

Gunther Maassen & Michael Vaupel

STRATEGISCHE METALLE

f ü r I n v e s t o r e n

Hochinteressante Investments
von Antimon bis Zirconium



BÖRSENBUCHVERLAG

Gunther Maassen & Michael Vaupel

STRATEGISCHE METALLE

f ü r I n v e s t o r e n

Hochinteressante Investments
von Antimon bis Zirconium

BÖRSENBUCHVERLAG

© Copyright 2011:

Börsenmedien AG, Kulmbach

Gestaltung und Satz: Jürgen Hetz, denksportler Grafikmanufaktur

Gestaltung und Herstellung: Johanna Wack, Börsenmedien AG

Lektorat: Egbert Neumüller

Druck: Stürtz GmbH, Würzburg

ISBN 978-3-942888-84-4

Alle Rechte der Verbreitung, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe und der Verwertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen vorbehalten.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten
sind im Internet über <<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

BÖRSEN  MEDIEN
A K T I E N G E S E L L S C H A F T

Postfach 1449 • 95305 Kulmbach

Tel: +49 9221 9051-0 • Fax: +49 9221 9051-4444

E-Mail: buecher@boersenmedien.de

www.boersenbuchverlag.de

INHALT

Vorwort Gunther Maassen..... 10

Vorwort Michael Vaupel13

KAPITEL 01: ZUKUNFTSTECHNOLOGIEN..... 17

– Die Leuchtdiode (LED) 18

– Dünnschicht-Fotovoltaik..... 21

– Lithium-Ionen-Akkus 24

– Redox-Flow-Batterien 25

– Laser 27

– Glasfaserkabel 28

**KAPITEL 02: EINIGE ERZFAMILIEN
UND IHRE STAMMBÄUME 31**

KAPITEL 03: BESCHREIBUNG DER ELEMENTE 47

- Antimon 50
- Bismut 58
- Cadmium..... 66
- Chrom 74
- Cobalt..... 84
- Gallium..... 92
- Germanium 98
- Hafnium 108
- Indium 116
- Lithium 128
- Molybdän 144
- Niob 154
- Rhenium 162
- Silicium 170
- Tantal 176
- Tellur 190
- Vanadium 198
- Wolfram 204
- Zirconium..... 220

KAPITEL 04: DIE „SELTENEN ERDEN“-METALLE 227

KAPITEL 05: DER KAUF VON
STRATEGISCHEN METALLEN
IN DER PRAXIS243

KAPITEL 06: METALLE HINTER
SCHLOSS UND RIEGEL 253

KAPITEL 07: DER PROFESSIONELLE
METALLHANDEL259

KAPITEL 08:	EXKURS: ENERGY HARVESTING ...	269
KAPITEL 09:	LEITFADEN ZUR ANALYSE VON ROHSTOFF-EXPLORERN	273
Schlusswort Gunther Maassen		288
Schlusswort Michael Vaupel.....		290
Literaturverzeichnis		293
Quellenangaben		299
Über die Autoren		303

VORWORT

GUNTHER MAASSEN

Noch vor wenigen Jahren waren die die strategischen Sondermetalle „Nebenmetalle“ in jeglicher Hinsicht – kaum bekannt, von der Öffentlichkeit nicht wahrgenommen und selbst im Metallhandel als Randerscheinung belächelt. Das hat sich grundlegend geändert. Seit einiger Zeit sind diese Spezialmetalle in den Blickpunkt der Medien geraten. Zu Recht, denn ohne diese Metalle käme die heutige Welt zum Erliegen. Nehmen wir beispielsweise Indium. Dieses recht unbekannte Metall ist heute allgegenwärtig. Jedes



Quelle: Schweizerische Metallhandels AG

Handy, jedes Navigationsgerät und jeder Flachbildschirm benötigt Indium. Es wird zwar nur in kleinen Mengen gebraucht, aber diese sind in der heutigen Hightech-Welt unverzichtbar. Das Gleiche gilt für Tantal, Gallium und viele andere Elemente, die vor allem getrieben von unserer rasant wachsenden

Informationsgesellschaft langsam aber unaufhaltsam die Welt erobert haben. Die noch vor wenigen Jahren unbekanntenen „Seltene Erden“ sind zu einem Topthema für Industrie und Politik geworden. Die Volksrepublik China produzierte 2010 rund 97 Prozent der Weltjahresproduktion, bei nur 30 Prozent der Weltreserven. Dies birgt eine Menge Sprengstoff in sich. Die Industrie bangt um die Versorgungssicherheit und schaut sich nach Alternativen um. Die Politik hat die Misere erkannt und versucht, auf diversen Ebenen aktiv zu werden. Sowohl in Brüssel als auch in den einzelnen europäischen Hauptstädten wird über Rohstoffstrategien nachgedacht. Ein zentraler Bereich muss dabei die Förderung des Recyclings sein. Unsere Chance sind die „Minen über Tage“: Berge alter Handys und anderer wertvoller Elektronikschrott. Diese sekundären Quellen müssen wir nutzen. Es ist nicht zielführend, wenn diese wertvollen Sekundärrohstoffe in Länder exportiert werden, in denen eine weder ökonomisch sinnvolle noch ökologisch akzeptable Verwertung stattfindet. Die Politik muss Rahmenbedingungen schaffen, die es Industrie und Handel ermöglichen, ihre Aufgabe als Versorger der Bevölkerung mit den wertvollen Rohstoffen sicherzustellen.

Verordnungen wie REACH und CLP sind hier kontraproduktiv. Niemand bestreitet, dass ein strenges und durchdachtes Chemikalienrecht wichtig für den Schutz von Gesundheit und Umwelt ist. In letzter Zeit werden aber immer mehr Gesetze „mit heißer Nadel gestrickt“. Sie erreichen ihr eigentliches Ziel nicht, erwürgen aber den Mittelstand. Mittelständische Unternehmen aus dem Bereich der Sondermetalle haben oftmals 20 bis 50 verschiedene Elemente im Lieferprogramm – eine entsprechende REACH-Registrierung können sie selbst im Verbund mit Partnern aus der Branche kaum noch schultern. Folge: Immer mehr strategische Sondermetalle werden in Zukunft an Europa vorbei gehandelt und stehen unserer Industrie nicht mehr zur Verfügung. Dies löst eine Kettenreaktion aus, denn zahlreiche Technologieunternehmen werden mit ihrer Produktion die Europäische Union verlassen. Durch den rasanten Aufstieg der Sondermetalle haben die Händler aber auch vielfältige Chancen erfahren. Der Markt wurde lebhafter, die Nachfragesituation nahm bei steigenden Preisen stetig zu. Doch auch hier liegt eine Gefahr. Bei einigen strategischen Metallen waren 2010 Preissteigerungen um bis zu 600 Prozent zu beobachten – das birgt kaum kalkulierbare Risiken.

Strategische Sondermetalle können nicht an der LME gegen Kursrisiken abgesichert werden. Für viele dieser „Exoten“ gibt es nicht einmal einen veröffentlichten Kurs. Versorgungsengpässe können nicht immer rechtzeitig erkannt werden. Der Markt für einzelne Elemente wie Hafnium oder Rhenium besteht nur aus einigen wenigen Teilnehmern, sodass bei einem Engpass keine Mengen zur Kompensation von Lieferausfällen vorhanden sind. Die Europäische Union erwartet, dass sich die Versorgungslage vieler strategischer Sondermetalle in den kommenden Jahrzehnten spürbar verschärft. Namentlich genannt werden beispielsweise Hafnium, Gallium, Indium, Germanium, Tellur und Arsen. Länder wie die Vereinigten Staaten und China haben angefangen, strategische Reserven zu bilden. Die DLA – ein amerikanisches strategisches Lager – hat nach 20 Jahren Lagerabbau wieder angefangen, Materialien zu erwerben.

Wir müssen im Bereich der Rohstoffsicherung neue Wege beschreiten. Als China den Export Seltener Erden drastisch beschränkte, ging ein Aufschrei durch die Medien. Tatsache ist aber, dass die 17 Seltenen Erden und mehrere Dutzend weiterer begehrter Metalle in vielen Ländern der Welt vorkommen. Rund 70 Prozent der global entdeckten Vorkommen liegen außerhalb Chinas. Sie sind also geologisch nicht so rar, wie es die Bezeichnung nahelegt. Sie werden aber – vor allem aus Kostengründen – außerhalb Chinas kaum abgebaut. Das muss sich ändern.

Die Märkte für strategische Sondermetalle, Ferrolegierungen und Seltene Erden sind im Umbruch. Der Metallhandel hat die Möglichkeit, diese aufregende und verantwortungsvolle Periode mitzugestalten und aktiv Einfluss zu nehmen. Wir sollten diese Chance nutzen.

Gunther Maassen

MICHAEL VAUPEL

für J.

„Nice watch, Mister!“ Eine Breitling oder Rolex für weniger als 50 Euro? Klarer Fall im Urlaubsland, in diesem Fall wahrscheinlich südlicher gelegen: ein Plagiat. Wer hier bei freundlichen „Strandgängern“ kauft, sollte wissen, dass er kein Original erwirbt. Die Qualität ist meist entsprechend, statt Edelstahl gibt es günstige Nickel-Legierungen. Das Preis-Leistungs-Verhältnis ist aber nicht zwangsläufig schlecht.

Richtig gefährlich kann es beim Thema „Plagiat“ bei anderen Gütern als Armbanduhren werden. So warnt der Motorsägen-Hersteller Stihl aus Waiblingen eindringlich vor Fälschungen seiner Produkte: geringe Lebensdauer, hohes Ausfallrisiko, mangelnde Sicherheit. Gerade letzterer Punkt ist bei einem Produkt wie einer Motorsäge zentral. Stihl warnt nachdrücklich vor entsprechenden Plagiaten, welche preislich oft nur wenig unter den Preisen der Originale angeboten würden – um den Eindruck zu erwecken, „es handle sich um originale Stihl-Produkte“. Es geht hier insgesamt um keine geringen Summen. Dr. Rüdiger Stihl, Beiratsmitglied der Stihl Holding, zu diesem Thema: „Das grenzüberschreitende Welthandelsvolumen an gefälschten Waren liegt bei 250 Milliarden Dollar.“

Eine mögliche Lösung im Kampf gegen die Plagiate ist das geheime Markieren der Produkte mit einem ungiftigen Leuchtmittel. Ein solches lässt sich zum Beispiel im Lack „verstecken“ und kann mit einem speziellen Lesegerät gesichtet werden. Hunderte Millionen unterschiedlicher Leuchtmittel könnten laut Aussage von Experten entwickelt werden – mindestens. Originalprodukte könnten so eindeutig erkennbar gemacht werden. Da die Kosten pro Produktmarkierung im Cent-Bereich liegen, sind neben Motorsägen auch Medikamente eine Zielgruppe. So können Zoll oder Apotheke schnell prüfen, ob ein Produkt ein Original ist – oder eben eine Fälschung.

Was dies mit strategischen Metallen zu tun hat? Sehr viel. Denn die Millionen unterschiedlicher Leuchtstoffe werden aus Seltenerdmetallen hergestellt. Diese sind der notwendige Input. Es handelt sich dabei um Metalle (beziehungsweise deren Oxide) mit Namen wie Scandium, Thulium und Lutetium

oder auch Europium. So unbekannt diese Seltenerdmetalle der breiten Öffentlichkeit sind, so groß sind ihre Anwendungsmöglichkeiten. Dies gilt in ähnlichem Maß für die strategischen Metalle. Während die großen Industriemetalle wie Kupfer und Aluminium inzwischen breiten Anlegerschichten bekannt sind und von der Finanzpresse abgedeckt werden, gilt dies für die strategischen Metalle keineswegs. Welcher Kleinanleger kennt schon Tellur? Dabei wird dieses Metall in der Wachstumsbranche Fotovoltaik verwendet. Ebenso wie Gallium. Diese Metalle werden gelegentlich als „Gewürzmetalle“ bezeichnet: Von ihnen sind nur geringe Mengen notwendig, aber ohne diese geht es eben oft nicht. Klein, aber fein. Oft liegen die jährlichen Fördermengen bei nur einigen Hundert Tonnen pro Jahr – weltweit – oder sogar noch weniger. Zum Vergleich: Bei Kupfer liegt die weltweite jährliche Förderung bei 15,8 Millionen Tonnen.

Die Kombination aus relativ geringen Fördermengen und einer steigenden Nachfrage macht diese Metalle auch für Investoren interessant. Ich schreibe bewusst „Investoren“ und nicht „Trader“. Hier geht es nämlich um realwirtschaftliche Entwicklungen. Es geht um Trends, die sich abzeichnen und wahrscheinlich auf Jahre hinaus ablaufen werden. Es geht darum, realwirtschaftliche Entwicklungen zu erkennen, welche mithilfe des technologischen Fortschritts hoffentlich unsere Gesellschaft vorwärts bringen werden. Neue Anwendungen in den Bereichen der Umwelt- und Medizintechnologie sind mir persönlich höchst willkommen. Wenn ich davon gleichzeitig wirtschaftlich profitieren kann, indem ich auf die verstärkt benötigten strategischen Metalle setze – umso besser. „Win-win-Situation“ nennt sich das wohl auf Neudeutsch. Und noch etwas: Falls Sie mich bereits durch meinen Newsletter „Trader’s Daily“ kennen (www.investor-verlag.de/newsletter_archiv/td/), wissen Sie, dass ich nicht dazu neige, „heiße Tipps“ zu geben. Stattdessen möchte ich Ihnen lieber das notwendige Rüstzeug vermitteln, welches Sie für erfolgreiches Investieren mit Metallen benötigen. In diesem Zusammenhang gefällt mir dieses chinesische Sprichwort: „Gib jemandem einen Fisch, und du ernährst ihn einen Tag. Lehre ihn fischen, und er braucht ein Leben lang nicht zu hungern.“ Ich möchte Ihnen keinen Fisch geben, sondern Ihnen beibringen, wie man Fische fängt!

Michael Vaupel

HINWEISE

Wir möchten Ihnen vor der Lektüre des Buches drei Hinweise geben.

Erstens: Was die Daten zu Produktion und Verbrauch der einzelnen Elemente angeht, veröffentlichen einige Staaten aus strategischen Gründen nur unvollständige oder gar keine Zahlen. Es war deshalb nicht immer einfach, ein realistisches Gesamtbild zu erhalten. Wir haben die Daten ausgewählt, die uns am glaubwürdigsten erscheinen. Wir weisen aber ausdrücklich darauf hin, dass die Zahlen zur absoluten Höhe von Produktion und Nachfrage aus diesen Gründen mit Vorsicht zu genießen sind.

Zweitens: Ebenfalls mit Vorsicht zu genießen sind die von uns erstellten Preisgrafiken zu den einzelnen Metallen. Wir haben uns für längerfristige Preischarts entschlossen, entsprechend haben wir einen Wert pro Monat einfließen lassen. Die Entwicklung wird so deutlich vereinfacht dargestellt, und nicht immer ist der eine Preis pro Monat auch repräsentativ für den Handel, der in diesem Monat stattgefunden hat. Dennoch dürften die Preischarts im Ergebnis einen guten Überblick über die Preisentwicklung der letzten Jahre geben.

Drittens: Wir bedanken uns herzlich bei der Rohstoff-Expertin Daniela Knauer, die schon seit Längerem über strategische Metalle berichtet und die Beiträge zu Lithium, Niob, Tantal und Wolfram für dieses Buch verfasst hat. Vielleicht kennen Sie die Autorin bereits aus dem Newsletter „Nebenwerte Daily“ (www.investor-verlag.de/newsletter_archiv/nid/), in dem sie regelmäßig das Neueste aus der Welt der Rohstoff-Aktien kommentiert oder zu aktuellen Entwicklungen der Rohstoffmärkte Stellung nimmt.

KAPITEL EINS

Zukunftstechnologien

DIE LEUCHTDIODE (LED)

Die Leuchtdiode, von den Angelsachsen „Light Emitting Diode“ genannt und daher mit „LED“ abgekürzt, kennt wohl jeder. Wir kennen sie als Halbleiter-Bauelement, welches Licht ausstrahlen kann – und zwar anders als herkömmliche Glühlampen ohne Wärmestrahlung. Die LED bietet gegenüber der Glühlampe so viele Vorteile, dass es unserer Einschätzung nach nur eine Frage der Zeit sein wird, bis sie die Glühlampe verdrängt haben wird.

Die LED ...

- benötigt weniger Energie (bei gleicher oder höherer Lichtmenge) als herkömmliche Glühlampen.
- hat erheblich kürzere Schaltzeiten (das Licht ist schlagartig an oder aus).
- verursacht eine geringe Wärmeausstrahlung.
- ist erheblich besser dimmbar, es gibt dabei keine Farbänderung.
- hat eine höhere Lebensdauer.



Quelle: Fotolia

ABB. 1.1 LED

Unsere Prognose: Innerhalb der nächsten drei Jahre werden wir einen gewaltigen Siegeszug der LED sehen. Lag der Anteil der LEDs am gesamten Lichtmarkt im Jahr 2010 noch bei 3,2 Prozent, so dürften es per Ende 2011 schon rund zehn Prozent Marktanteil sein. Bis Ende 2013 prognostizieren wir eine Verdoppelung des Marktanteils auf circa 20 Prozent. Wir sprechen hier mithin von Zuwachsraten im Bereich von 50 Prozent im Jahr. Auch auf dem Feld der Fernsehgeräte werden die LEDs unserer Ansicht nach einen Siegeszug schaffen. Vom Röhrenfernseher sprechen wir schon gar nicht mehr. Es geht um die flachen LCD-Bildschirme. Von denen nutzten Ende 2010 rund 20 Prozent die LED-Technologie für die Beleuchtung.¹ Deren Anteil explodiert gerade – Ende 2011 dürften es bereits rund 50 Prozent Marktanteil sein. Da die großen Anbieter wie Samsung, LG und Sony bei ihren Fernsehern auf die Vorteile der LED-Technologie setzen möchten (die übrigens auch den Stromverbrauch senkt), dürften die LED-LCD-Fernseher ab 2012 die „normalen“ LCD-Fernseher weit abgehängt haben.

Übrigens geht diese massive Erhöhung des Outputs an LEDs mit einem spürbaren Preisverfall einher. Durch die zunehmende Massenproduktion sinken die Kosten pro Einheit. Mit größerer Stückzahl greifen eben auch hier die „Economies of Scale“, sprich die sinkenden Produktionskosten je Einheit bei gewaltiger Zunahme der Stückzahlen. In China sind bedeutende Produktionskapazitäten entstanden. Dies hat dazu geführt, dass die Preise von LEDs im Jahr 2011 um 11 bis 20 Prozent gefallen sind.² Konkurrenz belebt hier das Geschäft – und lässt die Preise sinken. Gut für die Verbraucher, nicht unbedingt gut für die Hersteller der LEDs.

Unsere Aufgabe ist der Blick auf die Metalle. Und bei der Produktion von LEDs ist ein strategisches Metall unbedingt notwendig: Gallium. Dieses wird in Form von Galliumverbindungen (hauptsächlich Galliumarsenid und Galliumnitrid) für die Herstellung von Leuchtdioden und Laserdioden verwendet.³ Auch Indium ist ein notwendiger Input. Die folgende Tabelle zeigt, welche Werkstoffe für welche LED-Farbe benötigt werden. Keine Sorge, die aufgelisteten Verbindungen müssen Sie nicht kennen. Es geht uns nur darum, Ihnen zu zeigen, in wie vielen der Verbindungen die Worte „Gallium“ und „Indium“ vorkommen. Denn das bedeutet, dass diese Elemente für die Produktion zum derzeitigen Stand der Technik einfach notwendig sind:

FARBE DER LED	WERKSTOFF
Infrarot	Galliumarsenid (GaAs) Aluminiumgalliumarsenid (AlGaAs)
Rot	Galliumarsenidphosphid (GaAsP) Aluminiumgalliumindiumphosphid (AlGaInP) Galliumphosphid (GaP) Galliumarsenidphosphid (GaAsP)
Orange	Aluminiumgalliumindiumphosphid (AlGaInP) Galliumphosphid (GaP) Galliumarsenidphosphid (GaAsP)
Gelb	Aluminiumgalliumindiumphosphid (AlGaInP) Galliumphosphid (GaP) Indiumgalliumnitrid (InGaN)/Galliumnitrid (GaN) Galliumphosphid (GaP)
Grün	Aluminiumgalliumindiumphosphid (AlGaInP) Aluminiumgalliumphosphid (AlGaP) Zinkoxid (ZnO) in Entwicklung Zinkselenid (ZnSe) Indiumgalliumnitrid (InGaN)
Blau	Siliciumcarbid (SiC) Silicium (Si) als Träger, in Entwicklung Zinkoxid (ZnO), in Entwicklung
Violett	Indiumgalliumnitrid (InGaN) Diamant (C)
Ultraviolett	Aluminiumnitrid (AlN) Aluminiumgalliumnitrid (AlGaN) Aluminiumgalliumindiumnitrid (AlGaInN)

Quelle: Wikipedia

Die von uns prognostizierte Explosion der Herstellung von LEDs dürfte deshalb zu einer ebenfalls explodierenden Nachfrage nach Gallium führen. Das Fraunhofer-Institut hat berechnet, dass der Galliumbedarf für die Herstellung von weißen LEDs von neun Tonnen auf 143 Tonnen im Jahr 2030 steigen wird.⁴ Zum Vergleich: Die Galliumförderung des Jahres 2011 liegt bei schätzungsweise um die 200 Tonnen. Diese explodierende Gallium-Nachfrage für LEDs trifft auf ein sehr begrenztes Angebot. Mit anderen Worten: Im Jahr 2030 könnte allein die LED-Produktion rund drei Viertel der heutigen Gallium-Produktion benötigen.

DÜNNSCHICHT-FOTOVOLTAIK

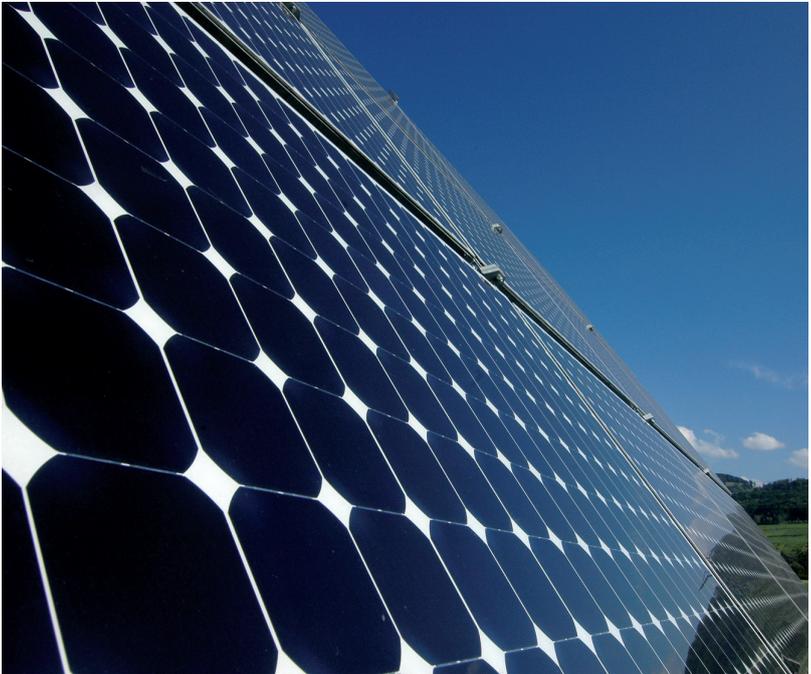
Die Fotovoltaik (PV, wegen der alten Schreibweise „Photovoltaik“) ist zu einem Wachstumsmarkt geworden – und innerhalb dieses Marktes wird der Dünnschichttechnologie großes Potenzial zugeschrieben. Hier eine Definition dieser neuen Technologie:

Unter Dünnschichttechnologie wird das Auftragen von festen Stoffen im Mikrometer- beziehungsweise Nanometerbereich bis hin zu monomolekularen Schichten verstanden, die ein physikalisches Verhalten (Festigkeit, optische Eigenschaften, elektrische Leitfähigkeit und so weiter) aufweisen, das von dem massiver Körper aus demselben Material abweicht. Die Dünnschichttechnologie umfasst nicht nur das Auftragsverfahren selber, sondern auch die anschließende Bearbeitung beziehungsweise Strukturierung der aufgetragenen Schichten.

– Fraunhofer-Institut

Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten für die Produktion von Dünnschicht-Solarzellen. Nach dem eingesetzten Rohstoff wird unterschieden zwischen:

- Galliumarsenid-Zellen (GaAs) aus einer Gallium-Legierung
- Cadmiumtellurid-Zellen (CdTe) aus einer kristallinen Verbindung aus Cadmium und Tellur
- Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (CIGS)
- Zellen aus kristallinem Silicium



Quelle: Fotolia

ABB. 1.2 DÜNNSCHICHT-SOLARZELLEN

Um den zukünftigen Rohstoff-Bedarf dieser Zukunftstechnologie einzuschätzen, sind mehrere Schritte notwendig. Der Bedarf an den entsprechenden Rohstoffen hängt zunächst vom Wachstum des Gesamtmarktes Fotovoltaik ab, und dann von dem Anteil, welchen die Dünnschichttechnologie daran haben wird. Zuletzt kommt es noch darauf an, welche Form der Dünnschicht-Solarzellen wie oft verwendet werden wird.

Wir haben es hier mit einem erstklassigen Wachstumsmarkt zu tun: Für den Zeitraum 2010 bis 2020 wird ein Zuwachs von 19 Prozent pro Jahr prognostiziert.⁵ Die Wachstumsraten gehen nach Erreichen eines höheren Niveaus verständlicherweise zurück, und zwar auf 14 Prozent (bis 2030) beziehungsweise sechs Prozent (bis 2040). Die Dünnschicht-Solarzellen dürften in den kommenden Jahren deutliche Marktanteile gewinnen. Im Jahr 2050 wird der Prognose zufolge rund die Hälfte der weltweit installierten Fotovoltaik-Leistung auf der Dünnschicht-Technologie beruhen. Die chinesische Regierung

hat bekannt gegeben, dass das Land bis zum Jahr 2022 circa 30 Prozent seiner Energie aus erneuerbaren Ressourcen beziehen möchte. Unter der Annahme, dass dieses Szenario eintritt, würde sich der Rohstoffbedarf für die Zukunftstechnologie Dünnschicht-Fotovoltaik so entwickeln:⁶

1. Der Bedarf an Indium steigt von 10 Tonnen pro Jahr, welche 2010 für diese Technologie verwendet wurden, auf 50 Tonnen im Jahr 2020 und 285 Tonnen im Jahr 2030. Im Jahr 2040 könnten es jährlich 430 Tonnen sein. Zuwachs des Bedarfs von 2040 gegenüber dem Stand des Jahres 2010: 4.200 Prozent.
2. Bei Gallium steigt der Bedarf von 9 Tonnen im Jahr 2010 über 44 Tonnen im Jahr 2020 und 251 Tonnen 2030 auf 378 Tonnen im Jahr 2040. Zuwachs des Bedarfs von 2040 gegenüber dem Stand des Jahres 2010: 4.100 Prozent.
3. Cadmium (für Cadmiumtellurid-Zellen): Bedarf des Jahres 2010 gerade einmal 5 Tonnen. Die Nachfrage explodiert auf 57 Tonnen (2020), 336 Tonnen (2030) und 511 Tonnen (2040). Zuwachs des Bedarfs von 2040 gegenüber dem Stand des Jahres 2010: 10.120 Prozent.
4. Tellur (ebenfalls für Cadmiumtellurid-Zellen): Für ein Gigawatt (GW) Nennleistung werden zwischen 50 und 100 Tonnen Tellur benötigt. Nach Schätzungen könnten im Jahr 2015 circa 5 GW installiert werden.⁷ Dies würde für das Jahr 2015 einen Bedarf von 250-500 Tonnen Tellur bedeuten. Allein das Unternehmen First Solar will im Jahr 2012 Cadmiumtellurid Panels für 2,7 GW produzieren. Zum Vergleich: Im Jahr 2008 wurden insgesamt 0,42 GW installiert. Dies entspricht mehr als einer Verzehnfachung (von 0,42 GW auf prognostizierte 5 GW) innerhalb von acht Jahren.

Die Zahlen sind eindeutig: Bei allen vier genannten Rohstoffen wird durch die Zukunftstechnologie Dünnschicht-Fotovoltaik die Nachfrage regelrecht explodieren. Wir sprechen hier von Zuwächsen bis zum Jahr 2040 um den

Faktor 40 bis 100. Es handelt sich hier keineswegs um eine Nischenanwendung, welche von der derzeitigen Produktion dieser Rohstoffe leicht aufgefangen werden kann. Im Gegenteil: Bei Gallium entspricht die für das Jahr 2040 prognostizierte Nachfrage von 378 Tonnen ungefähr dem 3,8-Fachen der jährlichen Gallium-Produktion der Welt. Auch bei den Rohstoffen Indium und Tellur liegt die für 2040 prognostizierte Nachfrage weit über den derzeitigen jährlichen Produktionsmengen. Lediglich bei Cadmium kann die prognostizierte Explosion der Nachfrage durch die Dünnschicht-Fotovoltaik bereits durch die derzeitige Produktion abgedeckt werden. Wir werden bei der Beschreibung dieser Rohstoffe darauf zurückkommen.

LITHIUM-IONEN-AKKUS

Elektromobilität gefällt den Verfassern des vorliegenden Buches. So informierte sich der Autor Michael Vaupel im Sommer 2011 über das Elektroauto Peugeot iON. Die Betriebskosten von circa 1,50 Euro pro 100 km und das Aufladen des Batteriesystems via Fotovoltaik auf dem Carport fand er bestechend. Er sah so eine Möglichkeit, gleichzeitig etwas für die Nachhaltigkeit zu tun und selber smart zu erscheinen. Neben dem für einen Kleinstwagen hohen Kaufpreis (im Bereich von 35.000 Euro Mitte 2011) schreckte ihn dann aber diese Tatsache ab: maximale Reichweite bei voll geladenen Batterien 150 Kilometer. Bei Nutzung von Radio, Klimaanlage, Scheibenwischern und bei Gegenwind kann sich die Reichweite auf bis zu 70 Kilometer reduzieren. Das war ihm dann doch zu wenig – zudem galt es zu bedenken, dass für eine Aufladung des Batteriesystems bis zu sechs Stunden notwendig sind.

Damit sind wir beim Thema. Die Reichweite von Elektroautos hängt naturgemäß von der Kapazität des Hochleistungs-Akkumulators ab. Im Fall des Peugeot iON handelt es sich um einen Lithium-Ionen-Akku, der über eine gewöhnliche Steckdose aufgeladen werden kann. Unserer Einschätzung nach hat der Lithium-Ionen-Akku die besten Aussichten, zum meistgenutzten Batteriesystem in Elektroautos zu werden. Deren Leistungsfähigkeit ist noch nicht ausgereizt, wir erwarten für die nächsten Jahre deutliche Verbesserungen bei der Speicherkapazität und damit auch bei der Reichweite von Elektroautos. Unabhängig von der Thematik „Elektroauto“ hat sich der