



Schlapp gemacht: In der 1988 errichteten 340-Kilowatt-Anlage im Moseltal bei Kobern ist der Leistungsverlust nicht zu übersehen. Die von RWE betriebene Anlage, einstmals Europas größte, ist eine der wenigen mit einer solchen Langzeiterfahrung.

Vorzeitige Altersschwäche

Solarmodule 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 Pannelleistung** und -lebensdauer. Bei der Dünnschicht steht die Forschung erst am Anfang.

Text: Sascha Rentzing

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.

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

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.

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.

Das Thema vorzeitige Modulalterung dürfte die Unternehmen künftig noch aus anderen Gründen beschäftigen. So steigt die Nachfrage nach Dünnschicht-Solaranlagen derzeit stark, da sie weniger kosten als konventionelle Siliziummodule (neue energie 6/2008). 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. „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.

Auch die Tatsache, dass in Zeiten von Nachfrageboom und Massenproduktion Qualität und Qualitätssicherung oft zu kurz kommen, birgt Gefahren. 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.

Jeder zehnte Wafer schadhaft

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. Produktionsergebnis seien dann niederohmige Wafer, die stärker degradierten als gute, hochohmige Ware.

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.

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 beliefert. „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.

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.

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 unbekannte Größen

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. „Obwohl wir in den letzten Jahren viel über Degradation gelernt haben, ist es schwer vorherzags- ▶



Aktuelle Forschungsprojekte: Alterungsfaktoren auf der Spur

Bislang weiß die Solarbranche wenig über ein Solarmodul-Leben. Welche Faktoren es wie stark altern lassen und durch welche Maßnahmen das Älterwerden aufgehalten werden kann, wurde kaum systematisch erforscht. Das soll sich ändern: In mehreren Projekten nehmen Institute die Lichtsammler nun genau unter die Lupe. Das Fraunhofer ISE und der TÜV Rheinland starteten zum Beispiel 2007 das vom BMU geförderte Projekt „Zuverlässigkeit von PV-Modulen“. Anlagen diverser deutscher Hersteller wurden auf der Zugspitze, in der Negev-Wüste, im feucht-heißen Indonesien und auf dem Dach des TÜV in Köln installiert. Messungen dieser Anlagen sollen zeigen, wie sich Materialkenngrößen wie Diffusion oder Wärmeleistung durch Degradation verändern. Mit den Ergebnissen wollen die Wissenschaftler neue Prüfmethoden entwickeln und eine Klimakammer zur beschleunigten Bewitterung bauen, um neue Materialien besser beurteilen zu können. Ein Statusbericht ist für Ende 2008 in Aussicht gestellt, über eine Fortsetzung des Projekts wird nachgedacht.

Die Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) befasst sich mit den Auswirkungen landwirtschaftlicher Ammoniakdämpfe auf die Lebensdauer der Module. Die DLG investierte in ein eigenes Prüflabor und will dort in einem halben Jahr mit ersten Messungen beginnen. Die Gesellschaft hofft, das Problem der Ammoniak-Degradation in zwei bis drei Jahren verstanden zu haben. Dann will sie gemeinsam mit Herstellern Ammoniak-resistente und Landwirtschaft-taugliche Module entwickeln.

Das Bayerische Zentrum für Angewandte Energieforschung (ZAE) sucht ideale Einkapselungsmaterialien, um die Modullebensdauer zu erhöhen. Hierzu werden sie mit diversen Verpackungen großer Hitze wie hoher Feuchtigkeit ausgesetzt und anschließend vermessen. Das Photovoltaik Institut in Berlin (PI) will mit Messung der Elektrolumineszenz von Modulen herausfinden, wo deren Schwachstellen liegen. Beim Durchleuchten werden Defekte sichtbar, die in allen anderen Qualitätstests nicht auffallen. Derartige Messungen könnten bei Prüfungen oder Herstellertests künftig vermeiden, dass schadhafte Module in Umlauf kommen.

Das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZWS) widmet sich vor allem der Dünnschicht. Es forscht an Methoden zur verlässlichen Leistungsvermessung von CIS-Modulen und studiert die Degradationsmechanismen bei simulierter Alterung. Das ZWS leistet beim CIS wertvolle Basisarbeit: Bislang ist unklar, wie sich CIS-Module über die Jahre verhalten. Einige Materialkombinationen werden im Alter sogar leistungsstärker.

bar, 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 Auslöchen der Ladungsträger, die dadurch für die Solarstromerzeugung verloren gehen.

Wegen der Lücken in der Altersforschung haben sich Wissenschaftler und Unternehmen auf eine einfache Sprachregelung verständigt: 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. Bei der Differenz von 7,5 Prozent handelt es sich um Sicherheitsabschläge, die die Anbieter wegen möglicher unerwarteter Alterungseffekte mit einplanen.

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).

Unbekannte dünne Schichten

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 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 be-



Schwein gehabt: oder Pech? Ob die Ammoniak-Ausdünstungen der rosa Quieker den Panelen auf Stalldächern schlecht bekommen, wird derzeit untersucht.

reitet 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 Ertragsersparungen geweckt.

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.

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. 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.

Arbeit an besseren Tests

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 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 Ertragschätzungen abspesen lassen; sie werden genau wissen wollen, welches die Altersrisiken sind und wie sie sich konkret auswirken. Vor allem Dünnschichtenanbietern könnten dadurch in Post-Boomzeiten große Absatzprobleme entstehen.

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. ◀

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 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.

Seine Gesellschaft hat kürzlich 220 000 € in einen neuen Versuchsstand 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

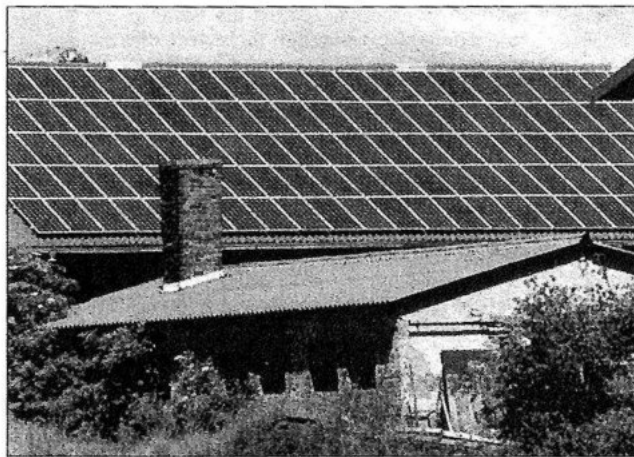
Die Solarbranche zeigt an dem Projekt bislang wenig Interesse: Es gebe keine konkreten Fälle von Ammoniakkorrosion, heißt es auf Anfrage bei Unternehmen und Maschinenring, über die viele Landwirte ihre Solaranlagen beziehen.

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 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.

Das Thema vorzeitige Modulalterung dürfte die Solarbranche künftig noch aus anderen Gründen beschäftigen. So steigt die Nachfrage nach Dünnschicht-solaranlagen derzeit stark, da sie weniger kosten als konventionelle Siliziummodule. Ob die neue Technik aber auch nach Jahren noch volle Leistung bringt, ist ungewiss. Die Leistungsversprechen der Hersteller basierten weniger auf Wissen als vielmehr auf Schätzungen, warnen Experten. „Wir haben das physikalische Verhalten der

Vorzeitige Altersschwäche

Solaranlagen sollen möglichst lang konstant Strom erzeugen. Zurzeit kommen Qualität und deren Sicherung aber zu kurz.



Für die meisten Module wird eine Nennleistung von mindestens 80 % nach 20 Jahren versprochen.

FOTOS: SABINE RÜBENSAAT (2), BSW-SOLAR/ALEO

Dünnschicht noch nicht ganz verstanden“, sagt Dieter Geyer, Leiter des Testzentrums für solare Dünnschicht-Module im Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Stuttgart.

Das größte Problem ist wohl, dass die Silizium- und Solarhersteller in Zeiten von hoher Nachfrage und Massenproduktion offensichtlich wenig Wert auf Qualität und Qualitätssicherung legen. Hersteller von sogenannten Wafern, den Zellenrohlingen, klagen über unreines Silizium, Zellenproduzenten über schlechte Wafer, Modulbauer

über fehlerhafte Zellen – und viele Betreiber werden sich möglicherweise bald über vorzeitig alternde Module und Mindererträge beschweren. Die Vorwürfe von Brancheninsidern wiegen schwer: Für viele Hersteller zählten Qualitätsstandards in Boomzeiten nichts mehr, manchmal würden minderwertige Bauteile sogar wesentlich durch die Produktion gewunken, um Prozesse in Gang und Kosten gering zu halten. Die Kritik richtet sich dabei nicht nur gegen Billiganbieter aus Fernost, sondern auch gegen Branchengrößen in Europa, Japan und den USA.

Jeder zehnte Wafer ist kaputt

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 der Rohstoffknappheit und hohen Fertigungsdrucks nicht ausschließlich hochwertiges Silizium verwendeten, sondern oft unterschiedliche Qualitäten vermischten. Produktionsergebnis seien dann niederohmi-

ge Wafer, die stärker degradierten als gute, hochohmige Ware.

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.

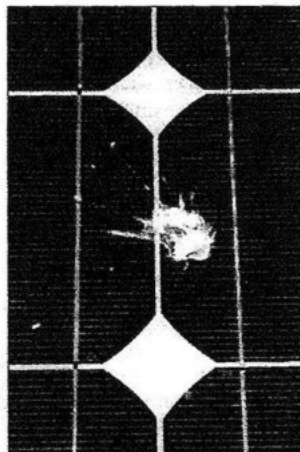
Am Ende der solaren Wertschöpfungskette gibt es ebenfalls Grund zur Klage: Der Dresdner Modulbauer Solarwatt wurde zuletzt häufiger mit mangelhaften sogenannten Ethylenvinylacetat (EVA)-Folien zur Zelleinbettung beliefert. „Wir machen zwar präzise Vorgaben, was wir brauchen, aber manchmal passt die gelieferte Ware nicht zu unserem technologischen Prozess“, erklärt Dietmar Jakob, Vertriebsleiter für den deutschsprachigen Raum.

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 % Luftfeuchtigkeit und 85 °C Hitze ausgesetzt werden. Verliert ein Panel dadurch 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.

Dennoch werden nicht durchweg langlebige Premiumprodukte verkauft. So vergehen etwa bei der Tiv 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 verbreitet, rechnen die Modulwirkungsgrade dann runter und berücksichtigen den Degradationseffekt stärker.

Weit weg von der Realität

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-Leistung bringt, aber in freier Wildbahn schwächelt. „Obwohl wir in den letzten Jahren viel über



Dreck, der sich in das Glas frisst und zu dessen Ermattung führt, hat Leistungsverluste zur Folge.

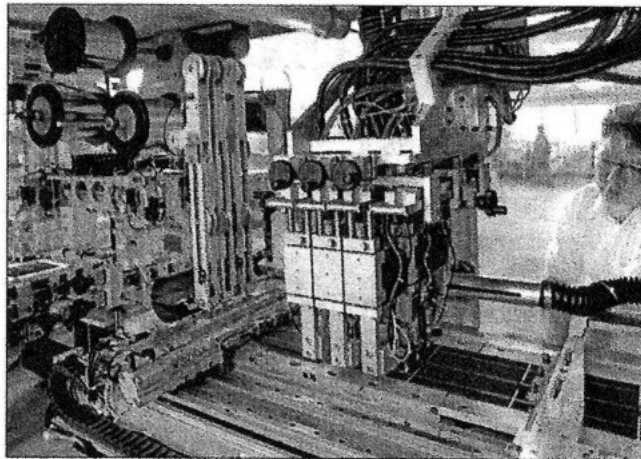
Degradation gelernt haben, ist es schwer vorhersagbar, wie schnell ein Modul altert“, resümiert Jörg Eylert, Leiter des TÜV-Prüflabors Photovoltaik. Immerhin sind den Testern die wesentlichen Ursachen für Leistungsverluste bekannt: Ablagerungen und Fremdschichten wie Staub und Dreck, die sich in das 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.

Wegen der Lücken in der Altersforschung haben sich Wissenschaftler und Unternehmen auf eine einfache Sprachregelung verständigt: Bei kristallinen Siliziummodulen wird heute allgemein von einem halben Prozent Leistungsverlust pro Jahr ausgegangen, also von 12,5 % 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 % der Nennleistung eines neuen Moduls erreicht werden. Bei der Differenz von 7,5 % handelt es sich um Sicherheitszuschläge, die die Anbieter wegen möglicher unerwarteter Alterungseffekte mit einplanen.

Genau diese unbekanntesten 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 metallurgischem Silizium ablaufen. Einige Hersteller wie Q-Cells planen langfristig mit diesem neuartigen Rohstoff, da er deutlich günstiger herzustellen ist als Standardsilizium, aber dennoch gute Zelleffizienzen von 14 bis 16 % verspricht.

Unbekannte dünne Schichten

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 % ihrer Leistung verlieren. Doch in einem stabilen Zustand und bereit zur Leistungsvermessung sind sie dann noch nicht. Zum einen geht die Degradation in amorphem Materi-



Modulfertigung in einer Fabrik. Nicht nur Billiganbieter, auch Markenhersteller haben Probleme mit der Qualität.

al 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, weil 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 Ertragserwartungen geweckt.

Noch ärgerlicher wäre es, wenn unvorhersehbare oder bislang unbekannteste Altersbeschwerden hinzukommen. Das ist nicht ausgeschlossen: Amorphes Silizium wird heute immer häufiger mit mikrokristallinem Silizium in sogenannten Tandem- oder Triplezellen einge-

setzt. Dieser Materialmix lässt höhere Wirkungsgrade erwarten als Singlezellen, doch wie lange sich die Materialien wirkungsvoll ergänzen, ist völlig unklar.

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. 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 W verkauft, kann es sein, dass es tatsächlich nur 100 W oder aber 125 W bringt“, schildert ZSW-Forscher Geyer das Problem.

Arbeit an besseren Tests

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 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. Nicht wenige Experten sehen den Solarmarkt vor dem Wandel vom Anbieter- zum Käufermarkt. Möglicherweise werden 80-%ige Leistungsgarantien dann nicht mehr reichen. Ebenso wenig werden sich potenzielle Investoren künftig mit Ertragsschätzungen abspesen lassen; sie werden genau wissen wollen, welches die Altersrisiken sind und wie sie sich konkret auswirken. Vor allem den Dünnschichtanbietern könnten dadurch in Post-Boomzeiten große Absatzprobleme entstehen.

Aber das Denken bei Forschern wie Herstellern wandelt sich: Lange kleingeredet, 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 sich die Module in unterschiedlichen Klimaten verhalten. Aus den Messergebnissen sollen dann Labortests entwickelt werden, die über bisherige Standards hinausgehen. Auch die DLG könnte mit ihrem Ammoniak-Projekt dazu beitragen. Allerdings wird es bislang kaum beachtet. SASCHA RENTZING

FORSCHUNG

Alterungsfaktoren auf der Spur

Bislang weiß die Solarbranche wenig über ein Solarmoduleben. Welche Faktoren es wie stark altern lassen und durch welche Vorkehrungen das Alterwerden aufgehalten werden kann, wurde kaum erforscht. Das soll sich ändern: In mehreren Projekten nehmen Institute die Lichtsammler nun genau unter die Lupe. Das Fraunhofer ISE und der TÜV Rheinland starteten zum Beispiel 2007 das Projekt „Zuverlässigkeit von PV-Modulen“. Anlagen wurden auf der Zugspitze, in der Negev-Wüste, im feucht-heißen Indonesien und auf dem Dach des TÜV in Köln installiert. Messungen dieser Anlagen sollen zeigen, wie sich Materialkenngrößen wie Diffusion oder Wärmeleistung durch Degradation verändern.

Die Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) befasst sich mit den Auswirkungen landwirtschaftlicher Ammoniak-Dämpfe auf die Lebensdauer von Modulen. Das Bayerische Zentrum für Angewandte Energieforschung (ZAE) sucht ideale Einkapselungsmaterialien, um die Modulebensdauer zu erhöhen. Das Photovoltaik Institut Berlin (PI) will mit Messung der Elektrolumineszenz eines Moduls herausfinden, wo dessen Schwachstellen liegen. Beim Durchleuchten werden Defekte sichtbar, die in allen anderen Tests nicht auffallen.

Das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) widmet sich vor allem der Dünnschicht. Es forscht an Methoden zur verlässlichen Leistungsvermessung von CIS-Modulen und studiert die Degradationsmechanismen bei simulierter Alterung.

Solaranlagen: Rechnen Sie mit Altersschwäche

Solaranlagen sollen 25 Jahre lang konstant Strom erzeugen. Doch es gibt Hinweise darauf, dass einige Module an vorzeitiger Altersschwäche leiden könnten.

Die Solarbranche boomt. Nicht nur die Nachfrage zieht seit Jahren stark an, auch die Zahl der Hersteller wächst überdurchschnittlich. Was die Branche nach außen hin als großen Erfolg verkauft, hat aber auch eine Kehrseite: Der Kampf um Kunden wird für die einzelnen Firmen immer schwieriger und der Druck, die Preise zu senken, steigt.

Einige Unternehmen veranlasst dies offensichtlich dazu, dort zu sparen, wo es am wenigsten angebracht ist – nämlich bei der Qualität ihrer Produkte.

Hersteller klagen über mangelhafte Ware

Eindeutige Hinweise kommen aus der Branche selbst. So klagen Hersteller von so genannten Wafern, den Zellenrohlingen, vermehrt über unreines Silizium, Zellenproduzenten über schlechte Wafer, Mo-

dulbauer über fehlerhafte Zellen – und viele Betreiber werden sich möglicherweise bald über defekte oder vorzeitig alternende Module beschweren.

Symptomatisch für den Qualitätsverlust in der Branche ist das Beispiel des Solarherstellers Sunways. Seit einiger Zeit beschwert sich dieser über mangelhafte Wafer, die das Unternehmen von anderen Produzenten bezieht.

„Vor fünf Jahren hatten wir so gut wie keinen Ausschuss, heute kommt es vor, dass wir zehn Prozent aussortieren müssen“, beklagt der Technikvorstand des Unternehmens, Roland Burkhardt. Hohe Rohstoffkosten verleiten einige Wafer-Produzenten offensichtlich dazu, hochwertiges Silizium, den Hauptbestandteil der Wafer, mit schlechtem zu mischen. Folge: Die Leistungsfähigkeit der Wafer sinkt.

Sunways geht nach eigenen Angaben daher auf Nummer sicher und korrigiert

die Nennleistung eines Moduls vor dem Verkauf um einige Prozent nach unten. So will man seine Kunden nicht verärgern.

Am Ende der solaren Wertschöpfungskette gibt es ebenfalls Grund zur Klage: Der Dresdner Modulbauer Solarwatt wurde zuletzt häufiger mit mangelhaften Folien zur Zellen-Einbettung beliefert. „Wir machen zwar präzise Vorgaben, was wir brauchen, aber manchmal passt die gelieferte Ware nicht zu unserem technologischen Prozess“, erklärt Dietmar Jakob, Vertriebsleiter für Deutschland.

Nicht alle Firmen lassen ihre Module testen

Eigentlich dürfte der Kunde von dem Qualitätsverlust wenig spüren. Denn viele Hersteller lassen ihre Produkte von unabhängigen Instituten freiwillig überprüfen.

Dass dennoch minderwertige Produkte verkauft werden, hat vor allem 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 Moduls aber verschlechtern, etwa wenn Zellen aus unreinem Silizium verarbeitet werden.

Viele Hersteller berücksichtigen diese Alterungseffekte (Degradation) nicht. Stattdessen verkaufen sie ihre Module mit den höheren Leistungsangaben, die durch die Basisprüfung ermittelt wurden. Folge: Die Anlage liefert nicht die versprochenen Erträge.



Dünnschichtmodule werden oft für Freiflächenanlagen verwendet. Für diese Typen liegen aber noch keine Langzeiterfahrungen vor.

Hinzu kommt, dass die Modulalterung für viele Experten immer noch ein Buch mit sieben Siegeln ist. „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. Der Experte kennt immerhin die Hauptursachen für die Leistungsverluste:

- Ablagerungen und Schichten aus Staub und Dreck, die sich in das Glas fressen und zu dessen Ermattung führen und
- physikalische Effekte in der Zelle. Zum Beispiel das gegenseitige Auslösen der Ladungsträger, die dadurch für die Solarstromerzeugung verloren gehen.

Bei Siliziummodulen wird heute daher allgemein von 0,5 % Leistungsverlust pro Jahr ausgegangen, also von 12,5 % nach 25 Jahren Betrieb. Garantiert werden dem Kunden aber in der Regel nur 80 % der Nennleistung nach 25 Jahren (20 % Verlust nach 25 Jahren). Neben den Leistungseinbußen in Höhe von 12,5 % kalkulieren die Hersteller mit einem Puffer von 7,5 % für unerwartete Alterungseffekte.

Die Ergebnisse erster Langzeitstudien deuten darauf hin, dass dieser Puffer ausreichend groß bemessen sein könnte. So wurden unter anderem von einem Forschungszentrum der Europäischen Union (Environment and Sustainability Joint Research Centre im italienischen Ispra) kristalline Module 22 Jahre überwacht.

Ergebnis nach mehr als zwei Jahrzehnten: Im Mittel hatten die Solarstromanlagen etwa 6 % ihrer Anfangsleistung verloren.

Allerdings waren nur gewöhnliche Hausdachanlagen unter den Testkandidaten. Was aber passiert, wenn die Module hohen Ammoniak- und Staubbelas-

tungen auf Dächern in der Landwirtschaft ausgesetzt sind?

Ammoniak – die unbekannte Größe

Keiner kann derzeit darauf eine verlässliche Antwort geben. Nicht einmal in den herkömmlichen Modultests wird dieser Faktor berücksichtigt. Ulrike Jahn beschäftigt sich beim TÜV-Rheinland mit dem Thema und berichtet: „Es gibt keine 100-prozentigen Hinweise darauf, dass Ammoniak die Module schädigt. Aber ausschließen können wir es auch nicht.“

So hat Jahn durch einen Vergleich von Solarstromanlagen eher zufällig festgestellt, dass Module auf landwirtschaftlichen Dächern oft einen schlechteren Ertrag liefern als solche, die auf Wohnhäusern installiert wurden. Ob dieses Phänomen aber auf eine starke Ammoniakbelastung zurückzuführen ist, wisse man noch nicht. Der TÜV-Rheinland will künftig jedoch verstärkt die Auswirkungen von Ammoniak auf Solarstrom-Module und deren Komponenten erforschen.

Auch das Testzentrum „Technik und Betriebsmittel“ der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) entwickelt ein Testverfahren, das die besonderen Bedingungen der Solarstromproduktion auf landwirtschaftlichen Dächern berücksichtigt. Ende 2008 soll das Projekt starten.

Solange wie dieser Punkt noch nicht endgültig geklärt ist, rät der Energieberater Stefan Blome von der Landwirtschafts-



Eine Qualitätskontrolle gehört bei seriösen Herstellern zum Standard. Billigproduzenten verzichten oft darauf.

Achten Sie auf diese Gütesiegel

In Deutschland gibt es eine Vielzahl von Gütesiegeln und Tests für Solarstromanlagen, deren Nutzen ein Laie kaum durchschauen kann. Achten Sie beim Kauf aber darauf, dass Ihre Module die Tests nach den folgenden Normen bestanden haben:

- ▶ **IEC 61215 und 61646:** Die beiden Normen IEC 61215 und IEC 61646 umfassen Vorgaben für Tests, die vor allem die mechanischen (z.B. Schnee und Hagel) und klimatologischen (z.B. Kälte und Wärme) Eigenschaften der Module überprüfen. Die Norm IEC 61215 schreibt den Testablauf für Siliziummodule vor, die IEC 61646 den für Dünnschichtmodule.
- ▶ **IEC 61730:** Das Zertifikat nach der Norm IEC 61730 bürgt dafür, dass die

Strom führenden Teile im Modul ausreichend isoliert wurden. Nicht zwingend notwendig sind die folgenden Gütesiegel. Sie bringen aber ein Plus an Sicherheit:

- ▶ **TÜV-dotCom-Siegel:** Es bürgt nicht nur für Sicherheit und Qualität, sondern auch für die Einhaltung zugesicherter Eigenschaften eines Moduls.
- ▶ **DLG-Gütesiegel:** Auch die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft prüft Solaranlagen. Die Module werden hierzu Tests unterzogen, die ähnlich sind wie die nach den IEC-Normen.

Mehr zum Thema Gütesiegel und worauf Sie sonst noch beim Kauf achten sollten, lesen Sie im Leserservice unter: www.topagrar.com

kammer Nordrhein-Westfalen: „Wer eine Solarstromanlage installieren will, sollte sich zuvor sein Dach genau anschauen und möglichst dort, wo sich viel Staub ablagert, keine Module anbringen.“ Vor allem Schornsteine sollten weiträumig umbaut werden. Zudem sollten genügend Wartungsgänge eingeplant werden. So könne man die Anlage später gut reinigen, wenn sich doch vermehrt Dreck auf den Modulen abgelagert. Von Inndachanlagen, bei denen die Module die Dachhaut ersetzen, rät er auf landwirtschaftlichen Gebäuden ganz ab. Die Anlage sei nämlich dann der staubhaltigen und feuchten Luft in den Ställen direkt ausgesetzt.

Das Thema vorzeitige Modulalterung könnte die Solarbranche künftig noch aus anderen Gründen beschäftigen. So steigt die Nachfrage nach Dünnschichtsolaranlagen derzeit stark. Im Vergleich mit herkömmlichen Siliziummodulen sind sie nämlich teilweise um bis zu 200 € günstiger, da sie mit weniger oder sogar ganz ohne das teure Silizium auskommen. Nur, was taugen sie?

Auch diese Frage ist schwer zu beantworten, da noch keine Langzeiterfahrungen für diese Typen vorliegen. Einen wei-



Beispiel für eine völlig verdrehte Inndach-Solarstromanlage, die auf einem Boxenlaufstall installiert wurde.

teren Grund nennt 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.“ Bei dieser Technologie ist die Bestimmung von Leistung und elek-

trischem Verhalten nämlich kniffliger als bei Siliziummodulen. Bei Dünnschichtmodulen aus amorphem Silizium beispielsweise wird davon ausgegangen, dass sie in den ersten 1000 Sonnenstunden rund 20 % ihrer Leistung verlieren. Doch in einem stabilen Zustand und bereit zur endgültigen Leistungsvermessung für den Verkauf sind sie dann noch nicht.

Zum einen geht die Alterung in amorphem Silizium nach 1000 Stunden verlangsamt weiter, zum anderen macht es bei Kälte schlapp, während es bei Wärme mehr Licht in Strom umwandelt.

„Im Sommer erreichen amorphe Siliziummodule daher eine vergleichsweise hohe Nennleistung. Bestimmt man ihre Leistung dann, werden möglicherweise zu hohe Ertragserwartungen 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.

Ebenso schwer lässt sich der Alterungsprozess von Dünnschichtmodulen aus Kupfer in Verbindung mit Indium, Gallium, Selen oder Schwefel (CIS) sowie Cad-

Überwachen Sie Ihre Anlage!



Die meisten Betreiber von Photovoltaikanlagen verzichten auf eine Ertragsüberwachung ihrer Module. Das ist eigentlich nicht nachvollziehbar, denn sie ist das A und O, um rechtzeitig Leistungseinbußen oder Fehler zu erkennen.

Zwar reicht auch im Fall der Fälle

Module unter Normlicht in einem Labor überprüft. Aber ohne Anlagenüberwachung fällt der Ertragsverlust kaum auf.

Wie wichtig eine Leistungskontrolle ist, verdeutlicht folgendes Rechenbeispiel: Eine Anlage mit einer Leistung von 30 Kilowatt liefert an einem durchschnittlichen

Nur wer seine Anlage regelmäßig überwacht, kann frühzeitig Störungen feststellen.

Fotos: Einhoff (2), Heil (2), Werkfoto

eine Anlagenüberwachung nicht als Beweis aus, um eine Garantie des Verkäufers in Anspruch nehmen zu können. Dazu müssen Sie einen Gutachter einschalten, der dann einzelne

Sonnenstandort in Deutschland rund 900 Kilowattstunden pro Kilowatt. Bei einer Vergütung der Kilowattstunde in Höhe von 46,75 Ct betragen die Jahreseinnahmen in unserem Beispiel rund 12600 €. Verliert die Anlage beispielsweise durch einen Fehler in einem Modul auch nur 5 % Leistung schlägt dies mit Einbußen von mehr als 600 € pro Jahr zu Buche. Bei einer Laufzeit der Anlage von 25 Jahren summiert sich der Verlust auf mehr als 15000 €!

Zum Vergleich: Überwachungssysteme für Solarstromanlagen schlagen mit maximal 2000 € zu Buche. Oft liefert der Hersteller des Wechselrichters sogar kostenlos die Überwachungstechnik mit der Anlage gleich mit.

Tipp: Vergleichen Sie die Erträge Ihrer Anlage mit der Sonneneinstrahlung bei Ihnen vor Ort. Das ist mit Abstand die sicherste Methode, um Fehler zu bemerken. Welche Technik sich dafür am besten eignet, lesen Sie auf unserer Internetseite www.topagrar.com

Sie finden die Infos im Leserservice der Rubrik Neue Energie.

miumtellurid (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. „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.

Gerade weil die Modulalterung bei Dünnschichtmodulen mit Unsicherheiten verbunden ist, raten Experten: Wer auf Nummer sicher gehen will, setzt auf kristalline Module. Diejenigen, die sich dennoch für Dünnschichtmodule entscheiden, sollten mindestens mit 1 % Modulalterung pro Jahr kalkulieren, rät Blome.

Stefan Braun vom Maschinenring Schwäbisch-Hall in Ilshofen, Baden-Württemberg, geht noch einen Schritt weiter. Wegen der Unsicherheiten rät der Solarfachmann nur dann zum Kauf von Dünnschichtmodulen, wenn diese mindestens 400 € günstiger sind als kristalline. Sonst sei das Risiko zu groß.

Der Energieberater Blome empfiehlt außerdem, Solarstromanlagen stetig zu überwachen (siehe Kasten auf Seite 149). Nur so könne rechtzeitig erkannt werden, ob die Anlage Leistung verliert oder ein Modul defekt ist. Wichtig ist aus seiner Sicht auch, auf die gängigen Tests und Prüfsiegel für Solaranlagen zu achten (siehe Kasten auf der Seite 146). Auch wenn diese nicht für eine 100-prozentige Sicherheit bürgen können, auf sie zu verzichten sei dennoch fatal. Denn Hersteller, die nichts zu verbergen haben, scheuen nicht die Kontrolle durch Dritte.

Wir halten fest

Nach wie vor ist das Thema „Modulalterung“ nicht in allen Einzelheiten geklärt. Hinzu kommt das lückenhafte Wissen über die Auswirkungen von Ammoniak auf Solaranlagen und die bislang wenig erforschten Dünnschichtmodule.

Kalkulieren Sie deshalb genügend Leistungsverlust über die Jahre mit ein. Für Dünnschichtmodule sollten Sie mindestens 1 % pro Jahr ansetzen. Bei kristallinen Produkten sind rund 0,8 % pro Jahr zu veranschlagen (20 % auf 25 Jahre).

Achten Sie auch darauf, dass Ihr Modul die gängigen Prüfsiegel trägt und überwachen Sie regelmäßig den Ertrag Ihrer Anlage. Dächer, die stark verstauben, sollten möglichst gemieden werden. Schornsteine sollten weitläufig umbaut werden. Denken Sie außerdem an ausreichend Platz für Wartungsgänge, um später die Anlage leichter reinigen zu können.

Sascha Rentzing, Diethard Rolink

Wie gut läuft Ihre Solarstromanlage?

Sind Sie mit Ihrer Solarstromanlage zufrieden? Was läuft gut? Was läuft schlecht?



Wie gut ist Ihre Solaranlage? Machen Sie mit bei der top agrar-Umfrage!

■ Ist der Hersteller für den Schaden aufgekommen?

Nehmen Sie sich drei Minuten Zeit und füllen Sie den Fragebogen auf der rechten Seite aus. Anschließend schneiden Sie ihn aus und schicken Sie ihn bis zum

31. März 2009 an die **top agrar-Redaktion, Postfach 7847 in 48042 Münster** zurück. Sie können die Antworten auch an 02501/801654 faxen oder den Bogen im Internet ausfüllen: www.topagrar.com -ro-

Die Messlatte liegt hoch: Möglichst 25 Jahre lang soll eine Photovoltaikanlage Strom erzeugen. Doch als Praktiker wissen Sie: Bereits nach ein paar Jahren können die ersten Probleme auftauchen. Zerbrochene Glasscheiben, defekte Wechselrichter, undichte Module oder gar ein unerklärlich hoher Leistungsabfall.

Zwar gibt es Garantien und Gewährleistungen – der Ärger bleibt Ihnen dennoch nicht erspart. Und sollte Ihr Anlagenverkäufer sogar in ein paar Jahren Pleite sein, nutzen Ihnen selbst die großzügigsten Garantieverprechen rein gar nichts.

top agrar führt daher eine Umfrage durch. Sagen Sie uns:

■ Wie zufrieden sind Sie mit Ihrer Solarstromanlage?

■ Was genau war an Ihrer Solarstromanlage bereits defekt?

Tolle Preise zu gewinnen!

Als Dankeschön für Ihre Teilnahme winken Geldpreise:

- 1. Preis: 1000 Euro**
- 2. Preis: 500 Euro**
- 3. Preis: 250 Euro**

Außerdem verlosen wir u. a. Bohrmaschinen, Akkuschauber, Knarrenkästen und Fachbücher.

top agrar-Umfrage: Solaranlage

1. Hersteller

Modul-Hersteller: _____

Wechselrichter-Hersteller: _____

Baujahr: _____

Modulart

monokristallin

polykristallin

Dünnschichtmodul

Um welchen Dünnschichttyp handelt es sich?

(z. B. CdTe, Hit, CIS, aSi usw.)

Größe der Anlage: _____ Kilowatt (kWp)

Standort der Solaranlage PLZ _____ Ort _____

2. Kennen Sie den durchschnittlichen Jahresertrag Ihrer Anlage?

ja nein

Jahresertrag, Ø: _____ kWh pro Kilowatt Anlagenleistung

3. Der Energieertrag an Ihrem Standort liegt

über den Erwartungen im Rahmen der Erwartungen unter den Erwartungen

4. Hatten Sie bereits Störungen an Ihrer Anlage?

ja nein

5. Bei welchen Bauteilen trat die Störung auf?

Glasscheiben Anschlussdosen Folie auf der Rückseite der Module

Modulrahmen Zellen Verkabelung Wechselrichter

Sonstiges: _____

6. Hat Ihre Anlage bereits mehr an Leistung verloren, als vom Hersteller versprochen?

ja nein

7. Ist die Ursache für die Störung oder den Leistungsabfall bekannt?

ja nein

Ursache: _____

8. Wurden die Reparaturkosten (Frage 5, 6 und 7) vom Hersteller übernommen?

ja nein teilweise

9. Wurden die Mängel zu Ihrer Zufriedenheit behoben?

ja nein

10. Würden Sie noch einmal eine Solaranlage bauen?

ja nein

11. Wünsche an den Hersteller oder Installateur

✉ **Fragebogen einsenden an:** top agrar-Redaktion, Postfach 7847, 48042 Münster, Fax: 02501/80 1654
Den Fragebogen finden Sie auch im Internet unter www.topagrar.com (Leserservice Neue Energie)

Ihre Adresse:

(Ihre Daten werden selbstverständlich vertraulich behandelt.)

Name, Vorname _____

Straße, Nr. _____

PLZ, Ort _____

Telefon _____ E-Mail _____

Modulqualität

Vorzeitige Altersschwäche

Solaranlagen sollen 25 Jahre lang Strom erzeugen. Wegen des derzeitigen Booms kommen Qualität und Qualitätssicherung aber zu kurz – mit negativen Auswirkungen auf Modulleistung und -lebensdauer. Bei der Dünnschicht steht die Forschung erst am Anfang.



Bild: Anita Niedertbauer

Gerade professionelle Solarstromunternehmen müssen sich auf die Leistungsgarantie stützen können, im Bild Solarkraftwerk El Trujillo von Edison Power in Spanien

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. Hinweise dafür kommen aus der Branche selbst. So klagen Hersteller von sogenannten Wafern, den Zellenrohlängen, 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.

10% aussortieren

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. Folge ist eine schlechtere Stromausbeute der Zelle. Sunways geht nach eigenen Angaben daher auf Nummer sicher und korrigiert die Wirkungs-

grade, Massstab für die Umwandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie, um einige Prozent nach unten.

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.

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.

Buch mit sieben Siegeln

Hinzu kommt, dass die Modulalterung immer noch ein Buch mit sieben Sie-

geln ist. «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.

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. Neben den Verlusten in Höhe von 12,5 Prozent kalkulieren die Hersteller mit einem Puffer von 7,5 Prozent für unerwartete Alterungseffekte.

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.

Und bei Dünnschichtanlagen?

Das Thema vorzeitige Modulalterung könnte die Solarbranche künftig noch aus anderen Gründen beschäftigen. So steigt die Nachfrage nach Dünnschicht-solaranlagen wegen ihres geringen Preises derzeit stark. 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 Dieter Geyer, Leiter des Testzentrums für solare Dünnschicht-Module im Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Stutt-

gart: «Wir haben das physikalische Verhalten der Dünnschicht noch nicht ganz verstanden.»

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

«Obwohl wir viel über Degradation gelernt haben, ist es schwer vorhersagbar, wie schnell ein Modul altert»

Jörg Eylert,
Leiter des TÜV-Prüflabores Photovoltaik in Köln

endgültigen Leistungsvermessung sind sie dann noch nicht. Zum einen geht die Alterung in amorphem 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 Ertragserwartungen 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.

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. 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.

Kritische Jahre stehen noch bevor

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 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 abspesen 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.

Text: Sascha Rentzin

Abs	Neue Energie (9 / 2008)	Bauernzeitung (10.10.2008)	Abs
	Erneuerbare / Solar Vorzeitige Altersschwäche (Sascha Rentzing)	Neue Energien Vorzeitige Altersschwäche (Sascha Rentzing, Fotos: Sabine Rübensaatz)	
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 Pannelleistung und -lebensdauer. Bei der Dünnschicht steht die Forschung erst am Anfang.	Solar anlagen sollen möglichst lang konstant Strom erzeugen. Zurzeit kommen Qualität und deren Sicherung aber zu kurz.	0
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.	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 PV-Anlagen fressen.	1
	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.	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,	Seine Gesellschaft hat kürzlich 220 000 € in einen neuen Versuchsstand investiert,	2
	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.	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	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 Maschinenringen, über die viele Landwirte ihre Solaranlagen beziehen.	Die Solarbranche zeigt an dem Projekt bislang wenig Interesse: Es gebe keine konkreten Fälle von Ammoniakkorrosion, heißt es auf Anfrage bei Unternehmen und Maschinenringen, über die viele Landwirte ihre Solaranlagen beziehen.	3
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 —	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 MW Solarstromleistung —	4
	weit mehr als jede andere Kundengruppe. Selbst wenn nur ein Bruchteil dieser Anlagen auffällig wird, drohen der Solarbranche enorme Regressforderungen und ein erheblicher Akzeptanzverlust.	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	Das Thema vorzeitige Modulalterung dürfte die	5

Abs	Neue Energie (9 / 2008)	Bauernzeitung (10.10.2008)	Abs
	Unternehmen künftig noch aus anderen Gründen beschäftigen. So steigt die Nachfrage nach Dünnschicht-Solaranlagen derzeit stark, da sie weniger kosten als konventionelle Siliziummodule (neue energie 6/2008).	Solarbranche künftig noch aus anderen Gründen beschäftigen. So steigt die Nachfrage nach Dünnschicht-Solaranlagen derzeit stark, da sie weniger kosten als konventionelle Siliziummodule.	
	Ob die neuen Technologien aber auch nach Jahren noch volle Leistung bringen, ist ungewiss.	Ob die neue Technik aber auch nach Jahren noch volle Leistung bringt, ist ungewiss.	
	Die Leistungsversprechen der Hersteller basierten weniger auf Wissen als vielmehr auf Schätzungen, warnen Experten. „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.	Die Leistungsversprechen der Hersteller basierten weniger auf Wissen als vielmehr auf Schätzungen, warnen Experten. „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 (ZSW) in Stuttgart.	
6	Auch die Tatsache,	Das größte Problem ist wohl,	6
	dass in Zeiten von Nachfrage boom und Massenproduktion Qualität und Qualitätssicherung oft zu kurz kommen, birgt Gefahren.	dass die Silizium- und Solarhersteller in Zeiten von hoher Nachfrage und Massenproduktion offensichtlich wenig Wert auf Qualität und Qualitätssicherung legen.	
	Ingot- und Waferhersteller	Hersteller von sogenannten Wafern, den Zellenrohlingen,	
	klagen über unreines Silizium, Zellenproduzenten über schlechte Wafer, Modulbauer über fehlerhafte Zellen.	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.	und viele Betreiber werden sich möglicherweise bald über vorzeitig alternde Module 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 —,	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 Billiganbieter aus Fernost,	
	sondern auch gegen Branchengrößen in Europa, Japan und den USA.	sondern auch gegen Branchengrößen in Europa, Japan und den USA.	
	Jeder zehnte Wafer schadhaft	Jeder zehnte Wafer ist kaputt	
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. Produktionsergebnis seien dann niederohmige Wafer, die stärker degradierten als gute, hochohmige Ware.	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 der Rohstoffknappheit und hohen Fertigungsdrucks nicht ausschließlich hochwertiges Silizium verwendeten, sondern oft unterschiedliche Qualitäten vermischten. Produktionsergebnis seien dann niederohmige Wafer, die stärker degradierten als gute, hochohmige Ware.	7

Abs	Neue Energie (9 / 2008)	Bauernzeitung (10.10.2008)	Abs
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.	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.	8
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.	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 Zelleneinbettung beliefert.	9
	„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.	„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.	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 % Luftfeuchtigkeit und 85 °C Hitze ausgesetzt werden.	10
	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.	Verliert ein Panel dadurch 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.	
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.	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 verbreitet, rechnen die Modulwirkungsgrade dann runter und berücksichtigen den Degradationseffekt stärker.	11
	Viele unbekannte Größen	Weit weg von der Realität	
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. »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-	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. „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-	12

Abs	Neue Energie (9 / 2008)	Bauernzeitung (10.10.2008)	Abs
	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 Auslöchen der Ladungsträger, die dadurch für die Solarstromerzeugung verloren gehen.	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 Auslöchen der Ladungsträger, die dadurch für die Solarstromerzeugung verloren gehen.	
13	Wegen der Lücken in der Altersforschung haben sich Wissenschaftler und Unternehmen auf eine einfache Sprachregelung verständigt: Bei kristallinen Siliziummodulen wird heute allgemein von einem halben Prozent Leistungsverlust pro Jahr ausgegangen, also von 12,5 Prozent nach 25 Jahren Betrieb.	Wegen der Lücken in der Altersforschung haben sich Wissenschaftler und Unternehmen auf eine einfache Sprachregelung verständigt: Bei kristallinen Siliziummodulen wird heute allgemein von einem halben Prozent Leistungsverlust pro Jahr ausgegangen, also von 12,5 % nach 25 Jahren Betrieb.	13
	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. Bei der Differenz von 7,5 Prozent handelt es sich um Sicherheitsabschläge, die die Anbieter wegen möglicher unerwarteter Alterungseffekte mit einplanen.	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 % der Nennleistung eines neuen Moduls erreicht werden. Bei der Differenz von 7,5 % handelt es sich um Sicherheitszuschläge, die die Anbieter wegen möglicher unerwarteter Alterungseffekte mit einplanen.	
14	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).	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 metallurgischem Silizium ablaufen. Einige Hersteller wie Q-Cells planen langfristig mit diesem neuartigen Rohstoff, da er deutlich günstiger herzustellen ist als Standardsilizium, aber dennoch gute Zelleffizienzen von 14 bis 16 % verspricht.	14
	Unbekannte dünne Schichten	Unbekannte dünne Schichten	
15	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 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	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 % ihrer Leistung verlieren. Doch in einem stabilen Zustand und bereit zur Leistungsvermessung sind sie dann noch nicht. Zum einen geht die Degradation in amorphem 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	15

Abs	Neue Energie (9 / 2008)	Bauernzeitung (10.10.2008)	Abs
	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 Ertragserwartungen geweckt.	große Schwierigkeiten, weil 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 Ertragserwartungen geweckt.	
16	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.	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 sich die Materialien wirkungsvoll ergänzen, ist völlig unklar.	16
17	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. 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.	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. 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 W verkauft, kann es sein, dass es tatsächlich nur 100 W oder aber 125 W bringt“, schildert ZSW-Forscher Geyer das Problem.	17
	Arbeit an besseren Tests	Arbeit an besseren Tests	
18	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.	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.	18
	Zumal es bislang kaum schlechte Nachrichten über vorzeitig alternde Anlagen gibt, weil die ersten großen Solarkraftwerke bislang nicht in die kritischen Jahre gekommen sind.	Zumal es bislang kaum schlechte Nachrichten über vorzeitig alternde Anlagen gibt, denn die ersten großen Solarkraftwerke sind 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 werden. Nicht wenige Experten sehen den Solarmarkt vor dem Wandel	Doch es spricht einiges dafür, dass künftig nicht nur Preis und Leistungsfähigkeit, sondern auch die Robustheit von Modulen ein entscheidendes Auswahlkriterium sein wird. Nicht wenige Experten sehen den Solarmarkt vor dem Wandel	

Abs	Neue Energie (9 / 2008)	Bauernzeitung (10.10.2008)	Abs
	vom Anbieter- zum Käufermarkt. Möglicherweise werden 80-prozentige Leistungsgarantien dann nicht mehr reichen. Ebenso wenig werden sich potenzielle Investoren künftig mit Ertragsschätzungen abspesen 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.	vom Anbieter- zum Käufermarkt. Möglicherweise werden 80-%ige Leistungsgarantien dann nicht mehr reichen. Ebenso wenig werden sich potenzielle Investoren künftig mit Ertragsschätzungen abspesen 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.	
19	Aber das Bewusstsein bei Forschern wie Herstellern wandelt sich:	Aber das Denken bei Forschern wie Herstellern wandelt sich:	19
	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.	Lange kleingeredet, 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 die Module 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.	Aus den Messergebnissen sollen dann Labortests entwickelt werden, die über bisherige Standards hinausgehen. Auch die DLG könnte mit ihrem Ammoniak-Projekt dazu beitragen.	
	Allerdings wird sie bislang kaum beachtet.	Allerdings wird es bislang kaum beachtet.	
		FORSCHUNG Alterungsfaktoren auf der Spur	
		Bislang weiß die Solarbranche wenig über ein Solarmodulleben. Welche Faktoren es wie stark altem lassen und durch welche Vorkehrungen das Älterwerden aufgehalten werden kann, wurde kaum erforscht. Das soll sich ändern: In mehreren Projekten nehmen Institute die Lichtsammler nun genau unter die Lupe. Das Fraunhofer ISE und der TÜV Rheinland starteten zum Beispiel 2007 das Projekt „Zuverlässigkeit von PV-Modulen“. Anlagen wurden auf der Zugspitze, in der Negev-Wüste, im feucht-heißen Indonesien und auf dem Dach des 71lv in Köln installiert. Messungen dieser Anlagen sollen zeigen, wie sich Materialkenngrößen wie Diffusion oder Wärmeleistung durch Degradation verändern.	
		Die Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) befasst sich mit den Auswirkungen landwirtschaftlicher Ammoniak-Dämpfe auf die Lebensdauer von Modulen. Das Bayerische Zentrum für Angewandte Energieforschung (ZAE) sucht ideale Einkapselungsmaterialien, um die	

Abs	Neue Energie (9 / 2008)	Bauernzeitung (10.10.2008)	Abs
		<p>Modullebensdauer zu erhöhen. Das Photovoltaik Institut Berlin (PI) will mit Messung der Elektroluminiszenz eines Moduls herausfinden, wo dessen Schwachstellen liegen. Beim Durchleuchten werden Defekte sichtbar, die in allen anderen Tests nicht auffallen.</p>	
		<p>Das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) widmet sich vor allem der Dünnschicht Es forscht an Methoden zur verlässlichen Leistungsvermessung von CIS-Modulen und studiert die Degradationsmechanismen bei simulierter Alterung.</p>	

Abs	Neue Energie (9 / 2008)	Top Agrar (1 / 2009)	Abs
	Erneuerbare / Solar Vorzeitige Altersschwäche (Sascha Rentzing)	<u>Rechnen Sie mit Altersschwäche</u> (Sascha Rentzing, Diethard Rolink)	
0	Solarmodule 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 Pannelleistung und -lebensdauer. Bei der Dünnschicht steht die Forschung erst am Anfang.	Solaranlagen sollen 25 Jahre lang konstant Strom erzeugen . Doch es gibt Hinweise darauf, dass einige Module an vorzeitiger Altersschwäche leiden könnten.	0
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.	Die Solarbranche boomt. Nicht nur die Nachfrage zieht seit Jahren stark an, auch die Zahl der Hersteller wächst überdurchschnittlich. Was die Branche nach außen hin als großen Erfolg verkauft, hat aber auch eine Kehrseite: Der Kampf um Kunden wird für die einzelnen Firmen immer schwieriger und der Druck, die Preise zu senken, steigt.	1
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.	Einige Unternehmen veranlasst dies offensichtlich dazu, dort zu sparen, wo es am wenigsten angebracht ist – nämlich bei der Qualität ihrer Produkte.	2
	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	Das Thema vorzeitige Modulalterung könnte die Solarbranche künftig noch aus anderen Gründen	21

Abs	Neue Energie (9 / 2008)	Top Agrar (1 / 2009)	Abs
	beschäftigen. So steigt die Nachfrage nach Dünnschicht-Solaranlagen derzeit stark, da sie weniger kosten als konventionelle Siliziummodule (neue energie 6/2008).	beschäftigen. So steigt die Nachfrage nach Dünnschicht-Solaranlagen derzeit stark. Im Vergleich mit herkömmlichen Siliziummodulen sind sie nämlich teilweise um bis zu 200 € günstiger, da sie mit weniger oder sogar ganz ohne das teure Silizium auskommen. Nur, was taugen sie?	
	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.	Auch diese Frage ist schwer zu beantworten, da noch keine Langzeiterfahrungen für diese Typen vorliegen. Einen weiteren Grund nennt	22
	„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.“	
		Hersteller klagen über mangelhafte Ware	
6	Auch die Tatsache, dass in Zeiten von Nachfrageboom und Massenproduktion Qualität und Qualitätssicherung oft zu kurz kommen, birgt Gefahren.	Eindeutige Hinweise kommen aus der Branche selbst.	3
	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.	Symptomatisch für den Qualitätsverlust in der Branche ist das Beispiel des Solarherstellers Sunways. Seit einiger Zeit beschwert sich dieser über mangelhafte Wafer, die das Unternehmen von anderen Produzenten bezieht.	4
	»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. Produktionsergebnis seien dann niederohmige Wafer, die stärker	„Vor fünf Jahren hatten wir so gut wie keinen Ausschuss, heute kommt es vor, dass wir zehn Prozent aussortieren müssen“, beklagt der Technikvorstand des Unternehmens, Roland Burkhardt. Hohe Rohstoffkosten verleiten einige Wafer-Produzenten offensichtlich dazu, hochwertiges Silizium, den Hauptbestandteil der Wafer, mit schlechtem zu mischen. Folge: Die Leistungsfähigkeit der Wafer sinkt.	5

Abs	Neue Energie (9 / 2008)	Top Agrar (1 / 2009)	Abs
	degradierten als gute, hochohmige Ware.		
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 Nennleistung eines Moduls vor dem Verkauf um einige Prozent nach unten. So will man seine Kunden nicht verärgern.	6
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.	Am Ende der solaren Wertschöpfungskette gibt es ebenfalls Grund zur Klage: Der Dresdner Modulbauer Solarwatt wurde zuletzt häufiger mit mangelhaften Folien zur Zellen-Einbettung beliefert.	7
	„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.	„Wir machen zwar präzise Vorgaben, was wir brauchen, aber manchmal passt die gelieferte Ware nicht zu unserem technologischen Prozess“, erklärt Dietmar Jakob, Vertriebsleiter für Deutschland.	
		Nicht alle Firmen lassen ihre Module testen	
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. Denn viele Hersteller lassen ihre Produkte von unabhängigen Instituten freiwillig überprüfen.	8
11	Dennoch werden nicht durchweg langlebige Premiumprodukte verkauft.	Dass dennoch minderwertige Produkte verkauft werden, hat vor allem 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.	9
	So vergehen etwa bei der TÜV Deutschland Group zwischen Basiszertifizierung und dem sogenannten Reaudit, der Modulnachprüfung, drei Jahre.	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,	In dieser Zeit können sich die Leistungswerte eines Moduls aber verschlechtern,	
	etwa wenn vermehrt Zellen aus unreinem Silizium verarbeitet werden.	etwa wenn 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 Alterungseffekte (Degradation) nicht. Stattdessen verkaufen sie ihre Module mit den höheren Leistungsangaben, die durch die Basisprüfung	10

Abs	Neue Energie (9 / 2008)	Top Agrar (1 / 2009)	Abs
		ermittelt wurden. Folge: Die Anlage liefert nicht die versprochenen Erträge.	
	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 für viele Experten immer noch ein Buch mit sieben Siegeln ist.	11
	»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:	„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. Der Experte kennt immerhin die Hauptursachen für die Leistungsverluste:	
	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 Auslöschen der Ladungsträger, die dadurch für die Solarstromerzeugung verloren gehen.	<ul style="list-style-type: none"> - Ablagerungen und Schichten aus Staub und Dreck, die sich in das Glas fressen und zu dessen Ermattung führen und - physikalische Effekte in der Zelle. Zum Beispiel das gegenseitige Auslöschen der Ladungsträger, die dadurch für die Solarstromerzeugung verloren gehen. 	12
13	Wegen der Lücken in der Altersforschung haben sich Wissenschaftler und Unternehmen auf eine einfache Sprachregelung verständigt:		
	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. Bei der Differenz von 7,5 Prozent handelt es sich um Sicherheitsabschläge, die die Anbieter wegen möglicher unerwarteter Alterungseffekte mit einplanen.	Bei Siliziummodulen wird heute daher allgemein von 0,5 % Leistungsverlust pro Jahr ausgegangen, also von 12,5 % nach 25 Jahren Betrieb. Garantiert werden dem Kunden aber in der Regel nur 80 % der Nennleistung nach 25 Jahren (20 % Verlust nach 25 Jahren). Neben den Leistungseinbußen in Höhe von 12,5 % kalkulieren die Hersteller mit einem Puffer von 7,5 % für unerwartete Alterungseffekte.	13
		Die Ergebnisse erster Langzeitstudien deuten darauf hin, dass dieser Puffer ausreichend groß bemessen sein könnte. So wurden unter anderem von einem Forschungszentrum der Europäischen Union (Environment and Sustainability Joint Research Centre im italienischen Ispra) kristalline Module 22 Jahre überwacht.	14
		Ergebnis nach mehr als zwei Jahrzehnten: Im Mittel hatten die Solarstromanlagen etwa 6 % ihrer Anfangsleistung verloren.	15
		Allerdings waren nur gewöhnliche Hausdachanlagen unter den Testkandidaten. Was aber passiert, wenn die Module hohen Ammoniak- und Staubbelastungen auf Dächern in	16

Abs	Neue Energie (9 / 2008)	Top Agrar (1 / 2009)	Abs
		der Landwirtschaft ausgesetzt sind?	
		Ammoniak – die unbekannte Größe	
14	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).	Keiner kann derzeit darauf eine verlässliche Antwort geben. Nicht einmal in den herkömmlichen Modultests wird dieser Faktor berücksichtigt. Ulrike Jahn beschäftigt sich beim TÜV-Rheinland mit dem Thema und berichtet: „Es gibt keine 100-prozentigen Hinweise darauf, dass Ammoniak die Module schädigt. Aber ausschließen können wir es auch nicht.“	17
		So hat Jahn durch einen Vergleich von Solarstromanlagen eher zufällig festgestellt, dass Module auf landwirtschaftlichen Dächern oft einen schlechteren Ertrag liefern als solche, die auf Wohnhäusern installiert wurden. Ob dieses Phänomen aber auf eine starke Ammoniakbelastung zurückzuführen ist, wisse man noch nicht. Der TÜV-Rheinland will künftig jedoch verstärkt die Auswirkungen von Ammoniak auf Solarstrom-Module und deren Komponenten erforschen.	18
		Auch das Testzentrum „Technik und Betriebsmittel“ der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) entwickelt ein Testverfahren, das die besonderen Bedingungen der Solarstromproduktion auf landwirtschaftlichen Dächern berücksichtigt. Ende 2008 soll das Projekt starten.	19
		Solange wie dieser Punkt noch nicht endgültig geklärt ist, rät der Energieberater Stefan Blome von der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen: „Wer eine Solarstromanlage installieren will, sollte sich zuvor sein Dach genau anschauen und möglichst dort, wo sich viel Staub ablagert, keine Module anbringen.“ Vor allem Schornsteine sollten weiträumig umbaut werden. Zudem sollten genügend Wartungsgänge eingeplant werden. So könne man die Anlage später gut reinigen, wenn sich doch vermehrt Dreck auf den Modulen ablagert. Von Inndachanlagen, bei denen die Module die Dachhaut ersetzen, rät er auf landwirtschaftlichen Gebäuden ganz ab. Die Anlage sei nämlich dann der staubhaltigen und feuchten Luft in den Ställen direkt ausgesetzt.	20
	Unbekannte dünne Schichten		
15	Bei den Dünnschichttechnologien ist die Bestimmung von Leistung und elektrischem Verhalten noch kniffliger als bei kristallinen Modulen. Bei Panels aus amorphem Silizium zum	Bei dieser Technologie ist die Bestimmung von Leistung und elektrischem Verhalten nämlich kniffliger als bei Siliziummodulen. Bei Dünnschichtmodulen aus amorphem Silizium	22

Abs	Neue Energie (9 / 2008)	Top Agrar (1 / 2009)	Abs
	Beispiel wird gemeinhin davon ausgegangen,	beispielsweise wird 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.	dass sie in den ersten 1 000 Sonnenstunden rund 20 % ihrer Leistung verlieren. Doch in einem stabilen Zustand und bereit zur endgültigen Leistungsvermessung für den Verkauf sind sie dann noch nicht.	
	Zum einen geht die Degradation in amorphem 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 Ertragserwartungen geweckt.	Zum einen geht die Alterung in amorphem Silizium nach 1 000 Stunden verlangsamt weiter, zum anderen macht es bei Kälte schlapp, während es bei Wärme mehr Licht in Strom umwandelt.	23
16	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.	„Im Sommer erreichen amorphe Siliziummodule daher eine vergleichsweise hohe Nennleistung. Bestimmt man ihre Leistung dann, werden möglicherweise zu hohe Ertragserwartungen 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.	24
17	Ebenso schwer lässt sich der Alterungsprozess von Modulen aus Kupfer in Verbindung mit Indium, Gallium, Selen oder Schwefel (CIS) sowie Cadmiumtellurid (CdTe) prognostizieren.	Ebenso schwer lässt sich der Alterungsprozess von Dünnschichtmodulen aus Kupfer in Verbindung mit Indium, Gallium, Selen oder Schwefel (CIS) sowie Cadmiumtellurid (CdTe) prognostizieren.	25
	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. Es ist also schwierig, dem Material beizukommen und dafür eine einheitliche Messroutine zu etablieren.	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.	
	„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.	„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.	
	Arbeit an besseren Tests		
18	Noch kommt die Solarindustrie mit ihren vagen Leistungsangaben beim Kunden durch.	Gerade weil die Modulalterung bei Dünnschichtmodulen mit Unsicherheiten	26

Abs	Neue Energie (9 / 2008)	Top Agrar (1 / 2009)	Abs
	<p>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 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.</p>	<p>verbunden ist, raten Experten: Wer auf Nummer sicher gehen will, setzt auf kristalline Module. Diejenigen, die sich dennoch für Dünnschichtmodule entscheiden, sollten mindestens mit 1 % Modulalterung pro Jahr kalkulieren, rät Blome.</p>	
	<p>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>Stefan Braun vom Maschinenring Schwäbisch-Hall in Ilshofen, Baden-Württemberg, geht noch einen Schritt weiter. Wegen der Unsicherheiten rät der Solarfachmann nur dann zum Kauf von Dünnschichtmodulen, wenn diese mindestens 400 € günstiger sind als kristalline. Sonst sei das Risiko zu groß.</p>	27
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>	<p>Der Energieberater Blome empfiehlt außerdem, Solarstromanlagen stetig zu überwachen (siehe Kasten auf Seite 149). Nur so könne rechtzeitig erkannt werden, ob die Anlage Leistung verliert oder ein Modul defekt ist. Wichtig ist aus seiner Sicht auch, auf die gängigen Tests und Prüfsiegel für Solaranlagen zu achten (siehe Kasten auf der Seite 146). Auch wenn diese nicht für eine 100-prozentige Sicherheit bürgen können, auf sie zu verzichten sei dennoch fatal. Denn Hersteller, die nichts zu verbergen haben, scheuen nicht die Kontrolle durch Dritte.</p>	28
		Wir halten fest	
		<p>Nach wie vor ist das Thema „Modulalterung“ nicht in allen Einzelheiten geklärt. Hinzu kommt das lückenhafte Wissen über die Auswirkungen von Ammoniak auf Solaranlagen und die bislang wenig erforschten Dünnschichtmodule.</p>	29
		<p>Kalkulieren Sie deshalb genügend Leistungsverlust über die Jahre mit ein. Für Dünnschichtmodule sollten Sie mindestens 1 % pro Jahr ansetzen. Bei kristallinen Produkten sind rund 0,8 % pro Jahr zu veranschlagen (20 % auf 25 Jahre).</p>	30
		<p>Achten Sie auch darauf, dass Ihr Modul die</p>	31

Abs	Neue Energie (9 / 2008)	Top Agrar (1 / 2009)	Abs
		gängigen Prüfsiegel trägt und überwachen Sie regelmäßig den Ertrag Ihrer Anlage. Dächer, die stark verstauben, sollten möglichst gemieden werden. Schornsteine sollten weiträumig umbaut werden. Denken Sie außerdem an ausreichend Platz für Wartungsgänge, um später die Anlage leichter reinigen zu können.	

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 Maschinenringen, 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 (ZWS) 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
	»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 Auslöschung der Ladungsträger, die dadurch für die Solarstromerzeugung verloren gehen.	«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.	
13	Wegen der Lücken in der Altersforschung haben sich Wissenschaftler und Unternehmen auf eine einfache Sprachregelung verständigt:		
	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.	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.	7
	Bei der Differenz von 7,5 Prozent handelt es sich um Sicherheitsabschläge, die die Anbieter wegen möglicher unerwarteter Alterungseffekte mit einplanen.	Neben den Verlusten in Höhe von 12,5 Prozent kalkulieren die Hersteller mit einem Puffer von 7,5 Prozent für unerwartete Alterungseffekte.	
14	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).	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.	8
	Unbekannte dünne Schichten	Und bei Dünnschichtanlagen?	
15	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	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	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 Ertragserwartungen 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 Ertragserwartungen 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>		