



Foto 1: Der Windpark Tanger I in Marokko ging 2009, eine Erweiterung 2011 in Betrieb. Er umfasst 145 Windräder mit einer Gesamtleistung von 140 Megawatt

Foto: T. Schmitt, 2012

Thomas Schmitt

# Erneuerbare Energien in Nordafrika

## Die Inwertsetzung der Sahara-Sonne

Schon vor über 100 Jahren spekulierten Physiker und Publizisten über eine zukünftige Inwertsetzung der Sahara-Sonne zur Energiegewinnung und erwarteten langfristig eine Standortverlagerung energieintensiver Industrien nach Nordafrika. Doch erst seit Beginn des 21. Jahrhunderts lassen sich dort verstärkte Aktivitäten zum Ausbau erneuerbarer Energien beobachten. Der Beitrag legt das Potenzial Nordafrikas für erneuerbare Energien dar und erläutert Gründe für die regional differenzierten Ausbaupfade.

**E**rneuerbare Energien sind ubiquitär auf der Erde verfügbar, aber lokal in unterschiedlichem Maße. Von den Polen zum Äquator nimmt die solare Einstrahlung, die auf den äußeren Rand der Erdatmosphäre auftrifft, im Jahresmittel stetig zu. Durch das Wettergeschehen weichen die Einstrahlungsverhältnisse auf der Erdoberfläche von jenen am Rande der Erdatmosphäre ab.

### Potenzial für eine klimaneutrale Energieversorgung

Randtropische Wüsten wie die Sahara zeigen im Jahresmittel nicht nur deutlich höhere Einstrahlungswerte auf der Oberfläche als etwa Mitteleuropa, sondern, aufgrund der geringen Bewölkung, auch im Vergleich zu den Inneren Tropen

Installierte Leistung (in MW)	Marokko*	Algerien	Tunesien	Libyen	Ägypten
Wasserkraft	1306	228	66	0	2850
Wind**	1220	10	245	0	1375
Solar-PV***	206	423	62	5	1647
Solar-CSP****	530	25	0	0	21
Biomasse	2	0	0	0	67

Regenerative Stromerzeugungskapazitäten in Nordafrika 2019, Angaben (MW = Megawatt) gerundet.  
 \* ohne Westsahara,  
 \*\* nur Onshore-Anlagen  
 \*\*\* PV = Photovoltaik  
 \*\*\*\* CSP = solarthermische Kraftwerke

Quelle: <http://resourceirena.irena.org>  
 eigene Zusammenstellung

(vgl. Abb. 1). Verglichen mit mittel- und südeuropäischen Standorten ist in der Sahara zudem die jahreszeitliche Schwankung der Einstrahlungswerte deutlich geringer. Dies ermöglicht dort auch in den Wintermonaten einen ertragreichen Einsatz von Solarkraftwerken zur Stromproduktion (vgl. Abb. 2). Die höheren solaren Einstrahlungswerte in Nordafrika übersetzen sich technisch in eine größere Flächeneffizienz und ökonomisch unter ansonsten gleichen Bedingungen in höhere Renditen von Solaranlagen. Mittels Solarkraftwerken in der Sahara ließe sich rechnerisch der Weltstrombedarf um ein Vielfaches decken (Knies et al. 2009).

Neben dem solaren Potenzial verfügen die Länder Nordafrikas zudem über ein beachtliches Potenzial für Windkraftanlagen (vgl. Foto 1). Das Biomasse-Potenzial Nordafrikas ist hingegen relativ gering und wurde bislang kaum zur Ener-

giebereitstellung genutzt (vgl. Tab.). Die MENA-Region (Middle East – North Africa) wurde bisher vor allem mit der fossilen Energiewirtschaft assoziiert. In Nordafrika entwickelten sich insbesondere Libyen (bis zum Ausbruch des Bürgerkriegs 2011) und auch Algerien zu Rentierstaaten, deren Staatseinnahmen überwiegend aus dem Export von Erdöl und Erdgas generiert wurden. Es ist kein Zufall, dass innerhalb Nordafrikas vor allem Marokko als Land mit nur geringen fossilen Energieressourcen und als Netto-Energieimporteur auf den Ausbau erneuerbarer Energien setzt.

### Sozialwissenschaftliche Perspektiven auf Technologieübergänge

Es stellt sich die Frage, aus welchen Gründen das solare Potenzial Nordafrikas erst seit wenigen

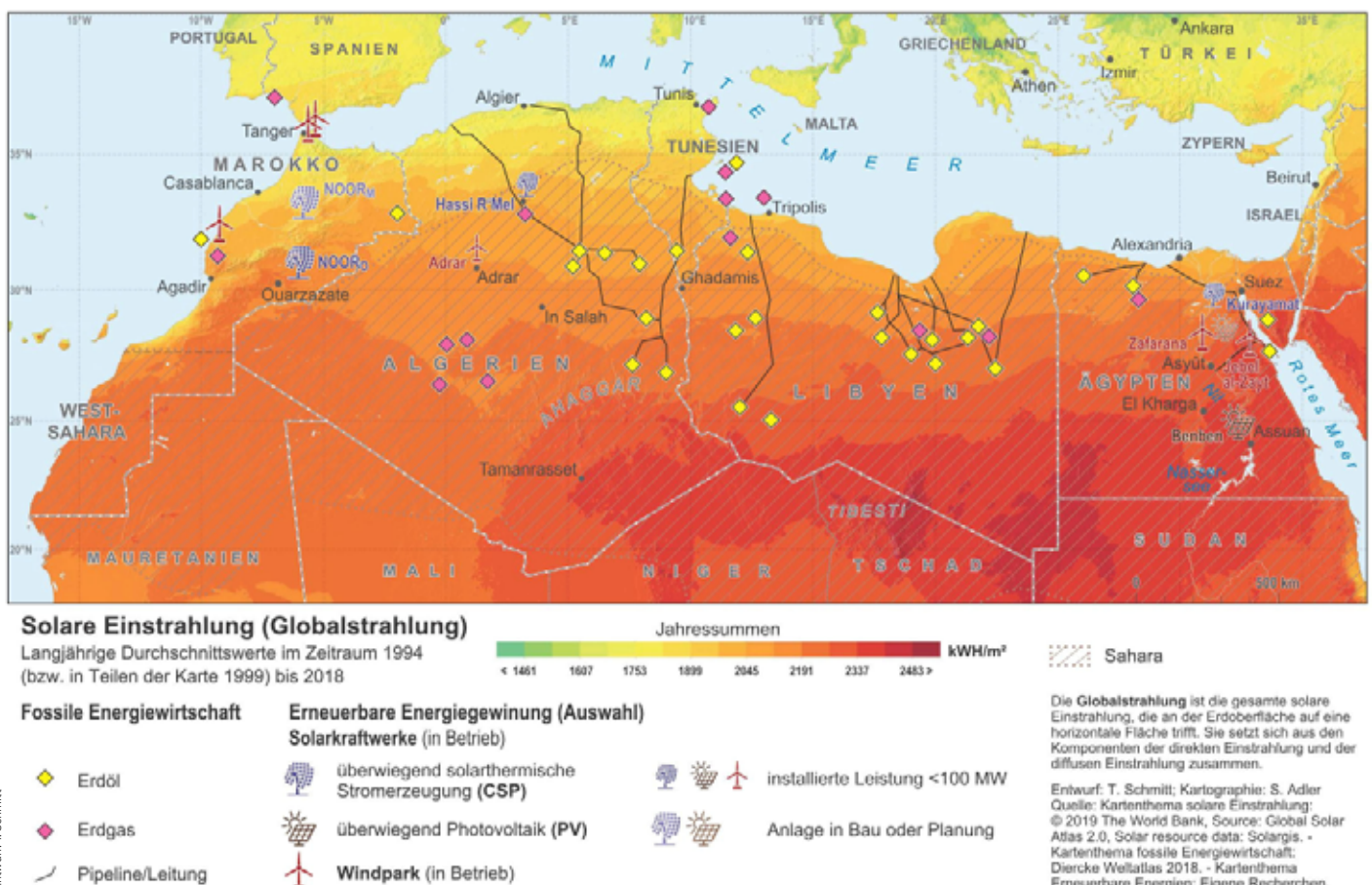
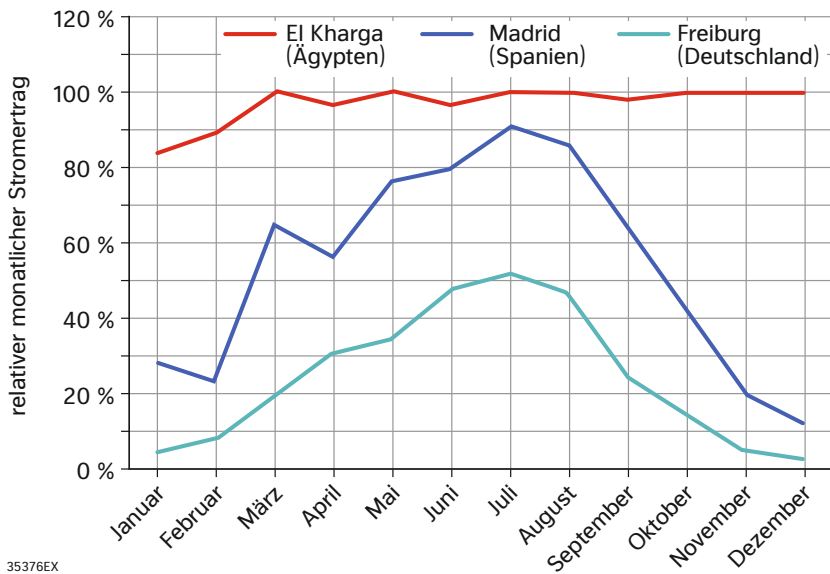


Abb. 1: Solare Einstrahlung (Globalstrahlung), fossile Energiewirtschaft und ausgewählte Erneuerbare-Energie-Projekte in Nordafrika

Ertrag baugleicher CSP-Kraftwerke an unterschiedlichen Standorten (Simulation)



Quelle: Trieb et al. 2007; Bearbeitung: S. Adler, T. Schmitt

35376EX

Abb. 2: Vergleich des erwartbaren monatlichen Stromertrags von baugleichen solarthermischen Kraftwerken an Standorten in Europa und Nordafrika

Jahren und zudem in regional unterschiedlichem Maße zur Energiebereitstellung genutzt wird. Die sozialwissenschaftliche Technikforschung und speziell die Transition Studies versuchen, das Zusammenspiel multipler Einflussfaktoren zu rekonstruieren, das für Übergänge zwischen verschiedenen technologischen Systemen, etwa von einer fossilen Energiewirtschaft zu einer regenerativen Energieversorgung, relevant sind (vgl. Schmitt 2018a). Die mittlerweile elaborierten Ansätze der Transition Studies lassen sich im Kern auf einige zentrale Grundannahmen zurückführen. Dazu gehört die Erkenntnis, dass sich keineswegs automatisch die – wie auch immer definierte – beste Technologie durchsetzt. Vielmehr spielen bei Technologieübergängen zahlreiche Faktoren eine Rolle, darunter Leitbilder und soziokulturelle Muster, ferner regulatorische (z. B. gesetzliche) Vorgaben einschließlich Subventionen, das Handeln konkreter Einzelpersonen in Schlüsselpositionen (z. B. Forschende) sowie unternehmerische Interessen. Zudem lassen sich häufig externe Einflüsse und – aus der Beobachterperspektive gesehen – zufällige Faktoren benennen, welche die Verbreitung bestimmter Technologien maßgeblich fördern oder hemmen.

### Gesellschaftlich verankerte Nachhaltigkeit?

In Nordafrika herrschte in den Oasengesellschaften jahrhundertlang eine Praxis des sorgsam Umgangs mit Umweltressourcen, wie Wasser, Land oder Baumaterialien. Im 20. Jahrhundert konnte sich dieses zumindest implizite Umweltbewusstsein jedoch kaum in den modernisierten Gesellschaftsstrukturen verankern. Allerdings wird der

Klimawandel die Gesellschaften Nordafrikas unter einen Anpassungsdruck setzen. Anders als in Europa konnten regionale Umweltschutzinitiativen – in Nordafrika finden sich solche vor allem in Marokko und Tunesien – auch deshalb kaum als Motoren für eine dezentrale Energiewende fungieren, weil die regulatorischen Bedingungen die Einspeisung von z. B. dezentral erzeugtem Solarstrom in öffentliche Netze in der Praxis nicht zuließen. Seit etwa zehn Jahren sind in den Ländern Nordafrikas – mit Ausnahme des Bürgerkriegslands Libyen – zunehmend Aktivitäten zum Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung zu beobachten. Diese Energietransformation wurde in den jeweiligen Ländern von den politischen Machtzentren Top-down in die Wege geleitet. Ein Meilenstein hierbei war die Präsentation des marokkanischen Solarplans im Jahr 2009, demzufolge bis zum Jahr 2020 Anlagen zur solaren Stromerzeugung mit einer Gesamtkapazität von 2 GW errichtet werden sollten. Tunesien, Algerien und Ägypten folgten mit vergleichbaren Ankündigungen und zumindest Ägypten auch mit sichtbaren Aktivitäten (Schmitt 2020). Mehrere Motive lassen sich für die Regierungen benennen: Einsicht in die Notwendigkeit einer klimaneutralen Wirtschaftstransformation, internationaler Prestigegewinn durch die Präsentation als zugleich umweltbewusste und innovative Staaten, aber auch langfristige Hoffnungen auf den Export regenerativ erzeugten Stroms nach Europa – gemäß den Diskussionen um das Desertec-Konzept (s. u.).

Einige Projekte der Entwicklungszusammenarbeit in Marokko versuchten in den letzten Jahren, auch die dezentrale Photovoltaik in den Städten und Dörfern sichtbar zu machen (vgl. Fotos 2 und 3). Die Regierungen von Marokko, Algerien und Ägypten setzen vor allem auf Photovoltaik-Großkraftwerke. Der in Bau befindliche Photovoltaik-Komplex Benban nahe der ägyptischen Stadt Assuan soll final 1600 MW Leistung bereitstellen. Entsprechende Projekte werden in der Regel durch die internationale Entwicklungszusammenarbeit gefördert. Dies gilt auch für die neuen solarthermischen Kraftwerke Nordafrikas.

### Der lange Anlauf der Solarthermie

In solarthermischen Kraftwerken (auch CSP-Kraftwerke; CSP: concentrated solar power) wird die auf eine größere Fläche einfallende Sonneneinstrahlung mithilfe von Spiegeln konzentriert und so eine Flüssigkeit erhitzt. Wie in einem klassischen Wärmekraftwerk wird diese Hitze zur Stromerzeugung mittels eines Generators genutzt. Es gibt mehrere technische Varianten: In Parabolrinnen-Kraftwerken wird die Sonneneinstrahlung in parabolförmigen Spiegelreihen auf ein Absorberrohr mit einem Öl konzentriert. Bei Turmkraftwerken konzentrieren bewegliche, auf dem Boden installierte Spiegel Sonnenlicht auf einen kleinräumigen Bereich an der Spitze

eines Turms und erhitzen dort ein Wärmemedium; bei beiden Kraftwerkstypen wird die Hitze zum Antrieb einer Turbine genutzt (vgl. Foto 4). Es ist relativ einfach, einen Teil der produzierten Hitze in Wärmetanks (in der Regel gefüllt mit flüssigen Salzschnmelzen) zwischenspeichern, sodass diese Energie z. B. in den Abendstunden nach Sonnenuntergang abgerufen werden kann. Während Photovoltaik und Windkraft nur fluktuierend Strom aus erneuerbaren Energien produzieren, stellen solarthermische Kraftwerke in begrenztem Maße eine regelbare Stromquelle dar – ein Vorteil beim Aufbau einer sicheren Energieversorgung auf der Basis erneuerbarer Energien.

Solarthermische Kraftwerke basieren auf Technologien, die seit über 120 Jahren prinzipiell bekannt sind. Bereits Ende des 19. Jahrhunderts wurde spekuliert, dass die Solarenergie angesichts begrenzter Ressourcen dereinst die fossile Energiewirtschaft ablösen dürfte (Mener 2000). 1913 wurde in Ägypten unter Leitung des US-amerikanischen Erfinders Frank Shuman eine kommerzielle solarthermisch angetriebene Dampfmaschine zur landwirtschaftlichen Bewässerung installiert. Doch im 20. Jahrhundert konzentrierte sich global die Forschungsförderung vor allem auf fossile Energien sowie die Kernkraft.

### Take-Off der Solarthermie?

Der Bau großer solarthermischer Kraftwerke wurde diskursiv in Europa und der MENA-Region wesentlich durch die Protagonisten der Desertec-Idee vorbereitet. Das Desertec-Konzept sieht vor, in den Wüstengebieten der MENA-Region solarthermische Kraftwerke zu errichten, die zum einen den wachsenden Strombedarf der jeweiligen Regionen decken sollen. Zum anderen soll ein Teil des „Wüstenstroms“ über neue verlustarme

Stromleitungen nach Europa geleitet werden. Die fluktuierenden erneuerbaren Energiequellen Sonne und Wind in Europa könnten so durch eine regelbare erneuerbare Energiebereitstellung sinnvoll ergänzt werden (Knies et al 2009, Trieb et al 2006). Ferner könnten solarthermisch betriebene Meerwasserentsalzungsanlagen dem Wassermangel der MENA-Region entgegenwirken.

In den Medien wurde das Desertec-Konzept häufig auf die Exportidee verkürzt. Unter anderem wird aufgrund des hohen Koordinationsaufwands ein solcher Export zumindest mittelfristig als unrealistisch eingeschätzt (vgl. Schmitt 2018a). Nichtsdestoweniger trugen die Überlegungen zum eingeleiteten Umbau der Energieversorgung Nordafrikas, beginnend mit dem marokkanischen Solarplan von 2009, bei. Zu dessen Umsetzung ging 2016 nahe der Wüstenstadt Ouarzazate am Rande der Sahara die erste Einheit des Kraftwerkskomplexes NOORo (arab. Licht) in Betrieb (vgl. Schmitt 2018b). Es handelt sich um ein Parabolrinnenkraftwerk mit einer Leistung von 160 Megawatt elektrischer Leistung (MWe). 2018 folgte mit NOORo III ein weithin sichtbares solarthermisches Turmkraftwerk (vgl. Foto 4). Gegen den Einsatz dieser Technologie wurde argumentiert, dass die Stromproduktion durch Photovoltaik infolge der Kostendegression der Photovoltaik-Module deutlich günstiger sei und sie nicht mit klassischen Kraftwerken konkurrieren könne. Diesem Einwand begegnet ein Kraftwerk, das seit 2019 nahe der marokkanischen Stadt Midelt projektiert wird. Das Hybridkraftwerk mit 800 MWe kombiniert eine Photovoltaik- und eine solarthermische Anlage und erlaubt eine Wärmespeicherung von bis zu fünf Stunden. Preislich kann dieses Kraftwerk mit Gaskraftwerken konkurrieren. Dies werde sonnenreichen Ländern erlauben, auf den Import von fossilen Brennstoffen für die Strom-



Fotos 2 und 3: Die historische Moschee in der Kasbah von Marrakech (links) wurde im Rahmen eines Projekts der deutschen Entwicklungszusammenarbeit mit einer Photovoltaik-Anlage versehen. Die Anzeigentafel vor der Moschee (rechts) informiert darüber, wie viel Strom die Solarkollektoren erzeugen und wie viele CO<sub>2</sub>-Emissionen bislang vermieden wurden

Fotos: T. Schmitt, 2018

**Foto 4:** Der 247 m hohe Turm (zum Vergleich: Der Kölner Dom hat eine Höhe von 157 m) des solaren Turmkraftwerks NOORo III erhebt sich vor der Südabdachung des Atlasgebirges. Im Vordergrund Teile des Parabolrinnen-Kraftwerks NOORo II. Zum Zeitpunkt der Aufnahme (März 2018) waren beide Teilkraftwerke noch in Bau



Foto: T. Schmitt, 2018

erzeugung zu verzichten (DLR 2019). An diesem Beispiel wird deutlich, dass neue Technologien meist nicht sofort, sondern erst nach mehreren Weiterentwicklungen wettbewerbsfähig werden.

Zwar ist es theoretisch denkbar, dass ein Land wie Deutschland seinen kompletten Energiebedarf (für Strom, Gebäude- und Prozesswärme sowie Mobilität) aus heimischen erneuerbaren Energien deckt (Henning und Pfalzer 2012). Allerdings erscheint es als deutlich sinnvoller, einen gewissen Anteil der (nun regenerativ bereitgestellten) Energieträger weiterhin zu importieren. So lassen sich überproportional aufwendige Ausbauten von Energieinfrastrukturen und Kosten sowie ein Teil der absehbaren Flächennutzungskonflikte vermeiden. Statt Strom, wie im ursprünglichen Desertec-Konzept, könnten Energieträger wie Wasserstoffgas importiert werden (Leopoldina et al. 2020). 2020 wurde die deutsch-marokkanische Wasserstoffallianz vorgestellt. Mittels regenerativ erzeugten Wasserstoffs könnte die Sahara-Sonne (Scheer 2009) auch für Mitteleuropa mittelfristig in Wert gesetzt werden – auch zum wirtschaftlichen Nutzen für die MENA-Region. ■

#### LITERATUR

- DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (2019): Regelbarer Solarstrom – in Nordafrika bald erstmals konkurrenzfähig günstig ([www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10081/151\\_read-34003/#/gallery/28711](http://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10081/151_read-34003/#/gallery/28711))
- Henning, H. und A. Palzer (2012): 100 % Erneuerbare Energien für Strom und Wärme in Deutschland (Fraunhofer Institut für solare Energiesysteme ISE). Freiburg
- Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften et al. (2020): Zentrale und dezentrale Elemente im Energiesystem. Halle (Saale)
- Knies, G. et al. (Hrsg.) (2009): Clean Power from Deserts. The Desertec Concept for Energy, Water and Climate Security. Bonn
- Mener, G. (2000): Zwischen Labor und Markt. Geschichte der Sonnenenergienutzung in Deutschland und den USA 1860–1986. Baldham

- Scheer, H. (2009): Die Sahara-Sonne: Für wen und für was? Solarzeitalter 1, S. 1–2
- Schmitt, T. (2018a): (Why) did Desertec fail? An interim analysis of a large-scale renewable energy infrastructure project from a Social Studies of Technology perspective. *Local Environment* (23), S. 747–776
- Schmitt, T. (2018b): Das Solarkraftwerk NOORo in Marokko. Ein Beispiel für die regenerative Moderne in Ländern des Globalen Südens. *Geographische Rundschau* 11, S. 52–53
- Schmitt, T. (2020) Der langsame Aufstieg der Sahara-Sonne. Zur verzögerten Energietransition in Nordafrika. In: Klagge, B. (Hrsg.) *Energiegeographie*. Stuttgart (im Druck)
- Trieb, F. et al. (2006): Trans-CSP. Trans-Mediterranean Interconnection for Concentrating Solar Power. Final Report. (DLR) Stuttgart

#### AUTOR

Prof. Dr. Thomas Schmitt, geb. 1968  
Heidelberg Center for Cultural Heritage  
E-Mail: [thomas.schmitt@hch.uni-heidelberg.de](mailto:thomas.schmitt@hch.uni-heidelberg.de)  
Schwerpunkte: Heritage Studies, Sozial- und Kulturgeographie, Energieforschung, Mitteleuropa, MENA-Region

#### Summary

### Renewable energies in North Africa: The valorisation of the Sahara sun

*Thomas Schmitt*

North Africa offers a high potential for solar energy, which has only been increasingly valued in the last ten years. Morocco in particular has proved to be an early mover for a transition towards renewable energies with the construction of Concentrated Solar Power Plants. However, there are country-specific factors that influence the expansion of renewable energies in North Africa.