

Überprüfung der Durchführbarkeit eines Vorhabens zur Energieversorgung Europas durch den Import von Solarenergie aus der Sahara

Seminar: Übung zur angewandten Geographie:
Geographie und Energie – räumliche Aspekte,
Ressourcen und Konflikte (LV-Nr.: 63-072)

Dozent: Dr. Sommermeier

Ausarbeitung: Mona Fejry, Nora Hanne,
Christian Kobus, Christopher Stark

Wintersemester 08 / 09 - Universität Hamburg

Gliederung

1. Zum Vorgehen.....	3
2. Naturräumliche Potentiale.....	3
3. Eignung von Technologien und Begleittechnologien zur solaren Energiegewinnung.....	4
4. Politische, ökonomische Verhältnisse in Nordafrika.....	6
4.1. (Energie-)Politische Verhältnisse.....	6
4.2. Algerien.....	7
4.3. Ägypten.....	7
4.4. Libyen.....	7
4.5. Marokko	8
4.6. Tunesien.....	8
4.7. Fazit politische Aspekte.....	8
5. Wirtschaftliche Verhältnisse und Wettbewerbsfähigkeit.....	9
6. Fazit: Hürden, Potentiale und Aussichten.....	10
7. Glossar	11
8. Literaturverzeichnis.....	12
9. Anhang	13

1. Zum Vorgehen

Unser Betrachtungsgebiet auf der Suche nach einem Standort für die Solarenergieerzeugung für Europa schränken wir auf die Region Nordafrikas ein, da uns diese Region aufgrund einer intensiven Sonneneinstrahlung und vielen freien Flächen besonders geeignet erscheint. Hierbei konzentrieren wir uns unter Rücksichtnahme bestehender Technologien auf die Suche nach dem am besten geeigneten Land als Standort für großflächige Solarkraftwerke.

Unser Vorgehen besteht hauptsächlich darin, die in Frage kommenden Länder Ägypten, Algerien, Libyen, Marokko und Tunesien nach von uns definierten Kriterien vergleichend in Hinblick auf ihre Eignung zu bewerten. Wir stellen die Länder für jedes von uns betrachtete Kriterium hierbei in eine Reihenfolge von eins bis fünf. Das Land, welches in Hinblick auf die meisten unserer Kriterien den besten Platz einnimmt, wird von uns als am geeignetsten betrachtet. Die Eingrenzung lokal geeigneter Räume nehmen wir nur ansatzweise vor, zumal hierfür genauere regionale Kenntnisse notwendig wären.

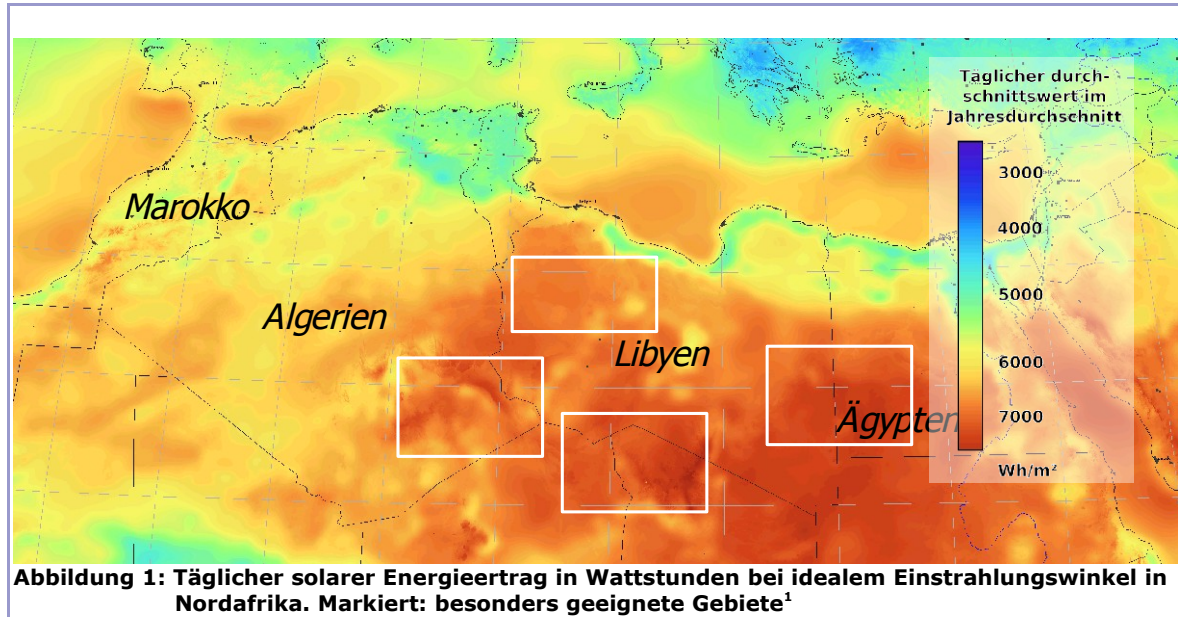
Unsere Kriterien für die vergleichende Bewertung erstrecken sich von der Analyse verschiedener Technologien zur solaren Energieerzeugung in Hinblick auf ihre Nutzbarkeit in Nordafrika, über die naturräumlichen Potentiale in den nordafrikanischen Staaten bis hin zu politischen, ökonomischen und sozialen Verhältnissen in diesen Ländern.

2. Naturräumliche Potentiale

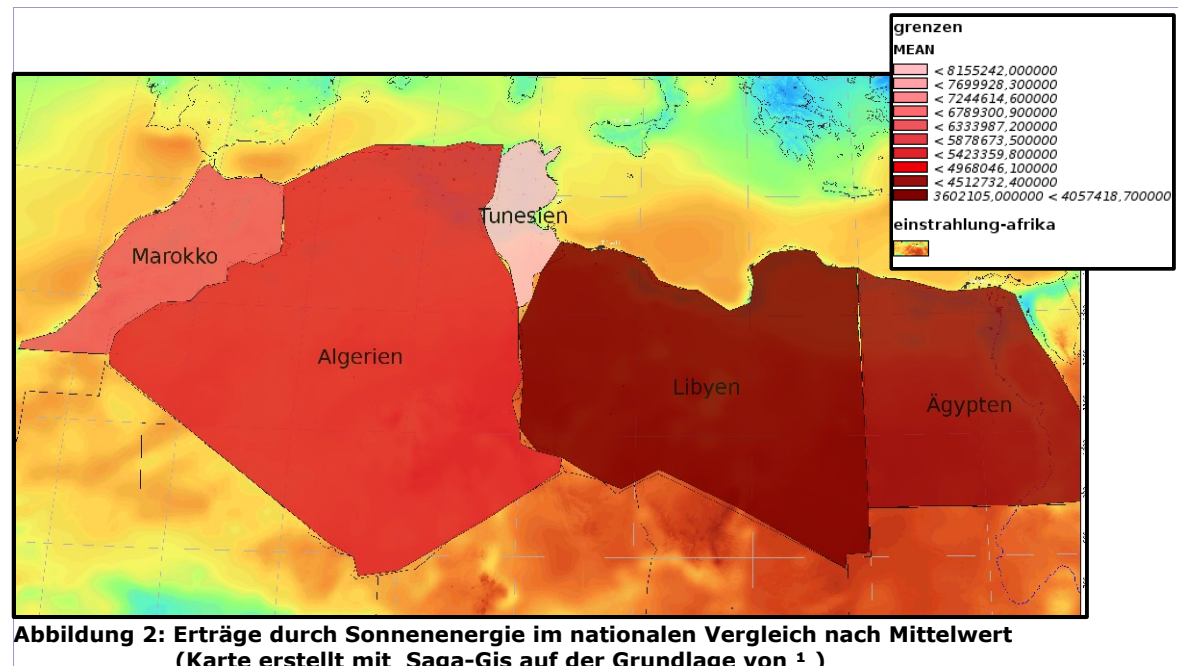
Die Nutzung der Solarenergie in Nordafrika ist durch Gebirge, teilweise durch Wüsten, sowie durch die Landnutzung durch den Menschen beschränkt.

In Gebirgen sind die Hauptprobleme die hohen Kosten für den Bau von Kraftwerken, die meist schlecht ausgebaute Infrastruktur, sowie häufig vorkommende Wolken- und Dunstbildung. Letzterer Faktor mindert ebenfalls die solare Energiedichte in allen Küstengebieten. In Wüsten stellen natürliche Hürden vor allem häufige und intensive Sandstürme dar, sowie eine schlechte infrastrukturelle Erschließung. In durch den Menschen genutzten Gebieten wird die solare Energiegewinnung hauptsächlich durch deutlich höhere Bodenpreise behindert, sowie durch dem Umstand, daß Flächen in diesen Gebieten bereits für andere Funktionen wie z.B. Landwirtschaft genutzt werden.

In Bezug auf die zu erwartenden Erträge aus der Solarenergienutzung ist grundsätzlich festzustellen, daß die Sonneneinstrahlung im Falle Nordafrikas mit zunehmender Distanz zur Küste zunimmt und in den Wüsten deutlich höher ist als in den Gebirgen. Dies ist in der folgenden Abbildung zu erkennen:



Die folgende Karte stellt dar, wie hoch der zu erwartende durchschnittliche Energieertrag pro Flächeneinheit im nationalen Vergleich ist. Dargestellt sind die nationalen Mittelwerte der potentiellen Erträge aus der Sonnenenergie. Je dunkler die Rottönung, desto höhere durchschnittliche Erträge sind in dem jeweiligen Land zu erwarten.



3. Eignung von Technologien und Begleittechnologien zur solaren Energiegewinnung

Unsere Betrachtung richtet den Fokus weniger auf kleine Anlagen von häuslicher Maßstabsebene, sondern auf die großmaßstäbige, zentrale Energieerzeugung zur Sicherung eines nachhaltig gedeckten Energiebedarfs Europas in der Zukunft.

¹ Verändert nach: PVGIS © European Communities, 2001-2007 : <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvest.php?lang=de>

Für die solare Energiegewinnung gibt es zwei wesentliche Technologien: Die Photovoltaik (Abb. 3, unten) und die Solarthermie (Abb. 3, oben).

Im Bereich der Photovoltaik ist die Vielfalt verschiedener Technologien groß. Grundsätzlich wird hierbei aber stets Sonnenenergie direkt

in Elektrizität umgewandelt. Bei großen Solarthermieranlagen hingegen wird die Wärme der Sonnenenergie genutzt um mittels Turbinen Strom zu erzeugen.

In der folgenden Tabelle werden die verschiedenen Basistechnologien zur Stromerzeugung aus Solarenergie vergleichend dargestellt:

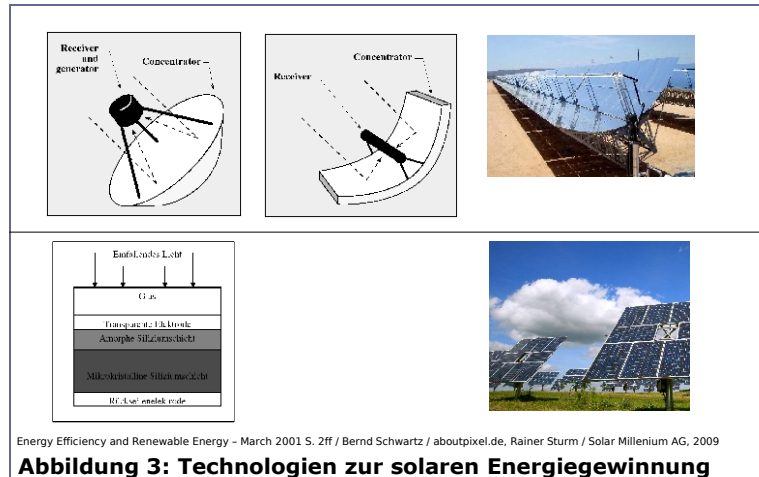


Abbildung 3: Technologien zur solaren Energiegewinnung

Photovoltaik	Solarthermie
Photovoltaik kann nicht gespeichert werden	Speicherung der Energie über Nacht möglich
Strom kommt direkt aus dem Modul	Strom wird durch Dampf und Turbine erzeugt
Diffuses und direktes Licht wird in Energie umgewandelt	Nur direktes Sonnenlicht wird in Energie umgewandelt
Abwärme wird nicht genutzt	Abwärme kann genutzt werden
Hitze verringert Effizienz (polymorphe verlieren 0,5% Leistung pro 1 Grad Temperaturanstieg, Tandem-Dünnschicht: 0,25%)	Hitze erhöht Effizienz
Verbrauchen im Betrieb kein Wasser	Verbrauchen Wasser im Betrieb
Keine Meerwasserentsalzung möglich	Meerwasserentsalzung neben Stromerzeugung
Keine mechanischen Teile, geringe Wartungskosten	Mechanische Teile, die gewartet werden müssen
7%-19% Wirkungsgrad	Etwas 30%-50% Wirkungsgrad. Deutlich höher, wenn Abwärme genutzt wird
	Flächenbedarf: Derzeit Ca. 2 km ² pro 50 MW. Investitionsvolumen: ca. 300 Mio Euro
Quellen: B. Schwartz, 2009; G. Knies, 2008 / Energy Efficiency and Renewable Energy – March 2001 S. 2ff / kaltschmitt, 2006	

Diese Analyse der beiden Basistechnologien Photovoltaik und Solarthermie macht deutlich, daß für die großmaßstäbige Solarenergiegewinnung in nordafrikanischen Gebieten im Prinzip vor allem die Solarthermie in besonderer Weise geeignet ist. Dies liegt am deutlich günstigeren Verhältnis von investiertem Geld zum Energieertrag, daran daß Solarthermie auch die hohe vorhandene Wärmeenergie nutzt, sowie an den insgesamt deutlich höheren Wirkungsgraden.

Neben der Frage der Solartechnologie, spielt auch die technische Frage nach der Übertragung von Elektrizität über große Entfernungen eine entscheidende Rolle, zumal im Falle der standardmäßig eingesetzten Hochspannungs-Wechselstromleitungen erhebliche Verluste über größere Distanzen auftreten. Reguläre Hochspannungsnetze weisen so in etwa Verluste von 6% pro 100 Km auf (bei 110-kv-Leitungen).

Grundsätzlich gilt: Je höher die Spannung ist, desto geringer sind die Energieverluste durch die Übertragung. Mit Hochspannungs-Gleichstrom-Netzen (HGÜ) betragen die Verluste hingegen nur etwa 3-4% pro 1.000 (!) km. Die Umwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom sowie der Bau von leistungsfähigen HGÜ-Netzen ist hierbei jedoch ein bedeutender Kostenfaktor.

Was mögliche unerwartete technische Probleme von Solarthermieanlagen angeht, ist zu erwähnen, daß die Anlagen, die in Spanien und den USA bereits seit 20 Jahren in Betrieb sind, bisher ohne größere Probleme Strom produzieren. Das Risiko des Verkrazens von Spiegeln durch Sandstürme scheint nicht groß zu sein, zumal bisher keine derartigen Probleme bekannt sind und die Spiegel im Falle eines Sandsturms „aus dem Wind“ gedreht werden können. Die Reinigung und Entstaubung kann mechanisch automatisiert geschehen. Vermutlich auch ohne den Einsatz von Wasser¹.

4. Politische, ökonomische Verhältnisse in Nordafrika

4.1. (Energie-)Politische Verhältnisse

Jedes Nordafrikanische Land betreibt seine eigene unabhängige Energiepolitik. Es sollen hier im Wesentlichen zwei Fragen geklärt werden, um auch einen politischen Vergleich aufzustellen zu können. Die Fragen zielen darauf ab, eine Antwort darauf zu finden, inwiefern die nordafrikanischen Staaten mit der ökologischen Revolution im Energiebereich mitziehen bzw. in Zukunft mitziehen wollen:

1. Welche Inhalte in Bezug auf die Energiepolitik stehen in den betrachteten Ländern aktuell und in Zukunft zur Debatte?
2. Welche nordafrikanische Länder stehen zu ihren politischen Ankündigungen und welche Länder haben bereits erste Schritte in Richtung einer nachhaltigen Energiepolitik getan?

4.2. Algerien

Das Erdöl und Erdgas reiche Land Algerien hat bisher seine Energie hauptsächlich aus Erdöl gedeckt. Langfristige Handelsverträge mit EU und Russland liefern auch den Hinweis darauf, daß die Politiker weiter diesen Weg verfolgen werden. Doch hat Algerien trotz immenser Vorkommen auch Interesse daran, sich einem „grünen Weg“ anzuschließen.

Das Land hat eine eigene Umweltpolitik entwickelt und gründete die Aktiengesellschaft „New Energy Algeria“(NEAL).

Einige politische Ziele: Bis 2015 sollen 6% des Energiebedarfs über regenerative Energiequellen gedeckt werden. Außerdem sind zwischen 700 und 800 Mio. Euro für einen Umweltplan von 2001 bis 2010 zur Verfügung gestellt worden.

¹ Knies, 2008

Bis 2010 sollen 500 MW aus der Nutzung von Solarenergie gewonnen werden. Diese Menge soll bis 2015 auf 1.000 MW ausgebaut werden, wovon 400 MW für den Export bestimmt sein sollen. Für den südlichen Teil des Landes sollen abgelegene Gebiete mittels Photovoltaikanlagen mit Strom versorgt werden. Ab 2007 wurden die bestehenden Dieselkraftwerke nach und nach unter Nutzung von Solar- und Windenergie zu Hybridkraftwerken umgebaut.

Die Gesetzesentwürfe und bereits durchgeführte Realisierungen sind ein deutlicher Hinweis dafür, daß das Land Algerien einen ersten Schritt in Richtung Stromerzeugung aus regenerativen Energien (auch in Richtung Solarenergie) und den Stromexport nach Europa wagt (Platz 2).

4.3. Ägypten

Die ägyptische Energiepolitik setzt auf einen Energiemix aus Kernenergie, fossilen (erst kürzlich entdeckten) Erdgasvorkommen und der Förderung erneuerbarer Energien aus Wind, Wasserkraft und Photovoltaikanlagen. Verträge mit europäischen Staaten und Entwicklungszusammenarbeit mit Deutschland sollen dazu beitragen, den regenerativen Energiesektor auszubauen. Erste Solarkraftwerke wurden bereits gebaut und weitere Anlagen sind in Planung. Sie sollen in erster Linie den Strom für die Wasserver- und aufbereitung bereitstellen, da der Grundwasserspiegel in den nächsten Jahrzehnten/Jahrhunderten laut Prognosen erschöpft sein wird. Auch hier wurden somit erste Schritte getan (Platz3).

4.4. Libyen

Libyen steht in unserem Vergleich eher schlecht da, da das Land seine Elektrizität vollständig aus eigenen Erdöl- und Erdgasvorkommen schöpft. Über konkrete nachhaltige Energieprojekte und die Förderung erneuerbarer Energien ist über Ankündigungen hinaus nichts nachzulesen.

Der libysche Staat zeigt ein großes Kernenergieengagement insbesondere in Kooperation mit Russland und Frankreich und sieht seine Zukunft im Ausbau von Kernenergie und der weiteren Förderung der bereits existierenden Industrie, die auf Rohölverarbeitung für den Erdölexport spezialisiert ist (Platz5).

4.5. Marokko

Als erstes arabisches Land ratifiziert Marokko ein Gesetz zur Förderung der erneuerbaren Energien. Der Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtenergieverbrauch von derzeit rund zwei Prozent soll bis 2010 auf zehn Prozent erhöht werden.

Da Marokko selber nur über geringe Ressourcen an Erdöl und Erdgasvorkommen verfügt, sieht das Land eine Chance in erneuerbaren Energien: Windparks, Solarthermie- sowie Photovoltaikanlagen sollen errichtet werden. Einige Dörfer wurden in mehreren Experimenten bereits mit Photovoltaik-Technologie ausgestattet.

Ab 2012 wird zudem die Euro-Mediterrane Freihandelszone in Kraft treten.

Marokko sieht sich als Vorreiter der Afrika-Europa Verbindung und ist optimistisch, daß mit Hilfe der EU die regenerativen Energien auf marokkanischem Boden Fuß fassen können. Für Marokko hätte diese sehr viele Vorteile:

Durch einen stetigen Ausbau regenerativer Kraftwerke (Photovoltaik und Windparks) erlangt das Land immer mehr Unabhängigkeit von den Strom exportierenden Nachbarländern. Die Einführung der neuen Technologien auf dem Markt ermöglicht Marokko die Schaffung neuer Arbeitsplätze.

Marokko erscheint uns insgesamt als das politisch am weitesten entwickelte Land unserer Betrachtung.

4.6. Tunesien

Tunesien setzt, ähnlich wie Ägypten, auf einen Energiemix, wobei die Finanzierung der Förderung und des Ausbaus des Energiesektors großteils von privaten Investoren bereitgestellt werden soll. Der Schwerpunkt der tunesischen Energiepolitik liegt auf der stärkeren Verwendung von Kernkraft, der Maximierung der Erdölförderung, aber auch auf erneuerbaren Energien.

Bis 2010 soll die Stromversorgung von derzeit 10 auf 120MW durch Windparks gesteigert werden. Der PV Sektor soll gefördert werden – insbesondere die Warmwasserbereitung durch PV (interessanter Geschäftsbereich für deutsche Firmen).

Aus diesem Grund erlangt Tunesien nach unseren Kriterien einen mittleren Rang für den Bereich der (energie)politischen Verhältnisse (Platz4).

4.7. Fazit politische Aspekte

Die nordafrikanischen Länder vertreten sehr unterschiedliche Energiepolitiken. Die Interessen der Länder was den Stromexport nach Europa betrifft, gehen zum Teil weit auseinander.

Der Vergleich der Länder zeigt deutlich, daß die Länder, die über Erdöl- und Erdgasressourcen verfügen, im Augenblick die Förderung und Weiterentwicklung dieser nicht zu Gunsten der erneuerbaren Energien aufgeben wollen. Die Gründe liegen u.a. wie bei Algerien darin, daß Schulden zurückgezahlt werden müssen und die fossilen Energieträger zudem Devisen erwirtschaften die dem Land bei der Entwicklung helfen.

Alle betrachteten Länder setzten auf einen Energiemix. Auf der anderen Seite zeigen die Länder die erdöl- und erdgasarm sind, deutlich mehr Interesse daran, einen erneuerbaren Energiesektor aufzubauen, um sich von dem Erdölimport unabhängiger zu machen.

Kritisch muß angemerkt werden, daß die betrachteten Länder hauptsächlich auf Photovoltaik und nicht auf die effizientere Solarthermie setzen, die gerade in den extrem heißen Gebieten der Sahara am besten in Hinblick auf die Erträge geeignet ist.

5. Wirtschaftliche Verhältnisse und Wettbewerbsfähigkeit

Der erste von uns ausgewählte Bewertungsindex zum Vergleich der Wettbewerbsfähig-

keit und der ökonomischen Eignung der Länder ist der sog. „Global Competitiveness Report“¹. Im Vordergrund stehen bei diesem Index die makroökonomische Grundstruktur, die ökonomische Effizienz und Innovationsfähigkeit der Länder (siehe Glossar).

Eine allgemein hohe Wettbewerbsfähigkeit scheint uns wichtig als Voraussetzung dafür, neuartige regenerative Energieerzeugungstechnologien effizient handhaben, also planen, bauen und betreiben zu können.

Derartige Ländervergleiche sind in der Regel zwar nicht objektiv, da von Organisationen mit bestimmten Interessen und Ideologien erstellt, geben aber sicherlich eine grobe Tendenz an. Im Folgenden sind drei Bewertungskategorien des Vergleichs tabellarisch dargestellt.

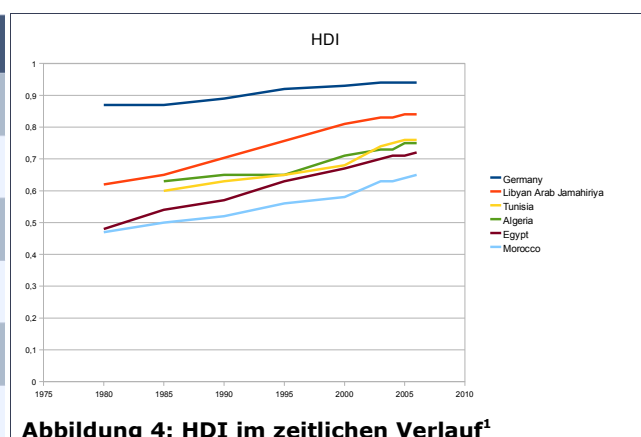
Land/Wirtschaft	Rang	Wert	Grundstruktur - Rang	Wert	Effizienz Rang	Wert	Innovationsfähigkeit - Rang	Wert
Zum Vergleich: Deutschland	7	5,46	7	5,96	11	5,22	4	5,54
Marokko	73	4,08	67	4,42	85	3,73	76	3,51
Ägypten	81	3,98	83	4,18	88	3,70	74	3,54
Libyen	91	3,85	75	4,27	114	3,29	102	3,16
Algerien	99	3,71	61	4,46	113	3,29	126	2,85
Tunesien	36	4,58	35	5,17	53	4,19	30	4,21

World Economic Forum, 2008

Der zweite von uns genutzte Vergleichsindex ist der 'Human Development Index' der Uno. Er soll Aspekte der Lebensqualität und des Wohlstandes von Nationalstaaten vergleichen. Hierbei fließen hauptsächlich die Lebenserwartung, die Alphabetisierungsrate, sowie die Kaufkraft der Bevölkerung ein.

Da sowohl eine gute Bildung der Bevölkerung, als auch eine hohe Lebensqualität als Voraussetzungen für ein nachhaltiges Denken und Handeln gesehen werden können, erscheint auch dieser Index sinnvoll in unserem Zusammenhang.

HDI Rang	Land	2006	1980-2006	1990-2006	2000-2006
23	BRD	0,94	0,07	0,05	0,01
52	Libyen	0,84	0,22	..	0,03
95	Tunesien	0,76	0,16	0,14	0,09
100	Algerien	0,75	0,12	0,1	0,04
116	Ägypten	0,72	0,23	0,14	0,05
127	Marokko	0,65	0,18	0,13	0,06



6. Fazit: Hürden, Potentiale und Aussichten

¹ The Global Competitiveness Report 2008-2009 www.weforum.org/documents/GCR0809/index.html

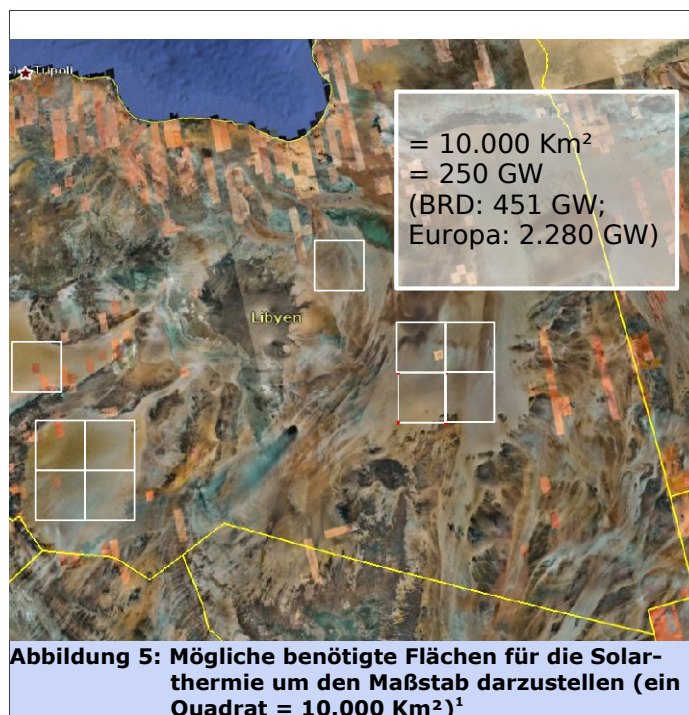
² Datenquelle: <http://hdr.undp.org/en/statistics/>

Eine der größten Hürden für eine großmaßstäbige solare Energieversorgung Europas aus Gebieten Nordafrikas sind die Stromleitungen. Es gilt hierbei eine Entfernung von mindestens 4000 km durch HGÜ-Leitungen zu überwinden, was mit hohen Investitionen verbunden ist. Laut TREC¹ ist es jedoch kostenkünstiger das HGÜ-Netz zu bauen und Strom zu importieren, als eine geringere Energieausbeute bei der Stromproduktion mittels Solaranlagen in Südeuropa in Kauf zu nehmen.

Da die nordafrikanischen Stromanbieter nicht über die benötigten Investitionskosten von etwa 5 Mrd. Euro² für eine erste 5 GW Leitung verfügen dürften und die europäischen Stromanbieter nicht an massiven Investitionen im Bereich der regenerativen Energien interessiert sind (zumal der Bau von Kohlekraftwerken eine höhere Rendite bringt), müßte eine solche Investition von der Europäischen Union oder beteiligten europäischen Staaten getätigt werden.

Des weiteren dürfte eine Hürde der Umstand sein, daß die nordafrikanischen Staaten relativ arm sind und teilweise über eigene fossile Ressourcen verfügen. Der dritte Stolperstein neben der relativen politischen Unsicherheit ist der anzunehmende Mangel an qualifizierte Fachkräften für die Solarthermie in den betrachteten Ländern. Sollte lokal ein solcher Mangel bestehen, bedeutete dies wiederum höhere Kosten für Investoren in die Solarkraftwerke.

Auch ist die schwierige politische und wirtschaftliche Lage in den an die Sahara grenzenden Ländern nicht zu unterschätzen. Zwar sind die politischen Systeme der betrachteten Länder recht stabil, dennoch bieten sie nur begrenzt ideale Voraussetzungen für eine stabile Zusammenarbeit. Die Wahrscheinlichkeit von terroristischen Angriffen auf die Solarkraftwerke oder Hochspannungsleitungen könnte immerhin reduziert werden, wenn die einheimische Bevölkerung von einem solchen Projekt wirtschaftlich profitieren würde (Knies, 2008).



Um das Projekt realisieren zu können, müßte von europäischer Seite in Bezug auf vorhandene Marktstrukturen und ggf. auch in Hinblick auf Energiegesetze kooperiert werden. Unter Betrachtung dieses Aspektes eignen sich einige der nordafrikanischen Länder mehr und andere weniger.

Solarthermische Kraftwerke wie sie etwa die TREC plant, sind in anderen Regionen wie Californien und in Südspanien (das Solarkraftwerk „Andasol 1“) bereits realisiert worden.

Legt man den Flächenverbrauch

¹ Siehe Glossar

² Schätzung Desertec

von Andasol 1 im Verhältnis zum Energieertrag zugrunde, kann man grob geschätzt von einem Flächenbedarf für eine Anlage in der Sahara von 10.000 Km² für 250 GW ausgehen.¹

Der Energiebedarf der Bundesrepublik Deutschland beträgt etwa 451 GW jährlich, der Europas 2.280 GW. Die weißen Quadrate in der Karte (Abbildung 5) entsprechen jeweils einer Fläche von 10.000 Km². Alle zehn Quadrate würden für die Deckung des Energiebedarfs Europas ausreichen.

Das Ergebnis unseres Ländervergleichs (siehe Anhang) ist in Punkten ausgedrückt 32 Punkte für Ägypten, je 33 Punkte für Algerien und Marokko, 39 Punkte für Tunesien und 43 Punkte für Libyen. Damit wäre Libyen theoretisch nach diesen Kriterien am besten geeignet für die Aufstellung großflächigen Solarkraftwerke für die Energieversorgung Europas.

Das Ergebnis unseres Ländervergleichs ist für uns überraschend ausgefallen, schließlich betreibt Libyen eine ambitionierte Atompolitik und schneidet möglicherweise hauptsächlich deshalb so gut ab, da es eine große Menge an Erdöl fördert, was sich in Bezug auf Wohlstand und die allgemeine Wettbewerbsfähigkeit positiv auswirken dürfte. Die Eignung erscheint somit eher theoretischer, als praktisch umsetzbarer Natur zu sein. Da wir zu Beginn die Kriterien der Bewertung eigens festgelegt haben, ist das Ergebnis somit ein rein mathematisches Ergebnis und nicht als Ergebnis einer eingehenden Untersuchung zu verstehen. Vermutlich würde das Ergebnis aber durch eine Gewichtung der einzelnen Kriterien mehr oder weniger deutlich anders ausfallen. Im Allgemeinen halten wir das Projekt durchaus in einem oder mehreren der betrachteten Länder für realisierbar, allerdings müsste eine ausführlichere und vor allem regional orientierte Länderrecherche die Voraussetzung dafür sein.

7. Glossar

Trans-Mediterranean Renewable Energy / Desertec	Initiative, die sich für eine Großmasstäbige für ein umfassendes System der Übertragung von Elektrizität aus Solar und Windenergie von Afrika nach Europa einsetzt. Teil des Konzeptes ist ein Elektrizitäts-Verbundnetz zwischen beiden Kontinenten.
Human Development Index - HDI	Dieser Index, welcher von der Uno erhoben wird, soll Aspekte der Lebensqualität und des Wohlstandes von Nationalstaaten vergleichen. Hierbei fließen hauptsächlich die Lebenserwartung, die Alphabetisierungsrate, sowie die Kaufkraft der Bevölkerung ein. Relative globale Wettbewerbsfähigkeit von Nationalstaaten im Vergleich darstellen. Im Vordergrund stehen die Makroökonomische Grundstruktur, die Effizienz und Innovationsfähigkeit der Länder. Genauer bedeutet dies, daß ökonomische Kennziffern wie Bruttoinlandsprodukt pro Kopf, Qualität und Quantität von Infrastruktur, Markteffizienz, technologische Wettbewerbsfähigkeit oder Marktgröße eine Rolle spielen. Da sowohl eine gute Bildung der Bevölkerung, als auch eine hohe Lebensqualität als Voraussetzungen für ein nachhaltiges Denken und Handeln gesehen werden können, erscheint dieser Index auch sinnvoll, um mögliche Standorte von großmaßstäbigen Solarkraftwerken zu finden. Gewichtung: HDI als wichtigster (über Sektoren)
Global Competi-	Jährliches Ranking erstellt vom 'World Economic Forum'. Überprüft und verglichen werden ökonomo-

¹ Da diese Leistung nur am Tag erreicht wird, ist von einem noch höheren Flächenbedarf auszugehen

² Bildquelle: Googleearth (Map Data 2009, Europa Technologies, 2009, Tele Atlas 2009, AND, 2009; Basis für Berechnung: Angaben der Solar Millenium AG, 2009)

tiveness Report

mische Kennziffern wie Bruttoinlandsprodukt pro Kopf, Qualität und Quantität von Infrastruktur, Markteffizienz, technologische Wettbewerbsfähigkeit und Marktgröße. Darüber hinaus gehen Mensch-bezogene Faktoren wie Bildungsgrad, Technologieoffenheit oder Innovationsfähigkeit als Kriterien ein. Die betrachteten Länder werden in drei Gruppen aufgeteilt: An „unterster“ Stelle stehen diejenigen Länder, welche noch dabei sind, eine makroökonomische Grundstruktur aufzubauen, im Mittelfeld rangieren diejenigen Länder, die bereits eine solche Grundstruktur besitzen und derzeit vor allem auf Effizienzsteigerungen in der Ökonomie fokussieren. In der „Spitzengruppe“ schließlich stehen für das 'World Economic Forum', welches den Ländervergleich jährlich durchführt, Länder, die vor allem an ihrer Innovationsfähigkeit arbeiten (zumal sie bereits über eine gute Infrastruktur und effiziente Volkswirtschaften verfügen).

8. Literaturverzeichnis

Deutsche Energie Agentur - Dena 11/06
Kurzinformation Solarenergie in Algerien

Kaltschmitt, M. / Streicher, W. / Wiese, A.
Erneuerbare Energien - Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte - 4. Auflage
Berlin/Heidelberg, 2006

Human Development Report Office, NY/ USA, 2008
New UN data shows progress in human development
<http://hdr.undp.org/en/mediacentre/news/title,15493,en.html>

Szenarien Energieversorgung
<https://kobra.bibliothek.uni-kassel.de/bitstream/urn:nbn:de:hebis:34-200604119596/1/DissVersion0502.pdf>

Solar Millenium AG, 2006
Andasol - Projektentwicklung der weltgrößten solarthermischen Kraftwerke in Andalusien (Spanien)

Energy Efficiency and Renewable Energy – March 2001 S. 2ff /

GTZ: Energiepolitische Rahmenbedingungen für Strommärkte und erneuerbare Energien - 21 Länderanalysen
Eschborn, Juni 2004

Diverse vektorbasierte Gis Daten: GIS Lab, 2008 <http://gis-lab.info/qa/vmap0-eng.html>

Leitfadeninterview mit Gerhard Knies bei der Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation (TREC) am im Dezember 2008

Leitfadeninterview mit Bernd Schwartz, Mitarbeiter der Sharp Solar AG, Hamburg am 14.01.09

World Economic Forum, 2008
The Global Competitiveness Report 2008-2009
www.weforum.org/documents/GCR0809/index.html

Verschiedene weitere Quellen:

Roth, Wolf-Dieter, 2006
www.heise.de/tp/r4/artikel/22/22757/1.html

Spiegel Jahrbuch
<http://service.spiegel.de/digas/servlet/jahrbuch>
2008

Photo: Aboutpixel.de – Rainer Sturm

9. Anhang

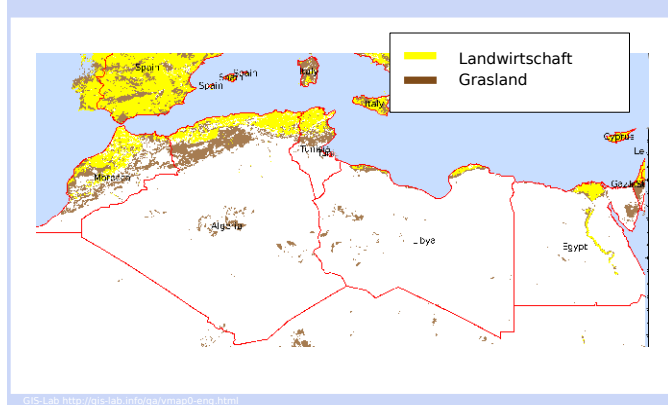
	Algerien	Marokko	Tunesien	Ägypten	Libyen	
Naturraum / Klima	Flächen Km²	Fläche: 2.381.741 EW/Km ² : 14	Fläche: 458.730 EW/Km ² : 67	Fläche 163.610 EW/Km ² : 62	Fläche: 1.002.000 EW/Km ² : 74	Fläche: 1.775.500 EW/Km ² : 3,4
	Rangfolge 1-5	5	2	1	3	4
	Relief	Hauptsächlich Hochplateau und Wüste; einige Berge (Atlasgebirge), schmaler Küstenstreifen. 86% des bestehen aus Sahara.	Atlasgebirge, Hochplateaus, Täler, Küstenebenen, Beckenlandschaft. Erdbeben, geologisch instabil.	Norden: Berge, Zentral: Ebenen, Süden: Sahara. Wenig Naturrisiken.	Wüstenplateau unterbrochen von Niltal und -delta	Flach bis hügelige Ebenen und Hoch-ebenen
	Rangfolge 1-5	4	2	1	3	5
	Meteorologische Bedingungen / Naturrisiken	Arid bis semiarid, an der Küste: milde, feuchte Winter, heiße, trockene Sommer (Mediterranes Klima), sonst: arides Klima, Schirokko-Wind (Sommer). Starke Erdbeben in den Bergen, Muren und Flut. Sandstürme	Mediterranes Klima; Landesinnere: kontinentales Wüstenklima, Schirokko-Wind (Sommer). Erdbeben in den bergigen Regionen,	Küste: milde, feuchte Winter, heiße, trockene Sommer (Mediterranes Klima), Ebenen, Wüste: arides Klima; Schirokko-Wind (Sommer). Desertifikation	Küste: heiße, trockene Sommer, moderate Winter (mediterranean beeinflusst); Wüste, Chamsin-Wind (Staub- und Sandwind März-Juni). Erdbeben, Periodisch Dürren, Erdbeben, Sturmflut, Stürme (Sandsturm u.a.)	Küste: Mediterranes Klima; Landesinnere: Wüste (85% der Fläche), Gibli-Wind (Wüstenwind Frühjahr/Herbst) Sand- und Staubstürme.
	Rangfolge 1-5	2	3	5	1	4
	Sektoren nach BIP	Primär: 10 Sekundär:60,1 Tertiär: 29,9	Primär: 20,6 Sekundär: 36 Tertiär: 43	Primär: 12,9 Sekundär:31 Tertiär: 56,10	Primär: 14,9 Sekundär:35,7 Tertiär: 49,40	Primär: 7,10 Sekundär:51,40 Tertiär: 41,50
		217,9	221,6	243,4	234,5	234,4
	Rangfolge	1	2	5	4	3
	Sonnenenergie	3	2	1	4	5
Wirtschaft / Infrastruktur	Eigene fossile Ressourcen	Großes Erdölvorkommen, Erdgas...	Wenig eigenes Erdöl, und Erdgas	Erdöl, Gold, Erdgas	Etwas Erdöl, viel Erdgas	Große Erdölvorkommen, Erdgas
	Rangfolge 1-5					
	Energiepolitik, Marktstruktur¹	Atomabkommen mit Frankreich. Mehrere Solar-Gas Hybridkraftwerke sind in Planung bzw. im Bau. Deutlich ansteigender Stromverbrauch. Agentur für regenerative Energien besteht. Monopol auf Strommarkt vorhanden (es gibt Ausnahmen).	Kyoto-Protokoll unterzeichnet. Keine Einspeisevergütung o.ä., marktbeherrschendes Stromunternehmen und lokale Anbieter, Ziel, Regenerative Energie auf 20% zu steigern bis 2020. Erstes Solarthermiekraftwerk errichtet. Dominierender Staatskonzern vorhanden.	Kyoto-Protokoll unterzeichnet. Nationales Forschungsprogramm und Agentur für regenerative Energien. Fokus auf (dezentraler) Solarenergie. Keine Einspeisevergütung o.ä., keine direkte Subventionierung von EE. Elektrifizierung ländlicher Regionen. Staat kontrolliert Energiemarkt.	Kyoto-Protokoll unterzeichnet. Sehr niedrige Energiekosten, Private und öffentliche Versorger parallel. Dominierendes staatliches Unternehmen vorhanden. Agentur für EE. Agentur für Solarenergie. Fokus auf Wind- und Solarenergie. Solar-Gas Hybridkraftwerke vorhanden.	Kernenergie Engagement – Verträge mit europ. Staaten, Es besteht Interesse am Umweltschutz (Gaddafi-Stiftung für Klimaschutz und nachhaltige Entwicklung) Erdölförderung. Staat dominiert Strommarkt.
	Rangfolge 1-5					
	Infrastruktur, Netze	Norden gut erschlossen, sonst wenige befestigte Straßen	Viele Straßen, gut erschlossenes Land	Norden gut erschlossen. Auch Eisenbahn. Süden relativ schlecht	Osten und Süden gut erschlossen. Sonst wenige Straßen	Norden mäßig gut erschlossen. Mitte und Süden wenige befestigte Straßen
	Rangfolge 1-5	2	5	4	3	1
	Human Development Index	0,75	0,65	0,76	0,72	0,84
	Rangfolge 1-5	3	1	4	2	5
	Global Competitiveness Report	3,71	4,08	4,58	3,98	3,85
	Rangfolge 1-5	1	4	5	3	2
BIP / Lohn	2.799 €	1.470 €	2.429 €	1.242 € ²	6.771 €	
Rangfolge 1-5	3	1	2	4	5	

1 Dena 11/06 - Kurzinformation Solarenergie in Algerien; Energiepolitische Rahmenbedingungen für Strommärkte und erneuerbare Energien, GTZ 2004, GTZ 09/04

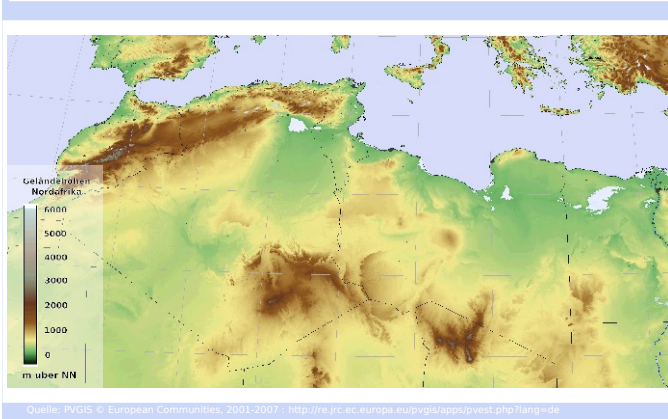
2 Zahlen: Auswärtiges Amt – DZA-Statistik 2007 (www.auswaertiges-amt.de/diplo/de/LaenderReiseinformationen.jsp)

	Algerien	Marokko	Tunesien	Ägypten	Libyen	
Innen- und Außenpolitik	Außenpolitische Aspekte					
	Rangfolge					
	Alphabetisierungsrate	66,6 %	48 %	69,9 %	43 %	79,1 %
	Rangfolge	3	2	4	1	5
Innenpolitische Faktoren	Präsidentialrepublik, Anschläge (auch gegen westliche Firmen) Entführungen. Terror der 90er Jahre weitgehend überwunden. Zustimmung TREC.	Polit.: Parlam. Monarchie		Präsidentialrepublik, Große soziale Ungerechtigkeit, Sicherheitsprobleme. Bisher nur Widerstand gegen TREC.	Präsidentialrepublik (Islamisch-sozialistisches Recht)	
GESAMTPUNKTE	33	33	39	32	43	

Landwirtschaftliche Nutzung in Nordafrika



Nordafrika allgemein: Flächen, Relief



Verkehrsinfrastruktur Nordafrika

