

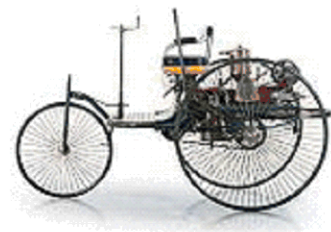
Zum Ressourcenproblem und zur Kostenentwicklung in der Photovoltaik

(A. Schlemm, 16. Dezember 2008)

In dem sehr wichtigen Buch „Die Grenzen des Kapitalismus. Wie wir am Wachstum scheitern“¹ wird berechtigt argumentiert, dass weder die vor 10 Jahren zögerlich eingeleitete „Effizienzrevolution“ noch der Umstieg auf Erneuerbare Energien unsere Wirtschafts- und Lebensweise vor dem ökologischen Kollaps retten werden. Bei der Diskussion der Photovoltaik werden jedoch Argumente verwendet, die fachlich für die neuesten Trends der PV nicht ganz haltbar sind. Es scheint einfach zu sein, Hinweise darauf zu finden, dass die Photovoltaik noch sehr lange nicht konkurrenzfähig sein wird gegen die traditionellen Stromerzeugungsarten und dass auch sie steigende Materialkosten nicht auffangen kann. Schaut man sich das Datum der entsprechenden Quellen an, wird einiges deutlich:

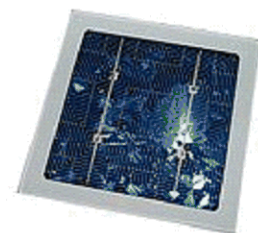
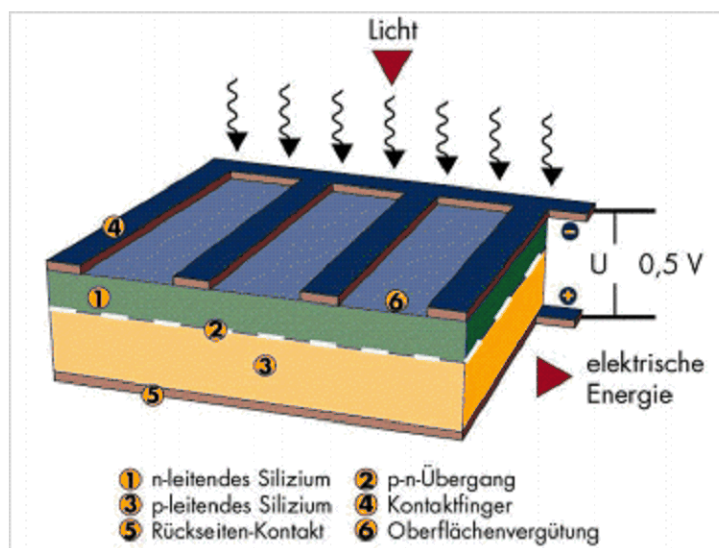
Die Zahlen und Voraussagen stammen aus einem Zeitalter der Photovoltaik, das zwar nur ca. 5 Jahre in der Vergangenheit liegt, aber ungefähr einem Entwicklungsstand der PV entspricht, wie er z.B. mit den allerersten Motorwagen wie im Bild nebenan gegeben war².

Alle Aussagen, die aus gängiger Literatur aus den 90er Jahren bis kurz nach 2000 zu entnehmen sind, sprechen über diese eigentlich schon veralteten Technologien.



1. Zur Dynamik der Entwicklung der PV

Die derzeit produzierten industriellen Solarzellen in der aufstrebenden weltweiten Solarzellenindustrie verwirklichen erst die einfacheren grundlegenden technischen Wirkmerkmale, wie sie seit den 60er Jahren in Patenten aufgeschrieben wurden: pn-Übergang in Silizium durch Phosphordotierung, Antireflexionsschicht, Kontakte auf der Vorderseite, ganzflächige Aluminium-Kontaktierung auf der Rückseite.



Traditionelle
Solarzelle⁴

Traditionelle Solarzellentechnik³

¹ Exner, Andreas; Lauk, Christian; Kulterer, Konstantin (2008): Die Grenzen des Kapitalismus. Wie wir am Wachstum scheitern. Wien: Ueberreuter.

² http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bild:Patent-Motorwagen_Nr.1_Benz_2.jpg&filetimestamp=20080220093758.

³ http://www.bine.info/magazin_folgeseite.php/magazin_thema=28/seite=265.

Seit ca. 2000 begann die Umsetzung von sog. „Neuen Zellkonzepten“ und eine Diversifizierung der industriellen PV-Produktion in die Richtungen⁵:

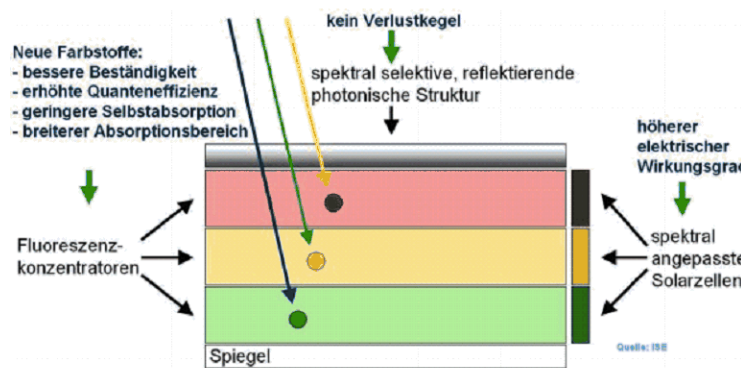
- Si-Wafer (unter 200 μm , monokristallin, polykristallin)
- Si-Dünnschicht (a-Si:H, $\mu\text{c-Si:H}$)
- andere Dünnschichtzellen (Galliumarsenid (GaAs), Cadmium-Tellurid (CdTe); Kupfer-Indium-(Gallium)-Schwefel-Selen-Verbindungen (CIS, CIGS, S: für Schwefel oder Selen))
- Mehrfachzellen, Farbstoffzellen und Konzentratorstechniken.

Das geht dann schon mehr in die Richtung, in der man von einer reiferen PV-Technik sprechen kann, etwa vergleichbar mit dem nebenstehenden Auto⁶. (Wir wissen, dass das noch nicht der Endzustand des technisch Möglichen ist)



Derzeit drückt vor allem der noch ungenügende Stand der Automatisierung auf die Kosten.⁷

Insgesamt läuft gerade eine Umstrukturierung der Produktionstechnologie ab, wobei fast alle Schritte quasi „neu erfunden“ werden.



Ein anderes Beispiele⁹

Beispiel für ein neues Solarzellenkonzept⁸

Es geht dabei (bei den Si-Wafern) z.B. um:

- neue Techniken der Si-Herstellung (z.B. String-Ribbon-Technik spart 50 % des Si)
- Texturierung (Nasschemie, Plasma, Laser...)
- dünnere Zellen, z.T. minderwertiges Si als Basis
- neue Vorderseitenkontakte bzw. Verlagerung der Vorderseitenkontakte auf die Rückseite¹⁰,
- völlig neue Technologie der Rückseite

Bei all diesen Neuentwicklungen wird von vornherein neben der Funktionsweise und dem Wirkungsgrad auf die Kostensenkung und Materialeinsparung geachtet. Dies gelingt auf Grundlage der Optimierung bereits eingesetzter Technologien und der gezielten Kombination oder auch

⁴ <http://de.wikipedia.org/wiki/PV-Anlage>.

⁵ siehe z.B. http://www.uni-saarland.de/fak7/fze/AKE_Archiv/DPG2005-AKE_Berlin/Buch/DPG2005_AKE4.3Glunz_Stand%20und%20Perspektiven%20der%20Photovoltaik_final.pdf.

⁶ <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bild:Mercedes-simplex-508.jpg&filetimestamp=20050717155830>.

⁷ http://www.energieportal24.de/artikel_151.htm.

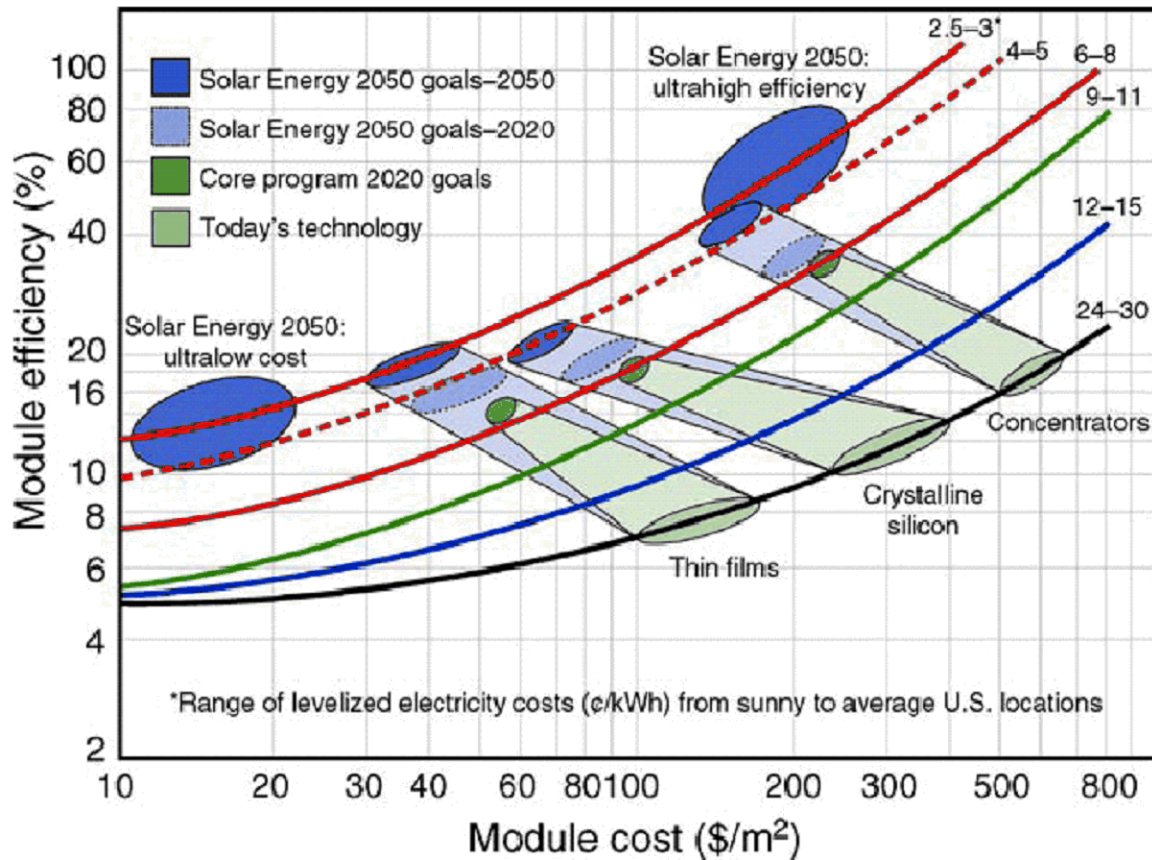
⁸ http://www.bine.info/news_archiv.php/bine_news/584/link=clicked/

⁹ <http://www.solarserver.de/solarmagazin/news2003m12.html>.

¹⁰ siehe z.B.: <http://www.photovoltaik-tipps.de/stromgewinnung-durch-neuartige-solarzelle-immer-wirtschaftlicher-1242>.

dem Ersatz von Technologien (z.B. der sehr materialverbrauchsintensiven Nasschemie durch trockene Plasmaätzprozesse).

So ziemlich alle Technologieanbieter sind gerade dabei, bei steigender Zelleffizienz die Kosten zu senken. Die Roadmap für die PV-Technik hat hier noch ein weites Feld vor sich.¹¹



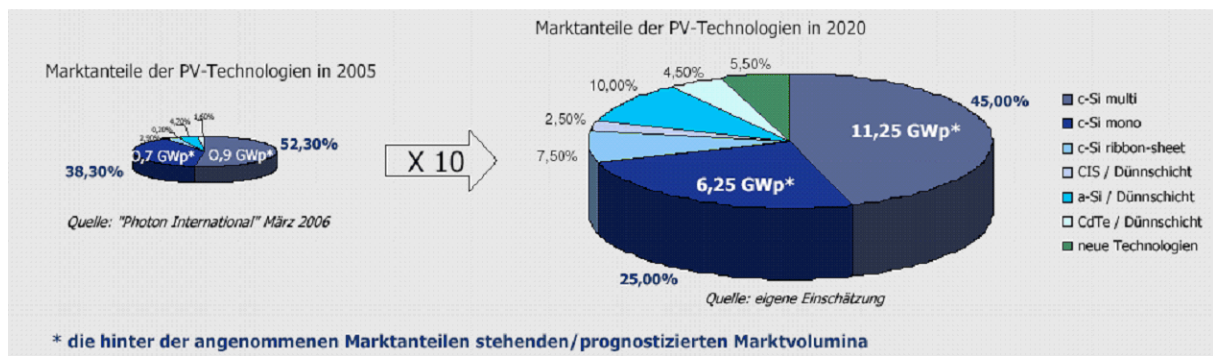
2. Materialverfügbarkeit

Bisher sind viele Materialien für die Solarzellenproduktion Nebenprodukte aus der Mikroelektronikproduktion. Derzeit laufen Umstellungsprozesse, um die Erkundung und Erschließung neuer Quellen, auch des Produktions- und Lebensenderecyclings von Solarzellen zu verwirklichen. Gerade im Recyclingbereich wird die Arbeit derzeit intensiviert, was aber noch nicht im breiten Maße bekannt ist. Angesichts des Unreifegrads der bisherigen Technologien (siehe das erste Automobil oben) lassen sich nur wenige grundsätzlichen Aussagen zu Erfolgsgrenzen der Photovoltaik generell machen.

Obwohl dünne Schichten aus anderen Materialien (Cadmiumtellurid u.ä.) eine viel größere Rolle als bisher spielen werden, wird erwartet, dass der Großteil der Photovoltaik weiter auf **Silizium** basieren wird.¹²

¹¹ Kazmerski, L.L. (2006): Solar photovoltaics – At the tipping point. Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena 150 (2006) 105–135. p. 125. In Internet: <https://www2.itap.purdue.edu/elist39/docs/solar.pdf>.

¹² http://www.eigenkapitalforum.com/062/Workshops/pdf/Renewable%20Energy-Fuel%20Cells%20-%20Private%20Company%20Forum_Swiss%20Wafers%20AG_Moser.pdf.



Deshalb wird der Siliziumverbrauch steigen, von 37 250 Tonnen pro Jahr im Jahr 2006 auf 102 944 Tonnen im Jahr 2020. Trotzdem wird ein jährlicher Preisverfall in der Zeit von 2008-2012 von ca. 20% pro Jahr erwartet.¹³

Silizium steht als Grundstoff für die Solarzellenproduktion in fast unbegrenzter Menge zur Verfügung. Derzeit (bis ca. 2009) treten Materialengpässe an reinem Silizium auf, die durch unzureichende Produktionskapazitäten hervorgerufen werden.¹⁴

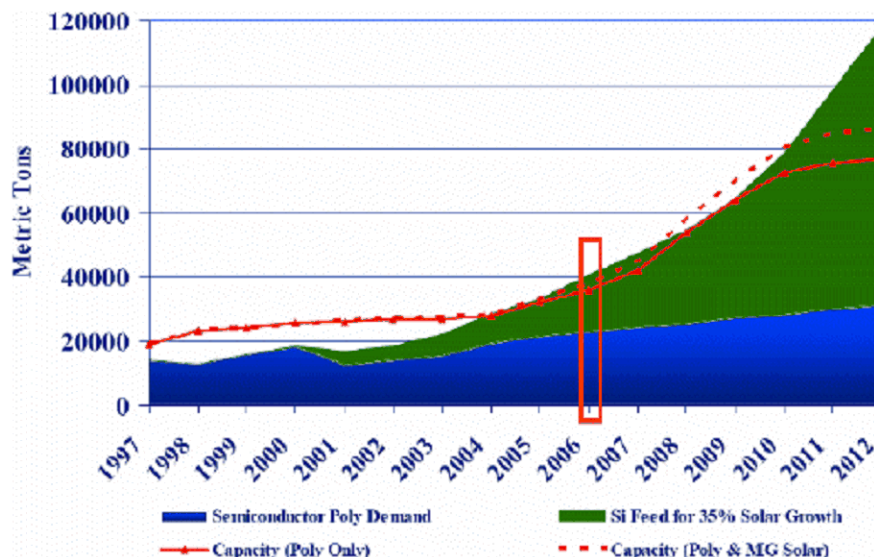


Abbildung 0.1: Historie und Vorhersage des Bedarfs an Silizium der Halbleiter- (blau) und Solarindustrie (grün), sowie für die Produktionskapazitäten von Silizium (rote Linie) [3].

(aus Kränzl 2007: 1)¹⁵

Es gilt aber folgender Trend: „Das weltweite Silizium-Angebot, werde sich 2009 verdoppeln, die Nachfrage jedoch nur um ungefähr 34 % wachsen. Obwohl die Gesamtnachfrage 2009 weiter größer sein werde als das Gesamtangebot werde das stärkere Wachstum des Silizium-Angebots einen Preisverfall auslösen, nachdem noch im Jahr 2008 Spitzenpreise erzielt werden konnten.“¹⁶ Im Moment (November 2008) sinkt der Preis für Silizium gerade spürbar¹⁷.

Derzeit sind die Si-Hersteller gerade dabei, sich auf die wachsende Nachfrage aus dem Solarbereich einzustellen, was nicht nur die Quantität betrifft, sondern auch die Qualität. Einige neue auf

¹³ http://www.eigenkapitalforum.com/062/Workshoppdf/Renewable%20Energy-Fuel%20Cells%20-%20Private%20Company%20Forum_Swiss%20Wafers%20AG_Moser.pdf.

¹⁴ <http://de.wikipedia.org/wiki/Solarzelle>.

¹⁵ Kränzl, Andreas (2007): Industriesolarzellen auf dünnem multikristallinem Silizium: Diffusionsverfahren, neue Materialien und bifaciale Strukturen. Dissertation. Konstanz.

¹⁶ <http://www.top50-solar.de/de/news/archiv/2008/11/18.html>.

¹⁷ <http://photovoltaikblog.wordpress.com/2008/11/29/solarbranche-feilscht-um-vertragspreise-fur-siliziumwafer/>

Silizium basierende Solarzellen arbeiten nur noch mit dünnen Si-Schichten oder können Silizium schlechterer Qualität verwenden.

Damit ist gerade die Silizium-Knappheit ein gutes Beispiel, wie die Photovoltaikindustrie dieses Problem umgehen und sogar als Sprungbrett für eine erhöhte Innovationsdynamik verwenden kann. Eine umfassende Studie stellt fest:

Der anhaltende Boom der Photovoltaik ist aufgrund der Knappheit des Rohstoffs Silizium erstaunlich, die erwartete Abschwächung des Marktwachstums blieb aus. Die Gründe hierfür: Der Materialverbrauch konnte gesenkt und der Wirkungsgrad der Solarzellen gleichzeitig gesteigert werden.¹⁸

Für Silizium werden grundsätzlich keine materialbedingten stofflichen Engpässe voraus gesagt. Anders sieht das für „exotischere“ Stoffe anderer Zellkonzepte aus. Am Kritischsten gilt das **Indium** (in den CIS-Solarzellen). In Wikipedia¹⁹ wird angegeben, dass noch in diesem Jahrzehnt mit einem Versiegen der Reserven gerechnet wird, in der dazugehörigen Diskussionsseite²⁰ und der Indium-Seite²¹ wird jedoch ergänzt, dass durch neue Funde in China und andere neue Beschaffungsmethoden das Angebot an Indium erhöht werden konnte und kann. Die Industrie²²: jedenfalls hat das Problem erkannt und wir sollten nicht zu pessimistisch sein, was deren Anstrengungen und Möglichkeiten betrifft. Es wird eingeschätzt, dass trotz aller Begrenztheit und Konkurrenz mit anderen Anwendungsfeldern bis 2064 3,4 TW Produktionskapazitäten auf CIS-Konzept-Basis hergestellt werden könnten.²³ Das heißt, dass die Fertigung von CIS-Modulen um mehr als den Faktor 100 gegenüber der heutigen Produktion an Si-Modulen gesteigert werden kann (Karg 2000)²⁴.

Auch **Tellur** gilt als verfügungskritisches Element. Aber auch hier gibt es Entwicklungsraum: Bis 2064 können vom vorhandenen Material her 6 TW CdTe hergestellt und installiert sein²⁵ Jedoch spricht eher die Toxizität von Cadmium gegen eine starke Ausweitung dieses Zelltyps, obwohl die Bundesregierung, nach einem Förderstopp in den 80er Jahren, seit Ende der 90er wieder eingestiegen ist.²⁶

Das bei Exner u.a. verwendete Beispiel, dass das Kupferaufkommen begrenzend für den PV-Einsatz sei (S. 68 f.), krankt an mehreren Punkten. Erstens zitieren sie ein Zitat von 1997, für das grundsätzlich die Vermutung der (technischen) Veraltetheit gilt. Zweitens wird unterstellt, die gesamte Stromversorgung würde auf PV beruhen, was nicht einmal die optimistischsten PV-Vertreter wirklich annehmen.²⁷ Drittens beziehen sie sich auf einen Stoff, der nicht sehr spezifisch für die PV-Problematik ist. (Wir könnten auch sagen, das Aluminium für die Modulherstellung wird knapp oder das Eisen für die Ständer).

¹⁸ <http://www.solarenergie.com/content/view/144/66/>.

¹⁹ <http://de.wikipedia.org/wiki/Solarzelle>.

²⁰ http://de.wikipedia.org/wiki/Diskussion:Indium#Knappheit_von_Indium. (abgerufen 29.11.2008)

²¹ <http://de.wikipedia.org/wiki/Indium> (abgerufen 29.11.2008)

²² Gregory Phipps, Claire Mikolajczak, Terry Guckes: INDIUM AND GALLIUM SUPPLY SUSTAINABILITY. September 2007 UPDATE. : http://www.indium.com/_dynamo/download.php?docid=552. (abgerufen 29.11.2008)

²³ Poortmans, Jef; Arkhipov Vladimir (2006): Thin Film Solar Cells. Fabrication, Characterization and Applications. John Wiley & Sons, Ltd. S. 457.

²⁴ Dr. F. H. Karg * Entwicklung und Fertigung von CIS-Solarmodulen bei Siemens Solar. http://www.fv-sonnenenergie.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2000-1/th2000-1_02_12.pdf. (abgerufen 29.11.2008)

²⁵ Poortmans, Jef; Arkhipov Vladimir (2006): Thin Film Solar Cells. Fabrication, Characterization and Applications. John Wiley & Sons, Ltd. S. 457.

²⁶ BMU: Förderkonzept "Photovoltaik Forschung 2004-2008". <http://www.fz-juelich.de/ptj/datapool/page/830/FoerderkonzeptPV-endfassg.pdf> (abgerufen 29.11.2008)

²⁷ Tatsächlich wird ein Anteil von 4% bis 30% PV-Strom am Gesamtstromaufkommen angenommen (bei angenommenem weltweiten Primär- bzw. Elektrenergieverbrauch von 2×10^{14} bis 4×10^{13} kWh/a) (Prognose des Wissenschaftlichen Beirats Globale Umweltveränderung der Bundesregierung)

3. Kosten

Der wichtigste Treiber für die o.g. Dynamik ist der kommerzielle Druck, gegen andere Energieerzeugungsmethoden konkurrenzfähig zu werden, d.h. die Kosten zu reduzieren.

Eine starke Triebkraft zur Kostensenkung zusätzlich der Konkurrenzdruck, der für die aufstrebende PV-Industrie überhaupt erst vor kurzem zu wirken begonnen hat und vor allem gibt es in dieser noch unreifen Technologiebranche noch enorme Kostensparpotentiale. Der Geschäftsführer von Q-Cells (Solarzellenhersteller in Sachsen-Anhalt, dem „Solar Valley“) erläutert es genauer:

„Kosten sind die wichtigste Herausforderung für die heutige Solarindustrie. Als Industrie wissen wir schon heute wie wir weitere 40 - 50% an Kostensenkungen realisieren können“, so Milner. 50 % des Kostensenkungspotenzials werden laut Q-Cells aus der weiteren Technologieentwicklung resultieren, 25 % aus dem Gesetz der Massenproduktion und die letzten 25 % ergeben sich aus herkömmlichen Produktivitätsfortschritten.²⁸

Vor allem auf Grund der genannten Triebkräfte, die für die PV des vorigen Jahrhunderts noch nicht galten, ist die Aussage bei Exner u.a. :“Die prognostizierten Potenziale zur Kostensenkung sind fraglich“ (S. 70) unbegründet bzw. veraltet.

Das im Buch von Exner u.a. angeführte Zitat „Wir drehen schon jetzt massiv an der Kostenschraube, der Großteil der Einsparungen wird aber durch die hohen Rohstoffpreise aufgeessen.“ (Carsten König, Geschäftsführer des Bundesverbands der Solarwirtschaft) (S.92) steht inhaltlich völlig außerhalb der Tatsachen und der normalerweise verkündeten Tendenzen (es wird auch nur als taz-Zitat angegeben). Wahrscheinlich bezieht es sich lediglich auf den kurzen Zeitraum der Si-Verteuerung und entschuldigt die damals gestiegenen Modulpreise. Oder er betont diese Materialkosten rein taktisch, um eine weitere Reduzierung der Solarförderung entgegen zu wirken.²⁹

Schauen wir uns weitere Zahlen an: In den USA betragen die Kosten 1974 30 USD/W. Dieser Wert konnte in dreißig Jahren bis 2004 auf ein Zehntel (3 USD/W) reduziert werden und sank bis 2008 auf 1,12 USD/W.³⁰

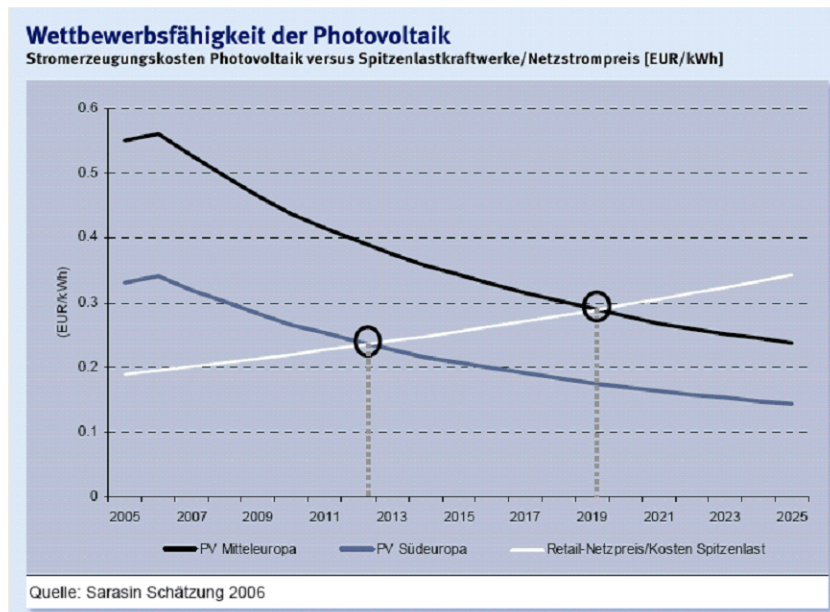
Daraus ergeben sich recht optimistische Aussichten für die Netz-Parität³¹:

²⁸ "Kosten sind die wichtigste Herausforderung für die heutige Solarindustrie. Als Industrie wissen wir schon heute wie wir weitere 40 - 50% an Kostensenkungen realisieren können", so Milner. 50 % des Kostensenkungspotenzials werden laut Q-Cells aus der weiteren Technologieentwicklung resultieren, 25 % aus dem Gesetz der Massenproduktion und die letzten 25 % ergeben sich aus herkömmlichen Produktivitätsfortschritten.

²⁹ siehe http://www.deutsche-handwerks-zeitung.de/news/news_2232485.html. Diese Strategie, den Materialkostenanstieg gegen die Fördersenkung ins Spiel zu bringen, wird ausdrücklich nicht von vielen Solarherstellern geteilt.

³⁰ <http://www.solarserver.de/news/news-8904.html>

³¹ Netzparität (Grid Parity): der Zeitpunkt, an dem der Strom aus einer Photovoltaikanlage zum gleichen Preis wie der "normale" Strom für Endverbraucher angeboten werden kann. Abbildung aus: <http://www.wallstreet-online.de/diskussion/1101319-1-500/espa-a-y-el-sol-termische-solar-kraftwerke-pv-projekte-techniken-infos-ag-s>.



Dies entspricht ungefähr den von Exner u.a. genannten Zahlen: Hier wird die Netzparität für Spitzenstrom um 2020 erwartet, für Grundlaststrom ab 2035 (S. 68). Dabei wird die unterschiedliche geographische Lage (in südlicheren Ländern ist die Parität eher gegeben) nur für die ungünstigeren Länder (wie Deutschland) angegeben, was für die Industrie als globaler Wirtschaftszweig nicht so zutrifft. Außerdem kommt es tatsächlich derzeit vor allem tatsächlich auf den Spitzenstrom an, der durch PV wesentlich entlastet werden soll.³²

Die neuesten Einschätzungen sagen:

Die Wettbewerbsfähigkeit von Solarstrom (grid parity) wird laut EPIA³³ von 2010 an schrittweise in verschiedenen europäischen Märkten erreicht werden. Die Länder mit der höchsten Sonneneinstrahlung und hohen Energiepreisen wie beispielsweise Italien und Spanien haben das Potenzial, die grid parity bereits 2010 beziehungsweise 2012 zu erreichen. In Deutschland erwartet EPIA die Wettbewerbsfähigkeit um das Jahr 2015, in den restlichen EU-Staaten bis 2020.³⁴

Den Effekt der Massenproduktion für die Kosten zeigt die folgende Abbildung:³⁵

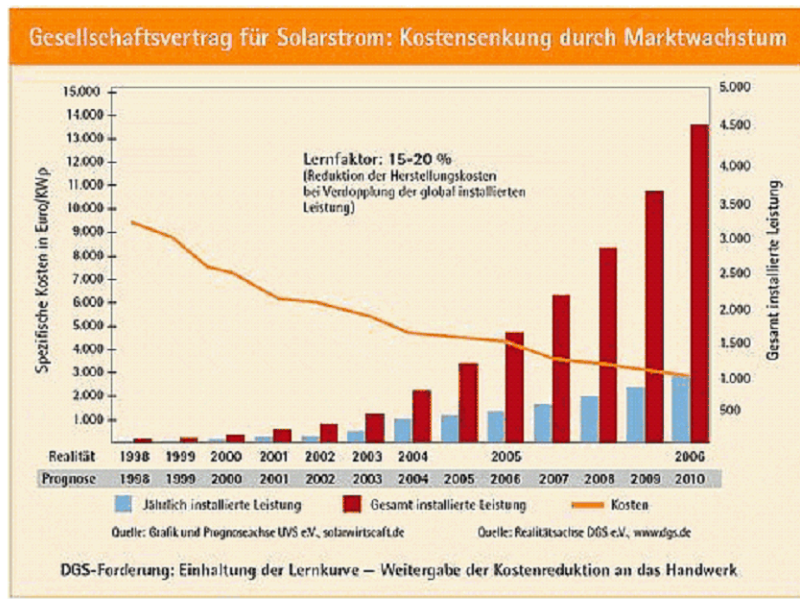
³²

http://www.arsenal.ac.at/downloads/pvtagung/2008/VT/Bruendlinger_Technologische%20Entwicklungen%20im%20Bereich%20der%20Photovoltaik%20-%20-%20-%20Statusbericht.pdf

³³ European Photovoltaic Industry Association. siehe <http://www.epia.org/>.

³⁴ <http://www.solarserver.de/news/news-9389.html>.

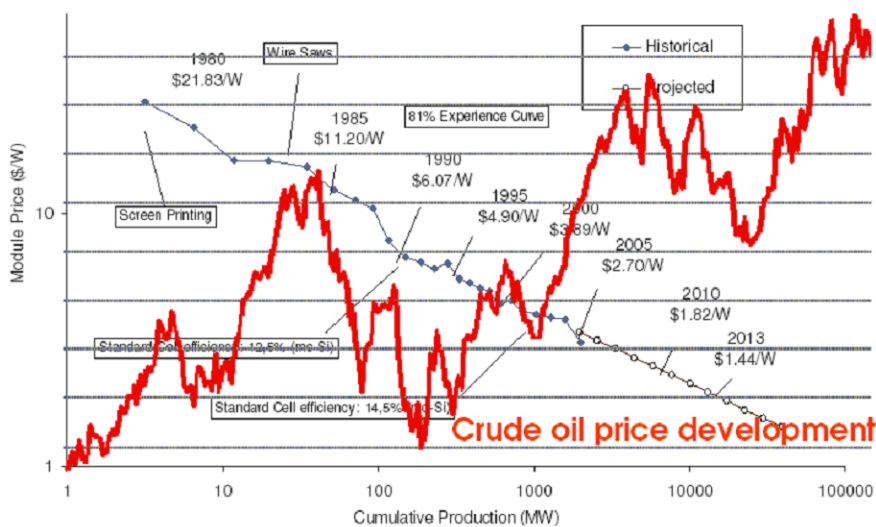
³⁵ http://www.solarserver.de/images/dgs_kosten_gross.gif.



Die Preise für PV-Anlagen sanken deshalb im Zeitraum Mitte 2006 bis Mitte 2008 um 15 %.³⁶, nachdem der Modulpreis im Zeitraum 2004 bis 2006 etwas gestiegen war.³⁷

Diesen Anstieg nehmen Exner u.a. als Beleg dafür, dass „es nicht so leicht ist, die Kosten für Solarstrom richtig zu prognostizieren.“ (S. 69). Dem ist entgegen zu halten: Fast nie war es einfacher, diese Kostensteigerung zu prognostizieren! In der Solarindustrie wurde das Problem mehrheitlich auch richtig prognostiziert, viele Zellen-Hersteller stiegen zusätzlich in den Silizium-Wafermarkt ein. Auch wirtschaftlich wurde diese Situation voll einkalkuliert, niemand war überrascht, wie etwa von der Finanzkrise.

Zur Wettbewerbsfähigkeit der PV gegenüber anderen Stromerzeugungstechniken sind die Aussagen optimistischer als bisher. Während der Modulpreis sinkt, steigt der Ölpreis.³⁸



³⁶ <http://www.shk-jour->

[nal.de/showpic.php?file=uploads%2Fpics%2F08.08.07_15_prozent_billiger.jpg&width=650m&height=650&bodyTag=%3Cbody%20bgColor%3D%22%23ffffff%22%3E&wrap=%3Ca%20href%3D%22javascript%3Aclose\(\)%3B%22%3E%20|%20%3C%2Fa%3E&md5=a336703ade5055360a04494f10b72b71.](http://www.shk-journal.de/showpic.php?file=uploads%2Fpics%2F08.08.07_15_prozent_billiger.jpg&width=650m&height=650&bodyTag=%3Cbody%20bgColor%3D%22%23ffffff%22%3E&wrap=%3Ca%20href%3D%22javascript%3Aclose()%3B%22%3E%20|%20%3C%2Fa%3E&md5=a336703ade5055360a04494f10b72b71.)

³⁷

³⁸ http://www.sustainable.ch/pdf/media/080514_GP_Solar_GmbH.pdf

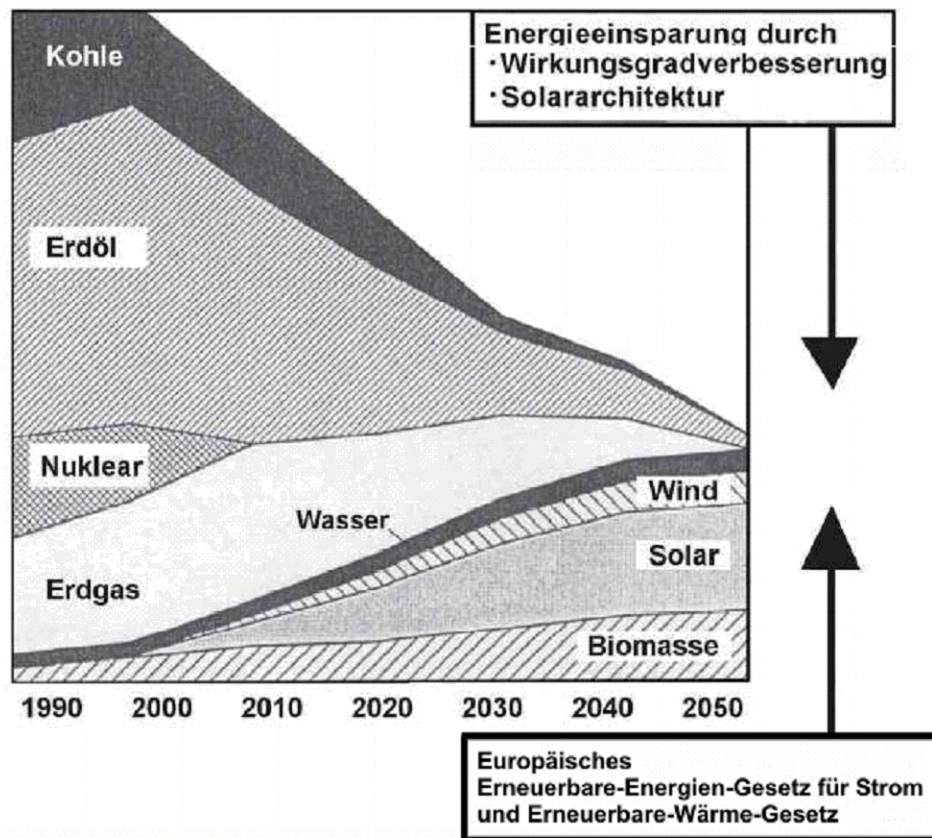
Hier ist nichts zu sehen von der bei Exner u.a. vermuteten Bindung der PV-Kosten an die allgemeinen Energiekosten (S. 68).

Es gibt weitere neue Entwicklungen, die die gesamte Kostengestaltung in einem anderen Licht erscheinen lassen: Besonders die neuen Solarzellentypen eignen sich besonders zur Fassadenintegration und insgesamt wird eingeschätzt, dass eine Solarzellenwand billiger ist als manche Marmorwand.³⁹

Fazit:

Wir sollten nicht wieder in den alten linken Fehler verfallen, die Optionen von Entwicklungen im Kapitalismus zu pessimistisch zu beurteilen, um unseren Argumenten Gewicht zu verleihen. Zwar beginnen auch stofflich-energetisch-ökologische Grenzen den Spielraum des Kapitalismus einzuengen – und dies herauszuarbeiten ist der wichtige Beitrag dieses Buches –, aber manche Branchen eignen sich dazu, vor allem in bestimmten Entwicklungsphasen, viel weniger als andere.

Ein denkbares Energieszenario, das die zuallererst notwendige Energieverbrauchssenkung berücksichtigt, gibt z.B. die folgende Abbildung⁴⁰:



Die y-Achse zeigt den Primärenergieverbrauch Europas bezogen auf den Verbrauch im Jahr 1990 (100 %). Bis zum Jahr 2050 kann der Primärenergieverbrauch durch Energieeinsparung, Wirkungsgradverbesserung und Solararchitektur auf ca 45 % verringert werden. Förderungen nach dem Vorbild des deutschen Erneuerbare-Energien-Gesetzes und dessen Übertragung und Weiterentwicklung für den Wärmemarkt können bewirken, dass der Anteil der Erneuerbaren Energien bis auf 100 Prozent des verbleibenden Rests zunehmen.

In Anlehnung an die Studie „Long-Term integration of renewable energies into the European energy system.“
 Beteiligte Forschungsinstitute: Centre de Recherche sur l'environnement et le Développement (CIRED) Paris, Faculte Polytechnique de Mons (Belgien), Roskilde University (Dänemark), Wuppertal-Institut, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (Mannheim).

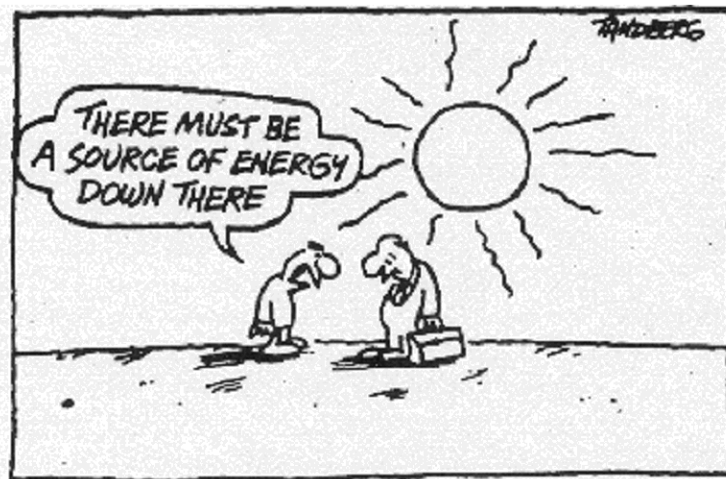
Erschienen im: Physica Verlag Heidelberg, 1997, 268 Seiten, ca. 45 Euro, ISDN 3-7908-1104-1.

³⁹ <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/17/17349/1.html>.

⁴⁰ http://www.energie-impulse.de/EEgesamt_PotentialeEU.html.

In diesem Bereich können wir uns tummeln und schon mal darüber nachdenken, wie wir – wenn wir die Energieproduktionsmittel denn in unserer Hand hätten, die weitere Entwicklung gestalten würden. Vieles, was dazu getan wird, z.B. im Recycling und Life Cycle Assessment (LCA)⁴¹, wird dann weiter zu führen sein. Vielleicht übernehmen Ökobilanzen dann die jetzigen Geldbilanzen...

Und natürlich schreiben wir an den Pfeil, der den Energieverbrauch nach unten drückt, nicht nur wie hier „Wirkungsgradverbesserung“ und „Solararchitektur“, sondern „Lebensverbesserung“.



*Greenpeace

⁴¹ http://www.scienceinthebox.com/de_DE/sustainability/lifecycleassessment_de.html