

Abs	Neue Energie (9 / 2008)	Erneuerbare Energien (CH) (2 / 2009)	Abs
	Vorzeitige Altersschwäche (Sascha Rentzing)	Modulqualität: Vorzeitige Altersschwäche (Sascha Rentzing)	
0	Solar module sollen 25 Jahre lang mit möglichst konstanter Leistung Strom erzeugen. Wegen des derzeitigen Booms kommen Qualität und Qualitätssicherung aber auf allen Wertschöpfungsstufen zu kurz - mit negativen Folgen für Panel leistung und -lebensdauer .	Solar anlagen sollen 25 Jahre lang Strom erzeugen. Wegen des derzeitigen Booms kommen Qualität und Qualitätssicherung aber zu kurz — mit negativen Auswirkungen auf Modul leistung und -lebensdauer .	0
	Bei der Dünnschicht steht die Forschung erst am Anfang.	Bei der Dünnschicht steht die Forschung erst am Anfang.	
1	Das Vorhaben der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) klingt sehr speziell: Die Organisation will untersuchen, ob und wie stark sich tierische Ammoniakdämpfe, wie sie etwa in Schweinemastbetrieben auftreten, in Gläser und Anschlüsse von Photovoltaik(PV)-Anlagen fressen. Noch werde diese Frage in den international genormten Testverfahren nicht betrachtet, sagt Winfried Gramatte, im DLG-Prüflabor zuständig für erneuerbare Energien. Dabei gebe es Hinweise, dass Module durch Geruchs- und Ammoniakemissionen schneller altern.		
2	Seine Gesellschaft hat kürzlich 220.000 Euro in einen neuen Versuchsstand, eine Art Zeitmaschine, investiert, auf dem Module in einer Ammoniakatmosphäre schnellen Temperatur- und Klimaschwankungen ausgesetzt werden. So wollen die DLG-Prüfer den Alterungsprozess, die sogenannte Degradation, bei landwirtschaftlichen Lichtsammlern simulieren. Ende 2008 soll das Projekt starten, das Know-how wolle man den Prüfinstituten und PV-Herstellern anbieten, erklärt Gramatte das Ziel.		
	Ätzende Schweinegase		
3	Die Solarbranche zeigt an dem Projekt bislang wenig Interesse: Es gebe keine konkreten Fälle von Ammoniakkorrosion, heißt es auf Anfrage bei Unternehmen und Maschinenring, über die viele Landwirte ihre Solaranlagen beziehen.		
4	Doch es könnte ein Bauernaufstand ausbrechen, wenn die ersten Landkraftwerke in die Jahre kommen. Allein in den vergangenen vier Jahren installierten die Agrarier nach Expertenschätzungen hierzulande über 1.500 Megawatt (MW) Solarstromleistung — weit mehr als jede andere Kundengruppe. Selbst wenn nur ein Bruchteil dieser Anlagen auffällig wird, drohen der Solarbranche enorme Regressforderungen und ein erheblicher Akzeptanzverlust.		
5	Das Thema vorzeitige Modulalterung dürfte die Unternehmen künftig noch aus anderen Gründen beschäftigen. So steigt die Nachfrage nach	Das Thema vorzeitige Modulalterung könnte die Solarbranche künftig noch aus anderen Gründen beschäftigen. So steigt die Nachfrage nach	9

Abs	Neue Energie (9 / 2008)	Erneuerbare Energien (CH) (2 / 2009)	Abs
	Dünnschicht-Solaranlagen derzeit stark, da sie weniger kosten als konventionelle Siliziummodule (neue energie 6/2008).	Dünnschichtsolaranlagen wegen ihres geringen Preises derzeit stark.	
	Ob die neuen Technologien aber auch nach Jahren noch volle Leistung bringen, ist ungewiss. Die Leistungsversprechen der Hersteller basierten weniger auf Wissen als vielmehr auf Schätzungen, warnen Experten.	Was sie taugen, ist aber schwer zu beantworten, denn Langzeiterfahrungen wie bei kristallinen Modulen gibt es bei diesen Anlagen noch nicht. Einen weiteren Grund nennt	
	„Wir haben das physikalische Verhalten der Dünnschicht noch nicht ganz verstanden“, sagt Dieter Geyer, Leiter des Testzentrums für solare Dünnschicht-Module im Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZWS) in Stuttgart.	Dieter Geyer, Leiter des Testzentrums für solare Dünnschicht-Module im Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Stuttgart: «Wir haben das physikalische Verhalten der Dünnschicht noch nicht ganz verstanden.»	
6	Auch die Tatsache, dass in Zeiten von Nachfrageboom und Massenproduktion Qualität und Qualitätssicherung oft zu kurz kommen, birgt Gefahren.	Die Solarbranche boomt. Nicht nur die Nachfrage zieht stark an, auch die Zahl der Hersteller wächst rasant. Was die Branche als grossen Erfolg verkauft, hat aber auch eine Kehrseite: Der Kampf um Kunden wird für die Firmen immer schwieriger und der Druck, die Preise zu senken, steigt. Einige Unternehmen veranlasst dies dazu, dort zu sparen, wo es am wenigsten angebracht ist — bei Qualität und Qualitätssicherung.	1
		Hinweise dafür kommen aus der Branche selbst.	2
	Ingot- und Waferhersteller klagen über unreines Silizium, Zellenproduzenten über schlechte Wafer, Modulbauer über fehlerhafte Zellen. Eine Reihe von Betreibern wird sich in einigen Jahren möglicherweise über vorzeitig alternde Lichtsammler und Mindererträge beschweren. Die Vorwürfe von Brancheninsidern wiegen schwer: Für viele Hersteller zählten Qualitätsstandards in Boomzeiten nichts mehr, manchmal würden minderwertige Bauteile sogar wissentlich durch die Produktion gewunken, um Prozesse in Gang und Kosten gering zu halten. Die Kritik richtet sich dabei nicht nur gegen die üblichen Verdächtigen — Neueinsteiger und Firmen aus Fernost —, sondern auch gegen Branchengrößen in Europa, Japan und den USA.	So klagen Hersteller von so genannten Wafern, den Zellenrohlingen, vermehrt über unreines Silizium, Zellenproduzenten über schlechte Wafer, Modulbauer über fehlerhafte Zellen — und viele Betreiber werden sich möglicherweise bald über defekte oder vorzeitig alternde Module beschweren.	
	Jeder zehnte Wafer schadhaft		
7	Solarhersteller Sunways zum Beispiel hat seit einiger Zeit Probleme mit der Qualität der Wafer, die ihm geliefert werden. »Vor fünf Jahren hatten wir so gut wie keinen Ausschuss, heute kommt es vor, dass wir zehn Prozent aussortieren müssen«, sagt Vorstandschef Roland Burkhardt. Die Ursache liege bei den Ingotherstellern, die in Zeiten von Rohstoffknappheit und hohen Fertigungsdrucks nicht ausschließlich hochwertiges Silizium verwendeten, sondern oft unterschiedliche Qualitäten vermischten.	Symptomatisch für den Qualitätsverlust in der Branche ist das Beispiel des Solarherstellers Sunways. Seit einiger Zeit beschwert sich die Firma über mangelhafte Wafer, die sie von anderen Produzenten bezieht. »Vor fünf Jahren hatten wir so gut wie keinen Ausschuss, heute kommt es vor, dass wir zehn Prozent aussortieren müssen«, klagt Sunways-Technikvorstand Roland Burkhardt. Hoher Fertigungsdruck und hohe Rohstoffkosten verleiten einige Wafer-Produzenten offensichtlich dazu, hochwertiges Silizium, den Hauptbestandteil der Wafer, mit schlechtem zu mischen.	3

Abs	Neue Energie (9 / 2008)	Erneuerbare Energien (CH) (2 / 2009)	Abs
	Produktionsergebnis seien dann niederohmige Wafer, die stärker degradierten als gute, hochohmige Ware.	Folge ist eine schlechtere Stromausbeute der Zelle.	
8	Um Kunden nicht zu verärgern, geht Sunways bei den Leistungswerten seiner Module daher auf Nummer sicher: Vor deren Auslieferung würden ihre Wirkungsgrade ermittelt und um einige Prozent nach unten korrigiert, sagt Burkhardt.	Sunways geht nach eigenen Angaben daher auf Nummer sicher und korrigiert die Wirkungsgrade, Massstab für die Umwandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie, um einige Prozent nach unten.	
9	Am Ende der solaren Wertschöpfungskette gibt es ebenfalls Grund zur Klage: Der Dresdner Modulbauer Solarwatt wurde zuletzt häufiger mit mangelhaften sogenannten Ethylenvinylacetat(EVA)-Folien zur Zellen-Einbettung beliefen. „Wir machen zwar präzise Vorgaben, was wir brauchen, aber manchmal passt die gelieferte Ware nicht zu unserem technologischen Prozess“, erklärt Dietmar Jakob, Vertriebsleiter für den deutschsprachigen Raum.		
10	Bei den hohen internationalen Prüfanforderungen ist es nur schwer verständlich, dass es minderwertige Module bis auf die Dächer schaffen: Sie sollen mindestens 25 Jahre lang halten — entsprechend hart sind die Alterungstests. Als besonders hohe Hürde gilt der Feuchte-Hitze-Test, bei dem Module über einen Monat lang 85 Prozent Luftfeuchtigkeit und 85 Grad Celsius Hitze ausgesetzt werden. Verliert ein Panel dabei mehr als fünf Prozent Leistung, fällt es durch. Besteht es, folgt der Stresstest mit 200 Temperaturzyklen. Zwischen den Testläufen werden die Panels Sicht-, Leistungs- und Isolationsprüfungen unterzogen. Nur Module, die alle Prozeduren schadlos überstehen, erhalten ein Zertifikat.	Eigentlich dürfte der Kunde von dem Qualitätsverlust wenig spüren, da viele Hersteller ihre Produkte von unabhängigen Instituten freiwillig prüfen lassen. Dass dennoch auch minderwertige Produkte verkauft werden, hat zwei Gründe: „Zum einen lässt nicht jedes Unternehmen seine Ware testen“, erklärt Björn Hemmann vom Solarenergie Informations- und Demonstrationszentrum (Solid) in Fürth. Zum anderen sind auch die Prüfungen kein Garant für 100-prozentige Sicherheit. So vergehen etwa bei der TÜV Deutschland Group zwischen der Basisprüfung eines Moduls und der Nachprüfung drei Jahre. In dieser Zeit können sich die Leistungswerte eines Modultyps deutlich verschlechtern, etwa wenn vermehrt Zellen aus unreinem Silizium verarbeitet werden.	4
11	Dennoch werden nicht durchweg langlebige Premiumprodukte verkauft. So vergehen etwa bei der TÜV Deutschland Group zwischen Basiszertifizierung und dem sogenannten Reaudit, der Modulnachprüfung, drei Jahre. In dieser Zeit können sich die Leistungswerte eines Modultyps deutlich verschlechtern, etwa wenn vermehrt Zellen aus unreinem Silizium verarbeitet werden. Nicht alle Hersteller, so wird kolportiert, rechnen die Modulwirkungsgrade dann runter und berücksichtigen den Degradationseffekt stärker.	Viele Hersteller berücksichtigen diese qualitativen Veränderungen nicht. Stattdessen verkauften sie ihre Module mit den höheren Leistungsangaben, die durch die Basisprüfung ermittelt wurden. Folge: Die Anlage liefert nicht die versprochenen Erträge. Seriöse Hersteller berücksichtigen hingegen diesen Alterungseffekt (Degradation) und rechnen die Wirkungsgrade sicherheitshalber herunter.	5
	Viele unbekannte Größen		
12	Außerdem können die gängigen Tests die realen „Lebensbedingungen“ der Module unter der Sonne nicht genau simulieren. So kann es sein, dass ein Modul auf dem Prüfstand Top-Leistungen bringt, aber in freier Wildbahn schwächelt.	Hinzu kommt, dass die Modulalterung immer noch ein Buch mit sieben Siegeln ist.	6

Abs	Neue Energie (9 / 2008)	Erneuerbare Energien (CH) (2 / 2009)	Abs
	<p>»Obwohl wir in den letzten Jahren viel über Degradation gelernt haben, ist es schwer vorhersagbar, wie schnell ein Modul altert«, resümiert Jörg Eylert, Leiter des TÜV-Prüflabors Photovoltaik. Immerhin sind den Testern die wesentlichen Ursachen für Leistungsverluste bekannt: Ablagerungen und Fremdschichten wie Staub und Dreck, die sich in das Glas fressen und zu dessen Ermattung führen können, sowie physikalische Effekte in der Zelle wie zum Beispiel irreversible Rekombinationsvorgänge, also das gegenseitige Auslösen der Ladungsträger, die dadurch für die Solarstromerzeugung verloren gehen.</p>	<p>«Obwohl wir in den letzten Jahren viel über Degradation gelernt haben, ist es schwer vorhersagbar, wie schnell ein Modul altert«, sagt Jörg Eylert, Leiter des TÜV-Prüflabores Photovoltaik in Köln. Immerhin kennt der Experte die Hauptursachen für die Leistungsverluste: Es sind vor allem Staub und Dreck, die sich in das Glas fressen und zu dessen Ermattung führen sowie physikalische Effekte in der Zelle.</p>	
13	<p>Wegen der Lücken in der Altersforschung haben sich Wissenschaftler und Unternehmen auf eine einfache Sprachregelung verständigt:</p>		
	<p>Bei kristallinen Siliziummodulen wird heute allgemein von einem halben Prozent Leistungsverlust pro Jahr ausgegangen, also von 12,5 Prozent nach 25 Jahren Betrieb. Aus dieser vagen Annahme erklären sich auch die Leistungszusagen der Hersteller. Das Gros garantiert, dass bei gegebener definierter Solareinstrahlung nach 20 oder 25 Jahren noch 80 Prozent der Nennleistung eines neuen Moduls erreicht werden.</p>	<p>Bei kristallinen Siliziummodulen wird heute allgemein von einem halben Prozent Leistungsverlust pro Jahr ausgegangen, also von 12,5 Prozent nach 25 Jahren Betrieb. Garantiert werden dem Kunden in der Regel 80 Prozent der Nennleistung nach 20 oder 25 Jahren.</p>	7
	<p>Bei der Differenz von 7,5 Prozent handelt es sich um Sicherheitsabschläge, die die Anbieter wegen möglicher unerwarteter Alterungseffekte mit einplanen.</p>	<p>Neben den Verlusten in Höhe von 12,5 Prozent kalkulieren die Hersteller mit einem Puffer von 7,5 Prozent für unerwartete Alterungseffekte.</p>	
14	<p>Genau diese unbekanntes Größen bergen aber große Gefahren. Niemand kann zum Beispiel heute sagen, ob Schweinegase Module nicht fast gänzlich funktionsunfähig machen können. Ebenfalls unklar ist, welche physikalischen Prozesse im Laufe der Jahre in direkt gereinigtem metallurgischen Silizium ablaufen. Einige Hersteller wie Q-Cells planen langfristig mit diesem neuartigen Sonnenstoff, da er deutlich günstiger herzustellen ist als Standardsilizium, aber dennoch gute Zelleffizienzen von 14 bis 16 Prozent verspricht (neue energie 5/2008).</p>	<p>Was aber passiert, wenn die Module besonderen Belastungen ausgesetzt sind, etwa Ammoniak oder viel Staub in der Landwirtschaft? Bislang kann keiner darauf eine verlässliche Antwort geben. Das Testzentrum «Technik und Betriebsmittel» der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) entwickelt daher ein Testverfahren, das die besonderen Bedingungen der Solarstromproduktion auf landwirtschaftlichen Dächern berücksichtigen soll.</p>	8
	<p>Unbekannte dünne Schichten</p>	<p>Und bei Dünnschichtanlagen?</p>	
15	<p>Bei den Dünnschichttechnologien ist die Bestimmung von Leistung und elektrischem Verhalten noch kniffliger als bei kristallinen Modulen. Bei Panels aus amorphem Silizium zum Beispiel wird gemeinhin davon ausgegangen, dass sie in den ersten 1.000 Sonnenstunden rund 20 Prozent ihrer Leistung verlieren. Doch in einem stabilen Zustand und bereit zur Leistungsvermessung sind sie dann noch nicht. Zum einen geht die Degradation in amorphem</p>	<p>Bei den Dünnschichttechnologien ist die Bestimmung von Leistung und elektrischem Verhalten schwieriger als bei kristallinen Modulen. Bei Modulen aus amorphem Silizium zum Beispiel wird davon ausgegangen, dass sie in den ersten 1000 Sonnenstunden rund 20 Prozent ihrer Leistung verlieren. Doch in einem stabilen Zustand und bereit zur endgültigen Leistungsvermessung sind sie dann noch nicht. Zum einen geht die Alterung in amorphem</p>	10

Abs	Neue Energie (9 / 2008)	Erneuerbare Energien (CH) (2 / 2009)	Abs
	<p>Material nach 1.000 Stunden verlangsamt weiter, zum anderen macht es bei Kälte schlapp, während es mit steigenden Temperaturen mehr Licht in Strom umwandelt. Die Wankelmütigkeit amorpher Module bereitet Forschern und Firmen große Schwierigkeiten, da sich der günstigste Zeitpunkt für eine Charakterisierung nur schwer bestimmen lässt. Wird im falschen Moment gemessen und eine zu hohe Nennleistung ermittelt, werden beim Kunden möglicherweise zu hohe Ertrags Erwartungen geweckt.</p>	<p>Material nach 1000 Stunden verlangsamt weiter, zum anderen macht es bei Kälte schlapp, während es mit steigenden Temperaturen mehr Licht in Strom umwandelt. «Im Sommer erreichen amorphe Siliziummodule daher eine vergleichsweise hohe Nennleistung. Bestimmt man ihre Leistung dann, werden möglicherweise zu hohe Ertrags Erwartungen geweckt, sagt Hans-Dieter Mohring, Leiter der Abteilung «Module — Systeme — Anwendungen» im ZSW. Einziger Ausweg aus dem Dilemma: Die Branche führt einheitliche Messstandards ein. Doch darauf konnte man sich bislang nicht einigen.</p>	
16	<p>Noch ärgerlicher wäre es, wenn unvorhersehbare oder bislang unbekannte Altersbeschwerden hinzukommen. Das ist nicht ausgeschlossen: Amorphes Silizium wird heute immer häufiger mit mikrokristallinem Silizium in sogenannten Tandem- oder Triplezellen eingesetzt. Dieser Materialmix lässt höhere Wirkungsgrade erwarten als Singlezellen. Doch wie lange ergänzen sich die Materialien wirkungsvoll? Diese Frage lässt sich derzeit nicht eindeutig beantworten.</p>		
17	<p>Ebenso schwer lässt sich der Alterungsprozess von Modulen aus Kupfer in Verbindung mit Indium, Gallium, Selen oder Schwefel (CIS) sowie Cadmiumtellurid (CdTe) prognostizieren. Anders als bei amorphen Siliziummodulen steigt die Leistung zum Beispiel bei CIS-Modulen bei Lichtbehandlung zunächst an, sie können aber durch eine Dunkelphase elektrisch instabil werden und erheblich an Leistung verlieren. Je nachdem, um welche CIS-Technologie es sich handelt, sind diese Effekte stärker oder weniger stark ausgeprägt. Hinzu kommt, dass alle CIS-Module unter Sonnenlicht besser abschneiden als im Labor.</p>	<p>Ebenso schwer lässt sich der Alterungsprozess von Modulen aus Kupfer in Verbindung mit Indium, Gallium, Selen oder Schwefel (CIS) sowie Cadmiumtellurid (CdTe) prognostizieren. Anders als bei amorphen Siliziummodulen steigt die Leistung zum Beispiel bei CIS-Modulen bei Lichtbehandlung zunächst an, sie können aber durch eine Dunkelphase elektrisch instabil werden und erheblich an Leistung verlieren.</p>	11
	<p>Es ist also schwierig, dem Material beizukommen und dafür eine einheitliche Messroutine zu etablieren. „Wenn ihnen ein Hersteller heute ein CIS-Modul mit einer Nennleistung von 110 Watt verkauft, kann es sein, dass es tatsächlich nur 100 Watt oder aber 125 Watt bringt“, schildert ZSW-Mann Geyer das Problem.</p>	<p>Es ist also schwierig, für diese Modultypen eine einheitliche Messroutine zu etablieren. «Wenn ihnen ein Hersteller heute ein CIS-Modul mit einer Nennleistung von 110 Watt verkauft, kann es sein, dass es tatsächlich nur 100 Watt oder aber 125 Watt bringt», schildert ZSW-Forscher Geyer das Problem.</p>	
	<p>Arbeit an besseren Tests</p>	<p>Kritische Jahre stehen noch bevor</p>	
18	<p>Noch kommt die Solarindustrie mit ihren vagen Leistungsangaben beim Kunden durch. Photovoltaik liegt im Trend und Solaranlagen sind heiß begehrt — in solchen Boomzeiten wird selten nach möglichen Schwächen im Alter gefragt. Zumal es bislang kaum schlechte Nachrichten über vorzeitig alternde Anlagen gibt, weil die ersten großen Solarkraftwerke bislang</p>	<p>Noch kommt die Solarindustrie mit ihren vagen Leistungsangaben beim Kunden durch. Die Photovoltaik liegt im Trend und Solaranlagen sind heiss begehrt — in solchen Boomzeiten wird selten nach möglichen Schwächen im Alter gefragt. Zumal es bislang kaum schlechte Nachrichten über vorzeitig alternde Anlagen gibt, denn die ersten grossen Solarkraftwerke sind</p>	12

Abs	Neue Energie (9 / 2008)	Erneuerbare Energien (CH) (2 / 2009)	Abs
	<p>nicht in die kritischen Jahre gekommen sind. Doch es spricht einiges dafür, dass künftig nicht nur Preis und Leistungsfähigkeit, sondern auch die Robustheit von Modulen ein entscheidendes Auswahlkriterium sein werden. Nicht wenige Experten sehen den Solarmarkt vor dem Wandel vom Anbieter-zum Käufermarkt. Möglicherweise werden 80-prozentige Leistungsgarantien dann nicht mehr reichen. Ebenso wenig werden sich potenzielle Investoren künftig mit Ertragsschätzungen abspeisen lassen; sie werden genau wissen wollen, welches die Alterungsrisiken sind und wie sie sich konkret auswirken. Vor allem Dünnschichtanbietern könnten dadurch in Post-Boomzeiten große Absatzprobleme entstehen.</p>	<p>bislang noch nicht in die kritischen Jahre gekommen. Doch es spricht einiges dafür, dass künftig nicht nur Preis und Leistungsfähigkeit, sondern auch die Robustheit von Modulen ein entscheidendes Auswahlkriterium sein wird. Experten sehen den Solarmarkt vor dem Wandel vom Anbieter- zum Käufermarkt. Möglicherweise werden 80-prozentige Leistungsgarantien dann nicht mehr reichen. Ebenso wenig werden sich potenzielle Investoren künftig mit Ertragsschätzungen abspeisen lassen; sie werden genau wissen wollen, welches die Alterungsrisiken sind und wie sie sich konkret auswirken. Vor allem den Dünnschichtanbietern könnten dadurch in Post-Boomzeiten grosse Absatzprobleme entstehen.</p>	
19	<p>Aber das Bewusstsein bei Forschern wie Herstellern wandelt sich: Lange klein geredet, wird Degradation für die Solarbranche immer mehr ein Thema. Das vom Bundesumweltministerium geförderte Projekt „Zuverlässigkeit von PV-Modulen“ ist dafür ein Beleg. Um die Modulalterung künftig besser simulieren zu können, haben das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme und der TÜV mit Beteiligung deutscher Solarhersteller Module in den unterschiedlichsten Gegenden der Welt aufgestellt. So wollen die Institute verstehen, wie sie sich in unterschiedlichen Klimaten verhalten. Aus den Messergebnissen sollen dann Labortests entwickelt werden, die über bisherige Standards hinausgehen. Auch die DLG könnten mit ihrem Ammoniak-Projekt künftige Enttäuschungen vermeiden helfen. Allerdings wird sie bislang kaum beachtet.</p>		