Ganzheitliche flächenbasierte Ermittlung der Potenziale Erneuerbarer Energien auf kommunaler Ebene

ERNEUERBAR KOMM! Ein Leitfaden für Kommunen und Landkreise

Martina KLÄRLE und Ute LANGENDÖRFER

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

Einführung

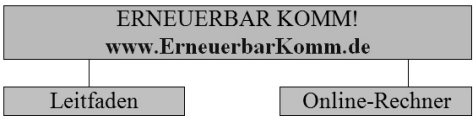
Die Methode ERNEUERBAR KOMM! ermöglicht erstmals eine ganzheitliche Potenzialanalyse für Erneuerbare Energien auf der Grundlage bereits vorhandener Geobasisdaten. Die Berechnung erfolgt vollautomatisch für jede einzelne Gemeinde oder jeden Landkreis.

Nach dem 2008 abgeschlossenen Forschungsprojekt SUN-AREA (www.sun-area.net), welches dem Potenzial der Dachflächen zur Erzeugung von Solarstrom gewidmet war, bietet ERNEUERBAR KOMM! (www.erneuerbarkomm.de) die Möglichkeit, schnell, effizient und exakt das Potenzial *aller* Erneuerbaren Energieformen zu berechnen.

ERNEUERBAR KOMM! beinhaltet eine geostatistische Methode auf der Basis von vorhandenen Geobasisdaten und GIS-Einsatz. Mithilfe 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 Gemeinde?
- Wie viel Prozent des Strombedarfs der privaten Haushalte kann durch Sonne, Wind, Biomasse und Wasser gedeckt werden?
- Wie viel Fläche wird hierfür benötigt?

Neben einem umsetzungsorientierten 16-seitigen Leitfaden besteht der Kern des Forschungsprojektes in einem Online-Rechner. Auf einer Internet-Oberfläche kann das Erneuerbare Energiepotenzial der beteiligten Gemeinden On-Demand berechnet werden. Um die Nutzung dieses Instruments durch die Kommunen sicherzustellen, wurde der Online-Rechner nach dem Prinzip des ‚game based learning' entwickelt.



Strobl, J., Blaschke, T. & Griesebner, G. (Hrsg.) (2011): Angewandte Geoinformatik 2011.
© Herbert Wichmann Verlag, VDE VERLAG GMBH, Berlin/Offenbach. ISBN 978-3-87907-508-9.
Dieser Beitrag ist ein Open-Access-Beitrag, der unter den Bedingungen und unter den Auflagen der Creative Commons Attribution Lizenz verteilt wird (http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/).

Leitfaden und Online-Rechner wurden Ende März 2011 veröffentlicht. ERNEUERBAR KOMM! ist bundesweit auf alle Gemeinden übertragbar.

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.

1 Flächeninanspruchnahme durch Erneuerbare Energien

ERNEUERBAR KOMM! verfolgt einen flächenbezogenen Ansatz. Die entwickelten Berechnungsformeln bilden 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 auf Knopfdruck, wie viel Strom daraus erzeugt werden kann. Damit ist für den Benutzer direkt ersichtlich, wie viel Fläche durch die gewählte Erneuerbare Energieform im Verhältnis zur erzeugten Strommenge in Anspruch genommen wird.

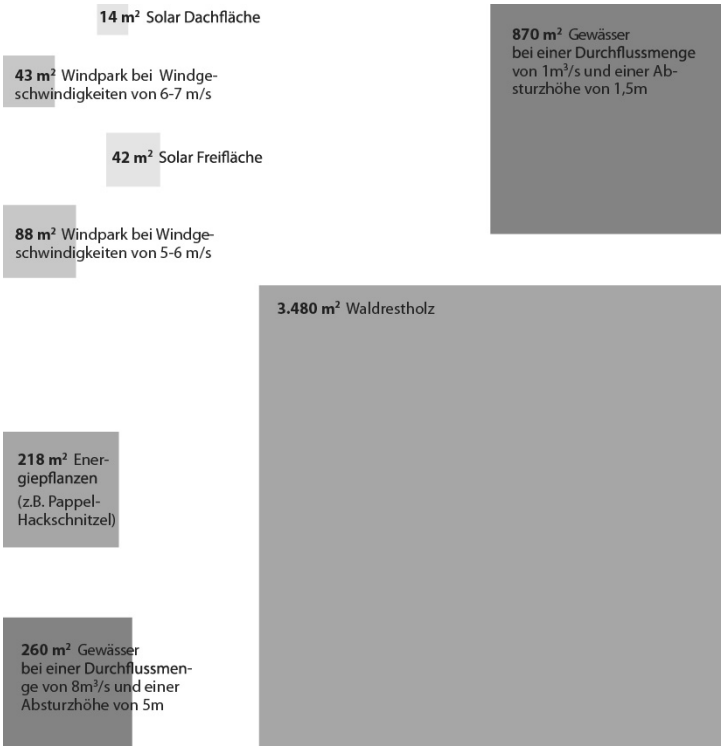


Abb. 1: Flächenbedarf zur Erzeugung der Strommenge, die eine Person im Jahr verbraucht

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.

2 Berechnung der Stromerträge aus Erneuerbaren Energien

Zentrales Ziel von ERNEUERBAR KOMM! ist es mit vorhandenen flächenbezogenen Geobasisdaten eine verlässliche Potenzialanalyse für die Gemeinden zu liefern. Errechnet wird der mögliche Stromertrag aus Solarenergie, Windkraft, Biomasse und Wasserkraft – und wie viel Fläche die Gemeinde dafür jeweils zur Verfügung stellen müsste.

Neben Geobasisdaten liegen den Berechnungsformeln statistische Angaben, Katasterdaten, Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD), des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG) etc. zugrunde. Auch empirische Werte finden Eingang in die Berechnungsformeln, beispielsweise wenn es darum geht, welcher Anteil der existierenden Dachflächen für die Erzeugung von Solarstrom geeignet ist.

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 tiefengeothermische Bohrungen große Regionen mit Strom versorgt werden können

2.1 Solarenergie

Im Falle der Solarenergie werden das Potenzial der Dachflächen und das Potenzial der Freiflächen im Außenbereich separat ermittelt. Für beide gelten folgende Variablen:

Variable	Beschreibung
GG	*Globalstrahlungswert* nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes (für Frankfurt z. B. 1.050 kWh/m^2/a)
WA	*Wirkungsgrad der Photovoltaik-Module*: 15 %
PR	*Performance Ratio* – Energieverlust von der produzierten Gleichstrommenge bis zur Einspeisung in das öffentliche Wechselstromnetz: 25 %

Potenzial zur Solarstromerzeugung auf den Dachflächen einer Gemeinde

P_{Solar} Dachfläche = [GG X GF_A X EF X WA X PR] X MF

Variable	Beschreibung
GF_A	*Gebäudegrundrissfläche:* Die zweidimensionale Gebäudegrundrissfläche wird aus Katasterdaten ermittelt. Für die Potenzialberechnung werden Gebäudegrundrissfläche und vorhandene Dachfläche gleichgesetzt.
EF	*Eignungsfaktor:* Die dreidimensionale geeignete Dachfläche liegt bei ca. 20 % der Gebäudegrundrissfläche. Der Eignungsfaktor ist ein Erfahrungswert aus bestehenden Solardachkatastern und steigt mit der Gebäudegrundrissfläche pro Einwohner.
MF	*Mobilisierungsfaktor:* Es wird angenommen, dass das technische Potenzial der geeigneten Dachflächen zu 50 % mobilisiert werden kann. Das entspricht ca. 10 % der vorhandenen Dachflächen.

Potenzial zur Solarstromerzeugung auf Freiflächen im Außenbereich einer Gemeinde

P_{Solar} Freifläche = [GG X $FPOT_{NUTZ}$ X FF X WA X PR] X MF

Variable	Beschreibung
$FPOT_{NUTZ}$	*Potenziell geeignete Fläche für Solarfreianlagen:* Die geeignete Fläche wird aus der GIS-technischen Verschneidung der amtlichen Geobasisdaten ermittelt. Hierzu zählen z. B. Acker und Grünland abzüglich der relevanten Schutzgebiete (Wasserschutz, Naturschutz, Vogelschutz).
FF	Durch den *Flächenfaktor* wird berücksichtigt, dass bei Aufständerung der Module bestimmte Abstände eingehalten werden müssen. Bei Festmontage auf ebenem Grund werden z. B. 30 % der Fläche mit Modulen bestückt.
MF	*Mobilisierungsfaktor:* Es wird angenommen, dass das technische Potenzial der geeigneten Außenbereichsflächen zu 5 % mobilisiert werden kann.

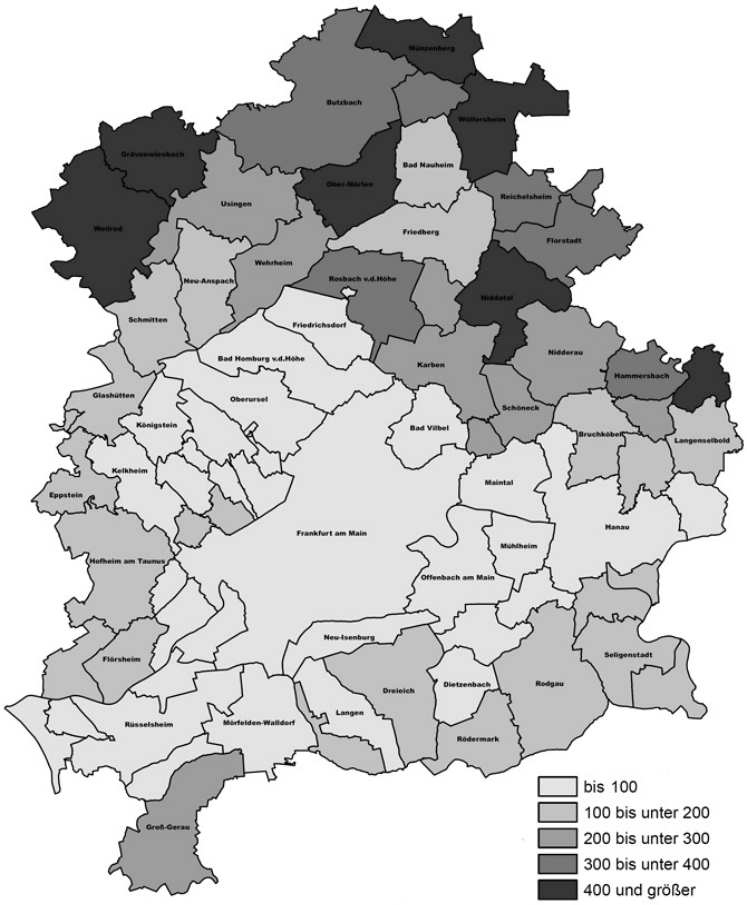


Abb. 2: Ergebniskarte: Mögliche Deckung des Strombedarfs der privaten Haushalte durch Solarenergie (Dachflächen und Freiflächen) in %

2.2 Windenergie

Die Berechnung des Stromertrags für die Windenergie basiert auf einer Näherungsformel: Ertrag = Nennleistung der Anlage × Volllaststunden pro Jahr.

$P_{Wind} = (FPot_{Nutz} / F_F \times P_{WKA} \times t) \times M_F$

Variable	Beschreibung
$FPot_{Nutz}$	*Potenziell geeignete Fläche für Windkraftanlagen:* Die geeignete Fläche wird aus amtlichen Geobasisdaten ermittelt. Sie ist abhängig von landesspezifischen Vorgaben und deren Umsetzung auf regionalplanerischer Ebene. Als Abstandsflächen gelten beispielsweise: 1000 m zu Wohnflächen; 300 m zu Gewerbeflächen, 150 m zu Bundesfernstraßen.
P_{WKA}	*Nennleistung der Anlage:* Der Berechnung wurden 2 Anlagentypen mit einer Turmhöhe von 100 m zugrunde gelegt: Eine 1,8 MW-Anlage für Standorte der Windklasse 4 (entspricht 5-6 m/s) und eine 2,5 MW-Anlage für Standorte der Windklasse 5 (entspricht 6-7 m/s).
t	Die *Volllaststunden* hängen von der Windgeschwindigkeit ab. Die oben genannte 2,5 MW-Anlage bringt bei einer mittleren Jahreswindgeschwindigkeit von 5,5 m/s in 50 m Höhe 1.650 Volllaststunden im Jahr. Bei einer Windgeschwindigkeit von 6,5 m/s sind es 2.450 h/a.
F_F	*Flächenfaktor:* Die zwischen Anlagen dieses Typs benötigte Abstandsfläche geht über den Flächenfaktor mit 15 ha in die Berechnung ein. Die Abstandsfläche kann anderweitig genutzt werden, z. B. land- oder weidewirtschaftlich.
M_F	*Mobilisierungsfaktor:* Es wird angenommen, dass das technische Potenzial der für Windkrafterzeugung geeigneten Flächen zu 50 % mobilisiert werden kann.

2.3 Bioenergie

Im Falle des Stromertrags 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). Die unterschiedlichen Energiefaktoren werden in der unten stehenden Tabelle beziffert.

$P_{Bio} = [(G_F \times E_{GF}) \times MF_{GF} + (W_F \times E_{WF}) \times MF_{WF} + (A_F \times E_{AF}) \times MF_{AF}] \times S_F$

Variable	Beschreibung
G_F	*Potenziell geeignetes Grünland:* Die zur Biomasseerzeugung geeignete Fläche wird aus amtlichen Geobasisdaten ermittelt. Schutzgebiete werden abgezogen.
E_{GF}	*Energiefaktor:* Der Energiefaktor für Grünland gibt an, wieviel Energie aus einem Hektar Grünland gewonnen werden kann. Es wird ein Durchschnittswert von 30 MWh/ha/a zugrunde gelegt.
MF_{GF}	*Mobilisierungsfaktor für Grünland:* 50 % der geeigneten Fläche
W_F	*Potenziell geeignete Waldfläche:* Die zur Biomasseerzeugung geeignete Fläche wird aus amtlichen Geobasisdaten ermittelt. Schutzgebiete werden abgezogen.

Variable	Beschreibung
EWF	*Energiefaktor für Waldfläche:* Der Energiefaktor gibt an, wie viel Energie aus einem Hektar Wald gewonnen werden kann. Es wird ein Durchschnittswert von 5 MWh/ha/a zugrunde gelegt.
MF_{GF}	*Mobilisierungsfaktor für Waldfläche:* 80 % der geeigneten Waldfläche (nur Waldrestholznutzung)
AF	*Potenziell geeignete Ackerfläche:* Die zur Biomasseerzeugung geeignete Fläche wird aus amtlichen Geobasisdaten ermittelt. Schutzgebiete werden abgezogen.
EAF	*Energiefaktor für Ackerfläche:* Der Energiefaktor gibt an, wie viel Energie aus einem Hektar Ackerfläche gewonnen werden kann. Es wird ein Durchschnittswert von 22 MWh/ha/a zugrunde gelegt.
MF_{AF}	*Mobilisierungsfaktor für Ackerfläche:* 20 % der geeigneten Fläche
SF	*Stromfaktor:* 75 % des Energieertrags aus Biomasse fällt als Wärme an. Durch den Stromfaktor (25 %) geht nur ein Viertel der Energie in die Berechnung ein.

2.4 Wasserenergie

Da ERNEUERBAR KOMM! das auf kommunaler Ebene mobilisierbare Potenzial für Erneuerbare Energien aufzeigt, werden die Gewässer 2. und 3. Ordnung berücksichtigt. Bundeswasserstraßen hingegen liegen nicht im Einflussbereich der Gemeinden.

$P_{Wasser} = [7 \times \Delta H \times DFI \times t] \times MF$

Variable	Beschreibung
Faktor 7	Der *Faktor 7* ergibt sich als Konstante aus Dichte des Wassers, Erdbeschleunigung sowie den Wirkungsgraden von Turbine, Getriebe, Generator und Transformator.
ΔH	*Höhenunterschied/Gefälle:* Ermittlung aus den Digitalen Geländemodellen, idealerweise aus exakten Höheninformationen (Laserscannerdaten, hochauflösende stereoskopische Luftbilder)
DFI	*Durchflussmenge:* Die Durchflussmenge an den Pegelmessstellen wird für den Flussverlauf zwischen den Messstellen interpoliert.
t	*Volllaststunden* in abhängig von der Durchflussmenge des Wassers: Wasserdurchfluss < 8 m^3/s: 4.000 h/a Wasserdurchfluss > 8m^3/s: 5.000 h/a
MF	*Mobilisierungsfaktor:* Es wird angenommen, dass 30 % des Potenzials aus Wasserkraft genutzt werden kann.

3 Geobasisdaten für die Potenzialanalyse

3.1 Quantitative und qualitative Beurteilung der analyserelevanten Geobasisdaten

In Deutschland sind alle notwendigen Geobasisdaten vorhanden, um die Potenziale für Erneuerbare Energien zu berechnen. Die Herausforderungen für das Forschungsprojekt

ERNEUERBAR KOMM! liegen darin, die Zugriffs- und Nutzungsrechte sowie die Datenqualität zu verifizieren, die Formate zu spezifizieren und Schnittstellen zu definieren.

Hier ein Auszug der verwendeten Geobasisdaten und deren Ursprung:

Basisdaten	**Quelle**	**Urheber**
Nutzungsart	ALKIS	Hessisches Landesamt für Geoinformation und Bodenmanagement
Gebäudefläche	ALKIS	Hessisches Landesamt für Geoinformation und Bodenmanagement
Windgeschwindigkeit	Windgeschwindigkeit im ASCII-Format 200-m-Raster	Deutscher Wetterdienst
Höhenunterschied Gewässer	DOM – aus Laserscannerdaten	Hessisches Landesamt für Geoinformation und Bodenmanagement

Der größte Teil der Daten, die der Datenbank für die Berechnungen zugrunde liegen, sind klassische Geobasisdaten (ALKIS) der Katasterverwaltung. 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 Eignungsflächen ($FPot_{Nutz}$ – siehe Tabellen in Kapitel 2) sind das Resultat einer GIS-basierten räumlichen Verschneidung der planungsrelevanten Geobasisdaten wie z. B. der Nutzungsart und diverser Schutzgebiete.

Die Verwendung der hier entwickelten Berechnungsmethode ist stark von Verfügbarkeit und Qualität der Daten abhängig. Es ist nicht zwangsläufig davon auszugehen, dass die zugrundegelegten Daten für jede Gemeinde bzw. Region bundesweit in derselben Qualität zur Verfügung stehen. Die Berechnungsformeln können im Einzelfall entsprechend modifiziert werden.

Die ALKIS-Datenbasis wurde ergänzt um Flächeninformationen des Regionalen Flächennutzungsplans wie z. B. geplante Siedlungs- und Verkehrsflächen.

3.2 Geostatistischer Ansatz

Die Berechnungsmethode basiert auf einer stochastischen Methode zur Charakterisierung räumlich korrelierter und georeferenzierter Daten für die Potenzialanalyse Erneuerbarer Energien. 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 einheitlichen und verlässlichen Qualität zur Verfügung stehen. Das heißt auch, dass Veränderungen innerhalb des Projektgebiets kontinuierlich und nicht sprunghaft abgebildet sind.

4 ON-DEMAND/Berechnung mit dem Online-Rechner – game based learning

Auf Basis einer Datenbank, die zunächst die Daten für die Pilotregion Regionalverband FrankfurtRheinMain (Deutschland) enthält, wurde ein Online-Rechner konzipiert, über welchen die 75 Gemeinden des Regionalverbandes ihr individuelles Ergebnis abrufen können.

Der Aufbau der Internet-Plattform ist interaktiv. Wie an einem Mischpult kann der Nutzer verschiedene Schieberegler für jede Energiequelle betätigen und z. B. einstellen: Ich nutze 30 % der geeigneten Dachflächen und 5 % der geeigneten Freiflächen für Solarenergie, 20 % der geeigneten Ackerflächen für Biomasseanbau und installiere 5 Windkraftanlagen. Das System errechnet on-demand, welcher Anteil des Strombedarfs der privaten Haushalte damit gedeckt werden kann und zeigt das Ergebnis in einem Balkendiagramm an (siehe Abb. 3).

Vergleichende Betrachtungen des Ertrages der einzelnen Energieformen sind einfach durchzuführen: Wählt der Nutzer z. B. 40 % der für Solarenergie geeigneten Dachflächen, sieht er, dass damit 50 % des Strombedarfs der privaten Haushalte gedeckt werden kann. Oder er sieht, dass er die Biomasse aus 200 ha Grünland verwenden müsste, um 4.000 Bürger mit Strom zu versorgen – das Gleiche aber auch durch eine einzige Windkraftanlage an einem geeigneten Standort erreichen kann.

Die interaktive Oberfläche verspricht gegenüber traditionellen Internet-Plattformen eine höhere Motivation des Nutzers, da die Ergebnisse der Potenzialanalyse in einer hochinteraktiven, Regel-kontrollierten Form präsentiert werden. Mit dem Online-Rechner von ERNEUERBAR KOMM! wird ein E-Learning-System zur Beurteilung der erneuerbaren Energiepotenziale präsentiert, welches das Genre der Computer-Spiele für die Geoinformation nutzbar macht. Dazu wurden didaktische Elemente und Sequenzen entwickelt, die geeignet sind, entsprechend der spezifischen Inhalte und ihrer Kontexte „energetisches Wissen“ zu vermitteln.

Anlässlich einer Expertenrunde haben teilnehmende Bürgermeister gezeigt, dass sie gut mit dem Online-Rechner arbeiten konnten. Die spielerischen Elemente zur Wissensvermittlung wurden entsprechend der Komplexität der Inhalte sehr positiv bewertet. Mit ERNEUERBAR KOMM! wurde ein Online-Spiel für die Ermittlung des Potenzials Erneuerbarer Energien auf kommunaler Ebene entwickelt, welches zeigt, dass es möglich ist, eine vollständige und komplexe Potenzialanalyse in diesem Format effektiv abzubilden.

Die Einstellung erfolgt für jede Energieform über ein separates Fenster. Hier sieht man, wie viel technisch geeignete Fläche zur Verfügung steht, im Falle von Windkraft die mögliche Anzahl der Anlagen. Der Nutzer des Online-Rechners kann nun eingeben, welchen Anteil davon er jeweils mobilisieren will (Mobilisierungsfaktor).

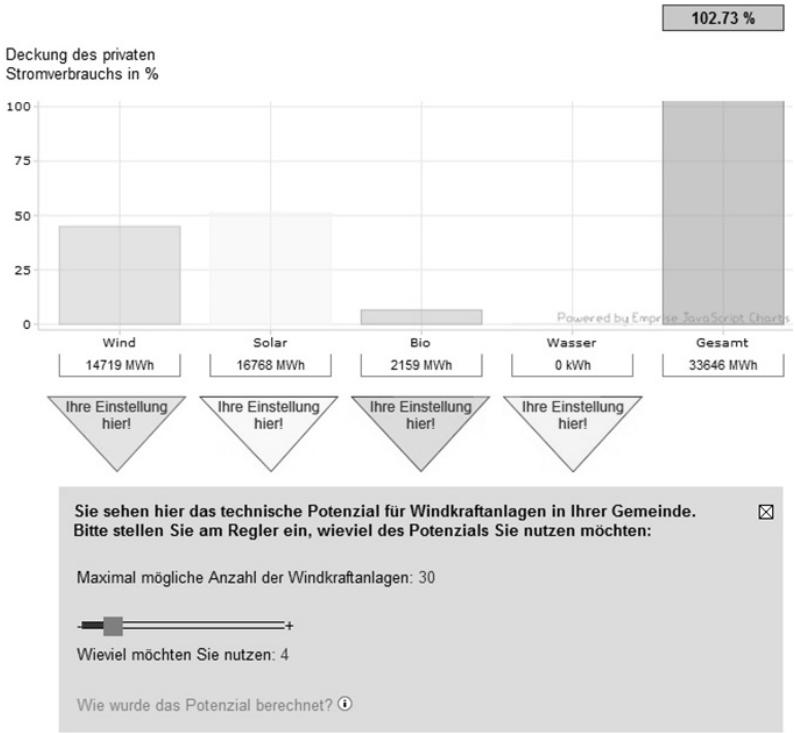


Abb. 3: Bildschirmoberfläche des Online-Rechners am Beispiel einer hessischen Gemeinde

Für den Screenshot in Abbildung 3 wurden folgende Mobilisierungsfaktoren gewählt (Farbe in Originalabbildung):

Wind (grauer Balken ganz links):
- 13 % der möglichen Anlagen – entspricht 4 Stück (bzw. 60 ha)

Solar (gelber Balken, zweiter von links):
- 20 % der geeigneten Dachfläche – entspricht 6 ha
- 1 % der geeigneten Freifläche – entspricht 30 ha

Biomasse (grüner Balken, Mitte):
- 10 % des geeigneten Grünlandes – entspricht 23 ha
- 10 % des geeigneten Ackerlandes – entspricht 294 ha
- 100 % des Waldrestholzes – entspricht 293 ha

Wasser (blauer Balken, zweiter von rechts):
- kein Potenzial vorhanden

Der Balken ganz rechts zeigt das Gesamtergebnis in MWh/a (Ergebnis absolut) und prozentual zum kommunalen Strombedarf (Ergebnis relativ). Im vorliegenden Fall – das heißt mit den ausgewählten Mobilisierungsfaktoren – können also 33.646 MWh Strom pro Jahr erzeugt werden, womit der Strombedarf der privaten Haushalte der Gemeinde zu mehr als 100 % gedeckt ist.

Das Potenzial dieser Gemeinde ist damit bei Weitem nicht ausgeschöpft. Es wurden beispielsweise nur vier der möglichen 30 Windkraftanlagen angewählt und nur 1 % der möglichen Flächen für Solarfreianlagen. Die Gemeinde wäre in der Lage, den gesamten Strombedarf der privaten Haushalte alleine aus Wind oder Solarenergie zu decken. Das Potenzial aus Biomasse ist dagegen gering und braucht verhältnismäßig viel Fläche.

5 Fazit

In Deutschland existieren alle raumbezogenen Daten, um verlässliche flächenbezogene Potenzialanalysen für Erneuerbare Energien durchzuführen. Eine wirtschaftliche Nutzung der Geobasisdaten ist jedoch nur möglich, wenn eine Geodateninfrastruktur aller relevanten Daten aufgebaut wird.

Der Einsatz klassischer GIS-Funktionalität, insbesondere die Verschneidung der georeferenzierten Flächennutzungsdaten mit Schutzgebieten und flächenbezogenen Informationen z. B. zu Windgeschwindigkeit oder Wasserdurchflussmengen, liefert die statistischen Eingangswerte für die Potenzialberechnung.

Fortan ist es nicht mehr nötig, aufwändige Potenzialanalysen auf der Basis von neu erhobenen Flächeninformationen zu erstellen. Vielmehr können die vorhandenen Daten durch die Verschneidung aller Flächeninformationen und die Veredelung dieser Zwischenergebnisse zu aussagekräftigen Potenzialinformationen wirtschaftlich eingesetzt werden und durch die Methode ERNEUERBAR KOMM! in eine gemeindescharfe Potenzialanalyse münden.

Literatur

AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN, Erneuerbare Energien 2020 – Potenzialatlas Deutschland, Februar 2010.

AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN, Erneuerbare-Energien-Projekte in Kommunen – erfolgreiche Planung und Umsetzung, September 2008.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT, Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2009, März 2010.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT, Erneuerbare Energien – Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft, Juni 2009.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT, Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung, Juni 2010.

EUROSOLAR e.V., Der Weg zum Energieland Hessen, Januar 2008.

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (FNR), Biogas – Basisdaten Deutschland, Oktober 2009.

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (FNR), Leitfaden Bioenergie.

FACHHOCHSCHULE FRANKFURT AM MAIN (Hrsg.), Erneuerbar Komm! Potenzialanalysen für Erneuerbare Energien – ein Leitfaden für Kommunen, März 2011.

KALTSCHMITT, M., STREICHER, W. & WIESE, A. (Hrsg.), Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Springer-Verlag, 4. Aufl. 2006.

KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT E. V. (KTBL), Kostenrechner Energiepflanzen.