

Raum und Erneuerbare Energien

Anforderungen eines regenerativen Energiesystems an die Standortplanung

Stephan Bosch · Gerd Peyke

Das Wissen um die hohen standortplanerischen Anforderungen eines wachsenden regenerativen Energiesystems innerhalb eines engmaschigen Netzes aus verschiedensten Flächennutzungsansprüchen rückt nur langsam in den Fokus wissenschaftlichen Arbeitens des Geographen. Die Wissenschaft stellt sich halbherzig der Herausforderung einer optimalen Integration von Erneuerbaren Energien in die bestehende Raumordnung. Selbst nach der Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) im Jahr 2000 – und dem damit eingeleiteten Wettbewerb um Flächen für regenerative Technologien – überließ man in erster Linie den Ingenieurs- und Wirtschaftswissenschaften die große Breite des Forschungsfeldes. Dies ist ein bedauernswerter Zustand, da der Raumbezug von Erneuerbaren Energien vielschichtig ist und nach Methoden verlangt, die gerade in der Geographie angesiedelt sind. Speziell mit den Geographischen Informationssystemen (GIS) sind ausgereifte Werkzeuge vorhanden, um komplexen Fragestellungen nachzugehen. Der Ausgleich zwischen Energielandschaften und Landschaften mit abweichenden Nutzungszielen stellt dabei nur eines unter vielen Forschungsgebieten dar. Klar ist, dass der teilweise hohe Flächenbedarf der Technologien und die daraus resultierende Flächennutzungskonkurrenz einer Energiewende bestimmte Grenzen setzen und dazu zwingen, den Flächenverbrauch zu minimieren sowie die wenigen beplanbaren Flächen optimal zu nutzen. Darüber hinaus verlangen die große Bandbreite an alternativen Ener-

gieformen und die jeweils begrenzten Energiepotenziale nach Standortkonzepten, die eine Abstimmung und Kombination verschiedener Technologien ermöglichen. Außerdem macht es die zunehmende Bedeutung von intermittierenden Energiequellen wie Wind und Sonne notwendig, geeignete Standorte zur Speicherung des gewonnenen Regenerativstroms zu identifizieren. Ziel des Artikels ist es, die hohe Raumwirksamkeit des Ausbaus von Erneuerbaren Energien zu verdeutlichen und damit die Geographie für ein noch weitgehend unbearbeitetes und attraktives Arbeitsfeld zu sensibilisieren.

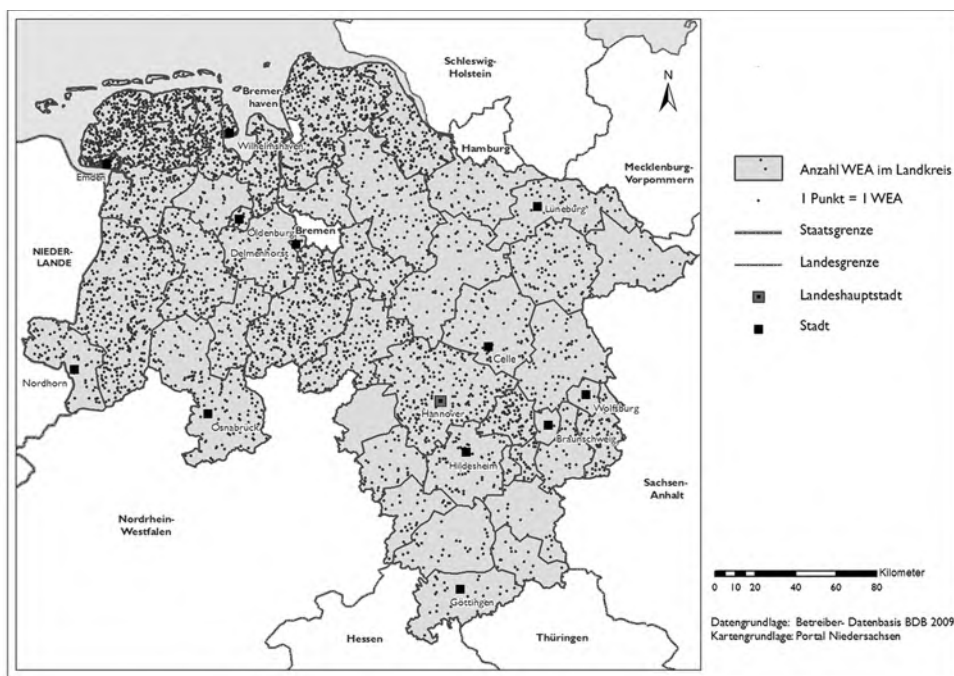
Großer Flächenbedarf von Erneuerbaren Energien

Die vor dem Hintergrund des Klimawandels und der Ressourcenverknappung notwendige Umstellung unseres Energiesystems von fossilen auf regenerative Energieträger führt zu einer Neuausrichtung des Verhältnisses zwischen Raum und Energie. Noch wird unsere Energieversorgung stark von konventionellem Erdöl, Erdgas und Kohle geprägt. Der Raumeingriff ist bei der Erschließung der fossilen Rohstoffe relativ gering, da die Energieausbeute an die Ergiebigkeit der meist unterirdischen Quellen gebunden ist (Brücher 2008). Der Ausbau von Erneuerbaren Energien führt jedoch zu einer sukzessiven Aufwertung der Ressource Raum (Bosch u. Peyke 2009): Die Errichtung von Windparks geht beispielsweise mit einem relativ hohen Flächenverbrauch einher, nicht zuletzt da die einzelnen Windkraftanlagen – aufgrund der Gefahr von Abschattung – in einem gewissen Abstand zueinander aufgestellt werden müssen. In Brandenburg zeichnet sich die Windenergie derzeit durch ein rasanten Flächenwachstum aus. Momentan liegt die installierte elektrische Leistung bei etwa 3.800 Megawatt (MW) mit 2.700 Anlagen. Damit werden jährlich 6,2 Millionen Kilo-

Dipl.-Geogr. S. Bosch (✉) · Prof. Dr. G. Peyke
Lehrstuhl für Humangeographie und Geoinformatik,
Universitätsstr. 10, 86159 Augsburg, Deutschland
E-Mail: stephan.bosch@geo.uni-augsburg.de

Prof. Dr. G. Peyke
E-Mail: gerd.peyke@geo.uni-augsburg.de

Abb. 1 Räumliche Verteilung von Windkraftanlagen in Niedersachsen 2009 (Quelle: Bosch)



wattstunden (kWh) Strom erzeugt, was einem Anteil von 28% am Bruttostromverbrauch entspricht. Im Zuge seiner Energiestrategie will das Land Brandenburg bis 2020 die Leistung von Windkraft auf 7.500 MW ausbauen und damit einen Anteil von 20% am Primärenergieverbrauch erreichen. Die von den Anlagen eingenommene Fläche hätte dann eine Größe von rund 555 Quadratkilometern, was 1,9% der Landesfläche entspricht. Zur Bereitstellung der hierfür notwendigen Flächen soll sogar das Landeswaldgesetz angepasst werden, so dass Kiefernforste zukünftig zu den potenziellen Standorten zählen.

Um den Flächenverbrauch in Grenzen zu halten, ist beim Ausbau der Windkraft das sogenannte Repowering vorgesehen. Dahinter verbirgt sich die Strategie, viele kleine und leistungsschwache Anlagen durch wenige große und leistungsstarke zu ersetzen. Dadurch lässt sich der Flächenverbrauch halbieren und die Leistung mehr als verdoppeln (Landesregierung Brandenburg 2009). In Niedersachsen, dem Bundesland mit der höchsten Windleistung (ca. 6.500 MW), sind viele Standorte bereits belegt, so dass dort speziell im Repowering ein großes Energiepotenzial zu suchen ist. Dies könnte zu einer Reduzierung der Anlagenzahl führen. Selbstverständlich besteht die Option, die Flächen zwischen den einzelnen Anlagen einer weiteren Nutzung, etwa durch die Landwirtschaft, zuzuführen (Abb. 2).

Die Errichtung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen ist ebenfalls mit einem hohen Flächenverbrauch verbunden (vgl. Abb. 2). Ein Photovoltaik-Kraftwerk mit einer installierten elektrischen Leistung von 20 MW beansprucht in etwa eine Fläche von 100 Fußballfeldern. Kritiker dieser Form der Energiegewinnung betonen den erheblichen Ein-

griff in die Kulturlandschaft und die unmittelbare Flächen-nutzungskonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion. Die Möglichkeit einer flächenschonenden Solarenergieproduktion ergibt sich durch die Erschließung von Dachflächen. In Deutschland steht eine Dachfläche von ca. 1.190 Quadratkilometern zur Verfügung. Allein auf Wohngebäude strahlen jährlich etwa 730 TWh (TWh=Terawattstunden= 10^{12} Wattstunden) ein, auf die übrigen Gebäude entfallen 383 TWh. Geht man von einem Wirkungsgrad von 15% und der Tatsache aus, dass nicht alle Dachflächen genutzt werden können, so beträgt das Strompotenzial rund 120 TWh. Damit könnten 20% des Strombedarfs in Deutschland gedeckt werden (EuPD Research 2008). Durch Fortschritte in der Farbstoffsolarzellentechnologie gibt es jenseits der Nutzung von Dachflächen noch weitere Möglichkeiten einer gebäudeintegrierten Photovoltaik (vgl. Abb. 3). Eigenschaften von Farbstoffsolarzellen wie Farbigekeit, Semitransparenz und erhöhte Empfindlichkeit gegenüber diffuser Einstrahlung eröffnen ein großes Standortpotenzial an Gebäuden. Neben Fassaden spielt dabei das sogenannte PV-Glazing, das heißt die photovoltaische Inwertsetzung von Fenstern, Wintergärten und Atrien, eine große Rolle (Lang-Koetz et al. 2009).

Zur Substratversorgung einer Biogasanlage mit einer installierten elektrischen Leistung von einem Megawatt, benötigt man eine Fläche von ca. 500 Hektar für den Anbau von Energiepflanzen (Silomais, Roggen, Sudangras etc.). Diese erreichen – in Abhängigkeit von der eingesetzten Pflanze – eine jährliche Ausbeute zwischen 30.000 und 50.000 kWh/ha. Eine exakte Abschätzung des technischen Potenzials der Biogaserzeugung in Deutschland wird durch

Abb. 2 Solarpark Calvia auf Mallorca (Quelle: MPC Capital Gruppe)



die Flächennutzungskonkurrenz zum Naturschutz, zur Nahrungsmittelproduktion, zum Anbau von Energiepflanzen zur physikalisch-chemischen Kraftstoffherzeugung und zur thermochemischen Energieerzeugung erschwert (Kaltschmitt et al. 2006). Die Verwendung von Reststoffen (Gülle, Erntereste, organische Abfälle) kann hierbei zu einer erheblichen Reduzierung der Konkurrenz beitragen und die gesellschaftliche Akzeptanz erhöhen.

Bei der Entwicklung von Standortkonzepten muss darauf geachtet werden, dass die Gewinnung von regenerativer Energie unter größtmöglicher Schonung von Flächen vollzogen wird und ein Ausgleich mit konkurrierenden Flächennutzungen – unter Berücksichtigung der Umweltverträglichkeit – stattfindet. Dabei ist entscheidend, dass die einzelnen Energietechnologien nicht unbegrenzt ausgebaut sondern auf ein Maß aufgestockt werden, das in Kombination mit anderen Energieformen einen aus ökonomischer, ökologischer und sozialer Sicht optimalen, auf Ergänzung beruhenden Energiemix ermöglicht. Die Entwicklung sogenannter regenerativer Kombikraftwerke trägt dieser Notwendigkeit Rechnung.

Das regenerative Kombikraftwerk

Betrachtet man die in Deutschland vorhandenen Energiepotenziale, so wird deutlich, dass eine Energiewende nur erfolgreich sein kann, wenn die verschiedenen Technologien miteinander kombiniert werden. Das Potenzial jeweils einer Energieform wird nicht ausreichen, um ein nachhaltiges Energiesystem aufbauen zu können. Darüber hinaus drängt die Krisenanfälligkeit mancher Branche dazu, die Ener-

gieversorgung auf eine breite Basis zu stellen. In diesem Zusammenhang spielt auch der Import von Regenerativenergie, wie es etwa mit dem Projekt Desertec beabsichtigt wird, eine große Rolle. Entscheidend ist jedoch, dass die einzelnen Energieformen spezifische Eigenschaften aufweisen, die erst in der Kombination mit anderen Energieformen ihren wahren Wert erhalten.

Das Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET) der Universität Kassel hat in Zusammenarbeit mit den Unternehmen Solarworld AG, Enercon GmbH und Schmack Biogas AG hierzu ein wegweisendes Projekt auf den Weg gebracht. Mit Hilfe des regenerativen Kombikraftwerkes wurden erstmals die Mauern zwischen den einzelnen Erneuerbaren Energien aufgebrochen und die Vorteile verschiedener Technologien vereint. Das Pilotprojekt hat bewiesen, dass mittels eines regenerativen Energiemixes durchaus ein herkömmliches Großkraftwerk ersetzt werden kann. Es wurde aufgezeigt, dass eine Vernetzung von Solar-, Wind- und Biomasseanlagen zu jedem Zeitpunkt, unabhängig von den Witterungsverhältnissen, ausreichend Strom bereitstellen kann. Dabei werden die intermittierenden regenerativen Energien Solar- und Windkraft von der grundlastfähigen Biogastechnologie gestützt. Produziert das regenerative Kombikraftwerk zu viel Strom, wird dieser mittels eines Pumpspeicherkraftwerkes gespeichert und bei einer erhöhten Stromnachfrage wieder ins Netz eingespeist (ISET 2008).

Da dieses Projekt jedoch nur auf kleiner Maßstabsebene durchgeführt wurde, stellt sich die Frage, ob eine Übertragung dieses Prinzips auf ganz Deutschland möglich ist. Hier tauchen Zweifel auf, denn die grundlastfähige und damit auf die Stromversorgung stabilisierend wirkende

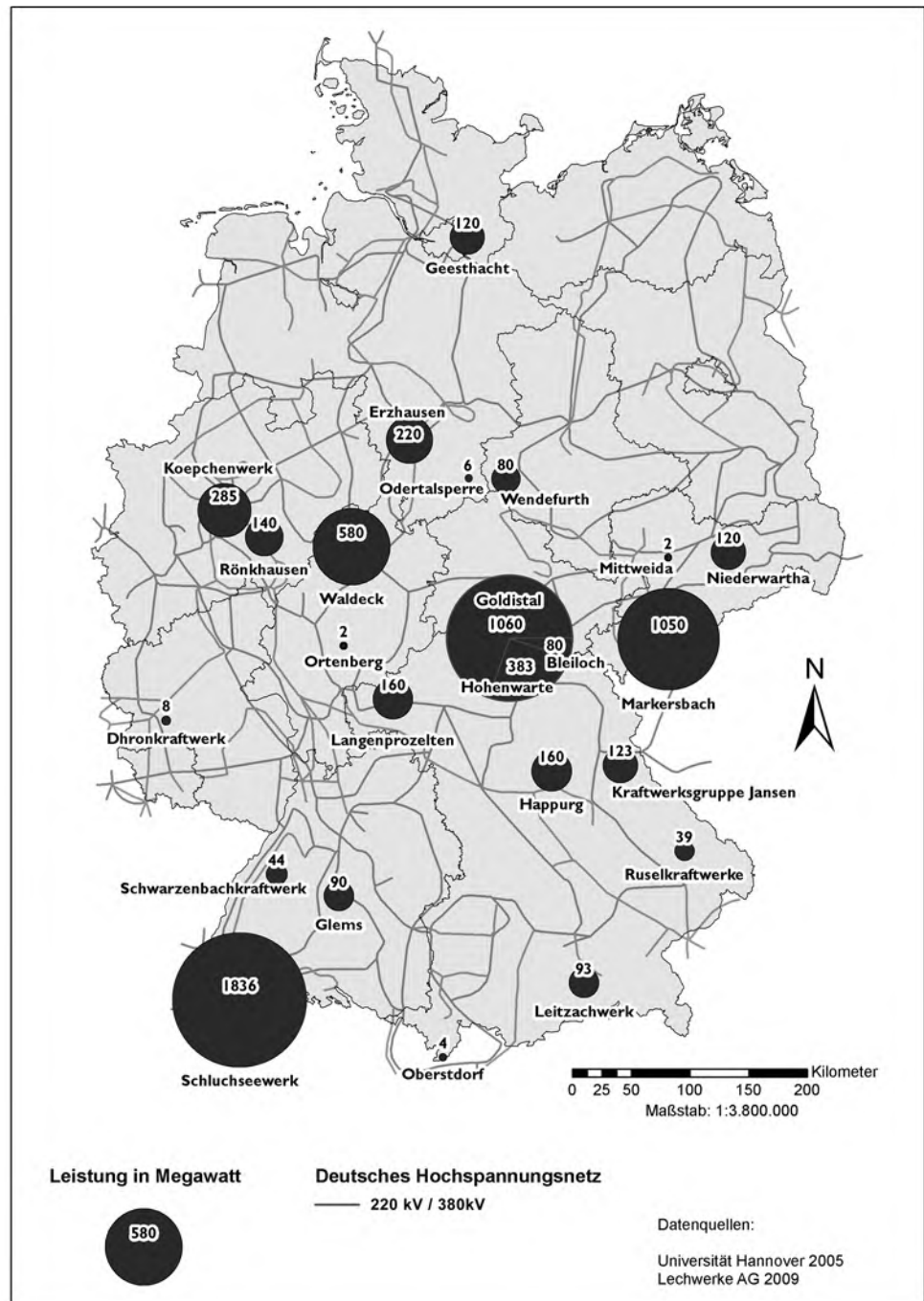
Abb. 3 Gebäudeintegrierte Photovoltaik: Der CIS-Tower in Manchester (Quelle: BSW Solar/Sharp)



Biogastechnologie entstammt einer Branche, die in den letzten Jahren durch schwere Krisen gehen musste. Es ist ungewiss, inwieweit die Bioenergie in den kommenden Jahrzehnten überhaupt noch eine Rolle in Deutschland spielen wird. Die Einführung des NawaRo-Bonus (Bonus für Strom aus nachwachsenden Rohstoffen) im Jahr 2004 löste zunächst einen Boom in der Branche aus (Bosch 2008). Im Jahr 2007 führten jedoch steigende Preise für Nahrungsmittel dazu, dass die Landwirte ihre Ressourcen wieder vermehrt in den Anbau von Marktfrüchten und Futtermitteln investierten. Der entscheidende Grund hierfür wird in der hohen Nachfrage nach veredelten Lebens-

mitteln in Schwellenländern wie China und Indien sowie in der Ausweitung der Bioethanolproduktion in den USA und Brasilien gesehen (Ozlem 2008). Der damit einhergehende Anstieg der Substratpreise stellte die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen erheblich in Frage. Derzeit erhält die Branche durch die Projektgesellschaft AgriCapital neuen Auftrieb. Die Idee ist es, den Bau von Biogasanlagen zu standardisieren, die errichteten Anlagen zentral zu betreiben und die zur Substratbereitstellung notwendigen Landwirte als Unternehmer mit einzubinden. Die Modulbauweise der Anlagen ermöglicht eine schnelle Umsetzung des Konzeptes, so dass bis 2012 eine Kapazität

Abb. 4 Räumliche Verteilung von Pumpspeicherkraftwerken in Deutschland mit Angabe der Leistung 2009 (Quelle: Bosch)



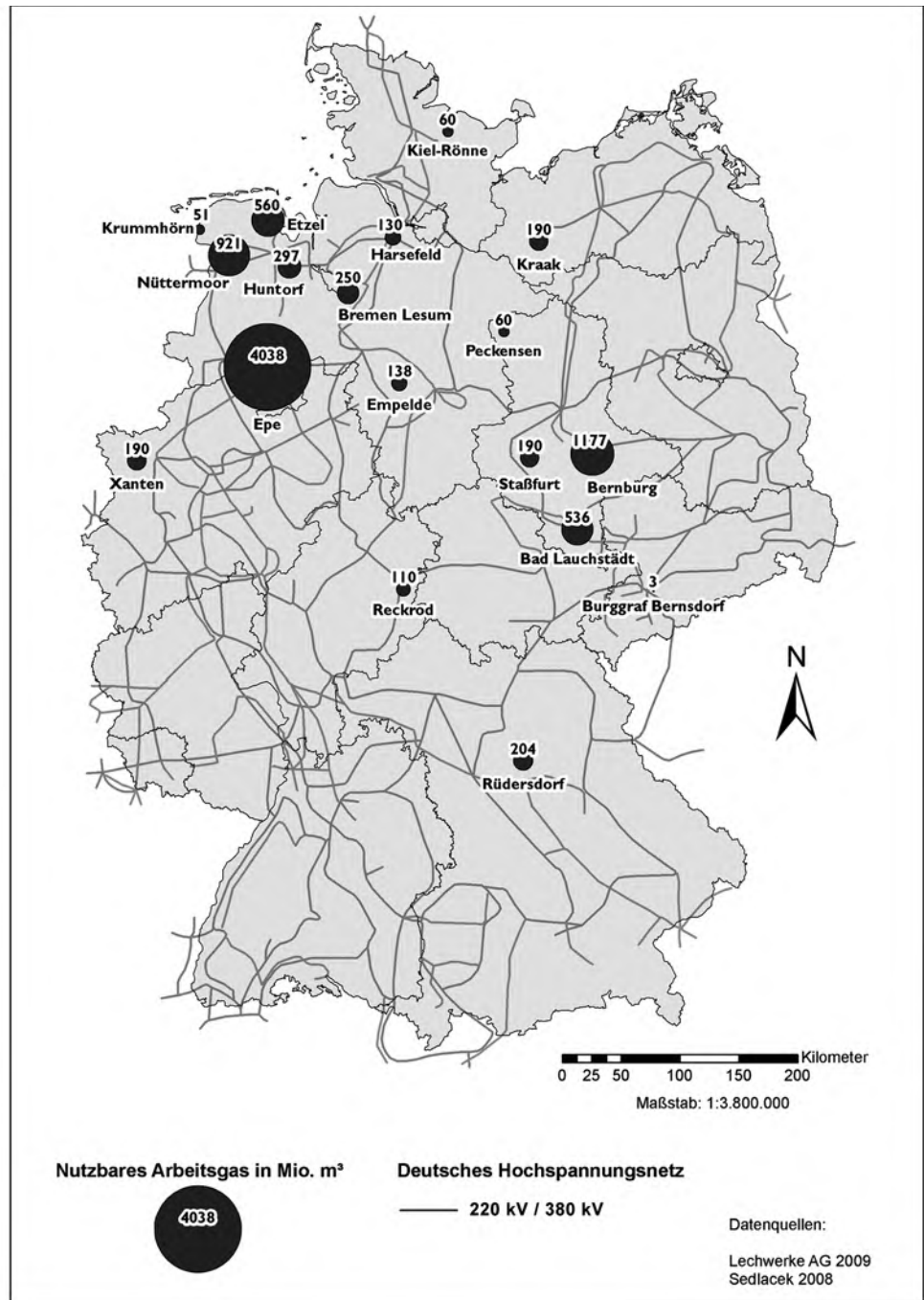
von 200 Megawatt erreicht werden kann. Damit wäre die AgriCapital GmbH der größte dezentrale Stromerzeuger in Deutschland und könnte 500.000 Haushalte mit regenerativem Strom versorgen.

Trotz dieser positiven Entwicklung ist es ratsam, nicht allein auf Biomasse als grundlastfähigen Energieträger zu setzen. Betrachtet man die Energiepotenziale in Deutschland, so erkennt man schnell, dass hinsichtlich der Garantie einer grundlastfähigen Energieversorgung die Geothermie eine geeignete Ergänzung zur Biogastechnologie darstellt.

Das technische Standortpotenzial der bis dato kaum praktizierten geothermischen Stromerzeugung wird auf 300.000 TWh geschätzt. Geht man von einem Erschließungszeitraum von 1.000 Jahren aus, so ergibt sich daraus ein jährliches technisches Angebotspotenzial von 300 TWh. Dies entspricht in etwa der Hälfte des Bruttostrombedarfs in Deutschland im Jahr 2007 (Paschen et al. 2003).

Darüber hinaus muss berücksichtigt werden, dass beim Aufbau eines regenerativen Energiesystems in Deutschland die vorhandenen Pumpspeicherkraftwerke nicht aus-

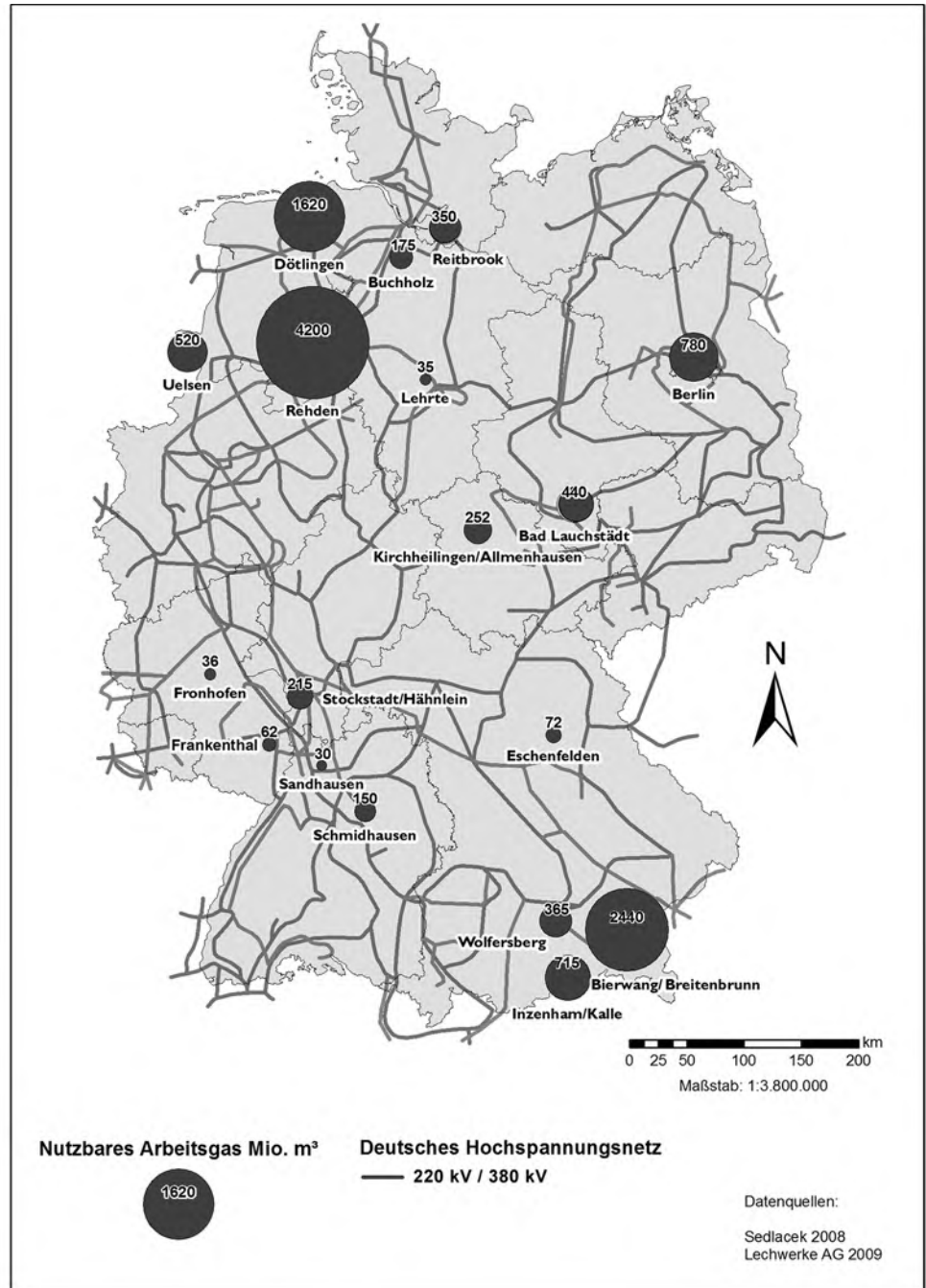
Abb. 5 Räumliche Verteilung von Kavernenspeichern in Deutschland mit Angabe des nutzbaren Arbeitsgases 2009 (Quelle: Bosch)



reichen werden, die überschüssige Energie zwischen zu speichern, um eine exakte Angleichung der Stromproduktion an die Stromnachfrage zu ermöglichen. Nicht nur sind die potenziellen Standorte von Pumpspeicherkraftwerken stark begrenzt, vielmehr lassen sich gerade in windreichen Regionen wie Niedersachsen und Schleswig-Holstein keine ausreichenden Kraftwerkskapazitäten finden (vgl. Abb. 4). Diese konzentrieren sich vornehmlich auf Gebiete mit hoher

Reliefenergie. Des Weiteren sind die Entfernungen zu den Lastzentren zu groß. Ein Nachteil besteht auch darin, dass Pumpspeicherkraftwerke einen erheblichen Eingriff in die Kulturlandschaft und in gewachsene Ökosysteme bedeuten. Die Herausforderung besteht folglich darin, neue Standortoptionen für Energiespeicher aufzuzeigen, denn der Energieversorger EnBW rechnet damit, dass bis 2030 etwa 120 Gigawatt (GW) an neuer Speicherkapazität notwendig sind.

Abb. 6 Räumliche Verteilung von Porenspeichern in Deutschland mit Angabe des nutzbaren Arbeitsgases 2009 (Quelle: Bosch)



Standorte zur Energiespeicherung

In seiner *Road Map Energiepolitik 2020* geht das Bundesministerium für Umwelt (BMU) davon aus, dass im Jahr 2020 mindestens 20 bis 30% des Stroms aus Erneuerbaren Energien stammen werden. Die Offshore-Leistung soll bis zu diesem Zeitpunkt bereits eine Kapazität von 7.000 bis 10.000 MW erreicht haben. Für 2030 wird allein der Anteil der Windenergie an der Stromerzeugung auf 25% geschätzt, wovon zehn auf den Onshore- und 15 auf den Offshore-

Bereich entfallen. Das bedeutet, dass die Offshore-Windenergie auf eine installierte elektrische Leistung von 20.000 bis 25.000 MW kommen würde. Dies entspricht einem Stromertrag von 85 bis 100 TWh pro Jahr (BMU 2007). Bis 2050 wird der Anteil von Erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch auf 50% geschätzt. Diese Energiemengen können mit den heute zur Verfügung stehenden Speichersystemen unmöglich aufgenommen werden. Daraus folgt, dass nach alternativen Speicherformen bzw. Speicherstandorten gesucht werden muss. Druckluftspeicherkraft-

werke stellen hierbei eine praktikable Lösung dar. Dabei wird in Schwachlastzeiten – beispielsweise mit Hilfe von Windstrom – Luft in unterirdischen Kavernen komprimiert und gespeichert. Zu Spitzenlastzeiten kann die Luft wieder ausgelassen und dabei über eine Strom produzierende Gasturbine geleitet werden. Moderne, adiabate Druckluftspeicherwerke erreichen bereits einen Wirkungsgrad von 70% und emittieren kein klimawirksames Kohlendioxid (CO₂), da beim Beladen des Druckluftspeichers die Kompressionswärme abgefangen und beim Entladen der Luft wieder zugeführt werden kann. Ein Vereisen der Turbinen wird dadurch verhindert. Vorteilhaft ist auch, dass Druckluftspeicherwerke ein großes Standortpotenzial in der Nähe von Offshore-Standorten besitzen (vgl. Abb. 5). Speziell in Niedersachsen fallen wind- und salzreiche Standorte zusammen.

Mittlerweile gibt es Überlegungen, die Generatoren von Windkraftanlagen durch Kompressoren zu ersetzen, um die kinetische Energie des Windes direkt in potenzielle Druckluftenergie umzuwandeln. Die Druckluft kann anschließend durch ein unterirdisches Rohrleitungssystem bis zu 50 Kilometer weit zu Speichern transportiert werden. Dieses, von dem Unternehmen General Compression entwickelte *Dispatchable Wind Power System* (DWPS), kann die Systemkosten erheblich reduzieren und damit die Wirtschaftlichkeit der Druckluftspeicherung erhöhen (Yarala 2008). Überdies lässt sich auch in Aquiferstrukturen Druckluft speichern. Durch Einpressung von Speichergas in poröse, mit Wasser gefüllte Gesteinsschichten wird – durch Verdrängung des Wassers aus den Poren – eine Gaslagerstätte künstlich hergestellt. Potenzielle Standorte für Luftspeicherung in Porenspeichern sind unter anderem in Süddeutschland zu finden (vgl. Abb. 6).

Die Nachteile von intermittierenden Energieformen können zudem durch eine länderübergreifend koordinierte Energieversorgung verringert werden. Mit zunehmender Größe des Raumes, in dem Regenerativstrom gemanagt wird, steigt die garantierte Verfügbarkeit von Anlagen. Dadurch erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass witterungsbedingte Produktionsrückgänge in einer Teilregion durch andere Teilregionen kompensiert werden können. Beispielhaft hierfür stehen die Bemühungen des Ingenieurs und Unternehmers Eddie O'Connor, die großen Windparks der Nordsee sowie des Ostsee-Baltikraumes mittels eines Gleichstromnetzes zu verbinden (Supergrid) und so den angrenzenden Ländern langfristig einen Zugang zu einer Leistung von 500.000 MW zu ermöglichen (May 2009).

Fazit

Es wurde verdeutlicht, dass sich durch den Ausbau von Erneuerbaren Energien der Geographie ein breites For-

schungsfeld eröffnet. Neben der Suche nach geeigneten Standorten für die flächenintensiven regenerativen Technologien rücken mit fortschreitendem Ausbau vor allem deren Integration in die gegebene Raumordnung sowie die Identifizierung geeigneter Standorte zur Speicherung der gewonnenen Energie in den Blickpunkt des Interesses. In den kommenden Jahren werden die Weichen für unser künftiges Energiesystem gestellt. Es ist an der Zeit, sich dieser Thematik mit ganzer Kraft zu widmen. Andernfalls werden wegweisende Entscheidungen ohne die sinnvolle Einbindung raumoptimierenden Know-hows an der Geographie vorbeigehen. Bereits 1997 mahnte Wolfgang Brücher in seinem Aufsatz „Mehr Energie – Plädoyer für ein vernachlässigtes Objekt der Geographie“, sich der Thematik Energie verstärkt anzunehmen. Nachdem durch die Einführung des EEG im Jahr 2000 die politischen Rahmenbedingungen für eine umfassende Energiewende gelegt worden sind, bestand große Hoffnung, dass sich die Geographie – gerade aufgrund ihrer großen Kompetenz bei Raumanalysen – der Herausforderung einer Integration von Erneuerbaren Energien in die Raumordnung stellen würde. Jedoch hat sie, abgesehen von wenigen erfreulichen Ausnahmen, diesen Schritt bis heute noch nicht geleistet und durch ihre Passivität einen suboptimalen Ausbau nicht verhindern können. Die Umsetzung von Energiekonzepten kann jedoch nur gelingen, wenn den Ingenieurs- und Wirtschaftswissenschaften die in den Geowissenschaften verankerten Methoden zur Analyse von räumlichen Strukturen und Prozessen zur Seite gestellt werden.

Literatur

- Bosch S (2008) Kulturlandschaften und Erneuerbare Energien – Auswirkungen auf Natur und Landschaft: Ökonomische Bedeutung und ökologische Probleme der Biogasgewinnung. In: Verein Rieser Kulturtage e. V. (Hrsg) Rieser Kulturtage – Eine Landschaft stellt sich vor. Dokumentation Band XVII. S 125–128
- Bosch S, Peyke G (2008) Energiepflanzenbau und konkurrierende Flächennutzungen – neue Strukturen in der Landwirtschaft und ihre Optimierung mittels GIS. – In: Strobl J, Blaschke T, Griesebner G. (Hrsg) Angewandte Geoinformatik 2008 – Beiträge zum 20. AGIT-Symposium. Salzburg, Austria, S 450–455
- Bosch S, Peyke G (2009) Energiewende durch GIS. GIS.BUSINESS – Z Geoinformation 8:44–46
- Brücher W (1997) Mehr Energie – Plädoyer für ein vernachlässigtes Objekt der Geographie. Geographische Rundschau 6:330–335
- Brücher W (2008) Erneuerbare Energien in der globalen Versorgung aus historisch-geographischer Perspektive. Geographische Rundschau 1:4–12
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2007) Entwicklung der Offshore-Windenergienutzung in Deutschland. Berlin
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2009) Neues Denken – Neue Energie – Roadmap Energiepolitik 2020. Berlin
- EuPD Research (2008) The German photovoltaic market 2007/2008 – From sales to strategic marketing. Bonn

- Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET) (2008) Das regenerative Kombikraftwerk. Kassel
- Kaltschmitt M, Streicher W, Wiese A (Hrsg) (2006) Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Springer, Berlin
- Landesregierung Brandenburg (2009) Windkrafteerlass – Gemeinsamer Erlass des Ministeriums für Infrastruktur und Raumordnung und des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz (16. Juni 2009). Potsdam
- Lang-Koetz C, Hinsch A, Beucker S (2009) Farbige Solarzellen – Grundlage für eine attraktive gebäudeintegrierte Photovoltaik. Erneuerbare Energien 3:51–55
- May H (2009) Die richtigen Knoten bilden. Neue Energie 3:30–35
- Ozlem B (2008) Unschuldiger Prügelknabe. Biogas J 1:24–26
- Paschen H, Oertel D, Grünwald R (2003) Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland. Arbeitsbericht Nr. 84 Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag
- Sedlacek R (2008) Untertage-Gasspeicherung in Deutschland. Erdöl Erdgas Kohle 11:453–465
- Yarala R (2008) Kompressor statt Generator – Die direkte Druckluftspeicherung soll Windstrom wirtschaftlicher machen. Erneuerbare Energien 2:36–37
- Dipl.-Geogr. Stephan Bosch**, Jg. 1979. Studium der Geographie an der Universität Regensburg mit Schwerpunkt Wirtschaftsgeographie. Seit 2008 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Humangeographie und Geoinformatik der Universität Augsburg mit dem Forschungsschwerpunkt „Geographie der Erneuerbaren Energien“. 2009 Aufnahme eines berufsbegleitenden Promotionsvorhabens an der Universität Augsburg.
- Prof. Dr. Gerd Peyke**, Jg. 1948. Studium der Physik an der TU München. 1979 Promotion mit der Arbeit „Vorausschätzung der Wanderungen – Raumordnerische Orientierungsdaten für Nahbereiche, EDV-Programme zur Analyse, Fortschreibung und computerkartographischen Darstellung räumlicher Mobilitätsmuster.“ 1985 Habilitation an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Augsburg mit dem Thema „EDV-gestützte Informationssysteme in der angewandten Stadt- und Regionalforschung – Anforderungen, Konzeptionen und Probleme bei der Realisierung mit einem arbeitsplatzorientierten Computersystem.“ Seit 2004 Inhaber des Lehrstuhls für Humangeographie und Geoinformatik der Fakultät für Angewandte Informatik der Universität Augsburg.