

Potenzialatlas Erneuerbare Energien

M. Müller; M. Scherrer; F. Kost; A. Tolle; M. Herich; M. Oßwald; C. Mändl
LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
Bannwaldallee 24
76185 Karlsruhe

T. Jenssen
Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
Kernerplatz 9
70183 Stuttgart

J. Bächle; M. Groß; D. Gschwender; J. Riebel; B. Stöhr; M. Walter
AHK – Gesellschaft für Angewandte Hydrologie und Kartographie mbH
Rehlingstr. 9
79100 Freiburg

G. Barnikel
Datenzentrale Baden-Württemberg
Krailenshaldenstr. 44
70469 Stuttgart

T. Beck
Smart Geomatics Informationssysteme GmbH
Haid-und-Neu-Str. 7
76131 Karlsruhe

T. Dombeck
ecosite
Im Starkfeld 16/2
89231 Neu-Ulm

S. Jergentz
Universität Koblenz-Landau
Fortstr. 7
76829 Landau/Pfalz

1.	EINLEITUNG	161
2.	ZIELSETZUNG UND ZIELGRUPPEN	161
3.	PROJEKT- UND DATENORGANISATION, METHODEN- UND SOFTWARE-ENTWICKLUNG	161
3.1	PROJEKTVERLAUF	162
3.2	EINGESETZTE SOFTWARE- UND GIS-TECHNIK	163
4.	INHALTE UND FUNKTIONEN	163
4.1	KARTENDARSTELLUNG	164
4.1.1	<i>Bestand</i>	165
4.1.2	<i>Potenzial</i>	165
4.1.2.1	Windenergie	165
4.1.2.2	Solarenergie: Dachflächen	165
4.1.2.3	Solarenergie: Freiflächen	166
4.1.2.4	Wasserkraft	166
4.1.2.5	Bilanz	166
4.2	GEBIETSINFO	167
4.3	HINTERGRUNDINFORMATIONEN	167
4.3.1	<i>Daten-Rückmeldung</i>	168
4.3.2	<i>Einbindung in andere Web-Angebote</i>	168
5.	DATENGRUNDLAGEN UND BERECHNUNGEN	168
5.1	BESTAND	168
5.2	POTENZIAL	168
5.2.1	<i>Windenergie</i>	168
5.2.2	<i>Solarenergie: Dachflächen</i>	170
5.2.3	<i>Solarenergie: Freiflächen</i>	170
5.2.4	<i>Wasserkraft</i>	171
5.2.5	<i>Bilanz</i>	171
5.2.6	<i>Gebietsinfo</i>	171
6.	STAND UND AUSBLICK	171
7.	LITERATUR	172

1. Einleitung

Die baden-württembergische Landesregierung hat sich das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2020 mindestens 38 Prozent des Strombedarfs im Land durch Wind, Sonne, Wasser und Biomasse zu erzeugen und die Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 um 25 Prozent zu verringern. Einen wesentlichen Beitrag soll dabei die Windkraft leisten, über die bis 2020 10% des Strombedarfs erzeugt werden soll. Vor diesem Hintergrund fördert die baden-württembergische Landesregierung zahlreiche Maßnahmen zum Ausbau erneuerbarer Energien.

Eine landesweite, energithemenübergreifende Bilanzierung von Bestands- und Potenzialdaten fehlte allerdings bisher. Aus diesem Grund beauftragte das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg die LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg im Juni 2012 mit der Entwicklung der Internetanwendung „Potenzialatlas Erneuerbare Energien“. Nach sehr kurzer Umsetzungszeit über eine Public Private Partnership von Verwaltung, mittelständischen Firmen und Hochschulen fand die öffentliche Freischaltung der Web-Anwendung unter <http://www.potenzialatlas-bw.de> am 13.3.2013 im Rahmen einer Landespressekonferenz statt /1/.

Die hier geschaffene Datenbasis ermöglicht erstmals einen umfänglichen und landesweit einheitlichen Überblick über die grundsätzlichen Nutzungsmöglichkeiten der erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg, und soll künftig weiter ausgebaut und konsolidiert werden.

2. Zielsetzung und Zielgruppen

Der Atlas ist ein strategisches Informationsinstrument mit dem Ziel, energiewirtschaftliche Planungen sowie Energie- und Klimaschutzkonzepte auf der regionalen und kommunalen Ebene zu unterstützen. Zielgruppen sind neben der öffentlichen Verwaltung die Energiewirtschaft (EVUs, Netzbetreiber etc.) sowie Kommunen, Planungsverbände und das lokale Handwerk. Bürger werden mit dem Solardachpotenzial und dem eingebundenen Wirtschaftlichkeitsrechner direkt über ihre Möglichkeiten einer effizienten Energiegewinnung angesprochen.

Der Potenzialatlas stellt keine Planungsgrundlage für die Regional- und Bauleitplanung dar, für die detaillierte Vororterhebungen und -messungen unabdingbar bleiben. Maßgeblich für Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen sind der Windenergieerlass Baden-Württemberg vom 9. Mai 2012 und die dazugehörigen ergänzenden Unterlagen (abrufbar unter www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/216927/). Der Potenzialatlas stellt jedoch wichtige und grundlegende Informationen und Daten bereit, um darauf aufbauend Umsetzungsstrategien und -maßnahmen zur Erfüllung der gemeinsamen Klimaschutzziele zu entwickeln.

3. Projekt- und Datenorganisation, Methoden- und Softwareentwicklung

Das Projekt wurde trotz der kurzen Zeit, die für die Realisierung zur Verfügung stand, in einem fachlich und organisatorisch breit besetzten Fachbeirat abgestimmt. Neben den be-

troffenen Ministerien waren die kommunalen Landesverbände, die Regionalverbände, der Landesnaturschutzverband Baden-Württemberg, Klimaschutz- und Energieagenturen, Wissenschaft und Energieversorger sowie das Statistische Landesamt dort vertreten. Fragen zu den personenbeziehenden Daten wurden mit dem Landesbeauftragten für Datenschutz abgeklärt; insbesondere wurde dem Widerspruchsrecht von Gebäudeeigentümern im Hinblick auf Veröffentlichung gebäudebezogener Daten Rechnung getragen.

Durch Zusammenführung, Abgleich und Qualitätssicherung der v.a. bei den Netzbetreibern und der Bundesnetzagentur geführten Einzeldaten wurden aussagekräftige Informationssichten erzeugt. Über eine GIS-technische Modellierung des Windpotenzials sowie durch Leistungs- und Ertragsrechnungen wurden für die Energieträger neue Datenbestände entwickelt und kartographisch dargestellt. Allen Objektdaten wurden beschreibende Metadaten zugeordnet und die verwendeten Methoden und Daten in einem in die Anwendung eingebundenen Content-Management-System (Web-CMS) dokumentiert.

3.1 Projektverlauf

Der zeitliche Ablauf des Projekts ist in Abbildung 1 dargestellt. Am 1. Juni 2012 wurde der Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft erteilt. Am 21. Juni fand die erste Sitzung des Fachbeirates statt, am 4. Juli folgte die Pressemitteilung des UM, am 17. Juli die erste Besprechung zum Thema Windpotenzial mit den Regionalverbänden, und am 26. Juli wurde die EU-weite Ausschreibung zum Solarpotenzial der Hausdächer herausgegeben. Die Freischaltung der Webanwendung erfolgte im Rahmen einer Landespressekonferenz mit dem Umweltminister Franz Untersteller am 13. März 2013 /1/.

Organisatorisch mussten im Projekt auf Grund des engen Zeitplans mehrere Aufgabenblöcke parallel abgearbeitet werden:

- **Fachliche Abstimmung:** Abstimmung mit LUBW-Fachabteilungen, Windkompetenzzentrum, UM, MVI, MLR, RV, Netzbetreibern, Städtetag, Gemeindetag, Landesbeauftragtem für Datenschutz u.a.
- **Potenzialdatenerhebung, Potenzialdatenberechnung und Bestandsermittlung:** Datenbeschaffung/„Data-Mining“, Datenbereinigung/Qualitätssicherung, Konsolidierung Datenbestände, Verortung/Verschneidung
- **Datendokumentation/Layout:** Fachliche Berichterstellung, Metadatendokumentation, Erstellung Bedienungsanleitung, Bildschirm-Layout, Fotos, Piktogramme/Icons
- **Methodenentwicklung:** Leistungs-/Ertragsrechnung Wind/Solar, Verfahren Windpotenzialermittlung, „Wirtschaftlichkeitsrechner“ Solarpotenzial
- **Softwareentwicklung:** SW-Design, SW-Architektur, Beschaffung/Einbindung Web-Framework, Entwicklung Websoftware (HTML 5, JavaScript, Grafik/CSS), Aufbau Geo-Dienste
- **IuK-Infrastruktur:** Netzanbindung, Aufbau Serverfarm, Skalierung, Monitoring Dienste

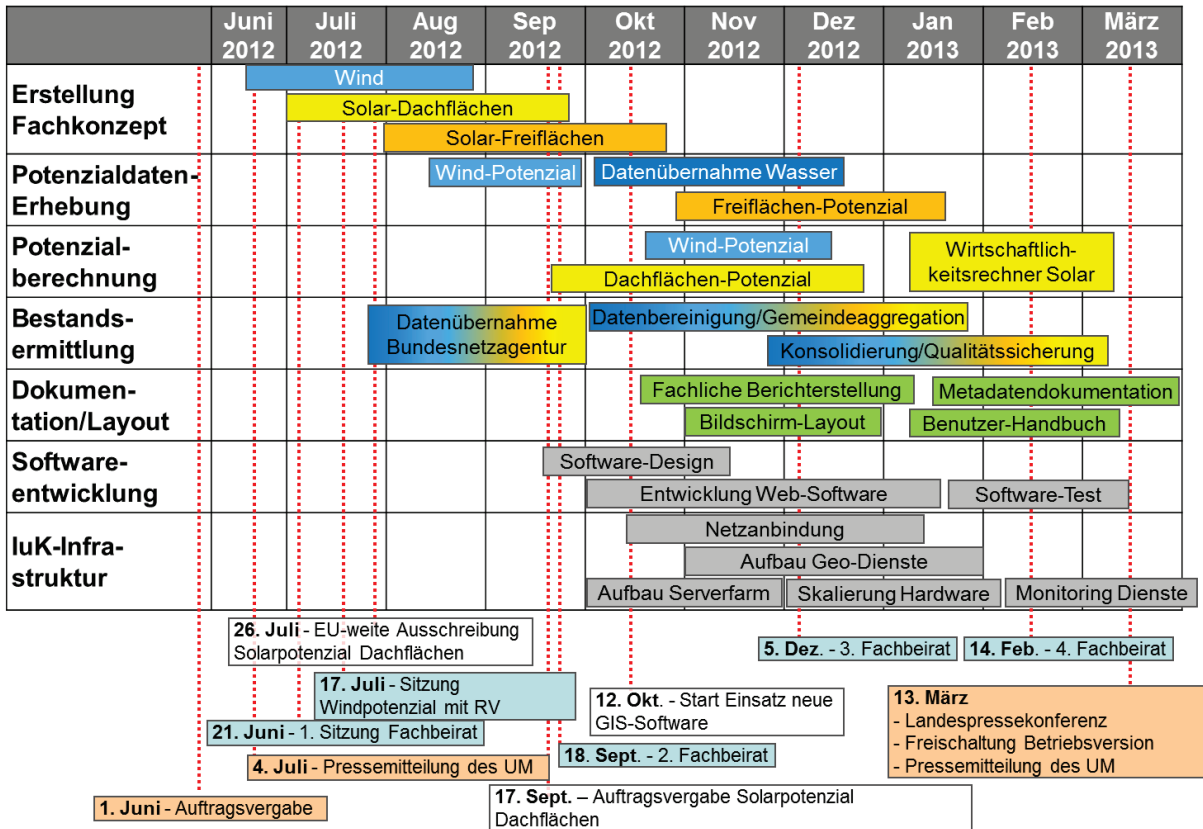


Abbildung 1: Projektplan „Potenzialatlas Erneuerbare Energien“ von der Beauftragung im Juni 2012 bis zur Freischaltung im März 2013

3.2 Eingesetzte Software- und GIS-Technik

Um eine effektive Entwicklung für die sehr flexible Benutzeroberfläche zu garantieren, wurde das Anwendungsframework map.apps (Fa. con terra, Münster) eingesetzt. Dieses Framework ermöglicht die Erstellung von Kartenanwendungen mit wenigen, aber sehr zielgerichteten GIS-Funktionen. Die erzeugte HTML5- und JavaScript-Client-Anwendung kann in allen derzeit verbreiteten Browsern ohne die Installation von Plugins betrieben werden und entspricht somit den Cross-Device- und Cross-Platform-Anforderungen an moderne Webanwendungen. Das verwendete Baukastensystem zeichnet sich zum einen durch die Konfigurierbarkeit von verwendeten Inhalten, Werkzeugen und Layout aus. Zum anderen wird durch eine JavaScript-Implementierung der OSGi-Schnittstelle die Erweiterung des Baukastensystems in standardisierter Weise ermöglicht. Dies war erforderlich, um die sehr spezifischen Anforderungen des Potenzialatlas an die Benutzeroberfläche und die benutzerfreundliche Interaktion der verschiedenen Anwendungsteile umzusetzen. Das Framework kapselt vollständig die GIS-Funktionalität der ESRI JavaScript-API und ermöglicht so den Zugriff auf die hoch performanten REST-Dienste des ESRI ArcGIS-Server.

4. Inhalte und Funktionen

Im Atlas werden im derzeitigen Ausbaustadium Informationen zur Wind- und Solarenergie (Dach- und Freiflächen) sowie gebietsweise auch zur Wasserkraft bereitgestellt. Solarenergie auf Dachflächen und Solarenergie auf Freiflächen werden dabei thematisch voneinander getrennt aufgeführt, da sich die Anforderungen zu Berechnungsgrundlagen und Darstel-

lungsmöglichkeiten beider deutlich unterscheiden. Im Thema „Bilanz“ werden Gesamtübersichten der vorgenannten vier Einzelthemen angeboten.

Zu jedem Thema werden verschiedene Informationssichten jeweils zum Bestand und den Potenzialen angeboten. Die Inhalte werden sowohl kartographisch als auch tabellarisch dargestellt und können entweder für einzelne Anlagen oder für Verwaltungseinheiten (Gemeinde, Kreise etc.) abgerufen werden (vgl. Abbildung 2).

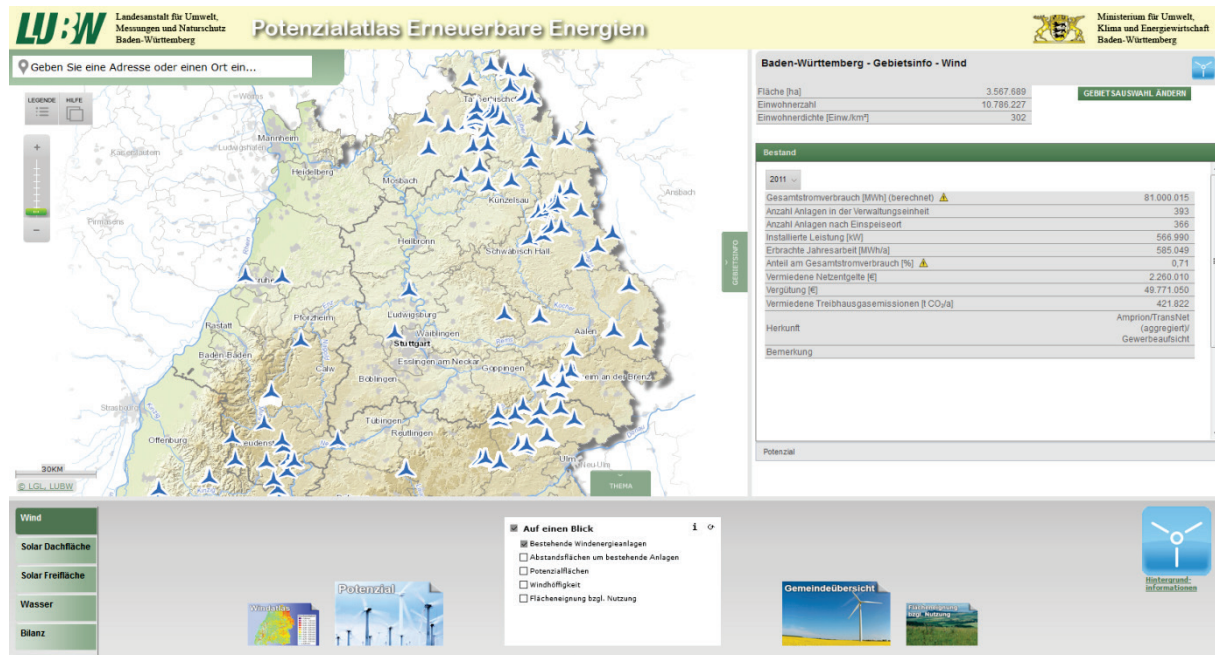


Abbildung 2: Benutzeroberfläche mit Kartenfenster (oben links), Navigationsfenster mit Themenleiste und Themenblättern (unten) und tabellarischer Darstellung in der „Gebietsinfo“ (rechts oben) unter www.potenzialatlas-bw.de

Durch die Möglichkeit zur Interaktion wird der Anwender motiviert, sich mit dem Thema der erneuerbaren Energien insgesamt und mit den Möglichkeiten zum eigenverantwortlichen Handeln vor Ort auseinanderzusetzen. Schieberegler erlauben den Kommunen, Planspiele zur Potenzialausnutzung auf ihrem Verwaltungsgebiet durchzuführen. Aktionsbezogen sind dazu auch weiterführende Informationen und Quellenangaben abrufbar. Auf eine ansprechende Nutzeroberfläche und eine intuitive Bedienbarkeit im Sinne von „Web 2.0“ wurde Wert gelegt, ebenso auf einen einfachen browserbasierten Einsatz auf handelsüblichen Computersystemen.

4.1 Kartendarstellung

Die Kartensicht der einzelnen Themen ist in unterschiedlichen Themenblättern zusammengefasst. In jedem Themenblatt gibt es mehrere Kartenebenen, die unabhängig voneinander ein- und ausgeschaltet und übereinandergelegt werden können. Es wurde darauf geachtet, dass auch bei Einschalten aller vorhandenen Kartenebenen eines Themenblattes die Ebenen optisch gut auseinandergehalten werden können. Durch Klick in die Karte können zu jeder Kartenebene weitere Objektinformationen eingesehen werden.

4.1.1 Bestand

Für jedes Einzelthema werden im Bestand die aktuell bestehenden Einzelanlagen aufgeführt, soweit Angaben dazu verfügbar sind (siehe Kapitel 5). In den Objektinformationen sind weitere Informationen aufgeführt, z.B. zu Jahresarbeit, installierter Leistung, Anlagentyp oder Betriebsstatus. Dabei sind die Informationen für jedes Thema spezifisch angepasst, so finden sich bei den Wasserkraftanlagen Angaben zur Fallhöhe, bei den Windenergieanlagen können Informationen zu Hersteller, Nabenhöhe, Generatorleistung und Rotordurchmesser abgerufen werden. In der Bilanz finden sich auch Angaben zu vermiedenen Treibhausgasemissionen.

Auf Gemeindeebene wird im Themenblatt „Gemeindeübersicht“ die erbrachte Jahresarbeit pro Gemeinde angegeben, in deren Objektinformation finden sich u.a. Angaben zur Anzahl bestehender Anlagen pro Gemeinde, deren insgesamt installierter Leistung, sowie zum Gesamtstromverbrauch und zu Herkunft und Stand der Daten.

4.1.2 Potenzial

Die Darstellung des Potenzials ist aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen jedes Themas deutlich spezifischer und dementsprechend jeweils auf mehrere Kartenebenen differenziert darstellbar.

4.1.2.1 Windenergie

Dargestellt werden Flächen, die sowohl nach Potenzial der Windgeschwindigkeiten als auch unter Beachtung rechtlicher Regelungen für die Erzeugung von Windenergie überwiegend oder bedingt geeignet sind. Die Flächeneignung bezüglich Nutzung und die Windgeschwindigkeiten in 100 oder 140 m Höhe über Grund können in eigenen Kartenebenen auch getrennt eingesehen werden. Es werden der Anteil der Potenzialflächen an den Gemeindeflächen sowie die mögliche Jahresarbeit auf den potenziell geeigneten Flächen dargestellt. In der Objektinformation zur möglichen Jahresarbeit können auch die Anzahl möglicher Anlagen und die potenziell installierbare Leistung eingesehen werden.

4.1.2.2 Solarenergie: Dachflächen

Die Potenzialberechnung liefert eine mehrstufige Einteilung der Dachflächen in ihre jeweilige Eignung für Photovoltaikanlagen. Diese wird sowohl für die gesamte Dachfläche eines Gebäudes (gebäudescharf) als auch für einzelne Teilflächen einer Dachfläche (teilflächenscharf) angegeben, so dass auch die Effekte von Neigung oder Abschattung einzelner Dachteilflächen eingesehen werden können. In der Objektinformation sind dazu neben Angaben zur Dachstruktur und zur Qualität der Datengrundlage auch die mögliche geeignete Modulfläche in m², die durchschnittliche Abschattung und die mittlere solare Einstrahlungsenergie abrufbar (vgl. Abbildung 3). Ebenso kann hier der **Wirtschaftlichkeits-Rechner** für jede Dachfläche oder Teildachfläche aufgerufen werden. Dieser liefert eine grobe Abschätzung der Wirtschaftlichkeit handelsüblicher PV-Anlagen auf der betreffenden Dachfläche.

Alle Flächeneignungen können in einem eigenen Themenblatt auch nach Gebäudenutzung klassifiziert (Wohngebäude, öffentliche Gebäude, Gewerbe/Industriegebäude, sonstige Gebäude) eingesehen werden. In einer eigenen Kartenebene wird die mittlere jährliche Sonneneinstrahlung dargestellt.



Abbildung 3: Teilflächenscharfe Objektinformation der Eignung von Dachflächen für Photovoltaikanlagen

4.1.2.3 Solarenergie: Freiflächen

Im Potenzial sind die Flächen ausgewiesen, die nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vergütet werden können. Diese sind nach Eignung für PV-Anlagen klassifiziert, in der Objektinformation sind u.a. Flächenart, Flächengröße und installierbare Leistung einsehbar. In einem eigenen Themenblatt sind alle Flächeneignungen auch nach Flächenart klassifiziert dargestellt. In mehreren Themenblättern ist die mittlere jährliche Sonneneinstrahlung einsehbar.

4.1.2.4 Wasserkraft

Die Potenzialanalyse für das Neckareinzugsgebiet wurde von Herbst 2008 bis Herbst 2010 von Büro am Fluss e.V. in Zusammenarbeit mit dem Büro Gewässer & Fisch sowie der Fichtner GmbH & Co. KG durchgeführt [2]. Untersucht wurden Wasserkraftanlagen, Regelungsbauwerke und Sohlenbauwerke mit einer Leistung zwischen 8 kW und 1 MW im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Neckars mit Ausnahme der schiffbaren Strecke zwischen Plochingen und Mannheim. Angegeben wird das Ausbau- und Neubaupotenzial der untersuchten Wasserbauwerke. Für die Großkraftanlagen wurde keine Potenzialanalyse durchgeführt, da hierzu derzeit keine direkt vergleichbaren, einheitlichen Datengrundlagen vorliegen.

4.1.2.5 Bilanz

Hier wird die Potenzialausschöpfung der Wind- und Solarenergiethemas im Vergleich zum gesamten vorhandenen Potenzial betrachtet. Die Wasserkraft wurde dabei bisher nicht berücksichtigt, da es derzeit noch keine landesweite Potenzialanalyse zu diesem Thema gibt.

4.2 Gebietsinfo

In der sogenannten „Gebietsinfo“ wird eine tabellarische Übersicht auf Ebene der Verwaltungseinheiten angeboten. Nach Auswahl der gewünschten Verwaltungseinheit werden die zugehörigen Informationen in den Datensichten „Bestand“ und „Potenzial“ angezeigt.

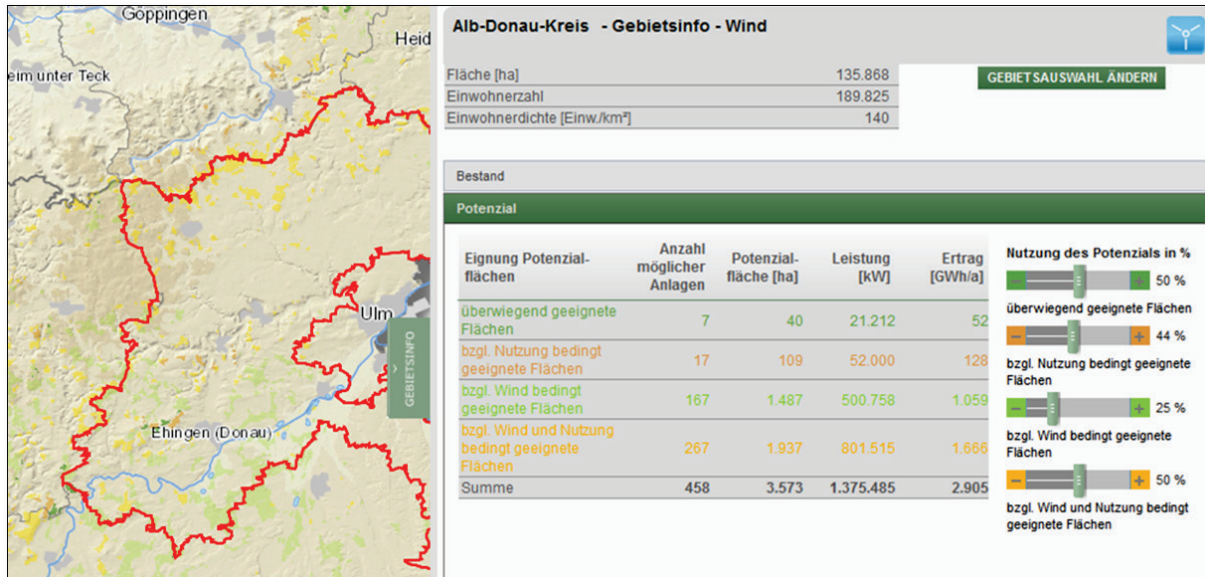


Abbildung 4: Interaktive Schieberegler erlauben Planspiele für die Nutzung vorhandener Potenziale regenerativer Energieträger

In der Datensicht „Bestand“ finden sich insbesondere Angaben zu Gesamtstromverbrauch, Anzahl Anlagen, erbrachter Jahresarbeit, vermiedenen Netzentgelten, Vergütung und vermiedenen Treibhausgasemissionen. Sofern Daten zu mehreren Jahren vorhanden sind, gibt es die Möglichkeit, sich deren Entwicklung über einen zeitlichen Verlauf anzeigen zu lassen.

In der Datensicht „Potenzial“ kann mithilfe des Schiebereglers themenabhängig der gewünschte Anteil am nutzbaren Potenzial eingestellt werden. Entsprechend werden die dann potenziell zu erzielenden Leistungs- und Ertragsangaben sowie in Anspruch genommene Flächen angezeigt. Das ist insbesondere hilfreich, weil eine Nutzung des technischen Potenzials zu 100% üblicherweise nicht realisierbar ist. Mithilfe der Schieberegler können die Auswirkungen auf einfache und schnelle Weise visualisiert werden (vgl. Abbildung 4).

4.3 Hintergrundinformationen

Die Hintergrundinformationen können kontextabhängig über einen Link im Navigationsfenster des Potenzialatlas sowie auch direkt im Steuerungsfenster der Kartenebenen erreicht werden¹. Dort finden sich Erklärungen zu den Datengrundlagen und Berechnungen der Einzelthemen, Einzelheiten zum Datenbestand und zu Möglichkeiten des Datendownloads, Bedienungsanweisungen, Angaben zu Datenrückmeldungen und Kontaktadressen. Die eingestellten Informationen sind sehr weitreichend und ausführlich, so dass Anwendern auch ohne Vorkenntnisse ein guter Einblick in die Möglichkeiten und Grenzen des Potenzialatlas gegeben wird.

¹ <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/223581/>

4.3.1 Daten-Rückmeldung

Gemeinden und Kommunen wird die Möglichkeit gegeben, ihre tatsächlichen Stromverbräuche mit den Datenbeständen der LUBW abzugleichen und gegebenenfalls abweichende Werte zu korrigieren. Hierzu wurde ein Formular zur Datenrückmeldung für Gemeinden und Verteilnetzbetreiber in die Anwendung integriert. So soll eine fortlaufende Qualitätssteigerung im Bereich der Berechnung der Anteile erneuerbarer Energien gewährleistet werden.

4.3.2 Einbindung in andere Web-Angebote

Der Potenzialatlas kann von allen Anwendern auf einfache Weise in eigene Web-Angebote integriert werden. Der Aufruf des Potenzialatlas kann dabei so modifiziert werden, dass die Informationen explizit für einzelne Gemeinden angezeigt werden. Dadurch besteht unter anderem die Möglichkeit, den Potenzialatlas über Inlineframes (Iframes) derart in den Internetauftritt einer Kommune einzubinden, dass nur die ausgewählte Gemeinde dargestellt wird.

5. Datengrundlagen und Berechnungen

5.1 Bestand

Die Kartendarstellungen des Bestands auf Anlagenebene beruhen für jedes Thema auf einer anderen Datengrundlage: Im Thema Windenergie auf Daten der Gewerbeaufsicht, in den Solarenergethemen auf Daten der Übertragungsnetzbetreiber, im Thema Wasserkraft wurde die Bestandserhebung im Rahmen der Potenzialanalyse für das Neckareinzugsgebiet (/1/) durchgeführt. Datengrundlage für alle gemeindeweisen Darstellungen des Bestandes, sowohl in der Kartenansicht als auch in der Gebietsinfo, sind Daten der Übertragungsnetzbetreiber. Diese wurden anlagenweise bereitgestellt und durch die LUBW gemeindeweise aggregiert, um Darstellungen auf unterschiedlichen Verwaltungsebenen (Gemeinden, Kreisen, Regionen, Land) zu ermöglichen.

Für die landesweiten Bestandsdaten der wasserbaulichen Anlagen wurde hinsichtlich der Lagekoordinaten auf den Geodatenbestand im Räumlichen Informations- und Planungssystem (RIPS) der LUBW zurückgegriffen.

5.2 Potenzial

Aufgrund der differenzierten Anforderungen der einzelnen Themengebiete unterscheiden sich die Berechnungen des Potenzials jeweils grundsätzlich.

5.2.1 Windenergie

Eine wesentliche Grundlage zur Ermittlung der Potenziale bildete der vom TÜV SÜD im Jahr 2011 erstellte Windatlas². Um das Windpotenzial zu ermitteln, wurde in Anlehnung an den Windenergieerlass³ ein umfangreicher Kriterienkatalog ermittelt und auf die Flächen Baden-Württembergs angewendet, die grundsätzlich für die Gewinnung von Windenergie in Frage kommen (vgl. Abbildung 5). Parallel zu diesem Vorgehen wurden entsprechend den Angaben des Windenergieerlasses die Flächen ausgewählt, die laut Windatlas über eine mittlere

² Zum Windatlas siehe <http://www.lubw.de/servlet/is/223149/>

³ Zum Windenergieerlass siehe <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/223150/>

Windgeschwindigkeit von mindestens 5,25 m/s in einer Höhe von 100 m über Grund verfügbar. Da moderne Binnenlandanlagen inzwischen meist eine höhere Nabenhöhe aufweisen, wurde anschließend innerhalb der ausgewählten Flächen die Windgeschwindigkeit in 140 m Höhe ermittelt. Für die weiteren Berechnungen kamen nur Flächen mit einer Windgeschwindigkeit von mindestens 5,50 m/s in 140 m Höhe in Betracht.

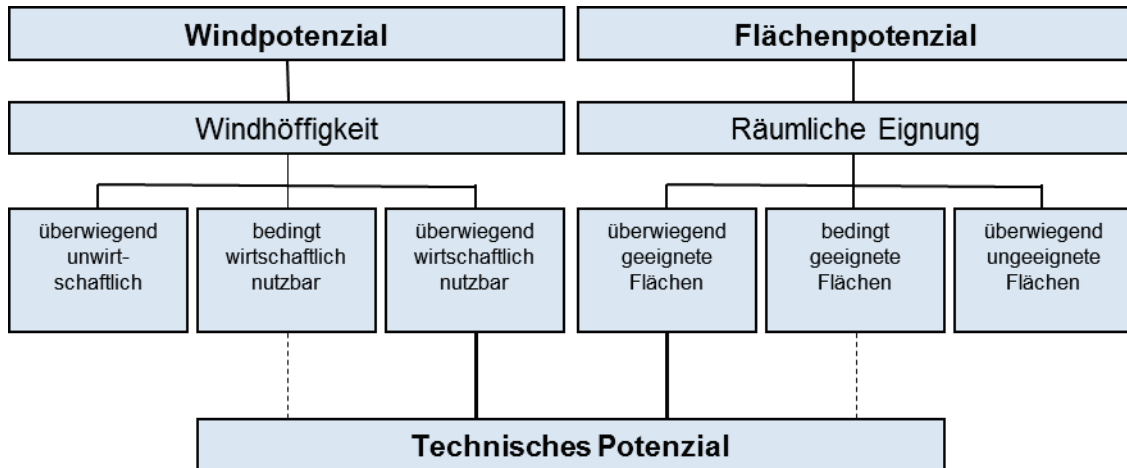


Abbildung 5: Vorgehensweise bei der Ermittlung des technischen Windpotenzials

Um das verfügbare Windpotenzial möglichst effizient abschätzen zu können, wurde an der LUBW ein spezielles Simulationsverfahren entwickelt, mit dem die möglichen Standorte für Windenergieanlagen auf den geeigneten Flächen verteilt wurden.

Dabei wurden softwaretechnisch zunächst die überwiegend geeigneten Potenzialflächen durch virtuelle Windenergieanlagen belegt, in einem weiteren Schritt dann auch die bedingt geeigneten Potenzialflächen. Das angewandte Verfahren orientiert sich an der Vorgehensweise bei der konkreten Anlagenplanung für zu erschließende Gebiete. Die bundesweite Potenzialstudie 2011 vom Bundesverband Windenergie /3/ sowie die 2012 veröffentlichte Windpotenzialstudie Nordrhein-Westfalen /4/ basieren auf ähnlichen Simulationsverfahren. Als Referenz wurde eine moderne Binnenlandanlage (ca. 3 MW und 100 m Rotordurchmesser) mit einer Nabenhöhe von 140 m zugrunde gelegt.

Zwischen den einzelnen Windenergieanlagen wird ein Abstand des fünffachen Rotordurchmessers in Hauptwindrichtung (für Baden-Württemberg: Süd-West) und des dreifachen Rotordurchmessers in Nebenwindrichtung eingehalten. Damit kann die Reduzierung der Windgeschwindigkeiten durch benachbarte Windenergieanlagen und die damit verbundene Ertragsminderung (sogenannter Parkwiderstand) hinreichend minimiert werden. Entsprechend der angenommenen Referenzanlage mit einem Rotordurchmesser von 100 m wird eine Ellipse mit Halbachsenlängen von 500 m x 300 m konstruiert. Diese Ellipse gibt den Mindestabstand zur nächsten möglichen Windenergieanlage vor. Die Flächen um bereits bestehende Windenergieanlagen wurden bei dem Verfahrensschritt der Belegung ausgespart. Bei einer Fortschreibung der Modellrechnung ist allerdings vorgesehen, das sich durch Repowering (also Ersatz durch Anlagen mit höherem Wirkungsgrad) ergebende Potenzial in die Gesamtbilanz mit einzubeziehen.

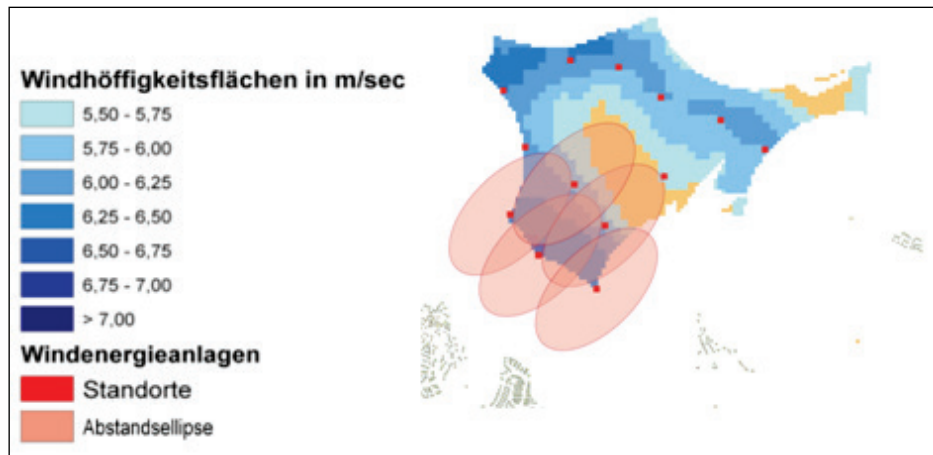


Abbildung 6: Symbolische Darstellung des beschriebenen Simulationsverfahrens mit möglichen Standorten von Windenergieanlagen und Abstandsellipsen

Die in Abbildung 6 dargestellten Ellipsenflächen dürfen sich überschneiden, da die definierten Abstände von 500 m x 300 m für alle benachbarten Anlagen eingehalten werden. In die Berechnung des Windenergiepotenzials gehen das Simulationsergebnis, die entsprechenden Leistungskennzahlen sowie die nach Windatlas am jeweiligen Standort zu erwartende Windgeschwindigkeit in 140 m Höhe ein. Unter Annahme einer Rayleigh-Verteilung und unter Berücksichtigung der Leistung einer Referenzanlage können die Volllaststundenzahl und die mögliche Jahresarbeit für die theoretisch möglichen Windkraftanlagen berechnet werden.

5.2.2 Solarenergie: Dachflächen

Die Potenzialberechnung für Solarenergie auf Dachflächen wurde im Herbst 2012 von der Firma IP-Syscon im Auftrag der LUBW durchgeführt. Grundlage der Potenzialberechnung waren Laser-Scanning-Daten (zur Erfassung von Geländehöhen, Punktdichte 0,8 Punkte/m², Höhengenaugigkeit ±15cm, Lage ±30cm, Befliegung 2000-2005), die Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK), Digitale Orthophotos und Daten des Deutschen Wetterdienstes zur mittleren jährlichen Globalstrahlung (Zeitraum 1981-2000). Aus den Laser-Scan-Daten konnten Größen zu Dachstruktur (Neigungswinkel, Ausrichtung, nutzbare Dachfläche) sowie zu Abschattungseffekten durch Dachaufbauten, Vegetation und Topographie abgeleitet werden. Mithilfe der potenziellen solaren Einstrahlung konnte daraus für jede Dachfläche der mögliche Stromertrag (kWh) berechnet und so die Eignung jeder Dachfläche für die Energieerzeugung durch Photovoltaikanlagen abgeschätzt werden. Dynamische Einflussgrößen wie Anlagentechnik und Wirkungsgrade wurden nach aktuellem Stand zum Zeitpunkt der Analyse (2012) festgelegt.

5.2.3 Solarenergie: Freiflächen

Grundlagen der Potenzialberechnung waren das Digitale Geländemodell (DGM), das Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) und, wie bei den Dachflächen auch, digitale Orthophotos sowie die mittlere jährliche Globalstrahlung. Entsprechend ihrer Förderfähigkeit nach EEG wurden Flächen entlang von Bundesautobahnen, entlang von Schienenstrecken (bei beiden innerhalb einer Entfernung von maximal 110m) sowie auf Konversionsflächen für die weitere Berechnung zu Grunde gelegt. Durch Verschneidung dieser Flächenkulisse mit den nach einem Kriterienkatalog ermittelten Ausschlussflächen (z.B. Abstandsflächen zu Siedlungen oder Infrastruktur, Schutzgebiete etc.) und mithilfe der Daten zur jährli-

chen Globalstrahlung wurden daraus die für PV-Anlagen geeigneten Potenzialflächen ermittelt, mit Informationen zu Nennleistung, Jahresertrag, Vermeidung von Treibhausgasen, solarer Einstrahlung, Eignungsklasse, Gemeindezugehörigkeit sowie zur Größe der Potenzialflächen.

Zur Veranschaulichung beziehen sich die Berechnungen zum Stromertrag in Kilowattstunden (kWh) auf polykristalline Module mit dem Wirkungsgrad 13,22 %, die im Freiland am häufigsten verbaut werden.

Bei den aus dem Solarkataster gewonnenen Daten handelt es sich um Modellergebnisse, mit denen tatsächliche Verhältnisse zwar näherungsweise abbildbar sind, die jedoch im Allgemeinen keine exakte Messdatenermittlung vor Ort ersetzen können. Eine jeweilige Detailanalyse bei der Planung von Anlagen ist daher auch hier erforderlich.

5.2.4 Wasserkraft

Die Potenzialanalyse für das Neckareinzugsgebiet wurde 2008 bis 2010 durchgeführt /1/. Untersucht wurden Wasserkraftanlagen, Regelungsbauwerke und Sohlenbauwerke mit einer Leistung zwischen 8 kW und 1 MW im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Neckars mit Ausnahme der schiffbaren Strecke zwischen Plochingen und Mannheim. Datengrundlagen waren wasserwirtschaftliche, gewässerökologische und fischereiliche Daten sowie Daten über die Stromeinspeisung aus Wasserkraftanlagen nach dem EEG.

Zur Ermittlung des Ausbaupotenzials wurden im Neckar-Einzugsgebiet insgesamt 1.473 Standorte betrachtet. Zur Ermittlung der Wasserkraftpotenziale wurden an fischökologischen Erfordernissen orientierte standardisierte Festlegungen zu ökologischen Abflüssen getroffen, insbesondere anhand des Wasserkrafterlasses Baden-Württemberg. Eine umfassende Bewertung der Genehmigungsfähigkeit der ermittelten Standorte für Wasserkraftanlagen muss jedoch stets der Prüfung im Einzelfall vorbehalten bleiben.

5.2.5 Bilanz

Die Berechnungen (z.B. des prozentualen Anteils der erneuerbaren Energien am Gesamtstromverbrauch u.ä.) im Übersichtsthema Bilanz beruhen auf den Datengrundlagen der Einzelthemen.

5.2.6 Gebietsinfo

Datengrundlagen für die Inhalte der „Gebietsinfo“ sind Daten der Übertragungsnetzbetreiber. Diese wurden anlagenweise zur Verfügung gestellt. Bestands- und Potenzialdaten aller vorgenannten Energieträger lassen sich auch in Form einer zusammenfassenden Excel-Liste, die sämtliche baden-württembergischen Gemeinden umfasst, herunterladen.

6. Stand und Ausblick

Im Rahmen des Potenzialatlas hat Baden-Württemberg – für ca. 3.5 Mio. Gebäude – als bundesweit erstes Flächenland einen landesweiten Solardachatlas erhalten. Für die Energieträger Sonne und Wind kann durch den Abgleich von Bestand und Potenzial auch der bereits erreichte Ausbaustand ermittelt und so der „edle Wettstreit“ der Kommunen beim Ausbau erneuerbarer Energien im Land wesentlich gefördert werden. Der Atlas konnte im Ergebnis bereits belegen, dass die in der Einleitung genannten Landesziele zum angestrebten Ausbau

der Windenergie über die verfügbaren Flächenpotenziale erfüllbar sind. Die Ergebnisse stimmen im Grundsatz überein mit einer Studie zum Windenergie, die vom Umweltbundesamt bundesweit durchgeführt wurde /5/.

Da trotz intensivem Bemühen um eine korrekte Datenbasis in den insgesamt über 20 Mio. geometrischen und fachlichen Datensätzen zwangsläufig noch Fehler und Lücken enthalten sind, wurden für Bürger und Kommunen Online-Rückmeldemöglichkeiten zur weiteren Konsolidierung und Ergänzung der Datenbestände eingerichtet. Dies soll auch der Verwaltungsvereinfachung dienen, indem mit der Weiterführung des Atlas den einzelnen Kommunen eine Bestandsdokumentation und ein Werkzeug zum fortlaufenden Monitoring über die erreichten Ausbauziele zur Verfügung gestellt werden soll /6/.

Durch die Integration wichtiger allgemein interessierender Themen aus dem Potenzialatlas in den „Daten- und Kartendienst der LUBW“ (früher: Umweltdaten online, kurz: „UDO“)⁴ soll zukünftig ein direkter Download ausgewählter Daten ermöglicht werden. Für die Standorte bestehender Windkraftanlagen und das Solarenergiepotenzial auf Dacheinflächen ist dies bereits umgesetzt.

In einem „Spin-off“ wurde der Potenzialatlas der LUBW bereits von der Stadt Heilbronn für den Aufbau einer Solarbörse als Marktplattform für Anbieter und Investoren genutzt (siehe <https://solardachboerse-heilbronn.de/>), der Aufbau einer landesweiten Solardachbörse als Erweiterung des Potenzialatlases ist in Arbeit. Der Potenzialatlas soll darüber hinaus im Lauf des Jahres 2014 durch Aufnahme der neuen Themen Wärmebedarf, Geothermie und Biomasse zu einem umfassenden Energieatlas Baden-Württemberg ausgebaut werden.

7. Literatur

- /1/ Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2013): Potenzialatlas Erneuerbare Energien für Baden-Württemberg, Pressemitteilung Nr 35/2013, 13. März 2013.
- /2/ Heimerl, S. et al. (2011): Ausbaupotenzial der Wasserkraft bis 1.000 kW im Einzugsgebiet des Neckars unter Berücksichtigung ökologischer Bewirtschaftungsziele ohne Bundeswasserstraße Neckar, Studie i.A. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, <http://um.baden-wuerttemberg.de/de/energie/erneuerbare-energien/wasserkraft/>.
- /3/ Bundesverband WindEnergie, Hrsg. (2011): Potenzial der Windenergienutzung an Land, http://www.wind-energie.de/sites/default/files/download/publication/studie-zum-potenzial-der-windenergienutzung-land/bwe_potenzialstudie_kurzfassung_2012-03.pdf (Kurzfassung).
- /4/ Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), Hrsg. (2012): Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 1 – Windenergie. LANUV-Fachbericht 40, <http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/fachberichte/fabe40/fabe40start.htm>.
- /5/ Umweltbundesamt (2013): Potenzial der Windenergie an Land. Studie zur Ermittlung des bundesweiten Flächen- und Leistungspotenzials der Windenergienutzung an Land.
- /6/ Müller, M. (2013): Potenzialatlas Erneuerbare Energien Baden-Württemberg. In: Die Gemeinde. Zeitschrift für die Städte und Gemeinden. Organ des Städtetags Baden-Württemberg. BWGZ 12/2013, S. 496-500.

⁴ <http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/>