

**Konzept zur Nutzung regenerativer Energien  
unter besonderer Berücksichtigung ihrer regio-  
nalplanerischen Steuerbarkeit entwickelt am  
Beispiel der Region Ostwürttemberg**

---

von Simone Blaga

ERGEBNISSE EINER DIPLOMARBEIT  
AM INSTITUT FÜR GEOGRAPHIE DER UNIVERSITÄT STUTTGART  
MAI 2009

## Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Einführung.....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2. Allgemeine Grundlagen und Rahmenbedingungen regenerativer Energien</b>     | <b>3</b>  |
| 2.1. Standortbezogenheit und Raumbedeutsamkeit regenerativer Energien.....       | 3         |
| 2.1.1 Solarenergie.....  | 3         |
| 2.1.1.1 Solarenergieanlagen auf oder an Gebäuden und anderen Bauwerken.....      | 4         |
| 2.1.1.2 Großflächige Photovoltaikanlagen im Außenbereich.....                    | 4         |
| 2.1.2 Windenergie.....   | 5         |
| 2.1.3 Wasserkraft.....   | 6         |
| 2.1.4 Geothermie.....  | 7         |
| 2.1.4.1 Erdwärmekollektoren.....   | 7         |
| 2.1.4.2 Erdwärmesonden.....  | 8         |
| 2.1.4.3 Tiefengeothermie.....  | 8         |
| 2.1.5 Bioenergie.....  | 9         |
| 2.2 Vorgaben zur Nutzung regenerativer Energien.....                             | 11        |
| 2.2.1 Bund.....  | 11        |
| 2.2.2 Baden-Württemberg.....   | 12        |
| 2.3 Steuerungsinstrumente für regenerative Energien in der Regionalplanung.....  | 13        |
| 2.3.1 Grundsätze und Ziele.....  | 13        |
| 2.3.2 Konkrete Flächenfestlegungen.....  | 13        |
| 2.4 Konzepte anderer Regionen.....   | 14        |
| <b>3 Analyse und Konzeptentwicklung am Beispiel der Region</b>                   |           |
| <b>Ostwürttemberg.....</b>   | <b>16</b> |
| 3.1 Nutzung und Entwicklungspotentiale regenerativer Energien in der Region..... | 16        |
| 3.1.1 Solarenergie.....  | 16        |
| 3.1.1.1 Solarenergieanlagen auf oder an Gebäuden und anderen Bauwerken.....      | 17        |
| 3.1.1.2 Großflächige Photovoltaikanlagen im Außenbereich.....                    | 18        |
| 3.1.2 Windenergie.....   | 20        |
| 3.1.3 Wasserkraft.....   | 22        |

---

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 3.1.4    | Geothermie.....   | 24        |
| 3.1.4.1  | Flächenkollektoren.....   | 24        |
| 3.1.4.2  | Erdwärmesonden.....   | 26        |
| 3.1.4.3  | Tiefengeothermie.....   | 27        |
| 3.1.5    | Bioenergie.....   | 32        |
| 3.2      | Konzept zur regionalplanerischen Steuerung regenerativer Energie in der<br>Region Ostwürttemberg..... | 37        |
| 3.2.1    | Flächenscharfe Festlegungen für Photovoltaikfreiflächenanlagen.....                                   | 37        |
| 3.2.2    | Konkrete Standorte.....   | 54        |
| 3.2.3    | Regionale Ziele und Grundsätze für regenerative Energien.....   | 57        |
| 3.2.3.1  | Regenerative Energien allgemein.....  | 57        |
| 3.2.3.2  | Solarenergie.....   | 57        |
| 3.2.3.3  | Geothermie.....   | 58        |
| 3.2.3.4  | Windenergie.....  | 58        |
| 3.2.3.5  | Bioenergie.....   | 59        |
| 3.3      | Fazit.....  | 60        |
| <b>4</b> | <b>Vorschläge für eine Teilfortschreibung des Regionalplanes<br/>Ostwürttemberg.....</b>              | <b>62</b> |

## 1 Einführung

Der Klimawandel auf der einen Seite und die knapp werdenden fossilen Rohstoffe auf der anderen zwingen den Menschen zum Handeln. Um einem Energieengpass vorzubeugen und das Klima nicht weiter durch den Ausstoß von Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) und anderen Treibhausgasen zu belasten, müssen neue Formen der Energiegewinnung gefördert werden. Dies stellt auch die Länder, Kommunen und Planungsverantwortlichen vor neue Aufgaben. Eine nachhaltige und von Importen unabhängige Energieversorgung kann dabei momentan nur mit Hilfe regenerativer Energien erfolgen.

Als „erneuerbar“ oder „regenerativ“ werden im Allgemeinen diejenigen Energien bezeichnet, die nach menschlichem Ermessen „unerschöpflich“ sind. Dazu gehören neben der Solar- und Windenergie auch die Wasserkraft, Geothermie und Bioenergie. Im weitesten Sinne können diese Energieformen bis auf die Tiefengeothermie allesamt zur Solarenergie gezählt werden. Durch die von der Sonneneinstrahlung entstehenden Temperatur- und Druckunterschiede entstehen Winde, Biomasse ist die in den Pflanzen gespeicherte Solarenergie, oberflächennahe Geothermie wird hauptsächlich durch die solare Strahlung beeinflusst, genau so wie sie auch den Wasserkreislauf antreibt.

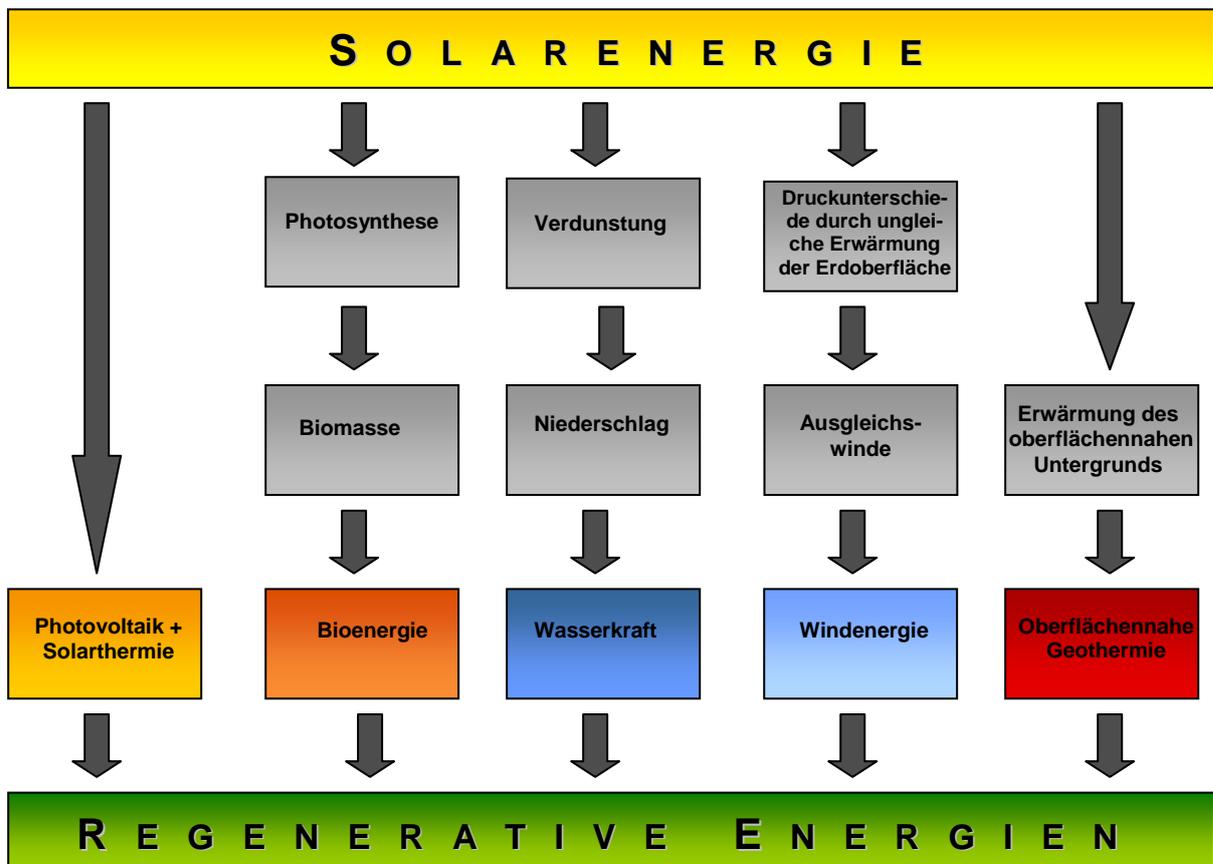


Abb. 1: Regenerative Energien als indirekte Form der Solarenergie.

Quelle: eigene Darstellung

---

Das Potential der regenerativen Energien, speziell der Solarenergie, wurde schon früh erkannt, dessen Nutzung aber erst in den letzten Jahren intensiviert. Bereits im Jahr 1931 soll der amerikanische Erfinder Thomas Alva Edison gesagt haben:

„Ich würde mein Geld auf die Sonne und die Solartechnik setzen. Was für eine Energiequelle! Ich hoffe, wir müssen nicht erst die Erschöpfung von Erdöl und Kohle abwarten, bevor wir das angehen.“ (I'd put my money on the sun and solar energy, what a source of power! I hope we don't have to wait till oil and coal run out before we tackle that.)

In der Region Ostwürttemberg fehlt ein einheitliches Konzept zur Förderung oder Steuerung regenerativer Energien. Jedoch nimmt auch hier die Zahl der Anfragen zu baulichen Anlagen für die Nutzung regenerativer Energien zu. Der Regionalverband als Träger der Regionalplanung sieht sich ebenfalls vermehrt mit solchen Vorhaben konfrontiert. Allerdings fehlt bisher eine einheitliche Bewertungsweise dieser Energieformen aus regionalplanerischer Sicht. Eine Ausnahme hiervon bildet die Windenergie.

Der Verständlichkeit halber wird in der vorliegenden Arbeit von regenerativer Energieerzeugung sowie Energieverbrauch gesprochen, weil diese Wörter im täglichen Sprachgebrauch üblich sind. Jedoch ist diese Bezeichnung physikalisch gesehen nicht richtig, da nach dem Energieerhaltungssatz Energie weder erzeugt noch verbraucht werden kann, sondern lediglich in eine andere Energieform transformiert wird. So z. B. wird beim Heizen der Wohnung die chemische Energie von Erdöl in thermische Energie umgewandelt. Da dieser Vorgang irreversibel ist, wird er oft als „Energieverlust“ bezeichnet.

## 2 Allgemeine Grundlagen und Rahmenbedingungen regenerativer Energien

### 2.1 Standortbezogenheit und Raumbedeutsamkeit regenerativer Energien

Die Standortbezogenheit spielt bei der Entwicklung von Energie-Konzepten eine entscheidende Rolle. Es gibt regenerative Energien, die einer konkreten Standortausweisung bedürfen. Entweder, da sie spezielle Anforderungen an den Raum stellen, welche nicht überall in gleichem Umfang gegeben sind, oder aber, da Konflikte mit anderen Nutzungen auftreten können und daher Standorte mit geringem bis keinem Konfliktpotential ermittelt werden müssen. Zudem können auch Standorte für regenerative Energien ausgewiesen werden, um diese räumlich gezielt zu steuern und zu ordnen. Des Weiteren gibt es noch die Arten der regenerativen Energien, die keiner konkreten Standortausweisung bedürfen. Dazu gehören Energieformen, deren Voraussetzungen überall vorhanden sind, wie z. B. Solarstrahlung.

Neben der Standortbezogenheit ist die Raumbedeutsamkeit eines Vorhabens relevant, da nur raumbedeutsame Projekte in den Aufgabenbereich der Regionalplanung fallen. Raumbedeutsam sind in diesem Zusammenhang Vorhaben oder Planungen, „durch die Raum in Anspruch genommen oder die räumliche Entwicklung oder Funktion eines Gebietes beeinflusst wird, einschließlich des Einsatzes der hierfür vorgesehenen öffentlichen Finanzmittel“ (§ 3 Abs. 6 ROG). Eine allgemeingültige Definition, ab welcher Größe oder Auswirkung ein Vorhaben raumbedeutsam für die Ebene der Regionalplanung ist, existiert dabei nicht. Hier muss im Einzelfall geprüft werden, inwieweit eine Planung Wirkungen über den unmittelbaren Nahbereich von wenigen Metern auf den Raum hat.

#### 2.1.1 Solarenergie

Solarenergie bezeichnet die elektromagnetische Strahlung, die von der Sonne auf die Erde eingestrahlt wird. Diese Strahlungsenergie kann sowohl direkt als auch indirekt genutzt werden. Als direkte Solarnutzung wird die Umwandlung von solarer Strahlung in elektrischen Strom verstanden. Dieser Vorgang wird als Photovoltaik bezeichnet. Die Umwandlung der eingestrahlten Energien in Elektrizität geschieht mittels Photovoltaikmodulen, die aus vielen einzelnen Solarzellen zusammengesetzt sind. Durch Reflexion des Sonnenlichts an der Moduloberfläche, unterschiedliche Ausnutzung der Wellenlängen des Lichts sowie den Transport der Energie aus der Solarzelle geht jedoch Energie verloren, weshalb nur ein geringer Teil in Elektrizität umgewandelt werden kann (KALTSCHMITT et al. 2006b: 211ff). Daher liegen die Wirkungsgrade von Photovoltaikanlagen bei den heutigen Anlagen i. d. R. nur bei 10–15 % (KALTSCHMITT 2006b: 540). Aufgrund dieses geringen Wirkungsgrades wird, bezogen auf die Leistung, eine vergleichsweise große Fläche benötigt (vgl. Tab. 1).

Solarthermie, d. h. die Umwandlung von kurzwelliger, solarer Strahlung in Wärme, wird als indirekte Solarnutzung bezeichnet. Hierbei fällt die energiereiche Sonnenstrahlung auf einen, vorwiegend am Dach montierten, Solarkollektor und erwärmt das sich darin befindende Wärmeleitmedium. Ab einer bestimmten Temperatur wird eine Pumpe zugeschaltet, die das erwärmte Medium über Rohrleitungen abtransportiert. Mittels eines Wärmetauschers wird dann die abtransportierte Wärme an kaltes Wasser in einem Speicher abgegeben und dieses so erhitzt, damit es nun genutzt werden kann.

### **2.1.1.1 Solarenergieanlagen auf oder an Gebäuden und anderen Bauwerken**

Als Solarenergieanlagen werden hier sowohl Solarthermie- als auch Photovoltaikanlagen bezeichnet. Solarthermiekollektoren besitzen meist, bei einer reinen Brauchwassererwärmung, eine Größe von 0,8 bis 1,3 m<sup>2</sup> pro Person im Haushalt. Somit ergibt sich als Beispiel für einen 4-Personen-Haushalt eine Kollektorfläche von 3,2 bis 5,2 m<sup>2</sup>. Will man nicht nur das Brauchwasser, sondern auch das Heizwasser erwärmen, benötigt man eine Fläche von 6–15 m<sup>2</sup> für ein Einfamilienhaus (KRUCK et al. 2008: 8).

Bei den Photovoltaikanlagen ist die Größe abhängig vom jeweiligen Standort, d. h. auf Dächern von Einfamilienhäusern fallen sie kleiner aus als auf Dächern von Industriegebäuden. Je nach Art der verwendeten Solarzellen beträgt der Flächenbedarf 3,6–16,8 m<sup>2</sup> für 1 kW<sub>P</sub>. Im Schnitt kann somit mit 10 m<sup>2</sup> für 1 kW<sub>P</sub> gerechnet werden (vgl. QUASCHNING 2008a: 106).

Diese Art der Energieerzeugung ist prinzipiell standortunabhängig. Sämtliche Gebäude und Bauwerke können, sofern sie nicht verschattet sind, als Standorte dienen. Da diese Solarenergieanlagen keine neuen Flächen in Anspruch nehmen, sondern auf bereits versiegelten Standorten im Innenbereich errichtet werden und keinerlei Auswirkungen auf die Umgebung haben, besitzen sie keine Raumbedeutsamkeit.

### **2.1.1.2 Großflächige Photovoltaikanlagen im Außenbereich**

Großflächige Photovoltaikanlagen können im Prinzip überall im Außenbereich errichtet werden, solange kein Modul der Anlage durch größere Objekte verschattet wird, es sich nicht um eine stark nordgeneigte Fläche handelt und ein Einspeisepunkt für den produzierten Strom vorhanden ist. Um ein wahlloses Errichten der Anlagen in der Landschaft dennoch zu vermeiden und eine Steuerung auf geeignete Flächen herbeizuführen werden jedoch meist von den zuständigen Planungsstellen Standorte für Photovoltaikfreiflächenanlagen gesucht und ausgewiesen. Auf diese Weise wird erreicht, dass besonders sensible oder hochwertige Flächen, die für eine andere Nutzung besser geeignet sind, geschont und geschützt werden.

Raumbedeutsamkeit erlangen diese Photovoltaikanlagen durch ihre Größe von mehreren Hektar und den daraus resultierenden Auswirkungen auf den Raum. Eine allgemeingültige Definition, ab welcher Größe eine Anlage großflächig und damit auch raumbedeutsam ist, existiert allerdings nicht. Nach Auskunft der obersten Landesplanungsbehörde Baden-Württemberg, dem Wirtschaftsministerium, ist eine Raumbedeutsamkeit jedoch bereits bei wenigen Hektar (3–5 ha) anzunehmen.

### 2.1.2 Windenergie

Technisch gesehen bezeichnet die Windenergie die Transformation der kinetischen Energie der bewegten Luftmassen in elektrischen Strom. Diese Umwandlung erfolgt mit Hilfe von Generatoren. Die Grundfläche einer Windkraftanlage beträgt je nach Bauart zwischen 200 und 400 m<sup>2</sup> (HAU 2008: 621).

Windenergieanlagen sind im Gegensatz zu Photovoltaikfreiflächenanlagen privilegierte Anlagen im Außenbereich. Aufgrund ihrer Größe und den daraus resultierenden Auswirkungen auf die Umwelt sowie den Anforderungen an den Standort bedürfen Windkraftanlagen einer konkreten Flächenausweisung.

Der Vorteil der Stromerzeugung durch Windenergie ist ihr vergleichsweise geringer Flächenbedarf. Wie aus Tab. 1 ersichtlich benötigt eine Windkraftanlage im Gegensatz zu einer Photovoltaikanlage nur einen Bruchteil der Fläche, um die gleiche Leistung zu erzeugen.

Tab. 1: Windkraft- und Photovoltaikanlagen im Flächenvergleich.

| Energieform  | Flächenbedarf für eine jährliche erzeugte Leistung von 4 Mio. kWh   |
|--------------|---|
| Windenergie  | Nennleistung der Anlage: 2.000 kW<br>Jahresbenutzungsstunden: 2.000 h<br>Grundfläche: 15 x 15 m = 225 m <sup>2</sup><br>Kranstellfläche: 25 x 35 m = 875 m <sup>2</sup><br><hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> Insgesamt: 1.100 m <sup>2</sup> = <b>0,11 ha</b> |
| Photovoltaik | Nennleistung der Anlage: 5.000 kW peak<br>Jahresbenutzungsstunden: 800 h<br>Fläche: 5.000 kW x 10 m <sup>2</sup> /kW = 50.000 m <sup>2</sup> = <b>5 ha</b>  |

Quelle: eigene Darstellung

Windkraftanlagen können raumbedeutsame Vorhaben sein. Die oberste Landesplanungsbehörde Baden-Württemberg hat die Raumbedeutsamkeit in der Regionalplanung bzw. die Regionalbedeutsamkeit wie folgt geregelt: Werden sie als kleine Inselanlagen, die z. B. nur einen landwirtschaftlichen Betrieb versorgen und eine Größe von unter 50 m haben, errichtet, so sind sie nicht raumbedeutsam. Nach Plansatz 3.2.7.3 (Z) der Teilfortschreibung Windenergie

des Regionalplans 2010 der Region Ostwürttemberg ergibt sich die Raumbedeutsamkeit von Windkraftanlagen „aus der Höhe der Anlage(n), dem vorgesehenen Standort und den Auswirkungen auf planerisch als Ziel gesicherte Raumfunktionen.“ Weiter heißt es, dass zudem unabhängig vom Standort Anlagen über 50 m oder eine Anzahl von 3 oder mehr Anlagen an einem Standort als raumbedeutsam einzustufen sind. Windkraftanlagen können somit auch unter 50 m Nabenhöhe eine Raumbedeutsamkeit erlangen, was jedoch im Einzelfall geprüft werden muss.

### 2.1.3 Wasserkraft

Wasserkraftwerke werden an Flüssen errichtet, um mit Hilfe von Turbinen und Generatoren die Bewegungsenergie des strömenden Wassers in Elektrizität umzuwandeln. Zu diesem Zweck gibt es verschiedene Arten von Wasserkraftwerken. In Laufwasser- oder Flusskraftwerken wird das fließende Wasser durch eine Turbine geleitet, die einen Generator antreibt, welcher Elektrizität erzeugt. Speicherwasserkraftwerke stauen große Mengen an Wasser, um dieses dann über Rohrleitungen in ein tiefer gelegenes Maschinenhaus zu befördern, in dem es durch Turbinen fließt, die ebenfalls einen Generator antreiben. Ähnlich funktioniert ein Pumpspeicherkraftwerk, welches das Wasser unten auffängt und wieder nach oben pumpt (QUASCHNING 2008a: 219ff). Lauf- oder Flusswasserkraftwerke sowie Pumpwasserkraftwerke produzieren laufend Strom, während Pumpspeicherkraftwerke gezielt und zu bestimmten Zeiten eingesetzt werden können. Pumpspeicherkraftwerke stellen zudem eine Möglichkeit der Energiespeicherung dar, da sie, wenn z. B. durch Windkraftanlagen zu Zeiten geringem Stromverbrauchs viel Energie produziert wird, diese Energie zum hinaufpumpen des Wasser einsetzen und zu Zeiten erhöhtem Strombedarfs das Wasser wieder nach unten transportieren und auf diese Weise Strom erzeugen (QUASCHNING 2008a: 222).

Wasserkraftwerke bedürfen konkreter Standortausweisungen, da sie aufgrund ihrer Größe, ihrer Standortanforderungen, aber auch den Auswirkungen auf die Umwelt nicht überall errichtet werden können und sollen. Sie sind, wie Windkraftanlagen, privilegierte Vorhaben im Außenbereich.

Aufgrund ihrer Größe und der Auswirkungen auf den Raum sind Wasserkraftwerke grundsätzlich raumbedeutsame Vorhaben. Zu den Auswirkungen gehören vor allem, dass sie die Strömung und Fließgeschwindigkeit des Flusses beeinflussen sowie den natürlichen Lauf und den Wasserstand. Dies kann schwerwiegende Folgen für das Ökosystem und die Gewässergüte haben sowie eine Gefahr für Flora und Fauna darstellen (KARL 2006: 10).

### 2.1.4 Geothermie

Als Geothermie (gr.: geo = Erde, therme = Wärme) wird die Wärme bezeichnet, die in der Erdkruste gespeichert ist. Diese Erdwärme setzt sich zu etwa 70 % aus radioaktivem Zerfall und zu rund 30 % aus der initialen Wärme, die noch aus Zeiten der Erdentstehung stammt und durch Konvektionsströme nach außen transportiert wird, zusammen (PK TIEFENGEOTHERMIE 2007: 3). Mit zunehmender Tiefe steigt die Temperatur im Untergrund an. Im Schnitt sind dies 3°C auf 100 m. Diese Temperaturzunahme wird geothermische Tiefenstufe oder geothermischer Tiefengradient genannt.

#### 2.1.4.1 Erdwärmekollektoren

Zur Nutzung der Energie des unmittelbaren Untergrunds können Erdwärmekollektoren eingesetzt werden. Sie werden horizontal in Tiefen bis max. 5 m in den Boden verlegt, üblicherweise 0,2 m unter die Frostgrenze (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ 2007: 5).

Die ersten 10–20 m des Untergrunds werden hauptsächlich durch die Sonneneinstrahlung, aber auch durch die Zirkulation von warmem Grundwasser und die Wärmeleitfähigkeit des Bodens erwärmt (KALTSCHMITT et al. 2006b: 61). Die Temperaturen in den ersten Metern weisen jahreszeitliche Schwankungen auf, ab einer Tiefe von etwa 20–50 m herrschen jedoch das ganze Jahr über konstante Temperaturen, die in etwa der Jahresdurchschnittstemperatur von 8°–10°C entsprechen.

Die durch einen Kollektor gewonnene Wärme kann entweder passiv zum Kühlen von Gebäuden genutzt werden oder mittels einer Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau transferiert und für Heizzwecke nutzbar gemacht werden. Es muss jedoch erwähnt werden, dass diese Wärmepumpen nicht ohne Strom auskommen. Bei den heutigen Wärmepumpen wird etwa 75 % der Wärme aus der Umwelt gezogen und 25 % aus konventionellem Strom beigesteuert (LANDESINITIATIVE ZUKUNFTSENERGIE NRW 2008: 12).

Der Flächenbedarf für einen Kollektor beträgt etwa das ein- bis zweifache der Wohnfläche, die beheizt werden soll (THOLEN & WALKER-HERTKORN 2008: 14). Da bei der Nutzung von Erdwärmekollektoren der Flächenbedarf relativ gering ist, an der Oberfläche kaum Platz in Anspruch genommen wird und sie meist auf Privatgrundstücken verlegt werden, besitzen sie keine Raumbedeutsamkeit. Auch ist eine Standortausweisung seitens der Regionalplanung für diese Art der Energieerzeugung nicht nötig, da ihre Voraussetzungen überall vorhanden sind.

Eine Sonderform der Erdwärmenutzung nimmt die Geothermie aus Tunneln, auch Tunnelthermie genannt, ein. Bei Tunneln, die eine Tunnelwasserschüttung von mehreren 100 l/s aufweisen, kann dieses ebenfalls energetisch genutzt werden. Dazu sollten diese austre-

tenden Wässer eine Temperatur von 12–24 C° aufweisen (PK TIEFENGEOTHERMIE 2007: 20). Analog dazu kann auch die Nutzung der warmen Wässer aus Bergbauanlagen zur geothermischen Energiegewinnung herangezogen werden.

#### **2.1.4.2 Erdwärmesonden**

Zur Nutzung des tieferen Untergrunds werden U-förmige Erdwärmesonden verwendet, die meist in Tiefen bis 200 m, selten auch darüber, in den Untergrund gebracht werden. In ihnen zirkuliert ein Wärmeleitmedium, das sich in der Tiefe aufheizt und diese Wärme dann an der Oberfläche wieder abgibt. Da in diesen relativ geringen Tiefen die Temperaturen noch keine hohen Werte annehmen, bedarf es zusätzlich, ähnlich wie bei den Flächenkollektoren, einer Wärmepumpe.

Eine Gefahr, die bei der Nutzung von Erdwärmesonden auftreten kann, ist die Abkühlung des die Sonden umgebenden Untergrunds. Hierbei kann es im Abstand von 2 m zur Sonde zu einer Temperaturreduktion um 2°C kommen (KALTSCHMITT et al. 2006b: 447). Jedoch kann mit einer guten Planung die Abkühlung so gering wie möglich gehalten werden, um auf diese Weise eine möglichst lange Nutzungsdauer zu gewährleisten.

Die Temperaturen sowie die Untergrundbeschaffenheit variieren von Ort zu Ort. Die geothermische Nutzung ist an bestimmte Voraussetzungen gekoppelt, die nicht überall in gleichem Umfang vorliegen. Eine flächenscharfe Festlegung wie z. B. bei der Windkraft wird es dabei jedoch nicht geben können, da die Untergrundverhältnisse selten genau bekannt und nur mit großer Mühe feststellbar sind. Zudem muss beachtet werden, dass der Geothermie immer auch der Schutz des Grundwassers gegenüber steht. Daher muss in bestimmten Gebieten dem Schutz des Grundwassers Vorrang vor der Energiegewinnung eingeräumt werden.

Erdwärmesonden reichen zwar weit in die Tiefe, an der Oberfläche nehmen sie jedoch, ähnlich wie Erdwärmekollektoren, keinen Raum in Anspruch. Auch sind keine Auswirkungen auf die Umgebung zu erwarten. Daher besitzen Erdwärmesonden keine Raumbedeutsamkeit.

#### **2.1.4.3 Tiefengeothermie**

Als Tiefengeothermie wird die Erdwärmenutzung ab einer Tiefe von 400 m genannt. Tiefe Geothermieprojekte reichen meist in mehrere Kilometer Tiefe, da dort die Temperaturen am höchsten sind. Die dort vorhandene Wärme kann entweder zur Einspeisung in ein Nah- oder Fernwärmenetz dienen oder kann zur Stromgewinnung durch Kraftwerke genutzt werden. Allerdings sind dazu Temperaturen von mindestens 100°C erforderlich, die in Deutschland im Schnitt in 3.000 m Tiefe vorzufinden sind (ROGGE 2004: 26).

Es gibt verschiedene Arten, um die tiefe Wärme zu nutzen. Eine Möglichkeit ist die Hydrothermie, bei der heißes Wasser aus Wasser führenden geologischen Schichten mittels einer Bohrung an die Oberfläche gebracht wird. Nach dem Abkühlen wird es durch eine zweite Bohrung in einiger Entfernung wieder reinjeziert (vgl. KALTSCHMITT et al 2006b: 457ff). Eine weitere Möglichkeit stellt das Hot-Dry-Rock-Prinzip dar, welches unter die Kategorie Petrothermie fällt. Bei diesem Verfahren wird in trockenes, heißes Gestein kaltes Wasser eingepresst, wodurch das umliegende Gestein Risse erhält. Dringt das eingepresste Wasser in diese Risse ein, wird es erhitzt und mittels einer zweiten Bohrungen, die in das Rissystem geteufelt wurden, wieder an die Oberfläche geholt (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT 2004d: 23). Gefahr entsteht hierbei, wenn das kalte Wasser zu schnell und zu stark in das umliegende Gestein gepresst wird, da durch das Springen des Gesteins Erdstöße ausgelöst werden können. Zuletzt gibt es noch tiefe Erdwärmesonden. Diese funktionieren nach demselben Prinzip wie die Sonden zur Klimatisierung von Gebäuden, nur dass diese in größere Tiefen verlegt werden. Die Wassertemperaturen, die bei diesem Prinzip erreicht werden können, liegen jedoch selten über 40°C (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT 2007b: 18).

Ähnlich wie bei Erdwärmesonden ist auch bei diesen Verfahren eine Standortausweisung zwar möglich, jedoch aufgrund der Unsicherheit im Bezug auf die Untergrundverhältnisse nur schwer zu realisieren. Tiefengeothermieprojekte sind aufgrund ihrer Größe, in dem Fall des zugehörigen Kraftwerks an der Oberfläche, und den Auswirkungen auf den Raum raumbedeutsame Vorhaben für die Regionalplanung, sofern sie im Außenbereich errichtet werden.

### 2.1.5 Bioenergie

Bioenergie bezeichnet die Strom- und Wärmegewinnung aus Biomasse. Laut der Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse (Biomasseverordnung) §1 Abs. 1 versteht man unter Biomasse alle „Energieträger aus Phyto- und Zoomasse. Hierzu gehören auch aus Phyto- oder Zoomasse resultierende Folge- und Nebenprodukte, Rückstände und Abfälle, deren Energiegehalt aus Phyto- und Zoomasse stammt“. Gemeint sind damit organische Stoffe aus tierischem oder pflanzlichem Ursprung sowie Biogas, welches aus organischer Substanz unter Ausschluss von Sauerstoff entsteht. Zur Biogasgewinnung können neben der festen Biomasse auch Exkremete aus der Tierhaltung herangezogen werden. Hierfür wird hauptsächlich Rinder-, Schweine- und Hühnergülle verwendet.

Energiegewinnung aus Biomasse wird gemeinhin als CO<sub>2</sub>-neutral betrachtet, da bei den Umwandlungsprozessen gerade so viel CO<sub>2</sub> freigesetzt wird wie vorher von den Pflanzen durch Photosynthese gebunden wurde. Wird dieser Vorgang isoliert betrachtet, ist dies durchaus korrekt. Es muss allerdings hinzugefügt werden, dass die Verarbeitung der Biomasse sehr wohl mit einer Freisetzung von CO<sub>2</sub> und anderen Treibhausgasen verbunden ist, da der Anbau, die Ernte und der Transport Treibhausgase freisetzen und diese ebenfalls mitberücksichtigt werden müssen. Des Weiteren besteht Biogas zu einem Großteil aus dem Treibhausgas

Methan. Im Vergleich ist 1kg Methan 21-mal schädlicher als 1kg CO<sub>2</sub>. (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE 2007: 33).

Zudem muss bedacht werden, dass für den Anbau von einer Tonne Getreide 1.000 Tonnen Wasser benötigt werden (EISENBEIß & WAGNER 2006: 2). Neben dem Wasserbedarf zum Anbau von Energiepflanzen wird des Weiteren viel landwirtschaftliche Fläche benötigt, da der Energieertrag der Pflanzen relativ gering ist. Das Problem, das sich bei der energetischen Nutzung dieser Pflanzen daher stellt ist die Flächenkonkurrenz zu anderen Nutzungen wie z. B. der Nahrungsmittelproduktion.

Im Gegensatz zu Energiepflanzen hat Gülle den entscheidenden Vorteil, dass sie keine neue Fläche in Anspruch nimmt, sondern als Nebenprodukt in der Viehhaltung anfällt. Jedoch wird bislang in Deutschland nur rund 15 % der anfallenden Gülle auch energetisch genutzt (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT 2008a: 15). Zudem hat Gülle im Gegensatz zu Energiepflanzen den entscheidenden Vorteil, dass sie nicht extra angebaut werden muss, sondern in Betrieben mit Viehhaltung umsonst anfällt. Daher eignet sie sich ideal als Brennstoff für Biogasanlagen. Des Weiteren kommt hinzu, dass unvergorene Gülle bei ihrer Lagerung Methan emittiert, was durch eine energetische Weiterverarbeitung vermieden werden kann. Als Nachteil jedoch ist eine erhöhte Ammoniak- sowie Lachgasemission bei der Ausbringung der Gülle nach der Biogasgewinnung zu erwähnen. Unterm Strich hat die vergorene Gülle, die bei der Biogasgewinnung benötigt wird, im Vergleich zur bloßen Lagerung der unvergorenen Gülle mit anschließender Ausbringung auf das Feld jedoch trotzdem eine positive Wirkung, denn sie führt zu einer Verminderung der Emissionen von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten bei Schweinegülle um 20% und bei Rindergülle um 60% (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT AGRARPOLITIK 2007: 109).

In Bioenergieanlagen entsteht neben Strom auch Wärme. Meist wird diese Wärme als Abwärme ungenutzt nach außen geleitet. Wird die Anlage jedoch in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) betrieben, d. h. dass neben der Stromproduktion auch die entstandene Wärme z. B. zur Beheizung der Hofstelle oder zur Einspeisung in ein Nahwärmenetz genutzt wird, kann die Biomasse wesentlich effizienter genutzt werden.

Der Anlagenfläche einer Biogasanlage hängt von ihrer Leistung ab. Als Anhaltswert kann mit etwa 12 m<sup>2</sup>/kW<sub>el</sub> installierter Nennleistung gerechnet werden (KRUCK et al. 2008: 19). Für eine 0,5 MW Anlage ergibt sich somit eine Fläche von 6.000 m<sup>2</sup>.

Für diese Art der Energiegewinnung müssen und können keine konkreten Standorte ausgewiesen werden. Bioenergieanlagen können zum einen prinzipiell überall betrieben werden und zum anderen sollten sie nach Möglichkeit nahe der Höfe stehen, die sie bestücken, da mit einem erhöhten Transportweg die CO<sub>2</sub>-Neutralität verloren geht.

## 2.2 Vorgaben zur Nutzung regenerativer Energien

### 2.2.1 Bund

Das wohl wichtigste Gesetz im Bezug auf regenerative Energien ist das im Jahr 2000 verabschiedete und 2004 novellierte Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien, kurz Erneuerbare-Energien-Gesetz oder EEG genannt. In ihm wird die Energieerzeugung aus Windkraft, Wasserkraft, Solarenergie, Geothermie, Klärgas, Deponiegas, Grubengas und Biomasse geregelt. Das Ziel des Gesetzes wird in § 1 definiert. Es soll „eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung [...] ermöglichen und den Beitrag Erneuerbarer Energien an der Stromversorgung deutlich [...] erhöhen“. Des Weiteren soll das Gesetz die Markteinführung von Technologien zur Gewinnung von Strom aus regenerativen Energien forcieren. Durch das Gesetz werden Netzbetreiber zur vorrangigen Abnahme von umweltfreundlich erzeugtem Strom verpflichtet. Da die Produktion dieses Stroms aufgrund der Herstellungskosten der Stromgewinnungsanlagen noch sehr kostenintensiv ist, erfolgt die Förderung dadurch, dass jeder Betreiber einer Anlage zur Erzeugung von Strom aus regenerativen Energien über 20 Jahre eine festgelegte Vergütung vom jeweiligen Netzbetreiber erhält, die dazu ausreichen soll, seine Anlage wirtschaftlich betreiben zu können. Die Höhe der Vergütung richtet sich nach der Art der regenerativen Energie, der Anlagengröße sowie dem Stand der Technik und den Herstellungskosten der Anlagen. Diese Vergütung verringert sich jedes Jahr um einen gewissen Prozentsatz. Die Mehrkosten, die von den Konzernen für den Ökostrom bezahlt werden müssen, beruhen auf dem Gemeinlast-Prinzip, d. h. sie werden als EEG-Umlage auf die Stromrechnungen aller Haushalte umgerechnet. Momentan ist eine weitere Novelle des Gesetzes in Planung.

Auf ihrer Klausurtagung am 23.08.2007 in Meseburg wurden von der Bundesregierung die Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm beschlossen. Dieses Programm sieht unter anderem für die regenerativen Energien eine Erhöhung des Anteils an der Stromgewinnung auf 25–30 % bis 2020 vor, danach eine weitere Erhöhung bis ins Jahr 2030. Im Bereich der Wärmegewinnung sollen die regenerativen Energien ebenfalls ausgebaut werden. Für diesen Zweck wurde ein Entwurf des so genannten Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetzes, kurz EEWärmeG, vorgestellt. Mit Hilfe dieses Gesetzes soll der Anteil der regenerativen Energien an der Wärmegewinnung auf 14 % bis 2020 erhöht werden.

Unter § 35 wird im Baugesetzbuch das Bauen im Außenbereich reglementiert. Gewissen baulichen Vorhaben wird hierbei eine Privilegierung zugesprochen. Solange keine öffentlichen Belange entgegenstehen und die Erschließung in ausreichendem Maße gesichert ist, müssen diese Vorhaben genehmigt werden. Die zuständigen Behörden haben in solch einem Fall keinen Ermessensspielraum. Zu den privilegierten Vorhaben gehören nach § 35 Abs. 1 Nr. 5 und 6 die Wind- und Wasserenergie, wie auch die Biomasseanlagen jedoch nur, solange sie nicht mehr Leistung als 0,5 MW haben, mit Biomasse aus dem eigenen oder einem nahe gelegenen Betrieb betrieben werden, an das öffentliche Netz angeschlossen sind, im Zusammenhang mit einem Betrieb errichtet wurden und nur eine Anlage pro Hofstelle existiert.

### 2.2.2 Baden-Württemberg

Der im Jahr 2000 beschlossene und 2007 fortgeschriebene Umweltplan Baden-Württemberg wurde von der Landesregierung entwickelt und soll als eine Art Leitbild für eine umweltgerechte Handlungs- und Lebensweise sowohl auf öffentlicher als auch privater Seite dienen. Neben vielen anderen Empfehlungen wird hier ein verstärkter Einsatz regenerativer Energien bis zum Jahr 2020 gefordert.

Ein weiteres, vom Land Baden-Württemberg aufgestelltes Klimakonzept ist das 2005 veröffentlichte Klimaschutz 2010 Konzept für Baden-Württemberg. Unter anderem wird hier auch der Ausbau der regenerativen Energien gefordert. Bis zum Jahr 2010 soll der Anteil der regenerativen Energien am Primärenergieverbrauch auf 4,8 % und der Anteil an der Stromerzeugung auf 11,5 % steigen. Bereits im Jahr 2007 belief sich der Anteil am Primärenergieverbrauch auf 7,7 % und der Anteil an der Stromerzeugung auf 13,3 % (UMWELTMINISTERIUM & WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTEMBERG 2008: 8), womit diese Zeile bereits vorzeitig erreicht wurden.

Etwas konkreter wird hier das Anfang 2008 vorgestellte Energienkonzept Baden-Württemberg 2020. Als eines der allgemeinen Ziele dieses Konzepts wird die Erhöhung des Anteils der regenerativen Energien an der Bruttostromerzeugung bis 2020 von 13,3 % (2007) auf 20 % genannt. Dabei soll der Anteil an der Wärmegewinnung von 8,2 % (2007) auf 16 % und der Anteil am Primärenergieverbrauch von 7,7 % (2007) auf mindestens 12 % gesteigert werden. Um dieses Ziel zu erreichen werden für jede einzelne Energieform die Ausbauziele entsprechend ihrem Potential im Land errechnet. Tab. 2 zeigt die Ausbauziele des Landes für die einzelnen regenerativen Energien sowie deren Steigerung in Prozent bis 2020. Allerdings werden in diesem Konzept nur die Ziele, die es zu erfüllen gilt, genannt, nicht aber konkrete Maßnahmen, wie diese erreicht werden können.

Tab.2: Ausbauziele der einzelnen regenerativen Energien gemäß dem Energienkonzept 2020 Baden-Württemberg.

|                  | Leistung heute | Ziel bis 2020 | Steigerung |
|------------------|----------------|---------------|------------|
| Strom:           |                |               |            |
| Photovoltaik     | 0,27 TWh/a     | 2,7 TWh/a     | 900 %      |
| Windkraft        | 0,3 TWh/a      | 1,2 TWh/a     | 290 %      |
| Wasserkraft      | 5,5 TWh/a      | 6,1 TWh/a     | 12 %       |
| Tiefengeothermie | --             | 0,3 TWh/a     | --         |
| Bioenergie       | 1,4 TWh/a      | 4,5 TWh/a     | 220 %      |
| Wärmegewinnung:  |                |               |            |
| Solarthermie     | 0,8 TWh/a      | 2,9 TWh/a     | 260 %      |
| Biomasse         | 10,7 TWh/a     | 18,1 TWh/a    | 70%        |

Quelle: eigene Darstellung nach WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTEMBERG 2008a

In der Landesbauordnung Baden-Württemberg (LBO) wird unter Nr. 21 der Anlage zu § 50 gesagt, dass sämtliche Anlagen zur solaren Energiegewinnung, unabhängig von ihrer Größe, verfahrensfrei sind. Das heißt für solche Vorhaben muss keine Baugenehmigung erteilt sowie auch kein Kenntnisgabeverfahren durchgeführt werden. Allerdings ist geplant, in einer Neu-

fassung der LBO eine Größenbeschränkung mit aufzunehmen, die die Verfahrensfreiheit nur noch kleineren Anlagen gewährt (REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG 2004: 2).

## **2.3 Steuerungsinstrumente für regenerative Energien in der Regionalplanung**

### **2.3.1 Ziele und Grundsätze**

Um Rahmenbedingungen für eine prosperierende Entwicklung des Raumes zu geben, dienen der Regionalplanung als Instrumente so genannte Ziele und Grundsätze. Als Ziele werden „verbindliche Vorgaben in Form von räumlich und sachlich bestimmten oder bestimmbar, vom Träger der Landes- oder Regionalplanung abschließend abgewogenen textlichen oder zeichnerischen Festlegungen in Raumordnungsplänen zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raums“ (ROG § 3 Abs. 6) verstanden. Diese Ziele sind für öffentliche Stellen wie auch Privatpersonen bindend und müssen bei deren Planungen beachtet und befolgt werden. So z. B. müssen die Bauleitpläne von Kommunen an die Ziele der Raumordnung angepasst werden und dürfen diesen nicht widersprechen. Ein Abwägungs- oder Ermessensspielraum existiert hier nicht.

Grundsätze der Raumordnung sind hingegen „allgemeine Aussagen zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raums [...] als Vorgaben für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen“ (ROG § 3 Abs. 3). Im Gegensatz zu den oben genannten Zielen der Raumordnung müssen Grundsätze von öffentlichen Stellen bei Abwägungen von Planungen lediglich berücksichtigt, nicht aber beachtet werden.

### **2.3.2 Konkrete Flächenfestlegungen**

Für standortabhängige Vorhaben können in der Regionalplanung konkrete Flächen ausgewiesen werden. Gemäß Landesplanungsgesetz Baden-Württemberg können im Regionalplan „Standorte und Trassen für Infrastrukturvorhaben, insbesondere Gebiete für Standorte regionalbedeutsamer Windkraftanlagen“ § 11 Abs. 3 Nr. 11 LplG ausgewiesen werden. Diese Gebiete sollen verhindern, dass es zu einem „Wildwuchs“ in der Landschaft kommt sowie dass Projekte an Standorten errichtet werden, die nicht für eine entsprechende Nutzung geeignet sind. Das Potential, das in einem Gebiet vorhanden ist, soll bestmöglich ausgenutzt und der Flächenbedarf auf das Nötigste begrenzt werden. Welche Gebietskategorien ausgewiesen werden dürfen, wird im Landesplanungsgesetz sowie im Landesentwicklungsplan vorgeschrieben. Im Landesplanungsgesetz heißt es im Bezug auf Standorte und Trassen für Infrastrukturvorhaben, dass „[d]er Regionalplan [...] die Festlegungen [...] in Form von Vorranggebieten, Vorbehaltsgebieten sowie Ausschlussgebieten treffen [kann]“ (§ 11 Abs. 7), wobei für Windkraftanlagen nur Vorrang- und Ausschlussgebiete in Betracht kommen.

Vorranggebiete sind Gebiete, „die für bestimmte, raumbedeutsame Funktionen oder Nutzungen vorgesehen sind und andere raumbedeutsame Nutzungen in diesem Gebiet ausschließen, soweit diese mit den vorrangigen Funktionen, Nutzungen oder Zielen der Raumordnung nicht vereinbar sind“ (§ 7 Abs. 4 Nr. 1 ROG). Diese Gebiete sind für bestimmte Funktionen „reserviert“, denen Vorrang vor anderen Planungen gegeben werden muss. Weitere Vorhaben sind dann auf diesen Flächen zwar nicht komplett ausgeschlossen, jedoch sind sie nur zulässig, wenn die vorrangig festgesetzte Nutzung dadurch nicht behindert oder gestört wird. Vorranggebiete sind als Ziele der Raumordnung zu betrachten (SCHINK 1997: 57). Somit müssen die Gemeinden ihre Bauleitplanung diesen Zielen anpassen und dürfen sie nicht abwägen.

Im Zusammenhang mit Vorranggebieten können zudem Ausschlussgebiete festgelegt werden. Das sind Gebiete, in denen „bestimmte raumbedeutsame Nutzungen, für die zugleich Vorranggebiete festgelegt sind, ausgeschlossen [werden]“ (§11, Abs. 7 LplG). Ausschlussgebiete können jedoch nicht willkürlich gewählt werden, sondern müssen hinlänglich begründet werden. In ihrer Bindungswirkung entsprechen sie ebenfalls Zielen der Raumordnung und müssen dementsprechend bei Planungen beachtet werden.

Des Weiteren sind Vorbehaltsgebiete zu nennen. Diese sind dadurch gekennzeichnet, dass in ihnen „bestimmten, raumbedeutsamen Funktionen oder Nutzungen bei der Abwägung mit konkurrierenden raumbedeutsamen Nutzungen besonderes Gewicht beigemessen werden soll“ (§ 7 Abs. 4 Nr. 2 ROG). Im Gegensatz zu Vorranggebieten wird hier einer bestimmten Nutzung nicht explizit Vorrang gewährt, sie soll lediglich bei Abwägungen und Entscheidungen besonders beachtet werden. Vorbehaltsgebiete stellen keine Ziele, sondern „bloße Grundsätze der Raumordnung [dar], die allerdings als Optimierungsgebot mit einem relativen Abwägungsvorrang vor anderen Belangen ausgestattet sind“ (SCHINK 1998: 58). Somit wird der Inhalt der Vorbehaltsgebiete bei anstehenden Planungen in die Abwägung aufgenommen, bei der sich dann im Einzelfall entscheidet, ob sich die entsprechenden Nutzung durchsetzen kann oder überwunden wird (HENDLER 1997: 106). Eine regionalplanerische Steuerung ist mittels Vorbehaltsgebieten daher nur bedingt erreichbar, da immer die Möglichkeit besteht, dass das Vorhaben bei Abwägungsentscheidungen hinter andere Vorhaben zurückgestellt wird. Vorbehaltsgebiete bedeuten somit weder, dass eine bestimmte Nutzung auf das entsprechende Gebiet kommt, noch, dass es im restlichen Raum nicht entstehen kann.

## 2.4 Konzepte anderer Regionen

In den zwölf Planungsregionen von Baden-Württemberg wird vermehrt der Ausbau regenerativer Energien gefördert. Nachdem im Landesentwicklungsplan 2002 Baden-Württemberg das Ziel der Ausweisung von Windkraftstandorten aufgenommen wurde, sind die einzelnen Regionen auf ihr diesbezügliches Potential hin untersucht worden und Vorranggebiete wurden ausgewiesen. Auf die übrigen regenerativen Energien wurde noch nicht in allen Regionen in

gleichem Maße eingegangen. Einige Regionen haben bereits komplette Konzepte, andere Teilregionalpläne erarbeitet.

Tab. 3: Teilregionalpläne und Konzepte anderer Regionen im Überblick.

| Regionalverband          | Photo-voltaik | Solar-energie | Geothermie | Biomasse | Wasser-kraft | Wind-energie | Konzepte |
|--------------------------|---------------|---------------|------------|----------|--------------|--------------|----------|
| Bodensee-Oberschwaben    |               |               | x          |          |              | x            |          |
| Donau-Iller              |               |               |            |          |              | x            |          |
| Heilbronn-Franken        | x             |               |            |          |              | x            |          |
| Hochrhein-Bodensee       |               |               |            |          |              | x            |          |
| Mittlerer Oberrhein      | x             |               |            |          |              | x            |          |
| Neckar-Alb               |               |               |            |          |              | x            | x        |
| Nordschwarzwald          | x             | x             | x          | x        | x            | x            |          |
| Region Stuttgart         |               |               | x          |          |              | x            |          |
| Rhein-Neckar             |               |               |            |          |              |              | x        |
| Schwarzwald-Baar-Heuberg |               |               |            |          |              | x            |          |
| Südlicher Oberrhein      |               |               |            |          |              | x            | x        |

Quelle: eigene Erhebung

## 3 Analyse und Konzeptentwicklung am Beispiel der Region Ostwürttemberg

### 3.1 Nutzung und Entwicklungspotentiale regenerativer Energien in der Region

#### 3.1.1 Solarenergie

In der Bundesrepublik Deutschland herrschen mittlere jährliche Einstrahlungswerte von 1064 kWh/m<sup>2</sup> (QUASCHNING 2008a: 31). Mit Werten von 1094–1125 kWh/m<sup>2</sup> ([www.lubw.baden-wuerttemberg.de](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de)) besitzt die Region somit leicht überdurchschnittliche Voraussetzungen für die Nutzung der Solarenergie. Aus der nachfolgenden Karte wird ersichtlich, dass die süd-deutschen Regionen im Deutschlandvergleich die besten Werte aufweisen und daher für eine solarenergetische Nutzung prädestiniert sind.

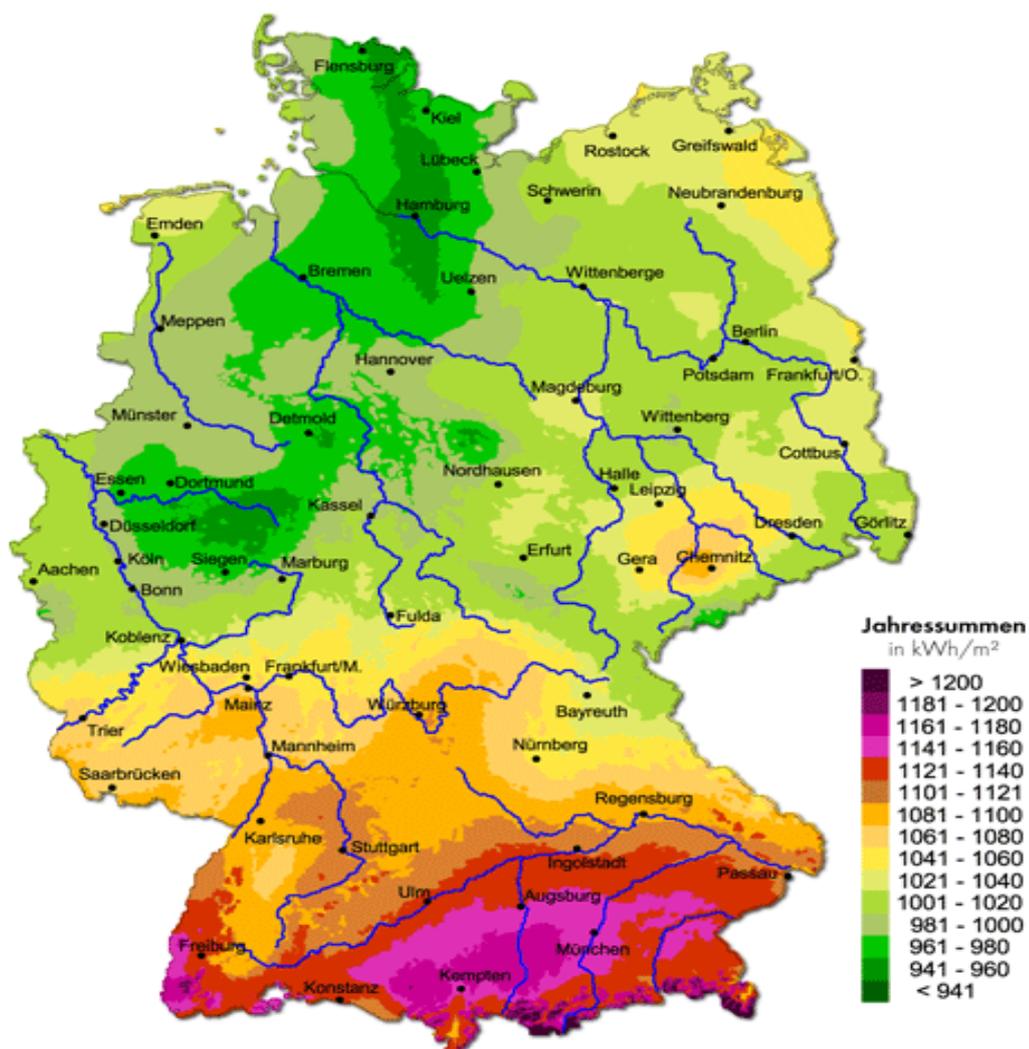


Abb. 5: Mittlere Jahressumme der Globalstrahlung in Deutschland im Zeitraum von 1981-2000.

Quelle: [www.dwd.de](http://www.dwd.de)

### 3.1.1.1 Solarenergieanlagen auf oder an Gebäuden und anderen Bauwerken

Insgesamt waren in Ostwürttemberg im September 2008 52.393 kW installierte PV-Anlagenleistung vorhanden (www.enbw.de). Wenn man von durchschnittlichen 10 m<sup>2</sup> pro kW<sub>p</sub> ausgeht, ergibt sich somit eine Modulfläche von 523.930 m<sup>2</sup>. Den aktuellen Nutzungsgrad von solarthermischen Anlagen hingegen zu bestimmen ist sehr schwer. Da diese Anlagen genehmigungsfrei sind, werden sie auch nicht offiziell erfasst. Ende 2007 belief sich die Fläche der solarthermischen Anlagen in der Region Ostwürttemberg auf rund 100.000 m<sup>2</sup> (UMWELTMINISTERIUM & WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 2008: 26).

Das Potential für die Solarenergieanlagen hängt im Wesentlichen von den geeigneten Dachflächen ab. Diese müssen die entsprechende Exposition aufweisen und frei von Schattenwurf sein. Wie aus Expertengesprächen bestätigt müssen Solarmodule in Deutschland, um einen größtmöglichen Energieertrag zu erhalten, auf südexponierten Flächen in einem Winkel von 25–30° errichtet werden, damit die Solarstrahlung senkrecht auf die Module fällt und somit mehr Energie pro Flächeneinheit erhalten wird.

Tab. 4: Jährliche Einstrahlung in der Region Ostwürttemberg in kWh/m<sup>2</sup>.

|              |    | Ausrichtung der Fläche |        |       |         |       |
|--------------|----|------------------------|--------|-------|---------|-------|
|              |    | Ost                    | Südost | Süd   | Südwest | West  |
| Neigung in ° | 0  | 1.104                  | 1.104  | 1.104 | 1.104   | 1.104 |
|              | 10 | 1.097                  | 1.152  | 1.177 | 1.154   | 1.095 |
|              | 20 | 1.061                  | 1.181  | 1.228 | 1.185   | 1.073 |
|              | 30 | 1.034                  | 1.189  | 1.252 | 1.195   | 1.043 |
|              | 40 | 992                    | 1.177  | 1.250 | 1.185   | 1.002 |
|              | 50 | 942                    | 1.144  | 1.223 | 1.152   | 953   |
|              | 60 | 884                    | 1.090  | 1.172 | 1.101   | 895   |
|              | 70 | 816                    | 1.019  | 1.095 | 1.026   | 829   |
|              | 80 | 747                    | 930    | 997   | 940     | 760   |
|              | 90 | 671                    | 831    | 883   | 839     | 681   |

Quelle: eigene Darstellung nach KRUCK et al. 2008: 39

Zur genauen Angabe des Potentials wäre eine Analyse aller Dachflächen in der Region, d. h. ihre Ausrichtung, ihre Neigung und ihre Flächengröße, über die automatisierte Liegenschaftskarte (ALK) oder Luftbilder zwar möglich, jedoch sehr zeit- und arbeitsintensiv und würde daher den Rahmen der Diplomarbeit sprengen.

Zur Untersuchung des Potentials an Dachflächen werden nun exemplarisch nur die Dächer von Wohngebäuden betrachtet. Aus den digitalen Daten des ALK wurde die Grundfläche aller 107.221 Wohngebäude in der Region mit Hilfe des GIS errechnet. Sie beträgt 13.119.040 m<sup>2</sup>. Somit ergibt sich eine durchschnittliche Gebäudegrundfläche von rund 120 m<sup>2</sup>. Geht man zudem von einer Dachneigung zwischen 20° und 30° aus, errechnet sich eine durchschnittliche Dachfläche von 128–138 m<sup>2</sup>.

Bei der vorliegenden Untersuchung wird von der vereinfachten Annahme ausgegangen, dass die Gebäude gleichmäßig auf die Ausrichtungen Süd, Südost, Südwest und West/Ost verteilt

sind (KRUCK et al. 2008: 39). Im Folgenden wird zudem davon ausgegangen, dass West/Ost exponierte Gebäude aufgrund des verminderten Ertrags wenig geeignet sind und daher als Standorte ausscheiden (ENERGIEAGENTUR LIPPE 2002: 78). Mit Hilfe der Dachflächen, die aufgrund der Süd-, Südost- und Südwestausrichtung der Gebäude nur zur Hälfte beschienen und genutzt werden können, wie auch der jährlichen Einstrahlungswerte aus Tab. 4 kann nun das Potential für Ostwürttemberg berechnet werden und ist aus nachfolgender Tabelle ersichtlich.

Tab. 5: Potential der Dachflächen in der Region Ostwürttemberg.

| Exposition der Wohngebäude | Geeignete Dachfläche (20° Neigung) [m <sup>2</sup> ] | Einstrahlung [kWh/a] | Geeignete Dachfläche (30° Neigung) [m <sup>2</sup> ] | Einstrahlung [kWh/a] |
|----------------------------|--|----------------------|--|----------------------|
| Süd                        | 1.370.000  | 1.682.360.000        | 1.486.000  | 1.860.472.000        |
| Südost                     | 1.370.000  | 1.618.970.000        | 1.486.000  | 1.766.854.000        |
| Südwest                    | 1.370.000  | 1.623.450.000        | 1.486.000  | 1.775.577.000        |

Quelle: eigene Erhebung

Das jährliche solare Einstrahlungspotential liegt somit je nach Neigung des Daches bei 3.544–4.925 GWh. Da Photovoltaikanlagen im Schnitt einen Wirkungsgrad von 10–15 % aufweisen ergibt sich ein Stromerzeugungspotential von 354–738 GWh/a.

### 3.1.1.2 Großflächige Photovoltaikanlagen im Außenbereich

Bisher gibt es in der Region eine großflächige Photovoltaikanlagen im Außenbereich. Diese ist in der Gemeinde Jagstzell errichtet und hat eine Größe von rund 1,2 ha. Vier weitere Anlagen wurden bereits genehmigt und werden in Kürze errichtet. Die Standorte und Anlagengrößen können folgender Tabelle entnommen werden.

Tab. 6: Bestehende und geplante Photovoltaikanlagen in der Region.

| Gemeinde                | Anlagengröße | Zustand    |
|-------------------------|--------------|------------|
| Jagstzell               | 1,2 ha       | In Betrieb |
| Gerstetten-Dettingen    | 3,7 ha       | In Planung |
| Steinheim-Gnannenweiler | 14 ha        | In Planung |
| Neresheim-Dorfmerkingen | 2,5 ha       | In Planung |
| Dischingen              | 0,3 ha       | In Planung |

Quelle: eigene Erhebung

Durch das EEG und seinen garantierte Vergütung erfuhr nicht nur die Solarenergie auf oder an Gebäuden einen Aufschwung, es gingen auch immer mehr Anfragen nach Photovoltaikfreiflächenanlagen bei den Gemeinden wie auch dem Regionalverband ein. In der Region gab es bisher 16 Anfragen für Photovoltaikfreiflächenanlagen. Bislang fehlte allerdings ein Konzept von Seiten der Regionalplanung, wie die Anträge im Hinblick auf bestehenden

Ausweisungen im Regionalplan und weitere öffentliche Belange z. B. Veränderung des Landschaftsbildes, zu beurteilen sind.

Auch hier gilt für das Potential, wie bereits angesprochen, dass die Einstrahlung in der ganzen Region verglichen mit der gesamten Bundesrepublik überdurchschnittlich gut ist. Mit Höchstwerten von 1.125 kWh/m<sup>2</sup> und Tiefstwerten von 1.094 kWh/m<sup>2</sup> gibt es keine signifikanten Unterschiede in der Einstrahlungsqualität der Flächen. Daher muss dieses Kriterium bei der Analyse des Potentials nicht weiter beachtet werden. Das Potential ist auch hier, ähnlich wie bei Anlagen auf oder an Gebäuden, abhängig von den geeigneten Standorten. Freiflächenanlagen können nicht auf allen Flächen im Außenbereich errichtet werden, sondern bedürfen Standorten, die gewisse Kriterien aufweisen, die im EEG geregelt sind. Laut EEG § 11 Abs. 4 erhalten nur diejenigen Anlagen eine hohe Vergütung, die auf einen der folgenden Flächen errichtet werden:

- Flächen, die zum Zeitpunkt des Beschlusses über die Aufstellung oder Änderung des Bebauungsplans bereits versiegelt waren
- Konversionsflächen aus wirtschaftlicher oder militärischer Nutzung
- Grünflächen, die zur Errichtung dieser Anlagen im Bebauungsplan ausgewiesen sind und zum Zeitpunkt des Beschlusses über die Aufstellung oder Änderung des Bebauungsplans als Ackerland genutzt wurden

Nach Auskünften der beiden Landratsämter Ostalbkreis und Kreis Heidenheim gebe es keine bereits versiegelten Flächen im Außenbereich, die sich für eine photovoltaische Nutzung eignen. Auch wirtschaftliche Konversionsflächen gebe es in Ostwürttemberg wenige, die sich zur regenerativen Energieerzeugung eignen. Die meisten Brachflächen, die noch vorhanden seien, wurden entweder wieder bebaut und anderweitig genutzt oder seien für eine neue wirtschaftliche Nutzung bereits in Planung. Die ehemaligen Auffüllplätze seien meist wieder renaturiert und rekultiviert. Nach Auskunft der Landratsämter gebe es ebenfalls keine bekannten Altlastenflächen, auf denen Photovoltaikanlagen errichtet werden könnten. Von den Flächen, die bekannt seien, wurden die meisten bereits darauf hin untersucht, in wie weit die Altlast heute noch nachwirken. Dabei habe sich ergeben, dass die Altlasten der meisten Standorte heute nicht mehr nachwirken. Ein Großteil der ehemaligen Altlasten könne bereits wieder landwirtschaftlich genutzt werden, da sie mittlerweile kaum mehr belastete seien. Militärische Konversionsflächen fänden sich ebenfalls kaum. Entweder weil diese Flächen nicht oder nicht mehr belastet seien oder weil sie sich aufgrund der Geländebeschaffenheit nicht für eine photovoltaische Nutzung eignen würden.

Auch stillgelegte Deponien können in der Region als Standorte nicht genutzt werden. Nach Auskunft der GOA (Gesellschaft des Ostalbkreis für Abfallbewirtschaftung mbH) gebe es im Ostalbkreis zwei Deponien. Eine werde noch aktiv betrieben, die andere sei zwar schon stillgelegt, aber die Setzungsphase noch nicht abgeschlossen. Nach Auskunft des Kreisabfallwirtschaftsbetriebs Heidenheim werde die einzige Deponie im Kreis, die Kreisabfalldeponie in Nattheim, am 15.07.09 stillgelegt. Danach beginne allerdings die Abdichtungsphase, die zwei

Jahre dauern kann. Danach könne man sich jedoch durchaus eine photovoltaische Nutzung der stillgelegten Anlage vorstellen.

Somit beschränkt sich das Potential für Photovoltaikfreiflächenanlagen in der Region einzig auf Ackerlandstandorte. Der Anteil in der Region Ostwürttemberg an ackerbaulich genutzte Flächen beläuft sich auf 51.698 ha und macht somit 24,2 % der Regionsfläche aus.

### 3.1.2 Windenergie

In der Region Ostwürttemberg gibt es sieben Vorranggebiete für die Windenergie. Bis heute wurden auf diesen ausgewiesenen Standorten bereits 30 Anlagen errichtet, jede mit einer installierten Nennleistung von 2 MW. Weitere 16 sind bereits geplant und werden in Kürze ebenfalls erbaut.

Tab.7 : Vorranggebiete für die Nutzung von Windenergie in der Region Ostwürttemberg.

| Vorranggebiet   | Größe  | Max. Anzahl an Anlagen | Bereits bestehende Anlagen    |
|-----------------|--------|------------------------|-------------------------------|
| Freihof         | 22 ha  | max. 3 Anlagen         | 3                             |
| Striethof       | 29 ha  | max. 5 Anlagen         | 2                             |
| Waldhausen      | 74 ha  | max. 8 Anlagen         | 7                             |
| Weilermerkingen | 22 ha  | max. 3 Anlagen         | 3                             |
| Lauterburg      | 55 ha  | max. 8 Anlagen         | 5                             |
| Gnannenweiler   | 50 ha  | max. 8 Anlagen         | 8 (Anlagen im Bau befindlich) |
| Gussenstadt     | 104 ha | max. 10 Anlagen        | 10                            |

Quelle: eigene Darstellung nach Regionalverband Ostwürttemberg 2002a: 19

Zudem sind sieben weitere Windkraftanlagen außerhalb der Vorranggebiete errichtet, allerdings mit einer geringeren installierten Leistung. Diese Windkraftanlagen konnten außerhalb der Vorranggebiete errichtet werden, da die Baugenehmigung noch vor Inkrafttreten der Teilfortschreibung erteilt wurde.

Tab. 8: Windkraftanlagen außerhalb von Vorranggebieten in der Region Ostwürttemberg.

| Standort             | Leistung | Nabenhöhe | Inbetriebnahme |
|----------------------|----------|-----------|----------------|
| Gerstetten           | 1,5 MW   | 85 m      | 2003           |
| Gerstetten           | 1,5 MW   | 85 m      | 2003           |
| Unteriffingen        | 600 kW   | 78 m      | 2000           |
| Unteriffingen        | 1 MW     | 90 m      | 2003           |
| Ellenberg            | 1 MW     | 67 m      | 2001           |
| Ellwangen-Buchhausen | 600 kW   | 78 m      | 2006           |
| Ellwangen-Buchhausen | 600 kW   | 76 m      | 2004           |
| Aalen-Dewangen       | 1,1 MW   | 31 m      | 1996           |
| Sontheim             | 80 kW    | 40 m      | 1996           |

Quelle: eigene Erhebung

Im Zuge der Konzeptentwicklung werden für die Windenergie nicht nach weiteren Standorten gesucht. Die Windenergieplanung, wie es die Regionalverbände in Baden-Württemberg ge-

macht haben, war ein langjähriger Prozess, der mit viel politischen und persönlichen Auseinandersetzungen verbunden war. Daher wird eine Überarbeitung der Teilfortschreibung 3.2.7 Windenergie des Regionalplans Ostwürttemberg 2010 erst im Zusammenhang mit der Gesamtfortschreibung des Regionalplanes überprüft. Aus diesen Gründen wurde das Augenmerk in dieser Arbeit auf die Themenfelder gelegt, die noch nicht im Regionalplan berücksichtigt wurden.

Für eine rentable Windenergienutzung bedarf es eine Windgeschwindigkeit von 5 m/s in einer Höhe von 50 m (REGIONALVERBAND OSTWÜRTTEMBERG 2002a: 7). Daher sind die Windgeschwindigkeiten, die in der Region Ostwürttemberg auftreten für eine Windenergienutzung nur mäßig günstig, da es, wie aus Abb. 6 ersichtlich wird, in der Region nur wenige Standorte gibt, an denen diese Geschwindigkeiten erreicht werden.

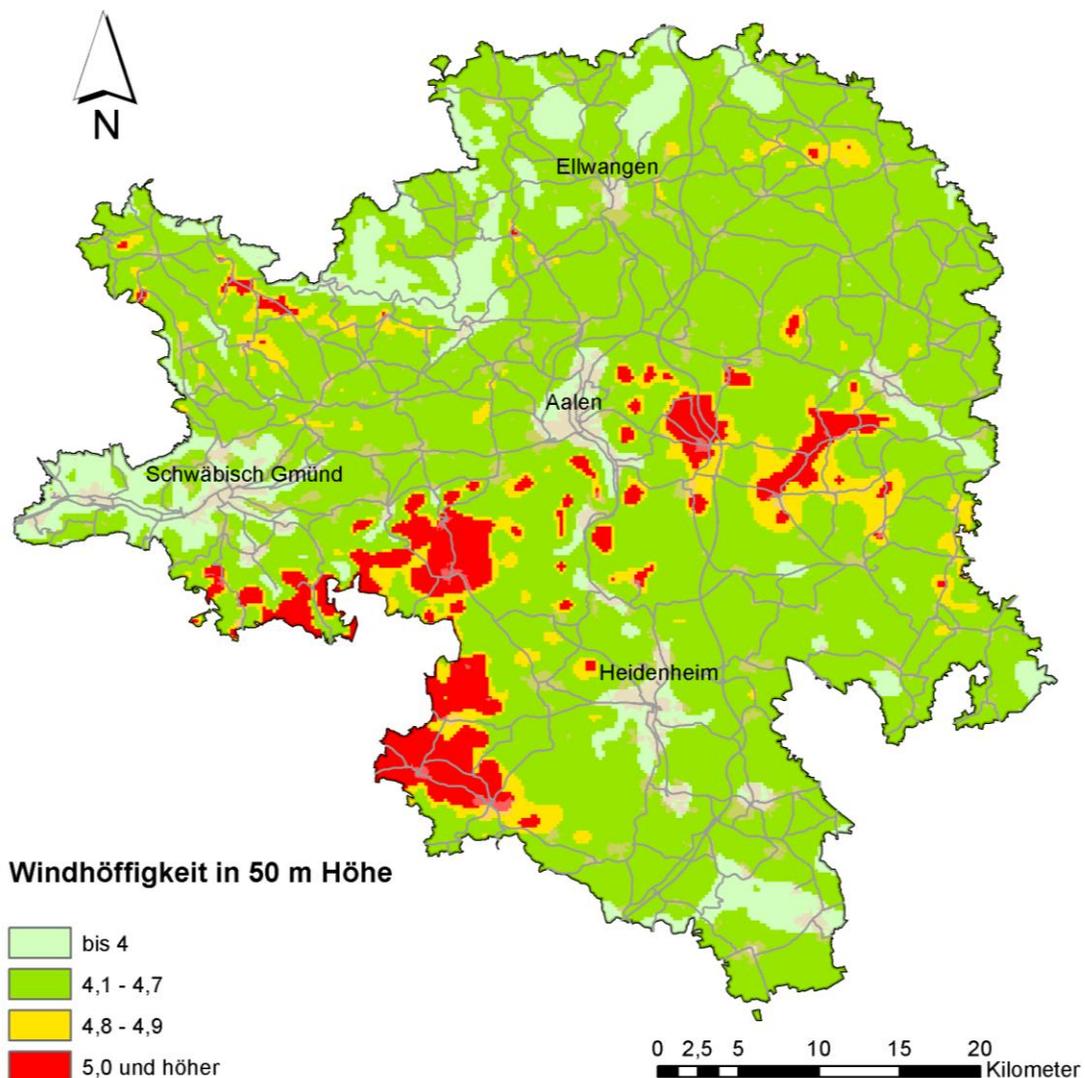


Abb. 6: Windhöffigkeit in der Region Ostwürttemberg.

Quelle: eigene Darstellung RegioGIS Ostwürttemberg

Neben der Ausweisung neuer Standorte für die Nutzung der Windenergie wird im Klimakonzept 2020 Baden-Württemberg ein Repowering der bereits bestehenden Anlagen gefordert.

Dies ist jedoch nach Auskunft von Windkraftanlagebetreibern bei uns in der Region wenig sinnvoll. Die Anlagen innerhalb der Vorranggebiete seien vor nicht all zu langer Zeit errichtet worden (vgl. Tab. 8) und seien somit noch nicht abgeschrieben. Hinzu kommt, dass bei Anlagen, die außerhalb von Vorranggebieten errichtet wurden, ein Repowering grundsätzlich nicht möglich ist. Durch die Ausweisung von Vorranggebieten und gleichzeitige Festlegung der restlichen Gebiete als Ausschlussflächen, sind raumbedeutsame Anlagen außerhalb der Vorrangflächen unzulässig, da sie in Ausschlussgebieten liegen. Der Ersatz von kleineren Anlagen durch Leistungsstärkere stellt eine bauliche Veränderung dar und muss neu genehmigt werden. Eine neue Genehmigung für Windenergieanlagen außerhalb von Vorranggebieten ist jedoch nicht zulässig.

### **3.1.3 Wasserkraft**

Nach Auskunft der Landratsämter Heidenheim und Ostalbkreis gibt es in der Region rund 118 Wasserkraftanlagen mit einer installierten Leistung von 2.540 kW. Somit haben diese Anlagen im Schnitt eine Leistung von 21,5 kW. Die Wasserkraft spielt daher in der Region im Vergleich zum übrigen Deutschland eine eher untergeordnete Rolle im regenerativen Energiemix.

Für eine wasserenergetische Nutzung bedarf es Flüsse, die auf kurzer Strecke ein großes Gefälle überwinden und zudem das ganze Jahr über eine möglichst konstante, große Wassermenge führen (KÖNIG & JEHLE 1997: 11). Die Albhochfläche, die den gesamten Kreis Heidenheim umfasst, besteht jedoch aus Kalk und hier hauptsächlich aus Weißem Jura (Malm), in dem über die Jahre hinweg ein unterirdisches Karsthöhlensystem entstanden ist. Dies ist durch eine unterirdische Entwässerung gekennzeichnet. Somit weist die Albhochfläche kaum Oberflächengewässer auf.

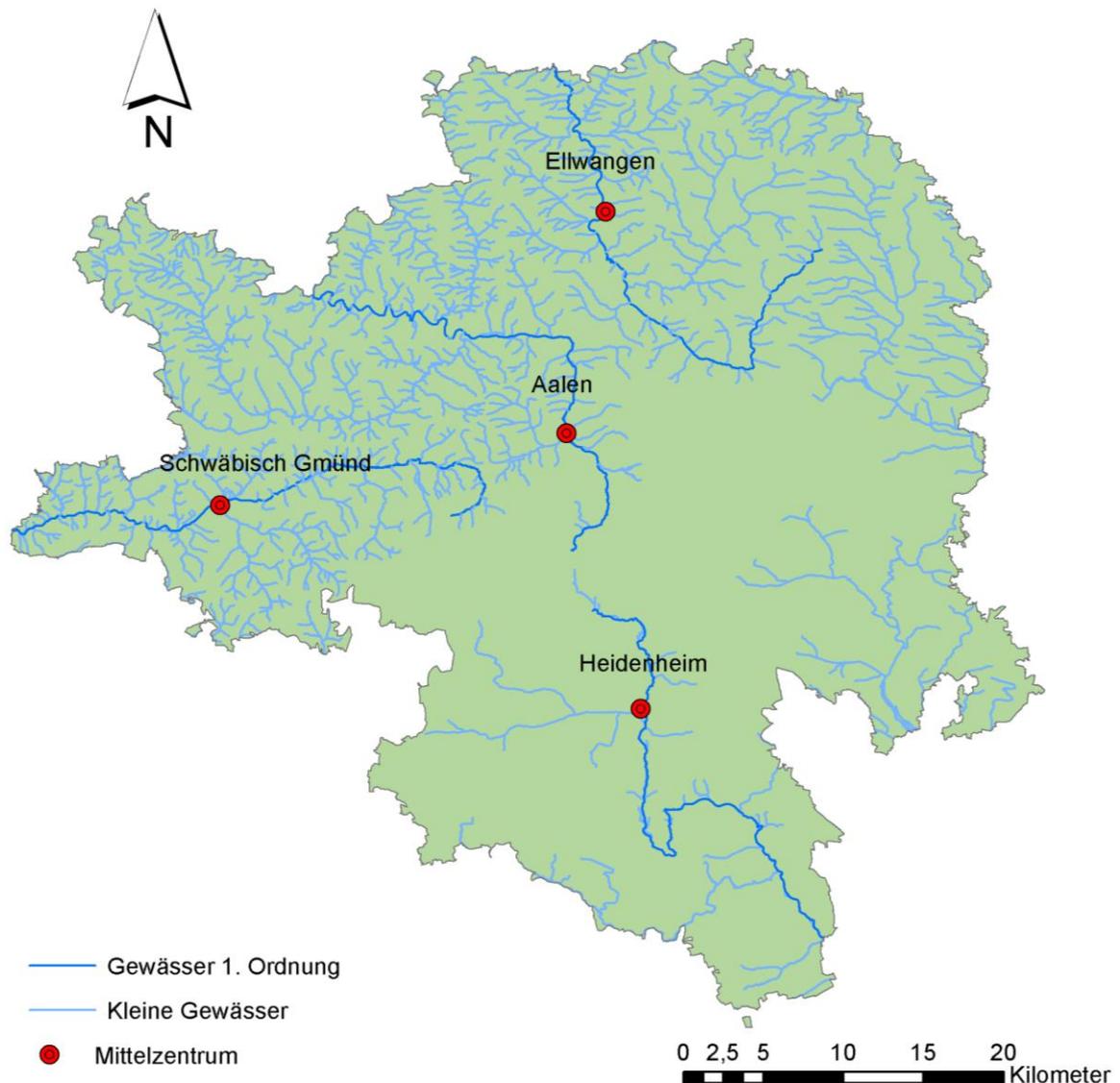


Abb. 7: Das Gewässernetz in Ostwürttemberg.

Quelle: eigene Darstellung RegioGIS Ostwürttemberg

Aufgrund der natürlichen Gegebenheiten ist in der Region der Einsatz von großen, leistungsstarken Wasserkraftwerken nicht möglich. Die vorhandenen Flüsse sind für eine energetische Nutzung nur bedingt geeignet. Kleine Anlagen, ähnlich der bereits bestehenden, sind an den Flüssen in der Region zwar möglich, allerdings müssen hier im Vorfeld die hydrologischen Gegebenheiten untersucht werden, um so laut Landratsamt Ostalbkreis im Einzelfall zu entscheiden, ob eine energetische Nutzung an dem entsprechenden Gewässer möglich und sinnvoll sei.

Das Potential der Region für Pumpspeicherkraftwerke, die eine Speichermöglichkeit für überschüssigen Strom darstellen, wurde im Rahmen der Diplomarbeit nicht untersucht. Jedoch hat sich aus einem Experten-Interview mit einem Windkraftanlagenbetreiber aus der Region ergeben, dass, zumindest was die Windenergie angeht, keine Speichermöglichkeit benötigt

werde, da die Wettervorhersagen mittlerweile so präzise seien und somit relativ genau vorhergesagt werden könne, wie viel Strom Windkraftanlagen produzieren werden, dass dementsprechend die konventionellen Kraftwerke gedrosselt oder wieder hochgefahren werden können. Somit entstehe kein überschüssiger Strom.

### **3.1.4 Geothermie**

#### **3.1.4.1 Flächenkollektoren**

Was den aktuellen Nutzungsstand angeht, können keine Aussagen gemacht werden. Da Flächenkollektoren, solange sie keinen Kontakt zum Grundwasser haben, nicht meldepflichtig sind werden sie auch nicht erfasst.

Ähnlich wie bei der Nutzung von Solarenergie sind auch Flächenkollektoren im Prinzip überall möglich. Daher ist ihr Potential auch entsprechend groß. Wie in Kap. 2.4.1 bereits erwähnt wird etwa das 1,5fache der zu beheizenden Fläche benötigt. Als Voraussetzung an den Standort ist somit lediglich eine ausreichend große Fläche zu nennen, in die der Kollektor verlegt werden kann. Damit sich der Untergrund durch Solarstrahlung und Niederschlagswasser von der entnommenen Wärme regenerieren kann, sollte die Fläche über dem Kollektor von Bebauung freigehalten werden. Wird dies nicht beachtet, besteht die Gefahr der Frostbildung im Boden (THOLEN & WALKER-HERTKORN 2008: 15).

Die Nutzung des Untergrunds steht in Konkurrenz zum Grundwasserschutz. Die Errichtung von Flächenkollektoren ist in einigen Wasserschutz-zonen nicht gestattet. In Grundwasserschutzgebieten der Zonen I und II, d. h. im Fassungs-bereich und der engeren Schutzzone, sind geothermische Anlagen generell nicht gestattet. In den Schutzgebiets-zonen III, IIIA und IIIB, d. h. in den weiteren Schutzgebiets-zonen, können Erdwärmekollektoren erlaubt werden, sofern sie nur maximal 5 m tief gelegt werden und keinen Kontakt zum Grundwasser aufweisen. Aus Abb. 8 wird ersichtlich, welche Gebiete hierbei betroffen sind.

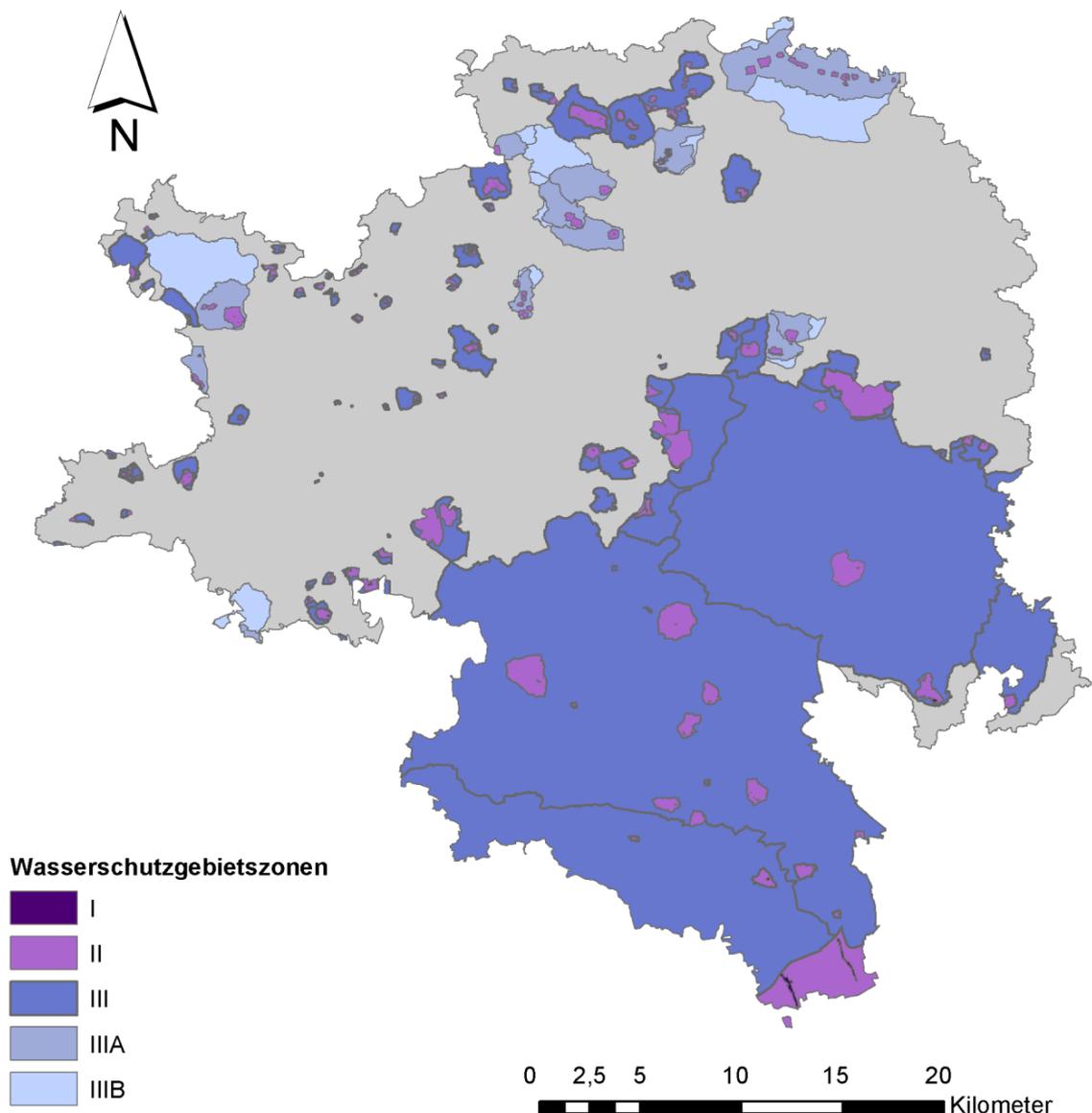


Abb. 8: Wasserschutzgebietszonen in der Region Ostwürttemberg.

Quelle: eigene Darstellung RegioGIS Ostwürttemberg

Somit richtet sich das Potential zum einen nach den geeigneten un bebauten Flächen und zum anderen nach den Wasserschutzgebieten. Zudem müssen je nach Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens Dichtschichten von 1-2 m unter den Kollektoren vorhanden sein. Sollte keine natürliche Dichtschicht vorhanden sein, so kann diese auch künstlich eingebracht werden. Diese Schichten sind nötig, damit bei einer möglichen Leckage der Kollektorrohre eine Verunreinigung des Grundwassers vermieden wird (UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 2008a: 12). Werden die Kollektoren jedoch nicht wie üblich mit einem Wasser-Glycol-Gemisch betrieben, sondern nur mit reinem Wasser oder mit nicht wassergefährdenden Mitteln als Direktverdampfersystem, so kann auf eine Dichtschicht verzichtet werden. Allerdings muss in solch einem Fall eine Schicht von mindestens 1 m zwischen dem Kollektor und dem höchsten Grundwasserstand bestehen (UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 2008a: 12ff).

Für einen möglichst effizienten Energiegewinn sollten die Erdwärmekollektoren in feuchten Böden verlegt werden. Diese weisen eine erhöhte Wärmeleitfähigkeit auf und besitzen somit eine erhöhte Entzugsleistung.

Tab. 9: Mögliche spezifische Entzugsleistungen für Flächenkollektoren.

| Untergrund                    | Spezifische Entzugsleistung von Flächenkollektoren |                                 |
|-------------------------------|--|---------------------------------|
|                               | Bei 1.800 Jahresbetriebsstunden                    | Bei 2.400 Jahresbetriebsstunden |
| trocken, nicht bindiger Boden | 10 W/m <sup>2</sup>                                | 8 W/m <sup>2</sup>              |
| feuchter, bindiger Boden      | 20-30 W/m <sup>2</sup>                             | 16-24 W/m <sup>2</sup>          |
| wassergesättigter Sand/Kies   | 40 W/m <sup>2</sup>                                | 32 W/m <sup>2</sup>             |

Quelle: eigene Darstellung nach THOLEN & WALKER-HERTKORN 2008: 14

### 3.1.4.2 Erdwärmesonden

In Ostwürttemberg gibt es bereits 220 Erdwärmesonden zur geothermischen Nutzung. Aufgrund der natürlichen Gegebenheiten sind 219 Anlagen im Ostalbkreis zu finden.

Nach Auskunft von Experten aus dem Bereich Geothermie beträgt der geothermische Tiefengradient in Baden-Württemberg und somit auch in der Region Ostwürttemberg 4 °C/100 m. Mit diesem überdurchschnittlichen Wert sind die Voraussetzungen in der Region für die Nutzung von Erdwärmesonden vergleichsweise gut. Trotzdem erweist sich die Untersuchung des geothermischen Potentials als relativ schwierig, da für diesen östlichen Teil von Baden-Württemberg, in dem die Region Ostwürttemberg liegt, die Datengrundlage sehr gering ist und nur wenige Informationen zum Untergrund vorhanden sind. Dies wurde durch Telefonauskünften des LGRB Freiburg, des Instituts für Energiewirtschaft und rationelle Energiesysteme (IER) der Universität Stuttgart, und dem European Institute for Energy Research (EIFER) in Karlsruhe bestätigt, denen ebenfalls keine Daten bekannt sind.

Das Landesamt für Geologie, Rohstoff und Bergbau in Freiburg (LGRB) arbeitet zwar an einem Informationssystem für oberflächennahe Geothermie, kurz ISONG genannt, allerdings sind bis heute nur der Oberrheingraben sowie die Schwäbische Alb untersucht und abrufbar, wobei für große Teile der Alb, der auch der Kreis Heidenheim angehört, keine Angaben gemacht werden können.

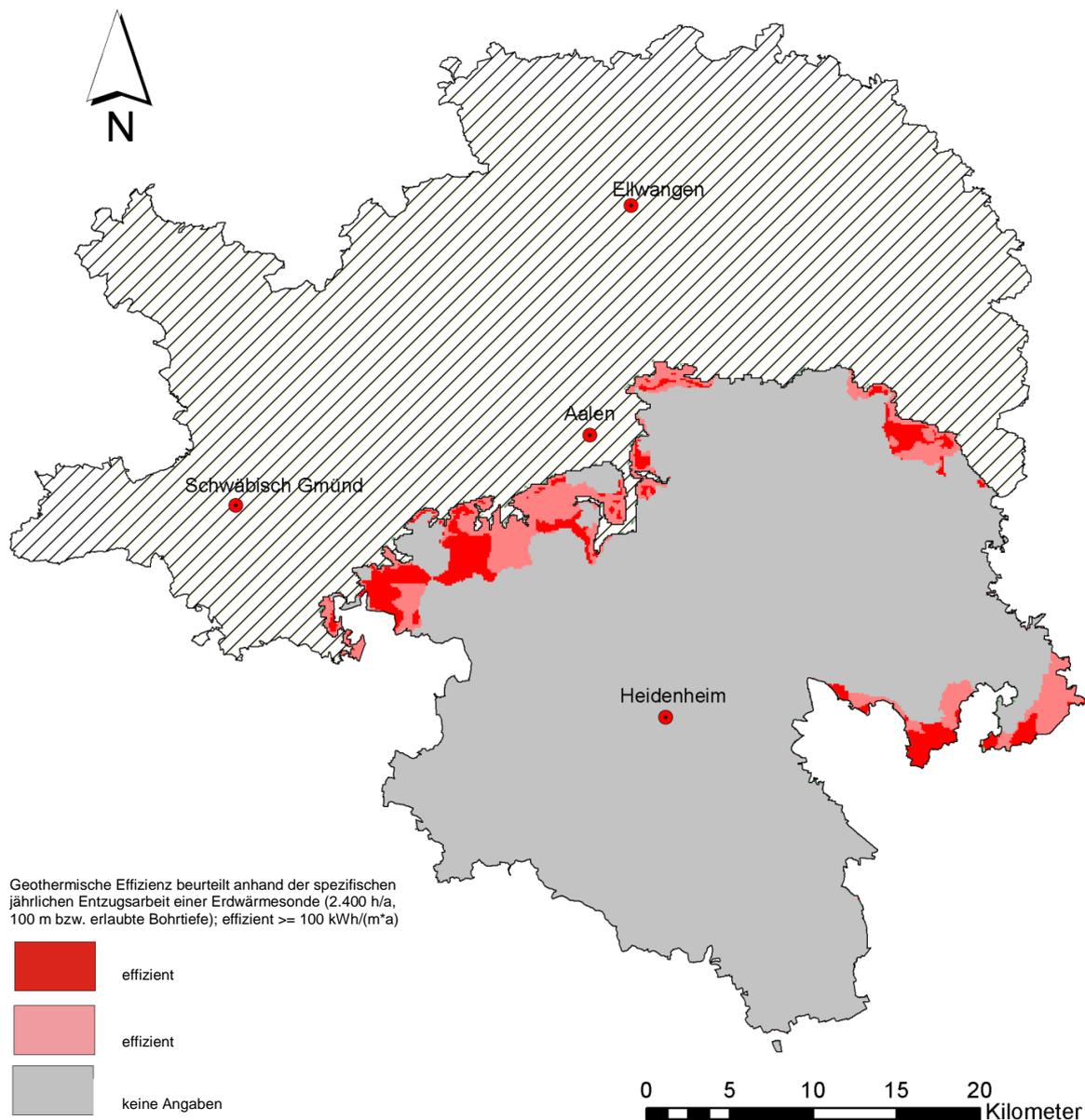


Abb. 9: Ausschnitt Region Ostwürttemberg aus dem Informationssystem für oberflächennahe Geothermie.

Quelle: [www.lgrb.uni-freiburg.de](http://www.lgrb.uni-freiburg.de)

Dies liegt daran, dass die Berechnungen, die diesem Informationssystem zugrunde liegen, auf der Richtlinie Vdl 4640 für oberflächennahe Geothermie basieren und nur für Erdwärmesonden gelten, die mit einem Wasser-Frostschutzmittel-Gemisch betrieben werden. Da die Alb zum Großteil aus Wasserschutzgebieten besteht und dort dieses Gemisch als Wärmeleitmedium nicht gestattet ist, können folglich keine Berechnungen auf dessen Grundlage erstellt werden. Für ganz Baden-Württemberg soll das ISONG nach Auskunft des LGRB bis Anfang 2010 fertig gestellt werden. Daher sind für das Albvorland, dem große Teile des Ostalbkreises angehören, noch keine Daten abrufbar. Auch Daten zum geologischen Untergrund sind beim LGRB noch nicht flächendeckend für ganz Baden-Württemberg vorhanden.

Das Umweltministerium Baden-Württemberg hat im Jahr 2005 einen Leitfaden zur Nutzung der Erdwärme mit Erdwärmesonden erstellt. In diesem ist eine Übersichtskarte über die hydrogeologischen Kriterien zur Anlage von Erdwärmesonden in Baden-Württemberg enthalten. Diese Karte liefert einen ersten groben Überblick über das Potential der Geothermie im Land. Nachfolgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt dieser Karte, der die Region Ostwürttemberg umfasst.

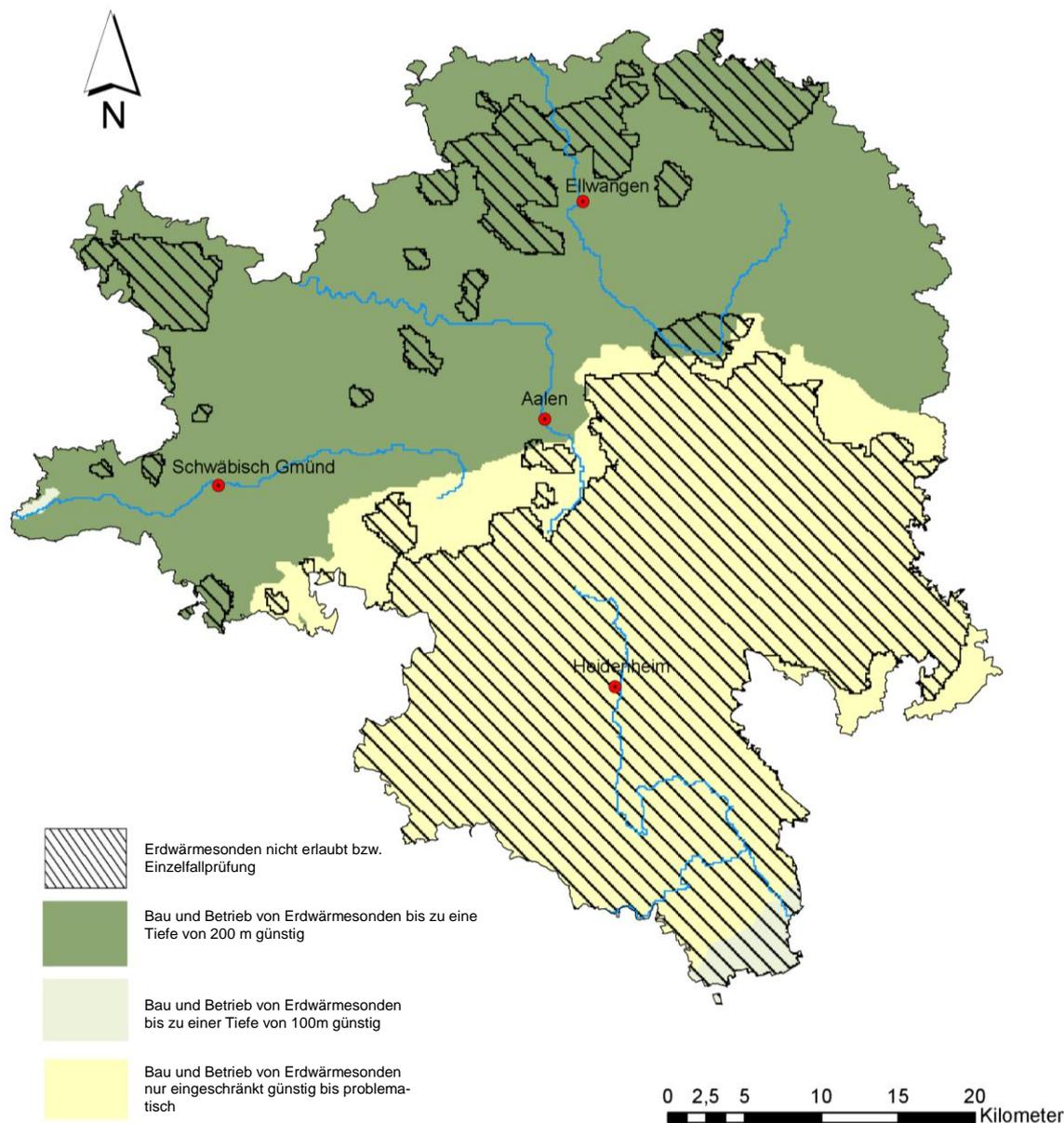


Abb. 10: Karte über die hydrogeologischen Kriterien zur Anlage von Erdwärmesonden in der Region Ostwürttemberg.

Quelle: UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 2005b: 24

Im Leitfaden zur Nutzung der Erdwärme mit Erdwärmesonden heißt es, dass in Wasserschutzgebieten der Zonen I, II und IIIA jegliche Art der geothermischen Nutzung untersagt ist. In den Zonen III und IIIB dürfen Sonden nur unter bestimmten Bedingungen errichtet werden. Zum einen darf als Wärmeleitmedium nur reines Wasser eingesetzt werden und zum anderen

muss die Deckschicht, die über der grundwasserführenden Schicht besteht eine gewisse Mächtigkeit aufweisen. Daher ist fast der gesamte Kreis Heidenheim, der aufgrund seiner Lage fast ausschließlich Wasserschutzgebiet ist, für Erdsonden ungeeignet. Nach Auskunft des Landratsamtes Heidenheim lasse einzig ein kleines Gebiet um Oberstotzingen die Erdwärmenutzung unter gewissen Auflagen zu, da hier die nötige Deckschicht vorhanden sei. In diesem Gebiet bestehe bereits die einzige geothermische Sondenanlage im Kreis Heidenheim. Das Wohnhaus wird mit drei Sonden von je 60 m Länge versorgt. Jedoch sei nicht davon auszugehen, so das Landratsamt weiter, dass es weitere solche Ausgangsbedingungen im Kreis gebe. Außerhalb besiedelter Gebiete könnten derartige Bedingungen zwar vorhanden sein, aber im besiedelten Gebiet seien sie auszuschließen. Um Gewissheit über die geologischen Bedingungen zu erhalten wären Probebohrungen von Nöten. Diese würden jedoch den finanziellen Rahmen, zumindest von Privatpersonen, sprengen. Zudem muss gesagt werden, dass der Kreis Heidenheim auf der Schwäbischen Alb im Weißjura liegt. Somit tritt Karst im Untergrund auf. Dieser ist durch Klüfte sowie große Hohlräume gekennzeichnet, was laut Expertenmeinung ein weiterer Nachteil bei der Nutzung von Erdwärme bedeutet. Diese Hohlräume sind meist mit Luft gefüllt. Luft ist ein guter Isolator und deshalb ein schlechter Wärmeleiter. Wird nun eine Erdwärmesonde durch diese Hohlräume verlegt, leidet die Effizienz darunter, da der Wärmeentzug nicht so hoch ausfällt, wie wenn die Sonde von Festgestein umgeben ist.

Der Ostalbkreis hingegen weist nur wenig Fläche als Wasserschutzgebiet auf und ist, wie aus Abb. 10 ersichtlich, bis zu einer Tiefe von 200 m für Erdwärmesonden geeignet. Für tiefere Sonden ist eine Einzelfallprüfung erforderlich.

Nach Auskunft von Experten kann in unserer Region mit einer durchschnittlichen Entzugsleistung von 50–70 W/m gerechnet werden. Dies bedeutet, dass eine Sonde mit 100 m Länge zwischen 5.000 und 7.000 W erbringt.

### 3.1.4.3 Tiefengeothermie

Tiefe Geothermieprojekte sind in der Region Ostwürttemberg bisher nicht vorhanden. Ähnlich wie für die Geothermienutzung mit Erdwärmesonden gibt es auch für die Tiefengeothermie nur wenig Datenmaterial. Im Mapserver des LGRB sind Temperaturkarten für Baden-Württemberg abrufbar. Diese liegen für die Temperaturen in den Tiefen von 300 m–2.500 m vor. Abb. 11 zeigt die einzelnen Karten für die Region mit den jeweiligen Werten. Eine konkrete Standortfestlegung für diese Art der Energieerzeugung kann allein aus diesen Datengrundlagen nicht getroffen werden.

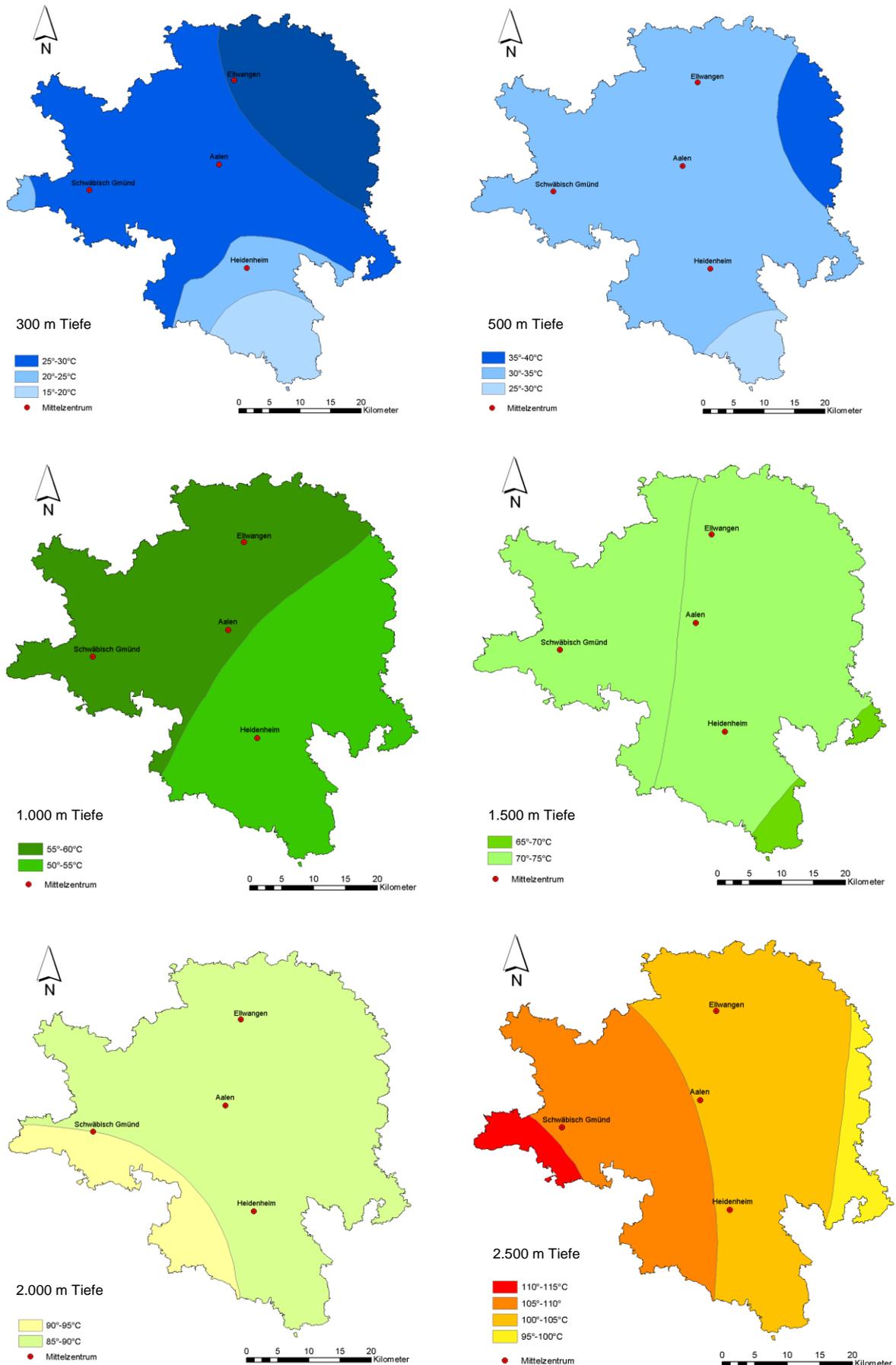


Abb. 11: Temperaturen im Untergrund der Region Ostwürttemberg.

Quelle: [www.lgrb.uni-freiburg.de](http://www.lgrb.uni-freiburg.de)

Grundsätzlich muss man bei den Temperaturkarten immer beachten, dass diese Daten, vor allem je tiefer man geht, mit Vorsicht zu genießen sind. Da es nur relativ wenige Messwerte, die aus Bohrungen hervorgegangen sind, gibt, müssen die fehlenden Werte interpoliert werden. Dies geht jedoch auch immer mit einer gewissen Unsicherheit einher. Zudem nimmt die Anzahl der Messwerte mit der Tiefe hin ab. Während in einer Tiefe von 500 m noch 390 Werte vorliegen, sind es in 2.500 m Tiefe lediglich noch 21 Messwerte. Diese Werte sind zudem ungleich im Land verteilt. Die meisten Werte gibt es für den Oberrheingraben sowie das Süd-deutsche Molassebecken. Wie aus den digitalen Karten des LGRB ersichtlich ist, sind für die Region Ostwürttemberg drei Bohrungen vorhanden, von denen zwei bis in Tiefen von 300 m reichen und eine bis in eine Tiefe von 500 m.

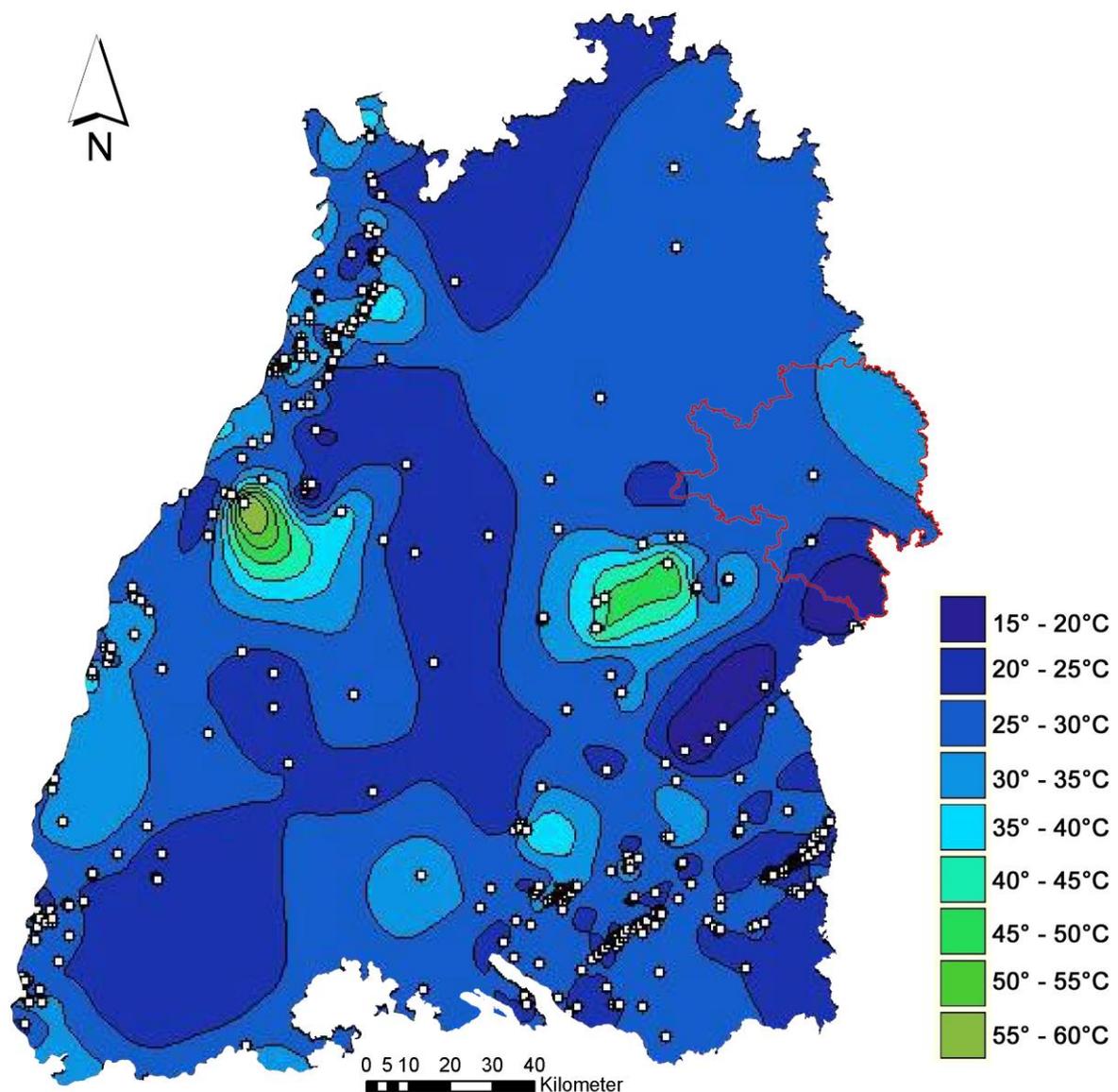


Abb. 12: Verteilung der Bohrungen in Baden-Württemberg.

Quelle: [www.lgrb.uni-freiburg.de](http://www.lgrb.uni-freiburg.de)

Da für Bohrungen unter 2.500 m kaum mehr Daten vorhanden sind, können Karten für diese Tiefen nicht erstellt werden. Die Aussagekraft wäre sonst zu ungenau, da zudem mit der Tiefe nicht nur die Anzahl sondern auch die Qualität der Daten nachlässt. (LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFF UND BERGBAU 2008: 10).

Aus Gesprächen mit Experten über dieses Thema gingen die Meinungen weit auseinander. Teils wurde das Potential in der Region als hoch eingeschätzt, teils als nicht vorhanden. Mit Sicherheit ist jedoch zu bemerken, dass es in Deutschland mit dem Oberrheingraben oder dem Süddeutschen Molassebecken wesentlich besser geeignete Standorte für solche Vorhaben gibt, da es dort, bedingt durch einen wesentlich höheren geothermischen Tiefengradienten, eine höhere Temperatur in geringerer Tiefe ansteht.

### 3.1.5 Bioenergie

Nach Auswertung der versendeten Fragebögen gibt es in der Region 18 Biogasanlagen und 9 Biomasseanlagen mit einer installierten Leistung von etwa 10,4 MW (vgl. Tab. 11). Teilweise werden diese Anlagen in Kraft-Wärme-Kopplung betrieben.

Tab. 11: Bioenergieanlagen in der Region Ostwürttemberg.

| Anlagenart        | Standort                | Leistung | Eingesetzte Biomasse  |
|-------------------|-------------------------|----------|---|
| Biomasse + Biogas | Steinheim-Söhnstetten   | 500 kW   | Rindergülle, Mist aus der Tierhaltung, Pflanzen und Pflanzenbestandteile              |
| Biomasse          | Herbrechtingen          | 49 MW    | A1/A2 unbelastetes Holz   |
| Biomasse          | Oberstotzingen          | 350 kW   | Pflanzenöl  |
| Biomasse          | Jagstzell               | 1 MW     | Pflanzenöl  |
| Biomasse          | Aalen                   | Ca. 4 MW | Holzhackschnitzel   |
| Biomasse          | Aalen-Wasseralfingen    | 450 kW   | Holzhackschnitzel   |
| Biomasse          | Fachsenfeld             | 400 kW   | Holzpellets   |
| Biomasse          | Bopfingen               | k. A.    | Holz  |
| Biomasse          | Gerstetten-Heldenfingen | 300 kW   | Nachwachsende Rohstoffe   |
| Biogas            | Unterschneidheim        | 140 kW   | Rindergülle, Maissilage, Weizen, Körner   |
| Biogas            | Nattheim-Fleinheim      | 250 kW   | Reine Abfallanlage  |
| Biogas            | Abtsgmünd               | 1,47 MW  | Pflanzen, Pflanzenbestandteile, Gülle und Mist insb. von Schweinen, Rindern und Hasen |
| Biogas            | Hermaringen             | 40 kW    | Bioklee und nachwachsende Rohstoffe   |
| Biogas            | Essingen                | 120 kW   | Rindergülle, Salatabfall, Getreideausputz   |
| Biogas            | Essingen                | 28 kW    | Gülle und Mist  |
| Biogas            | Dischingen-Demmingen    | 50 kW    | Silomais, Gülle, Festmist, Getreide   |
| Biogas            | Dischingen-Eglingen     | 150 kW   | Mais, Gülle   |
| Biogas            | Dischingen-Frickingen   | 32 kW    | Gülle, Mist   |

|        |                        |        |  |
|--------|------------------------|--------|--|
| Biogas | Dischingen-Frickingen  | 164 kW | Mais, Gras, Ganzpflanzensilage, Getreide       |
| Biogas | Dischingen-Katzenstein | 22 kW  | Gülle  |
| Biogas | Dischingen-Trugenhofen | 380 kW | Mais, Ganzpflanzen, Gras, Energiegetreide      |
| Biogas | Waldstetten            | 150 kW | Nachwachsende Rohstoffe                        |
| Biogas | Bopfingen-Oberdorf     | k. A.  | Holz   |
| Biogas | Neresheim-Hohenlohe    | 324 kW | Getreide, Körnermais, Silage, Gülle            |
| Biogas | Gerstetten-Heutenburg  | 115 kW | Gülle  |
| Biogas | Ellwangen              | 150 kW | Hühnermist, Getreideaussputz, Gras, Maissilage |
| Biogas | Eschach                | 190 kW | Gülle, Maissilage, Grassilage                  |

Quelle: eigene Erhebung

Da der Fragebogen, der dieser Erhebung zu Grunde liegt, nur einen Rücklauf von 94,3 % hatte und die Daten von Schwäbisch Gmünd, Tannhausen und Sontheim/Brenz fehlen, erhebt diese Aufzählung keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Des Weiteren existiert zu den bereits genannten 18 Bioenergieanlagen ein Biomassekraftwerk. Dies hat eine elektrische Leistung von 15,7 MW, hinzu kommt eine thermische Leistung von 10 MW und eine Feuerungswärmeleistung von rund 49 MW. Zusätzlich gibt es in der Region 6 Kläranlagen, die aus Klärgas Strom erzeugen (JOHN 2008: 47).

Die Region Ostwürttemberg ist hauptsächlich ländlich geprägt, daher ist hier ein großes Potential an landwirtschaftlichen Flächen wie auch an Nutztieren vorhanden. Insgesamt gibt es in der Region 2.955 landwirtschaftliche Betriebe mit einer landwirtschaftlich genutzten Fläche von 92.463 ha was einem Anteil von 43,23 % an der Gesamtfläche entspricht.

Tab. 12: Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe differenziert nach der Nutzfläche.

|   | <b>Region<br/>Ostwürttemberg</b> |
|---|----------------------------------|
| Landwirtschaftliche Betriebe insgesamt              | 2.955                            |
| davon   |                                  |
| unter 2 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche          | 80                               |
| 2 bis unter 10 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche   | 868                              |
| 10 bis unter 20 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche  | 996                              |
| 20 bis unter 50 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche  | 382                              |
| 50 bis unter 100 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche | 463                              |
| 100 und mehr ha landwirtschaftlicher Betriebsfläche | 166                              |

Quelle: eigene Darstellung nach [www.statistik.baden-wuerttemberg.de](http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de)

Zudem kommen 98.516 Rinder, 191.551 Schweine und 410.403 Hühner hinzu (Stand 2007) ([www.statistik.baden-wuerttemberg.de](http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de)).

➤ Energetische Nutzung von tierischen Reststoffen

Um das Biomassepotential der tierischen Reststoffe in der Region zu ermitteln, wird der Tierbestand der landwirtschaftlichen Betriebe in Großvieheinheiten (GVE) umgerechnet. Grundlage für diese Umrechnung ist ein ausgewachsenes Rind mit 500 kg Lebendgewicht, was einer Großvieheinheit von 1 entspricht. Aus nachfolgender Tabelle kann der Viehbestand wie auch die entsprechenden Großvieheinheiten entnommen werden.

Tab. 13: Viehbestand und Großvieheinheiten in der Region Ostwürttemberg im Jahr 2007.

| Tierart   | Viehbestand | GVE / Vieh | GVE      |
|-----------|-------------|------------|----------|
| Rinder    | 98.516      | 0,70       | 68.961,2 |
| Schweine  | 191.551     | 0,11       | 21.070,6 |
| Hühner    | 410.403     | 0,004      | 1.641,6  |
| Insgesamt | 700.470     | --         | 9.173,4  |

Quelle: eigene Erhebung nach ENERGIEAGENTUR LIPPE 2002: 101

Durchschnittlich kann pro Großvieheinheit Rind oder Schwein mit einer täglichen Gasausbeute von 1,2 m<sup>3</sup>/d und bei Geflügel mit 2,5 m<sup>3</sup>/d gerechnet werden kann (ENERGIEAGENTUR LIPPE 2002: 101).

Tab. 14: Jährlicher Biogasertrag sowie Energiepotential aus der Viehhaltung.

| Viehart   | Großvieheinheit | Biogasertrag im Jahr<br>in m <sup>3</sup> /a | Energiepotential im<br>Jahr in kWh/a |
|-----------|-----------------|--|--------------------------------------|
| Rinder    | 68.961,2        | 30.205.006                                   | 181.230.034                          |
| Schweine  | 21.070,6        | 9.228.922                                    | 55.373.532                           |
| Hühner    | 1.641,6         | 1.497.960                                    | 8.987.760                            |
| Insgesamt | 91.673,4        | 40.931.888                                   | 245.591.326                          |

Quelle: eigene Erhebung nach ENERGIEAGENTUR LIPPE 2002: 101

Somit ergibt sich für die Region eine potentielle Gasausbeute aus der Viehhaltung von etwa 112.142,2 m<sup>3</sup>/d oder umgerechnet auf das Jahr 40.931.887,6 m<sup>3</sup>/a. Da Biogas im Schnitt einen Heizwert von etwa 6 kWh/m<sup>3</sup> (ENERGIEAGENTUR LIPPE 2002: 101), ergibt sich ein Energiepotential von 0,25 TWh/a für Ostwürttemberg.

➤ Energetische Nutzung von Stroh

Auch das anfallende Stroh aus dem Getreideanbau kann energetisch verwertet werden. Anhand des Hektarertrags, der als Durchschnittswert des Jahres 2007 vom statistischen Bundesamts herausgegeben wurde, und des Stroh-Korn-Verhältnisses (ENERGIEAGENTUR

LIPPE 2002: 105), das bei diesen Getreidearten besteht, kann der Ernteertrag sowie der Strohanfall pro Jahr in Tonnen errechnet werden. In nachfolgender Tabelle wurde dies gemacht.

Tab. 15: Daten zum Strohaufkommen in der Region Ostwürttemberg.

| Pflanze   | Anbaufläche<br>in ha | Hektarertrag<br>in t/ha | Ernteertrag in<br>t/a | Stroh-Korn-<br>Verhältnis | Strohanfall in<br>t/a |
|-----------|----------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| Weizen    | 14.288               | 6,96                    | 99.444                | 1,1                       | 109.389               |
| Roggen    | 333                  | 4,02                    | 1.339                 | 1,6                       | 2.142                 |
| Hafer     | 1.699                | 4,09                    | 6.949                 | 1,3                       | 9.034                 |
| Gerste    | 14.519               | 5,42                    | 78.693                | 1,1                       | 86.562                |
| Insgesamt | 30.839               | --                      | 186.425               | --                        | 207.126               |

Quelle: eigene Darstellung nach ENERGIEAGENTUR LIPPE 2002: 105

Sofern der Feuchtegehalt des Stroh 20 % nicht übersteigt, liegt der Heizwert bei 3,7 MWh/t (ENERGIEAGENTUR LIPPE 2002: 105). Somit ergibt sich hieraus ein Energiepotential von 766.366 MWh/a.

Jedoch ist hierbei auch zu bedenken, dass in Tab. 15 der Strohanfall insgesamt errechnet wurde. Allerdings kann nicht das gesamte anfallende Stroh zur Energiegewinnung herangezogen werden, da es z. B. auch als Einstreu in Ställe verwendet wird und daher einer Energiegewinnung nicht zur Verfügung steht.

#### ➤ Energetische Nutzung von Energiepflanzen

Bei der Wahl des Rohstoffes für Biogasanlagen kommt es ganz entscheidend darauf an, dass dieser viel Methangas liefert. Betrachtet man die Verfügbarkeit, den Biomasse- sowie Methangasertrag kommt man zu dem Schluss, dass Silomais die beste Energiepflanze ist. Um eine Biogasanlage betreiben zu können bedarf es je 1 kW installierter elektrischer Leistung jährlich den Ertrag von rund 0,5 ha Silomais oder 0,8–1,2 ha Grünland (HARTMANN 2008: 40). Diese Zahlen sind jedoch nur Anhaltswerte, d. h. sie können schwanken.

Bei der Ermittlung des Potentials an Energiepflanzen in der Region wird daher exemplarisch der Silomais herangezogen. Wie bereits erwähnt gibt es in der Region 51.698 ha Ackerland. Da nicht die gesamte Fläche für den Anbau von Energiepflanzen verwendet werden kann, geht man bei der Potentialermittlung von einem Anteil von 10 % oder 5.169,8 ha als Anbaufläche für Energiepflanzen aus (KRUCK et al. 2008: 53). Der Erntebetrag von Silomais beläuft sich jährlich auf etwa 16 t/ha (KRUCK et al. 2008: 54) und der spezifische Gasertrag beträgt 0,42 m<sup>3</sup>/kg. Der Heizwert von Biogas beläuft sich wie bereits erwähnt auf 6 kWh/m<sup>3</sup>.

Tab. 16: Potentialermittlung von Silomais.

| Anbaufläche | Jährlicher Ertrag | Gesamter Gasertrag        | Energieträgerpotential |
|-------------|-------------------|---------------------------|------------------------|
| 5.169,8 ha  | 82716,8 t         | 34.741.056 m <sup>3</sup> | 208.446.336 kWh/a      |

Quelle: eigene Erhebung nach KRUCK et al. 2008: 54

➤ Energetische Nutzung von Bioabfällen

Auch an eine energetische Nutzung der Bioabfälle wie auch der Gastronomieabfälle ist zu denken. Das Bioabfallaufkommen in der Region belief sich im Jahr 2007 auf 18.000 Tonnen ([www.statistik.baden-wuerttemberg.de](http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de)). Im Vergleich mit den Vorjahren seit 1996 ist zu erkennen, dass dieses Aufkommen mehr oder weniger konstant bleibt. Daher ist davon auszugehen, dass auch weiterhin mit dieser Größenordnung zu rechnen ist. Nach Auskunft der GOA werden im Ostalbkreis die Bioabfälle außerhalb der Region weiterverarbeitet, laut dem Kreisabfallwirtschaftsbetrieb Heidenheim werden sie im Kreis Heidenheim auf der kreiseigenen Kompostieranlage kompostiert und der daraus entstandene Humus verkauft. Im Falle des Ostalbkreises könnte durch die Verwertung des anfallenden Bioabfalls in Biomasseanlagen nicht nur Energie erzeugt werden, sondern als ökonomischer Nebeneffekt auch die Wertschöpfung, die bisher aus der Region fließt, in ihr gehalten werden.

➤ Zusammenfassende Deutung zum Potential der Bioenergie

Insgesamt lässt sich sagen, dass es sehr schwierig ist, das Potential an Biomasse abzuschätzen. Es muss in seinem komplexen Zusammenhang betrachtet werden. So z. B. hat man ein theoretisches Potential aus der Verwendung von Gülle. Die Gülle wird momentan allerdings teilweise als Dünger auf Felder ausgebracht. Würde man sie zur Energieerzeugung nutzen, müsste sie der Düngung entzogen werden. Auch wird z. B. der Grünschnitt momentan zur Kompostierung verwendet und es ist fraglich, ob man ihn so einfach zur Energiegewinnung heranziehen kann.

## **3.2 Konzept zur Nutzung regenerativer Energien in der Region Ostwürttemberg**

### **3.2.1 Flächenscharfe Festlegungen für Photovoltaikfreiflächenanlagen**

Zur Bestimmung der Standorte wird in dieser Arbeit das Baulandpotentialmodell herangezogen. Dieses Modell läuft in sechs Schritten ab.

#### **1. Schritt: Grundeignungsanalyse**

Im ersten Schritt der Standortanalyse wird die Grundeignung der Region im Hinblick auf eine photovoltaische Nutzung flächendeckend untersucht. Hierbei werden so genannte Ausschlusskriterien angewandt. Dies sind Kriterien, die eine Nutzung unmöglich machen und daher auch nicht abwägbar sind. Flächen, die eines dieser Kriterien aufweisen werden als Ausschlussgebiete definiert. In dieser Untersuchung gibt es lediglich ein absolutes Ausschlusskriterium:

##### ➤ Nordexponierte Flächen

Hier ist eine photovoltaische Nutzung aufgrund der Exposition nicht effizient möglich. Durch die Nordneigung bekommt diese Fläche sehr viel Schatten ab. Auf schwach nordgeneigten Flächen wäre der Betrieb einer Anlage zwar mit einem großen Abstand der Modulreihen und dem Inkaufnehmen einer verminderten Ausbeute möglich, aber für die Region sollen lediglich die am besten geeigneten Flächen mit dem meisten Ertrag gefunden werden. Somit werden nordgeneigte Flächen als Ausschlussflächen festgelegt. Damit als Ergebnis wirklich nur die bestgeeigneten Standorte übrig bleiben, werden hier nicht nur die nordgeneigten Flächen ausgeschlossen, sondern auch die Nordost-, Ost-, Nordwest-, West- und ebenfalls auch die Südost- und Südwestgeneigten Flächen.

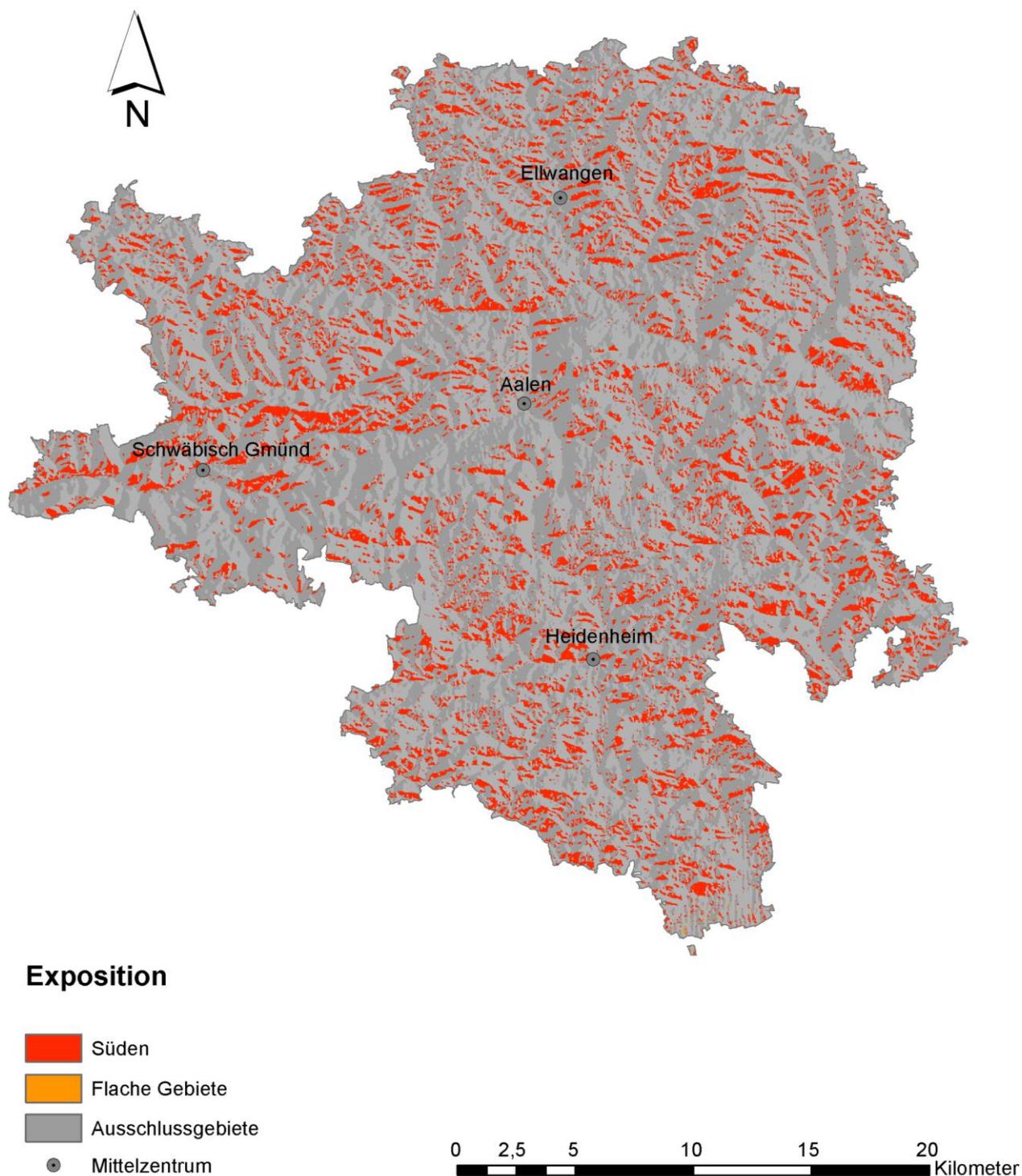


Abb. 14: Karte der Grundeignungsgebiete für Photovoltaikfreiflächenanlagen in der Region Ostwürttemberg.

Quelle: eigene Darstellung RegioGIS Ostwürttemberg

## 2. Schritt: Restriktionsanalyse

Im zweiten Schritt werden die übrig gebliebenen Flächen auf die relativen Ausschlusskriterien, die nicht umgangen werden dürfen, hin untersucht und weitere Ausschlussgebiete festgelegt. Auf diesen Gebieten wäre theoretisch eine photovoltaische Nutzung möglich, aber aufgrund von Restriktionen und Vorgaben müssen sie ausgeschlossen werden.

Zu diesen relativen Ausschlusskriterien gehören:

➤ Bestehende und geplante Siedlungen

Bestehende und geplante Siedlungen stehen einer photovoltaischen Nutzung nicht zur Verfügung. Hier ist der Siedlungsentwicklung Vorrang zu gewähren. Für Photovoltaikfreiflächenanlagen sind Standorte im Außenbereich zu suchen.

➤ Regionaler Grünzug

Regionale Grünzüge werden im Regionalplan Ostwürttemberg 2010 ausgewiesen. Unter Plansatz 3.1.3 steht als Ziel der Raumordnung, dass Grünzüge als „ökologische Ausgleichsflächen und zur Pflege des für Ostwürttemberg typischen Landschaftsbildes zu erhalten“ sind. Diese Funktion darf nicht beeinträchtigt werden. Boden, Wasser, Luft sowie Tier- und Pflanzenwelt dürfen ebenfalls nicht beeinträchtigt werden. Durch die Aufstellung einer Photovoltaikanlage würde diesen Zielen allerdings widersprochen werden.

➤ Grünzäsur

Grünzäsuren dienen der Freiraumsicherung, in dem sie eine bandartige Siedlungsstruktur verhindern. Sie sind unter PS 3.1.2 als Ziele im Regionalplan ausgewiesen. In diesen Bereichen ist jegliche Entwicklung, die dem Ziel der Grünzäsur entgegensteht, nicht erwünscht.

➤ Schutzbedürftiger Bereich für Naturschutz und Landschaftspflege

Diese schutzbedürftigen Bereiche, die unter Plansatz 3.2.1 als allgemeingültige Ziele im Regionalplan 2010 der Region Ostwürttemberg festgelegt sind, dienen dazu, „die landschaftlichen Voraussetzungen für das Weiterbestehen der Artenvielfalt unserer Tier- und Pflanzenwelt [zu] sichern und gleichzeitig dem Erhalt der Bodenfunktion als Standort für die natürliche Vegetation [...] dienen. Durch Erhalt und sorgsame Pflege [...] sollen sie gleichzeitig auch einen Beitrag zur Erhaltung und Pflege des historischen Kulturlandschaftsbildes der Region Ostwürttemberg leisten und so den Erholungswert der Landschaft erhalten.“ Vorhaben, die diesen Zielen widersprechen sind hier unzulässig.

➤ Schutzbedürftiger Bereich für die Erholung

Diese Gebiete dienen aufgrund ihrer vielfältigen und schönen Landschaft als Erholungsgebiete für die Bevölkerung. Hierbei sind Vorhaben, „durch [...] Infrastrukturmaßnahmen, welche die Erholungseignung der Landschaft beeinträchtigen“ (PS 3.2.4.1) zu unterlassen. Diese Gebiete sind als Ziele im Regionalplan ausgewiesen

und haben somit einen hohen Schutzwert. Da Photovoltaikanlagen noch keine allgemeine Akzeptanz in der Bevölkerung erfahren haben, können sich Erholungssuchende an deren Anblick stören, weshalb die in diesen Gebieten zu unterlassen sind.

- Schutzbedürftiger Bereich für den Abbau von oberflächennahen Rohstoffen und Bereiche zur Sicherung von Rohstoffvorkommen

Unter Plansatz 3.6.2. (Z) wird im Regionalplan jede Nutzung ausgeschlossen, „die einen späteren Rohstoffabbau entgegensteht“.

- EU-Vogelschutzgebiete und FFH-Gebiete

FFH-Gebiete werden nach der Richtlinie 92/43/EWG der Europäischen Union ausgewiesen. Diese Gebiete dienen dem Schutz der Pflanzen (Flora), der Tiere (Fauna) und des Lebensraums (Habitat). Um diesen Schutz zu gewährleisten sind Bauvorhaben zu unterlassen.

- Flächenhafte Naturdenkmale

Laut § 24 Abs. 6 NatSchG (Naturschutzgesetz Baden-Württemberg) sind sämtliche Planungen oder Vorhaben, „die zu einer Zerstörung, Veränderung oder Beeinträchtigung des Naturdenkmals oder seiner geschützten Umgebung führen oder führen können, sind verboten“.

- § 32-Biotop und Waldbiotop

§ 32-Biotop sind Biotop, die nach § 32 NatSchG B-W unter Schutz stehen. Wie in Absatz 2 dieses Paragraphen gesagt wird, sind „[a]lle Handlungen, die zu einer Zerstörung oder erheblichen oder nachhaltigen Beeinträchtigung der besonders geschützten Biotop führen können, [...] verboten“.

- Bestehende und geplante Straßen- oder Infrastrukturtrassen

Bestehende und geplante Straßen- und Infrastrukturtrassen müssen von jeglicher Bebauung freigehalten werden.

- Herausragende geologische und geomorphologische Erscheinungen

Zu diesen Erscheinungen gehören neben dem Albrauf auch das Steinheimer Becken sowie das Ries und der Riesrandbereich. Aufgrund ihrer Besonderheit müssen diese Erscheinungen von jeglicher Art der visuellen Beeinträchtigung, worunter Photovoltaikfreiflächenanlagen fallen, freigehalten werden.

- Landschaftsschutzgebiete

Landschaftsschutzgebiete dienen dem besonderen Schutz von Natur und Landschaft. Sie werden rechtsverbindlich festgelegt. In Landschaftsschutzgebieten sind nach § 26 Abs. 2 „alle Handlungen verboten, die den Charakter des Gebiets verändern [...]“.

➤ Naturschutzgebiete

Wie Landschaftsschutzgebiete sind auch Naturschutzgebiete rechtsverbindlich festgelegte Bereiche, die dem Schutz von Natur und Landschaft dienen. In ihnen gilt ein striktes Veränderungsverbot, welches bedeutet, dass „alle Handlungen, die zu einer Zerstörung, Beschädigung oder Veränderung des Naturschutzgebietes oder seiner Bestandteile führen können“ (§13 Abs. 2 BNatSchG) verboten.

➤ Wald

Aufgrund der natürlichen Gegebenheiten wird jegliche Art von Wald als Ausschlusskriterium genommen. Wo Bäume wachsen kann keine Photovoltaikanlagen errichtet werden und dass Wald gerodet wird steht außer Frage. Zudem gibt es auf Waldflächen keine erhöhte Vergütung.

➤ Grünland

Grünland gilt als Ausschlussgebiete, da es bereits durch das EEG als Ausschlussflächen festgelegt wurde. Die hohe Einspeisevergütung, die man für den photovoltaisch erzeugten Strom erhält, gilt nicht für Anlagen, die auf Grünland errichtet wurden.

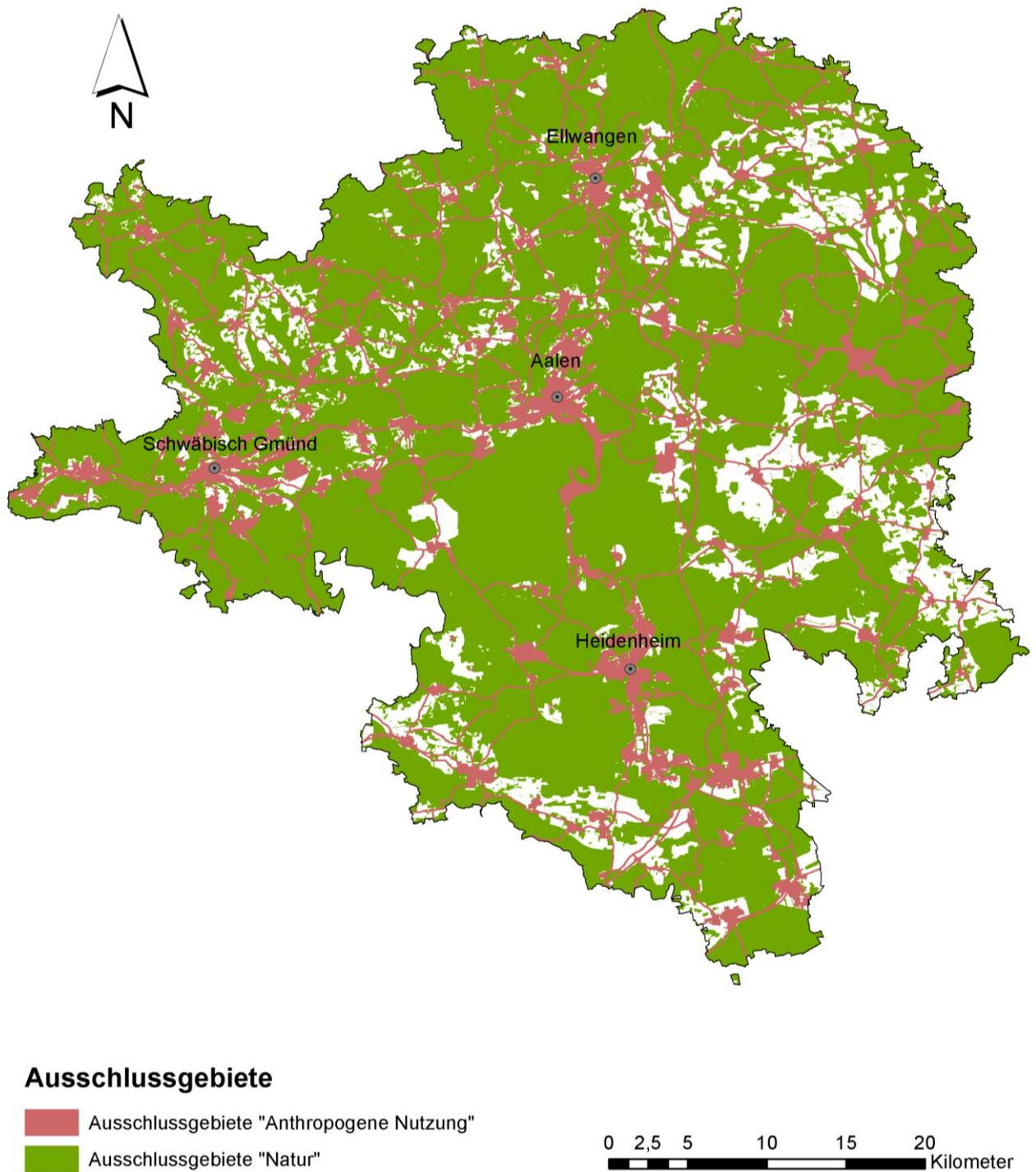


Abb. 15: Karte der relativen Ausschlussgebiete für Photovoltaikfreiflächenanlagen in der Region Ostwürttemberg.

Quelle: eigene Darstellung RegioGIS Ostwürttemberg

### 3. Schritt: Eignungsanalyse

In einem dritten Schritt werden nun die verbliebenen Flächen auf ihre Eignung als Standort für Photovoltaikfreiflächenanlagen untersucht. Hierbei werden die Flächen hinsichtlich der vordefinierten Basiskriterien bewertet, um anschließend auf vorhandene Zusatzkriterien untersucht zu werden. Unter Basiskriterien versteht man hierbei die Kriterien, die eine Fläche aufweisen muss, damit sie als geeignet befunden werden kann, wohingegen Zusatzkriterien für eine Fläche zwar nicht zwingend nötig sind, eine potentielle Fläche aber umso attraktiver machen, sobald sie vorhanden sind.

Wie bereits in Kap. 3.3.1.2 erwähnt, sind in der Region Ostwürttemberg keine wirtschaftlichen oder militärischen Konversionsflächen vorhanden, die sich für eine photovoltaische Nutzung eignen. Daher werden beim weiteren Vorgehen nur noch Ackerstandorte betrachtet und auf ihre Eignung hin untersucht.

Jedoch ist nicht automatisch jeder Ackerstandort auch als Photovoltaikstandort geeignet. Diese Flächen müssen weitere Basiskriterien aufweisen, damit sie als geeignet eingestuft werden. Zu diesen Basiskriterien gehören:

➤ Flächenneigung < 10 %

Photovoltaikanlagen sind am einfachsten auf ebenen Flächen zu errichten. Beim Bau müssen Maschinen und schwere LKWs die Möglichkeit zur Anfahrt haben, was sich bei großer Flächenneigung als sehr schwierig erweist. Des Weiteren ist die Aufstellung einfacher, je flacher der Standort ist. Hinzu kommt dass eine geneigte Fläche die Einsehbarkeit fördert. Als Höchstwert kann hier 10 % angegeben werden. Daher dürfen Flächen, um als geeignet eingestuft zu werden, eine Neigung von 10 % nicht übersteigen.

➤ Nähe zu Umspannwerken

Die Nähe zu Umspannwerken erhöht die Wahrscheinlichkeit einer Abnahme des produzierten Stroms. Je näher dabei der mögliche Standort an dem Umspannwerk liegt, umso geeigneter ist er. Eine erhöhte Entfernung bedeutet einen verlängerten Stromtransport, der zu Verlusten führen kann. Zudem bedeuten lange Leitungen zum nächstgelegenen Umspannwerk auch einen erhöhten finanziellen Aufwand. Zum Teil gibt es aber durch Einspeisemöglichkeiten, die von der Entfernung zum nächstgelegenen Umspannwerk unabhängig sind, da z. B. für Windkraftanlagen schon Leitungen mit entsprechender Einspeisekapazität vorhanden sind.

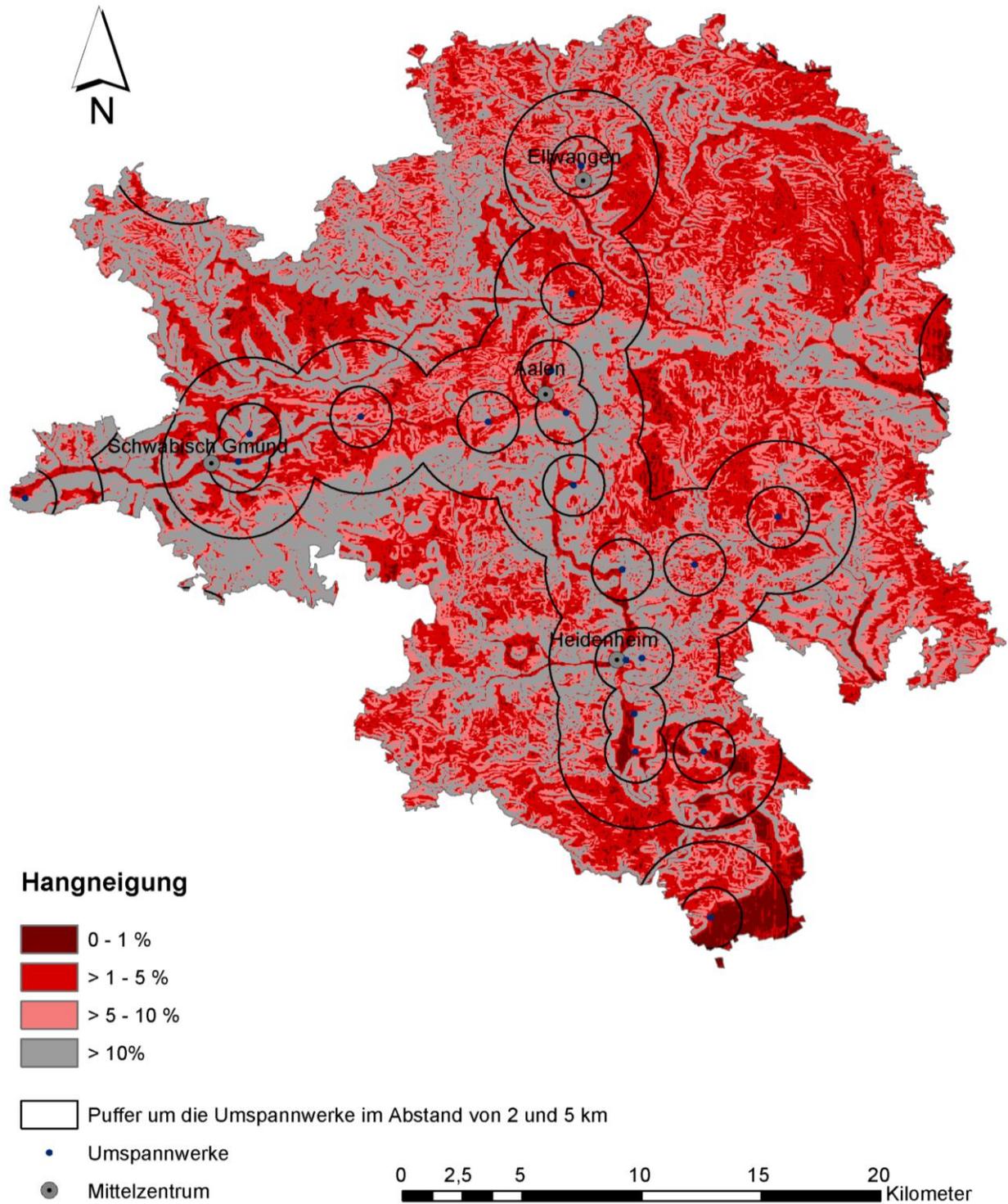


Abb. 16: Hangneigung und Umspannwerke in der Region Ostwürttemberg.

Quelle: eigene Darstellung RegioGIS Ostwürttemberg

Als Zusatzkriterien, die eine Fläche attraktiver machen können, gelten:

- Flächen in räumlichem Zusammenhang mit Gewerbegebieten oder Anschluss an bestehende Siedlung

Um eine Zersiedelung der Landschaft zu vermeiden ist eine Anbindung an bestehende Siedlungsbereiche zu bevorzugen. Im Landesentwicklungsplan 2002 Baden-Württemberg wird unter Kapitel 1.9 G nochmals darauf hingewiesen, dass eine Zersiedelung der Landschaft vermieden werden soll, um großflächige, zusammenhängende Freiraumstrukturen zu bewahren.

- Standorte für Windkraftanlagen, solange diese im Norden stehen

Durch die Windkraftanlagen weisen diese Standorte bereits eine Vorbelastung auf (REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG 2004: 4). Es muss allerdings darauf geachtet werden, dass die Anlagen keine Schatten auf die Standorte werfen, da sonst die Leistung gemindert wird. Daher sind Standorte, die südlich von Vorranggebieten für die Windenergie liegen von Vorteil, da hier kein Schatten durch die Windkraftanlagen auf den Standort geworfen werden kann. Ein zweiter Punkt der bei Windkraftstandorten zu beachten ist, ist dass diese Standorte meist in exponierter Lage sind und dies sollte bei Photovoltaikanlagen nicht der Fall sein. Daher ist im Einzelfall zu prüfen, in wie weit diese Standorte geeignet sind.

Zu den Basisfaktoren, die eine Fläche aufweisen muss, damit sie als Standort gut geeignet ist, gehören, wie bereits erwähnt, die Nähe zu einem Umspannwerk sowie die Flächenneigung. Damit die potentiellen Standorte hinsichtlich ihrer Eignung besser untersucht werden können, werden diese Basiskriterien weiter differenziert. Die Nähe zum Umspannwerk wird im Weiteren mit „N“ bezeichnet und kann in drei Unterklassen differenziert werden. Die erste Klasse weist durch ihre direkte Nähe zu Umspannwerken eine sehr gute Eignung auf, da die Kosten für die Leitungen mit der Entfernung zunehmen. Die zweite Klasse ist mit einer Entfernung bis 5 km noch gut geeignet. Ab einer Entfernung von mehr als 5 km weisen die Flächen lediglich noch eine mäßige Eignung auf. Die Kosten für die Leitungen liegen hier sehr hoch, was somit die Wirtschaftlichkeit einschränkt.

|    | Nähe zum Umspannwerk | Eignung            |
|----|----------------------|--------------------|
| N1 | < 2 km               | Sehr gut geeignet  |
| N2 | 2–5 km               | Gut geeignet       |
| N3 | > 5 km               | Mäßig gut geeignet |

Auch die Flächenneigung, im Weiteren mit „F“ bezeichnet, kann in Unterklassen differenziert werden. Die erste Klasse weist eine sehr gute Eignung auf, da diese Flächen eben sind und somit kein Problem bei der Aufstellung und Errichtung der Anlagen aufweisen. Die zweite Klasse besitzt eine geringe Neigung, die allerdings noch im Toleranzbereich liegt und daher

ebenfalls gut bearbeitet werden kann. Die dritte Klasse mit Neigungen bis 10 % ist nur mäßig gut geeignet.

|    | Flächenneigung | Eignung            |
|----|----------------|--------------------|
| F1 | 0–1 %          | Sehr gut geeignet  |
| F2 | > 1–5 %        | Gut geeignet       |
| F3 | > 5–10 %       | Mäßig gut geeignet |

Nachdem die Basiskriterien jeweils in drei Klassen differenziert wurden, können diese nun zu einer Matrix aggregiert werden. Anhand dieser Aggregation kann eine erste Bewertung und Einteilung der Flächen in Bewertungsklassen erfolgen.

|    | F1 | F2 | F3 |
|----|----|----|----|
| N1 | B  | B  | C  |
| N2 | B  | C  | C  |
| N3 | C  | C  | D  |

Diese Bewertungsklassen sehen wie folgt aus:

- Bewertungsklasse A (sehr gute Eignung)
- Bewertungsklasse B (gute Eignung)
- Bewertungsklasse C (mäßige Eignung)
- Bewertungsklasse D (schlechte Eignung)

Da bislang nur die Basisfaktoren nicht jedoch die Zusatzfaktoren betrachtet wurden existiert in der oben erstellten Matrix noch keine Bewertungsklasse A. Diese Klasse mit sehr guter Eignung wird im nächsten Schritt mit Hilfe der Zusatzfaktoren ermittelt. Diese Faktoren können die einzelnen Flächen noch weiter qualifizieren, in dem sie deren Attraktivität steigern. Zu den Zusatzfaktoren gehören:

- Flächen im Anschluss an bestehende Siedlungen
- Standorte für Windkraftanlagen, solange diese im Norden stehen

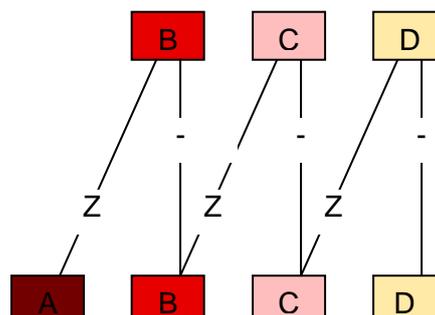
Im Folgenden werden nun die Bewertungsklassen mit den Zusatzfaktoren überlagert. Weist eine Fläche ein oder mehr Zusatzkriterien auf, so wird sie eine Klasse aufgestuft, weist sie keines auf, so bleibt sie in der bisherigen Klasse.

Bewertungsklassen:

Kein Zusatzkriterium „-“

Zusatzkriterium vorhanden „Z“

Neue Bewertungsklassen:



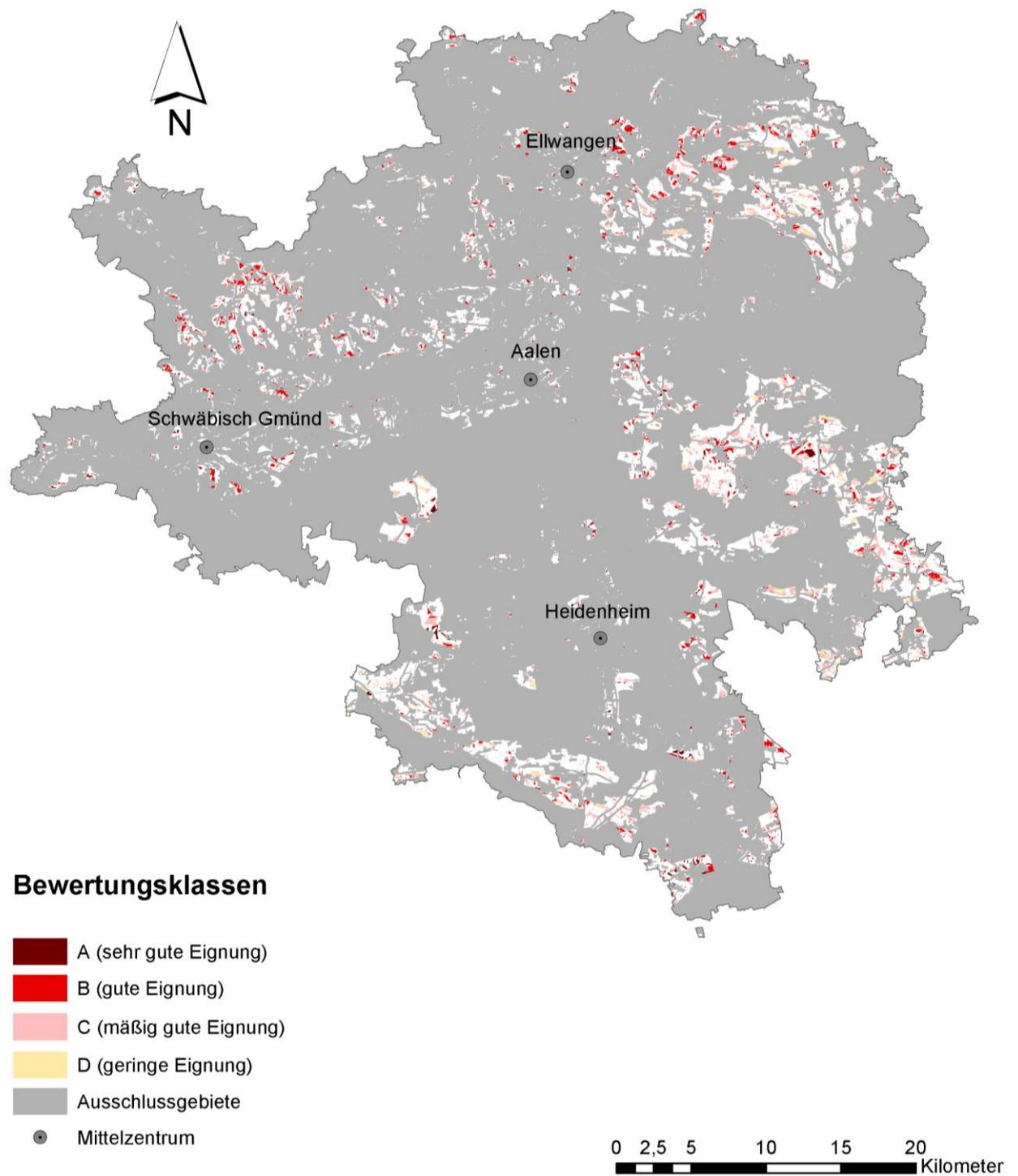


Abb. 17: Einteilung der Bewertungsklassen.

Quelle: eigene Darstellung RegioGIS Ostwürttemberg

Die Flächen der Bewertungsklasse D weisen eine nur geringe Eignung auf. Für dieses Konzept sollen jedoch ausschließlich die am besten geeigneten Flächen gefunden werden. Daher werden die Flächen der Klasse D bei der weiteren Untersuchung nicht weiter betrachtet.

#### 4. Schritt: Konfliktanalyse

In einem nächsten Schritt werden die Standorte hinsichtlich so genannter Konfliktkriterien untersucht. Das sind Kriterien, die einer Nutzung entgegenstehen, aber noch abwägbar sind und somit nicht automatisch zum Ausschluss der Flächen führen. Sie stellen jedoch auf jeden Fall einen Konflikt mit der vorgesehenen Nutzung des Standortes dar. Als Konflikt besonders hervorzuheben sind die Böden in der Region. Wie man anhand der Daten zur Bodenschätzung erkennen kann, sind im Schnitt die Böden in der Region für eine ackerbauliche Nutzung nur mäßig gut geeignet, hochwertige Böden gibt es nur vereinzelt. Es soll verhindert werden, dass hochwertige landwirtschaftliche Böden dem Ackerbau entzogen werden. Im Folgenden werden die Konfliktkriterien vorgestellt:

##### ➤ Naturpark

Naturparks dienen als Erholungsraum der Bevölkerung. Sie sind großflächige Schutzgebiete, deren Schutzwürdigkeit jedoch hinter der von FFH-, Naturschutz- oder Landschaftsschutzgebieten liegt. Daher führen Naturparks nicht automatisch zum Ausschluss dieser Fläche, sie stellen jedoch Konflikte dar, die gut abgewogen werden müssen.

##### ➤ Hochwertige landwirtschaftliche Böden

Im Vergleich zu landwirtschaftlich hochwertigen Gebieten wie der Magdeburger Börde sind die Böden in Ostwürttemberg relativ ertragsarm. Wobei es auch innerhalb der Region Unterschiede in der Bodengüte gibt. Für die Raumschaft überdurchschnittliche gute Böden sollten auch primär als Nahrungsmittelproduktionsstandort erhalten bleiben. Die Böden werden anhand ihrer Ackerzahl bewertet. Diese ist ein Maß für die Qualität eines Bodens und reicht von 0–100. In der Region Ostwürttemberg sind Standorte mit einer Ackerzahl > 60 als überdurchschnittlich zu bewerten und sollten daher für eine photovoltaische Nutzung nicht unbedingt herangezogen werden. Auch Böden mit einer Ackerzahl > 40 sollten nicht unbedingt der ackerbaulichen Nutzung entzogen werden.

Für die Bewertung der Böden wird die Auswertung der Bodenschätzung herangezogen. In dieser Auswertung wurde unter anderem die Funktion des Bodens als Standort für Kulturpflanzen bewertet. Die Böden wurden dabei in fünf Klassen (sehr gering, gering, mittel, hoch, sehr hoch) eingeteilt. Eine mittlere Eignung des Bodens als Standort für Kulturpflanzen (Ackerzahl 41-60) stellt einen möglichen Konflikt dar, hingegen eine hohe bis sehr hohe Eignung (Ackerzahl >60) eine besonders schwer-

wiegenden Konflikt darstellt, da diese Flächen nicht häufig in der Region vorzufinden sind und daher dem Pflanzenanbau vorbehalten sein sollten.

➤ Rohstoffinteressengebiete

Diese Gebiete sichern den Abbaubetrieben den Rohstoffbedarf, der über einen Zeitraum von 30 Jahren hinaus reicht. Auf diesen Flächen können sich die Betriebe zukünftig einen Abbau vorstellen, wobei diese Flächen noch nicht allesamt im Besitz der jeweiligen Firmen sind (BEYERLE 2002: 108).

Diese Kriterien können nun nach der Intensität der Konflikte, die sie darstellen, in mögliche Konflikte (M) und eindeutige Konflikte (E) unterschieden werden. Konflikte, die besonders schwer wiegen, werden mit 2xE bezeichnet. Da Naturparks eine rechtsgültige Gebietsfestlegung darstellen und eine, wenn auch verminderte Schutzfunktion beinhalten, stellt sie einen eindeutigen Konflikt dar. Ebenso die hochwertigen Böden. Da sie in der Region nicht die Regel sind, sollten sie für den Anbau von Kulturpflanzen freigehalten werden und stellen ebenfalls einen eindeutigen Konflikt dar. Mittulgute Böden hingegen sind zwar für eine ackerbauliche Nutzung besser geeignet, könne jedoch auch für eine photovoltaische Nutzung herangezogen werden. Sie stellen somit einen möglichen Konflikt dar. Ebenfalls einen möglichen Konflikt beinhalten die Rohstoffinteressengebiete, da sie keine Ziele der Raumordnung darstellen und somit nicht zwingend beachtet werden müssen.

| Kriterium                          | Art des Konflikts |                    |
|------------------------------------|-------------------|--------------------|
|                                    | Konflikt möglich  | Konflikt eindeutig |
| Rohstoffinteressengebiete          | M                 |                    |
| Mittulgute Böden (Ackerzahl 41-60) | M                 |                    |
| Hochwertige Böden (Ackerzahl > 60) |                   | 2xE                |
| Naturpark                          |                   | E                  |

Mittels dieser Konflikte werden nun im Weiteren so genannte Konfliktklassen gebildet. Diese bilden sich anhand der sich überlagernden Konflikte, je nach Anzahl und Art des Konflikts. Die nachfolgende Tabelle zeigt diese Konflikte wie auch die Einteilung in die einzelnen Klassen auf.

| Anzahl der sich überlagernden Konflikte |     |         |         |
|---|-----|---------|---------|
| 0                                       | 1   | 2       | 3       |
|   | 1xM |         |         |
|   | 1xE |         |         |
|   |     | 1xM+1xE |         |
|   |     | 2xE     | 2xE+1xM |
|   |     | 3xE     | 3xE+1xM |
| I                                       | II  | III     | IV      |

Als Ergebnis können vier Klassen unterschieden werden:

- Konfliktklasse I (kein Konfliktpotential)
- Konfliktklasse II (geringes Konfliktpotential)
- Konfliktklasse III (hohes Konfliktpotential)
- Konfliktklasse IV (sehr hohes Konfliktpotential)

Aus nachfolgender Abbildung wird ersichtlich, dass es nur wenig Bereiche mit hohem oder sehr hohem Konfliktpotential in der Region gibt. Die meisten Flächen weisen lediglich ein geringes Konfliktpotential auf.

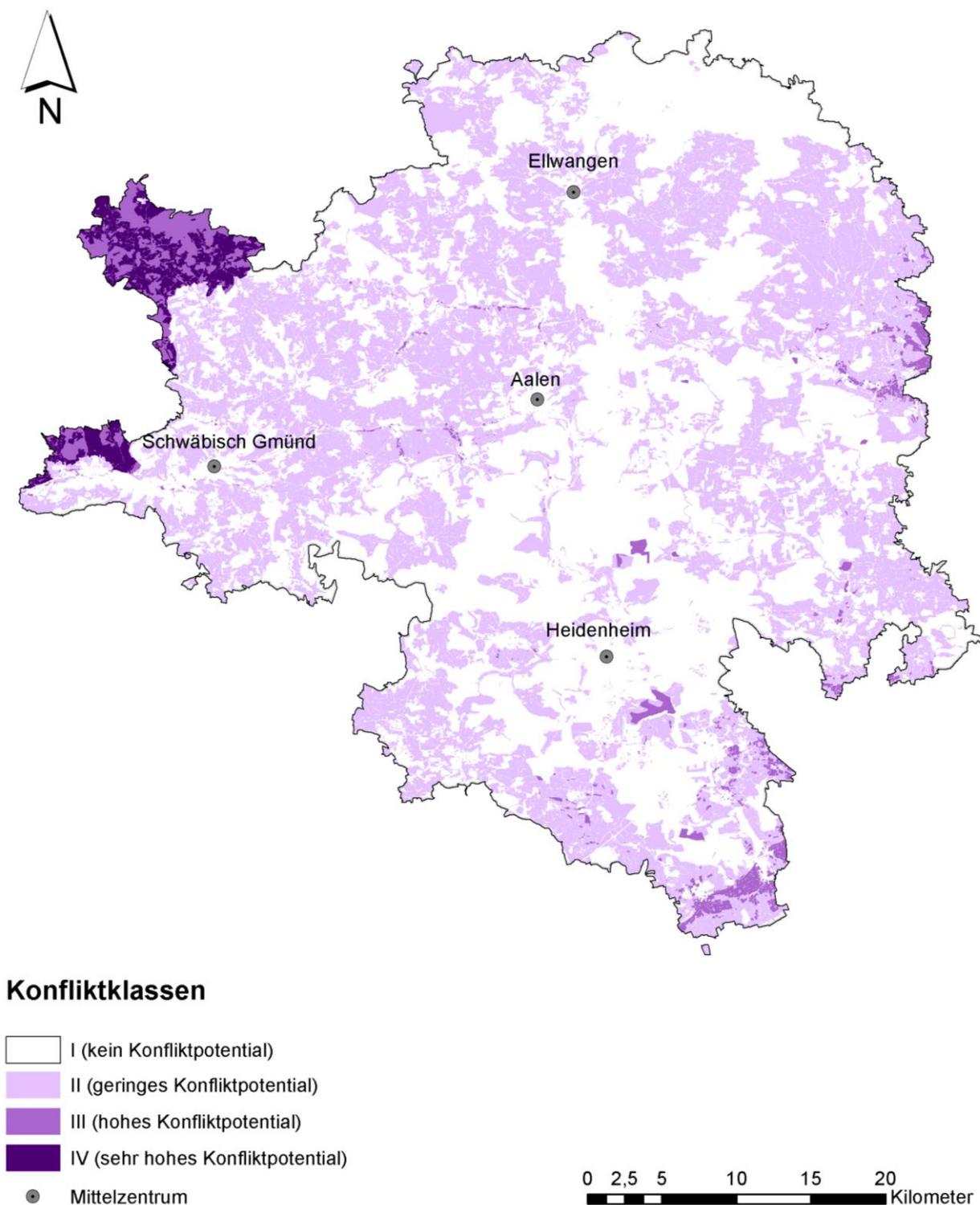


Abb. 18: Einteilung der Konfliktklassen.

Quelle: eigene Darstellung RegioGIS Ostwürttemberg

Da die Konfliktklasse IV ein zu hohes Konfliktpotential birgt, führt sie zum Flächenausschluss. Diese Flächen sind für eine photovoltaische Nutzung nicht geeignet. Bei der weiteren Analyse werden diese Flächen somit nicht weiter betrachtet.

### 5. Schritt: Gesamttaggregation

Im nächsten Untersuchungsschritt werden nun die Eignungs- und die Konfliktklassen zu einem Gesamtergebnis aggregiert. Hierbei werden die Bewertungsklasse D, wie auch die Konfliktklasse IV nicht weiter betrachtet, da eine photovoltaische Nutzung auf diesen Flächen aufgrund ihrer geringen Eignung und des hohen Konfliktpotentials nicht sinnvoll wäre. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird daher nur noch auf die Bewertungsklassen A, B und C sowie auf die Konfliktklassen I, II und III eingegangen. Die Bewertungs- wie auch die Konfliktklassen werden mit Hilfe einer Matrix zu Gesamteignungsklassen aggregiert.

|     | A | B | C |
|-----|---|---|---|
| I   | 1 | 1 | 2 |
| II  | 1 | 2 | 3 |
| III | 2 | 3 | 3 |

Nach dieser Gesamttaggregation ergeben sich folgende Gesamteignungsklassen:

- Gesamteignungsklasse 1 (sehr gute Eignung)
- Gesamteignungsklasse 2 (gute Eignung)
- Gesamteignungsklasse 3 (mäßig gute Eignung)

Bei der Suche nach geeigneten Standorten für Photovoltaikfreiflächenanlagen werden nur die Flächen der Gesamteignungsklassen 1 und 2 betrachtet. Da bei der Analyse der Flächen nur diejenigen als Standorte gewählt werden sollen, die auch wirklich die besten Voraussetzungen aufweisen, wird im weiteren Vorgehen die Gesamteignungsklasse 3 nicht weiter betrachtet. Bei diesen Flächen ist darauf zu achten, dass sie eine Mindestgröße von 4 ha aufweisen. Diese Mindestgröße wurde gewählt, da ab 4 ha eine Raumbedeutsamkeit vorliegt. Dieser Wert wurde nach eingehender Überlegung für die Region Ostwürttemberg festgelegt. Begründet wird er damit, dass laut Experten-Interview eine Anlage unter 4 ha nicht sonderlich wirtschaftlich ist. Jedoch bedeutet dies nicht, dass Anlagen unter 4 ha grundsätzlich nicht raumbedeutsam sind, sondern hier muss im Einzelfall untersucht werden, inwieweit die Anlage Raumbedeutsamkeit erreicht oder nicht. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass Anlagen unter 1 ha aufgrund der geringen Größe nicht raumbedeutsam sind.

## **6. Schritt: Plausibilitätskontrolle der gefundenen Standorte**

In dem letzten Schritt müssen nun durch eine Plausibilitätskontrolle die gefundenen Flächen über 4 ha vor Ort begutachtet werden, um die Genauigkeit der verwendeten Geodaten zu überprüfen. Da die ganze Untersuchung GIS-gestützt und damit am Computer erfolgt ist, können Abweichungen in der Realität nicht ausgeschlossen werden. Um sicher zu gehen, dass die gefundenen Flächen alle angenommenen Kriterien erfüllen, muss abschließend vor Ort das Ergebnis geprüft werden, um gegebenenfalls eine Fläche doch noch zu verwerfen.

### **3.2.2 Konkrete Standorte**

Durch die GIS-gestützte Analyse konnten elf Gebiete identifiziert werden, die als Standorte für Photovoltaikfreiflächenanlagen in der Region Ostwürttemberg in Frage kommen. Diese Standorte haben gemeinsam, dass sie allesamt wenig geeignete Böden für die Landwirtschaft aufweisen und in räumlicher Nähe zu bestehenden Siedlungen liegen. Somit wird eine Landschaftszerschneidung vermieden und auch die Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion wiegt weniger schwer, wegen der schlechten Böden. Die Standorte weisen allesamt Flächengrößen von 5,0–16,7 ha auf. Insgesamt konnten somit 110 ha geeigneter Fläche für Photovoltaikanlagen gefunden werden. Aufgrund von Zufahrtswegen, Aufständigung, Ausgleichsflächen usw. kann jedoch lediglich ein Drittel dieser Fläche photovoltaisch genutzt werden (KRUCK et al. 2008: 40). Legt man auch hier eine Ausrichtung der Module nach Süden, einen Winkel von 30° sowie einen Wirkungsgrad zwischen 10–15 % zugrunde, so ergibt sich durch die Einstrahlungswerte aus Tab. 4 ein Stromerzeugungspotential von 45,9–68,9 GWh/a.

### **3.2.2 Regionale Ziele und Grundsätze für regenerative Energien**

Neben der konkreten Festlegung von Standorten für Photovoltaikfreiflächenanlagen beinhaltet ein Konzept zur Nutzung regenerativer Energien auch Ziele und Grundsätze für die Energieformen, die keiner Standortausweisung bedürfen. Im Folgenden werden die Ziele mit „Z“ gekennzeichnet, die Grundsätze mit „G“.

#### **3.2.2.1 Regenerative Energien allgemein**

Durch die eingangs angesprochenen knapp werdenden fossile Rohstoffe wie auch den vermehrten Ausstoß von Treibhausgasen, der mitunter durch die konventionellen Kraftwerke verursacht wird, müssen verstärkt regenerative Energien zum Einsatz kommen.

G: Regenerative Energien sollen verstärkt eingesetzt werden.

Um sich nicht von einer Energieform allein abhängig zu machen, müssen alle Energieformen aufeinander abgestimmt werden und zusammen zu einer ausgewogenen Energieversorgung beitragen. Da nicht alle Energien die Grundlast decken können und somit nicht jederzeit zur Verfügung stehen, müssen sie gut aufeinander abgestimmt werden. Daher eignet sich ein Energie-Mix, in dem alle regenerativen Energien enthalten sind, um Schwankungen in der Stromproduktion auszugleichen und sich nicht von einer Energieform alleine abhängig zu machen.

Z: Es muss ein ausgewogener Energie-Mix geschaffen werden, in dem alle Formen der regenerativen Energien enthalten sind und aufeinander abgestimmt sind.

### 3.2.2.2 Solarenergieanlagen

Photovoltaikfreiflächenanlagen nehmen Flächen in Anspruch, die dadurch anderen Nutzungen, vor allem der Nahrungsmittelproduktion dadurch entzogen werden. Bei den, in dieser Arbeit identifizierten Standorten, wurde besonders darauf geachtet, dass sie nicht in Konkurrenz zu anderen Nutzungen stehen und auch keine schützenswerte Funktion erfüllen. Trotzdem soll vor einer „Flächenverschwendung“ gewarnt werden. Daher ergibt sich folgendes Ziel:

Z: Solarenergieanlagen auf oder an Gebäuden und sonstigen Bauwerken ist Vorrang zu gewähren, um einer weiteren Flächeninanspruchnahme im Außenbereich entgegen zu wirken.

Da Photovoltaikfreiflächenanlagen flächenintensive Vorhaben sind (vgl. Tab. 1) und aufgrund ihrer Größe im Außenbereich errichtet werden müssen, müssen die potentiellen Standorte im Vorfeld genau geprüft werden. Es dürfen keine schutzwürdigen Funktionen beeinträchtigt werden. Daher sind vorbelastete Flächen am besten geeignet.

Z: Sofern neue Standorte für Photovoltaikfreiflächenanlagen erschlossen werden, muss es sich um Flächen ohne schutzwürdige Funktionen handeln.

Eine effektive Leistung einer Solaranlage kann nur unter optimalen Bedingungen was die Exposition der Dächer angeht, erbracht werden (vgl. Kap. 3.3.1.1). Auch muss die Fläche frei von Schattenwurf sein. Um auch in Zukunft ausreichend geeignete Dachflächen in der Region zu erhalten, muss bereits in der Bauleitplanung dafür gesorgt werden.

Z: Bei der Aufstellung von Bebauungsplänen muss bereits darauf geachtet werden, dass die Häuser eine bestmögliche Ausrichtung der Dächer aufweisen. Des Weiteren müssen die Abstände untereinander beachtet werden, damit kein Haus ein anderes verschattet. Genauso muss auch bei der Begrünung mit Bäumen verfahren werden, damit die Bäume, wenn sie groß gewachsen sind, nicht zu viel Schatten werfen.

### 3.2.2.3 Geothermie

Da die Verhältnisse im Untergrund nicht überall gleich sind und die Voraussetzungen zur Geothermienutzung nicht allorts gegeben sind, ist es wichtig im Vorhinein die Gegebenheiten vor Ort zu untersuchen. Dies kann besonders bei Neuausweisung von Baugebieten von Vorteil sein, damit man von Anfang an den zukünftigen Hausbesitzern diese Art der Energienutzung anbieten kann.

G: Bei der Neuausweisung von Baugebieten ist zu prüfen, inwieweit sich die betreffende Fläche für eine geothermische Nutzung eignet, damit die neuen Bewohner dies bei der Bauplanung beachten können.

Wie in Kap. 2.1.4.1 erwähnt, können die erhöhten Temperaturen nicht nur aus der Erde, sondern auch aus Tunneln oder Bergwerken kommen. Da es in der Region mehrere Tunnel und stillgelegte Bergwerke gibt, wäre eine tunnelthermische Nutzung, soweit möglich, sinnvoll. Daher ergibt sich folgender Grundsatz:

G: Es soll untersucht werden inwieweit sich die Tunnel und vor allem die alten Bergwerke, wie das in Aalen, für eine tunnelthermische Nutzung eignen.

### 3.2.2.4 Windenergie

Wie aus Tab. 7 ersichtlich sind die sieben in der Region befindlichen Vorranggebiete für raumbedeutsame Windkraftanlagen nahezu vollständig mit der maximal möglichen Anzahl an Windkraftanlagen besetzt. Daher ist es erforderlich, in naher Zukunft die Region erneut hinsichtlich ihres Windenergiepotentials zu untersuchen. Wie bereits in Kap. 3.3.2 erwähnt sind die Standorte für Anlagen bis 100 m Nabenhöhe gut erschöpft. Daher ist es erforderlich Standorte für Anlagen mit größeren Nabenhöhen und somit erhöhter Leistung zu untersuchen.

Empfehlung: Die Region Ostwürttemberg soll alsbald hinsichtlich ihres weiteren Potentials an Standorten für Windkraftanlagen untersucht werden, um gegebenenfalls eine Überarbeitung der Teilfortschreibung Windenergien zu beginnen.

### 3.2.2.4 Bioenergie

In Kap. 2.1.5 wurde bereits auf die Konkurrenz der Energiegewinnung zur Nahrungsmittelproduktion eingegangen. Die Versuchung ist, nicht zuletzt dank des finanziellen Anreizes, groß, auf den Feldern vermehrt Energiepflanzen anzubauen, da dies für Landwirte oft lukra-

tiver ist als der Anbau von Nahrungsmitteln. Um dennoch nicht zu viel Flächen an den Energiesektor zu verlieren, ist es wichtig ein Ziel zu formulieren, das dieses Problem beachtet.

Z: Es muss darauf geachtet werden, dass eine Ausgewogenheit zwischen Lebensmittelanbau und Energiepflanzenanbau gehalten wird. Die Energiegewinnung darf nicht zu Lasten der Nahrungsmittelproduktion gehen.

Um die oben genannte Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion zu vermeiden, soll vermehrt Gülle aus der Tierhaltung als Rohstoff eingesetzt werden. Diese bislang wenig genutzte Form der Biomasse bringt dadurch, dass sie in Tierhaltungsbetrieben kostenlos anfällt (vgl. Kap. 2.1.5) Vorteile gegenüber dem Pflanzenanbau und sollte daher weiter gefördert werden.

G: Gülle und Mist aus der Tierhaltung sind als Rohstoffe zu bevorzugen.

Damit die CO<sub>2</sub>-Neutralität der Biomasse gewahrt wird, soll darauf verzichtet werden Biomasse von außerhalb in die Region zu importieren. Das innerregional vorhandene Potential soll genutzt werden, um so effektiv die Umwelt zu entlasten.

G: Es soll darauf geachtet werden, dass die in Ostwürttemberg verwendete Biomasse auch innerhalb der Region produziert wurde.

Wie bereits in Kap. 2.1.5 erwähnt, ist es am effizientesten Bioenergieanlagen in Kraft-Wärme-Kopplung zu betreiben, um auf diese Weise Strom und Wärme zu nutzen. Um das Potential der Bioenergie so gut wie möglich auszunutzen sollten daher alle Anlagen in der Region diese Technik verwenden.

G: Bioenergieanlagen sollen in Kraft-Wärme-Kopplung betrieben werden.

Auch wenn der Biomüll in der Region bislang anderweitig genutzt wird, so würde er sich doch zur Energiegewinnung innerhalb der Region eignen. Inwieweit dies möglich sein könnte, sollte eine Untersuchung aufzeigen.

G: Es soll untersucht werden, inwieweit sich das Biomüllaufkommen in der Region zur Energiegewinnung eignet.

### 3.3 Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass in der Region Ostwürttemberg für die Nutzung regenerativer Energien noch Erweiterungspotential besteht. Die Nutzung der Solarenergie ist zwar bisher gut vertreten, doch kann durch eine verstärkte Nutzung der Dachflächen wie auch der behutsamen Errichtung von Photovoltaikanlagen im Außenbereich die regenerative Energieerzeugung erhöht werden. Auch die Nutzung der Bioenergie kann, wie aus Kap. 3.3.5 ersichtlich, noch gesteigert werden. Hier ist vor allem die Verwendung von Gülle als Rohstoff zu erwähnen, aber auch der Einsatz von Anlagen, die in Kraft-Wärme-Kopplung betrieben wer-

den. Diese steigert die Effizienz der Bioenergie. Die Geothermie in der Region spielt bislang nur eine untergeordnete Rolle. Durch Untersuchungen der Region und daraus resultierend einer besseren Kenntnis des Untergrunds könnte diese Energieform besser gefördert und verstärkt genutzt werden. Das Potential der Windenergie wurde in der vorliegenden Arbeit nicht konkret untersucht, jedoch kann auch hier davon ausgegangen werden, dass noch Potential erschlossen werden kann. Eine Möglichkeit dabei sind höhere Anlagen, welche aber zusätzliche Konflikte bergen und neue Bewertungen der Konfliktanalyse (z. B. Abstandsvorschriften) Bedingen. Einzig der Wasserkraft wird kein großes Potential bescheinigt, da die natürlichen Gegebenheiten in der Region dies nicht zulassen. Somit wird sie auch in Zukunft den anzustrebenden Energie-Mix nicht groß unterstützen können.

Da das Potential der Solarenergie, der Geothermie wie auch der Wind- und Bioenergie noch nicht in vollem Maße ausgeschöpft ist und es für die Nutzung in der Region an weiteren ausbaukonzeptionen fehlt, kann und sollte der Regionalverband als Träger der Regionalplanung einen weiteren Ausbau unterstützen. Als effektives Instrument ist hier die Erstellung eines Teilregionalplanes „Regenerative Energien“ zu nennen. Die in dieser Arbeit identifizierten Standorte wie auch die entwickelten Ziele und Grundsätze sollen darin Eingang finden. Damit kann erreicht werden, dass das Thema regenerative Energien stärkere Beachtung in der Öffentlichkeit findet und bei Planungen zumindest bedacht werden muss. Im nachfolgenden Kap. 4 wird daher ein Vorschlag unterbreitet, wie ein Teilregionalplan „Regenerative Energien“ aussehen könnte.

Dass das Thema regenerative Energien von allgemeinem Interesse ist, konnte während der Arbeit an dem vorliegenden Konzept deutlich beobachtet werden. Bereits zu Beginn wurde das Konzept auf der Internetpräsenz des Regionalverbands Ostwürttemberg vorgestellt. Seither konnte eine Vielzahl von Anrufen in der Geschäftsstelle des Regionalverbands registriert werden, die sich über den Stand der Dinge informieren wollten. Hieraus wurde ersichtlich, dass das Thema erneuerbare Energien interessiert verfolgt wird. Neben Bürgern aus der Region, die sich über das Potential informieren wollten, wurden auch Anrufe von anderen Planungsstellen außerhalb Baden-Württembergs wie auch von Unternehmen aus der Solarbranche verzeichnet. Das Interesse galt hier vor allem der regionalplanerischen Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse sowie den gefundenen Standorten für Photovoltaikfreiflächenanlagen. Durch diese durchweg positive Rückmeldung wurde die Bedeutung und Aktualität der Arbeit bestätigt.

## 4 Vorschläge für eine Teilfortschreibung des Regionalplanes Ostwürttemberg

Um die regenerativen Energien in der Region zu fördern, sollte vom Regionalverband Ostwürttemberg eine Teilfortschreibung „Regenerative Energien“ des Regionalplanes Ostwürttemberg 2010 erarbeitet werden. Die im vorliegenden Konzept ermittelten Standorte für Photovoltaikfreiflächenanlagen sollten dabei als bedeutender Punkt beinhaltet sein. Jedoch muss hierbei zuerst geklärt werden, in welcher Form dies geschehen kann. Zur Auswahl stehen, wie in Kap. 2.3 bereits erläutert, zwei Formen der Flächenfestlegungen: Vorranggebiete und Vorbehaltsgebiete.

In der 2002 erschienenen Teilfortschreibung Windenergie des Regionalplanes Ostwürttemberg wurden für regionalbedeutsame Windkraftanlagen Vorranggebiete festgelegt. Im Falle der Photovoltaik erscheint diese Kategorie als ungeeignet, da diese Flächen sonst für Photovoltaikanlagen freigehalten werden müssten und andere Nutzungen, die die Photovoltaiknutzung beeinträchtigen, ausgeschlossen wären. Da aber diese Anlagen nicht, wie im Vergleich zur Windenergie, an einen Standort gebunden und auch keine privilegierten Vorhaben im Außenbereich sind, wird diese Option der Flächenfestlegung verworfen. Zudem wird als Ziel der Raumordnung in Kap. 3.4.3.1 der Vorrang von Dachflächen als Standorte für Photovoltaik gefordert, was sich mit Vorranggebieten nur mäßig gut in Einklang bringen ließe. Des Weiteren könnte, aufgrund der fehlenden Standortgebundenheit, keine hinreichende Begründung für die vorrangige Eignung einer bestimmten Fläche gefunden werden.

Als passende Form der Flächenfestlegung erscheint die Kategorie der Vorbehaltsgebiete. Wie bereits erwähnt, soll als raumordnerisches Ziel Dachanlagen der Vorzug gewährt werden. Wenn jedoch im Außenbereich Photovoltaikanlagen errichtet werden sollen, dann auf wenigen, dafür umso besser geeigneten Flächen. Da diese Flächen nicht für Photovoltaikanlagen reserviert werden sollen, muss zumindest gesichert sein, dass sie bei Abwägungen auf diesen Flächen eine besondere Beachtung zugewiesen bekommen. Daher wird vorgeschlagen, die gefundenen Standorte für Photovoltaikanlagen als Vorbehaltsgebiete für Photovoltaik in einem möglichen Teilregionalplan „Regenerative Energien“ auszuweisen.

Wie in Kap. 3.3.1.2 bereits erwähnt wurde, bedürfen Photovoltaikfreiflächenanlagen laut EEG § 11 Abs. 4 die Erstellung eines Bebauungsplans und dürfen nur in dessen Geltungsbereich errichtet werden. Zudem muss parallel meist auch eine Änderung des Flächennutzungsplanes durchgeführt werden. Diese Regelung hat den Hintergrund, dass die Gemeinden und deren Bevölkerung einen stärkeren Einfluss auf die Standortwahl bekommen und die Anlagen nur auf allgemein akzeptierte Flächen errichtet werden können. (vgl. Bundestag Drucksache 15/2864 S. 44). Auf diese Weise wird auch verhindert, dass den Bürgern einer Gemeinde eine Photovoltaikanlage quasi „vor die Nase gesetzt wird“. Hieraus ergibt sich allerdings eine weitere Fragestellung. Durch die Aufstellung und Änderung dieser Pläne, die von der Gemeinde gemacht werden müssen, kann eine Anlage auf der Freifläche nur mit Zustimmung der Gemeinde erfolgen. Dies bestärkt die Entscheidung, die gefundenen Standorte als Vorbehaltsgebiete auszuweisen, da, wenn die Gemeinde, auf deren Gemarkung sich ein Standort befin-

det, keiner Aufstellung eines Bebauungsplanes zustimmen sollte, könnte ein potentieller Betreiber nicht auf andere Flächen ausweichen, da diese im Falle von Vorrang- oder Eignungsgebieten Ausschlussgebiete darstellen. Im Falle von Vorbehaltsgebieten wäre die Nutzung eines anderen Standortes jedoch durchaus möglich.

Zwar kann die Regionalplanung durch die Ausweisung von Vorbehaltsgebieten für die Photovoltaiknutzung keine rechtlich bindende Verpflichtung erstellen, sie kann jedoch mit dieser Ausweisung in einem Teilregionalplan in gewisser Weise eine Art Hilfestellung geben und einen Vorrang im Abwägungsprozess postulieren. Es wurden hier diejenigen Flächen identifiziert, die die beste Eignung und das geringste Konfliktpotential aufweisen, um es für potentielle Investoren sowie an der Planung beteiligte Behörden einfacher zu machen, einen geeigneten Standort zu finden, dem keine öffentlichen Belange entgegenstehen.

Neben der Ausweisung von Vorbehaltsgebieten für Photovoltaikfreiflächenanlagen gehören in einen Teilregionalplan „Regenerative Energien“ auch die unter Kap. 3.3. gefundenen Ziele und Grundsätze der Raumordnung. Sie geben den Energieformen, für die keine Standorte gesucht werden können oder müssen, einen Rahmen für deren weiteren Ausbau. Mit Hilfe dieser Ziele und Grundsätze soll sichergestellt werden, dass diese Energieformen bei Planungen beachtet oder im Falle von Grundsätzen zumindest bei Abwägungsentscheidungen besonders berücksichtigt werden müssen.

## Literatur- und Quellenverzeichnis

### Gedruckte Literatur:

AKADEMIE FÜR RAUMFORSCHUNG UND LANDESPLANUNG (1998): Methoden und Instrumente räumlicher Planung. – Hannover.

BARTHEL, ROLAND (2000): Einsatz von Geoinformationssystemen zur geologischen Standortbewertung, zur Analyse des regionalen Potentials und als Planungshilfsmittels für die thermische Nutzung des flachen Untergrunds bis 200m Tiefe als Wärmequelle und Wärmespeicher in Unterfranken/Bayern. Dissertation. – Würzburg.

BERICHTE DER NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT ZU FREIBURG I. BR. (2005): Beiträge zur Landeshydrologie und -geothermie. Festschrift zum 65. Geburtstag von Dr. Wilhelm Schloz. – Freiburg i. Br.

BEYRLE, BIRGIT (2002): Ermittlung und Bewertung des regionalbedeutsamen Gewerbeflächenpotentials am Beispiel der Region Ostwürttemberg. Diplomarbeit. – Schwäbisch Gmünd

BLOTEVOGEL, HANS et al. (2002): Regionalplanung in Baden-Württemberg – Weiterentwicklung der 12 Regionen und ausgewählte Handlungsfelder. – Hannover.

DOMHARDT, HANS-JÖRG & CHRISTIAN JACOBY (2000a): Baulandpotentialmodelle als entscheidungsunterstützende Methoden zur Koordination der regionalen Siedlungsentwicklung. S. 216–234, In: EINIG, KLAUS [Hrsg.] (2000): Regionale Koordination der Baulandausweisung. – Berlin.

DOMHARDT, HANS-JÖRG & CHRISTIAN JACOBY [Hrsg.] (1994b): Raum- und Umweltplanung im Wandel. – Kaiserslautern.

DR. HARTMANN, ANETTE (2008): Wie viel Fläche wird für Biogas benötigt? In: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 7/2008: S. 40– 42., Stuttgart.

EISENBEIß, GERD & GERHARD WAGNER (2006): Biomasse im System moderner Energieversorgung. In: BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG [Hrsg.] (2006): Bionergie: Zukunft für ländliche Räume. Heft 1/2.2006 – Bonn.

ENERGIEAGENTUR LIPPE (2002): CO<sub>2</sub>-Minderungskonzept Ostalbkreis. – Oerlinghausen.

FRICKE, KLAUS et al. (2008): Energie aus Abfall – Biomasse- und Ersatzbrennstoffverwertung. – Weimar.

FÜRST, D. & F. SCHOLLES [Hrsg.] (2001): Handbuch Theorie + Methoden der Raum- und Umweltplanung. – Dortmund.

HARTMANN, ANETTE DR.. (2008): Wie viel Fläche wird für Biogas benötigt? In: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg. 7/2008: S. 40–42, Stuttgart

HENDLER, REINHARD DR.. (1998): Systematische Aspekte der Raumordnungsgebiete und die Bindungswirkung von Raumordnungszielen. In: JARASS, HANS [Hrsg.] (1998): Raumordnungsgebiete (Vorbehalts-, Vorrang- und Eignungsgebiete) nach dem neuen Raumordnungsgesetz. Symposium des Zentralinstituts für Raumplanung am 28. September 1998 in Münster. S. 88– 116, Münster.

JANSSEN, GEROLD DR. & DR. JULIANE ALBRECHT (2008): Umweltschutz im Planungsrecht. – Die Verankerung des Klimaschutzes und des Schutzes der biologischen Vielfalt im raumbezogenen Planungsrecht. – Dessau-Roßlau.

JOHN, BIRGIT (2008): Klärgasgewinnung und Energieerzeugung aus Klärgas. In: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg. 3/2008: S. 44–47, Stuttgart.

KALTSCHMITT, MARTIN et al. (2003a): Energiegewinnung aus Biomasse. – Berlin – Heidelberg.

KALTSCHMITT, MARTIN et al. (2006b): Erneuerbare Energien. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. 4. aktualisierte, korrigierte und ergänzte Auflage. – Berlin – Heidelberg.

KARL, FRANZ [Hrsg.] (2006): Erneuerbare Energien als Gegenstand von Festlegungen in Raumordnungsplänen. – Hannover.

KÖNIG, FELIX VON & CHRISTOPH JEHLE (1997): Bau von Wasserkraftanlagen. Praxisbezogene Planungsgrundlagen. 3. völlig überarbeitete Auflage. – Heidelberg.

KONRAD, FRANK (2008): Planung von Photovoltaik-Anlagen. Grundlagen und Projektierung. 2. Auflage. – Wiesbaden.

KRUCK, CHRISTOPH et al. (2008): Endbericht Klimaschutzkonzept Ostalbkreis Arbeitspaket 1b – Potential erneuerbarer Energien. – Stuttgart.

LIEBIG, WOLFGANG & ROLF-DIETER MUMMENTHEY (2005): ArcGIS – ArcView 9. Band 1: ArcGIS-Grundlagen. 1. Auflage – Halmstad.

LIEBIG, WOLFGANG & ROLF-DIETER MUMMENTHEY (2005): ArcGIS – ArcView 9. Band 2: ArcGIS-Analysen. 1. Auflage – Halmstad.

MANDS, ERICH DR. et al. (2008): Stand der technischen Entwicklung oberflächennaher Geothermie in Deutschland. In: bbr – Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau. 12/2008: S. 56–65, Bonn.

MORRIS, CRAIG (2005): Zukunftsenergien: die Wende zum nachhaltigen Energiesystem. – Hannover.

MÜLLER-RUHE, WALDEMAR (2008): Geothermie 2008/2009: Aufbruch oder Einbruch? In: bbr – Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau. 12/2008: S. 66 – 71, Bonn.

OFNER, CHRISTIANE & PROF. DR. GEORG WIEBER (2008): Geothermische Potentiale gefluteter Bergwerke. In: bbr – Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau. 12/2008: S. 72–77, Bonn.

PREUß, OLAF (2005): Energie für die Zukunft: die Sonne nutzen, das Klima schützen, die Wirtschaft stärken. – Wiesbaden.

QUASCHNING, VOLKER (2008a): Erneuerbare Energien und Klimaschutz. Hintergründe - Techniken - Anlagenplanung - Wirtschaftlichkeit. – München.

QUASCHNING, VOLKER (2007b): Regenerative Energiesysteme. Technologie – Berechnung – Simulation. 5. aktualisierte Auflage. – München.

QUASCHNING, VOLKER (2000c): Systemtechnik einer klimaverträglichen Elektrizitätsversorgung in Deutschland für das 21. Jahrhundert. – Düsseldorf.

SCHINK, ALEXANDER DR. (1998): Raumordnungsgebiete und kommunale Planungshoheit – Chancen und Schwierigkeiten für die Kommunen. In: JARASS, HANS [Hrsg.] (1998): Raumordnungsgebiete (Vorbehalts-, Vorrang- und Eignungsgebiete) nach dem neuen Raumordnungsgesetz. Symposium des Zentralinstituts für Raumplanung am 28. September 1998 in Münster. S. 46-88 – Münster.

SCHMID, JÜRGEN [Hrsg.] (1994): Photovoltaik: Strom aus der Sonne; Technologie, Wirtschaftlichkeit und Marktentwicklung. 3. vollständig überarbeitete Auflage. – Heidelberg

STAIB, FRITHJOF (2007): Jahrbuch Erneuerbare Energien 2007. – Radebeul.

TRINKLE, WINFRIED (1972): Die Geologie im Landkreis Schwäbisch Gmünd. – Stuttgart.

WAGNER, ANDREAS (2006): Photovoltaik Engineering – Handbuch für Planung, Entwicklung und Anwendung. 2. bearbeitete Auflage. – Heidelberg.

### **Graue Literatur:**

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ [Hrsg.] (2007): Oberflächennahe Geothermie. Heizen und Kühlen mit der Energie aus dem Untergrund. – München.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT [Hrsg.] (2008a): Biogas und Umwelt – ein Überblick. – Bonn.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT [Hrsg.] (2007b): Tiefe Geothermie in Deutschland. – Berlin.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT [Hrsg.] (2006c): Erneuerbare Energien – Innovationen für die Zukunft. – Berlin.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT [Hrsg.] (2004d): Geothermie – Energie für die Zukunft. – Berlin

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (2006): Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung. – Güzlow.

HESSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE [Hrsg.] (2007): Erdwärmenutzung in Hessen. Leitfaden für Erdwärmepumpen (Erdwärmesonden) mit einer Heizleistung bis 30 kW. 3. überarbeitete Auflage. – Wiesbaden.

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFF UND BERGBAU (2008): Untergrundtemperaturen in Baden-Württemberg. – Freiburg i. Br.

LANDRATSAMT OSTALBKREIS [Hrsg.] (2006): Geschäftsbericht des Ostalbkreises 2003–2005. – Aalen.

MINISTERIUM FÜR UMWELT, FORSTEN UND VERBRAUCHERSCHUTZ [Hrsg.] (2007): Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden. – Mainz.

NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM [Hrsg.] (2006): Leitfaden. Erdwärmenutzung in Niedersachsen. – Hannover

REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG (2004): Großflächige Solar- bzw. Photovoltaikanlagen in der freien Landschaft. Hinweise für die bau- und planungsrechtliche Behandlung, Standortfragen und weiter damit zusammenhängende Fragestellungen. – Freiburg. i. Br.

REGIONALVERBAND HEILBRONN-FRANKEN (2008): Teilfortschreibung Photovoltaik zum Regionalplan 2020 der Region Heilbronn-Franken. – unveröffentlicht.

REGIONALVERBAND NORDSCHWARZWALD [Hrsg.] (2007): Teilregionalplan Regenerative Energien. – Pforzheim

REGIONALVERBAND OSTWÜRTTEMBERG [Hrsg.] (2002a): Teilfortschreibung Regionalplan 2010 Ostwürttemberg - Kapitel 3.2.7. Windenergie. – Schwäbisch Gmünd.

REGIONALVERBAND OSTWÜRTTEMBERG [Hrsg.] (1998b): Regionalplan 2010 Ostwürttemberg. – Schwäbisch Gmünd.

REGIONALVERBAND SÜDLICHER OBERRHEIN [Hrsg.] (2007a): Regionale Entwicklungskonzept zur Nutzung regenerativer Energien und zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emission. Teil 2: Langfristige Klimaschutzstrategie für die Region Südlicher Oberrhein. – Freiburg.

REGIONALVERBAND SÜDLICHER OBERRHEIN [Hrsg.] (2005b): Regionale Entwicklungskonzept zur Nutzung regenerativer Energien und zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emission. Teil 1: Energieatlas Region Südlicher Oberrhein. – Freiburg.

THÜRINGER LANDESVERWALTUNG [Hrsg.] (2008): Nutzung oberflächennaher Geothermie. Vorläufige Arbeitshilfe zur Wasserrechtlichen Beurteilung angezeigter Vorhaben. – Weimar.

UMWELTMINISTERIUM & WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG [Hrsg.] (2008): Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg 2007. – Stuttgart.

UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (2008a): Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmekollektoren.

UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (2005b): Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden. – Stuttgart.

VERBAND REGION RHEIN-NECKAR [Hrsg.] (2007): Erneuerbare Energien-Konzept für die Region Rhein-Neckar – rechtsrheinischer Teil. – Mannheim.

WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG [Hrsg.] (2008a): Energiekonzept 2020 Baden-Württemberg. – Stuttgart.

WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG [Hrsg.] (2007b): Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg. Potentiale und Nutzungsmöglichkeiten. – Stuttgart.

WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG [Hrsg.] (2007c): Solarfibel – Städtebauliche Maßnahmen, energetische Wirkungszusammenhänge und Anforderungen. – Stuttgart.

WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG [Hrsg.] (2007d): Wärme ist unter uns. Geothermie in Baden-Württemberg. – Stuttgart.

WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG [Hrsg.] (2005e): Netzgekoppelte Photovoltaikanlage. – Stuttgart.

WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG [Hrsg.] (2000f): Windfibel. Windenergienutzung – Technik, Planung und Genehmigung.

**Internetquellen:**

ARGE MONITORING PV-ANLAGEN (2005): Photovoltaik-Freiflächenanlagen – Aktuelle Erfahrungen und Konfliktlinien. Workshop-Dokumentation. – Berlin

[http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/dokumentation-  
endfassung-workshop.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/dokumentation-<br/>endfassung-workshop.pdf)

[Zugriff: 25.09.08]

ARGE MONITORING PV-ANLAGEN (2007): Monitoring zur Wirkung des novellierten EEG auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Solarenergie, insbesondere der Photovoltaik-Freiflächen

[http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/pv\\_bericht\\_end.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/pv_bericht_end.pdf)

[Zugriff: 08.05.08]

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2007): Erfahrungsbericht 2007 zum Erneuerbare-Energien-Gesetz 2007

[http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/erfahrungsbericht\\_eeg\\_2007.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/erfahrungsbericht_eeg_2007.pdf)

[Zugriff: 08.05.08]

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2008): Weiterentwicklung der Strategie zur Bioenergie

[http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/strategie\\_bioenergie.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/strategie_bioenergie.pdf)

[Zugriff: 22.08.08]

CLAUSER, CHRISTOPH et al. (2005): Nutzung von Erdwärme in aufgelassenen Bergwerken

[http://www.geophysik.rwth-aachen.de/Forschung/Geothermik/gt\\_energ/gt\\_enerd.htm](http://www.geophysik.rwth-aachen.de/Forschung/Geothermik/gt_energ/gt_enerd.htm)

[Zugriff: 11.08.08]

FORSCHUNGSSTELLE FÜR UMWELTPOLITIK (2007): Ausbau der Erneuerbaren Energien unter besonderer Berücksichtigung der Bundesländer. - Berlin.

[http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ausbau\\_ee\\_laender.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ausbau_ee_laender.pdf)

[Zugriff: 10.04.08]

FRAUNHOFER INSTITUT FÜR SYSTEM- UND INNOVATIONSFORSCHUNG (2007): wirtschaftliche Bewertung von Maßnahmen des Integrierten Energie- und Klimaprogramms

[http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/fraunhofer\\_bewertung\\_iekp.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/fraunhofer_bewertung_iekp.pdf)

[Zugriff: 05.12.07]

EKARDT, FELIX PROF. DR. et al. (2008): Bioenergieanlagen: Planungsrechtliche Minimierung möglicher Nutzungskonflikte

<http://www.fe.u.uni-bremen.de/downloads/Ekardt/Biogasanlagen.pdf>

[Zugriff: 08.07.08]

INTERGOVERNMANTEL PANEL FOR CLIMATE CHANGE (2007): Technical summary.

<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-ts.pdf>

[Zugriff: 06.10.08]

INTERGOVERNMANTEL PANEL FOR CLIMATE CHANGE (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

[http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/Report/AR4WG1\\_Print\\_TS.pdf](http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/Report/AR4WG1_Print_TS.pdf)

[Zugriff: 18.09.08]

JUNGBAUER, ANDREAS (1998): Windenergienutzung in einem regenerativen Energiesystem – Analyse der Windkraftanlagen Eberschwang und Laussa. Diplomarbeit Technische Universität Graz. – Graz.

<http://elite.tugraz.at/diplomarbeiten/Jungbauer.pdf>

[Zugriff: 01.12.08]

KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT (2008): Vorschlag für eine Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energien aus erneuerbaren Quellen. – Brüssel

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2000:311E:0320:0327:DE:PDF>

[Zugriff: 26.09.08]

PK TIEFENGEOTHERMIE (2007): Nutzung der geothermischen Energie aus dem tiefen Untergrund (Tiefe Geothermie) – Arbeitshilfe für geologische Dienste.

[http://www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/download\\_pool/arbeitshilfe\\_tiefe\\_geothermie.pdf](http://www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/download_pool/arbeitshilfe_tiefe_geothermie.pdf)

[Zugriff: 18.09.08]

REGIONALER PLANUNGSVERBAND WESTSACHSEN (2008): Regionalplanerische Beurteilung von Vorhaben zur großflächigen Nutzung solarer Strahlungsenergie im Freiraum Westsachsens.

<http://www.rpv-vestsachsen.de/solar.pdf>

[Zugriff: 21.09.08]

ROGGE, SILKE (2004): Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland. Dissertation. – Berlin.

<http://www.tab.fzk.de/de/projekt/zusammenfassung/ab84.pdf>

[Zugriff: 28.01.08]

SCHULZ, RÜDIGER DR. et al. (2005): Machbarkeitsstudie zur Erstellung eines geothermischen Atlas für Deutschland

<http://www.geotis.de/homepage/Informationen/Machbarkeitsstudie.pdf>

[Zugriff: 21.01.08]

VERBAND REGION RHEIN-NECKAR (2008): Großflächige Photovoltaikanlagen im Freiraum. Positionspapier des Verbands Region Rhein-Neckar. – Mannheim.

[http://www.m-r-n.com/fileadmin/Subportal-VRRN-Redaktion/documents/PDF/Sonstiges/Positionspapier\\_Photovoltaik.pdf](http://www.m-r-n.com/fileadmin/Subportal-VRRN-Redaktion/documents/PDF/Sonstiges/Positionspapier_Photovoltaik.pdf)

[Zugriff: 21.09.08]

WAGNER, EBERHARD (2003): Welche Bedeutung hat die Wasserkraft für Deutschland?

<http://www.energie-fakten.de/pdf/wasserkraft.pdf>

[Zugriff: 24.11.08]

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT AGRARPOLITIK (2007): Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung

[http://www.bmelv.de/cIn\\_044/nn\\_751706/SharedDocs/downloads/14-WirUeberUns/Beiraete/Agrarpolitik/GutachtenWBA,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/GutachtenWBA.pdf](http://www.bmelv.de/cIn_044/nn_751706/SharedDocs/downloads/14-WirUeberUns/Beiraete/Agrarpolitik/GutachtenWBA,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/GutachtenWBA.pdf)

[Zugriff: 04.06.08]

WWF DEUTSCHLAND (2007): Methan- und Lachgas, die vergessenen Klimagase - Langfassung

[http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf\\_neu/Methan\\_und\\_Lachgas\\_-\\_Langfassung.pdf](http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf_neu/Methan_und_Lachgas_-_Langfassung.pdf)

[Zugriff: 18.09.08]

Deutscher Bundestag Drucksache 13/7589 (1997): Bericht des Ausschusses für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau zu dem Gesetzentwurf der Bundesregierung

<http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/13/075/1307589.pdf>

[Zugriff: 26.09.08]

Deutscher Bundestag Drucksache 13/6392 (1996): Gesetzentwurf der Bundesregierung. Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Baugesetzbuchs und zur Neuregelung des Rechts der Raumordnung.

<http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/13/063/1306392.pdf>

[Zugriff: 26.09.08]

Biomasse Aktionsplan Baden-Württemberg

<http://www.mlr.baden-wuerttemberg.de/mlr/allgemein/Biomasse.pdf>

[Zugriff: 28.04.08]

Entwurf eines Gesetzes zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Erneuerbare-Energien-Gesetz

<http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/eeg/gesamt.pdf>

[Zugriff: 05.12.07]

Baugesetzbuch

<http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bbaug/gesamt.pdf>

[Zugriff: 09.10.08]

Bundesnaturschutzgesetz

[http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bnatschg\\_2002/gesamt.pdf](http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bnatschg_2002/gesamt.pdf)

[Zugriff: 30.08.08]

Gesetz zur Neufassung des Raumordnungsgesetzes

[http://www.bmvbs.de/Anlage/original\\_1029680/Referentenentwurf-vom-22.02.2008.pdf](http://www.bmvbs.de/Anlage/original_1029680/Referentenentwurf-vom-22.02.2008.pdf)

[Zugriff: 08.05.08]

Landesbauordnung Baden-Württemberg

<http://www.baurecht.de/landesbauordnungBaden-Wuerttemberg.html>

[Zugriff: 30.08.08]

[www.statistik.baden-wuerttemberg.de](http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de)

[Zugriff: 24.09.08]

[www.lgrb.uni-freiburg.de](http://www.lgrb.uni-freiburg.de)

[Zugriff: 10.10.08]

## Literatur- und Quellenverzeichnis

---

[www.enbw.de](http://www.enbw.de)

[Zugriff: 30.09.08]

[www.odr.de](http://www.odr.de)

[Zugriff: 29.09.08]