

# Very Large Scale PV-Systems – Zukunftsvisionen und Resultate der IEA-Diskussion

## Projektidee, Ziele, Vision

Die Nutzung von Wüstengebieten zur Energiegewinnung wird seit vielen Jahren immer wieder diskutiert. Die hohe Verfügbarkeit der Sonneneinstrahlung verbunden mit einem riesigen, praktisch ungenutzten Flächenangebot legen die Vision nahe, dass das Potenzial für eine Sonnenenergienutzung in diesen Gebieten ausreicht, sämtliche Bedürfnisse an Energie zu befriedigen. Verschiedene Technologien werden vorgeschlagen: solarthermische Kraftwerke, photovoltaische Kraftwerke, aber auch die indirekte Sonnenenergie-Nutzung mittels Aufwind-Kraftwerken. In Wüstengebieten, welche deutlich unter dem Meeresspiegel liegen, wurde auch der Bau von Wasserkraftwerken vorgeschlagen.

Der Nutzung des unbestreitbar immensen Sonnenenergie-Potenzials der Wüsten steht jedoch eine ganze Reihe von Hindernissen entgegen. Auf der technischen Ebene ist der Transport der erzeugten Energie in die Verbraucherzentren eines der wesentlichen Probleme. Lösungsvorschläge zielen auf chemische Energieträger wie Wasserstoff oder Methanol oder auf neue Technologien zum Transport elektrischer Energie wie Hochspannungs-Gleichstrom-Netze oder supra-leitende Kabel.

Außerdem gibt es Fragen zur Finanzierung und Wirtschaftlichkeit, zur politischen Machbarkeit und zum sozioökonomischen Einfluss solcher Projekte. Aufgrund der Dimensionen solcher Projekte werden immer mehrere Länder mit unterschiedlichen Interessen beteiligt sein.

Im Rahmen des Programms „Photovoltaic Power Systems“ der Internationalen Energie-Agentur (IEA) werden im Teilprogramm Task 8: „Very Large Scale Photovoltaic Systems (VLS-PV)“ [1], [2] die technischen, wirtschaftlichen, politischen und sozioökonomischen Aspekte solcher Projektideen untersucht. Die jetzt laufende Studienphase wurde im Jahr 1999 begonnen und soll 2003 abgeschlossen werden.

Die langfristige Vision des IEA-Projekts kann mit folgenden Schlüsselbegriffen zusammengefasst werden:

- Nutzung bisher praktisch unbewohnter Wüstengebiete
- Integrierte Projekte: Energie, Wasser, Industrie, Landwirtschaft
- PV-Grossanlagen im 100 MW- bis GW-Bereich
- Globale Vernetzung mit konventionellen und erneuerbaren Energieproduktionsanlagen

Die Arbeiten sind auf drei „Subtasks“ aufgeteilt:

- Konzeptstudie von VLS-PV-Systemen: erarbeiten von Grundlagenstudien, Potenzialabschätzung und Festlegung der Methodik
- Fallstudien für verschiedene ausgewählte geografische Gebiete: die Wüste Gobi und die nordafrikanischen Wüstengebiete
- Umfassende Machbarkeitsstudien: Behandlung der technischen Aspekte und Untersuchung von Fragen der Ökologie, Ökonomie, Politik und Soziologie

Dr. Rudolf Minder  
Minder Energy  
Consulting  
rudolf.minder@bluewin.ch

*Tabelle 1  
Solarstrom-Potenzial der Wüstengebiete (Annahmen: Modul-Wirkungsgrad: 0,14; Performance ratio (PR): 0,7; Flächennutzung: 0,5)*

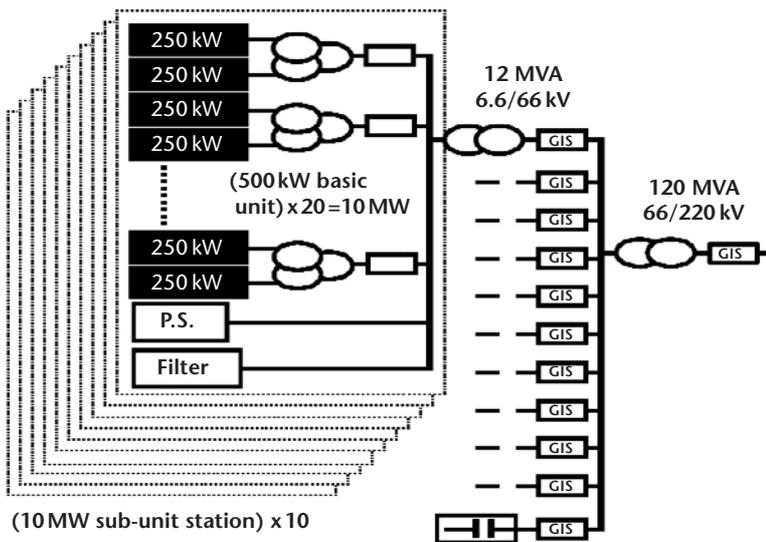
|   | Wüstenfläche            | Einstrahlung          | installierbare Leistung | potenzielle Jahresproduktion |
|---|-------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------------|
| Kontinent                                     | [1000 km <sup>2</sup> ] | [M]/m <sup>2</sup> d] | [TW]                    | [1000 TWh]                   |
| Nordamerika                                   | 132                     | 19,4                  | 92                      | 127                          |
| Südamerika                                    | 81                      | 14,4                  | 57                      | 58                           |
| Australien                                    | 120                     | 22,1                  | 84                      | 132                          |
| Asien   | 532                     | 19,4                  | 372                     | 513                          |
| Afrika  | 900                     | 26,3                  | 630                     | 1.113                        |
| <b>Total</b>                                  | <b>1.765</b>            | <b>22,9</b>           | <b>1.236</b>            | <b>1.942</b>                 |
| <b>Weltweite Elektrizitätsproduktion 2000</b> |                         |                       |                         | <b>15</b>                    |

## Das Potenzial der Wüstengebiete

Auf der Basis vorhandener Flächenstatistiken und meteorologischer Daten wurde das Produktionspotenzial der weltweiten Wüstengebiete abgeschätzt. Die Resultate sind in *Tab.1* zusammengefasst.

mengestellt. Für die Abschätzung der potenziellen Jahresproduktion wurde von restriktiven Annahmen ausgegangen. Auch unter diesen Annahmen übersteigt das Potenzial die heutige weltweite Elektrizitätsproduktion um mehr als zwei Größenordnungen. Anders gesagt: ein Prozent der weltweiten Wüstenflächen würde genügen, um unseren heutigen Strombedarf zu decken.

Abbildung 1  
Modularer Aufbau  
der PV-Kraftwerke in  
500 kW-Einheiten



den PV-Modulen als auch bei der übrigen Systemtechnik längerfristig schlecht abschätzbar ist. Die Kraftwerke sind modular aus 500 kW-Einheiten aufgebaut wie in Abb. 1 schematisch dargestellt.

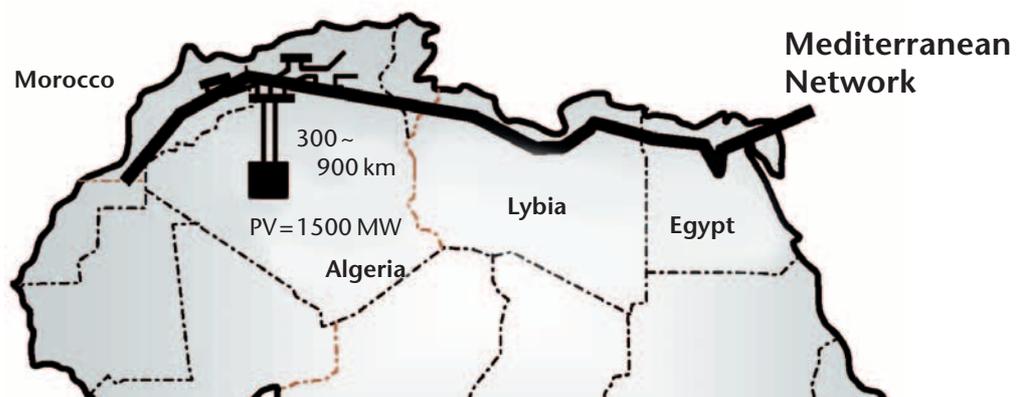
Die von den Anlagen produzierte Elektrizität wird mittels geeigneter Transporttechnik den großen Verbraucherzentren zugeführt, soweit sie nicht lokal für die Wassergewinnung, Landwirtschaft und Industrie verwendet wird. Eine effiziente und kostengünstige Transporttechnik ist sicher eine der wesentlichen Voraussetzung für einen langfristigen Erfolg des VLS-PV-Konzepts. Ob es sich dabei in Zukunft um HGÜ-Technik<sup>1</sup>, supraleitende Kabel oder um chemische Energieträger handeln wird, muss heute offen bleiben. Abb. 2 zeigt eine elektrische Sammelleitung im nordafrikanischen Raum, die eine mit dem europäischen Verbundnetz gekoppelt werden kann.

Ähnliche Überlegungen zur Einkopplung von Elektrizität aus erneuerbaren Energiequellen wurden auch schon von Seiten der Elektro-Industrie gemacht [3]. Ein wesentliches Charakteristikum des IEA-Ansatzes ist aber, dass es sich bei weitem nicht um ein reines Energieprojekt handelt. Ebenso wichtig ist die Idee, dass mit den IEA-Konzepten bisher für den Menschen kaum nutzbare Flächen entwickelt und besiedelt werden könnten. Abb. 3 gibt eine Vorstellung, wie ein solches integriertes Projekt aussehen könnte.

## Technisches Konzept

Grundlage für das technische Konzept ist der heutige Entwicklungsstand, da er sowohl bei

Abbildung 2  
Elektrizitätsverbund  
im nordafrikanischen  
Raum



<sup>1</sup> HGÜ – Hochspannungsgleichstromübertragung

## Kosten und Wirtschaftlichkeit

Das IEA-Projekt geht davon aus, dass es in Zukunft möglich sein wird, durch Effizienzverbesserungen und Massenproduktion von Solarzellen die Kosten des Solarstroms aus Großanlagen in Wüstengebieten auf ein konkurrenzfähiges Niveau zu bringen. Im weiteren sollen innovative Finanzierungslösungen eingesetzt und die Umweltfreundlichkeit des Sonnenstroms marktmäßig genutzt werden.

Da in der aktuellen Projektphase die Kosten- und Wirtschaftlichkeitszahlen nicht genauer bestimmt werden können, beschränken sich die Überlegungen auf Parameterstudien.

Abb. 4 zeigt die geschätzten Stromgestehungskosten für verschiedenen Wüstengebiete und für Modulkosten von 1 bis 4 €/W<sub>p</sub>. Wie zu erwarten, sind gegenüber den heutigen Preisen deutliche Reduktionen nötig, um konkurrenzfähige Stromgestehungskosten zu erzielen. Dies betrifft aber nicht nur die PV-Module, sondern auch die übrigen Systemteile.

## Weitere Schritte

Die jetzige, bis 2003 dauernde Projektphase befasst sich mit den Grundlagen des Konzepts und versucht, die kritischen Aspekte herauszuarbeiten. Das Projekt ist langfristig angelegt und eine Realisierung einer ersten Großanlage im 100 MW-Bereich kann noch nicht genau terminiert werden. Der Plan nach Abschluss der jetzigen Machbarkeitsphase sieht ein stufenweises Vorgehen gemäss Tab. 2 vor. Aus diesem durchaus optimistischen Zeitplan ist ersichtlich, dass erhebliche finanzielle Mittel über einen längeren Zeitraum erforderlich sind. Ein solches Projekt sollte daher im Rahmen einer internationalen Zusammenarbeit realisiert werden.

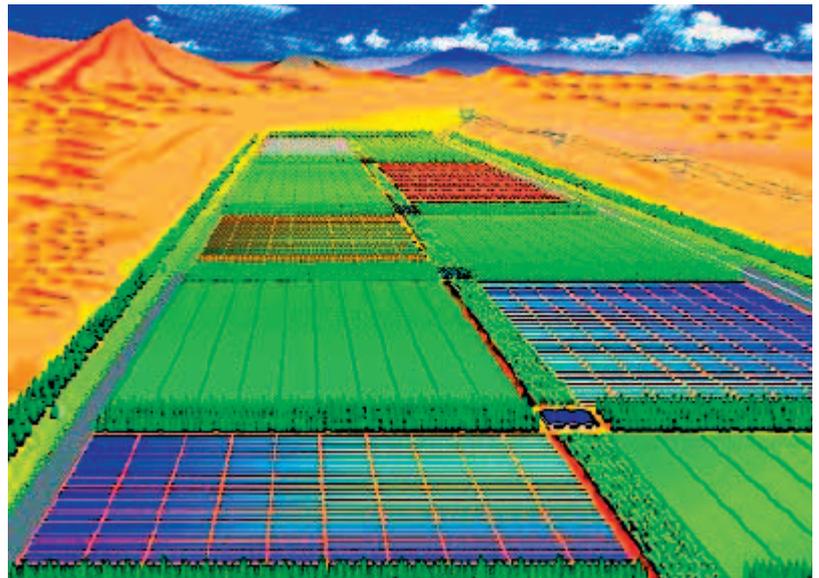


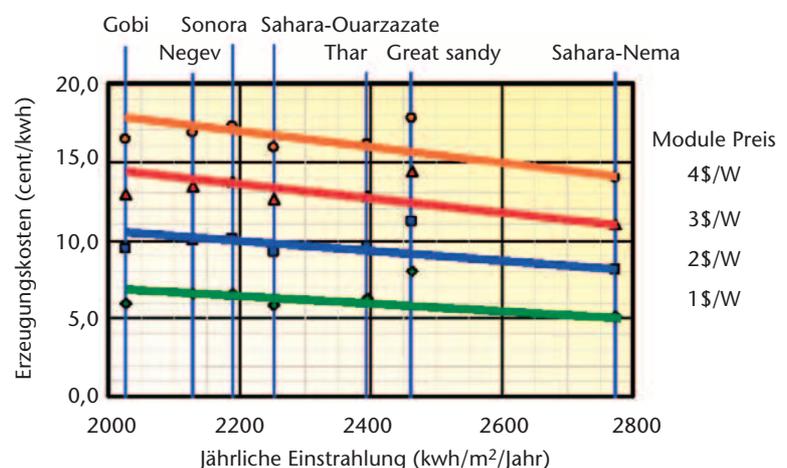
Abbildung 3  
Vision eines integrierten Energieprojekts

## Schlussbemerkungen

Einige Aspekte des IEA-Projekts VLS-PV sind zwar durchaus futuristisch: faszinierend sind jedoch insbesondere die integrierten Ansätze, bei dem die Sonnenenergie-Nutzung mithilft, neue Lebensräume zu erschließen.

Im jetzigen Stadium des Projekts bedürfen noch viele Aspekte weiterer Behandlung, vor allem solche politischer und sozioökonomischer Art. Die Beschäftigung mit diesen Fragen und die Diskussionen zwischen Fachleuten aus den verschiedenen Weltregionen verringern die dargestellten Hindernisse und eröffnen neue Horizonte.

Abbildung 4  
Geschätzte Stromgestehungskosten für verschiedene Systemkosten und Einstrahlungsbedingungen



| Phase                       | Dauer<br>[Jahre] | Anlageleistung<br>[MW <sub>p</sub> ] | Kosten<br>[Mio \$] | Resultat  |
|-----------------------------|------------------|--------------------------------------|--------------------|---|
| Machbarkeit                 | 1                | -                                    | 1-2                | Business-Plan und Finanzierung für R&D-, Pilot- und Demonstrations-Phasen gesichert   |
| Forschung und Demonstration | 4                | 2,5-5                                | 20-40              | Detaillierte Planungsgrundlagen und Resultate praktischer Tests   |
| Pilot                       | 3                | 25                                   | 30-40              | Kenntnisse über das Verhalten einer 25 MW-Einheit   |
| Demonstration               | 3                | 100                                  | 500                | Details über Investitions- sowie Betriebs- und Unterhaltskosten, Erfahrung mit der Netzkopplung, Business-Plan für die kommerzielle Phase |
| Kommerziell                 | 5                | 1000                                 | 4000               | Kommerzieller Betrieb mit ROI <sup>2</sup> > 10% nachgewiesen   |

*Tabelle 2  
Vorgehensplan  
des IEA-Projekts  
für VLS-PV*

<sup>2</sup> ROI – Return on Investment

Das Projekt ist keine Konkurrenz zu Mitteleuropas Solar-Dächerprogrammen. Denn der Zeithorizont ist wesentlich länger und die Zielrichtung ist eine andere. Zentrale und dezentrale Sonnenenergie-Nutzung können durchaus nebeneinander existieren.

Obwohl sich das IEA-Projekt explizit mit photovoltaischen Großkraftwerken befasst, ist die Idee nicht auf diese Technik limitiert. Auch andere Formen erneuerbarer Energie könnten auf ähnliche Weise in großem Maßstab genutzt werden. Solarthermische Kraftwerke, Wind- und Aufwindkraftwerke, aber auch geothermische Anlagen [4] könnten an vielen Orten realisiert und global vernetzt werden.

Visionen sind nicht nur erlaubt, sondern für unsere Energie-Zukunft auch nötig!

## Literatur

- [1] <http://www.oja-services.nl/iea-pvps/tasks/task8.htm>  
oder <http://www.euronet.nl/users/oke/PVPS/tasks/task8.htm>
- [2] Very Large Scale Photovoltaic Power System (VLS-PV) Project  
Kosuke Kurokawa et al.  
2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion, Vienna, 6–10 July 1998
- [3] ABB's vision of the future electricity  
Markus Bayegan, Chief Technology Officer, ABB Ltd.  
Carnegie Mellon Electricity Industry Center, March 20, 2002  
[http://wpweb2k.gsia.cmu.edu/ceic/pdfs\\_other/Bayegan\\_March\\_20\\_CEIC\\_ABB\\_Vision.pdf](http://wpweb2k.gsia.cmu.edu/ceic/pdfs_other/Bayegan_March_20_CEIC_ABB_Vision.pdf)
- [4] [www.dhm.ch](http://www.dhm.ch)