-Anlagen (zur TFSI-Beschichtung)	Halbleiter, Bildschirme	Ingenieurskultur Lieferung innerhalb von sechs Monaten
Meyer Burger, CH	278,0 Mio. €	Turnkey Wafer	Wafersägen	Halbleiter, Optik	weltweit führende Trenntechnologien und Systeme
Roth & Rau, D	257,0 Mio. €	Turnkey Zelle, Turnkey CdTe	PECVD-Anlagen (zur Antireflexbeschichtung von Zellen)	Halbleiter, Automobil	deckt mit Kooperationspartner Manz 100 % der gesamten Wertschöpfungskette einer kompletten Zellen-Fertigungslinie mit eigenen Produkten und Dienstleistungen ab
Manz, D	189,0 Mio. €	Turnkey Zelle, Strukturierung CIS, Automation	Anlagen für die Metallisierung, und Laserkantenisolation von Zellen, Zellentester	Automobile, Bildschirme	deckt mit Kooperationspartner Roth & Rau 100 % der gesamten Wertschöpfungskette einer kompletten Zellen-Fertigungslinie mit eigenen Produkten und Dienstleistungen ab
Rena, D	150,0 Mio. €	nasschemische und galvanische Anlagen (Zellenprozess-technik), Nasschemie Dünnschicht	nasschemische Anlagen	Halbleiter, Leiterplatten, Medizin, Mikrosysteme	Weltmarktführer in nasschemischen Prozessen für die Zellenherstellung
Von Ardenne, D	86,0 Mio. €	Beschichtungsanlagen (TCO, Rückkontakte sowie CdTe- und CIS-Halbleiter)	Beschichtungsanlagen	Architekturglas	Fähigkeit, moderne PV-Kleinserien schnell für die Serienproduktion reif zu machen

Quelle: VLSI Research, eigene Recherche

Legende:

CdTe: Cadmiumtellurid

CIS: Kupfer-Indium-Selenid

CIGS: Kupfer-Indium-Gallium-Selenid

PECVD: plasmaunterstützte chemische Gasphasenabscheidung

PVD: physikalische Verdampfung

TCO: transparent leitfähiges Oxid (leitfähige Fensterschicht in der Dünnschicht)

TFSI: Dünnschichtsilizium

mit Universitäten und Forschungszentren zusammenarbeiten, um die Technologie und die Prozesse weiter zu verbessern. Vor allem bei Entwicklungssprüngen oder beim Austausch einzelner Maschinen kann es eng werden. Fehlende Standards sind in der PV noch ein Bremsklotz, Schnittstellen und die IT-Kommunikation zwischen den verschiedenen Maschinen bewirken, dass nicht einfach einzelne Komponenten ausgetauscht werden können. Immerhin ist das Problem der fehlenden Kompatibilität erkannt und soll gelöst werden. Die PV Group, eine Expertengruppe im internationalen Branchenverband der Halbleiterhersteller Semi, hat kürzlich 64 Maßnahmen evaluiert, die geeignet sind, um Fertigungsprozesse zu modernisie-

ren und optimieren. „Damit könnte jeweils die beste verfügbare Technik problemlos in eine bestehende Linie integriert werden“, sagt Eddy Blokken, Direktor Technologie und Standards bei Semi Europe. In den kommenden Monaten will sich Semi mit den Herstellern austauschen; dann wird sich zeigen, ob und welche dieser Standards die PV-Industrie umsetzen will.

Noch lassen sich aufgrund der fehlenden Standards einzelne Maschinen nicht ohne weiteres aus einer Turnkey-Linie austauschen, ist der Fabrikant auf das Equipment seines Lieferanten auf Gedeih und Verderb angewiesen. Ein kritischer Punkt ist auch die Wartung der Produktionslinien. Bei Fachkräftemangel wird es schwierig, die



Kein Zugang: Solarsiliziumhersteller wie PV Crystalox hüten das Innere ihrer Fabriken. Daher sind schlüsselfertige Anlagen rar.

Fertigung aufrecht zu erhalten, sind erst die Experten des Ausrüsters abgerückt. Und Fachkräfte, da ist man sich in der Branche einig, sind ein großer Flaschenhals für die PV.

Auch für Anlagen und Maschinenbauer kann Turnkey eine Sackgasse sein. Sie müssen großes Interesse am Erfolg ihrer Kunden haben, sonst finden ihre Fabriken kaum noch Abnehmer. Weiterentwicklungen müssen sie ergo allen ihren Kunden anbieten. Das verschlingt Kapazitäten und sorgt schnell für Unmut, fühlt sich etwa ein Hersteller benachteiligt. Zudem wächst die Konkurrenz, weltweit positionieren sich die Anlagenbauer. Als mittelständischer Einsteiger fahre man heutzutage besser, wenn man sich auf einen Ma-

schinentyp spezialisieren, als noch mit einer weiteren Turnkey-Linie aufzuwarten, glaubt Jäger-Waldau. „Solarmodule sind ein kommerzielles Produkt. Hersteller dieser Massenwaren werden künftig wenige kapitalstarke Konzerne sein, die in Asien und nicht in Europa beheimatet sind.“ Unternehmen wie Samsung, LG oder Hyundai positionieren sich bereits und sind womöglich die Solargrößen von Morgen. Diese würden ihre Fabriken zwar auch Turnkey aufbauen, doch in Dimensionen, die Mittelständler nicht mehr bedienen können. Deshalb sei Spezialisierung wohl die zukunftsträchtigere Strategie: Neue innovative Maschinen für die lange Produktionskette der Photovoltaik. ◀