

# Faszination Photovoltaik

**Für BFH-Professor Heinrich Häberlin ist Photovoltaik eine faszinierende Technologie. Er ist überzeugt, dass der Solarstrom mit einer gezielten Förderung einen markanten Beitrag zum Energiebedarf leisten kann. Mit seinen Studenten trimmt er PV-Anlagen fit und betreibt Forschung und Entwicklung, wie er im Gespräch mit der «Elektrotechnik» erklärt.**

**Interview: Erich Schwaninger**

**Herr Häberlin, Sie sind ein Photovoltaik-Fachmann der ersten Stunde. Woher nehmen Sie die Begeisterung für diese Technologie?**

*Heinrich Häberlin:* Photovoltaik ist etwas Faszinierendes, da quasi aus dem «Nichts» hochwertige Energie entsteht. Im Gegensatz zu anderen Arten der Stromerzeugung, die fast ausschliesslich zentral durch Kraftwerke mittlerer und grosser Leistung erfolgt, ist die Photovoltaik wegen des modularen Aufbaus der Anlagen für den dezentralen Betrieb eigener Energie-Erzeugungsanlagen bestens geeignet. Wenn man bedenkt, was es sonst alles braucht, um Strom produzieren zu können, ist die direkte Umwandlung von Sonnenenergie in Elektrizität ganz einfach genial.

**Trotz Ihrer Begeisterung ist der Stellenwert der Photovoltaik in der Schweiz bescheiden. Wie interpretieren Sie diesen Widerspruch?**

*Häberlin:* Jede Energietechnologie, das ist historisch belegt, benötigt sehr lange, bis sie genügend ausgereift und kostengünstig ist, um eine grosse Verbreitung zu erlangen. Zuerst hatte man Holz, dann die Kohle, die zur Industrialisierung, aber auch zum Smog geführt hat. Danach ist das Öl gekommen, das am Anfang vor allem für mobile Anwendungen eingesetzt wurde. Und nach dem zweiten Weltkrieg etablierte sich «dank» der Atombombe die Atomtechnologie. Auch das Militär hatte Interesse an der Erforschung dieser neuen Technologie, deren zivi-

le Nutzung anfänglich so quasi als Nebenprodukt zur militärischen Anwendung angesehen wurde. Dieses Beispiel macht deutlich, dass die Atomenergie am Anfang massiv mit öffentlichen Geldern gefördert wurde.

**Was braucht es denn noch für den Durchbruch? Einfach mehr Zeit? Oder aktive Massnahmen?**

*Häberlin:* Wir benötigen den Transfer von den Labors in die Praxis, also eine Industrie, die das, was erforscht wird, umsetzt, und es braucht Langzeiterfahrung. Die Schweiz hatte auf dem Sektor der Systemtechnik Anfang der 90er-Jahre eine führende Stellung. Diese hat sie infolge ausbleibender Förderung weitgehend verloren. Eine Entwicklung, die man auch in anderen Sparten, beispielsweise der LCD-Technologie, beobachten konnte.

**Ist der Wirkungsgrad der PV-Systeme für eine industrielle Produktion schon hoch genug?**

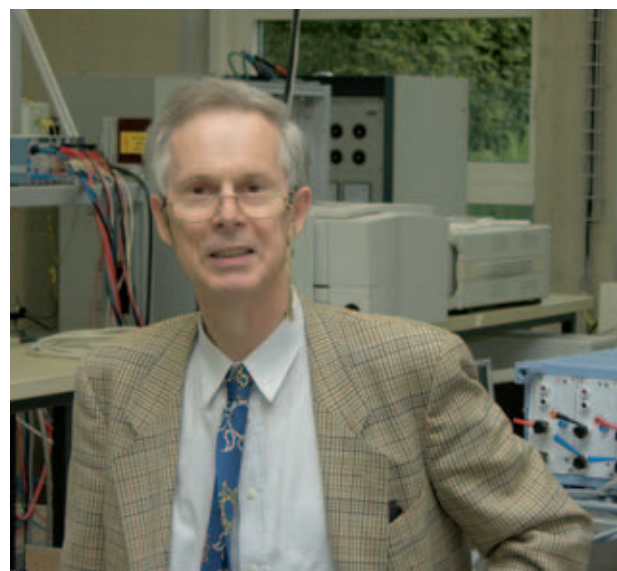
*Häberlin:* Der Rekordwirkungsgrad von kleinflächigen Silizium-Laborzellen liegt bei Standard-Testbedingungen bei knapp 25 Prozent. Jetzt wird versucht, einen möglichst grossen Teil davon zu vernünftigen Kosten bei grossflächigen Zellen zu realisieren. Der führende Hersteller erreicht bei kommerziellen Produkten bereits Zellenwirkungsgrade von etwa 22 Prozent und Modulwirkungsgrade von rund 19 Prozent, was unter Berücksichtigung aller Verlustquellen Ener-

**Kosten als Wegbereiter: «Der Energiepreis, den die Allgemeinheit bezahlen muss, ist das A und O. Wenn der genügend hoch ist, geht es von alleine», sagt Heinrich Häberlin. (Bilder: Erich Schwaninger)**

gie nutzungsgrade im System von etwa 14 Prozent ergeben dürfte. Der Standard vieler heutiger Systeme bewegt sich um die zehn Prozent. Bei konzentrierenden Laborzellen liegt der gegenwärtige Rekordwirkungsgrad übrigens bereits bei 42,8 Prozent!

**Solarenergie ist sonnenabhängig. Wie wollen Sie die sonnenlosen Zeiten überbrücken?**

*Häberlin:* Bis die in der Schweiz installierte photovoltaische Spitzenleistung etwa fünf Gigawatt erreicht haben wird, dürften die im Stromnetz ohnehin vorhandenen Regelreserven ausreichen. Also müssen in sonnenarmen Zeiten die Speicherkraftwerke viel produzieren, bei starker Sonneneinstrahlung dagegen ihre Produktion stark drosseln. Man kann so ohne Probleme gegen zehn Prozent des schweizerischen Stromverbrauchs mit Photovoltaik decken. Will man noch mehr photovoltaische Energie produzieren, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Das bewährte Medium wären Pumpspeicherwerke, die man in Kombination mit Unterwasserbecken kurzfristig im Pumpspeicherbetrieb betreiben könnte. Das wäre der ideale Tag-Nacht-Ausgleich. Sicher können manche bestehenden Speicherwerke zu Pumpspeicherwerken umgebaut werden. Grosse Pumpspeicherwerke, die unten über grössere Speichervolumen verfügen, könnten auch einen Ausgleich über mehrere Tage und Wochen übernehmen, beispielsweise in Kombination mit PV-Anlagen in den Alpen mit hoher Winterenergieproduktion. Man muss aber die Dinge nicht nur isoliert betrachten; die Energieversorgung muss ja nicht von



Photovoltaikanlagen und (Pump-)Speicherwerken allein, sondern von der Gesamtheit der Kraftwerke sichergestellt werden.

### Die Stromproduktion aus Photovoltaikanlagen ist gewissen Schwankungen unterworfen, was das Ganze eher schwierig macht.

Häberlin: Für die Erzeugung der Grundlast bevorzugen die Kraftwerkbetreiber natürlich eine kontinuierliche Energieproduktion in grösseren Einheiten, wie das bei den Laufkraftwerken oder bei Kernkraftwerken der Fall ist. Längerfristig könnten aber auch Geothermiekraftwerke einen Teil der Grundlast übernehmen. Biomassekraftwerke oder Gaskraftwerke können sowohl einen Beitrag zur Grundlast leisten als auch an sonnenarmen Tagen zusätzliche Energie produzieren. Im Winter können Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen, die konventionelle, fossil betriebene Öl- oder Gasheizungen ersetzen, zusätzlichen Strom erzeugen. Werden gleichzeitig viele bisher fossil beheizte Häuser isoliert und mit Wärmepumpen ausgerüstet, ergibt sich dadurch sogar immer noch eine Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses. Auch mit einem ausgeklügelten Netzlastmanagement können die unterschiedlich sonnenintensiven Zeiten ausgeglichen werden, sodass der Speicherbedarf geringer würde.

**Heinrich Häberlin, kritisch: «Die Schweiz hatte auf dem Sektor der Systemtechnik Anfang der 90er-Jahre eine führende Stellung. Diese hat sie dank ausbleibender Förderung weitgehend verloren.»**



### Wie soll das geschehen?

Häberlin: Indem man die Leute durch tarifliche Massnahmen wie variable Strompreise während des Tages motiviert. Mit einer guten Kommunikation an die Verbraucher ist das möglich. Das lässt sich auch automatisieren, indem wenig zeitsensitive Geräte wie Waschmaschinen dann eingeschaltet werden, wenn die PV-Produktion hoch ist. Auch gewisse Kühlgeräte könnten am Tag kühlen statt in der Nacht. Es gäbe wahrscheinlich an sonnigen Tagen eine Umkehrung der Tarifstruktur. Das ist jetzt die regionale Betrachtung. Mit dem europäischen Stromverbundnetz sind auch interregionale Ausgleichseffekte zu erzielen. Es regnet nicht gleichzeitig in ganz Europa, irgendwo scheint immer die Sonne. Durch einen verstärkten Energieaustausch könnte noch mehr Solarstrom bereitgestellt werden. Ein weiteres Szenario, das aus heutiger Sicht zugegebenermassen noch einer etwas gewagten Idee gleichkommt, ist ein globales Netzwerk mit Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragung HGÜ. Also beispielsweise Leitungen mit vielen Gigawatt Leistung bis in die Sahara oder gar nach Südafrika für den saisonalen Ausgleich und für den tageszeitlichen Ausgleich entsprechende Leitungen in Richtung Ost-West.

### Können diese gigantischen Distanzen zu wirtschaftlichen Bedingungen überbrückt werden?

Häberlin: Zum heutigen Zeitpunkt wird bei der HGÜ-Technologie mit einem Verlust von drei Prozent pro 1000 Kilometer gerechnet. Über 4000 Kilometer erreicht man so einen Wirkungsgrad von gut 88 Prozent und über 10000 Kilometer gerechnet liegt er immer noch nur leicht unter demjenigen eines Pumpspeicherkraftwerkes. Bei einem solch weltumspannenden Netz stellt sich natürlich auch die Frage der politischen Stabilität in den verschiedenen Ländern. Doch dieses Problem haben wir auch bei der Atomenergie und bei den fossilen Energieträgern.

### Die Atomenergie ist Ihnen suspekt?

Häberlin: Die in westlichen Ländern eingesetzte Atomtechnologie als solches schätze ich als relativ sicher ein, sofern keine ausserordentlichen

Ereignisse wie zum Beispiel schwere Erdbeben auftreten. Ich habe am meisten Angst vor Anschlägen von fanatischen Leuten, die ihr Leben gering schätzen. Ziel muss nicht zwingend ein AKW sein, auch ein Angriff auf ein Zwischenlager wie jenes in Würenlingen hätte verheerende Folgen. Es ist doch irgendwie beunruhigend, dass unsere hoch entwickelte Versicherungswirtschaft nicht in der Lage ist, eine ausreichende Versicherung gegen Atomunfälle anzubieten,

**«Wenn man bedenkt, was es sonst alles braucht, um Strom produzieren zu können, ist die direkte Umwandlung von Sonnenenergie in Elektrizität ganz einfach genial.»**

die zwar sehr unwahrscheinlich sind, deren Schadenpotenzial aber extrem hoch ist. Nur ein bis zwei Milliarden Franken im dicht besiedelten Mittelland sind da einfach lächerlich wenig.

**Aus Ihrer nicht ganz ernst gemeinten Aussage, mit PV lasse sich aus dem «Nichts» heraus Strom erzeugen, wird wohl nichts. Wirkungsvolle Anlagen benötigen enorme Aufwendungen.**

Häberlin: Es braucht dazu natürlich relativ komplexe Systeme, das ist klar. Das ist übrigens auch beim Wind der Fall. Von nichts kommt nichts, doch dies alles ist machbar. Nur: wenn man nicht anfängt, kommt es nie so weit. Sowohl die fossile Stromproduktion wie auch die Uranvorkommen sind endlich. Die Folge davon sind hohe Preise. Atomkraftwerke betrachte ich als eine Übergangstechnologie. Zudem ist das Abfallproblem heute wie vor 40 Jahren immer noch nicht gelöst. Es liegen zwar Studien vor, realisiert ist aber noch wenig. Niemand will ein Endlager in seiner Nähe haben.

**Macht es überhaupt Sinn, auf den Hausdächern kleine Solaranlagen zu installieren? Wären zentrale Photovoltaik-Kraftwerke nicht wirtschaftlicher?**

Häberlin: Es braucht beides. Die gut geeigneten Dächer soll man durchaus mit PV-Anlagen ausrüsten. Man muss aber daran denken, dass man diese

Anlagen auch warten können muss. Auch die Architekten müssen umdenken, indem sie die Kamine auf die Nordseite planen und die Dächer in einer einigermaßen idealen Neigung bauen. Dann gibt es auch immer wieder Brachflächen, Gebiete, die nicht aktiv genutzt werden, für grössere PV-Anlagen jedoch geeignet wären. Ideal sind solche Flächen in den Alpen oder in Südeuropa. Messungen zeigen ganz klar, dass in den Alpen, vor allem im Winter, viel mehr zu holen ist als im Mittelland. Natürlich sieht man die Solarpanels, doch AKWs sieht man auch. Man kann die Energiefrage nicht einfach nur durch Sparen lösen. Klar ist auch, dass es immer ein Mix verschiedener Energien sein wird.

### Was halten Sie von Fördermassnahmen?

*Häberlin:* Für eine neue Technologie braucht es eine gewisse Durststrecke, bis sie andere ablösen kann. Jetzt kommt uns entgegen, dass die Energiepreise auf dem Weltmarkt steigen. Durch die Verteuerung konventioneller Energie könnte der Anreiz, auf ein umweltverträgliches System umzusteigen und die Gebäudehülle optimal zu isolieren, verstärkt werden. Wenn es der Markt macht, umso besser. Wenn nicht, dann halt mit Steuern. Dann kann jeder Hausbesitzer ausrechnen, was für ihn günstiger kommt. Systemdenken ist gefragt.

### Burgdorf scheint für Photovoltaik ein besonders guter Ort zu sein.

*Häberlin:* In Burgdorf hatten wir zwei glückliche Umstände. Die Planung dieses Neubaus erfolgte kurz nach der AKW-Katastrophe von Tschernobyl, und bei der Moratoriumsabstimmung 1990 hatte Burgdorf beide Vorlagen angenommen. Als entscheidende Massnahme hat dann das Elektrizitätswerk Burgdorf beschlossen, Photovoltaik aktiv zu fördern. Die uns in den Folgejahren zugesprochenen Mittel ermöglichten die Anstellung eines Assistenten. Dadurch konnten wir auch an nationalen Forschungsprogrammen mitarbeiten. Die Studenten sind sehr interessiert und offen gegenüber neuen Technologien. Allerdings braucht es dann langfristig gesehen auch die Aussicht auf attraktive Arbeitsplätze. Diese haben eine Zeit lang gefehlt.

## Berner Fachhochschule Departement für Technik und Informatik (BFH-TI)

Das Departement Technik ist 2003 aus den Hochschulen für Technik und Architektur in Bern, Biel und Burgdorf hervorgegangen und bildet einen Teil der Berner Fachhochschule. In den 5 Diplomstudiengängen Automobiltechnik, Elektro- und Kommunikationstechnik, Informatik, Maschinentechnik sowie Mikrotechnik werden Ingenieurinnen und Ingenieure ausgebildet. Die BFH-TI arbeitet sowohl national wie auch international mit renommierten Hochschulen und Forschungsinstituten zusammen.

### Labor für Photovoltaik

Das im Jahre 1988 gegründete PV-Labor befasst sich vor allem mit der elektrischen Systemtechnik von Photovoltaikanlagen. Dabei liegt das Schwergewicht bei netzgekoppelten Anlagen. Es werden aber auch Untersuchungen an Inselanlagen durchgeführt. Das Labor ist in den Bereichen Ausbildung, Forschung und Entwicklung tätig.

- **Ausbildung:** Im Rahmen des Normalstudiums bietet das Labor eine Grundausbildung in Photovoltaik für alle Studenten der BFH-TI an, vorwiegend für Studierende der Elektrotechnik. Für interessierte Studenten besteht die Möglichkeit, sich in speziellen Modulen sowie in Semester- oder Diplomarbeiten weiter in Photovoltaik zu vertiefen.
- **Forschung und Entwicklung:** Seit 1989 werden auf nationaler und internationaler Ebene Forschungs- und Entwicklungsprojekte bearbeitet. Das Labor verfügt über eine gute Infrastruktur und hat auch Erfahrungen im Bereich der elek-



Angewandte Forschung und Entwicklung am Labor für Photovoltaik.

tromagnetischen Verträglichkeit (EMV) und Blitzschutz. Die Mitarbeiter des Labors führen auch Dienstleistungen für Dritte aus und veröffentlichen Publikationen über durchgeführten Arbeiten.

Website Photovoltaiklabor der BFH: [www.pvtest.ch](http://www.pvtest.ch) (es)

### Kontakte:

Berner Fachhochschule, Technik und Informatik (BFH-TI)  
Jlcoweg 1, 3400 Burgdorf  
Tel. 034 426 68 11  
[office@hti.bfh.ch](mailto:office@hti.bfh.ch), [www.hti.bfh.ch](http://www.hti.bfh.ch)  
oder  
Berner Fachhochschule, Technik und Informatik (BFH-TI)  
Quellgasse 21, 2501 Biel/Bienne  
Tel. 032 321 61 11

### Sind die Studenten interessiert an Photovoltaik?

*Häberlin:* Wir hatten lange das Problem, dass sich die Studenten weniger für Energietechnik, dafür umso mehr für Elektronik und Informatik interessiert haben. Dank der Photovoltaik als Aufhänger konnten wir aber immer eine Energietechnik-Klasse führen, in der die Studenten neben der Photovoltaik auch die konventionelle elektrische Energie- und Hochspannungstechnik kennen lernten.

### Das ist jetzt nicht mehr der Fall?

*Häberlin:* In der Zwischenzeit wurde unsere Ausbildung modularisiert. Das Ausbildungsangebot umfasst zwar immer noch alle Facetten der Energietechnik, aber es ist jetzt möglich, nur noch die attraktiven Fächer wie Photovoltaik und Brennstoffzellen zu belegen. Es erhalten also nicht mehr alle Studierenden, die energietechnische

Kurse belegen, eine umfassende Ausbildung in Energietechnik. Es wäre wünschenswert, wenn die Energiewirtschaft diejenigen Fachhochschulen, die noch ein Energiestudium anbieten, entsprechend fördern würde, sodass diese Kurse ungeachtet der Studentenzahlen immer durchgeführt werden können.

### Jetzt, 16 Jahre nach Ihrem ersten Werk, haben Sie wieder ein Buch zum Thema Photovoltaik herausgegeben. Wie hat sich seither die Szene entwickelt?

*Häberlin:* Die heutige Situation ist komplett anders. Damals war Photovoltaik etwas für Fundamentalisten und Freaks. Die eigentliche Anwendung, die Sinn machte, waren Insellösungen in abgelegenen Orten. Der Markt hat sich mit 10 bis 15 Prozent linearem Wachstum pro Jahr zunächst relativ langsam entwickelt. Doch 1997





### Zur Person

Heinrich Häberlin (60) studierte an der ETH Zürich Elektrotechnik und arbeitete nach dem Diplom als Assistent und Oberassistent am Mikrowellenlabor der ETH. Nach der Promotion 1978 war er in der Industrie als Entwicklungsingenieur tätig. Seit 1980 ist Häberlin Professor an der BFH-TI in Burgdorf. Bis 1988 unterrichtete er Elektrotechnik und Informatik; seit Mitte 1988 ist er ausser auf dem Gebiet der Elektrotechnik zunehmend auch im Bereich Photovoltaik tätig. Heinrich Häberlin ist verheiratet und hat zwei erwachsene Kinder.

Kürzlich ist sein neues Buch: «Photovoltaikanlagen – Strom aus Sonnenlicht für Verbundnetz und Inselanlagen», er-

schiene. In diesem Werk werden die Möglichkeiten und Probleme bei der direkten Umwandlung von Sonnenlicht in elektrischen Strom und dessen Einspeisung ins öffentliche Stromnetz um-



fassend dargestellt. Das Buch befasst sich primär mit der Systemtechnik von Photovoltaikanlagen. Neben Solarzellen werden alle anderen Anlagenkomponenten wie Solarmodule, Solargeneratoren, Akkus, Laderegler sowie Wechselrichter für Inselbetrieb und Netzverbundbetrieb ausführlich behandelt. Umfangreiches Bildmaterial und Messdaten, Aufgaben mit Lösungen, Ertragsberechnungen und Dimensionierung von PV-Anlagen runden den Inhalt ab. (es)

AZ Verlag, ISBN: 978-3-905214-53-6

hat sich das völlig geändert. Die Japaner haben gewisse Förderprogramme lanciert, und im Jahr 2000 sind ihnen die Deutschen mit dem landesweiten Energie-Einspeisegesetz gefolgt. Dadurch hat in diesen Ländern ein exponentielles Wachstum von 30 bis 40 Prozent eingesetzt. Heute geht der grösste Teil der Produktion nicht mehr in Inselanlagen, sondern direkt in Netzverbundanlagen. Dort, wo viel Energie benötigt wird, muss man Netzverbundanlagen bauen.

### Sind die PV-Anlagen heute technisch ausgereift?

Häberlin: Entscheidende Kriterien einer PV-Anlage sind der Wirkungsgrad und die Zuverlässigkeit. Als wir 1989 angefangen hatten, waren so drei bis

sie etwa 30 Jahre funktioniert. Das bedingt dann auf der Installationsseite einwandfreie Arbeit und hochwertige Materialien.

### Kritische Stimmen sagen, die graue Energie von PV-Zellen sei mindestens so gross wie die Energie, die jemals damit produziert werde. Ist das tatsächlich so?

Häberlin: Solche Aussagen sind heutzutage natürlich haltlos. Man geht davon aus, dass im Mittelland nach vier bis fünf Jahren und in südlichen Gebieten schon nach zwei bis drei Jahren die Energie zurück ist. Dann kommt es auch drauf an, was man alles hineinrechnet. So kann beispielsweise der Rahmen um die PV-Zelle mehrmals benutzt werden.

### Es wird auch behauptet, die Branche leide unter einer Siliziumknappheit.

Häberlin: Da müssen wir zuerst die Hintergründe klären. Die Solarindustrie hat bis anhin ihren Bedarf lediglich aus Elektronikabfällen generiert. Das reicht bei den heute benötigten grossen Volumen nicht mehr. Es müssen neue Produktionsanlagen erstellt werden, die Silizium direkt aus den Rohstoffen herstellen. Solche Investitionen tätigt natürlich nur, wer die Gewissheit hat, diese Anlagen langfristig auslasten zu können. Der Rohstoff ist also nicht das Problem, sondern der industrielle Prozess. Erleichternd ist

die Tatsache, dass das Silizium für PV-Zellen nicht die gleiche Reinheit aufweisen muss wie für die Halbleiterproduktion.

### Mit Photovoltaik Wasserstoff für eine Wasserstoffwirtschaft produzieren. Was halten Sie von dieser Vision?

Häberlin: Das ist eine faszinierende Idee. Sie «klemmt» nicht an der PV, sondern an den übrigen Komponenten. Das Problem ist der zu tiefe Wirkungsgrad des gesamten Zyklus. Wirkungsgrade von 30 bis maximal 50 Prozent sind Realität. Zudem verfügen die Brennstoffzellen noch über eine geringe Standzeit von lediglich ein paar 100 bis höchstens wenige 1000 Stunden. Damit erreichen sie nicht einmal die Betriebsstunden eines Automotors.

### Wie erleben Sie die Zusammenarbeit Ihres Institutes mit der Industrie?

Häberlin: Es braucht ein paar Jahre intensive Arbeit, bis man mit der Materie vertraut ist. Ist dieser Stand erreicht, kommt man an Forschungsaufträge heran und erhält von den verschiedenen Forschungsfonds eine gewisse finanzielle Unterstützung. Hat man dann noch genügend publiziert, gelingt es auch, so ist es jedenfalls bei mir, interessante Industrieaufträge zu generieren. Wir betreiben angewandte Grundlagenforschung und keine Geräteentwicklung. Ich schaue, wie gut die Technologie ist, decke Schwachstellen auf und schlage Optimierungsmassnahmen vor. Für all diese Aktivitäten ist ein gut funktionierendes Netzwerk unabdingbar.

### Gibt es eine Nation, von der man sagen kann, das ist der Treiber in der Photovoltaik?

Häberlin: Im Moment sind Deutschland und Japan vorne. Die deutschen Hersteller erreichen alltagstaugliche Wechselrichter-Spitzenwirkungsgrade von 95 bis 98 Prozent, das sind ganz respektable Werte. Rein volumenmässig sind die Japaner etwas weiter, weil sie früher die nationale Förderung hatten und offenbar höhere Energiepreise haben. Der Energiepreis, den die Allgemeinheit bezahlen muss, ist das A und O. Wenn der genügend hoch ist, geht es von alleine. [ET 04]

«Auch die Architekten müssen umdenken, indem sie die Kamine auf die Nordseite planen und die Dächer in einer einigermassen idealen Neigung bauen.»

vier Wechselrichterdefekte pro Betriebsjahr normal. Das ist natürlich untragbar. Inzwischen konnte der entsprechende Wert auf etwa 0,1 bis 0,15 Defekte pro Jahr verbessert werden. Das entspricht etwa der Grössenordnung, die man sich von einer Waschmaschine oder Wärmepumpe gewohnt ist. Damit kann man leben. Bei einer PV-Anlage nimmt man an, dass