

Abs	Neue Energie (3 / 2010)	ee-news (17.6.2010)	Abs
	Grün, grün, grün ... (Sascha Rentzing, Jürgen Heup)	Solarstromindustrie: Triple Green (Sascha Rentzing)	
0	... sind alle Träume der Photovoltaikindustrie. Ihr neuer Leitbegriff Triple Green heißt: sauberen Strom erzeugen, Module recyceln und diese obendrein umweltfreundlich herstellen. Doch noch ist der Dreiklang eine Vision. Denn Ökofabriken erfordern hohe Anfangsinvestitionen.	(SR) Grün, grün, grün sind die Träume der Fotovoltaikindustrie. Ihre neue Devise "Triple Green" heißt: sauberen Strom erzeugen, Module recyceln und diese obendrein umweltfreundlich herstellen. Doch noch ist der Dreiklang nur eine Vision, denn Ökofabriken sind teuer.	0
1	Diesmal stammt die Innovation nicht aus China oder den USA, sondern aus Osterweddingen in Sachsen-Anhalt: Die Firma Malibu, die in dem kleinen Ort bei Magdeburg Dünnschichtsiliziummodule fertigt, reinigt ihre Prozesskammern seit Anfang 2010 mit Fluor statt dem gefährlichen Treibhausgas Stickstofftrifluorid (NF3).	Diesmal stammt die Innovation nicht aus China, sondern aus Osterweddingen bei Magdeburg: Die Firma Malibu, die dort Dünnschichtmodule fertigt, reinigt ihre Prozesskammern neuerdings mit Fluor statt dem gefährlichen Treibhausgas Stickstofftrifluorid (NF3).	1
	Das klingt zunächst unspektakulär, bringt jedoch großen ökologischen Nutzen: „Wir vermeiden so jegliches Emissionsrisiko“, sagt Malibu-Fertigungsleiterin Antje Bönisch. NF3 sei – falls es unbeabsichtigt in die Atmosphäre entfleuche – für die globale Erwärmung 17200-mal so gefährlich wie Kohlendioxid, Fluor habe dagegen kein Treibhauspotenzial. Wirklich attraktiv wird der Ökoschwenk für das Unternehmen aber durch die sinkenden Betriebskosten. „Wir sparen pro Jahr eine sechsstellige Summe“, sagt Bönisch. Dadurch gewinne Malibu im hart umkämpften Dünnschichtsegment an Wettbewerbskraft.	Das klingt unspektakulär, bringt jedoch großen ökologischen Nutzen: "Wir vermeiden so jegliches Emissionsrisiko", sagt Malibu-Fertigungsleiterin Antje Bönisch. NF3 sei - falls es entfleuche - für die globale Erwärmung 17200-mal gefährlicher als CO2, Fluor habe dagegen kein Treibhauspotenzial. Wirklich attraktiv wird der Ökoschwenk für die Firma aber durch die sinkenden Betriebskosten. "Wir sparen pro Jahr eine sechsstellige Summe", sagt Bönisch.	
		Reinigung mit Fluor-On-Site-Generator	
2	Der Schlüssel zu sauberer und kosteneffizienterer Fertigung ist ein so genannter Fluor-On-Site-Generator der Firma Linde, der direkt an die Versorgungsleitungen des Dünnschichtwerks angeschlossen ist.	Der Schlüssel zu effizienterer Fertigung ist ein sogenannter Fluor-On-Site-Generator der Firma Linde.	2
	Malibus Module entstehen, indem Silizium in Vakuumkammern auf eine Glasscheibe aufgedampft wird. Da bei diesem Prozess viel Silizium an den Kammerwänden kleben bleibt, müssen diese nach jedem Beschichtungsprozess gereinigt werden. Der Generator leitet dafür Fluor ein, das mit dem Silizium zu Siliziumtetrafluorid reagiert, welches anschließend abgepumpt, abgefangen und abreagiert wird.	Malibus Module entstehen, indem Silizium in Vakuumkammern auf Glas aufgedampft wird. Da dabei viel Material an den Wänden der Kammern kleben bleibt, müssen diese regelmäßig gereinigt werden. Der Generator leitet dafür das Fluor ein, das mit dem Silizium zu gasförmigem Siliziumtetrafluorid reagiert, welches abgepumpt, abgefangen und abreagiert wird.	
3	Der entscheidende Vorteil der neuen Methode ist neben der verringerten Klimagefahr die Schnelligkeit : Normalerweise betrage die Reinigungszeit mehr als zehn Prozent der gesamten Prozesszeit einer Vakuumkammer.	Die neue Methode verringert die Klimagefahr und ist schnell:	

Abs	Neue Energie (3 / 2010)	ee-news (17.6.2010)	Abs
	Fluor reduziere sie dank seiner hohen Reaktionsfreudigkeit um die Hälfte, erklärt Andreas Weisheit, der bei Linde für die Entwicklung des Photovoltaik(PV)-Geschäfts zuständig ist.	Fluor reduziere die Reinigungszeit dank seiner hohen Reaktionsfreudigkeit um die Hälfte, erklärt Linde-Manager Andreas Weisheit.	
	Das verbessert den Durchsatz der Linien und senkt Produktionskosten. Und für all dies hat Malibu keine hohen Anfangsinvestitionen zu schultern: Der Generator bleibt Lindes Eigentum, der Dünnschichtspezialist verpflichtet sich lediglich, das Fluor abzunehmen – zu einem Preis, der, so Fertigungsleiterin Bönisch, nicht über dem des angelieferten NF3 liege.	Das verbessert den Durchsatz der Linien und senkt Kosten.	
	Energieintensive Produktion		
4	Malibu zählt damit zu den Vorreitern einer Branche, die nicht nur schnell, sondern auch sauber wachsen will. Bei ihren Bemühungen um Kostensenkungen dürften die Hersteller nicht in Versuchung geraten, günstigere Lösungen anzuwenden, ohne deren Einfluss auf die langfristige Nachhaltigkeit zu berücksichtigen, betonte Anton Milner, Q-Cells-Chef und Vize-Präsident des Verbands der europäischen PV-Industrie Epia, auf dem Photovoltaics Fab Managers Forum 2007 in Leipzig.	Malibu zählt damit zu den Vorreitern einer Branche, die nicht nur schnell, sondern auch sauber wachsen will. Bei ihren Bemühungen um Kostensenkungen dürften die Hersteller nicht in Versuchung geraten, günstigere Lösungen anzuwenden, ohne deren Einfluss auf die langfristige Nachhaltigkeit zu berücksichtigen, betonte der frühere Q-Cells-Chef Anton Milner schon auf dem Photovoltaics Fab Managers Forum 2007 in Leipzig.	
5	Inzwischen existiert für Milners Ansatz ein einprägsamer Begriff: „Triple Green“ – Module erzeugen grünen Strom, werden nach Ablauf ihrer Lebenszeit recycelt und zudem ressourcenschonend produziert. Das heißt im Idealfall: In Werken, die mit Ökomaterialien gebaut und regenerativen Energiequellen versorgt werden, fallen bei der Herstellung von Silizium, Wafern, Zellen und Modulen kaum noch Kohlendioxid und Abfälle an, sind Energie-, Gas-, Säure- und Wasserverbrauch auf ein Minimum reduziert.	Inzwischen existiert für Milners Ansatz ein einprägsamer Begriff: Triple Green: Module erzeugen grünen Strom, werden recycelt und zudem ressourcenschonend produziert. Das geschieht in Werken, die aus Öko-Materialien gebaut und regenerativen Energiequellen versorgt werden. Hier fallen bei der Produktion von Silizium, Wafern, Zellen und Modulen kaum noch CO2 und Abfälle an, sind Energie-, Gas-, Säure- und Wasserverbrauch auf ein Minimum reduziert.	
		Siliziumproduktion gefährdet grünes Image	
6	Für die große grüne Motivation der Solarindustrie gibt es vor allem eine Erklärung: Ihr sauberes Image steht auf dem Spiel, denn sie wächst rasant und mithin ihr Ressourcenverbrauch und ihre Emissionen. Damit steuert sie auf die gleichen Probleme zu wie die Auto- oder Halbleiterindustrie, die beide viel Energie verschlingen. Seit Milners Appell 2007 haben sich der global PV-Zubau auf etwa sechs und die Modulproduktion auf acht Gigawatt verdoppelt. Und das Wachstum soll, so die Prognosen, im gleichen Tempo weitergehen. Doch mit jedem neuen Werk steigt der Bedarf an Energie, gefährlichen Gasen und Säuren.	Grund für die grüne Motivation der Solarindustrie: Ihr sauberes Image steht auf dem Spiel, denn sie wächst rasant und mithin ihre Emissionen.	3

Abs	Neue Energie (3 / 2010)	ee-news (17.6.2010)	Abs
	Die Siliziumgewinnung ist, wie Eric Maiser vom Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) betont, die „eigentliche Sauerei“: Der Weg vom Sand zum Solarsilizium führt über wenig umweltfreundliche Zwischenprodukte (siehe Kästen), beansprucht sehr hohe Temperaturen und frisst entsprechend viel Strom .	Die Siliziumproduktion ist, wie Eric Maiser vom Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) erklärt, die „eigentliche Sauerei“: Der Halbleiter wird in vielen stromfressenden Prozessen aus Sand gewonnen.	
	Meist stammt dieser aus Atom- und fossilen Kraftwerken, denn herkömmlicher Strom ist für die Hersteller schlicht billiger und leichter verfügbar als regenerativ erzeugter.	Meist stammt die Energie aus Atom- und fossilen Kraftwerken, denn herkömmlicher Strom ist für die Hersteller schlicht billiger und leichter verfügbar als regenerativ erzeugter.	
7	Nicht viel ressourcenschonender werden anschließend die Wafer und Zellen gefertigt: Beim Sägen der Wafer aus den Siliziumblöcken geht fast die Hälfte des Siliziums verloren und muss – damit es wieder verwendet werden kann – erneut in die Schmelze.	Nicht viel ressourcenschonender werden danach die Wafer und Zellen gefertigt:	4
	Zum Reinigen der Wafer nutzen Hersteller Säuren und Laugen. Zur elektrischen Ausrichtung der Zelle wird Phosphor und Bor eingebracht, und bei der elektrischen Verschaltung kommt schließlich Blei ins Spiel. All diese Chemikalien finden sich später in den Abwässern der Solarfabrik wieder. Diese werden zwar behandelt, dennoch gelangen Schadstoffe wie halogenierte Kohlenwasserstoffe, Schwermetalle und Nitrate auch ins Kanalsystem.	Zum Reinigen der Siliziumscheiben nutzen Hersteller Säuren und Laugen. Zur elektrischen Ausrichtung der Zelle wird Phosphorsäure und Bor eingebracht, und bei der elektrischen Verschaltung kommt schließlich Blei ins Spiel. All diese Chemikalien finden sich später in den Abwässern der Solarfabrik wieder. Diese werden zwar behandelt, dennoch gelangen Schwermetalle und Nitrate auch ins Kanalsystem.	
	Zulieferer mit sauberen Lösungen		
8	Auch bei der Dünnschichtproduktion benötigen Hersteller viel Energie und gefährliche Chemie . CIS- oder CdTe-Module werden bei hohen Temperaturen in langen Prozessen aus Kupfer, Indium, Selen, Cadmium und Schwefelwasserstoff oder Cadmiumtellurid gefertigt. Beim Dünnschichtsilizium reinigen die Hersteller ihre Kammern bislang mit NF ₃ . So vorsichtig sie dabei auch agieren – ganz können sie das Treibhausgas nicht am Entfleuchen hindern. „17 Prozent gelangen während seines Produktlebenszyklus in die Atmosphäre“, sagt Linde-Manager Weisheit. Die Nachfrage der Dünnschichtproduzenten nach den Fluor-Generatoren sei deshalb groß. Malibu und Masdar PV haben bereits auf Fluor-Versorgung umgestellt, andere Firmen hätten dies vor, so Weisheit.	Bei der Dünnschichtproduktion kracht und zischt es ebenfalls : CIS- oder CdTe-Module werden bei hohen Temperaturen in langen Prozessen aus Kupfer, Indium, toxischem Selen, Cadmium und Schwefelwasserstoff oder Cadmium-Tellurid gefertigt. Beim Dünnschichtsilizium reinigen die Hersteller ihre Kammern bislang mit NF ₃ , von dem immer ein Teil in die Atmosphäre entflucht.	
9	Die Solarhersteller können noch viel mehr tun, als ihren Gasanbieter zu wechseln:		
	Die Zulieferer bieten ihnen diverse Möglichkeiten, ihre Produktion auf eine grüne Basis zu stellen . So offeriert die italienische	Die Zulieferer bieten den Herstellern daher diverse Möglichkeiten, ihre Produktion auf grün umzustellen . Neben Lindes Fluorgenerator gibt	5

Abs	Neue Energie (3 / 2010)	ee-news (17.6.2010)	Abs
	<p>Firma Saita Zellenfabrikanten neuerdings ein System, das 96 Prozent des Prozesswassers aufbereitet und es im Kreislauf zirkulieren lässt. Dadurch werde der Frischwasserbedarf der Zellenfertigung auf ein Fünfundzwanzigstel reduziert, erklärt Marketingmanager Carlo Enrico Martini. Außerdem gelange dank des Recyclings kein Abwasser in die Kanalisation. So helfe Saita Herstellern, ökologisch zu fertigen und zugleich Wasser- und Abwasserkosten zu sparen.</p>	<p>es etwa Systeme, die das Prozesswasser aufbereiten und ständig im Kreislauf führen, sodass kein Abwasser mehr in die Kanalisation gelangt</p>	
10	<p>Der Berliner Fabrikplaner IB Vogt legt noch eine Schippe drauf: Er hat eine so genannte „Greenfab“ entwickelt, die ökologisch gebaut und betrieben wird. Bis zu einem Gigawatt (GW) Solarleistung kann dort hergestellt werden. Je nachdem, was produziert werden soll – waferbasierte PV-Technik oder Dünnschichtpaneele -, können die Werke aus zwei bis drei Linien oder einem Cluster von zehn Straßen bestehen.</p>	<p>Der Berliner Fabrikplaner ib vogt hat sogar eine komplette „Greenfab“ entwickelt, die ökologisch gebaut und betrieben wird.</p>	
	<p>Die nötige Energie, erklärt Projektmanager Lino Garcia, erzeugen Solar- oder Erdwärmeanlagen vor Ort. Abwärme dient zum Heizen und Kühlen, etwa um die Luft in Reinnräumen konstant auf 19 bis 22 Grad Celsius zu halten. Weniger Schmutzwasser gelangt in die Kanalisation, da ein Großteil wiedergewonnen wird.</p>	<p>Die nötige Energie, erklärt Projektmanager Lino Garcia, erzeugen Solar- oder Erdwärmeanlagen vor Ort. Abwärme dient zum Heizen und Kühlen. Wasser wird wiedergewonnen.</p>	
	<p>Integrierte Logistik- und Transportkonzepte verkürzen Wege und steigern zusätzlich die Energieeffizienz. So kann die Solarindustrie mit der Greenfab große Mengen PV-Technik zugleich effizient und sauber fertigen.</p>	<p>Integrierte Logistik- und Transportkonzepte verkürzen Wege und steigern die Energieeffizienz.</p>	
	<p>Keine Ökorevolution</p>	<p>Noch kein Öko-Durchbruch in der Solarindustrie</p>	
11	<p>Doch so groß die Vorteile einer grünen Produktion sind – eine Ökorevolution ist in der Solarindustrie vorerst nicht in Sicht. Obwohl bereits vor drei Jahren entwickelt, hat Ib Vogt laut Garcia noch keine einzige komplette Greenfab verkauft, sondern immer nur einzelne, ökologisch besonders kritische Bestandteile der Fertigung wie etwa Konzepte fürs Abwasserrecycling. Die grüne Solarfabrik ist ein Ladenhüter.</p>	<p>Doch so groß die Vorteile einer grünen Fertigung sind - vom Öko-Durchbruch kann in der Solarindustrie noch keine Rede sein. Obwohl bereits vor drei Jahren entwickelt, hat ib vogt laut Garcia noch keine einzige Greenfab verkauft.</p>	6
	<p>„Die PV ist im Gegensatz zur Chipindustrie noch nicht tief ins Green Manufacturing eingestiegen“, sagt Carlos Lee vom Halbleiterverband Semi.</p>	<p>„Die PV ist im Gegensatz zur Chipindustrie noch nicht tief ins Green Manufacturing eingestiegen“, sagt Carlos Lee vom Halbleiterverband SEMI.</p>	
12	<p>Doch was hemmt den Durchbruch von Triple Green in der Solarbranche? Ein entscheidender Aspekt sind die hohen Investitionskosten. So sei</p>	<p>Warum Triple Green bisher nicht stattfindet, dürfte vor allem an den hohen Investitionskosten für eine nachhaltige</p>	

Abs	Neue Energie (3 / 2010)	ee-news (17.6.2010)	Abs
	zum Beispiel eine Greenfab mit einem GW Kapazität im Schnitt 20 bis 30 Prozent teurer als eine normale GW-Fabrik , erklärt Garcia . Durch Energie- und Rohstoffersparnisse mache sich eine Insvestition zwar irgendwann bezahlt, wann genau, habe IB Vogt aber nicht kalkuliert. Das Problem: Wer viele Millionen Euro investiert, muss den Zeitpunkt für den Return of Investment exakt kennen. Nach zehn Jahren käme dieser wahrscheinlich zu spät, da bei dem hohen Innovationstempo der Photovoltaik Fab-Design und –Interieur wohl längst veraltet wären. Das grüne Werk wäre also abrisssreif, bevor es Gewinne abwirft.	Produktion liegen. Eine Greenfab sei „sicherlich etwas teurer “ als eine normale Fabrik , sagt Garcia .	
13	Zudem bremst die Rezession grüne Investitionen. Viele Hersteller mussten ihre Produktion drosseln, Einbußen bei Umsatz und Gewinn hinnehmen. „In dieser Phase können sich die Unternehmen keine großen Ausgaben leisten“, sagt Kevin Reddig vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung in Stuttgart. So ist es mit der Einführung grüner Herstelltechniken und –prozesse derzeit ähnlich wie mit der Umsetzung neuer Zellenkonzepte: Die Kommerzialisierung komplexer, nur mit hohem finanziellen Aufwand umsetzbarer Ansätze wie etwa der Rückkontaktzelle wird zurückgestellt.	Zudem bremst die Rezession grüne Investitionen. Viele Hersteller mussten Einbußen bei Umsatz und Gewinn hinnehmen, große Ausgaben sind daher tabu.	
14	Stattdessen besinnen sich die Hersteller auf die günstigere Optimierung der Standardzelle, begnügen sich mit moderaten Effizienzgewinnen.		
	Weil grün teuer ist, die Wirtschaftlichkeit unklar bleibt und die Branche sparen muss , wird es also keinen plötzlichen Durchbruch von Triple Green geben. „ Grün kommt in Dosen “, sagt Maiser vom VDMA . Wichtig sei es, erst mal Standards für eine Greenfab festzulegen, betont Klaus Eberhardt vom Fabrikplaner M und W Group. Noch stehe nicht fest, welche Aspekte eine grüne Fabrik überhaupt ausmachten. „Wir sind dabei, Punkte zu definieren.“	Weil grün teuer, die Wirtschaftlichkeit unklar ist und die Branche sparen muss, bleibt Triple Green vorerst nur eine Vision. „ Grün kommt in Dosen “, sagt Maiser vom VDMA .	7
	Lee von Semi verweist auf die Entwicklung der Halbleiterindustrie, die ihren Verbrauch erst über die Jahre deutlich gesenkt hat. ST Microelectronics, der größte europäische Halbleiterhersteller, benötigte nach eigenen Angaben von 1994 bis 2009, um seine CO2-Emissionen um 65, seinen Energieverbrauch um 54, seinen Wasserbedarf um 70 und sein Abfallaufkommen um 71 Prozent zu senken.	Lee von SEMI verweist auf die Entwicklung der Halbleiterindustrie, die ihren Verbrauch erst über die Jahre deutlich gesenkt hat. ST Microelectronics, der größte europäische Halbleiterhersteller, benötigte nach eigenen Angaben von 1994 bis 2009, um seine CO2-Emissionen um 65, seinen Energieverbrauch um 54, seinen Wasserbedarf um 70 und sein Abfallaufkommen um 71 Prozent zu senken.	
15	Die Solarbranche steht heute da, wo die Chipindustrie vor 15 Jahren stand. Solarworld	Die Solarbranche steht heute da, wo die Chipindustrie vor 15 Jahren stand. Solargigant	8

Abs	Neue Energie (3 / 2010)	ee-news (17.6.2010)	Abs
	<p>baut keine Greenfab, sondern macht in seinem Nachhaltigkeitsbericht zunächst nur alle relevanten Umweltdaten von sich und seinen Vorlieferanten transparent, ebnet grünen Investitionen also erst den Weg.</p> <p>Modulhersteller Solon ebenso: Er hat 200 000 Euro in ein Umweltmanagementsystem nach ISO 14001 investiert, um einen Überblick zu erhalten, wo nachhaltige Lösungen überhaupt wirtschaftlich sinnvoll sind. Malibu schwenkt in einem ersten wichtigen nachhaltigen Schritt von NF3 auf Fluor um. Eine Maßnahme mit Kostenvorteilen. Sonst hätte das Unternehmen wohl weiter mit Stickstoff gearbeitet.</p>	<p>Solarworld baut keine Greenfab, sondern macht in seinem Nachhaltigkeitsbericht erst mal nur alle relevanten Umweltdaten von sich und seiner Vorlieferanten transparent, ebnet grünen Investitionen also erst den Weg.</p> <p>Modulhersteller Solon ebenso: Er hat 200000 Euro in ein neues Umweltmanagementsystem investiert, um einen Überblick zu erhalten, wo nachhaltige Lösungen überhaupt wirtschaftlich Sinn machen. Malibu schwenkt in einem ersten nachhaltigen Schritt von NF3 auf Fluor. Den nächsten grünen Meilenstein werden die Firmen sicher erreichen - aber wohl erst nach der Krise.</p>	