



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Bundesamt für Energie BFE

September 2014

---

# Wüstenstrom für die Schweiz

Bericht in Erfüllung des Postulats 11.3411, Bastien Girod, 14. April 2011

---

Vom Bundesrat in seiner Sitzung vom 19.09.2014 gutgeheissen.



## Inhaltsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Zusammenfassung .....   | 1  |
| 1. Einleitung.....  | 2  |
| 1.1 Ausgangslage.....   | 2  |
| 1.2 Vorgehen zur Erfüllung des Postulats .....  | 2  |
| 1.3 Gegenstand.....   | 2  |
| 1.4 Inhaltsübersicht .....  | 3  |
| 2. DESERTEC, Ursprung und Umfeld.....   | 3  |
| 2.1 Ursprung und Ziele von DESERTEC.....  | 3  |
| 2.2 Konkurrierende oder ergänzende Projekte zu DESERTEC.....                            | 3  |
| 2.3 Betroffene Länder und lokale Energiepolitiken .....                                 | 4  |
| 3. Technische Gesichtspunkte und Machbarkeit.....                                       | 6  |
| 3.1 Wüstenstrom, geht die Rechnung auf? .....   | 6  |
| 3.2 Warum Sonne aus einer marokkanischen Wüste und keine norwegische Wasserkraft? ..... | 6  |
| 3.3 Transport erneuerbarer Energien über grosse Strecken .....                          | 7  |
| 3.3.1 Interkontinentale Stromnetze .....  | 7  |
| 3.3.2 Andere Transportmittel.....   | 8  |
| 4. Wirtschaftliche Gesichtspunkte .....   | 9  |
| 4.1 Konzentrierende Solarsysteme (CSP).....   | 9  |
| 4.2 Photovoltaik-Systeme .....  | 10 |
| 4.3 Technologievergleich.....   | 10 |
| 4.4 Wirtschaftlichkeit der nordafrikanischen Projekte.....                              | 11 |
| 5. Ökologische und soziale Gesichtspunkte .....   | 11 |
| 5.1 Umwelt- und Gesellschaftsnormen.....  | 11 |
| 5.2 Entwicklungszusammenarbeit oder Nutzung ausländischer Ressourcen? .....             | 12 |
| 6. DESERTEC und die Energiestrategie 2050.....  | 13 |
| 7. Bestehende Fördermassnahmen und private Initiativen.....                             | 15 |
| 7.1 Bestehende Fördermassnahmen des Bundes .....  | 15 |
| 7.2 Private Initiativen, Beispiel Airlight.....   | 16 |
| 8. Schlussfolgerung .....   | 17 |



## Zusammenfassung

DESERTEC ist ein «verführerisches» Konzept, um das Potenzial der Sonnenenergie in den Wüsten zu nutzen. Um den aktuellen Stromverbrauch der Schweiz zu 100 % mit Strom aus den Wüsten zu decken, müsste dort eine Bruttofläche mit Sonnenkollektoren bedeckt werden, welche der Fläche des Genfersees entspricht. Das heisst, mit den in der Wüste angewandten Technologien könnten rund  $15 \text{ W/m}^2$  (Bodenfläche) erbracht werden, Freiflächenanlagen in der Schweiz erbringen etwa die halbe Leistung. Würden die ungenutzten Dachflächen in der Schweiz verwendet, könnte jedoch mit heutigen Technologien eine durchschnittliche Produktion von  $17 \text{ W/m}^2$  (Dachfläche) ohne zusätzlichen Landverbrauch erzielt werden (Kapitel 3.1).

Wenn auch der Bau elektrischer Leitungen für den Transport der Energie aus der Wüste technisch machbar ist, ist die Übertragung mit Verlusten verbunden. Zudem besteht keine Gewissheit, dass die Versorgung Europas mit Strom aus der Wüste umwelt- und sozialverträglich wäre. Da die Zukunft des Stromabkommens ungewiss ist, ist auch unsicher, welchen Zugang die Schweiz zum europäischen Stromnetz haben wird, um über die europäische Netzinfrastruktur den Strom aus der Wüste zu importieren (Kapitel 6). Andere Transportmittel, wie die Umwandlung in Methan und Benützung der Transportinfrastruktur für Gas, sind ebenfalls denkbar (Kapitel 3.3).

Obschon bei seiner Entstehung 2009 interessant, ist das Konzept von DESERTEC durch die Kostenentwicklung der Photovoltaik bereits überholt. 2009 kostete die photovoltaische Produktion in Europa zwischen 60 und 90 Rp./kWh und die Solarstromproduktion in Nordafrika etwa 20 Rp./kWh. Mittlerweile kostet die photovoltaische Produktion in Deutschland zwischen 11 und 15 Rp./kWh und ist somit vergleichbar mit den Kosten der Solarstromproduktion in Nordafrika. Wird der Solarstrom jedoch in der Nähe der Verbraucher produziert und direkt in das Verteilnetz eingespeist, entstehen deutlich geringere Transportverluste (Kapitel 4.2).

Das Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum in den Mittelmeerländern – besonders in den Maghreb-Staaten und der Türkei – sorgt bei der Elektrizitätsnachfrage für zweistellige Wachstumsraten. Diese Länder haben einen zunehmenden Strombedarf und richten ihre interne Versorgung und ihre Energiepolitik mehr und mehr auf die erneuerbaren Energien aus (Kapitel 2.3). Ein Export nach Europa erscheint kurzfristig als eher unrealistisch. Die Idee hat auch zu Diskussionen über die Moralität unseres möglichen Verbrauchs erneuerbarer Ressourcen der Entwicklungsländer geführt, welche diese dringend selbst benötigen, während die gleichen Ressourcen auch in den entwickelten Ländern zur Verfügung stehen (Kapitel 5).

Aufgrund der Marktentwicklung bei der Photovoltaik sind mittlerweile auch kleine PV-Anlagen von einigen Dutzend kWp in der gebauten Umgebung in unseren Breiten ebenfalls konkurrenzfähig geworden (Kapitel 4.2). Unter diesen Umständen stellt sich die Frage, ob die Produktion im Ausland nicht eher eine Art von Verlagerung der Umweltbelastung ist (Kapitel 5.1) als eine konsequente Energiepolitik. Die Wahl ausländischer anstelle inländischer erneuerbarer Energien ist allerdings ein politischer Entscheid (Kapitel 3.2). Die Energiestrategie 2050 sieht vor, dass ein grosser Teil der schweizerischen Versorgung mit einheimischen erneuerbaren Energien gedeckt wird.

Dennoch ist es wichtig, dass die Schweiz ihre Zusammenarbeit mit den Ländern im Süden fortsetzt und die Forschung zur Energieproduktion in den Wüsten unterstützt. Die bestehenden Instrumente wie die Entwicklungszusammenarbeit, die technologische Forschung, die Exportrisikoversicherungen und die Vorzugskredite (Kapitel 7) müssen aufrechterhalten werden.



# 1. Einleitung

## 1.1 Ausgangslage

Das Postulat 11.3411 „Wüstenstrom für die Schweiz“ von Nationalrat Bastien Girod bittet den Bundesrat zu prüfen, mit welchen Massnahmen das Projekt DESERTEC sowie ähnliche Initiativen gefördert werden können. Der Postulant weist daraufhin, dass DESERTEC eine Initiative zur Förderung der Nutzung des enormen Energiepotenzials der Sonneneinstrahlung in der Wüste ist. Damit das Potenzial realisiert werden kann, müsse aber insbesondere die Investitionssicherheit vor Ort sowie der Transport der Energie nach Europa sichergestellt werden. Neben dem Potenzial für eine klimafreundliche und atomstromfreie Stromversorgung führt der Postulant noch weitere Gründe für eine Unterstützung seitens des Bundesrats an, so z.B. die Unterstützung seitens Deutschland, die geografische Lage sowie die Stromspeicherkapazitäten der Schweiz.

In seiner Stellungnahme vom 25. Mai 2011 hält der Bundesrat fest, dass er die Entwicklung von DESERTEC aufmerksam verfolgt. Seiner Ansicht nach ist es aber zu früh, an eine Realisierung derartiger Systeme zu denken. Aus diesem Grund erachtet er es auch als verfrüht, zum jetzigen Zeitpunkt Förderinstrumente zu prüfen. Er beantragt deshalb Ablehnung des Postulats. Der Nationalrat folgte dem Antrag des Bundesrats nicht und nahm Postulat in seiner Sitzung vom 9. Juni 2011 an.

## 1.2 Vorgehen zur Erfüllung des Postulats

Die Frage, ob Sonnenenergie in der Wüste für die schweizerische Stromversorgung genutzt werden kann, ist komplex. Sie berührt verschiedene Themen, wie z.B. Entwicklungshilfe, politische Stabilität der betroffenen Länder, energetische Unabhängigkeit der Schweiz, internationale Zusammenarbeit, technologischen Entwicklungen, Externalisierung von Umweltbelastungen usw. Dieser Bericht versucht Antworten auf diese Fragen zu geben.

Allerdings wurde die Idee von DESERTEC, die Solarenergie dort zu erzeugen, wo die Sonne am meisten scheint, um Verbraucher in Regionen mit weniger Sonneneinstrahlung mit Strom zu versorgen, durch die jüngsten technologischen und industriellen Entwicklungen der Photovoltaik auf den Kopf gestellt. DESERTEC wurde entwickelt, als die Solarenergie in Europa zwischen 60 und 90 Rp./kWh kostete. Inzwischen sind die Kosten für die produktivsten Solaranlagen in Deutschland auf rund 12 Rp./kWh gesunken. Dadurch ist ein Projekt wie DESERTEC wirtschaftlich nicht mehr derart attraktiv.

Im Rahmen einer neuen Energiepolitik und einem grundlegenden Überdenken des zukünftigen Energiesystems der Schweiz müssen dennoch alle technischen Möglichkeiten geprüft werden. Dazu gehört auch Wüstenstrom.

## 1.3 Gegenstand

Dieser Bericht untersucht die technischen Möglichkeiten von DESERTEC sowie mögliche Alternativen, technische und gesellschaftliche Grenzen, Umwelteinflüsse und schliesslich die wirtschaftliche Aspekte verschiedener Lösungen.

Im Zentrum steht dabei die Solarenergie, da sich das Postulat für die Produktion von Wüstenstrom interessiert. Der Bericht enthält aber auch Exkurse in andere Technologien erneuerbarer Energien. Dies darum, weil aussereuropäischen Regionen beispielsweise auch über grosse Wasserkraft- oder Biomasse-Potenziale verfügen.



## 1.4 Inhaltsübersicht

Um DESERTEC besser einordnen zu können, werden im nachfolgenden Kapitel das Projekt, sein Ursprung sowie sein Umfeld beschrieben. Im Kapitel 3 stehen technische Gesichtspunkte sowie die Machbarkeitsfrage im Zentrum. Das vierte Kapitel beleuchtet relevante wirtschaftliche Aspekte, während sich das fünfte Kapitel mit Umwelt- und Gesellschaftsnormen befasst. Im Kapitel 6 wird auf die Botschaft zum Import von Elektrizität und EE hingewiesen.

Um die mit dem Postulat gestellte Frage zu beantworten, werden im letzten Kapitel bestehende oder denkbare Möglichkeiten aufgezeigt, mit denen das Konzept DESERTEC unterstützt werden könnte.

## 2. DESERTEC, Ursprung und Umfeld

### 2.1 Ursprung und Ziele von DESERTEC

DESERTEC<sup>1</sup> ist eine Stiftung, die 2009 in Deutschland von einer Gruppe von Politikern, Wissenschaftlern und Industriellen gegründet wurde. Es handelt sich um eine unabhängige Initiative, die von Industriekreisen unterstützt wurde. Der Ursprung der Stiftung geht auf die Deutsche Gesellschaft Club of Rome zurück.

Der Grundgedanke der Stiftung DESERTEC ist die Schaffung eines euro-mediterranen Elektrizitätsnetzes, das mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen gespeist wird, der vor allem aus Anlagen in den Wüsten im Süden des Mittelmeeres entstammt. Da die Wüsten während des ganzen Jahres eine zuverlässige Sonneneinstrahlung empfangen und grosse ungenutzte Flächen aufweisen, könnten Tausende von Anlagen zur Gewinnung von Solarenergie errichtet werden.

Ausgehend von den Wüstenregionen hat die Stiftung DESERTEC ein Stromproduktions- und -verteilungskonzept entwickelt, das eine nachhaltige Entwicklung zum Ziel hat. Dieses Konzept kann sowohl im Mittelmeerraum als auch in anderen Regionen der Welt angewandt werden. Die Stiftung versteht sich als ein Beratungs- und Netzwerkzentrum, das auf diesem Konzept beruht. So organisiert sie beispielsweise Informationstagungen und erarbeitet Machbarkeitsstudien. Sie ist jedoch nicht befugt, Projekte zu entwickeln. Die Stiftung DESERTEC will vielmehr ein Marken-Image schaffen, das neben einem technischen Konzept für nachhaltige, grenzüberschreitende Energieprojekte auch ethische Werte wie Gesellschaftsentwicklung, Friedensförderung und Achtung der Umwelt vermittelt.

Neben der Stiftung DESERTEC ist 2009 unter dem Namen DESERTEC Initiative Industrielle (Dii)<sup>2</sup> eine Gesellschaft mit beschränkter Haftung geschaffen worden. Diese Gesellschaft wurde von Industrie-Partnern wie ABB, Deutsche Bank, Schott solar usw. gegründet. Die meisten dieser Partner befassen sich mit der Entwicklung von erneuerbaren Projekten und stellen der Dii ihr Fachwissen und ihre Produkte zur Verfügung, um das DESERTEC-Konzept in drei Ländern zu entwickeln: Marokko, Algerien und Tunesien.

### 2.2 Konkurrierende oder ergänzende Projekte zu DESERTEC

Neben dem DESERTEC-Konzept wurden viele Vorstösse unternommen, um die europäischen und nordafrikanischen Elektrizitätsmärkte anzunähern und die erneuerbaren Energien in den Wüstenregionen zu fördern. Das MedGrid<sup>3</sup> vereinigt zahlreiche, mehrheitlich französische Industriepartner wie Alstom, EDF und Areva. Es handelt sich um eine 2010 gegründete Aktiengesellschaft mit 20 Teilha-

<sup>1</sup> [www.desertec.org](http://www.desertec.org) Website der Stiftung DESERTEC

<sup>2</sup> [www.dii-eumena.com](http://www.dii-eumena.com) Website des Konsortiums Dii

<sup>3</sup> <http://www.medgrid-psm.com/>



bern. MedGrid ist allerdings eher auf die Entwicklung von Elektrizitätsnetzen im Mittelmeerraum ausgerichtet, mit dem Hauptziel, Strom aus erneuerbarer Energie zu übertragen.

Im Juli 2008 schufen 43 Staaten, wovon 28 europäische, die Union pour la Méditerranée (UPM)<sup>4</sup>. Mittels gemeinsamer nachhaltiger Grossprojekte soll eine Annäherung der Anrainerstaaten des Mittelmeeres stattfinden. Eines dieser Projekte ist der Plan Solaire Méditerranéen (PSM). Er will in grossen Zügen eine Solarenergieproduktion in den Wüsten entwerfen, um die Verbraucher rund um das Mittelmeer zu versorgen.

Die verschiedenen Organisationen sind unter einander verbunden. Die Unternehmung MedGrid wurde im Rahmen der Union pour la Méditerranée gegründet. Dii ist durch eine Partnerschaft mit dem Plan Solaire Méditerranéen verbunden. Die wichtigsten Richtlinien des PSM werden gegenwärtig von den 43 betroffenen Staaten ratifiziert.

Zeitgleich mit den Entwicklungsideen aus dem Norden entwerfen die betroffenen Länder südlich des Mittelmeeres ihre eigenen Pläne für die Entwicklung der erneuerbaren Energien. Marokko hat beispielsweise seit 1995 Pläne zur Elektrifizierung seiner ländlichen Zonen erarbeitet, von denen bis 2008 zehn Prozent mithilfe dezentraler Solarenergie verwirklicht wurden. König Mohammed VI gab den Anstoss zum 2010 bekanntgegebenen *Plan Solaire Marocain*, der zum Ziel hat, bis 2020 Solar- und Windkraftwerke mit einer Leistung von je 2000 MW zu errichten. Die marokkanische Solarenergie-Agentur MASEN<sup>5</sup> arbeitet mit DESERTEC, Dii und MedGrid zusammen.

Mit der *Nachbarschaftsinvestitionsfazilität (NIF)*<sup>6</sup> besteht ausserdem ein europäisches Programm zur Erleichterung und Sicherung von Investitionen in den Nachbarländern, vor allem in Infrastruktur- und Energieprojekte.

### 2.3 Betroffene Länder und lokale Energiepolitiken

Die Projekte von DESERTEC, Medgrid und Plan Solaire Méditerranéen betreffen die folgenden Länder: Algerien, Ägypten, Israel, Jordanien, Libanon, Libyen, Marokko, Palästina, Syrien, Tunesien, Armenien, Aserbajdschan, Weissrussland, Georgien, Moldawien, Ukraine, Russland und Türkei.

Die Länder, die über erhebliche erneuerbare Ressourcen verfügen, deren Stromnetze rasch verstärkt und mit Europa verbunden werden könnten und in denen die politische Lage solche Projekte ermöglichen würden, sind jedoch vor allem Algerien, Marokko, Tunesien und die Türkei.

Ein Vergleich der Energieversorgung von Algerien und Marokko mit der Schweiz (vgl. Tabelle 1) zeigt, dass die Herausforderungen in Nordafrika und in der Schweiz völlig unterschiedlich sind. Algerien und Marokko ist es zwar gelungen, ihre Länder nahezu vollständig zu elektrifizieren. Sie leiden gegenwärtig jedoch unter einer Zunahme der Stromnachfrage mit zweistelligen Wachstumsraten. Der Pro-Kopf-Stromverbrauch in Marokko und Algerien bleibt heute trotzdem noch um das Sechs- bis Zehnfache hinter jenem der Schweizer Bevölkerung zurück. Mit der Wirtschaftsentwicklung, der Erhöhung des Lebensstandards und der Bevölkerungszunahme wird die Stromnachfrage in diesen Ländern auch in den kommenden Jahren weiter massiv zunehmen. Diese Länder benötigen deshalb dringend die Entwicklung der Elektrizitätsproduktion für den eigenen Verbrauch.

<sup>4</sup> <http://ufmsecretariat.org/fr/> (keine deutsche Website)

<sup>5</sup> <http://www.masen.org.ma>

<sup>6</sup> [http://ec.europa.eu/europeaid/where/neighbourhood/regional-cooperation/irc/investment\\_de.htm](http://ec.europa.eu/europeaid/where/neighbourhood/regional-cooperation/irc/investment_de.htm)



**Tabelle 1 : Elektrizitätsporträts von Algerien, Marokko und der Schweiz<sup>7</sup>**

|  | <b>Algerien</b>                               | <b>Marokko</b>  | <b>Schweiz</b>   |
|--|---|---|--|
| Elektrifizierungsgrad                        | 98,6% in 2010                                 | 98% in 2012   | 100%   |
| Stromverbrauch je Einwohner                  | 820 kWh/a                                     | 1100 kWh/a  | 8100 kWh/a   |
| Zunahme des Stromverbrauchs                  | ca. 10% im Jahr                               | ca. 10% im Jahr   | 0 bis 4% im Jahr   |
| Erneuerbarer Anteil am produzierten Strommix | 0,18%   | 9%  | 55%  |
| Strommix (2011)                              | Öl 6%<br>Erdgas 94%<br>Hydro 1%<br>Export -1% | Kohle 39%<br>Öl 22%<br>Erdgas 14%<br>Hydro 7%<br>übrige<br>Erneuerbare 2%<br>Import 16% | Kernkraft 40%<br>Erdgas 1%<br>Hydro 51%<br>übrige<br>Erneuerbare 4%<br>Import 4% |

Als Erdöl- und Erdgas-Produzent stellt sich für ein Land wie Algerien ein weiteres makroökonomisches Problem: Der zunehmende Energieverbrauch des Landes kanibalisiert schrittweise den Export von Erdölprodukten. Um die Wirtschaft oder die soziale Entwicklung zu fördern, werden die Erdölprodukte im Inland subventioniert oder zu sehr tiefen Preisen verkauft. Weder Privatpersonen noch Unternehmer sind dadurch motiviert, Energie zu sparen. Der Verbrauchsanstieg verläuft deshalb sehr steil. Können die Fördermengen des Erdöls nicht erhöht werden, sinken die Exporte und werden vom internen Verbrauch eingeholt, was wiederum dazu führen kann, dass die Staatseinnahmen einbrechen.

Mehrere Erdölstaaten interessieren sich deshalb für die Produktion von erneuerbaren Energien mit dem Ziel, den internen Verbrauch von Erdöl zu senken und den Export zu maximieren, um die Erdöleinkünfte aufrecht zu erhalten.

Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass die Mittelmeerländer, ob Erdölproduzenten oder nicht, strategische Interessen haben, die einheimischen erneuerbaren Energien primär für ihren Eigenverbrauch und ihre energetische Unabhängigkeit zu verwenden.

<sup>7</sup> Quelle: IEA und diverse



### 3. Technische Gesichtspunkte und Machbarkeit

#### 3.1 Wüstenstrom, geht die Rechnung auf?

Das Projekt DESERTEC begründet die Nutzung der Sonnenenergie in der Wüste wie folgt:

*„Etwa 1% der Wüstenfläche der Erde würde rein rechnerisch ausreichen, die ganze Menschheit mit Energie zu versorgen. Hinzu kommt, dass die Bevölkerungsdichte in den meisten Wüstengebieten vergleichsweise niedrig ist und Flora und Fauna sehr spärlich sind, wenn auch wegen ihrer Einzigartigkeit besonders schutzbedürftig.“<sup>8</sup>*

Wird die Jahresproduktion eines solarthermischen Konzentrators geteilt durch die Zahl der Stunden pro Jahr, durch die von der Anlage bedeckte Bodenfläche und durch den Wirkungsgrad der Energieumwandlung, ergibt sich theoretisch eine kontinuierliche durchschnittliche Leistung von  $15\text{W/m}^2$  Bodenfläche.<sup>9</sup> Im Vergleich dazu könnte mit einer Freiflächenanlage in der Schweiz eine durchschnittliche Leistung von maximal etwa  $8\text{W/m}^2$  Bodenfläche erzielt werden.

Der Gesamtenergieverbrauch weltweit beträgt durchschnittlich ungefähr  $15'000$  GWh/h. Theoretisch könnte also mit einer Fläche von  $1'000$  km mal  $1'000$  km in den Wüsten der gesamte Energieverbrauch der Welt gedeckt werden.

Wird im Rahmen von DESERTEC primär die Stromversorgung betrachtet, so wäre für die Versorgung von rund einer Milliarde Menschen in Europa und dem Mittelmeerraum mit einem angenommenen Stromkonsum von kontinuierlich  $1'000$  W/Person (Durchschnitt Schweiz) eine Fläche von rund  $250$  km mal  $250$  km notwendig, was etwa eineinhalbmals der Fläche der Schweiz entspricht.

Die Schweiz verbraucht zurzeit eine durchschnittliche kontinuierliche Leistung von  $1'000$  W Strom pro Einwohner. Um den gesamten Stromverbrauch der Schweiz aus den Wüsten zu decken, wäre somit eine Fläche von rund  $500$  km<sup>2</sup> notwendig. Das entspricht knapp der Fläche des Genfersees. Selbstverständlich müsste diese Energie noch in die Schweiz transportiert und allenfalls gespeichert werden.

Allerdings können auch in den europäischen Ländern die bereits bebauten Flächen (Hausdächer, Parkhäuser u. ä.) mit Solarpanels ausgerüstet werden. Da solche bestehenden Infrastrukturf lächen zu praktisch 100 % bedeckt werden können und keine zusätzliche Infrastrukturbauten zur Erschliessung notwendig sind, kann in diesem Fall auch hierzulande mit einer kontinuierlichen photovoltaischen Jahresproduktion von  $17\text{W/m}^2$  (Dachfläche) gerechnet werden.<sup>10</sup> Energetisch ist es deshalb wenig sinnvoll, die Sonne auf dem fernen Wüstenboden zu suchen, solange in der Umgebung der Konsumenten ungenutzte Dachflächen zur Verfügung stehen.

#### 3.2 Warum Sonne aus einer marokkanischen Wüste und keine norwegische Wasserkraft?

Die Sonnenenergie fällt in der Wüste mit grosser Regelmässigkeit an. Es gibt (nahezu) keine Regentage und die Luft ist nicht von Feuchtigkeit gesättigt (Wolken), die das Licht zerstreut. Die hohen Temperaturen und die nahezu ununterbrochene Einstrahlung während des Tages machen hier die solarthermischen Konzentratoren effizienter als im Norden. Schliesslich sind die Tage näher beim Äquator im Winter länger als in den mittleren Breiten. Weil im Winter der Strombedarf für die Kühlung in den

<sup>8</sup> Aus dem Englischen übersetzt: *“About 1% of the desert surface of the earth would be enough, in theory, to provide all humankind with energy. In addition, population density in most desert areas is comparatively low, and flora and fauna are very sparse, although because of their uniqueness they are particularly vulnerable.”*

<sup>9</sup> David J.C. MacKay, *“L'énergie durable, pas que du vent”*, Seite 245.

<sup>10</sup> Ein Solarmodul hat einen Wirkungsgrad von 15%. Ein m<sup>2</sup> erzeugt somit im Durchschnitt  $150\text{kWh/m}^2$  pro Jahr. Dieser Wert geteilt durch 365 Tage und 24 Stunden im Tag ergibt etwa  $17\text{W/m}^2$ .



nordafrikanischen Ländern deutlich zurückgeht, wäre Sonnenenergie aus der Wüste gerade auch im Winter interessant.

Dennoch lautet die unterschwellige Frage dieses Postulats anders: Welche aussereuropäischen erneuerbaren Energien könnten für die schweizerische Energieversorgung in Frage kommen? Auf der Erde sind viele erneuerbare Energiequellen verfügbar, wie Wind, Erdwärme, Gezeitenkraft, Biomasse oder Wasserkraft, die genauso wie die Wüstensonne theoretisch die Bedürfnisse der Menschheit zu decken vermögen.

Norwegen z.B. erzeugt nahezu 99 % seiner Elektrizität mit Wasserkraft und schöpft bloss 50 % seines hydraulischen Potenzials aus. Die noch nicht erschlossene potenzielle Produktion liegt in der Grössenordnung von 125 TWh<sup>11</sup>, was etwa dem doppelten Strombedarf der Schweiz entspricht.

Anderes Beispiel: In mehreren Ländern Osteuropas wie auch in Russland dehnt sich der Wald auf kultiviertes Land aus. Aus diesem Grund verfolgt Ungarn z.B. eine Energiepolitik, welche die Nutzung der Biomasse stark entwickeln will.<sup>12</sup> Kohlekraftwerke werden schrittweise in Holz- oder Biomassekraftwerke umgewandelt, wie in der Stadt Pécs.<sup>13</sup>

Nicht nur im Süden, auch andernorts in und um Europa gibt es somit zahlreiche Potenziale für die Nutzung erneuerbarer Energien.

### 3.3 Transport erneuerbarer Energien über grosse Strecken

#### 3.3.1 Interkontinentale Stromnetze

Für die Energieübertragung von der MENA (Middle East und North Africa) Region nach Kontinentaleuropa müssen beträchtliche Distanzen überwunden werden. Die Übertragung von elektrischer Energie über Distanzen dieser Grössenordnung ist praktisch nur mittels HGÜ-Technik (Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung) möglich. Die Überwindung der Strecke durch das Mittelmeer stellt technisch kein unüberwindbares Hindernis dar. Bereits heute sind zwischen Spanien und Marokko zwei 400kV-Leitungen mit je 700 MW in Betrieb. Die längste und seit 2008 kommerziell betriebene off-shore HGÜ Leitung ist der 580 km lange NorNed Link zwischen Norwegen und den Niederlanden ( $\pm 450$  kV und 700 MW). Die längste on-shore HGÜ Leitung wird zurzeit in China über eine Distanz von 2'071 km betrieben ( $\pm 800$  kV und 6'400 MW), in Brasilien soll noch 2014 eine 6'300 MW Leitung über 2'375 km eröffnet werden. Dies zeigt, dass die Distanzen zwischen der MENA-Region und Kontinentaleuropa grundsätzlich durch HGÜ Technik überbrückt werden können.

Grösster Vorteil von HGÜ sind kleinere Verluste im Gegensatz zur Wechselstrom-Übertragung und bei Verwendung modernster Umrichtertechnologie die Fähigkeit für Blindleistungsregelung. Bis heute können HGÜ-Leitungen allerdings lediglich als Punkt-zu-Punkt Verbindungen, nicht jedoch als vermaschte Systeme betrieben werden. Grund dafür ist das Fehlen kommerziell einsetzbarer Gleichstromschalter. Durch die fehlende Vermaschung ist die (n-1)-Sicherheit aus topologischen Gründen nicht gegeben; bei einem Unterbruch auf einem Teilstück der Leitung kann der Strom nicht über alternative Wege zum Ziel geleitet werden. Dieser Aspekt ist insbesondere im Zusammenhang mit der zum Teil instabilen politischen und gesellschaftlichen Lage in den betroffenen Transitländern zu beachten. Neuste Entwicklungen von prototypischen HGÜ-Schaltelementen könnten in nächster Zeit die Entstehung von vermaschten HGÜ-Netzen ermöglichen, so dass die (n-1)-Sicherheit positiver zu beurteilen

---

<sup>11</sup> Norwegian University for Science and Technology in Trondheim, Department for electric energy, Prof. Gerard Doorman, 14.10.12.

<sup>12</sup> [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/hungary2011\\_web.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/hungary2011_web.pdf)

<sup>13</sup> <http://biomasse-pannonpower.dalkia.com/>



wäre. Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass in den nächsten Jahren die HGÜ-Verknüpfung der MENA Region mit Kontinentaleuropa technisch machbar wird.

Sowohl für die Ausbauplanung als auch für den Betrieb eines HGÜ-Netzes ist eine koordinierte Zusammenarbeit aller involvierten Akteure unumgänglich. Für die Planung muss eine gesamthafte Optimierung der neu zu erstellenden Transportkapazitäten angestrebt werden, dies bedingt gemeinsame Planungsgrundsätze. Der Betrieb eines vermaschten HGÜ Netzes (nicht nur Punkt-zu-Punkt Verbindung) ist heute nicht erprobt. Das HGÜ-„Netz“ mit zurzeit komplexester Topologie ist eine Sequenz von zwei linearen Teilstücken mit drei Konverterstationen zwischen Quebec (Kanada) und New England (USA). Die Verknüpfung der Wechselstrom- und Gleichstromnetze über Konverterstationen bedingt eine Koordination der Betriebskonzepte aller zusammengeschlossenen Netze. Eine wichtige Grundlage für den stabilen Betrieb ist dabei der Austausch von real-time-Daten zum Systemzustand über die gesamte Reichweite des HGÜ Netzes. Neben den technischen Fragestellungen erscheint auch die Erarbeitung und Etablierung eines regulatorischen Rahmens für die verschiedenen Aktivitäten der diversen Akteure über Länder- und Kontinentalgrenzen hinweg als eine grosse Herausforderung.

**Fazit:** HGÜ Technik ermöglicht heute den Punkt-zu-Punkt Transport von grossen elektrischen Leistungen (ca. 6 GW) über extreme Distanzen (ca. 2'300 km). Der Betrieb eines vermaschten Netzes ist mit heutigen kommerziellen Komponenten noch nicht, in Zukunft jedoch potenziell möglich. Grösste Herausforderungen stellen die koordinierte Zusammenarbeit aller Akteure für die Planung und den Betrieb, sowie die Etablierung eines regulatorischen Rahmens zur effizienten ökonomischen und technischen Nutzung eines HGÜ-Netzes dar.

### 3.3.2 Andere Transportmittel

Das Projekt DESERTEC schlägt vor, ein euro-mediterranes Supergrid zu entwickeln, um elektrische Energie über weite Distanzen zu transportieren. Diese Idee beruht auf der Einschätzung, dass es im Einzugsgebiet der beiden Kontinente stets irgendwo Sonne oder Wind hat und die Konsumenten mit den verfügbaren Produzenten verbunden werden müssen. Da die Produktion von Solarenergie eher im Süden liegt, würde es in erster Linie darum gehen, den Solarstrom aus dem Süden des Mittelmeeres nach Europa zu leiten oder die Windenergie vom Norden nach Südeuropa zu übertragen. Der Bau von Übertragungsleitungen stösst in der Bevölkerung allerdings auf starken Widerstand. Deshalb gibt es keine Garantie, dass es möglich sein wird, eine ausreichende Zahl von Stromleitungen durch ganz Europa zu errichten.

In Europa wird zunehmend die Frage der Speicherung der erneuerbaren Energien diskutiert. Dies gilt auch für die Schweiz, obwohl es hierzulande mit dem gegenwärtigen Produktionsanteil der neuen erneuerbaren Energien in Verbindung mit den Stauanlagen kurz- und mittelfristig kein Speicherproblem geben wird.

In diesem Zusammenhang ist das Konzept „Power-to-Gas“ entstanden. Mit (erneuerbarer) Elektrizität kann erst Wasserstoff und dann durch Binden von CO<sub>2</sub> Methan erzeugt werden. Wasserstoff (in geringen Mengen) und das Methan können anschliessend in die bestehenden Gasleitungen eingespeist werden. Die Gasnetze verfügen über grosse Speicherkapazitäten und können mehrere Dutzend GW Leistung transportieren.

Es stehen sich hier mehrere Denkschulen zwischen einer völlig dezentralen Stromproduktion, die nach Anstrengungen auf der Ebene der Verteilnetze ruft, und einer teilweise dezentralen Produktion, die eine Verstärkung der Hoch- und Tiefspannungsnetze erfordert gegenüber.



## 4. Wirtschaftliche Gesichtspunkte

Ausgehend von der Sonnenenergie gibt es hauptsächlich zwei Energieproduktionstechniken. Die *konzentrierenden Solarsysteme* eignen sich nur für die Stromproduktion in Regionen mit starker direkter Sonneneinstrahlung wie in den Wüsten ( $2'000 \text{ kWh/m}^2/\text{Jahr}$ ). In Regionen mit einem grösseren Anteil an diffuser Strahlung eignen sich *photovoltaische Systeme* besser.

### 4.1 Konzentrierende Solarsysteme (CSP)

In sogenannten CSP-Kraftwerken (von engl. Concentrated Solar Power) konzentrieren Spiegel die Sonneneinstrahlung auf einen Punkt oder eine Oberfläche. Die konzentrierte Energie kann so eine Flüssigkeit erhitzen (wie Wasser, Salzwasser oder Öl) und schliesslich zur Produktion von Dampf verwendet werden. Über eine Dampfturbine wird danach Strom erzeugt.



**Bild 1: Konzentrierendes Solarkraftwerk in Sevilla, Spanien (Foto: Marc Muller)**

Gemäss der Internationalen Energie-Agentur<sup>14</sup> kosteten solche Anlagen 2011 zwischen 4,2 und 8,4 USD/W. Das Kostenreduktionspotenzial bewegt sich bis zum nächsten Dezennium im Bereich von 30 bis 40 %, wie die IEA weiter schreibt. Diese Investitionskosten ermöglichen für die besten Anlagen Produktionskosten von 140 USD/MWh, was etwa 13 Rp./kWh entspricht. Allgemein gilt: Je grösser die Kraftwerke, umso preisgünstiger die erzeugte Energie. Mit dem Programm „Sunshot“ will das amerikanische Energiedepartement die Produktionskosten der CSP-Kraftwerke vor 2020 auf 6 Rp./kWh senken.<sup>15</sup>

Die Bauzeit von konzentrierenden Solarsystemen ist aufgrund der Vielzahl von mechanischen Komponenten relativ lang und kann mehrere Jahre dauern. Je grösser diese Anlagen sind, umso eher können die Herstellungsprozesse rationalisiert, Erfahrungen gesammelt und die Unterhaltskosten gesenkt werden. Solche Anlagen sind deshalb ganz besonders für Standorte geeignet, an denen es viel Platz hat und die visuellen Auswirkungen nicht massgebend sind (z.B. nordafrikanische Wüsten oder Süden der USA). Die gegenwärtig im Bau befindlichen Anlagen in Spanien, Marokko und Saudi-Arabien leisten oft mehrere Hundert MW.

Einer der bedeutenden Vorteile der Konzentrationstechnologien besteht darin, dass ihre Leistung flexibel ist. Die Anlagen erzeugen in der Regel Dampf, der nahezu ohne Verluste während einiger Stunden gespeichert werden kann. Je nach Bemessung der Dampfturbine kann Spitzenenergie oder rund um die Uhr Bandenergie erzeugt werden.

<sup>14</sup> Solar Energy Perspectives 2011, Internationale Energie-Agentur.

<sup>15</sup> Quelle: <http://energy.gov/eere/sunshot/sunshot-initiative>



## 4.2 Photovoltaik-Systeme

Die Solarzellen photovoltaischer Technologien reagieren mit den Photonen der Sonne und wandeln sie direkt in Elektrizität um. Die Zellen sind in Serie geschaltet, um eine Spannung zu erreichen, die im Stromnetz verwendet werden kann. Diese Kraftwerke können leicht in die gebaute Umwelt eingefügt werden, wie es das untenstehende Foto zeigt.



**Bild 2: Gebäudeintegrierte PV-Anlage in Mettmenstetten, Schweiz (Foto: [www.bipv.ch](http://www.bipv.ch))**

Auch die photovoltaischen Systeme erbringen die beste Leistung bei direkter Sonneneinstrahlung, produzieren aber auch Strom bei Bewölkung oder im Schatten. In den gemässigten Breiten eignet sich diese Technologie deshalb besser. Der Preis solcher Anlagen hing vor einigen Jahren stark von den Kosten der Solarzellen ab. Mit der Industrialisierung der Solarsysteme sind die Preise der Photovoltaik-Module und der anderen Bestandteile einer Solaranlage buchstäblich eingebrochen. Das Bundesamt für Energie (BFE) hatte den Selbstkostenpreis einer grossen Photovoltaik-Anlage 2009 noch mit 60 Rp./kWh über 25 Jahre berechnet. Dieser Preis ist bis 2014 auf 19,1 Rp./kWh über 20 Jahre gesunken. Da der Strom meist in der Nähe des Verbrauchs produziert wird, entfallen Transformations- und Übertragungsverluste.

Photovoltaik-Anlagen werden zunehmend in die Bauelemente eingefügt (Fassade, Ziegel, Fenster o. ä.). So können bei Neubauten in Zukunft die zusätzlichen Kosten für die Energiegewinnung an den Gebäuden gering gehalten werden. Einer Baufirma verursacht es kaum zusätzlichen Kosten, wenn ein Arbeiter einen Solarziegel anstelle eines herkömmlichen Ziegels verbaut. Die Verringerung der Kosten für die Solarenergieproduktion wird demnach in Zukunft nicht notwendigerweise über grössere Anlagen führen, sondern über die Integration dieser Technologien in die gebaute Umwelt, direkt auf den Baustellen.

## 4.3 Technologievergleich

Im Vergleich zur Schweiz gewährt Deutschland deutlich tiefere Einspeisetarife für Strom aus PV-Anlagen. Die grösseren Anlagen erhalten einen Vergütungstarif von umgerechnet 11,6 Rp./kWh. Dieser Tarif liegt heute unter den Produktionskosten der CSP-Kraftwerke in einer Wüste südlich des Mittelmeeres.

Der Vergleich der Vergütungen in Europa mit den Gestehungskosten von nordafrikanischen Anlagen ist allerdings sehr theoretisch. Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen in den verschiedenen Ländern sind nicht vergleichbar. Zudem muss mit unterschiedlichen Verzinsungen und Abschreibungsdauern gerechnet werden. Darüber hinaus kann eine kWh, die in ein marokkanisches Netz eingespeist wird, nicht mit einer kWh verglichen werden, die in ein Verteilnetz neben einem Verbraucher in



der Schweiz fliesst. Im besten Fall kann die „schweizerische“ kWh gleich vor Ort verbraucht werden, während die marokkanische kWh eine Hochspannungsleitung und eine Reihe von Transformatoren durchlaufen muss, bis sie über das schweizerische Netz verteilt werden kann.

Bei einem Vergleich der Technologien muss auch berücksichtigt werden, dass bei CSP-Kraftwerken die Grundinvestitionen in die Dampfturbinen und Stromgeneratoren so wie die Erschliessungskosten sehr hoch sind. Solche Kraftwerke werden deshalb erst ab mehreren MW Leistung überhaupt wirtschaftlich und die Gestehungskosten nehmen mit zunehmender Grösse weiter ab. Photovoltaik-Anlagen sind demgegenüber beinahe beliebig skalierbar. Ein Skaleneffekt bei den Gestehungskosten gibt es zwar auch hier, dieser spielt sich jedoch in einem bedeutend kleineren Leistungsumfang ab. Bei Anlagen von über 100 kW sind die Skaleneffekte marginal.

#### **4.4 Wirtschaftlichkeit der nordafrikanischen Projekte**

Um abzuschätzen, ob ein Projekt profitabel ist oder nicht, müssen verschiedene Parameter berücksichtigt werden, so z.B. die Zahl der Amortisationsjahre, die Kreditbedingungen, die Verfügbarkeit der Anlage in Abhängigkeit seiner Wartung usw. Viele dieser Parameter können nicht einfach von einem Land in ein anderes übertragen werden. Ist ein Land wirtschaftlich und politisch wenig stabil, kann dies den Zugang zu Krediten erschweren. Ebenso sind die Unterhaltskosten in Ländern, in denen ansässige Unternehmen wenig Erfahrung mit einer Technologie haben, üblicherweise höher. Auch wird unter unsicheren Umständen ein Geldgeber keine Amortisation seiner Investition über 20 Jahre, sondern eher über 5 bis 7 Jahre fordern. Dies sind Gründe, die in den Entwicklungsländern die Förderung der erneuerbaren gegenüber den fossilen Energien behindert, selbst wenn sie als gewinnträchtig erscheinen könnten.

Hinzu kommt, dass erdgas- oder erdölproduzierende Länder wie Algerien über sehr vorteilhafte Einkaufsbedingungen für fossile Brennstoffe verfügen, womit die Solarenergie in solchen Länder kaum konkurrenzfähig werden kann.

Wie im Kapitel 2.3 erwähnt darf nicht bloss der Energiepreis in Betracht gezogen werden. Es gibt viele strategische Interessen, die für die Entwicklung der erneuerbaren Energien sprechen. Als die Solarenergie vor fünf Jahren 60 Rp./kWh kostete, war sie ein Luxus. Heute jedoch liegen die Preise zwischen 10 und 15 Rp./kWh. Die Mittelmeerländer haben ein klares Interesse, die neuen Energien für sich selbst zu entwickeln. Das beste Beispiel ist der Plan Solaire Marocain, der bis 2020 den Bau von 2'000 MW Solarenergie und 2'000 MW Windenergie anstrebt.

## **5. Ökologische und soziale Gesichtspunkte**

### **5.1 Umwelt- und Gesellschaftsnormen**

#### *Produktionspotenziale und Verlagerung der Umweltbelastung*

Kraftwerksprojekte, auch solche zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen, müssen in der Schweiz strenge Normen betreffend Umweltschutz und Raumplanung erfüllen. Grössere Projekte müssen zudem einen demokratischen Prozess mit Einsprachemöglichkeiten bis hin zu Volksabstimmungen durchlaufen. So müssen beispielsweise auch Planer von Windkraftanlagen Umweltverträglichkeitsprüfungen durchführen und im Falle von starken Auswirkungen auf Umwelt oder Gesellschaft ihr Projekt aufgeben oder bedeutende Gegenleistungen erbringen.

Solche Normen sind einerseits notwendig, um einen minimalen Umweltschutz und Lebensqualität zu gewährleisten. Andererseits verringern sie unter Umständen die verwertbaren Potenziale und den



energetischen Wirkungsgrad von Stromerzeugungsanlagen oder verhindern die Nutzung solcher Potenziale gänzlich. Diese Normen sind in der Schweiz das Resultat demokratischer Prozesse und werden auf verschiedenen politischen Ebenen zwischen den betroffenen Interessenverbänden und der Bürgergesellschaft ausgehandelt. Die Praxis, die Erfahrung und der Dialog ermöglichen es über die Jahre, ausgeglichene Lösungen zu finden.

Länder, die keine derartigen politischen Werkzeuge für die Mitwirkung kennen, verfügen über grössere umsetzbare Potenziale. Aus rein wirtschaftlicher Sicht könnte man beispielsweise zum Schluss kommen, Windkraftanlagen sollten sich eher an Orten befinden, wo weniger strenge Bestimmungen zum Landschaftsschutz gelten, wie z.B. an einer Küste des Maghreb, selbst wenn dort die Windverhältnisse weniger gut sind als an gewissen Standorten in der Schweiz. Die störenden Auswirkungen befinden sich „bei den anderen“.

Studien<sup>16</sup> im Rahmen der Arbeiten zur Energiestrategie 2050 des Bundesrats zeigen, dass mit Energieeffizienz und der Nutzung erneuerbarer Energien 100 % unseres Strombedarfs im Inland gedeckt werden kann, dies unter Einhaltung der bestehenden Umweltschutz- und anderen gesellschaftlichen Normen. Bis wann dieses technische Potenzial ausgeschöpft werden kann, ist abhängig von den politischen Entscheidungen sowie den Kosten und Belastungen, welche die Bürgergesellschaft zu tragen bereit sein wird.

Bei der Erfüllung des Postulats muss auch die Frage aufgeworfen werden, ob sich die Schweiz für die Produktion erneuerbarer Energien im Ausland interessiert, weil dort tatsächlich die Potenziale grösser sind oder ob diese Potenziale nur deshalb wirtschaftlicher sind, weil die Umweltschutznormen und die sozialen Standards weniger streng sind. Diskutiert wurde diese Frage insbesondere in Zusammenhang mit Investitionen von Schweizer Unternehmen in Kohlekraftwerke im Ausland. Ein Bau solcher Werke wäre in der Schweiz derzeit nicht realisierbar (vgl. dazu Motion 12.3922 „Konkretisierung der aussenpolitischen Grundsätze der Schweiz. Keine Unterstützung der Energieerzeugung aus Kohlekraftwerken“ von Nationalrat Josias Gasser, 28. September 2012).

#### *Verlagerung von Treibhausgasemissionen*

Die europäischen Länder sind auf dem Gebiet der CO<sub>2</sub>-Emissionen zwingenden Verpflichtungen unterworfen. Das ist in Ländern wie in Algerien oder Marokko nicht der Fall. Falls neue Stromleitungen Europa mit diesen Ländern verbinden, wird es unmöglich sein, die erneuerbaren Elektronen von den fossilen Elektronen aus den Gas- und Kohlekraftwerken in diesen Ländern zu unterscheiden. Dies würde nicht nur zu wettbewerblichen Nachteilen für europäische Produzenten (die zwingenden CO<sub>2</sub>-Vorschriften unterworfen sind) gegenüber den aussereuropäischen Produzenten führen. Es bestünde auch ein erhebliches Risiko, dass Treibhausgasemissionen in den Süden verlagert werden.

## **5.2 Entwicklungszusammenarbeit oder Nutzung ausländischer Ressourcen?**

Manchmal wird der Ausdruck „grüner Kolonialismus“ verwendet, um politische oder Wirtschaftsförderungsmassnahmen anzuprangern, die in den Bereichen Energie und Umweltschutz als invasiv beurteilt werden. Der Begriff ist nicht genau umschrieben und wird eher rhetorisch verwendet. Das Konzept kann jedoch ziemlich genau in der folgenden Weise beschrieben werden.

Einzelne Länder mit grosser Wirtschaftsmacht haben in der Vergangenheit (oder auch heute noch) unter dem Vorwand der Entwicklungshilfe eigene Wirtschafts- und Exportförderung betrieben oder sich den Zugang zu fremdländischen Ressourcen erleichtert. Falls ein Land in einem anderen Land Investitionen tätigt mit dem vorrangigen Ziel, die eigene Wirtschaft oder den eigenen Arbeitsmarkt anzukurbeln, handelt es sich nicht um Entwicklungszusammenarbeit.

<sup>16</sup> Prognos, „Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050“, Basel, 2012



In der Entwicklungszusammenarbeit geht es vielmehr darum, die örtlichen Bedürfnisse (Know-how, Produktionsmittel, Materialien usw.) zu ermitteln und dann abzuwägen, wie Länder, die wirtschaftlich, organisatorisch oder technologisch weiter entwickelt sind, diese Regionen selbstlos unterstützen können.

Diese Definition erscheint selbstverständlich, wird jedoch im Rahmen von sogenannten „sauberen“ Energieprojekten und ganz allgemein bei Konzepten der nachhaltigen Entwicklung von Neuem diskutiert. Unter dem Deckmantel der Produktion erneuerbarer Energie erscheint zuweilen plötzlich wieder annehmbar, was unter anderen Umständen als unannehmbar gilt, wie zum Beispiel die Umsiedlung der einheimischen Bevölkerung mit dem Ziel, eine Staumauer für ein Wasserkraftwerk zu bauen. Der Ausdruck „grüner Kolonialismus“ kann damit einen gewissen Sinn bekommen.

## 6. DESERTEC und die Energiestrategie 2050

Mit der Energiestrategie 2050 sollen unter anderem der Endenergie- und der Stromverbrauch reduziert, der Anteil der erneuerbaren Energien erhöht und die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen gesenkt werden. Dies, ohne die bisher hohe Versorgungssicherheit und die preiswerte Energieversorgung in der Schweiz zu gefährden.

Die grenzüberschreitenden Stromflüsse und der Austausch mit den angrenzenden Ländern bleiben wichtig und sind selbstverständlich weiterhin vorgesehen. Eine direkte Unterstützung von Projekten im Ausland seitens des Bundes ist nicht vorgesehen. Die Botschaft des Bundesrates zum ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050 vom 4. September 2013 fasst das europäische Umfeld wie folgt zusammen:

### Energie- und Klimapolitik in der EU

Die EU hat im Jahr 2009 ehrgeizige energie- und klimapolitische Ziele für das Jahr 2020 verabschiedet: Senkung der Treibhausgasemissionen um 20 % im Vergleich zu 1990, Ausbau des Anteils erneuerbarer Energien auf 20 % und Verbesserung der Energieeffizienz um 20 % im Vergleich zu einer Entwicklung ohne neue Massnahmen (20-20-20-Ziele).

Im Rahmen des Klima- und Energiepakets hat die EU die Richtlinie 2009/28/EG21 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (RES-Richtlinie) erlassen. Gemäss der RES-Richtlinie soll innerhalb der EU bis 2020 ein Ziel von 20 % erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch erreicht werden, gegenüber 8,9 % im Jahr 2006. Von diesem übergeordneten Ziel werden verbindliche nationale Ziele für die einzelnen Mitgliedstaaten abgeleitet.

Im Dezember 2011 hat die EU-Kommission ihren Energiefahrplan 2050 veröffentlicht. Die Kommission kommt zum Schluss, dass die Verbesserung der Energieeffizienz in allen Dekarbonisierungsszenarien Priorität hat. Zudem sei ein höherer Anteil erneuerbarer Energien eine Hauptvoraussetzung für ein nachhaltiges und sicheres Energiesystem. Zurzeit laufen in der EU Überlegungen, wie die 20-20-20-Ziele bis 2030 ausgeweitet werden könnten. Es werden verschiedene Optionen in Betracht gezogen: stärkerer Fokus auf das Emissionshandelssystem und weniger Fördergelder, stärkere europäische Harmonisierung der Fördersysteme oder neue verbindliche Ziele bis 2030. Ein Zwischenbericht der EU vom März 2013 zeigt auf, dass sich das Ausbautempo für erneuerbare Energien infolge der Finanzkrise verlangsamt hat und ohne zusätzliche Massnahmen das 20er-Ziel verfehlt werden dürfte.

Am 23. Januar 2014 hat die Europäische Kommission das Energie- und Klimapakets 2030 vorgestellt. Die Hauptziele dieses Pakets sind die Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2030 um 40 % gegenüber 1990, einen Anteil der erneuerbaren Energien von 27 % des Gesamtenergieverbrauchs bis 2030, eine Überprüfung der Energieeffizienzrichtlinie sowie eine Reform des Emissionshandelssy-



stems. Am 23. Juli 2014 hat die EU-Kommission das Energieeffizienzziel bis 2030 präzisiert und auf 30 % Effizienzgewinn gegenüber 2007 festgelegt. Die Verabschiedung des Energie- und Klimapakets 2030 durch den EU-Ministerrat ist für Oktober 2014 vorgesehen.

### **Entwicklung des Strommarkts Europa**

Die Stromwirtschaft in Europa befindet sich im Umbruch. Grund dafür ist nicht einzig das Reaktorunglück in Fukushima und die daraufhin in einigen Ländern eingeläutete Energiewende, sondern ebenso die erwähnten 20er-Ziele der Klimaschutz- und Energiepolitik der EU.

In diesem Zusammenhang begannen einige europäische Länder, den Ausbau der erneuerbaren Energien massiv zu fördern. Konventionelle Kraftwerke werden dadurch aus dem Markt verdrängt. Dies hat auch Auswirkungen auf den Betrieb und die Rentabilität von Pumpspeicherkraftwerken in der Schweiz. In Europa werden als Folge der bestehenden Preisdifferenzen Gaskraftwerke durch Kohlekraftwerke verdrängt. Dies ist zurückzuführen auf die tiefen Kohlepreise in den USA und die sehr tiefen Preise für CO<sub>2</sub>-Zertifikate in Europa.

Aufgrund der Finanz- und Wirtschaftskrise ist die Stromnachfrage im Jahr 2009 in vielen europäischen Ländern eingebrochen. Die Nachfrage hat sich inzwischen teilweise erholt; gleichwohl befinden sich die Spot- und Terminpreise für Strom seit 2008 auf einem Tiefstand. Die tiefen Preise sind im Nachfragerückgang und im (Über-) Angebot an Produktionskapazitäten begründet, vor allem durch den starken Zubau der erneuerbaren Energien. Davon sind auch die Schweizer Strompreise betroffen: Vor 2009 waren die durchschnittlichen Gestehungskosten in der Schweiz deutlich tiefer als die Marktpreise. Seit 2009 sind die durchschnittlichen Schweizer Spotpreise (Swissix) deutlich gesunken. Teilweise liegen die Spotpreise heute sogar unter den Gestehungskosten. Das Umfeld für Investitionen ist entsprechend schwierig.

### **Stromversorgung**

Seit 1958 ist die Schweiz als Stromdrehscheibe Europas eng mit dem kontinentalen Verbundnetz verknüpft. 41 Kuppelstellen und über 25'000 Megawatt installierte Übertragungskapazität manifestieren die physikalisch-wirtschaftliche Einbindung der Schweiz in den europäischen Strommarkt. Im Jahr 2012 importierte die Schweiz rund 87 TWh und exportierte 89 TWh Strom, während der Bruttoverbrauch im Inland rund 63 TWh betrug. Die Übertragungskapazitäten an den Grenzen sind ausgereizt. Im Höchstspannungsnetz besteht ein erheblicher Investitionsbedarf. Einerseits für Erneuerungsmassnahmen aufgrund des fortgeschrittenen Alters des Übertragungsnetzes. Andererseits für den Ausbau des Netzes zur Beseitigung regionaler Kapazitätsengpässe und aufgrund der Entwicklungen in Deutschland, beim Stromtransit sowie infolge der Integration der neuen Pumpspeicherkraftwerke in das System.

Zu erwähnen ist der langfristige Aufbau eines neuen europäischen Höchstspannungsnetzes (Supergrid), das vorwiegend mit Gleichstrom betrieben werden soll. Ein solches europaweites System würde die Übertragungskapazitäten entscheidend verstärken. Eine weitere Herausforderung stellt sich beim Bau neuer und der Erneuerung bestehender Kraftwerke. Diese Vorhaben stossen heute aus verschiedenen Gründen (Landschaftsschutz, Gewässerschutz, usw.) auf wenig Akzeptanz und können oft nur mit grossen Verzögerungen oder gar nicht realisiert werden. Während die Schweiz bei den fossilen Energieträgern (Öl, Gas) vollständig von Importen abhängig ist, sind Stromproduktion und -verbrauch, wie bereits ausgeführt, über das ganze Jahr betrachtet in etwa ausgeglichen. Es besteht aber ein intensiver Austausch mit dem Ausland: So wird heute typischerweise tagsüber Strom exportiert und nachts importiert. Zudem müssen im Winterhalbjahr grosse Mengen importiert werden, während in den Sommermonaten exportiert werden kann. Die Stromimporte sind gegenwärtig zu einem



grossen Teil über langfristige Bezugsverträge geregelt, die indes im Rahmen eines Stromabkommens mit der EU voraussichtlich abzulösen sind.

### **Stromabkommen mit der EU**

Mit der Einführung des „Dritten Energie-Binnenmarkt-Paketes“ im Jahr 2009 setzte die EU die Entwicklung hin zu einem freien Energiebinnenmarkt in der Union fort. Dies betrifft unter anderem die Kompetenzen der Regulatoren, die Regelung des grenzüberschreitenden Energiehandels, die Trennung von Produktion, Transport und Verteilung von Energie, die Anpassung der Regeln zu staatlichen Beihilfen, den Erdgasmarkt und die Krisenmechanismen.

Das Stromabkommen soll den grenzüberschreitenden Stromhandel zwischen der Schweiz und der EU regeln, sowie den gegenseitigen Marktzugang ermöglichen. Es geht um die Übernahme der Regeln des 3. EU-Energiebinnenmarktpaketes von 2009, sowie einer Lösung für horizontale Aspekte (Wettbewerbs- und Umweltregeln). Die Verhandlungen sind hinsichtlich einer Reihe von stromspezifischen Themen bereits weit vorangeschritten. Bei diesen Themen wird eine Orientierung der Schweizer Vorschriften an jenen der EU bzw. eine Übernahme des entsprechenden EU-Rechts angestrebt.

## **7. Bestehende Fördermassnahmen und private Initiativen**

### **7.1 Bestehende Fördermassnahmen des Bundes**

Ohne der Energiestrategie 2050 zuwiderzulaufen, könnte das Konzept DESERTEC durch gewisse Instrumente des Bundes unterstützt werden. Diese bestehen bereits und stehen den Projektträgern zur Verfügung, die daraus Nutzen ziehen möchten.

#### **Entwicklungszusammenarbeit**

In der Entwicklungszusammenarbeit gewinnen energierelevante Projekte an Bedeutung. Entsprechend hat die Schweiz in den letzten Jahren ihre Aktivitäten auf diesem Gebiet weiter verstärkt. Im Rahmen der multilateralen Programme der Entwicklungsbanken und mit bilateralen Projekten trägt sie zur nachhaltigeren Energiewirtschaft in Transitions- und in Entwicklungsländern bei. Von den im Februar 2011 bewilligten zusätzlichen Geldern im Rahmen der Botschaft zur Erhöhung der Mittel zur Finanzierung der öffentlichen Entwicklungshilfe wird ein wesentlicher Teil von der Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) und vom Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO) für Projekte im Bereich Klimaschutz eingesetzt.

#### **Plattform REPIC**

REPIC ist eine interdepartementale Plattform zur Förderung der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz in der internationalen Zusammenarbeit. Sie wird seit 2004 vom Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO), von der Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) sowie vom Bundesamt für Energie (BFE) gemeinsam betrieben. Die REPIC-Plattform leistet einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung einer kohärenten Politik und Strategie der Schweiz zur Förderung der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz in der internationalen Zusammenarbeit.

Mit dieser Plattform können – üblicherweise kleine – Projekte unterstützt werden, falls sie einen Transfer von Know-how ermöglichen und über ein starkes Nachahmungspotenzial verfügen. Diese Plattform steht auch ausländischen Unternehmen und Institutionen zur Verfügung. Das REPIC-Programm wurde kürzlich ab 2014 um weitere vier Jahre verlängert.

#### **Energieforschung des Bundes**



Der Forschungsfonds des BFE unterstützt technologische Entwicklungen, die auch DESERTEC dienlich sind. So koordiniert das BFE Forschungsarbeiten im Bereich der industriellen Solarenergienutzung. Zentrale Elemente dieses Programms sind:

- Entwicklung von innovativen CSP-Technologien: materialwissenschaftliche Projekte, Entwicklung von CSP-Komponenten und -Systemen (Entwicklung von Airlight Energy SA mit einem parabolischen CSP-Kollektor).
- Entwicklung und Demonstration von CST-Technologien (CST = concentrated solar thermal): Anwendung von konzentrierenden Solarkollektoren für den mittleren Temperaturbereich (Prozesswärme). Ziel ist es, die Kosten von CST-Technologien zu reduzieren und in ersten Pilotanwendungen das mögliche Einsatzpotenzial, auch in der Schweiz, auszutesten.
- Solare Treibstoffe: Umwandlung und Speicherung von solarer Energie in chemischen Energieträgern (Syngas, Wasserstoff). Dabei geht es sowohl um fundamentale Untersuchungen der hierfür eingesetzten thermochemischen Prozesse als auch zur industriellen Aufskalierung in Demonstrationsprojekten (100 kW-Reaktor für die solare Wasserstoffproduktion über den ZnO-Zyklus).

### **EnergieSchweiz**

Das Programm EnergieSchweiz unterstützt Ausbildungen, Informations- und Beratungsdienstleistungen sowie Massnahmen der Qualitätssicherung und des Wissenstransfers im Bereich der Energie. Möchte die Stiftung DESERTEC (oder ähnliche Projekte wie Plan Solaire Méditerranéen oder Med-Grid) Möglichkeiten für die Zusammenarbeit mit Schweizer Firmen und nordafrikanischen Produzenten evaluieren oder sich an Studien beteiligen, könnte das Programm EnergieSchweiz eine Unterstützung ins Auge fassen.

### **Schweizerische Exportrisikoversicherung (SERV)**

Die Schweizerische Exportrisikoversicherung SERV ist eine öffentlich-rechtliche Anstalt des Bundes unter der Kontrolle des SECO. Die SERV deckt die politischen und wirtschaftlichen Risiken beim Export von Gütern und Dienstleistungen. Die Versicherungen und Garantien der SERV bieten Schutz vor Zahlungsausfall, erleichtern die Finanzierung von Exportgeschäften und helfen den Unternehmen, liquid zu bleiben.

Ein Unternehmen, das sich an einem DESERTEC-Projekt beteiligen möchte, könnte von den Dienstleistungen der SERV profitieren, sofern sie ihren Sitz in der Schweiz belässt und das Exportgeschäft einen bestimmten schweizerischen Wertschöpfungsanteil enthält.

## **7.2 Private Initiativen, Beispiel Airlight**

In einem zumindest technologischen Bezug zu DESERTEC steht das Pilotprojekt der Schweizer Firma Airlight Energy in Ait Baha in Marokko: Ein solarer Booster mit einem Kollektorfeld mit 3 MW thermischer Leistung liefert zusammen mit der Abwärme eines Zementwerks Inputwärme an eine bestehende 12-MW-Organic Rankine Cycle-Turbine, um Strom für den Verbrauch vor Ort zu produzieren. Ein grosser Teil dieser Anlage wird vor Ort mit Einbezug lokaler Unternehmen gebaut, was sich positiv auf die graue Energie dieser Technologie auswirkt. Im Gegensatz zu DESERTEC geht es hier nicht darum, Strom in Nordafrika für Zentraleuropa zu generieren, sondern für die lokalen Bedürfnisse. Nordafrika und insbesondere Marokko zeichnen sich als vielversprechender Markt für CSP-Technologien ab. Die marokkanische Agentur für Solarenergie (MASEN) will bis 2020 CSP-Kraftwerke mit einer Gesamtleistung von 2 GW erstellen. Aufbauend auf den Erfahrungen aus der Pilotanlage in Ait Baha bietet sich hier für ein Schweizer Unternehmen die Möglichkeit, an einem wachsenden Markt teilzunehmen.



## **8. Schlussfolgerung**

Es ist wichtig, dass die Schweiz ihre Zusammenarbeit mit den Ländern im Süden fortsetzt und die Forschung zur Energieproduktion in den Wüsten unterstützt. Diese muss vor allem der Versorgung der Bevölkerung und Industrien in jenen Regionen dienen. Dort öffnen sich Märkte für die erneuerbaren Energien, in denen sich die Schweiz dank ihrem technologischen Know-how positionieren kann. Die bestehenden Instrumente wie die Entwicklungszusammenarbeit, die technologische Forschung, die Exportrisikoversicherungen und die Vorzugskredite müssen deshalb aufrechterhalten werden.