



AUFWÄNDIGER ABBAU: Indium, Grundstoff für Dünnschicht-Module, ist seltener Bestandteil von Kupfer, das in riesigen Minen wie dieser in Indonesien abgebaut wird.

Nachschub gefährdet

Die Hersteller von Dünnschicht-Solarmodulen haben große Pläne: In den nächsten Jahren sollen mehrere hundert Megawatt der schlanken Lichtfänger produziert werden. Aber die Basisstoffe Indium und Tellur sind nicht unbegrenzt verfügbar und ihr Preis steigt. Der Branche droht ein neuer Rohstoff-Engpass.

Text: Philipp David Pries, Sascha Rentzing

Frans van den Heuvel hat viel vor. Bis 2012 will der Geschäftsführer des niederländischen Solarmodulherstellers Scheuten Solar 1.000 Megawatt (MW) Dünnschicht-Module auf den Markt bringen. Bereits im nächsten Jahr soll die Massenproduktion der dünnen Lichtfänger losgehen. Die gleiche Situation bei First Solar, Würth Solar und Sulfurcell: Nach Jahren der Forschung steigen die Dünnschichtfirmen nun in die Mas-

senproduktion ein (neue energie 6/2006). So kommen die Prognosen der Europäischen Photovoltaik-Vereinigung (EPIA) nicht von ungefähr. Bis zum Jahr 2010 rechnet sie mit einem Anstieg des Dünnschicht-Anteils an der Modul-Gesamtproduktion von derzeit sechs auf 20 Prozent, also einer produzierten Photovoltaik-Leistung von 1.000 MW.

Doch ungetrübten Blickes können auch die Dünnschicht-Hersteller nicht in die

Zukunft schauen. Denn: Statt Silizium benötigen sie andere aufwändig zu gewinnende Stoffe. Die neben dem amorphen Silizium derzeit wichtigsten Technologien Kupfer-Indium-Selenid/Sulfid (CIS) und Cadmium-Tellurid (CdTe) benötigen je nach Produktionsweise verschiedene, auf dem Weltmarkt nur in geringen Mengen gehandelte Spezialelemente. Und die Preise genau dieser Stoffe haben sich teilweise

drastisch verteuert und waren zuletzt heftigen Preisschwankungen ausgesetzt (siehe Info-Grafik).

Rohstoff-Preise steigen kontinuierlich

So lag der Preis des CIS-Bestandteils Indium vor vier Jahren bei 97 Dollar (79 Euro) pro Kilogramm, heute kostet der Stoff bereits 900 Dollar (729 Euro). Auch Tellur hat bis zum letzten Jahr eine Preisrallye mitgemacht, bevor es 2006 wieder billiger wurde. Gallium und Germanium, die bei einigen CIS-Herstellern zur Wirkungsgrad-Steigerung zusätzlich verwendet werden, sind ebenfalls nicht mehr so günstig zu haben wie in den Jahren zuvor. Zwar ist der Kostenanteil etwa des Indiums an einem Solarmodul von 75 Watt Leistung relativ gering – an einem Dünnschicht-Modul, welches beispielsweise Würth derzeit für 392 Euro verkauft, macht es drei Euro aus. Bei einer mittelgroßen Standardanlage mit vier Kilowatt Leistung schlägt das Indium aber immerhin mit 160 Euro zu Buche. Bei der CdTe-Technologie sieht es ähnlich aus.

Was für die Kosten gilt, trifft auch auf die von der Solarbranche bisher benötigten Rohstoffmengen zu: Noch sind sie überschaubar. Im Jahr 2005 trug CIS mit drei MW gerade einmal 0,2 Prozent zur Jahresproduktion an Solarmodulen (1.420 MW) bei. Die CdTe-Technologie kam mit 17 MW immerhin auf einen Anteil von 1,2 Prozent. Diese geringen Mengen von Indium und Tellur kann sich die Branche leicht besorgen. Bei anhaltend hoher Nachfrage wird sich das ändern.

Während Silizium theoretisch fast beliebig gewonnen werden kann – 15 Prozent der Erdkruste bestehen aus dem Grundstoff Sand – sind die für die Dünnschicht-Technologie benötigten Stoffe nur Beiprodukte. Indium oder Tellur werden also nicht gezielt abgebaut, sondern sind in winzigen Mengen in Kupfer- oder Zink-Erzen enthalten. Die Extrahierung ist ein kostspieliges und aufwändiges Unterfangen, das nur wenige Hütten beherrschen (siehe Info-Kasten).

Schon mittelfristig Engpässe absehbar

Wie groß die weltweiten Reserven dieser Solarstoffe sind, lässt sich schwer beantworten. Die Zahlen des United States Geological Survey (USGS) gelten in der Branche noch als die belastbarsten. Dessen Einschätzung: Derzeit gibt es etwa 3.000 Ton-

nen wirtschaftlich abbaubares Indium und 21.000 Tonnen Tellur. „Schwierig wird es immer dann, wenn es um Vorkommen in der ehemaligen Sowjetunion oder Asien geht“, betont Frank Melcher von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) die Unsicherheiten solcher Prognosen.

Als einigermaßen sicher gelten indes die produzierten Mengen der seltenen Metalle: 400 Tonnen Indium standen etwa in 2005 zur Verfügung. Nach derzeitigem Stand der Technik würde die verfügbare Menge Indium ausreichen, um CIS-Module mit einer Leistung von 666 MW herzustellen. Da das meiste Indium jedoch von der Elektronikbranche aufgesaugt wird – momentan sind es etwa 85 Prozent der Jahresproduktion – würde das Material aktuell gerade einmal für 100 MW CIS-Leistung ausreichen.

Auch Tellur gibt es nicht in Unmengen: Laut USGS betrug die Jahresproduktion im letzten Jahr 113 Tonnen, das genügte

theoretisch für etwa 226 MW CdTe-Module. Allerdings gilt auch hier: Die Dünnschichtfirmen sind nicht alleinige Abnehmer. Ebenso die aufstrebende Handy-Branche hat es auf das Tellur abgesehen.

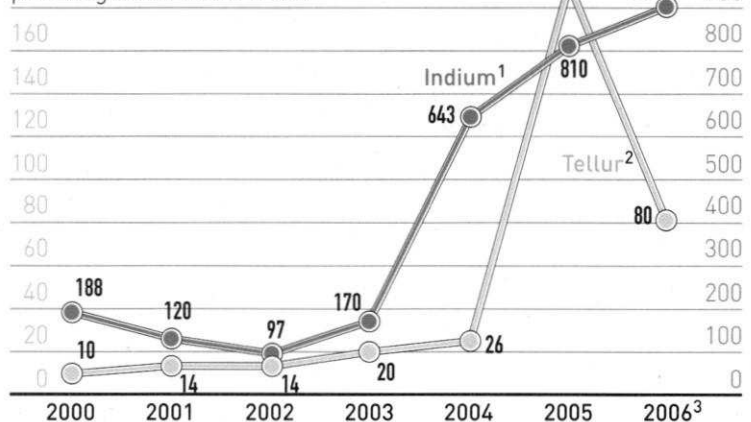
Damit ist klar: Um die ambitionierten Ziele der Dünnschicht-Hersteller zu erreichen – laut EPIA könnten bis 2030 einige 1.000 MW gefertigt werden –, muss die Indium- und Tellur-Produktion mittelfristig deutlich gesteigert werden.

Noch bleiben die Firmen cool. Zwar werden höhere Preise einkalkuliert, Lieferengpässe kommen in ihren Planungen aber kaum vor. „Damit rechnen wir nicht“, sagt etwa Nikolaus Meyer, Geschäftsführer des Berliner CIS-Produzenten Sulfurcell. Und auch bei anderen Herstellern glaubt man, durch möglichst langfristige Lieferverträge seine Schäfchen vorerst ins Trockene gebracht zu haben. So will Würth Solar 2007 14,8 MW CIS-Module fertigen und den Ausstoß seiner Fabrik in den Folgejahren weiter erhöhen.

SPIELBALL DER SPEKULANTEN

Indium und Tellur sind in den vergangenen Jahren deutlich teurer geworden. Seit 2000 hat sich der Indiumpreis verfünffacht, der Tellurpreis sogar verachtacht. Hauptgrund hierfür ist, dass die wenigen Metall-Produzenten ihre Monopolstellung und die intransparente Marktsituation nutzen, die Preise künstlich in die Höhe zu treiben. Erst in diesem Jahr hat sich beim Tellur der überhitzte Markt abgekühlt. Dennoch sollte die Solarbranche auf weitere Preissteigerungen gefasst sein. Denn nicht nur sie wird in Zukunft mehr der seltenen Metalle benötigen, auch bei Handy- und Flachbildschirmherstellern, die ebenfalls auf Indium und Tellur angewiesen sind, brummt die Nachfrage.

Durchschnittlicher Jahrespreis pro Kilogramm in US-Dollar

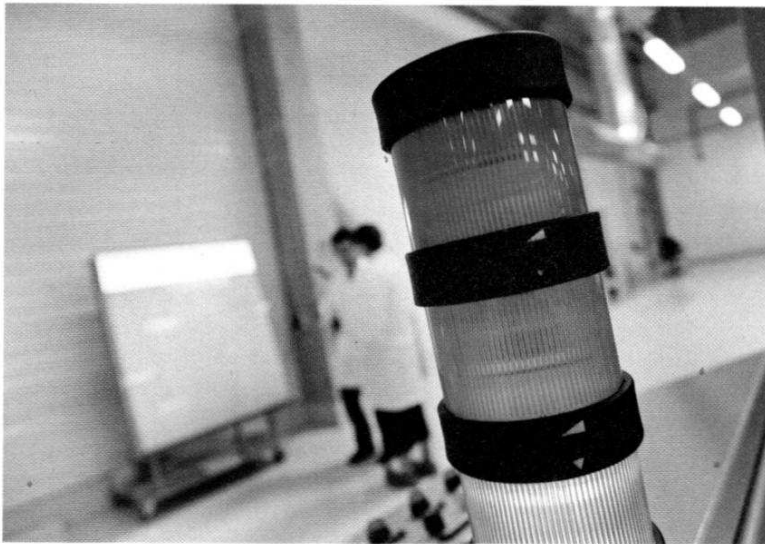


1 Indium mit einem Reinheitsgrad von 99,97 Prozent

2 Tellur mit einem Reinheitsgrad von 99,95 Prozent

3 Preise im Juli 2006

Quelle: United States Geological Survey (USGS)



GRÜNES LICHT FÜR CSG: Der Thalheimer Firma CSG Solar produziert Module aus Dünnschicht-Silizium, eine Technologie, die ohne seltene Metalle auskommt.

China – Staubsauger für Indium und Tellur

Woran liegt es konkret, dass – nachdem der weltweite Handel mit den beiden Metallen lange Zeit in gemächlichen Bahnen verlief – sich die Lage auf dem Rohstoffmarkt zunehmend zuspitzt? „Der steigende Preis hat teilweise mit einem Nachfragewachstum zu tun, mit dem die Produktion kaum mitgekommen ist“, erläutert Melcher. Insbesondere China fungiere wie ein gigantischer Staubsauger auf dem Markt. „Die kaufen alles, was sie in die Hände kriegen können“, sagt der BGR-Mitarbeiter.

Experten gehen davon aus, dass die Hälfte des weltweiten Indiums in China produziert wird. Dort wird das Element

aber nicht für die Dünnschicht-Technologie benötigt, sondern in erster Linie für die Produktion von Flachbildschirmen – ein Geschäft, das derzeit brummt.

Doch auch die Lieferanten tragen zur ungebremsten Verteuerung der Metalle bei. Nur wenige Hersteller in Nordamerika, Asien und Deutschland sind in der Lage, die Stoffe so zu veredeln, dass die Elektronik-Industrie damit etwas anfangen kann. 99,99999 Prozent Indiumanteil pro Gramm sind derzeit der Stand der Dinge. Die Weiterverarbeiter sind also das Nadelöhr, wenn es um hochreine Metalle geht. Und diese Monopolstellung nutzen sie aus – indem sie sich ihre aufwändige Forschung und Produktion teuer bezahlen

lassen. Parallelen zur derzeitigen Situation auf dem Siliziummarkt sind hier unverkennbar.

Spielwiese für Spekulanten

„Im Moment herrscht Goldgräberstimmung bei den Lieferanten. Niemand hat Interesse an niedrigen Preisen“, berichtet ein Mitarbeiter aus der Solarzellen-Forschung. Doch die Metalle sind nicht nur teuer – ihr Preis ist schwer zu prognostizieren. „Der Markt ist und bleibt hochgradig schwankend“, schätzt BGR-Experte Melcher.

Sein Kollege Thomas Oberthür hat ein weiteres Problem ausgemacht: Normalerweise, sagt Oberthür, gebe es etwa in

Selten wie Silber

Als Halbleiter in Dünnschichtmodulen gewinnen die Metalle Indium und Tellur zunehmend an Bedeutung, jedoch sind beide Elemente rar. Indium etwa steht in der Häufigkeit direkt hinter Silber; dessen wirtschaftlich abbaubares Gesamtvorkommen liegt bei schätzungsweise nur noch 2.800 Tonnen. Wird in den kommenden Jahren ähnlich viel produziert wie 2005, 400 Tonnen, und sollten keine neuen Lagerstätten ausgemacht werden, dürfte das weiß glänzende Element mittelfristig Mangelware sein. Etwas entspannter sieht die Lage beim Tellur aus. Letztes Jahr wurden zwar nur 113 Tonnen des Metalls produziert, die weltweiten Lagerstätten werden aber auf 21.000 Tonnen geschätzt.

Beide Elemente kommen vergesellschaftet, also zusammen mit anderen Metallen vor. Sie fallen daher nur bei der Gewinnung anderer Metalle an, etwa bei der Verhüttung von Zink-, Blei oder Cadmiumerzen. Dieser Produktionsprozess ist aufwändig: Löst man beispielsweise indiumhaltiges Zink in verdünnten Säuren, kann man aus den Rückständen Indiumsulfat gewinnen. Durch eine Elektrolyse der wässrigen Lösung des Indi-

umsulfats extrahiert man das Metall. Für die Solarenergie-Nutzung taugt das „unreine“ Material nicht. Spezialhütten müssen das Indium erst weiter verarbeiten, um den erforderlichen Reinheitsgrad von über 99 Prozent zu erreichen. Aus diesen Quellen bedienen sich dann die Handelshäuser, welche das Indium noch einmal reinigen, und schließlich an die Solarindustrie oder die Hersteller von Flachbildschirmen – mit nachgefragten 340 Tonnen im letzten Jahr die Hauptabnehmer des Stoffs – verkaufen.

Der Seltenheit und der schwierigen Herstellung entsprechend entwickeln sich die Preise: Über 700 Euro kostet das Kilogramm derzeit. Und bei steigender Nachfrage könnte dieser weiter steigen. Experten halten eine Verdoppelung binnen der nächsten zwei, drei Jahre nicht für ausgeschlossen. Diese Prognose gilt auch für Tellur: Ein Anstieg des Preises von derzeit rund 65 Euro auf weit über hundert Euro je Kilogramm gilt als denkbar. Auch bei den Dünnschichtherstellern wird demnach in Zukunft weiteres Materialsparen angesagt sein.

SCHLANK UND EDEL: Von Lieferproblemen beim Indium spürt der Berliner CIS-Hersteller Sulfurcell noch nichts. Das könnte sich mittelfristig ändern.



Großbritannien oder den USA Lager, die bei Schwankungen als Puffer dienen. „Doch egal wohin man schaut: Diese Lager sind wie leergefegt.“ Dadurch schlage sich jede Veränderung von Angebot und Nachfrage ungefedert auf den Preis nieder. Dieser hat für beide Seiten meist nicht mehr als 24 Stunden Gültigkeit und wird direkt zwischen den Produzenten und den Interessenten ausgehandelt. „Es gibt im Gegensatz zu anderen Metallen wie Blei oder Zink kaum institutionalisierte Strukturen wie eine Börse, an denen diese seltenen Rohstoffe gehandelt werden“, sagt der BGR-Mann.

Verhältnisse also, bei denen jede Spekulation und jedes Gerücht den Markt durcheinander bringen können. „Die hohen Preise haben ziemlich viel mit schlichter Spekulation zu tun“, sagt der Leiter eines deutschen Forschungsinstituts. Und: „Hütten geben ihre Kapazitäten falsch oder verspätet an, und Nachfrager rücken mit den von ihnen benötigten Mengen nicht heraus“, nennt ein Mitarbeiter eines Metall-Wiederaufbereitungsbetriebs das Problem. Dadurch entstehe Unsicherheit – die von den Siliziumherstellern offenbar mit Kräften gefördert wird. „Natürlich versuchen die Siliziumproduzenten, die Dünnschicht schlecht zu reden und ihren eigenen Lieferengpass zu relativieren“, bestätigt ein Mitarbeiter eines deutschen Solarherstellers.

Keine leichten Umstände also, um präzise Preisprognosen für die Solarmetalle anzustellen. Für Indium geht die Indium Corporation, einer der weltweit größten Verkäufer des Metalls, von einem Preis bis zu 2.000 Dollar pro Kilogramm für die

nächsten Jahre aus. Eine genauere Aussage sei nicht möglich. Doch eines dürfte klar sein: Erheblich billiger werden die Rohstoffe kaum mehr werden.

Metall-Produktion problemlos steigerbar

Dabei könnte die Jahresproduktion zumindest theoretisch allmählich gesteigert und so ein ungebremster Preisanstieg verhindert werden. Ein deutscher Metall-Weiterverarbeiter kann nach eigener Aussage seine Kapazitäten binnen eines Jahres ausbauen. „Wenn die Nachfrage da ist und der Preis stimmt, werden wir uns danach richten und unseren Betrieb ausbauen.“ Außerdem könnte ein Modul-Recycling und die Wiedergewinnung von Indium oder anderer Solarmetalle den Preis entlasten. Martin Powalla vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Stuttgart gibt zu bedenken: „Bei allen Unsicherheiten – Recycling könnte zu einer wichtigen Option bei der Dünnschicht werden“, sagt er.

CdTe-Hersteller First Solar etwa hat eine erste Konzeptanlage in den USA aufgebaut, um Cadmium-Tellurid wieder zurückzugewinnen zu können (neue energie 1/2006). Die Logik des Marktes, so Powalla, werde es zudem rechtzeitig gebieten, wenn sich die Branche auf die Suche nach Ersatzstoffen machen muss – wie etwa Gallium als Substitut für Indium.

Viele Unsicherheiten beherrschen also das Bild, wenn es um die Zukunft geht. „Längerfristige Entwicklungen vorherzusagen, ist derzeit nicht viel erfolgsträchtiger als Kaffeesatzleserei“, gibt Powalla zu bedenken. Wie werden sich andere Branchen

und Staaten entwickeln, die Dünnschicht-Stoffe wie Indium oder Tellur benötigen? Wie entwickeln sich die Hüttenkapazitäten? Ab welchem Preis satteln Akteure auf andere Technologien um oder finden zumindest Ersatzstoffe? Das kommt einem doch alles sehr bekannt vor: Rohstoffhersteller halten ihre Kapazitäten klein und verlangen für ihre Produkte immense Preise – und Spekulationen treiben den Preis zusätzlich in die Höhe. Die Parallele zur Siliziumbranche ist frappierend – und die Dünnschichthersteller laufen derzeit in die gleiche Falle.

Für die Hersteller der schmalen Scheiben wäre ein weiterer Preisanstieg unangenehm, wegen des geringen Anteils der knappen Rohstoffe aber verkraftbar. Dennoch stellt sich die Frage, wie sich die Zellen verbilligen lassen, um den Anforderungen des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) nachzukommen. Dieses verpflichtet die Solarbranche dazu, die Kosten für Solarstrom jährlich um fünf Prozent zu senken.

In jedem Fall müssen sich die Hersteller für eine stürmische Zukunft rüsten. Bei der absoluten Verfügbarkeit wird es langfristig eng. Es lässt sich leicht ausrechnen, dass mit den bisher bekannten Mengen zwar ein ordentlicher Anteil an Solarmodulen produzierbar ist – deutlich mehr aber nicht. Mit Recycling, effizienteren Verfahren und Ersatzstoffen könnte diese Prognose zeitlich gestreckt werden. Auch wenn Scheuten-Geschäftsführer Frans van den Heuvel und seine Kollegen also derzeit relativ guten Mutes sind: Die großen Dünnschicht-Pläne werden sich nur realisieren lassen, wenn die Materialfrage gelöst ist. ◀