

# Ganzheitliche Flächenpotenzialanalyse für Erneuerbare Energien – eine Chance für das Landmanagement

Martina Klärle, Ute Langendörfer und Sandra Lanig

## Zusammenfassung

Kommunale Aufgabe ist es, Nachhaltigkeitskonzepte für den Bereich Erneuerbare Energien zu erstellen. Bisher beschränkten sich diese Konzepte auf punktuelle Standortanalysen für einzelne regenerative Energieformen. Eine nachhaltige, ganzheitliche, flächenbasierte Betrachtung und Ermittlung der Potenziale an Erneuerbaren Energien fehlte. Diesem Ansatz folgt das Forschungsprojekt ERNEUERBAR KOMM!. Auf der Grundlage amtlicher Geobasisdaten erfolgt mittels geostatistischer Methoden die Ermittlung des Potenzials aller Erneuerbaren Energieformen (Wind, Sonne, Biomasse, Wasser) für eine einzelne Kommune oder ganze Landkreise.

## Summary

*Municipalities have the task to provide sustainability concepts for renewable energies. So far these concepts were limited to punctual location analyses for individual renewable forms of energy. A sustainable, holistic, fully covered view and determination of renewable energy potentials were missing. The research project ERNEUERBAR KOMM! follows this approach. Based on official geo-data, the potential of all renewable forms of energy (wind, sun, biomass, water) for an individual municipality or whole districts is identified by means of geo-statistic methods.*

**Schlagworte:** Erneuerbare Energien, Flächenpotenzialanalyse, Energieleitplanung, GIS

## 1 Einführung

Kommunen stehen vor der Herausforderung, die politischen Klimaziele hinsichtlich einer zukunftsfähigen Energieversorgung zu verwirklichen (Longo 2008). Potenziale für Erneuerbare Energien müssen lokalisiert und in Bezug zum Energieverbrauch quantifiziert werden. Bisher beschränkten sich kommunale Energiekonzepte auf punktuelle Standortanalysen für einzelne regenerative Energieformen. Eine nachhaltige, ganzheitliche, flächenbasierte Betrachtung und Ermittlung der Potenziale an Erneuerbaren Energien fehlte. Diesem Ansatz folgt das Forschungsprojekt ERNEUERBAR KOMM!, das erstmals eine ganzheitliche Potenzialanalyse für Erneuerbare Energien ermöglicht. Basierend auf amtlichen Geobasisdaten erfolgt die Ermittlung des Potenzials von Wind, Sonne, Biomasse, Wasser für eine einzelne Kommune oder ganze Landkreise.

ERNEUERBAR KOMM! analysiert das Flächenpotenzial an Erneuerbaren Energien auf Basis geostatistischer Methoden unter Einsatz Geographischer Informationssystem-

me (GIS). Mit Hilfe dieser Methode kann jede Kommune ihr Energiepotenzial eigenständig berechnen und durch einen sogenannten »Mobilisierungsfaktor« angeben, welcher Anteil des vorhandenen Potenzials in der Praxis umgesetzt werden soll. Das Ergebnis der Berechnung zeigt:

- Wie viel Energie steckt in einer Kommune?
- Wie viel Prozent des Strombedarfs der privaten Haushalte kann durch Sonne, Wind, Biomasse und Wasser gedeckt werden?
- Durch welche Formen der Erneuerbaren Energien kann der Strombedarf der Gemeinde gedeckt werden?
- Wie viel Fläche wird hierfür benötigt?

Die Ergebnisse der Analyse werden in einem umsetzungsorientierten Leitfaden kartographisch aufbereitet. Der Leitfaden bietet außerdem Erläuterungen zu den einzelnen Energieformen. Darüber hinaus wurde ein Online-Rechner entwickelt, welcher den Stromertrag der einzelnen Energietypen on-demand berechnet. Auf der Internet-Oberfläche wird das Erneuerbare Energiepotenzial der beteiligten Gemeinden spielerisch nach dem Ansatz des »game based learning« dargestellt.

Nach dem 2008 abgeschlossenen Forschungsprojekt SUN-AREA ([www.sun-area.net](http://www.sun-area.net)), welches dem Potenzial der Dachflächen zur Erzeugung von Solarstrom gewidmet war (s. Lanig et al. 2011), bietet ERNEUERBAR KOMM! ([www.erneuerbarkomm.de](http://www.erneuerbarkomm.de)) die Möglichkeit, schnell, effizient und exakt das Potenzial aller Erneuerbaren Energieformen zu berechnen. Leitfaden und Online-Rechner wurden Ende März 2011 für die Pilotregion Regionalverband Frankfurt/Rhein-Main veröffentlicht. Das Forschungsprojekt wurde im Rahmen des Programms »Forschung für die Praxis« durch das Hessische Ministerium für Wissenschaft und Kunst gefördert und ist im Studiengang Geoinformation und Kommunaltechnik an der Fachhochschule Frankfurt am Main verankert. ERNEUERBAR KOMM! ist bundesweit auf alle Gemeinden übertragbar.

## 2 Flächeninanspruchnahme durch Erneuerbare Energien

ERNEUERBAR KOMM! verfolgt einen flächenbezogenen Ansatz. Die Methodik bildet für alle Formen der Erneuerbaren Energien den Zusammenhang zwischen erzeugter Strommenge und benötigter Fläche ab. Konkret heißt das für den Nutzer des Online-Rechners: Das System gibt beispielsweise an, dass 100 ha der kommunalen Ackerfläche zur Erzeugung von Biomasse geeignet sind. Der Nutzer wählt nun beispielsweise 10 ha davon und sieht

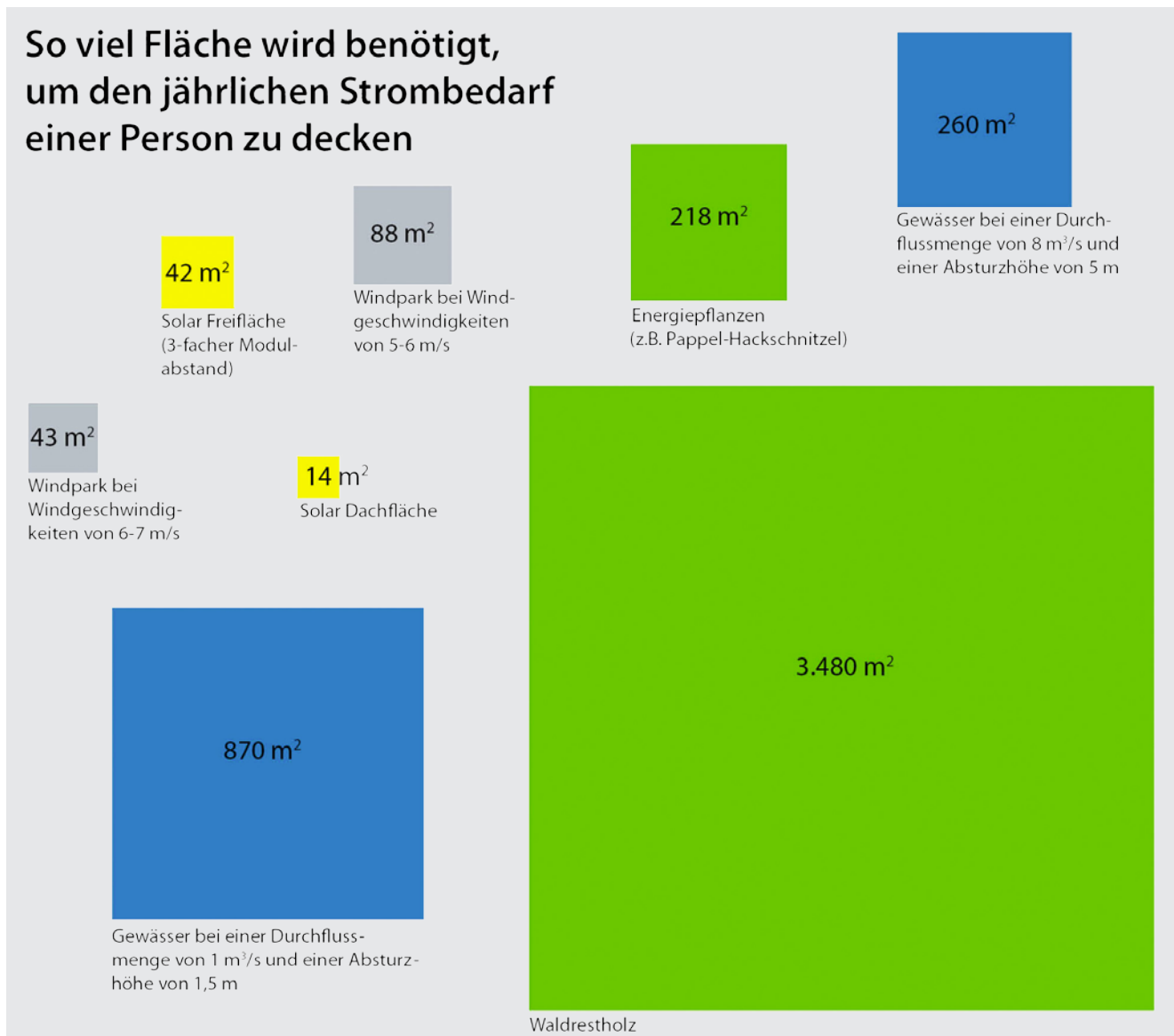


Abb. 1: Flächenbedarf zur Erzeugung der Strommenge, die eine Person im Jahr verbraucht, bezogen auf den Stromverbrauch in Hessen

auf Knopfdruck wie viel Strom daraus erzeugt werden kann. Da die Datenbank auch eine Verknüpfung zur Einwohnerzahl der Gemeinde und zum Stromverbrauch pro Einwohner herstellt, wird zugleich angezeigt, wie viele Einwohner aus dem Ertrag der jeweiligen Fläche mit Strom versorgt werden können.

### 3 Mehrwert amtlicher Geobasisdaten für Kommunen

Amtliche Geodaten in entsprechender Qualität und Verfügbarkeit können als Grundlage für eine nachhaltige Energieplanung dienen. Das Energiepotenzial aus erneuerbaren Quellen ist sowohl zeitlich als auch räumlich unterschiedlich verteilt. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, wo welches Potenzial in welcher Form verfügbar ist. Wie kommt man zu raumbezogenen Aussagen? Die Nutzung von Geodaten bietet hier Antworten,

da dem Potenzial an geeigneten Flächen zur Erzeugung von Erneuerbaren Energien durch die Verortung der entsprechenden Informationen ein Raumbezug zugewiesen wird. Geographische Informationssysteme dienen dabei als Werkzeug für die Flächenpotenzialanalyse und als Entscheidungsunterstützung bei der Lokalisierung energetisch hochwertiger Flächen. Durch die Nutzung von Geodaten für eine nachhaltige und zukunftsorientierte Planung von Erneuerbaren Energien ergibt sich somit ein erheblicher Mehrwert. In Deutschland sind alle notwendigen Geobasisdaten vorhanden, um die Potenziale für Erneuerbare Energien zu berechnen.

Der größte Teil der Daten, die der Datenbank für die Berechnungen zugrunde liegen, sind klassische Geobasisdaten zur Flächennutzung (Digitales Landschaftsmodell – DLM, Digitales Geländemodell – DGM) und Daten der Katasterverwaltung (ALKIS). Sie wurden sowohl untereinander als auch mit Daten des Deutschen Wetterdienstes, des statistischen Landesamtes Hessen und des

Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG) verschnitten. Insbesondere die jeweiligen Eignungsflächen sind das Resultat einer GIS-technischen Verschneidung der planungsrelevanten Geobasisdaten wie z.B. der Nutzungsart und diverser Schutzgebiete. Das DLM wurde ergänzt um Flächeninformationen des Regionalen Flächennutzungsplans wie z.B. geplante Siedlungs- und Verkehrsflächen.

Tab. 1: Übersicht Geobasisdaten für das Bundesland Hessen

| Basisdaten                | Quelle   | Urheber   |
|---------------------------|--|---|
| Flächennutzung            | DLM / DGM  | Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation |
| Gebäudefläche             | ALKIS  | Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation |
| Windgeschwindigkeit       | Windgeschwindigkeit im ASCII-Format 200m-Raster        | Deutscher Wetterdienst                                      |
| Höhenunterschied Gewässer | DOM – aus Laserscannerdaten                            | Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation |
| Globalstrahlung           | Solare Einstrahlung                                    | Deutscher Wetterdienst                                      |
| Höhenmodelle              | Ermittlung von Höhendifferenzen und Geländemorphologie | Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation |

#### 4 Ermittlung von Flächenpotenzialen und Stromerträgen aus Erneuerbaren Energien

Zentrales Ziel von ERNEUERBAR Komm! ist die Entwicklung einer Berechnungsmethode, die mit amtlichen flächenbezogenen Geobasisdaten eine verlässliche Potenzialanalyse für die Gemeinden liefert. Errechnet wird der mögliche Stromertrag aus Solarenergie, Windkraft, Biomasse und Wasserkraft – und wie viel Fläche die Gemeinde dafür jeweils zur Verfügung stellen müsste. ERNEUERBAR KOMM! bezieht sich ausschließlich auf die Stromproduktion. Die Geothermie wird daher nicht in die Berechnungen einbezogen, da mit geothermischen Verfahren heute fast ausschließlich Wärme erzeugt wird. Es kann jedoch als sicher gelten, dass die Geothermie ein enormes Potenzial birgt und in der Zukunft durch tiefegeothermische Bohrungen große Regionen mit Strom versorgt werden können.

Die Berechnungsmethode basiert auf einer stochastischen Methode zur Charakterisierung räumlich korrelierter und georeferenzierter Daten für die Potenzialanalyse Erneuerbarer Energien (Kaltschmitt 2006). Dabei werden die Geobasisdaten als Ausgangsbasis für eine räumliche Interpretation genutzt, deren Ergebnisse möglichst nahe an den real vorliegenden Energiepotenzialen liegen sollen. Voraussetzung für die geostatistische Nutzung der Geobasisdaten ist, dass die Informationen (z.B. zur Windgeschwindigkeit) über das gesamte Untersuchungsgebiet in einer homogenen und verlässlichen Qualität zur Verfügung stehen.

##### 4.1 Solarenergie

Bei der Nutzung von Solarenergie wird zwischen Warmwassererzeugung (Solarthermie) und Stromerzeugung (Photovoltaik – PV) unterschieden. ERNEUERBAR KOMM!

konzentriert sich ausschließlich auf die Stromerzeugung. PV-Module werden auf Dächern und Freiflächen eingesetzt. Der Strom wird ins öffentliche Netz eingespeist oder im Haus genutzt.

Die Flächenbilanz der Solarenergie ist sehr gut. Um den Strombedarf einer Person zu decken, wird derzeit beispielsweise in Hessen eine geeignete Dachfläche von ca. 14 m<sup>2</sup> benötigt. Mit steigendem Wirkungsgrad der Module wird sich die benötigte Fläche verringern.

Freiflächen-PV-Anlagen werden nach aktuellem EEG (Stand Januar 2011) nur noch auf Flächen mit bestehender Vornutzung vergütet. Dazu gehören ehemalige Deponieflächen oder Tagebaugelände, Konversionsflächen, Randstreifen von Autobahnen und Schienenwegen. Die Module können immer im optimalen Winkel zur Sonne aufgestellt werden. Da die Module aufgeständert werden, wird der Boden nicht versiegelt. Eine Zweitnutzung, z.B. Schafzucht, ist möglich. Besonders geeignet sind unverschattete Flächen mit einer durchschnittlichen Sonneneinstrahlung von mindestens 950 kWh/m<sup>2</sup> im Jahr, einer Ausrichtung nach Süden, Südosten, Südwesten, gegebenenfalls auch Osten oder Westen, einer Neigung von 30° bis 45°. Bei flachem Dach bzw. Gelände werden die Module aufgeständert. In die Potenzialberechnung für Dach- und Freiflächenanlagen gehen die geeignete Fläche (bei Flachdächern und Freiflächen mit einem Flächenfaktor für die Aufständigung), der Globalstrahlungswert vor Ort, der Wirkungsgrad der Module und die Performance Ratio mit 25% ein.

##### 4.2 Windenergie

Die Windenergie ist im Vergleich zu anderen Formen der Erneuerbaren Energien extrem ertragreich und wirtschaftlich. Abgesehen von der Fundamentfläche kann die

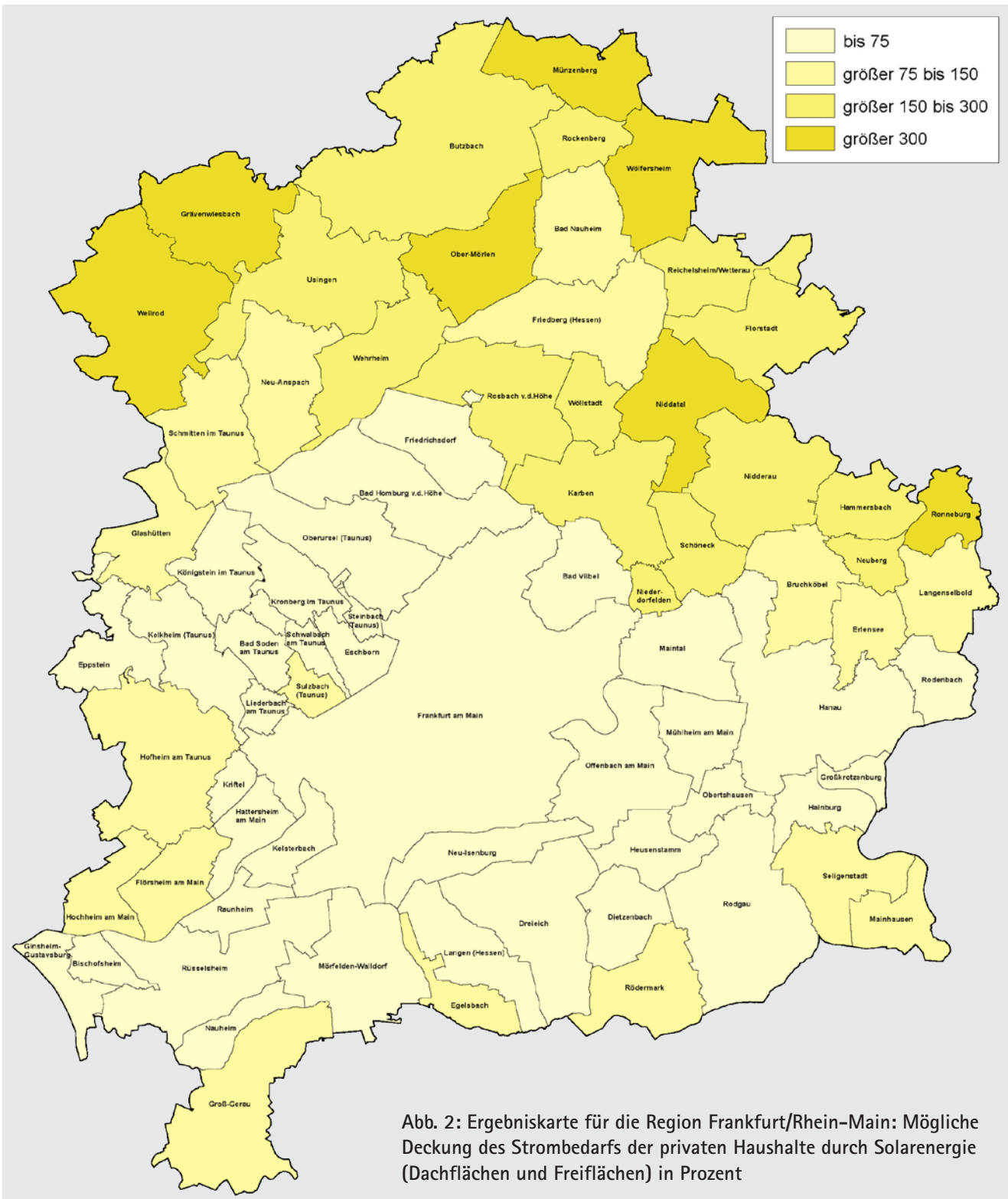


Abb. 2: Ergebniskarte für die Region Frankfurt/Rhein-Main: Mögliche Deckung des Strombedarfs der privaten Haushalte durch Solarenergie (Dachflächen und Freiflächen) in Prozent

gesamte Fläche rund um eine Windkraftanlage land- oder weidewirtschaftlich genutzt werden.

Mit einer Windkraftanlage lässt sich bei einer 20-jährigen Nutzungszeit 30- bis 80-mal so viel Energie gewinnen, wie für ihre Herstellung und Nutzung benötigt wurde. An einem guten Standort beträgt die energetische Amortisationszeit nur knapp zwei Monate.

Bei keiner anderen Energieform ist der richtige Standort so wichtig wie bei der Windenergie. Der Stromertrag

steigt mit der dritten Potenz zur Windgeschwindigkeit, d.h. doppelte Windgeschwindigkeit liefert achtfache Energie, dreifache Windgeschwindigkeit 27-fache Energie. Bezogen auf den Stromverbrauch in Hessen erzeugt eine 2,5MW-Anlage an einem Standort mit Windgeschwindigkeiten von 7,5m/s Strom für 4.380 Personen. An einem Standort mit 5,5m/s liefert die gleiche Anlage Strom für 2.370 Personen. Die Windgeschwindigkeit nimmt mit zunehmender Höhe zu. In welchem Maße, ist

abhängig von vielen Faktoren, z.B. Geländestruktur, Topographie, benachbarte Wälder oder Siedlungen.

Die Berechnung des Stromertrags für die Windenergie basiert auf einer Näherungsformel, in welche die Nennleistung der Anlage, die Volllaststunden pro Jahr, ein Flächenfaktor für notwendige Abstandsbereiche und die potenziell geeignete Fläche für Windkraftanlagen eingehen.

### 4.3 Bioenergie

Die Bioenergie ist unter den Erneuerbaren Energien am flexibelsten einsetzbar. Biomasse kann gespeichert und somit als Energiepuffer eingesetzt werden.

Die Bioenergie ist mit Abstand die flächenintensivste unter den Erneuerbaren Energien. Es ist daher sinnvoll, vor allem Reststoffe zu nutzen (z.B. Gülle, Bioabfall, Restholz), die in der Land- und Forstwirtschaft ohnehin anfallen. Die Güllenutzung leistet zusätzlich einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz.

Beim Stromertrag aus Biomasse werden den Flächenkategorien Acker, Grünland und Wald jeweils unterschiedliche Energiefaktoren zugrunde gelegt. Dadurch wird berücksichtigt, dass beispielsweise aus einem Hektar Grünland mehr Energie gewonnen werden kann als aus einem Hektar Wald (ausschließlich Waldrestholznutzung).

### 4.4 Wasserenergie

Die Wasserkraft ist eine stetige Energiequelle. Da Wasser aufgestaut werden kann, ist es möglich, die Energie zumindest kurzfristig zu speichern. Die lange Lebensdauer der Anlagen von ca. 100 Jahren ermöglicht eine besonders kostengünstige Energieproduktion.

Im Vergleich zu anderen Formen der Erneuerbaren Energien gelten für die Wasserkraft sehr strenge ökologische Schutzvorgaben, deren Einhaltung auch Voraussetzung für einen Vergütungsanspruch nach dem EEG ist. Geeignete Standorte für Wasserkraftwerke sind solche, die bereits durch Eingriffe in die Natur vorbelastet sind. Vorhandene Schleusen können umgerüstet werden. Die mittels Wasserkraft erzeugte Energiemenge steigt linear zur Fallhöhe und zur Durchflussmenge. Für geringe Fallhöhen und kleine Leistungen können speziell entwickelte Turbinen oder sogenannte Wasserkraftschnecken eingesetzt werden.

Da ERNEUERBAR KOMM! das auf kommunaler Ebene mobilisierbare Potenzial für Erneuerbare Energien aufzeigt, werden Bundeswasserstraßen nicht berücksichtigt. In die Berechnung gehen ein: der Höhenunterschied des Flusses innerhalb der Gemeinde, die Durchflussmenge an den Pegelmessstellen, die Volllaststunden der Wasserkraftwerke sowie eine Konstante für die Dichte des Wassers, die Erdbeschleunigung, den Wirkungsgrad von Turbine, Getriebe, Generator und Transformator.

## 5 Fazit

ERNEUERBAR KOMM! zeigt, dass mittels GIS energetisch hochwertige Flächen für Erneuerbare Energien im Sinne eines Nachhaltigkeitskonzeptes ermittelt und quantifiziert werden können. Das Wissen um diese Flächenpotenziale stellt eine wichtige Grundlage für politische Entscheidungsprozesse und die Suche nach konkreten Standorten dar. Insbesondere die Verschneidung von Daten zur Flächennutzung mit Schutzgebieten und flächenbezogenen Informationen, z.B. zu Windgeschwindigkeit oder Wasserdurchflussmengen, liefert die statistischen Eingangswerte für die Potenzialberechnung.

Mit ERNEUERBAR KOMM! ist es erstmals möglich, eine nachhaltige, ganzheitliche, flächenbasierte Ermittlung und Betrachtung der Potenziale für alle Erneuerbaren Energieformen durchzuführen. Aufwändige Potenzialanalysen auf der Basis von neuen Datenerhebungen sind nicht mehr nötig. Vielmehr können vorhandene amtliche Geobasisdaten durch die Verschneidung aller Flächeninformationen und die Veredelung dieser Zwischenergebnisse zu aussagekräftigen Potenzialinformationen wirtschaftlich eingesetzt werden und durch die Methode ERNEUERBAR KOMM! in eine gemeinscharfe Potenzialanalyse münden. In Deutschland existieren alle nötigen raumbezogenen Daten, um verlässliche flächenbezogene Potenzialanalysen für Erneuerbare Energien durchzuführen.

## Literatur

- Lanig, S., Klärle, M., Meik, K.: Web-based Solar Roof Cadastre Goes International. GEOconnexion International Magazine, July/August 2011, Volume 10, Issue 7, S. 30–32, 2011.
- Longo, F., Willenbacher, M., Hinsch, Ch., Glasstetter, P., Grüger, S.: Der Weg zum Energieland Hessen. EUROSOLAR e. V. (Hrsg.), 2008.
- Kaltschmitt, M., Streicher, W., Wiese, A. (Hrsg.): Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 2006.

### Anschrift der Autorinnen

Prof. Dr. Martina Klärle  
Prodekanin, Fachbereich Architektur-Bauingenieurwesen-Geomatik  
Fachhochschule Frankfurt a.M.  
Nibelungenplatz 1, 60318 Frankfurt a.M.  
martina.klaerle@fb1.fh-frankfurt.de

Dipl.-Ing. Ute Langendörfer  
Fachbereich Architektur-Bauingenieurwesen-Geomatik  
Fachhochschule Frankfurt a.M.  
Nibelungenplatz 1, 60318 Frankfurt a.M.  
ute.langendoerfer@fb1.fh-frankfurt.de

Dipl.-Geoinf. Sandra Lanig  
Ingenieurbüro Prof. Dr. Klärle  
Würzburger Str. 9, 97990 Weikersheim  
lanig@klaerle.de