

Erneuerbare Energien – unterstützt durch GIS und Landmanagement

von Prof. Dr. Martina Klärle, Frankfurt am Main

(basierend auf dem Vortrag anlässlich der Fachtagung des DVW Hessen am 9. April 2013 in Bad Vilbel-Dortelweil)

1 Die Herausforderung der Energiewende

Die globalen Folgen des Klimawandels können wir nur abwenden, wenn wir die Nutzung fossiler Energiequellen aufgeben und uns mit Erneuerbaren Energien versorgen. Diese Herausforderung ist eine Weltaufgabe und braucht unser aller Unterstützung. Nur ein Technologieland wie Deutschland kann beweisen, dass diese Energiewende sogar mit höherer Lebensqualität und größerer Versorgungssicherheit und ohne volkswirtschaftliche Mehrkosten machbar ist. Deutschland besitzt Technologien und Planungsinstrumente auf hohem Niveau, die allesamt ihren Beitrag für die erneuerbaren Energien leisten können. Auch die Geoinformation und das Landmanagement bieten Unterstützung durch ihre Spezialisten und Experten, durch entsprechende Forschungsprojekte und Ausbildungsschwerpunkte. An der Fachhochschule Frankfurt am Main beispielsweise gibt es den Studiengang „Geoinformation und Kommunaltechnik“ und der Forschungsschwerpunkt „Erneuerbare Energien im Landmanagement“ bietet eine Plattform für innovative Projekte an der Schnittstelle zwischen Geoinformatik und Erneuerbaren Energien.

Mehr als die Hälfte des gesamten deutschen Energieverbrauchs dient heute der Wärmeproduktion. Im Jahr 2010 betrug der Wärmeverbrauch über 1.300 Terawattstunden. Der Bruttostromverbrauch lag bei 610 Terawattstunden. Es ist davon auszugehen, dass es im Wärmebereich ein großes Einsparpotenzial gibt, welches verhältnismäßig leicht mobilisiert werden kann. Durch moderne Standards beim Gebäudeneubau und energetische Sanierungsmaßnahmen im Bestand wird sich der Wärmeverbrauch bis 2050 entscheidend verringern.

Der Stromverbrauch hingegen stagniert oder wird sogar zunehmen, unter anderem durch den vermehrten Einsatz der Elektromobilität. Daher ist es von zentraler Bedeutung für die Energiewende, gerade die Stromversorgung mittel- bis langfristig auf erneuerbare Quellen umzustellen.

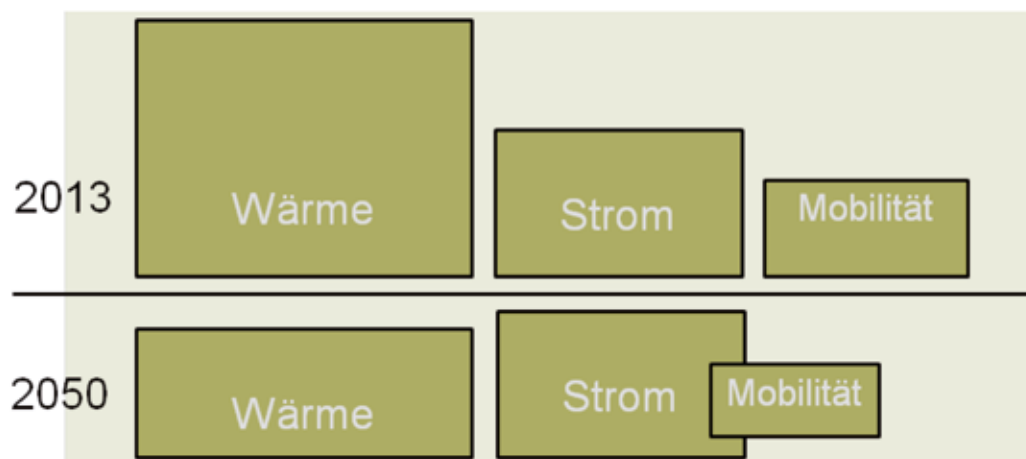


Abb. 1: Entwicklungstendenzen bei Wärmeverbrauch, Stromverbrauch und Mobilität

Um ausreichend Strom aus erneuerbaren Quellen erzeugen zu können, müssen Flächen zur Verfügung gestellt werden. GIS-gestützte Daten-, Standort- und Potenzialanalysen sind unverzichtbar, wenn es darum geht, Potenziale zu erkennen, Standorte zu finden und die geeignetsten und ertragreichsten Flächen zu identifizieren.

2 Eine Chance für die ländlichen Räume

In Städten und Ballungsräumen wird viel Energie verbraucht. Gleichzeitig gibt es wenig freie Flächen, die für die Erneuerbaren zur Verfügung stehen. Ganz anders im ländlichen Raum, wo ein großes Flächenangebot und ein moderater Energiebedarf ein großes Potenzial darstellen.

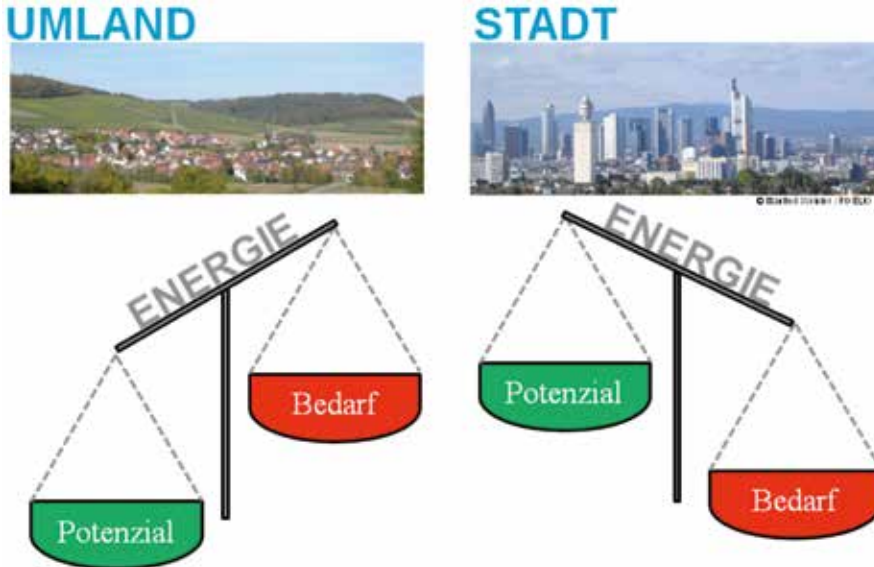


Abb. 2: Unterschiedliches Potenzial für erneuerbare Energien

Die Ergebnisse der GIS-gestützten Flächenpotenzialanalyse ERNEUERBAR KOMM! (siehe unten) zeigen einen deutlichen Zusammenhang zwischen Einwohnerdichte und Energiepotenzial: Je weniger dicht besiedelt eine Gemeinde ist, desto größer ist ihr Potenzial für Erneuerbare Energien.

Eine Auswertung für mehrere Gebietskörperschaften (ca. 100 Gemeinden) ergab, dass alle Gemeinden mit einer Einwohnerdichte von weniger als 4 Einwohnern pro Hektar ihren Gesamtstromverbrauch durch Erneuerbare Energien decken können, die auf der eigenen Gemeindefläche erzeugt werden.

Ländliche Räume werden also eine wesentliche Rolle als Träger der Energiewende spielen. 100 Prozent Erneuerbare sind machbar, wenn dichtbesiedelte Städte und ihr Umland zusammenarbeiten. Energie-Partnerschaften zwischen Ballungsräumen und ländlichen Gemeinden, regionale Energie-Verbünde und -Kooperationen werden in Zukunft von großer Bedeutung sein.

Die ländlichen Räume bieten für alle Formen der Erneuerbaren Energien durchweg bessere Voraussetzungen. Lediglich bei Solarenergie, die auf Dachflächen erzeugt wird, haben die Städte aufgrund ihres großen Gebäudebestandes ein größeres Potenzial.

Ländlicher Raum	Ballungsraum
Wind + + + + + +	Wind +
Wasser + +	Wasser +
Biom. + + + +	Biom. +
Solar + + +	Solar + + + +
Geo (*)	Geo (*)

Abb. 3: Potenziale für verschiedene erneuerbare Energiequellen

Für Freiflächen-Solaranlagen und Biomasseanbau werden Flächen benötigt, die in den Ballungsräumen kaum zur Verfügung stehen. Das gleiche gilt für die Windkraft. Da Windkraftanlagen zu Siedlungsgebieten je nach landesspezifischen Vorgaben bestimmte Abstände einhalten müssen (z.B. 700 oder 1.000 Meter), ist ihre Errichtung in dichtbesiedelten Räumen nur eingeschränkt möglich.

3 Wie viel Potenzial steckt in der Fläche?

Wie viel Fläche benötigt wird, um beispielsweise eine Person mit Strom zu versorgen, hängt davon ab, welche Form der Erneuerbaren Energiequelle zum Einsatz kommt.

Ausgehend von einem durchschnittlichen Stromverbrauch von 1.800 kWh pro Person und Jahr würde man die Biomasse aus 1.440 m² Ackerland oder 2.400 m² Grünland benötigen, um den Strombedarf einer Person zu decken. (Bei der Erzeugung von Strom aus Biomasse fällt ca. das Dreifache an Wärme an. Das heißt, dass im Falle von Ackerland aus den 1.440 m² zusätzlich 5.400 kWh Wärme erzeugt werden.)

Im Falle von Solarenergie braucht man 14 m² Dachfläche, um den Strombedarf einer Person zu decken. Bei Freiflächen-Solaranlagen wären es 42 m², da die Solarmodule bei Montage auf ebener Fläche aufgeständert werden und entsprechende Abstände einhalten müssen, um sich nicht gegenseitig zu verschatten.

Bei der Windenergie hängt der Ertrag einer Anlage sehr stark von der Windgeschwindigkeit am Standort ab, da der Stromertrag mit der dritten Potenz zur Windgeschwindigkeit steigt. Doppelte Windgeschwindigkeit bringt 8-fachen, dreifache Windgeschwindigkeit 27-fachen Stromertrag. Für eine 3 MW-Anlage an einem windhöffigen Standort hieße das beispielsweise, dass 45 m² (Abstandsfläche zur nächsten Anlage in einem Windpark) benötigt werden, um eine Person mit Strom zu versorgen. Diese Fläche kann zusätzlich land- oder weidewirtschaftlich genutzt werden.

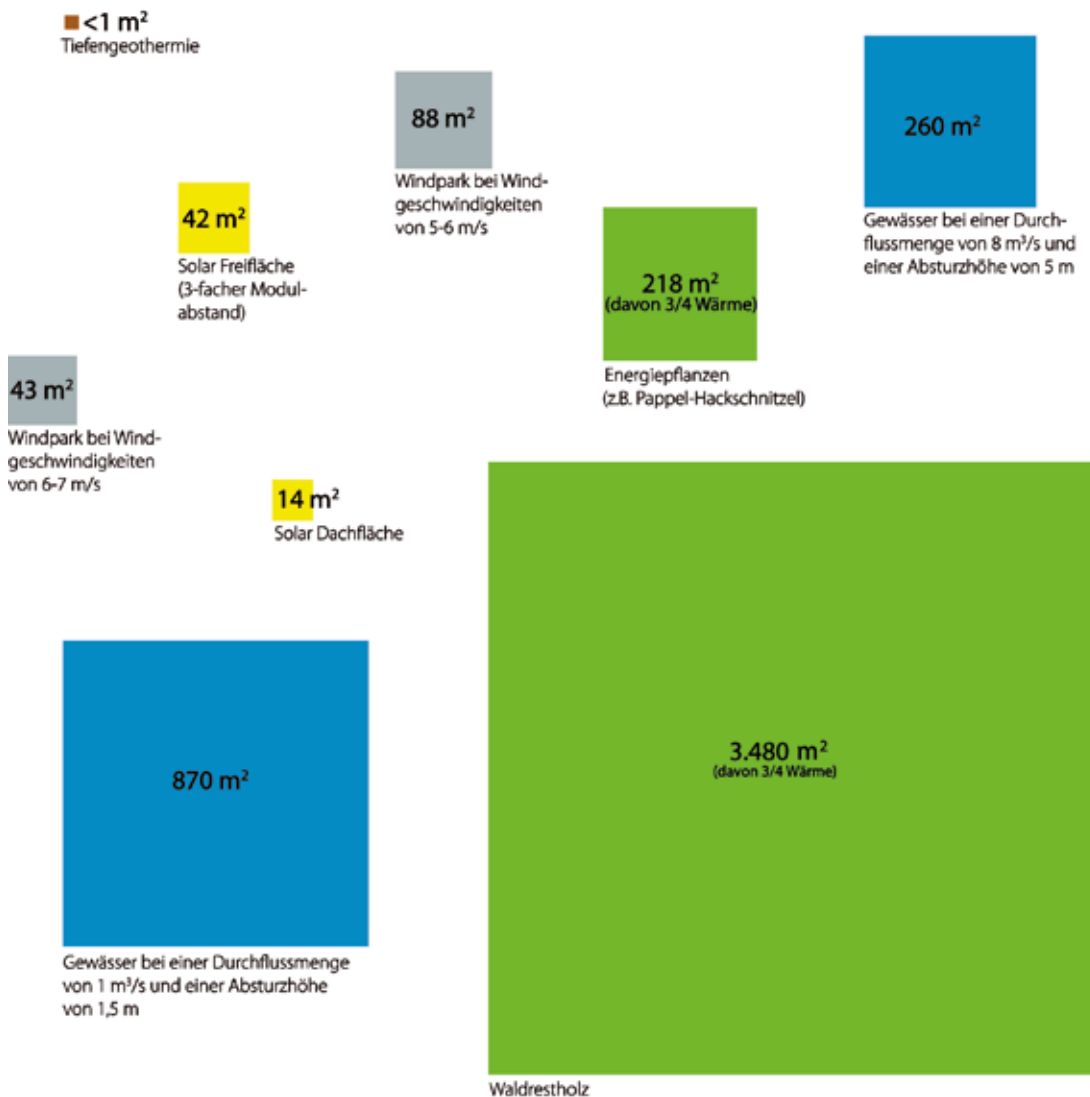


Abb. 4: So viel Fläche wird benötigt, um den jährlichen Strombedarf einer Person zu decken.

4 GIS-gestützte Analysewerkzeuge

Der Forschungsschwerpunkt „Erneuerbare Energien im Landmanagement“ an der Fachhochschule Frankfurt am Main bietet eine Plattform für innovative Projekte an der Schnittstelle zwischen Geoinformatik und Erneuerbaren Energien.

Dabei geht es vor allem um die Entwicklung von automatisierten Potenzial- und Standortanalysen für Erneuerbare Energien auf der Basis von flächendeckend vorliegenden Geodaten. Moderne Geoinformationssysteme und darauf basierende Anwendungen werden gezielt eingesetzt, um die Gebietskörperschaften auf dem Weg ins Erneuerbare-Energien-Zeitalter zu unterstützen.

Im Folgenden werden einige dieser Werkzeuge vorgestellt:

- Solardachkataster SUN-AREA (www.sun-area.net)
- Potenzialanalyse ERNEUERBAR KOMM! (www.ErneuerbarKomm.de)
- Standortanalyse WIND-AREA (www.wind-area.de)

4.1 SUN-AREA

Als Ergebnis des Forschungsprojektes SUN-AREA, welches 2009 den Deutschen Solarpreis erhielt, können vollautomatisch alle Dachflächen ermittelt werden, die für die Gewinnung von Solarenergie optimal geeignet sind.



Dazu werden hochaufgelöste Laserscan-Daten ausgewertet, die mittels einer Befliegung gewonnen werden (siehe Abbildung 5). Mit einer Punktdichte ab 2 Punkten pro Quadratmeter und einer Lage- und Höhengenaugigkeit von ca. 0,15 m besteht die Möglichkeit, kleinste Strukturen auf Dachflächen (z.B. Schornsteine, Gauben) zu erfassen und bei der Berechnung zu berücksichtigen. Zur Lokalisierung der Gebäude werden zudem die Gebäudeumrisse aus dem Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) hinzugezogen.

Aus den Befliegungsdaten ermittelt SUN-AREA die solaren Standortfaktoren der Dächer wie Neigung, Ausrichtung, Verschattung und den lokalen Globalstrahlungswert. Mit diesen Werten wird für jede Stelle des Daches das Solarpotenzial in Kilowattstunden berechnet.

Abb. 5: Befliegung zur Aufnahme von Laserscan-Daten

Mittlerweile gibt es bundesweit für über 350 Städte und Gemeinden ein SUN-AREA-Solardachkataster, welches Bürgern, Kommunen, Investoren und Energieversorgern verlässliche Informationen liefert über:

- die Eignung jedes einzelnen Daches für die Solarstromerzeugung,
- den potenziellen Stromertrag aus der jeweils geeigneten Fläche,
- den passenden Modultyp,
- die CO₂-Einsparung und
- das daraus resultierende Investitionsvolumen.

Das Solardachkataster kann mit anderen Datensätzen der Kommune, z.B. zum Thema Denkmalschutz oder Nutzungsarten (Wohnen, Gewerbe etc.), verknüpft werden, um den Informationsgehalt weiter zu erhöhen. Neben der Eignung für Photovoltaik zeigt das Solardachkataster auch die Eignung für eine solarthermische Nutzung an.

Die Daten werden in einem interaktiven Kartensystem für jedermann im Internet online zur Verfügung gestellt. Für jedes Gebäude lassen sich so „per Klick“ die entsprechenden Detailinformationen abfragen. Der SUN-AREA Wirtschaftlichkeitsrechner berechnet für jedes Gebäude, wann sich die geplante Photovoltaikanlage amortisieren wird. Auf Basis der aktuellen Modulpreise und Kreditkonditionen sowie der aktuellen Einspeisevergütung werden die Erträge für die nächsten 20 Jahre berechnet.



Abb. 6: Solardach-Kataster der Stadt Marburg

4.2 ERNEUERBAR KOMM!

Die Methode ERNEUERBAR KOMM! wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes an der Fachhochschule Frankfurt am Main entwickelt und im März 2011 der Öffentlichkeit vorgestellt. Sie stößt auf große Resonanz bei Kommunen, Landkreisen und Regionalverbänden und wurde bereits wenige Monate nach Abschluss des Forschungsprojektes für über 600 Gemeinden in Hessen, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Bayern in die Praxis umgesetzt.

ERNEUERBAR KOMM! ermöglicht erstmals eine ganzheitliche Flächenpotenzialanalyse für alle Formen der Erneuerbaren Energien. Mit Hilfe von Geobasisdaten und Katasterdaten wird ermittelt, wie viel Strom aus Solarenergie, Windenergie, Biomasse und Wasserkraft auf der Fläche einer Gemeinde erzeugt werden kann und welcher Teil des kommunalen Strombedarfs dadurch gedeckt wird.

Die flächenbezogene Berechnung erfolgt vollautomatisch für jede einzelne Gemeinde oder jeden Landkreis. Sie stützt sich auf bereits vorhandene Geodaten der jeweiligen Landesämter. Bei der Verwertung und Veredelung der Daten werden bestehende planungsrechtliche Vorgaben (Schutzgebiete, Abstandsregeln etc.) berücksichtigt.

In Deutschland sind alle notwendigen Geobasisdaten vorhanden, um die Potenziale für Erneuerbare Energien zu berechnen. Der größte Teil dieser Daten sind klassische Geobasisdaten zur Flächennutzung (Digitales Landschaftsmodell – DLM, Digitales Geländemodell – DGM) und Daten der Katasterverwaltung (ALKIS). Sie werden sowohl untereinander als auch mit Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD), der statistischen Landesämter und Fachbehörden der Länder verschnitten.

Die Ergebnisse der Potenzialanalyse ERNEUERBAR KOMM! werden in Form eines Online-Rechners im Internet veröffentlicht. Der Online-Rechner gibt Auskunft auf folgende Fragen:

- Wie viel Fläche innerhalb einer Gemeinde eignet sich für die Erzeugung von Strom aus Solar- und Windenergie, Biomasse und Wasserkraft?
- Wie viel Strom kann aus dieser Fläche erzeugt werden?
- Wie viel Prozent des Strombedarfs der Gemeinde kann dadurch gedeckt werden?
- Welche Wertschöpfung kann dadurch erzielt werden?

Mithilfe des Online-Rechners können sich Vertreter aus Politik und Verwaltung, Unternehmen sowie Bürger objektiv und konkret über das Erneuerbare-Energien-Potenzial ihrer Gemeinde informieren und Szenarien selbst erstellen. So soll der Online-Rechner dazu beitragen, die Diskussionen vor Ort zu moderieren, mögliche Interessenskonflikte zu versachlichen und die Akzeptanz für die nötigen Entscheidungen zu erhöhen.

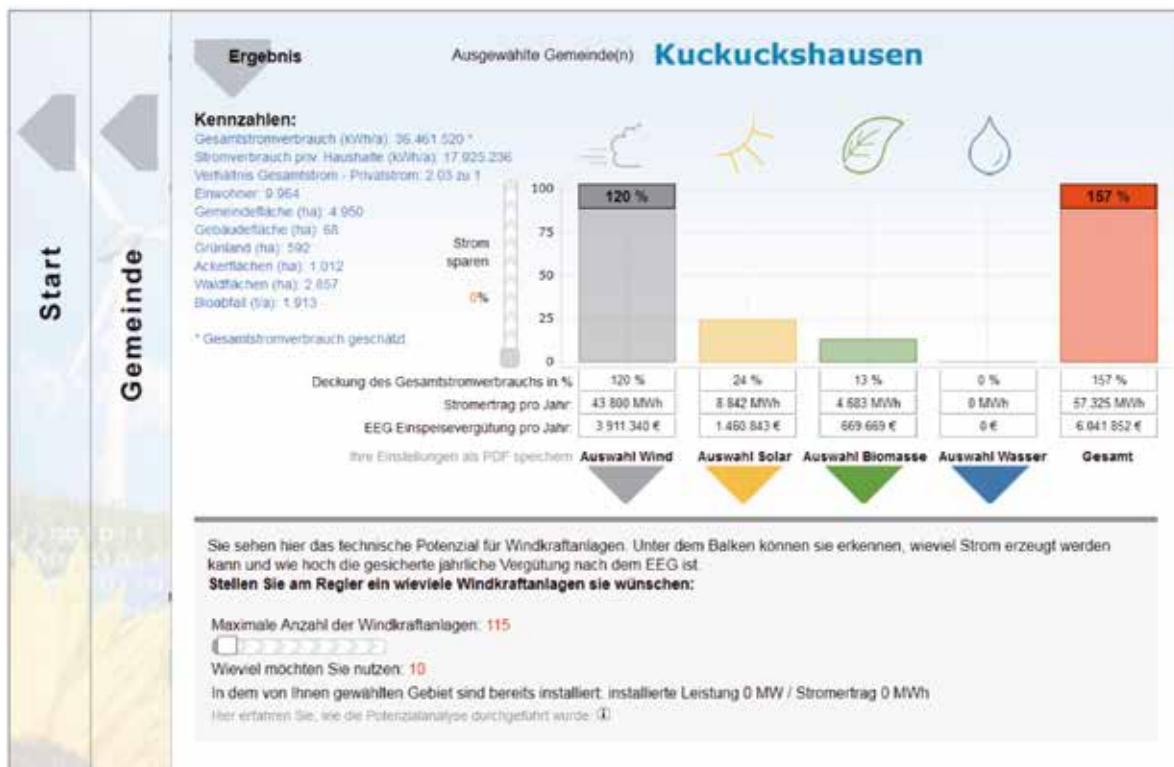


Abb. 7: Der Online-Rechner ERNEUERBAR KOMM!

GIS-gestützte Potenzialflächenberechnung am Beispiel Wind

Die Kriterien, nach denen die GIS-gestützte Standortanalyse durchgeführt wird, werden im Einzelfall mit der jeweiligen Gebietskörperschaft – dem Landkreis, der Region, dem Regierungsbezirk – abgestimmt.

Das Ergebnis dieser Abstimmung wird in einem Regelwerk festgehalten, welches neben reinen Flächenpotenzialen (Welche Flächen stehen grundsätzlich für die Windkraftnutzung zur Verfügung?) auch politische und planungsrechtliche Vorgaben berücksichtigt (Welche Flächen sollen aufgrund landespezifischer oder regionalplanerischer Vorgaben ausgeschlossen werden?). Ausgeschlossen werden beispielsweise relevante Schutzgebiete sowie im Einzelfall festzulegende Abstände zu Siedlungen, Infrastruktureinrichtungen etc.

Die GIS-technische Verschneidung dieser Flächen ergibt Resträume, die generell keiner Einschränkung für die Windkraftnutzung unterliegen. Diese Resträume werden mit Daten zur Windgeschwindigkeit

überlagert und anschließend nur solche Flächen als Potenzialflächen definiert, die eine bestimmte Mindestwindgeschwindigkeit aufweisen (z.B. 6 m/s in 140 m Höhe).

Um den Stromertrag aus diesen Potenzialflächen zu berechnen, wird ein gängiger Anlagentyp mit den der Windgeschwindigkeit entsprechenden Volllaststunden angenommen (z.B. 3-MW-Anlage mit 2.000 Volllaststunden im Jahr). In einem Windpark benötigt diese Anlage beispielsweise eine Abstandsfläche von 18 Hektar. Mit diesen Vorgaben kann die mögliche Anzahl der Windkraftanlagen sowie deren Stromertrag für jede Potenzialfläche bestimmt werden.

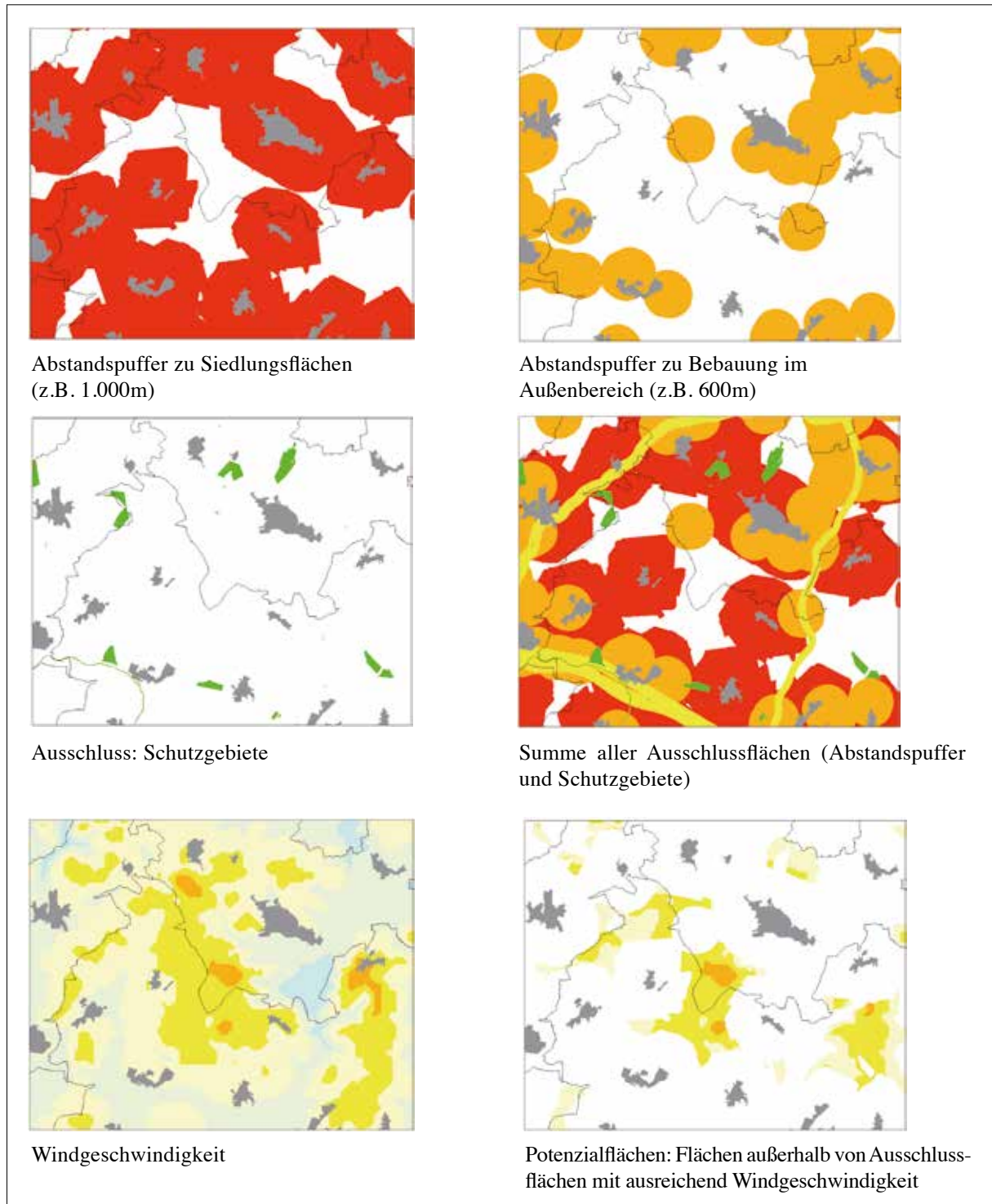


Abb. 8: GIS-technische Ermittlung von Potenzialflächen für Windkraftnutzung nach vorher abgestimmtem Regelwerk

Auf Basis der GIS-gestützten Analyse können Flächenpotenzialkarten erstellt werden. Diese Karten dienen beispielsweise den Trägern der Regionalplanung als Grundlage für die Ausweisung von Vorranggebieten für die Windkraftnutzung.

Die in Abbildung 9 dargestellten Flächenpotenziale sind Suchräume für die nachfolgende Standortanalyse. Die Flächenpotenzialkarte weist auf die Notwendigkeit der interkommunalen Zusammenarbeit hin, da die Suchräume häufig entlang von Gemeindegrenzen liegen. Das liegt daran, dass die Gemeindegrenzen im Allgemeinen ausreichend weit von den Ortslagen entfernt sind (also den jeweiligen Mindestabstand zu den Siedlungsflächen einhalten) und oft auf topografisch markanten Linien – z.B. Höhenrücken mit guten Windverhältnissen – verlaufen.

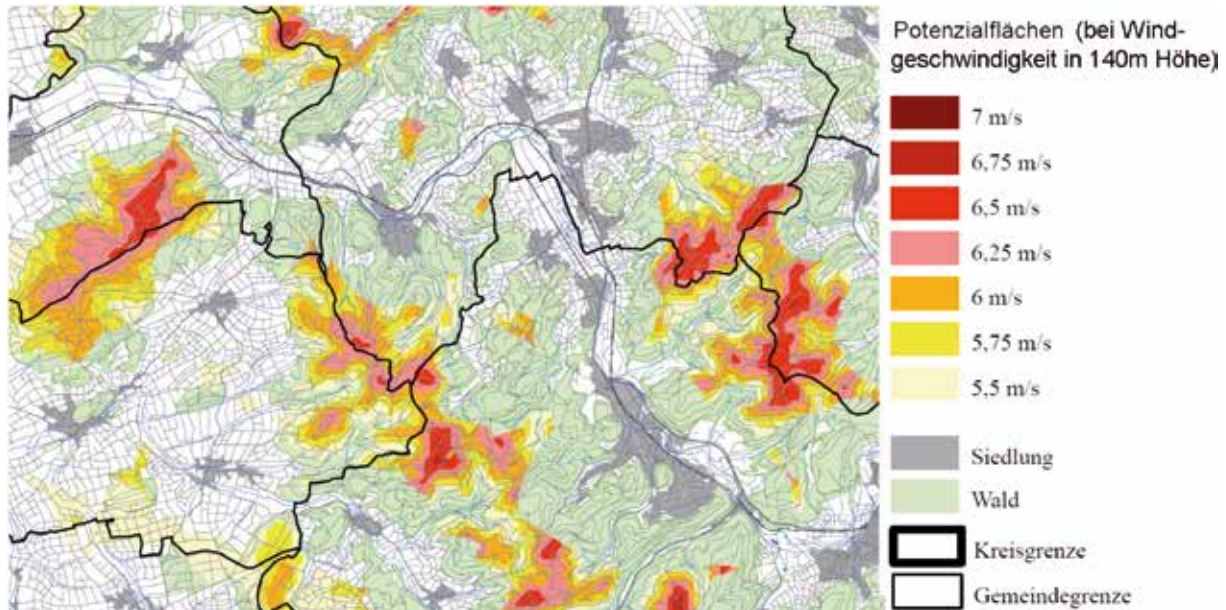


Abb. 9: Ergebnis aus GIS-gestützter Analyse: Flächenpotenzialkarte Wind

4.3 WIND-AREA

Im Rahmen des Forschungsprojektes WIND-AREA wurde eine automatisierte Potenzialanalyse speziell für Kleinwindanlagen entwickelt. Durch die Simulation von Windströmungen auf Basis hochauflösender 3D-Geodaten sollen gut bis sehr gut geeignete Standorte für Kleinwindanlagen identifiziert werden. Im Falle von Kleinwindanlagen ist die Kenntnis der genauen Windgeschwindigkeit am Standort besonders wichtig, da die Windgeschwindigkeit in Bodennähe stark schwankt. Grund dafür sind unterschiedliche Topografie und Verwirbelungen durch Hindernisse (z.B. Häuser).

Potenzialanalysen für Standorte großer Windenergieanlagen berücksichtigen den Einfluss von Landnutzung und Hindernissen auf die Windströmung bislang nur in Form von experimentell ermittelten Rauigkeitswerten. Diese Werte können die reelle Hindernissituation nicht genau abbilden und sind somit für eine Potenzialanalyse für Kleinwindanlagen nicht ausreichend.

Die im Forschungsprojekt WIND-AREA entwickelte Methodik basiert auf der Verschneidung von hochauflösenden 3D-Geodaten mit regionalen Winddaten durch Werkzeuge aus der Strömungslehre. So können bodennahe Windströmungen und ihr Verhalten im Bereich von Hindernissen genau modelliert werden.

Als Ergebnis von WIND-AREA können voll automatisierte Potenzialkarten für größere Untersuchungsgebiete erzeugt werden, und zwar auf der Basis bereits vorhandener Daten. Die Potenzialkarten stellen

mittlere Jahreswindgeschwindigkeiten in verschiedenen Höhen dar. Sie bilden die Grundlage für die Ermittlung von gut bis sehr gut geeigneten Standorten für Kleinwindanlagen in urbanen und ländlichen Gebieten und ermöglichen eine verlässliche Prognose der Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen.

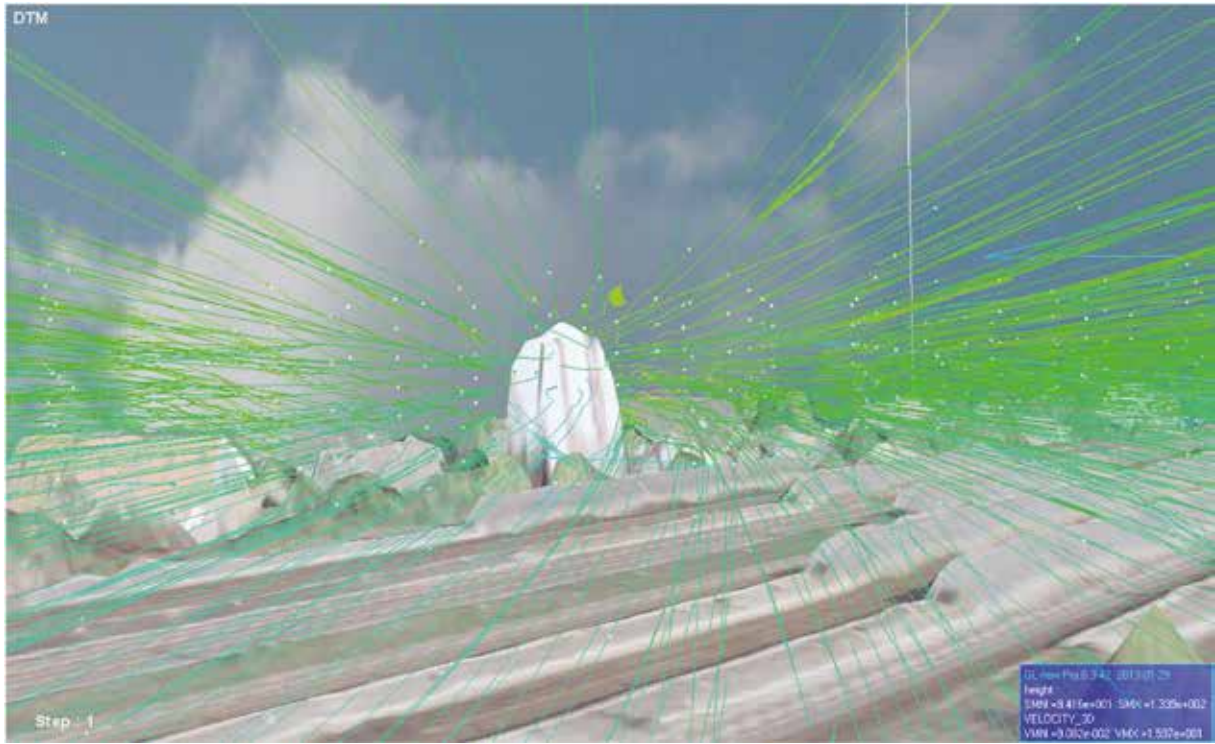


Abb. 10: Simulation der Windströmungen in dicht bebauter Umgebung

5 Schlussbetrachtung

Die Energiewende hin zu den Erneuerbaren Energien kann nur über eine soziale, ökologische und ökonomische Flächenbereitstellung funktionieren. Die optimal geeigneten Flächen zu identifizieren, ist Aufgabe der Geoinformation. Sie ist wie kaum eine andere Disziplin in der Lage, mit zeitgemäßer dreidimensionaler Informationstechnologie die für die Energiewende relevanten Raumdaten schnell, präzise und nachvollziehbar zu analysieren.

Auch die Ausbildung zukünftiger Generationen, wie beispielsweise im Rahmen des forschungsnahen Masterstudiengangs „Geoinformation und Kommunaltechnik“ an der Fachhochschule Frankfurt am Main, trägt dazu bei, diese gesellschaftlich wichtige Aufgabe zu erfüllen.

Die Geoinformation liefert Methoden und Werkzeuge, um auf die flächen- und raumbezogenen Fragen der Erneuerbaren Energien qualifizierte Antworten geben zu können. Sie ist zudem in der Lage, die Ergebnisse untereinander und gegeneinander gerecht abzuwägen und durch Visualisierungstools so aufzubereiten, dass sie auch dem interessierten Laien transparent und einleuchtend vorgestellt werden können. Dies ist von besonderer Bedeutung für Beteiligungsverfahren, welche im Rahmen von Entscheidungs- und Planungsprozessen zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Die Akzeptanz der Gesellschaft ist eine ebenso wichtige Voraussetzung für das Gelingen der Energiewende wie der Netzausbau, die Entwicklung der Speichertechnologien oder die Lokalisierung von Potenzialflächen und geeigneten Standorten. Kommunale Projekte, Bürgerwindräder, Beteiligungen an Solar- und Windparks sind in besonderem Maße geeignet, die Akzeptanz zu steigern und darüber hinaus auch die Wertschöpfung für die Region.

Das Ziel einer 100 Prozent Erneuerbaren Energieversorgung bis 2050 kann in Großstädten und Ballungsräumen nur durch interkommunale Kooperation und Stadt-Umland-Partnerschaften erreicht werden. Das Umland als Energielieferant für die Städte – eine wichtige Rolle für ländlich geprägte Regionen, die von Schrumpfungsprozessen durch den demografischen Wandel besonders stark betroffen sind. Für die Zukunft vieler kleiner Gemeinden kann der Bedeutungszuwachs und der wirtschaftliche Vorteil, den diese neue Rolle bringt, entscheidend sein.

Anschrift der Verfasserin:

Prof. Dr. Martina Klärle
c/o Fachhochschule Frankfurt am Main
Geschäftsführende Direktorin des Frankfurter Forschungsinstituts FFin
Studiengangsleiterin Masterstudiengang Geoinformation und Kommunaltechnik
Nibelungenplatz 1
60318 Frankfurt am Main

Tel: 069 1533-3071

E-Mail: martina.klaerle@fb1.fh-frankfurt.de

(Manuskript: Mai 2013)