UNIVERSITÄT AUGSBURG
Universitätsbibliothek

OPEN ACCESS
OPUS AUGSBURG

Energietransport –GIS-gestützte Identifikation optimaler Stromleitungstrassen zwischen Nordafrika und Europa

Kathrin Walter, Stephan Bosch

Angaben zur Veröffentlichung / Publication details:

Walter, Kathrin, and Stephan Bosch. 2012. "Energietransport –GIS-gestützte Identifikation optimaler Stromleitungstrassen zwischen Nordafrika und Europa." In *Angewandte Geoinformatik 2012 –Beiträge zum 24. AGIT-Symposium Salzburg*, edited by J. Strobl, Thomas Blaschke, and G. Griesebner, 543–52. Berlin: Wichmann.

Nutzungsbedingungen / Terms of use:

licgercopyright

Dieses Dokument wird unter folgenden Bedingungen zur Verfügung gestellt: / This document is made available under these conditions:
Deutsches Urheberrecht
Weitere Informationen finden Sie unter: / For more information see:
https://www.uni-augsburg.de/de/organisation/bibliothek/publizieren-zitieren-archivieren/publiz/

Energietransport – GIS-gestützte Identifikation optimaler Stromleitungstrassen zwischen Nordafrika und Europa

Katrin WALTER und Stephan BOSCH

Dieser Beitrag wurde nach Begutachtung durch das Programmkomitee als „reviewed paper" angenommen.

Zusammenfassung

Eine der größten Herausforderungen des Desertec-Projektes wird zweifelsohne darin bestehen, die produzierte, regenerative Energie von den nordafrikanischen Staaten zu den z. T. weit entfernten Verbrauchszentren Europas zu transportieren. Immerhin ist es das Ziel der Initiative, bis 2050 15 % des europäischen Strombedarfes mit Wüstenstrom decken zu können (LÖFKEN 2011, 27). Hierzu ist der Aufbau eines Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsnetzes (HGÜ) notwendig, denn mittels dieser Technologie gehen pro 1.000 km nur etwa 2-4 % der Energie verloren. Damit könnten Verbrauchszentren bis zu einer Entfernung von 3.000-5.000 km wirtschaftlich mit solarthermisch erzeugtem Strom versorgt werden. Die Desertec Industrial Initiative (Dii) ist nun darum bemüht, mögliche sowie kostengünstige Trassen für den Ausbau der HGÜ-Leitungen zu identifizieren. In Zusammenarbeit mit den Autoren dieses Artikels wurden deshalb die zentralen Forschungsfragen formuliert, welche räumlichen Einflussfaktoren bei der Planung von Stromleitungstrassen zu erfassen sind, welche Datenquellen zur Visualisierung von Restriktionsflächen zur Verfügung stehen und in welchem Ausmaß sich prinzipiell zugängliche Korridore für den Bau von HGÜ-Leitungen ergeben.

1 Desertec – Vision aus der Wüste

1.1 TREC-Initiative

Im Rahmen der Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation (TREC) – einem Netzwerk aus Politikern, Wissenschaftlern und Ökonomen – wurde in den Jahren 2003-2007 das ambitionierte Desertec-Konzept entwickelt und im Jahr 2009 vom Rückversicherer Munich RE aufgegriffen. Ziel dieser Initiative ist es, Regenerativstrom in den Wüstengebieten der Erde zu produzieren und damit nicht nur die Erzeugerländer, sondern auch weit entfernte Verbrauchszentren zu versorgen. Zwar sollen im Rahmen von Desertec sämtliche Formen von Erneuerbaren Energien – entsprechend der nationalen Potenziale – einbezogen und über ein interkontinentales Netzwerk miteinander in Verbindung gebracht werden, jedoch liegt der Fokus bis dato in erster Linie auf der Nutzung von direkter Sonnenstrahlung und Windenergie. Es wird darauf verwiesen, dass die Wüstengebiete der Erde innerhalb von sechs Stunden mehr Energie auf Basis der solaren Einstrahlung erhalten, als

die gesamte Menschheit im Verlauf eines Jahres verbraucht. Bei etwa 3.000 Sonnenstunden im Jahr ergibt sich je Quadratmeter eine Ausbeute von etwa 2.500 kWh (WANDLER 2011, 94). Dieses Potenzial lässt sich mittels konzentrierender solarthermischer Technologien (CSP), wie den linienkonzentrierenden Parabolrinnenkraftwerken und Fresnelkollektoren sowie den punktkonzentrierenden Solartürmen und Dish-Stirling-Anlagen, effizient erschließen (BOSCH 2010, 28 ff.). Der Vorteil dieser Technologieroute gegenüber Photovoltaik besteht darin, dass durch Koppelung der solarthermischen Kraftwerke mit Wärmespeichern (z. B. geschmolzenes Salz, Beton) eine grundlastfähige Energieversorgung sichergestellt werden kann. Die Stromgestehungskosten solarthermischer Kraftwerke liegen derzeit bei 19 ct/ kWh. Es ist davon auszugehen, dass die Wettbewerbsfähigkeit mit konventionell erzeugtem Strom im Jahr 2030 erreicht sein wird (RENTZING 2011, 50). Neben der Solarthermie gewinnt in Nordafrika auch die Windenergie zusehends an Bedeutung, die bereits konkurrenzfähig mit fossilen Energieträgern ist. Speziell die Atlantikküste Marokkos weist eine hohe Windhöffigkeit auf (WANDLER 2011, 94).

1.2 Große Distanzen

Die Umsetzung des Wüstenstromprojektes, hinter dem nicht zuletzt finanzkräftige Unternehmen wie Siemens, RWE, E.ON, Schott Solar, Flagsol, Abengoa Solar, Deutsche Bank und HSH Nordbank stehen, konzentriert sich derzeit auf die EUMENA-Region, d. h. auf Europa, den Mittleren Osten sowie Nordafrika (DESERTEC FOUNDATION 2010). In Nordafrika entstehen bereits die ersten solarthermischen Kraftwerke, wobei diese Projekte noch nicht im Zusammenhang mit Desertec stehen, sondern als Eigeninitiativen einzelner Staaten zu begreifen sind. Speziell im von fossilen Energieimporten abhängigen Marokko wird der Ausbau stark vorangetrieben und nimmt mit den Kraftwerken Ain Beni Mathar und Quarzazate konkret Gestalt an (WANDLER 2011, 92). Die momentan sich vollziehenden Demokratisierungsprozesse innerhalb der Staaten Nordafrikas könnten das Fundament einer sicheren Energieversorgung bilden und die Zusammenarbeit mit Europa erleichtern. Die Behauptung, dass es sich bei dem Desertec-Projekt um ein neokolonialistisches Format handelt, ist in jedem Fall zurückzuweisen. Von einem erheblichen Anteil der Wertschöpfungskette profitieren die Erzeugerländer selbst. Es geht schließlich um den Aufbau lokaler Industrien sowie um den Transfer von Wissen. Nicht zuletzt wird der Großteil des produzierten Stroms den MENA-Ländern zur Verfügung gestellt. Unabhängig davon, ob der Ausbau von Erneuerbaren Energien in Nordafrika nun in staatlicher Eigenregie oder im Rahmen einer länderübergreifenden Zusammenarbeit erfolgt, besteht das Ziel, zumindest einen Teil des erzeugten Stromes nach Europa zu transportieren. Hierzu bedarf es des Einsatzes von HGÜ-Leitungen, die sowohl durch das Meer als auch an Land zu verlegen sind. Mittels dieser Leitungen lässt sich Energie in Form von Gleichstrom mit Spannungen von bis zu 150 kV und einer Kapazität von 500 MW bei relativ geringen Verlusten über große Distanzen transportieren. Es ist davon auszugehen, dass bis zum Jahr 2020 Gleichstromleitungen mit einer Spannung von 500 kV sowie einer Kapazität von 2.000 MW der Normalfall sein werden. Bereits heute bestehen leistungsstarke Stromtrassen, wie bspw. die im Jahre 2008 fertiggestellte, weltweit längste HGÜ-Leitung NorNed – ein Seekabel zwischen Norwegen und den Niederlanden mit einer Länge von 580 km. Im Jahr 2011 wurden die Bauarbeiten zu Britnet, einer HGÜ-Leitung zwischen Großbritannien und den Niederlanden, abgeschlossen (ABB AB 2008, ZIMMERMANN & WEINHOLD 2011, 23). Abgesehen von einer Studie des DLR (2009), ist der Bau von leistungsstarken Stromtrassen zwischen Nordafrika und Europa wissenschaftliches sowie technisches Neuland und bedarf GIS-gestützter Vor-

arbeiten, da zahlreiche räumliche Faktoren in die Planung mit einzubeziehen sind. Die Stromübertragung durch HGÜ-Leitungen verursacht z. T. erhebliche Eingriffe in die Landschaft und ist demnach für sensible Teilräume auszuschließen. Mittels GIS lassen sich die bestehenden landschaftlichen Ausprägungen verknüpfen und so geeignete wie auch ungeeignete Trassenverläufe ermitteln.

2 Räumliche Dimensionen des Stromtransports

Neben der Nutzung von bereits bestehenden Korridoren – z. B. Leitungsstränge entlang von Eisenbahntrassen, die um die HGÜ-Leitungen erweitert werden können – liegt das Augenmerk der GIS-Analyse auf der Identifizierung von weiteren räumlichen Alternativen für die Kabelverlegung. Um hierüber Erkenntnis zu erlangen, ist es zunächst notwendig, die Zentren des Stromverbrauchs zu ermitteln sowie anschließend Ausschlussfaktoren für eine Stromtrassenlegung zu definieren und die Restriktionsflächen zu visualisieren. Im Folgenden werden diesbezüglich vier wesentliche Faktoren näher untersucht: Schutzgebiete an Land und im Wasser, Landnutzungen, bathymetrische Daten (Meerestiefendaten) sowie aus Reliefdaten ermittelte Hangneigungen.

2.1 Zentren des Stromverbrauchs

Die Endpunkte der Stromleitungstrassen bilden die Zentren des Energieverbrauchs, d. h. jene Teilräume, die einen signifikant hohen Stromverbrauch aufweisen. Die vorliegende Analyse beschränkt sich dabei auf die Zentren der Europäischen Union (EU). Innerhalb der EU bestehen gleiche, räumlich hierarchisch aufgebaute Einheiten, die sog. „Nomenclature of Statistical Territorial Units“ (NUTS) (EU 2003). Die NUTS 0-Ebene steht dabei für einen Mitgliedstaat der EU. Jeder Mitgliedstaat wird wiederum in drei Ebenen unterteilt. Dabei steht NUTS 1 (3-7 Mio. Einwohner) für größere Regionen (z. B. Bundesländer), NUTS 2 (0,8-3 Mio. Einwohner) für mittelgroße Regionen (z. B. Regierungsbezirke) und NUTS 3 (0,15-0,8 Mio. Einwohner) für kleinere Regionen (z. B. Landkreise oder kreisfreie Städte) (EUROPA 2008). Zur Identifizierung der Stromverbrauchs-Zentren (vgl. Abb. 1) wird der Gesamtstromverbrauch auf NUTS 3-Ebene berechnet. Hierzu wird zunächst der Stromverbrauch eines EU-Landes (NUTS 0-Ebene) auf den Dienstleistungs-, Haushalts- und Industriesektor verteilt. Die exakte Quantifizierung des Stromverbrauchs auf NUTS 3-Ebene erfolgt im Bereich des Dienstleistungs- und Industriesektors schließlich über die jeweilige Bruttowertschöpfung, bei den Haushalten dient die Bevölkerungszahl als Berechnungsgrundlage (LEUTHOLD et al. 2008, 18 f.). Die Energieverbrauchsdaten der einzelnen EU-Länder (NUTS 0-Ebene) sind online über die U. S. Energy Information Administration (EIA) frei verfügbar. Die Bruttowertschöpfung sowie die Bevölkerungszahlen auf NUTS 3-Ebene lassen sich über Eurostat bzw. ESRI ermitteln. Es wird angenommen, dass das Verhältnis der Bruttowertschöpfung in einer NUTS 3-Einheit zur gesamten Bruttowertschöpfung (NUTS 0), dem Verhältnis des Stromverbrauchs in einer NUTS 3-Einheit zum Gesamtstromverbrauch (NUTS 0) entspricht.

Im Folgenden wird nun dargestellt, wie sich der Energieverbrauch je NUTS 3-Einheit berechnen lässt: Zunächst wird der Anteil der Bruttowertschöpfung des Industriesektors einer NUTS 3-Einheit an der gesamtstaatlichen industriellen Bruttowertschöpfung ermittelt. Anschließend wird dieser Wert mit dem industriellen Stromverbrauch des jeweiligen Mitgliedstaates multipliziert. Für den Dienstleistungssektor wird gleichermaßen vorgegangen.

Im Bereich der Haushalte wird der Anteil der Bevölkerung einer NUTS 3-Einheit an der Gesamtbevölkerung eines Landes ermittelt und dieser mit dem gesamten Stromverbrauch des Haushaltssektors multipliziert. Anschließend werden die drei Sektoren aufaddiert, sodass je NUTS 3-Einheit der exakte Stromverbrauch vorliegt. Um schließlich die NUTS-Einheiten aller Länder vergleichen zu können, wird der Stromverbrauch noch auf Quadratkilometer normiert.

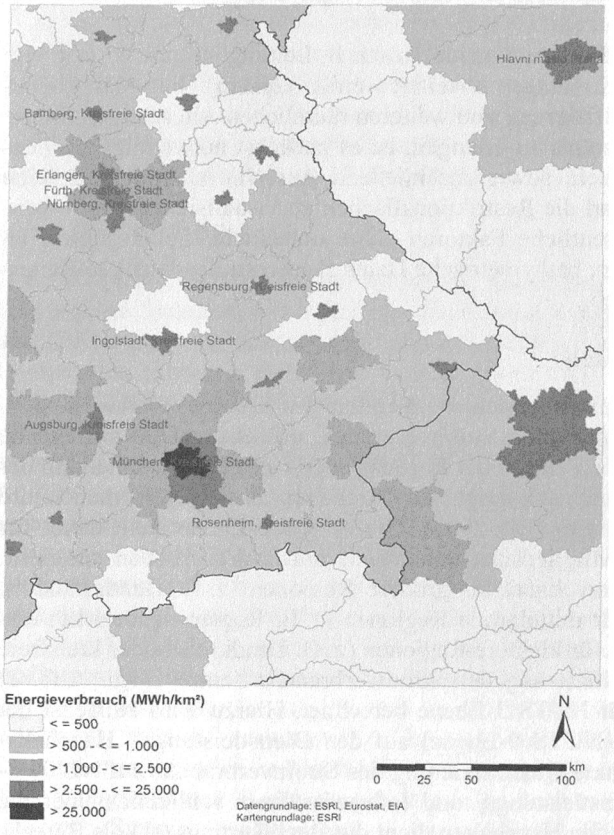

Abb. 1: Stromverbrauchszentren auf NUTS 3-Ebene (Quelle: Eigene Darstellung)

2.2 Schutzgebiete als Ausschlussgebietsmaske

Die landschaftlichen Eingriffe, die durch die HGÜ-Leitungen entstehen würden, sind in vielen Naturschutzgebieten nicht zulässig. Daher ist es notwendig, ökologisch sensible Gebiete für die Leitungsverlegung auszuschließen. Von besonderer Bedeutung für die GIS-Analyse sind dabei die Natura 2000-Daten, ein Datensatz zu Schutzgebieten der EU unter den Maßgaben der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH) sowie der Vogelschutzrichtlinie (EEA 2011, 1a). Darüber hinaus werden Daten der World Database on Protected Areas – ein gemeinsames Projekt der United Nations Environment Programme (UNEP) und der International Union for Conservation of Nature (IUCN) – verwendet. Diese umfassen neben ländlichen auch marine Schutzgebiete. In einem weiteren Schritt ist es notwendig,

die Schutzgebiete dahin gehend zu überprüfen, inwieweit sie den Bau von Leitungstrassen zulassen. Entscheidend sind hierbei die Daten der IUCN, die insgesamt sieben internationale Schutzkategorien enthalten (1a, 1b, 2, 3, 4, 5 und 6) (IUCN 2012). Die beiden letzten Kategorien (5 und 6) bspw. werden hinsichtlich der Möglichkeit der Verlegung von Leitungstrassen als geeignet eingestuft. Kategorie 5 umfasst dabei den Raumtyp *„Geschützte Landschaft/ Geschütztes Marines Gebiet"* und Kategorie 6 den Raumtyp *„Ressourcenschutzgebiet mit Management"* (WWF DEUTSCHLAND 2008). Auch Natur- und Regionalparke treten als für Leitungstrassen geeignete Schutzgebiete hervor. In jedem Falle auszuschließen sind Nationalparke, Naturreservate sowie *„Protected Areas"*. Aus Gründen eines möglichst sensiblen Ausbaus werden für die Ausschlussgebietsmaske (vgl. Abb. 2) zusätzlich Abstandsflächen von einigen hundert bis wenigen tausend Metern festgelegt, die bei der Verlegung der Leitungen eingehalten werden sollten. Diese Pufferzonen verhindern, dass Leitungen direkt an den Schutzgebietsgrenzen verlegt werden und so zu Akzeptanzproblemen führen. Einheitliche gesetzliche Regelungen zu Abstandsflächen gibt es allerdings noch nicht, denn bisher liegen kaum Erfahrungen bzgl. der Akzeptanz gegenüber Stromleitungstrassen vor.

Abb. 2:
Ausschluss von Schutzgbieten (Quelle: Eigene Darstellung)

2.3 Landnutzungen als Ausschlussgebietsmaske

Die Datensätze zu den Landnutzungen stammen von der EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA) und umfassen den Corine Landcover-Datensatz für nahezu die gesamte EU (EEA 2011, 1b). Diese Bodenbedeckungsdaten beinhalten etwa 44 Landnutzungsklassen, die sich auf fünf wesentliche Kategorien – *„bebaute Flächen"*, *„landwirtschaftliche Flächen"*, *„Wälder und naturnahe Flächen"*, *„Feuchtflächen"* und *„Wasserflächen"* – aufteilen lassen (DLR 2012). Hier gilt es gleichermaßen, jene Gebiete zu identifizieren, die sich nicht für die Verlegung von HGÜ-Leitungen eignen. Von Bedeutung dabei ist, dass im Rahmen der GIS-Analyse deutsche raumordnerische Bestimmungen z. T. auf die EU übertragen werden. Beispielsweise werden Gebiete der Kategorie *„durchgängig städtische Prägung"* (DLR 2012) prinzipiell ausgeschlossen. Die ungeeigneten Teilräume werden auch hier um Abstandsflächen von einigen hundert bis wenigen tausend Metern erweitert, sodass als Ergebnis die zweite Ausschlussgebietsmaske vorliegt (vgl. Abb. 3).

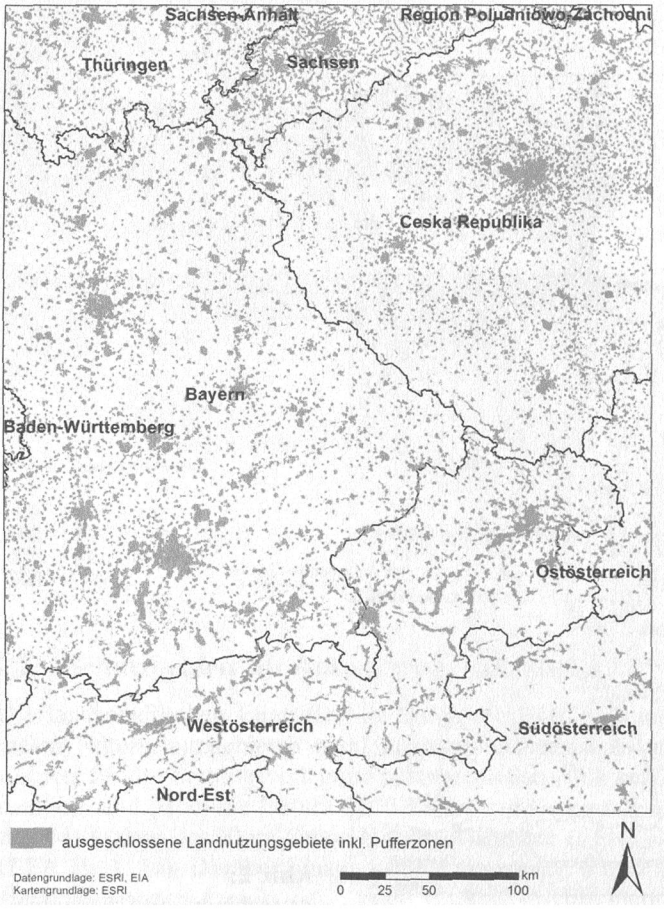

Abb. 3: Ausschlussgebiete Landnutzung (Quelle: Eigene Darstellung)

2.4 Bathymetrie als Ausschlussgebietsmaske

Um den Regenerativstrom von Nordafrika nach Europa transportieren zu können, ist es ggf. notwendig, einen Großteil der Trassen durch das Mittelmeer zu planen. Zwar ist ein derartiges Vorgehen aufwendiger und folglich auch mit höheren Kosten verbunden, jedoch können politisch instabile Länder wie Ägypten, Israel, Libanon und Syrien umgangen werden. Darüber hinaus ist noch unklar, inwieweit Frankreich bereit ist, den Ausbau von Leitungstrassen aus Richtung Spanien zu unterstützen. Nicht zuletzt ist der staatlich dominierte Energiekonzern Électricité de France (EDF) in erster Linie daran interessiert, die Stromanteile aus den eigenen 58 Atomkraftwerken nach Mitteleuropa weiterzuleiten. Frankreich scheut den günstigen Wind- und Solarstrom aus dem Süden, der nicht zuletzt zu größeren Schwankungen im Stromnetz beitragen würde (ZIMMERMANN & WEINHOLD 2011, 18). Nach dem heutigen Stand der Technik ist es möglich, Leitungen in einer Meerestiefe von bis zu -2.000 m zu verlegen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Technik bis zum tatsächlichen Bau der Leitungstrassen weiter ausreifen wird und folglich die Erschließung tieferer Bereiche des Meeres als realistisch erscheinen lässt. Daher werden im Rahmen der GIS-Analyse jene Teile des Mittelmeeres ausgeschlossen, die Meerestiefen von –3.000 m unterschreiten (vgl. Abb. 4).

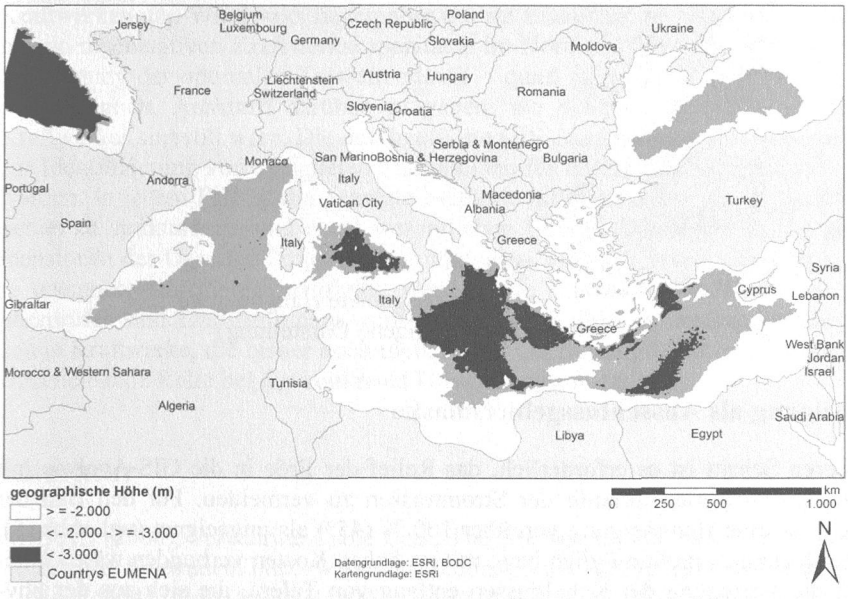

Abb. 4: Ausschlussgebiete Bathymetrie (Quelle: Eigene Darstellung)

Die bathymetrischen Daten stammen vom British Oceanographic Data Centre. Bemerkenswert ist, dass relativ wenige Teilgebiete des Mittelmeeres Tiefen unter –3.000 m aufweisen. Diese wenigen Bereiche sind jedoch, aufgrund großer zusammenhängender Ausschlussgebiete, kaum durchlässig. Zum einen stellen der südliche Bereich des Ionischen Meeres sowie Teile des Libyschen Meeres ungeeignete Standorte für die Verlegung von Seekabeln dar. Zum anderen ergeben sich relativ kleine Ausschlussgebiete im Tyrrheni-

schen Meer sowie im südöstlichen Mittelmeer (vgl. Abb. 4). Damit ist die Kabelverlegung im westlichen Mittelmeer weitestgehend möglich. Im östlichen Mittelmeer hingegen – vor der Küste Ägyptens bzw. Ost-Libyens – ergeben sich große räumliche Barrieren. Günstig wäre folglich die Verlegung einer Leitung über die Straße von Gibraltar, da dort mit 14 km die kürzeste Verbindung zwischen dem afrikanischen und europäischen Kontinent besteht. Zwar wurde an dieser Meerenge bereits ein Seekabel platziert, jedoch reicht dessen Kapazität in keiner Weise aus, die zu erwartenden Strommengen aufzunehmen. Angesichts des lukrativen Landweges erscheint es darüber hinaus als angebracht, eine Trasse von Algerien bzw. Tunesien über Sardinien und Korsika nach Italien zu planen oder etwa den Weg von Tunesien über Sizilien in Richtung Norditalien zu wählen.

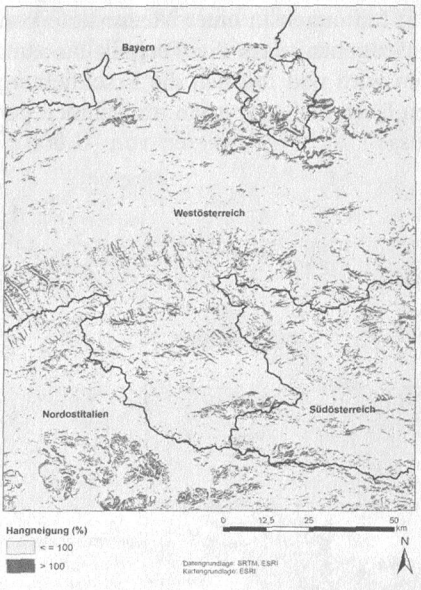

Abb. 5:
Ausschlussgebiete Hangneigung
(Quelle: Eigene Darstellung)

2.5 Hangneigung als Ausschlussgebietsmaske

In einem weiteren Schritt ist es erforderlich, das Relief der Erde in die GIS-Analyse mit einzubeziehen, um zu steile Verläufe der Stromtrassen zu vermeiden. Für den Bau der Stromleitungen gilt eine Hangneigung von über 100 % (45°) als ungeeignet (vgl. Abb. 5), da hier der Bau technisch nicht möglich bzw. mit zu hohen Kosten verbunden wäre. Wünschenswert ist die Verlegung der Kabeltrassen entlang von Tälern, die sich aus der physisch-geographischen Struktur einzelner Teilräume ergeben. Als Datengrundlage zur Ermittlung von Ausschlussgebieten dienen die Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)-Daten (NASA 2005). Die Daten liegen in einer Auflösung von 90 m sowie im Bezugssystem WGS84 vor. Die horizontalen Maßeinheiten sind in Dezimalgrad, die Höhenangaben in Meter angegeben. Für die Berechnung ist somit ein Konvertierungsfaktor, der sog. z-Faktor notwendig. Dieser gibt das Verhältnis von Meter zu Grad an. Da mit zunehmender geographischer Breite ein Dezimalgrad immer weniger Metern entspricht, ergeben sich unterschiedliche z-Faktoren für die einzelnen Breitengrade. Von ESRI werden dazu einige z-

Faktoren vorgeschlagen. Die benötigten Zwischenwerte müssen in Eigenregie berechnet werden (ESRI 2007). Die Hangneigung (Slope) eines Geländes kann grundsätzlich in Prozent oder Grad angegeben werden. Die Slope-Berechnungen werden für alle Gebiete zwischen dem 16. und 61. Grad nördlicher Breite durchgeführt.

3 Folgerungen für das Desertec-Projekt

Prinzipiell ist festzuhalten, dass der Bau von Stromtrassen durch ebenes Ödland am günstigsten ist und umso teurer wird, je größer die von ihr passierten Hangneigungen und je größer die Anteile von Meeres-, Wald- sowie landwirtschaftlichen Nutzflächen sind. Hinzu kommt ein Paket aus geschätzten, länderspezifischen sozioökonomischen Kostenfaktoren (z. B. Lohnkosten). So entfallen letztlich auf jedes Pixel die zentralen Informationen: Land- oder Seeweg, Stärke der Hangneigung, Art der Landnutzung, Bau- und Instandhaltungskosten sowie der sozioökonomische Hintergrund. Aus den kumulierten Kostenfaktoren wird schließlich der Kostenlayer erstellt. Im GIS könnten nun über die Cost-Distance-Funktion lukrative Leitungstrassen ermittelt werden. Um jedoch die exakten Leitungsverläufe erfassen zu können, müssten die nordafrikanischen Zentren, in denen der Strom erzeugt wird, bereits bekannt sein. Informationen über die optimalen Standorte von solarthermischen Kraftwerken und Windparks liegen aber nur im Einzelfall vor. Nicht zuletzt steht der Ausbau an regenerativen Kraftwerkskapazitäten im Norden Afrikas erst am Beginn. Durch die Berechnung der optimalen Trassenverläufe – quasi in gegenläufiger Richtung – ist es jedoch möglich, Auskunft darüber zu geben, wo die Errichtung eines solarthermischen Kraftwerkes sinnvoll wäre. Die durchgeführte GIS-Analyse kann folglich auch als Methode zur Identifizierung von geeigneten Startpunkten für die Stromleitungstrassen herangezogen werden. In jedem Fall ist die gezeigte Methode hilfreich dabei, das große Untersuchungsgebiet zu strukturieren und einen wesentlichen Überblick hinsichtlich der räumlichen Dimensionen des Desertec-Projekts zu ermöglichen. Für eine Trassenführung konnten mehrere geeignete Korridore identifiziert werden, die jedoch im Einzelnen vor Ort genau zu überprüfen sind. Darüber hinaus werden kommunale Belange, bereits bestehende Leitungen sowie Kraftwerke, die bisher noch nicht in die Überlegungen mit einbezogen wurden, eine entscheidende Rolle bei der konkreten Umsetzung spielen.

Literatur

ABB AB (2008), Submarine Cable Link, The NorNed HVDC Connection, Norway – Netherlands. Schweden. http://www05.abb.com/global/scot/scot245.nsf/veritydisplay/2402665447f2d054c12571fb00333968/$file/project%20norned%20450%20kv%20dc%20mi%20sub.pdf, (03.01.2012).

BOSCH, S. (2010), Sauberer Strom aus der Wüste – Der Ausbau von konzentrierenden solarthermischen Systemen zur Sicherung der Energie- und Wasserversorgung in der EUMENA-Region. In: FRIEDMANN, A., HILPERT, M., JACOBEIT, J., KUNSTMANN, H., PEYKE, G., RELLER, A., SCHNEIDER, T., THIEME, K., TIMPF, S., WETZEL, K.-F., WIECZOREK, U. (Hrsg.), Geographica Augustana, Bd. 8. Augsburg.

DESERTEC FOUNDATION (2010), Red Paper Das Desertec Konzept im Überblick. Hamburg. www.desertec.org/downloads/summary_de.pdf (03.01.2012).

DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT (DLR) (2009), Characterisation of Solar Electricity Import Corridors from MENA to Europe, Stuttgart.

DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT (DLR) (2012), Corine Landcover – Bodenbedeckungsdaten für Deutschland. http://www.corine.dfd.dlr.de/intro_de.html (08.01.2012).

ESRI (2007), Mapping Center, Setting the Z Factor Parameter Correctly. http://blogs.esri.com/Support/blogs/mappingcenter/archive/2007/06/12/setting-the-z-factor-parameter-correctly.aspx (08.01.2012).

EUROPA (2008), Zusammenfassungen der EU-Gesetzgebung. http://europa.eu/legislation_summaries/regional_policy/management/g24218_de.htm (05.01.2012).

EUROPÄISCHE UNION (EU)(2003), Verordnung (EG) Nr. 1059/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Mai 2003 über die Schaffung einer gemeinsamen Klassifikation der Gebietseinheiten für die Statistik (NUTS). http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:154:0001:0041:DE:PDF (03.01.2012).

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA)(2011), 1a) Natura 2000 data – the European network of protected sites. http://www.eea.europa.eu/ (06.01.2012).
1b) Corine Land Cover 2000 raster data. http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2000-raster-1 (06.01.2012).

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN)(2012), IUCN Protected Area Management Categories. http://www.iucn.org/about/work/programmes/pa/pa_products/wcpa_categories/ (06.01.2012).

LEUTHOLD, F., WEIGT, H. & V. HIRSCHHAUSEN, C. (2008), ELMOD – A Model of the European Electricity Market. http://www.tu-dresden.de/wwbwleeg/publications/wp_em_00_ELMOD.pdf (05.01.2012).

LÖFKEN, J.-O. (2011), Afrika entdeckt die Sonne. In: Technology Review – Das M.I.T.-Magazin für Innovation, 6, 26-32.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA)(2005), Shuttle Radar Topography Mission. http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/dataprod.htm (23.01.2012).

RENTZING, S. (2011), Im Schatten der Photovoltaik. In: Neue Energie, 10, 48-51.

WANDLER, R. (2011), Der Sonnenkönig. In: Neue Energie – Das Magazin für Erneuerbare Energien, 7, 92-95.

WWF DEUTSCHLAND (2008), Hintergrundinformation Internationale Schutzgebiets-Kategorien der IUCN. http://www.wwf.de/downloads/publikationsdatenbank/ddd/29437/ (08.01.2012).

ZIMMERMANN, J.-R. & WEINHOLD, N. (2011), Das Netz wächst zusammen. In: Neue Energie – Das Magazin für Erneuerbare Energien, 12, 17-23.