

## Größer, schneller, besser – Modulfertigung vor Technologiesprung

Kostendruck und dünnere Zellen treiben die Entwicklung der Modulfertigungstechnik an. Noch behindern die Langzeitgarantien für Solarmodule die Implementierung neuer Standards. In einem vielbeachteten Vortrag auf dem diesjährigen Staffelseiner PV-Symposium bezifferte Hubert Aulich, Vorstand der PV Crystalox Solar AG, das Kostensenkungspotenzial der Solarmodulfertigung bis zum Jahr 2015 auf 31 %. Das heißt: Ein Modul lässt sich 2015 mit nur noch 69 % der Kosten des Jahres 2006 herstellen.

Als Kostenschwerpunkte der Modulfertigung machte Aulich »Material, Anlage und Personal« aus –; zu unspezifisch, um nachhaltig Aussagekraft zu erlangen. Aulich selbst nannte seine Abschätzung »eher konservativ« und rief damit zustimmendes Kopfnicken in der Branche hervor: Eine echte Vision sieht anders aus. In Wirklichkeit gehen die Prognosen, die branchenintern gehandelt werden, von weit größeren Kosten-senkungspotenzialen aus. Ein Beispiel: Eine moderne Modulfertigungslinie wie bei Aleo im brandenburgischen Prenzlau arbeitet mit einer Vorschubgeschwindigkeit von 0,03 bis 0,04 m/min –; ein 1,60 m hohes Modul braucht also 50 min vom ersten Zuführen der Komponenten bis zur Verpackung. Wie ambitioniert die Ziele der Betriebsmanager sein können, erklärt Martin Mack, der die Aleo-Produktion in Prenzlau leitet: »Wir wollen langfristig erreichen, dass ein Modul in fünf Minuten oder weniger durchläuft.« Das entspräche einer Vorschubgeschwindigkeit in der Linie von 0,30 m/min –; zehn Mal so schnell wie heute. Die Latte hängt also hoch. Dass allein diese drastische Verringerung der Durchlaufzeit eine Kostenreduktion bedeutet, die die Aulichesche Prognose weit hinter sich lässt, liegt auf der Hand. Einsparungen an Material und Personal durch weitere Automatisierungsschritte sind hier noch nicht einmal berücksichtigt. Es lohnt also, einen genauen Blick auf die aktuellen Trends in der Modulfertigung zu werfen, um die technologischen und organisatorischen Stellschrauben zu identifizieren, die der Modulfertigung einen wichtigen Beitrag zur Kostensenkung der kristallinen PV-Technologie ermöglichen.

Dünnere Zellen, integrierte Produktion Harry Wirth, Gruppenleiter Photovoltaische Module beim Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (Fraunhofer Ise), identifiziert fünf Trends, die gegenwärtig oder in naher Zukunft das Design von Modulfertigungslinien verändern: »Ganz klar gibt es den Trend –; zumindest bei den großen Unternehmen –; die gesamte Produktion vom Wafer bis zum Modul in eine Linie zu integrieren. Zweitens haben wir es in Zukunft nur noch bei kleinen und flexiblen Produktionen mit halbautomatischen Linien zu tun. Produziert eine Linie nur wenige Formate in hohen Stückzahlen, ist Vollautomatik die einzig sinnvolle Option.« Die tiefgreifendste Veränderung in der Modulfertigung rufen nach seinen Worten aber die sehr dünnen Zellen hervor. »Wir haben es zukünftig mit sehr dünnen Solarzellen zu tun und dieser Trend verläuft schneller als noch vor einigen Jahren erwartet. Das bedeutet, dass die Prozesskette vor dem Laminieren mit Zelldicken deutlich unter 200  $\mu\text{m}$  zurecht kommen muss.« Diese Entwicklung betrifft das Handling der Zellen, erklärt Wirth: »Die Zellen müssen in der Modulfertigung vor dem Laminator so wenig wie möglich bewegt werden. Erst das laminierte Modul ist ein sicherer Ort für die Zellen.« Mit den geringeren Zelldicken steigen –; viertens –; auch die Anforderungen an die Qualitätskontrolle und die Prozessüberwachung. »Bei der Eingangskontrolle und der weiteren Prozessüberwachung geht es nicht mehr nur um intakte Kanten, sondern um die innere Struktur der Zellen. Mikrorisse müssen erkannt werden, bevor die Zellen in die Produktionslinie eingeschleust werden.« Erste Geräte sind in der Industrie bereits im Einsatz –; so beim »Twist-Tester« (die wenig prägnante, aber korrekte Bezeichnung lautet »Prüfmodul B 156«) der Solarwatt AG, der die Zellen automatisiert unter mechanische Spannungen setzt. Das Gerät misst dann charakteristische Spannungsverläufe, die Aufschluss über Riss oder Nicht-Riss geben. Mit einer Kapazität von rund 1.000 Zellen pro Stunde erfüllt das Gerät auch die Anforderungen moderner Modullinien. Zurück zu Wirth: Dünne Zellen erfordern –; fünftens –; auch andere Lötverfahren, um die thermischen Belastungen aus der Verbindungstechnik so gering wie möglich zu halten. Hier gibt es laut Wirth noch keinen neuen Standard: »Die Branche ist auf der Suche nach neuen Verfahren.«

Eine Standard-Laminierstraße –; hier von der 3S Swiss Solar Systems –; besteht aus den Ein- und Ausfuhrtischen sowie dem Laminator mit Kühlpresse in der Mitte. Experten vermuten, dass mit ca. 12 m<sup>2</sup> Laminierfläche die maschinenbautechnischen Grenzen erreicht sind. Foto: 3S Swiss Solar Systems  
 Laser im Kommen Als ein im wahrsten Sinne des Wortes heißer Kandidat auf den Rang einer zukünftigen Standardtechnik kann das Laserlöten gelten. Die Arbeitsgruppe »Modul- und Verbindungstechnik« des Instituts für Solarenergieforschung in Hameln/Emmerthal (ISFH) untersucht unter Leitung von Marc Köntges die Prozessparameter für das Laserlöten in der Modulfertigung. In der bislang üblichen konventionellen Modulfertigung entstehen die Ketten miteinander verbundener Solarzellen –; die Strings –; durch Kontakt-, Wärmestrahlungs- oder Heißluftlöten. Dabei heizen sich allerdings die Zellen samt Verbinder stark auf, was aufgrund der unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten von Zelle und Verbinder zu thermomechanischen Spannungen führt. Das wiederum erhöht die Gefahr von Zellbrüchen. Anders beim Laserlöten: »Das Löten mit einem Laser ermöglicht im Unterschied zu den konventionellen Löttechniken einen lokal begrenzten Energieeintrag, kurze Prozesszeiten und ein hohes Maß an Flexibilität«, erklärt Köntges die Vorteile des gebündelten bisher zu akzeptablen Resultaten: »Laserlötversuche mit einem 200-W-Hochleistungsdiodenlaser, der bei einer Wellenlänge von 980 nm kontinuierliche Laserstrahlung emittiert, führten zu Lötstellen zwischen verzinneten Kupferbänder und Zellen, die eine mechanische Haftfestigkeit von mehr als 10 N/cm aufwiesen.« Diese Ergebnisse zeigten, so Köntges, dass die Laserlötung gut reproduzierbare, niederohmige Verbindungen erzeugt. »Wir finden keine Fehlstellen und keine Luftpfeifen.« Der ganze Lötvorgang verläuft dabei schneller als man gucken kann: Nach nur 300 ms Lötdauer zeigt sich ein zwar eingeschränktes, aber ausreichendes Fließverhalten des Lotes. Das eigentlich Interessante an der Lasertechnik seien aber, fährt er fort, die Möglichkeiten der Verfahrensbeschleunigung. So probierte sein Team erfolgreich das Löten der Zellen

zu Strings und die Verschaltung der Strings selbst direkt auf der Laminatfolie. Ein Umpositionieren der Strings beziehungsweise des Layups ist dadurch nicht nötig. Das spart Zeit und verringert die Bruchrate. Wenn die Ergebnisse so gut sind, warum dann die zögerliche Umsetzung in die Praxis? Die Langzeitstabilität der Verbindungen sei nicht ausreichend nachgewiesen, heißt es bei kommerziellen Modulproduzenten. Die einzusetzenden Lote seien zwar »aus der Halbleiterei« hinreichend bekannt &ndash; fraglich sei allerdings, ob sie den Anforderungen der Photovoltaik genügen: Halten die Lötverbindungen mindestens 20 bis 25 Jahre bei Betriebstemperaturen bis zu 80 °C? Eingesetzt wurden in Hameln bisher Zinn-Blei- und Zinn-Silber-Lote &ndash; aus ökologischen und wirtschaftlichen Gründen sind das aber keine sonderlich attraktiven Zutaten. »Wir arbeiten intensiv an Alternativloten«, heißt es dazu aus Hameln. Nach Ansicht von Köntges ist zumindest die Langzeitstabilität der bisher eingesetzten Lote aber kein Problem: »Um die Langzeitstabilität unserer Laserlötverbindungen mit der von konventionellen Lötungen zu vergleichen, haben wir einen lasergelöteten String und einen industriell gelöteten String im Klimatest durch »Humidity Freeze Zyklen« gealtert und die Degradation der Module anhand der Stringparameter beider Module bewertet.« Der Humidity Freeze Test ist ein Temperaturzyklentest, der einen Temperaturbereich von &ndash;40 bis +85 °C bei einer relativen Luftfeuchte von 85 % durchläuft. Nach 150 Zyklen sei kein Leistungsunterschied zwischen beiden Strings feststellbar gewesen, betont Köntges.

Megatrend: Rückseitenkontaktierung Verlässt man die verfahrenstechnische Schiene und wendet sich neuen Modulkonzepten zu, wird von wissenschaftlicher wie betrieblich-praktischer Seite vor allem ein Thema genannt: die Rückseitenkontaktierung der Solarzellen (RSK-Zellen). Der Hintergrund: Die Serienschaltung der Zellen bedingt eine bestimmte Führung der Zellverbinder: Bei der Standardzelle muss der Kontakt von der Vorderseite der Zellen auf die Rückseite der nachfolgenden Zelle geführt werden, Vorder- und Rückseite werden dabei in zwei Arbeitsgängen gelötet. Bei der rückseitenkontaktierten Zelle sind die Kontakte jedoch ausschließlich auf der Zellenrückseite angeordnet und erfordern nur einen Lötgang. Grund sätzlich eröffnet das den Weg zu neuen, integralen Fertigungsprozessen, wie Wirth auf der letztjährigen Glastechnikmesse Glasstec 2006 in einem Vortrag dar legte: »Die Modul-Fertigung ist bisher durch eine sequentielle Verarbeitung von Zellen mit beidseitiger Kontaktanordnung geprägt. Für Rückseitenkontaktzellen kann eine simultane Verbindungstechnik konzipiert werden.« Vorstellbar wäre also, dass die Kontaktierung und Verkapselung in einem einzigen Laminierschritt erfolgt. Die zu verbindenden Materialien &ndash; Glas, Verkapselung, Zellen, elektrische Verbinder, Rückseitenfolie &ndash; werden dabei als loser Stapel in den Laminator eingebracht. Lote oder leitfähige Kleber müssten in ihren Verarbeitungsparametern allerdings sehr genau auf das Verkapselungsmaterial abgestimmt sein &ndash; ein Unterfangen, das nicht nur bei Wirth einige Skepsis hervorruft. Der Hauptvorteil des integralen Verfahrens läge in der Einsparung zeitintensiver Prozessschritte vor dem Laminieren wie etwa das Stringen. Aber soweit ist es noch nicht. Erprobt wird in der kommerziellen Fertigung bisher die Verarbeitung von RSK-Zellen mit den konventionellen Verfahrensschritten &ndash; also im Wesentlichen Stringen&ndash;Layup&ndash;Laminieren. Der Aufwand ist auch hier schon groß genug, denn die Rückseitenkontaktierung erleichtere zwar das Löten, erfordere aber andere Stringer und Lötverfahren, wie Solarwatts Marketingleiterin Grit Heine betont. »Das bisherige Löten mit Licht ist für Rückseitenkontaktierung nicht geeignet. Daher kontaktieren wir diese Zellen durch Induktionslötung.« Das »Sandwich« des Moduls dauert bei der Rückseitenkontaktierung zwar ungefähr 30 % länger als vorher, die Modulhersteller glauben aber, die verlorene Zeit in der Anschlussstechnik wieder aufzuholen. Solarwatt beispielsweise verspricht sich viel von der Eigenentwicklung Noboxx, eine neuartige Anschlussdose, die das Unternehmen jetzt für die Fertigung von Modulen aus RSK-Zellen einsetzen wird. Sie eignet sich laut Unternehmensangaben für die vollautomatische Konfektionierung und Installation auf der Modulrückseite.

Gut geheizt ist halb laminiert Auf lange Sicht wird das nicht reichen. Vielmehr kommt es &ndash; wie Aleo-Mann Mack bereits erwähnte &ndash; darauf an, die Durchlaufzeiten eines Moduls deutlich zu verkürzen. Eine oft gehörte Meinung hierzu lautet: Wenn es um Prozesszeiten geht, ist der Laminator der Engpass. Für den Geschäftsführer der 3S Swiss Solar Systems, Patrick Hofer-Noser, eine unzulässige Verallgemeinerung: »In einer optimierten Linie gibt es keine Engpässe. Schlüsselkomponenten sind Stringer und Laminator, und die müssen in ihren Kapazitäten und ihren Taktzeiten aufeinander abgestimmt werden.« Nichtsdestotrotz gibt es Möglichkeiten, den Laminierschritt zu beschleunigen. Bisher hat die Industrie im Wesentlichen an zwei Stellschrauben gedreht: die Laminierfläche &ndash; und damit die Kapazität des Laminators &ndash; wurde größer und die eingesetzten Folien schneller. Während die Laminatorgröße mit etwa 12 m<sup>2</sup> als ausgereizt gilt, ist bei den Folien noch etwas zu machen. Die üblichen EVA-Folien gibt es in drei Ausführungen, die sich in der benötigten Prozesszeit unterscheiden: Während die kaum noch üblichen »standard cure«-Folien 30 min Laminierzeit erfordern, kommen die »fast cure«-Folien mit rund 20 min, die »ultra fast cure«-Folien sogar mit 10 min aus. Diesen relativ leicht zu realisierenden Beschleunigungsschritt setzt auch die Industrie jetzt um &ndash; Aleo beispielsweise plant momentan den Übergang auf ultra fast cure-Folien. Ein zweiter Weg ist die Anwendung von Folien auf thermoplastischer Basis, die eine deutlich kürzere Verarbeitungszeit zulassen. Die Solon AG setzt diese Folien bereits ein, sagt Technik-Vorstand Lars Podlowski &ndash; allerdings vorerst für Kleinserien. Die hausinternen Qualifizierungen hätten sie problemlos bestanden. Laut Hofer-Noser lassen sich mit allen Folien kürzere Laminierzeiten realisieren. »Je genauer die Temperaturhomogenität, desto kürzer der Prozess. Für alle Folien brauchen wir deshalb eine genauere Prozessführung«, stellt er fest. Konkret bedeutet dies, eine möglichst homogene Erhitzung des Sandwiches und eine möglichst geringe Temperaturtoleranz auf der gesamten Laminierungsfläche zu garantieren. 3S erreicht dies mit der patentgeschützten »Hybrid-Heizplatte«. Hier erhitzt sich die Heizplatte nicht direkt durch den elektrischen Widerstand wie bei einer Kochplatte, sondern indirekt über ein Thermoöl, das in schlangenförmigen Röhren unter der Platte geführt wird. Die bewegte Flüssigkeit verhindert somit heiße und kalte Spots im Laminator. »Wir halten die Temperatur im ganzen Laminator auf  $\pm 2$  °C genau«, erklärt Patrick Hofer-Noser. Meier demnächst mit Stapel- und Rollenlaminator? »Das schaffen wir auch ohne Thermoöl«, heißt es im niederrheinischen Bocholt. Meier Vakuumtechnik ist einer der weltweit größten Laminatorproduzenten.

Vertriebsleiter Herbert Ehling stimmt ohne weiteres zu, dass in der Heizplatte eines Laminators viel Know-how steckt und sich in der Stabilität und Homogenität der Prozesstemperatur die wahre Qualität eines Laminators zeigt. Meier Vakuumtechnik arbeitet mit einer konventionellen Heizplatte mit direkter elektrischer Erhitzung. Allerdings sind die einzelnen Heizfelder so klein gewählt, dass sie mit der entsprechenden Steuerung auch eine Temperaturtoleranz von  $\pm 2$  °C einhalten – ohne ein Thermoölsystem wie bei den Schweizern zu verwenden. Übrigens ein Weg, den auch Weltmarktführer NPC geht. »Wir arbeiten auch mit trockenen, elektrischen Heizelementen«, erklärt der Technische Leiter der NPC Europe GmbH, Roland Scholz. »In unseren neuen Laminatormodellen haben wir allerdings die Heizelemente anders aufgeteilt und fahren die Heizplatte mit mehr Regelkreisen. Außerdem können wir die Randzonen der Platte separat steuern.« NPC erreicht auf diese Weise mit seinen Laminatoren eine Temperaturtoleranz von  $\pm 2,5$  °C. Damit markieren 3S, Meier und NPC den Stand der Technik. Die Laminatorbauer vom Niederrhein haben aber noch ganz andere Pfeile im Köcher. Stapeln und Rollen heißen die Schlüsselbegriffe bei Meier. Neben der eigentlichen Fertigungshalle in Bocholt wird in einer kleineren Halle intensiv an einem sogenannten Rollenlaminiator gearbeitet. Der relativ kleine Prototyp macht einen auf den ersten Blick einsatzbereiten Eindruck – trotzdem will sich Ehling nicht auf einen Zeitpunkt für die Marktreife festlegen lassen. Der Rollenlaminiator hat zwei wesentliche Vorteile, wie Ehling erklärt: »Zum einen ersetzt er den bisherigen Batch-Prozess des Laminierens durch einen Linienprozess. Das Modul läuft jetzt inline durchs Laminieren. Zum zweiten ermöglicht er das vakuumfreie Laminieren.« Das Vakuum bei herkömmlichen Laminatoren dient nämlich nur dazu, mittels einer Membran die Luft aus dem Sandwich zu drücken. Beim Rollenlaminiator sollen diese Aufgabe großvolumige Silikonwalzen übernehmen. Die EVA-Folie wird unmittelbar vor diesen Walzen von der Rolle zugeführt, die vorherige Konfektionierung des Sandwiches als Einzelschritt entfällt. Als Einsatzgebiet des Rollenlaminators kann sich Ehling eher die Laminierung von Dünnschichtmodulen als die herkömmliche kristalline Si-Technologie vorstellen. »Bei immer dünneren Zellen ist ein kristallines Sandwich einfach zu empfindlich.« Dafür zielt die zweite Neuentwicklung bei Meier auf die große kristalline Modulfertigung im 100-MWp-Maßstab. Ein Stapellaminator soll das gleichzeitige Laminieren von bis zu 24 Modulen ermöglichen – bei nahezu gleicher benötigter Hallenfläche wie ein bislang üblicher Einzellaminator. »Wir nutzen die Hallenhöhe statt die Fläche«, erläutert Ehling die Idee. »Der Stapellaminator verfügt bei einer Höhe von etwa 5 m über zwölf Etagen mit jeweils kleinen Einzellaminatoren für bis zu zwei Module.« Der Zuführtisch arbeitet wie der Sortierer bei einem Bürokopierer. Hat er die einlaufenden Module auf die Etagen verteilt, fahren alle Module auf einmal ein. Auf der abführenden Seite wiederholt sich der Vorgang in der umgekehrten Reihenfolge. Ein einzelner Stapellaminator kann auf diese Weise eine Jahreskapazität von 60 MWp anbieten. »Das ist wirklich nur für ganz große Modulfertigungen interessant«, sagt Ehling. Ein Wermutstropfen: Sowohl für den Rollen- als auch den Stapellaminator gibt es bislang keine Kunden. Meier Vakuumtechnik ist allerdings von den Konzepten so überzeugt, dass sie beide Prototypen in Eigenregie baut – und darauf vertraut, dass sich die konservativen Modulproduzenten von der Praxis überzeugen lassen. Linienanbieter bauen Bewährtes größer Mangelnde Experimentierfreude der Modulproduzenten ist auch der Grund für NPC, vorerst auf spektakuläre Neuentwicklungen à la Meier zu verzichten. Traditionstreue beschwört Technikleiter Scholz. »Wir bleiben mit unseren erfolgreichen Modellen leicht modifiziert, aber im Prinzip unverändert am Markt.« Änderungen beschränken sich auf Details: Die Modellpflege beim japanischen Marktführer konzentriert sich auf den Lötprozess in der Modulfertigungslinie. In den neuen Modellen wird das Flussmittel nicht mehr flüssig aufgetragen, sondern aufgesprüht. Das Löten der immer dünner werdenden Zellen erfolgt jetzt außerdem als Kontaktlöten. »Bisher haben wir Heißluft- und Infrarotlöten angeboten«, sagt Scholz, »wir sind jetzt zu sensorgesteuerten Lötstiften übergegangen, die pneumatisch auf die Zellen abgesenkt werden.« Mit Laserlöten wird sich NPC »vorerst nicht« beschäftigen. Dass die NPC-Strategie keine japanische Spezialität darstellt, meint auch Solon-Vorstand Podlowski. Als Bremschuh für die Entwicklung neuer Produktionstechnologie erweise sich – zumindest in Deutschland – zunehmend die lange Garantiezeit für Solarmodule: »Sie behindert die Einführung neuer Fertigungstechnologien.« Beispiele von großen Linienanbietern belegen das: Der amerikanische Linienanbieter Spire sieht sich ebenso wie NPC weniger durch technische Neuentwicklungen als vielmehr durch die Überführung der Modulfertigung in großindustrielle Dimensionen gefordert. »Aus unserer Sicht geht die Entwicklung in Richtung großer Modulfertigungen. Wir entwickeln zurzeit gerade eine 100-MWp-Linie sowohl für die kristalline Technologie als auch für Dünnschichtproduktionen,« sagt Stephen J. Hogan, Executive Vice President and General Manager der Spire Solar. Neben der Größe zukünftiger Produktionslinien spielt die Effizienz eine zentrale Rolle: »Der Trend ist klar: höherer Ausstoß, größere Module und noch zuverlässigere Produktionsanlagen. Die Kunden wollen, dass es zu jedem ihrer Probleme eine bewährte Lösung gibt. Wir reagieren auf diesen Trend mit neuem Standard-Equipment wie unserem neuen Flasher oder dem neuen Zellsortierer. Wir befassen uns auch intensiv mit neuen Linien für dünne Zellen.« Um diesen größer gewordenen Anforderungen gerecht werden zu können, gehen Linienanbieter zunehmend Kooperationen ein, Spire etwa mit einem deutschen Automations-Unternehmen. Der deutsche Linienanbieter Schmid erwarb 2001 einen Anteil am deutschen Reinstraumspezialisten ACR, der sich damals mit der Modulfertigung »vor dem Laminator« beschäftigte. 2005 erfolgte die volle Übernahme von ACR und die Eingliederung in die Schmid-Gruppe als Schmid Technology Systems GmbH (STN). Hinter dieser Akquisition steckt auch die Einschätzung, dass integrierte Solarproduktionen, wie sie jetzt von der Conergy AG in Frankfurt/Oder errichtet werden, zukünftig das Bild der PV-Industrie prägen werden. Schmid-Unternehmenssprecher Markus Vögele sieht den Vorteil einer vollständig integrierten PV-Fabrik in den deutlich geringeren Baukosten, wenn die Einzelmodule einer PV-Fertigung aus einer Hand kommen und damit untereinander anschlussfähig sind. Für die Linienanbieter geht es zurzeit um die strategische Positionierung auf einem boomenden PV-Weltmarkt. Vögele bringt es so auf den Punkt: »Momentan wird der Kuchen verteilt.« Im »Modultechnikum erprobt seit Anfang 2007 das Fraunhofer ISE in Freiburg verschiedene Verfahren zur spannungsfreien Verbindung von Solarzellen – insbesondere die immer dünneren Zellen erfordern komplexe räumliche und zeitliche Temperaturprofile. Foto: ISE »Wir müssen den Produktionsprozess vereinfachen« SW&W: Aus der Sicht des Linienplaners: In welchen Teilsegmenten einer Modulfertigungslinie steckt Ihrer Ansicht nach das größte Innovations- und Kostensenkungspotenzial? Bengsch: Die Produktion eines Moduls ist teuer, weil das Vormaterial teuer und die Fertigung

komplex ist. Also müssen wir nach neuen Konzepten Ausschau halten, die Material sparen, preisgünstigeres Material einsetzen oder den Produktionsprozess vereinfachen. Da fällt einem zuerst einmal der Laminator ein – ein Engpass im Produktionsablauf. Bislang ist die Laminierung ein Batch-Prozess und nur schwer in einen Inline-Prozess zu integrieren. Außerdem ist dieser Prozess relativ zeitaufwändig und erfordert einige Nacharbeiten wie das Entfernen von EVA-Resten. Es überrascht also nicht, wenn Modulproduzenten nach Alternativlösungen suchen. Das könnte ein Inline-Laminator sein – der kontinuierliche Produktionsfluss senkt die Kosten. Er kommt außerdem ohne eine Membran aus, die durch Emissionen verschlissen wird. Im Prinzip gibt es solche Maschinen in der Papierindustrie. Der Nachteil eines solchen Laminators ist aber, dass sich nur wenige Polymere für die inline-Verkapselung eignen und sich die Bruchrate der Zellen durch die Wechselbelastungen erhöht. Deswegen konnte sich dieses Konzept bisher gegen die Standardlaminatoren nicht durchsetzen.

SW&W: Wie sieht die typische Modulfertigungslinie 2010 aus? Bengsch: Betrachten wir eine Modulproduktion auf Basis kristalliner Solarzellen. Eine 100-MWp-Modullinie wird 2010 sicher weitestgehend automatisiert sein, das erleben wir ja schon heute. Abgesehen von der manuellen Zuführung von Verbrauchsstoffen wie Lötpasten, Bändern, Rollen EVA, Rollen Tedlar, Glas, Rahmenteilen, Anschlussdosen und so weiter werden dann fast alle Produktionsoperationen automatisiert stattfinden. Die Automatisierer tun sich heute lediglich beim Querverlöten der Strings und beim Entfernen der EVA-Reste nach dem Laminieren schwer. Aber auch da werden sich Lösungen finden. Je mehr Roboter und Fördertechnik zum Einsatz kommen, desto wichtiger werden Kamerasysteme zur Kontrolle des Produktes während der Produktion werden. Das menschliche Auge jedoch ist nach wie vor der zuverlässigste Qualitätsprüfer. Je höher der Automatisierungsgrad, umso größer sind die Anforderungen an den Fabrikplaner durch höhere Stromaufnahme, Druckluft- und Vakuumverbrauch und -rohrleitungsbau, Wärmeeintrag in die Halle oder Datentechnik.

SW&W: Wo sehen Sie die Hauptabsatzmärkte für Modulproduktions-Equipment und Fab-Planung im Jahre 2010? Bengsch: Das lässt sich nur schwer lokalisieren. Im Gegensatz zur Zellenproduktion braucht man in der Modulherstellung keine aufwendige Gas- oder Chemie-ver- und entsorgung oder teure Reinraumanlagen. Aufgrund dessen und der notwendigen vielen mechanischen Fertigungsschritte ist eine weitgehend manuelle Modulproduktion in Billiglohnländern weit verbreitet. Mit der steigenden Produktion der Zellenhersteller vor allem in Europa, Nordamerika und Japan werden sowohl dort vollautomatische Fabriken als auch in Schwellenländern viele neue halbautomatische oder weitestgehend manuelle Modulfabriken entstehen, wobei allerdings auch hier verstärkt Lötautomaten Einzug halten.

Dieser Text wurde von Jörn Iken exklusiv für Sonne Wind & Wärme geschrieben und erschien in der Ausgabe 2/2007

Aktuelles Heft der SWW (Sonne, Wind & Wärme) bestellen.

Ältere Ausgabe zum Kennenlernen kostenlos bestellen.